



T.C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜZÜMSÜ MEYVELERDEN ÜRETİLEN FİMLERİN
ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ VE KAŞAR PEYNİRİNE
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

SERAP ÖRÜNDÜ

DOKTORA TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORDU 2023

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Serap ÖRÜNDÜ

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün B-2024 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekilve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

ÜZÜMSÜ MEYVELERDEN ÜRETİLEN FİMLERİN ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ VE KAŞAR PEYNİRİNE UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

SERAP ÖRÜNDÜ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ, 204 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ZEKİ TARAKÇI)

(İKİNCİ TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HASAN TEMİZ)

Bu çalışma iki aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk aşamada, beyaz üzüm (*V. vinifera L. cv. Sultani*), kokulu kara üzüm (*V. labrusca L.*) ve güz yemişi (*Elaeagnus umbellata L.*) meyve sularından ekstraktlar elde edilmiştir. Film üretimi, sodyum aljinat çözeltisine (%2 w/v), farklı konsantrasyonlarda gliserol (%30-40-50 w/w sodyum aljinat), kalsiyum klorür (%0.01 w/v) ve meyve suyu ekstraktları (20 g/100 mL) katılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen filmlerin analizleri yapılmış ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (TOPSIS) ile peynire uygulanabilecek en iyi film karakterizasyonu belirlenmiştir. Belirlenen film çözeltisine antimikrobiyal madde olarak kekik uçucu yağı (%1-1.5-2 v/v) ve natamisin (20 mg/100 mL) eklenerek analizleri yapılmıştır. Bu film çözeltileri ikinci aşamada Kaşar peynirine daldırma yöntemi ile uygulanmıştır. Antimikrobiyal madde içeren filmle kaplı peynirler depolama günleri (2.-15.-30.-60.-90. gün) boyunca fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizlere tabi tutulmuştur. Çalışmada film ile kaplama işleminin, peynir örneklerinin raf ömrü ve olgunlaşma üzerine etkisi incelenmiştir.

Üzümsü meyvelerden üretilen filmlerde kullanılan farklı gliserol konsantrasyonu filmlerin nem, kalınlık, suda çözünürlük ve su buharı geçirgenliği (SBG) değerleri üzerine önemli etki göstermemiştir ($p>0.05$). Gliserol konsantrasyonunun artışı opaklık, oksijen geçirgenliği (OG) ve gerilme (G) değerlerini azaltmış, kopma uzaması (KU) değerlerini ise artırmıştır ($p<0.05$). TOPSIS sonucunda %40 gliserol ve güz yemişi ekstraktı içeren film optimum özellikleri göstermiştir. Bu film çözeltisine antimikrobiyal madde ilavesi gerçekleştirilmiş ve bu durum filmlerde nem, kalınlık, suda çözünürlük, a^* ve b^* değerlerini etkilememiş ($p>0.05$); L^* ve G değerlerini düşürmüştür; opaklık, SBG, OG ve KU değerlerini ise artırmıştır ($p<0.05$). Kekik uçucu yağı ilavesiyle filmlerin antioksidan kapasitesi artmış, %2 oranında kekik uçucu yağı içeren film örneği (C) yüksek antimikrobiyal aktivitesi ile ön plana çıkmıştır ($p<0.05$). Filme antimikrobiyal madde eklemek filmlerin termal kararlılığını artırmıştır. Filmlere kekik uçucu yağı ilavesiyle beraber yapıda porlar oluşmaya başlamış ve kekik yağı oranının artmasına bağlı olarak por sayısı ve büyüklüğü artmıştır. Antimikrobiyal madde içeren filmle kaplanan peynir örneklerinde depolama boyunca % kurumadde, % titrasyon asitliği, % tuz, olgunlaşma derecesi, tiyobarbütirik asit reaktif maddesi sayısı (TBARS) artmış; pH, su aktivitesi, L^* , a^* değerleri ise azalmıştır. α_{s1} -kazein

ve β -kazein konsantrasyonları depolama süresince azalmış, toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve maya-küf sayısında önemli artışlar olmuştur ($p<0.05$). Duyusal analizler sonucunda depolamanın sonunda %1 kekik uçucu yağı içeren filmle kaplı peynir örneği (A) en yüksek genel kabul edilebilirlik puanına sahip olmuştur. Bu sonuçlar, kekik uçucu yağı içeren filmle kaplamanın vakum ambalajlamaya bir alternatif olarak Kaşar peynirinin raf ömrünü uzatabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Beyaz Üzüm, Güz Yemişi, Kaşar Peyniri, Kekik Uçucu Yağı, Kokulu Kara Üzüm, Natamisin, Vakum Ambalajlama, Yenilebilir Film.



ABSTRACT

DETERMINATION OF THE PROPERTIES OF FILMS PRODUCED FROM GRAPE FRUITS AND INVESTIGATION OF THEIR APPLICABILITY TO KAŞAR CHEESE

SERAP ÖRÜNDÜ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

FOOD ENGINEERING

PHD THESIS, 204 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. ZEKAİ TARAKÇI)

(CO-SUPERVISOR: PROF. DR. HASAN TEMİZ)

This study was conducted in two phases. In the first stage, extracts were obtained from white grape (*V. vinifera* L. cv. *Sultani*), isabella grape (*V. labrusca* L.) and autumn olive (*Elaeagnus umbellata* L.) fruit juices. Film production was carried out by adding different concentrations of glycerol (30-40-50% w/w sodium alginate), calcium chloride (0.01% w/v) and fruit juice extracts (20 g/100 mL) to sodium alginate solution (2% w/v). The obtained films were analyzed and the best film characterization that can be applied to cheese was determined by the Multi-Criteria Decision Making Method (TOPSIS). Thyme essential oil (1-1.5-2% v/v) and natamycin (20 mg/100 mL) were added to the determined film solution as antimicrobial agent and analyzed. These film solutions were applied to Kaşar cheese by dipping method in the second stage. The cheeses coated with film containing antimicrobial agents were subjected to physical, chemical, microbiological and sensory analyses during storage days (2nd-15th-30th-60th-90th days). In the study, the effect of film coating on the shelf life and ripening of cheese samples was investigated.

Different glycerol concentrations used in the films produced from grape fruits had no significant effect on moisture, thickness, water solubility and water vapor permeability (SBG) values of the films ($p>0.05$). The increase in glycerol concentration decreased the opacity, oxygen permeability (OG) and tensile (G) values and increased the elongation at break (KU) values ($p<0.05$). As a result of TOPSIS, the film containing 40% glycerol and autumn olive extract showed optimum properties. Antimicrobial agent was added to this film solution and this did not affect moisture, thickness, water solubility, a^* and b^* values ($p>0.05$); decreased L^* and G values; increased opacity, SBG, OG and KU values ($p<0.05$). The antioxidant capacity of the films increased with the addition of thyme essential oil, and the film sample (C) containing 2% thyme essential oil stood out with its high antimicrobial activity ($p<0.05$). Adding an antimicrobial agent to the film increased the thermal stability of the films. With the addition of thyme essential oil to the films, pores started to form in the structure and the number and size of pores increased due to the increase in thyme oil ratio. During storage, % dry matter, % titratable acidity, % salt, degree of ripening, thiobarbutyric acid reactive substance number (TBARS)

increased and pH, water activity, L^* , a^* values decreased in cheese samples coated with films containing antimicrobial agents. α_{s1} -casein and β -casein concentrations decreased during storage, while total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) and yeast-mold counts increased significantly ($p<0.05$). As a result of sensory analysis, at the end of storage, the cheese sample (A) covered with film containing 1% thyme essential oil had the highest overall acceptability score. These results showed that film coating with thyme essential oil can extend the shelf life of Kaşar cheese as an alternative to vacuum packaging.

Keywords: Autumn Olive, Edible Film, Isabella Grapes, Kaşar Cheese, Natamycin, Thyme Essential Oil, Vacuum Packaging, White Grapes.



TEŞEKKÜR

Çalışma konumun belirlenmesinde, izlenecek aşamaların planlamasında ve analiz çalışmalarımda değerli bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Zekai TARAKÇI'ya ,

Bilgi ve tecrübeleri ile bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP'e ve Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ŞAHİN'e,

Tez çalışması süresince bilgi ve yardımlarını esirgemeyen ikinci danışman hocam Prof. Dr. Hasan TEMİZ'e,

Alanındaki çalışma bilgilerinden yararlandığım Sayın Doç. Dr. Furkan Türker SARICAOĞLU'na ve Gıda Mühendisi Dr. Kübra AKŞEHİR ÇAKIROĞLU'na,

Güz yemişi meyvesi temini için yardımcı olan sayın Prof. Dr. Ali İSLAM'a,

Mikrobiyolojik analiz için mikroorganizma temininde yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Ahmet Hilmi ÇON'a,

Laboratuvar analizleri boyunca yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Dr. Ömer Faruk ÇELİK'e ve Arş. Gör. Emre TURAN'a,

Peynir temini için yardımcı olan Sayın Arş. Gör. Mehmet Akif KARAGÖL'e,

B-2024 projesi ile çalışmayı mali olarak destekleyen Ordu Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi ve personeline,

Bu süreçte bana desteklerini sunan Ordu Üniversitesi Ulubey Meslek Yüksekokulu akademik personeli arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca değerli ve sonsuz destekleri için başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	IV
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ŞEKİL LİSTESİ	X
ÇİZELGE LİSTESİ	XII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	XIV
EKLER LİSTESİ	XV
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Beyaz Üzüm (<i>Vitis vinifera</i> L. cv. <i>Sultani</i>)	4
2.2 Kokulu Kara Üzüm (<i>Vitis labrusca</i> L.)	5
2.3 Güz Yemişi (<i>Elaeagnus umbellata</i> L.)	6
2.4 Kekik Uçucu Yağı (<i>Thymus vulgaris</i>)	7
2.5 Natamisin	8
2.6 Sodyum Aljinat	9
2.7 Yenilebilir Film ve Kaplamalar	10
2.7.1 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Özellikleri	11
2.7.2 Yenilebilir Film ve Kaplama Üretiminde Kullanılan Materyaller	12
2.7.2.1 Polisakkaritler	12
2.7.2.2 Proteinler	13
2.7.2.3 Lipitler	15
2.7.2.4 Kompozit Kaplamalar	15
2.7.2.5 Çözücüler	16
2.7.2.6 Plastikleştiriciler	16
2.7.2.7 Yüzey Aktif Maddeler	17
2.7.2.8 Diğer Katkı Maddeleri	17
2.7.3 Yenilebilir Film ve Kaplama Hazırlama ve Uygulama Yöntemleri	18
2.7.3.1 Hazırlama Yöntemleri	18
2.7.3.2 Uygulama Yöntemleri	19
2.8 Yenilebilir Film ve Kaplamalar Üzerine Yapılan Çalışmalar	20
2.8.1 Polisakkarit Esaslı Yenilebilir Film ve Kaplama Çalışmaları	20
2.8.2 Antimikrobiyal Madde İçeren Yenilebilir Film ve Kaplama Çalışmaları	24
2.8.3 Peynirde Yapılan Yenilebilir Film ve Kaplama Çalışmaları	38
3. MATERYAL ve YÖNTEM	54
3.1 Materyal	54
3.2 Film Hazırlama ve Uygulama	54
3.2.1 Meyve Suyu Ekstraktlarının Hazırlanması	54
3.2.2 Uçucu Yağ Eldesi	54
3.2.3 Film Üretimi	55
3.2.4 Uçucu Yağ İçeren Film Üretimi	57
3.2.5 Natamisin İçeren Film Üretimi	57

3.2.6 Peynirin Film Çözeltilisi ile Kaplanması	57
3.3 Analiz Yöntemleri	59
3.3.1 Meyve Suyu Ekstraktlarında Yapılan Analizler	59
3.3.1.1 pH ve Titrasyon Asitliği Analizi	59
3.3.1.2 Renk Analizi	59
3.3.2 Kekik Uçucu Yağında Yapılan Analizler	59
3.3.2.1 Antioksidan Kapasite	59
3.3.2.2 Antimikrobiyal Aktivite	60
3.3.3 Film Analizleri	60
3.3.3.1 Nem Oranı	60
3.3.3.2 Kalınlık	60
3.3.3.3 Optik Özellikler	61
3.3.3.3.1 Renk	61
3.3.3.3.2 Opaklık	61
3.3.3.4 Suda Çözünürlük (SC)	61
3.3.3.5 Su Buharı Geçirgenliği (SBG)	61
3.3.3.6 Oksijen Geçirgenliği (OG)	62
3.3.3.7 Mekanik Özellikler	62
3.3.3.8 TOPSIS Yöntemiyle Ürüne Uygulanacak En İyi Filmin Belirlenmesi	63
3.3.4 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Analizleri	64
3.3.4.1 Antioksidan Kapasite	64
3.3.4.2 Antimikrobiyal Aktivite	65
3.3.4.3 Termal Özellikler	65
3.3.4.4 SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Analizi	65
3.3.5 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmle Kaplı Peynir Analizleri	65
3.3.5.1 Kurumadde Oranı	65
3.3.5.2 Titrasyon Asitliği Değeri	66
3.3.5.3 pH Değeri	66
3.3.5.4 Tuz Oranı	66
3.3.5.5 Olgunlaşma Derecesi	66
3.3.5.6 Su aktivitesi (a_w)	66
3.3.5.7 Renk Analizi	67
3.3.5.8 Tiyoobarbitürik Asit Reaktif Maddesi Sayısı (TBARS)	67
3.3.5.9 Elektroforetik Yöntemle Kazein Fraksiyonlarının Belirlenmesi	67
3.3.5.10 Mikrobiyolojik Analizler	69
3.3.5.11 Duyusal analizler	69
3.3.6 İstatistiksel Analizler	70
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	72
4.1 Meyve Suyu Ekstraktlarında Yapılan Analizler	72
4.2 Kekik Uçucu Yağında Yapılan Analizler	73
4.2.1 Antioksidan Kapasite	73
4.2.2 Antimikrobiyal Aktivite	73
4.3 Film Analizleri	75
4.3.1 Nem Oranı	75
4.3.2 Kalınlık	77
4.3.3 Optik özellikler	78
4.3.3.1 Renk	78
4.3.3.2 Opaklık	81

4.3.4 Suda Çözünürlük.....	82
4.3.5 Su Buharı Geçirgenliği.....	84
4.3.6 Oksijen Geçirgenliği	86
4.3.7 Mekanik Özellikler.....	88
4.3.8 TOPSIS Yöntemiyle Ürüne Uygulanacak En İyi Filmin Belirlenmesi	91
4.4 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Analizleri	92
4.4.1 Nem Oranı.....	92
4.4.2 Kalınlık.....	94
4.4.3 Optik Özellikler.....	95
4.4.3.1 Renk	95
4.4.3.2 Opaklık.....	98
4.4.4 Suda Çözünürlük.....	99
4.4.5 Su Buharı Geçirgenliği (SBG)	101
4.4.6 Oksijen Geçirgenliği	103
4.4.7 Mekanik Özellikler.....	105
4.4.8 Antioksidan Kapasite	108
4.4.9 Antimikrobiyal Aktivite	110
4.4.10 Termal Özellikler	113
4.4.11 SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Analizi	116
4.5 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmle Kaplı Peynir Analizleri	117
4.5.1 Kurumadde Oranı.....	118
4.5.2 Titrasyon Asitliği Değeri.....	121
4.5.3 pH Değeri	123
4.5.4 Tuz Oranı	125
4.5.5 Olgunlaşma Derecesi	127
4.5.6 Su aktivitesi (a_w)	130
4.5.7 Renk	132
4.5.8 TBARS (Tiyobarbitirik asit reaktif maddesi) Sayısı.....	142
4.5.9 Elektroforetik Yöntemle Kazein Fraksiyonlarının Belirlenmesi	145
4.5.10 Mikrobiyolojik Analizler	150
4.5.10.1 Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayısı.....	150
4.5.10.2 Koliform Bakteri Sayısı	153
4.5.10.3 Maya–Küf Sayısı.....	153
4.5.11 Duyusal analiz	157
4.5.11.1 Renk-Görünüş	158
4.5.11.2 Doku.....	160
4.5.11.3 Tat-Aroma	162
4.5.11.4 Koku.....	165
4.5.11.5 Genel Kabul Edilebilirlik	167
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	170
6. KAYNAKLAR	177
EKLER.....	198
ÖZGEÇMİŞ	204

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Beyaz Üzüm (<i>V. vinifera</i> L. cv. <i>Sultani</i>).....	4
Şekil 2.2 Kokulu Kara Üzüm (<i>V. labrusca</i> L.)	5
Şekil 2.3 Güz Yemişi (<i>Elaeagnus umbellata</i> L.)	7
Şekil 2.4 Sodyum Aljinatın Molekül Yapısı.....	10
Şekil 3.1 Sudan Hafif Clevenger Destilasyon Düzeneği ve Uçucu Yağ Eldesi Görseli	55
Şekil 3.2 Film Örneklerinin Kurutulması İçin Hazırlanan Düzenek	56
Şekil 3.3 Farklı Meyve Ekstraktlarından Farklı Oranlarda Gliserol ile Hazırlanan Filmlerin Görüntüsü	56
Şekil 3.4 Peynir Örneklerinin UV Işık Altındaki Görüntüsü.....	58
Şekil 3.5 Film Kaplama İşleminde Sonra Peynirlerin Görüntüsü.....	58
Şekil 3.6 Yardımcı Kağıt-Bant ile Filmlerin Cihazdaki Görüntüsü	63
Şekil 3.7 Duyusal Analiz Sunum Görseli	71
Şekil 4.1 Kekik Uçucu Yağının ve Natamisinin Antimikrobiyal Aktiviteleri.....	74
Şekil 4.2 Film Örneklerinin % Nem Oranları	76
Şekil 4.3 Film Örneklerinin Kalınlıkları	78
Şekil 4.4 Film Örneklerinin Renk Değerleri.....	80
Şekil 4.5 Film Örneklerinin Opaklık Değerleri	82
Şekil 4.6 Film Örneklerinin Suda Çözünürlük değerleri	84
Şekil 4.7 Film Örneklerinin Su buharı Geçirgenliği (SBG) Değerleri	85
Şekil 4.8 Film Örneklerinin Peroksit Sayısı Değerleri	88
Şekil 4.9 Film Örneklerinin Gerilme Değerleri	89
Şekil 4.10 Film Örneklerinin Kopma Uzaması (KU) Değerleri.....	91
Şekil 4.11 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin % Nem Oranları	93
Şekil 4.12 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Kalınlıkları	95
Şekil 4.13 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Renk Değerleri	97
Şekil 4.14 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Opaklık Değerleri.....	99
Şekil 4.15 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Suda Çözünürlük Değerleri.....	101
Şekil 4.16 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Su Buharı Geçirgenliği Değerleri.....	103
Şekil 4.17 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Peroksit Sayısı Değerleri	104
Şekil 4.18 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Gerilme Değerleri	106
Şekil 4.19 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Kopma Uzaması Değerleri.....	108
Şekil 4.20 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin DPPH (%) Değerleri	110
Şekil 4.21 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Antimikrobiyal Aktiviteleri ...	112
Şekil 4.22 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerine Ait SEM Görüntüleri.	117
Şekil 4.23 Depolama Boyunca Film Kaplı Peynir Örneklerindeki Değişimler.....	118
Şekil 4.24 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Kurumadde Oranı Değişimleri	121
Şekil 4.25 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Titrasyon Asitliği Değerleri	123
Şekil 4.26 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin pH Değeri Değişimleri.....	125

Şekil 4.27 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Tuz Oranı Değişimleri.....	127
Şekil 4.28 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Olgunlaşma Derecesi (%) Değerleri Değişimi	129
Şekil 4.29 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a_w Değerleri Değişimi.....	132
Şekil 4.30 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin L^* Değerleri Değişimi	134
Şekil 4.31 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin L^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi	136
Şekil 4.32 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a^* Değerleri Değişimi.....	138
Şekil 4.33 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi	139
Şekil 4.34 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin b^* Değerleri Değişimi.....	141
Şekil 4.35 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin b^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi	142
Şekil 4.36 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin TBARS Sayıları Değişimi ...	145
Şekil 4.37 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin β -kazein Değerleri Değişimi	147
Şekil 4.38 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin α_{s1} -kazein Değerleri Değişimi	148
Şekil 4.39 Peynir Örneklerine Ait Elektroforez Görüntüleri	149
Şekil 4.40 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin TMAB Sayıları Değişimi	152
Şekil 4.41 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Maya-Küf Sayıları Değişimi	157
Şekil 4.42 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Renk-Görünüş Puanları Değişimi	159
Şekil 4.43 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Doku Puanları Değişimi.....	162
Şekil 4.44 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Tat-Aroma Puanları Değişimi	164
Şekil 4.45 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Koku Puanları Değişimi.....	167
Şekil 4.46 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Genel Kabul Edilebilirlik Puanları Değişimi.....	169

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Üretilen Filmlerin Ad ve İçerikleri	56
Çizelge 3.2 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Ad ve İçerikleri	57
Çizelge 3.3 Peynir Örneklerinin Ad ve İçerikleri	58
Çizelge 3.4 Karar Matrisinde Kullanılan Katsayılar.....	63
Çizelge 3.5 Duyusal Analiz Test Formu.....	70
Çizelge 4.1 Meyve Suyu Ekstraktlarına Ait Analiz Sonuçları	72
Çizelge 4.2 Kekik Uçucu Yağı ve Natamisinin Mikroorganizmalar Üzerindeki İnhibisyon Çapları	74
Çizelge 4.3 Film Örneklerinin % Nem Oranları	75
Çizelge 4.4 Film Örneklerinin Kalınlıkları.....	77
Çizelge 4.5 Film Örneklerinin Renk Değerleri.....	79
Çizelge 4.6 Film Örneklerinin Opaklık Değerleri	81
Çizelge 4.7 Film Örneklerinin Suda Çözünürlük Değerleri	82
Çizelge 4.8 Film Örneklerinin Su Buharı Geçirgenliği (SBG) Değerleri.....	84
Çizelge 4.9 Film Örneklerinin Peroksit Sayısı Değerleri	86
Çizelge 4.10 Film Örneklerinin Gerilme Değerleri	88
Çizelge 4.11 Film Örneklerinin Kopma Uzaması (KU) Değerleri.....	90
Çizelge 4.12 Film Örneklerine Ait Karar Matrisi.....	91
Çizelge 4.13 Farklı Meyve Suyu Ekstraktlarından Farklı Oranlarda Gliserol ile Hazırlanan Film Örneklerinin TOPSIS Yöntemi ile Elde Edilen Sıralaması	92
Çizelge 4.14 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin % Nem Oranları	93
Çizelge 4.15 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Kalınlıkları	94
Çizelge 4.16 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Renk Değerleri	96
Çizelge 4.17 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Opaklık Değerleri... ..	98
Çizelge 4.18 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Suda Çözünürlük Değerleri.....	100
Çizelge 4.19 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Su Buharı Geçirgenliği Değerleri.....	101
Çizelge 4.20 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Peroksit Sayısı Değerleri.....	103
Çizelge 4.21 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Gerilme Değerleri	105
Çizelge 4.22 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Kopma Uzaması Değerleri.	107
Çizelge 4.23 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin DPPH (%) Değerleri	108
Çizelge 4.24 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin İnhibisyon Zonları.....	110
Çizelge 4.25 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Termal Bozulma Başlangıç Sıcaklıkları (°C) ve Ağırlık Kayıpları (%).....	114
Çizelge 4.26 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Kurumadde Oranı Değişimleri	119
Çizelge 4.27 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Titrasyon Asitliği Değerleri Değişimi	121
Çizelge 4.28 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin pH Değeri Değişimleri.....	124
Çizelge 4.29 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Tuz Oranı Değişimleri.	126
Çizelge 4.30 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Olgunlaşma Derecesi (%) Değerleri Değişimi	128

Çizelge 4.31	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a_w Değerleri Değişimi.....	131
Çizelge 4.32	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin L^* Değerleri Değişimi	133
Çizelge 4.33	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin L^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi	135
Çizelge 4.34	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a^* Değerleri Değişimi.....	137
Çizelge 4.35	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi	138
Çizelge 4.36	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin b^* Değerleri Değişimi.....	140
Çizelge 4.37	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin b^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi	141
Çizelge 4.38	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin TBARS Sayıları Değişimi	143
Çizelge 4.39	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin β -kazein Değerleri Değişimi	146
Çizelge 4.40	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin α_{s1} -kazein Değerleri Değişimi	147
Çizelge 4.41	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin TMAB Sayıları Değişimi.	150
Çizelge 4.42	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Maya-Küf Sayıları Değişimi	154
Çizelge 4.43	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Renk-Görünüş Puanları Değişimi	158
Çizelge 4.44	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Doku Puanları Değişimi...	161
Çizelge 4.45	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Tat-Aroma Puanları Değişimi	163
Çizelge 4.46	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Koku Puanları Değişimi...	165
Çizelge 4.47	Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Genel Kabul Edilebilirlik Puanları Değişimi	168

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

°C	:	Santigrat
µm	:	Mikrometre
Abs	:	Absorbans
ASTM	:	American Society for Testing and Materials
ATCC	:	American Type Culture Collection
a _w	:	Su Aktivitesi
CaCl ₂	:	Kalsiyum Klorür
DPPH	:	2,2-Difenil-1-Pikrildirazi
DSC	:	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
G	:	Gerilme
GRAS	:	Genellikle Güvenilir Kabul Edilen
h	:	Saat
kob	:	Koloni Oluşturan Birim
kPa	:	Kilopascal
KU	:	Kopma Uzaması
L	:	Litre
meq	:	Mili Ekvale
mg	:	Miligram
Mg(NO ₃) ₂	:	Magnezyum Nitrat
mL	:	Mililitre
mm	:	Milimetre
MPa	:	Megapaskal
NaOH	:	Sodyumhidroksit
nm	:	Nanometre
OG	:	Oksijen Geçirgenliği
PCA	:	Plate Count Agar
s	:	Saniye
SBG	:	Su Buharı Geçirgenliği
SEM	:	Taramalı Elektron Mikroskobu
TBA	:	Tiyobarbütirik Asit
TBARS	:	Tiyobarbütirik Asit Reaktif Maddeleri
TCA	:	Trikloroasetik Asit
TGA	:	Termogravimetrik Analiz
TMAB	:	Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
TOPSIS	:	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi
TSB	:	Tryptic Soy Broth
UV	:	Ultraviyole
v/v	:	Hacim/Hacim Oranı
w/v	:	Ağırlık/Hacim Oranı
w/w	:	Ağırlık/Ağırlık Oranı

EKLER LİSTESİ

Sayfa

EK 1: Meyve Suyu Ekstraktlarına Ait Varyans Analiz Sonuçları	199
EK 2: Film Analizleri Varyans Analiz Sonuçları.....	200
EK 3: Antimikrobiyal Madde İçeren Film Analizleri Varyans Analiz Sonuçları ...	201
EK 4: Antimikrobiyal Madde İçeren Filmle Kaplı Peynir Analizleri Varyans Analizi Sonuçları	202



1. GİRİŞ

Gıdalarda bozulmayı önlemek ve patojen mikroorganizmaları inhibe etmek için pek çok gıda muhafaza yöntemi geliştirilmiştir (Gómez-Estaca ve ark., 2010). Bu teknikler içerisinde son yıllarda en çok dikkat çeken yenilebilir film ve kaplamalardır (Dursun ve Erkan, 2009; İnanlı ve Kuzgun, 2012). Gıda maddelerinin raf ömrünü uzatmak için çeşitli gıdaların yüzeylerini sarma ya da yüzeylerinde bir tabaka oluşturma amacıyla kullanılan ve gıda maddesi ile birlikte yenilebilen herhangi bir malzeme “yenilebilir film” olarak adlandırılmaktadır. Yenilebilir filmler, nem, gaz, aroma ve lipid bariyerleri gibi davranarak ve birincil paket açıldıktan sonra bir gıda ürününe koruma sağlayarak gıdanın raf ömrünü artırmaktadır (Krochta ve Mulder-Jhonston, 1997).

Yenilebilir filmler, kaplama materyali olmalarının yanı sıra ürünün de bir parçası olduğundan gıda kodekslerine uygun olmak zorundadır (Dhall, 2013). Yenilebilir film ve kaplamalar asıl olarak; oksijen, karbondioksit ve lipid transferini kontrol altında tutarak, gıda sisteminin mekanik özelliklerini geliştirmekte, tat ve aroma maddelerinin kaybını azaltmakta, antioksidanları, antimikrobiyal maddeleri, pigmentleri, esmerleşme reaksiyonlarını durduran iyonları ve vitaminleri ürünün içerisinde tutarak gıda kalitesini ve raf ömrünü arttırmaktadır (Oğuzhan Yıldız ve Yangılar, 2016). Yalnız, yenilebilir filmlerin yüksek uygulama maliyeti, tüketiciler tarafından bilinirliğinin ve talebinin düşük olması ve ikinci bir ambalaj materyaline ihtiyaç duyulmasından ötürü polimer bazlı sentetik ambalaj filmlerin yerine tamamen geçmesi için daha fazla araştırmaya gerek duyulmaktadır.

Polisakkaritler (suda çözünen), yenilebilir filmleri ve kaplamaları oluşturmak için yaygın kullanılan doğal polimerlerdir. Polisakkarit kaplamaların gaz geçirgenliği düşük, su buharı geçirgenliği yüksektir. Gıdalarda oksidatif bozulmayı ve yüzeydeki kararma ve dehidrasyonu önemli ölçüde azalttığı için meyveler, sebzeler, deniz ürünleri ve et ürünlerinin raf ömrünü uzatmak amacıyla polisakkarit esaslı yenilebilir kaplamalar kullanılmaktadır (Hassan ve ark., 2018; Sukyai ve ark., 2018). Polisakkarit kaynağına bağlı olarak filmlere fonksiyonel özellik kazandırılabilir.

Yenilebilir kaplamaların fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla çeşitli biyoaktif bileşikler eklenmektedir. En çok kullanılan maddeler arasında, doğal antimikrobiyal maddeler (baharatlar, uçucu yağlar), doğal antioksidan maddeler (biberiye, adaçayı, yeşil çay, çeşitli sebzeler ve üzüm meyveleri), organik asitler (asetik, laktik, propiyonik, malik), metaller (gümüş), bakteriyosinler (nisin, laktisin), enzimler (lizozim, laktoperoksidaz) ve peptidler bulunmaktadır (Elsabee ve Abdou, 2013; Tavassoli-Kafrani ve ark., 2016).

Son yıllarda, mikroorganizma büyümesini kontrol etmek için kullanılan sentetik katkı maddesi benzoik asit ya da türevlerinin tüketiciler tarafından istenmemesi sebebiyle, gıda korumasında kullanılan doğal antimikrobiyal maddeler daha fazla dikkat çekmeye başlamıştır (Ju ve ark., 2017). Doğal biyolojik koruyucu maddeler, çoğunlukla yenilebilir baharatlardan elde edilir ve bu baharatlardan elde edilen uçucu yağların etkili koruyucular olduğu belirlenmiştir (Ishlak ve ark., 2015; Kim ve Rhee, 2016; Ju ve ark., 2018). Günümüze kadar, esansiyel uçucu yağlar gıda, kozmetik ürünleri ve ilaç sanayinde birçok ürün için katkı maddesi olarak geliştirilmiştir. Uçucu yağlar bitkilerin sekonder metabolitleri olduğundan, genellikle güvenli ürünler olarak kabul edilirler. FDA'ya göre uçucu yağlar genellikle sentetik katkıların potansiyel bir ikame maddesi olarak kullanılabilecek güvenli (GRAS) olarak kabul edilir (Ruiz-Navajas ve ark., 2013; Atarés ve Chiralt, 2016; Ju ve ark., 2018). Bununla birlikte, uçucu yağlar genellikle güçlü bir lipofilik ve uçucudur ve suda neredeyse çözünmezdir. Bileşenleri alkaloidler, flavonoidler, izoflavonlar, terpenoid, fenolik asitler, karotenoidler ve aldehitlere bölünebilen karmaşık bir karışımdır (Bakkali ve ark., 2008; Seow ve ark., 2014).

Uçucu yağ olarak yenilebilir film çalışmalarında yaygın olarak kullanılan kekik (*Thymus vulgaris L.*) bitkisi, *Lamiaceae* familyasında yer almakta olup, orman kenarlarında, çayırlarda, güneş ve sıcak sevdiği için toprak sıcaklığının fazla olduğu kayalık ve dağlık bölgelerde yetişir. Kendine has bir kokusu olan kekik özellikle timol ve karvakrol adlı aktif maddeleri içerir. Kekik bitkisinin antibakteriyel, antifungal ve antioksidan etkileri olduğu bilinmektedir. Özellikle kekik uçucu yağında bulunan timol ve karvakrolun antibakteriyel ve antifungal etkilerinin bulunduğu (Sivropoulou ve ark., 1996; Kordali ve ark., 2008; Benli ve Yiğit Kayhan,

2023) ve kekik uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesinin diğer uçucu yağlara kıyasla yüksek olduğu bildirilmektedir (Ertürk ve ark., 2010).

Fermente bir süt ürünü olan peynir, yenilebilir film kaplamaların uygulandığı en yaygın grupların içerisinde yer almaktadır. Özellikle Kaşar peyniri üzerine oldukça fazla çalışma bulunmaktadır (Yılmaz ve Dağdemir, 2012; Kavas ve ark., 2015; Yangılar, 2015; Yangılar ve Oğuzhan Yıldız, 2016; Yalçın ve ark., 2021). Kaşar peyniri ambalajlamada vakum ambalajlama yönteminin kullanılması ve kullanılan plastik ambalaj malzemelerinin çevresel etkilerinin azaltılması amacıyla yenilebilir film ambalajlama ön plana çıkmaktadır. Yenilebilir film kaplama, peynir örneklerinde temel olarak küflenmeyi önleyerek ürünün raf ömrünü artırması, doğada çözünebilen malzemelerden üretilmiş olması ve atık miktarını azaltması ile kullanılabilirliğini artırmaktadır.

Bu çalışma, üzüksü meyvelerden üretilen filmlerin özelliklerinin belirlenmesi, en iyi özelliklere sahip filme antimikrobiyal madde ilavesi ile film özelliklerinin tespiti ve bu filmlerin Kaşar peynirine uygulanması aşamalarından oluşmaktadır. Kaşar peynirinin raf ömrü, bu proje çalışması ile elde edilen polisakkarit kökenli ve uçucu yağ (kekik yağı) katkılı film ile kaplanarak uzatılması amaçlanmaktadır. Ayrıca bu çalışma, gıda ambalajlama alanında çevre dostu alternatiflerin geliştirilmesi ve uygulanması için örnek teşkil etmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Beyaz Üzüm (*Vitis vinifera* L. cv. *Sultani*)

Vitaceae (asmağiller) familyasının *Vitis* cinsinin üyeleri olan üzüm, insan tarafından yetiştirilen en eski meyveler arasında yer almaktadır. *V. vinifera*, hem siyah hem de yeşil veya soluk üzümler dahil olmak üzere çok sayıda çeşide sahiptir. *V. vinifera* dünyada üretilen üzümlerinin %90'ından fazlasını oluşturur (Soyer ve ark., 2003). *Vitis vinifera* L. ssp. doğal ürünü (çiğ ve kuru meyve) ve türevleri farmasötik özellikleri nedeniyle dünya çapında ilgi görmektedir (Garavaglia ve ark., 2016). *V. vinifera* L. cv. *Sultani* (çekirdeksiz Sultani üzümü) özellikle Türkiye'nin Batı Anadolu bölgesinde yetiştirilen önemli bir ihracat ürünüdür. Glukoz bakımından zengin, esmer-sarı renkli, küçük taneli meyveler hem taze olarak tüketilebilmekte hem de pek çok sektörde kullanılabilmektedir (Altun ve Yürekli, 2000). Bu üzümün görüntüsü Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1 Beyaz Üzüm (*V. vinifera* L. cv. *Sultani*)

Üzüm ve üzüm ürünlerinin büyük potansiyel etkileri bulunmaktadır. Çalışma alanları arasında kardiyovasküler sağlık, kanser gelişimi ve ilerlemesi, bağışıklık fonksiyonu gibi pek çok alan bulunmaktadır. Üzümlerin yararlı etkileri genellikle flavonoid bileşiklerinin antioksidan aktivitesine ve işlevine atfedilir. Üzüm kabuğu, üzüm çekirdeği ve üzüm suyunun, bir polifenol alt sınıfı olan flavonoid bileşikler açısından zengin olduğu bilinmektedir. Üzümler, polifenollerden antosiyaninler, flavan-3-ol monomerler ve proantosiyanidinler, fenolik asitler (yani gallik asit), hidroksisinamatlar ve eser düzeyde resveratrol ve flavonoller içerebilir. Her bir

üzüm fraksiyonu farklı miktarlarda polifenoller içerir ve bu bileşiklerin konsantrasyonları üzümün coğrafi kökenine ve türüne göre değişir. Mor ve kırmızı üzümlerde bulunan ana polifenoller flavan-3-oller, kaftarik asit ve coutaric asit gibi hidroksisinamatlar ve antosiyaninlerdir, beyaz üzümlerde ise antosiyaninler yoktur ve genellikle kırmızı üzümlerden biraz daha düşük miktarlarda polifenolik bileşikler içerir. Bu farklılıklar üzüm sularındaki fenolik bileşiklerin profiline de yansımıştır (Vislocky ve Fernandez, 2010).

2.2 Kokulu Kara Üzüm (*Vitis labrusca* L.)

Son birkaç yılda, antioksidan fenolik bileşikler içeren gıdaların kaynaklarının belirlenmesine olan ilgi artmaktadır. Üzüm işlenmiş veya doğal haliyle, dünya çapında en çok tüketilen meyveler arasındadır ve aynı zamanda en yüksek fenolik bileşik içeriklerinden birine sahiptir. Polifenollerin, antioksidan, antienflamatuar, antikanserojenik ve antibakteriyel aktiviteleri nedeniyle üzümün biyoaktif potansiyeli ile ilişkilendirilmiştir (Burin ve ark., 2014). Kokulu kara üzüm görüntüsü Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2 Kokulu Kara Üzüm (*V. labrusca* L.)

V. labrusca Vitaceae familyasından, Vitis cinsine ait yıllık ve tırmanan bir asma çeşididir. Anadolu kökenli olan asma, meyvesi olan üzümleri için dünyanın her kıtasında yetiştirilebilmektedir. Pekçok türü bulunmaktadır. Bu türlerden biri olan kokulu kara üzüm (isabella) Doğu Karadeniz bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen bir siyah üzüm çeşididir ve yapısında resveratrol gibi sağlık üzerine yararlı etkileri olan

bileşikleri içermektedir. Isabella, kokulu kara üzüm dışında siyah üzüm, çilek üzümü, siyah üzüm, Amerikan üzümü veya favli üzümü olarak da isimlendirilmektedir (Usta, 2022).

Kokulu kara üzüm (isabella) gibi renkli üzüm çeşitlerinin kabuklarında bulunan ve fitoaleksinin gurubu bileşiklerden olan resveratrol kanser oluşumunu engellediği, düşük yoğunluktaki yağlı bileşikler okside ederek kılcal damarlarda birikmesini önlediği ve böylece kalp krizi riskini azalttığı saptanmıştır. *V. labrusca* üzüm çeşidi, diğer türlerden daha yüksek bir resveratrol oranına sahiptir (Rockenbach ve ark., 2011). Trans resveratrol bileşimi 1.11-12.3 mg/100g kurumadde olarak bulunmuştur (Demirkol, 2016). Bileşimi; tanede, suda çözünür kuru madde içeriği %14.4 ve asit içeriği (gr/100 mL) %10.9 olarak belirtilmiştir. Toplam fenolik, toplam antosiyanin, antioksidan etki ve şeker miktarı bakımından diğer üzüm çeşitlerinden üstündür (Rockenbach ve ark., 2011).

2.3 Güz Yemişi (*Elaeagnus umbellata* L.)

Güz yemişi, iğdegiller (*Elaeagnaceae*) familyasına ait, bazı ülkelerde tıbbi bitki olarak kullanılan, ağaçta yetişen, eylül–ekim aylarında olgunlaşan benekli kırmızı renkte üzümsü bir meyvedir. Mükemmel bir A, E, C vitaminleri, flavonoidler, esansiyel yağ asitleri, likopen, β -karoten, lutein, fitoflavin ve fitoen kaynağıdır (Sabir ve ark., 2007). Güz yemişi görüntüsü Şekil 2.3'te verilmiştir.

Güz yemişi miyokard enfarktüsüne ve çeşitli kanser türlerine karşı koruyan bir karotenoid olan zengin bir likopen kaynağıdır (Fordham ve ark., 2001). Güz yemişi aynı miktardaki domatesten 7 ila 17 kat daha fazla likopen içermektedir (Bayraktar ve ark., 2018). Likopen moleküler yapısında 11 konjuge çift bağ olduğundan, güçlü bir antioksidan olduğu bilinmektedir. (Kaur ve Kapoor, 2008). Güz yemişinin değişik çözümler kullanılarak hazırlanan ekstraktlarının antibakteriyel etkisi olduğu, özellikle gram negatiflerden *E. coli* ve *P. aeruginosa*, gram pozitiflerden *S. aureus* ve *B. subtilis*'e karşı etkili olduğu bildirilmektedir. Kendine has buruk tadıyla bilinen güz yemişi, aromatik bileşenlerden öjenol, (E)-2-nonenal, 4-metil fenol, 4-metil anisol, fenilasetaldehit, 4-metoksi anisol, (Z)-3-hekzenil asetat ve (E)-2-hekzenal içermektedir (Şahin ve ark., 2019).



Şekil 2.3 Güz Yemişı (*Elaeagnus umbellata* L.)

2.4 Kekik Uçucu Yağı (*Thymus vulgaris*)

Antimikrobiyal özellik gösteren uçucu yağlar, aromatik bitkilerden elde edilmektedir. Uçucu yağların bileşenleri farklı olduğundan, bu yağlar biyolojik etkileri yönünden farklılık göstermektedirler. Etki derecesi içerdikleri etken maddenin özelliğine bağlı olarak farklı antibakteriyel, antifungal etkiler gösterebilmektedir. Uçucu yağların antimikrobiyal etki mekanizmaları, bileşiklerin çok sayıda hedefi olduğundan tek bir bileşiğe atfedilemez (Toroğlu ve Çenet, 2006; Ertürk ve ark., 2010). Uçucu yağlar farmasötik ve aroma amaçlı kullanılmakta ve ayrıca tüketicilerin olumsuz tutumları nedeniyle sentetik koruyucular yerine mikrobiyal büyümeyi engellemek ve gıda ürünlerinin raf ömrünü artırmak için popüler hale gelmiştir (Mutlu Ingok ve ark., 2021). Ülkemizde yaygın olarak kullanılan ve ticari olarak üretilen kekik türlerinden uçucu yağ elde edilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Sarıcaoğlu, 2018).

Lamiaceae familyasında yer alan kekik (*Thymus vulgaris*) bitkisi, orman kenarlarında, çimenlik tarla kıyılarında, çayırda, sıcak ve güneş sevdiği için kayalık ve dağlık bölgelerde yetişir. Kendine has bir kokusu vardır ve özellikle timol ve karvakrol aktif maddelerini içermektedir (Ertürk ve ark., 2010). Kekik uçucu yağı, timol ve karvakrol ile beraber y-terpinen ve p-simen gibi önemli bileşiklerin de yüksek içeriğine sahiptir. Bu bileşikler, toplam yağ içeriğinin %57.3 ile %62.5'i arasında değişir (Al-Kuraieef ve Alshawhi, 2020). Kekik bitkisinin antimikrobiyal,

sindirim uyarıcı, antispazmodik ve antioksidan etkileri bulunmaktadır. Özellikle kekik uçucu yağında bulunan timol ve karvakrolun antimikrobiyal etkilerinin yüksek olduğu bilinmektedir (Sivropoulou ve ark., 1996; Coşkun, 2006). Kekik yağında bulunan fenolik bileşikler, mikroorganizmaların hücre zarında bulunan fosfolipit tabakasına zarar vererek aktivite göstermektedirler. Bu durum, sitoplazma zarı seçici geçirgenliğindeki kayba, iyon hareketliliği değişimlerine, elektriksel potansiyel ve pH değişimlerine ve enerji üretim sistemi enzimlerinin inhibisyonu gibi etkilere neden olabilmektedir (Ertürk ve ark., 2010; Sarıcaoğlu, 2018).

2.5 Natamisin

Natamisin, küf büyümesini kontrol etmedeki etkinliği ile gıda endüstrisinde 30 yılı aşkın bir süredir koruyucu olarak kullanılmaktadır (Davidson ve Doan, 2020). *Streptomyces natalensis* olarak bilinen bir mikroorganizmadan elde edilen doğal bir koruyucudur. Gıda endüstrileri sosis, peynir, yoğurt, meyve suyu ve şarap gibi gıda ürünleri üzerindeki koruyucu etkisi için natamisin kullanır (Dalhoff ve Levy, 2015). Koku ve renk içermemesi nedeniyle diğer koruyuculara göre en çok tercih edilen üründür (Meena ve ark., 2021).

