



**YENİLEBİLİR KOMPOZİT FİLM ÜRETİMİ VE
KAŞAR PEYNİRİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Zeynep GÜRBÜZ

**Doktora Tezi
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL
2022**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**YENİLEBİLİR KOMPOZİT FİLM ÜRETİMİ VE KAŞAR PEYNİRİNDE
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**
(Edible Composite Film Production and Investigation of Availability in Kashar Cheese)

DOKTORA TEZİ

Zeynep GÜRBÜZ

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL

Erzurum
Aralık, 2022

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

YENİLEBİLİR KOMPOZİT FİLM ÜRETİMİ VE KAŞAR PEYNİRİNDE
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL danışmanlığında, Zeynep GÜRBÜZ tarafından hazırlanan bu çalışma, 14/12/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Gıda Mühendisliği Bilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. İhsan BAKIRCI <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Mesut TAŞKIN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Enes DERTLİ <i>Yıldız Teknik Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Furkan Türker SARICAOĞLU <i>Bursa Teknik Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun
.../.../.... tarih ve
sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Aslı ıslak imzalıdır

Prof.Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma "BAP Temel Araştırma Projesi" kapsamında desteklenmiştir.
Proje No:8500-FBA-2020

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Graduate School of Natural and
Applied Sciences

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Doktora Tezi olarak *Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL* danışmanlığında sunulan “Yenilebilir Kompozit Film Üretimi ve Kaşar Peynirinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	9	30
Kuramsal Temeller	6	30
Materyal ve Metot	19	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	14	20
Sonuçlar ve Öneriler	1	20
Tezin Geneli	13	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Zeynep GÜRBÜZ	Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL
14.12.2022	14.12.2022
İmza: Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☒ Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın yürütülmesi, değerlendirilmesi ve tamamlanmasına kadar tüm aşamalarında bana yol gösteren bilgisini, tecrübesini, hoşgörüsünü ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sadece eğitim anlayışıyla değil aile şefkatiyle yaklaşan çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Her daim içtenlikle anlayışlı, güler yüzlü bir şekilde yol gösteren Tez İzleme Komitesi Üyeleri Prof. Dr. İhsan BAKIRCI ve Prof. Dr. Mesut TAŞKIN hocalarıma gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bıkmadan usanmadan takıldığım her an desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Furkan Türker SARICAOĞLU'a gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım ve lisansüstü eğitim hayatım boyunca her zaman destek olan Sayın Prof. Dr. Elif DAĞDEMİR, Doç. Dr. Tuba ERKAYA KOTAN ve Prof. Dr. Bülent ÇETİN'e gönülden teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca birlikte yürüdüğümüz yolda her zaman destek ve yardımcı olan bölüm arkadaşlarım Hafsa KADİROĞLU, Arş. Gör. Yeşim BEDİR ve Arş. Gör. Hacer MERAL AKTAŞ'a içtenlikle teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışma kapsamında ihtiyaç duyduğumuz gerekli alt yapı sağlanmasında büyük desteklerini gördüğüm bölüm öğretim üyeleri Sayın Prof. Dr. Memnune ŞENGÜL ve Prof. Dr. Murat KARAOĞLU hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm değerli Neslihan AYAĞ'a ve FTIR analizi yorumlanmasında yardımlarından dolayı Öğr. Gör. İlhan KÜÇÜK'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmamızı destekleyen Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Son olarak maddi manevi her türlü desteği ile hayatta her daim yanımda bulunan aileme gönül dolusu sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Zeynep GÜRBÜZ

ÖZET

DOKTORA TEZİ

YENİLEBİLİR KOMPOZİT FİLM ÜRETİMİ VE KAŞAR PEYNİRİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Zeynep GÜRBÜZ

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL

Amaç: Bu çalışmada güvenli gıda temini için sıfır atık yaklaşımı ile nisin ilaveli ayva çekirdeği jeli kullanılarak antimikrobiyal yenilebilir kompozit film üretimi ve filmlerin bazı özelliklerinin geliştirilmesi temel amaç olarak ifade edilebilir.

Yöntem: Bu amaçla ayva çekirdeği jeli, peyniraltı suyu protein konsantresi, nisin ve transglutaminaz (TGaz) (10U, 5U, TGaz ilavesiz) kullanılarak yenilebilir kompozit filmler üretilmiştir. Üretilen filmler fizikokimyasal özelliklere (kalınlık, nem içeriği, suda çözünürlük, su buharı geçirgenliği, oksijen geçirgenliği), termal özelliklere (DSC, TGA), optik parametrelere (opaklık, renk, FTIR), yüzey morfolojisine (AFM), mekanik özelliklere (germe, kopma uzaması), sindirilebilirlik ve antimikrobiyal aktivitelerine göre karakterize edilmiştir. Üretilen filmler ile kaplanmış Üretilen filmler ile kaplanmış Kaşar peynirlerine ilaveten kontrol (kaplamasız) ve vakum ambalajlı peynir örneklerinde olgunlaşmanın 5., 30., 60. ve 90. günlerinde fizikokimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyu analizi yapılmıştır. Ayrıca yapay olarak kontamine edilen dilim Kaşar peynirlerinde filmlerin patojenlere karşı antimikrobiyal etkisi incelenmiştir. Depolamanın 1., 7., 15. ve 30. günlerinde patojen sayıları tespit edilmiştir.

Bulgular: Yapılan analiz sonuçlarına göre 10U enzim ilaveli yenilebilir film örneklerinin daha üstün özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Kaşar peynirlerinde yapılan fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre örnekler arasında $p < 0,05$ düzeyinde farklılıklar belirlenmiştir. Dilim peynirlerde ise *E. coli* O157:H7 ve *S. aureus* ATCC 29213 bakteri sayılarında sırası ile depolamanın 14. ve 30. günlerinde azalma belirlenirken, *L. monocytogenes* ATCC 7644'ün 7. günde tamamen inhibe olduğu tespit edilmiştir.

Sonuçlar: Gıda güvenliği açısından patojen bakterilere karşı inhibisyon etkisi ve atıkların değerlendirilmesi ile çevre dostu yenilebilir film elde edilmiştir. Film özelliklerinde çalışmamızdaki uygulamaya bağlı olarak iyileştirme gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bilgiler doğrultusunda, ileride yapılacak çalışmalar ile daha üstün özelliklere sahip yenilebilir bir ambalaj materyali geliştirilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: yenilebilir film, hidrokolloid, ayva çekirdeği jeli, transglutaminaz, Kaşar peyniri, nisin

Aralık 2022, 171 sayfa

ABSTRACT

DOCTORAL THESIS

EDIBLE COMPOSITE FILM PRODUCTION AND INVESTIGATION OF AVAILABILITY IN KASHAR CHEESE

Zeynep GÜRBÜZ

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL

Purpose: In this study, the production of antimicrobial edible composite films by using quince seed gel with nisin added with a zero waste approach for safe food supply and the development of some properties of the films can be expressed as the main purpose.

Method: For this purpose, edible composite films were produced by using quince seed gel, whey protein concentrate, nisin and transglutaminase (TGase) (10U, 5U, without TGase). The films produced have physicochemical properties (thickness, moisture content, water solubility, water vapor permeability, oxygen permeability), thermal properties (DSC, TGA), optical parameters (opacity, color, FTIR), surface morphology (AFM), mechanical properties (tensile strength, elongation break), digestibility and antimicrobial activities. Physicochemical, microbiological, textural and sensory analyzes were carried out on the 5th, 30th, 60th and 90th days of ripening in the control (uncoated) and vacuum packed cheese samples in addition to the Kashar cheeses coated with the films produced. Besides the antimicrobial effect of films against pathogens in artificially contaminated slices of Kashar cheese was investigated. Pathogen counts were determined on the 1st, 7th, 15th and 30th days of storage.

Findings: According to the results of the analysis, it was determined that the 10U enzyme added edible film samples had superior properties. According to the results of the physicochemical analysis of Kashar cheese, differences at the level of $p<0.05$ were determined between the samples. In sliced cheeses, a decrease was determined in the bacterial counts of *E. coli* O157:H7 and *S. aureus* ATCC 29213, respectively, on the 14th and 30th days of storage, while *L. monocytogenes* ATCC 7644 was completely inhibited on the 7th day.

Results: In terms of food safety, an environmentally friendly edible film was obtained with the inhibition effect against pathogenic bacteria and the evaluation of waste. Improvements were carried out in the film properties depending on the application in our study. In line with the information obtained from this study, it is thought that an edible packaging material with superior properties can be developed with future studies.

Keywords: edible film, hydrocolloid, quince seed gel, transglutaminase, Kashar cheese, nisin

December 2022, 171 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xv
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	12
MATERYAL ve METOT	25
Materyal	25
Metot	25
Yenilebilir film hazırlanışı	25
Kaşar peyniri üretimi.....	28
Dilim Kaşar peyniri örneklerinin film ile kaplanması	31
Analizler.....	32
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	40
Yenilebilir Filmlerin Özellikleri	40
Nem miktarı	40
Kalınlık.....	41
Su buharı geçirgenliği (SBG).....	42
Suda çözünürlük (SÇ)	44
Oksijen geçirgenliği	46
Optik özellikleri	48
Mekanik özellikler	50
Termal özellikler	53
Termogravimetrik analiz.....	56
Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)	59
Atomik kuvvet mikroskobu (AFM)	60

Antimikrobiyal aktivite (% İnhibisyon değeri)	62
Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	67
Hammadde çiğ sütün fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri	67
Kurumadde miktarı (%).....	69
Protein miktarı (%).....	72
Yağ miktarı (%).....	74
Tuz miktarı (%).....	77
Titrasyon asitliği (% La)	79
pH.....	83
Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	86
Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı.....	87
M-17 agarda gelişen laktik asit bakteri sayısı	89
MRS agarda gelişen laktik asit bakteri sayısı	92
Maya sayısı	94
Küf sayısı	97
Koliform grubu bakteri sayısı	97
Dilim Kaşar peyniri örneklerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları	98
<i>S. aureus</i> ATCC 29213 bakteri sayısı	99
<i>E. coli</i> O157:H7 bakteri sayısı	100
<i>L. monocytogenes</i> ATCC 7644 bakteri sayısı	103
Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Tekstür Profil Analizi Sonuçları	105
Sertlik (Hardness).....	106
Dış yapışkanlık (Adhesiveness)	109
Elastikiyet (Springiness)	112
İç yapışkanlık (Cohesiveness).....	115
Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Duyusal Analiz Sonuçları	118
Görünüş	119
Tekstür.....	121
Tat ve koku.....	124
Acılık.....	126
Genel kabul edilebilirlik.....	128
SONUÇ.....	131
KAYNAKLAR.....	134
ÖZGEÇMİŞ.....	154

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Yenilebilir Film Örnekleri Üretim Planı	26
Tablo 2. Kaşar Peyniri Örnekleri Duyusal Analizinde Kullanılan Form.....	39
Tablo 3. Yenilebilir Film Örneklerine Ait % Nem İçeriği ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	40
Tablo 4. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Kalınlık Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	41
Tablo 5. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Suda Buharı Geçirgenliği Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	43
Tablo 6. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Suda Çözünürlük Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	45
Tablo 8. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Renk Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	48
Tablo 9. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Opaklık Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	49
Tablo 10. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Mekanik Özellik Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	51
Tablo 11. Yenilebilir Film Örnekleri Mekanik Özelliklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları ..	51
Tablo 12. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Termal Özellikler	54
Tablo 13. Yenilebilir Film Örneklerinde Termal Özellik Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	55
Tablo 14. Yenilebilir Filmlerin Örneklerine Ait Termal Bozulma Başlangıç Sıcaklıkları, Ağırlık Kayıpları, % Kalıntı Miktarları Ortalamaları ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	57
Tablo 15. Yenilebilir Filmlerin Örneklerine Ait Termal Bozulma Başlangıç Sıcaklıkları, Ağırlık Kayıpları ve % Kalıntı Miktarları Varyans Analiz Sonuçları	57
Tablo 16. Yenilebilir Film Örneklerine Ait % İnhibisyon Değerleri Ortalamaları ve Duncan Çoklu Karşılaştıma Testleri	63
Tablo 17. Yenilebilir Film Örneklerinde Belirlenen % İnhibisyon Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	64
Tablo 18. Yenilebilir Film Örneklerine Ait % Protein Sindirilebilirlik Değerleri ve Değerlerin Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	66

Tablo 19. Kaşar Peyniri Üretiminde Kullanılan Çiğ Sütün Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri	67
Tablo 20. Kaşar Peyniri Örneklerinde Yapılan Fizikokimyasal Analiz Sonuçları	68
Tablo 21. Kaşar Peyniri Örneklerinde Yapılan Fizikokimyasal Analiz Değerlerine Ait Varyans Sonuçları	69
Tablo 22. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Kurumadde Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	69
Tablo 23. Kaşar Peyniri Örneklerinde Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Kurumadde Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	70
Tablo 24. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Protein Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	72
Tablo 25. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Protein Miktarı Ortalamalarının Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	73
Tablo 26. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait % Yağ Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	75
Tablo 27. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Yağ Miktarı Ortalamalarının Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	75
Tablo 28. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Tuz Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	77
Tablo 29. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Tuz Miktarı Ortalamalarının Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	78
Tablo 30. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Titrasyon Asitliği Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	80
Tablo 31. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Titrasyon Asitliği Değerleri Ortalamalarının Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	81
Tablo 32. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait pH Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	83
Tablo 33. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait pH Değerleri Ortalamalarının Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	84
Tablo 34. Kaşar Peyniri Örneklerinde Belirlenen Bazı Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları (log kob/g).....	86
Tablo 35. Kaşar Peyniri Örneklerinde Belirlenen Mikroorganizma Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	87

Tablo 36. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait TAMB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	87
Tablo 37. Kaşar Peyniri Örnekleri Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait TAMB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	88
Tablo 38. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait M-17 Agarda Gelişen LAB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	90
Tablo 39. Kaşar Peyniri Örnekleri Olgunlaştırma Süresi Değişkenine Ait M-17 Agarda Gelişen LAB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	91
Tablo 40. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait MRS Agarda Gelişen LAB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	92
Tablo 41. Kaşar Peyniri Örnekleri Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait MRS Agarda Gelişen LAB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	93
Tablo 42. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Maya Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	95
Tablo 43. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Maya Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	95
Tablo 44. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerinde Belirlenen Patojen Bakteri Sayımı Analiz Sonuçları (log kob/g)	98
Tablo 45. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerinde Belirlenen Patojen Bakteri Sayımı Varyans Sonuçları	99
Tablo 46. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerine Ait <i>S. aureus</i> ATCC 29213 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	99
Tablo 47. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerinin Depolama Süresi Değişkenine Ait <i>S. aureus</i> ATCC 29213 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	100
Tablo 48. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerine Ait <i>E. coli</i> O157:H7 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	101
Tablo 49. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerinin Depolama Süresi Değişkenine Ait <i>E. coli</i> O157:H7 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları....	102
Tablo 50. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerine Ait <i>L. monocytogenes</i> ATCC 7644 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	103

Tablo 51. Dilim Kaşar Peyniri Örnekleri Depolama Süresi Değişkenine Ait <i>L. monocytogenes</i> ATCC 7644 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	104
Tablo 52. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Süresince Belirlenen Tekstür Değerlerine Ait Ortalamalar.....	105
Tablo 53. Kaşar Peyniri Örnekleri Tekstür Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	106
Tablo 54. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Sertlik Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	107
Tablo 55. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Sertlik Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	108
Tablo 56. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Dış Yapışkanlık Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	110
Tablo 57. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Yapışkanlık Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	110
Tablo 58. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Elastikiyet Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	113
Tablo 59. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Elastikiyet Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	113
Tablo 60. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait İç Yapışkanlık Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	115
Tablo 61. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Kohesivlik Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	116
Tablo 62. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Süresince Belirlenen Duyusal Analiz Sonuçları	118
Tablo 63. Kaşar Peyniri Örneklerinin Duyusal Özelliklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	119
Tablo 64. Kaşar peyniri örneklerine ait görünüş değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	120
Tablo 65. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Görünüş Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	120
Tablo 66. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Tekstür Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	122
Tablo 67. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Tekstür Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	123

Tablo 68. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Tat ve Koku Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	124
Tablo 69. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Tat ve Koku Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	125
Tablo 70. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Acılık Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	127
Tablo 71. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Acılık Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	127
Tablo 72. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Genel Kabul Edilebilirlik Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	129
Tablo 73. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Genel Kabul Edilebilirlik Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	129

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. TGaz enziminin oluşturduğu ϵ -(γ -glutamil) lizin izopeptid körüsü.....	8
Şekil 2. Yenilebilir film üretim akım şeması	27
Şekil 3. Yenilebilir film görselleri.....	28
Şekil 4. Kaşar peynirinin üretim basamakları	29
Şekil 5. Kaşar peyniri kalıplama	30
Şekil 6. Kaşar peyniri ön olgunlaştırma aşaması	31
Şekil 7. Kaplanmış peynir örneklerinin olgunlaştırılması.....	31
Şekil 8. Dilim Kaşar peyniri örneklerinin kaplanması ve depolanması	32
Şekil 9. Patlatma testinin şematik diyagramı	51
Şekil 10. Film örneklerine ait patlatma gücü grafiği.....	53
Şekil 11. Film örneklerine ait germe-kopma uzama grafiği.....	53
Şekil 12. Yenilebilir film örneklerine ait DSC ile elde edilen ısı akışı grafiği	56
Şekil 13. Yenilebilir film örneklerine ait termogram	58
Şekil 14. Film örneklerine ait FTIR spektrumları	59
Şekil 15. Yenilebilir film örneklerine ait AFM görüntüleri ve Ra, Rq değerleri	61
Şekil 16. Kaşar peynir örneklerine ait kurumadde değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi	71
Şekil 17. Kaşar peynir örneklerine ait protein değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi	74
Şekil 18. Kaşar peynir örneklerine ait yağ değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi	76
Şekil 19. Kaşar peynir örneklerine ait tuz değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi	79
Şekil 20. Kaşar peynir örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi	82
Şekil 21. Kaşar peynir örneklerine ait pH değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi	85
Şekil 22. Kaşar peynir örneklerine ait TAMB sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi	89
Şekil 23. Kaşar peynir örneklerine ait M-17 agarda gelişen LAB sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi	91

Şekil 24. Kaşar peynir örneklerine ait MRS agarda gelişen LAB sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunun etkisi	93
Şekil 25. Kaşar peynir örneklerine ait maya sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunun etkisi	96
Şekil 26. Dilim Kaşar peyniri örneklerine ait <i>E. coli</i> O157:H7 sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunun etkisi	102
Şekil 27. Dilim Kaşar peyniri örneklerine ait <i>L. monocytogenes</i> ATCC 7644 sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunun etkisi	104
Şekil 28. Kaşar peyniri örneklerine ait sertlik değerleri peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunun etkisi	108
Şekil 29. Kaşar peyniri örneklerine ait dış yapışkanlık değerleri peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunun etkisi	111
Şekil 30. Kaşar peyniri örneklerine ait elastikiyet değerleri peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunun etkisi	114
Şekil 31. Kaşar peyniri örneklerine ait iç yapışkanlık değerleri üzerine örnek x olgunlaşma süresi interaksyonu.....	117
Şekil 32. Kaşar peyniri örneklerine ait görünüş değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonu	121
Şekil 33. Kaşar peyniri örneklerine tekstür değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonu.....	123
Şekil 34. Kaşar peyniri örneklerine ait tat ve koku değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonu	126
Şekil 35. Kaşar peyniri örneklerine ait acılık değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonu.....	128
Şekil 36. Kaşar peyniri örneklerine ait genel kabul edilebilirlik değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonu	130

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

AFM	Atomic Force Microscope
C_p	Özgöl Isı
DSC	Differential Scanning Calorimeter
FTIR	Fourier Transform İnfrared Spectroscopy
GRAS	Generally Considered Safe
J	Joule
Kob	Koloni Oluşturan Birim
LAB	Laktik Asit Bakteri
Log	Logaritma
MCU	Milk Clotting Units
MPa	Megapascal
MRS	Man–Rogosa–Sharpe
N	Newton
PAS	Peyniraltı Suyu
PCA	Plate Count Agar
PDA	Potato Dextrose Agar
SEM	Scanning Electron Microscope
SEM	Scanning Electron Microscope
TAMB	Total Aerobic Mesophilic Bacteria
T_g	Camsı Geçiş Sıcaklığı
TGA	Thermogravimetric Analysis
T_m	Erime Sıcaklığı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
U	Unit
UV	Ultraviyole
VRB	Violet Red Bile
WHO	World Health Organization

GİRİŞ

Kaşar peyniri; ülkemizde en çok tercih edilen peynir çeşitleri arasındadır. Türkiye’ de Beyaz peynirden sonra ticari olarak en çok üretilen yarı sert bir peynirdir. Geleneksel üretim süreci, mayalama, teleme oluşumu, fermantasyon, telemenin tuzlu suda pişirilmesi, kalıplama ve olgunlaştırmadan oluşmaktadır (Hayaloğlu 2009). Türk Standardına (TSE 2006) göre bu peynir 'taze kaşar peyniri' ve 'eski veya olgun kaşar' olarak sınıflandırılmaktadır. Kaşar peynir standardına göre en az 90 gün olgunlaştırılmalıdır. Peynirin karakteristik lezzetini, görünümünü ve dokusunu elde etmesi için uzun süreli (3-6 veya 3-10 ay) olgunlaşması gerekmektedir. Olgunlaşma döneminden sonra kendine has tat, koku ve aromaya sahip olurlar (Yılmaz ve Dağdemir 2012). Ancak bu uzun olgunlaşma ve depolama süresi nihai ürünün kontaminasyonunu önemli ölçüde artırmaktadır.

Peynirde işleme ve olgunlaşma sırasında çeşitli bozulmalar görülebilmektedir. Bu bozulmalar yalnızca ürünün görünümüne zarar vermekle kalmaz. Aynı zamanda tüketicilerin sağlığını da olumsuz etkileyebilen başta küf, mayalar ve bakteriler olmak üzere mikroorganizmaların gelişmesi sonucunda meydana gelmektedir. Kaşar peynirinin olgunlaşma sürecinde kalitesini ve raf ömrünü etkileyen en yaygın sorunlardan biri de yüzeyde küf oluşumu ve gelişimidir (Sarioğlu ve Öner 2006).

Peynir yüzeyinde küf gelişimi, istenmeyen tat-koku, kalite bozukluğu, ekonomik kayıplar ve özellikle toksik sekonder metabolit üretme yeteneğine sahip küflerin neden olabileceği önemli sağlık problemlerine sebep olabilmektedir. Bu nedenle bilimsel araştırmalar Kaşar peynirinde küf ve diğer patojen mikroorganizma gelişimini engelleyici uygulamalar yönünde hız kazanmıştır (Tomar ve Akarca 2019). Bu doğrultuda, plastiğin yerini alacak alternatif, etkili ve ucuz malzeme arayışı olarak son yıllarda ivme kazanan araştırmalar kapsamında yenilebilir film ve kaplamalara yönelik eğilim hızla devam etmektedir (Yalçın *et al.* 2021). Mikrobiyal kontaminantları kontrol etmek veya ortadan kaldırmak için doğal antimikrobiyal ajan içeren ambalajlar kullanarak Kaşar peynirinin raf ömrü uzatılabilmektedir (Ayana ve Turhan 2009).

Küf tabakasının tamamen uzaklaştırılması için fırçalama ve yıkama gibi mekanik işlemler yeterli olmamaktadır (Sarioğlu ve Öner 2006). Ayrıca küf gelişimini kontrol etmek için küf oluşumunu önleyici maddeler de kullanılabilmektedir. Bu uygulamaların kullanımının zahmetli olduğu ve sınırlı fayda sağladığı ve kimyasal madde olarak sağlığa da olumsuz

etkilerinin olduğu bildirilmektedir (Min *et al.* 2005; Ture *et al.* 2011). Peynir yzeyinde mikroorganizma gelişiminin önlenmesi için kimyasal maddelerle muamele edilmesi ve vakum ambalaj kullanılması gibi çeşitli yöntemler mevcuttur. Ancak bu uygulamalar sağlık açısından risk oluşturduğu için araştırmacılar alternatif uygulamalara yönelmiştir. Bu amaçla son yıllarda gıdaların kaplanması, insan sağlığına zararlı olmayan, aynı zamanda çevreye de zarar vermeyen, maliyeti düşük ve gıdaların kalitesini artıran yenilebilir filmlere olan ilgi artmıştır. Günümüzde mevcut küresel problemler, tüketici talepleri ve teknolojik gelişmeler gıda ambalajlarına da yeni çalışma alanları doğurmuştur. Ambalaj malzemesi seçiminde birim maliyeti düşürme, yenilebilir ve biyobozunur olması önem kazanan çalışmalar arasındadır.

Gıda üretimi sırasında gıdanın hazırlanması ve tüketiminden kaynaklı olarak fazla miktarda hem katı hem sıvı atık meydana gelmektedir. Atıklar, biyokütle ve gıda bileşeni olarak değerli ürünlerdir. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de meyve sebzeler ürüne işlenirken fazla miktarda atık ortaya çıkmaktadır. Üretim prosesi sırasında polisakkarit, protein ve lipit içeriği yüksek olan kabuk, çekirdek ve posa gibi atıklar oluşur. Bu atıkların farklı alanlarda tekrar kullanılabilme imkanı vardır. Bu nedenle “Sıfır Atık Yaklaşımı” ile gıda üretimi sonrasında oluşan organik atıklar çeşitli işlemlerden geçirilerek kimya, ilaç, kozmetik gibi farklı alanlarda kullanılabilirdiği gibi gıda üretiminde de farklı amaçlarla kullanılması üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Giderek artan çevre bilinci ile birlikte gıdaların doğal uygulamalarla korunmasına yönelik talep artmış ve bu yönde yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Bu konuda uzun süre mikrobiyal ve kimyasal bozulmaya karşı etki gösteren doğal antimikrobiyal ve antioksidan özellikte yenilebilir film üretimi önem kazanmıştır (Seydim and Sarıkuş 2006; Duan *et al.* 2007; Di-Pierro *et al.* 2007, 2011).

Gıda güvenliğini sağlamak amacıyla uygun ambalaj materyalleri kullanılması gıda sektörünün odağı haline gelmiş ve tüketici eğilimleri de en iyi kalitede, güvenilir ve doğal ambalajlı ürünlere doğru yönelmiştir. Günümüzde çevre ve gıda güvenliği önemli bir endişe haline gelmiştir. Gıda güvenliği ile ilgili olarak gıda ambalajlama, gıdanın raf ömrünü uzatabileceği ve onu mikroorganizmalar, nem ve dış etkenlerden koruyabileceği için ayrıca önem arz etmektedir (Waghmare and Annapure 2018).

Ambalaj, raf ömrünü uzattığı ve gıda israfını önemli ölçüde azalttığı için gıdaların korunmasında çok önemli bir rol oynar. Gıda ambalaj malzemelerinin çoğu, ciddi "beyaz kirliliğe" neden olabilen ve toksik kimyasallar salarak gıda ve çevre güvenliği için ciddi bir risk oluşturabilen, parçalanamayan malzeme olan petrol kaynaklarından üretilir (Dong *et al.*, 2022). Bu nedenle, gıda ambalajı endüstrisinde çevre dostu ve sürdürülebilir gıda ambalaj filminin geliştirilmesi önemlidir. Son zamanlarda, proteinler, polisakkaritler, lipitler vb. doğal

biyopolimerlerin düşük maliyetli, bol ve yenilenebilir kaynaklara dayalı olması, biyolojik olarak parçalanabilirlikleri, biyoyumlulukları ve film oluşturabilmeleri nedeniyle yenilebilir filmler daha fazla ilgi görmüştür (Requena *et al.* 2018; Hadidi *et al.* 2022). Ayrıca bioekonomi çağına doğru küresel geçiş, büyük ölçüde yenilenebilir kaynakların (çoğunlukla tarımsal-endüstriyel ve gıda yan ürünleri) sürdürülebilir kullanımına odaklanmaktadır. Bu çerçevede, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyoaktif bileşiklerin kullanımı, (diğerlerinin yanı sıra) sıfır gıda israfı stratejisine katkıda bulunarak yükselen bir perspektif oluşturmaktadır (Papadaki *et al.* 2022).

Bu nedenle, polisakkaritler, proteinler veya lipidlerden yapılan doğal biyoyumlu ve yenilebilir filmler ve kaplamalar son yıllarda ilgi görmektedir (Hassan and Cutter 2020). Ancak plastik gıda ambalajlarının yerine tek başına biyobozunur filmler kullanmak, özellikle bu tür biyo-bazlı filmlerin su ile temas ettiğinde zayıf mekanik dayanıklılıkları ve çözünbilmeleri nedeniyle, zaman içinde işlevsel ve yapısal bütünlüğü korumadaki başarısızlıkları göz önüne alındığında oldukça zor bir uygulamadır (Tharanathan 2003). Çok bileşenli (kompozit) filmler arasındaki tamamlayıcılık ve sinerjiye dayalı olarak tek bileşenli filmlere göre daha güçlü bir işleme kabiliyetine sahip olduğu bildirilmiştir (Kang *et al.* 2023).

Yenilebilir filmler polisakkarit filmler, protein filmler, lipid filmler ve kompozit filmler olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Yenilebilir filmlerin kırılgenliğini düşürüp ve esnekliğini artırarak mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla film formülasyonuna bu maddelerden değişik oranlarda katılarak kompozit filmler elde edilebilmektedir.

Gaz bariyer özelliklerinin iyi olmaları sebebiyle polisakkaritler, gıda yüzeyine kolayca yapışarak etki gösterirken sınırlı su buharı bariyer özelliği göstermektedirler. Bunun yanı sıra, bazı polisakkaritler yüksek nem içerikli yenilebilir kaplamaların içine ilave edildiğinde, kısa süreli depolamalarda nem kaybını azaltmak için de kullanılabilirler. Ayrıca suda çözünbilme özellikleri ve düşük üretim maliyetinden dolayı yenilebilir biyofilm ve türevlerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Raeisi *et al.*, 2014).

Polisakkaritler, doğada en çok bulunan, özel fonksiyonları ve düşük maliyeti olan makromoleküllerdir. Sürdürülebilir alternatifler içinde en önemli yeri oluştururlar. Polisakkaritler ayrıca, genellikle α -1,4-, β -1,4- veya α -1,6-glikosidik bağlarla bağlanan monosakkaritlerden oluşan karmaşık karbonhidratlardır (Zhao *et al.* 2021). Gıda alanında kullanılan pek çok polisakkarit türü vardır. Gıda paketlenme malzemelerinde yaygın olarak kullanılanlar, deniz biyolojik kaynaklarından aljinat, karagenan ve agar ile meyve kabukları ve sebze artıklarından elde edilen pektin (Ciriminna and Pagliaro 2020; Mohamed *et al.* 2020) selüloz, nişasta ve kitosandır (Nesic *et al.* 2020); Zhao *et al.* 2021).

Bahsi geçen polisakkaritler farklı kaynaklardan elde edilirler ve kendilerine has bileşim ve özelliklere sahiptirler. Bunun yanı sıra pek çok avantajları vardır. Çoğu geleneksel petrokimyasal malzemeyle (plastik, metal ve cam gibi) karşılaştırıldığında, doğal polisakkaritler yenilenebilirlik, biyolojik olarak parçalanabilirlik, toksik olmama, yenilebilirlik ve sürdürülebilirlik özelliklerine sahiptir. Doğal proteinler ve lipitlerle karşılaştırıldığında, polisakkaritler daha geniş bir kaynak yelpazesi ve daha düşük maliyetin yanı sıra daha iyi stabiliteye ve işleme uyarlanabilirliğine sahiptirler (Mohamed *et al.* 2020; Zhao *et al.* 2021). Ayrıca polisakkaritler üstün gaz, aroma ve lipit bariyer özellikleri (Benbettaieb *et al.* 2016; Lavoine *et al.* 2012; Nechita and Roman 2020); ve hatta birçoğu veya türevleri, gıdaların korunmasına faydalı olan antimikrobiyal/antioksidan aktivite özelliği göstermektedirler (Zhao *et al.* 2021).

Bununla birlikte, polisakkaritlerin bazı dezavantajları da vardır. Bunlar şu şekilde açıklanabilir; çoğu polisakaritin işlenebilirliği, kimyasal ve termal kararlılığı ve mekanik özellikleri, petrokimyasal malzemelerinkinden daha kötüdür. Özellikle, tek selüloz, nişasta veya kitosan tarafından oluşturulan filmler ve kaplamalar genellikle kırılgandır, çatlamaya/kırışmaya yatkındır ve kalıplamadan sonra yüksek büzülme gösterirler. Doğal polisakaritler hidrofiliktir, neme karşı hassastır ve moleküler zincirlerindeki çok sayıda hidroksil, amino veya karboksil grubu nedeniyle zayıf su buharı bariyeri sergilerler. Ayrıca, çoğu polisakarit bazlı malzemenin mekanik mukavemeti, yüksek bağıl nemde önemli ölçüde azalmaktadır. Yaygın polisakkaritler arasında, selüloz, nişasta, aljinat, agar, kitosan ve pektin dışındaki diğerleri, mikroorganizma gelişmesi için karbon kaynağı olarak besin sağlayarak gıda muhafazasına elverişli olmayan mikrobiyal gelişmeyi ve üremeyi teşvik edebilirler. Bu nedenle, doğal polisakkaritlerin fonksiyonlarını optimize etmek için genellikle kimyasal olarak (fonksiyonel grup modifikasyonu ve çapraz bağlama gibi) veya fiziksel olarak (hidrotermal, ultrasonik, mikrodalga ve iyonlaştırıcı radyasyon işlemi ve harmanlama gibi) gereksinimlere göre modifiye edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Zhang *et al.* 2021; Zhao *et al.* 2021). Böylece gıda ambalajlama sektöründe kullanımları teşvik edilmiş olacaktır.

Çalışmamızda polisakkarit kaynağı olarak ayva çekirdeğinden elde edilen jel kullanılmıştır. Genel olarak bahsedecek olursak, ayva (*Cydonia oblonga*), tedavi edici faydaları olan bir Orta Asya yerli bitkisidir. Rosaceae ailesinin bir üyesidir. Meyve çekirdeklerinin suda bekletilerek ekstrakte edilen ayva çekirdeği jeli (AÇJ), glukuronik asit ve ksilozdan (glukuronoksilan) oluşmaktadır (Fattouch *et al.* 2007; Oliveira *et al.* 2007). Polisakarit açısından zengin AÇJ' nin çok yönlü biyolojik ve mekanik özellikleri, onu tıbbi ve gıda uygulamaları için değerli ve umut verici bir biyomateryal haline getirmiştir (Guzelgulgen *et al.*

2021). Ayva çekirdeği jeli (AÇJ) konusunda bitki bilimcilerin ve mühendislerin ilgisi giderek artmaktadır. Özellikle ksilozun eşsiz kolloidal özelliği, düşük üretim maliyeti ve kolay ekstrakte edilmesi gibi nedenlerle potansiyel bir film veya kaplama bileşeni olarak ilgi çekmektedir (Jouki *et al.* 2014b).

AÇJ, gellan gamı, guar gamı ve ksantan gamı gibi ticari olarak temin edilebilen gamların moleküler ağırlığından daha büyük bir ortalama molekül ağırlığına (9,61-106 g/mol) sahiptir (Lindberg *et al.* 1990; Rezagholi *et al.* 2019). Bunun yanı sıra iyi bir emülgatör ve köpürme maddesidir. Büyük moleküler ağırlığı nedeniyle daha yüksek viskoziteye sahip uygun bir koyulaştırıcı ajanıdır. İdeal su adsorbsiyon gücünün yanı sıra ekonomik bir biyopolimer olan AÇJ, gıda ve farmasötik ürünler alanında stabilizatör, yenilebilir kaplama/film malzemesi ve kontrollü ilaç salım taşıyıcısı olarak kullanılabilir (Beikzadeh *et al.* 2020).

Ayva çekirdeği jeli (AÇJ), %10,9 ekstraksiyon verimi ile kül (%8,24), protein (%20,9), kuru ağırlık (%95,62), nem (%4,38) içerir. Ayrıca ksiloz (%10,7), glikoz (%45,6), galaktoz (%3,2), fruktoz (%7,4) ve üronik asitlerden (%27,1) oluşur. Ayrıca bu müsilaajda asetillenmiş ksilan, glikuronik asit, arabinoz, selülozik fraksiyon ve aldobionik asit tespit edilmiştir (Hakala *et al.* 2014). Ghumnan *et al.* (2022) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise yüksek oranda ksiloz, glikoz ve glukuronik asit, az miktarda ramnoz, mannoz ve galaktoz içerdiği tespit edilmiştir.

Tarımsal-endüstriyel sürecin yan ürünlerinin kullanımı, gıda endüstrisi için düşük bir üretim maliyetiyle güçlü ambalajlar geliştirmek amacıyla kullanılabilir. Bu biyoürün kaynaklarının kullanım amacı, her bir bileşenin faydalarından yararlanarak tarımsal değer kazandırmaktır. Dünya genelinde peyniraltı suyu, büyük miktarlarda ortaya çıkmasına rağmen katma değeri olmayan süt endüstrisinin bir yan ürünüdür ve bu endüstride ana kirlilik kaynağı haline gelmiştir. Kıymetli bir yan ürün olan peyniraltı suyunun değerlendirilmesi amacı ve fonksiyonel protein içeriği nedeni ile çalışmamızda protein kaynağı olarak peyniraltı suyu protein konsantratı (PPK) kullanılmıştır.

Peyniraltı suyu proteinleri doğal durumda globüler proteinler olarak bulunan protein fonksiyonel alt fraksiyonları olan β -laktoglobulin, α -laktalbümin ve sığır serum albümininin bir karışımıdır. Bu yan üründen elde edilen proteinler termoplastiktir. Diğer bileşiklerle farklı sıcaklık ve uygulamalarla birleştirildiğinde farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip kaplamalar elde edilmesini sağlamaktadırlar. Bu durum moleküller arası etkileşimlerin oluşmasına imkan veren farklı amino asit türlerinden kaynaklanmaktadır (Vroman and Tighzert 2009). Peyniraltı suyu proteininden yapılan kaplamalar, diğer biyopolimerlerden yapılan kaplamalara kıyasla üstünlük göstermektedir. Bu avantajlar mükemmel besin değeri, gıdaya

yumuşaklık, renk, tat ve fonksiyonel özellikler kazandırma yeteneklerinden ileri gelmektedir (Li and Chen 2000).

Peynir üretimi sırasında kazeinin çökmesi ve ayrılmasından sonra kalan kısım peyniraltı suyu (PAS) olarak tanımlanmaktadır. Peyniraltı suyundan üretilen, beslenme açısından yüksek biyolojik değere sahip serum proteinleri çeşitli gıda ürünlerinin üretiminde yapısal özellikleri iyileştirmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Özen ve Kılıç 2007). Piyasada, süt proteinleri olarak PAS protein konsantresi (PPK) (34-80% protein) ve Peyniraltı Suyu Protein İzolatı (PPI) (>90% protein) olmak üzere iki çeşit protein mevcuttur (Janjarasskul and Krochta 2010). Yenilebilir filmlere PAS proteini ilavesi ise, oksijen ve karbondioksit gazına karşı iyi bir bariyer özellik göstermesinin yanı sıra hidrofilik yüzeylere iyi bağlanabilme yeteneği de sergilemektedir (Gennadios *et al.* 1990). Ancak PPK gibi biyo-bazlı malzemelerin geleneksel plastik ambalaj malzemelerinin özellikleriyle rekabet edebilmesi için işleme tekniklerine ek olarak diğer biyobazlı malzemelerle harmanlanması gibi işlemler gerektirmektedir.

Protein bazlı filmlerde proteinlerin zayıf fonksiyonel özellikler sergilemeleri, yukarıda bahsedilen amaçlarla kullanımlarını kısıtlayan bir faktör olarak rol oynamaktadır. Bununla birlikte, proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin enzimatik, kimyasal ve fiziksel modifikasyonlarla geliştirilebileceği pek çok çalışmada ifade edilmiştir. Proteinlere özgü tersiyer globüler yapının hidrofobik merkezinde sülfhidil (-SH) ve gizlenmiş disülfid (S-S) gruplarını ortaya çıkarmak için β -Lg ve α -La'nın önceden denatürasyonu gereklidir. Böylece β -Lg' nin monomerik birimleri arasında moleküller arası disülfid bağlarının oluşumunu takiben kararlı bir üç boyutlu ağ oluşumu meydana gelerek daha üstün özelliklerde ürün eldesi sağlanmış olur. Protein/polisakarit filmlerin mekanik ve bariyer özellikleri büyük ölçüde moleküller arası ve molekül içi hidrojen bağları, elektrostatik etkileşimler, hidrofobik etkileşimler ve disülfid bağlarından oluşan üç boyutlu ağ yapısına bağlıdır (Zhao *et al.* 2022).

Çalışmamızda protein denatürasyon ve hava kabarcıklarının giderilmesi amacıyla ultrasonik homojenizer kullanılmıştır. Ultrason teknolojisi, benzersiz kavitasyon, mekanik ve termal etkileri nedeniyle ekstraksiyon, emülsifikasyon, enzimoliz (enzim bilimi) ve kristalizasyonda yaygın olarak kullanılan hızlı ve enerji tasarruflu gıda işleme teknolojisidir. (Liang *et al.* 2021). Birçok çalışma ultrasonun proteinler, polisakkaritler, nişasta vb. gibi doğal makromoleküler maddelerinin yapısını değiştirebileceğini göstermiştir. Liang *et al.* (2021), ultrason tedavisinin zein ve β -laktoglobulini açığa çıkararak proteinin sekonder yapısını ve yüzey mikro yapısını belirli bir dereceye kadar değiştirebileceğini, ayrıca proteinin disülfid bağlarını ve sülfhidril içeriğini etkileyerek ve yüzey hidrofobikliğini etkileyebileceğini tespit etmişlerdir. Disülfid kovalent bağlarının, protein yapısını stabilize etmede ve sonuç olarak, aşırı

çevresel koşullara karşı direncini geliştirmede oldukça iyi olduğu bilinmektedir (Wang *et al.* 2016).

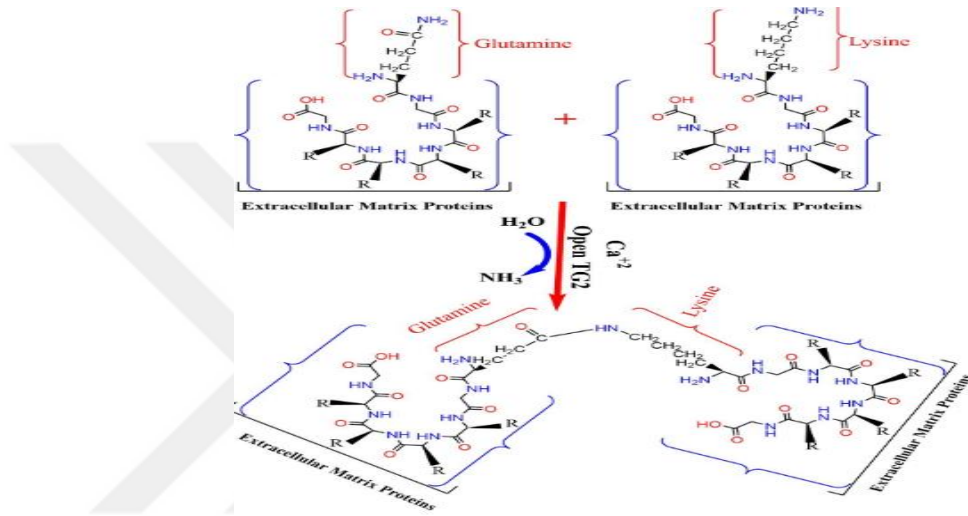
Son zamanlarda ultrasonun proteinin partikül boyutunu önemli ölçüde azalttığı (%37'ye kadar) ve yüzey yükünü arttırarak çözünürlüğü arttırdığı (%48'e kadar) belirlenmiştir (Li and Xiong 2021). Ayrıca ultrasonik karıştırmanın yoğunluğu, mekanik karıştırmanınkinden çok daha güçlü olduğu için çözeltideki makromoleküller tek tip olarak dağılır ve mikroskobik ölçekte yakın temas halinde kaldığı ifade edilmektedir. Proteinler ve polisakkaritlerdeki yukarıdaki yapısal değişiklikler ve ultrason tarafından indüklenen yakın moleküller arası temas, kaçınılmaz olarak sistemdeki moleküller arası ve moleküller içi etkileşimde değişikliklere yol açmaktadır.

Polisakkaritler ve proteinler, film oluşturma yetenekleri nedeniyle yenilebilir kaplamalar veya filmler hazırlamak için yaygın olarak kullanılan biyopolimerlerdir (Avramescu *et al.* 2020). Ancak yenilebilir biyopolimerlerle yapılan kaplamaların/filmlerin daha geniş kullanımına yönelik önemli bir sorun, gıdaların ana bileşeni olan su ile etkileşimlerinden kaynaklanmaktadır. Gıda paketlenme için kullanılan geleneksel plastik filmlerle karşılaştırıldığında, yenilebilir filmlerin su direnci çok daha düşüktür (Castro *et al.* 2017). Öyleki kaplama/film bütünlüğü, film oluşturan biyopolimerlerin gıda nemi tarafından çözünmesinden bile kaybolabilmektedir. Daha yüksek su buharı geçirgenlik değerleri ise yüksek nemli gıdaların daha hızlı kurumasına sebebiyet verebilmektedir.

Yenilebilir film ana malzemelerinin suda çözünür biyopolimerlerin çözünmesini sınırlamak için, kovalent bağlı makromoleküllerin oluşturduğu "geri dönüştürülemez" bir kimyasal ağ oluşturan çapraz bağlanmalar başarılı bir yaklaşımdır (Azeredo & Waldron 2016). Bu amaçla mikrobiyal transglutaminaz enzimi (TGaz) amin birleşmesi, çapraz bağ oluşumu ve deamidasyon tepkimeleri ile proteinleri modifiye edebilmesi için kullanılmıştır. TGaz'ın gıda işleme teknolojisinde kullanımıyla; düşük viskoziteli protein çözelti ve dispersiyonlarında jel yapı oluşturma, mekanik dayanımı artırma, düşük yağ ve protein içeriğinde mekanik yapı oluşturma, var olan yapıya eksikliği duyulan amino asit katılımını sağlama, tekstürel deformasyonu ve gıda katkı maddeleri kullanımını azaltma veya tamamen ortadan kaldırma gibi faydalar sağlanmaktadır. (Yüksel ve Erdem 2008).

Çalışmamızda da yapı düzenleyici ajan olarak TGaz enzimi kullanılmıştır. Mikrobiyal transglutaminaz (MTGaz), gıda endüstrilerinde emülsifiye edici, stabilize edici, jelleştirici, viskozlaştırıcı, köpürtücü ve su tutma maddesi olarak kullanılmaktadır. MTGase, Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından GRAS olarak kabul edilmektedir. Avrupa Parlamentosu Direktifi 2000/13 EC' ye göre, MTGaz bir bileşen değil, yardımcı işlem malzemesidir. Bu nedenle, son

ürün içeriklerinde yer almamaktadır (De Goes-Favoni and Bueno 2014). Kaewprachu *et al.* 2018; Ma *et al.* 2020, jelatin bazlı filmlerin MTGaz ile enzimatik çapraz bağlanması ile filmlerinin sudaki çözünürlüğünün ~%90'dan ~%60'a düşmesine neden olduğunu ifade etmişlerdir. Transglutaminaz (TG; EC 2.3.2.13), endoprotein glutamin ve lizin kalıntılarının sırasıyla birincisi asil donörü ve ikincisi asil alıcısı olarak hareket eden γ -karboksamid ve ϵ -amino grupları arasında bir asil transfer reaksiyonunu katalize ederek ϵ -(γ -glutamil) lizin izopeptid bağları oluşturabilen bir enzimdir (Şekil 1) (Azeredo and Waldron 2016). Enzimatik çapraz bağlama, toksik olmaması ve tüketiciler tarafından daha yüksek kabul görmesi nedeniyle artan bir ilgi görmüştür (Gaspar and Goes-Favoni 2015; Kaewprachu *et al.* 2017).



Şekil 1. TGaz enziminin oluşturduğu ϵ -(γ -glutamil) lizin izopeptid körüsü (Doa'a *et al.* 2022)

Filmin hidrofilikliğini azaltmak için kullanılabilecek etkili bir yöntem, polipeptit zincirleri arasında kovalent bağların oluşumu yoluyla proteinler arası çapraz bağlamayı sağlayarak protein polimerizasyonudur (Milani and Targarian 2020). TGaz gibi biyokatalizörler güvenli ürünler ortaya çıkardığı için enzimatik çapraz bağlamada kullanılmaktadır. Proteinlerde çapraz bağ oluşumu, yanıl amino asit zincirlerinin reaktif grupları arasındaki kovalent bağlarla doğrudan veya polipeptit zincirleri arasında bir köprü oluşturabilen ekzojen olarak eklenen düşük moleküler ağırlıklı bir bileşik yoluyla dolaylı olarak meydana gelebilmektedir. Kompozit film bileşenlerinin fonksiyonlarını optimize etmek için çapraz bağlanma modifikasyonu ile bileşenlerin kullanımı teşvik edilmiştir olmaktadır.

Gıdayla ve çevreyle pozitif etkileşime girerek bozulma reaksiyonlarının hızını azaltan aktif ambalajlama tekniği aynı zamanda gıdanın raf ömrünü uzatarak tüketici taleplerini de karşılamaktadır. Antimikrobiyal ajanlar da birer aktif bileşenler olup film formülasyonu içinde etkinleşerek filme fonksiyonel özellik sağlayabilmektedir (Ayana ve Turhan 2010). Biyopolimer bazlı filmler genellikle gıda ambalajlama ve depolama pratik uygulama gereksinimlerinin bazı noktalarında eksiklik göstermektedir (Zhang *et al.* 2020a). Çoğu gıda

bileşenleri depolama ve dağıtım sırasında mikrobiyal kontaminasyon nedeniyle ticari değerlerini kaybettiğinden gıda ambalaj malzemeleri antimikrobiyal özellik gibi fonksiyonel özelliklere ihtiyaç duymaktadır. Genel olarak biyopolimer filmlerin kendileri bu tür fonksiyonel özelliklere sahip değildir veya yeterli değildir. Bu eksikliği gidermek amacıyla biyopolimer filmlere işlevsel olarak aktif malzemeler ekleyerek fonksiyonel özellik kazandırılabilir (Zhang *et al.* 2020b; Bayram *et al.* 2021).

Yukarıda bahsi geçen amaçlar doğrultusunda gıda güvenliği ve insan sağlığı göz önünde bulundurularak, doğal kaynaklı üstün antimikrobiyal özelliğe sahip biyoaktif maddelerin kullanılması önerilmektedir (Zhang *et al.* 2020b; Bayram *et al.* 2021). Bakteriyosin bir biyoaktif protein veya peptit olarak kabul edilir. Esas olarak bazı bakterilerin metabolik süreci sırasında ribozomlar tarafından sentezlenir. Geniş spektrumlu antimikrobiyaller, hipoalerjeniktir, nispeten termal olarak kararlıdır ve insan gastrointestinal sisteminde proteolitik enzimler tarafından kolayca parçalanırlar (Ahmad *et al.* 2017). Bugüne kadar, nisin, pediocin PA-1, laktisin 3147 ve bakteriyosin 7293 gibi bakteriyosin çeşitleri tespit edilmiştir. Bunların yakın genetik akrabalığı olan mikroorganizmalara karşı daha çok etkili olduğu ve diğer bakteri ve mayalar üzerinde önemli etkileri olmadığı ifade edilmiştir (Santos *et al.* 2018b; Woraprayote *et al.* 2018).

Bakteriyosinlerin antimikrobiyal mekanizması önemli bir tartışma konusudur. Çoğu araştırmacı antimikrobiyal aktivitelerinin esas olarak mikrobiyal hücre zarı ile etkileşimlerine bağlı olduğu ifade etmiştir. Bu durumu pozitif yüklü bakteriyosinin C-terminal alanı, negatif yüklü hücre zarı ile elektrostatik etkileşimler yoluyla mikrobiyal hücrelere adsorbe olur. Bakteriyosinin hidrofobik zincir segmenti, hücre zarı yapısında kısmi gözenek veya kanal oluşturarak zar lipid çift tabakasının hidrofobik iç kısmı ile etkileşime girmektedir. Membran geçirgenliği değiştirilerek hücre içi bileşenlerin sızmasına neden olarak mikroorganizma ölümünün gerçekleşmesi şeklinde açıklamışlardır (Ageitos *et al.* 2017; Brogden 2005). Bir diğer etki şekli ise hücre duvarı sentezinde önemli rolü olan lipid II' ye bağlanması ve hücre duvarı sentezini durdurması şeklindedir.

Lactococcus lactis subsp. *lactis*' in bazı suşları tarafından doğal bir antimikrobiyal madde olarak üretilen nisin, protein yapısında, antibakteriyal etkiye sahip bir bakteriyosindir. Protein yapısındaki bakteriyosin olan nisin, laktokoklar, mikrokoklar, basiller, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* ve *Clostridium botulinum* gibi Gram pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal etkiye sahip olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Buna ek olarak maya ve küflere karşı da minimum seviyede etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca nisin, GRAS listesindeki tek bakteriyosindir (Aktürkoğlu ve Erol 1999; Cao-Hoang *et al.* 2010).

Çalışmamızda yenilebilir film formülasyonunda nisin doğal bir antimikrobiyal ajan olarak kullanılarak yenilebilir ambalaja fonksiyonel özellik kazandırmak amaçlanmıştır.

Nisin spesifik antibakteriyel özelliklere sahiptir. Tıp, tarım, gıda ve diğer alanlarda uygulanmaktadır. Antibakteriyel etkiyi hücre zarında gözenek oluşumunu başlatarak ve hücre duvarı sentezini engelleyerek gerçekleştirir. Böylece gıdalardaki patojenleri etkili bir şekilde kontrol edebilir (Wu *et al.* 2017). Başlangıçta karboksilik grubu aracılığıyla bağlanan nisin birikmesi ve kimyasal yapısı, antimikrobiyal etkinliğin inaktivasyonuna yol açar. Nisin etki şekli, katyonik COOH terminalinin bakteriyel hücre duvarı ile bağlanması ve hücre duvarına zarar vermesi ile gerçekleşir. Bu durumda COOH grubunun olmaması antibakteriyel etkinin kaybolmasına neden olmaktadır (Hage *et al.* 2021).

Polisakkaritler genellikle fonksiyonel gruplara, üstün adsorbsiyon, jelleşme ve film oluşturma yeteneklerine sahiptir. Sürdürülebilir antimikrobiyal gıda ambalajı göz önüne alındığında, polisakkaritlerin çoğu tek başına substrat olarak veya kompozit substrat olarak diğer biyolojik olarak parçalanabilen polimerlerle birlikte kullanılır ve antimikrobiyal ajanlarla entegre edilebilmektedir (Jung *et al.* 2020). Wu *et al.* (2019), selüloza nisin ilave ederek hazırladığı filmlerin daha yoğun bir mikro yapı, daha düşük su tutma kapasitesi ve daha iyi bariyer ve mekanik özelliklerin yanı sıra *S. aureus* ve *E. coli*' ye karşı etkili antibakteriyel aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir. Antibakteriyel filmler, ürüne uygulandığında kontamine bakterileri öldürdüğü ve ürünün raf ömrünü uzattığı ifade edilmiştir. Sonuç olarak yaygın kullanılan ticari polietilen paketleme materyalinden daha iyi bir koruma etkisi gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Nisin, insan vücudunda etkili bir şekilde parçalanabilmesi özelliğinden dolayı insanlar için güvenlidir ve toksik değildir. Bu nedenle günümüzde en güvenli biyolojik gıda koruyucularından biri olarak kabul edilmektedir (Wu *et al.* 2019). Biyo-dostu bir antimikrobiyal malzeme olarak araştırmacıların daha fazla ilgisini çeken nisin antimikrobiyal gıda ambalajlarında büyük potansiyele sahiptir.

Kaşar peynirinde patojen mikroorganizma kontaminasyonu ve gelişimini önlemek ve raf ömrünü uzatmak için kimyasal maddelerin kullanılması sağlık açısından tehlikeli olabileceği bilinmektedir. Bundan dolayı vakum ambalajlama işlemi Kaşar peynirinin raf ömrünün uzatılmasında en çok başvurulan yöntemdir. Ancak bu yöntemin Kaşar peynirinin arzu edilen düzeyde olgunlaşmasını engellemesinin yanı sıra kullanılan ambalajın geri dönüşümü olmayan plastik polimerlerden elde edilmesi, çevre ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkilere sahip olması önemli dezavantajları arasında sayılabilir. Buna ilaveten, vakum ambalajlı peynirlerde bile yüzeysel küf gelişiminin önlenmesi için potasyum sorbat gibi kimyasal

maddeler kullanılabilir. Bu olumsuzlukları gidermek amacıyla yenilebilir doğal kaplamalara olan ilgi giderek artmaktadır. Ancak bu konuda özellikle Kaşar peyniri ile ilgili yapılmış araştırma sayısının oldukça yetersiz olduğu yapılan literatür taraması sonucunda belirlenmiştir. Çalışmamızın özgünlüğü aşağıda sıralanmıştır:

- ✓ Çalışmada bileşimindeki her maddenin ayrı ayrı sağladığı katkı dolayısı ile doğal, fonksiyonel ve kompozit bir kaplama materyali üretimi sağlanmıştır.
- ✓ Polisakkarit kaynağı olarak AÇJ esaslı kompozit yenilebilir film ile Kaşar peynirinin kaplanması konusunda ülkemizde ve dünyada yapılacak ilk çalışma olma niteliği taşımaktadır.
- ✓ Antibakteriyel etki elde etmek amacıyla nisin ilave edilerek antibakteriyel film eldesi sağlanmıştır. Bunun yanı sıra filmde mekanik özellikleri iyileştirmek amacıyla PPK ve TGaz enzimi ilavesi yapılarak kompozit film üretimi sağlanmıştır.
- ✓ Ayrıca diğer yenilebilir filmlerden farklı olarak ayva çekirdeği gibi bir atığın değerlendirilmesi söz konusudur. Bu üstün nitelikli aktif ambalajın ilk defa peynirde denemesi ise çalışmamıza özgünlük kazandırmaktadır.

KURAMSAL TEMELLER

Doğal kaynak tüketimi, maksimum seviyede malzeme geri dönüşümü, atık ve emisyon miktarı ve birey ile ekosisteme yönelik olan sağlık ve güvenlik risklerinin en alt seviyeye indirgenmesi çağımızın gerekliliği haline gelmiştir. Dünya ekolojisine katkısı nedeni ile atıkların azaltılması amacı, toplumsal ekonomiye katkısı yanı sıra üretim-tüketim dengesinin korunması açısından ayrıca önem kazanmıştır. Bu yönden değerlendirildiğinde ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlikle ambalajın yakından ilişkisi olduğu bildirilmektedir. Bütün bu sebeplerden dolayı ambalaj endüstrisinde, sürdürülebilir toplum oluşturma amacıyla sürdürülebilirlik konusu üzerinde çalışmalar artmış durumdadır (Lewis *et al.* 2010; Övüç 2015).

Mevcut gıda muhafaza materyallerinin büyük çoğunluğu kullanımdan sonra atıkları ile çevre kirliliğine neden olan bozunur olamayan plastiklerdir. Ayrıca içinde bulunan plastikleştirici kimyasal bileşenlerin gıdaya migrasyonu sonucunda gıda güvenliği ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu nedenle çevre dostu, güvenli ve uzun vadeli antibakteriyel ve antioksidan özellikleri karşılamak için kontrollü salınım özelliği ile parçalanabilen çok işlevli gıda muhafaza veya fonksiyonel yenilebilir kaplamalar gıda muhafaza alanındaki temel gelişim eğilimidir (Sun *et al.* 2022).

Sentetik petrol bazlı polimerler, kolaylıkları ve yüksek mekanik ve fiziksel özellikleri nedeniyle kaçınılmaz bir paketlenme seçeneği olarak kabul edilmektedir (Sukhija *et al.* 2016). Ancak plastiklerin çevreye olumsuz etkileri, alternatif ambalaj malzemelerinin gerekliliğini zorunlu kılmaktadır. Yenilebilir ambalajlar ile biyolojik olarak parçalanabilen ambalaj malzemelerinin araştırmaların odağı haline gelmesinin yanı sıra (Kumar *et al.* 2022) gıda kalitesini kontrol etmek ve korumak için çevre dostu bir teknoloji sağlanmış olunur (Hira *et al.* 2022).

Bu tür kaplamalar, gıda yüzeyinin oksijen, karbon dioksit ve su buharına karşı geçirgenliğini azaltan, düşük solunum ve evaporasyon oranlarına ve nihayetinde doğal fizyolojik olgunlaşma sürecinin gecikmesine yol açan fiziksel bariyer görevi görmektedirler. Ayrıca, yenilebilir kaplamaların mekanik ve mikrobiyal hasara karşı koruma, estetik görünüm sağlama ve arzu edilen aroma uçucularının kaçmasını önleme gibi ek faydalar sunduğu da bilinmektedir (Baldwin *et al.* 2011).

Günümüzde ambalaj, bir iletişim aracı olarak gıdanın önemli boyutunu oluşturmaktadır. Doğru yerde doğru zamanda yapılan iyi bir ambalajlama şekli, satışları ve tüketici kararlılığını

olumlu yönde etkilerken kötü bir ambalajlama ürün iyi olsa dahi tüketici tercihini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Meyers and Lubnier 2004). Bu bağlamda, petrol bazlı ambalaj materyallerinin gıda sanayinde kullanımı çeşitli çevre sorunlarına sebep olmaktadır. Bu nedenle son zamanlarda bu ambalaj materyaline alternatif olarak yenilebilir filmler üzerine yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu amacın yanı sıra ‘sıfır atık yaklaşımı’ ile gıda sanayinde atıklardan faydalanarak yenilebilir ve biyobozunur filmler geliştirmek de mümkündür.

Biyopolimerlerden elde edilen yenilebilir filmler, gıdaların üzerini kapatacak şekilde sarmalayan, peynir, et, meyve, sebze, çikolata vb. gıdaların su kaybını, gaz alışverişini ve lipid oksidasyonunu engelleyen/azaltan ince bir tabaka olarak tanımlanabilmektedir (Korkmaz 2017). Yenilebilir filmler gıda ile birlikte tüketildiği için çevreye herhangi bir olumsuz etkisi söz konusu değildir. Bu özellikleri dikkate alındığında yenilebilir film uygulamalarının az işlem görmüş (soyma, dilimleme vb.) meyve ve sebzelerde, dilimlenmiş peynirlerde, fletto et ve balıklarda ve köftelerde de kullanımının uygun olduğu ifade edilmektedir (Ayana ve Turhan 2010).

Film solüsyon bileşenleri (gliserol ve pektin), konsantrasyonu (%3-%5) ve üretim şartlarının (pH, kurutma sıcaklığı ve nispi rutubeti) etkisinin incelendiği bir çalışmada %5 pektin içeren solüsyonun iyi nem bariyer özelliği gösterdiğini, kontrol pektin filmine kıyasla gliserol ilavesinin nem bariyer özelliğini azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca çözelti pH’ının ve kurutma sıcaklığının film özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini, kurutma bağıl neminin etkisinin ise yeterince belirgin olmadığını ifade etmişlerdir (Mehraj and Sistla 2022).

Bir diğer çalışmada farklı konsantrasyonlarda gliserol ve emülsifiye edilmiş yağ damlacıkları ile İran sakızından (PG) yenilebilir filmlerin geliştirilmesi araştırılmıştır. %3 gliserol ilavesinin filmlerin kırılma kuvvetini artırdığını tespit ederken daha yüksek gliserol ilavesi ile daha yumuşak filmler elde etmişlerdir. Yağ damlacık konsantrasyonlarının artması çekme mukavemetinde bir azalma ile sonuçlanırken kopma uzamasının arttığını ifade etmişlerdir. Emülsiyon haline getirilmiş yağ damlacıklarının dahil edilmesi filmlerin suda çözünürlüğünde şişme kabiliyetinde ve su buharı geçirgenliğinde önemli bir azalma ile sebep olduğunu bildirmişlerdir. Araştırma sonunda %0,9 gliserol ve %1 emülsifiye yağ damlacıkları içeren PG filmlerinin gıda ambalaj materyali için arzu edilen özelliklere sahip olduğu sonucuna varmışlardır (Tabatabaei *et al.* 2022).

Hem mikrobiyal çoğalma hem de taze ürünlerin su kaybı ile istenmeyen değişimlerin gıda ambalajlama ile bertaraf edilebileceği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Cisneros-Zevallos *et al.* 1997). Yenilebilir filmler, bariyer sisteminin ilk basamağı olmasının yanı sıra ilave olarak antimikrobiyal ve antioksidan gibi çeşitli fonksiyonel özelliklere de sahiptirler

(Appendini and Hotchkiss 2002; Sánchez-González *et al.* 2010). Özellikle, antimikrobiyal içerikli ambalaj materyali gıdalarda patojen mikroorganizma gelişim riskini azaltmakta ve bozucu mikrofloraya karşı ise koruyucu bir tabaka oluşturmaktadır (Campos *et al.* 2011).

Polat Yemiş *et al.* (2022) taze Kaşar peynirinde mersin esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon sodyum aljinat kaynaklı yenilebilir filmin ile *L. monocytogenes* üzerine inhibisyon etkisini 24 günlük depolama boyunca incelemişlerdir. Mersin esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon kaplamaların, *L. monocytogenes*' e karşı antibakteriyel aktivite gösterdiğini ve peynir örneklerinin fizikokimyasal özellikleri üzerinde herhangi bir olumsuz etki göstermediğini ifade etmişlerdir. Bu bağlamda %1,0 ve %2,0 mersin esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon kaplamaların, depolama sırasında peynirdeki *L. monocytogenes* popülasyonunu sırasıyla 0,42 ve 0,88 log kob/g azalttığını tespit etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar ile mersin esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon bazlı aljinat yenilebilir kaplamaların doğal bir gıda koruyucu ambalaj olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Bununla birlikte, yenilebilir film uygulaması olası fizyolojik bozuklukları azaltma hatta engel olmanın yanı sıra nem transferini ve çözünen göçünü, gaz değişimi ve oksidasyon işlemlerini en aza indirgeyerek gıdalarda raf ömrünü uzatabilmektedir. Bu yüzden antimikrobiyal maddeler, renklendiriciler, aroma maddeler ve baharatlar dahil olmak üzere birçok gıda katkı maddelerini içeren yenilebilir kaplamalar gıdalarda uygulanan işlemlerin zararlı etkilerini azaltmak için potansiyel uygulamalar olarak öne çıkmaktadır. Aktif jelatin bazlı filmler üretilerek sığır köftesinde kalite değişimi gözlemlenen bir çalışmada (Santos *et al.* 2022) filmlerin ürünlerde lipit ve proteinlerde renk değişimi ve oksidasyon reaksiyonu kontrolünde yeterli fiziksel ve bariyer özellik gösterdiği tespit edilerek aktif jelatin bazlı filmlerin dondurulmuş sığır köftelerinin raf ömrünü uzatmak için iyi bir strateji olabileceği belirtilmiştir.

Yenilebilir film kaplamaların nitelikleri, malzemenin özelliklerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu nedenle, uygun bir yenilebilir biyopolimer filmin bileşenlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile film geçirgenliği ve mekanik özellikleri dikkate alınarak seçilmesi gerekmektedir (Marquez *et al.* 2017). Genellikle doğal polimerlerden elde edilen bu ambalaj malzemeleri zayıf mekanik özellikler sergilemektedir. Bu yüzden de yenilebilir filmler birçok malzeme ile desteklenerek geliştirilmeye çalışılmakta ve böylece **kompozit** adı verilen filmler elde edilmektedir (Romero-Bastida *et al.* 2016; Grigoriadi *et al.* 2015). Bu filmler; hidrokolloidler (proteinler, polisakkaritler ve alginat), lipitlerin üç grubu (yağ asitleri, açilgliseroller ve mumlar), proteinler ve bu bileşiklerin karışımından elde edilebilmektedir. Nisin / gallik asit / kitosan kaplama kombinasyonunun etkisinin incelendiği çalışmada (Cao *et*

al. 2019) kombinasyonunun iyi bir koruyucu paketleme teknolojisi olarak uygulanabileceği sonucuna varmışlardır. Kitosan ve acı burçak protein bazlı filmlerin peynirde etkisinin incelendiği çalışmada kaliteden ödün vermeden korumak için peynirde yenilikçi bir paketleme sistemi olarak önerilmektedir (Sabbah *et al.* 2019).

Son zamanlarda çeşitli biyobozunur polimer çeşitli kaynaklardan elde edilen polisakkaritler (Priyadarshi *et al.* 2022) ve proteinler (Gonzalez *et al.* 2019; Hu *et al.* 2021; Wang *et al.* 2020) dahil olmak üzere gıdaların raf ömrünün uzatılması amacıyla yenilebilir kaplamaların geliştirilmesi için incelenmiştir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada acem gumu (PG) ve jelatinden (G) oluşan kompozit filmlerin farklı karıştırma oranlarında (sırasıyla 100:0,75:25 ve 50:50) ve kritik pH seviyelerinde kompleks koaservasyon yaklaşımıyla hazırlanan çalışmada biyopolimerlerin maksimum etkileşimi pH 4,18' de gözlemlenmiştir. Oluşturulan yapıda SEM görüntülerinde pürüzlü ve hafif düzensiz yüzeyler belirlemesine rağmen film ağı içindeki güçlü elektrostatik etkileşimler ve hidrojen bağları sonucunda kompakt ve homojen bir yapı oluşturulduğu çalışma sonucunda belirlenmiştir. Kompozit filmlerin suda çözünürlüğü ve kopma uzamasının azaldığı ve su buharı bariyer özelliklerinin ve gerilme mukavemetinin arttığı da ayrıca ifade edilmiştir (Gahruie *et al.* 2022).

Hidrokolloid kaynağı olarak karregen ve agar agarın kullanıldığı bir diğer çalışmada (Linares *et al.* 2022) ise sonuçlar filmin gıdada yeterli stabiliteyi sağlayacak iyi fizikokimyasal ve bariyer özellikler sergileyebileceğini göstermiştir. Filmde hidrokolloid kullanımının gıdanın tektürünü de geliştirdiği ayrıca belirtilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda pektin ilavesinin filmin mekanik, yapısal, morfolojik ve termal özellikler üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada filmlerde pürüzsüz ve çatlak olmayan yapı tespit edilmiş olup pektin ilavesinin filmlerin termal stabilitesinde artışa neden olduğu bildirilmiştir (Sood and Saini 2022).

Kompozit filmde elde edilen ambalajlar tamamlayıcı fonksiyonel özellikleri sebebiyle önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Polisakkaritler, proteinler ve lipitler kompozit filmlerin sentezinde ve üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Wang *et al.* 2015). Birçok biyopolimere kıyasla üretim maliyetinin düşük olması, ekstraksiyonun kolay olması ve besin değeri açısından da dikkate değer öneme sahip olması gibi nedenlerle hidrokolloid kaynağı ayva çekirdeği jelinin yenilebilir film olarak değerlendirilmesi söz konusudur. Ancak ayva çekirdeği jelinin bileşimi, eşsiz kolloidal özellikleri ve gıda uygulamaları dışındaki alanlarda kullanımı gibi konularda çalışmalar (Renfrew and Cretcher 1932; Vignon and Gey 1998; Ferreres *et al.* 2003; Fekri *et al.* 2008; Daneshvand *et al.* 2012, Silva *et al.* 2014; Abbastabar *et al.* 2014; Ritzoulis *et al.* 2014, Jouki *et al.* 2014a; Jouki *et al.* 2014b) mevcut olmasına rağmen, gıda ürünlerinin kaplanması için yenilebilir film olarak değerlendirilmesi konusu oldukça yenidir.

Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda, ayva çekirdeği jelinden hazırlanan yenilebilir filmin fiziksel, termal, yapısal, geçirgenlik, mekanik ve antioksidatif özellikleri araştırılmıştır. Hazırlanan filmin çoğu özellik bakımından olumlu sonuçlar verdiği bu çalışmalarda, pek çok gıda ürününün ambalajlanmasında kullanım potansiyeline sahip olabileceği ortaya koyulmuştur (Jouki *et al.* 2013; Jouki *et al.* 2014b). Ayva çekirdeği üzerine olan ilgi, özellikle suda çözünür polisakkaritleri konsantre halde içermesi nedeniyle yoğunlaşmıştır (Lindberg *et al.* 1990; Vignon and Gey, 1998). Bileşiminde glukuronik asidi yüksek oranda içeren ve selülozik mikrofibriller ile güçlü bir bağı bulunan glukuronoksilan adlı suda çözünür polisakkarit yüksek düzeyde bulunmaktadır (Vignon and Gey, 1998; Ghumnan *et al.* 2022).

Ayva çekirdeği jelinin bileşiminin belirlendiği birkaç çalışma mevcuttur. Bu konuda yapılan ilk çalışmalarda ayva jelinin, hızlı hidrolize olan polisakkaritler ve selülozik fraksiyonun oluşturduğu kompleks bir karışım olduğunu ortaya koymuşlardır (Schmidt 1844; Kirchner and Tollens 1875). Bu sonuç Fekri *et al.* (2008) tarafından da doğrulanmıştır. Bunun yanı sıra, ayva çekirdeği jelinde bulunan arabinoz, ksiloz, galaktoz ve glukoz gibi karbonhidratların oranlarının sırasıyla 8:54:4:34 olduğunu belirlemişlerdir (Vignon ve Gey 1998). Araştırmacılar, özellikle antimikrobiyal madde ilavesi ile elde edilen filmin ürünün kalitesinin korunması ve raf ömrünün uzatılması açısından aktif ambalaj olarak oldukça uygun olduğunu vurgulamışlardır.

Ayvanın gerek reçeli, gerekse de kabuk ve çekirdeklerinin fenolik bileşikler, antioksidanlar ve flavonoidler bakımından hem ucuz hem de iyi bir kaynak olduğu bildirilmektedir (Silva *et al.* 2004; Silva *et al.* 2005). Ayva çekirdeği su içerisinde belli bir süre bekletildiğinde kıvamlı bir jel oluşturmakta ve bu jelinin fenolik bileşikler, sitrik, askorbik, malik, kuinik ve fumarik asit içeriği bakımından zengin olduğu, ayrıca içerdiği 21 aminoasitten glutamik asit, aspartik asit ve asparagin aminoasitleri içeriğinin en fazla olduğu ifade edilmektedir. Arabinoz ve ksiloz gibi polisakkaritler de ayva çekirdeğinden jel oluşumu esnasında açığa çıkmaktadır (Silva *et al.* 2005).

Yeni bir doğal biyopolimer kaynağı olarak ayva çekirdeği jeli yenilebilir film üretimi için henüz çalışılmaya başlanmış iyi teknolojik ve fonksiyonel özelliklere sahip uygun bir bileşen olarak belirtilmektedir (Behjati and Yazdanpanah 2021).Eşsiz hidrokolloid kaynağı bakımından ayva çekirdeği jelinin yenilebilir film materyali olarak nadir çalışmaların birinde iki farklı konsantrasyonda D vitamini ilave edilerek film özellikleri incelenmiş çeşitli fiziksel özelliklerin (hidrofobiklik, kalınlık, opaklık) arttığı ve buna bağlantılı olan diğer özelliklerin (su buharı geçirgenliği, suda çözünürlük ve nem içeriği) azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak vitamin takviyeli ayva çekirdeği bazlı yenilebilir filmler, antioksidan ve antimikrobiyal

özellikleri ile vitamin alımını ve sağlık yararını iyileştirerek çeşitli gıdaların raf ömrünü uzatmak için tüketime hazır gıda ürünlerinde kullanılabileceğini önermişlerdir.

Eşsiz kolloidal özelliği ile ayva çekirdeği jeli ile üretilen filmlerin peynir üretiminde kullanımı ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamış olup, sadece tez çalışması proje ekibi tarafından yapılmış bir adet çalışma mevcuttur (Erkaya vd. 2017). Bu çalışmada yenilebilir film solüsyonu hazırlanmış ve daldırma yöntemi ile Kaşar peyniri örnekleri kaplanmıştır. Ayva çekirdeği jeli ile üretilen filmin gıda ürünleri kaplanmasında kullanımına yönelik olarak ise yalnızca gökkuşağı alabalığı filetosunda kullanıldığı görülmüştür (Jouki *et al.* 2014c). Yapılan çalışmada, filme antimikrobiyal özellik kazandırmak amacıyla farklı oranlarda esansiyel yağ ilavesinin ürünün raf ömrünü uzattığı, yağ oksidasyonunu ve mikrobiyal bozulmayı önlediği belirlenmiştir.

Kaşar peynirinde yenilebilir film uygulaması konusunda yapılmış birkaç çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda Kaşar peynirlerinin kaplanmasında yenilebilir film materyali olarak kitosan (Torlak ve Nizamlioglu 2011), zein (Unalan vd. 2013), gluten, metil selüloz (Ture vd.,2011) kazein ve sodyum kazeinat (Yıldırım *et al.* 2006; Sarıoğlu 2005) gibi biyopolimerler kullanılmıştır. Bu çalışmalardan farklı olarak, Kaşar peynirinde keçiyoynuzu çekirdeği bazlı kaplama ve bal mumu gibi kaplama materyalleri de denenmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Soydan 2011; Yılmaz and Dağdemir 2012).

Soleimani-Rambod *et al.* (2018), ksantan zamk (%0,5) ve keten tohumu zamk (%0,75, %1, %1,25) içeren yenilebilir filmlerin Cheddar peynirinde 8 ± 2 °C’ de soğuk depoda 90 gün boyunca olgunlaşma boyunca etkisini incelemişlerdir. Olgunlaşma süresi boyunca örneklerin nem içeriğinin azaldığını ve protein içeriğinin arttığını ifade etmişlerdir. Örneklerin pH’ sı, asitliği, kuru maddedeki yağ oranının ksantan zamk ve keten tohumu zamk işleminden önemli ölçüde etkilendiğini ifade etmişlerdir. Yenilebilir kaplamaların starter olmayan laktik asit bakterilerinin ve toplam mezofilik aerobik bakterilerin gelişmesini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemediğini ve bakterilerinin gelişmesinin, yenilebilir kaplama malzemelerinin etkisi altında önemli ölçüde değiştiğini ifade etmişlerdir.

Yalçın *et al.* (2021) ise kazein, kazein/transglutaminaz enzimi ve kitosandan üretilen yenilebilir kaplamaların 60 günlük depolama süresi boyunca Kaşar peynirinde bazı kimyasal, tekstürel ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yenilebilir kaplamaların kullanımı ile kaşar peynirinin azot fraksiyonlarını (suda çözünür azot, trikloroasetik asitte çözünür azot ve fosfotungstik asitte çözünür azot) ve lipoliz seviyesini istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) ölçüde etkilediğini ifade etmişlerdir. Diğer taraftan kaplamasız kontrol grubu peynirlerde azot fraksiyonları ve lipoliz seviyeleri, kaplamalı peynir

örneklerine göre depolama süresi boyunca önemli ölçüde arttığını belirlemişlerdir. Depolama süresinin sonunda kitosan ile kaplanmış peynir numuneleri, kaplanmamış veya sodyum kazeinat veya sodyum kazeinat/transglutaminaz ile kaplanmış numunelere kıyasla önemli ölçüde daha düşük maya-küf sayısı tespit etmişlerdir. Sonuç olarak yenilebilir kaplamaların kaşar peynirinin kimyasal, tekstürel ve mikrobiyolojik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Kaşar peyniri üreticilerinin en önemli sorunlarından biri depolama sırasında küf ve maya bozulmaları olduğunu belirten Civelek ve Çağrı Mehmetoğlu (2019) kaşar peynirinde *Williopsis saturnus* var. *saturnus* öldürücü maya içeren PPK kaplamanın antifungal etkisi araştırmışlardır. *W. saturnus* (7 log CFU/g) içeren veya içermeyen PPK veya kaplamasız örneklerde, *W. saturnus* kaşar peyniri örneklerinin yüzeyine uygulamış ve 4 °C'de 56 gün süreyle depolayarak peynir örneklerinin mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerini değerlendirmişlerdir. 56 günlük depolamanın ardından, laktik asit bakterilerinin sayısı *W. saturnus* içeren PPK'ndan etkilenmediğini; ancak *W. saturnus* uygulaması diğer maya ve küflerin gelişimini azalttığını tespit etmişlerdir. Kaplanmış tüm peynir örneklerinin kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerinin değişmediğini ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, *W. saturnus* içeren PPK kaplamaların kullanılmasının depolama sırasında peynirin küf ve maya bozulmasını azaltan potansiyel bir uygulama olarak ifade etmişlerdir.

Peynir yüzeylerinin farklı işlem ve olgunlaşma aşamalarında istenmeyen mikroorganizmalar tarafından kolonize olabilmektedir. Bu kapsamda tüketici talepleri doğrultusunda natamisin ve nisin gibi doğal antimikrobiyallerin ve gıdaların korunmasına yardımcı olan yenilebilir kaplamaların kullanımına olan ilgi artmıştır. Bu sebeplerden ötürü Berti *et al.* (2019) çalışmalarında tapyoka nişastası ve natamisin ve nisin (GNANI) içeren gliserol bazlı yenilebilir bir kaplama ile Gouda peynirinin olgunlaşması incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçları peynir endüstrisinde yüzey kontaminasyonunu önlemek için kullanılan yöntemle, yani aynı antimikrobiyallerin (CNANI) sulu süspansiyonuyla kaplanan peynirle karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak kaplamaların Gouda peynirinin olgunlaşması sırasında gerçekleşen *Lactobacilli* gelişimini ve fizikokimyasal özelliklerini (pH, kül, protein, klorür, su aktivitesi, olgunlaşma indeksi ve renk) değiştirmedikleri belirlemişlerdir. Ancak depolama sonunda yenilebilir film ile kaplanan peynirin, solüsyonla muamele edilen peynirden daha sert, daha sakızımsı ve daha çiğnenebilir olduğunu tespit etmişlerdir. Gouda peyniri üzerine uygulanan yenilebilir filmlerin *Saccharomyces cerevisiae* ve *Listeria innocua* karışık kültürünün gelişmesi için solüsyona kıyasla olgunlaşma sırasında dış kontaminasyona karşı daha iyi bir bariyer sağladığını belirlemişlerdir.

Avrupa geleneksel süt ürünü olan lor peyniri üretim aşamalarından kaynaklanan olası çapraz kontaminasyon, yüksek nem içeriği (%50-60) ve mevcut laktik asit bakterilerinin metabolik aktivitesi nedeniyle raf ömrünün kısa olduğunu belirten Mileriene *et al.* (2021) bu amaçla, antimikrobiyal protein bazlı (%5 w/w) yenilebilir bir kaplama geliştirerek Doğu Avrupa asitli lor peynirinin raf ömrünü iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda biyoaktif yenilebilir kaplama materyalini sıvı peyniraltı suyu proteini konsantresine %0,3 (w/w) in tarçın kabuğu (*Cinnamomum cassia*) CO₂ zt ile güçlendirilerek ürettiklerini ifade etmişlerdir. Kaplamanın peynir üzerindeki etkisi, ambalajsız (grup 1) ve ek olarak vakum ambalajlı (grup 2) olmak üzere iki farklı muamele ile değerlendirilmiştir. Peynir numunelerini, mikrobiyolojik (toplam bakteri sayısı, laktik asit bakterileri, mayalar ve küfler, koliformlar, enterobakteriler, *Staphylococcus* spp.), fizikokimyasal (pH, laktik asit, protein, yağ, nem, renk), reolojik ve duysal özellikler açısından 31 günlük depolama boyunca incelemişlerdir. Kontrollü deney, grup 1' de uygulanan kaplamanın, uzun süre ambalajsız depolama sırasında nemi koruyarak ve maya ve kf gelişimini azaltarak görünümü ve rengi etkilediğini ortaya çıkar mılardır. Grup 2' de kaplamanın nemi, rengi veya dokuyu etkilemediğini, ancak 31 günlük depolama sırasında maya ve küf sayısını 0,79 ila 1,55 log cfu/g azaltarak güçlü bir antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Her iki grupta da kaplamanın pH, laktik asit, protein ve yağ içerikleri üzerinde etkisi olmadığını belirlemişlerdir. Tüm numunelerin duysal özellikleri (görünüm, koku, tat, doku ve genel kabul edilebilirlik) benzerlik gösterirken kaplamanın lor peynirinin tadı üzerinde hiçbir etkisi olmadığını ifade etmişlerdir. Sonuç olarak tarçın ekstraktı içeren sıvı peyniraltı suyu proteini konsantresinenden elde edilen yenilebilir kaplamanın çabuk bozulan taze lor peynirinin raf ömrünü verimli bir şekilde uzattığını, fonksiyonel değerini arttırdığını ve daha sürdürülebilir bir üretim sürecine katkıda bulunabileceğini ifade etmişlerdir.

Gıda maddelerinin korunması için doğal maddelerin kullanılması, tüketicilerin daha sağlıklı ve katkı maddesi içermeyen güvenli gıdalar bakımından mevcut eğilimini karşılamaktadır (Brandelli *et al.* 2017). Bu nedenle, yenilebilir filmler ile biyo-koruma, gıdadaki patojenik ve bozulma yapan mikroorganizmalarının gelişmesini kontrol etmek için doğal antimikrobiyal bileşikler kullanarak bu talebi karşılamak için umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır (Lopes and Brandelli 2018). Çalışmaların bazılarında yenilebilir filme antimikrobiyal özellik kazandırmak amacıyla lizozim, natamisin, kekik yağı ve karanfil yağı gibi bileşikler ilave edilmiş ve elde edilen filmlerle kaplanan Kaar peynirlerinde *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *E. coli* O157:H7 gibi patojen bakteriler ile *Aspergillus niger* ve *Penicillium roqueforti* gibi küflere karşı antimikrobiyal etki araştırılmıştır (Unalan vd. 2013; Yildirim *et al.* 2006; Ture vd. 2011; Torlak ve Nizamlioglu 2011). Elde edilen sonuçlar ışığında

bu şekilde doğal antimikrobiyal maddeler kullanarak hazırlanan filmlerle kaplanan peynirlerin daha güvenilir ve daha kaliteli olduğu vurgulanmıştır. Buna ilaveten, bu yöntem ile peynirlerde küf gelişiminin önemli düzeyde kontrol altına alındığı ve patojen mikroorganizma sayısında ise kayda değer bir azalmanın olduğu belirlenmiştir.

Gıdaların raf ömrünü uzatmak, patojen ve bozulmaya sebep olan mikroorganizmalarının gelişimini inhibe etmek amacıyla atık problemine çözüm olabilecek çeşitli ambalajlama teknolojileri arayışına girilmiştir. Bu alanda en fazla araştırılan konulardan biri de antimikrobiyal içerikli yenilebilir film uygulamalarıdır (Özdemir and Floras 2004). Yapılan çalışmalarda elde edilen kompozit filmlerin gıda güvenliğinin sağlanmasında patojen ve/veya bozulma yapan mikroorganizmalar için bir engel mekanizması oluşturarak koruma sağladığı tespit edilmiştir (Cooksey 2005). Bu çalışmalarda doğal antimikrobiyal maddeler film formülasyonuna ilave edilerek gıda yüzeyi ile direkt temas etmektedir (Cao-Hoang *et al.* 2010). Böylece filmin antimikrobiyal etkinliği artırılmaktadır.

Gıda kaynaklı pek çok patojen bakteriye karşı etkili olan doğal antimikrobiyal nisin, polisakkarit filmler, protein filmler, lipid filmler ve kompozit filmlerde aktif bileşen olarak kullanıldığı pek çok çalışma (Cao-Hoang *et al.* 2010; Resa *et al.* 2014; Kalkan vd. 2014; Kalkan ve Erginkaya 2016; Senan *et al.* 2016; Meira *et al.* 2016; Santos *et al.* 2018) mevcuttur. Mevcut çalışmalardaki nisin etki mekanizması, nisin gıda matriksine difüzyonu ile ilişkilendirilmiştir (Cao-Hoang *et al.* 2010). Nisin, gıda yüzeyindeki istenmeyen mikroorganizmalar üzerine olan inhibitör etkisi, gıdanın bazı fizikokimyasal özellikleri ile depolama sıcaklığı gibi çeşitli parametrelere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Cao-Hoang *et al.* 2010). Nisin, *L. monocytogenes* dahil çok çeşitli Gram pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği yapılan çalışmalarda belirlenmiştir (Martins *et al.* 2010; Malheiros *et al.* 2012a-b; Hwanhlem *et al.* 2017; Abdollahi *et al.* 2018; Chatzidaki *et al.* 2018). Yapılan bir diğer çalışmada nisin bakteriyel popülasyonunu önemli ölçüde azalttığını ve mikrobiyolojik güvenlik için gıda ürünlerinde kullanılabileceği önermişlerdir (Soto *et al.* 2019).

Natamisin, *Penicillium* suşlarına karşı *in vitro* antifungal aktivitesinin incelendiği bir çalışmada hidroksietil selüloz ile geliştirilen yenilebilir filmin *Penicillium commune* ile kontamine olmuş Mozzarella peyniri dilimleri üzerindeki antifungal etkisini belirleme amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda *P. commune* popülasyonunun önemli ölçüde azaldığı Mozzarella peyniri dilimlerinin raf ömrünün uzadığı sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmacılar (Torrijos *et al.* 2022) natamisin içeren yenilebilir filmin gıda güvenliğinden ödün vermeden biyobozunur antifungal bir sistem olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Tatmin edici bir mekanik özelliğe sahip protein bazlı filmler ve kaplamalar protein, plastikleştirici ve çözücü olmak üzere üç ana bileşenden oluşan solüsyon olarak hazırlanabilmektedir (Jiang *et al.* 2016). Birçok protein çeşidi film oluşturma özellikleri nedeni ile uzun zamandan beri ambalaj malzemesi olarak kullanılmaktadır. Hidrofilik yapılarından dolayı etkin bir şekilde oksijen ve karbondioksit bariyer özelliği göstermektedirler.

Kollajen, gluten, zein, soya proteini ve süt proteinleri (kazein ve PAS proteinleri) yenilebilir film araştırmalarında yaygın olarak kullanılan çeşitli hammaddelerdir. Süt proteinlerini, %80 kazein ve %20 PAS proteini oluşturmaktadır. Sütün pH' ısı 4,6'daki çözünürlüklerine göre ikiye ayrılan bu iki grup protein farklı moleküler ve fizikokimyasal özelliklere sahiptir. Süt proteinleri, yenilebilir film oluşumu için yeterli oranda suda çözünürlük ve emülsifiyer özellik göstermesinin yanı sıra yüksek besin değerine de sahiptirler. PAS, peynir üretimi sırasında fazla miktarda açığa çıkan çok kıymetli bir yan üründür ve yüksek performanslı hidrofilik iyon değişimi ile saflaştırılarak PPK elde edilmektedir. PPK, %34-80 aralığında protein içeriğine sahip olup PAS protein kaynaklı filmler, kovalent disülfid bağların varlığı nedeni ile suda çözünebilir niteliktedirler (Sarıküş, 2006).

Birçok araştırmacı, PAS protein filmlerinin şeffaflık, esneklik, kokusuzluk, oksijen iletimine karşı bariyer ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır (Ramos *et al.* 2013; Sothornvit *et al.* 2010). PAS proteinlerinin, ilgi çekici mekanik ve bariyer özelliklerine sahip yenilebilir filmlerin üretimi için mükemmel malzemeler olduğu kanıtlanmıştır. Bunun yanı sıra gıdada patojenlerin gelişiminin önlenmesi için de çeşitli antimikrobiyal ajanların dahil edildiğini bildiren son çalışmalar mevcuttur (Castro *et al.* 2017).

Doğal biyopolimerler arasında PAS proteinleri ile polisakkarit esaslı (sırasıyla patates ve pirinç nişastaları, 3,5 ve 1,6 MPa) ve diğer protein bazlı filmlerden (mısır zeini, 0,4-11 MPa; buğday gluteni, 0,9-3,1 MPa) daha iyi gerilme mukavemeti (6-14 MPa) ve daha iyi gaz bariyeri özellikleri olan yenilebilir filmler üretildiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Schmid and Müller, 2019). Bununla birlikte PAS protein filmlerinin geniş bir ticari uygulamaya ulaşması sınırlıdır. Bunun nedeni olarak bu filmlerin hidrofilik yapıları nedeniyle düşük mekanik ve yüksek su buharı geçirgenliği özellikleri gösterilmektedir (Sukyai *et al.* 2018). Peynirin raf ömrünün uzatılmasında kitosan/PAS proteinleri ile hazırlanan yenilebilir filmin etkili bir şekilde kullanılabileceği ifade edildiği çalışmalar da mevcuttur (Di Pierro *et al.* 2011)

Protein film özelliklerini geliştirmek için kullanılan en yaygın enzim, protein molekülleri arasında bir açıl transfer reaksiyonu yoluyla proteinlerde ϵ - (γ -glutamil) -lizin çapraz bağlantılarının oluşumunu mikrobiyal TGaz (mTGaz) katalizlemektedir (Wihodo and Moraru 2013; Zink *et al.* 2016). Yenilebilir filmlerin mekaniksel özelliklerinin ve suya karşı

dirençlerinin artırılması amacıyla çapraz bağlı proteinler kullanılmaktadır. Bu proteinler arası bağın kuvvetlendirilmesi ise TGaz enzimi ile sağlanmaktadır. TGaz ile elde edilen filmlerin uzama yeteneği ve kuvveti enzim kullanılmadan elde edilen filmlerden daha fazla olduğu bildirilmektedir (Yılmaz vd. 2007).

TGaz enzimi proteinlerde, hidrojen bağları, iyonik bağlar ve hidrofobik interaksiyonlardan daha kuvvetli olan bir bağ geliştirdiğinden dolayı, enzim ilaveli filmlerin daha yüksek mekanik özelliklere sahip olduğu da yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. MTGaz, PAS protein esaslı kompozit filmlerde proteinlerin çapraz bağlanmasını teşvik etmek için araştırmalarda kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda PAS protein-soya protein filmlerinin ve mTGaz ilaveli PAS proteini-kitosan filmi gerilme mukavemetini sırasıyla %200 ve %45-63 artırdığını (Di Pierro *et al.* 2006; Yildirim and Hettiarachchy 1998), aynı zamanda su buharı bariyer özelliklerini geliştirip (Di Pierro *et al.* 2006; Schmid *et al.* 2014) ve filmlerin çözünürlüğünü azalttığını (Yildirim and Hettiarachchy, 1998) tespit etmişlerdir.

Sütteki serum proteinleri disülfid bağları ile sabitlenen yapıları nedeniyle çapraz bağlanma tepkimelerine daha az eğilim göstermektedirler. Bu yüzden enzimatik çapraz bağlanmadan önce modifiye edilmeleri gerekmektedir. Modifikasyon; ısı denatürasyonu, indirgeyici ajanlar (DTT), artan pH değeri veya yüksek hidrostatik basınç uygulaması ile gerçekleştirilerek TGaz için uygun hale getirilmektedir. Bu reaksiyon sonunda β -laktoglobulin daha duyarlı hale gelmektedir (Romeih and Walker 2017). TGaz, serum proteinlerinin polimerizasyon yeteneğini iyileştirmekte ve jelleşme kinetiğini değiştirerek daha düşük sıcaklıklarda (82°C) jelleşmesini olanaklı kılarak serum proteinlerinin filmlerde daha etkin bir şekilde kullanımını artırmaktadır (Güler 2012). TGaz enziminin varlığında elde edilen yenilebilir PAS proteini / pektin filmlerinin iyi su buharı ve gaz bariyeri özelliklerine sahip olduğu daha önceki çalışmalarla belirlenmiştir (Marquez *et al.* 2017). Yenilebilir filmlerin özelliklerini geliştirmek amacıyla protein yapısının ve çapraz bağlamanın modifikasyonu için mTGaz kullanılan bir çalışmada mTGaz ilavesinin delinme deformasyon değerlerini artırdığını ifade ederek dilim peynirde kullanılabileceğini önermişlerdir (Cruz-Diaz *et al.* 2019).

TGaz' ın peptidlerin jelatin içinde güçlü molekül içi polimerizasyonunu desteklediğini belirterek kompozit film hazırlanmasında TGaz kullanılmasının filmin mekanik ve bariyer özelliklerini, termal kararlılık ve mikroyapılarını geliştirdiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak TGaz ilaveli jelatin-kalsiyum kompozit filminin umut vaadeden ambalaj malzemesi olabileceğini ifade etmişlerdir (Wang *et al.* 2015). mTGaz ile çapraz bağlanan citrus pektini ve protein kaynağı olarak faseolin kullanılarak film üretilen çalışmada (Giosafatto *et al.* 2014), filmin CO₂, O₂ ve su buharı geçirgenliği plastik ambalajlara benzer özellikler gösterdiği ifade

edilerek plastik ambalaja sağlıklı bir alternatif olarak kullanılabileceği ve TGaz ile proteinlerin üç boyutlu yapılarında değişime sebep olmaları ile filmin mide ve bağırsak enzim hidrolizine hassas olduğunu ifade etmişlerdir.

Yılmaz *et al.* (2020) çalışmalarında, hamsi yan ürünü protein (ABP-P) filmlerinin bazı özelliklerinin transglutaminaz (TGaz) ilavesiyle iyileştirilmesi ve ikincil yapısal sonuçlar ile mekanik özellikler arasındaki korelasyon incelemişlerdir. Filmlerin çözünürlüğü ve su buharı geçirgenliği düşük konsantrasyonlarda TGaz işlemiyle geliştirildiğini ifade etmişlerdir. En yüksek çekme dayanımı değeri %5 TGaz içeren filmlerde elde ederken ve TGaz konsantrasyonu arttıkça kopma uzaması değerleri azaldığını belirlemişlerdir. Filmlerin Fourier dönüşümü kızılötesi spektrumları, farklı bant yoğunlukları ile benzer omurga yapıları sergilediğini ifade etmişlerdir. Amide-I bandından filmlerin ikincil yapısı, TGaz ilavesinden önemli ölçüde etkilendiğini ve sonuçların mekanik özelliklerle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. TGaz ilavesi film yüzey yapısını değiştirmiş ve %3'lük konsantrasyon en düşük yüzey pürüzlülüğüne neden olmuştur. Bu sonuçlar ile ABP-P filmlerinin mekanik, bariyer ve yüzey özelliklerinin %3 TGaz uygulaması ile değiştirilebileceğini ortaya koymuşlardır.

Başka bir çalışmada kinoa proteini/kompozit yenilebilir filmlerin yapısal, mekanik, bariyer ve fizikokimyasal özellikleri üzerinde transglutaminaz işlemi (TGaz) ve nanopartiküllerin (Np) dahil edilmesiyle birlikte yüksek yoğunluklu ultrasonun (US) etkisi değerlendirilmiştir. Yapısal olarak, termal bozunmanın maksimum sıcaklıklarının kombine US ve TGaz işleminin kullanılmasıyla arttığını ve üstün termal stabiliteye sahip filmler üretildiğini gözlemlemişlerdir. FTIR sonuçları ile polipeptit yapısının Amid I bölgesinde salınımlarının, US/TG-Np yenilebilir filmdeki C-O' nin gerilme titreşimleriyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Genellikle TGaz' ın etkisiyle kovalent bağların yapısındaki ve oluşumdaki değişikliklerle ilişkilendirilmiştir. Ultrasonun ise çekme mukavemetini artırarak (TGaz uygulanmış veya uygulanmamış filmlerde) mekanik özellikleri iyileştirdiğini belirlemişlerdir. US-TGaz' ı birlikte uygulandığı örneklerde kalınlıkta önemli bir artış, uzama yüzdesinde azalma ve gerilme mukavemetinde artış sağlanarak TGaz tarafından üretilen çapraz bağlamaya atfetmişlerdir. Tüm uygulamalarda su buharı geçirgenliği artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Genel olarak, US-TGaz işlemlerinin kombinasyonu, yapı ve mekanik özellikler üzerinde daha belirgin bir etki gösterdiği sonucuna varmışlardır (Vera *et al.* 2020).

TGaz' ın PPK-karboksimetil kitosan (CMCS) kompozit filmlerin özelliklerini nasıl etkilediğini tespit edebilmek için ve TGaz ile modifiye edilen PPK'ya farklı aşamalarda TGaz ilave edilen çalışmada üretilen kompozit filmlerin özellikleri ve yapısal özelliklerini incelemişlerdir. SDS-PAGE sonuçlarına göre TGaz' ın makromoleküler maddeler oluşturmak

için protein moleküller arası polimerizasyonunu destekleyebileceğini doğrulamışlardır. Film hazırlama sırasında TGaz ilave aşamasına bağlı olarak PK-CMCS kompozit filmlerin mekanik ve reolojik özelliklerini geliştirdiğini ifade etmişlerdir. Film karakterizasyonundan elde edilen sonuçlara göre PPK-TGaz-CMCS filmlerinin mekanik ve reolojik  zelliklerinin PPK-CMCS-TGaz filmlerinden daha iyi olduğunu ifade ederek; bu durumu TGaz' ın PPK-TGaz-CMCS filmlerinde peyniraltı suyu proteini ile daha g  l  çapraz bağlanma yeteneğine sahip olması ile açıklamışlardır. FTIR analizi sonucuna göre ise TGaz' ın kompozit filmlerde peyniraltı suyu proteininde konformasyonel değişikliklere neden olduğunu ifade etmişlerdir. X-ışını kırınım analizi sonuçlarına göre ise TGaz' ın protein moleküllerinin polimerizasyonunu destekleyebileceğini ve protein ağ yapısının gözenekliliğini azaltabileceğini ve böylece kristalliği iyileştirebileceğini  ne sürmüşlerdir. Tüm sonuçlar, uygun TGaz ilave fazının PPK-CMCS kompozit filmlerin film oluşturma özellikleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ve filmlerin petrol bazlı ambalaj malzemelerine alternatif olarak uygulanabileceğini ileri sürmüşlerdir (Jiang *et al.* 2020).

Başka bir çalışmada ise soya fasulyesi protein izolat filmlerinin yüksek suda çözünürlük, hidrofiliklik ve düşük gerilme mukavemeti gibi klasik problemlerini ele almışlardır. Bu kapsamda sodyum kazeinat ve transglutaminaz ilavesinin film oluşturucu çözeltilerin özellikleri ve bunlardan elde edilen filmler üzerindeki etkilerini sistematik olarak incelemişlerdir. Çözeltilerin protein moleküler ağırlığı, partikül boyutu ve viskozitesindeki artış ve lizin kalıntı içeriğindeki azalma, transglutaminaz çapraz bağlanmasını takiben yeni makromoleküler proteinlerin oluşumu sonuçlarına varmışlardır. Filmlerin gerilme mukavemeti ve hidrofobikliği önemli ölçüde artarken, sodyum kazeinat ve transglutaminaz varlığında suda çözünürlük, su buharı geçirgenliği ve kopma anındaki uzama yüzdesinin azaldığını belirlemişlerdir. Genel olarak, sodyum kazeinat ve transglutaminaz işleminin bir arada bulunması, soya fasulyesi protein izolatu bazlı filmlerin kritik özelliklerini, özellikle su duyarlılığını ve gerilme mukavemetini önemli ölçüde iyileştirdiğin ve nemli ortamlardaki potansiyel uygulamalarını genişlettiğini ifade etmişlerdir (Liu *et al.* 2021).

Bu bilgiler ışığında yenilebilir kompozit filmlerle ilgili yapılan çalışmaların son yıllarda yoğunlaştığını ancak üstün özelliklere sahip kompozit filmler geliştirebilmek için daha fazla araştırma yapılması gerektiği düşünülmektedir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Kaşar peynirlerinin üretiminde, Atatürk Üniversitesi Gıda ve Hayvancılık Uygulama ve Araştırma Müdürlüğü'nden temin edilen olan inek sütü kullanılmıştır. Peynir üretimi için kullanılan ticari mikrobiyal rennin MAYASAN firmasından temin edilmiştir.

Kompozit film üretiminde protein kaynağı olarak piyasadan ticari olarak temin edilen PPK (%70 protein), karbonhidrat/hidrokolloid kaynağı olarak Atatürk Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi yemekhanesinden atık olarak temin edilen ayva çekirdeklerinden elde edilen AÇJ, yapıyı düzenleyici ajan olarak TGaz (Ajinomoto Activa MP) kullanılmıştır. Aynı zamanda filmlere antibakteriyel madde olarak nisin (E234-VGP, Pharmachem) ilave edilmiştir. Gliserol (Sigma-Aldrich) ise food grade olarak medikalden temin edilmiştir.

Metot

Yenilebilir film hazırlanışı

Film solüsyonlarının hazırlanması

Ayva çekirdeği jel solüsyonu

Ayva çekirdeği jeli, Jouki *et al.* (2013) tarafından önerilen yöntem esas alınarak hazırlanmıştır. Bu amaçla, steril edilmiş ayva çekirdekleri 1:30 oranında steril saf su içerisine konularak bir gece süreyle bekletilmiş çekirdeklerinden arındırıldıktan sonra elde edilen jel evaporasyonla konsantre hale getirilmiştir.

Peyniraltı suyu protein konsantresi solüsyonu

PPK solüsyonu %5 w/v oranında 40 °C'deki distile su içinde çözündürülerek hazırlanmıştır (Porta *et al.* 2015).

Transglutaminaz enzim solüsyonu

Ticari enzim preparatı TGaz 5U ve 10U olmak üzere distile suda çözündürülerek hazırlanmış ve film solüsyonlarına ilave edilmiştir (Di Pierro *et al.* 2007; Porta *et al.* 2015).

Nisin solüsyonu

Gıda güvenliği açısından aktif ambalaj üretebilmek için film formulasyonuna antimikrobiyal amaçlı nisin ilavesi literatür taramasına göre en iyi sonucu veren %0,5 oranında ilave edilmiştir.

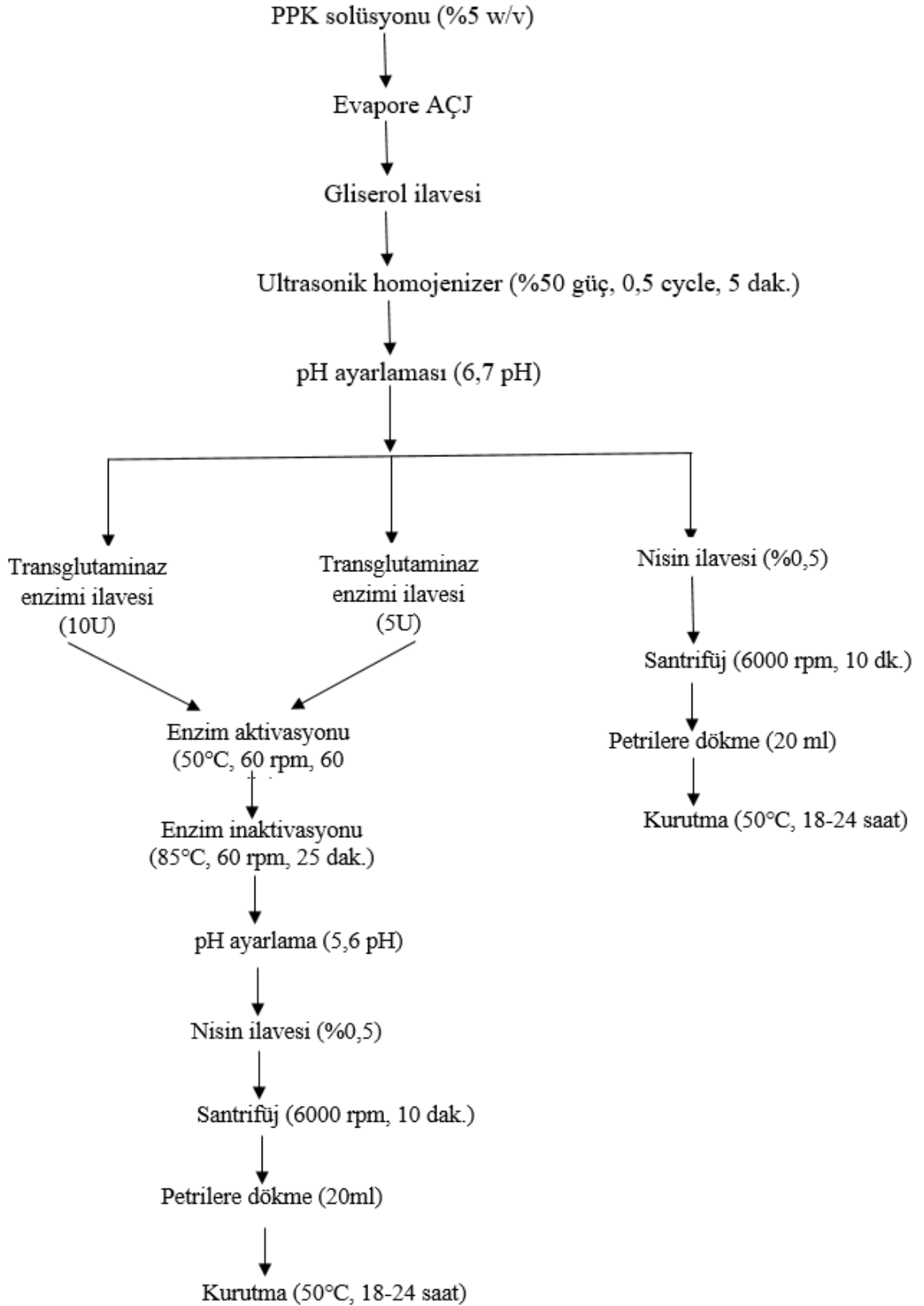
Yenilebilir film örneklerinin hazırlanışı

Yenilebilir film örneklerine ait üretim planı Tablo 1’ de verilmiştir. Tabloda belirtilen plana göre üretimi yapılan yenilebilir film üretim akım şeması ise Şekil 2’de verilmiştir. Elde edilen yenilebilir film görselleri ise Şekil 3’ te verilmiştir.

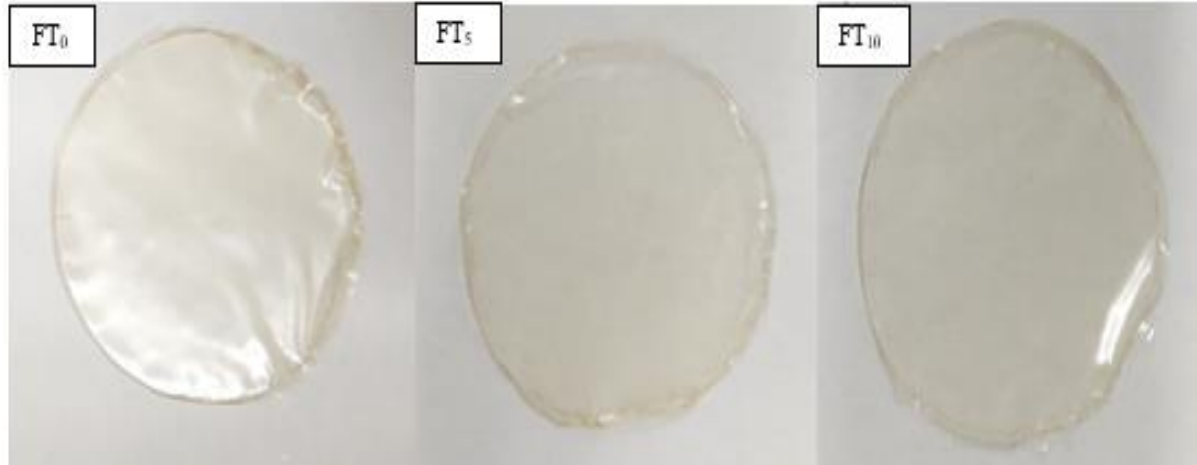
Tablo 1. Yenilebilir Film Örnekleri Üretim Planı

Örnek Kodu	Uygulama
FT ₁₀	Evapore Ayva Çekirdeği Jeli:Peyniraltı Suyu Protein Konsantratu Çözeltisi (1:1) + 10U TGaz + Nisin
FT ₅	Evapore Ayva Çekirdeği Jeli:Peyniraltı Suyu Protein Konsantratu Çözeltisi (1:1) + 5U TGaz + Nisin
FT ₀	Evapore Ayva Çekirdeği Jeli:Peyniraltı Suyu Protein Konsantratu Çözeltisi (1:1) + Nisin

Atık ayva çekirdeğinden uygun şartlarda jel elde edilerek yoğunluk kazandırmak amacıyla evapore edilmiştir. Evaporasyondan sonra 1:1 oranında ayva çekirdeği jeli:peyniraltı suyu protein konsantresine (%5w/v) plastikleştirici ajan olarak gliserol ilave edilmiştir. Proteinleri denatüre etmek ve film solüsyonundaki hava kabarcıklarının giderilmesi amacıyla ultrasonik homojenizerle (UP400S, Germany) muamele edilmiştir. Ardından enzimin optimum çalışma şartlarına göre ortam pH’sı 6,7’ ye ayarlanarak enzim (10U ve 5U) ilave edilmiştir. Belli süre ve sıcaklıkta enzim faaliyeti sağlandıktan sonra enzim inaktivasyonu gerçekleştirilmiştir. Nisin optimum çalışma şartlarına göre tekrar pH ayarlaması yapıldıktan sonra nisin ilave edilmiş ve belirli şartla altında santrifüj yapıldıktan sonra eşit hacimlerde 9 cm ve 14 cm çaplı petri kaplarına film solüsyonu aktarılmıştır. Ardından 50°C’ de 18-24 saat kurutma yapılarak petrilere el ile soyma işlemi ile yenilebilir film üretimi gerçekleştirilmiştir. Enzimli ve enzim ilavesiz film formülasyonuna aynı oranda nisin ilave edilerek antimikrobiyal yenilebilir kompozit film üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Yenilebilir film üretim akım şeması

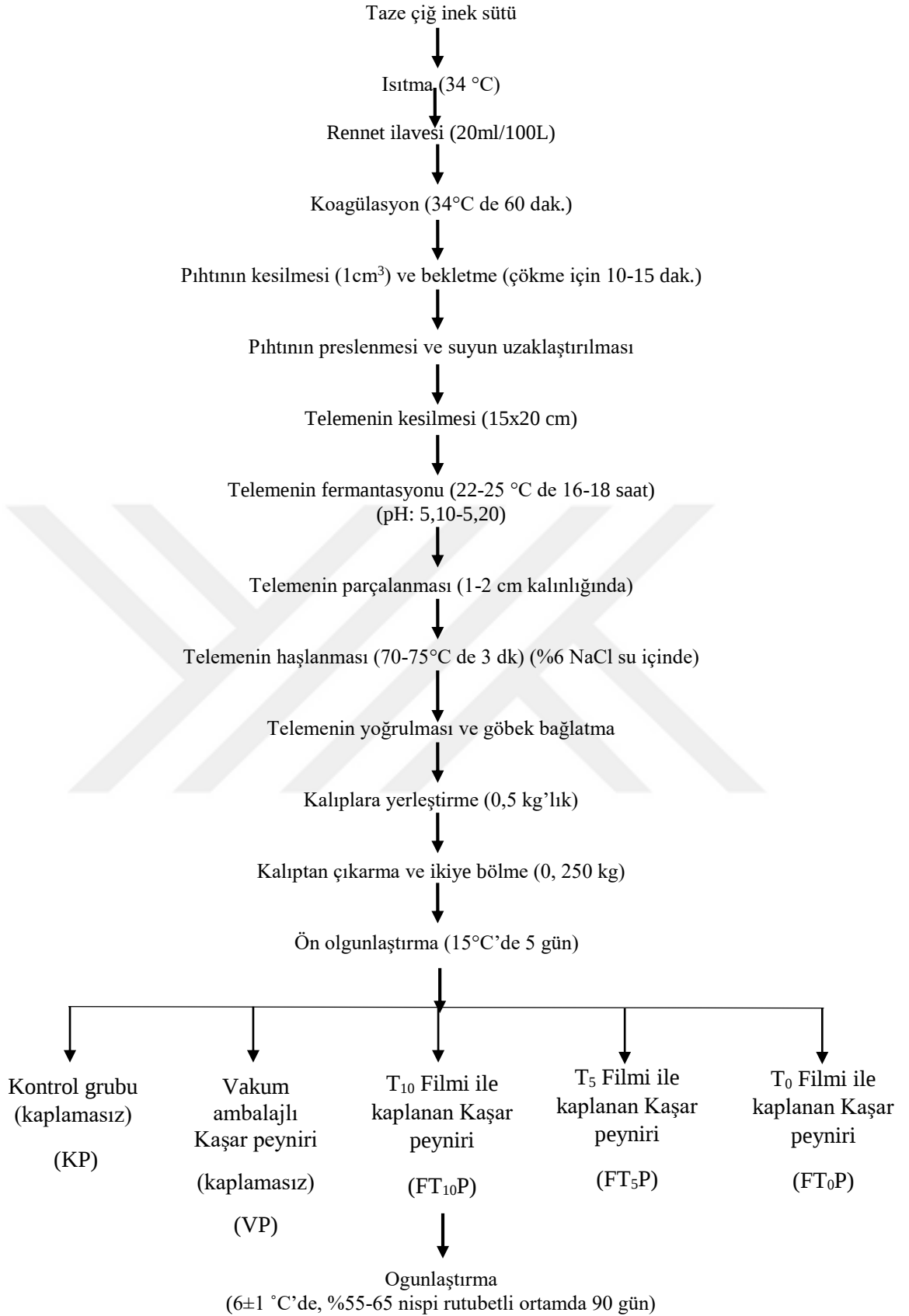


Şekil 3. Yenilebilir film görselleri

Kaşar peyniri üretimi

Kaşar peyniri üretim basamakları Şekil 4’ te verilmiştir. Üretim için çiğ inek sütü 34°C’ye ısıtılmış ve peynir mayası (maya kuvveti 20.000 MCU/ml) ilave edilerek sütün pıhtılaşması gerçekleştirilmiştir. Oluşan pıhtı 1 cm³ büyüklüğünde kesilmiş ve kısa bir süre kendi haline bırakılarak pıhtının çökmesi ve peyniraltı suyunun ayrılması sağlanmıştır. Daha sonra pıhtı cendele bezine toplanarak peynir suyu tamamen uzaklaşmaya kadar baskı altında bekletilmiştir. Baskı işleminden sonra, teleme bıçakla 15x20 cm boyutlarında parçalara bölünmüş ve teleme blokları doğrama makinesinde 1-2 cm kalınlığında doğranarak pH: 5,10-5,20 ulaşmaya kadar yaklaşık 16-18 saat süreyle fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyon işlemini takiben telemenin pH değerine bakılarak haşlama olgunluğuna ulaşp ulaşmadığı sicim çekme metoduyla kontrol edilmiştir. Fermente edilen teleme %6 tuz içeren 70-75°C sıcaklıktaki suda haşlanmıştır. Haşlanmış teleme yoğurularak 0,5 kg’lık kalıplara konulmuştur (Şekil 5). Kaşar peynirleri oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra kalıplardan çıkarılarak kalıplar 250 g olacak şekilde eşit iki parçaya bölünmüştür. Daha sonra 15°C’de 5 gün süreyle ön olgunlaştırmaya tabi tutularak Kaşar peynirlerinin üretimi yapılmıştır (Şekil 6).

Ön olgunlaştırmayı takiben peynirler 5 gruba ayrılmıştır. Birinci grup peynirlere herhangi bir ambalaj materyali uygulanmamış ve kontrol grubu (KP) örnekler olarak kabul edilmişlerdir. İkinci grup peynirlere vakum ambalaj (VP) uygulanmıştır. Üçüncü grup peynirler 10U TGaz enzimi ilaveli film örneği ile (FT₁₀P), dördüncü grup peynirler 5U TGaz enzimi ilaveli film örneği ile (FT₅P), beşinci grup peynirler ise enzimsiz film örneği ile (FT₀P) kaplanmıştır. Tüm örnekler 6±1 °C’de, %55-65 nispi rutubetli ortamda 90 gün süreyle olgunlaştırmaya bırakılmıştır (Şekil 7). Üretim iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Depolamanın her bir günü için farklı kalıp Kaşar peyniri kullanılacak şekilde üretim yapılmıştır.



Şekil 4. Kaşar peynirinin üretim basamakları



Şekil 5. Kaşar peyniri kalıplama



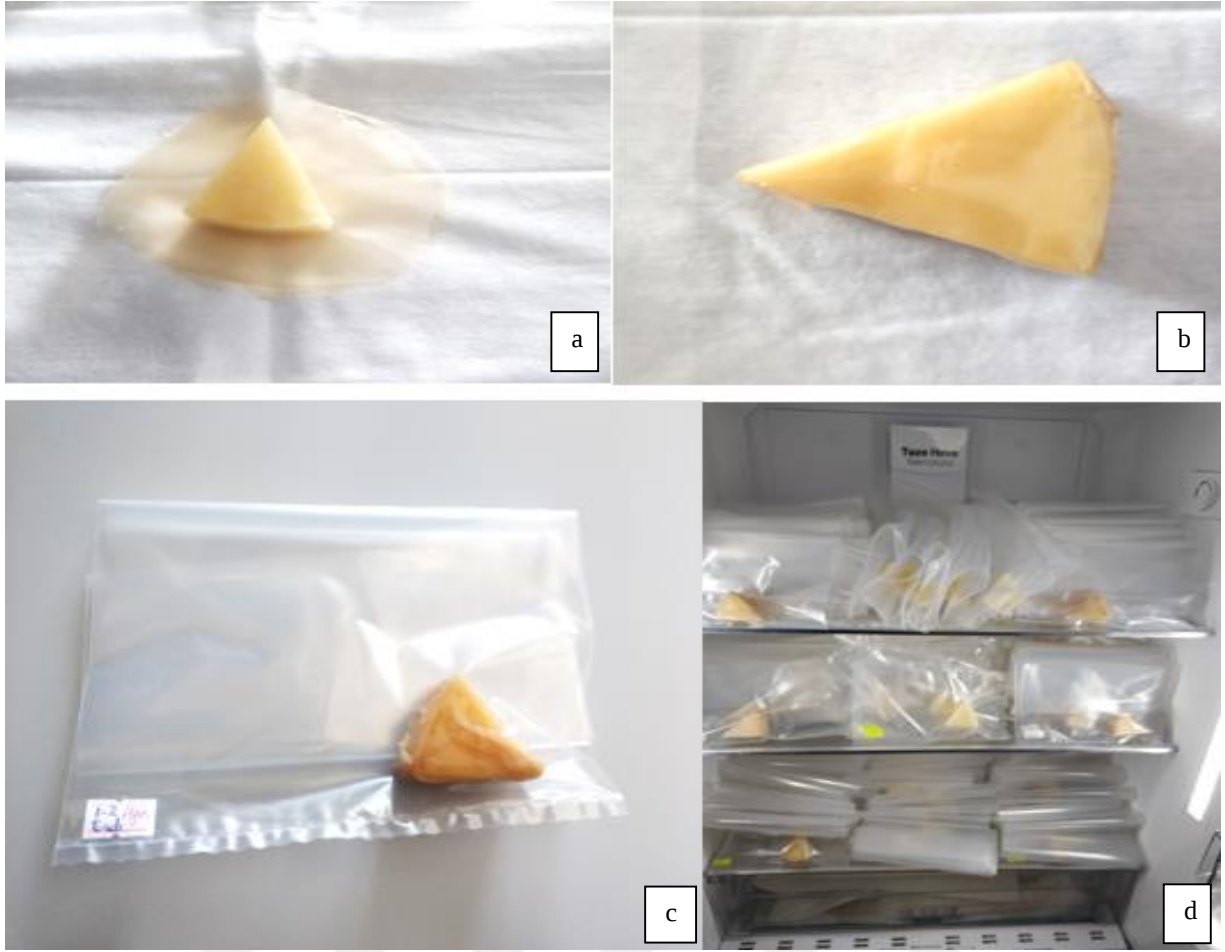
Şekil 6. Ka ar peyniri  n olgunlaştırma aşaması



Şekil 7. Kaplanmış peynir örneklerinin olgunla tırılması

Dilim Ka ar peyniri örneklerinin film ile kaplanması

Dilim Ka ar peynirler hazırlamak amacıyla Lotfi *et al.* (2018) tarafından yapılan uygulamada değişiklikler ile peynir kalıpları üçgen şeklinde 5 cm yarı çaplı 2 cm kalınlığında 20 gram olarak kesilmiş ve patojen kontaminasyonu yapılmıştır. Yapay kontamine edilmiş dilim Ka ar peynirleri UV' den geçirilmiş steril film örnekleri ile kaplanmıştır. Kaplanmış dilim peynirler ise 1, 7, 14 ve 30. günlerde başlangıç patojen bakteri sayısındaki değişimi değerlendirmek üzere 6 ± 1  C'de depolanmıştır ( ekil 8).



Şekil 8. Dilim Kaşar peyniri örneklerinin kaplanması ve depolanması (a: dilim peynir kaplama hazırlık, b: kaplanmış dilim peyniri, c: steril stomacher poşetine yerleştirme, d: 6 ± 1 °C’de depolama)

Analizler

Yenilebilir film analizler

Nem miktarı

Belirli miktarda alınan yenilebilir film örnekleri 105 °C’de kurutularak gravimetrik olarak belirlenmiştir. Her formülasyonun film örneği üç tekrar halinde alınarak nem içeriği belirlenmiştir (Sood and Saini 2022).

Kalınlık

Film kalınlığı 0,01 mm hassasiyette elde tutulan mikrometre kullanılarak ölçülmüştür. On farklı noktadan film kalınlığı alındıktan sonra ortalama değer mm olarak hesaplanmış ve film örneklerinin kalınlığı belirlenmiştir (Sood and Saini 2022).

Su buharı geçirgenliği (SBG)

Yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliği belirlenmesi amacıyla 1 g silika jel 10 ml'lik cam deney tüplerine (iç çap=14 mm) tartılarak tüpler 105 °C'de kurutulmuştur. Kurutulan jel içeren tüplerin yüzeyi yenilebilir film örnekleri ile tamamen kaplanıp %98±2 nispi nemli desikatöre yerleştirilmiş ve film ile kapatılmış tüp ağırlıkları 8 saat boyunca 1 saat aralıklarla analitik terazi ile ölçüm yapılarak SBG değerleri hesaplanmıştır.

Suda çözünürlük (SÇ)

Yenilebilir filmlerin suda çözünürlüklerinin belirlenmesi amacıyla 300 mg civarında yenilebilir film örneği %0,01 (w/v) sodyum azid içeren 50 mL saf suya atılarak gece boyunca oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Daha sonra karışım, çözünmeyen kısımların uzaklaştırılması için 3000 devir/dak. hızda 10 dak. süreyle santrifüj edilerek üstte kalan faz, darası bilinen kavanozlara filtre kağıdından süzülerek 105 °C'de 1 gece süreyle kurutulmuştur. Kavanozda kalan madde miktarı tartılarak yenilebilir filmlerin sudaki çözünürlük değerleri hesaplanmıştır (Pelissari *et al.* 2013).

Oksijen geçirgenliği analizi (OG)

Yenilebilir filmlerin oksijen geçirgenlikleri Sarıcaoğlu (2018) tarafından belirtilen yöntem esas alınarak belirlenmiştir. Bu kapsamda ayçiçek yağının başlangıç peroksit sayısı belirlenmiş ve ardından 25 ml cam tüplere 10 ml ayçiçek yağı ilave edilerek tüplerin ağzı her bir film örneği ile kapatılmıştır. Film örnekleri kapatılmış cam tüpler kontrollü şartlar (karanlık ortam, 60°C, 12 gün) altında depolanmıştır. Depolama sonunda yağların peroksit sayıları tekrar ölçülerek yenilebilir film örneklerinin oksijen geçirgenlikleri belirlenmiştir. Tüm örnekler üç tekrarlı çalışılmıştır.

Optik özellikler

Yenilebilir film örneklerinde optik özellikler olarak renk ve saydamlık değerleri belirlenmiştir.