Natamisin gıdalarda küf ve maya gelişimine engel olurken, bakteriler üzerinde etkili değildir. Natamisin, moleküler ağırlığı 665.75 g/mol olan beyaz veya kremi beyaz renkli bir tozudur. Bir polien makrolid olan natamisin, küf hücre membranındaki ergosterol ve diğer steroller bağlayan bir antifungaldır. Natamisin steroller bağlayarak küf hücre membranında sızıntı ile sonuçlanan bozulmalara ve ergosterol sentezinin inhibisyonuna neden olur (Yılmaz ve Kurdal, 2005; Öztürk ve ark., 2006; Meena ve ark., 2021).

2006 yılında European Food Safety Authority (EFSA)'nın natamisin ile ilgili yaptığı toksikolojik çalışmalarda farelerde gıda alımında azalma ve vücut ağırlığı kaybı meydana gelirken, köpeklerde obezite eğilimi gösterdiği belirlenmiştir (Brimer, 2011). Yapılan çalışmaların bazılarında ise düşük toksisite bildirilmiştir. Bu nedenle ürünlerde kullanımında sınır bulunmaktadır ve peynirlerde bu değer yüzeyde 1mg/dm² olarak izin verilmiştir (Meena ve ark., 2021). Bununla birlikte, natamisinin düşük suda çözünürlüğü ve ışık stabilitesi kullanım oranını düşürmekte ve bu da gıda endüstrisindeki uygulamasını sınırlamaktadır. Ürünün, satış ve nakliyesi sırasında

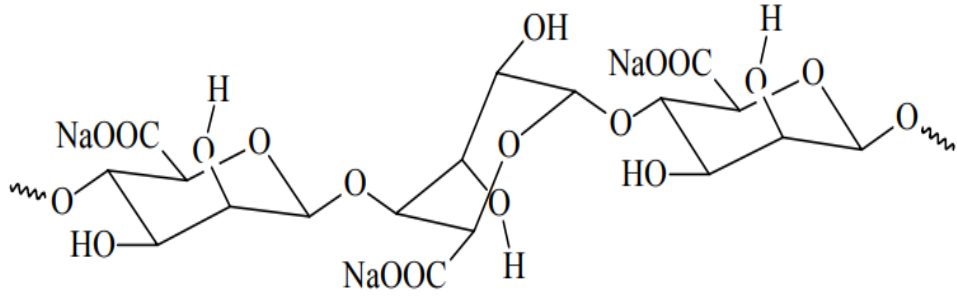
ışığa maruz kalması natamisinin bozulmasına yol açarak koruyucu etkisini azaltmaktadır (Yuan ve ark., 2022).

2.6 Sodyum Aljinat

Aljinatlar, *Phaeophyceae* olarak bilinen kahverengi alglerden elde edilen hidrofilik polisakkaritlerdir (Bierhalz ve ark., 2012). Aljinatların moleköl ağırlıkları 12000–190000 dalton arasındadır. Düşük viskoziteli aljinatlar 12000–80000 dalton arasındaki moleköl ağırlığına, orta viskoziteli aljinatlar 80000–120000 dalton arasındaki moleköl ağırlığına ve yüksek viskoziteli aljinatlar ise 120000–190000 dalton arasındaki moleköl ağırlığına sahiptir (Taşkın, 2006). Moleküler açıdan aljinatlar, M-blokları, G-blokları ve alternatif sekans blokları (MG-blokları) bölgelerini oluşturan glukuronik (G) ve mannuronik (M) asit birimlerinden oluşur ve bu sıralı organizasyonların nispi oranları kaynağına bağlıdır. Dallanmamış, doğrusal polimerlerdir ve bu nedenle yüksek oranda anyonik özellik göstermektedirler (Galus ve Lenart, 2013; Wang ve ark., 2020).

Toksikolojik açıdan aljinat, GRAS (güvenli kabuledilen) listesinde yer almaktadır. Deniz yosununda bulunan aljinatın jel formu sodyum, kalsiyum, stronyum ve baryum tuzları olarak bulunmaktadır. Sodyum aljinat, aljinatın en yaygın tuzudur ve E401 koduyla gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Akşehir, 2013). Sodyum aljinat, tatsız kokusu olmayan bir toz olup suda çözündüğünde viskoz kolloidal bir çözelti oluşturur (Öcal, 2007). Sodyum aljinatın moleköl yapısı Şekil 2.4’te verilmiştir.

Endüstriyel olarak aljinat kullanımı, çeşitli avantajları nedeniyle son yıllarda artmıştır. Özellikle gıda endüstrisinde, yiyeceklerin stabilitesini ve tekstürünü iyileştirmek için kullanılmaktadır. Aljinatın stabilize edici, kıvam artırıcı, jel ve film oluşturabilme gibi özellikleri bu bileşiğin fonksiyonelliğini artırmaktadır. Aljinatlar, şeffaf ve suda çözünebilir özellikte olmalarından dolayı iyi bir film oluşturma özelliğine sahiptir. Ancak kuruduktan sonra kırılkan yapı gösterme eğilimi olduğundan gliserol ilavesi ile kırılkanlığın önüne geçilebilmektedir. Ayrıca, sodyum aljinat, ilaç endüstrisinde de ilaçların yavaş salınımını sağlamak, tabletlerin kıvamını artırmak ve materyalleri kapsülleme ajanı olarak kullanılmaktadır (Lacroix ve Le Tien, 2005; Tavassoli-Kafrani ve ark., 2016; Karagöz ve Demirdöven, 2020).



Şekil 2.4 Sodyum Aljinatın Molekül Yapısı (Öcal, 2007)

2.7 Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Yenilebilir film ve kaplamalar, birçok gıda ürününün raf ömrünü uzatma, tüketicilere mikrobiyal güvenlik sağlama ve kalitelerini koruma potansiyelleri nedeniyle, gıda endüstrisi tarafından kullanımı büyük bir ilgi konusu haline gelmiştir (Norajit ve ark., 2010). Gıdaların iç kısmına veya yüzeyine farklı yöntemlerle ince, yenilebilir özellikteki bir kaplama materyali olarak uygulanan yenilebilir film ve kaplamalar, bitkisel ve hayvansal kaynaklardan elde edilmektedir (Oğuzhan Yıldız ve Yangılar, 2016). Yenilebilir film/kaplama, gıda muhafazasını, ürün ve çevre arasında koruyucu bir katman oluştururarak gerçekleştirir. Yenilebilir film/kaplamalar raf ömrü uzatılmasında ve çevresel etkilerin azaltılmasında önemli bir role sahip olmasının yanı sıra, yenilebilir filmle ambalajlanmış gıdalar, tüketiciler için albenisini artırma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, yenilebilir filmler ve kaplamalar, sentetik paketleme materyallerinin yerini alması ve çevre kirliliğinin önlenmesi açısından ön plana çıkmaktadır (Candan ve Bağdatlı, 2018).

Yenilebilir film kaplamaların gıdalarda kullanımı eski tarihlere dayanmaktadır. 12. yüzyılda Çin’de taze limon ve portakalların üzerine uygulanan mumlama işlemi başlangıç olarak kabul edilmektedir. 15. yüzyılda Japonya’da Yuba adı verilen kaynatılmış soya sütünden elde edilen bir yenilebilir filmin kalite korunması amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. O dönemde meyve ve sebzeleri korumak için kullanılan malzeme çeşitliliğinin az olması nedeniyle bu tür ambalajlara fazla ilgi gösterilmemiştir (Tural ve ark., 2017; Pop ve ark., 2020). İngiltere’de 16. yüzyılda meyve yüzeylerinden nem kaybını azaltmak amacıyla yağ ile kaplama yöntemi uygulanmıştır. 1967 yılına kadar yenilebilir film ve kaplamalar meyve yüzeylerini yağlama ve mumlama ile sınırlı kalmıştır (Pavlath ve Orts, 2009;

Baysal ve İçier, 2020). Son yıllarda taze, işlenmiş, dondurulmuş gıdaların raf ömürlerini artırmak ve kalitelerini korumak amacıyla bu film kaplamalar yaygın olarak çalışılmaktadır (Sarıoğlu ve Öner, 2006).

2.7.1 Yenilebilir Film ve Kaplamaların Özellikleri

Yenilebilir film ve kaplamalar yenilebilir malzemelerden yapılan birincil ambalajlardır (Aguirre-Joya ve ark., 2018). Yenilebilir film ve kaplamaların ambalaj materyali olarak kullanılabilmesi için öncelikle oksijen, karbondioksit ve lipid transferini kontrol altında tutması gerekmektedir. Ayrıca, tat ve aroma kaybını azaltmalı, antioksidanları, pigmentleri, antimikrobiyel maddeleri, esmerleşme reaksiyonlarını durdurarak, iyonları ve vitaminleri ürünün içinde tutarak gıda kalitesini geliştirmeli ve raf ömrünü uzatmalıdırlar (Kaya ve Kaya, 2000; Guillard ve ark., 2006). Genellikle yenilebilir filmlerin şeffaf, tatsız olması ve gıda ürünlerinin duyuşsal özelliklerini değıştirmekle beklenir (Pop ve ark., 2020).

Yenilebilir ambalaj maddelerinin gıda endüstrisinde kullanılması durumunda diğler ambalaj malzemelerine kıyasla önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlar;

- Gıda maddesi ile birlikte tüketilebilmeleri, tüketilmeseler bile doğada hızlı parçalanmaları ve çevre dostu olmaları,
- Farklı katkı maddelerini (aroma, renklendirici ve tatlandırıcı maddeler) taşıyabilmeleri ve böylece gıdanın organoleptik özelliklerini geliştirmeleri,
- Gıdaların besin değeri artırmaları,
- Küçük porsiyonlar halinde ve tek başına paketlenme olanağı olmayan gıdaların ambalajlanmasında kullanılabilmeleri,
- Gıdanın içerisinde çözünmüş halde bulunan bileşiklerin, gıda tabakaları arasında geçişini önlemeleri,
- Aktif biyolojik özellikleri olan antimikrobiyal ve antioksidan maddeleri taşıyarak bu maddelerin gıdaya kontrollü salınımlarını sağlayabilmeleri,

şeklinde maddelenebilir (Oğuzhan Yıldız ve Yangılar, 2016; Tural, 2016; Sarıcaoğlu, 2018).

Yenilebilir film ambalajlar avantajlı olmalarının yanı sıra ek maliyet gerektirmesi, tanınmıyor olmasına bağli olarak önyargı ile yaklaşılması ve ikinci bir

ambalaj materyaline ihtiyaç duyulması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Oğuzhan Yıldız ve Yangılar, 2016).

Yenilebilir filmlerin gıda ambalajlamada kullanılabilmesi için taşınması gereken bazı özellikler bulunmaktadır. Yenilebilir filmler;

- Uygulandığı gıdada tat-aroma-renk değişikliklerine sebep olmamalıdır.
- Mikroorganizma, böcek zararları, kontaminasyon gibi etmenlere karşı koruyucu özellik göstermelidir.
- Üretimi kolay, uygulanabilir ve ekonomik olmalıdır.
- Bazı bileşikler (aroma, vitamin, renk ve koku bileşikleri vb.) için taşıyıcı olarak görev yapmalıdır.
- Ürünün organoleptik özelliklerini geliştirmelidir.
- Aerobik ve anaerobik reaksiyonlardaki gazların dengesini sağlamak için yarı geçirgen özelliğe sahip olmalıdır.
- Gıda maddesi ile ortam arasındaki nem geçişini kontrol edici bir özelliğe sahip olmalıdır.
- Gıdaya tutunması iyi olmalı ve homojen bir görüntü oluşturmalıdır.
- Gıdalarda yapısal stabiliteyi sağlamalı, alerjik ve toksik bileşenler içermemelidir (Pavlath ve Orts, 2009; Candan ve Bağdatlı, 2018).

2.7.2 Yenilebilir Film ve Kaplama Üretiminde Kullanılan Materyaller

2.7.2.1 Polisakkaritler

Polisakkaritler, suda çözünebilen yüksek molekül ağırlıklı hidrokolloidlerdir. Hidrokolloidler, 2000 ile 2000000 dalton arasında değişen yüksek molekül ağırlığına sahip polimerlerdir (Sarıcaoğlu, 2018). Hidrokolloidler, iyi mekanik özelliklere sahip sürekli ve yapışkan bir matris oluşturmak için iyi bir yeteneğe sahiptir. Bu yetenek, bu bileşiklerin polimerik zincirlerinin hidrojen bağı yoluyla birleşmesini sağlayan kimyasal yapısı ile ilgilidir. Antimikrobiyal film işleme için kullanılan en yaygın biyopolimerlerin polisakkaritler (tekli veya birkaç tipin karışımı), proteinler (tekli veya farklı kaynaklardan karışımlar) ve karbonhidrat ve protein karışımları olduğu bildirilmektedir. Balmumu ve yağ asitleri gibi lipitler esas olarak yenilebilir kaplamalar oluşturmak için kullanılsa da, bunlar tek başına uygun bir film yapım doğasına sahip değildir. Bu nedenle lipitler, mekanik mukavemete sahip bir film

sağlamak için genellikle bir polisakarit matrisi üzerinde desteklenir (Campos ve ark., 2011).

Nişasta ve türevleri, selüloz ve türevleri, gumlar (guar, keçiyoynuzu, aljinatlar, karragenan, pektinler ve diğer türevleri), kitin/kitosan gibi maddeler yenilebilir film ve kaplama yapımında kullanılan polisakkaritlerdir (Galus ve Lenart, 2013; Oğuzhan Yıldız ve Yangılar, 2016).

Polisakkaritler, hidrofilik yapıya sahip oldukları için nem bariyerleri düşüktür. Ayrıca bu kaplamaların gaz geçirgenlikleri düşük, su buharı geçirgenlikleri yüksektir. Gıdalarda dehidrasyonu, esmerleşme reaksiyonlarını ve oksidatif bozulmayı önemli ölçüde azalttığı için meyve, sebze, et ürünleri, süt ürünleri ve deniz ürünlerinin raf ömrünü uzatmak amacıyla polisakkarit içeren yenilebilir kaplamalar kullanılmaktadır (Candan ve Bağdathı, 2018). Düşük maliyetli olmaları, kolay elde edilmeleri, sahip olduğu fazla sayıda hidrojen bağı ve hidroksil grupları ve iyi film oluşturma özellikleri nedeniyle yenilebilir film ve kaplama yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Tural, 2016).

Selüloz ve selüloz türevi yenilebilir filmler, kızartılmış gıda maddelerinde yağ emilimini önler (Singh ve ark., 2019). Aljinat olarak da bilinen alginik asit, lipit oksidasyonunu önemli ölçüde geciktirmektedir (Tapia ve ark., 2008; Tavassoli-Kafrani ve ark., 2016). Kitosan kitin deasetilasyonundan elde edilir ve genellikle kabukluların dış iskeletinden ve mantar hücre duvarlarından elde edilir. Kitosan, antimikrobiyal özellik gösterir (Raafat ve Sahl, 2009; Elsabee ve Abdou, 2013; Salama ve ark., 2018). Nişasta ve türevleri uygun maliyetlidir ve kullanımı kolaydır. Ek olarak, berrak, kokusuz ve tatsızdırlar. Nişasta filmleri ve kaplama özellikleri, amiloz/amilopektin oranından güçlü bir şekilde etkilenir. Amiloz içeriği zengin bir nişastadan güçlü ve esnek bir film elde edilir (Arvanitoyannis ve ark., 1998; Thakur ve ark., 2019; Pop ve ark., 2020). Sıklıkla reçel ve jölelerde kullanılan pektin, film ve kaplamalar üretmek için de kullanılmaktadır (Pop ve ark., 2020). Pektin miktarı arttıkça filmlerin esnekliği azalmakta, sertliği artmaktadır (Campos ve ark., 2011).

2.7.2.2 Proteinler

Protein film ve kaplamalar, protein zincirinin kovalent, iyonik ve hidrojen bağları ile birbirine bağlanması nedeniyle güçlü mekanik özelliklere sahiptirler.

Protein filmlerin hidrofilik yapıları nedeniyle nem bariyerleri düşüktür ve bu durum uygulamalarını kısıtlar. Protein filmi özelliklerinin iyileştirilmesi, proteinin özelliklerini kimyasal ve enzimatik yöntemlerle değiştirerek, bunları hidrofobik malzemelerle veya bazı polimerlerle birleştirerek veya fiziksel bir yöntem kullanarak elde edilebilir. Protein film ve kaplamalar, polisakkarit ve yağ bazlı filmlere kıyasla gaz geçirgenlikleri düşük, yağa karşı bariyer özellikleri ve aroma bileşenleri yüksektir (Campos ve ark., 2011; Candan ve Bağdatlı, 2018).

Film yapımında yaygın olarak kullanılan hayvansal kaynaklı proteinler kazein, serum proteinleri, et proteinleri (kollajen, jelatin, balık miyofibriler proteini), yumurta albümini, keratin; bitkisel kaynaklı proteinler ise buğday proteinleri, mısır zeini, soya proteini, yer fıstığı proteini ve pamuk tohumu proteinleridir (Gennadios, 2002; Danganar ve ark., 2009).

Protein filmlerin geçirgenlik özellikleri protein kompozisyonuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu filmlerin özellikleri, kullanılan protein kaynağına, protein çözeltisinin pH derecesine, kullanılan plastikleştiriciye, film kalınlığına, çözelti hazırlama şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Proteinlerden hazırlanan filmler uygulandıkları gıdanın besin değerini oldukça yükseltmektedirler (Pavlath ve Orts, 2009; Dursun ve Erkan, 2009).

Zein filmleri, kullanıldığı ürünün üzerinde parlak, sert ve mikroorganizma etkinliğini engelleyen koruyucu bir tabaka oluşturmaktadır. Buğday gluteninden elde edilen filmler seçici gaz bariyer özelliği gösterir. Buğday gluteni esaslı filmler şeffaf, homojen, mekanik olarak güçlü ve nispeten su dayanımına sahiptirler. Film ağında bulunan soya protein molekülleri hidrofobik, disülfid ve hidrojen bağları vasıtasıyla birleşmiş durumdadır. Pamuk tohumu unundan elde edilen filmler protein içeriklerinden dolayı yüksek hidrofilik özellik gösterirler. Protein esaslı filmlerin mekanik özellikleri temel olarak sıcaklık ve nispi nemden etkilenir. Keratin filmleri suda çözünmeyen bir plastikleştirici olmadan üretilirse yapıları kırılgan olmakta, film çözeltisine plastikleştirici ilavesi ile bu durum önlenilmekte, yüksek uzayabilirliği olan şeffaf filmler elde edilebilmektedir (Tanabe ve ark., 2004; Dursun ve Erkan, 2009). Süt proteinleri, film ve kaplama elde etmek için kullanılan en yaygın protein kaynaklarından biridir. Ana süt proteini fraksiyonları olan kazein ve peynir altı suyu

proteinleri (sırasıyla %80 ve %20), bariyer ve filmojenik özelliklerinin yanı sıra yüksek besinsel katma değer ve iyi tat sağlayabildikleri için özel ilgi görmektedir (Campos ve ark., 2011).

2.7.2.3 Lipitler

Lipit esaslı film ve kaplamalar, hayvansal ve bitkisel yağlar, çapraz bağlı trigliseridler, doğal mumlar ve vakslardan elde edilmektedir (Dursun ve Erkan, 2009; Oğuzhan Yıldız ve Yangılar, 2016). Bu film ve kaplamalar, nem kaybına engel olmalarını sağlayan özellikleri nedeniyle kullanılmaktadırlar. Özellikle kırmızı ve beyaz etleri korumak amacıyla uygulanan filmlerde lipitlerden yararlanılmaktadır. Lipitler, kullanıldıkları üründe solunumunu azaltarak ömrünün uzamasını sağlarlar ve meyve-sebzelerde yüzey parlaklığı için önerilmektedirler. Yağlı filmler meyve yüzeyindeki küflenmenin engellenmesinde de etkili bir koruyucudur. Lipitlerin, film oluşumunda çözücü veya yüksek sıcaklık gerektirmesi ve zayıf mekaniksel özellikler göstermesi dezavantajlarıdır (McHugh, 2000; Dursun ve Erkan, 2009). Yenilebilir vaks esaslı film ve kaplamalar su buharı migrasyonuna karşı diğer lipit filmlerden daha dirençlidir. Bu direnç vaksın hem hidrofobik karakteriyle hem de moleküler organizasyonu ile ilişkilidir (Callegarin ve ark., 1997).

Lipit esaslı film ve kaplamalar, kalın ve kırılkan yapıya sahiptirler. Bu film ve kaplamaların, mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla polisakaritler ve proteinler birlikte kullanımı söz konusudur. Lipitler düşük polariteye sahiptir ve filmlerde nem transferini önlemektedirler (Candan ve Bağdatlı, 2018). Lipit kaplamaların yüzeye uygulanmasında, gıda ile film arasında zayıf bir çekim olduğundan bu kaplamalar çift katlı kaplama şeklinde uygulanırsa daha iyi bariyer özellikleri gösterebilmektedir (Pavlath ve Orts, 2009).

2.7.2.4 Kompozit Kaplamalar

Yenilebilir film ve kaplamalar polisakaritler, protein ve lipitlerin bir karışımından oluşabilir. Film oluşturmak için polimerler arasındaki kombinasyon, protein-karbonhidrat, protein-lipit ve karbonhidrat-lipit şeklinde olabilir. Bu yaklaşım, her bir bileşiğin farklı fonksiyonel özelliklerinin kullanılmasını sağlar (Bourtoom, 2008; Hassan ve ark., 2018). Biyopolimer karışımlarından film üretmenin temel amacı, filmlerin geçirgenlik özelliklerini veya mekanik özelliklerini geliştirmektir (Campos ve ark., 2011).

Polisakkarit ve protein esaslı filmler, oksijen geçişine karşı oldukça iyi direnç gösterirler ancak, hidrofilik yapıda olduklarından su buharı geçişine karşı dirençleri çok zayıftır. Lipit esaslı filmler, iyi bir nem bariyeri sağlarlar, ancak bu filmlerin yzeeye tutunabilmeleri oldukça zayıftır (Sarıcaoğlu, 2018). Bu bileşiklerin kompozit film şeklinde uygulanması çalışmalarda olumlu sonuçlar göstermektedir. Kompozit film oluşturmada iki yöntem kullanılmaktadır. Kuru film üzerine lipit laminasyonu ve film sölasyonuna lipit ilavesi şeklinde gerçekleştirilmektedir (Tural, 2016).

2.7.2.5 Çözücüler

Film oluşturmada yaygın olarak kullanılan çözücüler etanol ve sudur. Ancak film yapımında kullanılacak madde tarımsal bir protein ise başka organik çözücüler de kullanılabilir. Zein proteininden film eldesinde çözücü olarak aseton ve etanol kullanılmaktadır. Etanol kullanılarak elde edilen filmler, aseton kullanılarak hazırlanan filmlere kıyasla daha iyi gerilme kuvveti göstermektedir. Aynı zamanda çözücü olarak etanol kullanılan filmler nemli ve yüksek nemli ortamlarda daha iyi davranış göstermektedir (Ustunol, 2009).

2.7.2.6 Plastikleştiriciler

Yenilebilir film ve kaplama üretiminde, biyopolimerin zincirleri arasındaki yoğun etkileşimler katı bir yapıya ve kırılğanlığa yol açabilmektedir. Bu durum, plastikleştiricilerin formölasyonlarına dahil edilmesiyle çözülebilmektedir. Bu bileşikler, zincirden zincire etkileşimleri azaltmak ve hareketliliklerini artırmak için kendilerini polimer molekülleri arasında konumlandıran, düşük uçuculuğa sahip küçük moleküllerdir. Plastikleştiriciler genellikle gerilme mukavemetini azaltmakta ve filmin uzamasını artırmaktadır (Calva-Estrada ve ark., 2019).

Su en etkili plastikleştiricidir (Ribeiro ve ark., 2021). Sorbitol, glikoller ve şekerler gibi diğer bileşiklerin de gıda kaplama çalışmalarında kullanılmasıyla birlikte, gliserol en yaygın kullanılan plastikleştirici olarak ortaya çıkmıştır (Calva-Estrada ve ark., 2019). Plastikleştiricinin katı veya sıvı halde olması filmin geçirgenlik ve esneklik özelliklerini etkilemektedir (Pavlatlı ve Orts, 2009). Plastikleştiriciler, filmlerin mekanik özelliklerini iyileştirirken, ayrıca gaz ve su buharı geçirgenliklerini de önemli düzeyde artırmaktadır (Dursun ve Erkan, 2009).

2.7.2.7 Yüzey Aktif Maddeler

Filmlerin ve kaplamaların hedef ürün üzerinde üniform yayılma kabiliyeti, ambalaj sektöründeki en önemli etkinlik göstergelerinden biridir. Bu nedenle formülasyonları sırasında gıda ürünlerinin yüzey serbest enerjisi, yenilebilir kaplamaların yüzey gerilimi ve yayılma katsayısı dikkatle analiz edilmesi gereken önemli parametrelerdir. Yüzey enerjisini artırmak için uygun bir çözüm, ürünün ıslanabilirliğini artıran, kaplama ile nihai ürün arasındaki yapışmanın iyileştirilmesine izin veren, pürüzlü yüzeylerin oluşumunu önleyen yüzey aktif maddelerin eklenmesidir (Ribeiro ve ark., 2021). Film üretiminde yüzey aktif madde olarak (emülgatör) tween 60, tween 80, lesitin, gliserol monopalmıtat, asetlenmiş monogliserit, sodyum lauril sülfat ve sorbitan monostearat yaygın olarak kullanılmaktadır (Sarıcaoğlu, 2018).

2.7.2.8 Diğer Katkı Maddeleri

Daha güçlü ve daha az geçirgen filmlerin oluşturulmasındaki bir diğer faktör çapraz bağlayıcıların kullanılmasıdır. Bu bileşikler, polimer ağlarında daha sıkı moleküller arası kovalent bağlar oluşturarak polimer hareketliliğini azaltır (Calva-Estrada ve ark., 2019). Kimyasal çapraz bağlayıcılar iki fonksiyonel gruba sahiptir ve ikisi de moleküller içinde ve arasında kovalent bağ yapma yetisine sahiptir. Film çözeltisine CaCl_2 eklenmesi kalsiyumun divalent katyon olarak proteindeki negatif yükler arasında çapraz bağlama yapmasını ve bunun sonucu olarak protein zincirleri arasındaki mesafe ve hareketlilikleri azaltıp, çekme kuvveti ve su buharı geçirgenliği özellikleri iyileştirmesini sağlamaktadır (Çağrı Mehmetoğlu, 2010).

Antimikrobiyal maddeler, gıda ürünündeki mikroorganizmaların büyümesini geciktirmek veya engellemek için yenilebilir filmlere ve kaplamalara dahil edilir, bu da gıda ürününün güvenliğini ve raf ömrünü artırır. Bu bileşenler, sırasıyla uçucu veya uçucu olmayan içerik maddeleri, buharlaşma veya difüzyon yoluyla salındıktan sonra depolama sırasında yüksek konsantrasyonlarda gıda yüzeyinde kalabilmektedir. Antimikrobiyal ajanlar, kaplamaların matriks biyopolimeri ile aralarında oluşabilecek uyumsuzluk nedeniyle dikkatli seçilmelidir (Calva-Estrada ve ark., 2019). Organik asitler, etanol ve metaller, bakteriyosinler, enzimler, uçucu yağlar ve bitki özleri birçok kimyasal ve doğal bileşikler, ambalaj sektöründe antimikrobiyal ajan olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Sharma ve Ghoshal,

2018). Doğal koruyucu ajan olarak uçucu yağlar fazlaca kullanılmaktadır. Uçucu yağlar, çiçekler, tomurcuklar, tohumlar, yapraklar, ince dallar, ağaç kabuğu, otlar, ağaç, meyveler ve kökler gibi bireysel veya entegre bitki materyallerinden elde edilen aromatik yağlı sıvılardır. Uçucu yağlardaki ana bileşenler, antimikrobiyal özelliklerden sorumlu olduğu düşünülen fenolik maddelerdir ve birçoğu GRAS olarak sınıflandırılır (Campos ve ark., 2011; Calva-Estrada ve ark., 2019). Bu bileşiklerin antimikrobiyal özelliklerinin yanı sıra, ürünün tadını, kokusunu ve aromasını modifiye etmek için yenilebilir filmlere ilave edilebilmektedir. Özellikle uçucu yağ içeren filmler üründe gram (+), hem de gram (-) bakterilere karşı gelişmeyi önleyici etki göstermektedir (Pavlati ve Orta, 2009).

Antioksidanlar, kötü tatların ve kötü kokuların ortaya çıkmasından ve ayrıca ürünü insan tüketimi için kabul edilemez hale getiren toksik aldehytlerin oluşumundan sorumlu olan lipid oksidasyonunu önlemek için gıda ürünlerine dahil edilirler. Bu antioksidan bileşikler, doğrudan gıda ürününe eklenebilmekte veya aktif bileşenin daha küçük miktarlarda kullanımına ve ambalaj filminden veya kaplamadan gıda matrisine geçtikten sonra daha hassas ürünlere uygulanmasına izin veren aktif ambalajın içine dahil edilebilmektedir (Calva-Estrada ve ark., 2019; Campos ve ark., 2011). Askorbik ve sitrik asit gibi asit bileşikler, metal şelatlayıcı ajanlardır. Bütillenmiş hidroksianisol (BHA), bütillenmiş hidroksitolüen (BHT), üçüncül bütillenmiş hidroksikinin (TBHQ), propil gallat ve tokoferoller gibi fenolik bileşikler lipid oksidasyonunu inhibe eden antioksidanlardır. Bu antioksidanlar, yenilebilir film ve kaplamalara dahil edilebilir ve gıda yüzeyinde tutundurulabilmektedir. Ayrıca yenilebilir film ve kaplamalar, enzimatik oksidasyon gibi enzimatik işlemleri de azaltabilmektedir (Demircan ve Özdeştan Ocak, 2019).

2.7.3 Yenilebilir Film ve Kaplama Hazırlama ve Uygulama Yöntemleri

2.7.3.1 Hazırlama Yöntemleri

Çözücü uzaklaştırma, ısıtarak jelleştirme ve eriyiğın katılaştırılması gibi yöntemler kullanılarak yenilebilir filmler ve kaplamalar hazırlanmaktadır. Polisakkarit bazlı filmler üretmek için çözücü uzaklaştırma tekniğı kullanılmakta ve polisakkarit molekülleri arasında kimyasal ve fiziksel etkileşimler ile sürekli bir film yapısı oluşturulmaktadır. Film çözeltisindeki makro moleküller, öncelikle çözücülerde çözündürüldükten sonra jelleştirici ve çapraz bağlayıcı maddelerle

karıştırılmaktadır. Daha sonra bu çözelti ince bir tabaka halinde dökülerek kurutulmakta ve yüzeyden soyularak yenilebilir film elde edilmektedir. Bazı protein filmlerinde proteinlerin jelleşmesi için çözelti önce ısıtılma tabi tutulur ve hemen sonrasında soğutulularak katılaştırılmaktadır (Tural ve ark., 2017). Lipit esaslı filmlerin üretiminde ise, önce lipit çözeltisi ısıtılma işlemiyle eritilmesi ve daha sonra bir yüzey üzerine yayılarak katılaşması sağlanmaktadır (Dangaran ve ark., 2009).

2.7.3.2 Uygulama Yöntemleri

Yenilebilir film uygulanmasında kullanılan en basit yöntemlerden biri daldırmadır (Pavlath ve Orts, 2009). Yöntem gıda maddesinin film çözeltisine daldırılması, süzülmesi ve ardından film oluşumunun sağlanması aşamalarından oluşmaktadır (Caner ve Küçük, 2004). 5-30 saniye arasında bir süre uygulanır ve kısa süresine rağmen daldırma işlemi, karmaşık ve pürüzlü yüzeylere sahip malzemelerde bile çok verimli bir teknik olarak gıda ürününün tamamen kaplanmasını sağlar. Et, balık, tavuk, meyve ve sebzeler gibi küçük hacimli gıdaların kaplanmasında kullanılması önerilmektedir (Pavlath ve Orts, 2009; Ribeiro ve ark., 2021).

Püskürtme yöntemi, kaplama solüsyonunu damlacıklar oluşturarak, hedeflenen yüzeye dağıtarak gıda ürünleri üzerinde yarı geçirgen bir zar oluşturmak için kullanılır. Kaplama özellikleri, polimerik solüsyon özellikleri (örn. yoğunluk, viskozite ve yüzey gerilimi), çalışma koşulları (örn. akış hızı ve hava basıncı) ve sistem koşulları (örn. meme tasarımı ve püskürtme açısı) ile yakından ilişkili olacaktır. Ayrıca püskürtme yöntemi, yaklaşık 20 µm'lik kaplama kalınlığının oluşturulmasını sağlayabilmektedir (Dhumal ve Sarkar, 2018). Özellikle meyve ve sebzelerin kaplanmasında popüler olan bir yöntemdir (Caner ve Küçük, 2004).

Dökme yöntemi, film çözeltisinin düzgün bir yüzeye istenen kalınlıkta dökülüp kurutulması ile elde edilmektedir. Elde edilen film kağıt levha şeklinde durabilmektedir. Bu yöntem daldırma ve püskürtme yöntemlerine yardımcı olarak kullanılmaktadır (Caner ve Küçük, 2004; Polat, 2007).

Boyama yöntemi, kaplanacak gıda yüzeyinin belirli bir bölgesine odaklanmak ve istenmeyen bölgelerin kaplanmasını engellemek için kullanılabilen bir yöntemdir.

Ayrıca boyama metodu, sıvı kaplama solüsyonunun homojen bir şekilde uygulanmasını sağlar ve fazla kaplama materyalinin kaybını azaltır. Ancak bu yöntemle kaplama işlemi daha yavaş ve zaman alıcı olabilir, özellikle büyük hacimli gıdaların kaplanması için uygun değildir (Sarıcaoğlu, 2018).

Ekstrüzyon yöntemi, polimerlerin termoplastik özelliklerine dayanır. Bu teknikte, plastikleştirici içeren film solüsyonu, düşük su içeriği koşullarında camsı geçiş sıcaklığının üzerinde ısıtılır. Bu prosedür, viskoelastik davranışa sahip polimerlerin oluşumuna yol açan sıkıştırma, döküm ve ekstrüzyon olaylarını içermektedir. Ekstrüzyon, işlem için daha az çözücü gerektirmesi ve daha az buharlaştırma aşaması olması nedeniyle ticari uygulamalar için uygun bir alternatiftir (Ribeiro ve ark., 2021).

2.8 Yenilebilir Film ve Kaplamalar Üzerine Yapılan Çalışmalar

2.8.1 Polisakkarit Esaslı Yenilebilir Film ve Kaplama Çalışmaları

Aydinli ve Tutas, (2000) Keçiboynuzu sakızı (LBG) ve plastikleştirici olarak polietilen glikol (PEG) 200 içeren yenilebilir filmlerin su sorpsiyon verileri ile su buharı geçirgenliği değerlerini incelemişlerdir. Çalışmaları, farklı su aktivitelerinde belirlenen su sorpsiyon verileri, denge nem içeriği $a_w=0.65$ 'in üzerinde keskin bir şekilde arttığını göstermiştir. Yenilebilir filmlerin permeans ve permeabilite değerlerinin PEG 600'e kadar PEG'in hem miktarı hem de moleküler ağırlığı ile arttığı bulunmuştur. Oda sıcaklığında sıvı halde bulunan plastikleştiricilerin (PEG 200, PEG 400, PEG 600) artan miktarları ile film çözeltisinde seyreltici bir etki oluşmuş ve yenilebilir filmlerin geçirgenlik değerleri artmıştır. Oda sıcaklığında katı halde bulunan PEG 1000 içeren yenilebilir filmlerde ise bu durum tersine dönmüştür.

Rhim, (2004) sodyum aljinat filmlerin özelliklerini iki farklı CaCl_2 işleme yöntemi (daldırma ve karıştırma) kullanılarak modifiye etmiş ve filmlerin çekme mukavemeti (TS), kopma anındaki uzama yüzdesi (E), su buharı geçirgenliği (WVP) ve suda çözünürlüğü (WS) üzerindeki etkilerini incelemiştir. Karıştırma filmlerinin TS ve E'si önemli ölçüde değişmemiş, ancak daldırma filmlerinin TS'nde önemli ($p<0.05$) bir artış ve E'sinde ise önemli bir azalma ($p<0.05$) olmuştur. Daldırma filmlerinin WVP'si önemli ölçüde azalırken ($p<0.05$), karıştırma filmlerinde önemli değişiklikler olmamıştır ($p>0.05$). WS ile ölçülen su direnci, karıştırma filmlerinde gelişmemiş, ancak aljinat filmler, 2 g/100 mL'den daha yüksek CaCl_2 çözeltilerine

daldırılarak işlendiğinde suya dayanıklı hale gelmiştir. Daldırma filmlerde, filmlerin su adsorpsiyonu da azalmıştır. Daldırma filmin şişme oranı (SR), filmlerin WS'sini etkilemeden sıcaklıkla azalmıştır.

Chillo ve ark., (2008) gliserol ve kitosanın tapyoka nişastası bazlı yenilebilir film özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Mekanik özellikler açısından kitosanın olumlu, gliserolün ise olumsuz etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Su buharı geçirgenliği verileri ile ilgili olarak, kitosan ilavesinin negatif, gliserol ilavesinin ise pozitif etkisinin olduğu görülmüştür. Ayrıca hem kitosan hem de gliserol renk değerleri üzerinde önemli etki göstermiştir ($p<0.05$).

Akşehir, (2013) çalışmasında, *Morus alba* (ak dut) ve *Morus nigra* (kara dut) pekmezlerinin farklı konsantrasyonlarını kullanarak aljinat ve pektin esaslı yenilebilir filmler üretmiş ve filmlerin optik, bariyer, termal ve mekanik özelliklerini ölçmüştür. Aljinat içeren filmleri, pektin içerenlere göre daha yüksek viskoziteye ve opaklık değerlerine sahip olmuştur. Ayrıca, aljinat içeren filmler daha düşük su çözünürlüğüne sahipken, pektin içeren filmler tamamen suda çözünmüştür. Kara dut pekmezi içeren filmlerin opaklık değeri, ak dut pekmezi içerenlere oranla daha düşük bulunmuştur ($p<0.01$). Araştırmacı yenilebilir filmlerin gerilme değerlerini 1.6-4.78 MPa, kopma uzaması değerlerini ise %28.69-47.17 arasında saptamıştır.

Farklı konsantrasyonlarda sodyum aljinat (%0.5-2.5 w/v) ve gliserol (%0.5-1.5 w/v) içeren kuru (D) ve ıslak (W) şeklinde iki farklı uygulama yapılan bir film çalışmasında, yenilebilir filmlerin fiziksel (nem içeriği, kalınlık, suda çözünürlük (WS), su buharı geçirgenliği (WVP) ve renk) ve mekanik özellikleri değerlendirilmiştir. Nem içeriği, suda çözünürlük, kalınlık, parlaklık ve uzama yüzdesi, değerlendirilen faktörlerden önemli ölçüde etkilenmiştir ($p<0.05$). Gliserol konsantrasyonu su buharı geçirgenliğini, aljinat konsantrasyonu ise delinme mukavemetini etkilememiştir ($p>0.05$). Islak yöntemle elde edilen filmler, en yüksek suda çözünürlük ve WVP değerlerine sahip olmuşlar ve bu değerler %66.06 (%0.5 aljinat-gliserol) ve 579.74 g.mm/kPa.h.m² (%2.5-0.5 gliserol aljinat) olarak bulunmuştur. Kuru yöntemle oluşturulan filmlerin %0.5-1.5 ve %2.5-0.5 aljinat-gliserol konsantrasyonları için suda çözünürlük değerleri %44.66 ve WVP değerleri 13.66 g.mm/kPa.h.m² olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar optimizasyon sonuçlarına

bakarak, %2 aljinat ve %1.5 gliserol konsantrasyonlarının ve kuru yöntemin yenilebilir filmler için daha iyi bir formülasyon olarak kabul edilebileceğini bildirmişlerdir (Rangel-Marrón ve ark., 2014).

Özmert Ergin, (2015) çalışmasında, kiraz ve kayısı ağacı reçinelerinin yenilebilir film materyali olarak kullanılabilirliğini ve gıda kaplamasında potansiyel kullanımlarını araştırmıştır. Reçineler düşük nem oranı ve yüksek fenolik madde içeriği ile beraber iyi bir antioksidan kapasitesi göstermişlerdir. Her iki reçine filminin termal analizi yapılmış ve 400°C'ye kadar ısıya dayanıklı oldukları görülmüştür. Filmlerle kaplanan meyvelerin raf ömrünün arttığı ve mikrobiyel kontaminasyonun azaldığı tespit edilmiştir. Duyusal olarak da filmlerin meyvelerin görünümünü iyileştirdiği ve aromasını etkilemediği belirtilmiştir.

Singh ve ark., (2015) kitosan bazlı yenilebilir filmlerin geliştirilmesi için farklı oranlarda kitosan (%1.5, %2.0, %2.5 w/v), gliserol (%0.5, %0.75, %1.0 w/v) ve kurutma sıcaklığını (35, 40, 45 °C) optimize etmiştir. Kitosan incelenen özellikler üzerinde lineer etki göstermiştir ($p < 0.05$). Gliserol yalnızca yoğunluğu önemli ölçüde ($p < 0.05$) negatif yönde etkilemiştir. Kurutma sıcaklığı önemli ölçüde ($p < 0.05$) kalınlığı ve su buharı geçirgenliğini doğrusal olarak etkilemiştir. Optimizasyon sonuçlarına göre %2 w/v kitosan konsantrasyonu, %0.75 gliserol konsantrasyonu ve 48 saatlik 40 °C kurutma sıcaklığı başarılı bulunmuştur.

Dick ve ark., (2015) çalışmalarında, chia mucilage (CM) hidrokolloid bazlı yeni bir yenilebilir filmin fizikokimyasal ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. CM (%1 w/v) filmler, üç konsantrasyonda gliserolün (%25, %50 ve %75 w/w, CM ağırlığına göre) dahil edilmesiyle hazırlanmıştır. Gliserol konsantrasyonu arttıkça, CM filmlerin su buharı geçirgenliği (WVP), kopmada uzama (EB) ve suda çözünürlüğü artarken, gerilme mukavemeti (TS) ve young modülü (YM) önemli ölçüde azalmıştır ($p < 0.05$). Yüksek konsantrasyonda gliserol içeren CM filmler hafif kırmızımsı ve sarımsı renk göstermiş, ancak yine de şeffaf bir görünüme sahip olmuşlardır. CM filmler mükemmel ultraviyole ışık absorpsiyonu ve iyi bir termal kararlılık sergilemiştir. Taramalı elektron mikrografları, tüm CM filmlerinin tekdüze bir görünüme sahip olduğunu göstermiştir.

Arham ve ark., (2016) çalışmalarında agar filmlerin üretiminde, fiziksel ve mekanik özelliklere dayalı olarak en iyi ana malzeme ve plastikleştirici kombinasyonunu elde etmeyi amaçlamışlardır. Sonuçlar, yenilebilir agar filminin fiziksel ve mekanik özelliklerinin agar ve gliserol konsantrasyonlarından etkilendiğini göstermiştir. Artan agar konsantrasyonları, film kalınlığında, gerilme mukavemetinde (TS) ve kopmada uzamasında (EAB) artışa neden olmuş, ancak film çözünürlüğünü düşürmüştür. Artan gliserol konsantrasyonu, film kalınlığını ve çözünürlüğünü artırma eğilimindeyken, filmin TS'sini düşürme eğiliminde olmuştur.

Rahmani ve ark., (2017) kitosan/aljinat bazlı yenilebilir film çalışmalarında aljinatlı filmlerinin kalınlıklarını 0.023-0.063 mm arasında, kitosanlı filmlerinin ise 0.025-0.065 mm arasında değerler aldığını bildirmişlerdir. Aljinatlı filmlerin nem içeriğinin, su buharı geçirgenliği, gerilme ve kopma uzaması değerlerini sırasıyla %14.68-15.00, 0.0598-2.595 g s⁻¹m⁻¹Pa⁻¹ × 10⁻¹⁰, 7.65-14.37 MPa ve %6.23-15.62 arasında, kitosanlı filmlerin ise %15.43-15.87, 0.469-2.828 g s⁻¹m⁻¹Pa⁻¹ × 10⁻¹⁰, 2.70-13.46 MPa ve %38.27-72.39 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Kitosan filmlerde % suda çözünürlüğün arttığını, aljinatlı filmlerin parçalanması sonucu % suda çözünürlük değerlerinin ölçülemediğini belirtmişlerdir.

Homez-Jara ve ark., (2018) çalışmalarında polimer konsantrasyonunun (%0.5, %1.0 ve %1.5) ve kurutma sıcaklığının (2°C, 25°C ve 40°C) kitosan yenilebilir filmlerin üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Daha düşük kurutma sıcaklıklarının kullanılması, filmlerin nem içeriği, çözünürlük, su buharı geçirgenliği ve optik özellikler üzerinde olumlu bir etki göstermiştir. Bununla birlikte, daha yüksek kitosan konsantrasyonu ile birlikte daha yüksek kurutma sıcaklıklarının (40°C) kullanılması, filmlerin gerilme mukavemeti, şişme gücü ve yeşillik değeri gibi belirli özelliklerini geliştirirken, filmlerin parlaklığını azaltmıştır.