Renk

Film örneklerinin renk değerleri her tekerrürden seçilen filmin 3 farklı noktasından renk cihazı ile (Chroma meter CR-400, Japan) ölçüm yapılarak ortalamaları alınarak ölçülmüştür (Kurt ve Kahyaoglu 2014).

Opaklık

Yenilebilir film örneklerinde opaklık değeri, boş küvet referans değeri alınarak 2 x 1 cm boyutlarında kesilen film örneklerinin spektrofotometre küvetine yerleştirilmiş ve 600 nm dalga boyundaki absorbans değerlerinin spektrofotometre (VIS spectrophotometer T60 Visible) ile ölçülmesi ile belirlenmiştir (Kurt ve Kahyaoglu 2014).

Mekanik özellikler

Yenilebilir filmlerin germe (G) ve kopma uzaması (KU) gibi mekanik özellikleri TA-XT Plus Texture Analyser cihazı (Stable Micro System / Ta-Hd Plus) kullanılarak Pires *et al.* (2013) tarafından önerilen yöntemle göre belirlenmiştir. G ve KU değerlerinin belirlenmesi amacıyla yenilebilir film örnekleri 20 x 40 mm olacak şekilde kesilerek %53 nemli desikatörlerde 3 gün bekletilmiştir. Kesilmiş yenilebilir film örnekleri sabit ve hareketli problara sabitlenerek 2 mm/s çekme hızıyla test edilmiştir. Kopma anında yenilebilir filme uygulanan maksimum kuvvet ve kopma uzaması miktarı test cihazına bağlı bilgisayar programı ile kaydedilmiştir. G değeri, kopma anında yenilebilir filme uygulanan maksimum kuvvetin yüzey alanına bölünmesiyle hesaplanırken, KU değeri yenilebilir filmlerin uzunluğundaki değişimin başlangıç uzunluklarına oranlanmasıyla % olarak hesaplanmıştır. Tüm ölçümler her tekrardaki bir örnek için 3 tekrarlı olacak şekilde yapıp ortalamaları alınmıştır.

Termal Özellikler

2-5 mg yenilebilir film örnekleri alüminyum tavada dakikada 1°C artırılarak 30°C'den 150°C'ye ısıtılarak geçiş sıcaklıkları bir diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) (TA/Discovery DSC250) kullanılarak analiz edilmiştir (Jiang *et al.* 2016).

Termogravimetrik analiz (TGA)

Yenilebilir film örneklerinin sıcaklık değişimi ile birlikte kütlelerindeki değişim TGA cihazı (TA / SDT650) yardımı ile 20 ml/dak. akış hızındaki azot gazı ile birlikte ölçülmüştür. Nemsiz desikatörde bekletilen yenilebilir filmler, 10 mg civarında tartılarak alüminyum kaplarda 10°C/dak. ısıtma hızı ile 20°C-600°C arasında sıcaklığa maruz bırakılarak kütle değişimi belirlenmiştir (Sarıcaoğlu 2018).

Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

Örneklerin FTIR spektrumları (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Bruker VERTEX 70v), kızılötesi (infrared) spektrumu ile bileşiğin yapısında bulunan kimyasal bağlar

hakkında belirleyici bilgiler elde edebilmek için 650-4000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığında ölçümlerle belirlenmiştir (Sarıcaoğlu 2018).

Atomik kuvvet mikroskobu (AFM)

AFM yüzey şekil ve 3 boyutlu görüntüsü hakkında bilgi veren cihaz (Hitachi AFM5100N) ile elde edilen görüntülerden yüzey yükseklik sapmasının mutlak değer ortalaması (Ra) ve yüzey düzleminden yükseklik sapması karekök ortalaması (Rq) değerleri belirlenmiştir. Analiz tapping modunda gerçekleştirilmiş olup alınan görüntüler iki tekrarlı olacak şekilde alınmış ve sonuç iki değer ortalaması olarak verilmiştir (Sarıcaoğlu 2018).

Antimikrobiyal aktivite belirleme

Yenilebilir film örneklerinin *E. coli* O157:H7, *S. aureus* ATCC 29213 ve *L. monocytogenes* ATCC 7644 patojen suşlarına karşı antimikrobiyal aktiviteleri % inhibisyon olarak Erkaya (2014) tarafından belirtilen metot modifiye edilerek belirlenmiştir. Bakteriler, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Mikrobiyoloji laboratuvarı kültür koleksiyonundan sağlanmıştır. Temin edilen suşlar Brain Heart Infusion (BHI) Agarda 35–37 °C’ de 24 saat süreyle inkübe edilerek geliştirilmiş ardından bakteri konsantrasyonu McFarland 0,5’ e ayarlanmıştır. Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi amacı ile 96 kuyucuklu plate kullanılmıştır. Bu amaçla herbir kuyucuğa 140 µL film solusyonu ve 10 µL bakteri ilave edilmiştir. Çalışma şartları ve sonuçlarının sağlıklı olarak değerlendirilmesi amacı ile 8 ppm oflaxocin negatif kontrol ve fizyolojik tuzlu su da pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. İnokülasyonu tamamlanan plateler 35–37°’de 24 saat süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra absorbans ölçümü plate reader (Epoch, BioTek) kullanılarak 600 nm’ de gerçekleştirilmiştir.

İnhibisyon yüzdesi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ İnhibisyon} = \left(1 - \left(\frac{A_{\text{örnek}} - A_{\text{negatif kontrol}}}{A_{\text{pozitif kontrol}} - A_{\text{negatif kontrol}}}\right)\right) \times 100$$

A: Absorbans değeri

Trpsin ile protein sindirilebilirliği

İn vitro protein sindirilebilirliği Gounga *et al.* (2009) tarafından belirtilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Protein hidrolizi için yaklaşık 20 mg film örneği 10 ml tripsin solusyonu içerisinde 37°C’de 2 saat inkübe edilmiştir. Hidroliz 5 ml %50 trikloroasetik asit (TCA) ilave edilerek durdurulmuştur. Ardından örnekler 4°C’de 30 dak. bekletildikten sonra 9,500 g’de 30

dak. santrifüj edilmiştir. Nihai çökelti 5 ml 1 N NaOH içinde çözündürülerek hidroliz edilen ve edilmeyen film örneklerinde protein konsantrasyonu Lowry yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Lowry *et al.* 1951). Analiz üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Sindirilebilirlik oranı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Protein sindirilebilirliği} = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

A: Yenilebilir film örneği toplam protein içeriği (mg)

B: TCA'da çöktürülen toplam protein içeriği (mg)

Kaşar peynir örneklerinde yapılan bazı fizikokimyasal analizler

Kaşar peynir örnekleri ilk olarak homojen bir hale getirilmiş ardından uygun miktarlarda alınarak kuru madde, yağ, protein, tuz, pH ve asitlik analizlerine Metin (2008) tarafından belirtilen yönteme göre belirlenmiştir. Diğer taraftan, peynir örneklerinin pH'sı, 1:1 oranında peynir: saf su olacak şekilde homojenize edildikten sonra pH metre ile belirlenmiştir.

Kaşar peynir örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler peynir örneklerinden aseptik koşullar altında 10 g tartılarak Stomacher poşeti içerisinde 90 ml steril fizyolojik tuzlu (%0,85 NaCl) su ile homojenize edilmiştir. Poşete alınan örnek ve fizyolojik su 2 dak. homojenize edilerek 10⁻¹'lik dilüsyon hazırlanmıştır. Kullanım amacına göre solüsyon seyreltilerek istenen dilüsyon hazırlanmış ve kullanılmıştır.

Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı

Kaşar peyniri örneklerinde TAMB sayısını belirlemek amacıyla Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılmıştır. Öncesinde belirlenen dilüsyonlardan petri plaklarına paralelli olacak şekilde dökme yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petriler 30±1°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Bakteri gelişimi için uygun ortam sağlanıp ve gerekli süre beklendikten sonra gelişen koloni sayımı yapılarak peynir örneklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı belirlenmiştir (Messer *et al.* 1985).

MRS agarda gelişen laktik asit bakteri (LAB) sayısı

Peynir örneklerinde Man–Rogosa–Sharpe (MRS) agarda gelişen bakteri sayısını belirlemek amacıyla uygun dilüsyonlardan dökme plak yöntemiyle ekim yapılarak petri kutuları mezofilik laktik asit bakterileri için uygun (anaerobik) ortam sağlanarak 30±1°C'de 72

saat inkübasyona bırakılarak inkübasyon süresi sonunda gelişen koloniler sayılmıştır (Speck 1976).

M-17 agarda gelişen laktik asit bakteri (LAB) sayımı

Peynir örneklerinde M-17 Agar'da gelişen laktik asit bakteri sayımı için uygun dilüsyonlardan dökme plak yöntemiyle ekim yapılmış ve petri kutuları uygun (aerobik) ortamda mezofilik LAB'leri için $30\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat, termofilik LAB'leri için $42\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat inkübe edilerek inkübasyon süresi sonunda gelişen koloniler sayılmıştır (Gilliand *et al.* 1984).

Maya ve küf sayımı

Peynir örneklerinde Potato Dextrose Agar (PDA) ile maya ve küf sayısı belirlenmiştir. PDA' ya %10'luk tartarik asit ilave edilerek pH'sı $3.5\pm0,1$ 'e ayarlanmış ve yayma plak yöntemiyle ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri plaklar 25°C 'de 5-7 gün inkübasyona bırakılarak inkübasyon sonrasında gelişen maya ve küf kolonileri sayılmıştır (Koburger and Marth 1984).

Koliform grubu bakteri sayımı

Peynir örneklerinde Violet Red Bile Agar (VRBA) ile koliform grubu bakteri sayısını belirlemek amacıyla uygun dilüsyonlardan dökme plak yöntemiyle ekim yapılmış ve ekim yapılan petri plaklar $36\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda petride gelişen kolonilerden çapı 0.5 mm'den daha büyük olanlar sayılarak örneklerdeki koliform grubu bakteri sayısı belirlenmeye çalışılmıştır (Özdemir ve Sert 1996).

Dilim peynir örneklerinde patojen mikroorganizma sayımı

Yapay olarak kontamine edilmiş dilim peynir örneklerinde depolamanın 1., 7., 15. ve 30. günlerinde patojen bakteri sayımı yapılarak başlangıç sayısına kıyasla değerlendirme yapılmıştır. Dilim peynir örnekleri (üçgen kaşar peyniri dilimi) fizyolojik suda homojen hale getirilerek uygun dilüsyonlar hazırlanmıştır. Her bir patojen için spesifik besiyerine ekim yapılmıştır. İnkübasyon sonucunda 30-300 adet koloni gelişen petri plaklarda sayım yapılarak gelişen bakteri sayısı belirlenmiştir.

Escherichia coli (E. coli) O157:H7 sayımı

E. coli O157:H7 suşu ile kontamine edilmiş ve nisin içerikli yenilebilir filmlerle kaplanmış dilim peynir örneklerinden uygun dilüsyonlar hazırlanmış ve belirlenen dilüsyonlardan petri plaklara ekim yapılmıştır. VRB agarda geliştirilen *E. coli* O157:H7 suşları

37°C 'de 1 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda zon oluşturan koloni sayıları belirlenmiş ve *E. coli* O157:H7 sayısı log₁₀ kob/ ml olarak hesaplanmıştır (Anonim 1990).

Listeria monocytogenes (L. monocytogenes) ATCC 7644 sayımı

L. monocytogenes ATCC7644 suşu ile kontamine edilmiş ve nisin içerikli yenilebilir filmlerle kaplanmış dilim peynir örneklerinden uygun dilüsyonlar hazırlanmış ve belirlenen dilüsyonlardan petri plaklara ekim yapılmıştır. PALCAM agarda geliştirilen *L. monocytogenes* ATCC7644 suşları 37°C 'de 1-2 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda gelişen koloni sayıları belirlenmiş ve *L. monocytogenes* ATCC7644 sayısı log₁₀ kob/ ml olarak hesaplanmıştır (Anonim 1990).

Staphylococcus aureus (S. aureus) ATCC 29213 sayımı

S. aureus ATCC 29213 suşu ile kontamine edilmiş ve nisin içerikli yenilebilir filmlerle kaplanmış dilim peynir örneklerinden uygun dilüsyonlar hazırlanmış ve belirlenen dilüsyonlardan petri plaklara ekim yapılmıştır. Baird Parker Agar'da geliştirilen *S. aureus* ATCC 29213 suşları 37°C 'de 1 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda gelişen koloni sayıları belirlenmiş ve *S. aureus* ATCC 29213 sayısı log₁₀ kob/ ml olarak hesaplanmıştır (Anonim 1990).

Kaşar peynir örneklerine ait tekstür profil analizi

Peynir örneklerinin tekstürel özellikleri Tekstür Analiz Cihazı (TAXT. plus, Stable Micro System, England) 75 mm'lik probu ile birlikte kullanılmak suretiyle analiz yürütülmüştür. Analiz öncesi peynir örnekleri silindirik alüminyum P/35 nolu proba uygun olacak şekilde en az 2 tekrarlı olmak üzere 2×2×2 cm³ ebadında kesilmiştir. Analiz parametreleri test hızı 0,50 mm/s, ön test hızı 1 mm/s, test sonrası hız 1 mm/s, tetikleme gücü 20 g ve sıkıştırma oranı %40 olacak şekilde ayarlanmıştır. Tekstür profil analizi ile elde edilen grafikten sertlik, dış yapışkanlık, iç yapışkanlık (kohesivlik) ve elastikiyet parametreleri belirlenmiştir.

Kaşar peynir örneklerine ait duyuusal analiz

Deneme peynirlerinin duyuusal değerlendirmesi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üye/eleman ve öğrencilerinden oluşan 10 eğitimli panelist tarafından yapılmıştır. Duyusal analizlerde Bodyfelt *et al.* (1988) tarafından düzenlenen skala ve yorumlar çalışmaya uyumlu olacak şekilde değiştirilerek kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Kaşar Peyniri Örnekleri Duyusal Analizinde Kullanılan Form

Panelistin adı soyadı:			Tarih:...../...../.....									
Nitelik	Özellik	Puan	Örnekler									
Görünüş (Renk, boyut, şekil)	Çok iyi	9-8										
	İyi	7-6										
	Az kusurlu	5-4										
	Kusurlu	3-2										
	Çok kusurlu	1										
Tekstür (Sertlik, yapışkanlık, yağlılık, gevreklik, dağılabilirlik)	Çok iyi	9-8										
	İyi	7-6										
	Az kusurlu	5-4										
	Kusurlu	3-2										
	Cok kusurlu	1										
Tat ve Koku	Çok iyi	9-8										
	İyi	7-6										
	Az kusurlu	5-4										
	Kusurlu	3-2										
	Çok kusurlu	1										
Acılık	Hiç yok	9-8										
	Yok	7-6										
	Az var	5-4										
	Var	3-2										
	Çok var	1										
Genel Kabul edilebilirlik	Çok iyi	9-8										
	İyi	7-6										
	Az kusurlu	5-4										
	Kusurlu	3-2										
	Çok kusurlu	1										
NOT: Örnekler ile ilgili belirtmek istediğiniz görüşlerinizi bu kısımda belirtiniz												

İstatistiksel analizler

Bu araştırma, 5 peynir örneği (KP, VP, FT₁₀P, FT₅P, FT₀P) x 4 farklı olgunlaşma süresi (5., 30., 60. ve 90. günler) x 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırma sonucunda elde edilen verilerin ortalamaları ‘IBM SPSS Statistics 25’ programı ile belirlenerek Varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli çıkan ortalamalara Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yenilebilir Filmlerin Özellikleri

Nem miktarı

Yenilebilir film örneklerine ait % nem içeriği ve Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 3’ te verilmiştir. Tablo 3’ten de görüldüğü gibi filmlerin % nem içerikleri 10,68 ile 13,46 arasında değişmiştir. En yüksek % nem içeriği FT₀ kodlu yenilebilir film örneğinde belirlenirken en düşük % nem içeriği FT₁₀ kodlu yenilebilir film örneğinde belirlenmiştir.

Film örnekleri % nem oranları ait ortalamalar arasındaki farklılık varyans analiz sonucuna göre ise $p < 0,01$ düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir. Bu farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre FT₁₀ ve FT₅ film örneklerinde istatistiksel olarak benzer olarak belirlenirken, FT₀ kodlu film örneğinde istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde belirlenmiştir.

Tablo 3. Yenilebilir Film Örneklerine Ait % Nem İçeriği ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Film Örnekleri	n	% Nem İçeriği	F Değeri
FT ₁₀	2	10,68±0,43 ^a	31,383*
FT ₅	2	11,72±0,31 ^a	
FT ₀	2	13,46±0,29 ^b	

*Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

* $p < 0,05$ düzeyinde önemli, ** $p < 0,01$ düzeyinde önemli

Sood and Saini (2022), çalışmalarındaki yenilebilir film örneklerinde nem içeriğini %15.50–28.37 aralığında, Gahruie *et al.* (2022) ise %6,83-9,55 aralığında, Dong *et al.* (2022) %1,73-2,13 aralığında bulmuşlardır. Ayrıca Sood and Saini (2022), nem içeriğinin yenilebilir film yapısından önemli ölçüde etkilendiğini, bu nedenle kapalı matrisli filmlerin, polimer molekülleri arasındaki güçlü etkileşimler nedeniyle düşük nem içeriğine sahip olabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen düşük nem oranı bu duruma atfedilebilmektedir.

Nem içeriği filmlerin suya dayanıklılıkları ile ilgili olup ambalajlanmış materyallerin raf ömrü stabilitesinde kilit role sahiptir (Li *et al.* 2017). Karbonhidrat kaynağı olarak kitosanın farklı oranlarda kullanıldığı bir çalışmada artan kitosan oranıyla yenilebilir film örneklerinin nem içeriğinin arttığı belirlenmiş (14,92-19,09), bu sonucun yüksek polimer konsantrasyonlu

kitosan moleküllerinin hidroksil gruplarının su tutma kapasitesinden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir (Zareie *et al.* 2020). Çalışmamızda karbonhidrat kaynağı olarak kullandığımız ayva çekirdeği jelinin eşsiz kolloidal özelliğinden (Jouki *et al.* 2014b) dolayı film örneklerinin belirtilen aralıkta % nem oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra TGaz' ın etkisi ile daha sıkı bir ağ yapısı oluşturulduğu için nem oranının artan enzim oranıyla azaldığı tespit edilmiştir.

Kalınlık

Film kalınlığı, filmin yapısı ve kompozisyonundan kaynaklanır (Sebti *et al.* 2007). Yenilebilir film örneklerine ait kalınlık değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 4' te verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi film kalınlık değerleri 0,09 mm ile 0,11 mm arasında değişmektedir. En düşük değer enzim kullanılmayan film örneğinde belirlenirken, en yüksek değer 10U enzim kullanılan film örneğinde belirlenmiştir. Enzim ilavesi çapraz bağlanmayı sağlarken film örneklerinde kalınlığı artırdığı gözlemlenmiştir.

Yenilebilir film örnekleri kalınlık oranı ortalamaları arasındaki farklılık varyans analizine tabi tutulmuş ve $p < 0,01$ düzeyinde önemli olarak tespit edilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre film örneklerinde kullanılan enzim oranı arttıkça kalınlık değerinin arttığı belirlenmiştir. Örnekler arasında sırası ile 10U, 5U ve enzimsiz örnek olmak üzere $p < 0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir.

Tablo 4. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Kalınlık Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Film Örnekleri	n	Kalınlık (mm)	F Değeri
FT ₁₀	2	0,11±0,003 ^c	43,798**
FT ₅	2	0,10±0,002 ^b	
FT ₀	2	0,09±0,000 ^a	

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

** $p < 0,05$ düzeyinde önemli, *** $p < 0,01$ düzeyinde önemli

Film kalınlıklarını Zhao *et al.* (2022), 0,032-0,041 mm aralığında, Ranjith *et al.* (2022), 0,317-0,328 mm aralığında, Sood and Saini (2022) ise 0,131–0,197 mm aralığında, Gahruie *et al.* (2022), 0,088-0,104 mm aralığında, Nobrega Santos *et al.* (2022) 0,148 ve 0,181 mm aralığında bulmuşlardır. Sood and Saini (2022), yenilebilir filmin kalınlığının hazırlama yöntemine ve kurutma koşullarına bağlı olduğunu ayrıca yenilebilir film solüsyon miktarından, film bileşiminden ve bileşenler arasındaki etkileşimden de etkilendiğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda da tüm yenilebilir film örneklerinde film solüsyonun hacmi aynı tutulmuştur.

Kalınlık değerleri arasındaki farklılık TGaz enziminin film yapısına etkisinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Montes-de-Oca-Avalos *et al.* (2020), TiO₂ nanokompozit (%0,5 w/v) ve mısır yağı (%2 w/v) içeren farklı oranlarda (%2,5-5-7,5 w/v) peyniraltı suyu proteini konsantresinden elde edilen yenilebilir filmlerin kalınlık değerlerini 0,13-0,44 mm aralığında belirlemişlerdir. Araştırmacılar kalınlık değerinin artan protein oranı ile arttığını tespit etmişlerdir.

Alizadeh-Sani *et al.* (2018), film kalınlığının dolgu bileşiklerinin polimer matrise eklenmesinden etkilenebilecek bir parametre olduğunu belirtmiştir. Ağırlıkça %10 protein içeriği ile formüle edilmiş solüsyonlardan hazırlanan PPI filmlerini analiz etmişler ve ağırlıkça %1,5 oranında TiO₂ ilavesinin, dolgu maddesi olarak protein ağının farklı katmanlarına yerleştirilmesi ve kurumada içeriğin artması nedeniyle film kalınlığını önemli ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda kullanılan TGaz enzimi proteinler arası çapraz bağlanma ile dolgu maddesi gibi davranmış olabileceği ve bu nedenle artan enzim oranı ile artan kalınlık değerleri tespit edildiği ifade edilebilmektedir.

Literatürde genel olarak TGaz kullanımının proteinler ile yapılan filmlerin kalınlığında artış sağladığı belirlenmiştir (Su *et al.* 2007, Tang *et al.* 2005). Kalınlıktaki bu artış, ultrasonik ile muamele edilen proteinler veya proteinler ile kitosan arasında, ultrasonik ve transglutaminaz kombine uygulamaların proteinlerde neden olduğu açılımından (denatürasyon) kaynaklanan bir tür etkileşim olduğu ifade edilmiştir (Vera *et al.* 2020). Elde edilen verilere göre artan enzim oranı ile artan kalınlık değerleri bu bağlamda mevcut literatürle uyum sağlamaktadır.

Su buharı geçirgenliği (SBG)

Gıdanın bozulmasında su önemli bir faktördür. Bu nedenle yenilebilir filmlerde ortam ve gıda yüzeyi arasındaki su buharı transferini önleme önemli bir kalite özelliğidir (Jiang *et al.* 2020, Zhang *et al.*, 2020). Yenilebilir bir film, gıda ve çevre arasında veya heterojen bir gıda ürününün iki bileşeni arasında nem transferini önlemektir. Bu nedenle su buharı geçirgenliği mümkün olduğunca düşük olması önem arz etmektedir.

Film örneklerine ait su buharı geçirgenlik değerleri Tablo 5' te verilmiştir. En yüksek su buharı geçirgenliği değeri 0,28 g.mm/kPa.gün.m² ile FT₀ kodlu film örneğinde en düşük su buharı geçirgenliği değeri ise 0,22 g.mm/kPa.gün.m² ile FT₁₀ kodlu film örneğinde belirlenmiştir. Sanchez *et al.* (2022) 0,78-2,12×10⁻⁹ (g/m s Pa), Cheng *et al.* (2022) 2,47-3,17 (×10⁻¹⁰g·m·m⁻²·s⁻¹·Pa⁻¹), Priyadarshi *et al.* (2022) 0,65-0,67 (×10⁻⁹ g.m/m² Pa. s) olarak belirlemişlerdir.

Yenilebilir film örneklerine ait SBG oranı ortalamaları Varyans test sonuçlarına göre $p<0,05$ düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre ise örnekler arasında $p<0,05$ düzeyinde farklılık tespit edilmiştir. En yüksek değer enzimsiz film örneğinde belirlenirken artan enzim oranı ile azalan SBG tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Tablo 5. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Suda Buharı Geçirgenliği Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Film Örnekleri	n	SBG (g.mm/kPa.gün.m ²)	F Değeri
FT ₁₀	2	0,22±0,014 ^a	15,167*
FT ₅	2	0,24±0,007 ^{ab}	
FT ₀	2	0,27±0,007 ^b	

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

* $p<0,05$ düzeyinde önemli, ** $p<0,01$ düzeyinde önemli

Gıda ambalaj malzemelerinin su buharı geçirgenliği, gıdanın bozulmasına neden olan mikrobiyolojik gelişmenin kontrol edilmesinden ve üründe organoleptik kalitenin korunmasından kısmen sorumlu olduğu bildirilen araştırmacılar, PPI filmlerinde SBG değerinin ksilan ve TGaz eklenmesiyle azaldığını belirlemişlerdir (Seiwert *et al.* 2021). Ayrıca SBG, çapraz bağlanma derecesine veya film modifikasyonuna bağlı olarak genellikle daha yoğun film ağlarında daha düşük olduğu ifade edilmiştir (Schmid and Müller 2019).

Çalışmamızdan elde edilen değerlerin aksine Vera *et al.* (2020) tarafından yapılan çalışmada, kiona proteini ve kitosan birleşimine 10U ve 20U TGaz enzimi ilavesi ile SBG değerlerinde artan enzim oranı ile artış tespit etmiş olup ultrasonik uygulama ile bahsi geçen değerlerde değişim olmadığını ifade etmişlerdir.

Sabaghi *et al.* (2022), mikrobiyal TGaz ile enzimatik çapraz bağlanan lizozim/jelatin bazlı filmlerinin SBG değerlerini $3,2-4,6 \times 10^{-9} \text{ g m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$ arasında belirleyip 100 ml film solisyonunda 0,14-0,28-0,42 g transglutaminaz olacak şekilde film örneklerinde artan enzim oranı ile azalan SBG değerleri tespit etmişlerdir. Sonuçlar çalışmamızdan elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermiş olup bu durum kullanılan TGaz enzimi ile film matriksinde gözenekli yapının azalması ve SBG değerini azalmasına atfedilebilmektedir (Sarıcaoğlu, 2018). TGaz ise proteinleri indükleyerek birbirine yakınlaştırır ve sonuç olarak çapraz bağlanmayı artırıp gözenekli yapıyı azaltarak bu etkiyi göstermektedir (Jiang *et al.* 2020).

Qazanfarzadeh *et al.* (2021), sekalin proteininde papain, N-asetil-D-L-homosistein tiyolakton ve TGaz ile çapraz bağlanma sonucunda elde edilen yenilebilir filmlerde SBG değerlerini $0,521-1,255 \times 10^{-10} \text{ g m/Pa s m}^2$ aralığında belirlemişlerdir. 10U TGaz enzimi

kullanılarak hazırlanan yenilebilir film örneklerinde $0,829 \times 10^{-10}$ g m/Pa s m² olarak belirlenene SBG değeri 5U enzim kullanılarak hazırlanan yenilebilir film örneğinde $1,170 \times 10^{-10}$ g m/Pa s m² olarak belirlemişlerdir.

Di Pierro *et al.* (2006) ve Schmid *et al.* (2014) tarafınan yapılan araştırmada, transglutaminaz ilavesinin su buharı bariyeri özelliklerini iyileştirdiği belirlenmiştir. Oh *et al.*, (2004), PAS proteini, kazein ve zeinden oluşan yenilebilir film solüsyonlarında çapraz bağlanma amacı ile transglutaminaz enzimi kullanmışlardır. Filmlerin su buharı geçirgenliğinin önemli ölçüde farklı olmadığını ancak enzim kullanılan filmlerde kullanılmayan kombinasyona göre su buharı geçirgenliğinde azalma belirlediklerini ifade etmişlerdir. Liu *et al.* (2021) ise kompozit filmin SBG'nin TGaz işleminden sonra %32 oranında azaldığını ve bu azalmayı TGaz çapraz bağlanması ile filmin hidrofobikliğini ve şişmeye karşı direncini artırarak daha fazla hidrofobik grup açığa çıkarması ile açıklamışlardır. Bu bağlamda çalışmamızda enzim kullanımı ve artan oranıyla azalan SBG değerlerinde değerleri literatür ile uyum göstermektedir.

Yenilebilir filmlerde SBG değeri kalınlık ile ilişkilendirilebilmektedir. Sarıcaoğlu *et al.* (2018) çok ince filmlerin optik özellikler açısından daha üstün olduğunu ancak su buharı ve mekanik özellikler açısından zayıf kabul edildiğini ifade etmişlerdir. Montes-de-Oca-Avalos *et al.* (2020), SBG değerinde kalınlık değerlerine benzer bir eğilim izleyerek protein konsantrasyonu ile arttığını tespit etmişlerdir. Bu sonucun artan protein oranı ile birlikte kompakt yapı oluşmaması ve daha kalın filmlerdeki kusurların varlığının bir sonucu olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmamızda transglutaminaz enzimi kullanımı ile proteinler arası bağlanmalar sonucunda yapı daha düzenli ve kompakt bir hale gelerek literatürdeki bu boşluk doldurulmuş olacağı düşünülmektedir.

Suda çözünürlük (SÇ)

Suda çözünürlük değeri yenilebilir filmlerde, orta veya yüksek düzeyli nemli gıdaların bozulmadan paketlenmesi için temel bir fonksiyonel özellik olup, suya dayanıklılık göstergesidir (Susmitha *et al.* 2021). Yenilebilir filmlerde hidrofiliği belirtmek için kullanılabilir. Bir film ambalaj malzemesi olarak kullanıldığında sudaki çözünürlüğü, filmin sulu bir ortamdaki değişikliklerini de yansıtabilir. Su ile temas etmesi halinde çözünmesi gıda da istenmeyen sonuçlara sebebiyet verebilmektedir. Yenilebilir filmlere ait suda çözünürlük değerleri, filmin su direnci ve bütünlüğünün bir değerlendirmesi olarak kullanılabilir (Qiu *et al.* 2020).

Yenilebilir film örneklerine ait suda çözünürlük değerleri Tablo 6' da verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi en yüksek suda çözünürlük değeri %86,46 ile FT₀ kodlu örnekte belirlenirken, en düşük değer %74,59 ile FT₁₀ kodlu film örneğinde belirlenmiştir. Yenilebilir filmlerin suda çözünürlük değerleri Kontogianni *et al.* (2022) %25,19-28,69 aralığında, Tabatabaei *et al.* (2022) %24,63-53,01 aralığında belirlerken Mehraj and Sistla (2022) yenilebilir pektin filmlerinin suda çözünürlük değerlerini %65-75 aralığında olduğu belirlemişlerdir.

Yenilebilir film örnekleri suda çözünürlük değerleri ortalamaları Varyans analiz sonuçlarına göre örnekler arasındaki farklılık $p < 0,01$ düzeyinde çok önemli olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Suda Çözünürlük Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Film Örnekleri	n	SC (%)	F Değeri
FT ₁₀	2	74,58±1,61 ^a	62,835**
FT ₅	2	80,07±0,38 ^b	
FT ₀	2	86,46±0,77 ^c	

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

* $p < 0,05$ düzeyinde önemli, ** $p < 0,01$ düzeyinde önemli

Yenilebilir film örnekleri suda çözünürlük değerleri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre ise örneklerin $p < 0,05$ düzeyinde birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlara göre artan enzim oranı ile azalan suda çözünürlük değerleri tespit edilmiştir. Artan enzim oranı ile protein ve gam zincirindeki interaksiyonun artışı film örneklerinde hidrofiliklik, opaklık, kalınlık değerlerini arttırdığı ve dolayısı ile SBG, nem içeriği ve suda çözünürlük değerlerini azalttığı ifade edilmektedir (Behjati and Yazdanpanah 2021). Ultrasonik uygulama ile denatüre peyniraltı suyu proteinlerinin moleküller arası disülfid bağları filmlerin çözünürlüğünü genel olarak artırırken, enzim uygulaması film örnekleri arasında farklılığa sebep olmuştur.

Qiu *et al.* (2020), sodyum kazeinattan elde edilen filmlerde genipin ile çapraz bağlanma sonucunda elde edilen suda çözünürlük değerleri %96,61-99,52 aralığında belirlemişlerdir. Kontrol örneklerine göre çapraz bağlanma olan film örneklerinde daha düşük suda çözünürlük değerleri belirlemişlerdir. Sonuçlar çalışmadan elde edilen sonuçlar ile uyum göstermektedir.

Cruz and Diaz (2019) yenilebilir filmdeki yüksek nem içeriğinin filmin daha hidrofilik olduğunun göstergesi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Polimerdeki bileşikler ve yapıya etki eden düzenleyici ajanlar, biyopolimer zincirleri arasında hidrojen bağlarının oluşumunu ve proteinler

arası çapraz bağlanmayı teşvik eder. Sonuç olarak çalışmamızdaki örneklerin azalan suda çözünürlük değerleri TGaz kullanımı sonucu bahsi geçen bağ oluşumuna atfedilebilir. Oluşan yeni bağlar ile film solüsyon yapısı daha sıkı ve düzenli bir hal alır. Kompakt yapıdaki film örneğinin ise suda çözünürlüğü daha az olması beklenir.

Oksijen geçirgenliği

Yenilebilir filmlere yönelik çalışmalarda; üstün mekanik özelliklere, gaz ve su buharı geçirgenliğine karşı iyi bariyer özelliklerine sahip olan proteinler, polisakkaritler, lipidler veya bunların kombinasyonları üzerine araştırmalar yapılmaktadır (Zhang *et al.* 2020).

Uygun teknik ve komponentlerle yenilebilir gıda ambalajları araştırmacılar ve endüstriyel üreticilerin dikkatini çekmektedir. Araştırmalar oksijen ve aroma taşınmasını kontrol ederek gıdaların raf ömrünü uzatan ambalaj üretimi üzerine yoğunlaşmaktadır. Aroma bileşiklerinin ve oksijenin taşınmasıyla gıda kalitesi kolayca bozulur. Doğal bariyer özelliği sergileyen yenilebilir filmler oksijen, karbondioksit ve nemin taşınmasını düzenleyerek lezzet ve aroma kaybını azaltmaktadır (Miller and Krochta 1997). Dolayısı ile oksijen geçirgenliği önemli bir bariyer özelliğidir. Çünkü lipidlerin ve gıda bileşenlerinin oksidasyonu büyük miktarda gıda bozulmasına neden olmaktadır (Janjarasskul and Krochta 2010). Elde edilen yenilebilir filmlerin düşük oksijen geçirgenliğine sahip olması bu nedenle önem arz etmektedir.

Çalışmamızda; yenilebilir filmlerin oksijen bariyer özelliklerini belirlemek için ayçiçek yağı ile doldurulmuş cam tüpler filmlerle kaplanarak belirli bir süre depolanmıştır. Ardından ayçiçek yağının peroksit değeri hesaplanarak filmlerin oksijen geçirgenlik değerleri hakkında bilgi edinmek amaçlanmıştır. Tablo 7’de görüldüğü gibi kaplanmamış tüplerdeki (kör numune) yağların peroksit sayısı 81,61 meq O₂/kg olarak belirlenirken, film örnekleri ile kaplanmış ayçiçek yağlarının peroksit sayısı 39,56-63,46 meq O₂/kg arasında belirlenmiştir. En yüksek peroksit sayısı FT₀ kodlu (enzimsiz) film örneğinde belirlenirken en düşük değer FT₁₀ kodlu yani en yüksek enzim konsantrasyonlu film örneğinde belirlenmiştir.

Literatürde yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış yağlarda tespit edilen peroksit sayıları özetlenecek olursa; Zhang *et al.* (2020) çözülebilir diyet lifinden yenilebilir film elde etmeyi amaçladıkları çalışmada, kontrol (kaplamasız) yağlarda peroksit değerini 47,25 meq/kg, film örnekleri ile kaplanmış yağların peroksit değerlerini ise 10,03 – 17,37 meq/kg aralığında tespit ederken, Wu *et al.* (2013) pullulan, kitosan ve ikisinin karışımından elde ettikleri film örneklerinde ise 91,82-114,64 meq/kg aralığında, kontrol örneğinde 156,92 meq/kg, Nazir and Wani (2022) ise fesleğen tohumu müsilağı ve sodyum aljinattan elde ettikleri film örneklerinde ise peroksit değerlerini 8,06- 9,33 meq/kg aralığında kontrol örneğinde 52,23 meq/ kg, Kurt

ve Kahyaoğlu (2014) salep glukomannandan üretilen filmler ile kaplı yağlarda 91,20 – 95,04 meq/kg arasında peroksit değeri belirlerken kontrol örneğinde 110 meq/kg peroksit değeri belirlemişlerdir. Sarıcaoğlu (2018), kontrol yağlarda peroksit değerini 67,05 meq O₂/kg olarak belirlerken mekanik olarak ayrılmış tavuk eti proteinlerinden ürettiği fonksiyonel filmlerle kaplanmış yağ örneklerinin peroksit sayılarını 18,01-60,80 meq O₂/kg aralığında tespit etmişlerdir.

Yenilebilir filmlerin peroksit sayıları ortalamalarına ait Varyans analiz sonuçlarına göre $p<0,01$ düzeyinde çok önemli farklılık belirlenmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre ise örnekler birbirinden $p<0,05$ düzeyinde farklı bulunmuştur.

Tablo 1. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Peroksit Sayısı ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Kaplamaşız örnek peroksit sayısı: 81,61 $\pm$ 2,12 meq O ₂ /kg			
Film Örnekleri	n	Peroksit sayısı (meq O ₂ /kg)	F Değeri
FT ₁₀	2	39,56 $\pm$ 0,93 ^a	48,548**
FT ₅	2	49,56 $\pm$ 4,87 ^b	
FT ₀	2	63,46 $\pm$ 1,47 ^c	

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

* $p<0,05$ düzeyinde önemli, ** $p<0,01$ düzeyinde önemli

Geçirgenlikteki azalma bileşiklerin hidrojen ve kovalent etkileşimlerinden kaynaklanabilmektedir (Nazir and Wani 2022). Artan TGaz enzim oranı ile proteinler arası molekül içi ve moleküller arası çapraz bağların güçlenmesi sonucu yenilebilir filmlerin daha yoğun ve pürüzsüz bir hale gelmesi ile oksijen geçirgenliğinin daha etkin bir şekilde önlendiği söylenebilmektedir (Zhang *et al.* 2020). TGaz enzimi proteinlerde kovalent ve intermoleküler bağlara etki sonucu proteinler arası gözenekleri azaltmaktadır. Bunun sonucunda yenilebilir filmlerin oksijen geçirgenlik değerlerinin düşmesi sonucu gıdaların raf ömrünü uzatmanın mümkün olabileceği ileri sürülmektedir (Wu *et al.* 2013).

Ayrıca film kalınlığı filmin oksijen bariyeri özelliklerini de etkilemektedir. Wu *et al.* (2013) ve Kurt and Kayhaoğlu (2014) yaptıkları çalışmada, çok daha ince olan filmlerin daha kötü performans gösterdiğini ifade etmişlerdir. Film yapısındaki kuru madde oranının artması film kalınlığında artışa neden olarak düşük oksijen geçirgenliğine sebebiyet verebileceği ifade edilmektedir (Sarıcaoğlu 2018). Çalışmamız kapsamında da üretilen filmlerde benzer şekilde azalan film kalınlığıyla artan peroksit sayısı tespit edilmesi literatüre uygunluk göstermiştir.

Optik özellikleri

Yenilebilir filmlerinin optik özellikleri gıdanın görünümü bakımından hem satın alma hem de tüketici tercihi sırasında önemli özelliklerdir (Olle Ressa *et al.* 2014). Filmin optik özellikleri üzerine; filmin bileşenlerinin polimer özellikleri, film kalınlığı, plastikleştirici tipi ve film bileşenlerinin yapısal uyumu dahil olmak üzere çeşitli parametreler etki etmektedir (Silva *et al.* 2022).

Renk değerleri

Gıdalarda renk önemli bir kalite kriteridir. Yenilebilir filmler için renk özelliği, gıdanın pazarlanabilirliğini ve kabul edilebilirliğini doğrudan etkilemesinin yanı sıra gıdanın görünür ve ultraviyole ışığa maruz kalmasını da önleyebilir (Zhao *et al.* 2022). Bu özellik duyuşal olarak belirlenebildiği gibi sonuçları farklılık gösterebilir. Bu nedenle gıdalarda renk değerlerinin nesnel olarak belirlenebilmesi için çeşitli renk ölçüm sistemleri bu amaçla geliştirilmiştir. Uygulamada kullanılan cihazlar marka ve model bakımından farklılık göstermekle birlikte farklı modelleme sistemleri (color model, color space) de mevcuttur. Renk analiz sonucu elde edilen veriler şu şekilde ifade edilir: L*: Rengin parlaklığı (0: Siyah, 100: Beyaz), a*: Kırmızılık Yeşillik (-60: Yeşil, +60: Kırmızı), b*: Sarılık Mavilik (-60: Mavi, +60: Sarı) (Keskin ve Şetlek 2017).

Yenilebilir film örneklerine ait renk değerleri Tablo 8’de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi en yüksek L değeri 88,66 ile FT₀ kodlu örnekte en düşük L değeri 87,69 ile FT₁₀ kodlu örnekte, en düşük a değeri 0,64 ile FT₁₀ kodlu örnekte en yüksek a değeri 0,77 ise FT₀ kodlu örnekte, en yüksek b değeri 8,41 ile FT₁₀ kodlu örnekte belirlenirken en düşük b değeri 6,99 ile FT₅ kodlu örnekte belirlenmiştir. Özetle en parlak ve en yeşil film örneği FT₀ kodlu örnek, en sarı film örneği FT₁₀ kodlu örnek olarak belirlenmiştir.

Yenilebilir film örnekleri renk L, a ve b değerleri ortalamaları Varyans analiz sonuçlarına göre $p>0,05$ düzeyinde önemsiz olarak tespit edilmiştir.

Tablo 8. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Renk Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Film Örneği	L Değeri	F Değeri	a Değeri	F Değeri	b Değeri	F Değeri
FT ₁₀	87,69±0,40 ^a		-0,64±0,03 ^a		8,41±0,02 ^a	
FT ₅	88,64±1,20 ^a	1,131	-0,67±0,16 ^a	0,840	6,99±2,05 ^a	0,718
FT ₀	88,66±0,17 ^a		-0,77±0,07 ^a		7,62±0,15 ^a	

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

* $p<0,05$ düzeyinde önemli, ** $p<0,01$ düzeyinde önemli

Yenilebilir film örnekleri renk L, a ve b değerleri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Cruz-Diaz *et al.* (2019), PPK ile elde edilen film solüsyonuna ısı, ultrasonik ve transglutaminaz enzimi uygulaması ile elde ettiği film örneklerinde enzim uygulamalı ve enzimsiz filmlerde daha düşük L ve a değerleri belirlerken daha yüksek b değerleri belirlemişlerdir. Qiu *et al.* (2020), genipin ve lizozim içeren sodyum kazeinat filmlerinde kontrol grubuna göre (sadece sodyum kazeinat içeren film-çapraz bağlanma olmayan) genisipin ile çapraz bağlanma yapılan film örneklerinde daha yüksek L, a, b değerleri tespit edilmiştir.

b değeri FT₅ kodlu örnekte daha düşük olması, mavi renge daha yakın olması TGaz enziminin amino gruplarıyla reaksiyona girdiğinde mavi pigmenterin meydana gelmesi ile açıklanabilmektedir (Qiu *et al.* 2020). Diğer taraftan araştırmacılar transglutamiyaz ilavesi ile PPI filmlerinin enzimsiz filmlere göre b değerinin arttığını belirlemişlerdir (Seiwert *et al.* 2021). Rodriguez-Turienzo *et al.* (2012), renk özelliklerinin transglutamiyaz ilavesiyle önemli derecede değişmediğini, Kaewprachu *et al.* (2017) ise artan transglutaminaz oranıyla artan b değeri (daha sarı) ve negatif yönde artan a değerlerini (daha yeşil) tespit etmişlerdir. Sonuçlar çalışmamız ile uyum göstermektedir.

Opaklık

Opaklık, gıda üzerindeki ışık geçişini kontrol etmek için önemli bir rol oynar (Susmitha *et al.* 2021). Opaklık, kaplanmış substratın kontrast oluşturan alanları arasında tanımlanmış bir renk mesafesini (kromatik katmanlar) veya tanımlanmış bir kontrast oranını (akromatik katmanlar) içerir. Opaklık değeri ışığın hem saçılmasından hem de soğurulmasından elde edilir (Pilli 2020)

Yenilebilir film örneklerine ait opaklık değerleri Tablo 9’ da verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi en yüksek opaklık değeri 3,83 A/mm ile FT₀ kodlu örnekte belirlenirken en düşük opaklık değeri 3,04 A/mm ile FT₁₀ kodlu örnekte belirlenmiştir.

Tablo 9. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Opaklık Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Film Örnekleri	n	Opaklık	F Değeri
FT ₁₀	2	3,04±0,007 ^a	3,263
FT ₅	2	3,77±0,148 ^a	
FT ₀	2	3,83±0,579 ^a	

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

* $p<0,05$ düzeyinde önemli, ** $p<0,01$ düzeyinde önemli

Zhao *et al.* (2022) opaklık değerini 4,27-11,35 A/mm, Ranjith *et al.* (2022) 1,39-1,54 A/mm, Dong *et al.* (2022) 3,11-6,02 A/mm bulmuşlar ve film kalınlığının opaklık (ışık sağılımlı ve şeffaflığı) değerini önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir. Bu doğrultuda çalışmamızdaki yenilebilir film örneklerinde de artan kalınlık değeriyle opaklık değerleri de azalma göstermiştir.

Yenilebilir film örnekleri opaklık değerleri ortalamaları Varyans analiz sonucuna göre istatistiksel olarak önemsiz olarak belirlenmiştir. Duncan oklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık belirlenmemiştir ($p>0,05$). Ancak farklı enzim oranlarında nispeten değişiklikler tespit edilmiştir.

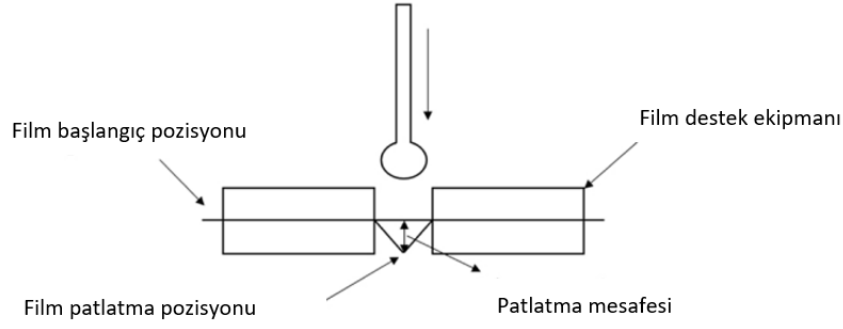
Qiu *et al* (2020), çapraz bağlanmış proteinlerden elde edilen yenilebilir filmlerde kontrol grubuna daha yüksek opaklık belirlerken Qazanfarzadeh *et al.* (2021), farklı şekillerde çapraz bağlanan sekalin proteini ile hazırlanan tüm filmler örneklerinde muhtemelen daha kompakt yapıları ve daha fazla kalınlık ve yoğunluklarından dolayı modifiye edilmemiş protein ile elde edilen filmlerden daha az şeffaf olduğunu ifade etmişlerdir. Sonuç çalışmamızdan elde edilen sonuçlar ile uyum göstermektedir.

Mekanik zellikler

Yenilebilir film örneklerinin mekanik özellikleri paketlenmiş gıdaların taşınması, işlenmesi ve depolanması sırasında bütünlüğü sağlamak için önemlidir. Germe kuvveti (G), kopma uzaması (KU), patlama gücü (PG) ve patlamaya olan mesafe (PM) (maksimum deformasyon) dahil olmak üzere mekanik özellikler film bileşimine ve bileşen özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu zelliklerin ölçülmesi malzemenin farklı gıda işleme koşulları altında nasıl davranacağını tahmin etmeye ve performansı diğer polimerlerle karşılaştırmaya olanak tanımaktadır (Cazon *et al.* 2018).

Polimerler için germe kuvveti ve kopma uzaması dayanıklılık durumunu ifade etmektedir. Germe kuvveti dayanım, tokluk ve çatlama direnci olarak tanımlanırken (Yang *et al.* 2022) kopma uzaması malzemenin yumuşaklığının bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (Palomba *et al.* 2014).

Patlatma gücü ve patlatma mesafesi ise delinme testinin sonucu olarak ifade edilen terimlerdir. Bu değerler sabit hızda silindirik bir sondanın penetrasyonuna kadar film mukavemetini ve kırılma noktasındaki mesafeyi belirleyerek tespit edilmektedir (Spotti *et al.* 2016). lm diyagramı şekil 9' da ifade edilebilmektedir.



Şekil 9. Patlatma testinin şematik diyagramı (Cazon *et al.* 2018)

Yenilebilir filmlerinin G, KU, PG ve PM (maksimum deformasyon) gibi mekanik özelliklerine ait değerler Tablo 10’ da verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi en yüksek germe kuvveti 2,77 MPa ile FT₁₀ kodlu örnekte belirlenirken düşük değer 1,74 MPa ile FT₀ kodlu örnekte belirlenmiştir. Kopma uzaması en yüksek değer %117,91 ile FT₁₀ kodlu örnekte belirlenirken en düşük değer %109,89 ile FT₀ kodlu örnekte belirlenmiştir. Patlatma gücü en yüksek 1,27 g ile FT₁₀ kodlu örnekte en düşük değer ise 0,97 g ile FT₀ kodlu örnekte belirlenmiştir. Patlatmaya olan mesafe 1,35- 1,01 mm aralığında belirlenerek FT₁₀ kodlu örnekten FT₀ kodlu örneğe doğru azalan değerler tespit edilmiştir.

Yenilebilir film örneklerine ait Varyans analiz sonuçları Tablo 11’de verilmiştir. Yenilebilir film örnekleri mekanik özelliklerine ait Varyans analiz sonuçlarına göre germe kuvveti istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli belirlenirken diğer parametreler önemsiz ($p > 0,05$) olarak belirlenmiştir.

Tablo 10. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Mekanik Özellik Değerleri ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Film Örnekleri	G (MPa)	KU (%)	PG (g)	PM (mm)
FT ₁₀	2,77±0,38 ^b	117,91±7,76 ^a	1,27±0,07 ^a	1,35±0,06 ^a
FT ₅	2,15±0,04 ^{ab}	112,74±2,19 ^a	1,11±0,05 ^a	1,18±0,16 ^a
FT ₀	1,74±0,11 ^a	109,89±1,67 ^a	0,97±0,16 ^a	1,01±0,16 ^a

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Tablo 11. Yenilebilir Film Örnekleri Mekanik Özelliklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD değeri	F Değeri			
		G (MPa)	KU (%)	PG (g)	PM (mm)
Yenilebilir Film Örneği (A)	2	10,093*	1,460	3,998	3,323
Hata	3				
Genel	6				

* $p < 0,05$ düzeyinde önemli, ** $p < 0,01$ düzeyinde önemli

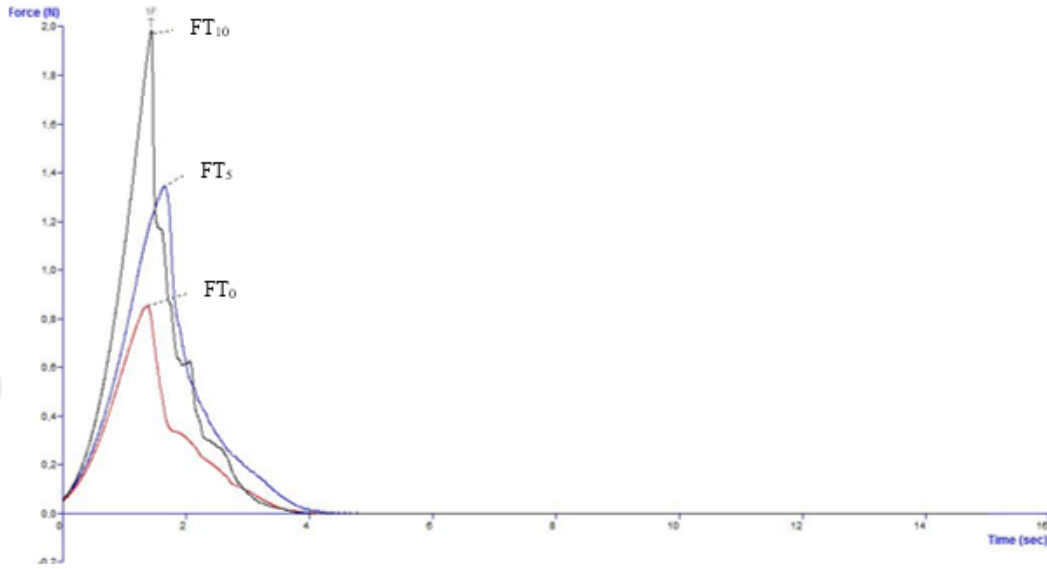
Yenilebilir film örnekleri germe kuvvetine ait Duncan test sonuçlarına göre örnekler arasında istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Test sonuçlarına göre germe kuvveti en yüksek 10U enzim ilaveli film örneğinde belirlenmiş olup en düşük değer enzimsiz film örneğinde belirlenmiştir. Bu durum transglutaminaz enzimin yapıyı daha kompakt hale getirmesi ve germe kuvvetinin artmasına atfedilebilir. Yenilebilir film örneklerinde kopma uzaması, patlatma gücüne ve patlatma mesafesine ait Duncan test sonuçlarına göre film örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli fark belirlenmemiştir ($p > 0,05$). Ancak enzim uygulaması ile örnekler arasında nispeten farklılıklar tespit edilmiştir.

Vera *et al.* (2020) ise çalışmasında germe mukavemeti değerini 3,5-10,1 MPa aralığında belirlemişlerdir. Aynı çalışmada kopma uzaması değeri TGaz ve ultrasonik muameleyle azaldığı tespit edilirken Jiang *et al.* (2020) çalışmasında TGaz ilavesinin kopma uzaması değerini %21 den %35' e kadar artırdığını ve PPK filmlerine karbokimetil selüloz ilavesi ile germe mukavemetinin 2,8 MPa dan 4,4 MPa değerine yükseldiğini tespit etmişlerdir. Bu durumu iki malzemenin birleşimi ile hidrojen bağ oluşumunun artmasına bağlamışlardır. Yapıya TGaz ilavesi ile germe kuvvetinde belirgin bir şekilde artış belirleyen araştırmacılar bu durumu film yapısında çapraz bağlanma veya yüksek moleküler ağırlıklı biyopolimerlerin oluşumu ile açıklamışlardır. Sonuç olarak moleküller arası kuvvetin artması nedeniyle gerilme mukavemetinin iyileştiğini ifade etmişlerdir. Sonuçlar enzim kullanımı ve artan oranla birlikte germe kuvveti ve kopma uzamasında belirlediğimiz artış ile uyum göstermektedir.

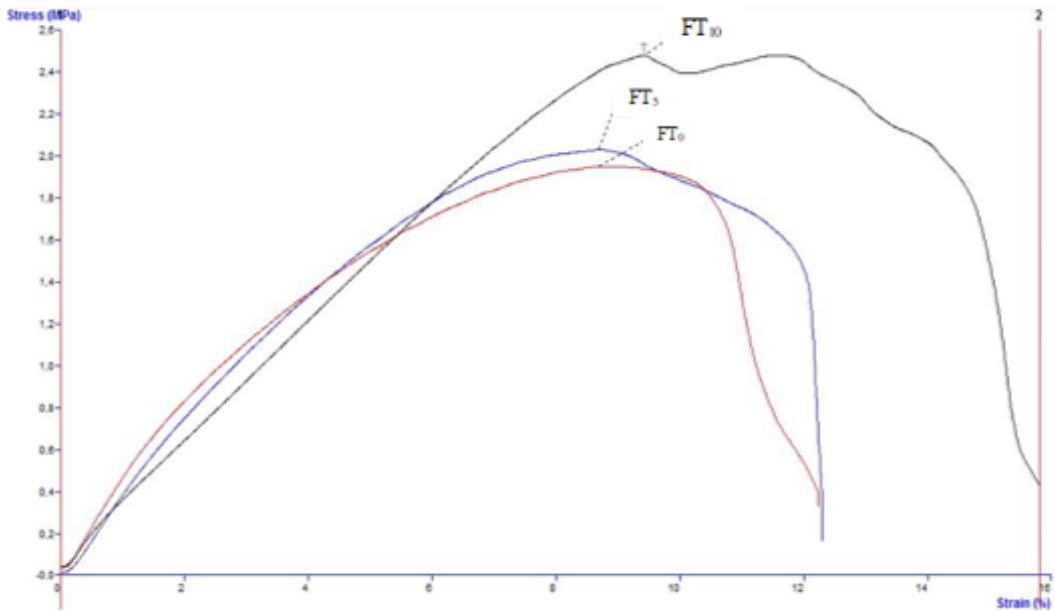
Nanoparçacıkları içeren kefiran-peyniraltı suyu proteininden elde edilen yenilebilir filmlerinin PG değerleri 1,8 ile 4,5 N aralığında tespit edilirken (Zolfi *et al.* 2014) guar zamkı içeren bezelye nişastasız bazlı filmlerde bu değer 6,9–37,7 N aralığında olduğu belirlenmiştir (Saber *et al.* 2016). Kitosan ilaveli kefiran filmlerinin PG değerleri ise 6,49 ile 18,94 N arasında bulunmuştur (Sabaghi *et al.* 2015). Cazón *et al.* (2018) ise gliserol ve polivinilalkol içeren selülozdan üretilen filmlerin diğer biyolojik olarak parçalanabilen filmlere kıyasla daha yüksek patlama gücü (117,73 N- 13,67 N) değerleri gösterdiğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda bu değer 2,27- 0,96 N arasında belirlenmiş olup TGaz ilavesi ve artan oranla birlikte artış göstermiştir.

Paketlenmiş üründe girinti çıkıntı olması durumunda gıda bütünlüğünü korumak için filmler tek eksenli iyi mekanik özelliklere sahip olmalıdır. Bu parametre de patlatma mesafesi ile değerlendirilebilir. Cazón *et al.* (2018) bu mesafeyi 1,60-6,04 mm arasında belirlerken bu değer artan polivinilalkol değeriyle lineer bir şekilde ilerlediğini bildirmişlerdir. Zolfi *et al.*, (2014) ise nanoparçacıkları içeren kefiran-peyniraltı suyu proteininden elde edilen filmlerde bu değer 8-12 mm arasında olduğunu ifade ederken Saber *et al.* (2016) patlatma mesafesini yani

maksimum deformasyon değerini 2,66-9,93 mm olarak belirlemişlerdir. Çalışmamızda bu değerler 1,35- 1,01 mm arasında belirlenmiş olup uygulanan deneme düzenine göre lineer artış göstermiştir. şekil 10’ da film örneklerine ait patlatma grafiği ve şekil 11’ de germe-kopma uzama grafikleri verilmiştir.



şekil 10. Film örneklerine ait patlatma gücü grafiği



şekil 11. Film örneklerine ait germe-kopma uzama grafiği

Termal zellikler

Yenilebilir filmlerin geçiş sıcaklıkları ise diferansiyel taramalı kalorimetre ile belirlenmiştir. Yenilebilir filmlerin ısıtılması ve eritilmesi, düzenli veya kümelenmiş yapının (kristal faz) bozulmasına neden olan 77-94°C camı geçiş sıcaklığı olarak tespit edilmiştir.

Yenilebilir film örneklerine ait camsı geçiş (T_g), özgül ısı (C_p) ve erime sıcaklıkları (T_m) ile entalpi (ΔH) değerleri Tablo 12’ de verilmiştir. Tabloya göre en yüksek T_g değeri 94,44°C ile FT₅ kodlu örnekte en düşük değer ise 77,10°C ile FT₀ kodlu örnekte belirlenmiştir. En düşük C_p değeri 0,005 J/g.°C ile FT₁₀ kodlu örnekte belirlenirken en yüksek değer 0,698 J/g.°C ile FT₀ kodlu film örneğinde belirlenmiştir. En düşük T_m değeri 124,09 °C ile FT₀ kodlu film örneğinde belirlenirken en yüksek değer 133,03 °C ile FT₅ kodlu film örneğinde belirlenirken 10U ve 5U enzim ilaveli film örnekleri arasında istatistiksel olarak fark belirlenmemiştir ($p>0,05$). Son olarak entalpi değerleri (ΔH) en yüksek 0,24 J/g ile FT₅ kodlu film örneğinde belirlenirken en düşük değer 0,02 J/g ile FT₀ kodlu film örneğinde belirlenmiş ve enzim ilaveli film örnekleri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0,05$).

Yenilebilir film örneklerine ait camsı geçiş ve erime sıcaklıkları ile entalpi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 13’te verilmiştir. Tabloya göre T_g ve ΔC_p değerleri örnekler arasında $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunurken T_m değerleri $p<0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Öte yandan ΔH değerleri ise istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olarak tespit edilmiştir.

Tablo 12. Yenilebilir Film Örneklerine Ait Termal Özellikler

Filmler	T_g (°C)	ΔC_p (J/g.°C)	T_m (°C)	ΔH (J/g)
FT ₁₀	90,15±0,19 ^b	0,005±0,00 ^c	130,78±0,98 ^a	0,19±0,01 ^a
FT ₅	94,44±1,73 ^a	0,188±0,01 ^b	133,03±1,02 ^a	0,24±0,04 ^a
FT ₀	77,10±0,21 ^c	0,698±0,01 ^a	124,09±0,83 ^b	0,02±0,00 ^b

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Tablo 12’de görüldüğü gibi enzim uygulaması ile filmlerin camsı geçiş sıcaklığı enzimsiz filme oranla artış göstermiş özgül ısı değerleri ise enzimsiz film örneklerinde daha yüksek değerler göstermiştir. Erime sıcaklığı enzimli örneklerde enzimsiz örneğe kıyasla daha yüksek belirlenirken erime entalpi değeri enzim uygulaması ile yüksek değerler göstermiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar enzim uygulamalı filmlerin daha yüksek sıcaklık ve ısıyla erimeye başladığını bununda filmin yapısının enzim ilavesi ile daha kompakt olmasından kaynaklandığını göstermektedir. Jouki *et al.* (2013), farklı oranlarda gliserol ilaveli AÇJ ile yenilebilir film ürettikleri çalışmalarında T_g ve T_m sıcaklıklarını sırası ile 36,2 ile -44,3 °C ve 141,3-142,8 °C aralığında belirlemişlerdir. Artan gliserol oranı ile azalan T_m değerlerini polimer zincirleri arasında güçlü hidrojen bağları oluşturabilen AÇJ moleküllerindeki hidroksil gruplarının sayısındaki azalmadan kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Aynı araştırmacılar film yapısındaki camsı geçişin bir başka önemli sonucunu film bariyer özelliklerinde değişikliklere yol açabilen moleküler hareketlilikte bir artış (yüksek SBG ve OG) ile

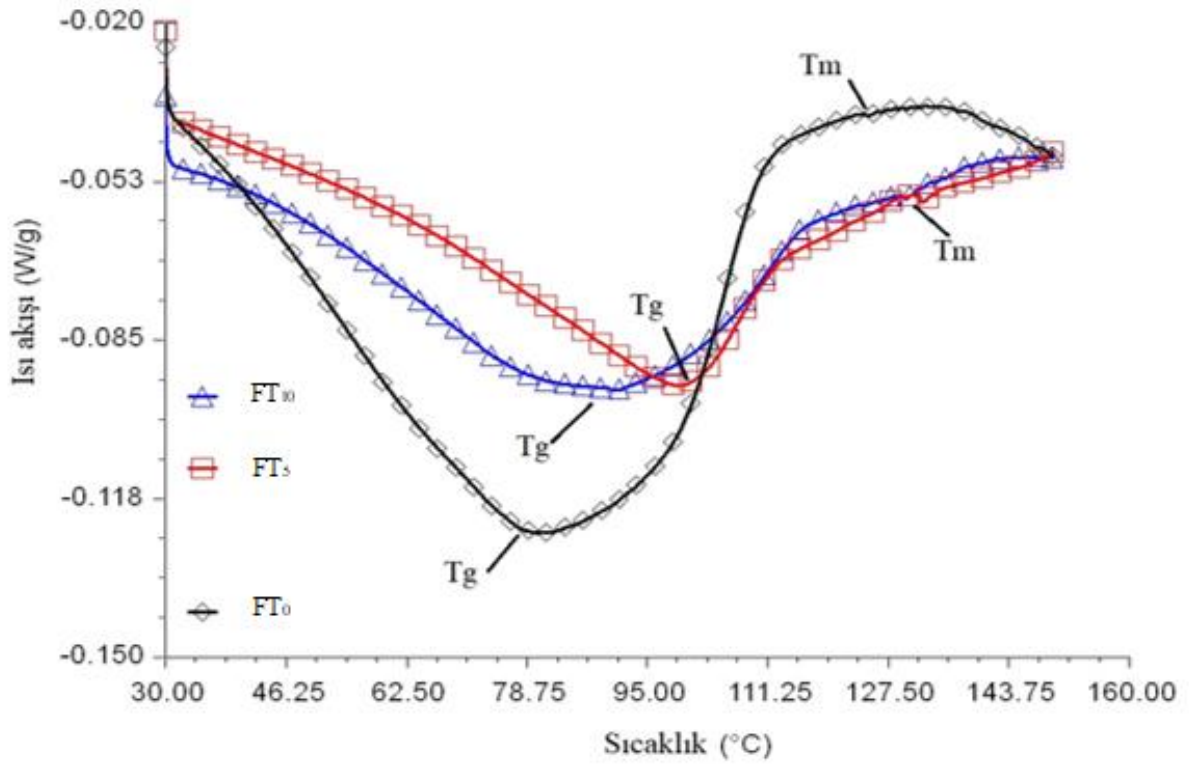
ilişkilendirmiş, Tg ve Tm’deki azalma, düşük kuru madde konsantrasyonu ve yüksek seviyede (%50) gliserol ile ilgili olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda da yüksek nem içeriğine sahip enzimsiz film örneklerinde düşük Tg ve Tm sıcaklıkları bu duruma atfedilebilmektedir. Enzimli film örneklerinde ise Tm sıcaklık değerleri benzerlik göstermiş olup Tg değerlerinde farklılık belirlenmiştir ($p<0,05$). 10U enzim ilaveli film örnekleri için düşük Tg değeri ile işlemeye daha elverişli hale gelmiştir yorumu yapılabilmektedir.

Tablo 13. Yenilebilir Film Örneklerinde Termal Özellik Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD Değeri	F Değeri			
		Tg (°C)	ΔC_p (J/g.°C)	Tm(°C)	ΔH (J/g)
Yenilebilir Film Örneği (A)	2	158,653**	3807,697**	48,053**	41,570**
Hata	3				
Genel	6				

* $p<0,05$ düzeyinde önemli, ** $p<0,01$ düzeyinde önemli

Erime geçiş sıcaklığı (Tm), proteinin doğal durumunun denatürasyonu sırasında sarmal yapıdan düz yapıya geçişine atfedilebilmektedir (Liu *et al.* 2016). Sarmal yapı geçişi, üçlü sarmal yapıdaki hidrojen bağlarının termal kopmasını ve bunun rastgele yapı konfigürasyonunda yeniden düzenlenmesi takip etmektedir. Bu nedenle erime entalpisi (ΔH) film matrisindeki üçlü sarmal miktarı ile ilişkilendirilmektedir (Tongnuanchan *et al.* 2014). DSC eğrilerindeki erime geçiş piklerinin yoğunluğu sıcaklığın artmasıyla azalmakta ve daha geniş hale gelmektedir. Film örneklerinde DSC ölçümüne ait ısı akışı grafiği Şekil 10’da verilmiştir.



Şekil 12. Yenilebilir film örneklerine ait DSC ile elde edilen ısı akışı grafiği

Şekil 12’de görüldüğü gibi film örnekleri sıcaklık artışı ile endotermik tepkime göstermiş olup en düşük Tg ve Tm değerleri enzimsiz film örneklerinde belirlenmiştir.

Termogravimetrik analiz

Yenilebilir filmlerin termal stabilitesini belirlemek için çeşitli sıcaklık aralığında film örneklerinin ağırlık kaybı belirlenir (Sood and Saini 2022). Bu amaçla yapılan termogravimetrik ölçümlerde tüm film örneklerinin 30 °C ile 600 °C sıcaklık aralığında ağırlık kaybının üç aşamada (Şekil 13) meydana geldiği tespit edilmiştir. 30 °C ile 150 °C arasındaki birinci bölge film numunelerinden serbest suyun buharlaşmasına karşılık gelirken ikinci bölge 150 °C ile 280 °C arasında film örneklerindeki bileşenlerin depolimerizasyonuna karşılık gelir. 280 °C ile 600 °C’ ye kadar ise kompozit film yapısındaki bileşenlerin ileri düzey degradasyonu (karbonhidrat ve protein zincirlerinde bozulma, ayrışma ve parçalanma) ile ifade edilmektedir. Elde edilen değerlere ait ortalamalar ve örnekler arasında Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 14’ te verilmiştir.

Yenilebilir filmlerin örneklerine ait termal bozulma başlangıç sıcaklıkları, ağırlık kayıpları ve % kalıntı miktarları varyans analiz sonuçları Tablo 15’te verilmiştir. Tabloya göre film örnekleri 1. aşama ağırlık kaybı istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde, 2. aşama sıcaklık

değerleri $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunurken diğer değerler önemsiz ($p > 0,05$) olarak belirlenmiştir.

Tablo 14. Yenilebilir Filmlerin Örneklerine Ait Termal Bozulma Başlangıç Sıcaklıkları, Ağırlık Kayıpları, % Kalıntı Miktarları Ortalamaları ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Film Örneği	1. Aşama		2. Aşama		3. Aşama		Kalıntı (%)
	Δ_1		Δ_2		Δ_3		
	T _{d1}	Δw_1	T _{d2}	Δw_2	T _{d3}	Δw_3	
FT ₁₀	34,58±0,19 ^a	10,63±0,60 ^a	139,44±0,31 ^a	32,29±2,75 ^a	257,10±11,54 ^a	26,17±3,51 ^a	28,92±0,16 ^a
FT ₅	31,57±7,28 ^a	10,76±0,48 ^a	144,75±0,18 ^b	31,57±0,38 ^a	250,94±1,97 ^a	28,68±0,17 ^a	28,99±0,27 ^a
FT ₀	30,03±5,15 ^a	13,20±0,21 ^b	152,05±2,30 ^c	35,28±2,09 ^a	275,65±7,11 ^a	22,63±2,49 ^a	28,90±0,60 ^a

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Tablo 15. Yenilebilir Filmlerin Örneklerine Ait Termal Bozulma Başlangıç Sıcaklıkları, Ağırlık Kayıpları ve % Kalıntı Miktarları Varyans Analiz Sonuçları

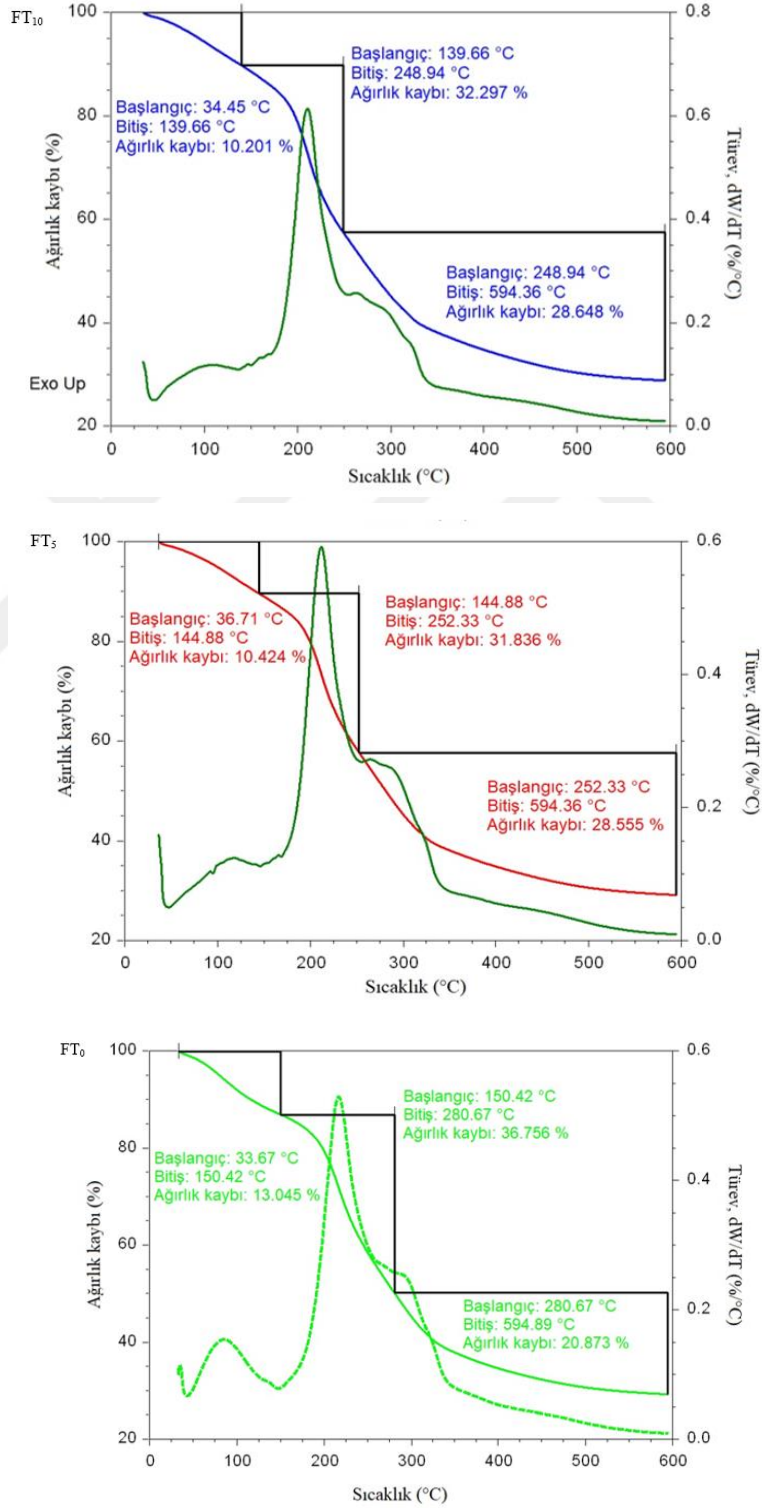
Varyasyon Kaynakları	SD Değeri	F Değeri					
		1. aşama		2. aşama		3. aşama	
		Δ_1		Δ_2		Δ_3	Kalıntı (%)
		T_{d1}	Δw_1	T_{d2}	Δw_2	T_{d3}	Δw_3
Yenilebilir Film Örneği (A)	2	0,405	19,783*	44,402**	1,833	5,291	2,984
Hata	3						
Genel	6						

* $p < 0,05$ düzeyinde önemli, ** $p < 0,01$ düzeyinde önemli

Tablo 14' te görüldüğü üzere 1. aşama 30,03°C sıcaklık ile başlamış olup en yüksek ağırlık kaybı 13,20 ile FT₀ kodlu film örneklerinde belirlenmiştir. 1. aşama sıcaklık değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık belirlenmezken ($p > 0,05$) ağırlık kayıpları $p < 0,05$ düzeyinde farklı bulunmuştur. Film örneklerinin nem içeriği en yüksekten düşüğe doğru sırası ile FT₀- FT₅- FT₁₀ numaralı örneklerde belirlenmiştir. Bu aşamada film örneklerinin yapısındaki serbest suyun uzaklaşması da bu sıralamaya paralel bir şekilde gerçekleşmiştir.

2. aşama ağırlık kaybı ise 139,44-152,05°C arasında gerçekleşmiş en yüksek ağırlık kaybı FT₀ kodlu film örneklerinde belirlenmiştir. Sıcaklık değerleri arasında istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde farklılıklar belirlenirken ağırlık kayıplarında farklılık belirlenmemiştir ($p > 0,05$). Bu aşamadaki ağırlık kaybı amino asitlerin kovalent bağlarının kırılmasının yanı sıra ayva çekirdeği jeli makromoleküllerinin depolimerizasyonu sonucu meydana gelmektedir (Sood and Saini 2022). TGaz enziminin protein yapısını güçlendirmesinden dolayı bu aşamada enzimli filmlerin ağırlık kaybı enzimsiz film örneğinden daha az olduğu belirlenmiştir.

Son aşama ağırlık kaybı ise 22,63-28,68 aralığında belirlenmiş olup 250,94-275,65 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmiştir. Örnekler arasında bozulma sıcaklığı ve ağırlık kaybı değerleri bakımından istatistiksel olarak farklılık belirlenmemiştir ($p>0,05$). Sonuç olarak tüm film örneklerinde yanma sonucu % kalıntı oranları hafif değişiklikler göstermesine rağmen örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p>0,05$) bulunmamıştır.

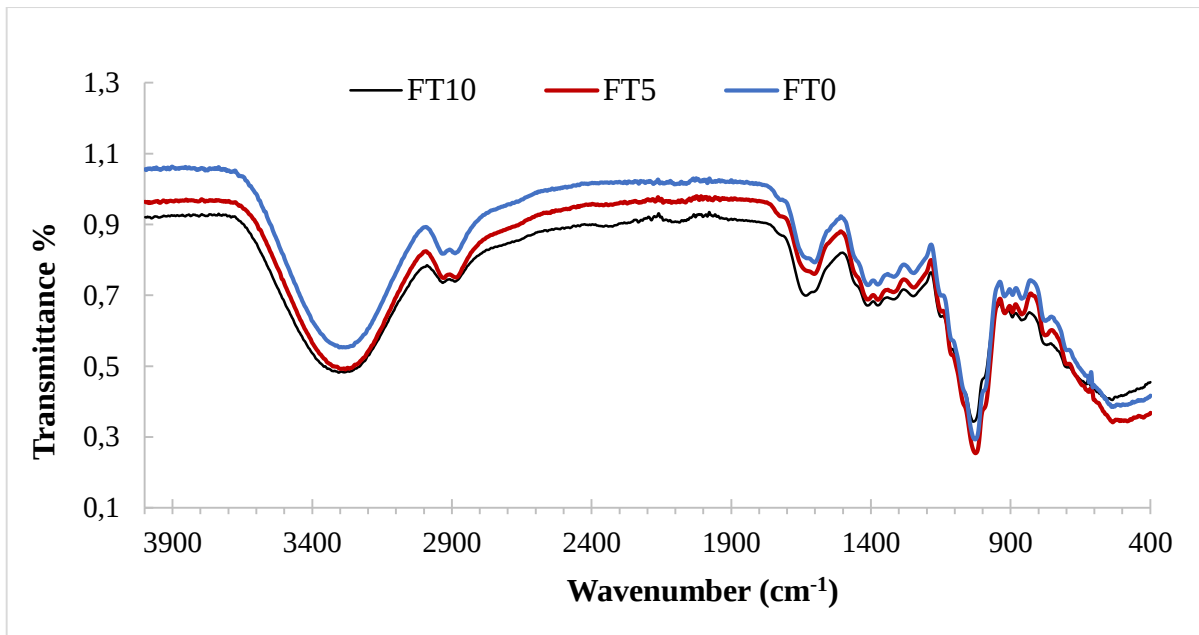


Şekil 13. Yenilebilir film örneklerine ait termogram

Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

Yenilebilir film örneklerinin FTIR spekturumları alınmış ve Şekil 14'te gösterilmiştir. Literatüre göre $3000\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ arasındaki tepe noktası, O-H'nin moleküller içi ve moleküller arası hidrojen bağlarından etkilenen gerilme titreşimine ait karakteristik absorpsiyon bandıdır. $1600\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ arasındaki pik, Amid I bandında C-N ve CO= bükülme titreşimi, $1400\text{--}1550\text{ cm}^{-1}$ aralığındaki pikler ise Amid II bandındaki NH- bükülmesine atfedilebilmektedir. Yaklaşık 1050 cm^{-1} meydana gelen keskin pik ise yapıdaki C-O titreşimlerine aittir.

Şekilde görünen Amide A ($\sim 3278\text{ cm}^{-1}$) bandı, serbest, moleküller içi ve moleküller arası suyla ilişkilendirilen O-H gerilme titreşimlerini ifade ederken, Amide B ($\sim 2923\text{ cm}^{-1}$) bandı C-H bağlarının gerilme titreşimlerini ifade etmektedir (Antoniou *et al.* 2014).



Şekil 14. Film örneklerine ait FTIR spekturumları

FTIR spekturumlarının karşılaştırılmasında Amid II ve III bantlarında örnekler arası farklılık tespit edilmezken Amid I bölgesinde filmlere TGaz ilavesiyle yoğunlukta bir artış belirlenmiştir. Benzer sonuçlar elde eden Vera *et al.* (2020), ultrasonik uygulamalı 20U TGaz ilaveli nanopartikül içeren film örneklerinin Amid I bölgesindeki yoğunlukta artış tespit etmişlerdir. Bu durumun Amid I bölgesinde genel olarak proteinin sekonder yapısındaki değişikliklerle ilişkili olan polipeptit yapısının CO salınımlarından kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Ayrıca bu değişikliklere, kavitasyon tarafından üretilen molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağlarının bükülme titreşim frekansları, film solüsyonuna TGaz ve nanopartikül dahil edilmesinin neden olabileceğini ifade etmişlerdir. Çapraz bağlanma reaksiyon mekanizması, peptitlere bağlı glutaminil kalıntıların γ -karboksamid gruplarının açıl donörleri olduğu ve N\H gruplarının sayısını artıran TGaz'ın etkisiyle kovalent bağların oluşturulacağı

anaçıl transfer reaksiyonuna karşılık geldiğini bunun da Amid I bölgesindeki yoğunluktaki artışa yansıdığını ifade etmişlerdir (Sorde and Ananthanarayan 2019).

Staroszczyk *et al.* (2012), TGaz ile modifiye edilmiş morina jelatin filminin moleküler ve yapısal özelliklerinin incelendiği çalışmada TGaz' nin neden olduğu proteinler arasındaki kovalent çapraz bağlanmanın oluşturduğu kovalent bağlarının izopeptit bağlarının oluşumuna yol açtığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle bağlı NH gruplarının sayısının arttığını ve buna bağlı olarak ilgili bölgede titreşimin arttığını ifade etmişlerdir. Aynı şekilde Sorde and Ananthanarayan (2019), TGaz' nin kompozit filmdeki jelatinin fonksiyonel grubunu ve ikincil yapısını etkilediğini ifade etmişlerdir.

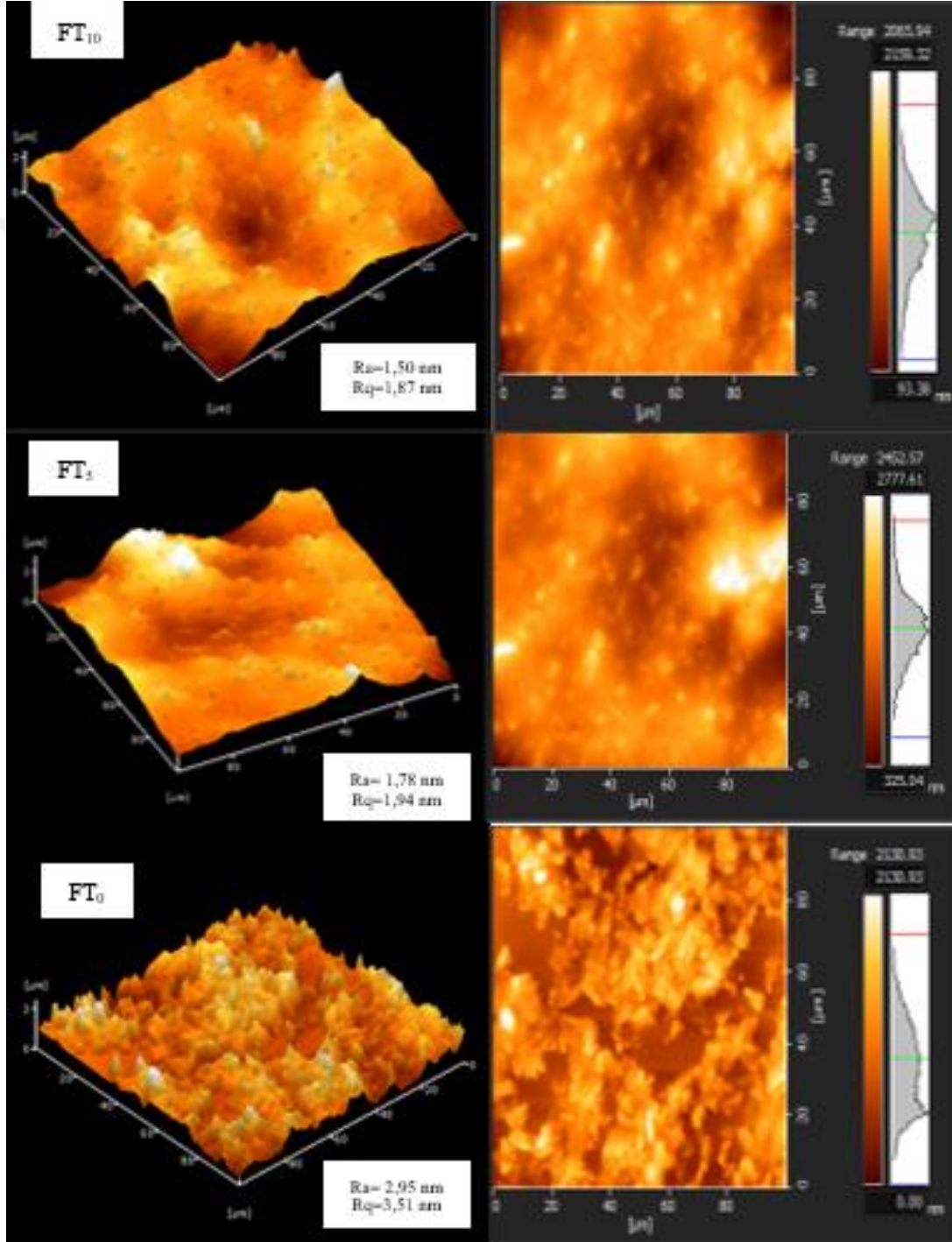
Protein stabilitesinde hidrojen ve disülfid bağları gibi molekül içi ve moleküller arası bağların yanı sıra proteinin sekonder yapısında etkilidir (Wu *et al.* 2017). $1700-1600\text{ cm}^{-1}$ (Amid I bandı) aralığındaki absorpsiyon zirvesi, protein sekonder yapılarında konformasyonel bir değişikliğin göstergesidir. Sekonder yapı ile absorpsiyon tepe noktası arasındaki karşılık gelen β -plaka $1610-1640\text{ cm}^{-1}$, rastgele bir sarmal $1640-1650\text{ cm}^{-1}$, α heliks $1650-1660\text{ cm}^{-1}$ ve bir β dönüşü $1660-1700\text{ cm}^{-1}$ olacak şekilde bir ilişki mevcuttur (Zhou *et al.* 1993).

Jiang *et al.* (2020), PPK ve karboksimetil kitosan bazlı yenilebilir filme farklı aşamalarda ilave edilen TGaz ın etkisinin incelendiği çalışmada TGaz eklendikten sonra PPK karboksimetil kitosan filmlere göre, PPK-TGaz-karboksimetil kitosan filmlerin yaklaşık 1660 cm^{-1} ve 1540 cm^{-1} 'deki absorpsiyon piklerinin daha düşük dalga sayılarında belirlendiğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, PPK-karboksimetil kitosan-TGaz filminin absorpsiyon zirvesi Amid I bandında 1663.72 'den $1641,08\text{ cm}^{-1}$ 'e taşındığını ancak Amid II bandındaki absorpsiyon zirvesinde değişiklik olmadığını belirlemişlerdir. Sonuç olarak TGaz' ın protein moleküllerinin çapraz bağlanmasını indükleyebileceğini ve sekonder protein yapısını değiştirerek daha stabil ve güçlü hale getirebileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda enzim ilavesi ve artan oran ile birlikte Amid I bölgesinde dalga sayıları bakımından filmler arası farklılıklar belirlenmiş ve film örneklerinde farklı protein stabilitesine sebebiyet vermiştir. Elde edilen sonuçlar bu bağlamda literatür ile uyum göstermektedir.

Atomik kuvvet mikroskobu (AFM)

Yenilebilir filminin homojenliği ve pürüzlülüğü özellikle gıdanın piyasa değerini doğrudan etkileyen, kaliteli bir görünüş için önemli parametrelerdir. Kaplama filmlerinin yüzey morfolojileri AFM (Atomic Force Microscope) görüntüleri ile değerlendirilmektedir (Sun *et al.* 2022).

Filmin mikro yapısını karakterize etmek için yüzeyin AFM görüntüleri alınmıştır (Şekil 15). Film örneklerine ait AFM görüntüleri ve yüzey pürüzlülük parametreleri olan Ra (yüzey yükseklik ortalaması mutlak değer ortalaması) ve Rq (yüzey yükseklik sapması karekök ortalaması) değerleri Şekil 15’ te verilmiştir. Ra ve Rq değerleri sırası ile 1,50-2,95 nm ve 1,87-3,51 nm aralığında belirlenmiş olup en düşük değerler FT₁₀ kodlu film örneğinde belirlenirken en yüksek değerler FT₀ kodlu film örneğinde belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre enzim ilavesinin film örneklerinin yüzey pürüzlülüğünü azalttığı ifade edilebilmektedir.



Şekil 15. Yenilebilir film örneklerine ait AFM görüntüleri ve Ra, Rq değerleri

Sun *et al.* (2022) çalışmalarında, karvakrol (CAR)/2-hidroksipropil- β -siklodekstrin (HP β CD) kompleksini içeren pektin bazlı yenilebilir kaplamalar üretmiş ve bunların bazı kalite parametrelerini incelenmişlerdir. Sadece pektin içeren yenilebilir film örneklerinde Rq ve Ra değerlerini sırası ile 15,0 nm ve 11,8 nm belirlerken 2-hidroksipropil- β -siklodekstrin eklenmesi ile yenilebilir filmlerinin Rq ve Ra değerlerini sırası ile 10,40 nm ve 7,70 nm' ye azattığını ifade etmişlerdir. Bu durumun HP β CD' nin pektin matrisindeki kompakt düzenlemesinden kaynaklandığı ile sürmüştür. Benzer şekilde, kompozit yenilebilir film çözeltilerindeki CAR/HP β CD içeriğinin artmasıyla, yenilebilir filmleri saf pektin yenilebilir filminden daha pürüzsüz olduğunu belirlemişlerdir. Ancak CAR/HP β CD oranının %4'e ulaştığında, yenilebilir filminin pürüzlülük değerleri sırası ile Rq ve Ra, 16,40 nm ve 12,00 nm gibi artmaya başladığını ifade etmişlerdir. Bu sonuçlar ile CAR/HP β CD ilavesinin pektin bazlı yenilebilir filmde dolgu görevi yaptığı ve belirli orana kadar filminin yüzey morfolojisini etkileyerek pürüzlülük değerlerini artırdığını ifade etmişlerdir.

Aynı şekilde Han and Song (2021), yaban mersini yaprağı ekstraktı içeren Noni meyvesinden elde edilen polisakarit filmlerinin saf polisakkarit filminden daha yüksek Rq ve Ra değerlerine sahip olduğu ifade belirlenmiştir. Opazo-Navarrete *et al.* (2018), fazeolin filmlerinin pürüzlülüğünün TGaz ilave edildiğinde azaldığını, Escamilla-García *et al.* (2019) kitosan bazlı filmlerde TGaz ilavesinin daha pürüzsüz bir yüzey oluşturduğunu tespit ederek bu durumu çapraz bağlanma ile molekül içi boşlukların azalmasına atfetmişlerdir.

Literatürden elde edilen sonuçlar çalışmamızla benzerlik göstermiş olup TGaz enziminin film matriksinde kompakt yapı oluşturmamasından dolayı enzim kullanımı ve artan oranı ile Rq ve Ra değerlerinde azalma yani yüzey morfolojisinde iyileşme, pürüzlülükte azalma tespit edilmiştir.

Antimikrobiyal aktivite (% İnhibisyon değeri)

Güvenli gıda temini bakımından doğal koruyucu malzemelerin kullanılması günümüzde yoğun ilgi görmektedir (Brandelli *et al.* 2017). Antimikrobiyal özellikteki yenilebilir filmler ve biyo-koruma ile gıdalardaki patojenik ve bozulma yapan mikroorganizmalarının çoğalması kontrol edilebilmektedir. Bu kapsamda doğal antimikrobiyal bileşikler kullanmak bu talebi karşılamak için umut vadeden bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır (Lopes and Brandelli 2018). Gıdaların raf ömrünü uzatmak, patojen ve bozulmaya sebep olan mikroorganizmalarının gelişimini inhibe etmek amacıyla atık problemine çözüm olabilecek çeşitli ambalajlama teknolojileri arayışına girilmiştir. Bilimsel araştırmalar Kaşar peynirinde küf ve diğer patojen mikroorganizma gelişimini engelleyici uygulamalar yönünde hız kazanmıştır (Tomar ve Akarca 2019).

Bu alanda en fazla araştırılan konulardan biri de antimikrobiyal içerikli yenilebilir film uygulamalarıdır (Özdemir ve Floras 2004). Yapılan çalışmalarda elde edilen kompozit filmlerin gıda güvenliğinin sağlanmasında patojen ve/veya bozulma yapan mikroorganizmalar için bir engel mekanizması oluşturarak koruma sağladığı tespit edilmiştir (Cooksey 2005). Bu çalışmalarda doğal antimikrobiyal madde olan nisin film formülasyonuna ilave edilerek gıda yüzeyi ile direkt temas etmektedir (Cao-Hoang *et al.* 2010). Böylece filme antimikrobiyal özellik kazandırılmaktadır.

Yenilebilir film örneklerinde tespit edilen % inhibisyon değeri ve Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 16'da verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi en yüksek inhibisyon değerleri %82,05 ile *L. monocytogenes* ATCC 7644 sayısında belirlenirken en düşük değerler %7,72 ile *S. aureus* ATCC 29213 bakterileri üzerinde belirlenmiştir. *E. coli* O157:H7 için en yüksek inhibisyon oranı %58,00 ile FT₁₀ kodlu filmlerde belirlenirken en düşük değer %41,39 ile FT₅ kodlu film örneklerinde belirlenmiştir. *L. monocytogenes* ATCC 7644 için en yüksek inhibisyon değeri %82,05 ile FT₁₀ kodlu film örneğinde belirlenirken en düşük değer %72,21 ile FT₀ kodlu film örneklerinde belirlenmiştir. *S. aureus* ATCC 29213 için ise % inhibisyon oranı en yüksek değer %15,49 ile FT₁₀ kodlu film örneğinde belirlenirken en düşük değer %7,72 ile FT₀ kodlu film örneğinde belirlenmiştir.

Yenilebilir film örneklerine ait % inhibisyon değeri Varyans analizi sonuçları Tablo 17'de verilmiştir. Sonuçlara göre yenilebilir film örneklerinde *E. coli* O157:H7 ve *S. aureus* ATCC 29213 % inhibisyon sonuçları arasındaki farklılık istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunurken *L. monocytogenes* ATCC 7644 % inhibisyon sonuçları istatistiksel olarak önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur (Tablo 17).

Tablo 16. Yenilebilir Film Örneklerine Ait % İnhibisyon Değerleri Ortalamaları ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testleri

Film Örnekleri	n	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L. monocytogenes</i> ATCC 7644	<i>S. aureus</i> ATCC 29213
FT ₁₀	2	58,00±2,66 ^b	82,05±16,36 ^a	15,49±1,80 ^b
FT ₅	2	41,39±2,88 ^a	77,47±17,90 ^a	13,71±0,03 ^b
FT ₀	2	46,82±1,76 ^a	72,21±1,03 ^a	7,72±0,11 ^a

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Yenilebilir film örnekleri % inhibisyon değeri ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında bakteri çeşitlerine göre $p < 0,05$ düzeyinde farklılıklar tespit edilmiştir. Test sonuçlarına göre *E. coli* O157:H7 için değerlendirildiğinde FT₅ ve FT₀ kodlu örneklerin % inhibisyon değerleri istatistiksel olarak benzer olduğu ve

istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde farklı olan FT₁₀ kodlu film örneğinden düşük değerlere sahip oldukları belirlenmiştir. Film örnekleri arasında *L. monocytogenes* ATCC 764 için % inhibisyon değerleri arasında farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). *S. aureus* ATCC 29213 için ise FT₁₀ ve FT₅ kodlu örnekler arasında farklılık belirlenmezken FT₀ kodlu örnekte istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde farklılık tespit edilmiş olup diğer film örneklerine kıyasla düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir.

Hage *et al.* (2021) nisin amino ve karboksil grubunun *L. monocytogenes* üzerindeki inhibisyon etkisini incelediği çalışmada amino grubunun %70'e kadar inhibisyon sağladığını belirlerken karboksil grubunda daha az aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Resa *et al.* (2014) nisin ve natamisin ilaveli ve ilavesiz nişasta bazlı filmler ve ticari filmlerin *S. cerevisiae* ve *Listeria innocua* mikroorganizmalarına karşı inhibisyonlarını araştırdıkları çalışmanın sonuçlarına göre antimikrobiyal ilaveli filmlerin inhibisyon etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak bakteriyosinlerin mikrobiyal popülasyonu kontrol etmede oldukça etkili olduğunu ve tüketiciye daha güvenli ürün sunduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca Ce *et al.* (2012), nisin ilaveli filmlerin farklı bakterilere karşı güçlü antimikrobiyal aktivite gösterdiği ve bir biyokoruyucu olarak kitosan filmlerinde nisin önemi vurgulamışlardır.

Tablo 17. Yenilebilir Film Örneklerinde Belirlenen % İnhibisyon Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD Değeri	F Değeri		
		<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L. monocytogenes</i> ATCC 7644	<i>S. aureus</i> ATCC 29213
Film örnekleri (A)	2	23,27*	0,246	28,35*
Hata	3			
Genel	6			

* $p < 0,05$ düzeyinde önemli, ** $p < 0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Qiu *et al.* (2020), genipin ile çapraz bağlanmış lizozim ilaveli sodyum kazeinat filminin *S. aureus* ve *E. coli* patojen türlerine karşı etkilerini incelemişlerdir. Yenilebilir filmlerin patojenlere karşı % inhibisyon değerlerini sırası ile %84,4-43,6 olarak tespit etmişlerdir. Lizozinin *S. aureus* patojenine karşı daha çok etki göstermesini Gram-negatif bakteri hücre duvarındaki lipopolisakkaritin lizoziminin işlevini azaltarak Gram-negatif bakterilere karşı daha zayıf inhibitör etki göstermesine bağlamışlardır.

Chen *et al.* (2022), jelatin, kitosan ve mısır nişastasından oluşan üç tabakalı yenilebilir filmlere farklı oranlarda nisin ilave edip *L. monocytogenes* ve *E. coli* üzerindeki antimikrobiyal

etkilerini incelemiştir. Nisin ilavesiz üç tabakalı filmlerin *E. coli* üzerinde etkili olduğunu belirlerken *L. monocytogenes* üzerinde etki göstermediğini tespit etmişler ve bu etkinin kitosandan kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. %0,1 oranında nisin içeren filmlerin ise *L. monocytogenes* ve *E. coli* aktivitelerinde yüksek oranda inhibisyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. Lan *et al.* (2021) ise mısır nisaştası ve karboksimetil selüloz filmine *Lactococcus lactis* ilavesi ile nisin üretimi amaçladıkları çalışmalarında en yüksek nisin salınımı 3,35 mg/ml ve en iyi antimikrobiyal etkiyi *S. aureus*' a karşı %53,53 olarak tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda en yüksek inhibisyon *L. monocytogenes* üzerinde belirlemiş olup Gram pozitif bakteri olması sebebiyle beklenen etki görülmüştür. En düşük inhibisyon ise *S. aureus*' e karşı belirlenmiş olup bu durum üzüm salkımı şeklinde olan bakterinin kümeleşmesi sonucunda nisinin etkin bir şekilde aktivite gösteremediği şeklinde yorumlanmıştır.

Tripsin ile protein sindirilebilirliği

Proteinler, sindirim işlemi sırasında polipeptitlere ve amino asitlere parçalanmaktadır (Chen *et al.* 2019). Bununla birlikte insan midesi ve bağırsağında protein sindirim davranışının araştırılması oldukça karmaşık bir olaydır. Sindirim sistemini incelemek için maliyet, zaman ve etik nedenlerle in vitro simüle edilmiş sindirim modelleri önemli bir teknik olarak kabul edilmekte ve etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Hur *et al.* 2011).

Peynir yapımında yan ürün olan peyniraltı suyu proteini temel olarak β -laktoglobulin (β -LG), α -laktalbumin (α -LA), sığır serum albümini (BSA) ve laktotransferrinden (LF) oluşmaktadır. Peyniraltı suyu proteininin sindirim özellikleri in vitro simüle edilmiş gastrointestinal sindirim modeli kullanılarak incelenebilmektedir (Zhong *et al.* 2021). Miralles *et al.* (2018), ticari bir peyniraltı suyu proteini konsantresinin mide sindirim özelliklerini incelemiş ve β -LG, α -LA ve BSA' nın farklı şekilde sindirildiğini ve β -LG' nin ısı denatürasyonu nedeniyle kısmen sindirildiğini tespit etmişlerdir. Çapraz bağlama, polimer zincirlerinin kovalent veya intermoleküler bağlara etki eder. Bu amaçla karbonhidrat biyopolimerleri ile karıştırılabilen protein bazlı filmlerde uygulanmaktadır. Çapraz bağlama biyobozunmayı engelleyen polimer hareketliliğinin, suda çözünürlük ve serbest hacmin azalması nedeniyle filmlerin mekanik ve bariyer özelliklerini iyileştirmektedir (Escamilla-García *et al.* 2019).

Çalışmamızda TGaz ile çapraz bağlanma sonucu üretilen yenilebilir film örneklerine ait % protein sindirilebilirlik değerleri ve değerlerin ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test ve varyans analiz sonuçları Tablo 18'de verilmiştir. Tabloya göre yenilebilir film örneklerinde protein sindirilebilirlik oranı %67,44- 90,04 arasında değerler almıştır.

Yenilebilir film örneklerine ait % protein sindirilebilirlik değerleri Varyans analizi sonuçları Tablo 18’ de verilmiştir. Analiz sonucuna göre yenilebilir film örnekleri arasında % protein sindirilebilirlik oranı istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir.

Tablo 18. Yenilebilir Film Örneklerine Ait % Protein Sindirilebilirlik Değerleri ve Değerlerin Ortalamalarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Film Örnekleri	n	% Protein Sindirilebilirliği	F Değeri
FT ₁₀	2	67,44±1,28 ^a	6,914**
FT ₅	2	75,89±1,60 ^b	
FT ₀	2	90,04±2,70 ^c	

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

* $p<0,05$ düzeyinde önemli, ** $p<0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Yenilebilir film örneklerine ait % protein sindirilebilirlik ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre film örnekleri arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinde farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek değerler FT₀ kodlu film örneğinde belirlenirken düşük değerler FT₁₀ kodlu film örneklerinde belirlenmiştir. Film örneklerinde PPK ve AÇJ oranı aynı ancak TGaz ilavesi ve oranının farklı olması film örnekleri arasında değişen sonuçlara neden olmuştur. Artan enzim oranı ile azalan protein sindirilebilirlik oranı çapraz bağlanmanın protein bozulmasına karşı daha yüksek direnç sağlaması ile açıklanabilmektedir (Opazo-Navarrete *et al.* 2018; Mariniello *et al.* 2007; Yasumoto and Suzuk 1990).

Çalışmamızdan elde edilen verilen aksine Choi and Rhee (1991) ise TGaz ile çapraz bağlanmış kazeinat jelinin yüksek oranda sindirilebilir olduğunu, Sztuka and Kołodziejska (2008), TGaz ile çapraz bağlanmış balık jelatini ve kitosan filmlerinin modifiye edilmemiş filmlere oranla tripsin enzimine karşı yüksek sindirilebilirlik oranına sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Mariniello *et al.* (2007), fazeolin proteinin denatüre olması ile proteolitik bölünmeye hassas hale geldiğini denatüre olmamış kompakt formunda proteolitik bölünmeye karşı direnç gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bu sonucun fazeolin monomerlerinden hem glutamin hem de lizinin TGaz reaktif kalıntıları ile donatıldığının ve enzim-substrat etkileşiminde azalmanın bir göstergesi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca enzim yüksek miktarda kullanıldığında fazeolin monomerlerinin neredeyse tamamen kaybolması ile birlikte fazeolin polimerizasyonu büyük ölçüde artırdığını dolayısı ile sindirim enzimi etkinliğinde azalma olduğunu da ifade etmişlerdir. Çalışmamızdaki enzim ilaveli yenilebilir filmlerin kompakt yapısı ve sindirilebilirlik değerinde azalma benzer şekilde açıklanabilmektedir.

Gounga *et al.* (2009), PPI ve farklı oranlarda gliserol ve pullulan içeren yenilebilir film örneklerinde % protein sindirilebilirlik oranını %55,6-73,3 aralığında belirlemişlerdir. Pullulan oranının sindirilebilirlik oranını etkilemediğini ifade eden araştırmacılar sonuç olarak pepsin ve a-kimotripsin gibi proteolitik sindirim enzimlerinin de sindirim sisteminde yer aldığına dikkat çekerek yenilebilir PPI-Gliserol-Pullulan filmlerinin kolayca sindirilebileceğini belirlemişlerdir.

Dong *et al.* (2023) laktuloz ve β -lactoglobulin (β Lg) interaksiyonun çapraz bağlanma ile modifikasyonu sonucunda laktuloz ile inkübe edilen β Lg' in tripsin enzimi ile sindiriminin önemli ölçüde azaldığını ifade etmişlerdir. Diğer taraftan Escamilla-García *et al.* (2019) tarafından yapılan TGaz ile protein çapraz bağlanması sonucunda elde edilen kitosan-kinoa proteini bazlı yenilebilir filmlerde çapraz bağlanmanın protein sindirilebilirliğine etki etmediğini belirlemişlerdir.

Literatürde farklı sonuçlar elde edilmiş olup mevcut çalışmamızda çapraz bağlamanın protein sindirimine karşı daha yüksek direnç sağladığı tespit edilmiştir. Yasumot and Suzuki (1990), Mariniello *et al.* (2007), Opazo-Navarrete *et al.* (2018) ve Zhong *et al.* (2021) çapraz bağlanma ile azalan protein sindirilebilirlik oranı ile çalışmamız sonuçlarına uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir.

Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Hammadde çiğ sütün fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri

Kaşar peynir örneklerinin üretiminde kullanılan çiğ sütün bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19. Kaşar Peyniri Üretiminde Kullanılan Çiğ Sütün Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Fizikokimyasal Özellikler	Çiğ Süt
Kuru madde (%)	12,1
Yağ (%)	3,5
Protein (%)	3,3
Asitlik (%La)	0,17
Tuz	0,6
pH	6,74
Mikrobiyolojik Özellikler (log kob/ml)	
TAMB Sayısı	6,84
Koliform grubu bakteri sayısı	2,99

Yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış, kontrol ve vakum ambalajlı Kaşar peyniri örneklerinde olgunlaşma süresince yapılan fizikokimyasal analiz sonuçları standart sapmaları ile Tablo 20’de, varyans analiz sonuçları ise Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 20. Kaşar Peyniri Örneklerinde Yapılan Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Kimyasal Özellikler	Peynir Örnekleri	Olgunlaşma Süresi (gün)			
		5	30	60	90
Kuru madde (%)	KP	61,20±0,58	68,61±0,50	73,57±0,97	75,32±0,32
	VP	61,20±0,58	61,90±0,95	62,43±0,67	63,19±0,02
	FT ₁₀ P	61,86±0,08	66,27±0,78	69,25±0,47	71,72±0,09
	FT ₅ P	61,06±0,37	67,70±0,07	70,13±0,02	74,01±1,24
	FT ₀ P	61,87±0,36	67,66±0,22	71,88±0,92	74,19±0,56
Protein (%)	KP	29,84±0,32	32,70±0,69	33,99±0,73	34,60±0,88
	VP	29,16±0,11	29,56±0,41	30,04±0,02	30,19±0,19
	FT ₁₀ P	30,15±0,35	31,95±0,70	32,77±0,92	33,23±0,38
	FT ₅ P	29,70±0,25	32,41±0,37	33,46±0,27	34,40±0,46
	FT ₀ P	29,48±0,43	33,44±0,24	34,36±0,27	35,44±0,02
Yağ (%)	KP	27,00±0,35	30,00±0,70	33,30±0,07	34,12±0,17
	VP	27,75±0,35	27,62±0,88	27,80±0,77	28,10±0,49
	FT ₁₀ P	26,90±0,53	29,50±0,35	31,02±0,74	32,37±0,17
	FT ₅ P	26,75±0,35	29,62±0,53	31,12±0,17	32,75±0,35
	FT ₀ P	28,00±0,35	28,77±0,38	31,95±0,84	32,65±0,56
Tuz (%)	KP	1,80±0,13	2,40±0,02	2,53±0,21	3,40±0,46
	VP	1,73±0,10	2,20±0,06	2,20±0,06	2,22±0,14
	FT ₁₀ P	1,71±0,06	2,24±0,20	2,37±0,01	3,10±0,13
	FT ₅ P	1,76±0,16	2,31±0,23	2,47±0,11	3,24±0,17
	FT ₀ P	1,82±0,08	2,40±0,06	2,58±0,06	3,25±0,07
Titrasyon Asitliği (%La)	KP	0,41±0,00	0,46±0,01	0,65±0,01	0,72±0,00
	VP	0,38±0,01	0,51±0,01	0,50±0,01	0,75±0,01
	FT ₁₀ P	0,36±0,01	0,43±0,01	0,42±0,01	0,53±0,01
	FT ₅ P	0,40±0,02	0,55±0,01	0,53±0,01	0,62±0,01
	FT ₀ P	0,44±0,01	0,55±0,02	0,63±0,01	0,75±0,01
pH	KP	5,32±0,07	5,24±0,01	5,21±0,02	5,21±0,01
	VP	5,32±0,01	5,26±0,02	5,43±0,01	5,31±0,01
	FT ₁₀ P	5,43±0,02	5,39±0,01	5,41±0,01	5,27±0,01
	FT ₅ P	5,36±0,01	5,22±0,01	5,38±0,007	5,22±0,01
	FT ₀ P	5,42±0,01	5,33±0,02	5,29±0,03	5,19±0,07

*Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 21. Kaşar Peyniri Örneklerinde Yapılan Fizikokimyasal Analiz Değerlerine Ait Varyans Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD değeri	F değeri					
		Kurumadde	Protein	Yağ	Tuz	Asitlik	pH
Peynir örneği (A)	4	193,8**	64,1**	45,4**	10,2**	165,58**	20,28**
Olgunlaşma süresi (B)	3	540,6**	127,8**	103,1**	110,5**	767,30**	38,94**
AxB	12	26,4**	6,1**	11,4**	2,97*	32,94**	7,24**
Hata	20						
Genel	40						

*p<0,05 düzeyinde önemli, **p<0,01 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Kurumadde miktarı (%)

Kaşar peyniri örneklerinde olgunlaşma süresince belirlenen % kurumadde miktarı standart sapmaları ile birlikte Tablo 20’de verilmiştir. Tablo 20’ de görüldüğü gibi peynir örneklerinde olgunlaşma süresi boyunca en düşük % kurumadde değeri 5. gün (%61,06) FT₅P kodlu örnekte belirlenirken en yüksek değer (%75,32) 90. gün kontrol örneğinde belirlenmiştir. Değerler Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği’ nde (2015) belirtilen sert veya yarı sert peynirlerin en düşük kurumadde içeriği (%51 sert peynirler-%43 yarı sert peynirler) ile uygunluk göstermektedir. Civelek and Çağrı Mehmetoğlu (2019) çalışmalarında bu değeri 56 gün boyunca 55.49%-57.99% arasında belirlerken, Yılmaz and Dağdemir (2012) %5,28-67,85, Yalçın *et al.* (2021) ise %55,90-65,85 aralığında tespit etmişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre % kurumadde miktarı üzerinde peynir örnekleri, olgunlaşma süresi ve peynir örnekleri x olgunlaşma süresi interaksyonu istatistiksel olarak p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 21) (Şekil 16).

Örneklerin % kurumadde miktarı ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları peynir örneklerine göre Tablo 22 ve olgunlaştırma sürelerine göre Tablo 23’te verilmiştir.

Tablo 22. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Kurumadde Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Kurumadde (%)
KP	8	69,67 ^e
VP	8	62,18 ^a
FT ₁₀ P	8	67,27 ^b
FT ₅ P	8	68,22 ^c
FT ₀ P	8	68,90 ^d

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki p<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Peynir örnekleri arasında Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en yüksek kurumadde değeri kontrol örneğinde belirlenirken en düşük değerler vakum ambalajlı peynir örneklerinde belirlenmiştir. Kontrol örneğinde yüksek değerler elde edilmesi kaplama olmayan yüzeyden daha fazla su kaybı ile açıklanmaktadır (Yılmaz ve Dağdemir 2012). Enzim kullanımı ve artan oranıyla birlikte peynir örneklerinin kurumadde değerlerinde kontrol örneğine kıyasla azalma tespit edilmiştir. Enzim kullanımı ile yenilebilir film örneklerinde proteinler arası çapraz bağlanma sonucunda daha güçlü bağlar oluşmakta ve dolayısı ile peynirden su transferinin daha zor/az olduğu ifade edilebilmektedir. Elde edilen sonuçlar Civelek and Çağrı Mehmetoğlu (2019), Yılmaz and Dağdemir (2012), Yıldırım *et al.* (2006) yaptıkları çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Yalçın *et al.* (2021), sodyum kazeinat, sodyum kazeinat/transglutaminaz enzimi ve kitosandan üretilen yenilebilir kaplamaların Kaşar peyniri örneklerinde 60 gün olgunlaştırma boyunca kurumadde değerlerinde artış belirlerken en yüksek değerler kontrol (kaplanmamış) grubunda belirlenmiştir. Bu durum kaplama ile peynir örneklerinde daha az nem kaybı ile açıklanmıştır. Kaplanmış numuneler arasında en düşük kurumadde içeriği ve dolayısıyla en az nem kaybı sodyum kazeinat + transglutaminaz kaplı olan numunelerde belirlenmiştir. Bu durum TGaz enzim ilaveli film örneklerinde peptidler veya amino asitler arasındaki izopeptit bağlarının enzim ile katalize edilmesi sonucunda proteinler arası çapraz bağlar oluşturması, su tutma, viskozite ve emülsifikasyon gibi fonksiyonel özelliklerini iyileştirmesi ile açıklanabilmektedir. Mevcut çalışmamızda kaplamalı peynir örneklerinde artan enzim oranı ile kurumadde içeriğinde belirlenen azalma literatür ile uyum göstermektedir.

Tablo 23. Kaşar Peyniri Örneklerinde Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Kurumadde Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma süresi (gün)	n	Kurumadde (%)
5	10	61,44 ^a
30	10	66,42 ^b
60	10	69,45 ^c
90	10	71,68 ^d

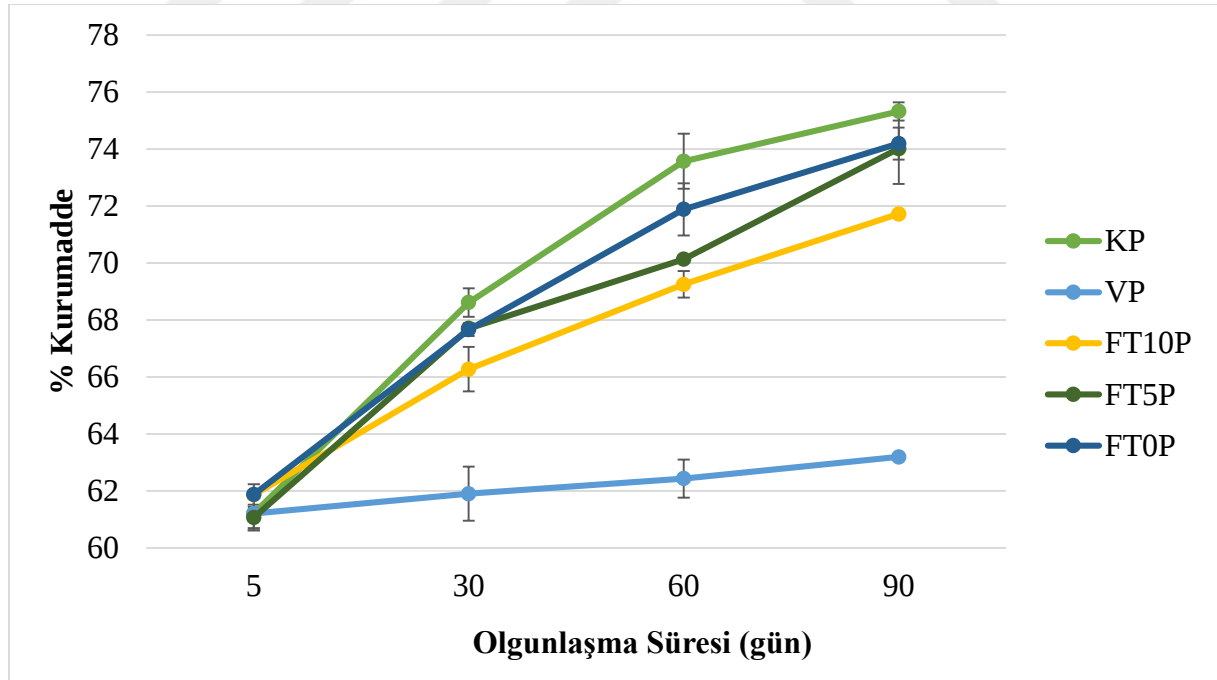
*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Olgunlaştırma süresi değişkenine göre Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuş olup, en yüksek değerler 90. günde belirlenirken en düşük değerler 5. günde belirlenmiştir. Cheddar peyniri kaplamasında ksantan gam ve keten tohumu gamının kullanma olasılığının incelendiği çalışmada peynir örnekleri 90 gün boyunca olgunlaştırılmıştır. Çalışma sonucuna göre incelenen tüm peynir örneklerinde olgunlaşma sırasında nem içeriği azalmış dolayısı ile kurumadde içeriği artmıştır. Azalan nemin,

olgunlaşma dönemindeki sinerjizm ve ozmotik akıştan kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Sonuç olarak Cheddar peynirini kaplamak için kullanılan kaplama türlerinin (farklı oranlarda kullanılan gamlar) kontrol hariç tüm numunelerin nem içeriği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir (Soleimani-Rambod *et al.* (2018).

Berti *et al.* (2019), depolama boyunca peynir örnekleri nem içeriğinin önemli ölçüde azaldığını ve dolayısı ile kurumadde içeriğinin arttığını ifade etmişlerdir. Nişastalı film örnekleri ile kaplanan peynirlerde nem kaybının su bazlı filmlerle kaplanan örneklerle kıyasla fazla olması polisakkaritlerin hidrofilik karakterlerinden dolayı zayıf nem bariyeri özelliği göstermesi ile açıklamışlardır.

Nottagh *et al.* (2020) ise kaplama materyalinin peynir matrisinde hapsolmuş suda çözünen kurumaddelerin peynir yüzeyine hareket etmesini engellediğini ileri sürerek kaplamalı peynir örneklerinin kurumadde içeriğinin depolama süresince sabit kaldığını ifade etmişlerdir. Bu sonucu büyük olasılıkla hidrofilik yapısı nedeniyle kitosan bazlı yenilebilir kaplamanın hidrojen bağları yoluyla su moleküllerini adsorbe etmesi ve su kaybını azaltabilmesi gerçeğine dayandırmışlardır. Mileriene *et al.* (2021), yaptıkları çalışmada peynire uygulanan yenilebilir kaplamanın nemi kontrol numunesinden 5 gün daha uzun süre koruyabildiğini tespit etmişlerdir.



Şekil 16. Kaşar peynir örneklerine ait kurumadde değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisinin etkisi

Şekil 16’da görüldüğü değerler olgunlaşma süresi boyunca % kurumadde değerleri artış göstermiştir. Sert *et al.* (2007), Civelek and Çağrı Mehmetoğlu (2019), Seyed-Moslemi *et al.*

(2021) ve Öründü ve Tarakçı (2021) depolama koşullarının değişimine bağlı olarak tüm peynir çeşitlerinde önemli ölçüde nem kaybı olduğunu ve bunun sonucu olarak olgunlaşma periyodu boyunca toplam katı madde içeriğinde sürekli bir artış meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Saidi *et al.* (2020) ve Öztürkoğlu-Budak *et al.* (2021) benzer şekilde olgunlaşma boyunca kurumadde değerinde artış tespit etmişlerdir.

Ayrıca Öztürkoğlu-Budak *et al.* (2021) olgunlaşma sırasında peynirlerin kurumaddesinin muhtemelen kaplama çözeltilerindeki protein nedeniyle, kontrol peynirinden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu ileri sürmüşlerdir. Doğal polimerlerden oluşan kaplama ajanları gıdaların kalitesini korurken peynirlerde nem muhafazası/kaybı ve raf ömrü üzerinde etkili oldukları ifade edilmektedir (Miazaki *et al.* 2022; Yılmaz and Dağdemir 2012). Bu bağlamda yenilebilir film örnekleri ile kaplanmanın kontrole (kaplamasız) kıyasla nem kaybını azalttığı belirlenmiş ve sentetik polimerlere alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Protein miktarı (%)

Kaşar peyniri örneklerinde olgunlaşma süresince belirlenen % protein miktarı Tablo 20’de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi en düşük protein oranı (%29,16) olgunlaşmanın 5. gününde vakum örneğinde belirlenirken en yüksek değer (%35,44) olgunlaşmanın son gününde FT₀P kodlu peynir örneğinde belirlenmiştir. Civelek and Çağrı Mehmetoğlu (2019) ise kontrol ve kaplanmış peynir örneklerinin toplam azot oranını %2,8 ila %3,2 arasında, Yalçın *et al.* (2021) ise toplan azot oranını %3,53-4,63 aralığında, Soleimani-Rambod *et al.* (2018) ise Cheddar peynirinde % protein oranını 32,26-36,38 aralığında değiştiğini ifade etmişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre % protein miktarı üzerinde peynir örnekleri, olgunlaşma süresi ve peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunu istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 21) (Şekil 17).

Örneklerin % protein miktarı ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 24 ve Tablo 25’te verilmiştir.

Tablo 24. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Protein Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir örnekleri	n	Protein (%)
KP	8	32,78 ^{cd}
VP	8	29,73 ^a
FT ₁₀ P	8	32,03 ^b
FT ₅ P	8	32,48 ^{bc}
FT ₀ P	8	33,17 ^d

* Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre ise değerler örnek bakımından istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde farklılık göstermiştir. En yüksek değerler FT₀P kodlu örnekte ve kontrol örneğinde belirlenirken en düşük değer vakum örneğinde belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler kurumadde oranı ile paralellik göstermektedir. Yıldırım *et al.* (2006) olgunlaştırma süresi ile peynirlerin kurummasından dolayı protein içeriğinde artış tespit ederken bazı kaplama çeşitlerinin protein içeriğini etkilemediğini ifade etmişlerdir. Farklı paketleme materyali kullanarak Kaşar peyniri kalite parametrelerinin incelenen Andiç *et al.* (2011) ise peynir örneklerinde toplam nitrojen oranında önemli değişim tespit etmemiştir. Mevcut çalışmamızda yenilebilir film çeşitlerinde belirlenen kurumadde farklılığı benzer şekilde peynir örnekleri protein oranlarına da yansıdığı tespit edilmiştir.

Tablo 25. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Protein Miktarı Ortalamalarının Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma süresi (gün)	n	Protein (%)
5	10	29,66 ^a
30	10	32,01 ^b
60	10	32,92 ^c
90	10	33,57 ^d

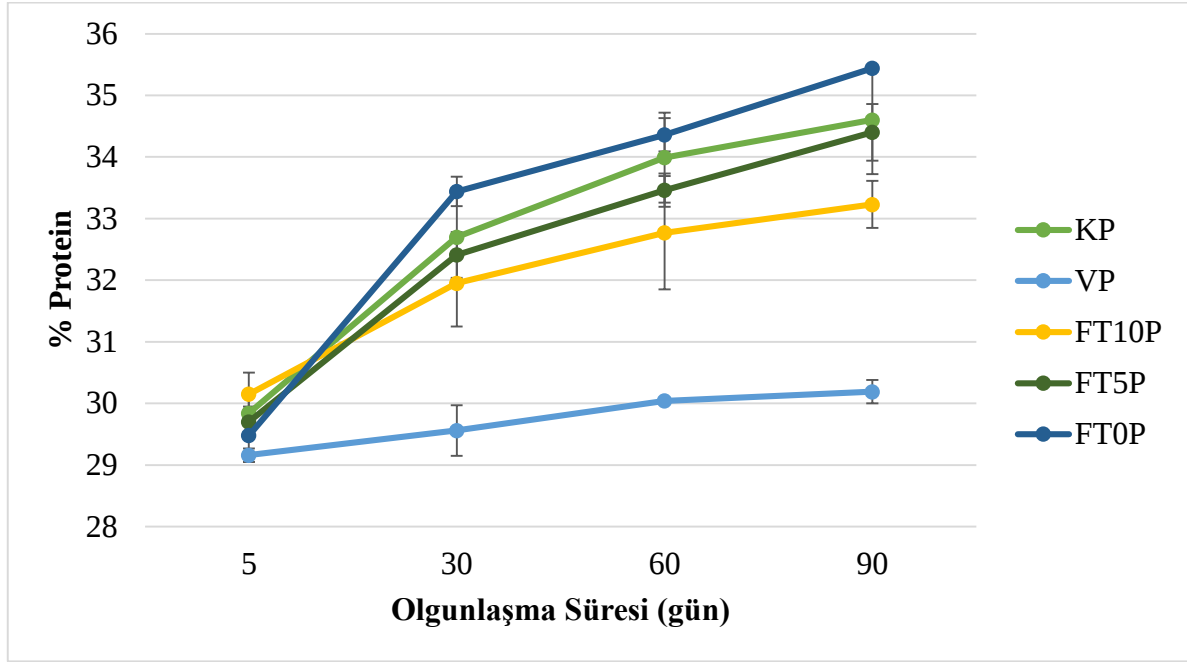
*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Olgunlaşma süresi değişkenine göre Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları incelendiğinde ise ilerleyen olgunlaştırma süresi ile artan değerler tespit edilmiştir. Bu durum olgunlaşma süresi ile artan kurumadde değerleri ile birbirini doğrulamaktadır. Saidi *et al.* (2020) 120. güne kadar protein içeriğinde artış belirlerken 180. günde nispi olarak azalma belirlemişlerdir.