Chodijah ve ark., (2019) araştırmalarında muz kabuğu pektininin üretilen filmlerdeki özelliklerini, özellikle kalınlık, su direnci, gerilme mukavemeti ve uzama üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır (sitrik asit, dolgu maddesi olarak muz kabuğu nişastası ekstraktı ve plastikleştirici olarak gliserol ilavesiyle). Sonuçlar, sitrik asit kullanımının pektinin esmerleşme etkisini azalttığını, filmlerin %11.56 su içeriği, %3.060 kül içeriği, %3.906 düşük metoksil içeriği (<%7), 0.00387 cm

kalınlık özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir. En iyi biyolojik olarak parçalanabilir filmin 5 gram pektin ilavesi olan film olduğunu ve değerlerinin %63.63 su direnci, 10.5620 MPa gerilme mukavemeti ve %58.33 kopma uzaması olduğu belirtilmiştir.

Söğüt ve Seydim, (2020) kitosan (CH) filmleri, plastikleştirici olarak gliserol/glisersüz kullanarak hazırlamışlar ve çift katmanlı filmler oluşturmak için polikaprolakton (PCL) ve sikloolefin kopolimer (COC) kullanmışlardır. PCL film solüsyonlarının temas açısı, COC film solüsyonlarından daha düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Taramalı elektron mikroskobu analizi, CH ve PCL arasında daha iyi uyumluluk ortaya koyarken, CH/COC çift katmanları arasında bir faz ayrımı göstermiştir. İki tabakalı filmler, CH film numuneleri ile karşılaştırıldığında ($p<0.05$) suya karşı daha yüksek direnç gösterirken, iki tabakalı filmler için gerilme özelliklerinde bir azalma bulunmuştur. İki katmanlı filmler, tek katmanlı filmlerle benzer geçirgenlik değerlerine sahip olmuştur ($p>0.05$).

2.8.2 Antimikrobiyal Madde İçeren Yenilebilir Film ve Kaplama Çalışmaları

Pranoto ve ark., (2005) doğal bir antibakteriyel olan sarımsak yağını filmlerine dahil ederek antibakteriyel özellikli aljinat bazlı yenilebilir film üretmişler ve incelenmişlerdir. İlk olarak, %0.1 v/v sarımsak yağı, bazı gıda patojenik bakterilere karşı in vitro deneylerde test edilmiştir. Besin sıvısında %0.1 v/v sarımsak yağı bulunması, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus* için canlı hücre sayısında 24 saatlik inkübasyondan sonra sırasıyla 2.28, 1.24, 4.31 ve 5.61 log azalma görülmüştür. Antimikrobiyal aljinat filmler, %0.4 v/v'ye kadar sarımsak yağı katılarak hazırlanmıştır. Yenilebilir filmler, *Staphylococcus aureus* ve *B. cereus*'a karşı antibakteriyel aktivite sergilemiştir. Gerilme mukavemeti ve kopmadaki uzama, sırasıyla %0.3 ve %0.4 v/v'de sarımsak yağının filmlere dahil edilmesiyle önemli ölçüde değişmiş ($p<0.05$), su buharı geçirgenliği ise önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$).

Rojas-Graü ve ark., (2006) tarafından elma püresi esaslı (APEF) ve kekik, tarçın, limon otu yağlarını içeren elma püresi esaslı filmlerin (APFFS) *Escherichia coli* O157:H7'ye karşı etkisi ile beraber mekanik ve fiziksel özellikleri birlikte araştırılmıştır. APFFS'nin BA₅₀ değerleri (BA₅₀ değerleri, test koşulları altında

bakterilerin %50'sini öldüren antimikrobiyal yüzdesi olarak tanımlanır) olarak ifade edilen bakterisidal aktiviteleri, kekik yağı için %0.019 ile tarçın yağı için %0.094'dır. Kekik yağı içeren elma püresi filmi *E. coli*'ye karşı oldukça etkili olmuştur. Veriler, antimikrobiyal aktivitelerin sırasının kekik yağı>limon otu yağı>tarçın yağı olduğunu ve film oluşturucu solüsyona uçucu yağların eklenmesinin su buharı geçirgenliğini azalttığını ve oksijen geçirgenliğini artırdığını, ancak filmlerin mekanik özelliklerini önemli ölçüde değiştirmedğini göstermiştir.

Norajit ve ark., (2010) beyaz, kırmızı ve ekstrüde beyaz ginseng özleri içeren aljinat filmlerin fiziksel ve antioksidan özelliklerini araştırmışlardır. En yüksek nem içeriğine sahip olan ginseng özü içermeyen film numuneleri hariç, tüm aljinat film numunelerinin nem içeriklerinde önemli bir değişiklik bulunmamıştır ($p>0.05$), Aljinat filme ginseng ekstraktının eklenmesi gerilme mukavemetini ve elastik modülü ($p<0.05$) azaltırken, kopma uzaması yüzdesini artırmıştır. Ekstraktların varlığı, film numunelerinin su buharı geçirgenliğini önemli ölçüde etkilememiştir ($p>0.05$). 130°C'lik bir barrel sıcaklığında ekstrüde beyaz ginseng özü içeren aljinat film, metanol içindeki 2,2-difenil-1-pikrihidrazil radikaline (DPPH) karşı en yüksek (%61.12) serbest radikal süpürme aktivitesini göstermiştir, ardından 115°C'lik bir barrel sıcaklığında ekstrüde beyaz ginseng içeren film gelmiştir. Serbest radikal yakalama aktivitesi açısından bu numuneleri sırasıyla kırmızı ve beyaz ginseng özleri içeren film numuneleri takip etmiştir. Bu sonuçlar, ekstrüde edilmiş beyaz ginseng ekstraktının, çeşitli gıda uygulamaları için antioksidan olarak film veya kaplama yapmak için aljinata dahil edilmek üzere iyi bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Bonilla ve ark., (2012) uçucu yağ tipinin (fesleğen ve kekik), içeriğinin ve homojenleştirme işleminin kitosan bazlı film oluşturucu dispersiyonların ve yenilebilir filmlerin fiziksel özelliklerine etkisi üzerine çalışmışlardır. Homojenizasyon uygulanmayan (H1) ve 165 MPada mikro-akışkanlaştırma (MF) tekniği uygulanan (H2) olmak üzere iki homojenleştirme işlemi uygulamışlardır. H2 emülsiyonları, en yüksek zeta (ζ) potansiyeli ve en düşük viskozite ile en küçük partikül boyutunu göstermiştir. Uçucu yağ içeren kompozit filmlerin, saf kitosan filmlerinden daha yumuşak, daha az sert ve daha fazla esnediğini belirtmişlerdir. MF bu değişiklikleri yoğunlaştırmıştır. H2 filmler, yağlar ilave edildiğinde polimer zincir

etkileşim kuvvetlerinin zayıflaması nedeniyle mekanik davranışlarını etkileyen mikro çatlaklar göstermiştir. MF, saf kitosan filmlerinin su buharı geçirgenliklerini (WVP) artırmıştır. Parlaklık uçucu yağ ilavesiyle azalırken, MF daha parlak filmler verme eğilimi göstermiştir.

Ahmad ve ark., (2012) gliserol ikamesi olarak çeşitli konsantrasyonlarda bergamot (BO) ve limon otu yağı (LO) ile birleştirilmiş jelatin filmler hazırlayıp karakterize etmişlerdir. BO ve LO'nun %5-25'te (w/w protein) dahil edilmesi, filmlerin hem gerilme mukavemetinde hem de kopma uzamasında azalmalara neden olmuştur. Su buharı geçirgenliği (WVP), LO katkılı filmlerde azalırken, %5'in üzerinde BO ilaveli filmde artış göstermiştir ($p<0.05$). BO ve LO dahil edildiğinde film çözünürlüğü ve şeffaflık değerleri azalmış ve filmler görünür aralıkta düşük ışık geçirgenliğine sahip olmuşlardır. LO içeren filmler, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella typhimurium*'a karşı antimikrobiyal aktivite gösterirken, BO ilaveli film sadece *L. monocytogenes* ve *S. aureus*'a karşı aktivite göstermiştir. Hem BO hem de LO içeren filmler *Pseudomonas aeruginosa*'yı engelleyememiştir. Termo-gravimetrik analizde (TGA), BO ve LO ile eklenen filmler, kontrol filmine kıyasla daha yüksek bozunma sıcaklığı ile gelişmiş ısı stabilitesi sergilemişlerdir. Taramalı elektron mikroskopik (SEM) görüntüleri, elde edilen filmlerin fiziksel özelliklerine katkıda bulunan uçucu yağların filmlerde mikro gözenekler oluşturduğunu ortaya çıkarmıştır.

Pires ve ark., (2013) limonotu, kişniş, tarhun ve kekik yağları ile birleştirilmiş hake protein filmlerinin fiziksel, mekanik, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerini araştırmışlardır. Kurutulmuş hake proteinleri, pH 11.0'da çözündürülerek (film çözeltisindeki protein konsantrasyonu yaklaşık. %0.9) ve gliserol (%59 w/w protein) ve her bir uçucu yağdan gram protein başına 0.25 ml eklenerek elde edilmiştir. Elde edilen filmler sarımsı renkte homojen ve şeffaf görüntüye sahip olmuşlardır. Farklı esansiyel yağların eklenmesi su buharı geçirgenliğini azaltmış, ancak filmlerin sudaki çözünürlüğünü arttırmıştır. Filmlerden salınan protein miktarı eklenen yağa bağlı olarak değişmiştir. Dahil edilen uçucu yağlar arasında kekik yağı filmleri en düşük mekanik özellikleri (delinme kuvveti ve kopmada uzama) sergilemiştir. Tersine, kekik yağı eklenmiş filmler *Shewanella putrefaciens*'e karşı en yüksek

inhibisyonu sergilemiştir. Hake protein filmlerinin antioksidan aktivitesi uçucu yağların dahil edilmesiyle artmıştır.

Ghasemlou ve ark., (2013) bitki esansiyel yağları ile birleştirilmiş mısır nişastası filmlerinin fiziksel, mekanik ve bariyer özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada iki uçucu yağ, *Zataria multiflora* Boiss (ZEO) veya *Mentha pulegium* (MEO) üç konsantrasyonda (%1, %2 ve %3 (v/v)) kullanılmıştır. Bu yağlar, mekanik ve su buharı geçirgenliği (WVP) özelliklerini iyileştirmek ve antimikrobiyal aktivite vermek için nişasta film çözeltilerine eklenmiştir. ZEO veya MEO içeriğinin %2'den %3'e (v/v) arttırılması, kopma uzaması değerlerini sırasıyla %94.38'den %162.45'e ve %53.34'ten %107.71'e yükseltmiş, ancak filmlerin gerilme değerlerini önemli ölçüde değiştirmemiştir. Filmlerin WVP değerleri ZEO ve MEO eklenmesiyle 7.79'dan 3.37 ve 3.19 g.mm.m⁻²d⁻¹ kPa⁻¹'e kadar düşmüştür. Filmlerin oksijen bariyer özellikleri, kullanılan %1 ve %2 (v/v) yağ konsantrasyonunun kullanımından etkilenmemiş, ancak her iki formülasyon için %3 (v/v) oranının kullanımı ile artmıştır. ZEO veya MEO konsantrasyonları arttıkça filmlerin rengi hafif sarıya dönmüştür. ZEO içeren filmlerin *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı MEO içeren filmlerden daha etkili antimikrobiyal aktivite göstermiştir.

Espitia ve ark., (2014) %3 ve %6 (w/w) oranında kekik esansiyel yağı (TEO) ve elma kabuğu polifenoller (ASP) ile ayrı ayrı veya her biri %3 (w/w) oranında birleştirilmiş olarak formüle edilmiş Açaı yenilebilir filmlerin fiziksel ve antimikrobiyal özelliklerinin değerlendirilmesini amaçlamışlardır. ASP'nin eklenmesi, geliştirilmiş mekanik özellikler ile sonuçlanmıştır. %6 (w/w) TEO, kopma uzamasını artırmıştır. ASP filmleri, kontrol filminden önemli ölçüde daha yüksek su buharı geçirgenliğine (WVP) sahip olmuştur. ASP filmler diğer filmlere göre daha hafif ve daha fazla kırmızı renge sahiptir. ASP'nin dahil edilmesi filmin termal kararlılığını artırırken, TEO ilavesi hızlı termal ayrışmaya neden olmuştur. ASP ilavesi daha pürüzsüz bir yüzey sağlarken, TEO ilavesi film yüzeyinde krater benzeri çukurların oluşmasına neden olmuştur. %6 TEO içeren Açaı yenilebilir filmi en yüksek antimikrobiyal aktiviteyi sunmuştur.

Jouki ve ark., (2014) %1, %1.5 ve %2 v/v oranlarında kekik uçucu yağı içeren ayva çekirdeği müsilağı filmleri hazırlayarak bu filmlerin antibakteriyel,

antioksidan, fiziksel, termal ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Kekik uçucu yağı ilavesinin filmlerde oksijen ve su buharı geçirgenliğini ve gerilme değerlerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Kekik uçucu yağ oranı artışına bağlı olarak kalınlık, % suda çözünürlük ve % nem içeriğinin arttığı, %1 kekik uçucu yağı içeren filmlerin *Salmonella typhimurium* ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı etkili olmadığı, ancak *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Shewanella putrefaciens* ve *Yersinia enterocolitica*'nın büyümesi üzerinde güçlü bir inhibitör etki sergilediği sonucuna varmışlardır.

Teixeira ve ark., (2014) karanfil, sarımsak ve kekik esansiyel yağlarıyla birleştirilmiş balık protein filmlerinin fiziksel, antioksidan ve antibakteriyel özelliklerini incelemişlerdir. Uçucu yağ içermeyen kontrol filmleri homojen, şeffaf, hafif sarı ve mekanik olarak dirençli bulunmuştur. Film çözeltisine sarımsak, karanfil ve kekik esansiyel yağlarının dahil edilmesi, filmlerin kalınlığını, suda çözünürlüğünü, kopma kuvvetini ve uzamasını önemli ölçüde azaltırken, filmlerin serbest radikal yakalama aktivitesini arttırmıştır. Özellikle karanfil uçucu yağı içeren filmler, kontrol filmlerine göre daha düşük su buharı geçirgenliği göstermiştir. Sarımsak esansiyel yağı içeren filmler en sarımsı ve en yüksek antioksidan aktiviteye sahip bulunmuştur. Kekik esansiyel yağ içeren filmlerin, özellikle renk, şeffaflık ve indirgeme gücü açısından kontrole oldukça benzediğini bildirmişlerdir.

Dashipour ve ark., (2014) çalışmalarında, karanfil esansiyel yağı eklenmiş karboksimetil selüloz (CMC) yenilebilir filmlerin özelliklerini incelemişlerdir. Gerilme ve kopma uzaması değerleri, karanfil esansiyel yağı konsantrasyonuna bağlı olarak değişmiştir. %1 uçucu yağ içeren filmin gerilme değeri kontrole kıyasla artmıştır. Benzer şekilde %1 uçucu yağ içeren filmin kopma uzaması değeri de kontrole göre artmış ancak uçucu yağ konsantrasyonu arttıkça bu değer düşmüştür. Antioksidan özellikler ve toplam fenolik bileşikler, karanfil esansiyel yağı yüksek konsantrasyonunda artmıştır. Ayrıca, karanfil esansiyel yağı içeren filmlerin seçilmiş patojen bakterilere karşı etkili olduğu görülmüştür. Mikroyapıda bazı değişiklikler gözlemlenmiş ve filme karanfil uçucu yağının ilavesi film yapısını heterojenleştirdiği belirlenmiştir.

Radha Krishnan ve ark., (2015) mısır nişastası yenilebilir filmlerinin kırmızı etin raf ömrünü uzatmak için karanfil ve tarçın esansiyel yağları ile potansiyel

uygulaması üzerine çalışmışlardır. Uçucu yağların oranlarını %0-4 arasında kullanmışlardır. %0 ve %0.5 oranında uçucu yağ içeren filmler gram (+) ve gram (-) bakteriler üzerinde inhibe edici etki göstermemiştir. Kontrol grubundaki sığır etinin pH değerleri depolama süresi boyunca değişmiş ve film kaplı muamele gruplarına göre daha yüksek değerler almıştır ($p<0.05$). Tüm filmlerin TBARS değerleri, kontrol örneğinden önemli ölçüde daha düşük bulunmuş ($p<0.05$) ve uçucu yağ içeren nişasta filmlerinin çiğ sığır etini lipid oksidasyonuna karşı etkili bir şekilde koruduğu sonucuna varmışlardır.

Acevedo-Fani ve ark., (2015) çalışmalarında uçucu yağların nanoemülsiyonlarından oluşturulan aljinat bazlı yenilebilir filmlerin fiziksel, mekanik ve antimikrobiyal özelliklerinin değerlendirilmesine odaklanmıştır. Kesikli faz olarak kekik (TH-EO), limon otu (LG-EO) veya adaçayı (SG-EO) yağı ve sürekli faz sodyum aljinat olacak şekilde film çözeltisi hazırlanmıştır. SG-EO nanoemülsiyonlarından oluşturulan filmler, TH-EO veya LG-EO'dan oluşturulan filmlere göre daha yüksek şeffaflık, su buharı direnci ve esneklik sergilemiştir. TH-EO içeren yenilebilir filmler, *Escherichia coli*'ye karşı en güçlü antimikrobiyal etkiye sahip olmuşlardır.

Başka bir çalışmada soya proteini izolatu (SPI), işlenmemiş hindistancevizi yağı (VCO) ve soya lesitininden (SL) yapılmış ve gliserol ile plastikleştirilmiş emülsiyon bazlı yenilebilir filmler, döküm yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. SPI filmlerindeki VCO ve SL konsantrasyonlarının etkisi ve bunların arasındaki etkileşim, fiziksel (nem ve opaklık), mekanik (uzama ve gerilme mukavemeti), su buharı geçirgenliği ve termal özelliklerin değerlendirilmesi yoluyla incelenmiştir. VCO ve SL'nin dahil edilmesi, nem içeriğini azaltmış ve bu bileşenler olmadan (kontrol) SPI film ile karşılaştırıldığında SPI emülsiyon bazlı filmlerin uzamasını artırmıştır. Filmlerin opaklığı, protein bazlı filmlere VCO eklenmesiyle artmış, ancak SL eklenmesi veya her iki bileşenin bir kombinasyonu ile artmamıştır. Öte yandan, su buharı geçirgenliği, VCO, SL veya her ikisinin kombinasyonunun dahil edilmesiyle iyileştirilememiştir (Carpiné ve ark., 2015).

Romero ve ark., (2016) tarafından Tritikale unundan (*Triticosecale Wittmack*) yapılan filmlere farklı konsantrasyonlarda natamisin eklenerek özellikleri

araştırılmıştır. Natamisin ilavesi çözünürlük değerlerini ve su geçirgenliğini azaltırken, L^* , b^* ve $\Delta E'$ 'yi artırmıştır. Ancak filmlerin nem içeriğini ve delme kuvvetini önemli ölçüde etkilememiştir. Mikroyapı analizi, natamisinin filmlerde homojen bir şekilde dağıldığını göstermiştir. Natamisin içeren Tritikale un filmlerin *Candida albicans* için inhibisyon bölgesi yüksek konsantrasyonlarda daha fazlayken, *Aspergillus niger*'e karşı önemli bir fark bulunamadığı belirtilmiştir.

Tural, (2016) hamsi (*Engraulis encrasicolus*) atık proteinlerinden farklı protein konsantrasyonları (%3, 4 ve 5) ve gliserol konsantrasyonları (%30, 40, 50 ve 60) kullanarak ürettiği yenilebilir filmlerine esansiyel yağ (kekik, biberiye ve defne) ve karışımlarını farklı oranlarda (%0.5, 1.0 ve 1.5) ekleyip sonuçları değerlendirmiştir. Gliserol ve protein konsantrasyonlarının film özellikleri üzerine etkili olduğunu ($p<0.05$) ve en iyi sonucu %4 protein+%40 gliserol içeren filmde elde ettiğini bildirmiştir. En yüksek antimikrobiyal aktivite ve antioksidan kapasitenin %1.5 kekik uçucu yağı içeren filmde görüldüğünü rapor etmiştir. Araştırmacının başka bir çalışmasında (Tural ve ark., 2020), %0.5, 1.0 ve 1.5 oranlarında biberiye (BUY) ve defne uçucu yağlarını (DUY) içeren hamsi atık protein (HAP) esaslı filmler karakterize edilmiştir. BUY veya DUY içeren filmlerin daha yüksek gerilme ve su buharı geçirgenliği (SBG) gösterdiğini, ancak daha düşük elastik modül, saydamlık ve kopma uzamasına sahip olduklarını belirtmişlerdir. BUY ve DUY içeren filmlerin çözünürlüğü sırasıyla %10.00-16.05 ve %13.84-18.20 arasında tespit edilmiştir. Filmlerin antioksidan özellikleri kıyaslandığında en yüksek antioksidan kapasitenin %1.5 DUY içeren filmde belirlendiğini rapor etmişlerdir.

Hashemi ve Mousavi Khaneghah, (2017) %1-6 arasında oranlarda kekik esansiyel yağı içeren fesleğen tohumu sakızı yenilebilir filmleri üretmişlerdir. Fesleğen tohumu sakızı esaslı filmlerin kalınlığı 0.06 mm artmış; kekik uçucu yağ konsantrasyonundaki artış, kalınlığı önemli ölçüde değiştirmemiştir ($p>0.05$). Filmlerin su buharı geçirgenliği artan uçucu yağ oranına bağlı olarak azalırken; nem içeriği, temas açısı, şeffaflık ve kabarma (swelling) indeksi ($p<0.05$) değerleri artmıştır. %2-6 kekik uçucu yağı içeren tüm filmler, incelenen patojenlere karşı önemli bir antibakteriyel aktivite göstermiştir. Filmlerin DPPH ve ABTS radikal yakalama aktiviteleri ve ferrik indirgeme yeteneği, artan kekik uçucu yağ konsantrasyonu ile önemli ölçüde gelişmiştir.

Restrepo ve ark., (2018) limon otu (*Cymbopogon citratus*) ve biberiye (*Rosmarinus officinalis*) esansiyel yağlarının nanoemülsiyonları ile birleştirilmiş muz nişastası esaslı yenilebilir filmlerinin mekanik, bariyer ve renk özelliklerini incelemişlerdir. Filme limon otu ve biberiye eklenmesi kopma uzaması değerlerini önemli derecede artırmıştır ($p<0.05$). Gerilme değerleri de artmıştır ancak bu durum önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Filmlerin artan esansiyel yağ oranına bağlı olarak su buharı geçirgenlikleri artmış, suda çözünürlükleri düşmüştür. Esansiyel yağlar filmlerin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerine etki göstermemiştir.

Yapılan bir çalışmada %1 (w/v) keçiyoynuzu gamı, ksantan gam ve karagenan gamdan üretilen her bir filme limon ve portakal kabuklarından elde edilen ekstraktlar eklenerek incelenmiştir. Filmlerin farklı bileşenler içermesi nedeniyle antimikrobiyal etkileri karşılaştırılmış ve limon kabuğu içeren filmlerin daha etkili olduğu bulunmuştur. Yenilebilir filmlerin oluşturduğu inhibisyon çapları değerlendirildiğinde ksantan limon film, karagenan portakal film, karagenan limon film ve keçiyoynuzu limon filminin daha fazla antimikrobiyal etkili olduğu bulunmuştur (Kılınç ve ark., 2018).

Sarıcaoğlu, (2018) çalışmasında mekanik olarak ayrılmış tavuk etlerinden (MATE) elde ettiği proteinlerin 3 farklı (%3, %4, %5) konsantrasyonu ile 3 farklı gliserol (%30, %40, %50) konsantrasyonu kullanarak yenilebilir film üretmiş ve özelliklerini karakterize etmiştir. Protein ve gliserol konsantrasyonunun film özellikleri üzerine etkili olduğunu ($p<0.05$), gliserol oranı arttıkça filmlerin gerilme değerlerinin azaldığını, kopma uzaması, su buharı geçirgenliği ve oksijen geçirgenliği değerlerinin ise arttığını bildirmiştir. TOPSIS yöntemiyle filmler arasında %4 protein %40 gliserol içeren filmin en iyi özellikler gösterdiğini saptamıştır. Filmlerine kekik ve karanfil uçucu yağlarını eklemiş ve uçucu yağ ilavesinin filmlerde opaklık, L^* ve suda çözünürlük değerlerini artırdığını, b^* değerlerini ise azalttığını ifade etmiştir. Film çözeltisine kekik uçucu yağı ilavesi filmlerin su buharı geçirgenliği değerlerini artırmış, karanfil uçucu yağı ise azaltmıştır. Uçucu yağ ilavesi, filmlerin gerilme değerlerini kontrole kıyasla azaltmış, ancak kopma uzaması değerlerini arttırmıştır. Bir sonraki aşamada %1.5 kekik %1.5 karanfil uçucu yağı içeren filmlerle sucuk dilimlerini kaplamış, karanfil uçucu yağı ile sucuk dilimlerini kaplamanın duyuşal, fiziksel, kimyasal ve

mikrobiyolojik açıdan ürünün 45 gün boyunca bozulmadan muhafaza edilebildiğini bildirmiştir.

Vahedikia ve ark., (2019) %2 ve %4 (w/w) miktarlarda tarçın esansiyel yağı (CEO) ve kitosan nanopartikülleri (CNP'ler) dahil edilerek doğal biyo-bazlı zein filmler hazırladıkları çalışmalarında filmlerin fiziksel, mekanik, yapısal ve antibakteriyel özelliklerini incelemişlerdir. CEO-CNP kombinasyonu, zein film kompozitinin gerilme mukavemetini önemli ölçüde iyileştirdiğini ve uzamasını azalttığını göstermiştir. X-ışını kırınımı (XRD) sonuçlarına göre, zein filmleri CNP'lerin varlığında ve ayrıca CNP-CEO kombinasyonunda daha fazla kristallik göstermiştir. Araştırmacılar, zein filmlerde CEO'nun tek başına ve CNP'lerle kombinasyon halinde eklenmesiyle *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* büyümelerinin önemli ölçüde inhibe edildiğini, CNP'ler yüklü zein filminin ise mikroorganizmaların büyümesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir.

Haghighi ve ark., (2019) çalışmalarında farklı uçucu yağlarla zenginleştirilmiş kitosan-jelatin filmleri elde etmişlerdir. Uçucu yağların kitosan-jelatin filme dahil edilmesinin kalınlık, nem içeriği, su buharı geçirgenliği, b^* ve ΔE^* değerlerini ($p < 0.05$) arttırırken, L^* değerini, ışık geçirgenliğini ve opaklığı ($p < 0.05$) azalttığını belirtmişlerdir. Filmler, dört ana gıda bakteriyel patojeninin (*Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella typhimurium*) büyümesini engellediğini ve test edilen uçucu yağlar arasında en etkili olanın kekik uçucu yağı olduğunu vurgulamışlardır ($p < 0.05$).

Lin ve ark., (2020) pektin ile birleştirilmiş okara (soya küspesi) çözünür diyet lifi/sodyum karboksimetil selüloz/kekik esansiyel yağı aktif yenilebilir kompozit filmlerin fizikokimyasal özellikleri, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi üzerine çalışma yürütmüşlerdir. Genel olarak, uçucu yağın eklenmesi, kompozit membranın özelliklerini geliştirmiştir. Pektin, filmler içinde homojen bir şekilde dağılmış ve polimer matris ile iyi bir etkileşim sergilemiştir. Yapıya pektinin eklenmesi kompozit filmin mekanik ve optik özelliklerini arttırmıştır. Özellikle, su direnci ve yağ direncini arttırmıştır. Kompozit filmler aynı zamanda %46.33 DPPH serbest radikal süpürme oranı ile tatmin edici antioksidan aktiviteye sahipken, *E. coli* ve *S. aureus*'a karşı belirgin bir antibakteriyel aktivite tespit edilememiştir.

Al-Hashimi ve ark., (2020) karanfil uçucu yağı içeren darı nişastasında yenilebilir bir film üzerine çalışmışlardır. Karanfil tomurcuklarının uçucu yağını gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) kullanılarak analiz etmişlerdir. GC-MS analizi öjenol (%66.01), karyofilen (%19.88), karyofilen oksit (%5.80), fenol, 2-metoksi-4-(2-propenil)-asetat (%4.55) ve humulen (%3.75) gibi altı ana fitobileşenin varlığını göstermiştir. Karanfil esansiyel yağlarının (CEO) %0, %1, %2 ve %3'teki etkisi (w/w) nişasta filmlerinin mekanik ve bariyer özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Karanfil esansiyel yağı içeren filmlerin çekme dayanımı (TS) ve kopma uzaması (E), sırasıyla 6.25 ± 0.03 MPa ve 5.67 ± 0.08 olarak bulunmuştur. Filmlerin antioksidan aktivitesi kontrol numunesi 30 dakikalık bir inkübasyonda en düşük antioksidan aktiviteyi (%0.3) sunarken, nişasta filminde artan CEO fraksiyonu, antioksidan aktivitede bir artışa yol açmıştır ve %3 CEO kombine filmi, 90 dakikalık inkübasyonda en yüksek antioksidan aktiviteyi (%15.96) göstermiştir. Bu bulgu, CEO'nun katılımıyla önemli ölçüde artan antioksidan özellikler içeren karanfil yağının dahil edilmesi ile açıklanabilmektedir ($p < 0.05$). %1 ila %3 arasında değişen bir CEO konsantrasyonu kullanıldığında, çapı 16 ila 27 mm arasında değişen bir inhibisyon bölgesi elde edilmiştir. Ayrıca *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* spp, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* ve *Trichoderma* mantarları dahil olmak üzere test edilen birkaç mikroorganizma üzerinde bir antimikrobiyal aktivitenin varlığını gözlemlenmiştir.

Kuan ve ark., (2020) çalışmalarında dut yaprağı ekstraktı [%0-4 (v/v)] ile birleştirilmiş sodyum aljinat filmini fizikokimyasal özellikleri açısından değerlendirmişlerdir. Dut yaprağı özü konsantrasyonunun artmasıyla filmin kalınlığının arttığı (0.07 mm'den 0.11 mm'ye), üretilen filmde yeşil ve sarı renk yoğunluğunun arttığı gözlemlenmiştir. Mekanik özellikler açısından, dut yaprağı ekstraktı konsantrasyonunun artmasıyla filmin çekme mukavemetinde önemli bir artma, ancak kopma uzamasında önemli bir azalma gözlenirken, delme kuvveti üzerinde önemli bir etkisi ($p > 0.05$) olmadığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, dut yaprağı ekstraktının artması, sodyum aljinat filmlerin nem içeriği, suda çözünürlüğü ve su aktivitesi üzerinde önemli bir etki ($p > 0.05$) oluşturmamıştır.

Sirisha Nallan Chakravartula ve ark., (2020) çalışmalarında pitanga (*Eugenia uniflora* L.) yaprak özütü (PE) ve/veya natamisin (NA) ile birleştirilmiş manyok

nişastası/kitosan (CS/CH) esaslı film geliştirip karakterize etmişlerdir. PE ilavesi, filmin mekanik özelliklerini etkilemezken, NA, biyopolimer davranışındaki yumuşaktan kırılığa doğru olan değişikliklerden dolayı filmlerin esnekliğini önemli ölçüde azaltmıştır. Katkı maddelerinin kombinasyonu aktivitenin azalmasına neden olmasına rağmen, filmlerin antioksidan aktivitesi PE ile önemli ölçüde artmıştır. NA içeren filmlerin *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus*'a karşı pozitif anti-fungal etkisi gözlenmiş ve bu durum aktif gıda paketlenme uygulamaları için potansiyel olduğunu göstermektedir.

Mo ve ark., (2021) natamisin yüklü zein/kazein kompozit nanopartiküller (Nata-Z/C NP'ler) üretmişler ve filmin fizikokimyasal ve antifungal özelliklerini iyileştirmek için jelatin filme dahil etmişlerdir. Nata-Z/C NP'lerin ortalama parçacık çapı (MPD) ve zeta potansiyeli (ZP) değerleri, sırasıyla 68.5 ± 1.2 nm ve -33.1 ± 0.8 mV olarak tespit edilmiştir. Nata-Z/C NP'ler jelatin film içinde iyi bir şekilde dağılmış ve gerilme mukavemeti (30.5 ± 3.2 MPa'dan 51.4 ± 3.0 MPa'ya) ve kopmadaki uzama yüzdesi (0.225 ± 0.087 'den 0.685 ± 0.103 'e) dahil olmak üzere filmin mekanik özelliklerini geliştirmiştir. Ayrıca, nanokompozit filmler *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea* ve *Penicillium citrinum*'a karşı güçlü antifungal aktiviteler sergilemiştir.

Başka bir çalışmada araştırmacılar, tarçın esansiyel yağının Manyok nişastası bazlı yenilebilir filmlerin fiziksel, mekanik, yapısal ve termal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Filmlerin kopma uzaması, su direnci, su buharı geçirgenlik katsayısı ile oksijen ve ultraviyole bariyer özelliklerinin ($p < 0.05$), tarçın esansiyel yağ ilavesiyle önemli ölçüde arttığını, çekme dayanımının ise önemli ölçüde azaldığını rapor etmişlerdir. Alan emisyon taramalı elektron mikroskopik (FE-SEM) görüntüler ve kızılötesi (IR) spektrumlar, tarçın esansiyel yağının diğer bileşenlerle iyi bir uyumluluğa sahip olduğunu ve aktif bileşenlerin kararlı bir şekilde salınmasına yardımcı olacak şekilde filmde eşit şekilde dağılabileceğini göstermiştir. X-ışını kırınım (XRD) modelleri, tarçın esansiyel yağının eklenmesinin filmin kristallliğini arttırdığını, bu da filmin kristal yapısının uyumluluğunun ve yapısal kararlılığının iyileştiğini göstermektedir. Termogravimetrik analiz sonuçları, tarçın esansiyel yağının filmlerin termal kararlılığını iyileştirmede faydalı olduğunu göstermiştir (Zhou ve ark., 2021).

Farklı konsantrasyonlarda kekik esansiyel yağı (TEO) (%0-1.6, v/v) ile konjak glukomannan (KGM) yüklemesine dayalı yenilebilir film özelliklerinin incelendiği bir çalışmada. mikro yapı analizleri, TEO'nun filmlerde eşit olarak dağıldığını ve filmlerin pürüzlülüğünü önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Ayrıca, KGM filmlerinin hidrofilik özellikleri, TEO konsantrasyonlarının artmasıyla önemli ölçüde azalmıştır. TEO yüklü KGM filmlerinin çekme mukavemeti azalırken, TEO konsantrasyonları arttıkça kopma uzaması artmıştır. Ayrıca, KGM filmleri, artan TEO konsantrasyonları ile antioksidan kapasitelerinde bir artış sergilemiştir. Ek olarak, TEO yüklü KGM filmleri *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *E. coli* O157:H72'e karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir (Liu ve ark., 2021).

Yuan ve ark., (2022) sodyum aljinat (%2.5), arap zıkkı (%1), gliserol (%2) ve antimikrobiyal ajan olarak natamisin ile yeni tip güvenli, toksik olmayan ve yenilebilir antibakteriyel fonksiyonel film geliştirmiş ve filmlerin özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda natamisin emülsiyonunun sodyum aljinat ile iyi bir uyumluluğa sahip olduğu belirtilmiştir. Kompozit filmin mekanik özellikleri, bariyer özellikleri ve termal stabilitesinin, natamisin ilavesiyle önemli ölçüde geliştiği gözlemlenmiştir. Araştırmacılar film solüsyonundaki natamisin konsantrasyonu 40 µg/mL veya daha fazlasına ulaştığında, antibakteriyel filmin küf ve maya büyümesi üzerinde gözle görülür bir inhibitör etkisi olduğunu rapor etmişlerdir.

Praseptianga ve ark., (2022) tarafından *Ceiba pentandra* balı ve *Kaempferia galanga* L. esansiyel yağı ile birleştirilmiş ticari yarı rafine kappa İrlanda yosunu bazlı filmlerin mekanik, fiziksel, nem bariyeri ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır. Yenilebilir filme bal ilavesiyle (%50, %100, %150 ve %200 w/w karagenan) kalınlığı, çözünürlüğü, kopma uzamasının arttığı ($p < 0.05$), gerilme mukavemetinin azaldığı bulunmuştur ($p < 0.05$). Tüm filmlerin su buharı iletim hızında önemli bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). *Kaempferia galanga* L. esansiyel yağı içeren yenilebilir film, aroma, tat ve genel nitelikler üzerinde duyuşal değerlendirme testinde önemli bir etki göstermiştir ($p < 0.05$).

Aljinat ve roselle ekstraktı (HE) ile farklı konsantrasyonlarda (%1, %3 ve %5 w/v) solvent döküm tekniği ile kompozit filmler hazırlanmış ve fiziksel, mekanik ve

antibakteriyel özellikleri analiz edilmiştir. HE'nin, aljinat filmlere dahil edilmesi ve HE konsantrasyonlarının artması, filmlerde pürüzlü ve heterojen yüzeylere sebep olmuştur. Aljinat-HE kompozit filmlerin kalınlığı ve su buharı geçirgenliği, saf aljinat filmlere kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca, artan ekstrakt konsantrasyonları ile kompozit filmlerin su içeriği, çözünürlüğü, şişmesi, çekme mukavemeti ve kopma değerinde uzama azalmıştır ($p<0.05$). FTIR spektrumları, kompozit filmlerdeki kaymaları ve yoğunluk değişikliklerini ve aljinat ile HE arasında olası bir etkileşimi düşündüren yeni tepe noktalarının oluşumunu ortaya çıkarmıştır. Aljinat-HE filmler, gram (+) (*Staphylococcus aureus* ve *Bacillus subtilis*) ve gram (-) (*Escherichia coli* ve *Klebsiella pneumoniae*) bakterilere karşı iyi antibakteriyel aktivite sergilemiştir (Aydın ve Zorlu, 2022).

Muñoz-Tébar ve ark., (2022) yağı alınmış chia tohumlarından elde edilen ve kekik (*Origanum vulgare*) ve geyik otu (*Satureja montana*) esansiyel yağları (%0.1, 1.0 ve 1.5 v/v) ile birleştirilen müsilaj ile yapılan filmlerin, fiziksel, optik, mekanik ve antifungal özelliklerini değerlendirmişlerdir. Farklı tipte esansiyel yağların (kekik veya geyik otu) kullanılması, filmlerin sadece ışık geçirgenliği, toplam renk farkı (ΔE) ve antifungal aktivitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. Bununla birlikte, uçucu yağın türü, filmlerin fiziksel, optik ve mekanik özellikleri için önemli bulunmamıştır. %1.5 v/v'ye kadar artan uçucu yağ konsantrasyonları çekme mukavemetinde (TS) ve kopma uzamasında (EB) azalmaya yol açmıştır. Antifungal özellikler, uçucu yağların dahil edilmesiyle önemli ölçüde artmıştır ($p<0.05$). Taramalı elektron mikroskobu, esansiyel yağların dahil edilmesinin filmlerde bir miktar heterojenliğe neden olduğunu, kekik esansiyel yağının polimerik ağda daha iyi bütünleştiğini göstermiştir. Araştırmacılar doğal bir antimikrobiyal ajan olarak kekik ve geyik otu uçucu yağların dahil edilmesinin, küf kontaminasyonunu kontrol etmek ve gıda güvenliğini artırmak için aktif ambalaj olarak filmlerin geliştirilmesi için kayda değer bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Çeşitli gliserol konsantrasyonlarında (%0.4, 0.6 ve 0.8 v/v) sodyum aljinat filmler hazırlanmış ve karakterize edilmiştir. Filmlerin kalınlığı, suda çözünürlüğü (WS), su buharı iletim hızı (WVTR), gerilme mukavemeti (TS), kopma uzaması (EB) ve young Modülü (YM) eklenen gliserol miktarından etkilenmiştir. Bu filmler arasında, düşük gliserol içeren film (%0.4 v/v) diğer konsantrasyonlara kıyasla daha

iyi WS, WVTR ve en yüksek TS sunmuştur. Limon otu esansiyel yağı (LEO) içeren sodyum aljinat filmler, gıda kaynaklı dört yaygın patojen (*B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli* ve *P. aeruginosa*) üzerindeki antibakteriyel özelliklerini incelemek için hazırlanmıştır. En yüksek inhibisyon *E. coli* (21 mm/duyarlı), *B. subtilis* (18 mm/orta), *S. aureus* (16 mm/orta) ve *P. aeruginosa* (13.5 mm/dirençli) tarafından gösterilmiştir. Limon otu esansiyel yağının doğal bir antibakteriyel ajan olarak film formülasyonuna dahil edilmesi, özellikle su bariyeri özellikleri olmak üzere gelişmiş fiziksel özelliklere sahip aktif bir ambalaj olarak kullanılma potansiyelini geliştirmiştir (Othman ve ark., 2022).

Bhatia ve ark., (2022) sodyum aljinat (SA) ve kazein (CA) esaslı filmlerinde farklı oranlarda turuncu yağı (OEO) kullanmışlar ve elde ettikleri filmlerin özelliklerini karakterize etmişlerdir. %1.5 OEO içeren CA-SA filmlerinin daha iyi görsel niteliklere sahip olduğunu ve yağ konsantrasyonunda daha fazla artışın olumlu sonuç oluşturmadığını bildirmişlerdir. Filmlerin termal kararlılığı, OEO (%1.5) ilave edildikten sonra artmış, ancak, OEO'daki daha büyük bir artış, TGA analizi sırasında gözlemlenen termal kararlılıkta bir azalmaya neden olmuştur. Ayrıca yağ içermeyen CA-SA film yüzeyinin, %1.5 OEO içeren CA-SA filmlerine kıyasla pürüzlü (çatlaklı) olduğu gözlemlenmiştir. %1.5 OEO içeren CA-SA filmlerin kalınlık, suda çözünürlüğü (WS) ve oksijen geçirgenliği (OP) değerleri diğer örneklerden daha iyi sonuçlar vermiştir.

Mirsharifi ve ark., (2023) kekik esansiyel yağı nanoemülsiyonu içeren badem sakızı/polivinil alkol/kitosan kompozit filmlerin fiziksel, mekanik, su bariyeri, mikroyapısal ve antimikrobiyal özellikleri değerlendirmişlerdir. Kekik uçucu yağının kompozit filmlere dahil edilmesinin kalınlık, nem içeriği ve su buharı geçirgenliğini arttırdığını, ışık geçirgenliği ve şeffaflık değerini azalttığını rapor etmişlerdir.

Venkatachalam ve ark., (2023) kitosan ve doğal yapışkan pirinç nişastası (NGRS) ve sabit konsantrasyonlarda (0.312 mg/mL) sarımsak, havlıcan, zerdeçal ve kaffir limi gibi esansiyel yağları (EO'lar) kullanarak yenilebilir bir kompozit film geliştirmişlerdir. EO eklenmiş filmlerin, kontrol filmine kıyasla genel renk özelliklerini (açıklık, kırmızılık ve sarılık) önemli ölçüde iyileştirdiğini bulmuşlardır. Kontrol filmleri daha yüksek opaklığa sahipken, EO eklenmiş filmler biraz daha düşük opaklık seviyelerine sahip olmuştur. Filmlerin çekme mukavemeti ve kopma

uzaması değerleri numuneler arasında değişiklik göstermiştir. Kontrol numuneleri en yüksek çekme dayanımı göstermiş, onu zerdeçal EO katkılı filmler takip etmiştir. Sarımsak EO katkılı filmlerde toplam nem içeriği ve su buharı geçirgenliği çok düşük bulunmuştur. EO'lardaki farklılıklara rağmen, test edilen filmlerin Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) desenleri birbirlerine benzerlik göstermiştir. Test edilen yenilebilir filmin yüzeyinin ve enine kesitinin mikroyapısal gözlemi, EO katkılı filmlerde, özellikle havlıcan ve kaffir limi EO katkılı filmlerde pürüzsüz ve çatlaksız desenler sergilemiştir. EO katkılı filmlerin antimikrobiyal aktivitesi, çeşitli gram-pozitif ve gram-negatif patojenlere karşı oldukça etkili bulunmuştur.

2.8.3 Peynirde Yapılan Yenilebilir Film ve Kaplama Çalışmaları

Yıldırım ve Güleç (2006) kazein ve natamisin kaplamanın Kaşar peynirinin küf gelişimini önlemedeki etkinliğini incelemişlerdir. Kaplamasız (A) ve kazeinle kaplanmış (C) numunelerinde sadece bir hafta sonra belirgin küf gelişimi görülürken, natamisin içeren kazeinle kaplanmış (D) numunesinin yüzeyinde yaklaşık bir ay boyunca gözle görülür bir küf gelişimi tespit edilmemiştir. E (natamisin çözeltisine daldırılmış) numunesi, muhtemelen peynir yüzeyinde işlem görmemiş alanların bulunması nedeniyle sadece üç haftalık olgunlaşmanın ardından küf gelişimi göstermiştir. B (vakumla sarılmış) numunesinde olgunlaşma süresi boyunca gözle görülür bir küf gelişimi olmamıştır. Duyusal değerlendirme ve elektroforetik analizler peynir örnekleri arasında önemli bir farklılık göstermemiştir. Araştırmacılar, kazein ile natamisin kaplamanın peynir kalitesine herhangi bir olumsuz etkisi olmadan küf gelişimini yaklaşık bir ay boyunca baskılayabileceği sonucuna varmışlardır.

Sarıkuş, (2006) peynir altı suyu proteini izolatu (PPI) esaslı baharat uçucu yağları ilaveli yenilebilir filmler üretmiş ve bu filmleri Kaşar peynirine uygulamıştır. Filmlerin gerilme ve % uzama değerleri yüksekten düşüğe doğru biberiye, kontrol, kekik ve sarımsak katkılı filmler şeklinde sıralanmıştır. Sarımsak ve kekik yağı içeren filmlerde önemli düzeyde antimikrobiyal aktivite gözlemlenmiş, ancak biberiye içeren filmde böyle bir etki gözlemlenmemiştir. %2 oranında kekik ve sarımsak ile natamisin/nisin içeren filmler *S. Enteritidis*, *S. aureus*, *E. coli* O157:H7, *L.monocytogenes* ve *Penicillium spp.* ile kontamine edilmiş Kaşar dilimleri üzerine

uygulanmıştır. *E. coli* O157:H7 kontamine olmuş kaşar dilimlerinde, kekik yağı içeren PPI film kullanılarak yapılan kaplama işlemi sonucunda, kontrol örneğine göre 1.48 log azalma sağlandığı belirtilmiştir. *S. aureus* bulaştırılmış örneklerde, kekik katkılı PPI film kullanılan örneklerle kontrol örnekleri ile arasında 15. günde 2.15 log fark tespit edilmiştir. *S. Enteritidis* bulaştırılmış peynir örneklerinde ise, sarımsak, nisin veya kekik katkılı PPI filmlerinin benzer etkiler gösterdiği ifade edilmiştir. *L. monocytogenes* bulaştırılmış peynirlerde en fazla azalmanın, nisin ilaveli PPI film kullanılarak yapılan kaplama işleminde olduğu belirtilmiştir. Sarımsak veya kekik katkılı filmlerle de azalma sağlanmış ancak nisin kullanılan PPI filmlerinin daha etkili olduğu belirtilmiştir. Kontamine olmayan örneklerde ise, natamisin katkılı PPI filmlerinin maya-küf içeriğinde azalmaya neden olduğu ve 1. günde 0.33 log, 7. günde 1.45 log azalma sağlandığı belirtilmiştir.

Fajardo ve ark., (2010) natamisin (0.50 mg/mL) içeren kitosan kaplama uygulamasının Saloio peynirinin fizikokimyasal ve mikrobiyal özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Mikrobiyolojik analizler, natamisin içeren filmle kaplı numunelerin, 27 günlük depolamanın ardından kontrole kıyasla maya-küf sayısında 1.1 log (CFU g⁻¹) azalma olduğunu göstermiştir. Natamisin ilavesi ayrıca O₂ ve CO₂ geçirgenliğini etkileyerek sırasıyla 7.12'den 7.68×10⁻¹⁵ g·(Pa s m)⁻¹'e ve 10.69'dan 64.58×10⁻¹⁴ g·(Pa s m)⁻¹'e yükseltmiştir.

Yılmaz ve Dağdemir, (2012) Kaşar peynirinin olgunlaşması sırasında (120 gün) balmumu kaplama uygulamasının mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Kaşar peynirleri iki farklı kalınlıkta balmumu (BW1 ve BW2) ile kaplanmıştır. Genel olarak peynirler arasında toplam aerobik mezofil bakteri, M-17 agar LAB, koliform bakteri ve *S. aureus* sayılarında fark bulunamamıştır. Ayrıca, balmumu kaplı peynirlerin 120. günde kontrole kıyasla küf sayılarında 2.5 logaritmik birimlik bir düşüş olduğu görülmüştür. Kontrol peyniri önemli ölçüde (p< 0.05) daha yüksek kurumadde, yağ ve protein içeriklerine sahip olmuştur. Ancak, kaplama, nem kaybını geciktirerek kalın bir kabuk tabakasının oluşumunu azaltmıştır. 120 günlük depolama süresi sonunda incelenen peynirler arasında pH ve asitlik değerlerinde önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Diğer peynirlerle karşılaştırıldığında, kontrol ve BW1 (tek katmanlı kaplama) peynirleri depolama sonunda daha yüksek olgunlaşma indeksine sahip olmuştur.

Saber El-Sisi ve ark., (2015) Ras peynirini %0.5 ile %2 arasında değişen konsantrasyonlarda kitosan film ile kaplamışlardır. Peynirin % nem içeriği, kitosan film uygulamasından önemli ölçüde ($p<0.05$) etkilenmiştir. Deneysel Ras peynirlerinin yağ ve toplam azot içerikleri kontrol örneği ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde farklar bulunmamıştır ($p>0.05$). Asitlik kitosan kaplı peynirlerde önemli ölçüde ($p<0.05$) daha yüksek bulunmuştur. Ras peynirinin çözünür azot/toplam azotu (SN/TN), kitosan uygulaması ve olgunlaşma döneminin ilerlemesiyle önemli ölçüde ($p<0.05$) artmıştır. Laktik asit bakterilerinin canlılığı, kaplanmamış peynire (kontrol) kıyasla %2 kitosan kaplı Ras peynirinde üç kat daha yüksek bulunmuştur. 120. günde, %2 kitosan ile muamele edilmiş Ras peynirindeki küf büyümesi, kaplanmamış peynir (kontrol) ile karşılaştırıldığında 1.5 logaritmik büyüklük mertebesinde azalmıştır.

Kitosan ve kitosan/peynir altı suyu proteini uygulamasının Göbek Kaşar peynirinin olgunlaşma süresi boyunca (3., 30., 60. ve 90. günlerde) kimyasal, mikrobiyal ve organoleptik özellikleri üzerindeki etkileri değerlendirilen bir çalışmada, olgunlaşma süresince numuneler arasında mikrobiyolojik ve kimyasal değişimlerdeki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Yenilebilir kaplamalı peynir numuneleri, kaplanmamış numunelere kıyasla istatistiksel olarak daha düşük küf sayılarına sahip olmuştur. En yüksek ve en düşük küf sayıları kontrol (4.20 Log CFU/g) ve diğer örneklerde (<1 Log CFU/g) depolamanın 60. ve 90. günlerinde belirlenmiştir. Tüm numuneler, depolamanın sonunda daha yüksek seviyelerde suda çözünür nitrojen ve olgunlaşma indeksi sergilemiştir. 90 günlük depolama süresi sonunda incelenen peynirler arasında tuz ve yağ değerlerinde önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Duyusal analiz sonucunda, panelistler tarafından kontrol peyniri ve kitosan kaplı peynir örnekleri daha çok beğenilirken, kitosan/peynir altı suyu proteini film kaplı peynir örnekleri en düşük puanı almıştır (Yangılar, 2015).

Kavas ve ark., (2015) tarafından %1.5 (v/v) kekik ve karanfil esansiyel yağları, %1.5 (v/v) sorbitol ile peynir altı suyu izolatu bazlı filme ilave edilmiş ve bu filmler geleneksel yarı sert Kaşar peynirinin (geleneksel Türk peyniri) kaplanmasında kullanılmıştır. *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus* yapay kontaminasyon ile peynir yüzeylerine aşılanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kekik takviyeli filmin (WPIOF) ve karanfil takviyeli

filmin (WPISF) Kaşar peynirinin fiziksel-kimyasal özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğu bulunmuştur. 60 günlük saklama süresi boyunca, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* seviyelerinin tümü kaplanmamış kontrol numunelerinde artmış, ancak WPIOF ve WPISF ile kaplanmış numunelerde azalmıştır. Peynir örneklerinin uçucu yağ içeren film ile kaplanması ile antimikrobiyal aktivite arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0.05$).

%1.5 (w/v) sorbitol + %5 (w/v) peynir altı suyu proteini izolatu (WPI) + %0.5 (w/v) aljinat ve %1.5 (v/v) zencefil esansiyel yağı kullanılarak yenilebilir kaplama (WPIG) yapılan bir çalışmada filmler ile, 10^6 cfu/mL seviyesinde *Escherichia coli* O157:H7 ve *Staphylococcus aureus* ile kontamine edilmiş Kaşar peyniri örnekleri kaplanmıştır. 30 gün boyunca 4°C'de depolamada, WPI'nin, kaplamaya %1.5 (v/v) zencefil esansiyel yağı eklenmesiyle iyileşen iyi su bariyeri özelliklerine sahip olduğu ve WPIG'in antimikrobiyal etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Depolama sırasında, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Staphylococcus aureus* seviyeleri kontrol numunelerinde artarken, kaplanmış numunelerde azalmıştır (Kavas ve ark., 2016).

Yangılar ve Oğuzhan Yıldız, (2016) çalışmalarında kazein (Cas), kazein/natamisin (Cas/N) ve natamisin (N) çözeltilerini kullanarak ürettikleri yenilebilir filmlerini Kaşar peynirine uygulamış, 90 günlük depolama boyunca peynirin kimyasal, mikrobiyal ve organoleptik özelliklerini incelemişlerdir. Olgunlaşma döneminde numuneler arasındaki mikrobiyolojik ve kimyasal değişimlerin önemli olduğunu ($p<0.05$) belirtmişlerdir. Olgunlaşmanın 90. gününde en yüksek ve en düşük küf sayıları, kontrol ($2.87 \log \text{ cfu g}^{-1}$) ve Cas/N ($<1 \log \text{ cfu g}^{-1}$) numunelerinde belirlenmiştir. Diğer peynirlerle kıyaslandığında, kontrol ve Cas/N kaplı peynirler, depolama sonunda daha yüksek suda çözünür nitrojen ve olgunlaşma indeksine sahip olmuşlardır. Cas/N kaplamalı peynir örnekleri panelistler tarafından daha çok tercih edilmiş, N kaplamalı peynir örnekleri en düşük puanı almıştır.

Yangılar, (2017) natamisin (N) çözeltileri ile kaplanmış ve uçucu yağlar (kekik ve biberiye) ile zenginleştirilmiş yenilebilir filmlerin kimyasal, mikrobiyal ve duyuşal özelliklerini 90 gün boyunca incelemiştir. En yüksek ve en düşük küf sayıları, olgunlaşmanın 90. gününde sırasıyla kontrol ($2.87 \log \text{ kob/g}$) ve N5 (%1 biberiye yağı ile güçlendirilmiş natamisin film) ($1 \log \text{ kob/g}$) numunelerinde

belirlenmiştir. Diğer peynir numuneleri ile karşılaştırıldığında, kontrol ve N3 (%1 kekik yağı ile güçlendirilmiş natamisin film) kaplamalı peynir numuneleri, depolama sonunda daha yüksek seviyelerde suda çözünür nitrojen ve olgunlaşma indeksi temsil etmiştir. N3 kaplamalı peynir örnekleri panelistler tarafından daha çok tercih edilirken, N5 kaplamalı peynir örnekleri en düşük puanı almıştır.

Kavas ve Kavas, (2017) çalışmalarında, %1.5 sorbitol + %5 (w/v) yumurta akı protein tozu (EWPP) + %0.5 (w/v) aljinat ve %1 (v/v); %2 (v/v) zerdeçal esansiyel yağı (EO_T). kullanarak yenilebilir film üretmişlerdir. Çökelek peynir örnekleri *Escherichia coli* O157:H7 ve *Staphylococcus aureus* ile 10⁶ cfu^{-g} düzeyinde yapay olarak kontamine edilmiştir. Çökelek örneklerinin film ile kaplandıktan sonra tüm örnekler 4°C'de 30 gün süreyle saklanmış ve analizleri yapılmıştır. EWPP'nin filme %1 (v/v) ve %2 (v/v) zerdeçal esansiyel yağı ilavesiyle beraber iyi su bariyeri özellikleri gösterdiği ve ayrıca EWPP'nin antimikrobiyal etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Depolama süresince kontrol örneklerinde *Escherichia coli* O157:H7 ve *Staphylococcus aureus* seviyeleri artarken, film kaplı örneklerde azalmıştır.

Gurdian ve ark., (2017) kekik (OEO) ve keten tohumu yağının (FO) peynir altı suyu proteini izolatu (WPI) ile hazırlanan yenilebilir bir filme dahil edilmesinin Blanco peynirinin raf ömrünü iyileştirebileceği üzerine çalışmışlardır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri, keten tohumu yağının (FO) peynir tarafından başarıyla tutulduğunu ortaya çıkarmıştır. Film kaplı peynirlerin tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARS) ve maya ve küf sayıları 60 günlük depolama sonuçlarına göre, FO içeren yenilebilir film ile kaplı olmayan peynirlerde oksidasyon hızı önemli ölçüde artmıştır. OEO içeren yenilebilir filmlerle kaplama işlemi, lipid oksidasyonunu önemli ölçüde sınırlamış ve maya-küflerin büyümesini önlemiştir.

Erkaya Kotan ve ark., (2017) ayva çekirdeği jelinden ürettikleri film çözeltisine farklı konsantrasyonlarda (%0, %0.5, %1, %2) kekik yağı ilave etmişler ve bu film ile Kaşar peyniri kaplayarak 4±1°C'de 120 günlük süreyle depolayıp, sonuçlarını değerlendirmişlerdir. %0.5 ve %1 kekik yağı ilaveli ayva jeli filmi ile kaplanmış peynirlerde depolamanın sadece 90. ve 120. günlerinde, %2 kekik yağı

ilaveli ayva jeli filmi ile kaplanmış peynirlerde ise sadece 120. günde maya-küf tespit edildiğini bildirmişlerdir. Depolama boyunca tüm örneklerin kurumadde, protein, yağ ve tuz değerleri artış göstermiştir. Film uygulamasının, örneklerin azot fraksiyonlarını ve elektroforetik sonuçlarını etkilemediği rapor edilmiştir ($p>0.05$).

Soleimani-Rambod ve ark., (2018) çalışmalarında 90 gün olgunlaşma boyunca Cheddar peyniri için yenilebilir kaplama olarak ksantan zatkı (%0.5) ve keten tohumu zatkı (%0.75, %1, %1.25) kullanma olasılığını araştırmışlardır. Olgunlaşma süresi boyunca numunelerin nem içeriğinin azaldığını ve protein içeriğinin arttığını gözlemlemişlerdir ($p<0.01$). Numunelerin pH'ı, asitliği, serbest yağ asidi bileşimi, kuru maddedeki yağı ve TCA-SN/TN'si, film kaplama işleminden önemli ölçüde etkilenmiştir ($p<0.01$). Yenilebilir kaplamalar, non-starter laktik asit bakterilerinin ve toplam mezofilik aerobik bakterilerin büyümesini etkilememiş ($p>0.01$), ancak starter bakterilerinin büyümesini önemli ölçüde değiştirmiştir ($p<0.05$).

İlgüz, (2019) Kaşar peynirinin ambalajlama materyali olarak niaouli yağı içeren yenilebilir filmlerin kullanımını incelemiştir. Filmlerin antimikrobiyal ve antioksidan etkileri ölçülmüş ve %4 oranında niaouli yağ içeren filmler yüksek antibakteriyal aktivite gösterdiği için seçilmiştir. Küfler için yapılan analizlerde filmlerin inhibisyon zonu oluşturmadığı belirtilmiştir. Kaşar peynirinde ambalajlama materyali olarak niaouli yağı içeren filmler kullanılarak 4°C'de 29 gün depolama süresi boyunca küflenme oluşumunun önlenmesi amaçlanmıştır. Yenilebilir filmlerle kaplanmış numunelerde kuru madde oranları depolama süresince artmıştır. Yenilebilir filmle kaplı ve kaplı olmayan örneklerde titre edilebilir asitlik ve serbest yağ asitliği oranlarının depolama süreci boyunca arttığı belirtilmektedir. Maya-küf analizleri sonucuna göre, peynirlerde ilk gün maya-küf oluşumu gözlemlenmemiş, ancak 8. günden itibaren maya-küf oluşumu başlamıştır. Toplam bakteri sonuçlarına göre, ilk iki gün boyunca bakteri sayısı düşük kalmış, ancak 8. günden itibaren artış göstermiş ve 29. güne kadar artış devam etmiştir.

Saravani ve ark., (2019) pastörizasyon sonrası kontaminasyonu kontrol etmek için laktoperoksidaz sistemi (LPOS) ve *Bunium persicum* esansiyel yağı (EO) içeren peynir altı suyu proteinine dayalı film ile Gouda peynirini kaplamışlardır. Sonuçlar,

EO ve ayrıca EO-LPOS ile kaplanmış peynir örneklerinde bakteri sayısının sabit kaldığını göstermiştir. Bununla birlikte, gram-pozitif laktik asit bakterileri ve *Enterobacter spp.* LPOS bazlı kaplamada daha belirgin bulunmuştur. Peynir numunelerinde oksidasyon kararlılığı açısından en iyi kaplamalar EO- ve EO-LPOS kaplamaları bulunmuştur. Filmlere LPOS ve *B. persicum*'un eklenmesiyle, kaplanan peynir numunelerinde lipit oksidasyonunun büyük oranda inhibisyonu sağlanmıştır. Lipoliz, depolamanın son günlerinde peynir altı suyu proteini-EO- ve peynir altı suyu proteini-EO-LPOS-kaplı numunelere kıyasla kontrol, peynir altı suyu proteini kaplı ve peynir altı suyu proteini-LPOS kaplı numunelerde daha belirgin bulunmuştur.

Tomar ve Akarca, (2019) çalışmalarında, beş farklı baharat ekstraktı içeren keçiyoynuzu gamından üretilmiş film ile kaplanmış Kaşar peynirlerinin depolama süresi boyunca mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerini incelemiştir. Depolama sonunda tüm örneklerde $p < 0.05$ önemlilik düzeyinde mikroorganizma sayılarında artış görülmüştür. Baharat ekstraktlarıyla kaplanan örneklerde toplam aerobik mezofil bakteri ve psikrofilik bakteri sayıları kontrol örneğine göre ortalama 1 log, maya-küf sayılarının ise 3.5 log daha düşük bulunduğı belirtilmiştir. En düşük mikroorganizma sayıları tarçın ekstraktı ile kaplanan peynir örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince toplam koliform grup ve *Staphylococcus aureus* türü bakteri gelişimi tespit edilmemiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre, kontrol örneğı hariç diğör örneklerin genel beğeni puanları depolamanın 15. gününe kadar artmış, sonrasında azalmıştır. 28 günlük depolama süresi boyunca en yüksek genel beğeni puanı biberiye ekstraktı ile kaplanan peynir örneğinde gözlemlenmiştir.

Natamisin ve nisin (GNANI) içeren tapyoka nişastası ve gliserol bazlı yenilebilir kaplama yapılan bir çalışmada Gouda peynirinin olgunlaşması incelenmiştir. Sonuçlar, peynir endüstrisinde yüzey kontaminasyonunu önlemek için kullanılan yöntemle, yani aynı antimikrobiyallerin (CNANI) sulu bir süspansiyonu ile kaplanan peynirle karşılaştırılmıştır. Bu kaplamaların Gouda peynirinin olgunlaşması sırasında gerçekleşen *Lactobacilli* gelişimini ve fizikokimyasal özelliklerini (pH, kül, protein, klorür, su aktivitesi, olgunlaşma indeksi ve renk) değıştirmediği görülmüştür. Ancak depolama sonunda GNANI ile kaplanan peynir, CNANI ile kaplanan peynirden daha sert, daha sakızımsı ve daha çiğnenebilir olmuştur. Gouda peynirine uygulanan GNANI, *Saccharomyces cerevisiae* ve

Listeria innocua'nın karışık kültürünün büyümesi için CNANI'ye kıyasla dış kontaminasyona karşı daha iyi koruyuculuk göstermiştir (Berti ve ark., 2019).

Bonilla ve Sobral, (2019) boldo özü içeren yenilebilir jelatin-kitosan esaslı filmler üretmişler ve daha sonra dilimlenmiş Prato peyniri üzerine uygulayarak 4°C'de 10 güne kadar depolama sırasında renk, pH, nem ve yağ içeriği parametreleri ile antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerini değerlendirmişlerdir. Filmler, peynirin yağ içeriği ve pH'sında önemli değişikliklere neden olmamıştır ($p < 0.05$). Jelatin-kitosan filmlere boldo ekstraktı eklenmesi, kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında oksidasyona karşı önemli bir koruma sağlamış ve psikrotrofik mikroorganizmaların üremesine izin vermemiş, dilimlenmiş Prato peynir numunelerinde oldukça düşük bir koliform gelişimi göstermiştir.

Kırcı, (2020) farklı miktarlarda gam arabik, agar, jelatin ve gliserin kullanarak farklı konsantrasyonlarda (%1-2-3-4-5) palmarosa yağı katkılı yenilebilir filmler üretmiş ve özelliklerini incelemiştir. Antioksidan analizi için %DPPH yöntemini tercih etmiş ve %2, %3 ve %5 palmarosa yağı içeren filmlerin daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtmiştir. Çalışmada %4 ve %5 palmarosa yağı içeren filmler yüksek antifungal aktivite göstermişlerdir. %4 palmarosa yağı içeren yenilebilir filmin, Kaşar dilimlerini kaplamak için en uygun film olduğu belirlenmiş ve peynirlere kaplanmıştır. Kaplama işlemi sonucunda örneklerde maya-küf büyümesi büyük ölçüde inhibe edilmiş, ancak renk gibi fiziksel özelliklerde anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir.

Mate çayı ekstraktı (FUR/WPI+YM) ve beyaz çay ekstraktı (FUR/WPI+WT) eklenmiş furcellaran-whey protein izolatu (FUR/WPI) bazlı biyopolimer filmler başarıyla geliştirilmiş ve taze Lor peyniri için aktif ambalaj malzemesi olarak incelenmiştir. YM, filmin su buharı geçirgenliğini, su içeriğini, çözünürlüğünü, modül elastikiyetini, delinme mukavemetini ve termal stabilitesini iyileştirmiştir. Biyopolimer filmle kaplanmış tüm peynirlerde depolama süresince su içeriği ve su aktivitesi azalmıştır. Depolama sırasında yenilebilir filmlere sarılan peynir örneklerinde toplam bakteri sayısı azalmıştır ($p \leq 0.05$). FUR/WPI+WT'de kaplanmış peynirlerde maya ve küf sayıları depolama süresince farklılık göstermezken ($p > 0.05$), diğer peynir örneklerinde artış göstermiştir. Koliform bakteri sayısı,

incelenen tüm peynir örneklerinde depolama sırasında azalmıştır ($p \leq 0.05$) (Pluta-Kubica ve ark., 2020).

Farklı konsantrasyonlarda natamisin ve lizozim-ksantan sakızı konjugatı içeren peynir altı suyu proteini konsantresi bazlı yenilebilir kaplamanın ultrafiltre Beyaz peynirin raf ömrü üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada, *Escherichia coli* O157: H7, *Staphylococcus aureus* ve *Penicillium chrysogenum* deneysel ultrafiltre peynir örneklerinin yüzeyine aşılınmış ve yenilebilir film kaplanmıştır. Peynir örneklerinin mikrobiyal, fizikokimyasal ve organoleptik özellikleri 60 günlük olgunlaşma süresince değerlendirilmiştir. Sonuçlar, peyniri film ile kaplamanın *Penicillium chrysogenum*'un büyümesi üzerinde inhibe edici etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Natamisin içeren kaplamalar, küf popülasyonunu azaltmada lizozim-ksantan içeren kaplamalardan daha etkili olmuşlardır. 60 günlük olgunlaştırma süresince kaplanmış numunelerin kurumaddesi ile kontrol numunesinin pH, asitlik, tuz ve yağ değerleri arasında önemli bir fark ($p > 0.05$) olmamıştır. Yenilebilir kaplamalar, 60 gün boyunca peynirdeki nem kaybını (%5.03) azaltmıştır. Kaplama, peynir örneklerinin tekstürel özelliklerini iyileştirirken, peynirin tadı ve genel kabulü üzerinde önemli bir etkiye ($p > 0.05$) sahip olmamıştır (Jalilzadeh ve ark., 2020).

Nottagh ve ark., (2020) çalışmalarında %1.6 w/v kitosan ve 18.5 ppm natamisin içeren yenilebilir filmlerinin İran Ultra-filtre (UF) peynirinin yüzeyine uygulayarak 4°C sıcaklıkta 6 haftalık depolamada sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, hazırlanan kaplamanın, peynir olgunlaşması ve kalitesinde önemli rol oynayan starter mikroorganizmalar üzerinde herhangi bir olumsuz etki oluşturmaksızın, peynirde bozulmaya neden olan mikroorganizmaların büyümesini önemli ölçüde engellediğini göstermiştir. Bununla birlikte, hazırlanan yenilebilir kaplama, kaplanmış peynirlerin bazı fiziko-kimyasal özellikleri üzerinde orta düzeyde etkilere sahipken, kaplanmış peynir örneklerinin organoleptik özellikleri üzerinde kontrol peynir örnekleri ile karşılaştırıldığında önemli etkiler göstermiştir.

Molina-Hernández ve ark., (2020) akıra nişastası (*Canna indica* L.), mikrokristal selüloz ve doğal antimikrobiyal bileşikler (sarımsak ve kekik yağları) içeren yenilebilir kaplamaların 5°C'de 42 gün boyunca depolama sırasında double krem peynirin kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Kaplanmış peynir

örnekleri depolama sırasında taze ürünlerin pH değerini korurken, kaplanmamış örneklerin pH değeri kademeli olarak düşmüştür. Farklı depolama sürelerinde, kaplanmış örneklerin ağırlığı ve rengi üzerinde kontrole kıyasla herhangi bir etki ($p \geq 0.05$) gözlenmemiştir. Kaplanmış örneklerin sertliği depolama sonunda kontrolden önemli bir farkla ($p \leq 0.05$) daha düşük bulunmuştur. Sarımsak ve kekik yağı içeren kaplamaların kullanımı 42 günlük depolama süresince ürün üzerinde patojen ve kontamine edici mikroorganizmaların üremesini engellemiştir. Araştırmacılar, antimikrobiyal bileşik olarak sarımsak veya kekik yağı içeren yenilebilir kaplama kullanımının peynirin raf ömrünü uzatmak için iyi bir alternatif olduğu sonucuna varmışlardır.

Yapılan başka bir çalışmada kazein, kazein/transglutaminaz enzimi ve kitosandan üretilen yenilebilir filmlerin 60 günlük depolama süresince Kaşar peynirinin kimyasal, mikrobiyolojik ve tekstürel özellikleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Yenilebilir filmle peyniri kaplama işlemi sonucunda, Kaşar peynirinin nitrojen fraksiyonları (suda çözünür nitrojen, trikloroasetik asitte çözünür nitrojen ve fosfotungstik asitte çözünür nitrojen) ve lipoliz seviyesi önemli ölçüde bu durumdan etkilenmiştir ($p < 0.05$). Kaplama yapılmayan kontrol peynirlerinde nitrojen fraksiyonları ve lipoliz seviyeleri kaplama yapılmış peynirlere göre depolama boyunca önemli ölçüde ($p < 0.05$) artmıştır. Depolama süresi sonunda kitosan ile kaplanmış peynir numuneleri diğer numunelere kıyasla önemli ölçüde daha düşük maya-küf sayısına sahip olmuştur ($p < 0.05$) (Yalçın ve ark., 2021).

Al-Moghazy ve ark., (2021) çalışmalarında, kekik esansiyel yağı (TEO) içeren lipozomlardan yapılan kitosan bazlı filmlerin Kariş peynirinin raf ömrünü uzatması üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. %2 w/v kitosan çözeltisi ile hazırlanan, TEO/lipozomlu kitosan bazlı emülsiyonlar, 2 ay boyunca stabil kalmıştır. 4 hafta boyunca filmlerin antimikrobiyal aktiviteleri değerlendirilmiş ve kitosan solüsyonları ile kaplanmamış veya kaplanmamış tüm peynir numuneleri için ikinci hafta itibarıyla belirgin bir mikrobiyal büyüme görülmüştür. %1 ve %2 v/v TEO içeren kitosan ile kaplanmış peynir numuneleri, üçüncü haftanın sonuna kadar kabul edilen mikroorganizma sayısı ile güvenli kalmıştır. Bununla birlikte, %1 ve %2 v/v TEO kapsüllenmiş lipozomal kitosan emülsiyonları ile kaplanmış numuneler, 4 haftaya kadar kabul edilebilir düzeyde mikroorganizma sayısına sahip olmuştur.

Kaplamalar, nem içeriği, pH ve titre edilebilir asitlik üzerinde nötr etkiler göstermiştir.

Panela peyniri için aktif yenilebilir bir kaplama olarak kekik esansiyel yağı (MSN-OEO) ile farklı konsantrasyonlarda sodyum kazeinat-kitosan (SC:CH) içeren filmler üretilmiş ve incelenmiştir. Kalınlık ve çözünürlük, MSN-OEO'nun dahil edilmesinden etkilenmiştir. Panela peynir numuneleri MSN-OEO içeren SC:CH (8:1) film çözeltisi kullanılarak sprey yöntemiyle kaplanmıştır. Kontrol peynirinin nihai pH'sı, kaplı peynirinkinden 0.5 birim daha düşüktür, kontrol peynirinin nihai nem kaybı, kaplı peynirin 4.2 katı olarak bulunmuştur. Depolamanın 15. gününde mezofilik aerobik bakteri ile maya-küf sayılarında, yaklaşık 2 Log₁₀ CFU/g azalma kaydedilmiştir (Ríos-de-Benito ve ark., 2021).

Mahcene ve ark., (2021) uçucu yağlar (*O. basilicum* L., *R. officinalis* L. *A. herba alba* Asso., *M. pulegium* L.) kullanarak elde ettiği sodyum aljinat bazlı yenilebilir kaplamaları bir biyofilm olarak kullanıp doğal peynirin korunması üzerinde etkisini incelemişlerdir. Yağların dahil edildiği sodyum aljinat ile kaplanan peynir örnekleri, depolama sırasında protein ve lipidlerin oksidatif stabiliteleri açısından orta düzeyde stabilite göstermiştir. Ayrıca biyofilm kaplı peynir örneklerinde zayıf mikrobiyal üreme (toplam aerobik mezofilik flora, mayalar ve fekal koliformlar) gözlemlenmiş ve ayrıca *Staphylococci* *Salmonella* üremesi ve küf gelişimi tüm örneklerde tamamen engellenmiştir. Ayrıca biyofilm kaplamanın, kaplanmamış örneğe göre peynirin ağırlık kaybını ve sertliğini azalttığı görülmüştür. Duyusal analiz sonuçları, panelistler tarafından diğerlerine göre en çok *O. basilicum* yağından oluşan sodyum aljinat kaplı örnek ile kaplanmamış peynirlerin tercih edildiğini ortaya koymuştur.

Başka bir çalışmada araştırmacılar, havuç pektini ile zenginleştirilmiş fraksiyon ile ticari pektinden elde ettikleri yenilebilir filmleri vegan Kaju peynirine uygulamışlardır. Lipofilik karotenoidler ve α -tokoferol taşıyan, %50 üronik asit (%42-metillenmiş) içeren turuncu renkli havuç pektini ile zenginleştirilmiş bir fraksiyon (CPEF), ticari bir pektin ile %0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında kullanılarak homojen filmler geliştirilmiştir. %50 CPEF filmi (%65 uzama), %0 CPEF filmine (%26 uzama) kıyasla daha yüksek kopma uzaması vermiştir. CPEF,

filmlerde turuncu rengi ve kısmen karotenleri 25°C’de ışık depolaması altında bile korumuştur. Ayrıca, CPEF çözünmeye karşı suya direnç göstermiş (%100 CPEF film: %50 çözünürlük) ve 24 saat bekletildikten sonra bile film bütünlüğünü korumuştur. CPEF oranı arttığında yüzey ıslanabilirliği azalmıştır (40° temas açısı). Bu özellikler %100 CPEF filmini, tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) sonuçlarına göre, yüksek su aktivitesine (0.952) sahip olgunlaştırılmış vegan Kaju peynirini 7°C’de 60 gün boyunca koruyan etkili bir antioksidan arayüz haline getirmiştir (Idrovo Encalada ve ark., 2021).

Olgunlaştırılmış Kaşar peynirinin depolama ömrünün iyileştirilmesinde %1’lik konsantrasyonda üç farklı etanolik propolis ekstraktı (T1, T2 ve T3) içeren üç tip %1’lik karboksimetil selüloz yenilebilir film hazırlanmış ve peynire uygulanmıştır. Fizikokimyasal analiz sonuçları, titre edilebilir asitlik değerlerinin depolama süresi boyunca tüm deney gruplarında azaldığını göstermiştir. Mikrobiyolojik analizlerden elde edilen sonuçlar, üç tür yenilebilir film T1, T2 ve T3’ün, peynirin olgunlaşmasından sonraki dönem için normal bir süreç olan azalan laktik asit bakteri sayısını etkilemediğini ortaya koymuştur. T1, T2 ve T3 yenilebilir filmlerinin uygulanması, depolama süresi boyunca Kaşar peynirinde artan maya sayısını etkilememiştir. T1 ve T2 yenilebilir filmleri peynir yüzeyindeki küf gelişimini depolamanın sonuna kadar etkili bir şekilde engellemiş, T3 ise gelişimi yavaşlatmış ancak tamamen engelleyememiştir (Tumbariski ve ark., 2021).

Hazaa ve Jassim, (2021) çalışmalarında kekik ve yeşil çay ekstraktları içeren yenilebilir jelatinimsi filmler ile peyniri kaplayarak 7°C sıcaklıkta 14 gün boyunca depolayıp analiz etmişlerdir. Jelatinimsi filmlerle kaplanmış peynir örneklerinin nem yüzdesi depolama süresinin sonuna doğru önemli ölçüde azalmıştır ($p<0.05$). T2 (sadece jelatin içeren filmle kaplı örnek), jelatinimsi kaplama içermeyen T1 örneğine kıyasla %58.13 ile en düşük yüzdeyi göstermiştir. Ayrıca, yağ yüzdesinin depolama süresinin sonuna kadar arttığı ve $p<0.05$ düzeyinde önemli farklılıklar verdiği bulunmuştur. Protein yüzdesi ise depolama süresinin sonuna kadar önemli bir farklılık göstermemiştir. pH dereceleri azalmış ve 5.96’ya ulaşan T1 ile karşılaştırıldığında T2 6.17, T3 (jelatin+yeşilçay ekstraktı içeren filmle kaplı örnek) 6.27 ve T4 (jelatin+kekik ekstraktı içeren filmle kaplı örnek) 6.28 pH’ya sahip olmuştur.

Azhdari ve Moradi, (2022) karboksimetil selüloz (CMC)-natamisin (N; 0.05 ve 0.5%) kaplamanın yüksek nemli Mozzarella peyniri (HMMC) kalitesi üzerindeki etkilerini 7°C'de 8 gün boyunca incelenmişlerdir. CMC-N kaplama solüsyonunun *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Penicillium citrinum* ve *Candida albicans* üzerindeki inhibitör etkileri bulunmuştur. HMMC'de, natamisin içermeyen CMC kaplama işlemi tüm mikrobiyal gruplarda önemli bir düşüş göstermiştir ($p<0.05$). %0.05 ve %0.5 oranında natamisin ile kaplama, maya-küf popülasyonlarında sırasıyla 0.6 ve 0.9 log azalmaya sebep olmuştur. Toplam mezofilik bakteri sayısı, kontrol numunelerinde 4. günde 7 log CFU/g'ye ulaşmış ve bu, HMMC'nin 4 günlük raf ömrünü gösterirken, natamisin ile kaplanmış ve natamisin içermeyen filmle kaplanmış HMMC'de bu sınıra depolamanın 8. gününde ulaşılmıştır. Bu durum kaplamaların HMMC'nin raf ömrünü iki katına çıkardığını göstermektedir.

Joseph-Leenose-Helen ve ark., (2022) çalışmalarında, Himalaya peynirinin raf ömrünü ve nutrasötik potansiyelini artırmak için çam iğnesi özü (PNE) ilaveli balmumu ile kaplamışlardır. PNE, ultrasonikleştirme yoluyla ekstrakte edilip ve 2:1, 1:1 ve 2:3 konsantrasyonlarında balmumuna dahil edilmiştir. DLS (dinamik ışık saçılımı), en yüksek PNE konsantrasyonu içeren kaplama için $12.11 \pm 0.41 \mu\text{m}$ ve $-19.32 \pm 0.61 \text{ mV}$ hidrodinamik çap ve zeta potansiyeli ortaya koymuştur. Kaplamanın antioksidan, antidiyabetik ve antibakteriyel deneyleri içeren biyoaktiviteleri, PNE konsantrasyonundaki artışla birlikte önemli ölçüde yükseldiğini bildirmişlerdir. Mikrobiyolojik ve duyuşsal analizleri içeren raf ömrü ve duyuşsal değerlendirme çalışması, PNE konsantrasyonundaki artışla birlikte küf gelişiminin engellendiğini ve iyi bir doku ve görünüm skorunu ortaya koyduğunu göstermiştir.

Vasiliauskaite ve ark., (2022) antimikrobiyal *Lactobacillus helveticus* MI-LH13 ile sıvı asit peynir altı suyu proteini konsantresi (LAWPC) bazlı yenilebilir kaplama uygulayarak geleneksel asit-Lor peynir kalitesini artırmak amacıyla yaptıkları çalışmada 21 günlük depolama boyunca mikrobiyolojik kriterler, fizikokimyasal, reolojik değişiklikler ve duyuşsal özellikleri incelemişlerdir. Kaplama, uzun süreli depolama sırasında nemi koruyarak peynirin görünümünü önemli ölçüde iyileştirmiş ve renk değişikliklerini yavaşlatmıştır. *L. helveticus* hücrelerinin kaplamaya immobilizasyonunun, 4°C ve 23°C'de 14 günlük depolama boyunca canlılıkları üzerinde olumsuz bir etkisi olmamıştır. Peynirlere immobilize

hücrelerle kaplama uygulaması 14 gün boyunca maya sayısını 1 log₁₀ CFU/g'a kadar önemli ölçüde azaltmıştır (p<0.05) ve 21 gün boyunca küf gelişimini baskılayarak sonunda Lor peynirinin lezzetini iyileştirmiştir.

Polat Yemiş ve ark., (2022) Mersin (*Myrtus communis* L.) esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon bazlı sodyum aljinat yenilebilir kaplamaların fiziksel özelliklerini karakterize etmiş ve 4°C'de 24 günlük depolama süresince taze Kaşar peynirindeki *Listeria monocytogenes* üzerindeki inhibitör etkilerini incelemişlerdir. Mersin esansiyel yağı, test edilen tüm *L. monocytogenes* suşları üzerinde inhibitör bir etki göstermiş ve bu etki ultrasonikasyondan sonra önemli ölçüde artmıştır. Mersin esansiyel yağı nanoemülsiyonunun minimum inhibitör ve minimum bakterisidal konsantrasyonları sırasıyla 4.00-4.67 mg/mL ve 5.00-7.33 mg/mL olarak bulunmuştur. Mersin esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon kaplamalar, *L. monocytogenes*'e karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir ve peynir örneklerinin fizikokimyasal özellikleri üzerinde herhangi bir olumsuz etki göstermemiştir. %1 ve %2 mersin esansiyel yağı içeren nanoemülsiyon kaplamalar, *L. monocytogenes* konsantrasyonunda sırasıyla 0.42 ve 0.88 log kob/g azalma meydana getirmiştir.

Mezhoudi ve ark., (2022) Ricotta peynirini, gri tetik balığı (*Balistes capriscus*) yan ürününden ekstrakte edilen jelatin ile *Moringa oleifera* yapraklarından 5, 10 ve 20 µg/mL farklı solvent özleri ile zenginleştirilmiş filmle kaplamışlardır. Kontrol filmi ile karşılaştırıldığında, zenginleştirilmiş filmlerin açıklığı (*L**) ve kırmızılığı (*a**) biraz azalırken, zenginleştirme düzeyi arttıkça sarılıkları (*b**) artmıştır. Zenginleştirilmiş filmlerin kalınlık, çekme mukavemeti ve kopma uzamasında anlamlı fark yok (p>0.05) bulunamamıştır. Kontrol jelatin bazlı film ile karşılaştırıldığında, 20 µg/mL etanolik ekstrakt (F-MOE) ile zenginleştirilmiş film, su buharı geçirgenliğinde %35 azalma göstermiş ve ardından peyniri kaplamak için seçilmiştir. İlginç bir şekilde, 6 günlük depolamanın ardından, F-MOE ile sarılmış Ricotta peyniri ambalajsız peynire kıyasla ağırlık kaybında yaklaşık %34'lük önemli bir azalma göstermiştir (p≤0.05). Ayrıca, F-MOE sarılı peynir, pH, renk ve doku parametrelerinde en düşük değişikliklerin yanı sıra en düşük lipid peroksidasyon seviyelerini (0.90±0.03 mg MDA/kg peynir) ve maya-küf sayısını (2.78±0.14 logCFU/g peynir) göstermiş ve bu durum filme dahil edilen fenolikler ile açıklanmıştır.

Himalaya peynirini, peynirin depolama kalitesini artırmak için İrlanda yosunu ve *A. vera* jeli kullanılarak biyoaktif yenilebilir bir film geliştirmek için yapılan bir çalışmanın ön denemelerine göre %1 *A. vera* jeli içeren film optimum özellikleri göstermiştir. Jelin eklenmesi, nem içeriği, şeffaflık, çözünürlük ve su buharı geçiş hızında önemli bir düşüşe neden olmuş ve filmin kalınlığını ve yoğunluğunu artırmıştır. Film, buzdolabı koşullarında 4 hafta boyunca ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$), *E. coli*'ye karşı önemli ölçüde ($p < 0.05$) antimikrobiyal aktivite göstermiş ve numunelerin lipid oksidasyonunu (tiyobarbitürik asit reaktif maddeler, serbest yağ asitleri ve peroksit değerleri) azaltmış ve mikrobiyal kaliteyi artırmıştır. Film aynı zamanda peynirin duyusal kalitesi üzerinde de önemli bir pozitif etki sergilemiştir (Kouser ve ark., 2023a).

Kouser ve ark., (2023b) *Terminalia bellerica* özü kullanarak geliştirdiği biyoaktif yenilebilir filmin Himalaya peyniri depolamadaki etkisini incelemiştir. Optimum özelliklere sahip İrlanda yosunu bazlı film, %0.5 *T. bellerica* özü kullanılarak geliştirilip çeşitli fizikokimyasal ve oksidatif özelliklerle karakterize edilmiş ve peynir numuneleri film (T1: kontrol filmi, T2: %0.5 *T. bellerica* içeren film) kaplanarak $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de dört hafta süreyle depolanmıştır. *T. bellerica*'nın eklenmesi filmin kalınlığını ve yoğunluğunu önemli ölçüde artırmış ve filmin nem içeriğini, şeffaflığını, çözünürlüğünü ve su buharı iletim oranını azaltmıştır. Ayrıca filmin antioksidan potansiyelini (toplam fenolik ve flavonoid içerikleri, DPPH ve ABTS radikal yakalama aktiviteleri) artırmıştır ($p < 0.05$). T2 filmi kaplı numuneler, 14 ve 28. günlerde tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri, serbest yağ asitleri, peroksit değerleri ve mikrobiyal sayımlar için önemli ölçüde daha düşük değerler göstermiştir. T2 filmi, depolanan ürünün duyusal kalitesi üzerinde önemli bir pozitif etki göstermiştir.

Silva ve ark., (2023) *Levilactobacillus brevis* SJC120 suşunu kullanarak antifungal özelliklere sahip peyniraltı suyu-jelatin filmlerini yarı sert peynirlerine uygulamışlardır. Geleneksel peynirlerden izole edilen beş LAB suşu, antifungal aktivite açısından taranmış ve bir peynir altı suyu-jelatin filmine dahil edilmiştir. *L. brevis*'ten elde edilen hücresiz süpernatant, mantar gelişimini %80'den fazla engellediği tespit edilmiştir. Bakteri hücrelerinin filme dahil edilmesi, nem içeriğini, su buharı geçirgenliğini, mekanik ve optik özelliklerini değiştirmemiştir. Peynir altı

suyu-jelatin filmi ayrıca 10°C'de 30 gün sonra *L. brevis* hücrelerinin canlılığını 10⁷log CFU/g'de korumayı başarmıştır *L. brevis* filmi peynirlerde mantar kolonilerinin çapını %55 ile %76'ya düşürmüştür. Ayrıca, film kaplı peynirlerde peynir proteolizi filmde etkilenmemiş ve peynirin nem, yağ ve protein içeriğinde önemli bir fark gözlemlenmemiştir (p>0.05).



3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Hammade olarak beyaz üzüm (*Vitis vinifera* L. cv. *Sultani.*), kokulu kara üzüm (*Vitis labrusca* L.) ve güz yemişi (*Elaeagnus umbellate* L.) kullanılmıştır. Beyaz üzüm ve kokulu üzüm şehir pazarından temin edilmiş ve uygun şartlarda hazırlanarak depolanmıştır (-18°C). Güz yemişi üniversite bahçemizden hasat zamanında toplanarak -18°C’ de muhafaza edilmiştir. Film yapımında kullanılan sodyum aljinat (Carl Roth 9180.1) saf olarak temin edilmiştir. Antimikrobiyal madde olarak natamisin (Sigma 32417) ve kekik uçucu yağı kullanılmıştır. Uçucu yağ eldesi için kullanılan kekik bitkisi (*Thymbra spicata*) bitkisel ürünler satan bölgesel bir mağazadan (Aşçı Baharatları/Asvita) kuru şekilde temin edilmiştir. Plastikleştirici olarak gliserol (Isolab 927), çapraz bağlama için kalsiyum klorür (Tekkim) kullanılmıştır.