Civelek and Çağrı Mehmetoğlu (2019) çalışmalarında % azot oranının depolama sırasında da değişmeden kaldığını ($p > 0,05$) ifade ederken Youssef *et al.* (2019) kaplanmış Ras peynirinde olgunlaştırma boyunca artan protein değerleri tespit etmişlerdir. Yıldırım *et al.* (2006), Yılmaz and Dağdemir (2012), Berti *et al.* (2019), Mileriene *et al.* (2021) depolama ile protein/ toplam nitrojen miktarında artış belirlemişlerdir. Soleimani-Rambod *et al.* (2018), farklı biyomateryallerle kaplanmış peynir örneklerinde depolama boyunca protein değerinin arttığını ancak örnekler arasında önemli fark olmadığını ifade ederek kaplama materyalinin peynirin protein içeriğini etkilememesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Yalçın *et al.* (2021), peynir örneklerinde depolama süresi boyunca artan kurumaddeyi takiben artan protein değerleri tespit etmişlerdir. Protein içeriğindeki artışın kaplanmamış numunelerde daha fazla olduğunu bildirerek bütün örneklerdeki bu artışın nem kaybının bir sonucu olarak meydana gelen oransal bir atışı ifade ettiğini bildirmişlerdir. Sonuçlar artan

kurumadde oranı ile oransal artış ile açıklanarak mevcut çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 17. Kaşar peynir örneklerine ait protein değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisinin etkisi

Şekil 17’ten de görüldüğü gibi değerler depolama boyunca artış göstermiş olup en düşük değerler VP örneğinde belirlenmiştir. Aynı şekilde Sert (2007), Mileriene *et al.* (2021), Öründü ve Tarakçı (2021) ise depolama ile peynir örneklerinin protein içeriklerinde artan değerler tespit ederken Çelebi ve Şimşek (2020) olgunlaşma süresi ile azalan kurumaddeye paralel olarak azalan protein içeriği belirlemişlerdir.

Yağ miktarı (%)

Kaşar peyniri örneklerinde olgunlaşma süresince belirlenen % yağ miktarı Tablo 20’de verilmiştir. Tablo 20’de da görüldüğü gibi yenilebilir filmlerle kaplanmış Kaşar peynir örneklerinde en düşük % yağ oranı (26,70) olgunlaşmanın başlangıcında FT₅P kodlu örnekte belirlenirken en yüksek oran (%34,12) 90. gün kontrol örneğinde belirlenmiştir. Öztürkoğlu-Budak *et al.* (2021) Kaşar peyniri örneklerinde kurumadde de yağ oranlarını %44,25-50,81 aralığında belirlerken, Youssef *et al.* (2019) %28,0-30,0 aralığında, Civelek and Çağrı-Mehmetoğlu (2019) antifungal yenilebilir filmlerle kaplanmış Kaşar peyniri örneklerinde ise yağ oranını %28,92-%31,08 aralığında belirlemişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre % yağ miktarı üzerinde peynir örnekleri, olgunlaşma süresi ve peynir örnekleri x olgunlaşma süresi etkisinin etkisini istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 21) (Şekil 18).

Örneklerin % yağ miktarı ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 26 ve Tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 26. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait % Yağ Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir örnekleri	n	Yağ (%)
KP	8	31,10 ^c
VP	8	27,81 ^a
FT ₁₀ P	8	29,94 ^b
FT ₅ P	8	30,06 ^b
FT ₀ P	8	30,34 ^b

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Peynir örnekleri % yağ oranları Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en yüksek değerler kontrol örneğinde belirlenirken en düşük değer vakum ambalajlı örnekte belirlenmiştir. Yenilebilir filmlerle kaplı peynirlerin % yağ oranlarında nispeten farklılıklar olsa da bu durum istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$).

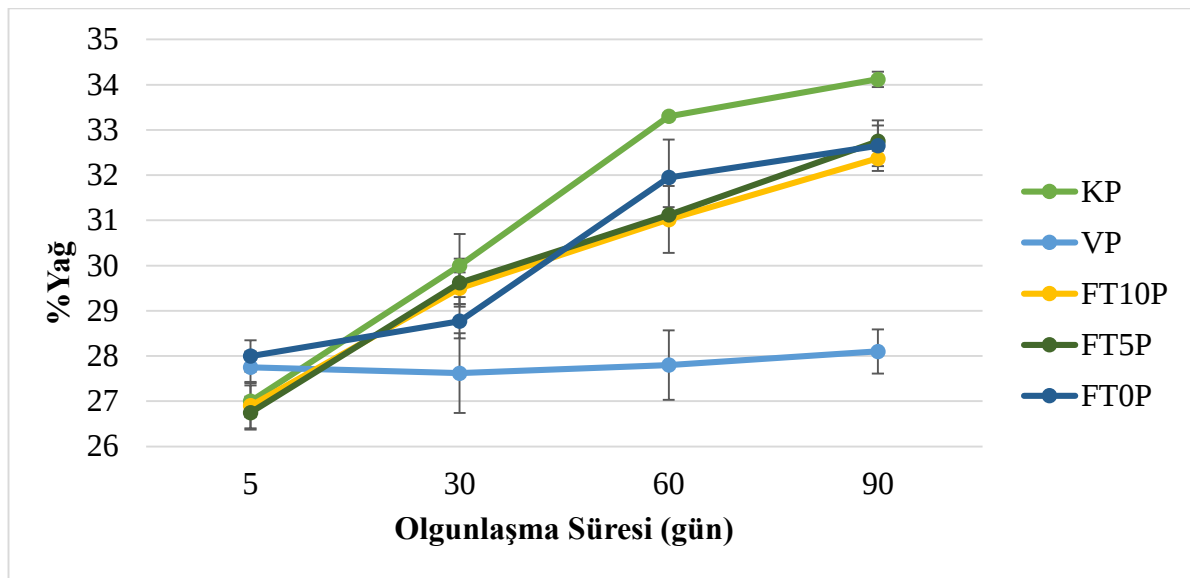
Tablo 27. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Yağ Miktarı Ortalamalarının Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi (gün)	n	Yağ (%)
5	10	27,27 ^a
30	10	29,10 ^b
60	10	31,04 ^c
90	10	32,00 ^d

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Olgunlaşma süresine ait % yağ oranlarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre artan değerler tespit edilmiştir. Kurumaddeye paralel olarak en yüksek değerler olgunlaştırmanın son günü elde edilirken en düşük değerler olgunlaştırmanın başlangıcında elde edilmiştir. Benzer sonuçlar elde eden Yıldırım *et al.* (2006), toplam kuru madde içeriğine benzer şekilde, vakum numunesi hariç tüm peynirlerde yağ içeriği olgunlaşma süresi arttıkça arttığını ($p < 0,05$) belirlemişlerdir. Aynı çalışmada en düşük yağ içeriği vakum örneğinde (%27,3) belirlerken olgunlaşma süresinin sonunda kaplanmış peynir örneklerinde farklı oranlarda yağ içeriği belirlemişlerdir. Bu durumun kaplama materyalinde kullanılan farklı ingrediyeentlerden kaynaklanan farklı özellikte yenilebilir film eldesinden kaynaklandığı ileri sürmüşlerdir. Diğer taraftan Civelek and Çağrı-Mehmetoğlu (2019) ve Andiç *et al.* (2011) değişmeyen kurumaddeyle birlikte depolama boyunca Kaşar peyniri örneklerinde değişmeyen % yağ oranları belirlemişlerdir.

Soleimani-Rambod *et al.* (2018), peynir örneklerinin kuru maddedeki yağ değerlerinin olgunlaşma döneminde önemli ölçüde arttığını ($p<0,01$) ifade etmişlerdir. Bu durumun kaplama malzemelerinin hidrofilik yapısından kaynaklanan nem kaybı nedeniyle yağ içeriğinin artması ve lipoliz nedeniyle lipid seviyelerinin düşmesinin bir sonucu olarak yağ miktarını başlangıçtaki seviyesinde kaldığını ileri sürmüşlerdir. Çalışmamız sonuçlarına benzer şekilde olgunlaşmanın sonunda % yağ miktarı kontrol örneğinde yenilebilir filmlerle kaplanan peynir örneklerine kıyasla daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonucun ticari kaplama materyalinin diğer yenilebilir kaplamalara kıyasla daha yüksek hidrofilik özellik göstermesi nedeniyle peynirin protein matrisinde yağın nem ile ikame etmesinden kaynaklanabileceğini ve buna bağlı olarak kurumaddede yağ miktarında bir artışa neden olabileceğini ifade etmişlerdir.



Şekil 18. Kaşar peynir örneklerine ait yağ değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisi

Olgunlaşma süresi sonunda ise başlangıçtaki seyir devam etmiş olup en yüksek değer (%34,12) KP örneğinde belirlenirken en düşük değer VP örneğinde (%28,1) belirlenmiştir. Bütün örneklerde depolama boyunca artış belirlenmiştir. Bu durum Şekil 18’de da görülmektedir. Benzer şekilde Yılmaz and Dağdemir (2012) en yüksek yağ içeriğini kontrol (kaplamasız) peynir örneklerinde belirlerken depolama boyunca kurumaddeye paralel olarak % yağ oranında artış belirlemişlerdir. Aynı şekilde Mileriene *et al.* (2021) depolama sırasında tüm numunelerin yağ içeriklerindeki artışı esas olarak nem kaybıyla ilişkilendirmişlerdir.

Diğer taraftan Nottagh *et al.* (2020) depolama boyunca kaplanan ve kaplanmayan örnekler arasında % yağ oranı bakımından istatistiksel açıdan önemli farklılık belirlememişlerdir. Bu durum durağan kurumadde ve yenilebilir film üretiminde kullanılan hidrofilik yapıdaki karbonhidrata bağlanmıştır. Mevcut çalışmada tek çeşit karbonhidrat kullanılmış olup farklı oranlarda TGaz kullanılması sonucunda farklı özellikteki yenilebilir

filmler elde edilmiştir. Dolayısı ile farklı yenilebilir film örneği ile kaplı Kaşar peyniri örneklerinde farklı yağ oranları tespit edilmiştir.

Tuz miktarı (%)

Peynirin tuz içeriği su aktivitesini azaltarak ve istenmeyen mikroorganizmaların üremesini engelleyerek kabul edilebilirliği, lezzeti, kokusu ve raf ömrünün uzamasında önemli rol oynamaktadır (Karami *et al.* 2009). Olgunlaşma süresince nem konsantrasyonundaki tuz nihai ürünün kalitesini belirleyen temel faktörlerden biridir. Yüksek tuz konsantrasyonu olgunlaşma sürecindeki bir gecikmeye neden olurken düşük tuz konsantrasyonu acılık ve istenmeyen aşırı proteolize yol açmaktadır (Yıldırım *et al.*, 2006).

Kaşar peynir örneklerinde olgunlaşma süresince belirlenen % tuz miktarı Tablo 20’de verilmiştir. Tablo 20’de görüldüğü gibi Kaşar peynir örneklerinde en düşük % tuz miktarı (1,71) olgunlaşmanın başlangıcında FT₁₀P kodlu örnekte belirlenirken en yüksek % tuz mikarı (3,40) ise olgunlaştırmanın son gününde kontrol örneğinde belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği ile de uyum göstererek istenmeyen tat ve olgunlaştırma sürecinde herhangi bir olumsuzluğa neden olabilecek seviyede olmadığı tespit edilmiştir.

Yılmaz and Dağdemir (2012), Kaşar peyniri örneklerinde %2,89-5,27 arasında belirlerken Soleimani-Rambod *et al.* (2018) taze Cheddar peynirinde tuz oranını %2, Öründü and Tarakçı (2021) ise olgunlaştırma dönemi boyunca Kaşar peyniri örnekleri % tuz oranını 1,05- 1,37 aralığında bulmuşlardır

Varyans analizi sonuçlarına göre % tuz miktarı üzerinde peynir örnekleri, olgunlaşma süresi arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunurken ve peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunu $p<0,05$ düzeyinde bulunmuştur (Tablo 21) (Şekil 19).

Örneklerin % tuz miktarı ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 28 ve Tablo 29’da verilmiştir.

Tablo 28. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Tuz Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Tuz (%)
KP	8	2,52 ^b
VP	8	2,08 ^a
FT₁₀P	8	2,36 ^b
FT₅P	8	2,45 ^b
FT₀P	8	2,51 ^b

* Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Peynir örneklerine ait tuz miktarı Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en düşük miktar vakum örneğinde belirlenirken diğer örnekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p>0,05$). Belirlenen değerler kurumadde ile oransal ilişki gösterirmiş kurumaddenin en düşük düzeyde belirlendiği vakum örneğinde en düşük tuz oranı belirlenmiştir.

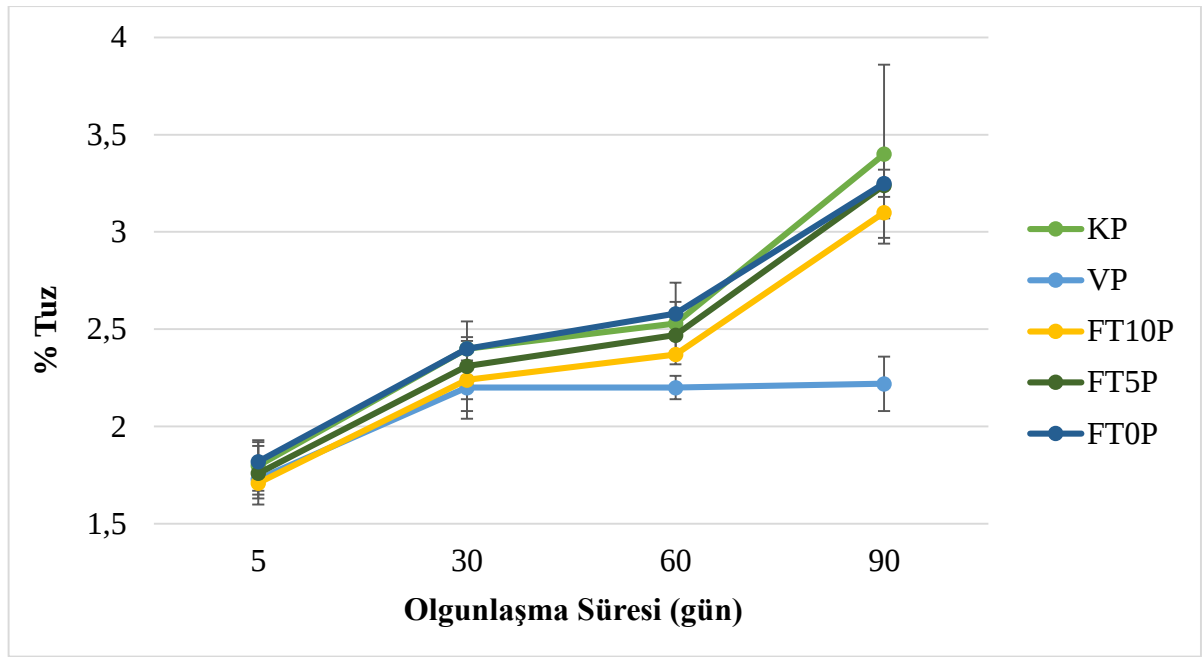
Berti *et al.* (2019), Gouda peynirinde iki farklı çeşit yenilebilir filmle kapladığı çalışmada örnekler arasında toplam klorür miktarında istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde etmemişlerdir. Ancak depolama ile azalan su aktivitesi ve artan toplam klorür miktarında artış tespit etmişlerdir. Çelik *et al.* (2018) kurumadde de tuz konsatrasyonunu %1,21–1,95 arasında belirlemiş 90 günde farklı üretim tekniği ile üretilen peynir türleri arasında önemli bir farklılık bulunmadığını ($p>0,05$) ifade etmişlerdir.

Tablo 29. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Tuz Miktarı Ortalamalarının Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi (gün)	n	Tuz (%)
5	10	1,77 ^a
30	10	2,30 ^b
60	10	2,43 ^b
90	10	3,04 ^c

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Olgunlaştırma süresinin % tuz miktarı değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en yüksek değerler olgunlaştırmanın son gününde belirlenirken en düşük değerler olgunlaştırmanın başında, taze peynirlerde belirlenmiştir. Cabezas *et al.* (2007), 240 gün boyunca Mango peynirinin kimyasal yapısını inceledikleri çalışmada en düşük tuz içeriğini depolamanın 1. ayında belirlerken olgunlaşma boyunca su kaybıyla paralel olarak tuz içeriği bakımında önemli değişiklikler belirlemişlerdir. Elguea-Culebras *et al.* (2019) ise taze peynirlerde tuz oranını %1,51-1,76 aralığında belirlemişlerdir. Olgunlaştırma süresi ile artan tuz değerleri Saidi *et al.* (2020), Sert *et al.* (2007), Yıldırım *et al.* (2006) çalışmaları ile uyum göstermektedir.



Şekil 19. Kaşar peynir örneklerine ait tuz değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisi

Şekil 19'a göre peynir örnekleri olgunlaşma ile artan değerler almıştır. Bu durum peynirde artan kurumadde oranı ile paralellik göstermektedir. Bütün örneklerde olgunlaşma boyunca artış belirlenmiş olup vakum peynirlerde bu artış birbirine yakın değerlerle birbirini takip etmiştir.

Nottagh *et al.* (2020), kaplanmış ve kontrol peynir numunelerinin tuz içeriğinin depolama süresi boyunca sabit kaldığını ve depolamanın 1. haftasından 6. haftasına kadar tuz içerikleri arasındaki farkın önemsiz ($p>0,05$) olduğunu tespit etmişlerdir. Tarakçı and Küçükoner (2006) kaşar peyniri üzerinde yaptıkları çalışmada en yüksek tuz değerlerini olgunlaştımanın sonunda elde etmişlerdir. Aynı şekilde Yılmaz and Dağdemir (2012) balmumu ile kapladıkları Kaşar peyniri örneklerinde başlangıçta peynir örneklerinde benzer tuz değerleri tespit ederken depolama ile birlikte artan değerler tespit etmişlerdir. Öründü and Tarakçı (2021), en yüksek tuz konsantrasyonunun olgunlaştımanın sonunda tespit etmişlerdir ($p<0,05$). Elde edilen veriler çalışmamız sonucunda Kaşar peyniri örneklerinden elde edilen % tuz miktarları ile benzerlik göstermektedir.

Titrasyon asitliği (% La)

Kaşar peyniri örneklerinde olgunlaşma süresince belirlenen titrasyon asitliği Tablo 20'de verilmiştir. Tablo 20'den de görüldüğü gibi Kaşar peynir örneklerinde en düşük % laktik asit değerini (0,36) olgunlaştımanın başlangıcında FT₁₀P kodlu örnekte belirlenirken en yüksek değer (0,75) olgunlaştımanın son gününde vakum örneği ve FT₀P kodlu peynir örneğinde belirlenmiştir. Yılmaz and Dağdemir (2012) balmumu ile kaplanmış ve kontrol örneklerinde %

asitlik değerini laktik asit cinsinden 0,43-0,96 arasında, Yıldırım *et al.* (2006) toplam asitliği 4.50-9.70 g/L aralığında, Youssef *et al.* (2019) ise biyonanokompozit materyalle kaplanmış Ras peynirinde titrasyon asitliğini %1,53-2.0 aralığında, Mileriene *et al.* (2021) kaplanmış peynir örneklerinde asitlik değerlerini % laktik asit cinsinden 0,32 -0,35, Miazaki *et al.* (2022) ise kaplanmış Ricotta peynirlerinde asitlik değerini % laktik asit cinsinden 0,030-0,033 aralığında tespit etmişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre titrasyon asitliği üzerinde peynir örnekleri arasındaki farklılıklar, olgunlaşma süresi ve peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunu istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 21) (Şekil 20).

Örneklerin % titrasyon asitliği miktarı ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 30 ve Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 30. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Titrasyon Asitliği Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Titrasyon Asitliği (%)
KP	8	0,56 ^d
VP	8	0,54 ^c
FT ₁₀ P	8	0,44 ^a
FT ₅ P	8	0,52 ^b
FT ₀ P	8	0,59 ^e

* Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına göre örnekler arasında $p<0,05$ düzeyinde farklılık belirlenirken en düşük değerler FT₁₀P kodlu peynir örneğinde en yüksek değerler FT₀P kodlu ve kontrol peynir örneğinde belirlenmiştir. Çalışmamızdan elde edilen verilerin aksine Youssef *et al.* (2019) ve Mileriene *et al.* (2021) depolama boyunca farklı grup peynir örnekleri arasında % laktik asit miktarı açısından önemli farklılıklar belirlemezken çalışmamıza benzer şekilde Öründü and Tarakçı (2021), peynir örnekleri ve uygulamaları arasında önemli farklılıklar belirlemişlerdir. Çelik *et al.* (2018) ise Kaşar peyniri örneklerinde depolama süresince titre edilebilir asitlik değerlerinde sürekli bir artış belirlemişlerdir. Asitliğin artması ve pH'nın düşmesi genellikle ya doğal laktik asit bakterileri ya da ilave edilen starter kültürler tarafından laktik asit oluşumu ile ilişkilendirilmiştir.

Tablo 31. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Titrasyon Asitliği Değerleri Ortalamalarının Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

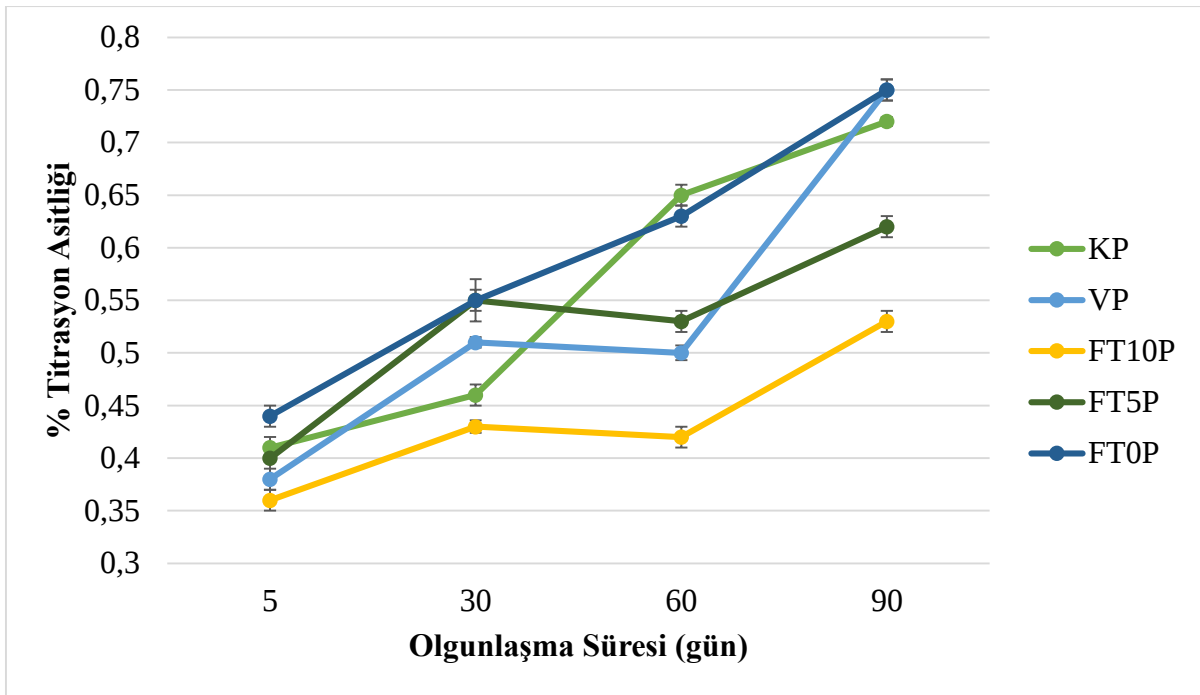
Olgunlaşma süresi (gün)	n	Titrasyon Asitliği (%)
5	10	0,40 ^a
30	10	0,50 ^b
60	10	0,55 ^c
90	10	0,67 ^d

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örnekleri olgunlaşma süresi değişkenine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en düşük değerler olgunlaştırmanın başlangıcında belirlenirken en yüksek değerler olgunlaştırma sonunda elde edilmiştir. Ancak depolama boyunca değerler genel olarak incelendiğinde dalgalanmalar belirlenmiş olup bu dalgalanmaların bakteri faaliyeti sonucunda oluşan metabolitlerden kaynakladığı düşünülmektedir.

Lisboa *et al.* (2022) farklı çeşit organik asit ilavesi ile ürettiği yenilebilir filmlerle kapladığı peyniri 28 gün boyunca depolamışlardır. Depolama boyunca peynirlerin asitlik değerlerinde artış pH değerlerinde azalma tespit etmişlerdir. Bu artışı peynirdeki mikroorganizmaların laktozu fermente ederek organik asit miktarındaki artışa bağlamışlardır.

Mileriene *et al.* (2021) ise kaplamanın laktik asit oluşumu üzerinde etkisinin olmadığını ifade ederek peynirin depolanması ile birlikte laktik asit konsantrasyonunun değişmesini öncelikle LAB' nin metabolik aktivitesinden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Aynı çalışmada depolamanın ilerleyen günlerinde peynir örnekleri asitlik değerlerinde önemli bir artış tespit edilmiş olup bunun yüksek sayıda ki LAB den kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Ayrıca laktik asit oranındaki bu artış aynı zamanda doğrudan nem kaybıyla ilgili olduğunu da belirtmişlerdir. Bu ifadeye benzer şekilde Hassanien *et al.* (2014), LAB tarafından üretilen laktik asidin peynir kütlesinden nemi çektiğini ve böylece ürünün kurumasını artırdığını ileri sürmüşlerdir.



Şekil 20. Kaşar peynir örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi

Şekil 20’de görüldüğü gibi genel olarak örneklerde değerler olgunlaşma boyunca artış göstermiş ancak bazı örneklerde dalgalanmalar belirlenmiştir. 60. günde vakum, FT₅P ve FT₁₀P kodlu örneklerde azalma ardından tekrar artış belirlenirken kontrol ve FT₀P kodlu peynir örneğinde artış devam etmiştir.

Yılmaz and Dağdemir (2012) titrasyon asitliğinin muhtemelen laktik asit ve diğer uçucu asitler gibi laktoz bozunma ürünlerinin birikmesi nedeniyle tüm numunelerde ilk 2 ay boyunca doğrusal olarak arttığını ifade etmişlerdir. Seyed-Moslemi *et al.* (2021) aynı şekilde tüm peynir örneklerinde depolama sırasında asitlik indeksinde bir artış olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumu yüksek nem içeriği, su aktivitesinin artması nedeniyle mikroorganizma popülasyonunu artmasına; daha fazla mikroorganizma sayısı, daha fazla laktoz fermentasyonu ve laktik asit üretimi ile açıklamışlardır.

Andiç *et al.* (2011) farklı kaplamalar ile muamele edilen Kaşar peynirinde vakum ambalajlı örneklerde azalma artma şeklinde değişiklikler belirlemişlerdir. Asitliğin başlangıçtaki artışını laktik asit ve hidrojen oluşumuna bağlarken (Dervişoğlu and Yazıcı 2001) düşüşü alkali azotlu bileşiklerin oluşumuna bağlamışlardır (Guinee and Fox 1993). Mevcut çalışmada da benzer durum belirlenmiş olup başlangıçtaki artış peynir yapısında doğal olarak bulunan LAB’ nin laktozu fermentasyonu sonucu oluşan çeşitli metabolitlerle veya olgunlaşma ile proteinlerin parçalanması ile açıklanabilirken azalan değerler belirlenmesi maya ve küflerin oluşturduğu alkali bileşiklerle açıklanabilmektedir.

pH

Kaşar peyniri örneklerinde olgunlaşma süresince belirlenen pH değerleri Tablo 20’de verilmiştir. Tablo 20’de görüldüğü gibi Kaşar peyniri örneklerinde 5,43- 5,19 arasında pH değeri belirlenmiştir. Seyed-Moslemi *et al.* (2021) 4,21-4,32 aralığında pH değeri belirlerken Çelik *et al.* (2018) Kaşar peyniri örneklerinde bu değeri 5,54 ve 5,87 aralığında, Miazaki *et al.* (2022) Ricotta peynirlerinde 6,11 ve 6,26 aralığında, Youssef *et al.* (2019) Ras peynirinde 5,9-5,5 aralığında, Andiç *et al.* (2011) farklı kaplama materyallerinin uygulandığı Kaşar peyniri örneklerinde 5,24-6,18 aralığında, Sert *et al.* (2007) Kaşar peyniri örneklerinde 5,40-5,03 aralığında pH değerleri belirlenmişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre titrasyon asitliği üzerinde peynir örnekleri arasındaki farklılıklar, olgunlaşma süresi ve peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunu istatistiksel olarak ($p<0,01$ düzeyinde) önemli bulunmuştur (Tablo 21) (Şekil 21).

Örneklerin pH ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 32 ve Tablo 33’te verilmiştir.

Tablo 32. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait pH Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	pH
KP	8	5,25 ^a
VP	8	5,33 ^c
FT ₁₀ P	8	5,37 ^d
FT ₅ P	8	5,29 ^b
FT ₀ P	8	5,31 ^{bc}

* Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Peynir örneklerine ait pH değerli ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına göre örnekler arasında $p<0,05$ düzeyinde farklılık belirlenirken en yüksek değerler vakum örneğinde en düşük değerler ise kontrol örneğinde belirlenmiştir. Yenilebilir filmlerle kaplanmış Kaşar peyniri örnekleri arasında en yüksek değer yüksek oranda enzim kullanılarak elde edilen film örneği ile kaplanmış peynir örneğinde belirlenmiştir. Bu değer titrasyon asitliği ile birbirini doğrulamaktadır.

Mileriene *et al.* (2021) çalışmalarında peynirleri yenilebilir filmlerle kaplı ve ilave vakum ambalajla kaplı olmak üzere sınıflandırarak depolamışlardır. Bu iki grup peynir örneğinde de farklı günlerde olmak üzere depolamanın ilerleyen günlerinde hafif bir artma ardından depolamanın son gününde azalmalar tespit edilmiştir. İki örnek grubunun pH değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit etmişlerdir. Vakum ambalajlı örneklerde

daha düşük pH değeri belirlenirken kontrol ve sadece yenilebilir filmle kaplı peynir örneklerinde daha yüksek pH değerleri tespit etmişlerdir.

Seyed-Moslemi *et al.* (2021), Quark peynirine farklı oranlarda TGaz enzimi ilave ettiği çalışmasında peynir örneklerinde farklı pH değerleri tespit etmişlerdir. Miazaki *et al.* (2022) farklı oranlarda eritrosin içeren yenilebilir filmlerle kaplanmış Ricotta peynirlerinde farklı pH değerleri elde etmişlerdir. Youssef *et al.* (2019) farklı oranlarda TiO₂ içeren nanopartiküllü yenilebilir filmlerde kaplanmış Ras peynirlerinde örnekler arası farklılık tespit etmemişlerdir.

Tablo 33. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait pH Değerleri Ortalamalarının Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

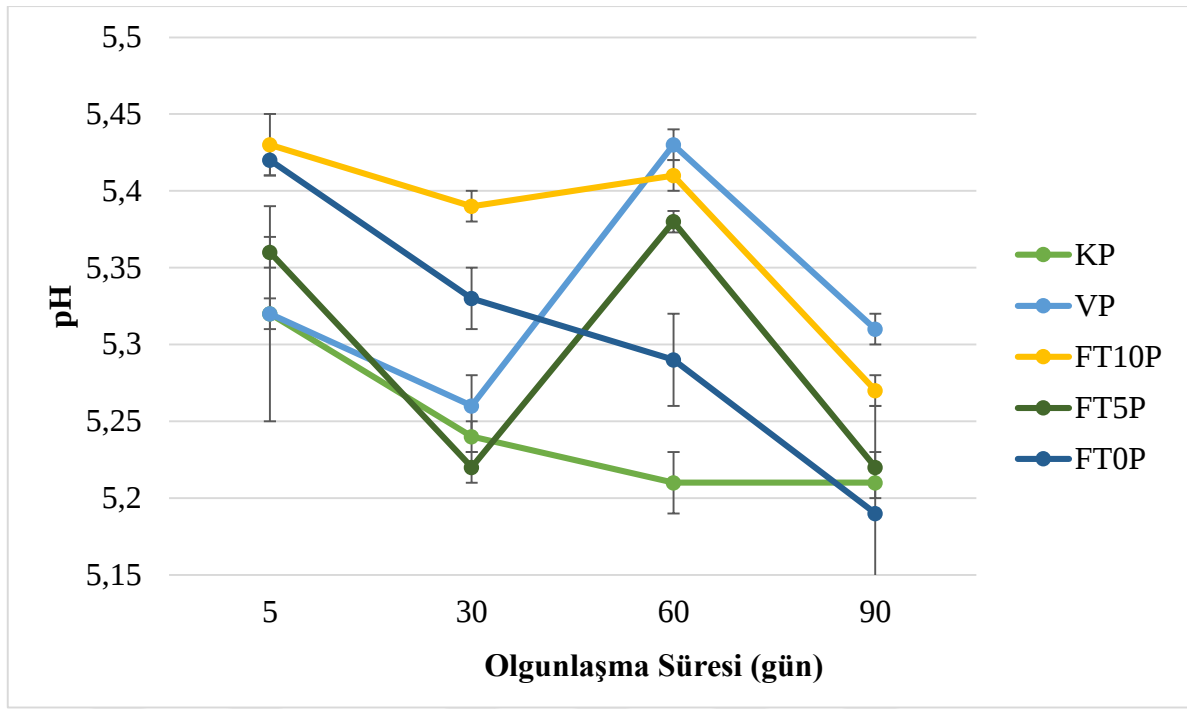
Olgunlaşma Süresi (gün)	n	pH
5	10	5,37 ^c
30	10	5,29 ^b
60	10	5,34 ^c
90	10	5,24 ^a

* Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Peynir örneklerine ait olgunlaştırma boyunca elde edilen pH değerleri ortalaması duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına göre en yüksek pH değeri depolamanın 5. ve 60. gününde belirlenirken en düşük değerler 90. günde belirlenmiştir. Benzer durum tespit eden Berti *et al.* (2019) ve Yılmaz and Dağdemir (2012), bu dalgalanmaların muhtemelen proteolitik bozunma sonucu oluşan alkali bileşenlerle ilişkili olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Yıldırım *et al.* (2006) natamisin ilaveli kazein filmi ile kaplanmış Kaşar peyniri örneklerinde depolamanın 30. günü pH değerlerinde hafif azalma ve ardından 60. gün hafif artma ve depolamanın son günü hafif artış belirlemiştir. pH' daki artış, peptit bağının bölünmesine ve peynirin tamponlama kapasitesinin artmasına neden olan yeni grupların oluşumuna bağlamışlardır. Depolamanın son günü peynir örnekleri pH değerleri arasında önemli fark belirlenmezken yalnızca vakum örneğinde $p < 0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Bu durumu vakum örneğinin daha fazla nem içeriği ve daha düşük tuz içeriği ile ilişkilendirmişlerdir.

Leandroa *et al.* (2021), meyve özüne dayalı yeni bir yenilebilir kaplama ile Coalho peynirinin kalitesini kontrol ettikleri çalışmada depolama ile azalma belirlemişlerdir. Bu azalmanın doğal olarak peynir olgunlaşma sürecinde meydana gelen proteoliz ve lipolizden kaynaklandığını (Di Pierro *et al.* 2011) ve LAB' nin laktik asit üretimi ve sırasıyla asidik amino asitler ve yağ asitleri salınımından dolayı meydana geldiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 21. Kaşar peynir örneklerine ait pH değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisinin etkisi

Kaşar peynir örneklerine ait pH değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisinin etkisi Şekil 21’de ifade edilmiştir. Grafikten yola çıkılarak tüm örneklerin pH değerlerinde depolamanın 30. gününde azalma ardından 60. günde kontrol örneği hariç artma belirlenip ardından depolamanın son günü tekrar azalma tespit edilmiştir. Öründü and Tarakçı (2021) 90 günlük olgunlaşma döneminde pasta filata tip peynirlerde benzer durum tespit etmişlerdir. Çelik *et al.* (2018) farklı üretim tekniği ile üretilen Kaşar peyniri örneklerinde 90 günlük depolama boyunca özellikle artan ardından azalan değerler tespit etmişlerdir. Olgunlaştırma boyunca pH değerindeki değişimlerin proteolizden önemli derecede etkilendiği ileri süren Andiç *et al.* (2011), pH değerlerinin peynir örneklerinde azot fraksiyonları ile de uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir.

Di Pierro *et al.* (2011), kitosan ve peyniraltı suyu proteinlerinden elde edilen yenilebilir filmlerle kaplanmış Ricotta peynirlerinin 30 gün depolama boyunca pH değerlerini belirlemişlerdir. pH değerlerinin muhtemelen *Lactobacillus spp* tarafından laktik asit sentezi nedeniyle 7 günlük depolama sonrasında düştüğünü ifade etmişlerdir. Hafif azalma ve artışlar ile birlikte pH değeri depolamanın son gününde nispeten sabit kaldığını belirlemişlerdir. pH değerlerinde ki bu değişimin Irlinger *et al.* (2012), Diezhandino *et al.* (2016) olgunlaşma döneminde peynirde meydana gelen proteoliz sırasında salınan düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Guinee and Fox (1993), pH’ daki ilk düşüşü laktik asit oluşumu ile açıklarken müteakip artışı mikroorganizmalar tarafından alkali nitrojen bileşiklerin oluşumu ile açıklamaktadırlar.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar literatür ile uyum göstermekte ve literatürde açıklanan şeklide değişim gösterdiği ifade edilebilmektedir.

Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Olgunlaştırma süresince Kaşar peyniri örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçları ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 34'te, varyans analiz sonuçları ise Tablo 35'te verilmiştir.

Tablo 34. Kaşar Peyniri Örneklerinde Belirlenen Bazı Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları (log kob/g)

Mikroorganizma Sayıları	Peynir Örnekleri	Olgunlaşma Süresi (gün)			
		5	30	60	90
TAMB Sayısı	KP	6,58±0,04	6,80±0,02	8,70±0,08	7,57±0,09
	VP	7,06±0,02	7,53±0,04	7,93±0,02	7,42±0,02
	FT ₁₀ P	6,98±0,03	8,08±0,02	7,37±0,02	6,58±0,16
	FT ₅ P	7,02±0,03	7,30±0,02	8,58±0,30	7,17±0,02
	FT ₀ P	6,99±0,07	8,07±0,02	8,87±0,00	6,10±0,14
MRS Agarda Gelişen LAB Sayısı	KP	5,73±0,06	7,65±0,06	8,14±0,19	7,74±0,06
	VP	5,68±0,02	7,59±0,04	7,49±0,02	8,46±0,06
	FT ₁₀ P	5,15±0,21	7,05±0,20	6,64±0,07	6,42±0,07
	FT ₅ P	5,04±0,05	7,06±0,08	6,31±0,06	6,08±0,01
	FT ₀ P	5,91±0,08	8,38±0,07	8,87±0,08	7,52±0,06
M-17 Agarda Gelişen LAB Sayısı	KP	5,52±0,08	6,18±0,10	8,52±0,03	6,87±0,09
	VP	5,72±0,07	7,28±0,04	6,91±0,09	7,59±0,19
	FT ₁₀ P	5,53±0,06	7,41±0,09	6,80±0,09	5,82±0,00
	FT ₅ P	5,81±0,04	8,77±0,11	8,54±0,07	5,09±0,12
	FT ₀ P	5,02±0,03	8,02±0,03	8,44±0,04	6,86±0,06
Maya Sayısı	KP	4,49±0,13	4,43±0,07	4,18±0,03	4,00±0,03
	VP	4,89±0,01	4,69±0,07	4,19±0,03	4,05±0,07
	FT ₁₀ P	4,76±0,01	3,73±0,06	3,73±0,03	<2
	FT ₅ P	4,68±0,13	4,25±0,07	3,52±0,07	<2
	FT ₀ P	4,64±0,11	4,32±0,07	4,38±0,05	<2
Küf Sayısı	KP	<2	<2	<2	<2
	VP	<2	<2	<2	<2
	FT ₁₀ P	<2	<2	<2	<2
	FT ₅ P	<2	<2	<2	<2
	FT ₀ P	<2	<2	<2	<2
Koliform Grubu Bakteri Sayısı	KP	<1	<1	<1	<1
	VP	<1	<1	<1	<1
	FT ₁₀ P	<1	<1	<1	<1
	FT ₅ P	<1	<1	<1	<1
	FT ₀ P	<1	<1	<1	<1

*Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 35. Kaşar Peyniri Örneklerinde Belirlenen Mikroorganizma Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD Değeri	F Değeri			
		TAMB Sayısı	MRS Agarda Gelişen LAB Sayısı	M-17 Agarda Gelişen LAB Sayısı	Maya Sayısı
Peynir Örneği (A)	4	11,691**	400,193**	90,730**	821,620**
Olgunlaşma Süresi (B)	3	495,916**	1011,912**	1627,187**	4428,271**
AxB	12	85,303**	46,400**	237,639**	515,376**
Hata	20				
Genel	40				

*p<0,05 düzeyinde önemli, **p<0,01 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı

Peynir örneklerinde olgunlaşma süresince tespit edilen TAMB sayıları Tablo 34'te verilmiştir. Tablodaki değerlere göre en yüksek TAMB sayısı 8,87 log kob/g ile 60. gün FT₀P örnekte belirlenirken en düşük sayı 6,10 log kob/g ile aynı örnekte depolamanın son gününde belirlenmiştir. Şengül vd. (2010) Kaşar peynirlerinin TAMB sayısını 6,81 ile 7,95 log kob/g arasında, ortalama değeri ise 7,70 log kob/g olarak belirlerken Mileriene *et al.* (2021), yenilebilir filmlerle kaplı Avrupa lor peynirlerinde 31 günlük depolama sırasında tüm numunelerde toplam bakteri sayısını 7-4 log cfu/g aralığında depolama sonuna doğru azalan değerlerle belirlemişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre TAMB sayıları üzerinde peynir örnekleri, olgunlaşma süresi ve peynir örnekleri x olgunlaşma süresi interaksiyonunu istatistiksel olarak p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 35) (Şekil 22).

Örneklerin TAMB sayıları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 36 ve Tablo 37'de verilmiştir.

Tablo 36. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait TAMB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	TAMB Sayısı (log kob/g)
KP	8	7,41 ^b
VP	8	7,48 ^{bc}
FT ₁₀ P	8	7,25 ^a
FT ₅ P	8	7,51 ^c
FT ₀ P	8	7,50 ^{bc}

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki p<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait TAMB sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında $p<0,05$ düzeyinde farklılık belirlenirken en yüksek sayılar FT₅P kodlu örnekte, en düşük sayılar ise FT₁₀P kodlu örnekte belirlenmiştir. Peynir üretiminde kullanılan hammadde, üretim prosesi (ısıtıl işlem normu vb.) ve depolama şartları peynirlerde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Fontecha *et al.* 1990).

Al-Moghazy *et al.* (2021) %1 ve %2 konsantrasyonlarda kekik esansiyel yağı içeren kitosan ile kaplanan Kariş peynirinin toplam aerobik bakterileri sayılarının 4 hafta depolama boyunca azaldığını ifade etmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre kekik esansiyel yağı içeren kitosan ile kaplanan Kariş peynirinin raf ömrü, kaplamasız veya kitosanla kaplanmış sade peynire göre bir hafta daha fazla uzattığını bildirmişlerdir. 10U enzim kullanılan film örneği ile kaplanmış peynir örneğinde en az oranda toplam bakteri tespit edilmesi bu sonuçlarla uyum göstermektedir.

Soleimani-Rambod *et al.* (2018), en yüksek TMAB sayısını olgunlaşma periyodunun sonunda ksantan gam ($\log_{10}$ 7,42 CFU/g) ile kaplanmış numunelerde tespit etmişlerdir. Sonuç olarak ksantan gam kaplamanın bakteriyel gelişmeye karşı olumsuz etkisi olmadığını ifade etmişlerdir. Aynı şekilde çalışmamızda FT₅P ve FT₀P kodlu örneklerde tespit edilen yüksek bakteri sayıları kompozit film üretiminde kullandığımız ingrediyeentlerin bakteri gelişimine olumsuz etkilerinin olmadığını ifade etmektedir.

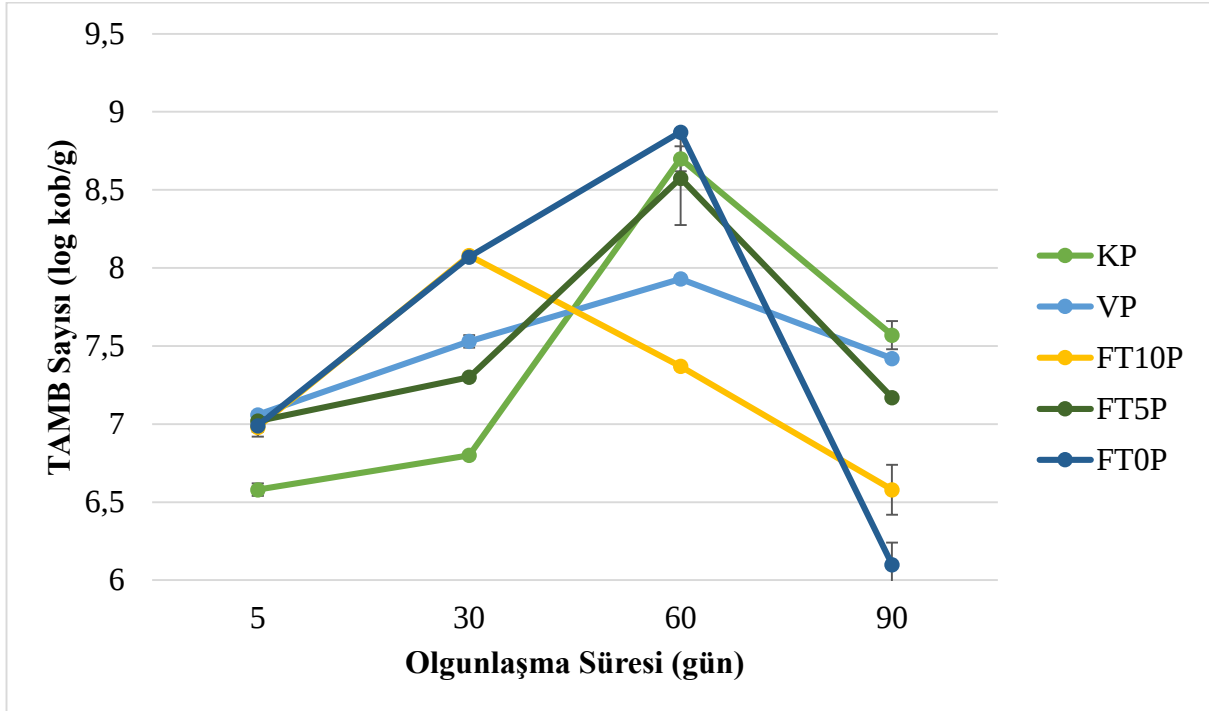
Tablo 37. Kaşar Peyniri Örnekleri Olgunlaştırma Süresi Değişkenine Ait TAMB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi	n	TAMB Sayısı (log kob/g)
5	10	6,92 ^a
30	10	7,56 ^b
60	10	8,29 ^c
90	10	6,97 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örnekleri olgunlaştırma süresi değişkenine ait TAMB sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına en yüksek değerler 60. gün belirlenirken en düşük değerler depolamanın başlangıcı ve son gününde belirlenmiştir. Sonuçlar genel olarak incelendiğinde olgunlaşmanın başından 60. güne kadar artış belirlenirken 90. gün azalma belirlenmiştir. Bu azalma esas olarak kademeli nem kaybı ve bununla bağlantılı olarak artan tuz miktarı, pH ve laktik asit konsantrasyonundaki dalgalanma gibi uygunsuz çevresel koşullardan kaynaklanmış olabilir (Mileriene *et al.* 2021). Çalışmamız sonuçlarına benzer

şekilde Yılmaz and Dağdemir (2012) balmumu ile kaplanmış Kaşar peyniri örneklerinin TAMB sayımlarında 90. güne kadar artış, olgunlaşma sonunda ise hafif bir düşüş tespit etmişlerdir.



Şekil 22. Kaşar peynir örneklerine ait TAMB sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi

Şekil 22 incelendiğinde FT₁₀P kodlu örnek hariç diğer tüm peynir örneklerindeki TAMB sayısının 60. güne kadar arttığı, 60. günden sonra ise olgunlaştırmanın son gününde azaldığı tespit edilmiştir. Benzer sonuçları Soleimani-Rambod *et al.* (2018) yenilebilir filmle kaplı Cheddar peynirlerinde tespit etmişlerdir.

M-17 agarda gelişen laktik asit bakteri sayısı

Peynir örneklerinde olgunlaşma süresince tespit edilen M-17 agarda gelişen laktik asit bakterileri sayıları Tablo 34’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde en düşük sayı 5,02 log kob/g ile 5. gün FT₀P kodlu örnekte belirlenirken en yüksek sayı 8,77 log kob/g ile 30. gün FT₅P kodlu peynir örneğinde belirlenmiştir. Şengül vd. (2010) pastörize sütten yapılan Kaşar peyniri örneklerinde laktokok sayısını $2,3 \times 10^7$ kob/g, çiğ sütten üretilen sayıyı ise $4,1 \times 10^6$ kob/g olarak belirlemişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre M-17 agarda gelişen LAB sayıları üzerinde peynir örnekleri, olgunlaşma süresi ve peynir örnekleri x olgunlaşma süresi interaksiyonunu istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 35) (Şekil 23)

Örneklerin M-17 agarda gelişen LAB sayıları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 38 ve Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 38. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait M-17 Agarda Gelişen LAB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	M-17 Agarda Gelişen LAB Sayısı (log kob/g)
KP	8	6,78 ^b
VP	8	6,86 ^c
FT ₁₀ P	8	6,39 ^a
FT ₅ P	8	7,05 ^d
FT ₀ P	8	7,08 ^d

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait M-17 agarda gelişen LAB sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında $p < 0,05$ düzeyinde farklılık belirlenirken en yüksek değerler FT₅P ve FT₀P kodlu peynir örneğinde, en düşük değerler ise FT₁₀P kodlu peynir örneğinde belirlenmiştir.

Civelek and Cagri-Mehmetoglu (2019), *Williopsis saturnus* içeren PPK bazlı antifungal yenilebilir filmle kaplamalı Kaşar peynirlerini 56 gün boyunca depolamışlardır. Depolamanın başlangıcında M-17 agarda gelişen bakteri başlangıç popülasyonunun 6,6 ila 7,3 log₁₀ CFU/g arasında değiştiğini ve bu sayıların 56 günlük depolama boyunca 0,54 ila 1,46 log/g arttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca kaplama formülasyonu *W. saturnus* içerdiğinde, vakum ve pasif paketlemelerin her ikisinde de laktik streptokokların gelişmesinin önemli ölçüde ($p < 0,05$) engellendiği ancak vakum paketlemenin önemli derece de etkilemediği ($p > 0,05$) tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre *W. Saturnus*' un peynirde LAB' nin gelişmesini destekleyebileceği, ancak *W. saturnus* içeren PPK kaplama uygulamasının LAB' nin gelişmesini engellediğini ifade etmişlerdir.

Peynirdeki olgunlaştırma ajanlarından birinin LAB olduğunu ifade eden araştırmacılar (Yılmaz and Dağdemir 2012) balmumu kaplamanın bu mikroorganizmaların gelişmesi üzerinde herhangi bir etkisinin olup olmadığını belirlemek için LAB sayılarını incelemişlerdir. Sonuçta balmumu kullanımının M-17 agardaki LAB sayısı ve gelişmesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ifade etmişlerdir.

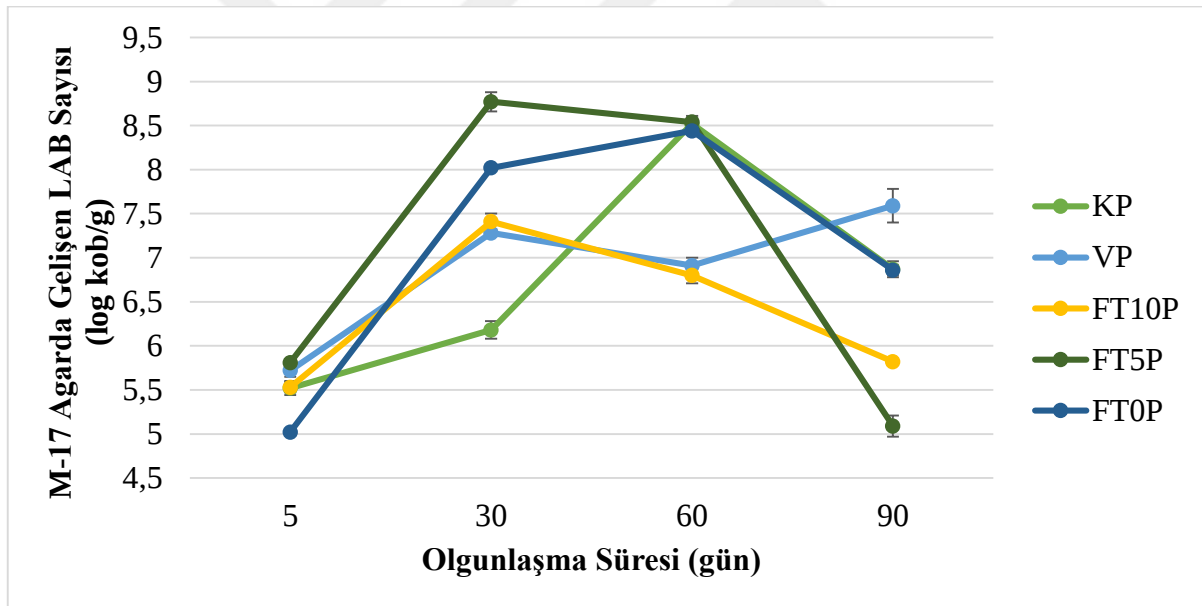
Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz verilere göre yenilebilir film formülasyonunda kullandığımız karbonhidrat kaynağı; AÇJ ve protein kaynağı; PPK' nin M-17 agarda gelişen LAB gelişimini olumsuz etkilemediği ancak artan TGaz oranı ile bakteri sayısının azaldığı belirlenmiştir. FT₁₀P kodlu film örneğinde O₂ ve su buharı geçirgenliğin daha düşük olması M-17 agarda gelişen LAB gelişimini olumsuz etkilemiş olabilir yorumu da yapılabilmektedir.

Tablo 39. Kaşar Peyniri Örnekleri Olgunlaştırma Süresi Değişkenine Ait M-17 Agarda Gelişen LAB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaştırma Süresi	n	M-17 Agarda Gelişen LAB Sayısı (log kob/g)
5	10	5,52 ^a
30	10	7,53 ^c
60	10	7,84 ^d
90	10	6,44 ^b

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örnekleri olgunlaştırma süresi değişkenine ait M-17 agarda gelişen LAB sayıları ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre $p < 0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir. En düşük değerler olgunlaştırmanın başlangıcı ve sonunda belirlenirken en yüksek değerler ise 30. ve 60. günlerinde belirlenmiştir. Sonuçlar TAMB sonuçları ile paralellik göstermiştir. Başlangıçtaki bakteri sayılarının bakterilerin ortama adaptasyon sürecine, son günlerdeki bakteri sayılarının ise kurumaddenin azalması ve ona bağlı olarak peynirde değişen ortam şartlarından kaynaklandığı ifade edilebilmektedir.



Şekil 23. Kaşar peynir örneklerine ait M-17 agarda gelişen LAB sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaştırma süresi etkisinin etkisi

Şekil 23'te görüldüğü gibi M-17 agarda gelişen LAB sayısı tüm örneklerde olgunlaşmanın 30. gününe kadar artış göstermiştir. Depolamanın 30. gününden 60. gününe kadar kontrol ve FT0P kodlu örneklerde artış devam ederken vakum ve FT10P kodlu örneklerde azalma belirlenmiştir. Olgunlaşmanın 60. gününden sonra vakum ambalajlı peynir örneğinde LAB sayısı artmaya devam ederken, diğer örneklerde azalma tespit edilmiştir. Bu durum vakum peynirinde nem kaybının diğer örneklere nispeten az olduğunun bir göstergesidir. Ayrıca FT5P

kodlu örnekte fazla düşüş olması tuz oranının yüksek, asitliğinin ise düşük olması ile açıklanabilmektedir.

Di Pierro *et al.* (2011) ise kaplamanın peynirde LAB gelişimine herhangi bir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir. Nottagh *et al.* (2020), kitosan ve natamisin bazlı yenilebilir kaplamanın ultra filtrele İran peyniri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada depolama boyunca LAB sayılarının düştüğünü tespit etmişlerdir. Bu düşüşün kaplamalı örneklerde daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar genel olarak literatür ile uyum sağlamış olup farklılıklar elde edilen farklı özellikteki film örneklerinden, peynir örnekleri olgunlaştırma koşulları arasındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

MRS agarda gelişen laktik asit bakteri sayısı

Peynir örneklerinde olgunlaşma süresince tespit edilen MRS agarda gelişen laktik asit bakterileri sayıları Tablo 34’de verilmiştir. Tabloya göre MRS agarda gelişen LAB sayısı en düşük 5,04 log kob/g ile FT₅P kodlu peynir örneğinde depolamanın başlangıcında belirlenirken en yüksek sayı 8,87 log kob/g ile FT₀P kodlu peynir örneğinde 60. günde belirlenmiştir. Civelek and Cagri-Mehmetoglu (2019) çalışmasında kaplanmış Kaşar peyniri örneklerinde bu değeri 5,5 ile 8,5 log kob/g olarak belirlemişlerdir. Şengül vd. (2010) pastörize süttten yapılan Kaşar peyniri örneklerinde laktobasil sayısını 7,36 log kob/g, çiğ süttten üretilen sayıyı ise 6,61 log kob/g olarak belirlemişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre MRS agarda gelişen LAB sayıları üzerinde peynir örnekleri, olgunlaşma süresi ve peynir örnekleri x olgunlaşma süresi interaksyonunu istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 35) (Şekil 24).

Örneklerin MRS agarda gelişen LAB sayıları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 40 ve Tablo 41’de verilmiştir.

Tablo 40. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait MRS Agarda Gelişen LAB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	MRS Agarda Gelişen LAB Sayısı (log kob/g)
KP	8	7,31 ^c
VP	8	7,30 ^c
FT ₁₀ P	8	6,31 ^b
FT ₅ P	8	6,12 ^a
FT ₀ P	8	7,67 ^d

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

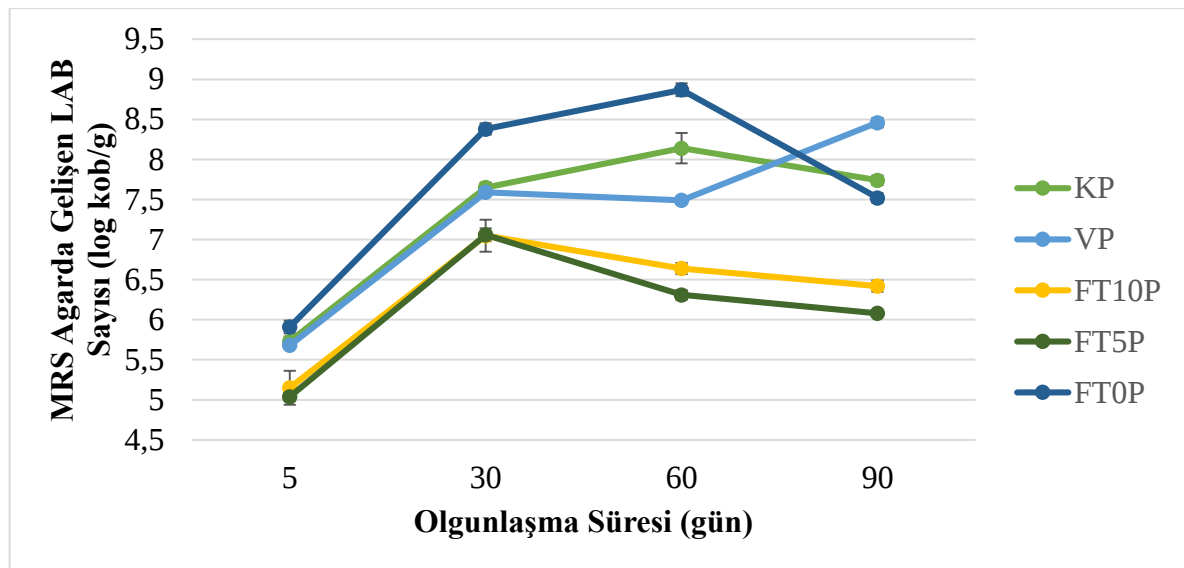
Kaşar peyniri örneklerine ait MRS agarda gelişen LAB sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında $p<0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir. En düşük sayılar FT₅P kodlu peynir örneğinde belirlenirken en yüksek sayılar FT₀P kodlu peynir örneğinde belirlenmiştir. FT₀P kodlu örnekte yüksek astlık ve düşük pH değeri fazla bakteri sayısı ile birbirini doğrulamaktadır. FT₅P kodlu örnekte ise yüksek tuz ve düşük asitlik değerleri ile düşük bakteri sayısı birbirini desteklemektedir.

Tablo 41. Kaşar Peyniri Örnekleri Olgunlaşma Süresi Değişkenine Ait MRS Agarda Gelişen LAB Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi	n	MRS Agarda Gelişen LAB Sayısı (log kob/g)
5	10	5,50 ^a
30	10	7,54 ^c
60	10	7,49 ^c
90	10	7,24 ^b

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örnekleri olgunlaşma süresi değişkenine ait MRS agarda gelişen LAB sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre toplam bakteri sayısında olduğu gibi en düşük değerler depolamanın başlangıç ve son günlerinde belirlenirken en yüksek değerler 30. ve 60. günde belirlenmişlerdir. 60. gün ardından 90. gün azalma olumsuz ortam koşullarına (çok düşük nem içeri, besin kıtlığı, rekabet vb.) bağlanabilmektedir. Yılmaz and Dağdemir (2012), MRS agarda gelişen LAB sayılarını kontrol peynir örneklerinde olgunlaştırmanın 5. ve 30. günlerinde önemli ($p<0,05$) ölçüde daha düşük olduğunu ve daha sonra balmumu ile kaplı ve vakumla paketlenmiş peynirlerle benzer sayılara ulaşıldığını ifade etmişlerdir.



Şekil 24. Kaşar peynir örneklerine ait MRS agarda gelişen LAB sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisinin etkisi

Şekil 24 incelendiğinde, MRS agarda gelişen LAB sayısının tüm örneklerde 30. güne kadar arttığı görülmektedir. Olgunlaştırmanın 30. gününden 60. güne kadar FT₁₀P ve FT₅P kodlu peynirlerdeki LAB sayısı azalırken, vakum uygulanan örnekte 60. güne kadar azalmış, 90. güne kadar ise tekrar artış göstermiştir. Kontrol ve FT₀P kodlu örneklerdeki LAB sayısı ise 60. güne kadar artış göstermiş, 60. günden sonra ise azalma tespit edilmiştir. Civelek and Cagri-Mehmetoglu (2019) MRS agarda gelişen LAB popülasyonunun *W. saturnus* varlığında yaklaşık 1 log arttığını; ancak *W. saturnus* ilaveli yenilebilir film solüsyonuna PPK dahil edildiğinde, 28 günlük depolamanın ardından MRS agarda gelişen LAB popülasyonunun gelişmesinin önemli ölçüde azaldığını ifade etmişlerdir.

Soleimani-Rambod *et al.* (2018), yenilebilir filmle kaplı Cheddar peynirinde 90 günlük olgunlaşma sonrasında starter olmayan LAB popülasyonu en yüksek kontrol örneğinde ve en düşük değeri ise %1 keten tohumu içeren yenilebilir filmle kaplı peynirlerde tespit etmişlerdir. Bu farkı kontrol örneğinde kullanılan polivinil asetat ticari kaplama ile oksijen geçişinin azalması ve dolayısı ile bağlı oksijen basıncının azalması ve sonuç olarak kontrol örneğinde mikroaerofilik LAB sayısının artması ile açıklamışlardır. Benzer durum çalışmamız sonuçlarında elde edilmiş olup depolamanın sonunda en yüksek değerler vakum örneğinde tespit edilmiştir.

Maya sayısı

Peynirin maya ve küf sayısı raf ömrü üzerinde etkili bir faktördür. Peynir yüzeyinin mikro yapısı genellikle pürüzlü olduğundan oksijenin varlığı nedeniyle vakum paketlenme küf oluşumunu önlemek için yetersiz olabilir. Bu nedenle, aktif yenilebilir ambalajlar küf bazulmalarını engellemek için iyi bir alternatiftir (Yılmaz and Dağdemir 2012).

Peynir örneklerinde olgunlaşma süresince tespit edilen maya sayıları Tablo 34’de verilmiştir. Tabloya göre Kaşar peyniri örneklerinde belirlenen en yüksek maya sayısı 4,89 log kob/g ile olgunlaşmanın başlangıcında vakum örneğinde belirlenirken olgunlaştırmanın son günü yenilebilir filmlerle kaplanmış Kaşar peyniri örneklerinde maya sayısı tespit limitinin altında belirlenmiştir. Şengül vd. (2010) ise Kaşar peyniri örneklerinde maya sayısını 3,73-5,20 log kog/g aralığında tespit etmişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre Kaşar peyniri örneklerinde belirlenen maya sayıları üzerinde peynir örnekleri, olgunlaşma süresi ve peynir örnekleri x olgunlaşma süresi interaksiyonunu istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 35) (Şekil 25).

Örneklerin maya sayıları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 42 ve Tablo 43'te verilmiştir.

Tablo 42. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Maya Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Maya Sayısı (log kob/g)
KP	8	4,27 ^c
VP	8	4,46 ^d
FT ₁₀ P	8	3,05 ^a
FT ₅ P	8	3,11 ^a
FT ₀ P	8	3,33 ^b

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait maya sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında $p < 0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir. En yüksek maya değerleri vakum örneğinde belirlenirken en düşük değerler yenilebilir filmlerle kaplanmış Kaşar peyniri örneklerinde belirlenmişlerdir. Yenilebilir filmlerle kaplanmış peynirlerde ise TGAZ ilavelisiz film örnekleri ile kaplı peynirlerde enzim ilaveli filmlerle kaplı peynir örneklerine kıyasla daha yüksek değerler tespit edilmiştir.

Yalçın *et al.* (2021) kazein, kazein/transglutaminaz enzimi ve kitosandan üretilen yenilebilir kaplamaların 60 günlük depolama süresi boyunca Kaşar peynirinin bazı kimyasal, tekstürel ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yalnızca kitosan bazlı film ile kaplanmış örneklerde maya ve küf sayısının depolama süresi boyunca yaklaşık olarak 1 log azaldığını tespit etmişlerdir. Depolamanın 30. ve 60. günlerindeki maya ve küf sayıları arasındaki farkı istatistiksel olarak da önemli bulmuşlardır ($p < 0,05$). Depolama sonunda örnekler maya ve küf sayıları açısından incelendiğinde en düşük sayılar kitosan ile kaplanmış örneklerden elde edildiğini belirtmişlerdir. Bu sonucun antimikrobiyal özelliklere sahip olan kitosanın peynir yüzeyinde maya ve küf gelişimini sınırladığının göstergesi olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmamızda da benzer sonuçlar elde edilmiş olup en düşük maya sayısı yenilebilir filmlerle kaplı Kaşar peyniri örneklerinde tespit edilmiş ve bu değer artan enzim oranı ile daha da azalmıştır.

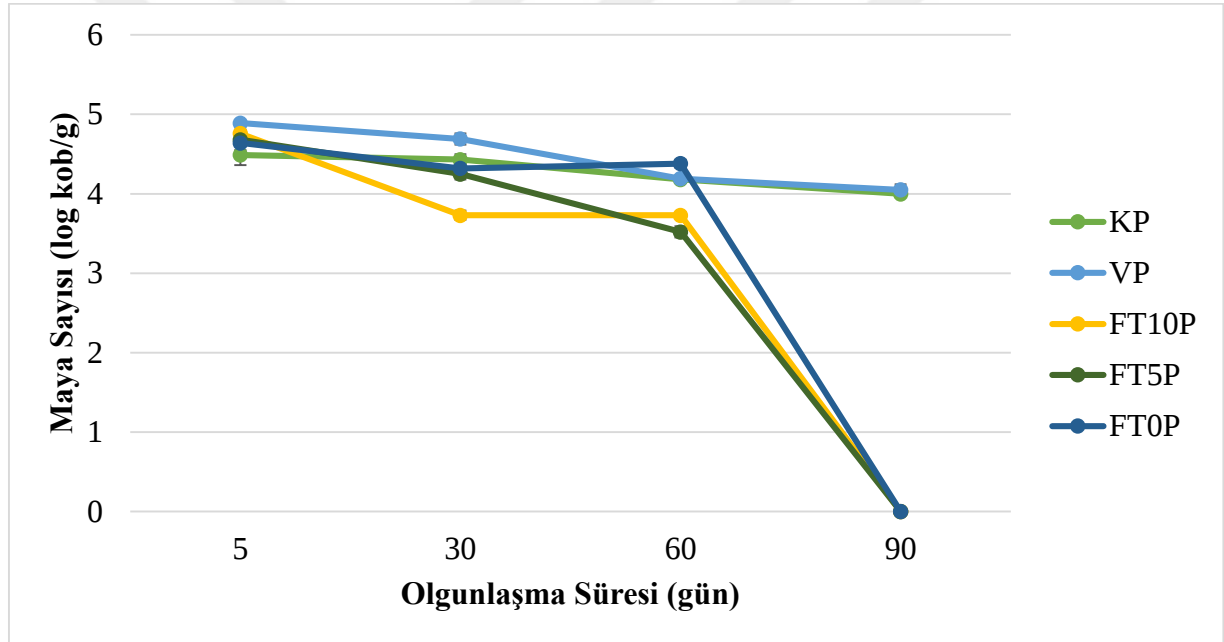
Tablo 43. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Maya Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi	n	Maya Sayısı (log kob/g)
5	10	4,69 ^d
30	10	4,28 ^c
60	10	3,99 ^b
90	10	1,61 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerinde olgunlaştırma süresi değişkenine ait maya sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en yüksek değerler olgunlaştırmanın başlangıcında tespit edilirken olgunlaştırmanın sonuna doğru lineer bir azalma ile en düşük değerler tespit edilmiştir.

Al-Moghazy *et al.* (2021), %1 ve %2 oranlarında kekik yağı içeren antimikrobiyal filmle kaplı Kariş peynirlerinde toplam maya ve küf sayısının depolama ile azalttığını ve Kariş peynirinin raf ömrünü 2 haftadan 4 haftaya çıkardığını belirlemişlerdir. Doğan *et al.* (2022), aktif gıda ambalajı olarak limon kabuğu yağı/jelatin içeren yenilebilir filmleri peynir örneklerinde gıda kaynaklı patojenleri önlemek amacıyla kullanmışlar ve 28 günlük depolama süresince toplam maya ve küf sayılarını belirlemişlerdir. Depolamanın 21. gününde toplam maya-küf sayısında önemli bir düşüş ($p<0,05$) tespit etmişlerdir. Bu bağlamda depolamanın son gününde maya-küf sayısının düşmesi çalışmamızın sonuçları ile uygunluk göstermektedir.



Şekil 25. Kaşar peynir örneklerine ait maya sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonunun etkisi

Şekil 25 incelendiğinde maya sayısının tüm peynirlerde 60. güne kadar benzer olduğu görülmektedir. 90. gün ise yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış peynir örneklerindeki maya sayısı tespit limitinin altına düşerken, kontrol ve vakum uygulamasındaki maya sayısı 4,00 log kob/g seviyesinde kalmış 0,5-0,8 logaritmik azalma belirlenmiştir. Leandro *et al.* (2021) meyve özütü ile ürettiği yenilebilir filmlerle Coalho peynirini kaplamış ve kaplanmış peynirlerde 7 gün aralıklarla maya-küf sayısının tespit edildiği çalışmada 14. güne kadar sayının arttığını ardından hafif azaldığını tespit etmişlerdir. Şengül vd. (2010) çalışmalarında ürettikleri Kaşar peyniri

örneklerinde 90 günlük olgunlaştıma ile azalan maya değerleri tespit etmişlerdir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar bu bağlamda literatür ile uyum göstermektedir.

Küf sayısı

Kaşar peyniri örneklerine ait küf sayısı Tablo 34' te verilmiştir. Tabloda verilen değerlere göre olgunlaştırma süresi boyunca Kaşar peyniri örneklerinde küf sayısı tespit limiti altında ($<2 \log \text{ kob/g}$) belirlenmiştir (Tablo 34).

Yılmaz and Dağdemir (2012), balmumu ile kaplanmış Kaşar peyniri, kontrol ve vakum örneklerinde uygulama ve depolamanın küf sayısını istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) düzeyde etkilediğini ifade etmişlerdir. Vakum ve kontrol örneğinde başlangıç küf sayısı depolama sonuna doğru önemli ölçüde artarken bal mumu ile kaplamalı özellikle çift katlı kaplamalı peynir örneklerinde küf sayısında azalma belirlemişlerdir. Sonuç olarak balmumu 120. günde kontrol örneğine kıyasla maya sayısını yaklaşık 2,5 logaritmik birim azaltarak küf gelişimini engellediği belirtmişlerdir. Bu durumu balmumu kaplamalı ve vakumla paketlenmiş Kaşar peyniri örneklerinin kontrol örneğine kıyasla daha düşük O_2 konsantrasyonuna sahip olmasına atfetmişlerdir.

Çalışmamızda yenilebilir filmler ile kaplamalı Kaşar peyniri örneklerinde küf tespit edilememesi kompozit film bileşenlerinin küf gelişimini inhibe etmesi ile yorumlanabilir ancak kontrol ve vakum peynirinde de küf belirlenmemesi ise depolama şartları (sıcaklık ve nem) ve dolayısı ile peynirde meydana gelen değişiklikler (aşırı kuruma ve buna bağlı olarak artan tuz oranı vb.) ile ilişkilendirilebilmektedir.

Koliform grubu bakteri sayısı

Kaşar peyniri örneklerine ait koliform grubu bakteri sayısı Tablo 34' te verilmiştir. Tabloya göre olgunlaştırma süresince analiz edilen peynir örneklerindeki koliform grubu bakteri sayısı tespit edilebilir limitin altında ($<1 \log \text{ kob/g}$) bulunmuştur (Tablo 34). Çiğ süttten üretilen Kaşar peynirine uygulanan haşlama işleminin koliform grubu bakterileri inhibe ettiği düşünülmektedir.

Yılmaz and Dağdemir (2012), koliform bakterileri sayısını vakumla paketlenmiş eski kaşar peynirinde olgunlaşmanın ilk aşamasında ($1,15 \log \text{ cfu g}^{-1}$) tespit etmişler ve daha sonra $<1 \log \text{ cfu g}^{-1}$ düzeyine düştüğü belirlenmiştir. Depolama sırasında diğer peynir örneklerinde koliform bakteri sayısını $<1 \log \text{ cfu g}^{-1}$ seviyesinde tespit etmişlerdir. Aynı şekilde Leandro *et al.* (2021), yenilebilir filmlerle kaplı peynir örneklerinde tespit edilen koliform grubu bakteri sayısını 7. günden sonra tespit limitinin altına düştüğünü belirlemişlerdir. Elde ettiğimiz sonuçlar literatür ile uyum göstermektedir.

Dilim Kaşar peyniri örneklerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları

Üçgen şekil verilerek elde edilen dilim Kaşar peynir örnekleri yapay olarak kontamine edilmiştir. Ardından yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış ve kaplanmamış dilim peynir örnekleri $4\pm1^{\circ}\text{C}$ ' de depolanmış 1., 7., 14 ve 30. günlerde bakteri sayımına tabi tutulmuştur. Başlangıç bakteri sayıları *E. coli* O157:H7 ve *S. aureus* 29213 için 10^5 log kob/g, *L. monocytogenes* 7644 için ise 10^4 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolama süresince dilim Kaşar peyniri örneklerinde yapılan patojen bakteri sayımı sonuçları ise Tablo 44'te verilmiştir

Dilim Kaşar peyniri örneklerinde yapılan patojen bakteri sayımı varyans analiz sonuçları ise Tablo 45'te verilmiştir. Dilim Kaşar peyniri örneklerinde incelenen tüm patojen bakteri türlerinde peynir örnekleri, depolama süresi, *S. aureus* ATCC 29213 hariç diğer bakterilerde peynir örnekleri x depolama süresi interaksyonu istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 44. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerinde Belirlenen Patojen Bakteri Sayımı Analiz Sonuçları (log kob/g)

Mikroorganizma Sayıları	Peynir Örnekleri	Depolama Süresi (gün)			
		1	7	14	30
<i>S.aureus</i> ATCC 29213 Sayısı	KP	5,74 $\pm$ 0,01	5,45 $\pm$ 0,003	5,37 $\pm$ 0,05	5,18 $\pm$ 0,10
	VP	5,57 $\pm$ 0,34	5,50 $\pm$ 0,02	5,37 $\pm$ 0,01	5,15 $\pm$ 0,07
	FT ₁₀ P	5,53 $\pm$ 0,21	5,35 $\pm$ 0,18	5,20 $\pm$ 0,01	4,25 $\pm$ 0,36
	FT ₅ P	5,54 $\pm$ 0,17	5,32 $\pm$ 0,01	5,19 $\pm$ 0,02	4,88 $\pm$ 0,05
	FT ₀ P	5,33 $\pm$ 0,10	5,32 $\pm$ 0,08	5,23 $\pm$ 0,01	4,61 $\pm$ 0,43
<i>E. coli</i> O157:H7 Sayısı	KP	5,67 $\pm$ 0,07	5,42 $\pm$ 0,06	5,49 $\pm$ 0,08	5,29 $\pm$ 0,07
	VP	5,67 $\pm$ 0,07	5,45 $\pm$ 0,02	5,36 $\pm$ 0,04	5,33 $\pm$ 0,01
	FT ₁₀ P	5,64 $\pm$ 0,08	5,20 $\pm$ 0,14	4,69 $\pm$ 0,12	4,44 $\pm$ 0,19
	FT ₅ P	5,54 $\pm$ 0,01	5,18 $\pm$ 0,01	4,77 $\pm$ 0,01	4,58 $\pm$ 0,03
	FT ₀ P	5,78 $\pm$ 0,24	5,30 $\pm$ 0,03	4,96 $\pm$ 0,01	4,84 $\pm$ 0,003
<i>L.monocytogenes</i> ATCC 7644 Sayısı	KP	4,59 $\pm$ 0,15	4,63 $\pm$ 0,17	4,10 $\pm$ 0,28	4,08 $\pm$ 0,09
	VP	4,66 $\pm$ 0,26	4,66 $\pm$ 0,06	4,40 $\pm$ 0,11	4,05 $\pm$ 0,03
	FT ₁₀ P	4,24 $\pm$ 0,34	<1	<1	<1
	FT ₅ P	4,39 $\pm$ 0,12	<1	<1	<1
	FT ₀ P	4,24 $\pm$ 0,34	2,24 $\pm$ 0,34	<1	<1

*Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 45. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerinde Belirlenen Patojen Bakteri Sayımı Varyans Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD Değeri	F Değeri		
		<i>S. aureus</i> ATCC 29213 Sayısı	<i>E. coli</i> O157:H7 Sayısı	<i>L. monocytogenes</i> ATCC 7644 Sayısı
Peynir Örneği (A)	4	7,073**	50,676**	820,845**
Olgunlaşma Süresi (B)	3	34,282**	136,633**	585,142**
AxB	12	2,072	8,510**	86,781**
Hata	20			
Genel	40			

* $p < 0,05$ düzeyinde önemli, ** $p < 0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli

S. aureus ATCC 29213 bakteri sayısı

Dilim Kaşar peyniri örneklerinde depolama süresince tespit edilen *S. aureus* ATCC 29213 sayıları Tablo 44’te verilmiştir. Tabloya göre en yüksek *S. aureus* ATCC 29213 sayısı 5,74 log kob/g ile 1. gün kontrol örneğinde belirlenirken en düşük değer 4,25 log kob/g ile FT₁₀P kodlu film örneğinde 30. gün belirlenmiştir. Sonuçlar genel olarak incelendiğinde yenilebilir filmlerle kaplanmış dilim Kaşar peyniri örneklerinde 2,66 log azalma belirlenirken kontrol örneğinde bu azalma 0,56, vakum örneğinde ise 0,42 log olarak belirlenmiştir.

Varyans analizi sonuçları Tablo 45’te verildiği üzere *S. aureus* ATCC 29213 sayıları üzerinde peynir örnekleri ve depolama süresi değişkenleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunurken peynir örnekleri x olgunlaşma süresi interaksyonunu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Örneklerin *S. aureus* ATCC 29213 sayıları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 46 ve Tablo 47’de verilmiştir.

Tablo 46. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerine Ait *S. aureus* ATCC 29213 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	<i>S. aureus</i> ATCC 29213 Sayısı (log kob/g)
KP	8	5,44 ^c
VP	8	5,40 ^{bc}
FT ₁₀ P	8	5,08 ^a
FT ₅ P	8	5,23 ^{ab}
FT ₀ P	8	5,12 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Dilim Kaşar peyniri örneklerine ait *S. aureus* ATCC 29213 sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına en yüksek değer kontrol örneğinde belirlenirken en düşük değerler FT₁₀P ve FT₀P kodlu film örneğinde belirlenmiştir. Üretilen kompozit yenilebilir filmlerde %0,5 oranında nisin ilavesi film örneklerinde aynı olmakla beraber artan TGaz oranı *S. aureus* ATCC 29213 sayısı üzerinde etkili olmuştur. Bu etkinin enzim ilaveli filmlerdeki düşük su buharı ve oksijen geçirgenliğinden kaynaklanmış olabileceği ifade edilmektedir. Film yapısının düzgünleşmesi ile de nisin difüzyonunun artırmış olabileceği ileri sürülmektedir.

Tablo 47. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerinin Depolama Süresi Değişkenine Ait *S. aureus* ATCC 29213 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Süresi	n	<i>S. aureus</i> ATCC 29213 Sayısı (log kob/g)
1	10	5,54 ^c
7	10	5,39 ^{bc}
14	10	5,27 ^b
30	10	4,81 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki p<0,05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Dilim Kaşar peyniri örneklerine ait *S. aureus* ATCC 29213 sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre değerler depolamanın başlangıcından sonuna doru lineer bir şekilde azalma göstermiştir. Bu azalma depolama ile birlikte bakteri faaliyeti için uygun koşulların azalmasından kaynaklanabileceği gibi yenilebilir filmlerle kaplı dilim Kaşar peynirlerinde nisinin etkisi sonucunda da gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Doğan *et al.* (2022), limon kabuğu yağı/jelatin bazlı mikro nanolif yenilebilir filmleri ile kaplanmış dilim peynirlerde 28 gün boyunca *E. coli* ve *S. aureus* sayılarının önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir. İki patojen üzerindeki etki karşılaştırıldığında, aktif kaplama malzemelerinin *S. aureus* üzerinde *E. coli*'ye göre daha etkili olduğunu belirlemişlerdir. Bu etkiyi Gram negatif bakterilerinin Gram pozitif bakterilerde bulunmayan lipopolisakarit içeren bir dış zara sahip olması ayrıca peptidoglikandan yapılan hücre zarlarının daha kalın olması sebebiyle *E. coli* gibi Gram negatif bakterilerinin antimikrobiyallere karşı genellikle daha dirençli olması şeklinde açıklamışlardır (Burt 2004).

***E. coli* O157:H7 bakteri sayısı**

E. coli O157:H7 dünya çapında insanlarda ciddi hastalıklara neden olan gıda kaynaklı önemli bir patojendir. Sığır kaynaklı gıda ürünleri ve sığır atıkları ile kontamine taze ürünler hastalık salgınlarının en yaygın kaynaklarıdır. Sığır gastrointestinal sistemini kolonize olabilen *E. coli* O157:H7 de çevrede iyi bir şekilde hayatta kalabilmektedirler (Lim *et al.* 2010).

Yapay olarak kontamine edilmiş dilim Kaşar peyniri örneklerinde $4\pm1^{\circ}\text{C}$ ' de depolama boyunca tespit edilen *E. coli* O157:H7 sayıları Tablo 44'te verilmiştir. Tablo değerlendirildiğinde en yüksek *E. coli* O157:H7 sayısı 5,78 log kob/g ile FT₀P kodlu örnekte 1. gün belirlenirken en düşük değer FT₁₀P kodlu örnekte 30. gün belirlenmiştir. Genel olarak değerler yenilebilir film örnekleri ile kaplanan dilim Kaşar peyniri örneklerinde depolama ile birlikte doğrusal azalma ile birlikte 1 log düşüş gösterirken kontrol ve vakum örneklerinde hafif dalgalanmalar olmakla beraber sabit kalmıştır.

Varyans analizi sonuçlarına göre *E. coli* O157:H7 sayıları üzerinde peynir örnekleri arasındaki farklılık, depolama süresi ve peynir örneği x depolama süresi interaksyonunu istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 45), (Şekil 26).

Örneklerin *E. coli* O157:H7 sayıları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 48 ve Tablo 49'da verilmiştir.

Tablo 48. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerine Ait *E. coli* O157:H7 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	<i>E. coli</i> O157:H7 Sayısı (log kob/g)
KP	8	5,47 ^c
VP	8	5,45 ^c
FT ₁₀ P	8	4,99 ^a
FT ₅ P	8	5,02 ^a
FT ₀ P	8	5,22 ^b

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Dilim Kaşar peyniri örneklerine ait *E. coli* O157:H7 sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre FT₁₀P ve FT₅P kodlu dilim Kaşar peynirinde en düşük değerler tespit edilirken en yüksek değerler kontrol ve vakum ambalajlı dilim peynir örneklerinde tespit edilmiştir. Bu durum diğer patojen bakterinde olduğu gibi enzim ilavesinin filmin yapısını düzenlemesi ve dolayısı ile zincir formundaki nisin hareketini kolaylaştırması ve etki oranının artması ile açıklanabilmektedir.

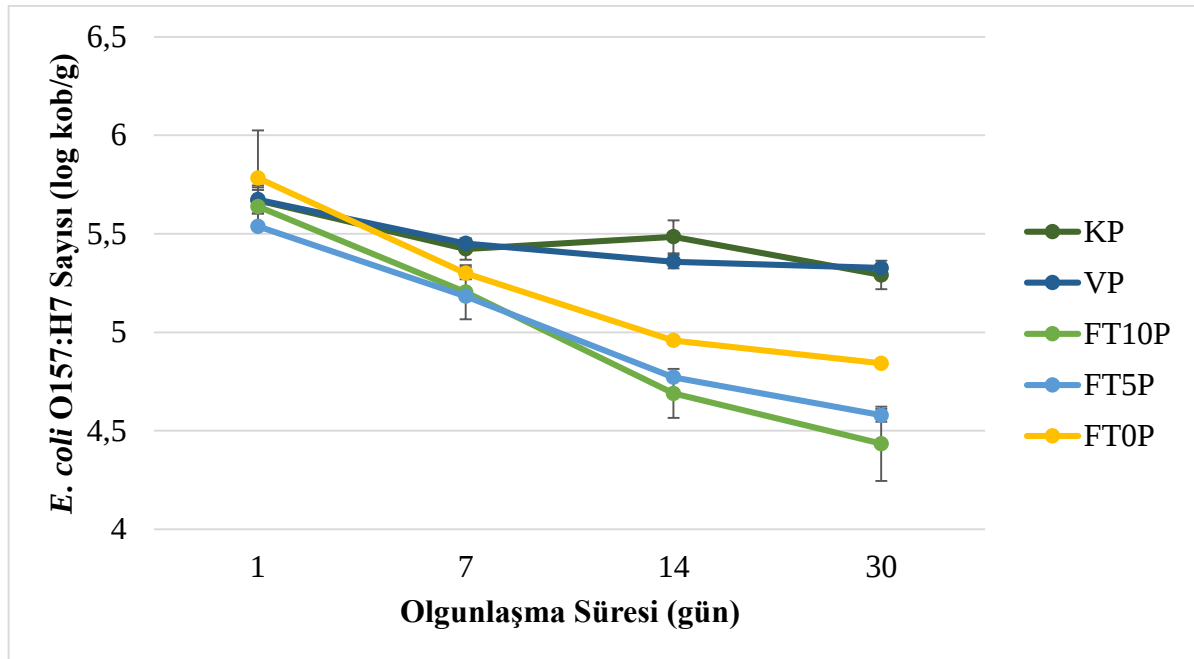
Takundwaa *et al.* (2022) ise nisin, kekik ve ultrasonun kombinasyonunun *E. coli* ve *L. monocytogenes* üzerindeki inhibisyon etkisini inceledikleri çalışmalarında *E. coli* için en yüksek (3,66 cfu/ml) logaritmik azalmayı %0,20 (v/v) kekik, 607,85 IU/g nisin and 14,98 dakika ultrasonik uygulamasında belirlemişlerdir.

Tablo 49. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerinin Depolama Süresi Değişkenine Ait *E. coli* O157:H7 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Süresi	n	<i>E. coli</i> O157:H7 Sayısı (log kob/g)
1	10	5,66 ^d
7	10	5,31 ^c
14	10	5,05 ^b
30	10	4,90 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Dilim Kaşar peyniri örneklerinin depolama süresi değişkenine ait *E. coli* O157:H7 sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre değerler 1. günden 30. güne doğru lineer bir şekilde azalma göstermişlerdir.



Şekil 26. Dilim Kaşar peyniri örneklerine ait *E. coli* O157:H7 sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisinin etkisi

Şekil 26 incelendiğinde tüm örneklerde azalma olduğu ancak bu azalmanın yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış dilim Kaşar peyniri örneklerinde daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Niaz and Imran (2021), rhamnolipid içinde enkapsüle edilen nisin *E. coli* üzerinde 10 gün boyunca inhibisyonunu incelediği çalışmalarında ilk 24 saatte 2 log cfu/ml ve bir hafta sonunda ise 5 log cfu/ml azalma tespit etmişlerdir. Zhao and Kuipers (2021) nisin Gram negatif bakterilere zayıf etki gösterdiğini ancak gümüş nitrat ile nano boyutta kaplanmış nisin Gram negatif bakterilere Gram pozitif bakterilerden daha çok etki gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Çalışmamızda ise nisin film solüsyonuna direkt ilave edilerek uygulanmıştır. Elde edilen film örnekleri ile kaplanmış dilim peyniri örneklerinde *E. coli* O157:H7 sayılarında önemli derecede azalma belirlenmiştir. Sonuçlar % inhibisyon oranı ile de uyum

göstermektedir. Film örnekleri arasındaki farklılıklar ise filmlerin bariyer özellikleri ile ilişkilendirilebilmektedirler.

***L. monocytogenes* ATCC 7644 bakteri sayısı**

Peynir örneklerinde olgunlaşma süresince tespit edilen *L. monocytogenes* ATCC 7644 bakterileri sayıları Tablo 44’te verilmiştir. Tabloya göre en yüksek *L. monocytogenes* ATCC 7644 sayısı 4,66 log kob/g ile vakum örneğinde depolamanın başlangıcında belirlenirken en düşük değerler depolamanın son günü yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış dilim Kaşar peyniri örneklerinde belirlenmiştir. Yenilebilir film örnekleri ile kaplı peynir örneklerinde 7. gün itibari ile FT₁₀P ve FT₅P kodlu peynir örneklerinde bakteri sayısı tespit limitinin altında belirlenirken FT₀P kodlu örnekte bu durum 14. günde gerçekleşmiştir. Kontrol ve vakum örneğinde ise bakteri sayısı tespit limitinin altına düşmeden nispeten giderek azalan değerler aldığı belirlenmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre *L. monocytogenes* ATCC 7644 bakteri sayıları üzerinde peynir örneği, depolama süresi ve peynir örneği x depolama süresi interaksyonunu istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 45), (Şekil 27).

Örneklerin *L. monocytogenes* ATCC 7644 bakteri sayıları ortalamalarına ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 50 ve Tablo 51’de verilmiştir.

Tablo 50. Dilim Kaşar Peyniri Örneklerine Ait *L. monocytogenes* ATCC 7644 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	<i>L. monocytogenes</i> ATCC 7644 Sayısı (log kob/g)
KP	8	4,35 ^c
VP	8	4,44 ^c
FT ₁₀ P	8	1,06 ^a
FT ₅ P	8	1,10 ^a
FT ₀ P	8	1,62 ^b

* Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Dilim Kaşar peyniri örneklerine ait *L. monocytogenes* ATCC 7644 sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en yüksek değerler kontrol ve vakum peynir örneklerinde belirlenirken en düşük değerler FT₁₀P ve FT₅P kodlu peynir örneklerinde belirlenmiştir.

Nisin içeren veya içermeyen mısır zeini bazlı suda çözünür bir kaplama formülasyonunu nektarin ve elmalarda yenilebilir kaplama olarak *L. monocytogenes*’ e karşı antimikrobiyal etkisini inceleyen araştırmacılar *L. monocytogenes* sayısını sırasıyla kaplanmamış kontrollere kıyasla 1,3 veya 1,1 log azaldığını tespit etmişlerdir (Mendes-Oliveira *et al.* 2022).

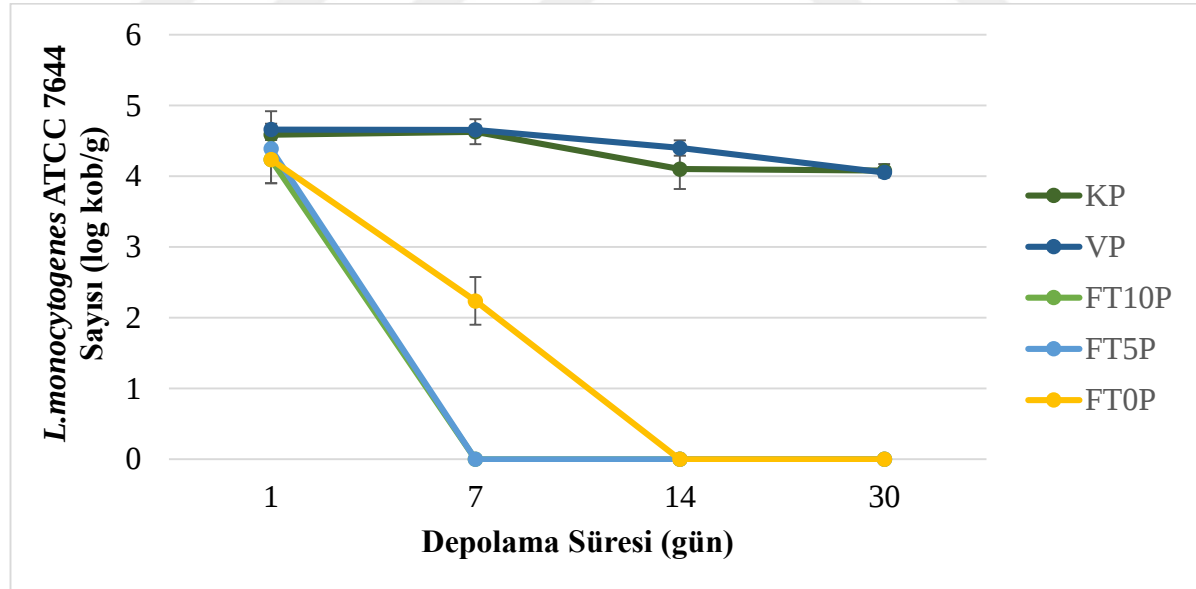
Tablo 51. Dilim Kaşar Peyniri Örnekleri Depolama Süresi Değişkenine Ait *L. monocytogenes* ATCC 7644 Sayısı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Süresi	n	<i>L.monocytogenes</i> ATCC 7644 Sayısı (log kob/g)
1	10	4,42 ^c
7	10	2,31 ^b
14	10	1,70 ^a
30	10	1,63 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Dilim Kaşar peyniri örnekleri depolama süresi değişkenine ait *L. monocytogenes* ATCC 7644 sayısı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en düşük değerler depolamanın son günleri 14 ve 30. gün belirlenirken en yüksek değerler depolamanın ilk günü belirlenmiştir. Bu etki bakteri popülasyonu gelişimini etkileyen iç ve dış faktörlere bağlanabileceği gibi yenilebilir film örneklerinin bariyer özellikleri arasındaki farklılıktan kaynaklanabileceği ifade edilebilmektedir.

Morgan *et al.* (2022), pektin bazlı, nisin ilaveli ve nisin-kalsiyum klorit ilaveli kaplamalarda antimikrobiyal aktivite belirlemiş ve tüm uygulamalarda 63 gün boyunca kontrol ile karşılaştırıldığında *L. monocytogenes* sayılarında iki ila dört log aralığına azalma tespit etmişlerdir. Çalışmamızda ise yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış dilim peyniri örneklerinde yaklaşık olarak 4 log azalma tespit edilmiştir.



Şekil 27. Dilim Kaşar peyniri örneklerine ait *L. monocytogenes* ATCC 7644 sayıları üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisinin etkisi

Şekil 27 incelendiğinde FT₁₀P ve FT₅P kodlu peynir örneklerinde depolamanın 7. günü *L. monocytogenes* ATCC 7644 sayısı tespit limitinin altına düşerken FT₀P kodlu örnekte 14. gün azalma belirlenmiştir. Kontrol ve vakumambalajlı peynir örneklerinde ise hafif azalmalarla birlikte istatistiksel olarak önemli bir azalma tespit edilmemiştir.

Guitian *et al.* (2019) yapay olara kontamine edilen peynir örneklerinde *L. monocytogenes* sayısında ilk 8 gün boyunca kontrollere kıyasla yaklaşık 1-1,5 logaritmik azalma belirlerken 10. günden itibaren, kontrollere kıyasla patojen canlılığındaki farkın arttığını ve bakteri sayısının 2 log cfu/ml' nin altındaki değerlere düştüğünü tespit etmişlerdir. Hassan and Cutter (2020) ise *L. monocytogenes* ve *S. aureus* sayısının başlangıçta 8 log10 cfu/ml olarak belirlerken nisin ve diğer antimikrobiyal ilaveli filmler ile kaplanan örneklerde 6,6 log10 cfu/ml' ye düştüğünü tespit etmişlerdir.

Çalışmamızdan elde edilen sonuca göre 7. ve 14. günlerde tespit limitinin altında değerler elde edilmesi yenilebilir film örneklerinde literatüre kıyasla üstün antimikrobiyal etkili film olabileceği ileri sürülmüştür.

Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Tekstür Profil Analizi Sonuçları

Olgunlaştırma süresince Kaşar peyniri örneklerinde yapılan tekstür profil analizi (TPA) sonucu elde edilen sertlik, yapışkanlık, kohesivlik, elastikiyet değerlerine ait ortalamalar Tablo 52'de, varyans analiz sonuçları ise Tablo 53'te verilmiştir.

Tablo 52. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Süresince Belirlenen Tekstür Değerlerine Ait Ortalamalar

Tekstürel Özellikler	Peynir Örnekleri	Olgunlaşma Süresi (Gün)			
		5	30	60	90
Sertlik (g) (Hardness)	KP	1055,83±42,39	2421,02±4,73	2959,48±25,92	5739,11±53,87
	VP	939,01 ±22,67	993,15±3,23	944,19±9,36	1129,96±4,94
	FT ₁₀ P	922,83 ±13,94	2236,29±28,48	2479,46±22,10	4659,68±69,79
	FT ₅ P	1260,64±31,02	2166,21±31,59	2072,84±2,08	4453,78±13,44
	FT ₀ P	1104,17±13,38	1942,03±16,07	2854,25±6,86	5146,93±12,38
Dış yapışkanlık (g.sn) (Adhesiveness)	KP	80,43±0,14	77,00±8,63	74,00±0,51	66,20±3,06
	VP	74,70±0,39	92,10±1,97	74,75±0,22	94,36±1,39
	FT ₁₀ P	72,42±2,82	70,57±0,49	76,26±0,19	75,69±2,62
	FT ₅ P	72,11±0,16	90,62±0,31	75,81±0,05	74,88±2,60
	FT ₀ P	72,89±2,75	85,08±2,13	77,06±0,01	71,46±0,71
Elastikiyet (Springiness)	KP	0,454±0,001	0,342±0,014	0,403±0,004	0,317±0,007
	VP	0,446±0,011	0,417±0,019	0,408±0,013	0,384±0,004
	FT ₁₀ P	0,454±0,002	0,324±0,014	0,419±0,001	0,331±0,002
	FT ₅ P	0,475±0,003	0,324±0,011	0,415±0,001	0,215±0,000
	FT ₀ P	0,548±0,009	0,329±0,004	0,424±0,001	0,337±0,007
İç yapışkanlık (Cohesiveness)	KP	0,350±0,006	0,279±0,006	0,256±0,006	0,237±0,134
	VP	0,336±0,001	0,334±0,015	0,280±0,001	0,265±0,001
	FT ₁₀ P	0,336±0,002	0,295±0,008	0,280±0,001	0,231±0,002
	FT ₅ P	0,350±0,006	0,261±0,011	0,272±0,000	0,232±0,024
	FT ₀ P	0,311±0,013	0,241±0,003	0,267±0,001	0,256±0,001

*Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 53. Kaşar Peyniri Örnekleri Tekstür Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD Değeri	F Değeri			
		Sertlik (g) (Hardness)	Dış yapışkanlık (g.sn) (Adhesiveness)	Elastikiyet (Springiness)	İç yapışkanlık (Cohesiveness)
Örnek (A)	4	6683,321**	21,547**	62,117**	17,396**
Olgunlaşma Süresi (B)	3	23525,999**	23,891**	714,876**	203,413**
AxB	12	1497,299**	15,366**	48,371**	10,347**
Hata	20				
Genel	40				

* p<0,05 düzeyinde önemli, **p<0,01 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Tablo 53'te görüldüğü gibi olgunlaşma süresi, peynir örnekleri ve peynir örnekleri x olgunlaşma süresi değişkeni TPA parametrelerinin (sertlik, yapışkanlık, kohesivlik ve elastikiyet) tamamını çok önemli (p<0,01) düzeyde etkilemiştir.

Sertlik (Hardness)

Sertlik; bir gıda maddesinin uygulanan dış etkenlere karşı koyabilme gücü olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle katı gıda maddelerinin dişler arasında ve yarı katı gıdaların ise damak ve dil arasında oluşan basınca karşı koyabilmesi için gerekli olan gücü ifade etmektedir (Ertaş ve Doğruer 2010).

Çalışma kapsamında Kaşar peyniri örneklerinden elde edilen sertlik değerleri 922,83-5739,11 g aralığında belirlenmiş olup en düşük değer olgunlaştırmanın başlangıcında FT₁₀P kodlu peynir örneğinde belirlenirken en yüksek değer olgunlaştırmanın son gününde kontrol (kaplamasız) peynir örneğinde belirlenmiştir (Tablo 52). Literatürde sert ve yarı sert peynir örneklerinde yapılan çalışmalarda bu değer Çelebi ve Şimşek (2020) tarafından 39,49-404,91 N, Yalçın *et al.* (2021) tarafından 1816,25-5995,80 g, Leandro *et al.* (2021) tarafından 9,58-17,30 N, Joseph *et al.* (2022) tarafından ise 15,98-21,34 kg aralığında belirlenmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre peynir örnekleri sertlik değerleri üzerinde peynir örneği, olgunlaştırma süresi ve peynir örneği x olgunlaştırma süresi interaksyonu istatistiksel olarak p<0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 53), (Şekil 28).

Örneklerin sertlik değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 54 ve Tablo 55'de verilmiştir.

Tablo 54. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Sertlik Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Sertlik (g)
KP	16	3043,86 ^e
VP	16	1001,58 ^a
FT ₁₀ P	16	2574,56 ^c
FT ₅ P	16	2488,37 ^b
FT ₀ P	16	2761,84 ^d

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Tablo 54'e göre peynir örnekleri arasında sertlik değerleri $p < 0,05$ düzeyinde farklı olarak belirlenmiştir. En yüksek sertlik değerleri kontrol örneğinde belirlenirken, en düşük değerler vakum ambalajlı peynir örneklerinde belirlenmiştir. Yenilebilir film örnekleri ile kaplanan Kaşar peynirleri sertlik değerleri arasındaki farklılık yenilebilir filmlerin fizikokimyasal özellikleri ile ilişkilendirilebilmektedir. Enzim ilaveli yenilebilir filmlerle kaplanmış peynir örneklerinde enzim ilavesiz filmlerle kaplanmış peynir örneklerine göre daha düşük sertlik değerleri belirlenmiştir. Bu durum enzim ilavesinin yenilebilir filmlerin özelliklerini (nem ve gaz geçişi vb.) iyileştirmesi ile açıklanabilmektedir.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçların aksine Yalçın *et al.* (2020) kaplamalı peynir örneklerinde kaplamasız peynir örneklerine kıyasla daha yüksek sertlik değerleri belirlemişlerdir. Bu sonucu kaplanmış örneklerde olgunlaşmasının azalmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Kaplamala ile mikroorganizmaların kontamine yüzeylerden peynirin iç kısmına geçişinin engellendiğini ve sonuç olarak azalan olgunlaşma ile artan sertlik değerlerinin tespit edildiğini ifade etmişlerdir.

Artiga-Artigas *et al.* (2017) nanoemülsiyon kaynaklı yenilebilir filmlerle peynir örneklerini kapladıkları çalışmada, sertlik değerlerinin kaplanmış peynir örneklerinde kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar peynirde sertliğin su kaybı ve proteolizin bir sonucu olarak zamanla arttığını ve yenilebilir filmlerin bariyer özelliklerinden dolayı kullanımının peynirin yumuşaklığını sürdürmesinde etkisinin olduğunu ifade etmişlerdir.

Ayrıca Zhong *et al.* (2014) ve Kavas ve Kavas (2016) yaptıkları çalışmalarda yenilebilir film ile kaplamanın peynirin sertlik değerlerinin kontrol peynir örneklerine kıyasla daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Mileriene *et al.* (2021) elde ettikleri yenilebilir filmlerle lor peynirini kaplayarak 31 gün boyunca depoladıkları çalışmada vakum ambalajlı peynir örneklerinde daha düşük sertlik değerleri tespit etmişlerdir. Vakum ambalaj uygulanmayan sadece yenilebilir filmler ile kaplanmış peynir örneklerinde artan sertlik değerlerini azalan nem içeriği (artan kurumadde) ile açıklamışlardır. Leandroa *et al.* (2021) ise Coalho peynirinde 21

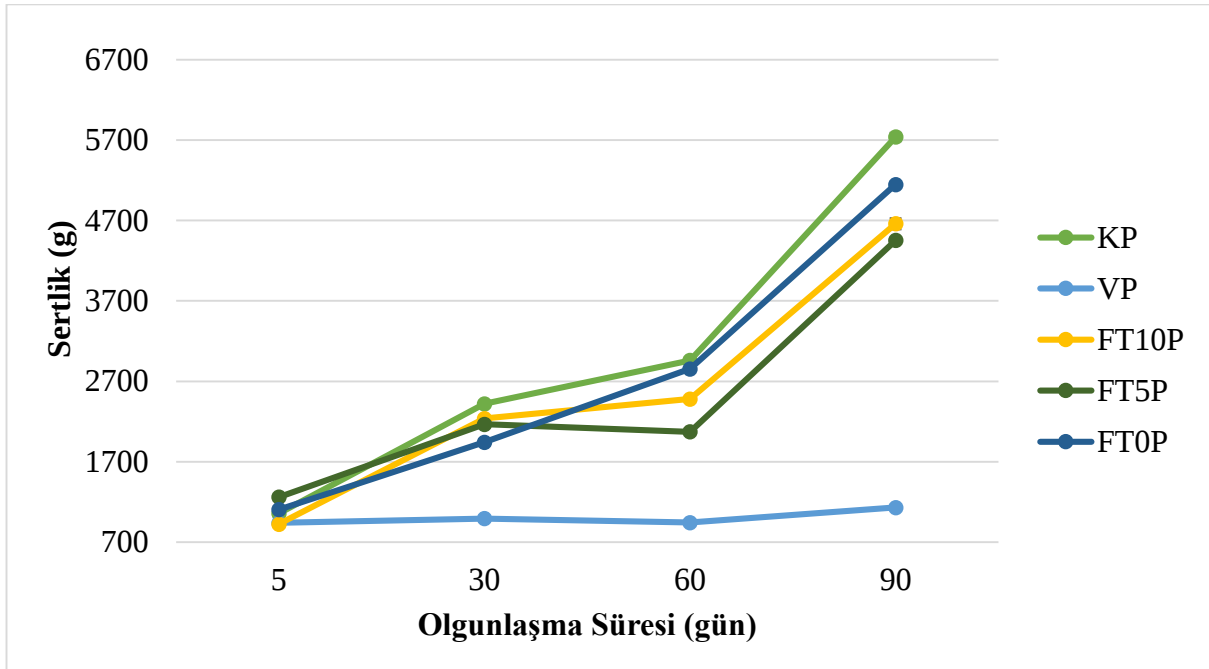
günlük depolama boyunca en düşük sertlik değerlerini kaplamasız peynir örneklerinde belirlemişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler literatür ile bu bağlamda uyum göstermektedir.

Tablo 55. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Sertlik Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi (gün)	n	Sertlik (g)
5	20	1056,50 ^a
30	20	1951,74 ^b
60	20	2262,04 ^c
90	20	4225,90 ^d

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerinin olgunlaşma sürelerine ait sertlik değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına (Tablo 55) göre olgunlaşma süresi ile birlikte Kaşar peyniri örneklerinin sertlik değerlerinde artış tespit edilmiştir. Bu artış olgunlaşmanın ilk gününden son gününe doğru lineer bir şekilde ilerleyerek olgunlaştırma süresi boyunca istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir. Mileriene *et al.* (2021) elde ettikleri yenilebilir filmlerle lor peynirini kaplayarak 31 gün boyunca depoladıkları çalışmada depolamanın son gününde peynir örnekleri sertlik değerleri arasında $p < 0,05$ düzeyinde farklılık belirlemişlerdir.



Şekil 28. Kaşar peyniri örneklerine ait sertlik değerleri peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksiyonunun etkisi

Şekil 28'ye göre olgunlaşma ile artan sertlik değerleri belirlenmiştir. Bu artış vakum ambalajda en düşük seviyede seyrederken kaplamasız kontrol peynir örneklerinde ise en yüksek seviyede belirlenmiştir. Joseph *et al.* (2022), kaplanmış peynir örnklerinde depolama ile artan değerler tespit ederken bu durumu kaplamanın nem geçişi üzerindeki koruyucu etkisine atfetmişlerdir. Ceylan and Atasoy (2022) depolamanın sonunda kaplanmış peynir örneklerinde kaplamasız örneklerine göre daha düşük sertlik değerleri tespit etmişlerdir. Ayrıca Nottagh *et al.* (2020), Ramos *et al.* (2012) ve Cerqueira *et al.* (2010) çalışmalarında peynirin sertliğinin olgunlaşma sırasında arttığını ifade etmişlerdir. Çalışma sonuçlarımız literatür ile bu bağlamda uyum göstermektedir.

Dış yapışkanlık (Adhesiveness)

Dış yapışkanlık (adhesiveness); gıda maddesinin yüzeyi ile gıdaların ilişkide olduğu dil, diş, damak gibi yüzeyler arasındaki çekim kuvvetlerine karşı koymak için gerekli olan gücü ifade etmektedir (Ertaş ve Doğruer 2010). Bir diğer ifade ile gıda yüzeyi ve gıda ile temas halinde olan diğer yüzeylerin (örneğin dil, diş, damak) arasındaki çekim kuvvetlerinin üstesinden gelmek için gereken kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Yalçın *et al.* 2021).

Kaşar peyniri örneklerine ait dış yapışkanlık değerleri Tablo 52' de verilmiştir. Veriler incelendiğinde en düşük dış yapışkanlık değeri 72,11 g.sn ile olgunlaşmanın başlangıcında FT5P kodlu Kaşar peyniri örneğinde belirlenirken en yüksek değer olgunlaşmanın son gününde 94,36 g.sn ile vakum örneğinde belirlenmiştir. Yalçın *et al.* (2021) yenilebilir filmlerle kapladığı Kaşar peyniri örneklerinde bu değeri 5,74-84,93 g.sn olarak belirlemişlerdir. Joseph *et al.* (2022), geleneksel himalaya geleneksel peyniri Kalari peynirinin raf ömrünü artırmak amacıyla çam özütü ilaveli balmumu ile kaplama yaptıkları çalışmada dış yapışkanlık değerlerini 28,95-44,36 g.sec olarak belirlemişlerdir. Çelebi ve Şimşek (2020) ise Kaşar peyniri örneklerinde adhesiveness değerlerini olgunlaştırmanın başlangıcında 33,88-643,89 g.sec olarak belirlerken 90. gün 74,20-538,52 g.sn aralığında belirlemişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre peynir örnekleri dış yapışkanlık değerleri üzerinde peynir örneği, olgunlaştırma süresi ve peynir örneği x olgunlaştırma süresi interaksyonu istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 53), (Şekil 29).

Örneklerin yapışkanlık değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 56 ve Tablo 57'de verilmiştir.

Tablo 56. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Dış Yapışkanlık Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Dış Yapışkanlık (g.sn)
KP	16	74,41 ^{ab}
VP	16	83,98 ^d
FT ₁₀ P	16	73,74 ^a
FT ₅ P	16	78,35 ^c
FT ₀ P	16	76,62 ^{bc}

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait dış yapışkanlık değerleri Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına (Tablo 56) göre istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek dış yapışkanlık değeri vakum ambalajlı peynir örneğinde belirlenirken en düşük değer FT₁₀P kodlu peynir örneğinde belirlenmiştir. Peynir örneklerinin yüzey yapışkanlığının azalması, örnek yüzeyinin zamanla nemini kaybederek daha kuru hale gelmesine bağlanabilir (Yalçın *et al.* 2021). Daha yüksek nem içeriğine sahip vakum örneğinde değerin yüksek belirlenmesi bu duruma atfedilebilmektedir.

Ceylan and Atasoy (2022), blok tip peynirlerinde kaplama işleminin peynir örneklerinde dış yapışkanlık değerlerini önemli ölçüde etkilemediğini belirterek peynirde yapışkanlık değerlerindeki değişiminin genellikle proteoliz gibi biyokimyasal olaylarla ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Öte yandan peynir örnekleri üzerinde gelişen mikroorganizmaların ve yüzeydeki proteinleri hidrolize eden maya ve küflerin açığa çıkardıkları parçalanma ürünleriyle yüzeyde yapışkan bir tabaka oluşturmaları dış yapışkanlık değerini artırdığı söylenebilmektedir (Yalçın *et al.* 2021). FT₁₀P kodlu peynir örneğinde olgunlaştırma boyunca bakteri sayısının diğer örneklerle nispeten düşük olması ve bu nedenle dış yapışkanlık değerinin düşük olduğu söylenebilmektedir.

Koca and Metin (2004) ise Kaşar peyniri örneklerinin yağ içeriğinin peynirlerin dış yapışkanlık değerlerini etkilediğini, azalan yağ oranının dış yapışkanlık değerini de azalttığını ifade etmişlerdir. FT₁₀P kodlu örnekte düşük dış yapışkanlık değeri yenilebilir filmlerle kaplanmış diğer peynir örneklerine kıyasla az yağ içeriğine sahip olması ile açıklanabilmektedir.

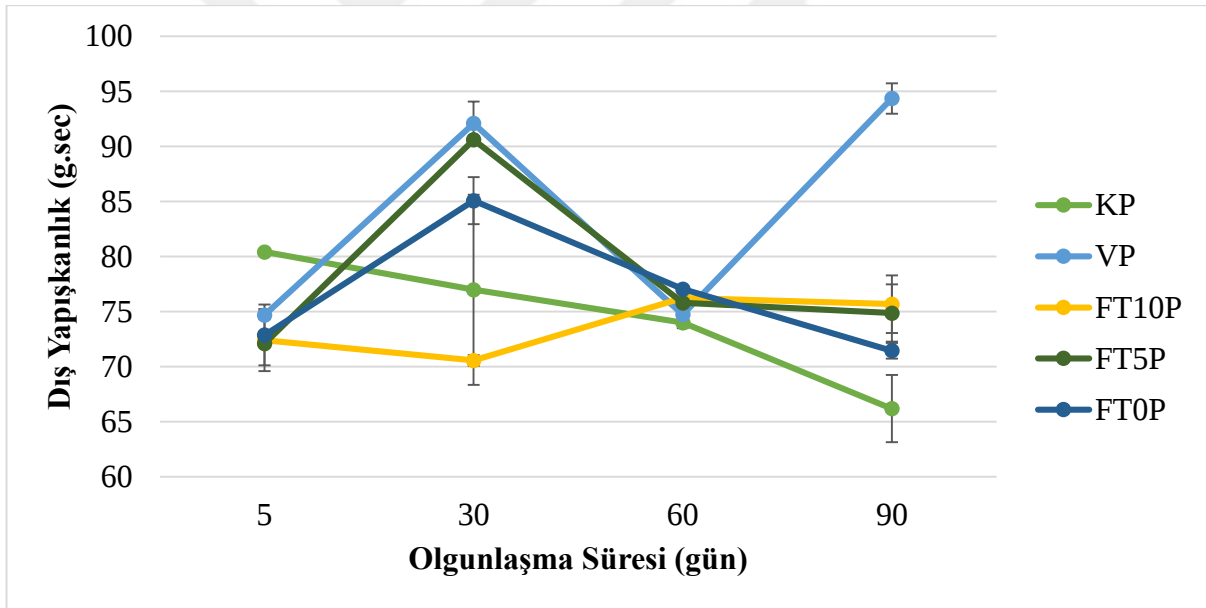
Tablo 57. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Yapışkanlık Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi (Gün)	n	Dış Yapışkanlık (g.sn)
5	20	74,51 ^a
30	20	83,07 ^b
60	20	75,57 ^a
90	20	76,52 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerinin olgunlaşma sürelerine ait yapışkanlık değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre en yüksek yapışkanlık değeri olgunlaşmanın 30. gününde belirlenirken olgunlaşmanın diğer günlerinde dış yapışkanlık değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olarak tespit edilmiştir. 30. gün dış yapışkanlık değerindeki artış genel olarak peynir örneklerinin 30. gün bakteri sayılarındaki artışa atfedilebilmektedir.

Yalçın *et al.* (2021), depolama ile birlikte azalan dış yapışkanlık değerleri tespit etmişlerdir. En düşük dış yapışkanlık değerleri karbonhidrat esaslı bir kaplama olan kitosan ile kaplanmış peynirlerde elde ettikleri çalışmada kitosan bazlı film ile kaplanmış peynirlerde maya ve küf sayısının da diğer örneklerle kıyasla daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Joseph *et al.* (2022) farklı oranlarda çam özütü içeren balmumu ile kaplanmış Kalari peynirlerinde depolama ile azalan dış yapışkanlık değerleri elde etmişlerdir. Kaplamasız kontrol grubunda 14 günlük depolama ile peynir örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli fark belirlenemezken kaplamalı peynir örnekleri arasında $p<0,05$ düzeyinde farklılıklar belirlemişlerdir.



Şekil 29. Kaşar peyniri örneklerine ait dış yapışkanlık değerleri peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisinin etkisi

Şekil 29 incelendiğinde VP, FT₅P ve FT₀P örneklerinde 90. gün artış belirlenirken 60. gün azalma belirlenmiştir. Vakum ambalajlı Kaşar peyniri örneklerinde olgunlaşmanın sonuna kadar maya tespit edilmesi örneklerin dış yapışkanlık değerlerinde artışa neden olmuştur yorumu yapılabilmektedir. Kontrol ve FT₀P örneklerinde 30. günden sonra sürekli azalma ise peynir örneklerinin diğer örneklerle kıyasla fazla nem kaybetmesi diğer bir ifade ile yüksek kurumadde içeriği ile açıklanabilmektedir. Diğer taraftan olgunlaştırmanın son gününde FT₁₀P,

FT₅P ve FT₀P örneklerinin sabit kalan ya da azalan dış yapışkanlık değeri peynir örneklerinde maya belirlenmesine atfedilebilmektedir.

Ceylan and Atasoy (2022) blok tip peynir örneklerinin, Çelebi ve Şimşek (2020) olgunlaştırma ile Kaşar peyniri örneklerinin dış yapışkanlık değerlerinde artış belirlemişlerdir. Eroğlu *et al.* (2015) kaşar peyniri örneklerinde dış yapışkanlık değerlerini olgunlaşmanın başlangıcında 75-61 g.sn aralığında belirlerken olgunlaştırma ile değerlerin 14,5-5,90 g.sn olarak değiştiğini ifade etmişlerdir. Mevcut literatür çalışmaları elde ettiğimiz sonuçlar ile uyum göstermektedir.

Elastikiyet (Springiness)

Gıda maddesinde herhangi bir etkiden sonra oluşan şekil bozukluğunun etki kaldırıldığında kaybolması elastikiyet olarak ifade edilmektedir (Ertaş ve Doğruer 2010). IDF (1991)' e göre ise esneklik (mm); 2. sıkıştırma uzunluğu / 1. sıkıştırma uzunluğu (L₂/L₁) olacak şekilde belirlenmektedir.

Olgunlaştırma süresince Kaşar peyniri örneklerinde yapılan tekstür profil analizi (TPA) sonucu elde edilen elastikiyet değerlerine ait ortalamalar Tablo 52'de verilmiştir. Elde edilen verilere göre Kaşar peyniri örnekleri elastikiyet değerleri 0,215-0,548 aralığında belirlenmiştir. En yüksek değer olgunlaştırmanın başlangıcında FT₀P kodlu peynir örneğinde belirlenirken en düşük değer dolgunlaştırmanın sonunda FT₅P kodlu peynir örneğinde belirlenmiştir. Tüm değerler incelendiğinde olgunlaşma ile azalan artan değerler belirlenmiş olup başlangıç sayısına göre olgunlaştırma sonunda başlangıca nazaran azalan değerler tespit edilmiştir. Youssef *et al.* (2019) peynir örneklerine yenilebilir filmlerle uyguladıkları kaplama işlemi ile 0,69-0,82, Mileriene *et al.* (2021) ise 0,95-1,41 aralığında elastikiyet değeri tespit etmişlerdir. Koca and Metin (2004) düşük yağlı ve farklı yağ ikame maddeleri kullandıkları çalışmalarında Kaşar peyniri örneklerinde elastikiyet değerlerini 0,270-0,559 aralığında tespit etmişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre peynir örnekleri elastikiyet değerleri üzerinde peynir örneği, olgunlaştırma süresi ve peynir örneği x olgunlaştırma süresi interaksyonu istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 53), (Şekil 30).

Örneklerin yapışkanlık değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 58 ve Tablo 59 verilmiştir.

Tablo 58. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Elastikiyet Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Elastikiyet
KP	16	0,379 ^b
VP	16	0,413 ^c
FT ₁₀ P	16	0,382 ^b
FT ₅ P	16	0,357 ^a
FT ₀ P	16	0,410 ^c

* Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait elastikiyet değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına (Tablo 58) göre örnekler arasında istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde farklılıklar belirlenmiştir. Tabloya göre en düşük değerler FT₅P kodlu örneklerde belirlenirken en yüksek değerler VP ve FT₀P örneklerinde belirlenmiştir.

Ceylan and Atasoy (2022) kaplamasız örneklerde kaplamalı örneklerle kıyasla düşük elastikiyet değerleri tespit etmişlerdir. Delgado *et al.* (2011), elastikiyet değerlerinin azalmasının nem oranının düşmesi ve yağ oranının artmasına bağlı olduğunu ileri sürmüşlerdir. FT₀P kodlu örneklerde yüksek elastikiyet değerleri bu ifade ile açıklanabilmektedir. Vakum örneğindeki yüksek elastikiyet değeri ise olgunlaşma indeksinin yüksek olması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

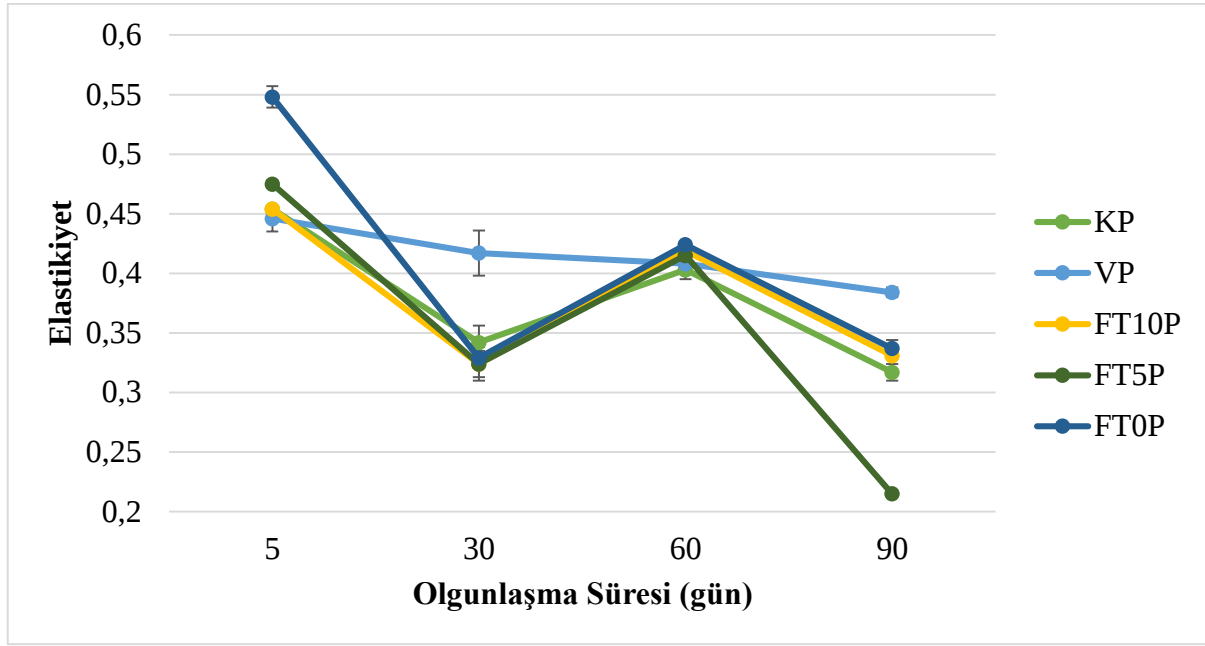
Topçu *et al.* (2020) Peynirde elastikiyet değerlerini etkileyen başlıca faktörlerin protein hidrolizi, serbest suyun azalması ve süt yağının katılaşmasına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmalarında TGaz ile muamele edilen peynirlerin elastikiyet değerlerindeki sınırlı değişimlerin, bu peynirlerde TGaz ile sınırlı proteoliz ile ilişkili olabileceğini ifade etmişlerdir. FT₁₀P kodlu örnekte FT₅P kodlu örneğe kıyasla daha yüksek elastikiyet belirlenmesi bu çalışmaya atfedilebilir. Bu durumun aksine FT₀P peynir örneğinde ise TGaz ilavesiz kaplama kullanılması ve daha yüksek elastikiyet değeri tespiti olgunlaştırma boyunca yüksek mikroorganizma sayısına sahip olması ve dolayısı ile yapısındaki proteinin hidrolizi ile açıklanabilmektedir. Koca and Metin (2004) tam yağlı Kaşar peyniri örneklerinde düşük yağlı örneklerle kıyasla daha düşük elastikiyet değerleri tespit etmişlerdir.

Tablo 59. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Elastikiyet Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi (Gün)	n	Elastikiyet
5	20	0,476 ^d
30	20	0,347 ^b
60	20	0,413 ^c
90	20	0,317 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,01$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerinin olgunlaşma sürelerine ait elastikiyet değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına (Tablo 59) göre olgunlaşma süreleri arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinde farklılık tespit edilmiştir. Tabloya göre kaşar peyniri örneklerinde olgunlaşma ile azalan elastikiyet değerleri belirlenmiştir. Ceylan and Atasoy (2022), esneklik değerinin, peynirlerde emülsiyon durumu ve proteine bağlı olduğunu belirterek depolama ile birlikte peynir örnekleri elastikiyet değerlerinde hafif azalma tespit etmişlerdir. Awad *et al.* (2002), Çavuş *et al.* (2021) blok tipi işlenmiş peynir örneklerinin elastikiyet değerlerinin zamanla azaldığını belirtmişlerdir.