3.2 Film Hazırlama ve Uygulama

3.2.1 Meyve Suyu Ekstraktlarının Hazırlanması

Ekstraktların hazırlanması Batu ve ark., (2007)’nın yönteminden modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 1000 g meyve ayıklanıp ve yıkanmıştır. Meyve, çekirdek ve kabuklarından ayrılarak sıra elde edilmiştir. Şıra kaynatma kazanında 30°Bx olana kadar kaynatılmış ve ardından içerisine sodyum aljinat (%1) eklenerek 5-8 dakika daha kaynatılmıştır. Elde edilen karışım film yapımında kullanılmıştır.

3.2.2 Uçucu Yağ Eldesi

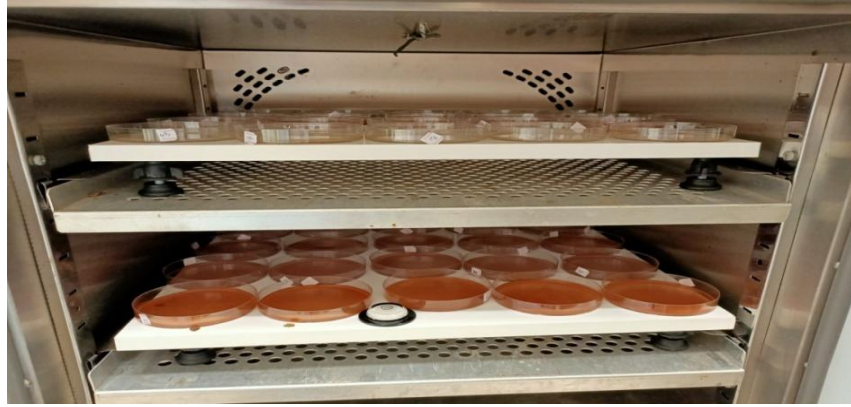
Uçucu yağlarının ekstraksiyonu için sudan hafif tipte Clevenger hidrodestilasyon düzeneği kullanılmıştır. Bu amaçla 1000 mL’lik cam balon içerisine öğütülmüş formdaki kekik bitkisinden yaklaşık 50 g tartılmış ve 500 mL saf su ile geri soğutucu altında 4 saat süreyle kaynatılarak distilasyon sistemi ile uçucu yağ alınmıştır. Elde edilen yağ küçük şişelerde muhafaza edilmiştir (Sarıcaoğlu, 2018). Uçucu yağ düzeneği ve yağ eldesi görseli Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Sudan Hafif Clevenger Destilasyon Düzeneği ve Uçucu Yağ Eldesi Görseli

3.2.3 Film Üretimi

Film üretimi Norajit ve ark., (2010)'nın yönteminden modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. %2 sodyum aljinat ve %0.01 CaCl_2 içeren çözelti manyetik karıştırıcılı ısıtıcıda 90°C 'ye ısıtılmış ve çözünüp berraklaşana kadar bekletilmiştir. Çözeltinin içerisine sodyum aljinat miktarı üzerinden %30-40-50 (w/w) oranlarında gliserol eklenmiştir. Çözeltiye 20 g/100 mL oranında meyve suyu ekstraktları eklenmiş ve Ultra Turrax T18 kullanılarak 24.000 rpm'de 5 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Film çözeltileri, çözünmeyen kısım ve hava kabarcıklarını uzaklaştırmak amacıyla 5000 devir/dak. 10 dakika santrifüj edilmiştir. 9 cm çaplı petri kaplarına 15 g film çözeltisi tartılarak el hareketleri ile yayılması sağlanmıştır. 40°C fanlı etüvde yaklaşık 16 saat boyunca kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.2). Etüvden çıkarılan film örnekleri petri kaplarından çıkarma işlemini kolaylaştırmak amacıyla %2 CaCl_2 banyosunda 30 saniye boyunca tutulmuş ardından tekrar etüvde kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan filmler penset yardımıyla petri kaplarından ayrılmıştır. Petri kutularından çıkarılan filmler oda sıcaklığındaki %53 nispi nem içeriğine sahip doymuş magnezyum nitrat ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) çözeltisi içeren desikatörde 3 gün bekletildikten sonra analiz edilmiştir. Tüm filmler 2 tekerrürlü olarak üretilmiştir. Filmlerin isim ve içerikleri Çizelge 3.1'de, görüntüleri ise Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Film Örneklerinin Kurutulması İçin Hazırlanan Düzenek

Çizelge 3.1 Üretilen Filmlerin Ad ve İçerikleri

Film Adı	Film İçeriği
3B	%30 gliserol + beyaz üzüm ekstraktı
4B	%40 gliserol + beyaz üzüm ekstraktı
5B	%50 gliserol + beyaz üzüm ekstraktı
3K	%30 gliserol + kokulu kara üzüm ekstraktı
4K	%40 gliserol + kokulu kara üzüm ekstraktı
5K	%50 gliserol + kokulu kara üzüm ekstraktı
3G	%30 gliserol + güz yemişi ekstraktı
4G	%40 gliserol + güz yemişi ekstraktı
5G	%50 gliserol + güz yemişi ekstraktı



Şekil 3.3 Farklı Meyve Ekstraktlarından Farklı Oranlarda Gliserol ile Hazırlanan Filmlerin Görüntüsü (a: Beyaz Üzüm + %30-40-50 Gliserol Oranı; b: Kokulu Kara Üzüm + %30-40-50 Oranında Gliserol Oranı; c: Güz Yemişi + %30-40-50 Oranında Gliserol Oranı)

3.2.4 Uçucu Yağ İçeren Film Üretimi

Uçucu yağların gıdaya direkt ilave edilmesinden film çözeltisine eklenerek gıdaya uygulanması, esansiyel yağın arzu edilmeyen yoğun organoleptik özelliklerini azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir (Güçbilmez, 2014).

Elde edilen uçucu yağ, önce %0.05'lik tween 80 ile 1/1 (v/v) oranında karıştırılmış ve optimum karakteristik özellikleri sağlayan film çözeltisine (%40 oranında gliserol + güz yemişi ekstraktı) %1, %1.5 ve %2 v/v oranında ilave edilmiştir. Uçucu yağın ilave edildiği film çözeltisi 40°C'de 30 dakika süreyle manyetik karıştırıcı ısıtıcıda karıştırılmıştır. Film çözeltisi 9 cm çapındaki petri kutularına 15 g olacak şekilde dökülerek 40°C'deki etüvde gece boyunca (16 saat) kurutulmuştur. Kurutulmuş filmler petri kutularından çıkarılarak oda sıcaklığındaki %53 nispi nem içeriğine sahip desikatörde 3 gün bekletildikten sonra analiz edilmiştir (Tural, 2016). Film içerikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

3.2.5 Natamisin İçeren Film Üretimi

Optimum karakteristik özellikleri gösteren film çözeltisine (%40 oranında gliserol + güz yemişi ekstraktı) 20 mg/100 mL oranında natamisin eklenerek 40°C'de 30 dakika süreyle manyetik karıştırıcı ısıtıcıda karıştırılmıştır. Film çözeltisi 9 cm çapındaki petri kutularına 15 g olacak şekilde dökülerek 40°C'deki etüvde gece boyunca (16 saat) kurutulmuştur. Kurutulmuş filmler petri kutularından çıkarılarak oda sıcaklığındaki %53 nispi nem içeriğine sahip desikatörde 3 gün bekletildikten sonra analiz edilmiştir.

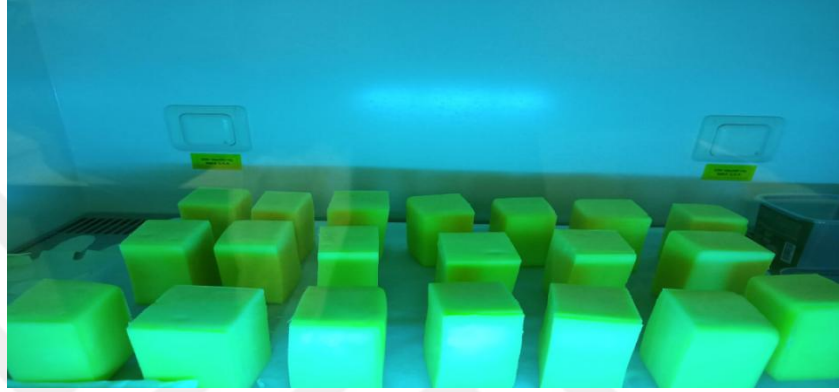
Çizelge 3.2 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Ad ve İçerikleri

Film Adı	Film İçeriği
A	%1 kekik uçucu yağı + güz yemişi ekstraktı içeren film
B	%1.5 kekik uçucu yağı + güz yemişi ekstraktı içeren film
C	%2 kekik uçucu yağı + güz yemişi ekstraktı içeren film
N	20 mg/100 mL natamisin + güz yemişi ekstraktı içeren film

3.2.6 Peynirin Film Çözeltisi ile Kaplanması

Kaşar peynirine film uygulaması öncesi tüm peynir örnekleri steril kabinde UV ışık altında 15 dakika bekletilmiştir (Şekil 3.4). Peynir örnekleri yaklaşık 250 gr ağırlığında porsiyonlanarak uygulamaya hazır hale getirilmiştir. Örnekler 7 gruba ayrılmış ve açıklamaları Çizelge 3.3'te verilmiştir. Peynir örnekleri film çözeltisi ile daldırma yöntemiyle kaplanmıştır. Örnekler çözeltiye daldırılıp 30 saniye bekletilmiş

ve ardından çıkartılarak damlamanın kesilmesi beklenmiştir. Ardından aynı işlem tekrarlanmıştır. Kaplanmış örneklerin görüntüsü Şekil 3.5'te verilmiştir. Film kaplı örnekler UV ışık altında 15 dakika boyunca bekletilerek sterilize edilmiştir ve +4°C'de 24 saat kurumaya bırakılmıştır. Film çözeltisi ile kaplanan örnekler kurutulduktan sonra, sızdırmaz polietilen ambalajlarla paketlenerek +4°C'deki buzdolabı koşullarında depolanmıştır. Deneme 2 tekrarlı olacak şekilde yürütülmüştür.



Şekil 3.4 Peynir Örneklerinin UV Işık Altındaki Görüntüsü

Çizelge 3.3 Peynir Örneklerinin Ad ve İçerikleri

Örnek Adı	Örnek İçeriği
K (Kontrol)	Yenilebilir film ile kaplı olmayan örnek
V	Yenilebilir filmle kaplı olmayan ve vakum ambalajla paketlenen örnek
G	Güz yemişi ekstraktı içeren filmle kaplı örnek
A	%1 kekik uçucu yağı + güz yemişi ekstraktı içeren filmle kaplı örnek
B	%1.5 kekik uçucu yağı + güz yemişi ekstraktı içeren filmle kaplı örnek
C	%2 kekik uçucu yağı + güz yemişi ekstraktı içeren filmle kaplı örnek
N	20 mg/100 mL natamisin + güz yemişi ekstraktı içeren filmle kaplı örnek



Şekil 3.5 Film Kaplama İşleminde Sonra Peynirlerin Görüntüsü

3.3 Analiz Yöntemleri

3.3.1 Meyve Suyu Ekstraktlarında Yapılan Analizler

3.3.1.1 pH ve Titrasyon Asitliği Analizi

Örneklerin pH değerleri, pH 4.01, 7.00 tampon çözeltileri ile ayarlanmış Ohaus Starter 3100 marka pH metre ile belirlenmiştir. Titrasyon asitliği tayini TS 1125 ISO 750 “Meyve ve Sebze Ürünleri-Titre Edilebilir Asitlik Tayinine göre yapılmıştır (Anonim, 2002). 25 mL örnek alınmış, 250 mL lik ölçü balonuna konulup, saf su ile balonun çizgisine kadar tamamlanmıştır. Hazırlanmış olan numuneden 25 mL bir behere alınmıştır. Fenol ftaleyn indikatöründen birkaç damla damlatılmış ve kalıcı bir pembe renk elde edilinceye kadar 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Aşağıda verilen formül üzerinden % tartarik asit olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Titrasyon asitliği (\%)} = V \times N \times E \times 100 / M \quad (3.1)$$

V: Titrasyonda harcanan NaOH miktarı (mL)

N: Titrasyonda kullanılan NaOH çözeltisinin normalitesi

E: 1 ml 0.1 N NaOH'in eşdeğer asit miktarı

M: Titre edilen gerçek numune miktarı (mL)

3.3.1.2 Renk Analizi

Meyve suyu ekstraktlarının renk değerleri Hunter renk sistemine göre Konica Minolta (CR-400, Japonya) marka kolorimetre ile belirlenmiştir.

3.3.2 Kekik Uçucu Yağında Yapılan Analizler

3.3.2.1 Antioksidan Kapasite

Kekik uçucu yağının antioksidan kapasitesi 2,2-difenil-1-pikrihidrazil (DPPH) yöntemi ile belirlenmiştir. 0.03943 g DPPH 100 mL'ye n-metanol ile tamamlanmıştır. Absorbansı 0.700'e ayarlanmıştır. Metanolla seyreltilmiş kekik uçucu yağı ekstraktı 1.5 mL DPPH çözeltisi ile karıştırılmıştır ve elde edilen karışımın absorbansı 30 dakika bekletildikten sonra 515 nm dalga boyunda (Shimadzu UV mini-1240 UV-VIS Spektrofotometre) kaydedilmiştir (Odabaş ve Koca, 2016).

$$\% \text{ DPPH} = (A - A_K) \times 100 / A \quad (3.2)$$

A: DPPH çözültisinin absorbans değerini, A_K: Kekik uçucu yağının absorbans değerini ifade etmektedir.

3.3.2.2 Antimikrobiyal Aktivite

Kekik uçucu yağının *Escherichia coli* (ATCC 8739), *Listeria monocytogenes* (ATCC 7644), *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) bakterilerine ve *Aspergillus Flavus* (MAM 200682) küfüne karşı antimikrobiyal aktiviteleri disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Bu amaçla bakteriler Tryptic Soy Broth (TSB) besiyerinde 37°C’de 24 saat, küf ise Sabouraud Dekstroz Broth (SDB) besiyerinde 27°C’de 4 gün inkübe edilerek çoğaltılmışlardır. Bakteriler için Muller Hinton Agar (MHA) besiyeri, küf için Potato Dekstroz Agar (PDA) hazırlanarak steril petri kaplarına 20 mL olarak dökülmüştür. Besiyeri üzerine Mc Farland 0.5 bulanıklığındaki mikroorganizmalardan 100 µL ekim yapılmıştır. Besiyeri üzerine boş antibiyotik disk koyulmuş ve disk üzerine 5µL (1/1 w/v oranında metanolle seyreltilmiş) kekik uçucu yağından eklenip bakteriler için 37°C’de 24 saat ve küf için 25°C’de 4 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnhibisyon zonu mm olarak ölçülmüş ve kekik uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesi belirlenmiştir (Güçbilmez, 2014; Tural ve Turhan, 2017). Natamisin 5 mg olarak tartılmış ve su ile 1/1 (w/v) oranında seyreltilmiş disk üzerine 5µL eklenmiştir. İnhibisyon zonu mm olarak ölçülmüştür.

3.3.3 Film Analizleri

3.3.3.1 Nem Oranı

Film örneklerinin % nem oranı için yaklaşık 5 g film örneği 105°C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulması sonucu meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.3.3.2 Kalınlık

Filmlerin kalınlıkları 0.001 mm hassasiyete sahip Insize marka (3101-25A) dijital mikrometre kullanılarak belirlenmiştir (Akşehir, 2013). Film örneklerinin her tekerüründen 3 film seçilmiş ve her filmin 5 farklı noktasından ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır.

3.3.3.3 Optik Özellikler

3.3.3.3.1 Renk

Film örneklerinin Hunter renk sistemine göre renk değerleri Konica Minolta (CR-400, Japonya) marka kolorimetre ile belirlenmiştir. L^* (parlaklık, 100: beyaz, 0: siyah), a^* [+:kırmızı (+100), -:yeşil (-80)] ve b^* [+:sarı (+70), -:mavi (-80)] değeri olarak ifade edilmiştir.

3.3.3.3.2 Opaklık

Opaklık değeri için filmler 1×2 cm boyutunda kesilip spektrofotometre hücresine yerleştirilmiş ve boş hücre referans olarak kullanılmıştır. Filmlerin 600 nm dalga boyundaki absorbans değerleri spektrofotometre (Shimadzu UV mini-1240 UV-VIS Spektrofotometre) ile ölçülmüştür. Opaklık değeri aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\text{Opaklık} = A/x \quad (3.3)$$

A; 600 nm'deki absorbansı, x ise film kalınlığını (mm) ifade eder (Thakur ve ark., 2019).

3.3.3.4 Suda Çözünürlük (SÇ)

Filmlerin suda çözünürlük değerleri Liu ve ark., (2020)'nin yöntemleri modifiye edilerek belirlenmiştir. Bu amaçla yaklaşık 500 mg civarında film örneği 105°C'de bir gece kurutularak %0.01 (w/v) sodyum azid içeren 50 mL saf suya atılmış ve gece boyunca oda sıcaklığında 100 rpm'de karıştırılmıştır. Karışım darası bilinen kavanozlara filtre kağıdından süzülüş, süzüntü 105°C'de 1 gece süreyle kurutulmuştur. Kavanozda kalan madde miktarı tartılmış ve filmlerin sudaki çözünürlükleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Suda çözünürlük (\%)} = W_R \times 100/W_I \quad (3.4)$$

W_I : Örneklerin kurumadresi (g)

W_R : Kavanozda kalan madde miktarı (g)

3.3.3.5 Su Buharı Geçirgenliği (SBG)

Filmlerin su buharı geçirgenliği 25°C'de gravimetrik olarak belirlenmiştir (ASTM, 1981). 10 mL'lik tüplerin içine yaklaşık olarak 1 g silika jel konulmuş ve tüpler, 105°C'de %0 nispi neme kadar kurutulmuştur. Tüplerin ağızları film örnekleri ile kapatıldıktan sonra 25°C'lik bir sıcaklıkta, içinde damıtılmış su (%100 bağıl nem)

bulunan bir desikatöre yerleştirilmiştir. Tüplerin ağırlıkları 8 saat boyunca her saat başı tartılmış ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak su buharı geçirgenlik değerleri hesaplanmıştır:

$$SBG=w/t.x/(\Delta P.A) \quad (3.5)$$

w/t:Lineer regresyon ile hesaplanan zaman bağlı ağırlık değişimini (g/saat), x: film kalınlığını (mm), A: film yüzey alanını (m²), ΔP: basınç farkını (kPa) göstermektedir.

$$\Delta P = S.(R_1-R_2) \quad (3.6)$$

S: 25°C'deki suyun doymuş buhar basıncını (3.168 kPa), R₁: desikatör ortamının bağıl nemini (%100) ve R₂: tüpün iç ortamının bağıl nemini (%0) ifade etmektedir (Beyan ve ark., 2022).

3.3.3.6 Oksijen Geçirgenliği (OG)

Filmlerin oksijen geçirgenliği (OG), film numuneleri ile kapatılmış tüp içerisinde (25 mL) bulunan antioksidan içermeyen ayçiçek yağının (10 mL) peroksit değeri esas alınarak belirlenmiştir (Mahcene ve ark., 2020). Ağız kısmı yenilebilir film örneği ile kapatılan tüpler, 60°C'de 10 gün boyunca karanlık ortamda bekletilmiştir. Depolama sonunda tüpün içerisindeki yağın peroksit sayısı hesaplanmış ve filmlerin oksijen geçirgenliği değerleri olarak kullanılmıştır.

3.3.3.7 Mekanik Özellikler

Filmlerin mekanik özellikleri (gerilme (G, MPa) ve kopma uzaması (KU, %)) Texture Analyser (model TA-XT.plus, Stable Micro System, UK) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Her bir film numunesi 10x40 mm boyutlarında kesilmiş ve %53 nemli desikatörde 3 gün boyunca bekletilmiştir. Filmler makinenin çeneleri arasına, her numunenin uçları, test sırasında filmlerin çatlamasını ve kaymasını önlemek için, Şekil 3.6'da verilen şekilde bir yardımcı kağıt-bant kullanılarak monte edilmiştir. Film şeritleri 1 mm/s çekme hızıyla test edilirken, her bir film örneğinin 8 ölçümü değerlendirilmiştir (Prakash Maran ve ark., 2013).



Şekil 3.6 Yardımcı Kağıt-Bant ile Filmlerin Cihazdaki Görüntüsü

3.3.3.8 TOPSIS Yöntemiyle Ürüne Uygulanacak En İyi Filmin Belirlenmesi

Kaşar peynirine uygulanacak en uygun filmin belirlenmesi amacıyla Çok Kriterli Karar Verme (TOPSIS) yöntemi uygulanmış ve karar verme kriteri olarak filmlerin opaklık, SÇ, SBG, OG, G ve KU değerlerinden yararlanılmıştır. Yöntem aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

1. Karar matrisinin normalize edilmesi:

$$\chi_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad k = 1, 2, 3, \dots, i, \dots, k \quad i = 1, 2, \dots \quad (3.7)$$

χ_{ij} normalize edilmiş değeri, a_{ij} ise kriterin gerçek değerini ifade eder.

2. Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması:

$$v_{ij} = \chi_{ij} \times w_{ij} \quad (3.8)$$

v_{ij} ağırlıklı normalize değeri, w_{ij} ise her bir kriterin katsayısını ifade eder.

Kriterler için eşitlikte kullanılan katsayılar Çizelge 3.4'te verilmiştir. Bu katsayılar yenilebilir filmin kullanılacağı ürün dikkate alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.4 Karar Matrisinde Kullanılan Katsayılar

Opaklık	SÇ	SBG	OG	G	KU
0.05	0.15	0.25	0.15	0.20	0.20

3. Pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi:

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, v_3^+, \dots, v_n^+\} \quad (\text{maksimum değerler}) \quad (3.9)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, v_3^-, \dots, v_n^-\} \quad (\text{minimum değerler}) \quad (3.10)$$

G ve KU değerleri pozitif; opaklık, SÇ, SBG ve OG değerleri negatif kriter olarak belirlenmiştir.

4. Pozitif ve negatif ideal çözümlerden herbir alternatifin uzaklığının hesaplanması:

$$d_i^+ = \sqrt{(v_{ij} - v_{ij}^+)^2} \quad (3.11)$$

$$d_i^- = \sqrt{(v_{ij} - v_{ij}^-)^2} \quad (3.12)$$

d_i^+ ve d_i^- sırasıyla pozitif ve negatif ideal çözümden alternatifin uzaklığını ifade eder.

5. Her bir alternatif için yakınlık katsayısı (C değeri) hesaplanması:

$$C = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (3.13)$$

C değeri esas alınarak film örneklerinin sıralaması yapılmıştır. En yüksek C değeri alan film örneği bir sonraki aşamada antimikrobiyal madde ilave edilerek analizleri yapılmış ve Kaşar peyniri kaplamada kullanılmıştır.

3.3.4 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Analizleri

Antimikrobiyal madde içeren filmlerin nem oranı, kalınlık, optik özellikler, SÇ, SBG, OG, G ve KU değerlerinin belirlenmesinde yukarıda ayrıntılı olarak açıklanan yöntemlerden yararlanılmıştır. Filmlerde gerçekleştirilen diğer analizler aşağıda ayrıntılı şekilde verilmiştir.

3.3.4.1 Antioksidan Kapasite

Film örneklerinin antioksidan kapasiteleri % DPPH yöntemiyle Zheng ve ark., (2019) tarafından önerilen yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. 0.25 g film örneği 10 mL damıtık suda 40°C'de 2 saat karıştırılmıştır. 40 µL film ekstraktı 1.5 ml DPPH çözeltisi ile karıştırılmış ve hızla çalkalanmıştır. Sonrasında mikroküvetlerin ağızları kapatılarak oda sıcaklığında 30 dakika bekletilmiştir. Karışımın absorbansı

515 nm’de okunmuş (Shimadzu UV mini-1240 UV-VIS Spektrofotometre) ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla antioksidan kapasite belirlenmiştir.

$$\% \text{ DPPH} = (A - A_N) \times 100 / A \quad (3.14)$$

A: DPPH çözeltisinin absorbans değerini, A_N : Test edilen numune solüsyonunun absorbans değerini ifade etmektedir.

3.3.4.2 Antimikrobiyal Aktivite

Film örneklerinin *Escherichia coli* (ATCC 8739), *Listeria monocytogenes* (ATCC 7644), *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) bakterilerine ve *Aspergillus Flavus* (MAM 200682) küfüne karşı antimikrobiyal aktiviteleri disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Yapılan hazırlıklar 3.3.2.2 Antimikrobiyal aktivite kısmında ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Film örnekleri 6 mm çapında kesilerek hazırlanan besiyerleri üzerine yerleştirilmiştir. Petriler, bakteriler için 37°C’de 24 saat ve küf için 25°C’de 4 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnhibisyon zonu mm olarak ölçülmüş ve film örneklerinin antimikrobiyal aktivitesi belirlenmiştir (Güçbilmez, 2014; Tural ve Turhan, 2017).

3.3.4.3 Termal Özellikler

Filmlerin termal özellikleri termogravimetrik analiz cihazı (Setaram Instrumentation Labsys Evo TG-DSC model) kullanılarak incelenmiştir. Kurutulan filmler (%0 nemli) 5 mg olarak tartılıp alüminyum kaplara yerleştirilmiş ve kapatılmıştır. Ölçümler 30-350°C aralığında 10°C/dak ısıtma hızında gerçekleştirilmiştir (Norajit ve ark., 2010).

3.3.4.4 SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Analizi

Filmlerin yüzey ve yan kesit görüntüleri Hitachi marka SU-1510 model SEM cihazı ile görüntülenmiştir. Ölçüm öncesi örneklerin yüzeyi altın ile kaplanmıştır. Film yüzeylerinin ve yan kesitlerinin görüntülenmesinde sırasıyla x2000 ve x500 büyütme oranı kullanılmıştır (Valenzuela ve ark., 2013; Sarıcaoğlu, 2018).

3.3.5 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmle Kaplı Peynir Analizleri

3.3.5.1 Kurumadde Oranı

Peynir örneklerinin % kurumadde oranı için yaklaşık 5 g örnek 105°C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulması sonucu meydana gelen ağırlık kaybından % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.3.5.2 Titrasyon Asitliği Değeri

Peynir örneklerinin % titrasyon asitliği değerleri % laktik asit olarak hesaplanmıştır. 5 g peynir örneği 100 mL damıtık suda çözündürülmüş ve süzütüden 10 mL alınarak 3.3.1.1 pH ve titrasyon asitliği analizi kısmında verilen şekilde analiz gerçekleştirilmiş ve sonuç hesaplanmıştır.

3.3.5.3 pH Değeri

Damıtık su ile 1:10 oranında seyreltilen peynir örneklerinin pH değerleri pH 4.01, 7.00 tampon çözeltileri ile ayarlanmış Ohaus Starter 3100 marka pH metre ile belirlenmiştir.

3.3.5.4 Tuz Oranı

Homojen hale getirilmiş 5 g peynir örneği 60-70°C'deki damıtık su ile iyice karıştırılıp 100 mL'ye tamamlanmıştır. Süzütüden 10 mL alınarak üzerine birkaç damla potasyum kromat (%5'lik) damlatılıp 0.1 N AgNO₃ ile kiremit kırmızısı renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Sarfiyat aşağıdaki formülde yerine koyularak peynir örneklerinin % tuz oranı hesaplanmıştır (Hayaloğlu ve Özer, 2011).

$$\% \text{ Tuz} = V \times N \times 0.0585 \times 100 / m \quad (3.15)$$

V: Titrasyonda harcanan AgNO₃ miktarı (mL)

N: Titrasyonda kullanılan AgNO₃ normalitesi

m: Peynir miktarı (g)

3.3.5.5 Olgunlaşma Derecesi

Peynir örneklerinin azot oranı sütte protein tayininde kullanılan Kjeltetec metodu ile belirlenmiştir (AOAC, 2000). 10 g peynir örneği 50 mL saf su ile iyice ezilmiş ve 40°C'de 5 dakika homojenize edilmiştir. Homojenat 40°C'de 1 saat bekletilerek çözünebilir proteinlerin suya geçmesi sağlanmıştır. Örnekler 3000×g'da 30 dakika santrifüj edilmiş ve daha sonra 4°C'ye soğutulmuştur. Daha sonra süspansiyon filtre kağıdından geçirilmiş ve yağdan arındırılmıştır. Hazırlanan örneklerin olgunlaşma derecesi Kjeltetec azot tayin düzeneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Bütikofer ve ark., 1993).

3.3.5.6 Su aktivitesi (a_w)

Peynir örneklerinin su aktivitesi (a_w), Aqualab marka su aktivitesi ölçüm cihazı (4TE, Dewpoint Water Activity Meter, ABD) ile belirlenmiştir. Peynir

örnekleri ölçüm kaplarına koyularak örnek sıcaklığı ile ölçüm sıcaklığı (25°C) arasında 0.5°C fark olana kadar beklenmiştir. Ekranda görünen a_w değeri sabitlendikten sonra değerler kaydedilmiştir (Sarıcaoğlu, 2018).

3.3.5.7 Renk Analizi

Peynir örneklerinin Hunter renk sistemine göre renk değerleri Konica Minolta (CR-400, Japonya) marka kolorimetre ile belirlenmiştir. Bu amaçla peynir örneklerinin her bir yüzeyinin 5 farklı noktasından ölçüm yapılmıştır. İç kesit renk analizi için, peynir örnekleri parçalanmış ve her bir örneğin iç yüzeyinin 5 farklı noktasından ölçüm alınmıştır (Tural, 2016).

3.3.5.8 Tiyoobarbitürik Asit Reaktif Maddesi Sayısı (TBARS)

Yenilebilir filmlerle kaplanmış peynir dilimlerinde lipid oksidasyonunun belirlenmesi amacıyla TBARS analizi yapılmıştır. 2 g peynir örneği 12 mL %7.5 trikloroasetik asit (TCA) ile karıştırılmış ve 1 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Süspansiyon süzölmüş ve 5 mL süzöntü 5 mL TBA reaktifine eklenmiştir (0.02 M 2-tiyoobarbitürik asit). Bu karışım kaynar su banyosuna 45 dakika daldırılmış ve sonrasında soğutulmuştur. Örneklerin absorbans değerleri 532 nm'de ölçülmüştür. Değerler mg malonalehit (MDA)/kg olarak kaydedilmiştir (Shin ve ark., 2012).

3.3.5.9 Elektroforetik Yöntemle Kazein Fraksiyonlarının Belirlenmesi

Peynirlerin olgunlaşma süresince kazein fraksiyonları Üre-PAGE yöntemiyle belirlenmiştir. Analiz için gerekli çözeltilerin hazırlanması ve analiz basamakları aşağıda verilmiştir.

**Stok çözeltilerin hazırlanması:*

Örnek tamponu (100 mL): 1.5g Trizma base ve 49 g üre tartılarak saf suda çözündürülmüştür. Çözünmenin hızlanması için çözelti biraz ısıtılmıştır. 400 µL HCl (%37'lik) ve 2 mL 2-MCE eklenip karıştırılmıştır. 0.15 g bromfenol mavisi eklenmiş ve çözelti 100 mL'ye tamamlanmıştır. Çözelti HCl (2N) ile pH 7.6'ya ayarlanmıştır.

Sıralama jeli tamponu (50 mL): 0.415 g Trizma base ve 15 g üre tartılarak saf suda çözündürülmüştür. Üzerine 220 µL HCl eklenmiştir. Saf su ile 50 mL'ye tamamlanmış, 2N HCl ile pH 7.6'ya ayarlanmıştır.

Ayırma jeli tamponu (100 mL): 6.43 g Trizma base ve 38.57 g üre tartılıp suda çözündürülmüştür. 572 µL HCl eklenip, saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. 2N HCl ile pH 8.9'a ayarlanmıştır.

Elektrot tamponu: 6 g Trizma base 29.2 g glycine (elektroforez için) tartılmıştır. 2L'ye saf su ile tamamlanmıştır. HCl ile pH 8.4'e ayarlanmıştır.

Boyama çözeltisi: 1 g coomassiebrilliantblue, 500 mL izopropanol ve 200 mL glasiyel asetik asit alınarak hacim saf suyla 2 litreye tamamlanmıştır.

Boya giderme çözeltisi: Boya gidermek amaçlı saf suda kullanılabilir. Boya giderme çözeltisi; 200 mL izopropanol ve 200 mL asetik asit eklenip, hacim saf suyla 2 litreye tamamlanması ile elde edilmiştir.

APS çözeltisi (%10 w/v): 100 mg amonyum persülfat (APS) tartılıp, 1 mL saf su ile çözündürülmüştür. Her seferinde taze olarak hazırlanmıştır.

**Kazein Standartlarının Hazırlanması:* 0.0075 g standart, 1.5 mL örnek tamponunda çözündürülmüş ve -18 °C'de saklanmıştır.

**Örneğin Hazırlanması:* 50 mg peynir örneği eppendorf tüplere tartılarak 750 µL örnek tamponunda çözündürülmüştür.

**Jellerin Hazırlanması*

Ayırma jeli (30 mL): 9 mL %40'lık akrilamid çözeltisi, 21 mL ayırma jeli tamponu ve 0.15 g bisakrilamid eklenmiş ve iyice çözünmesi beklenmiştir. 15 µL TEMED ve 112.5 µL APS (%10) eklenerek elde edilmiştir.

Sıralama jeli (10 mL): 1 mL %40'lık akrilamid çözeltisi, 9 mL sıralama jeli tamponu ve 0.02 g bisakrilamid eklenmiş ve iyice çözünmesi beklenmiştir. 5 µL TEMED ve 60 µL APS (%10) eklenerek elde edilmiştir.

**Elektroforezin Uygulanması*

Ayırma jeli plakalar arasına yavaş yavaş dökülmüştür. Üzerine birkaç mL izopropanol eklenip, 45 dakika jelleşme beklenmiştir. İzopropanol filtre kağıdı ile ortamdan uzaklaştırılmıştır. Üzerine sıralama jeli ilave edilmiş ve kuyucukların oluşmasını sağlayacak aparat takılmıştır. 45 dakika beklendikten sonra aparat çıkarılıp kalan jelleşmemiş akrilamidi uzaklaştırmak için elektrot tampon ile kuyucuklar yıkanmıştır. Kuyucuklara Hamilton şırıngasıyla 8 µL örnek enjekte

edilmiştir. Cihaza yerleştirilen jellerde 50 mA akım altında 5-6 saat boyunca yürütme işlemi sürdürülmüştür. İşlem sonunda jeller plakalardan ayrılmış ve boyama çözeltisinde 12 saat bekletilmiştir. Sonrasında fazla boya uzaklaşana kadar boya giderme çözeltisinde bekletilip jellerin görüntüsü bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Kazein fraksiyonları konsantrasyonları Total Lab (Phoretix, Newcastle upon Tyne, UK) programı kullanılarak belirlenmiştir (Ardö ve Polychroniadou, 1999).

3.3.5.10 Mikrobiyolojik Analizler

Örneklerin analize hazırlanması

Peynir parçaları steril stomacher poşeti içerisine 10 g tartılmış ve üzerine 90 mL serum fizyolojik (%0.85'lik NaCl) ilave edilerek Stomacher'de 1 dak. süreyle karıştırılmıştır. Elde edilen 10^{-1} 'lik dilüsyondan serum fizyolojik ile 10^{-7} 'ye kadar dilüsyonlar hazırlanmıştır (Tomar ve Akarca, 2019).

Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı

TMAB belirlenmesinde Plate Count Agar (PCA) besi yeri kullanılmıştır. Dilüsyonlardan 1 mL petrilere dökme yöntemi ile ekim yapıldıktan sonra petri kutuları $30\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat inkübasyona bırakılmış ve gelişen koloniler sayılmıştır (Erkaya Kotan ve ark., 2017).

Koliform bakteri sayısı

Koliform bakteri sayısının belirlenmesinde Violet Red Bile Agar (VRBA) besiyeri kullanılmıştır. Ekim yapılan petriler 37°C ' de 1 gün süreyle inkübasyona bırakılmış ve oluşan kırmızı renkli koloniler sayılmıştır (Tural, 2016).

Maya- Küf Sayımı

Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC) besiyeri hazırlanarak kullanılmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan 100 μL alınmış ve drigalski spatülü yardımıyla besiyeri üzerine yayılmıştır. Petriler 25°C ' de 5-7 gün süreyle inkübasyona bırakılarak sayımlar gerçekleştirilmiştir (Tomar ve Akarca, 2019).

3.3.5.11 Duyusal analizler

Yenilebilir film çözeltisi ile kaplanmış peynir örneklerinin duyusal analizleri bölüm öğretim elemanları ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan 10 adet panelist tarafından yapılmıştır. Rastgele kodlanan örnekler panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirmede kullanılan form Çizelge 3.5'te verilmiştir

(Erkaya Kotan ve ark., 2017). Duyusal analiz için hazırlanan görsel Şekil 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.5 Duyusal Analiz Test Formu

NİTELİK	PUAN
RENK-GÖRÜNÜŞ	5 (ÇOK İYİ): Düzgün ve pürüzsüz görünümde; lekesiz; parlak renginde; homojen renk dağılımı. 4 (İYİ): Düzgün ve pürüzsüz görünümde; lekesiz; homojen renk dağılımı. 3 (AZ KUSURLU): Düzgün olmayan; pürüzlü görünümde; az sayıda lekeli; hafif gözenek ve çatlak içeren; renkte sapmalar. 2 (KUSURLU): Düzgün olmayan ve pürüzlü görünümde; lekeli, çok sayıda gözenek ve çatlak içeren; değişik renk. 1 (ÇOK KUSURLU): Düzgün olmayan; çok pürüzlü görünümde, çok lekeli; aşırı derecede gözenek veya çatlak içeren; kabul edilemeyecek renk oluşumları (yeşil, kırmızı vb.).
DOKU	5 (ÇOK İYİ): Taze Kaşar peynirine özgü sertlikte olan; ağızda sığışmayan; kırılman olmayan, hafif elastik. 4 (İYİ): Kabul edilebilir sertlikte, ağızda sığışmayan; kırılman olmayan, hafif elastik. 3 (AZ KUSURLU): Hafif sert veya hafif yumuşak, ağızda hafif sığışan; hafif kırılman veya elastik. 2 (KUSURLU): Sert veya yumuşak; ağızda sığışan; belirgin derecede kırılman veya lastiğimsi. 1 (ÇOK KUSURLU): Ekmeğe sürülebilecek kadar yumuşak ya da bıçakla güçlüklerle kesilebilecek derecede sert olan; ağızda aşırı sığışan; aşırı kırılman.
TAT-AROMA	5 (ÇOK İYİ): Kendine özgü tipik taze Kaşar peyniri lezzetinde veya hoş a giden baharat tadında. 4 (İYİ): Kendine özgü lezzette- hafif hissedilen baharat tadında. 3 (AZ KUSURLU): Peynir tadını kısmen engelleyen hoş a giden keskin tat. 2 (KUSURLU): Acımsı; belirgin okside lezzet; yabancı lezzet; hoş a gitmeyen tat. 1 (ÇOK KUSURLU): Aşırı derecede acımsı veya yabancı lezzet; aşırı okside lezzet; kabul edilemez tat.
KOKU	5 (ÇOK İYİ): Kendine özgü tipik Kaşar peyniri kokusu-hoş a giden baharat kokusu. 4 (İYİ): Kendine özgü koku-hafif hissedilen baharat kokusu. 3 (AZ KUSURLU): Peynir kokusunu baskılayan koku veya kısmen kabul edilebilir peynir kokusu. 2 (KUSURLU) Belirgin hoş a gitmeyen koku. 1 (ÇOK KUSURLU) : Kabul edilemez keskinlikte koku.

3.3.6 İstatistiksel Analizler

Analizler sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS paket programı (sürüm 21.0) kullanılarak gerçekleştirilmiş, farklılıkları belirlemek için varyans analizi yapılmış ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar Duncan testine tabi tutulmuştur ($\alpha = 0.05$).



Şekil 3.7 Duyusal Analiz Sunum Görseli

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Meyve Suyu Ekstraktlarında Yapılan Analizler

Tüm meyve suyu ekstraktlarının suda çözünür kurumadde değerleri 30°Bx olacak şekilde ayarlanmıştır.

Meyve suyu ekstraktlarının titrasyon asitliği (% TA), pH ve renk değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına ait varyans analiz tablosu Ek 1’de sunulmuştur. Ekstraktların pH değerleri 3.81 ile 5.25 arasında değer almıştır. Kokulu kara üzümünden elde edilen meyve suyu ekstraktı en düşük pH değerine sahip olurken, beyaz üzümünden elde edilen ekstraktta en yüksek pH değeri ölçülmüştür. Meyve suyu ekstraktları arasında pH değeri açısından $p < 0.05$ önemlilik düzeyinde farklılıklar bulunmuştur. Akşehir, (2013) film yapımında kullandıkları dut pekmezlerinin pH değerlerini 4.1 ve 5.2 olarak tespit etmişlerdir. Erbil, (2020) yaptığı üzüm pekmezi çalışmasında 4.06-5.71 arasında pH değerleri belirlemişlerdir. Bu değerler çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.1 Meyve Suyu Ekstraktlarına Ait Analiz Sonuçları

Meyve Suyu Ekstraktları	pH	% TA	L^*	a^*	b^*
Beyaz üzüm	5.25 ± 0.01^a	0.17 ± 0.03^c	38.17 ± 0.01^a	-0.99 ± 0.02^c	8.15 ± 0.01^b
Kokulu kara üzüm	3.81 ± 0.09^c	0.82 ± 0.03^a	23.43 ± 0.02^c	6.05 ± 0.02^b	0.68 ± 0.02^c
Güz yemişi	4.22 ± 0.04^b	0.57 ± 0.03^b	33.89 ± 0.10^b	21.63 ± 0.07^a	14.09 ± 0.1^a

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

^{a-c} harfleri meyve suyu ekstraktları arasında farklılık olduğunu gösterir ($p < 0.05$).

%TA: Titrasyon asitliği

Meyve suyu ekstraktlarının % titrasyon asitliği değerlerinin 0.17 ile 0.82 arasında değiştiği Çizelge 4.1’den görülmektedir. pH değeri düşük olan kokulu kara üzüm ekstraktı daha yüksek % titrasyon asitliği değerine sahip olduğu görülürken, en yüksek pH değerine sahip beyaz üzüm ekstraktının en düşük % titrasyon asitliği değeri aldığı görülmektedir. Meyve suyu ekstraktları arasındaki % titrasyon asitliği değer farklılığı istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Rezaei ve ark., (2020) üzüm şirasından elde ettikleri pekmezde %0.37 asitlik değeri saptamışlardır.

Meyve suyu ekstraktları arasında L^* değerleri açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır ($p < 0.05$). L^* değeri parlaklığın bir ölçüsü olup, en yüksek değeri beyaz üzüm suyu ekstraktında belirlenmiş ve onu güz yemişi takip etmiştir. Kokulu

kara üzüm suyu ekstraktının L^* değeri ise diğerlerinden oldukça düşük bulunmuştur. Kaya ve Belibağlı, (2002) Gaziantep pekmezlerinin L^* değerini 26.15 olarak saptamışlardır. Çalışmamızda beyaz üzüm suyu ekstraktının a^* değeri en düşük bulunmuştur. En yüksek a^* değeri güz yemişi ekstraktında görülmüş ve karışım daha kırmızı algılanmıştır. a^* değerleri açısından örnekler arasında farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Tunç ve ark., (2022) üzüm şirasından elde ettikleri pekmezde -0.67 a^* değeri saptamışlardır. Çalışmamızda beyaz üzüm suyu ekstraktının a^* değeri -0.99 olarak bulunmuştur.

Örneklerin b^* değerleri 0.68-14.09 arasında değerler almışlardır. Sarılık değeri açısından en iyi sonucu güz yemişi ekstraktı göstermiştir. Kokulu kara üzüm ekstraktı en düşük b^* değerini almıştır. b^* değeri açısından örnekler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılık bulunmaktadır.

4.2 Kekik Uçucu Yağında Yapılan Analizler

4.2.1 Antioksidan Kapasite

Kekik yağının antioksidan kapasitesi % DPPH yöntemiyle belirlenmiştir. Antioksidan kapasite değeri 65.30 ± 0.50 olarak tespit edilmiştir. Bu değer kekik uçucu yağının antioksidan kapasitesinin oldukça iyi olduğunun göstergesidir. Alsaraf ve ark., (2020) kekik uçucu yağının % DPPH yöntemiyle belirledikleri antioksidan aktivitesini 71.57 olarak rapor etmişlerdir ve bu durumu kekiğin ana fenolik bileşeni olan karvakrole bağlamışlardır. Mutlu-Ingok ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada kekik uçucu yağının antioksidan aktivitesini 56.20 olarak tespit etmişlerdir. Bu değerler çalışmamıza benzer bulunmuştur.

Fonseca ve ark., (2020) kekik uçucu yağının antioksidan kapasitesini % DPPH üzerinden 83.00 olarak tespit etmiştir. Bu değer çalışmamızdan yüksek bulunması, kekik uçucu yağının alındığı kaynağa göre farklılık gösterebileceği, aktif madde konsantrasyonlarına bağlı olarak antioksidan kapasitesinin değişebileceği sonucuna bağlanabilmektedir.

4.2.2 Antimikrobiyal Aktivite

Kekik uçucu yağı, yapısındaki fenolik bileşiklerin (timol ve karvakrol) varlığından kaynaklanan etkili bir esansiyel yağ olarak kabul edilir ve iyi bir antimikrobiyal yeteneğe sahiptir (Emiroğlu ve ark., 2010). Kekik uçucu yağı ve

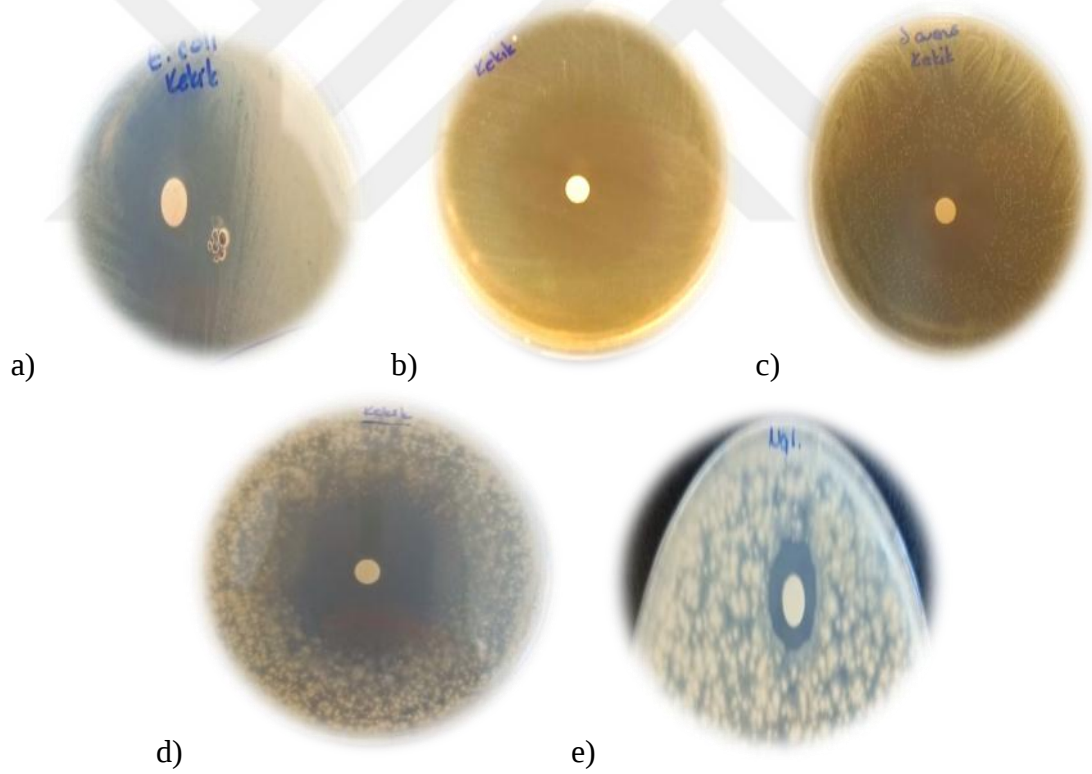
natamisinin inhibisyon çapları izelge 4.2’de ve görüntüleri ise Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Kekik Uçucu Yağı ve Natamisin Mikroorganizmalar zerindeki Inhibisyon çapları (mm)

	<i>E. coli</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>S. auerus</i>	<i>Asp. flavus</i>
Kekik Uçucu Yağı	31.50 ± 1.83	42.70 ± 1.97	29.05 ± 1.48	47.55 ± 4.45
Natamisin	-	-	-	13.75 ± 1.34

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Kekik uçucu yağı ve natamisin antimikrobiyal aktiviteleri disk yöntemi ile belirlenmiştir. Kekik uçucu yağı *E. coli*, *L. monocytogenes* ve *S. auerus* bakterileri üzerinde etkili iken, natamisin bu bakteriler üzerine etkili olamamıştır. Natamisin gıdalarda maya-küf gelişimine engel olduğu ancak bakteriler üzerinde etkili olmadığı bilinmektedir (ztrk ve ark., 2006; Yılmaz ve Kurdal, 2005).



Şekil 4.1 Kekik Uçucu Yağının ve Natamisin Antimikrobiyal Aktiviteleri (Kekik uçucu yağının a: *E.coli*, b: *L. monocytogenes*, c: *S.auerus* ve d: *Asp. flavus* zerine etkisi, e: natamisin *Asp. flavus* zerine etkisi)

Kekik uçucu yağı ve natamisin *Asp. flavus* üzerine etkili olmuştur. Kekik uçucu yağının inhibisyon çapı 47.55 mm olurken, natamisinin inhibisyon çapı 13.75 mm olmuştur. Kekik uçucu yağı *A.flavus* üzerine antifungal etkisi natamisinden oldukça yüksek bulunmuştur. György ve ark., (2023) kekik uçucu yağının *S. auerus* üzerine 32 mm ve *E.coli* 12.4 mm inhibisyon çapına sahip olduklarını belirtmişlerdir. Alsaraf ve ark., (2020) kekik uçucu yağının antimikrobiyal aktivitesinin *S. auerus* üzerine 24 mm ve *E. coli* üzerine 36 mm inhibisyon çapı ölçmüşlerdir. Bu değerler çalışmamızla paralellik göstermektedir.

4.3 Film Analizleri

Film örneklerine ait analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. Analizlere ait varyans analiz tablosu Ek 2’de sunulmuştur.

4.3.1 Nem Oranı

Filmlerde bulunan su miktarı, filmlerin hidrofobikliğinin bir göstergesidir, dolayısıyla hidrofilik filmler daha yüksek nem içeriğine sahiptir (Bourbon ve ark., 2011). Üzümsü meyve ekstraktlarından üretilen yenilebilir film örneklerinin % nem oranları Çizelge 4.3’de ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Filmlerin % nem oranı %22.32 ile %25.31 arasında değişmiştir. En yüksek % nem oranı %50 gliserol içeren beyaz üzüm ekstraktı içeren filmde (B) tespit edilirken, en düşük nem oranı %30 gliserol içeren güz yemişi ekstraktından üretilen filmde (G) görülmüştür.

Çizelge 4.3 Film Örneklerinin % Nem Oranları

	Gliserol Oranı (%)		
	30	40	50
B	23.81 ± 1.39	23.96 ± 0.99	25.31 ± 0.39
K	24.65 ± 2.09	24.48 ± 1.35	25.16 ± 1.19
G	22.32 ± 1.59	24.02 ± 2.34	22.91 ± 1.61

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

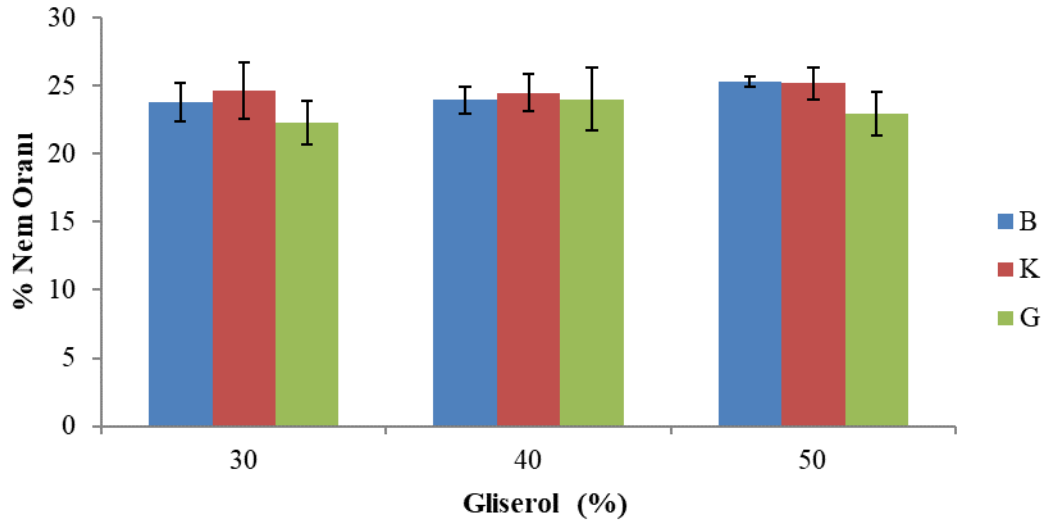
B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi meyvesi ekstraktından elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Filmlerde genel olarak gliserol oranına bağlı olarak az da olsa bir artış görülmüş, ancak bu artış istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Gliserol oranının artışına bağlı olarak, nem oranının artışı Tural (2016) yaptığı çalışmada belirtmiştir. Venkatachalam ve ark., (2023) yaptıkları yenilebilir film çalışmasında gliserol oranının artışının filmlerde % nem oranını artırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Rangel-Marrón ve ark., (2014) iki farklı uygulama ile elde ettikleri aljinat

filmlerde % nem oranının gliserol oranına bağı olarak arttığını rapor etmişlerdir. Singh ve ark., (2015) plastikleştirici (gliserol) konsantrasyonundaki artışın, bitişik makromoleküller arasındaki kuvvetlerin azalmasına katkıda bulunan yüksek higroskopik karakterinden dolayı filmin nem içeriğini arttırdığını gözlemlediklerini belirtmişlerdir.

Aynı gliserol oranında farklı meyve suyu ekstraktlarından elde edilen filmler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Norajit ve ark., (2010) aljinattan elde ettikleri yenilebilir filmlerin % nem değerlerini %23.90 ile %29.64 arasında bulmuşlardır. Bu değerler çalışmamızla benzerlik göstermiştir.

Dick ve ark., (2015) chia tohumu müsilaından (CM) elde ettikleri yenilebilir filmlerde ideal gliserol konsantrasyonunu saptamak için yaptıkları çalışmalarında film oluşturuu çözeltilere dahil edilen gliserolun, filmlerin esnekliğini geliştirdiğini ve filmler için etkili gliserol konsantrasyonun %25-75 (w/w, CM ağırlığına göre) arasında olması gerektiğini rapor etmişlerdir. Gliserol konsantrasyonunun %25'ten %75'e (w/w) arttırılması , %18.18 ile %41.88 arasında değişen CM filmlerin nem içeriğini ($p<0.05$) önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.2 Film Örneklerinin % Nem Oranları

Jouki ve ark., (2014) çalışmalarında tere tohumu sakızı (CSG) kullandıkları filmlerinde %0-25-35-50 gliserol oranlarına bağı olarak filmlerin % nem oranlarının %15.45-18.78 arasında değiştiğini, gliserol konsantrasyonun %25'ten %35'e ve

ardından %50'ye (w/w) yükseldiğinde, gliserolün su tutma kapasitesi nedeniyle CSG bazlı filmlerin nem içeriği önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir.

4.3.2 Kalınlık

Yenilebilir filmlere ait film kalınlıkları (mm) Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.4 Film Örneklerinin Kalınlıkları (mm)

	Gliserol Oranı (%)		
	30	40	50
B	0.180 ± 0.019	0.175 ± 0.017	0.170 ± 0.221
K	0.152 ± 0.015	0.149 ± 0.019	0.151 ± 0.009
G	0.156 ± 0.016	0.149 ± 0.008	0.144 ± 0.008

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

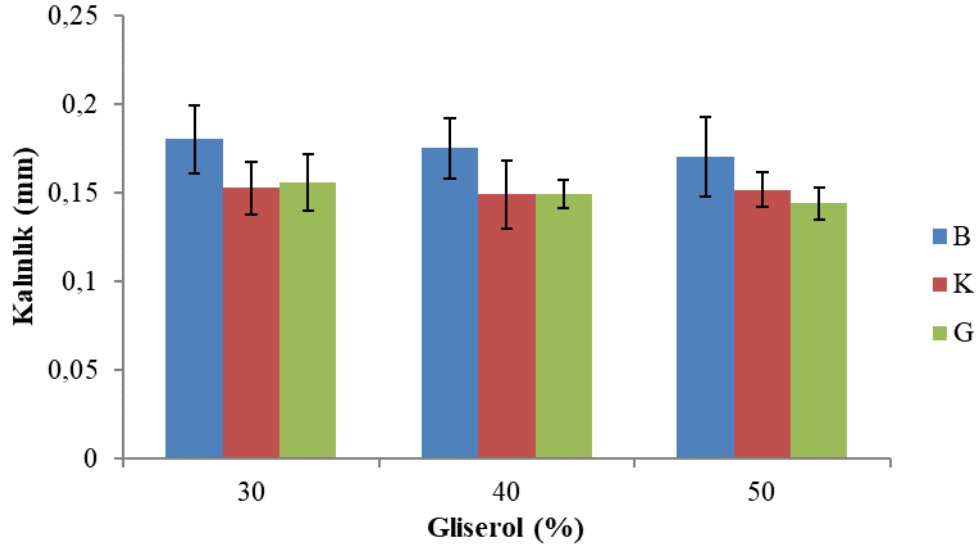
B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi ekstraktından elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Film örneklerinin kalınlık değeri 0.144 ile 0.180 mm arasında değişmiştir. En yüksek kalınlık B filminde belirlenirken, en düşük kalınlık ise G filminde tespit edilmiştir. Film kalınlıkları genel olarak gliserol oranı artışıyla beraber düşmüştür, ancak bu düşüş istatistiksel açıdan önemli olmamıştır ($p>0.05$). Othman ve ark., (2022) gliserol oranının artışıyla ilgili olarak film kalınlıklarının arttığını belirtmişlerdir ve bu durumu gliserolün suda kolay çözünmesi ile beraber film çözeltisi viskozitesini artırmasına bağlamışlardır.

Yapılan bir çalışmada chia tohumu müsilaajından üretilen filmlerde, 0.054 ile 0.060 mm aralığında kalınlık değerlerine sahip olduğu ve filmlerin hazırlanması sırasında gliserol konsantrasyonunun artırılmasının, elde edilen filmlerin kalınlığında önemli farklılıklara ($p>0.05$) neden olmadığı belirtilmiştir (Dick ve ark., 2015). Sinaga ve ark., (2013) soya fasulyesinden ürettikleri %4-10 gliserol varyasyonlu filmlerinde 0.173-0.294 mm arası kalınlık ölçtüklerini bildirmişlerdir. Film türleri arasındaki kalınlık farkları, film formüllerinin bileşiminden kaynaklanabilmektedir.

B, K ve G filmlerinin aynı gliserol oranları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Norajit ve ark., (2010) yenilebilir film kalınlıklarını 0.070-0.132 mm arasında ölçmüşlerdir. Akşehir, (2013) akdut ve karadut pekmezinden elde ettiği aljinat filmlerinin kalınlık değerinin 11.16-25.33 μm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu değerler bizim çalışmamızdan düşük bulunmuştur.

Film kalınlıklarının farklı olması, film çözeltisini kurutma işleminde kullanılan petri ya da teflon kalıpların çapı ve döküm ağırlığının farklı olmasıyla açıklanabilmektedir.



Şekil 4.3 Film Örneklerinin Kalınlıkları (mm)

4.3.3 Optik özellikler

4.3.3.1 Renk

Filmlere ait renk değerleri L^* (açıklık-koyu), a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) olarak ifade etmektedir (Kuan ve ark., 2020). Film örneklerine ait renk değerleri Çizelge 4.5 ve Şekil 4.4'te verilmiştir.

Filmlerin L^* değerleri 26.74-28.77 arasında değişmiştir. En yüksek L^* değerine B filmi sahip olurken, en düşük L^* değerine K filmi sahip olmuştur. L^* değerleri gliserol oranına bağlı olarak değişmiştir, ancak bu değişiklik tüm filmler için önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Gliserol oranının artması filmlerde L^* değerlerini etkilememiştir.

%30 ve %50 gliserol oranına sahip filmler arasında (B, K ve G) istatistikî açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Örnekler arasındaki bu farklılığa filmlerin üretildiği hammadde farklılığı sebep olmuştur. L^* değerleri tüm gliserol oranlarında büyükten küçüğe B, G ve K olarak sıralanmıştır. Sonuçlar, film görüntüleri ile karşılaştırıldığında (Şekil 3.3) bu durumu desteklemektedir.

Akşehir, (2013) ak dut ve kara dut pekmezlerinden elde ettiği aljinat filmlerde L^* değerlerini 80.85 ile 89.67 arasında bulmuşlardır ve pekmez miktarının artışının

L^* değerlerinin azalttığını bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada aljinatlı filmlerde 77.22-86.46 arasında L^* değerleri bulduklarını rapor etmişlerdir (Rahmani ve ark, 2017). Bizim çalışmamızdaki filmler bu çalışmadaki filmlere göre oldukça düşük parlaklığa sahip olmuştur. Buradaki temel neden film çözeltisinin içerisine katılan hammaddelerin filmlerde parlaklık üzerine olan etkisidir. Rangel-Marrón ve ark., (2014) aljinatlı filmlerinde 21.60-21.96 arasında L^* değerleri kaydetmişlerdir ve bu değerler bizim çalışmamızdan düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.5 Film Örneklerinin Renk Değerleri

		Gliserol Oranı (%)		
		30	40	50
L^*	B	28.77 ± 0.01 ^{aA}	28.74 ± 0.04 ^{aA}	28.77 ± 0.01 ^{aA}
	K	26.74 ± 0.16 ^{aC}	27.83 ± 1.34 ^{aA}	26.75 ± 0.15 ^{aC}
	G	28.04 ± 0.07 ^{aB}	28.10 ± 0.11 ^{aA}	28.31 ± 0.08 ^{aB}
a^*	B	-0.34 ± 0.01 ^{aB}	-0.36 ± 0.05 ^{aB}	-0.34 ± 0.01 ^{aC}
	K	3.34 ± 0.07 ^{aA}	3.26 ± 0.06 ^{aA}	3.27 ± 0.06 ^{aB}
	G	3.24 ± 0.30 ^{aA}	3.44 ± 0.29 ^{aA}	3.44 ± 0.02 ^{aA}
b^*	B	0.66 ± 0.02 ^{aB}	0.57 ± 0.07 ^{aB}	0.68 ± 0.04 ^{aC}
	K	1.06 ± 0.04 ^{abB}	1.00 ± 0.05 ^{bbB}	1.14 ± 0.03 ^{aB}
	G	6.84 ± 0.27 ^{aA}	7.37 ± 0.37 ^{aA}	7.17 ± 0.16 ^{aA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

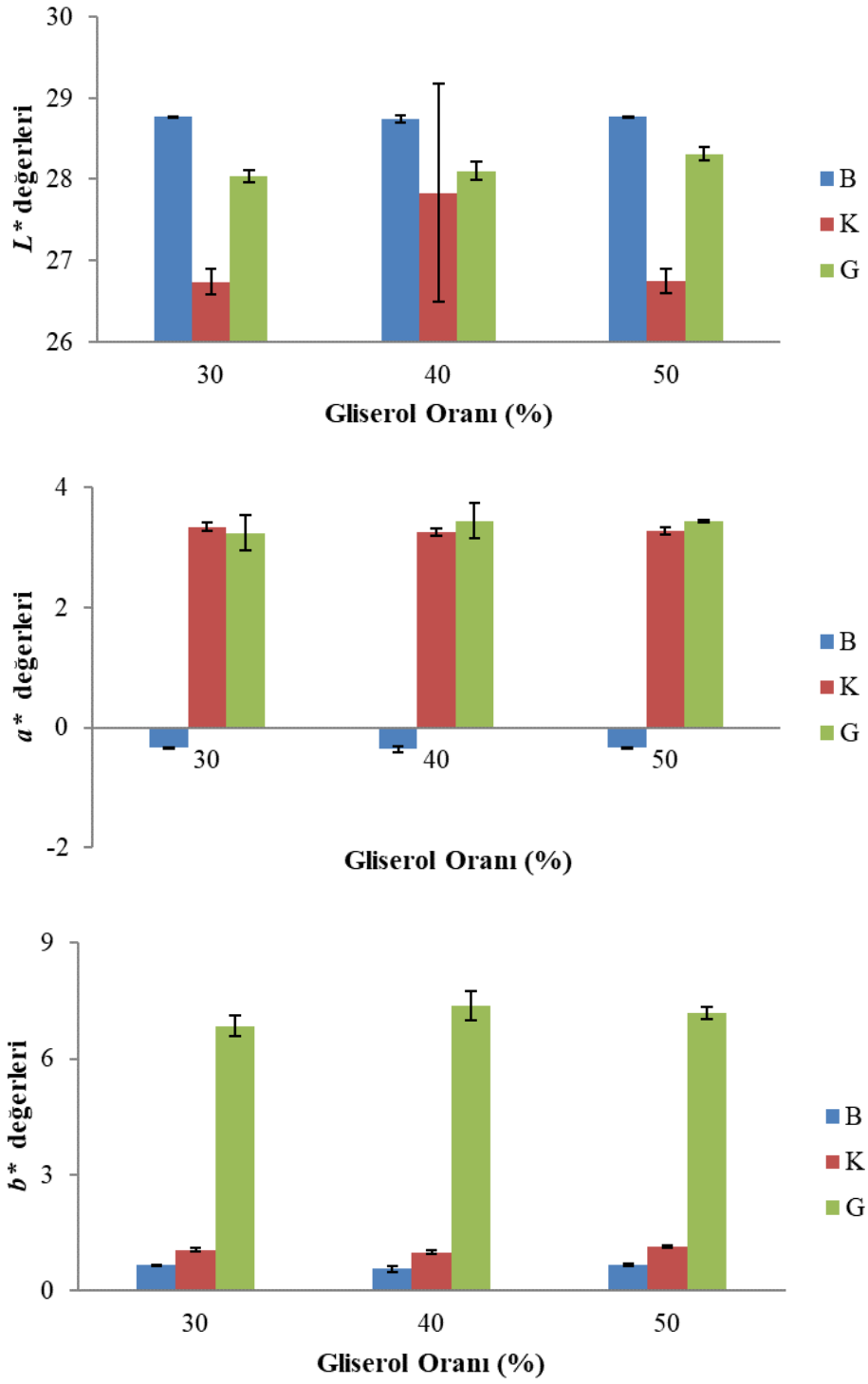
^{a-b}: Aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-C}: Aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi meyvesi ekstraktından elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Filmlerin a^* değerleri -0.36 ile 3.44 arasında değişmiştir. Film örneklerinin a^* değerleri gliserol oranının artmasından etkilenmemiştir ($p > 0.05$). Aynı gliserol oranlarında en yüksek a^* değeri G örneğinde görülürken en düşük a^* değeri ise B örneği sahip olmuştur. Bu farklılık istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Yapılan bir yenilebilir film çalışmasında -0.86 ile 1.92 arasında a^* değerleri rapor edilmiştir (Haghighi ve ark., 2019). Kuan ve ark., (2020) çalışmalarında filmlerinin a^* değerlerini -0.52 ile 0.11 arasında tespit etmişlerdir.

b^* değerleri film örneklerinde 0.57-7.37 arasında değişmiştir. Gliserol oranının artması b^* değerleri üzerinde önemli etki oluşturamamıştır ($p > 0.05$). G örneği tüm gliserol oranlarında en yüksek b^* değerine sahip olurken, B örneği en düşük b^* değerini almıştır ($p < 0.05$). Bu farklılık örneklerde kullanılan meyve suyu ekstraktlarının farklı renk bileşikleri içermesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.4 Film Örneklerinin Renk Değerleri

Haghighi ve ark., (2019) yaptıkları yenilebilir film çalışmasında b^* değerlerini 2.16-7.97 arasında tespit etmişlerdir. Kuan ve. ark., (2020) aljinatlı filmlerinde b^* değerlerini 0.27-5.31 olarak rapor etmişleridir. Bu değerler çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Jouki ve ark., (2014) yenilebilir filmlerinin

*b** değerlerinin artan gliserol konsantrasyonuna göre 3.89-5.29 arasında değerler aldığını bildirmişlerdir. Filmlerin genel renginin gliserol ilavesi ile açıldığını ve bu nedenle, filmlere plastikleştirici eklenmesinin, optik özelliklerini iyileştirdiğini rapor etmişlerdir.

4.3.3.2 Opaklık

Filmlerin opaklık değerleri Çizelge 4.6’da ve Şekil 4.5’te verilmiştir. Film örneklerinin opaklık değerleri 0.837 ile 5.725 arasında değişmiştir. Filmlerde gliserol oranındaki artışa bağlı olarak opaklık değerleri azalmıştır. Bu azalış G örneği için istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Gliserol molekülleri şeffaf yapısından dolayı, çözeltideki oranının artmasına bağlı olarak filmleri daha şeffaf hale getirmiştir (Tural, 2016). Filmlerin opaklık değeri ne kadar büyükse, ışık geçirgenlikleri o derece düşük olmaktadır.

Çizelge 4.6 Film Örneklerinin Opaklık Değerleri

	Gliserol Oranı (%)		
	30	40	50
B	1.005 ± 0.158^{aC}	0.972 ± 0.090^{abC}	0.837 ± 0.108^{bC}
K	2.853 ± 0.346^{aB}	2.605 ± 0.295^{aB}	2.633 ± 0.280^{aB}
G	5.725 ± 0.180^{aA}	4.680 ± 0.271^{bA}	4.574 ± 0.465^{bA}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

^{a-b}: Aynı satırdaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

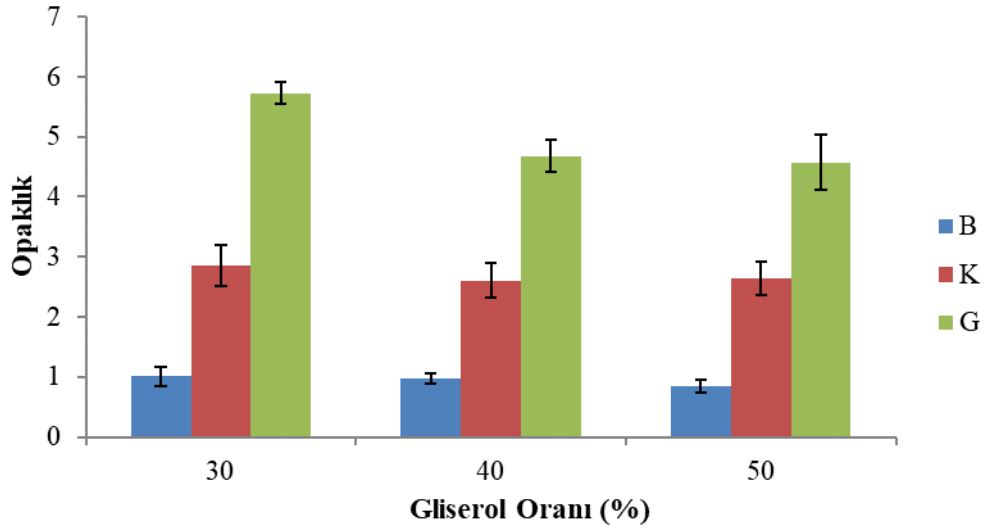
^{A-C}: Aynı sütundaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi meyvesi ekstraktından elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Aynı gliserol oranındaki filmler arası farklılık önemli bulunmuştur ($p<0.05$). En yüksek opaklık değerine G örneği sahiptir, onu K ve B örneği takip etmektedir. Bu farklılık, film hazırlamada kullanılan meyve ekstraktlarının film çözeltilerinde meydana getirdiği renklerin yoğunluğundan kaynaklanmaktadır.

Yapılan bir çalışmada kara dut pekmezi eklenmiş aljinat çözeltisinden elde edilen yenilebilir filmlerde opaklık değerleri 2.00 ile 5.47 arasında değişmiştir (Akşehir, 2013) ve bu değerler çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Norajit ve ark., (2010) aljinat katılarak üretilen filmlerde opaklık değerlerini 0.88 olarak, Gingseng özütü ve aljinat katılarak üretilen filmlerde ise 1.06 ile 1.39 arasında belirlemiştir.

Khairunnisa ve ark., (2018) gliserol konsantrasyonunun yenilebilir filmlerin şeffaflığı üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu, yenilebilir filmlerin opaklık değerlerinin 1.66 ± 0.12 ile 2.0 ± 0.09 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, gliserol ilavesi yüzdesindeki artış, şeffaflık değerlerinin de artmasına neden olmuştur.



Şekil 4.5 Film Örneklerinin Opaklık Değerleri

4.3.4 Suda Çözünürlük

Film örneklerinin % suda çözünürlük değerleri Çizelge 4.7’de ve Şekil 4.6’da verilmiştir. Yenilebilir filmlerin gıda ambalajlamasına uygunluğunda, suda çözünürlük değerlerinin düşük olması istenir. Gıdanın su ile teması halinde kalitesinin korunması, düşük suda çözünürlük ve yüksek su direnci ile mümkün olmaktadır (Othman ve ark., 2022).

Çizelge 4.7 Film Örneklerinin Suda Çözünürlük Değerleri (%)

	Gliserol Oranı (%)		
	30	40	50
B	61.41 ± 5.82	63.59 ± 4.31	67.73 ± 1.52^A
K	61.44 ± 3.46	63.74 ± 2.58	63.92 ± 2.90^A
G	58.13 ± 4.83	57.48 ± 3.21	51.91 ± 2.91^B

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

^{A-B}: Aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

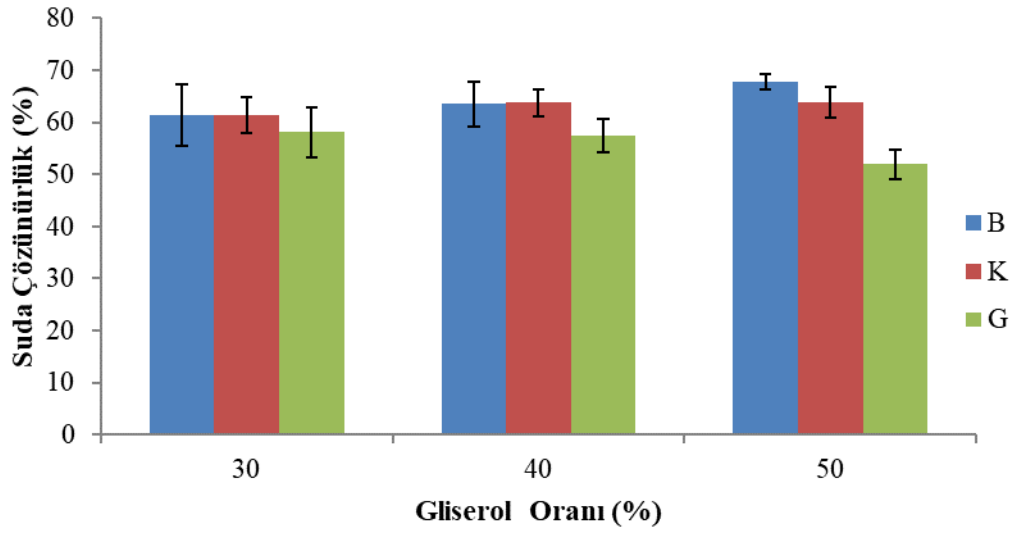
B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi meyvesi ekstraktından elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Filmlerin % suda çözünürlük değerleri %51.91 ile %67.73 arasında değişmiştir. En yüksek suda çözünürlük değeri %50 gliserol oranı içeren B filminde görülürken, en düşük suda çözünürlük değeri %50 gliserol içeren G filminde tespit edilmiştir. Gliserol oranının artması B ve K filmlerinde çözünürlüğü artırırken, G filminde düşürmüştür. Bu durum tüm filmlerde önemsiz olarak belirlenmiştir ($p>0.05$). %30 ve %40 gliserol oranında B, K ve G filmlerinde önemli farklılıklar tespit edilmemiştir ($p>0.05$). %50 gliserol oranında en düşük suda çözünürlük değeri G filminin olmuş, B ve K filmlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

Praseptianga ve ark., (2022) farklı konsantrasyonlarda bal kullanarak elde ettikleri yenilebilir filmlerinde % suda çözünürlük değerlerini %56.55 ile %75.82 arasında hesaplamışlardır. Kullandıkları bal konsantrasyonu artışına bağlı olarak % suda çözünürlük değerinin arttığını bildirmişlerdir.

Akşehir, (2013)'in pekmezden üretilen aljinat katkılı yenilebilir filmlerindeki % suda çözünürlük değerleri (%60.50-65.95) çalışmamızla paralellik göstermektedir. Othman ve ark., (2022) filmlerinin suda çözünürlük değerlerinin en düşük %40.15, en yüksek %84.66 olarak tespit edildiğini rapor etmişlerdir. Gliserol oranının artışına bağlı olarak suda çözünürlük değerlerinin arttığını gözlemlemişlerdir. Norajit ve ark., (2010) aljinattan üretilen filmlerinin suda çözünürlük değerlerinin %77.77 ile %95.58 arasında tespit etmişlerdir. Bu değerler çalışmamızdaki değerlerden oldukça yüksek bulunmuştur. Bu duruma, film çözeltilisine katılan meyve suyu ekstraktlarının suda çözünürlük değerleri üzerinde azalmaya sebep olduğu söylenebilmektedir.

Jouki ve ark., (2014) çeşitli konsantrasyonlarda gliserol ile plastikleştirilen polisakkarit filmlerinin çözünürlüğünün %48.30'dan %54.12'ye önemli ölçüde ($p<0.05$) arttığını bildirmişlerdir. Bu durumu gliserolün, hidrofilik doğası nedeniyle biyopolimer molekülleri arasındaki etkileşimleri azaltabilmesi ve polimer moleküllerine su bağlamak için daha yüksek afinite vererek çözünürlüğü artırabildiği şeklinde açıklamışlardır. En yüksek çözünürlük değerini, formülasyonda en yüksek gliserol konsantrasyonu (%50 w/w) kullandıklarında elde etmişlerdir.



Şekil 4.6 Film Örneklerinin Suda Çözünürlük değerleri (%)

4.3.5 Su Buharı Geçirgenliği

Su buharı geçirgenliği yenilebilir film uygulamalarında önemli bir kriterdir. Gıdalarda nem geçişini azaltmak için düşük olması istenmektedir. Su buharı geçirgenliği ürünün taze kalmasının yanı sıra, mikrobiyolojik gelişme üzerine de etkisi bulunmaktadır (Kopacic ve ark., 2018). Film örneklerinin su buharı geçirgenliği (SBG) değerleri Çizelge 4.8’de ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Film Örneklerinin Su Buharı Geçirgenliği (SBG) Değerleri (g.mm/m².h.kPa)

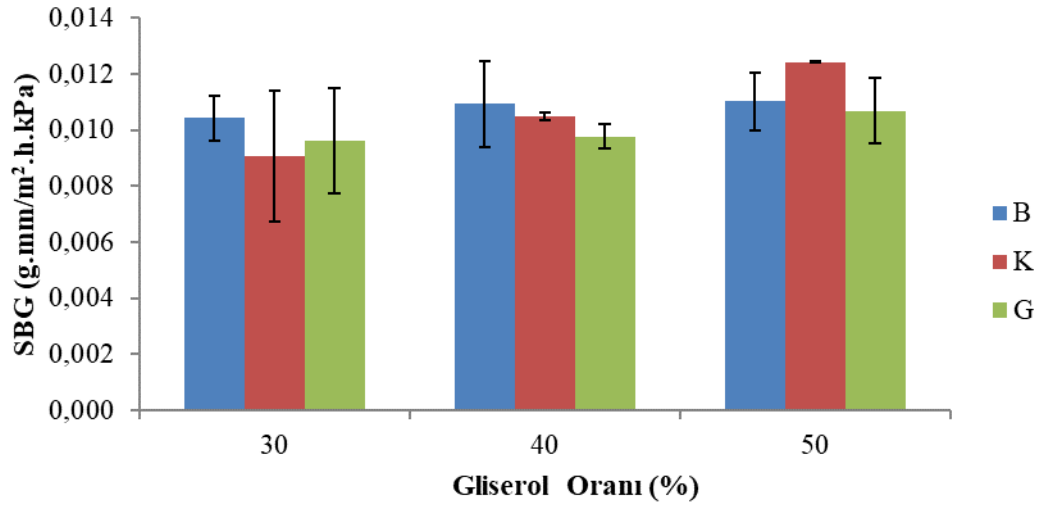
	Gliserol Oranı (%)		
	30	40	50
B	0.0104±0.0008	0.0109±0.0015	0.0110±0.0010
K	0.0091±0.0023	0.0105±0.0001	0.0124±0.0001
G	0.0096±0.0018	0.0098±0.0004	0.0107±0.0011

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi meyvesi ekstraktından elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Çalışmamızda elde ettiğimiz filmlerin su buharı geçirgenliği değerleri 0.0091 ile 0.0124 g.mm/m².h.kPa arasında değişmiştir. En düşük SBG değeri K filminin %30 gliserol içeren örneğinde görülürken, en yüksek SBG değeri yine K filminin %50 gliserol içeren konsantrasyonunda tespit edilmiştir. Filmlerde gliserol oranı artmasıyla birlikte su buharı geçirgenlikleri artmıştır ancak bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05).

Aynı gliserol oranlarında, farklı meyve ekstraktlarından üretilen filmler arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Bu çalışma değerleri Akşehir, (2013)'in pekmez katkılı aljinat filmlerinde bulduğu değerlerden ($0.0025-0.0065 \text{ g.mm/m}^2\text{.h.kPa}$) yüksek bulunmuştur. Bu durum analize tabii tutulan filmlerin kalınlıklarının farklı olmasıyla açıklanabilmektedir. Norajit ve ark., (2010) elde ettikleri aljinat filmlerde su buharı geçirgenliği değerlerini en yüksek $0.0095 \text{ g.mm/m}^2\text{.h.kPa}$ bulmuşlardır. Bu değerler çalışmamızdaki değerlere benzerdir.



Şekil 4.7 Film Örneklerinin Su buharı Geçirgenliği (SBG) Değerleri ($\text{g.mm/m}^2\text{.h.kPa}$)

Rangel-Marrón ve ark., (2014) kuru yöntemle ürettikleri aljinat filmlerinin SBG değerlerini $0.08-13.66 \text{ g.mm/m}^2\text{.h.kPa}$ olarak bulmuşlardır ve gliserol oranının artmasıyla geçirgenlik değerlerinin de arttığını bildirmişlerdir. Aydın ve Zorlu, (2022) aljinat katkılı yenilebilir filmlerinin SBG değerlerini $0.0090-0.035 \text{ g.mm/m}^2\text{.h.kPa}$ ($2.49-9.65 \times 10^{-12} \text{ g/msPa}$) olarak tespit etmişlerdir.

Hidrofilik doğaya sahip olan aljinat, bir nem bariyeri olarak etkisiz olduğundan yenilebilir filmin geçirgenliğini genel olarak artırır (Rangel-Marrón ve ark., 2014). Ancak çalışmamızdaki filmlerde literatüre kıyasla genel olarak daha düşük SBG değerleri belirlenmiştir. Bu durumun sonucu olarak film çözeltisine meyve suyu ekstraktlarının eklenmesi, bu filmleri ambalajlama için daha uygun hale getirdiği söylenebilmektedir.

Jridi ve ark., (2020) portakal kabuğu pektini ile zenginleştirdiği yenilebilir filmlerinin SBG değerlerinin $0.55-0.73 \text{ g.mm/m}^2\text{.h.kPa}$ ($1.54-2.05 \times 10^{-10} \text{ g/msPa}$),

Sanchez ve ark., (2022) muz nişastasından elde ettikleri filmlerin su buharı geçirgenlik değerlerinin 2.81-7.6 g.mm/m²h.kPa (0.78-2.12×10⁻⁹ g/msPa) olarak tespit etmişlerdir. Chillo ve ark., (2008) tapyoka nişastası bazlı filmlerinde SBG sonuçlarının, geçirgenliğin gliserol tarafından güçlü bir şekilde etkilendiğini ve plastikleştirici konsantrasyonu arttıkça daha yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde SBG değerleri, hammaddeye bağlı olarak kullanılan gliserol oranlarına ve film kalınlıklarına göre farklılıklar göstermiştir.

4.3.6 Oksijen Geçirgenliği

Yenilebilir filmlerde oksijen geçirgenliği önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle yağ içeriği yüksek gıdalarda oksidasyondan kaynaklanan kalite kayıplarını önlemesi (Bozkurt ve ark., 2023) açısından düşük olması istenmektedir.

Filmlerin oksijen geçirgenliği (OG) değerleri peroksit sayısı üzerinden değerlendirilmiştir. İçerisinde ayçiçeği yağı bulunan cam tüplerin ağzı yenilebilir film örnekleri ile kapatılarak 10 gün boyunca 60°C’de depolanmıştır. Depolama sonrasında içerisindeki yağın peroksit sayısı hesaplanmıştır. Peroksit sayısının büyüklüğü filmin oksijen geçirgenliğinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir (Sarıcaoğlu, 2018). Film örneklerinin peroksit sayısı değerleri meq O₂/kg cinsinden Çizelge 4.9’da ve Şekil 4.8’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Film Örneklerinin Peroksit Sayısı Değerleri (meq O₂/kg)

	Gliserol Oranı (%)		
	30	40	50
B	57.27 ±1.03 ^{ab}	55.73 ±0.13 ^{abA}	53.87 ±0.31 ^{bA}
K	58.00±0.60 ^{ab}	57.57 ±1.49 ^{aA}	54.55 ±0.95 ^{aA}
G	61.82 ±0.36 ^{aA}	57.15 ±0.94 ^{bA}	55.88 ±1.27 ^{bA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^{a-b}: Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-B}: Aynı sütundaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi meyvesi ekstraktundan elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Filmlerle kapatılmış tüplerdeki yağların peroksit sayıları 53.87 ile 61.82 meqO₂/kg arasında değişmiştir. Filmle kapatılmamış yağ örneğinin peroksit sayısı ise 66.36 meqO₂/kg bulunmuştur. Film formülasyonundan bağımsız olarak depolanan yağın peroksit sayısı artar (Carpiné ve ark., 2015). Gliserol oranının artması peroksit

sayılarını düşürmüş ve bu düşüş, B ve G filmleri için önemli bulunurken ($p<0.05$), K filmi için önemsiz tespit edilmiştir ($p>0.05$).

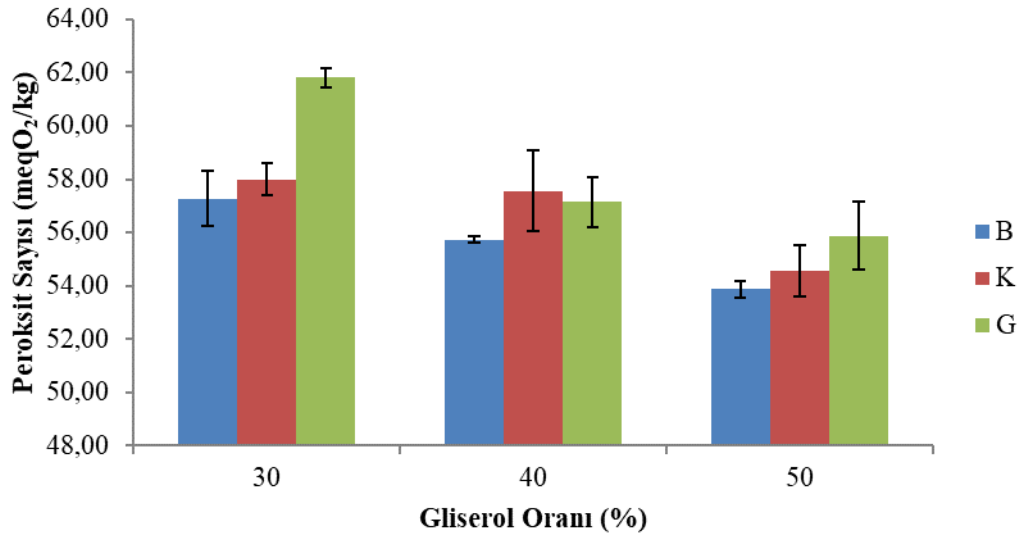
%30 gliserol oranındaki filmler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0.05$). G filmi ile kapatılan yağın peroksit sayısı 61,82 meqO₂/kg olarak tespit edilerek en yüksek değere sahip olmuştur. Bu değerle G filmi, B ve K filminden $p<0.05$ düzeyinde farklılık göstermiştir. %40 ve %50 gliserol oranlarında B, K ve G filmlerinde istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Jost ve ark., (2014) artan gliserol konsantrasyonunun filmlerin OG değerlerinin artmasına yol açtığını ancak, gliserol (ağırlıkça %20) içeren filmlerin saf aljinat filmlerinkinden daha düşük bir OG değeri gösterdiğini saptamışlardır. Cao ve ark., (2018) sinemaki sakızından üretilen gliserol içeren filmlerinde OG değerlerinin gliserol oranından etkilenmediğini bildirmişlerdir ($p>0.05$).

Carpiné ve ark., (2015) yaptıkları yenilebilir film çalışmasında kullandıkları formülasyonlar arasında oksijen geçirgenliği açısından önemli farklılık tespit etmemişlerdir. 14. gün depolamalarında yağdaki peroksit sayısını 10.65 ile 11.41 meqO₂/kg arasında rapor etmişlerdir. Bu değerler bizim çalışmamızdaki değerlerden oldukça düşük bulunmuştur. Bu durumun sebebi, yapılan bu çalışmada yağ örneğinin hızlandırılmış oksidasyona maruz bırakılmaması ve yağ örneğinin ilk gün peroksit değerinin (7.59 meq O₂/kg) düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

Al-Anbari ve ark., (2019) yaptıkları portakal kabuğu katkılı yenilebilir film çalışmasında oda koşullarında 7 günlük depolama sonucunda yağdaki peroksit sayısını 3.60-4.80 meqO₂/kg arasında tespit etmişlerdir. İlk gün yağın peroksit değeri 2.79 meqO₂/kg olarak analiz etmiş ve 7 günlük depolama sonucunda film kaplanmamış yağın peroksit değerini 10.35 meqO₂/kg olarak rapor etmiştir. Film kaplamanın yağda peroksit değerini oldukça düşürdüğünü görmüşlerdir.