Şekil 30. Kaşar peyniri örneklerine ait elastikiyet değerleri peynir örneği x olgunlaşma süresi etkisinin etkisi

Şekil 30 incelendiğinde vakum örneği lineer bir azalma gösterirken diğer peynir örneklerinde 30. gün azalma 60. gün artma ve sonuç olarak 90. gün azalma ile başlangıç sayısına nazaran düşük elastikiyet değerleri ile olgunlaşma sonlanmıştır. Topçu *et al.* (2020) peynir örneklerinde serbest suyun azalması, kurumadde içeriğinin artması sonucunda elastikiyet değerlerinde azalma tespit etmişlerdir. Eroğlu *et al.* (2015) ise Kaşar peynirinde olgunlaşma süresince elastikiyet ve iç yapışkanlık değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir.

Yalçın *et al.* (2021), depolama boyunca kontrol, sodyum kazeinat ve kitosandan elde edilen yenilebilir filmlerle kaplanmış peynir örneklerinde azalan elastikiyet değerleri tespit ederken sodyum kazeinat TGaz ilaveli yenilebilir film örnekleri ile kaplanan peynir örneğinde artış belirlemişlerdir. Bu durumu TGazın proteinler arası çapraz bağlanma ile daha esnek yenilebilir film eldesine ve daha esnek filmle kaplanan peynir örneklerinde daha yüksek elastikiyet yapı elde edilmesine bağlamışlardır.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara benzer şekilde Yaşar and Güzeler (2011), kaşar peynirinin elastikiyet değerlerinin 90 günlük depolama sonunda 0.82 olan başlangıç değerinden 0.70'e düştüğünü bildirmişlerdir. Aynı şekilde Joseph *et al.* (2022) olgunlaşma ile kaplanmış Kalari peynirlerinde azalan elastikiyet değerleri tespit etmişlerdir.

İç yapışkanlık (Cohesiveness)

Kohesivlik değeri ürün yapısının bozulma oranını gösteren bir parametredir. Duyusal olarak ürün ısırıldığında, kopmadan önce yapıda meydana gelen deformasyon miktarını göstermektedir. Başka bir ifade ile tekstür profil analizi ile belirlenen kohesivlik değeri, peynir kütesindeki elementler ile peynirin yapısını oluşturan iç bağların gerilme mukavemeti arasındaki etkileşiminin bir fonksiyonu olup iç bağların kuvvetini veya direncini ifade etmektedir (Ertaş and Doğruer, 2010; Yalçın *et al.* 2021).

Olgunlaştırma süresince Kaşar peyniri örneklerinde yapılan tekstür profil analizi (TPA) sonucu elde edilen kohesivlik değerlerine ait ortalamalar Tablo 52'de verilmiştir. Tabloya göre peynir örneklerine ait kohesivlik değeri en düşük 0,231 ile olgunlaşmanın son günü FT₁₀P kodlu peynir örneğinde belirlenirken en yüksek kohesivlik değeri (0,350) olgunlaşmanın ilk günü kontrol ve FT₅P kodlu örnekte belirlenmiştir. Yalçın *et al.* (2021) yaptıkları çalışmada bu değeri 0,66-0,88, Leandro *et al.* (2021) ise 0,51-0,66, Joseph *et al.* (2022) 0,53-0,95 aralığında belirlemiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre peynir örnekleri iç yapışkanlık değerleri üzerinde peynir örneği, olgunlaştırma süresi ve peynir örneği x olgunlaştırma süresi interaksyonu istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 53), (Şekil 31).

Örneklerin yapışkanlık değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 60 ve Tablo 61'de verilmiştir.

Tablo 60. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait İç Yapışkanlık Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	İç yapışkanlık
KP	16	0,280 ^b
VP	16	0,304 ^c
FT ₁₀ P	16	0,284 ^b
FT ₅ P	16	0,277 ^b
FT ₀ P	16	0,269 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait kohesivlik değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına (Tablo 60) göre örnekler arasında istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir. Tabloya göre en yüksek kohesivlik değerleri vakum örneğinde belirlenirken en düşük değerler FT₀P kodlu örnekte belirlenmiştir. Belirlenen değerlerin aksine Mileriene *et al.* (2021) vakum ambalajın kohesivlik değerlerini etkilemediğini ($p>0,05$) ifade etmişlerdir. Yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış Kaşar peyniri örnekleri arasında da farklılık belirlenerek bu farklılığın enzimli enzimsiz filmlerle kaplanan örnekler arasında olduğu, enzim kullanılan film örnekleri ile kaplanan peynir örneklerinde daha yüksek, daha güçlü iç bağlar tespit edildiği ifade edilebilmektedir. Topçu *et al.* (2020) farklı oranlarda TGaz enzimi kullanarak Kaşar peyniri ürettikleri çalışmalarında artan enzim oranı ile peynir örneklerinde artan kohesivlik belirlerken depolama ile iç bağların direncinde (kohesivlik) hafif azalma tespit etmişlerdir.

Olgunlaştırma süresi ile proteoliz ve lipoliz seviyelerinde belirlenen artış (kazeinin parçalanması) iç yapışkanlık değerinde azalmaya sebep olmaktadır (Delgado *et al.* 2011). Koca and Metin, (2004) peynirde kurumadde oranı ile iç yapışkanlık (cohesiveness) arasında negatif yönde bir korelasyon bulunduğunu ifade etmişlerdir. Çelebi ve Şimşek (2020), Yaşar (2007), Eroğlu *et al.* (2015) ise Kaşar peyniri örneklerinde olgunlaşma boyunca yaptıkları tekstür analizine göre olgunlaşma ile azalan kohesivlik değerleri tespit etmişlerdir. Koca and Metin (2004) düşük yağlı Kaşar peyniri örneklerinde tam yağlı örneklere kıyasla daha yüksek kohesivlik değerleri tespit etmişler ancak bu durum istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0,05$) belirtmişlerdir.

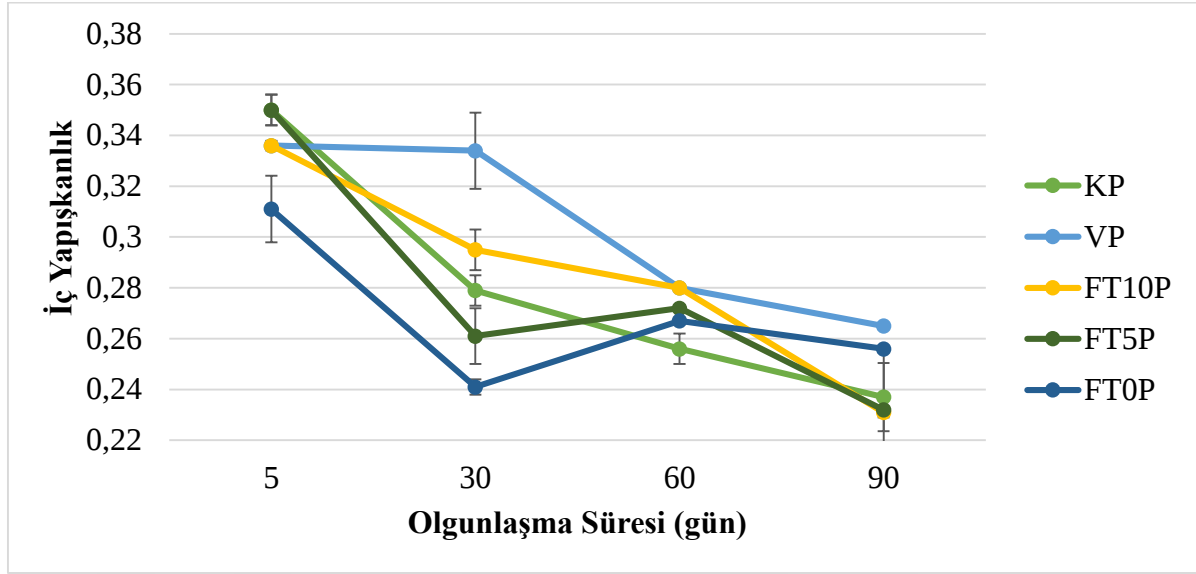
Tablo 61. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Kohesivlik Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi (Gün)	n	İç yapışkanlık
5	20	0,337 ^d
30	20	0,282 ^c
60	20	0,270 ^b
90	20	0,244 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerinin olgunlaşma sürelerine ait kohesivlik değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına (Tablo 61) göre depolama süreleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinde belirlenmiştir. Tabloya göre peynir örneklerinin kohesivlik değerlerinde olgunlaşma süresi ile doğrusal bir şekilde azalma belirlenmiştir. Leandro *et al.* (2021) kaplamalı ve kaplamasız peynir örnekleri kohesivlik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit etmemişlerdir. Ceylan and Atasoy (2022) depolama

sonunda fonksiyonel yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış blok tip peynir örneklerinin kohesivlik dğerlerinde hafif azalma belirlemişlerdir.



Şekil 31. Kaşar peyniri örneklerine ait iç yapışkanlık dğerleri üzerine örnek x olgunlaşma süresi interaksiyonu

Şekil 31 incelendiğinde olgunlaştırmanın 30. gününde vakum örneğinin kohesivlik dğerinde artma belirlenirken diğör örneklerde ise azalma tespit edilmiş ve 60. gün FT5P ve FT0P örneklerinde artış belirlenmiştir. Genel olarak olgunlaştırmanın son günü ilk güne kıyasla düşük kohesivlik dğerleri belirlenmiştir. Joseph *et al.* (2022) kaplanmış örneklere kontrol örneğine kıyasla yüksek kohesivlik dğerleri belirlerken depolama ile azalan dğerler ($p<0,05$) tespit etmişlerdir.

Leandro *et al.* (2021) ise filmle kaplama ve depolamanın peynir örneklerinde kohesivlik dğerlerini etkilemediğini ($p>0,05$) ifade etmişlerdir. Sahan *et al.* (2008), Yaşar and Güzeler (2011) ve Yalçın *et al.* (2021) çalışmamıza paralel olarak olgunlaşmayla azalan dğerler tespit etmişlerdir. Yalçın *et al.* (2021) kaplamalı ve kaplamasız Kaşar peyniri örnekleri kohesivlik dğerlerinde depolamanın 30. günü artış belirlerken ardından başlangıç dğerinin altına düştüğünü ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada en düşük dğerleri olgunlaşmanın en çok olduğu kaplamasız peynir örneklerinde belirlemişlerdir. Aynı araştırmacılar kohesivlik dğerindeki düşüşü, enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar nedeniyle peynirdeki bileşenler arasındaki etkileşimlerin ve bağların azalması ile ilişkilendirmişlerdir. Çalışmamızdaki azalan kohesivlik dğerleri de olgunlaşma ile artan proteoliz ve lipoliz gibi parçalanma reaksiyonlarına atfedilebilmektedir.

Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Duyusal Analiz Sonuçları

Olgunlaştırma süresince Kaşar peyniri örneklerinde yapılan duyusal analiz sonucunda elde edilen görünüş, tekstür, tat ve koku, acılık ve genel kabul edilebilirlik değerlerine ait ortalamalar Tablo 62’de, duyusal özelliklere ait varyans analiz sonuçları ise Tablo 63’de verilmiştir.

Tablo 62. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Süresince Belirlenen Duyusal Analiz Sonuçları

Duyusal Özellikler	Peynir Örnekleri	Olgunlaşma Süresi (Gün)			
		5	30	60	90
Görünüş	KP	8,48±0,18	5,50±0,71	5,83±0,47	5,94±0,08
	VP	8,75±0,07	7,29±0,20	7,83±0,24	8,17±0,24
	FT ₁₀ P	8,68±0,03	6,29±0,81	6,33±0,12	5,83±0,08
	FT ₅ P	8,75±0,07	6,21±1,11	7,40±0,14	6,11±0,16
	FT ₀ P	8,70±0,14	5,93±0,91	5,58±0,35	6,44±0,16
Tekstür	KP	7,95±0,21	4,50±1,31	5,17±0,71	4,94±0,24
	VP	7,75±0,07	7,00±1,01	7,38±0,41	8,00±0,79
	FT ₁₀ P	7,80±0,28	5,79±0,51	5,00±0,12	5,06±0,24
	FT ₅ P	7,50±0,00	6,00±0,81	6,95±0,21	5,11±0,16
	FT ₀ P	7,85±0,21	5,86±1,01	5,21±0,77	4,72±0,39
Tat ve Koku	KP	8,06±0,06	4,86±1,21	6,42±0,12	6,89±0,16
	VP	7,90±0,28	6,71±0,00	7,25±0,12	7,72±0,24
	FT ₁₀ P	7,95±0,07	6,64±0,30	6,29±0,29	6,22±0,63
	FT ₅ P	8,10±0,57	6,00±0,00	7,85±0,92	6,61±0,39
	FT ₀ P	7,95±0,07	5,71±0,61	5,92±0,24	7,22±0,16
Acılık	KP	8,10±0,00	5,57±0,00	6,45±0,65	7,89±0,26
	VP	8,10±0,42	6,14±0,42	6,79±0,06	6,50±0,08
	FT ₁₀ P	7,90±0,28	5,64±0,10	8,45±0,21	7,78±0,00
	FT ₅ P	8,35±0,07	5,57±0,00	7,20±0,18	7,33±0,31
	FT ₀ P	8,16±0,05	6,42±0,20	7,08±0,12	7,28±0,55
Genel kabul edilebilirlik	KP	8,17±0,24	4,93±0,10	6,08±0,47	6,06±0,08
	VP	8,60±0,14	6,50±0,11	6,79±0,18	7,72±0,08
	FT ₁₀ P	8,20±0,14	6,14±1,01	7,45±0,64	6,28±0,39
	FT ₅ P	8,30±0,14	6,07±0,51	5,92±0,35	5,89±0,16
	FT ₀ P	8,30±0,14	5,57±0,40	5,58±0,47	6,17±0,24

*Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 63. Kaşar Peyniri Örneklerinin Duyusal Özelliklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD Değeri	Görünüş	Tekstür	Tat ve Koku	Acılık	Genel Kabul Edilebilirlik
Peynir örneği (A)	4	15,580**	12,789**	4,760**	5,691**	10,065**
Olgunlaşma Süresi (B)	3	65,014**	28,738**	34,082**	133,992**	80,887**
AxB	12	2,841*	3,217**	3,507**	8,863**	3,589**
Hata	20					
Genel	40					

*p<0,05 düzeyinde önemli, **p<0,01 düzeyinde istatistiksel olarak önemli

Tablo 63'te de görüldüğü gibi peynir örneği ve olgunlaşma süresi değişkeni tüm (görünüş, tekstür, tat ve koku, acılık ve genel kabul edilebilirlik) duyusal özellik değerlerini çok önemli ($p<0,01$) düzeyde etkilerken örnek x olgunlaşma süresi interaksyonu görünüş üzerinde $p<0,05$ düzeyinde önemli, tekstür, tat ve koku, acılık ve genel kabul edilebilirlik değerleri üzerinde ise istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde çok önemli olarak belirlenmiştir.

Görünüş

Kaşar peyniri örneklerine ait görünüş özelliklerinin puanlama ortalamaları Tablo 62' de verilmiştir. Tabloya göre çalışma kapsamındaki peynir örnekleri 5,5-8,75 aralığında görünüş puanı almışlardır. En yüksek puanı VP ve FT₅P kodlu örnekler olgunlaşmanın başlangıcında alırken en düşük değeri kontrol örneği olgunlaşmanın 30. gününde almıştır. Civelek and Çağrı Mehmetoğlu (2019) çeşitli solüsyonlarla kaplanan kaşar peynirlerinde 1-4 aralığında skala ile peynir örneklerini duyusal analize tabi tutmuşlardır. Panelistler tarafından yapılan değerlendirmeye göre peynir örnekleri görünüş bakımından 3,89-4,13 arasında puan aldığını belirlemişlerdir.

Yangılar and Oğuzhan Yıldız (2016) natamisin ilaveli kazeinden elde edilen yenilebilir filmlerle kapladıkları Kaşar peynirlerinin duyusal değerlendirmelerini 1-9 aralığında skala ile değerlendirmeye tabi tutmuş ve sonuç olarak peynir örneklerinin 6,34 ile 8,76 aralığında puan aldığını ifade etmişlerdir. Mileriene *et al.* (2021) çalışmalarında kontrol ve kaplanmış peynir örneklerinde 1-9 aralığında değerlendirdikleri görünüş özelliği 7,26-7,83 aralığında puan aldığını belirlemişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre peynir örnekleri görünüş değerleri üzerinde peynir örneği, olgunlaştırma süresi $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunurken peynir örneği x

olgunlaştırma süresi interaksyonu istatistiksel olarak $p<0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 63), (Şekil 32).

Örneklerin görünüş değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 64 ve Tablo 65 verilmiştir.

Tablo 64. Kaşar peyniri örneklerine ait görünüş değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Görünüş
KP	16	6,44 ^a
VP	16	8,01 ^c
FT ₁₀ P	16	6,78 ^{ab}
FT ₅ P	16	7,11 ^b
FT ₀ P	16	6,66 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait görünüş değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında $p<0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir. En yüksek puanı vakum ambalajlı peynir örnekleri alırken en düşük puanı kontrol ve FT₅P kodlu örneklerinin aldığı tespit edilmiştir. TGaz ilaveli yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış peynir örnekleri ise birbirine oldukça yakın puanlar almışlardır.

Yangılar (2015) ve Yangılar and Oğuzhan Yıldız (2016) çalışmamıza benzer şekilde kaplama uyguladıkları peynir örnekleri görünüş puanları arasında istatistiksel olarak farklılık ($p<0,05$) belirlemişlerdir. Çalışmamız aksine Ceylan and Atasoy (2022) kaplamalı ve kaplamasız peynirler arasındaki görünüm ve renk skorları arasında benzerlik tespit etmemiş bu durumu kaplama formülasyonundaki bileşenlerin düşük ışık bariyeri özellikleri ile ilişkilendirmişlerdir.

Tablo 65. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Görünüş Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

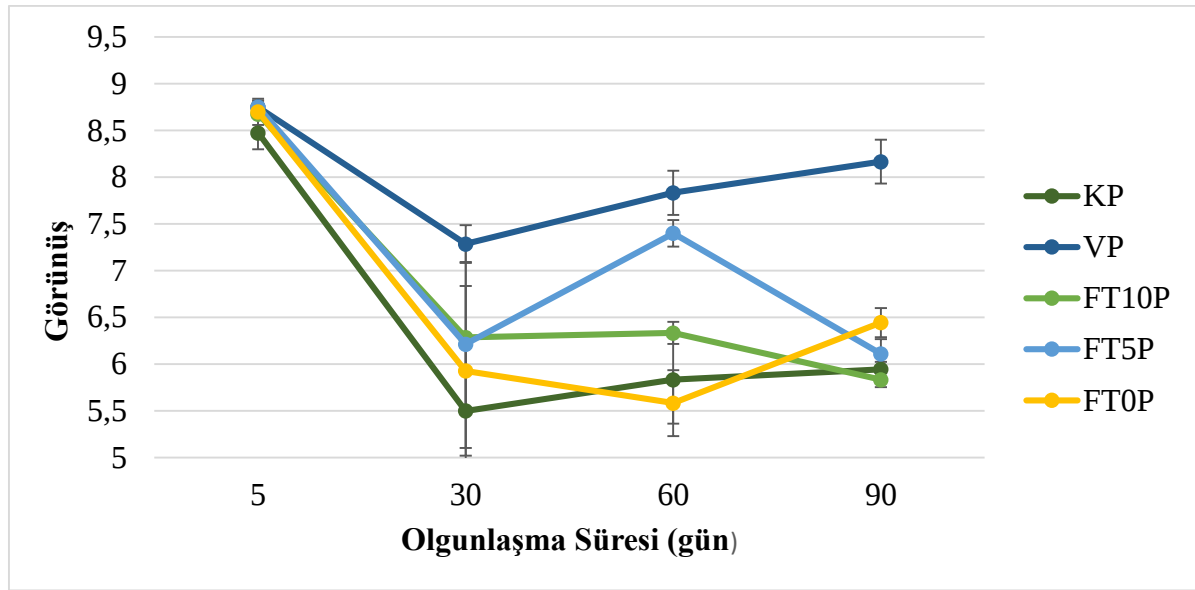
Olgunlaşma Süresi (Gün)	n	Görünüş
5	20	8,67 ^b
30	20	6,24 ^a
60	20	6,59 ^a
90	20	6,50 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerinin olgunlaşma sürelerine ait görünüş değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına (Tablo 65) göre olgunlaştırma başlangıcında en

yüksek görünüş puanları tespit edilirken olgunlaştırmanın diğer günlerinde istatistiksel olarak benzer puanlar tespit edilmiştir.

Mileriene *et al.* (2021), depolamanın başlangıcında kaplanmış ve kaplanmamış numuneler arasında dış görünüş açısından farklılık tespit etmemişlerdir. Ayrıca, peynirin çeşitli yüzlerinin görünümünün muhtemelen kaplamaların verimli bir şekilde uygulanmasının ve yenilebilir film bileşenlerinin eşit şekilde dağıtılmasının bir sonucu olarak aynı olduğunu ifade etmişlerdir. Yılmaz and Dağdemir (2012) tüm peynir örnekleri arasında renk ve görünüş kabul düzeyi açısından önemli bir farklılık ($p > 0,05$) olmadığını belirlemişlerdir.



Şekil 32. Kaşar peyniri örneklerine ait görünüş değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonu

Şekil 32 incelendiğinde ise olgunlaşmanın 30. gününde tüm örneklerin görünüş puanlarında düşüş belirlenirken 60. gün FT₀P kodlu örnek hariç yükselme tespit edilmiştir. Bu durum peynir örneklerinin değişen asitlik, pH veya bakteri sayısı ile ilişkilendirilebileceği gibi 30. gün azalan kurumadde içeriği ile de ilişkilendirilebilmektedir.

Sonuç olarak olgunlaştırma sonunda peynir örnekleri görünüş puanlarında başlangıç puanlarına göre azalma tespit edilirken en yüksek puanı vakum örneğinin aldığı tespit edilmiştir.

Tekstür

Kaşar peyniri örneklerine ait tekstür özelliklerinin duyuşsal puanlama ortalamaları Tablo 62’ de verilmiştir. Tabloya göre çalışma kapsamındaki peynir örnekleri 4,50-8,00 aralığında tekstür puanları almışlardır. En düşük puanı kontrol örneği 30. gün alırken en yüksek puanı vakum örneği 90. günde almıştır. Koca and Metin (2004) çalışmalarında 1-5 aralığında skala

kullanarak yaptıkları duyusal analiz sonucunda peynir örneklerinde 2,88-3,96 aralığında tekstür puanı aldığını belirlemişlerdir. Civelek and Çağrı Mehmetoğlu (2019) ise 1-4 aralığında skala kullanarak yaptığı duyusal analiz sonuçlarına göre tekstür puanlarını 3,78-4,01 aralığında belirlemişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre peynir örnekleri tekstür değerleri üzerinde peynir örneği, olgunlaştırma süresi ve peynir örneği x olgunlaştırma süresi interaksyonu istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 63), (Şekil 33).

Örneklerin tekstür değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 66 ve Tablo 67 verilmiştir.

Tablo 66. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Tekstür Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir örnekleri	n	Tekstür
KP	16	5,64 ^a
VP	16	7,53 ^c
FT ₁₀ P	16	5,91 ^{ab}
FT ₅ P	16	6,39 ^b
FT ₀ P	16	5,90 ^{ab}

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait tekstür değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına (Tablo 66) göre örnekler arasında farklılık ($p<0,05$) belirlenmiştir. En düşük tekstür puanları kontrol örneğinde belirlenirken en yüksek puanlar vakum örneğinde belirlenmiştir. Civelek and Çağrı Mehmetoğlu (2019) örnekler arasında tekstür duyusal puanlamasını önemli bulmazken ($p>0,05$) Yılmaz and Dağdemir (2019) örnekler arasında tekstür puanını $p<0,05$ düzeyinde önemli olarak tespit etmişlerdir.

Paketlenmiş peynirlerde su kaybı ambalaj malzemesinin su buharı geçirgenliğine bağlıdır; bu nedenle, optimum özelliklere sahip ambalaj kullanmak, oksijen transferini ve nem kaybını azaltmaya, peyniri mikroorganizmalara karşı korumaya ve peynirin görünüşünü, tekstürünü ve duyusal özelliklerini iyileştirmeye yardımcı olmaktadır (Jafarzadeh *et al.* 2021). Yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış peynir örneklerinin kaplanmamış kontrol örneğine kıyasla daha yüksek puanlar alması peynirde kaplamanın önemini bir kez daha vurgulamıştır. Ayrıca oksijen geçirgenliği düşük ambalaj materyali ile bakteri ve maya aktivitesi en aza indirgenerek aynı zamanda peynirin iyi tekstürel ve duyusal özelliklerine sahip olmasına neden olmaktadır (Pantaleao *et al.* 2007).

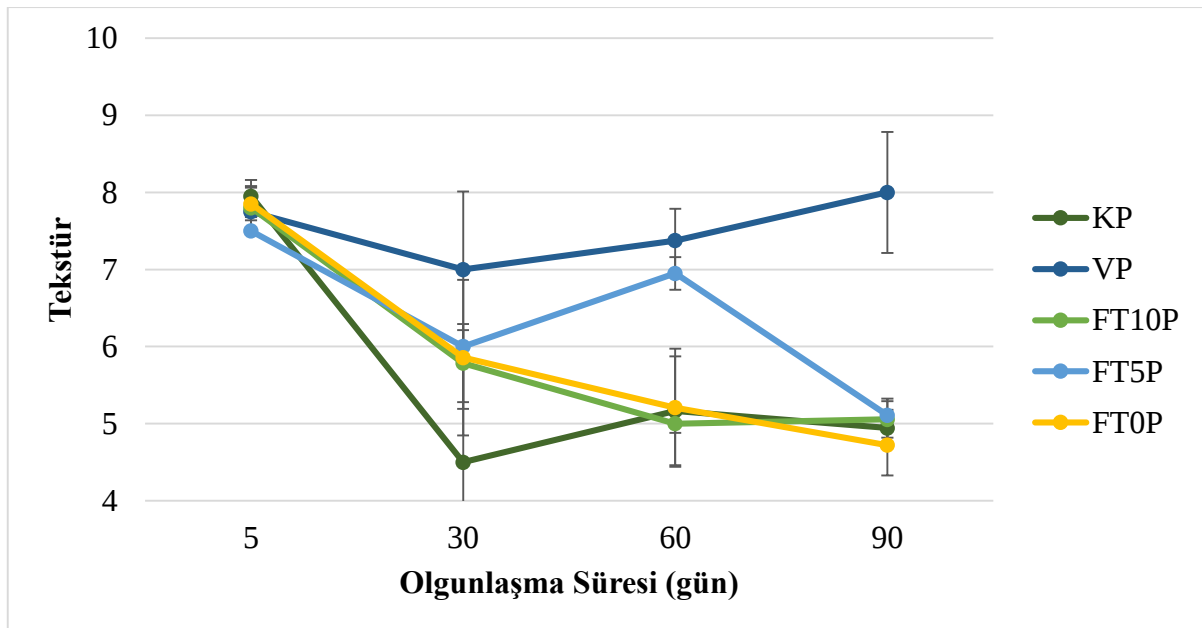
Tablo 67. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Tekstür Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi (gün)	n	Tekstür
5	20	7,70 ^b
30	20	5,83 ^a
60	20	5,94 ^a
90	20	5,57 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerinin duysal özelliklerinden tekstür değeri olgunlaşma sürelerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre $p < 0,05$ düzeyinde farklılık tespit edilmiştir (Tablo 67). Tabloya göre olgunlaştırmanın başlangıcında en yüksek puanlar belirlenirken olgunlaştırmanın diğer günlerinde benzer puanlar tespit edilmiştir. Bu durum olgunlaşma ile azalan nem içeriği, bakteri faaliyeti ile açıklanabilmektedir.

Youssef *et al.* (2019), başta laktobasiller olmak üzere LAB peynirin duysal özellikleri açısından büyük öneme sahip olabileceğini ifade ederek *Lactobacillus*'un Ras peynirinin olgunlaşması sırasında önemli bir rol oynayabileceğine, lezzetine ve dokusuna katkıda bulunabileceğini belirlemişlerdir. Çalışmamıza benzer şekilde Yangılar and Oğuzhan Yıldız (2016) depolama boyunca peynir örnekleri tekstür değerleri arasında farklılık ($p < 0,05$) belirlemişlerdir. Aynı çalışmada kontrol ve natamisin ilaveli kazein filmleri ile kaplı örneklerde depolama ile azalma tespit ederken kazein ve natamisin ile elde edilen yenilebilir filmler ile kaplanmış peynir örnekleri tekstür puanlarında artış tespit etmişlerdir.



Şekil 33. Kaşar peyniri örneklerine tekstür değerleri üzerine peynir örneği×olgunlaşma süresi etkileşimi

Şekil 33'e göre peynir örneklerinin tekstür değerlerinde 30. gün azalma belirlenirken vakum, kontrol ve FT₅P örneğinde 60. gün artış belirlenmiştir. Olgunlaştırmanın son gününde vakum örneği hariç tüm örneklerde başlangıca kıyasla daha düşük tekstür puanları belirlenmiş olup en yüksek puanları vakum örneği almıştır.

Çalışmamız aksine Di Pierro *et al.* (2011), kitosan/peyniraltı suyu proteini filmi ile kaplanmış Ricotta peynirleri tekstür puanlarının kontrole kıyasla daha yüksek seviyelerde devam ettiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise enzimsiz yenilebilir filmlerle kaplanmış peynir örneklerine nazaran enzim ilaveli film örnekleri ile kaplanan peynir örneklerinde nispeten daha yüksek tekstür puanları tespit edilmiştir. Mileriene *et al.* (2021) çalışmamızla uyumlu olarak depolama ile azalan tekstür değerleri belirlemişlerdir.

Tat ve koku

Kaşar peyniri örneklerine ait tat ve koku özelliklerinin duyusal puanlama ortalamaları Tablo 62' de verilmiştir. Tabloya göre peynir örnekleri 4,68-8,10 aralığında tat ve koku puanları almışlardır. En düşük puan 30. gün kontrol örneğinde belirlenirken en yüksek puan FT₅P kodlu peynir örneğinde olgunlaşmanın başlangıcında belirlenmiştir. Soleimani-Rambod *et al.* (2018) farklı bileşimdeki yenilebilir filmlerle kaplı Cedar peynirinde tat ve kokunun birleşimi olan lezzet puanlarını 1-5 aralığındaki skala puanlaması ile 2,88- 3,44 aralığında belirlemişlerdir. Yılmaz and Dağdemir (2012) ise tat ve koku değerlerini 1-9 skala üzerinden 7,33 ile 7,66 aralığında belirlemişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre peynir örnekleri tat ve koku değerleri üzerinde peynir örneği, olgunlaştırma süresi ve peynir örneği x olgunlaştırma süresi interaksyonu istatistiksel olarak $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 63), (Şekil 34).

Örneklerin tat ve koku değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 68 ve Tablo 69'da verilmiştir.

Tablo 68. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Tat ve Koku Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Tat ve Koku
KP	16	6,55 ^a
VP	16	7,39 ^c
FT ₁₀ P	16	6,78 ^{ab}
FT ₅ P	16	7,14 ^{bc}
FT ₀ P	16	6,70 ^{ab}

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait tat ve koku değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında $p<0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir (Tablo 68). En yüksek puanlar vakum örneğinde belirlenirken en düşük puanlar kontrol örneğinde belirlenmiştir. Yenilebilir film örnekleri ile kaplı peynir örnekleri arasında ise en iyi sonucu 5U enzim ilaveli film örneği kaplanmış peynir örnekleri almışlardır.

Yılmaz and Dağdemir (2012) çalışmamıza benzer şekilde peynir örnekleri arasında farklılık ($p<0,05$) belirlerken Mileriene *et al.* (2021), Nottagh *et al.* (2020) ve Yangılar and Oğuzhan Yıldız (2016) örnekler arasında tat ve koku puanları bakımından farklılık belirlememişlerdir. Nottagh *et al.* (2020), elde ettikleri sonuçları, kitosanın bakterisidal aktivitesi ve natamisin fungisidal aktivitesi nedeniyle kaplamalı peynir örneklerinde bakteri, maya ve küf aktivitelerinin azalması ve buna bağlı olarak proteinlerin ve lipidlerin hidrolizi ve tat bileşenleri üretiminin azaltması ile açıklamışlardır.

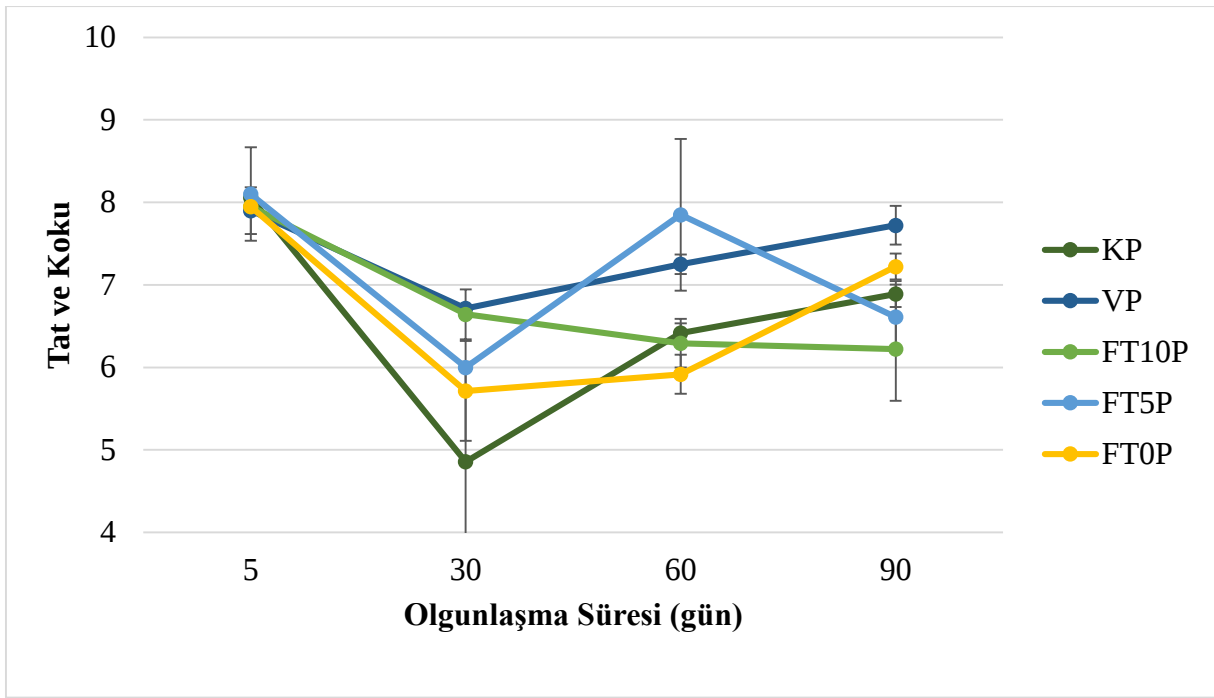
Conte *et al.* (2013), Del Nobile *et al.* (2009), Cerquira *et al.* (2010), Ramos *et al.* (2012) ve Otero *et al.* (2014) çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Tüm araştırmacılar kontrol peynir örnekleriyle kıyasla kaplamanın, kaplanmış peynirin kalitesini etkili bir şekilde artırabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda kaplanmış peynir örneklerinin kontrole kıyasla yüksek puanlar alması literatür ile uyum sağlamaktadır.

Tablo 69. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Tat ve Koku Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi (gün)	n	Tat ve Koku
5	20	7,99 ^c
30	20	5,99 ^a
60	20	6,75 ^b
90	20	6,93 ^b

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerinin olgunlaşma sürelerine ait tat ve koku değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre olgunlaşma süreleri arasında $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak farklılık belirlenmiştir (Tablo 69). Tabloya göre en yüksek puanlar depolamanın başlangıcında belirlenirken en düşük puanlar 30. günde belirlenmiştir. Yangılar and Oğuzhan Yıldız (2016) depolama ile azalan tat artan koku değerleri belirlemişlerdir. Çelebi and Şimşek (2020) depolama ile peynirlerin tat ve koku değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir.



Şekil 34. Kaşar peyniri örneklerine ait tat ve koku değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonu

Şekil 34'e göre tüm peynir örneklerinde 30. gün hızlı bir azalma ile başlangıca oranla azalan tat ve koku puanları belirlenmiştir. 30. gündeki bu düşük tüm peynir örnekleri kurumadde değerindeki azalma ve dolayısı ile azalan bakteriyel veya enzimatik faaliyetler ile ilişkilendirilebilmektedir. Koca and Metin (2004) depolama boyunca peynir örnekleri tat ve koku değerlerindeki değişimi istatistiksel olarak önemli bulmuşlardır. Depolama ile dalgalanan puanlamalarla birlikte başlangıç tat ve koku puanının olgunlaştırmanın sonunda azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar tarafından belirlenen sonuçlar çalışmamız ile uyum göstermektedir.

Acılık

Kaşar peyniri örneklerine ait acılık değerleri duyuşsal puanlama ortalamaları Tablo 62' de verilmiştir. Tabloya göre peynir örnekleri acılık puanlarını 5,57-8,45 aralığında değerler olarak kullanılan duyuşsal skalasına göre vardan yoka doğru artarak tanımlanan puanlar almışlardır. Sonuçlara göre hiç acılık olmayan örnek 8,45 puanı ile olgunlaştırmanın 60. günü FT₁₀P kodlu örnekte belirlenirken az acılık olarak tanımlanan 5,57 puanı ise olgunlaştırmanın 30. gününde FT₅P kodlu peynir örneğinde belirlenmiştir. Yılmaz (2019), Kaşar peyniri örneklerinde acılık puanını 7,24-8,06 aralığında belirlemişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre peynir örnekleri acılık değerleri üzerinde peynir örneği, olgunlaştırma süresi ve peynir örneği x olgunlaştırma süresi interaksyonu istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 63), (Şekil 35).

Örneklerin acılık değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 70 ve Tablo 71’de verilmiştir.

Tablo 70. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Acılık Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Acılık
KP	16	7,00 ^{ab}
VP	16	6,88 ^a
FT ₁₀ P	16	7,44 ^c
FT ₅ P	16	7,12 ^{ab}
FT ₀ P	16	7,24 ^{bc}

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait acılık değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak farklılık belirlenmiştir (Tablo 70). Tabloya göre en düşük acılık değeri FT₁₀P kodlu örnekte belirlenirken en yüksek değer vakum ambalajlı peynir örneğinde belirlenmiştir. Vakum örneğinde fazla acılık düşük tuz konsantrasyonu ile ilişkilendirilebilmektedir.

Çakmakçı ve Şengül (1995), kimozin enziminin tuza hassasiyet göstermesi sonucunda hidrofobik peptit birikiminin azalması ve acılığın duysal olarak hissedilir derecede azalabileceğini ifade etmişlerdir. Kumar *et al.* (2013) ve Yılmaz (2019), peynir örnekleri arasındaki acılık puanları farklılığını peynir örneklerinde primer hidroliz sonucunda hidrofobik peptit birikimi ile ilişkilendirmiş, proteolitik aktivite fazla olan örneklerde biriken hidrofobik peptitlerin parçalanması ile daha az acılık değerleri tespit edildiğini ifade etmişlerdir.

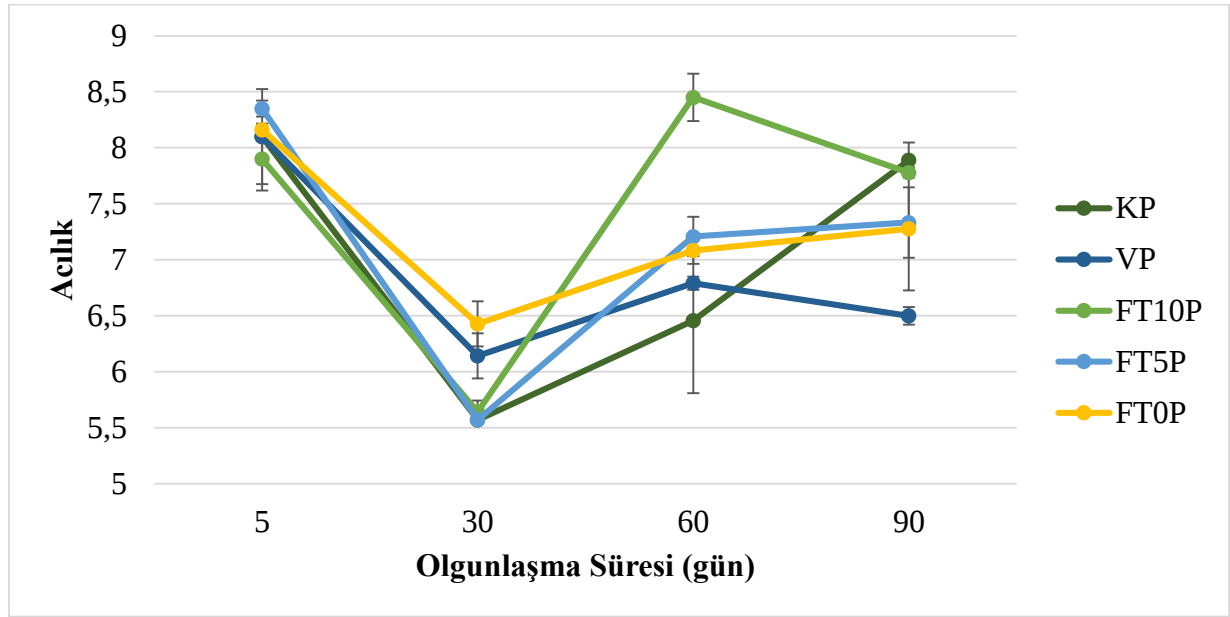
Tablo 71. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Acılık Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi (Gün)	n	Acılık
5	20	8,12 ^c
30	20	5,87 ^a
60	20	7,20 ^b
90	20	7,36 ^b

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerinin olgunlaşma sürelerine ait acılık değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre olgunlaştırma günleri arasında $p < 0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir (Tablo 71). Olgunlaşma ile acılık puanlarının azaldığı (acılık değerinin arttığı) ancak bu azalmanın 60. günden sonra önemli olmadığı belirlenmiştir. Tabloya

göre en az acılık skalada hiç acılık yok olarak tanımlanan puan aralığında olgunlaşmanın başlangıcında belirlenmiştir.



Şekil 35. Kaşar peyniri örneklerine ait acılık değerleri üzerine peynir örneği×olgunlaşma süresi etkisi

Şekil 35'e göre ise peynir örnekleri acılık puanları olgunlaşma boyunca azalma ve artma göstererek olgunlaşma sonunda başlangıca kıyasla düşük puanlar (daha çok acılık) almışlardır. Benzer sonuçlar elde eden Yılmaz (2019) olgunlaşma ile acılık puanlarının azaldığını (acılık değerinin arttığını) ancak bu azalmanın depolamanın 150. gününden sonra önemli olduğunu tespit etmişlerdir.

Genel kabul edilebilirlik

Kaşar peyniri örneklerine ait duyuşal olarak genel kabul edilebilirlik puanları ortalamaları Tablo 62' de verilmiştir. Tabloya göre peynir örnekleri genel kabul edilebilirlik puanları 4,93-8,60 aralığında belirlenmişlerdir. Elde edilen veriler sırası ile kontrol örneğinin 30. gün ve vakum ambalajlı örneğin 5. günlerinde belirlenmiştir. Olgunlaştırmanın sonunda ise en yüksek puanı 7,72 ile vakum örneği almıştır. Kontrol örneğinde 30. gün en yüksek kurumadde belirlenmesi en düşük kabul edilebilirlik puanı ile ilişkilendirilebilmektedir. Mileriene *et al.* (2021) ise peynir örneklerinde depolama boyunca 6,65-6,84 aralığında, Joseph *et al.* (2022) ise 4,39-7,35 aralığında genel kabul edilebilirlik değerleri belirlemişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre peynir örnekleri genel kabul edilebilirlik değerleri üzerinde peynir örneği, olgunlaştırma süresi ve peynir örneği x olgunlaştırma süresi etkisi istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 63), (Şekil 36).

Örneklerin genel kabul edilebilirlik değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 72 ve Tablo 73’de verilmiştir.

Tablo 72. Kaşar Peyniri Örneklerine Ait Genel Kabul Edilebilirlik Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Peynir Örnekleri	n	Genel Kabul Edilebilirlik
KP	16	6,30 ^a
VP	16	7,44 ^c
FT₁₀P	16	7,02 ^b
FT₅P	16	6,54 ^a
FT₀P	16	6,40 ^a

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerine ait genel kabul edilebilirlik değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre örnekler arasında $p < 0,05$ düzeyinde farklılık belirlenmiştir (Tablo 72). Tabloya göre en yüksek kabul edilebilirlik puanlarını vakum ambalajlı peynir örneği alırken düşük puanları KP, FT₅P, FT₀P kodlu örnekler almışlardır.

Karaman *et al.* (2015) peynirlerde olumlu etki amacıyla kullanılan yenilebilir filmlerin duyu özellikleri üzerinde etkilerinin olmaması gerektiğini vurgularken Di Pierro *et al.* (2011) ve Civelek and Çağrı Mehmetoğlu (2019) peynir örnekleri genel kabul edilebilirlik puanlarında örnekler arasında farklılık belirlememişlerdir.

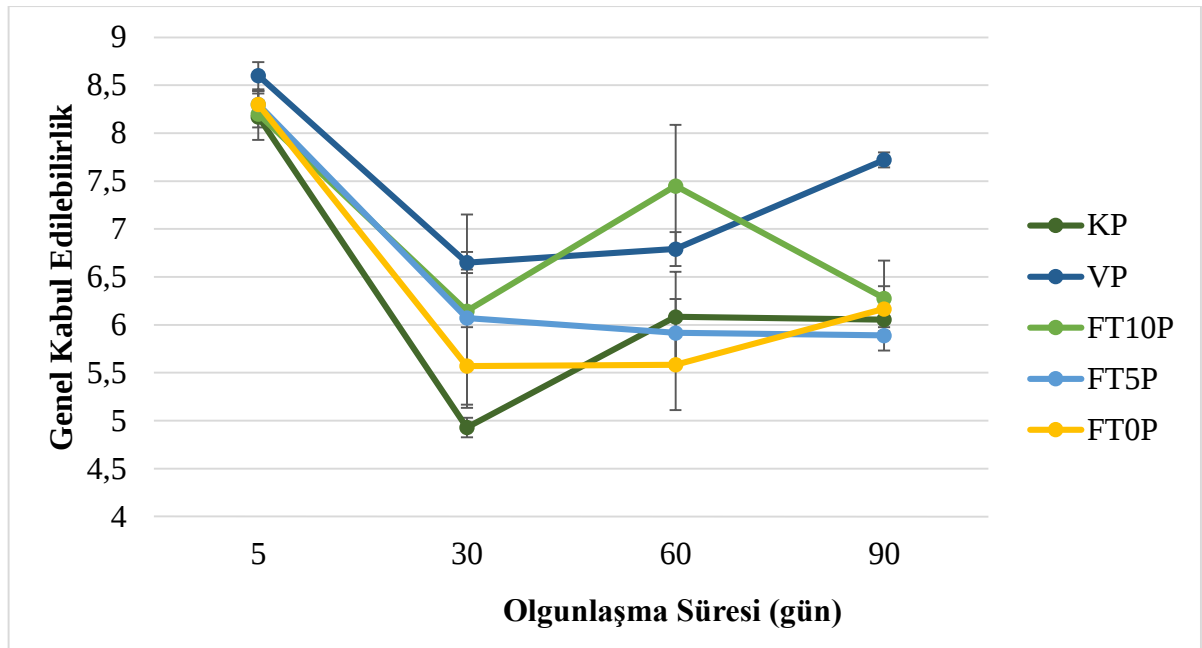
Çetinkaya *et al.* (2006), Yılmaz and Dağdemir (2012), Yangılar and Oğuzhan Yıldız (2016) yenilebilir filmlerle kaplanmış Kaşar peyniri örnekleri genel kabul edilebilirlik duyu puanları arasında farklılık belirleyerek çalışmamızla benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Tablo 73. Kaşar Peyniri Örneklerinin Olgunlaşma Sürelerine Ait Genel Kabul Edilebilirlik Değeri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Olgunlaşma Süresi (gün)	n	Genel Kabul Edilebilirlik
5	20	8,31 ^c
30	20	5,87 ^a
60	20	6,37 ^b
90	20	6,42 ^b

*Farklı harfler ortalamalar arasındaki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade eder.

Kaşar peyniri örneklerinin olgunlaşma sürelerine ait genel kabul edilebilirlik değerleri ortalamalarında Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre $p < 0,05$ düzeyinde farklılık tespit edilmiştir. Peynir örnekleri 30. gün en düşük genel kabul edilebilirlik puanları alırken olgunlaşmanın başlangıcında en yüksek puanları almışlardır. Joseph *et al.* (2022) çalışmamıza benzer şekilde depolama ile azalan genel kabul edilebilirlik değerleri tespit etmişlerdir.



Şekil 36. Kaşar peyniri örneklerine ait genel kabul edilebilirlik değerleri üzerine peynir örneği x olgunlaşma süresi interaksyonu

Şekil 36 incelendiğinde tüm örneklerin genel kabul edilebilirlik puanlarında 30. gün hızlı bir azalma belirlenirken olgunlaşma boyunca dalgalanmalar tespit edilmiştir. Olgunlaşmanın sonuna doğru vakum örneği genel kabul edilebilirlik değerlerinde artış görülmekle birlikte diğer örneklerin puanlarında azalma tespit edilmiştir.

Ceylan and Atasoy (2022) ise kontrol örneğinin kaplanmış örneklerle nazaran daha az kabul edilebilirlik puanları aldığını ifade etmişlerdir. Koca and Metin (2004) ise genel kabul edilebilirlik değerinde örnekler arasında ve depolama ile önemli farklılıklar belirleyerek depolama ile azalan puanlar belirlemişlerdir. Azhdari and Moradi (2022), kaplanmamış Mozzarella peynirinin yenilebilir filmlerle kaplanmış diğer örneklerle kıyasla genel kabul edilebilirlik duyusal puanlarının depolama ile azaldığını ifade etmişlerdir. Aynı araştırmacılar antimikrobiyal kaplama materyalinin duyusal kabulünü polimer tipine ve antimikrobiyal malzemenin tipine bağlamışlardır.

Çalışmamızda yenilebilir film üretiminde aynı polimer, protein ve antimikrobiyal malzeme kullanılmış olup farklı enzim oranı ile genel kabul edilebilirlik puanlarında az da olsa değişiklik tespit edilmiştir.

SONUÇ

Elde edilen yenilebilir kompozit film örneklerinde fizikokimyasal, mekanik, termal, mikroyapı ve antimikrobiyal özellikler belirlenmiştir. Daha sonra Kaşar peyniri üretimi yapılarak elde edilen kompozit filmler ile peynir örnekleri kalıp Kaşar peyniri ve dilim Kaşar peyniri olacak şekilde kaplanmış ve incelenmiştir. Yenilebilir film örnekleri ile kaplanmış kalıp Kaşar peynir örneklerinde olgunlaşma süresinin 5., 30., 60. ve 90. günlerinde mikrobiyolojik, fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özellikler belirlenmiştir. Dilim Kaşar peyniri örneklerinde ise yapay olarak kontamine edilen patojen sayıları 1., 7., 14. ve 30. günlerde depolanarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçları aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

1. Yenilebilir kompozit filmlerde enzim kullanımı ve artan oranı ile % nem içeriği, su buharı geçirgenliği, suda çözünürlük, oksijen geçirgenliği, renk değerleri (L, a,) ve opaklık değerlerinde azalma belirlenirken kalınlık ve mekanik özellikler de artış tespit edilmiştir.
2. Termogravimetrik analiz sonucunda 1. ve 2. aşamada ağırlık kaybı en fazla enzimsiz film örneğinde belirlenirken 3. aşamada en fazla ağırlık kaybı 5U enzim ilaveli film örneğinde belirlenmiştir. Sonuç olarak % kalıntı miktarı bakımından film örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli fark belirlenmemiştir ($p<0,05$).
3. DSC ölçüm sonuçlarına göre ise en düşük camsı geçiş sıcaklığı, en yüksek özgül ısı, en düşük erime sıcaklığı ve en düşük entalpi değerleri enzim ilavesiz film örneklerinde belirlenmiştir.
4. FTIR analiz sonuçlarına göre 10U enzim ilaveli filmlerde proteinlerin sekonder yapısında değişikliği ifade eden Amid I bölgesinde belirgin bant belirlendiği ve böyle daha stabil protein yapısı elde edildiği ifade edilebilmektedir.
5. Yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlendiği AFM analizinde ise R_a ve R_q değerleri diğer değerlerle uyum göstererek en yüksek değerler enzimsiz film örneğinde en düşük değerler ise 10U enzim ilaveli film örneğinde belirlenmiştir.
6. Yenilebilir kompozit film örneklerinde *E. coli* 0157:H7, *S. aureus* ATCC 29213, *L. monocytogenes* ATCC 7644 patojenlerine karşı % inhibisyon oranı belirlenmiş olup bu oran en fazla 10U enzim ilaveli film örneklerinde belirlenmiştir. Bu etki film örneklerinin bariyer özellikleri ile ilişkilendirilebilmektedir.
7. Yenilebilir film örneklerinde tripsin ile sindirilebilirlik analizi sonuçlarına göre %sindirilebilirlik oranlarında sırası ile 10U, 5U enzimli ve enzimsiz film örnekleri

olacak şekilde azalan değerler tespit edilmiştir. Bu durum TGaz ile proteinler arası kompakt yapı elde edilmesine bağlanabilmektedir.

8. Kaşar peyniri örneklerinde yapılan fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre olgunlaşma süresi ile doğru orantılı bir şekilde artan kurumadde değerleri tespit edilmiştir. Yenilebilir film örneklerinde enzim uygulaması ve artan enzim oranıyla kurumadde miktarında diğer örneklere kıyasla nispeten azalma belirlemiştir. Örnekler arası ve olgunlaştırma boyunca en düşük değerler VP örneğinde belirlenirken en yüksek değerler KP örneğinde belirlenmiştir. Peynir örneklerine ait protein, yağ, tuz değerleri kurumadde ile paralel olarak aynı şekilde oransal artış göstermiştir.
9. Kaşar peyniri örnekleri asitlik değerlerinde 30. gün artma ve 60. gün azalma ile olgunlaştırma sonunda başlangıç değerlerine göre artış tespit edilmiştir. pH değerleri asitlikle ters orantılı olacak şekilde değişiklik göstermiştir. Olgunlaşma süresi ile artan asitlik ve azalan pH değerleri peynir örneklerinde mikroorganizma sayısı ile uyum göstermektedir.
10. Kaşar peyniri örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analiz sonucunda TAMB sayıları genel olarak incelendiğinde 10U enzim ilaveli film örneği ile kaplanmış peynir örneği hariç diğer örneklerde 60. güne kadar artış 90. gün başlangıç sayılarıyla istatistiksel olarak benzer sayılar tespit edilmiştir. 10U enzim ilaveli film örneği ile kaplanmış peynir örneklerinde ise 30. güne kadar artan değerler ve ardından sürekli azalan değerler tespit edilmiştir.
11. M-17 agarda gelişen LAB bakteri sayıları incelendiğinde ise 60. güne kadar artış 90. gün vakum örneği hariç azalma tespit edilmiştir. Vakum ambalajlı örnekte başlangıç sayısına kıyasla olgunlaşma süresi sonunda artan değerler tespit edilmiştir.
12. MRS agarda gelişen LAB bakteri sayıları incelendiğinde dalgalanmalarla birlikte başlangıç sayısına kıyasla artış belirlenmiştir.
13. Maya sayılarında en yüksek değer olgunlaşmanın başlangıcında VP örneğinde belirlenirken 90. gün yenilebilir filmler ile kaplanmış Kaşar peyniri örneklerinde maya tespit limit altında belirlenmiştir.
14. Depolama süresince analiz edilen peynir örneklerindeki küf ve koliform grubu bakterilerin sayısı tespit edilebilir limitin altında (<2 ve <1 log kob/g) bulunmuştur.
15. Dilim Kaşar peynir örneklerinde başlangıç patojen sayısı 10^5 log kob/g olarak başlayan *E. coli* O157:H7 ve *S. aureus* ATCC 29213 bakteri sayılarında depolama boyunca düşüş belirlenmiştir. *E. coli* bakteri sayısında depolamanın 14. gününde

azalma belirlenirken *S. aureus* ATCC 29213 bakteri sayısında bu azalma depolamanın 30. gününde belirlenmiştir. Başlangıç patojen sayısı 10^4 log kob/g olarak başlayan *L. monocytogenes* ATCC 7644 bakteri sayısı ise depolamanın 7. gününde film örnekleri ile kaplı dilim peynir örneklerinde tamamen inhibe olmuştur. Bu sonuçlar film örneklerinde % inhibisyon oranlarıyla birbirini doğrulamaktadır.

16. Kaşar peyniri örneklerinde yapılan tekstür analiz sonuçlarına göre sertlik değerleri olgunlaştırma ile artış göstermiş olup vakum örneğinde başlangıç sayıları ile benzer değerler tespit edilmiştir.
17. Dış yapışkanlık değerleri artma ve azalma şeklinde dalgalanmalarla birlikte başlangıca kıyasla olgunlaştırma sonunda vakum örneği hariç azalan değerler almışlardır.
18. Elastikiyet değerleri ise azalma-artma-azalma olacak şekilde değişiklik göstermiş olup olgunlaştırmanın sonunda başlangıca kıyasla azalan değerler almışlardır.
19. Peynir örneklerine ait iç yapışkanlık değerleri ise diğer tekstür parametrelerine benzer şekilde dalgalanmalarla birlikte başlangıca kıyasla olgunlaştırmanın son gününde azalan değerler almışlardır.
20. Kaşar peyniri örneklerinde yapılan duyu analizi sonucunda görünüş değerleri 30. gün azalma göstermiş olup 60. gün artan 90. gün ise tekrar azalan değerler almışlardır.
21. Duyusal analizde değerlendirilen diğer parametreler tekstür, tat ve koku, acılık ve genel kabul edilebilirlik değerleri ise görünüş puanları ile benzer dalgalanma göstermiş olup başlangıca kıyasla olgunlaştırmanın sonunda azalan puanlar almışlardır. Duyusal analiz sonuçları genel olarak incelendiği zaman vakum ambalajlı peynir örnekleri yüksek puanlar almışlardır. Bu durum acılık puanlarında farklılık arz edip vakum ambalajlı peynir örneğinde en düşük puan (en fazla acılık) tespit edilmiştir.

Genel olarak çalışma sonuçları incelendiğinde; ayva çekirdeği jelinden hazırlanan yenilebilir filmin özelliklerinin formülasyona bağlı olarak değişiklik gösterdiği ortaya konulmuştur. Diğer taraftan, yenilebilir kompozit filmin vakum ambalaja alternatif olamayacağı ve daha üstün özelliklere sahip yenilebilir materyaller üretmek için yeni araştırmaların planlanması gerektiği kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abbastabar, B., Azizi, M. H., Adnani, A., Abbasi, S., 2014. Determining and modeling rheological characteristics of quince seed gum. *Food Hydrocolloids*, 43, 259-264.
- Abdollahi, S., Ghahremani, M. H., Setayesh, N., Samadi, N., 2018. *Listeria monocytogenes* and *salmonella enterica* affect the expression of nisin gene and its production by *lactococcus lactis*. *Microbial Pathogenesis*, 123, 28-35.
- Ageitos, J. M., Sánchez-Pérez, A., Calo-Mata, P. and Villa, T. G., 2017. Antimicrobial peptides (AMPs): Ancient compounds that represent novel weapons in the fight against bacteria. *Biochemical pharmacology*, 133, 117-138.
- Ahmad, V., Khan, M. S., Jamal, Q. M. S., Alzohairy, M. A., Al Karaawi, M. A. and Siddiqui, M. U., 2017. Antimicrobial potential of bacteriocins: in therapy, agriculture and food preservation. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 49(1), 1-11.
- Aktürkoğlu, E., Erol, İ., 1999. Beyaz peynir üretiminde nisin kullanımı ile *listeria monocytogenes*'in inhibisyonu. *Tr. J. Of Veterinary And Animal Science.*, 23(4):785-792.
- Alizadeh-Sani, M., Khezerlou, A., Ehsani, A., 2018. Fabrication and characterization of the bionanocomposite film based on whey protein biopolymer loaded with TiO₂ nanoparticles, cellulose nanofibers and rosemary essential oil. *Industrial Crops and Products*, 124, 300–315.
- Al-Moghazy, M., El-Sayed, H. S., Salama, H. H., Nada, A. A., 2021. Edible packaging coating of encapsulated thyme essential oil in liposomal chitosan emulsions to improve the shelf life of karish cheese. *Food Bioscience*, 43, 101230.
- Andiç, S., Tunçtürk, Y., Gençcelep, H., 2011. The Effect of different packaging methods on the formation of biogenic amines and organic acids in kashar cheese. *Journal Of Dairy Science*, 94(4), 1668-1678.
- Anonim, 1990. Süt ve mamülleri analiz yöntemleri. Türkiye Süt Endüstrisi Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Antoniou, J., Liu, F., Majeed, H., Qazi, H. J. and Zhong, F., 2014. Physicochemical and thermomechanical characterization of tara gum edible films: effect of polyols as plasticizers. *Carbohydrate Polymers*, 111, 359-365.
- Appendini, P. and Hotchkiss, J. H., 2002. Review Of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2), 113-126.
- Artiga-Artigas M, Acevedo-Fani A, Martín-Belloso O., 2017. Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsionbased edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. *Food Control*, 76: 1-12.
- Avramescu, S. M., Butean, C., Popa, C. V., Ortan, A., Moraru, I. and Temocico, G., 2020. Edible and functionalized films/coatings Performances and perspectives. *Coatings*, 10(7), 687.
- Awad, R. A., Abdel-Hamid, L. B., El-Shabrawy, S. A. And Singh, R. K., 2002. Texture and microstructure of block type processed cheese with formulated emulsifying salt mixtures. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 35, 54-61.

- Ayana, B. and Turhan, K. N., 2009. Use of antimicrobial methylcellulose films to control staphylococcus aureus during storage of Kasar cheese. *Packaging Technology And Science: An International Journal*, 22(8), 461-469.
- Ayana, B. and Turhan, K. N., 2010. Gıda ambalajlamasında antimikrobiyel madde içeren yenilebilir filmler/kaplamalar ve uygulamaları. *Gıda*, 35(2), 151-158.
- Azeredo, H. M. and Waldron, K. W., 2016. Crosslinking in polysaccharide and protein films and coatings for food contact—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 52, 109-122.
- Azhdari, S. and Moradi, M., 2022. Application of antimicrobial coating based on carboxymethyl cellulose and natamycin in active packaging of cheese. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 209, 2042-2049.
- Baldwin, E.A. and Hagenmaier, R., Bai, J., 2011. Edible coatings and films to improve food quality, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton.
- Bayram, B., Ozkan, G., Kostka, T., Capanoglu, E. and Esatbeyoglu, T., 2021. Valorization and application of fruit and vegetable wastes and by-products for food packaging materials. *Molecules*, 26(13), 4031.
- Behjati, J. and Yazdanpanah, S., 2021. Nanoemulsion and emulsion vitamin D3 fortified edible film based on quince seed gum. *Carbohydrate Polymers*, 262, 117948.
- Beikzadeh, S., Khezerlou, A., Jafari, S.M., Pilevar, Z., Mortazavian, A.M., 2020. Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. In: *Advances in Colloid and Interface Science*, p. 102164.
- Berti, S., Resa, C. P. O., Basanta, F., Gerschenson, L. N. and Jagus, R. J., 2019. Edible coatings on gouda cheese as a barrier against external contamination during ripening. *Food Bioscience*, 31, 100447.
- Bodyfelt, F.W., Tobias, J. and Trout, G.M., 1988. The sensory evaluation of dairy products, London: Van Nostrand Reinhold, 598.
- Brandelli, A., Lopes, N. A. and Boelter, J. F., 2017. Food applications of nanostructured antimicrobials. In A. M. Grumezescu (Ed.). *Food preservation* (pp. 35–74). New York: Elsevier
- Brogden, K. A., 2005. Antimicrobial peptides: pore formers or metabolic inhibitors in bacteria?. *Nature reviews microbiology*, 3(3), 238-250.
- Burt, S., 2004. “Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review”. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3): 223-253.
- Cabezas, L., Sánchez, I., Poveda, J. M., Seseña, S. and Palop, M. L., 2007. Comparison of microflora, chemical and sensory characteristics of artisanal Manchego cheeses from two dairies. *Food Control*, 18(1), 11–17.
- Campos, C.A., Gerschenson, L.N., Flores, S.K., 2011. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technol*, 4: 849-875.
- Cao, Y., Warner, R. D. and Fang, Z., 2019. Effect of chitosan/nisin/gallic acid coating on preservation of pork loin in high oxygen modified atmosphere packaging. *Food Control*, 101, 9-16.
- Cao-Hoang, L., Chaine, A., Grégoire, L. and Waché, Y., 2010. Potential of nisin-incorporated sodium caseinate films to control listeria in artificially contaminated cheese. *Food Microbiology*, 27(7), 940-944.