Çalışmalardaki OG değerleri film örneklerinin kalınlığına, kullanılan polisakkarit farklılıklarına ve analiz uygulama koşullarına bağlı olarak farklı değerler almışlardır. Çalışmamızda kullanılan gliserol oranına bağlı olarak filmlerin OG değerlerinin düşmesi sonucunda, bu filmlerin oksidasyon riski olan gıdalarda yenilebilir kaplama olarak kullanılabilirliğini artırdığı görülmektedir.



Şekil 4.8 Film Örneklerinin Peroksit Sayısı Değerleri (meq O₂/kg)

4.3.7 Mekanik Özellikler

Yenilebilir filmlerin mekanik özellikleri doğrudan kimyasal yapılarıyla ilişkilidir (Rangel-Marrón ve ark., 2014). Gerilme (G) ve kopma uzaması (KU) değerleri yenilebilir film ve kaplamalar için kullanılan en yaygın mekanik parametrelerdir (Haghighi ve ark., 2019).

Film örneklerinin gerilme (G) değerleri Çizelge 4.10'da ve Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Film Örneklerinin Gerilme Değerleri (MPa)

	Gliserol Oranı (%)		
	30	40	50
B	4.76±0.43 ^B	4.65±1.57 ^B	4.53±0.68 ^B
K	4.24±0.59 ^B	4.16±0.69 ^B	4.17±0.64 ^B
G	7.40±1.34 ^A	7.13±1.44 ^A	6.92±1.40 ^A

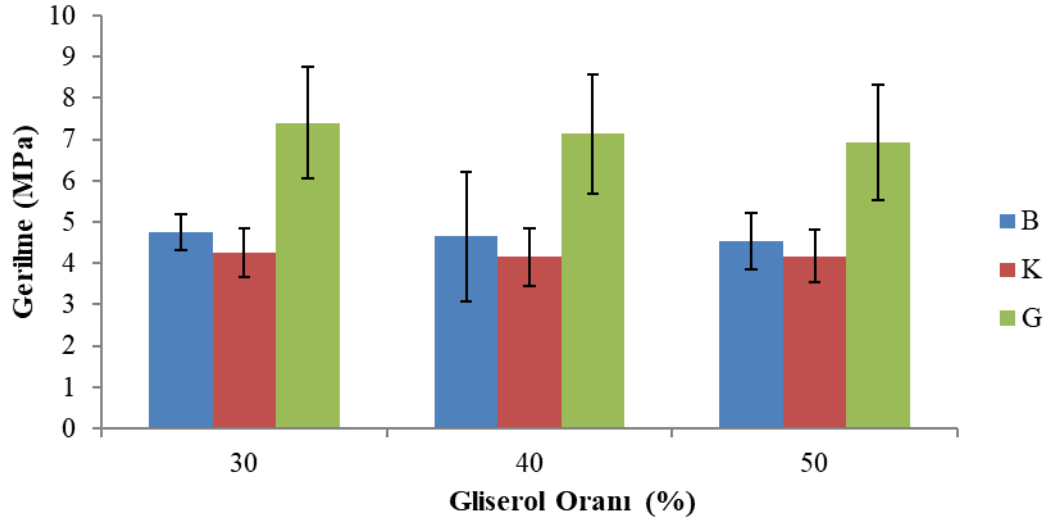
Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^{A-B}: Aynı sütundaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi meyvesi ekstraktından elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Film örnekleri 4.16 ile 7.40 MPa arasında gerilme değerleri almışlardır. Gliserol oranının artması gerilme değerlerinin düşüşüne neden olmuştur, ancak bu düşüş istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (p>0.05). Rangel-Marrón ve ark., (2014) yaptıkları çalışmada kuru metotla ürettikleri yenilebilir filmlerin gerilme değerlerini 16.36-44.07 MPa arasında tespit etmişlerdir ve gliserol oranı artışına bağlı olarak gerilme değerlerinin düştüğünü rapor etmişlerdir. Bu duruma filmlerin

kalınlıkları ve kullanılan hammadde çeşitliği sebep olabilmektedir. Gliserol plastikleştirici etkisinden dolayı miktarının artışı, gerilme değerlerini düşürmüştür (Sarıcaoğlu, 2018).



Şekil 4.9 Film Örneklerinin Gerilme Değerleri (MPa)

Bütün gliserol oranlarında G filmi B ve K filminden daha yüksek gerilme değerlerine sahip olmuştur. Bu durum $p < 0.05$ düzeyinde önemlilik arz etmektedir. Rojas-Graü ve ark. (2006) aljinat ve elma püresi içeren yenilebilir filmlerde gerilme direnci değerlerini 2.47-2.90 MPa arasında bulmuşlardır, bu değerler çalışmamızdaki bulgulardan düşüktür. Bu durum kullanılan plastikleştirici oranın farklı kullanılması ile açıklanabilmektedir. Carpiné ve ark., (2015) çalışmalarında filmlerinin gerilme değerlerini 7.65 ile 12.19 MPa arasında tespit etmişleridir. Qiao ve ark., (2011) mısır nişastasından elde ettikleri yenilebilir filmlerinde artan gliserol içeriği ile azalan gerilme mukavemeti arasında bir korelasyon gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Othman ve ark., (2022) sodyum aljinattan ürettikleri filmlerinde sırasıyla %0.4 v/v'den %0.8 v/v'ye gliserol eklendiğinde G değerinin 10.63 MPa'dan 4.55 MPa'ya önemli ölçüde düştüğünü bildirmişlerdir. Düşen G değerinin, zincirden zincire etkileşimler arasındaki moleküller arası kuvvetleri zayıflatan ve sodyum aljinat çözeltisinin serbest hacmini artıran gliserolden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Film örneklerinin kopma uzaması değerleri Çizelge 4.11’de ve Şekil 4.10’da verilmiştir. Çalışmamızda kopma uzaması değerleri filmlerin uzunluğundaki değişimin başlangıç uzunluklarına oranlanmasıyla % olarak ifade edilmiştir. Film örnekleri %125.44-145.09 değerleri arasında uzayabilirlik (kopma uzaması) değerleri almışlardır. Gliserol oranının artması film örneklerinin kopma uzaması değerlerini artırmıştır. Film örneklerinin gliserol oranına bağlı kopma uzaması artışı G örneği için istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Aynı zamanda %30 gliserol oranındaki yenilebilir filmler arasında G örneği en düşük değeri alarak farklılık göstermiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.11 Film Örneklerinin Kopma Uzaması (KU) Değerleri (%)

	Gliserol Oranı (%)		
	30	40	50
B	136.73±5.18 ^{aA}	138.82±12.36 ^{aA}	140.28±5.49 ^{aA}
K	140.38 ±3.59 ^{aA}	143.79±7.94 ^{aA}	145.09±10.56 ^{aA}
G	125.44±9.33 ^{bB}	138.43±4.57 ^{aA}	142.04±6.90 ^{aA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

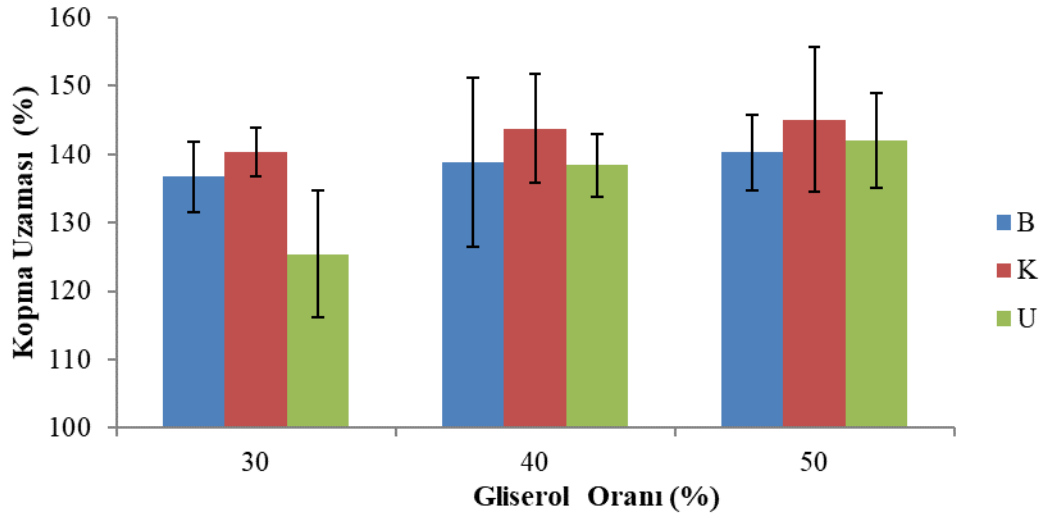
^{a-b}: Aynı satırdaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-B}: Aynı sütundaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi meyvesi ekstraktından elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Akşehir (2013) yaptığı aljinatlı yenilebilir filmlerde uzayabilirlik değerinin ortalama %43.67 bulmuştur. Zhang ve ark., (2016) plastikleştirici (gliserol) konsantrasyonunun artmasının filmlerin uzayabilirliğini iyileştirdiği, ancak gerilme direncini azalttığı sonucuna vardıklarını bildirmişlerdir. Rojas-Graü ve ark. (2006) aljinat ve elma püresi içeren yenilebilir filmlerde uzayabilirlik değerlerini %51.06-58.33 arasında belirlemişlerdir. Carpiné ve ark.,(2015) yaptıkları çalışmada kopma uzaması değerlerinin %136.70-273.94 arasında tespit etmişlerdir. Bu farklılıklara katkıda bulunan başlıca faktörler, film bileşeni, plastikleştirici türü ve film hazırlama yöntemi olabilmektedir (Zhang ve ark., 2016).

JIS (Japon endüstrisi standardı)’a göre iyi bir filmin uzama değeri %50’yi geçmeli, ancak %10’dan da az olmamalıdır. Artan gliserol konsantrasyonu tarafından polimer zincirleri arasındaki iç hidrojen bağları azaltılarak, filmlerin esnekliği ve uzayabilirliği artırılabilir (Othman ve ark., 2022).



Şekil 4.10 Film Örneklerinin Kopma Uzaması (KU) Değerleri (%)

4.3.8 TOPSIS Yöntemiyle Ürüne Uygulanacak En İyi Filmin Belirlenmesi

Farklı meyve suyu ekstraktlarından üretilen farklı oranlarda gliserol içeren film örneklerine ait analiz sonuçları her bir film için farklılık göstermektedir. Analiz bazında değerlendirildiğinde her bir film örneği farklı alanlarda iyi özellikler sunmaktadır. Burdan yola çıkarak en iyi film özelliklerini gösteren filmin tespiti için Çok Kriterli Karar Verme (TOPSIS) yöntemi uygulanmış ve karar verme kriteri olarak filmlerin opaklık, suda çözünürlük (SÇ), su buharı geçirgenliği (SBG), oksijen geçirgenliği (OG), gerilme (G) ve kopma uzaması (KU) değerlerinden yararlanılmıştır.

Çizelge 4.12 Film Örneklerine Ait Karar Matrisi

FÖ	GO	Opaklık	SÇ	SBG	OG	G	KU
B	%30	1.00	61.41	0.0104	57.27	4.76	136.73
	%40	0.97	63.59	0.0109	55.73	4.65	138.82
	%50	0.83	67.73	0.0110	53.87	4.53	140.28
K	%30	2.85	61.44	0.0091	58.00	4.24	140.38
	%40	2.60	63.74	0.0105	57.57	4.16	143.79
	%50	2.63	63.92	0.0124	54.55	4.17	145.09
G	%30	5.72	58.13	0.0096	61.82	7.40	125.44
	%40	4.68	57.48	0.0098	57.15	7.13	138.43
	%50	4.57	51.91	0.0107	55.88	6.92	142.04

FÖ: Film örnekleri, GO: Gliserol oranı (%), B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi ekstraktından elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Film örneklerine ait karar matrisi Çizelge 4.12’de verilmiştir. Film örneklerinin TOPSIS yöntemiyle analiz edilmesi sonucunda bulgular Çizelge 4.13’te değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.13 Farklı Meyve Suyu Ekstraktlarından Farklı Oranlarda Gliserol ile Hazırlanan Film Örneklerinin TOPSIS Yöntemi ile Elde Edilen Sıralaması

Sıralama	FÖ	GO	d_i^+	d_i^-	C Değeri
1	G	40	0.0212	0.0433	0.6714
2	G	50	0.0234	0.0400	0.6310
3	G	30	0.0278	0.0459	0.6222
4	B	30	0.0349	0.0305	0.4665
5	K	30	0.0406	0.0313	0.4350
6	B	40	0.0377	0.0287	0.4321
7	B	50	0.0401	0.0290	0.4195
8	K	40	0.0431	0.0239	0.3568
9	K	50	0.0489	0.0194	0.2843

FÖ: Film örnekleri, GO: Gliserol oranı (%), B: Beyaz üzüm, K: Kokulu kara üzüm, G: Güz yemişi ekstraktından elde edilen yenilebilir filmi ifade eder.

Analiz sonucuna göre, güz yemişi ekstraktından elde edilen (G) ve % 40 gliserol içeren film en iyi özellikleri sunmuştur. Bu duruma SÇ, SBG ve OG değerlerinin genel olarak daha düşük olması sebep gösterilebilir. Çalışmamızın bir sonraki aşamasında bu film çözeltisine farklı oranlarda antimikrobiyal madde ilavesi ile analizleri yapılmıştır. Antimikrobiyal madde ilave edilen bu filmler Kaşar peyniri kaplamada kullanılmıştır.

4.4 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Analizleri

Antimikrobiyal madde içeren film örneklerinin analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. Bu analizlere ait varyans analiz tablosu Ek 3’te sunulmuştur.

4.4.1 Nem Oranı

Film örneklerine ait % nem oranları Çizelge 4.14’te ve Şekil 4.11’de verilmiştir. Antimikrobiyal madde içermeyen güz yemişi ekstraktından üretilen film, kontrol örneği olarak tanımlanmıştır. Kontrol örneğinin % nem oranı en düşük bulunmuş ve %24.03 olarak belirlenmiştir. En yüksek nem değeri %26.08 ile B örneğinde görülmüştür. Filmlere antimikrobiyal madde ilavesi kontrol örneğine kıyasla filmlerin nem değerlerini artırdığı görülmektedir. Ancak bu artış istatistikî açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

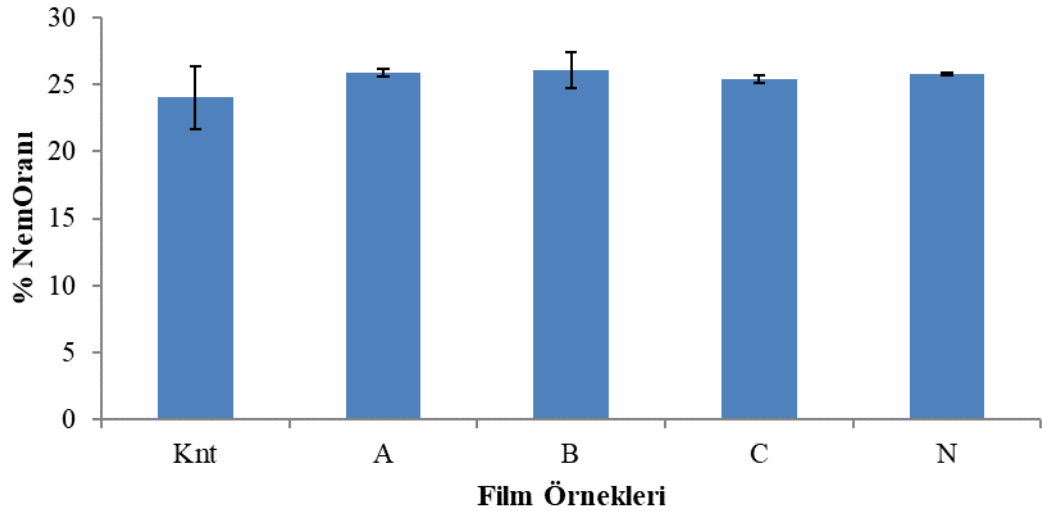
Çizelge 4.14 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin % Nem Oranları

Kontrol	A	B	C	N
24.03± 2.34	25.89 ±0.26	26.08±1.33	25.39±0.26	25.78±0.06

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

Liu ve ark., (2021) kekik uçucu yağı kullandıkları film çalışmasında kontrol örneğinin nem oranını %21.05 olarak tespit etmişlerdir. Kekik uçucu yağı kattıkları filmlerde nem oranını %12.24-18.29 arasında olduğunu ve kekik uçucu yağ oranının artmasıyla beraber % nem oranının düştüğünü rapor etmişlerdir. Bu duruma sebep olarak filme hidrofobik maddelerin (esansiyel yağlar) eklenmesinin filmlerin hidrofobik etkilerini artırmasına bağlamışlardır. Dashipour ve ark., (2014) yaptıkları yenilebilir film çalışmasında kontrol örneğinin nem oranını %23.01 olarak bulmuş ve esansiyel yağ içeren yenilebilir film nem oranlarının %17.47-23.01 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Esansiyel yağ oranı artmasına bağlı olarak filmlerin % nem oranlarının azaldığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.11 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin % Nem Oranları

Hashemi ve Mousavi Khaneghah, (2017) esansiyel yağ katkılı film analizlerinde kontrol örneğinin nem oranını %17.58 olarak, uçucu yağ katkılı filmlerin nem oranlarını ise %17.62-17.92 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Uçucu yağ oranının artışına bağlı olarak % nem oranının arttığını söylemişlerdir. Tural, (2016) kekik uçucu yağı kullandığı yenilebilir film çalışmasında esansiyel yağ oranının artmasının nem değerlerini artırdığını tespit etmiştir.

Literatürdeki çalışmalarla kıyaslandığı zaman bulduğumuz sonuçlar, değer açısından daha yüksek bulunmuştur. Antimikrobiyal madde ilave oranına bağlı olarak sunulan sonuçların bazıları ile çalışmamız benzerlik gösterirken, bazı çalışmalarda farklı sonuçlar belirtilmiştir. Bu duruma film üretilen hammaddenin kaynağı, kullanılan hammaddelerin yüzdesi ve film üretim yöntemi sebep olabilmektedir.

4.4.2 Kalınlık

Antimikrobiyal madde içeren filmlerin kalınlıkları Çizelge 4.15'te ve Şekil 4.12'de verilmiştir. Filmlerin kalınlığı 0.149-0.158 mm arasında değerler almıştır. Filmlerin kalınlıkları kontrol örneğine göre daha yüksek bulunmuştur. Kekik uçucu yağı oranı arttıkça film kalınlıkları artmıştır ancak bu artış önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Hashemi ve Mousavi Khaneghah, (2017) yaptıkları yenilebilir film çalışmasında uçucu yağ miktarının artışına bağlı olarak bazı örneklerde artış olduğunu, ancak bu durumun istatistiksel açıdan önemsiz ($p>0.05$) olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.15 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Kalınlıkları (mm)

Kontrol	A	B	C	N
0.149 ± 0.008	0.154 ± 0.018	0.156 ± 0.033	0.158 ± 0.005	0.153 ± 0.013

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

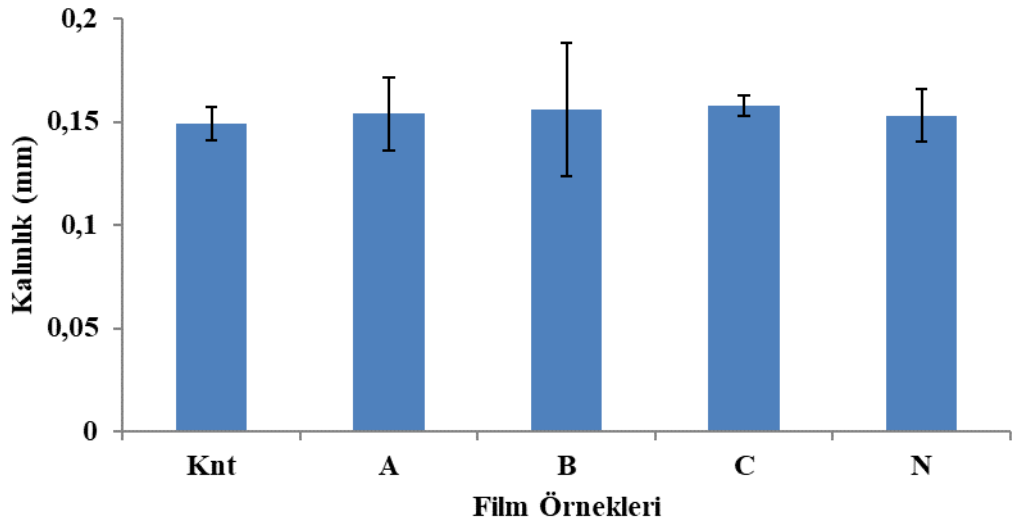
Liu ve ark., (2021) glukamannan esaslı yenilebilir filmlerinden kontrol örneğinin kalınlığını 0.037 mm olarak bildirmiş ve kekik uçucu yağ oranının artmasıyla beraber kalınlıkların artarak 0.038-0.050 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Haghighi ve ark., (2019) çalışmalarındaki kontrol örneğinin kalınlığını 0.021 mm, kekik uçucu yağı içeren film örneğinin kalınlığını ise 0.026 mm olarak bildirmiştir. Dashipour ve ark., (2014) kekik uçucu yağ kullandıkları filmlerinde uçucu yağ miktarına bağlı olarak kalınlıkların arttığı rapor etmişlerdir. Filmin yapısına uçucu yağ ilavesi sonucunda film kalınlığının artması, film matrisindeki katı madde miktarı artışı ile ilişkili olabilmektedir (Arfat ve ark., 2014).

Rojas-Graü ve ark., (2006) uçucu yağ içeren ve elma püresinden elde ettikleri yenilebilir film örneklerinin kalınlığını 0.135-0.155 mm arasında tespit etmişlerdir. Radha krishnan ve ark., (2015) mısır nişastasından elde ettikleri uçucu yağ katkılı

film örneklerinde kontrol örneğinin kalınlığını 0.200 mm, diğer film örneklerinin kalınlığını ise 0.326-0.343 mm olarak rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.15'ten görüldüğü üzere natamisin içeren film örneğinin kalınlığı, kekik uçucu yağ içeren film örneklerinden daha düşük bulunmuştur ($p>0.05$). Yuan ve ark., (2022)'nin yaptıkları natamisin içeren yenilebilir film çalışmasında film kalınlıkları 0.087-0.089 mm arasında tespit edilmiş olup, bu değerler bizim çalışmamızdan daha düşük bulunmuştur.

Farklı araştırmacılar tarafından film örneklerine ait farklı kalınlık değerlerinin olmasına, kullanılan hammadde çeşitliliği, film hazırlama şekli, döküm ağırlığı ve film kurutmada kullanılan kap çapının etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.12 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Kalınlıkları (mm)

4.4.3 Optik Özellikler

4.4.3.1 Renk

Güz yemişi ekstraktından elde edilen antimikrobiyal madde içeren film örneklerine ait L^* (açıklık-koyuluk), a^* (kırmızılık-yeşillik) ve b^* (sarılık-mavilik) değerleri Çizelge 4.16'da ve Şekil 4.13'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.16 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Renk Değerleri

	Kontrol	A	B	C	N
L^*	28.10±0.11 ^a	27.20±0.01 ^c	27.64±0.16 ^b	27.96±0.12 ^a	27.30±0.02 ^c
a^*	3.44±0.29 ^a	3.68±0.01 ^a	3.61±0.74 ^a	3.03±0.14 ^a	3.27±0.34 ^a
b^*	7.37±0.37 ^b	8.28±0.02 ^a	8.55±0.12 ^a	8.23±0.45 ^a	8.07±0.24 ^{ab}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^{a-c}: Aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

Film örneklerinin L^* değerleri 27.20-28.10 arasında değişmiştir. En düşük L^* değeri A örneğinde görülürken, en yüksek L^* değeri kontrol örneğinde belirlenmiştir. L^* değerleri örnekler arasında değişkenlik göstermiş ve bu durum istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Filmlere antimikrobiyal madde ilave etmek filmlerin L^* değerlerini düşürmüştür. En yüksek oranda (%) kekik uçucu yağı içeren film (C) ile kontrol örneği istatistiksel olarak farksız bulunmuştur ($p > 0.05$). Ayrıca N ve A film örneğinin L^* değerleri benzer bulunmuştur.

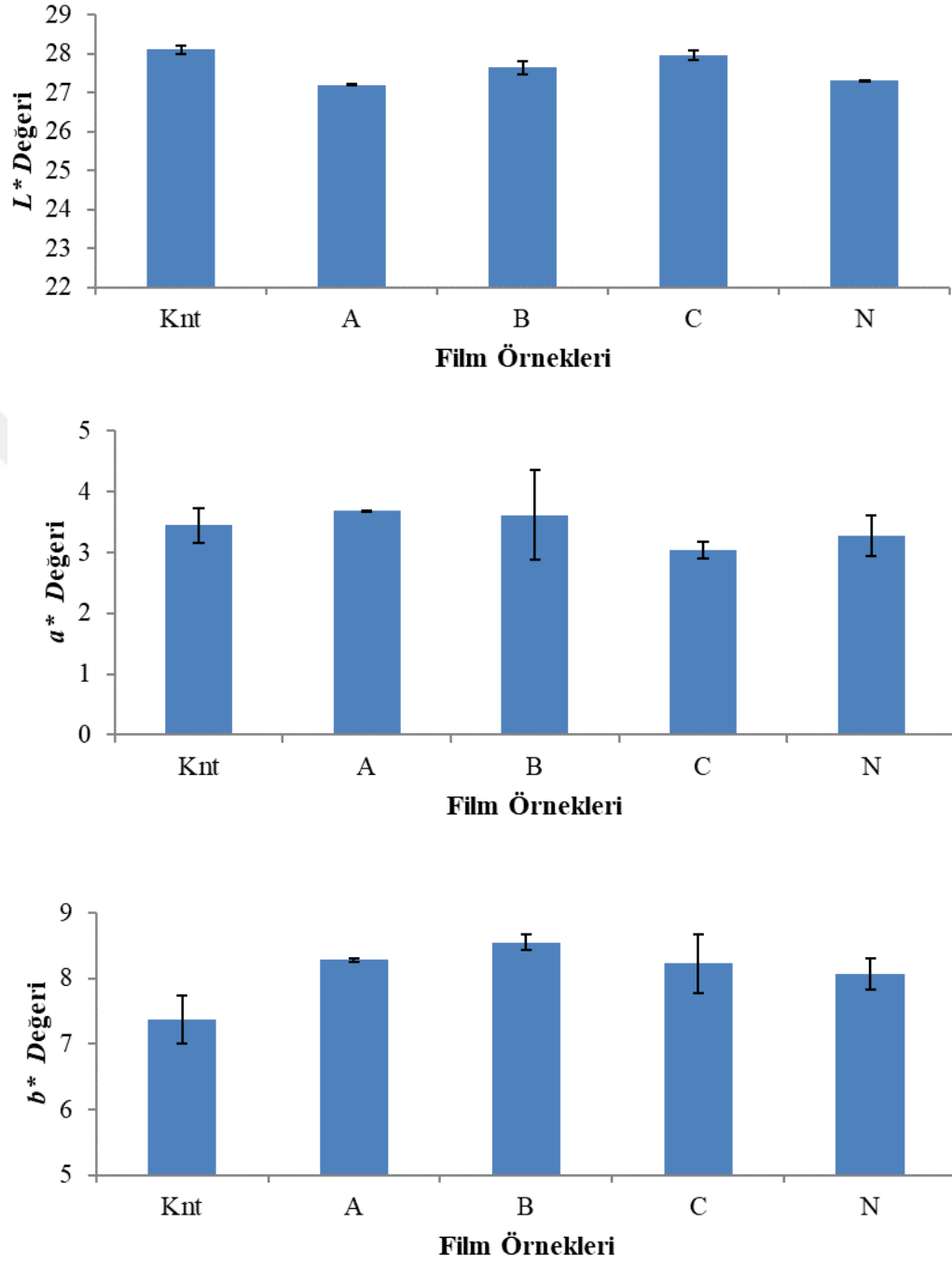
Film örnekleri 3.03-3.68 arasında a^* değerlerine sahip olmuşlardır. a^* değerlerine göre örnekler arasında istatistikî açıdan farklılık bulunmamaktadır ($p > 0.05$). En yüksek a^* değerine kontrol örneği sahip olurken, en düşük a^* değeri C örneğinde belirlenmiştir. Kekik yağı oranının artırılması filmlerde a^* değerinin düşmesine sebep olmuştur.

b^* değeri film örneklerinde 7.37-8.55 arasında değişmiştir. b^* değerleri, kontrole göre diğer filmlerde daha yüksek saptanmıştır, ancak bu durum istatistikî açıdan önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$). Kekik uçucu yağı ilave etmek film örneklerinin b^* değerlerini artırmıştır. Natamisin içeren film örneği (N) ile kekik yağı içeren örneklerle b^* değeri açısından benzerlik bulunmuştur. Antimikrobiyal ilavesi örneklerin daha sarı algılanmasına sebep olmuştur.

Dashipour ve ark., (2014) yaptıkları yenilebilir film çalışmasında kullandıkları uçucu yağı oranının artışına bağlı olarak L^* değerlerinin düştüğünü, a^* değerinin azaldığı ve b^* değerinin arttığını belirtmişlerdir. Benzer durumu Haghighi ve ark., (2019) çalışmalarında sunmuşlardır. Bu sonuçlar çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

Yuan ve ark., (2022) çalışmalarında filme natamisin eklemenin L^* değerini artırdığını rapor etmişlerdir. Ayrıca a^* değerini düşürdüğünü ve b^* değerini

artırdığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda film çözeltisine natamisin eklemek b^* değerini artırırken, L^* ve a^* değerini düşürmüştür.



Şekil 4.13 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Renk Değerleri

Çalışmalardaki değerlerin sonucunda, kullanılan antimikrobiyal maddelerin bileşimi, kullanılan oranı ve film yapımında kullanılan ana hammadde ile etkileşimi sonucu film örneklerinde farklı renk değerleri oluşabildiği görülmektedir.

4.4.3.2 Opaklık

Yenilebilir filmlerin opaklık değeri, lipid oksidasyonunu geciktirebildiği ve paketlenmiş gıdanın organoleptik özelliklerini koruyabildiği ve böylece raf ömrünü uzatabildiği için gıda paketlenme uygulamaları için önemli bir parametredir (Ramos ve ark., 2016). Opaklık değeri yüksek olan filmler ışığı az geçirmektedir. Antimikrobiyal madde içeren film örneklerine ait opaklık değerleri Çizelge 4.17’de ve Şekil 4.14’te verilmiştir.

Çizelge 4.17 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Opaklık Değerleri

Kontrol	A	B	C	N
4.68±0.27 ^c	7.04±0.23 ^{ab}	7.17±0.46 ^a	7.42±0.49 ^a	6.39±0.03 ^b

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

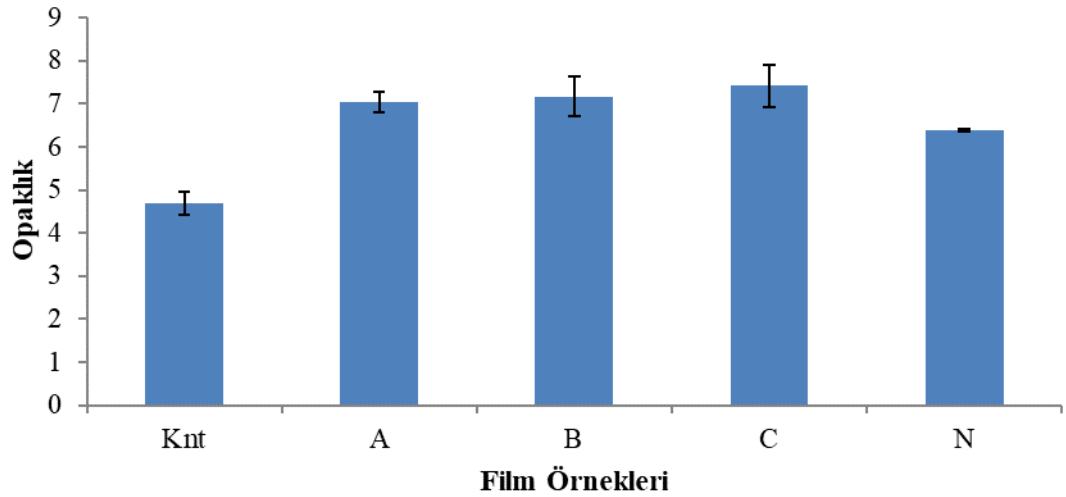
^{a-c} Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

Film örneklerinin opaklık değerleri 4.68-7.42 arasında değişmiştir. Kontrol örneği en düşük opaklık değerine sahip olmuştur. En yüksek opaklık değeri ise C film örneğinde görülmüştür. Filmlere uçucu yağ ilavesi filmlerin opaklık değerlerini artırmıştır. Bu artış istatistikî açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Film matrisi içerisinde uçucu yağ bileşenlerinin üniform dağılamaması, kurutma esnasında yüzeye hareketi sonucunda opaklık değerini artırabilmektedir. Ayrıca, film şeffaflığının azalması, uçucu yağların ışık yansıtma özellikleriyle ilişkili olabilir ve film kompozitlerinin opak görünümüne neden olabilmektedir (Vahedikia ve ark., 2019). Ek olarak uçucu yağların bileşimindeki renk bileşikleri, film örneklerinde opaklık değerinin yükselmesinde etki göstermiştir (Teixeira ve ark., 2014).

Kekik uçucu yağı içeren film örnekleri (A, B, C) arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05). Natamisin içeren film örneği (N) opaklık değeri açısından kontrol örneğinden daha yüksek, kekik uçucu yağı içeren film örneklerinden (A, B, C) ise daha düşük değere sahip olmuştur.

Hashemi ve Mousavi Khaneghah, (2017) yenilebilir film çalışmalarında kontrol örneği opaklık değerinin 2.11 olduğunu, kullandıkları uçucu yağın konsantrasyonunun artışına bağlı olarak opaklık değerlerinin 2.67’den 4.77’ye kadar arttığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.14 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Opaklık Değerleri

Acevedo-Fani ve ark., (2015) yaptıkları aljinatlı yenilebilir film çalışmasında adaçayı, kekik ve limon uçucu yağlarını içeren filmlerin opaklık değerini 5.69, 7.4 ve 9.7 olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca kontrol örneğinin opaklık değerini 6.7 olarak bildirmişlerdir. Bu değerler çalışmamızla kısmen benzerlik göstermektedir.

Yenilebilir film üzerine yapılan başka bir çalışmada araştırmacılar, kontrol örneğinin opaklık değerini 2.43 olarak, natamisin içeren film örneklerinin ise opaklık değerlerinin 3.05-3.76 arasında değiştiği belirtilmiştir (Yuan ve ark., 2022). Ayrıca artan natamisin oranına göre opaklık değerinin arttığını ve bu durumun istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) olduğunu vurgulamışlardır.

4.4.4 Suda Çözünürlük

Yenilebilir bir film, nemli koşullarda kullanıldığında ya da yüksek nemli yüzeye sahip gıdaları paketlemek için kullanıldığında çözünmemelidir (Aydın ve Zorlu, 2022). Bu açıdan yüksek çözünürlük, filmlerin suyla temas ettiklerinde yüksek oranda biyolojik olarak parçalanabildikleri için yüksek su aktivitesine sahip gıdaların korunması için uygun olmayacağını göstermektedir (Muñoz-Tébar ve ark., 2022). Antimikrobiyal madde içeren film örneklerine ait % suda çözünürlük değerleri Çizelge 4.18’de ve Şekil 4.15’te verilmiştir.

Filmlerin % suda çözünürlükleri %49.44-57.49 arasında değişmiştir. En düşük çözünürlük C film örneğinde görülürken, en yüksek çözünürlük kontrol örneğinde belirlenmiştir. Film örneklerinin % suda çözünürlükleri antimikrobiyal

madde ilavesi ile düşmüştür. Bu düşüş istatistikî açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Kekik uçucu yağı oranının artışı film örneklerinde çözünürlüğü azaltmıştır. Film örneklerinde çözünürlük değerlerinin azalması, filme suda çözünmeyen hidrofobik bileşiklerin (uçucu yağ) dahil edilmesi açıklanabilmektedir (Ghani ve ark., 2018). Natamisin ilave edilen filmin çözünürlüğü kontrol örneğine en yakın değeri almıştır. Wang ve ark., (2022) agarlı filmlerinde farklı konsantrasyonlarda natamisin kullanmışlar ve natamisin kullandıkları filmlerin % suda çözünürlük değerinin kontrol örneğinden daha düşük olduğunu, artan natamisin oranına bağlı olarak % suda çözünürlük değerinin düştüğünü belirlemişlerdir. Ancak bu durumun istatistiksel olarak önemli olmadığını ($p>0.05$) vurgulamışlardır.

Çizelge 4.18 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Suda Çözünürlük Değerleri (%)

Kontrol	A	B	C	N
57.49±3.21 ^a	51.75±0.66 ^{ab}	51.29±1.60 ^{ab}	49.44±4.16 ^b	56.76±4.24 ^{ab}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

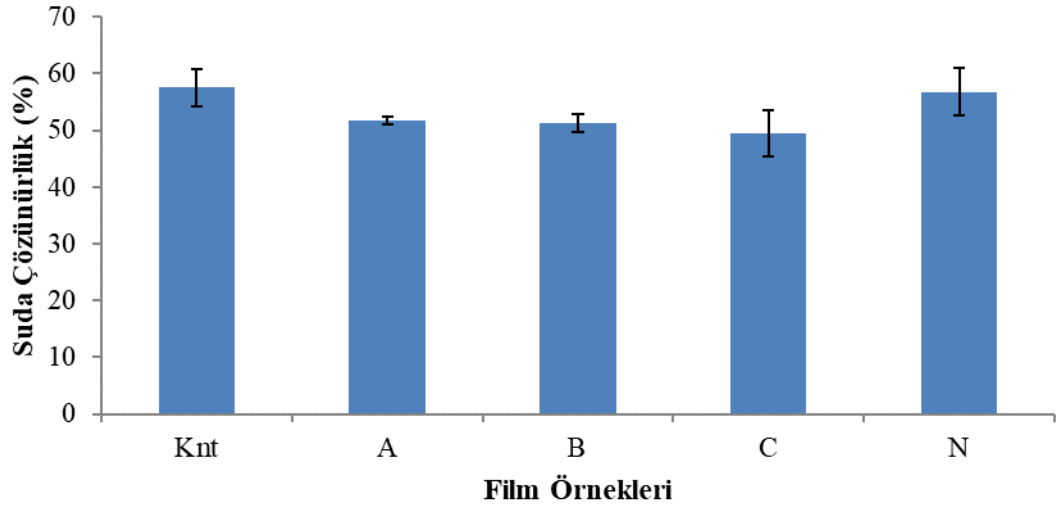
^{a-b}: Aynı satırdaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

Restrepo ve ark., (2018) muz nişastasından elde ettikleri yenilebilir filmlerinde kontrol örneğinin % suda çözünürlük değerini %66.02, limon otu uçucu yağı ilave ettikleri film örneklerinin %48.2-65.82, biberiye uçucu yağı ilave ettikleri film örneklerinin ise %50.34-63.21 olduğunu belirtmişlerdir. Uçucu yağ oranının artırılmasının % suda çözünürlük miktarını azalttığını rapor etmişlerdir.

Pires ve ark., (2013) protein esaslı yenilebilir film örneklerine ait % suda çözünürlük değerini kontrol örneğinde %66 olarak belirlerken, kekik uçucu yağı içeren film örneğinin % suda çözünürlük değerini %80.83 olarak hesaplamışlardır. Ayrıca, filme uçucu yağ ilavesinin suda çözünürlük değerini artırdığını belirtmişlerdir.

Mirsharifi ve ark., (2023) kekik uçucu yağı içeren kompozit filmlerinde % suda çözünürlük değerlerini %22.76 ile %49.64 arasında değerler aldığını bildirmişlerdir. Artan kekik uçucu yağı oranına bağlı olarak % suda çözünürlük değerlerinin arttığını belirtmişlerdir.



Şekil 4.15 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Suda Çözünürlük Değerleri (%)

Muñoz-Tébar ve ark., (2022) çiya zamlından elde ettikleri filmlerinde kekik ve geyik otu kullanmışlardır. Kekik içeren film örneklerinde % suda çözünürlük değerlerinin % 64.45-75.11 arasında, geyik otu kullandığı filmlerinde ise %64.45-75.60 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Filmlere kekik ve geyik otu eklemenin % suda çözünürlük değerleri üzerinde önemli etki oluşturmadıklarını vurgulamışlardır.

4.4.5 Su Buharı Geçirgenliği (SBG)

Su buharı geçirgenliği (SBG), bir ambalaj seçerken dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biridir. Ambalaj veya kaplama olarak kullanılan filmler, gıdanın kurummasını önlemek veya azaltmak için üründen çevreye nem geçişini kontrol etmelidir, bu nedenle yenilebilir filmlerin SBG'si mümkün olduğunca düşük olmalıdır (Kong ve ark., 2022). Antimikrobiyal madde içeren film örneklerine ait su buharı geçirgenliği değerleri Çizelge 4.19 ve Şekil 4.16'da sunulmuştur.

Çizelge 4.19 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Su Buharı Geçirgenliği Değerleri (g.mm/m².h.kPa)

Kontrol	A	B	C	N
0.0098±0.0004 ^b	0.0173±0.0001 ^a	0.0177±0.0005 ^a	0.0165±0.0008 ^a	0.0177±0.0045 ^a

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^{a-b}: Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

Filmlerin SBG değerleri 0.0098-0.0177g.mm/m².h.kPa arasında değişmiştir. Antimikrobiyal madde içeren filmlerin SBG değerleri kontrole göre yüksek bulunmuştur (p<0.05). En yüksek SBG değeri B ve N film örneklerinde görülmüştür. Antimikrobiyal madde içeren film örnekleri arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır (p>0.05). Bu sonuçtan yola çıkararak film çözeltisine kekik uçucu yağı veya natamisin eklemek, filmlerde benzer su buharı geçirgenliği değerlerinin bulunmasına sebep olduğu söylenebilmektedir.

Pranoto ve ark., (2005) aljinattan elde ettikleri filmlerine farklı konsantrasyonlarda sarımsak yağı eklemişler ve bu filmlere ait SBG değerlerinin 0.78-1.29 g.mm/m².h.kPa arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca yağ oranı artışına bağlı olarak SBG değerlerinin arttığını belirtmişlerdir.

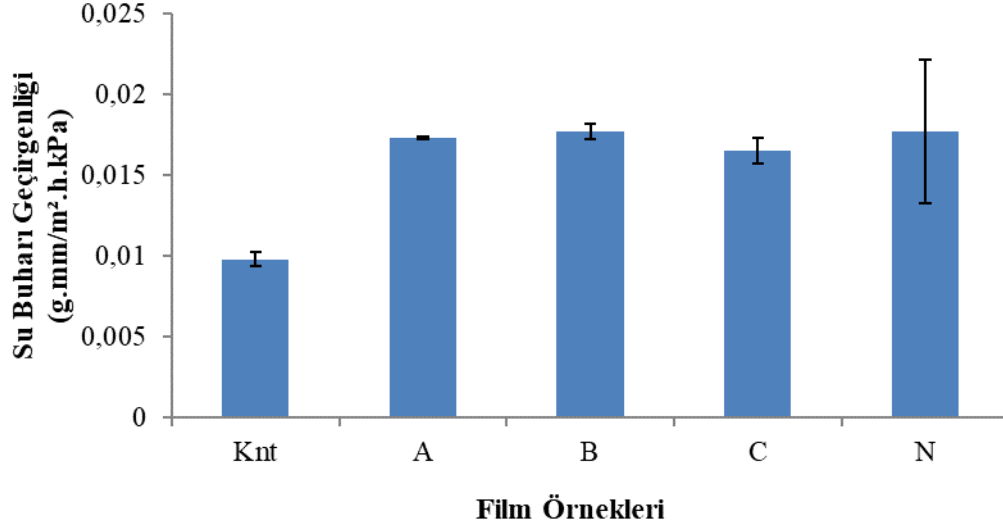
Acevedo-Fani ve ark., (2015) yaptıkları aljinatlı yenilebilir film çalışmasında adaçayı, kekik ve limon uçucu yağlarını içeren filmlerin su buharı geçirgenliği değerlerini 1.90, 2.18 ve 2.12 g.mm/m².h.kPa olarak belirlenmiş ve uçucu yağların hidrofobik özelliğinden dolayı film rneklerinin SBG değerlerini azalttığını bildirmişlerdir.