- Castro, R., Domingues, M. A. F., Ohara, A., Okuro, P. K., Dos Santos, J. G., Brexó, R. P., 2017. Whey protein as a key component in food systems: physicochemical properties, production technologies and applications. *Food Structure*, 14, 17–29.
- Cazón, P., Vázquez, M. and Velazquez, G., 2018. Cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol composite films for food packaging: Evaluation of water adsorption, mechanical properties, light-barrier properties and transparency. *Carbohydrate polymers*, 195, 432–443.
- Ce, N., Norena, C. P. Z. and Brandelli, A., 2012. Antimicrobial activity of chitosan films containing nisin, peptide P34 and natamycin. *CyTA Journal of Food*, 10, 21–26.
- Cerqueira, MA., Sousa-Gallagher, MJ., Macedo, I., Rodriguez-Aguilera, R., Souza, BWS., Teixeira, JA., Vicente, AA., 2010. Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of “regional” cheese. *J Food Eng* 97:87–94.
- Ceylan, H. G. and Atasoy, A. F., 2022. Optimization and characterization of prebiotic concentration of edible films containing bifidobacterium animalis subsp. lactis bb-12® and its application to block type processed cheese. *International Dairy Journal*, 134, 105443.
- Chatzidaki, M. D., Papadimitriou, K., Alexandraki, V., Balkiza, F., Georgalaki, M., Papadimitriou, V. and Xenakis, A., 2018. Reverse micelles as nanocarriers of nisin against foodborne pathogens. *Food Chemistry*, 255, 97–103.
- Chen, C., Wang, P., Zhan, N., Zhan, W. and Ren, G. F., 2019. Improving the textural properties of camel milk acid gel by treatment with trisodium citrate and transglutaminase. *LWT-Food Science and Technology*, 103, 53–59.
- Cheng, Y., Gao, S., Wang, W., Hou, H. and Lim, L. T., 2022. Low temperature extrusion blown ϵ -polylysine hydrochloride-loaded starch/gelatin edible antimicrobial films. *Carbohydrate Polymers*, 278, 118990.
- Choi, YS and Rhee, IK., 1991. In: 52nd Annual Meeting of Institute of Food Technology, Dallas, Abstr 301.
- Cisneros-Zevallos, L. U. I. S., Saltveit, M. E. and Krochta, J. M., 1997. Hygroscopic coatings control surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. *Journal Of Food Science*, 62(2), 363–366.
- Ciriminna, R. and Pagliaro, M., 2020. Biodegradable and compostable plastics: A critical perspective on the dawn of their global adoption. *ChemistryOpen*, 9(1), 8–13.
- Civelek, I. and Cagri-Mehmetoglu, A., 2019. Determination of antifungal effect of edible coatings containing *Williopsis saturnus* var. *saturnus* against yeast and mold growth on Kashar cheese. *Journal of food science*, 84(2), 311–318.
- Conte, A., Longano, D., Costa, C., Ditaranto, N., Ancona, A., Cioffi, N., Scrocco, C., Sabbatini, L., Contò, F., Del Nobile, MA., 2013. A novel preservation technique applied to fiordilatte cheese. *Innov Food Sci Emerg Technol* 19:158–165.
- Cooksey, K., 2005. Effectiveness of antimicrobial food packaging materials. *Food Add. And Cont.*, 22(10):980–987.
- Cruz-Diaz, K., Cobos, Á., Fernández-Valle, M. E., Díaz, O. and Cambero, M. I., 2019. Characterization of edible films from whey proteins treated with heat, ultrasounds and/or transglutaminase application in cheese slices packaging. *Food Packaging And Shelf Life*, 22, 100397.

- Çakmakçı, S. and Şengül, M., 1995. Peynirde acı tat oluşumu, etki eden faktörler ve kontrolü. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(3), 385-399.
- Çavus., M., Yurt, B. and Cankurt, H., 2021. Effects of egg parts addition on colour, textural and sensory properties of block-type melted cheese: A case study. *Food Science and Technology*, 42. Article 67520.
- Çelebi, M. and Şimşek, B., 2020. Taze ve olgunlaşmış kaşar peynirlerinde bazı kimyasal ve tekstürel özelliklerin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 64-74.
- Çelik, O. F., Kurt, S., Tufenk, B. and Tarakci, Z., 2018. Efficacy of starter culture application using immersion technique on the characteristics of cooked-curd cheeses: Kashar cheese sample. *LWT*, 96, 222-227.
- Çetinkaya, F., Soyutemiz, G.E., 2006. Microbiological and chemical changes throughout the manufacture and ripening of Kashar: a traditional Turkish cheese. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 30, 397-404.
- da Nóbrega Santos, E., de Albuquerque Sousa, T. C., de Santana Neto, D. C., Grisi, C. V. B., da Silva Ferreira, V. C. and da Silva, F. A. P., 2022. Edible active film based on gelatin and Malpighia emarginata waste extract to inhibit lipid and protein oxidation in beef patties. *LWT*, 154, 112837.
- da Silva Dias, J. C., 2014. Nutritional and health benefits of carrots and their seed extracts. *Food and Nutrition Sciences*, 5(22), 2147.
- Daneshvand, B., Ara, K. M. and Raofie, F., 2012. Comparison of supercritical fluid extraction and ultrasound-assisted extraction of fatty acids from quince (cydonia oblonga miller) seed using response surface methodology and central composite design. *Journal Of Chromatography A*, 1252, 1-7.
- De Elguea-Culebras, G. O., Bourbon, A. I., Costa, M. J., Muñoz-Tebar, N., Carmona, M., Molina, A., Vicente, A. A., 2019. Optimization of a chitosan solution as potential carrier for the incorporation of santolina chamaecyparissus l. solid by-product in an edible vegetal coating on ‘Manchego’ cheese. *Food Hydrocolloids*, 89, 272-282.
- de Góes-Favoni, S. P. And Bueno, F. R., 2014. Microbial transglutaminase: general characteristics and performance in food processing technology. *Food biotechnology*, 28(1), 1-24.
- De Pilli, T., 2020. Development of a vegetable oil and egg proteins edible film to replace preservatives and primary packaging of sweet baked goods. *Food Control*, 114, 107273.
- Del Nobile, MA., Gammariello, D., Conte, A., Attanasio, M., 2009. A combination of chitosan, coating and modified atmosphere packaging for prolonging Fior di latte cheese shelf life. *Carbohydr Polym* 78:151–156.
- Del Sol González-Forte, L., Amalvy, J. I., Bertola, N., 2019. Corn starch-based coating enriched with natamycin as an active compound to control mold contamination on semi-hard cheese during ripening. *Heliyon*, 5(6), E01957.
- Dervişoğlu, M., and F. Yazıcı. 2001. Ripening changes of Kulek cheese in wooden and plastic containers. *J. Food Eng.* 3:243–249.
- Di Pierro, P., Chico, B., Villalonga, R., janniello, L., Masi, P., Porta, R., 2007. Transglutaminase-catalyzed preparation of chitosan–ovalbumin films. *Enzyme And Microbial Technology*, 40(3), 437-441.

- Di Pierro, P., Chico, B., Villalonga, R., Mariniello, L., Damiao, A. E., Masi, P., Porta, R., 2006. Chitosan– whey protein edible films produced in the absence or presence of transglutaminase: analysis of their mechanical and barrier properties. *Biomacromolecules*, 7(3), 744-749.
- Di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, C. V. L., Porta, R., 2011. Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. *LWT-Food science and technology*, 44(10), 2324-2327.
- Diezhandino, I., D. Fernández, N. Sacristán, P. Combarros-Fuertes, B. Prieto, and J. M. Fresno. 2016. Rheological, textural, colour and sensory characteristics of a Spanish blue cheese (Valdeón cheese). *Lebensm. Wiss. Technol.* 65:1118–1125.
- Doa'a, G. A., Tranchant, C. C., Al-Dwairi, A., AlQudah, M., Al-Shboul, O., Hiram, R., Abu-Zaiton, A. S., 2022. Implications of enigmatic transglutaminase 2 (TG2) in cardiac diseases and therapeutic developments. *Biochemical Pharmacology*, 115104.
- Doğan, N., Doğan, C., Eticha, A. K., Gungor, M., Akgul, Y., 2022. Centrifugally spun micro-nanofibers based on lemon peel oil/gelatin as novel edible active food packaging: Fabrication, characterization, and application to prevent foodborne pathogens *E. coli* and *S. aureus* in cheese. *Food Control*, 139, 109081.
- Dong, L., Yu, Z., Zhao, R., Peng, B., Zhang, Y., Wang, S., 2023. The effect of lactulose thermal degradation products on β -lactoglobulin: Linear-, loop-, and cross-link structural modifications and reduced digestibility. *Food Chemistry*, 403, 134333.
- Dong, M., Tian, L., Li, J., Jia, J., Dong, Y., Tu, Y. and Duan, X., 2022. Improving physicochemical properties of edible wheat gluten protein films with proteins, polysaccharides and organic acid. *LWT*, 154, 112868.
- Duan, J., Park, S. I., Daeschel, M. A., Zhao, Y., 2007. Antimicrobial chitosan-lysozyme (cl) films and coatings for enhancing microbial safety of mozzarella cheese. *Journal of Food Science*, 72(9), M355–M362.
- Elguea-Culebras, G. O., Bourbon, A. I., Costa, M. J., Muñoz-Tebar, N., Carmona, M., Molina, A., Vicente, A. A., 2019. Optimization of a chitosan solution as potential carrier for the incorporation of *Santolina chamaecyparissus* L. solid by-product in an edible vegetal coating on ‘Manchego’ cheese. *Food Hydrocolloids*, 89, 272-282.
- Erkaya, T., 2014. Probiyotik kültürlerle üretilen beyaz peynirlerin olgunlaşma süresince bazı kalite özellikleri oluşan peptitlerin biyoaktivitesinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Erkaya, T., Şengül, M. ve Dağdemir, E., 2017. Kaşar peyniri üretiminde yenilebilir kaplama olarak ayva çekirdeği jelinin kullanımı ve peynirlerin olgunlaşma süresince bazı kalite özelliklerinin araştırılması. Tübitak Projesi, Proje Kodu: 3001, Proje No: 115O886.
- Eroğlu, A., O. S. Toker, and M. Dogan., 2015. Changes in the texture, physicochemical properties and volatile compound profiles of fresh Kashar cheese. *Int. J. Dairy Technol.* 69.
- Ertaş, N. and Doğruer, Y., 2010. Besinlerde tekstür. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 7(1), 35-42.
- Escamilla-García, M., Delgado-Sánchez, L. F., Ríos-Romo, R. A., García-Almendárez, B. E., Calderón-Domínguez, G., Méndez-Méndez, J. V., Regalado-González, C., 2019. Effect of transglutaminase cross-linking in protein isolates from a mixture of two quinoa varieties with chitosan on the physicochemical properties of edible films. *Coatings*, 9(11), 736.

- Fattouch, S., Caboni, P., Coroneo, V., Tuberoso, C.I., Angioni, A., Dessi, S., Cabras, P., 2007. Antimicrobial activity of Tunisian quince (*Cydonia oblonga* Miller) pulp and peel polyphenolic extracts. *J. Agric. Food. Chem.* 55 (3), 963–969
- Fekri N, Khayami M, Heidari R, Jamee R., 2008. Chemical Analysis Of Flaxseed, Sweet Basil, Dragon Head And Quince Seed Mucilages. *Research Journal Of Biological Science*, 3(2): 166-170.
- Ferreres, F., Silva, B. M., Andrade, P. B., Seabra, R. M., Ferreira, M. A., 2003. Approach to the study of c-glycosyl flavones by ion trap hplc-pad-esi/ms/ms: application to seeds of quince (*Cydonia Oblonga*). *Phytochemical Analysis: An International Journal Of Plant Chemical And Biochemical Techniques*, 14(6), 352-359.
- Fontecha, J., Pebez, M., Juarez, M., Reguen, T., Gomez, C. and Ramos M., 1990. Biochemical and microbiological characteristics of artisanal hard goat's cheese. *Journal of Dairy Science*, 73, 1150-1157.
- Gahruie, H. H., Mirzapour, A., Ghiasi, F., Eskandari, M. H., Moosavi-Nasab, M., Hosseini, S. M. H., 2022. Development and characterization of gelatin and Persian gum composite edible films through complex coacervation. *LWT*, 153, 112422.
- Gaspar, A. L. C., de Góes-Favoni, S. P., 2015. Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *Food chemistry*, 171, 315-322.
- Gennadios, A. and Weller, L., 1990. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology*, 44, 63–69.
- Ghumman, S. A., Mahmood, A., Noreen, S., Rana, M., Hameed, H., Ijaz, B., Rehman, M. F., 2022. Formulation and evaluation of quince seeds mucilage–sodium alginate microspheres for sustained delivery of cefixime and its toxicological studies. *Arabian Journal of Chemistry*, 15(6), 103811.
- Gilliand, S.E., Sandine, W.E. and Vedomuthu, E.R., 1984. Acid producing microorganism, part 16, in: compendium of methods for the examination of foods (APHA), Ed: M.L. Speck, Washington, D. C., USA.
- Giosafatto, C. V. L., Mariniello, L., Moschetti, G., Aponte, M., Masi, P., Sorrentino, A., Porta, R., 2007. Fennel waste-based films suitable for protecting cultivations. *Biomacromolecules*, 8, 3008e3014.
- Giosafatto, C. V. L., o, P., Gunning, P., Mackie, A., Porta, R., Mariniello, L., 2014. Characterization of citrus pectin edible films containing transglutaminase-modified phaseolin. *Carbohydr. Polym.*, 106, 200–208.
- Gonzalez, A., Barrera, G. N., Galimberti, P. I., Ribotta, P. D., Igarzabal, C. I. A., 2019. Development of edible films prepared by soy protein and the galactomannan fraction extracted from *Gleditsia triacanthos* (Fabaceae) seed. *Food Hydrocolloids*, 97, 105227.
- Gounga, M.E., Xu, S-Y, Wang, Z., 2009. Film forming mechanism and mechanical and thermal properties of whey protein isolate-based edible films as affected by protein concentration, glycerol ratio and pullulan content. *Journal of Food Biochemistry* 34 (2010) 501–519.
- Grigoriadi, K., Giannakas, A., Ladavos, A. K., & Barkoula, N. M., 2015. Interplay between processing and performance in chitosan-based clay nanocomposite films. *Polymer Bulletin*, 72(5), 1145-1161.
- Guinee, T. P., Fox, P. F., 1993. Salt in cheese: physical, chemical and biological aspects. In *Cheese: chemistry, physics and microbiology* (pp. 257-302). Springer, Boston, MA.

- Guitián, M. V., Ibarguren, C., Soria, M. C., Hovanyecz, P., Banchio, C., Audisio, M. C., 2019. Anti-*Listeria monocytogenes* effect of bacteriocin-incorporated agar edible coatings applied on cheese. *International dairy journal*, 97, 92-98.
- Guzelgulgen, M., Ozkendir-Inanc, D., Yildiz, U.H., Arslan-Yildiz, A., 2021. Glucuronoxylan-based quince seed hydrogel: a promising scaffold for tissue engineering applications. *Int. J. Biol. Macromol.* 180, 729–738
- Güler Şener, L., 2012. Beyaz Peynir Üretiminde Transglutaminaz Enzimi Kullanım Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Hadidi, M., Jafarzadeh, S., Forough, M., Garavand, F., Alizadeh, S., Salehabadi, A., Jafari, S. M., 2022. Plant protein-based food packaging films; recent advances in fabrication, characterization, and applications. *Trends in Food Science & Technology*.
- Hage, M., Chihib, N. E., Abdallah, M., Khelissa, S., Crocco, B., Akoum, H., Jama, C., 2021. Nisin-based coatings for the prevention of biofilm formation: Surface characterization and antimicrobial assessments. *Surfaces and Interfaces*, 27, 101564.
- Han, H. S. and Song, K. B., 2021. Noni (*Morinda citrifolia*) fruit polysaccharide films containing blueberry (*Vaccinium corymbosum*) leaf extract as an antioxidant packaging material. *Food Hydrocolloids*, 112, 106372.
- Hassan, A. H., & Cutter, C. N., 2020. Development and evaluation of pullulan-based composite antimicrobial films (CAF) incorporated with nisin, thymol and lauric arginate to reduce foodborne pathogens associated with muscle foods. *International journal of food microbiology*, 320, 108519.
- Hassanien, M. F. R., S. A. Mahgoub, and K. M. El-Zahar. 2014. Soft cheese supplemented with black cumin oil: Impact on food borne pathogens and quality during storage. *Saudi J. Biol. Sci.* 21:280–288.
- Hayaloglu, A. A., 2009. Volatile composition and proteolysis in traditionally produced mature Kashar cheese. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(7), 1388–1394.
- Hira, N., Mitalo, O. W., Okada, R., Sangawa, M., Masuda, K., Fujita, N., Kubo, Y., 2022. The effect of layer-by-layer edible coating on the shelf life and transcriptome of ‘Kosui’ Japanese pear fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 185, 111787.
- Hu, Y., Shi, L., Ren, Z., Hao, G., Chen, J., Weng, W., 2021. Characterization of emulsion films prepared from soy protein isolate at different preheating temperatures. *J. Food Eng.* 309, 110697
- Hur, S. J., Lim, B. O., Decker, E. A., McClements, D. J., 2011. In vitro human digestion models for food applications. *Food Chemistry*, 125(1), 1–12.
- Hwanhlem, N., Ivanova, T., Haertlé, T., Jaffrès, E., Dousset, X., 2017. Inhibition of food-spoilage and foodborne pathogenic bacteria by a nisin z-producing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* kt2w2l. *LWT-Food Science And Technology*, 82, 170-175.
- Irlinger, F., S. A. Y. In Yung, A. S. Sarthou, C. Delbès-Paus, M. C. Montel, E. Coton, M. Coton, and S. Helinck., 2012. Ecological and aromatic impact of two Gram-negative bacteria (*Psychrobacter celer* and *Hafnia alvei*) inoculated as part of the whole microbial community of an experimental smear soft cheese. *Int. J. Food Microbiol.* 153:332–338.

- Jafarzadeh, S., Salehabadi, A., Nafchi, A. M., Oladzadabbasabadi, N., Jafari, S. M., 2021. Cheese packaging by edible coatings and biodegradable nanocomposites; improvement in shelf life, physicochemical and sensory properties. *Trends In Food Science & Technology*, 116, 218-231.
- Jafarzadeh, S., Salehabadi, A., Nafchi, A. M., Oladzadabbasabadi, N., Jafari, S. M., 2021. Cheese Packaging by edible coatings and biodegradable nanocomposites; improvement in shelf life, physicochemical and sensory properties. *Trends In Food Science & Technology*, 116, 218-231.
- Janjarasskul, T. and Krochta, J. M., 2010. Edible Packaging Materials. *Annual Review Of Food Science And Technology*, 1, 415-448.
- Jiang, S. J., Zhang, X., Ma, Y., Tuo, Y., Qian, F., Fu, W., Mu, G., 2016. Characterization of whey protein-carboxymethylated chitosan composite films with and without transglutaminase treatment. *Carbohydrate Polymers*, 153, 153-159.
- Jiang, S., Zou, L., Hou, Y., Qian, F., Tuo, Y., Wu, X., Mu, G., 2020. The influence of the addition of transglutaminase at different phase on the film and film forming characteristics of whey protein concentrate-carboxymethyl chitosan composite films. *Food Packaging and Shelf Life*, 25, 100546.
- Joseph-Leenose-Helen, J., Noor, N., Mushtaq, M., Gani, A., 2022. Ultrasonics as a tool for development of pine-needle extract loaded bee wax edible packaging for value addition of himalayan cheese. *Ultrasonics Sonochemistry*, 82, 105914.
- Jouki, M., Mortazavi, S. A., Yazdi, F. T., Koocheki, A., 2014a. Characterization of antioxidant–antibacterial quince seed mucilage films containing thyme essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 99, 537-546.
- Jouki, M., Mortazavi, S. A., Yazdi, F. T., Koocheki, A., 2014b. Optimization of extraction, antioxidant activity and functional properties of quince seed mucilage by RSM. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 66, 113-124.
- Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., Koocheki, A., 2013. “Physical, barrier and antioxidant properties of a novel plasticized edible film from quince seed mucilage”, *International Journal Of Biological Macromolecules*, 62, 500-507.
- Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., Koocheki, A., 2014c. Quince seed mucilage films incorporated with oregano essential oil: physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. *Food Hydrocolloids*, 36, 9-19.
- Jung, M. Y., Lee, C., Seo, M. J., Roh, S. W., Lee, S. H., 2020. Characterization of a potential probiotic bacterium *Lactococcus raffinolactis* WiKim0068 isolated from fermented vegetable using genomic and in vitro analyses. *BMC microbiology*, 20(1), 1-10.
- Kaewprachu, P., Amara, C. B., Oulahal, N., Gharsallaoui, A., Joly, C., Tongdeesoontorn, W., Degraeve, P., 2018. Gelatin films with nisin and catechin for minced pork preservation. *Food Packaging and Shelf Life*, 18, 173-183.
- Kaewprachu, P., Osako, K., Tongdeesoontorn, W., Rawdkuen, S., 2017. The effects of microbial transglutaminase on the properties of fish myofibrillar protein film. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 91–99.
- Kalkan, S. ve Erginkaya, Z., 2016. Nisin ilave edilmiş peyniraltı suyu protein izolatu filmlerin karakterizasyonu ve *listeria innocua*’ ya karşı antimikrobiyel etkilerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 3(2): 151–160, 2016.

- Kalkan, S., Ünal, E., Erginkaya, Z., 2014. nisin ilave edilmiş metil selüloz filmlerin antimikrobiyal etkilerinin belirlenmesi. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi/Journal Of Food And Feed Science-Technology*, 14, 1-7.
- Kang, L., Liang, Q., Chen, H., Zhou, Q., Chi, Z., Rashid, A., Ren, X., 2023. Insights into ultrasonic treatment on the properties of pullulan/oat protein/nisin composite film: mechanical, structural and physicochemical properties. *Food Chemistry*, 402, 134237.
- Karaman, A. D., B. Özer, M. A. Pascall, and V. Alvarez., 2015. Recent advances in dairy packaging. *Food Rev. Int.* 31:295–318.
- Karami M, Ehsani MR, Mousavi SM, Rezaei K, Safari M., 2009. Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. *Food Chem* 112:539–544.
- Kavas, N., Kavas, G., Saygili, D., 2016. Use of ginger essential oil-fortified edible coatings in Kashar cheese and its effects on Escherichia coli O157: H7 and Staphylococcus aureus. *CyTA-Journal of Food*, 14(2), 317–323.
- Keskin, M., Şetlek, P., Demir, S., 2017. Renk ölçüm sistemlerinin gıda bilimleri ve tarımda kullanım alanları. 1. Uluslararası İleri Araştırmalar ve Mühendislik Kongresi, Osmaniye, Türkiye, 16-18 Kasım 2017.
- Kirchner, B., Tollens, W., 1875. II. Ueber den pflanzenschleim. *Justus Liebigs Annalen Der Chemie*, 175, 205.
- Koburger, J. A. And Marth, E. H., 1984. Yeast and moulds. compendium of methods for the microbiological examination of food (APHA), (Ed: M.L. Speck), Washington, 197-201.
- Koca, N. and Metin, M., 2004. Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal*, 14(4), 365-373.
- Kontogianni, V. G., Kasapidou, E., Mitlianga, P., Mataragas, M., Pappa, E., Kondyli, E., Bosnea, L., 2022. Production, characteristics and application of whey protein films activated with rosemary and sage extract in preserving soft cheese. *LWT*, 155, 112996.
- Korkmaz, F., 2017. Yenilebilir film/kaplamalar ve su ürünleri perspektifi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 49(1), 79-86.
- Kumar, A., Srivastav, P. P., Pravitha, M., Hasan, M., Mangaraj, S., Prithviraj, V., Verma, D. K., 2022. Comparative study on the optimization and characterization of soybean aqueous extract based composite film using response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN). *Food Packaging and Shelf Life*, 31, 100778.
- Kumar, S., Jha Y.K. and Singh, P., 2013. Influence of adjuncts as debittering aids on the sensory and biochemical properties of enzyme modified cheese-base. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B-Biological Sciences*, 83 (3), 347-355.
- Kurt, A. and Kahyaoglu, T., 2014. Characterization of a new biodegradable edible film made from saiep glucomannan. *Carbohydrate Polymers*, 104(0): 50-58.
- Leandro, G. R., De Souza, O. F., De Medeiros, T. K. F., De Oliveira, J. P. F., De Medeiros, R. S., De Albuquerque, P. B. S., De Souza, M. P., 2021. Quality and safety of the coalho cheese using a new edible coating based on the ziziphus joazeiro fruit pulp. *Future Foods*, 4, 100089.
- Lewis, H., Verghese, K. and Fitzpatrick, L., 2010. Evaluating the sustainability impacts of packaging: the plastic carry bag dilemma. *Packaging Technology And Science*, 23, 145-160.
- Li, J. and Chen, H., 2000. Biodegradation of whey protein-based edible films. *Journal of Polymers and the Environment*, 8(3), 135-143.

- Li, R. and Xiong, Y. L., 2021. Ultrasound-induced structural modification and thermal properties of oat protein. *LWT*, 149, 111861.
- Li, W., Zhang, C., Chi, H., 2017. Development of antimicrobial packaging film made from poly (lactic acid) incorporating titanium dioxide and silver nanoparticles. *Molecules*, 22, 1170.
- Liang, Q., Ren, X., Qu, W., Zhang, X., Cheng, Y., Ma, H., 2021. The impact of ultrasound duration on the structure of β -lactoglobulin. *Journal of Food Engineering*, 292, 110365.
- Linares, M. B., Peñaranda, I., Iniesta, C. M., Egea, M., Garrido, M. D., 2022. Development of edible gels and films as potential strategy to revalorize entire male pork. *Food Hydrocolloids*, 123, 107182.
- Lindberg, B., Mosihuzzaman, M., Nahar, N., Abeysekera, R.M., Brown, R.G., Willison J.H.M., 1990. *Carbohydr. Res.* 207, 307–310.
- Lisboa, M., Chagas, C., Da Costa, J. C. M., Rossoni, D., Mikcha, J. M. G., De Oliveira Silva, J. V., Da Silva Scapim, M. R., 2022. Characterization and effect of edible alginate acidified coatings associated with photodynamics on cheese preservation. *Applied Food Research*, 2(1), 100113.
- Liu, F., Majeed, H., Antoniou, J., Li, Y., Ma, Y., Yokoyama, W., Zhong, F., 2016. Tailoring physical properties of transglutaminase-modified gelatin films by varying drying temperature. *Food Hydrocolloids*, 58, 20-28.
- Liu, K., Xu, X., Liu, H., Liu, Z., Zhao, K., Ma, Y., Zhang, K., 2021. Mechanical properties and water sensitivity of soybean protein isolate film improved by incorporation of sodium caseinate and transglutaminase. *Progress in Organic Coatings*, 153, 106154.
- Lopes, N. A., Brandelli, A., 2018. Nanostructures for delivery of natural antimicrobials in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58, 2202–2212.
- Lotfi, M., Tajik, H., Moradi, M., Forough, M., Divsalar, E., Kuswandi, B., 2018. Nanostructured chitosan/monolaurin film: Preparation, characterization and antimicrobial activity against *Listeria monocytogenes* on ultrafiltered white cheese. *Lwt*, 92, 576-583.
- Lowry, O.H., Rosebriugh, H.J., Farr, A.L., and Randall, R.J., 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193: 265-268.
- Ma, Y., Yang, R., Zhao, W., 2020. Innovative water-insoluble edible film based on biocatalytic crosslink of gelatin rich in glutamine. *Foods*, 9(4), 503.
- Malheiros, P.S., Sant’Anna, V., Barbosa, M.S., Brandelli, A., Franco, B.D.G.M., 2012b. Effect Of Liposome-Encapsulated Nisin And Bacteriocin-Like Substance On *Listeria Monocytogenes* Growth In Minasfrescal Cheese. *Int. J. Food Microbiol.*
- Malheiros, P.S., Sant’Anna, V., Utpott, M., Brandelli, A., 2012a. Antilisterial activity and stability of nanovesicle-encapsulated antimicrobial peptide P34 in milk. *Food Control.* 23, 42–47.
- Mariniello, L., Giosafatto, C. V. L., Di Pierro, P., Sorrentino, A., Porta, R., 2007. Synthesis and resistance to in vitro proteolysis of transglutaminase cross-linked phaseolin, the major storage protein from *Phaseolus vulgaris*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(12), 4717-4721.
- Marquez, G., Di Pierro, P., Mariniello, L., Esposito, M., Giosafatto, C.V.L., Porta, R., 2017. Fresh-cut fruit and vegetable coatings by transglutaminase-crosslinked whey protein/pectin edible films. *LWT—Food Sci. Technol.* 75, 124–130.

- Martins, J., Cerqueira, M., Souza, B., Carmo Avides, M., Vicente, A., 2010. Shelf life extension of ricotta cheese using coatings of galactomannans from nonconventional sources incorporating nisin against *Listeria monocytogenes*. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 58(3), 1884e1891.
- Mehraj, S. and Sistla, Y. S., 2022. Optimization of process conditions for the development of pectin and glycerol based edible films: Statistical design of experiments. *Electronic Journal of Biotechnology*, 55, 27-39.
- Meira, S. M. M., Zehetmeyer, G., Scheibel, J. M., Werner, J. O., Brandelli, A., 2016. Starch-halloysite nanocomposites containing nisin: characterization and inhibition of listeria monocytogenes in soft cheese. *LWT - Food Science And Technology*, 68, 226–234.
- Mendes-Oliveira, G., Gu, G., Luo, Y., Zografos, A., Minas, I., Nou, X., 2022. Edible and water-soluble corn zein coating impregnated with nisin for *Listeria monocytogenes* reduction on nectarines and apples. *Postharvest Biology and Technology*, 185, 111811.
- Messer, J. W., Behney, H. M. And Leudecke, L. O., 1985. ‘Microbiological count methods’. in standard methods for the examination of dairy products, ed. gary haight richardson. Washington, D.C.: American Public Health Association, 133–49. <https://search.library.wisc.edu/catalog/999568455202121> (November 29, 2017).
- Metin, M., 2008. Süt ve mamülleri analiz yöntemleri. Ege Üniversitesi Basımevi, 24, Bornova-İzmir.
- Meyers, H. M. and Lubnier, M. J., 2004. Başarılı ambalaj başarılı pazarlama. Çev. Zehra Üsdiken, Rota Yayınları, 2.
- Miazaki, J. B., Dos Santos, A. R., De Freitas, C. F., Stafussa, A. P., Mikcha, J. M. G., De Cássia Bergamasco, R., Da Silva Scapim, M. R., 2022. Edible coatings and application of photodynamics in ricotta cheese preservation. *LWT*, 165, 113697.
- Milani, J. M., Tirgarian, B., 2020. An overview of edible protein-based packaging: Main sources, advantages, drawbacks, recent progressions and food applications. *Journal of Packaging Technology and Research*, 4(1), 103-115.
- Mileriene, J., Serniene, L., Henriques, M., Gomes, D., Pereira, C., Kondrotiene, K., Malakauskas, M., 2021. Effect of liquid whey protein concentrate-based edible coating enriched with cinnamon carbon dioxide extract on the quality and shelf life of eastern european curd cheese. *Journal Of Dairy Science*, 104(2), 1504-1517.
- Miller, K. S. and Krochta, J. M., 1997. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Trends in food science & technology*, 8(7), 228-237.
- Miralles, B., del Barrio, R., Cueva, C., Recio, I., Amigo, L., 2018. Dynamic gastric digestion of a commercial whey protein concentrate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 1873–1879.
- Mohamed, A. L., Soliman, A. A. F., Ali, E. A. B., Abou-Zeid, N. Y., Nada, A. A., 2020. Hydrogel bioink based on clickable cellulose derivatives: Synthesis, characterization and in vitro assessment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163,888–897.
- Montes-de-Oca-Ávalos, J. M., Altamura, D., Herrera, M. L., Huck-Iriart, C., Scattarella, F., Siliqi, D., Candal, R. J., 2020. Physical and structural properties of whey protein concentrate-Corn oil-TiO₂ nanocomposite films for edible food-packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 100590.

- Morgan, A., Darby, D., Bruce, T., Romero, A., Cooksey, K., 2022. Development of an antimicrobial coating containing nisin and pectin for deli meat turkey bologna. *LWT*, 113210.
- Nazir, S. and Wani, I. A., 2022. Development and characterization of an antimicrobial edible film from basil seed (*Ocimum basilicum* L.) mucilage and sodium alginate. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 44, 102450.
- Nesic, A., Castillo, C., Castaño, P., Cabrera-Barjas, G., Serrano, J., 2020. Bio-based packaging materials. In *Biobased products and industries* (pp. 279-309). Elsevier.
- Niaz, T. and Imran, M., 2021. Diffusion kinetics of nisin from composite coatings reinforced with nano-rhamnosomes. *Journal of Food Engineering*, 288, 110143.
- Nóbrega Santos, E., de Albuquerque Sousa, T. C., de Santana Neto, D. C., Grisi, C. V. B., da Silva Ferreira, V. C., da Silva, F. A. P., 2022. Edible active film based on gelatin and *Malpighia emarginata* waste extract to inhibit lipid and protein oxidation in beef patties. *LWT*, 154, 112837.
- Nottagh, S., Hesari, J., Peighambaroust, S. H., Rezaei-Mokarram, R., Jafarizadeh-Malmiri, H., 2020. Effectiveness of edible coating based on chitosan and Natamycin on biological, physico-chemical and organoleptic attributes of Iranian ultra-filtrated cheese. *Biologia*, 75(4), 605-611.
- Oh, J.-H., Wang, B., Field, P. D., Aglan, H. A., 2004. Characteristics of edible films made from dairy proteins and zein hydrolysates crosslinked with transglutaminase. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 287–294.
- Oliveira, A.P., Pereira, J.A., Andrade, P.B., Valentão, P., Seabra, R. M., Silva, B.M., 2007. Phenolic profile of *Cydonia oblonga* Miller leaves. *J. Agric. Food. Chem.* 55 (19), 7926–7930.
- Ollé Resa C, Jagus, R. and Gerschenson, L., 2014. Natamycin efficiency for controlling yeast growth in models systems and on cheese surfaces. *Food Control* 35:101-108.
- Opazo-Navarrete, M.; Schutyser, M.A.I.; Boom, R.M.; Janssen, A.E.M. Effect of pre-treatment on in vitro gastric digestion of quinoa protein (*Chenopodium quinoa* Willd.) obtained by wet and dry fractionation. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2018, 69, 1–11.
- Otero, V., Becerril, R., Santos, JA., Rodríguez-Calleja, JM., Nerín, C., GarcíaLópez, M-L., 2014. Evaluation of two antimicrobial packaging films against *Escherichia coli* O157:H7 strains in vitro and during storage of a Spanish ripened sheep cheese (Zamorano). *Food Control* 42:296–302.
- Ozdemir, M., and Floros, J.D., 2004. Active food packaging technologies. *Crit Rey Food Sci Nutr* 44(3):185-93.
- Ozturkoglu-Budak, S., Akal, H. C., Bereli, N., Cimen, D., Akgonullu, S., 2021. Use of antimicrobial proteins of donkey milk as preservative agents in Kashar cheese production. *International Dairy Journal*, 120, 105090.
- Öründü, S. and tarakçı, Z., 2021. Effects of different starter culture applications pre-and post-scalding on the biochemical and sensory properties of pasta filata type cheeses. *LWT*, 136, 110288.
- Övüç, S., 2015. Tüketicilerin sürdürülebilir ambalaja sahip ürün satın alma niyeti. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, S. ve Sert S., 1996. Gıda mikrobiyolojisi tatbikat notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 128, Erzurum.

- Özen, A. E. and Kılıç, M., 2007. Peyniraltı suyundan elde edilen serum proteinlerinin fonksiyonel özellikleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 45-49.
- Palomba, D., Vazquez, G. E., Díaz, M. F., 2014. Prediction of elongation at break for linear polymers. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 139, 121-131.
- Pantaleao, I., Pintado, M. M. E., Poças, M. F. F., 2007. Evaluation of two packaging systems for regional cheese. *Food Chemistry*, 102, 481–487.
- Papadaki, A., Manikas, A. C., Papazoglou, E., Kachrimanidou, V., Lappa, I., Galiotis, C., Kopsahelis, N., 2022. Whey protein films reinforced with bacterial cellulose nanowhiskers: Improving edible film properties via a circular economy approach. *Food Chemistry*, 385, 132604.
- Pelissari, F. M., Andrade-Mahecha, M. M., Sobral, P. J. D. A., Menegalli, F. C., 2013. Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*musa paradisiaca*). *Food Hydrocolloids*, 30(2): 681-690.
- Pires, C., Ramos, C., Teixeira, B., Batista, I., Nunes, M.L., Marques, A., 2013. Hake proteins edible films incorporated with essential oils: Physical, mechanical, antioxidant and antibacterial properties, *Food Hydrocolloids*, 30.
- Polat Yemiş, G., Sezer, E., Sıçramaz, H., 2022. Inhibitory effect of sodium alginate nanoemulsion coating containing myrtle essential oil (*myrtus communis* l.) on *Listeria monocytogenes* in Kasar cheese. *Molecules*, 27(21), 7298.
- Porta, R., Di Pierro, P., Rossi-Marquez, G., Mariniello, L., Kadivar, M., Arabestani, A., 2015. Microstructure and properties of bitter vetch (*vicia ervilia*) protein films reinforced by microbial transglutaminase. *Food Hydrocolloids*, 50, 102–107.
- Priyadarshi, R., Riahi, Z., Rhim, J. W., 2022. Antioxidant pectin/pullulan edible coating incorporated with Vitis vinifera grape seed extract for extending the shelf life of peanuts. *Postharvest Biology and Technology*, 183, 111740.
- Qazanfarzadeh, Z., Kadivar, M., Shekarchizadeh, H., Di Girolamo, R., Giosafatto, C. V. L., Porta, R., 2021. Secalin enzymatically cross-linked by either papain and N-acetyl-dl-homocysteine thiolactone or transglutaminase: Improving of protein functional properties and film manufacturing. *Food Hydrocolloids*, 120, 106912.
- Qiu, Y. T., Wang, B. J., Weng, Y. M., 2020. Preparation and characterization of genipin cross-linked and lysozyme incorporated antimicrobial sodium caseinate edible films. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 100601.
- Raeisi, M., Tajik, H., Aliakbarlu, J., Valipour, S., 2014. Effect of carboxymethyl cellulose edible coating containing *zataria multiflora* essential oil and grape seed extract on chemical attributes of rainbow trout meat. *Veterinary Research Forum*, 5(2); 89-93.
- Ramos, O. ´ L., Pereira, J. O., Silva, S. I., Fernandes, J. C., Franco, M. I., Lopes-daSilva, J. A., Malcata, F. X., 2012. Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese. *Journal of Dairy Science*, 95(11), 6282–6292.
- Ramos, Ó. L., Reinas, I., Silva, S. I., Fernandes, J. C., Cerqueira, M. A., Pereira, R. N., Malcata, F. X., 2013. Effect of whey protein purity and glycerol content upon physical properties of edible films manufactured therefrom. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 110-122.
- Ranjith, F. H., Adhikari, B., Muhialdin, B. J., Yusof, N. L., Mohammed, N. K., Ariffin, S. H., Hussin, A. S. M., 2022. Peptide-based edible coatings to control postharvest fungal spoilage of mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Food Control*, 135, 108789.

- Renfrew, A.G. and Cretcher, L.H., 1932. *J. Biol. Chem.*, 503-510.
- Requena, R., Vargas, M., Atares, L., Chiralt, A., 2018. Biopolymers carrying essential oils, or their compounds, for food antimicrobial packaging. *Current Organic Chemistry*, 22(12), 1141–1156.
- Resa, C. P., Jagus, R. J., Gerschenson, L. N., 2014. Effect of natamycin, nisin and glycerol on the physicochemical properties, roughness and hydrophobicity of tapioca starch edible films. *Materials Science & Engineering. C, Materials For Biological Applications*, 40, 281–287.
- Rezaghali, F., Hashemi, S.M.B., Gholamhosseinpour, A., Sherahi, M. H., Hesarinejad, M.A., Ale, M.T., 2019. Characterizations and rheological study of the purified polysaccharide extracted from quince seeds. *J. Sci. Food Agric.* 99 (1), 143–151.
- Ritzoulis, C., Marini, E., Aslanidou, A., Georgiadis, N., Karayannakidis, P. D., Koukiotis, C., 2014. Hydrocolloids from quince seed: extraction, characterization, and study of their emulsifying/stabilizing capacity. *Food Hydrocolloids*, 42(Part 1), 178e186.
- Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Diaz, O., 2012. Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 14, 92–98.
- Romeih, E. and Walker, G., 2017. Recent advances on microbial transglutaminase and dairy application. *Trend. Food Sci. Technol.* 62, 133–140.
- Romero-Bastida, C.A., Tapia-Blácido, D.R., Méndez-Montealvo, G., Bello-Pérez, L.A., Velázquez, G., Alvarez-Ramirez, J., 2016. Effect of amylose content and nanoclay incorporation order in physicochemical properties of starch/montmorillonite composites. *Carbohydr Polym*, 152, 351-360.
- Sabaghi, M., Joly, C., Adt, I., Ozturk, K., Cottaz, A., Degraeve, P., 2022. Effect of crosslinking by microbial transglutaminase of gelatin films on lysozyme kinetics of release in food simulants. *Food Bioscience*, 101816.
- Sabaghi, M., Maghsoudlou, Y., Habibi, P., 2015. Enhancing structural properties and antioxidant activity of kefir films by chitosan addition. *Food Structure*, 5, 66–71.
- Sabbah, M., Di Pierro, P., Dell’Olmo, E., Arciello, A., Porta, R., 2019. Improved shelf life of nabulsi cheese wrapped with hydrocolloid films. *Food Hydrocolloids*, 96, 29-35.
- Saberi, B., Thakur, R., Bhuyan, D. J., Vuong, Q., V, Chockchaisawasdee, S., Golding, J. B., Stathopoulos, C. E., 2016. Development of edible blend films with good mechanical and barrier properties from pea starch and guar gum. *Starch/Staerke*, 69, 1–2.
- Saidi, V., Sheikh-Zeinoddin, M., Kobarfard, F., Soleimanian-Zad, S., Doost, A. S., 2020. Profiling of bioactive metabolites during the ripening of a semi-hard non-starter culture cheese to detect functional dietary neurotransmitters. *Biocatalysis And Agricultural Biotechnology*, 28, 101734.
- Sanchez, L. T., Pinzon, M. I., Villa, C. C., 2022. Development of active edible films made from banana starch and curcumin-loaded nanoemulsions. *Food Chemistry*, 371, 131121.
- Santos, J. C., Sousa, R. C., Otoni, C. G., Moraes, A. R., Souza, V. G., Medeiros, E. A., Soares, N. F., 2018. Nisin and other antimicrobial peptides: production, mechanisms of action, and application in active food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48, 179-194.
- Sarıcaoğlu, F.T., 2018. Mekanik olarak ayrılmış tavuk eti proteinlerinden antioksidan ve antimikrobiyal katkıları yenilebilir film üretimi ve ısıtılmış sucuklarda kullanımı, Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

- Sarıkuş, G., 2006. Farklı antimikrobiyal maddeler içeren yenilebilir film üretimi ve kaşar peynirinin muhafazasında mikrobiyal inaktivasyona etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Sarioğlu, T., 2005. Yenilebilir filmlerin kaşar peynirinin kaplanması ve peynir kalitesi üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Sarioğlu, T., Öner, Z., 2006. Yenilebilir Filmlerin Kaşar Peynirinin Kaplanması ve Peynir Kalitesi Üzerine Etkileri. *Gıda*, 31(1), 3-10.
- Schmid, M. and Müller, K., 2019. Whey protein-based packaging films and coatings. In H. C. Deeth, & N. Bansal (Eds.). *Whey proteins—From milk to medicine* (pp. 407–437). London: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-02581-0>.
- Schmid, M., Sänglerlaub, S., Wege, L., Stäbler, A., 2014. Properties of transglutaminase crosslinked whey protein isolate coatings and cast films. *Packaging Technology And Science*, 27, 799–817.
- Schmidt, C., 1844. Ueber die destillationsproducte der meconsaure. *Justus Liebigs Annalen Der Chemie*, 5, 29.
- Sebti, I., Chollet, E., Degraeve, P., Noel, C., Peyrol, E., 2007. Water sensitivity, antimicrobial, and physicochemical analyses of edible films based on HPMC and/or chitosan. *J. Agric. Food Chem.* 55 (3), 693–699.
- Seiwert, K., Kamdem, D. P., Kocabaş, D. S., Ustunol, Z., 2021. Development and characterization of whey protein isolate and xylan composite films with and without enzymatic crosslinking. *Food Hydrocolloids*, 120, 106847.
- Senan, S., El-Aal, H. A., Dave, R., Hassan, A., 2016. Production and stability of nisin in whey protein concentrate. *LWT-Food Science And Technology*, 71, 125-129.
- Sert, D., Ayar, A., Akin, N., 2007. The effects of starter culture on chemical composition, microbiological and sensory characteristics of turkish kaşar cheese during ripening. *International Journal Of Dairy Technology*, 60(4), 245-252.
- Seydim, AC. and Sarikus, G., 2006. Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Research International*, 39(5): 639–644
- Seyed-Moslemi, S. A., Hesari, J., Peighambaroust, S. H., Peighambaroust, S. J., 2021. Effect of microbial lipase and transglutaminase on the textural, physicochemical, and microbial parameters of fresh Quark cheese. *Journal Of Dairy Science*, 104(7), 7489-7499.
- Silva, B. M., Andrade, P. B., Ferreres, F., Seabra, R. M., Beatriz, M., Oliveira, P. P., Ferreira, M. A., 2005. Composition of quince (*Cydonia Oblonga* Miller) seeds: phenolics, organic acids and free amino acids. *Natural Product Research*, 19(3), 275-281.
- Silva, B. M., Andrade, P. B., Valentão, P., Ferreres, F., Seabra, R. M., Ferreira, M. A., 2004. Quince (*Cydonia Oblonga* Miller) fruit (pulp, peel, and seed) and jam: antioxidant activity. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 52, 4705e4712.
- Silva, S. P., Ribeiro, S. C., Teixeira, J. A., Silva, C. C., 2022. Application of an alginate-based edible coating with bacteriocin-producing lactococcus strains in fresh cheese preservation. *LWT*, 153, 112486.

- Silva, T., Pokhrel, L. R., Dubey, B., Tolaymat, T. M., Maier, K. J., Liu, X., 2014. Particle size, surface charge and concentration dependent ecotoxicity of three organo-coated silver nanoparticles: comparison between general linear model-predicted and observed toxicity. *The Science Of The Total Environment*, 468–469, 968–976.
- Soleimani-Rambod, A., Zomorodi, S., Naghizadeh Raeisi, S., Khosrowshahi Asl, A., Shahidi, S. A., 2018. The Effect of xanthan gum and flaxseed mucilage as edible coatings in cheddar cheese during ripening. *Coatings*, 8(2), 80.
- Sood, A., Saini, C. S., 2022. Red pomelo peel pectin based edible composite films: Effect of pectin incorporation on mechanical, structural, morphological and thermal properties of composite films. *Food Hydrocolloids*, 123, 107135.
- Sorde, K.L and Ananthanarayan, L., 2019. Effect of transglutaminase treatment on properties of coconut protein-guar gum composite film, *LWT Food Sci. Technol.*,115.
- Sothornvit, R., Hong, S.-I., An, D.J., Rhim, J.-W., 2010. Effect Of Clay Content On The Physical And Antimicrobial Properties Of Whey Protein Isolate/Organo-Clay Composite Films. *LWT—Food Sci. Technol.* 43, 279–284.
- Soto, K. M., Hernández-Iturriaga, M., Loarca-Piña, G., Luna-Bárcenas, G., Mendoza, S., 2019. Antimicrobial Effect Of Nisin Electrospun Amaranth: Pullulan Nanofibers In Apple Juice And Fresh Cheese. *International Journal Of Food Microbiology*,295, 25-32.
- Soydan, B.M., 2011. Keçiyoynuzu çekirdeği bazlı kaplamaların kşara peynirinin raf ömrünü uzatmada uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Speck, M. L., 1976. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Compendium of methods for the microbiological examination of foods.
- Spotti, M. L., Cecchini, J. P., Spotti, M. J., Carrara, C. R., 2016. Brea gum (from *cercidium praecox*) as a structural support for emulsion-based edible films. *LWT – Food Science and Technology*, 68, 127–134. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.018>
- Staroszczyk, H., Pielichowska, J., Sztuka, K., Stangret, J., Kołodziejska, I., 2012. Molecular and structural characteristics of cod gelatin films modified with EDC and TGase. *Food Chemistry*, 130, 335-343.
- Su, G., Cai, H., Zhou, C., Wang, Z., 2007. Formation of edible soybean and soybean-complex protein films by a cross-linking treatment with a new *Streptomyces* transglutaminase, 45, 381-388.
- Sukhija, S., Singh, S, Riar, C.S., 2016. Analyzing the effect of whey protein concentrate and psyllium husk on various characteristics of biodegradable film from lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome starch, *Food Hydrocolloid* 60 (2016) 128–137.
- Sukhija, S., Singh, S., Riar, C. S., 2016. Analyzing the effect of whey protein concentrate and psyllium husk on various characteristics of biodegradable film from lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome starch. *Food Hydrocolloids*, 60, 128-137.
- Sukyai, P., Anongjanya, P., Bunyahwuthakul, N., Kongsin, K., Harnkarnsujarit, N., Sukatta, U., Chollakup, R., 2018. Effect of cellulose nanocrystals from sugarcane bagasse on whey protein isolate-based films. *Food Research International*,107, 528-535.
- Sun, X., Wang, J., Dong, M., Zhang, H., Li, L., Wang, L., 2022. Food spoilage, bioactive food fresh-keeping films and functional edible coatings: Research status, existing problems and development trend. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 122-132.

- Sun, X., Wang, J., Dong, M., Zhang, H., Li, L., Wang, L., 2022. Food spoilage, bioactive food fresh-keeping films and functional edible coatings: Research status, existing problems and development trend. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 122-132.
- Susmitha, A., Sasikumar, K., Rajan, D., Nampoothiri, K. M., 2021. Development and characterization of corn starch-gelatin based edible films incorporated with mango and pineapple for active packaging. *Food Bioscience*, 41, 100977.
- Sztuka, K. and Kołodziejaska, I., 2008. Effect of transglutaminase and EDC on biodegradation of fish gelatin and gelatin-chitosan films. *European Food Research and Technology*, 226(5), 1127-1133.
- Şahan, N., Yasar, K., Hayaloğlu, A.A., Karaca, O.B., Kaya, A., 2008. Influence of fat replacers on chemical composition, proteolysis, texture profiles, meltability and sensory properties of low-fat kashar cheese. *Journal of Dairy Research*, 75(1), 1-7.
- Şengül, M., Erkaya, T., Fırat, N., 2010. Çiğ ve pastörize süten üretilen kaşar peynirlerinin olgunlaşma süresince bazı mikrobiyolojik özelliklerinin karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2), 149-156.
- Tabatabaei, S. D., Ghiasi, F., Gahruie, H. H., Hosseini, S. M. H., 2022. Effect of emulsified oil droplets and glycerol content on the physicochemical properties of Persian gum-based edible films. *Polymer Testing*, 106, 107427.
- Takundwa, B. A., Bhagwat, P., Ruzengwe, F. M., Pillai, S., Ijabadeniyi, O. A., 2022. Optimisation of the combined treatment of nisin, oregano and ultrasound in decontaminating *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7 on cabbage. *Future Foods*, 5, 100141.
- Tang, C., Jiang, Y., Wen, Q., Yang, X., 2005. Effect of transglutaminase treatment on the properties of cast films of soy protein isolates, 120, 296–307.
- Tarakçı, Z. and Küçükoner, E., 2006. Changes on physicochemical, lipolysis and proteolysis of vacuum packed Turkish Kashar cheese during ripening. *Journal of Central European Agriculture*, 7, 459–464.
- Tharanathan, R. N., 2003. Biodegradable films and composite coatings: Past, present and future. *Trends in Food Science and Technology*, 14(3), 71–78.
- Tomar, O. ve Akarca, G., 2019. Farklı Bitki Ekstraktlarıyla Kaplamanın Kaşar Peynirlerinin Mikrobiyolojik ve Duyusal Kaliteleri Üzerine Etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 86-95.
- Tongnuanchan, P., Benjakul, S., Prodpran, T., 2014. Structural, morphological and thermal behaviour characterisations of fish gelatin film incorporated with basil and citronella essential oils as affected by surfactants. *Food Hydrocolloids*, 41, 33-43.
- Topcu, A., Bulat, T., Özer, B., 2020. Process design for processed kashar cheese (a pasta-filata cheese) by means of microbial transglutaminase: effect on physical properties, yield and proteolysis. *LWT*, 125, 109226.
- Torlak, E. ve Nizamlıoğlu, M., 2011. Uçucu yağ içeren yenilebilir kitosan filmlerinin *staphylococcus aureus* ve *escherichia coli* o157:h7 üzerine etkinlikleri. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 17: 125-129.
- Torrijos, R., Nazareth, T. M., Calpe, J., Quiles, J. M., Mañes, J., Meca, G., 2022. Antifungal activity of natamycin and development of an edible film based on hydroxyethylcellulose to avoid *Penicillium* spp. growth on low-moisture mozzarella cheese. *LWT*, 154, 112795.

- Ture, H., Eroglu, E., Ozen, B., Soyer, F., 2011. Effect of biopolymers containing natamycin against *aspergillus niger* and *penicillium roquefortii* on fresh Kashar cheese. *International Journal Of Food Science And Technology*, 46(1), 154-160.
- Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliği, 2015. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tebliğ No: 2015/6.
- Unalan, I.U., Arcan, I., Korel, F., Yemenicioglu, A., 2013. Application of active zein-based films with controlled release properties to control *listeria monocytogenes* growth and lipid oxidation in fresh kashar cheese. *innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 20, 208–214.
- Vera, A., Tapia, C., Abugoch, L., 2020. Effect of high-intensity ultrasound treatment in combination with transglutaminase and nanoparticles on structural, mechanical, and physicochemical properties of quinoa proteins/chitosan edible films. *International journal of biological macromolecules*, 144, 536-543.
- Vignon, M. R., Gey, C., 1998. Isolation, ¹H And ¹³Cnmr Studies Of(4-O-Methyl-D-Glucurono)-D-Xylans from luffafruit fibers, jutebast fibers andmucilage of quince tree seeds. *Carbohydrate Research*, 307, 107–111.
- Vroman, I., and Tighzert, L., 2009. Biodegradable polymers. *Materials* 2. France. 2: 307-344
- I.K greener and O. Fennema.1989. Barrier properties and surface characteristics of edible, bilayer films. *Journal of Food Science*, 54, 1393–1399.
- Waghmare, R. B. and Annapure, U. S., 2018. Integrated effect of radiation processing and modified atmosphere packaging (MAP) on shelf life of fresh fig. *Journal of Food Science and Technology - Mysore*, 55(6), 1993–2002.
- Wang, H. H., Song, Y. Y., Liu, Z. Q., Li, M. H., Zhang, L., Yu, Q. L., 2020. Effects of iron-catalyzed and metmyoglobin oxidizing systems on biochemical properties of yak muscle myofibrillar protein. *Meat Science*, 166, Article e108041.
- Wang, Y., Li, P., Tran, T.T.D., Zhang, J. ve Kong, L., 2016. Manufacturing techniques and surface engineering of polymer based nanoparticles for targeted drug delivery to cancer. *Nanomaterials*, 6(2): 26.
- Wang, Y., Liu, A., Ye, R., Wang, W., Li, X., 2015. Transglutaminase-induced crosslinking of gelatin–calcium carbonate composite films. *Food Chemistry*, 166, 414-422.
- Wihodo, M., Moraru, C.I., 2013. Physical and chemical methods used to enhance the structure and mechanical properties of protein films: A Review. *J. Food Eng.* 114, 292–302.
- Woraprayote, W., Pumpuang, L., Tosukhowong, A., Zendo, T., Sonomoto, K., Benjakul, S., Visessanguan, W., 2018. Antimicrobial biodegradable food packaging impregnated with Bacteriocin 7293 for control of pathogenic bacteria in pangasius fish fillets. *LWT*, 89, 427-433.
- Wu, J., Zhong, F., Li, Y., Shoemaker, C. F., Xia, W., 2013. Preparation and charazterization of pullulan-chitosan and pullulan-carboxymethyl chitosan blended films. *Food Hydrocolloids*, 30, 82–91.
- Wu, X., Liu, A., Wang, W., Ye, R., 2017. Improved mechanical properties and thermal stability of collagen fiber based film by crosslinking with casein, keratin or sp1: effect of crosslinking process and concentrations of proteins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1319–1328.
- Wu, Y., Li, Q., Zhang, X., Li, Y., Li, B., Liu, S., 2019. Cellulose-based peptidopolysaccharides as cationic antimicrobial package films. *International journal of biological macromolecules*, 128, 673-680.

- Yalçın, Ü., Andiç, S., Akkol, S., 2021. The Effect of sodium caseinate or chitosan edible coatings on some chemical textural and microbiological characteristics of Kashar cheese. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(1), 290-302.
- Yang, S., Lan, T., Sun, Z., Xu, M., Wang, M., Feng, Y., 2022. A predictive model to determine tensile strength and fracture toughness of 3D printed fiber reinforced concrete loaded in different directions. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 119, 103309.
- Yangılar F, 2015. Chitosan/whey protein (CWP) edible films efficiency for controlling mould growth and on microbiological, chemical and sensory properties during storage of göbek Kashar cheese. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 35(2): 216-224.
- Yangılar, F. and Oğuzhan Yıldız, P., 2016. Casein/natamycin edible films efficiency for controlling mould growth and on microbiological, chemical and sensory properties during the ripening of Kashar cheese. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 96(7), 2328-2336.
- Yasar, K. and Güzeler, N., 2011. Effects of coagulant type on the physicochemical and organoleptic properties of Kashar cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 64(3): 372-379.
- Yasumoto, K., Suzuki, F., 1990. Aspartyl-and glutamyl-lysine crosslinks formation and their nutritional availability. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 36(4-SupplementI), S71-S77.
- Yaşar, K., 2007. Farklı pıhtılaştırıcı enzim kullanımının ve olgunlaşma süresinin kaşar peynirinin özellikleri üzerine etkisi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yıldırım, M., Gulec, F., Bayram, M., Yıldırım, Z., 2006. Properties of kashar cheese coated with casein as a carrier of natamycin. *Italian Journal Of Food Science*, 18, 127–138.
- Yılmaz, F., 2019. Kaşar peyniri üretiminde sonikasyon uygulanmış bazı laktobasillerin peynirin olgunlaşması ve kalitesi üzerine etkileri. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yılmaz, L., Akpınar, B. A., Özcan, Y. T., 2007. Süt proteinlerinin yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1: 59-64.
- Yildirim, M., Hettiarachchy, N.S., 1998. Properties of films produced by cross-linking whey proteins and globulin using transglutaminase. *J. Food Sci.* 63, 248–252.
- Yılmaz, F. and Dagdemir, E., 2012. The Effects of beeswax coating on quality of kashar cheese during ripening. *International Journal Of Food Science & Technology*, 47(12), 2582–2589.
- Yılmaz, K., Turhan, S., Saricaoglu, F. T., Tural, S., 2020. Improvement of physicochemical, mechanical, thermal and surface properties of anchovy by-product protein films by addition of transglutaminase, and the correlation between secondary structure and mechanical properties. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100483.
- Youssef, A. M., Assem, F. M., Abdel-Aziz, M. E., Elaaser, M., Ibrahim, O. A., Mahmoud, M., Abd El-Salam, M. H., 2019. Development of bionanocomposite materials and its use in coating of Ras cheese. *Food Chemistry*, 270, 467-475.
- Yüksel, Z. and Erdem, Y. K., 2008. Gıda endüstrisinde transglutaminaz uygulamaları: 2. enzimin gıda süreçlerinde kullanım olanakları. *GIDA*, 33(3), 143-149.
- Zareie, Z., Yazdi, F.T. and Mortazavi, S.A., 2020. Development and characterization of antioxidant and antimicrobial edible films based on chitosan and gamma-aminobutyric acid rich fermented soy protein. *Carbohydrate Polymers* 244, 116491.

- Zhang, W., Cao, J., Fan, X., Jiang, W., 2020a. Applications of nitric oxide and melatonin in improving postharvest fruit quality and the separate and crosstalk biochemical mechanisms. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 531–541.
- Zhang, W., Jiang, H., Rhim, J. W., Cao, J., Jiang, W., 2021. Tea polyphenols (TP): A promising natural additive for the manufacture of multifunctional active food packaging films. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–14.
- Zhang, W., Li, X., Jiang, W., 2020b. Development of antioxidant chitosan film with banana peels extract and its application as coating in maintaining the storage quality of apple. *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 1205–1214.
- Zhang, X., Zhao, Y., Li, Y., Zhu, L., Fang, Z., Shi, Q., 2020. Physicochemical, mechanical and structural properties of composite edible films based on whey protein isolate/psyllium seed gum. *International journal of biological macromolecules*, 153, 892-901.
- Zhao, R., Guan, W., Zheng, P., Tian, F., Zhang, Z., Sun, Z., Cai, L., 2022. Development of edible composite film based on chitosan nanoparticles and their application in packaging of fresh red sea bream fillets. *Food Control*, 132, 108545.
- Zhao, X., Kuipers, O. P., 2021. Synthesis of silver-nisin nanoparticles with low cytotoxicity as antimicrobials against biofilm-forming pathogens. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 206, 111965.
- Zhong, W., Li, J., Dai, J., Wang, C., Zhang, T., 2021. Digestibility of polymerized whey protein using in vitro digestion model and antioxidative property of its hydrolysate. *Food Bioscience*, 42, 101109.
- Zhong, Y., Cavender, G., Zhao, Y., 2014. Investigation of different coating application methods on the performance of edible coatings on mozzarella cheese. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 56, 1-8.
- Zhou, N. E., Kay, C. M., Hodges, R. S., 1993. Disulfide bond contribution to protein stability: Positional effects of substitution in the hydrophobic core of the two stranded α -helical coiled-coil. *Biochemistry*, 32, 3178–3187.
- Zink, J., Wyrobnik, T., Prinz, T., Schmid, M., 2016. Physical, chemical and biochemical modifications of proteinbased films and coatings: An extensive review. *Int. J. Mol. Sci.* 17, 1376–1451.
- Zolfi, M., Khodaiyan, F., Mousavi, M., Hashemi, M., 2014. The improvement of characteristics of biodegradable films made from kefiran-whey protein by nanoparticle incorporation. *Carbohydrate Polymers*, 109, 118–125.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Zeynep GÜRBÜZ
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Aşkale Anadolu Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2016)
Doktora:	Atatürk Üniversitesi
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	Orta
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Gıda Mühendisliği Odası	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	
-	