Mahcene ve ark., (2020) sodyum aljinat esaslı filmlerinden kontrol örneğinin SBG değerini 0.0006 g.mm/m².h.kPa olduğunu, uçucu yağ eklediği filmlerinin SBG değerlerinin ise 0.004-0.009 g.mm/m².h.kPa arasında değiştiğini bildirmiş ve örnekler arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığını (p>0.05) belirtmişlerdir.

Liu ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada kekik uçucu yağı oranının artmasının su buharı geçirgenliğini artırdığını rapor etmişlerdir. Film çözeltisine eklenen uçucu yağın kurutma aşamasında buharlaşmasına bağlı olarak, film yapısında mikro gözenekler oluşturmuş ve bu durum su buharı geçiş hızını yükselterek nem geçirgenliğini artırmıştır (Ahmad ve ark., 2012).

Literatürdeki alışmalar karşılaştırıldığında SBG değerlerinin oldukça farklı aralıklarda olduğu görülmektedir. Filmin mikro yapısı, SBG miktarında etkili bir faktördür ve uçucu yağların eklenmesi, polimerlerin moleküller arası etkileşiminin zayıflamasına neden olabilmekte ve film ağının yapısında hava kabarcıkları ve yağ damlacıklarının tutulması, su buharı transferinin artmasına neden olabilmektedir

(Mirsharifi ve ark., 2023). Ayrıca film kalınlığı ve kullanılan yağın kimyasal yapısı da SBG değerleri üzerinde etkili olmaktadır (Mahcene ve ark., 2020).



Şekil 4.16 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Su Buharı Geçirgenliği Değerleri (g.mm/m².h.kPa)

4.4.6 Oksijen Geçirgenliği

Oksijen geçirgenliği, yenilebilir film örneklerinin kullanılabilirliği üzerine etkisi olan faktörlerden biridir. Oksijen, depolama sırasında gıdaların bozulmasına neden olan ve raf ömrünü azaltan en önemli çevresel faktörlerden biridir (Sothornvit ve Krochta, 2000; Zhou ve ark., 2021). Bu çalışmada oksijen geçirgenliği tespiti için peroksit sayısı esas alınmıştır. Peroksit değeri, oksidatif etkileşimi belirlemek için bir göstergedir (Ansarian ve ark., 2022). Peroksit sayısı yüksek olan yağın hava almasına engel olan film örneğinin oksijen geçirgenliği değerinin yüksek olduğu şeklinde değerlendirilmiştir. Antimikrobiyal madde içeren film örneklerine ait peroksit sayısı değerleri Çizelge 4.20’de ve Şekil 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Peroksit Sayısı Değerleri (meq O₂/kg)

Kontrol	A	B	C	N
54.25±0.89 ^c	64.29±1.39 ^{ab}	66.20±1.33 ^a	63.67±2.22 ^{ab}	61.18±2.51 ^b

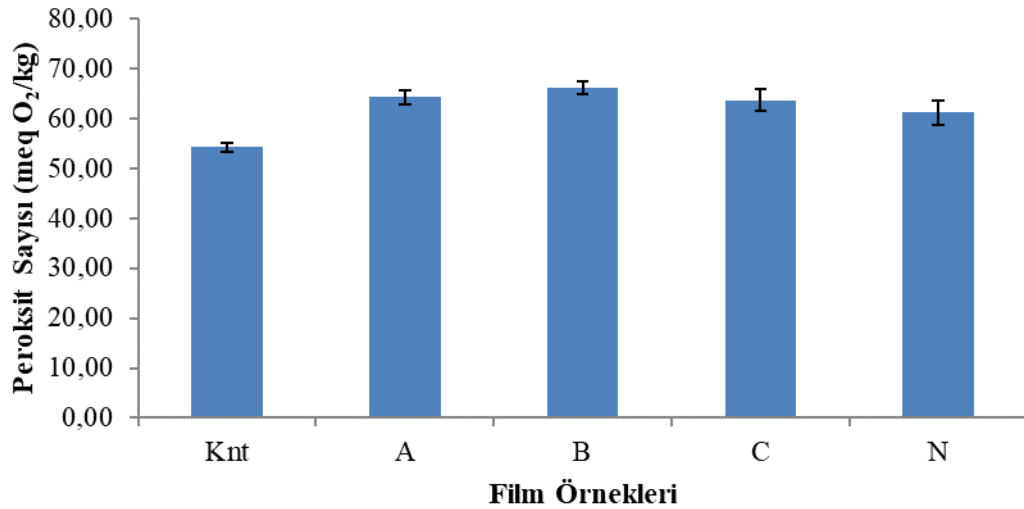
Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^{a-c}: Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

Film örneklerine ait peroksit sayısı değerleri 54.25–66.20 meq O₂/kg arasında değişmiştir. Filmle kapatılmamış örneğin peroksit sayısı ise 66.36 meqO₂/kg bulunmuştur. Filmler yağ örneğinin peroksit değerini düşürmüştür. Filme kekik uçucu yağı ve natamisin eklenmesi peroksit sayılarını artırmıştır ve bu durum istatistikî açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). Tural, (2016) yaptığı çalışmada film matrisine esansiyel yağ eklenmesinin peroksit değerlerini artırdığını ve dolayısıyla düşük oksijen bariyeri gösterdiğini bildirmiştir.

Kontrol örneği 54.25 meq O₂/kg değer ile en düşük peroksit değerine sahip olmuş ve dolayısıyla en iyi oksijen bariyeri özelliği göstermiştir. Filme eklenen uçucu yağ oranları arasında (A, B ve C) oksijen geçirgenliği açısından önemli bir fark bulunamamıştır (p>0.05). Çizelge 4.20’den görüleceği üzere natamisin içeren örnek, kontrol örneğinden sonra en iyi oksijen bariyer özelliği göstermiştir. Farklı oranlarda kekik uçucu yağı içeren film örnekleri ile kıyaslandığında natamisin içeren film örneğinin (N) daha iyi bariyer özelliğine sahip olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4.17 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerinin Peroksit Sayısı Değerleri (meq O₂/kg)

Zhou ve ark., (2021) tarçın esansiyel yağı kullandıkları yenilebilir film çalışmalarında tarçın esansiyel yağı içeriğinin artmasıyla, filmde daha fazla tarçın esansiyel yağı buharlaşmasının olduğunu, bunun daha fazla mikro gözenekle sonuçlandığını ve sonuç olarak filmlerin oksijen bariyeri kapasitesini azalttığını bildirmişlerdir.

Mahcene ve ark., (2020) sodyum aljinatlı filmlerine farklı esansiyel yağlar ilave etmişler ve filme uçucu yağ katmanın 9 günlük bir depolama sonucunda peroksit değerini düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Bu durum çalışmamızla uyum sağlamamaktadır. Genel olarak film matrisinin doğası, filmin formülasyonu, film üretim prosedürü, sıcaklık ve ortam nemi, polimerin oksijen geçirgenliğini etkileyebilecek önemli faktörlerdir (Sahraee ve ark., 2019).

4.4.7 Mekanik Özellikler

Polisakkarit, su ve biyoaktif bileşikler (esansiyel yağlar) dahil olmak üzere diğer katkı maddelerinin etkileşimi, yenilebilir filmlerin gerilme (G) mukavemetinde ve kopma uzamasında (KU) önemli bir rol oynar. G, filmin dayanabileceği maksimum çekme gerilimini gösterir ve KU, bir test numunesinin kırılmadan önceki uzunluğundaki maksimum değişimi gösterir (Mahcene ve ark., 2020). Yenilebilir film örneklerinde ürün bütünlüğü için G değerinin yüksek olması, ambalajlanacak ürünü iyice sarması için yapının esnek olması ve dolayısıyla KU değerinin yüksek olması istenir (Nuthong ve ark., 2009).

Film örneklerine ait gerilme (G) değerleri Çizelge 4.21’de ve Şekil 4.18’de sunulmuştur. En yüksek gerilme değeri N film örneğinde 8.85 MPa ile bulunurken, en düşük gerilme değeri 5.56 MPa ile B film örneğinde olmuştur. Filmlere esansiyel yağ eklenmesi gerilme değerlerini düşürmüştür ve bu durum önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Kekik uçucu yağı ilavesi, film örneklerinin daha zayıf ve kopmaya karşı daha az dirençli olmasına yol açmıştır. Bu duruma film yapısındaki polimer-yağ etkileşimi sebep olmuştur. Esansiyel yağ oranının artışı film örneklerinin (A, B ve C) gerilme değerleri üzerinde etkili olmamıştır ($p>0.05$). Liu ve ark., (2021) esansiyel yağ oranının artması ile beraber filmlerin gerilme değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.21 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Gerilme Değerleri (MPa)

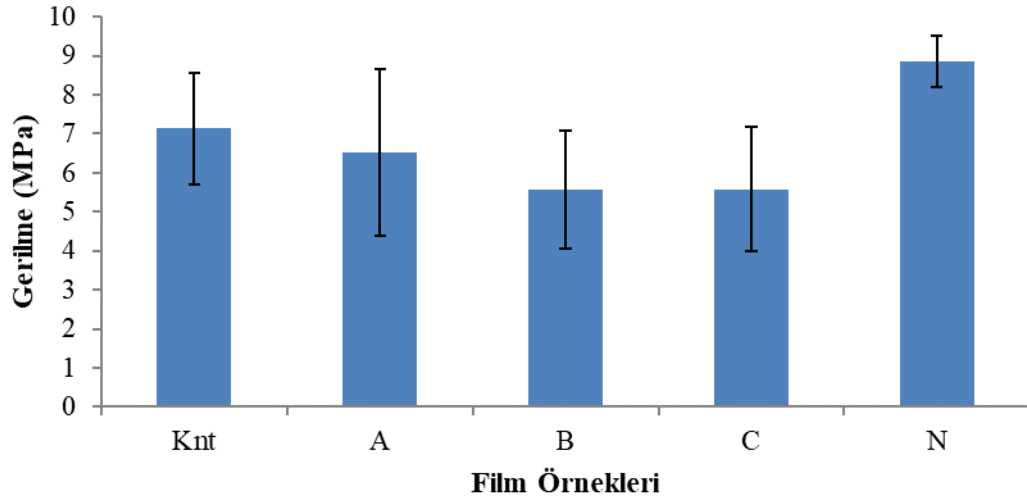
Kontrol	A	B	C	N
7.13±1.44 ^{ab}	6.53±2.13 ^{ab}	5.56±1.50 ^b	5.57±1.60 ^b	8.85±0.66 ^a

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^{a-b}: Aynı satırdaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

Natamisin katkılı film örneğinin gerilme değeri tüm örneklerden yüksek bulunmuş, aynı zamanda kontrol ve A film örneği ile benzerlik göstermiştir ($p>0.05$). Filme natamisin eklemenin filmin mukavemetini artırdığını Yuan ve ark., (2022) yaptıkları çalışmada bildirmişlerdir. Kontrol örneğinde görülen polimer-polimer etkileşiminden kaynaklanan kuvvetli bir yapı natamisin ilavesi ile daha etkili olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4.18 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Gerilme Değerleri (MPa)

Haghighi ve ark., (2019) yaptıkları yenilebilir film çalışmasında kontrol örneğine ait gerilme değerinin 41.49 MPa ve kekik uçucu yağı içeren filmlerinde ise 45.18 MPa olduğunu bildirmişler ve aralarında fark olmadığını belirtmişlerdir ($p>0.05$). Teixeira ve ark., (2014) yenilebilir filmlerinde esansiyel yağ katmadıkları film örneğinin gerilme değerini 3.5 MPa olarak belirlemişler ve film çözeltisine esansiyel yağ eklemenin gerilme değerlerini düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Lin ve ark., (2020) filme kekik uçucu yağı katmanın filmlerinde gerilme değerlerini artırdığını rapor etmişlerdir.

Film örneklerine ait kopma uzaması (KU) değerleri Çizelge 4.22’de ve Şekil 4.19’da verilmiştir. KU değeri film örneklerinin uzunluğundaki değişimin, başlangıç uzunluklarına oranlanmasıyla % olarak hesaplanmıştır. Örneklerin kopma uzaması %138.44-161.06 arasında değişmiştir. En yüksek KU değeri C film örneğinde görülürken, en düşük değer kontrol örneğinde belirlenmiştir. Esansiyel yağ ilavesi filmlerin kopma uzaması değerlerini artırmıştır. Bu artış istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Esansiyel yağların oda sıcaklığında sıvı olması ve kolay bir

şekilde deforme olabilmesi filmlerin uzayabilirliğine katkı sağlamıştır (Sarıcaoğlu, 2018). Esansiyel yağlar G değerlerini düşürüp, KU değerlerini artırmışlardır. Liu ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada artan esansiyel yağ oranı ile KU değerlerinin arttığını bildirmişlerdir. Natamisin katkılı film örneğinin (N) KU değeri kontrolden yüksek bulunmuştur. Yuan ve ark., (2022) yenilebilir filme farklı oranlarda natamisin eklenmesinin filmin KU değerini geliştirdiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.22 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Kopma Uzaması Değerleri (%)

Kontrol	A	B	C	N
138.44±4.58 ^d	145.07±6.30 ^{cd}	147.54±2.43 ^{bc}	161.06±5.92 ^a	155.27±7.78 ^{ab}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^{a-d}: Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

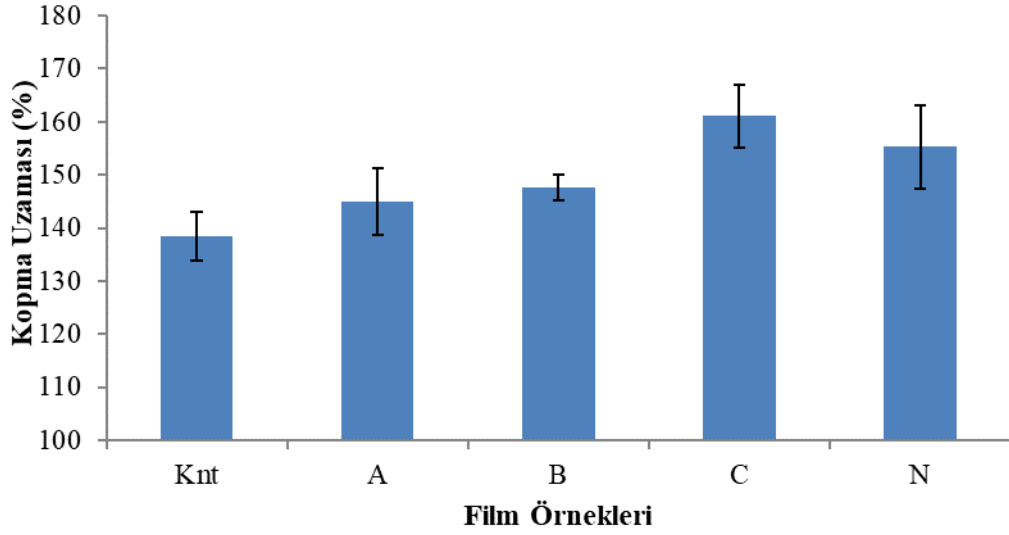
Rojas-Graü ve ark., (2007) aljinat ve elma püresi kullandıkları yenilebilir filmlerine esansiyel yağlar katmışlar ve bu durumun gerilme değerlerini azalttığını bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar kontrol film örneklerinin kopma uzamasının %51.06 iken, film yapısına esansiyel yağ ilavesi ile beraber bu değerin artarak %55.50-58.33 düzeyine geldiğini ve bu duruma, uçucu yağların plastikleştirici etkisinin sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Ahmad ve ark., (2012) jelatin filmlerine bergamot ve limon esansiyel yağı ekledikleri çalışmalarında gerilme ve kopma uzaması değerlerinin kontrol örneğine göre önce arttığını sonra artan uçucu yağ konsantrasyona bağlı olarak düştüğü belirtmişlerdir. Aydın ve Zorlu, (2022) aljinatlı gül çiçeği ekstraktlı filmlerinde gerilme ve kopma uzaması değerlerinin ekstrakt artışına bağlı olarak azaldığını rapor etmişlerdir.

Yapılan başka bir yenilebilir film çalışmasında (Ghasemlou ve ark., 2013) mısır nişastasından elde edilen film örneklerine nane ve kekik uçucu yağları ilave edilmiş, film örneklerinin uçucu yağ konsantrasyonu artışına bağlı olarak G değerlerinin azaldığı ve KU değerlerinin ise arttığı bildirilmiştir.

Restrepo ve ark., (2018) çalışmalarında kontrol film örneğinin gerilme değerini 3.09 MPa olarak tespit etmiş, limon otu içeren filmlerde 3.43-3.82 MPa, biberiye içeren filmlerde ise 3.23-3.72 MPa olduğunu ve artan orana göre gerilme değerlerinin düştüğünü bildirmiştir. Aynı araştırmacılar kontrol örneğinin KU değerini

%10.98 olduğunu belirtmiş, limon otunda %11.02-20.45, biberiye içeren filmlerde ise %11.21-23.54 arasında olduğunu ve artan oranla beraber KU değerlerinin arttığını rapor etmişlerdir. Bu değerler çalışmamızla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.19 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Kopma Uzaması Değerleri (%)

4.4.8 Antioksidan Kapasite

Film örneklerinde antioksidan kapasite % DPPH yöntemi ile belirlenmiştir. Film örneklerine ait % DPPH değerleri Çizelge 4.23'te ve Şekil 4.20'de verilmiştir. Kontrol örneğinin antioksidan kapasitesi %22.39 olarak bulunmuş ve film çözeltisine uçucu yağ eklenmesi antioksidan kapasiteyi artırmıştır. Bu artış istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Kekik uçucu yağ oranına bağlı olarak antioksidan kapasite önemli ölçüde artmıştır. C film örneği %40.91 ile en yüksek antioksidan kapasite göstermiştir. Liu ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada kekik uçucu yağı miktarını %1.6'ya çıkarmanın antioksidan kapasiteyi 1.5 kat artırdığını belirtmiştir. Bizim çalışmamızdaki değerlerin oranı, yapılmış olan bu çalışma ile uyumluluk göstermektedir.

Çizelge 4.23 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin DPPH (%) Değerleri

Kontrol	A	B	C	N
22.39 ± 0.50 ^d	25.32 ± 0.81 ^c	31.83 ± 0.11 ^b	40.91 ± 0.61 ^a	23.35 ± 0.06 ^d

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^{a-d}: Aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Kontrol: Antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

Film yapımında kullanılan g z yemişi meyvesinin fenolik içeriğinden dolayı uçucu yağ ilavesi olmayan kontrol ve N filmlerinde de antioksidan kapasite tespit edilmiştir, ancak bu durum istatistik i açıdan  onemsizdir ($p>0.05$). Natamisin, film örneklerinin antioksidan kapasiteleri üzerinde etkili olamamıştır.

Jouki ve ark., (2014) ayva çekirdeği müsilaj filmlerinin DPPH radikal yakalama aktivitesini %18.39 olarak bildirmişler. %1, %1.5 ve %2 oranında kekik uçucu yağı içeren filmlerinde sırasıyla %45, %56 ve %61 oranında yüksek antioksidan aktivite gözlemlemişlerdir. Uçucu yağla zenginleştirilmiş filmlerin daha yüksek antioksidan aktivitesinin olmasını, kekik uçucu yağının içeriğindeki karvakrol ve timol gibi fenolik bileşikler ve terpenoidlerden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

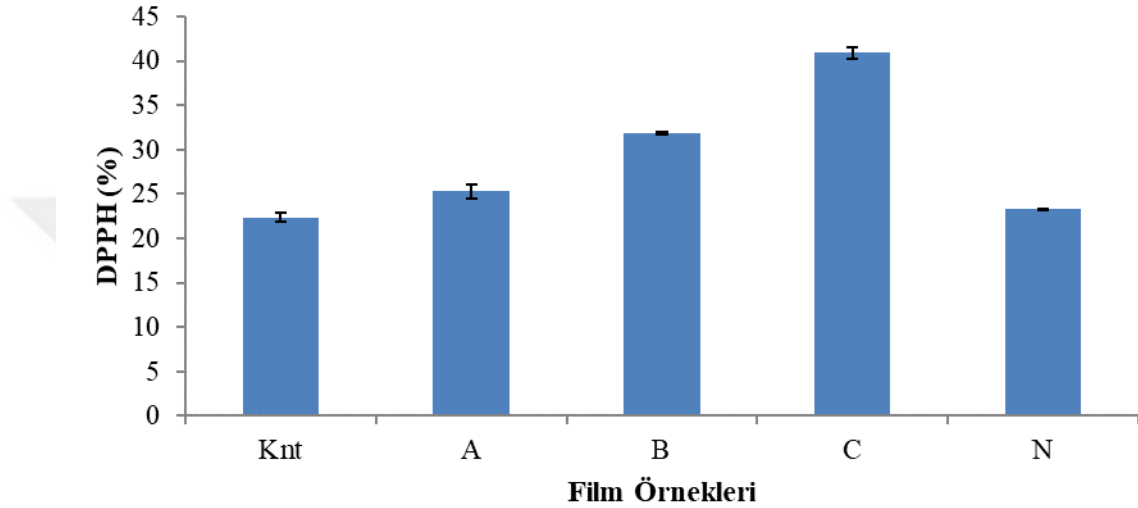
Roshandel-hesari ve ark., (2022) ayva çekirdeği zamlından elde ettikleri filmlerinde kekik uçucu yağı kullanmışlar ve filmlerinin %DPPH aralığını %17.32 ile %70.40 arasında bildirmişlerdir. %0, %0.5, %1, %1.5 oranındaki uçucu yağ içeren filmlerin antioksidan kapasiteleri sırasıyla %17.32, %38.03, %50.98 ve %70.40 olarak belirlemişlerdir.

Praseptianga ve ark., (2022) karanfil uçucu yağı kullandıkları aljinat-karragenean film örneklerinde, %1.5 karanfil uçucu yağı içeren film örneğinin antioksidan kapasitesini %60.94 olarak bildirmiş ve uçucu yağ oranının %3'e çıkmasıyla bu değerin %90.32'ye ulaştığını rapor etmişlerdir. Bu durumu, yapıdaki fenolik bileşiklerin radikallerle reaksiyonu sonucunda yüksek bir antioksidan kapasiteye sahip olması Đeklinde değerlendirmişlerdir. Uçucu yağların antioksidan aktivitesi fenolik grupların varlığından kaynaklanmaktadır (Ahmed ve ark., 2019).

Al-Hashimi ve ark., (2020) nişastadan elde ettikleri yenilebilir filmlerini karanfil uçucu yağı ile zenginleŐtirmiŐler ve kontrol örneğinin antioksidan kapasitesini %0.3 olarak, %1 karanfil yağı içeren film örneğinin %13.88, %2 karanfil uçucu yağı içeren örneğin %17.50 ve %3 karanfil uçucu yağı içeren örneğin %23.22 olduğunu rapor etmişlerdir. Antioksidan kapasiteyi artıran bileşiğin karanfil uçucu yağın içerisindeki fenolik bileşik olan  jenolun olduğunu bildirmişlerdir. Dashipour ve ark., (2014) uçucu yağ içermeyen karboksimetilselüloz (CMC) filminin

antioksidan aktivitesinin %0.32 olduğunu, karanfil uçucu yağı içeren CMC filminin antioksidan aktivitesinin ise %71.76 olduğunu bildirmiştir.

Bu sonuçlar, uçucu yağların antioksidan kapasiteyi artırmadaki etkisine bakarak, yenilebilir filmleri uçucu yağ ile zenginleştirmek özellikle oksidasyona duyarlı gıdaların muhafaza sürelerini uzatmak amacı ile kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.20 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin DPPH (%) Değerleri

4.4.9 Antimikrobiyal Aktivite

Film örneklerinin *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *Asp. flavus* mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal aktiviteleri disk yöntemi ile belirlenmiştir. Film örneklerinin oluşturduğu inhibisyon zonları mm olarak Çizelge 4.24’de verilmiştir. Film örneklerine ait antimikrobiyal aktivite görüntüleri Şekil 4.21’de verilmiştir. Zon oluşturmayan filmlerin görüntüleri eklenmemiştir.

Çizelge 4.24 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin İnhibisyon Zonları (mm)

	Kontrol	A	B	C	N
<i>E.coli</i>	-	-	-	7.38 ±0.03	-
<i>L. monoc.</i>	-	-	-	8.50 ±0.42	-
<i>S. auerus</i>	8.25±0.35 ^b	8.38±0.39 ^b	9.08±0.67 ^b	34.20±0.28 ^a	8.40 ±0.14 ^b
<i>Asp. flavus</i>	-	-	-	15.70 ±1.83 ^a	11.85±0.49 ^a

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^{a-b}: Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

‘-’ İnhibisyon zonu oluşmadığını gösterir.

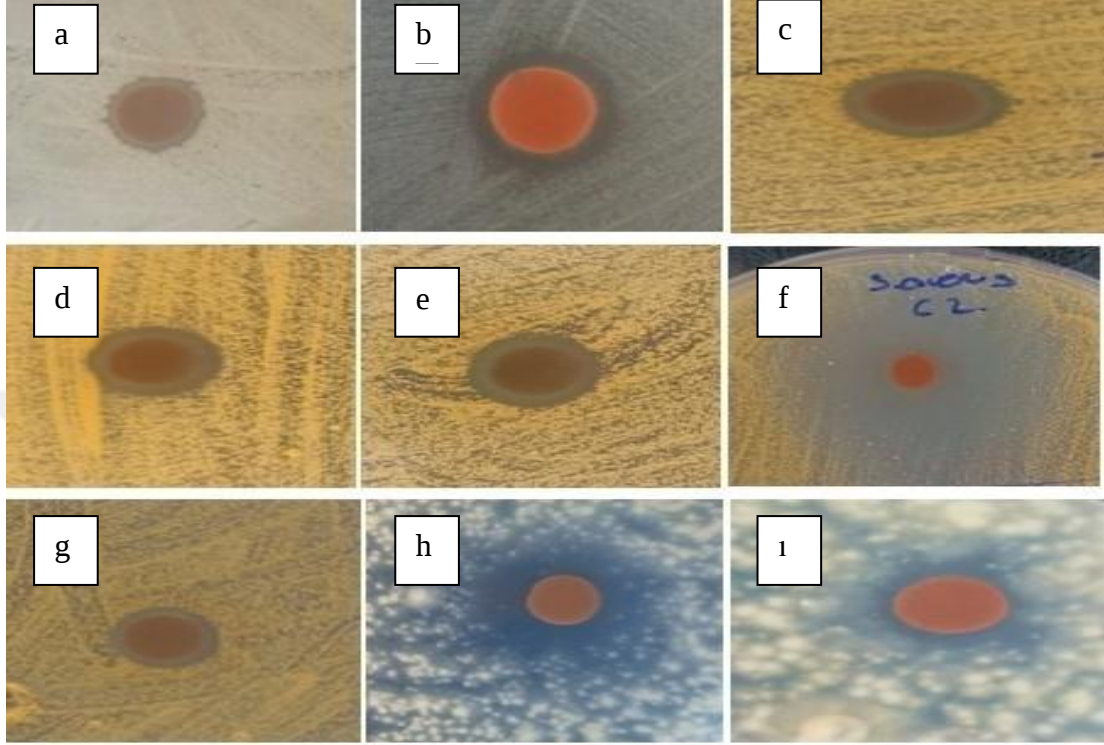
E.coli bakterisi üzerine sadece C film örneği 7.38 mm inhibisyon zonu ile antimikrobiyal etki göstermiştir. Aynı şekilde *L. monocytogenes* üzerine de 8.50 mm zon ile C film örneği etkili olmuştur. Kekik uçucu yağının sadece yüksek oranının kullanıldığı bu film (%2) bu bakteriler üzerine etkili olabilmektedir.

S.aureus bakterisine karşı tüm film örnekleri antimikrobiyal aktivite göstermiştir ($p<0.05$). Kontrol örneğinin inhibisyon zonu 8.25 mm olarak tespit edilmiş ve artan kekik yağı oranına göre inhibisyon zonu büyümüştür. C film örneği 34.20 mm inhibisyon zonu ile bu bakteriye karşı en yüksek antimikrobiyal aktiviteyi göstermiş ve diğerlerinden $p<0.05$ düzeyinde farklı bulunmuştur. Film örneğinin yapısında bulunan fenolik bileşikler kontrol örneğinin *S.aureus* üzerine etkili olmasını sağlamış ve bu durum N film örneğinde de görülmüştür. Antimikrobiyal etki yapıdaki fenolik bileşiklerden gelmektedir. Natamisin genel olarak bakteriler üzerine etkili olmayan bir antibiyotiktir ve bu bakteri üzerinde antimikrobiyal etkisi görülmemektedir.

Asp. flavus’a karşı kontrol örneği, A ve B film örneği herhangi bir aktivite göstermemiştir. Bu küfe karşı en etkili film 15.70 mm zon ile C, sonrasında 11.85 mm ile N film örneği olmuştur. Bu durum kekik uçucu yağı ve natamisinin *Asp.flavus* üzerine gösterdiği etki ile paraleldir (Bknz Çizelge 4.2). C film örneği N film örneğinden istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p>0.05$). Natamisin antifungal etkisi olan bir bileşiktir ve bu durum küfleri inaktive eden vakuolar füzyonunu inhibe etmek için ergosterol ile etkileşime girebilmesinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Yuan ve ark., 2022). Çizelge 4.24’ten görüleceği gibi C film örneği N filmi ile benzer bir antifungal özellik göstermiştir ve bu durum onun gıdalarda natamisin yerine kullanım olanaklarını artırmaktadır.

Liu ve ark., (2021) glukomannanlı film örneklerinin *E. coli*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* bakterilerine karşı etkilerini incelemişlerdir. Kontrol örneğinde ve %0.4 oranında kekik uçucu yağı kullandıkları filmlerinde inhibisyon zonu oluşmadığını, %0.8 oranında kekik uçucu yağ kullandıkları filmlerinin *L. monocytogenes* ve *S. aureus* bakterilerine karşı etkili olduğunu ve %1.2 ve %1.8 oranında kekik uçucu yağı kullanılan filmlerin tüm bakterilere karşı etkili olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak esansiyel yağlardaki fenolik bileşiklerin mikrobiyal

hücre zarlarındaki fosfolipidler üzerinde etki ederek zar geçirgenliğini ve sitoplazmik membran kaybını artırmasına ve aynı zamanda zarlardaki enzimlerle de etkileşime girmesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.



Şekil 4.21 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Antimikrobiyal Aktiviteleri (a;C Filminin *E.coli* Üzerine İnhibisyon Zonu, b; C Filminin *L. monocytogenes* Üzerine İnhibisyon Zonu, c;d;e;f;g; Sırasıyla Kontrol, A, B, C ve N Filminin *S. aureus* Üzerine İnhibisyonu, h;ı; C ve N Filminin *Asp. flavus* Üzerine İnhibisyonu)

Haghighi ve ark., (2019) kontrol filmlerinin *E. coli* ve *L. monocytogenes*'e karşı zon oluşturmadığını, kekik uçucu yağı içeren filmlerinin ise *E. coli*'ye karşı 5.66 mm ve *L. monocytogenes*'e karşı 3.00 mm inhibisyon zonu oluşturduğunu rapor etmişlerdir. Bu durumu kekik uçucu yağının içerdiği yüksek orandaki timol ve karvakrol gibi fenolik bileşiklerin yüksek antimikrobiyal aktivitesine, bakteriyel sitoplazmik membrandaki yapısal ve fonksiyonel hasarlara ve hücre içi metabolik yolların inhibisyonuna bağlamışlardır.

Mirsharifi ve ark., (2023) kekik uçucu yağ kullandıkları filmlerinde kontrol örneğinde *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı inhibisyon zonlarının oluşmadığını, %2 ve %4 oranında kullandıkları kekik uçucu yağ oranının artışına bağlı olarak *E.*

coli için 29.03-35.03 mm arasında, *S. aureus* için 32.03-47.07 mm arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Hashemi ve Mousavi Khaneghah, (2017) fesleğen tohumundan elde ettikleri kekik uçucu yağlı filmlerinde *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı inhibisyon zonlarını belirlemişlerdir. Kekik uçucu yağını %0 dan %6'ya kadar artırırken *E. coli* için inhibisyon zonunun 12.6-34.6 mm, *S.aureus* için 15.1-41.1 mm arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Yuan ve ark., (2022) sodyum aljinat ve gam arabik içeren yenilebilir filmlerinde natamisin oranının 40 µg/mL ile 100 µg/mL arasındaki oranlarda kullanmışlar ve *Asp. flavus* için inhibisyon zonun 6.84 mm'den 13.5 mm'ye büyüdüğünü rapor etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada antifungal aktivite ile ilgili olarak, natamisin içeren filmlerin, *A. flavus*'a 10.5 mm ve *A. parasiticus*'a 11.0 mm karşı inhibisyon bölgeleri oluşturduğu belirlenmiştir (Sirisha Nallan Chakravartula ve ark., 2020). Bu değerler çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

4.4.10 Termal Özellikler

Termogravimetri bir malzemenin ağırlık kaybının sıcaklığa ve zamana bağlı olarak değişimini ölçen analitik bir tekniktir. Bu teknik maddenin kimyasal yapısı ve termal davranışı hakkında bilgi verir ve maddelerin bozunma sıcaklıklarını belirleyerek, ürünün kalitesi ve stabilitesini değerlendirmek için kullanılır. Örnek ağırlıklarında meydana gelen ağırlık değişimi bozunma, oksidasyon, su kaybı gibi olayların sonucu olarak meydana gelmektedir (Joardder ve ark., 2013; Surat, 2015). Ambalaj malzemelerinin termal bozunması ve kararlılığı, gıda endüstrisi için özel bir öneme sahiptir (Espitia ve ark., 2014).

Film örneklerine ait termal bozulma başlangıç sıcaklıkları (°C) ve ağırlık kayıpları (%) Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Filmlerde genel olarak bozunma sıcaklığı 35°C civarından başlamıştır. 110°C civarına kadar devam etmiştir. Bu aşamada gerçekleşen kütle kaybı düşüktür. En yüksek başlangıç bozulma sıcaklığı 39.28°C A film örneğinde görülmüştür. Film çözeltilerine katılan kekik uçucu yağ oranı arttıkça bozunma sıcaklığı azalmıştır. Bu aşamada en fazla ağırlık kaybı %7.53 ile A film örneğinde sonrasında %6.47 ile N

film örneğinde olmuştur. İlk faz (35–110 °C) film örneklerinden, serbest ve bağlı suyun buharlaşmasına bağlanabilmektedir (Zhou ve ark., 2021).

Çizelge 4.25 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmlerin Termal Bozulma Başlangıç Sıcaklıkları (°C) ve Ağırlık Kayıpları (%)

	Δ_1 T_{d1} , başlangıç	Δw_1	Δ_2 T_{d2} , başlangıç	Δw_2	Δ_3 T_{d3} , başlangıç	Δw_3
Kontrol	34.64	5.99	106.08	31.59	236.50	19.49
A	39.28	7.53	142.06	27.55	233.14	19.38
B	35.54	3.47	117.17	30.25	233.42	19.47
C	34.05	4.89	108.10	37.05	257.17	13.96
N	35.11	6.47	141.31	29.30	236.18	18.92

T_d : Termal bozulma sıcaklığı; Δw : ağırlık kaybı

Kontrol: antimikrobiyal madde içermeyen film örneğini; A :%1, B: %1.5, C:%2 v/v oranında kekik uçucu yağı içeren film örneğini; N ise natamisin içeren film örneğini temsil eder.

Termal kaybın bir sonraki aşaması (110-230°C arası) gliserol kaybıyla ilişkilendirilebilmektedir (Bhatia ve ark., 2022). Ayrıca filmlerdeki ağırlık kaybı, film matrisindeki bazı düşük moleküler ağırlıklı polimerlerin ayrışması, Tween 80'in buharlaşması ile de ilgilidir (Zhou ve ark., 2021). Bu aşama filmlerin bozulduğu ve en fazla ağırlık kaybının yaşandığı aşamadır. En düşük ağırlık kaybı %27.55 ile A filminde olurken, en yüksek kayıp %37.05 ile C filminde olmuştur. Kekik uçucu yağı oranının artması filmlerde ağırlık kaybını artırmıştır. Son aşama 230°C ve üzeri sıcaklıklarda gerçekleşmiştir. Bu aşamada ağırlık kayıpları film matrisindeki polisakkaritlerin ileri derecede parçalanmasının sonucudur. En fazla kayıp kontrol örneğinde gözlenirken, en az kayıp ise C örneğinde görülmektedir. C örneği en yüksek oranda kekik uçucu yağı içeren örnek olduğundan en fazla kütle kaybını ikinci aşamada vermiş ve bu aşamadaki kaybı azalmıştır. Benzer şekilde antimikrobiyal madde içeren filmler kütle kayıplarının çoğunu ikinci aşamada verdiğinden bu fazda kontrole kıyasla daha az kayıba sahip olmuşlardır.

Bhatia ve ark., (2022) turuncu yağı ekledikleri sodyum aljinat ve kazeinli filmlerin termogravimetrik analizlerini yaparak, 25-600°C arasında ağırlık kayıplarını incelemişler. Termal bozunma 175°C'de başlamış ve en yüksek ağırlık kaybı 200 ile 250°C arasında görülmüştür. Uçucu yağ eklenmesinin termal kararlılığı artırdığını ancak konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak termal kararlılıkta bir düşüş olduğunu bildirmişlerdir.

Bhatia ve ark., (2023) adaçayı uçucu yağı kullandıkları başka bir film çalışmalarında 25-600°C sıcaklık aralığında değerlendirme yaptıklarını, termal bozunmanın ilk aşamasının %12 ağırlık kaybıyla 35-90°C arasında gerçekleştiğini, bir sonraki aşamanın 120-400°C arasında olduğunu ve kütlenin toplamda %80 oranında azaldığını bildirmişlerdir.

Zhou ve ark., (2021) nişasta bazlı filmlerinde tarçın esansiyel yağı kullanmışlar ve filmlerinin termal stabilitesini 30-600°C arasında değerlendirmişlerdir. İlk kayıplarını 30-136°C sıcaklık aralığında kaydetmişler ve 136-369°C arasında en fazla kayıp verdiklerini bildirmişlerdir. TGA analizi, tarçın esansiyel yağının eklenmesinin filmin termal stabilitesini iyileştirdiğini gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Espitia ve ark., (2014) açaili ve kekik uçucu yağlı filmlerinde 800°C civarına kadar sıcaklık uygulamasında termal kararlılığını incelemişlerdir. Kekik uçucu yağ içeren filmiyle karşılaştırıldığında kontrolün biraz daha yüksek termal kararlılığının olduğunu ve bu durumun polimerik matriste oldukça uçucu yağın olmamasından ve açai liflerinin varlığından kaynaklandığı belirtmişlerdir.

Sirisha Nallan Chakravartula ve ark., (2020) nişasta ve kitosanlı filmlerinde natamisin kullanmışlar ve ilk ağırlık kaybının 100°C civarında başladığını kaybın %2-3 olduğunu, 160-200°C arasında %10'luk bir kaybın olduğunu, 240-250°C arasında %50 oranında ve maksimum bozunma sıcaklığının 340-359°C arasında olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda kullanılan natamisinli film örneğinde (N) 35°C civarında bozunma başlamış ve kütlesinin %6.47'sini bu aşamada kaybetmiş, 110-230°C arasında %29.30 ve 230°C üzeri sıcaklıkta ise %18.92 ağırlık kaybı gerçekleşmiştir.

Yukarıda belirtilen çalışmalarla kıyaslandığında, çalışmamız sonuçları genel olarak benzerlik göstermektedir. Filme antimikrobiyal madde eklemek filmlerin termal kararlılığını artırmıştır. Genel olarak üretilen tüm filmler 230°C civarına kadar daha iyi termal kararlılık göstermiştir.

4.4.11 SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Analizi

Filmlerin elektron mikroskobu görüntüleri (SEM) Şekil 4.22’de verilmiştir. Film kesitleri $\times 500$ ve $\times 2000$ büyütme oranlarında üst kesit ve $\times 500$ büyütme oranında yan kesit olarak verilmiştir. Film örneklerine ait SEM görüntüleri filmlere ait geçirgenlik özellikleri hakkında bilgi vermektedir.

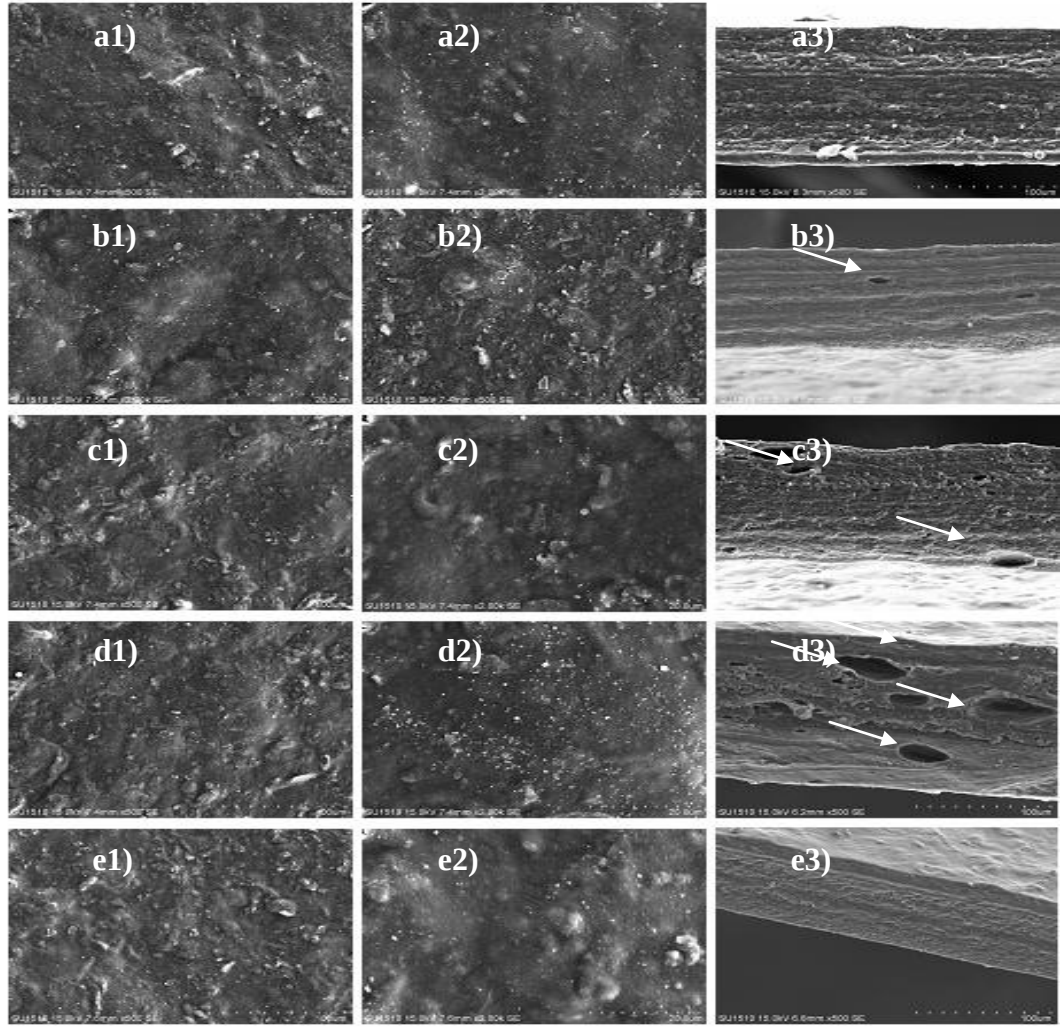
Şekiller incelendiğinde kontrol film örneğine ait şekillerde üst kesit ve yan kesitte kırık veya çatlak yapı gözlenmemiştir. Ayrıca por oluşumun görülmemesi sebebiyle düzgün bir görünüm sergilemiştir. Filmlere kekik uçucu yağı eklenmesiyle beraber yapıda porlar oluşmaya başlamış ve kekik yağı oranının artmasına bağlı olarak por sayısı artmıştır. En fazla por % 2 kekik uçucu yağ içeren film örneğinde (C) görülmüştür.

Şekil 4.22’den görüleceği üzere kekik yağı oranına bağlı olarak por sayısının artmasının yanısıra por büyüklükleri de artmıştır. Yapıdaki bu porlar film geçirgenliğinin artmasına sebep olmuş, SBG ve OG değerleri üzerinde etki göstermiştir (Bknz Şekil 4.16, Şekil 4.17). Natamisin katkılı filmlerde kontrol örneğine benzer şekilde por oluşumu gözlemlenmemiştir. Mo ve ark., (2021) jelatinli filmlerinde çözeltiye natamisin eklediklerinde film çözeltisinde iyi bir dağılım gösterdiğini ve SEM görüntülerinde por oluşmayarak, düzgün bir mikroyapı oluştuğunu bildirmişlerdir.

Bhatia ve ark., (2023) yaptıkları çalışmada kekik yağı oranına bağlı olarak yapıdaki porların boyutlarının büyüdüğünü belirtmiştir. Bu durumu serbest esansiyel yağların buharlaşması ile beraber büyük porların oluştuğuna bağlamışlardır. Çalışmamızda porların oluşum sebebi de bu şekilde açıklanmaktadır.

Acevedo-Fani ve ark., (2015) aljinatlı filmlerine uçucu özellikli bitkisel yağ ilave edilmesinin film yüzeyinde gözenekli yapı oluşumuna ve gözenek sayısının artmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

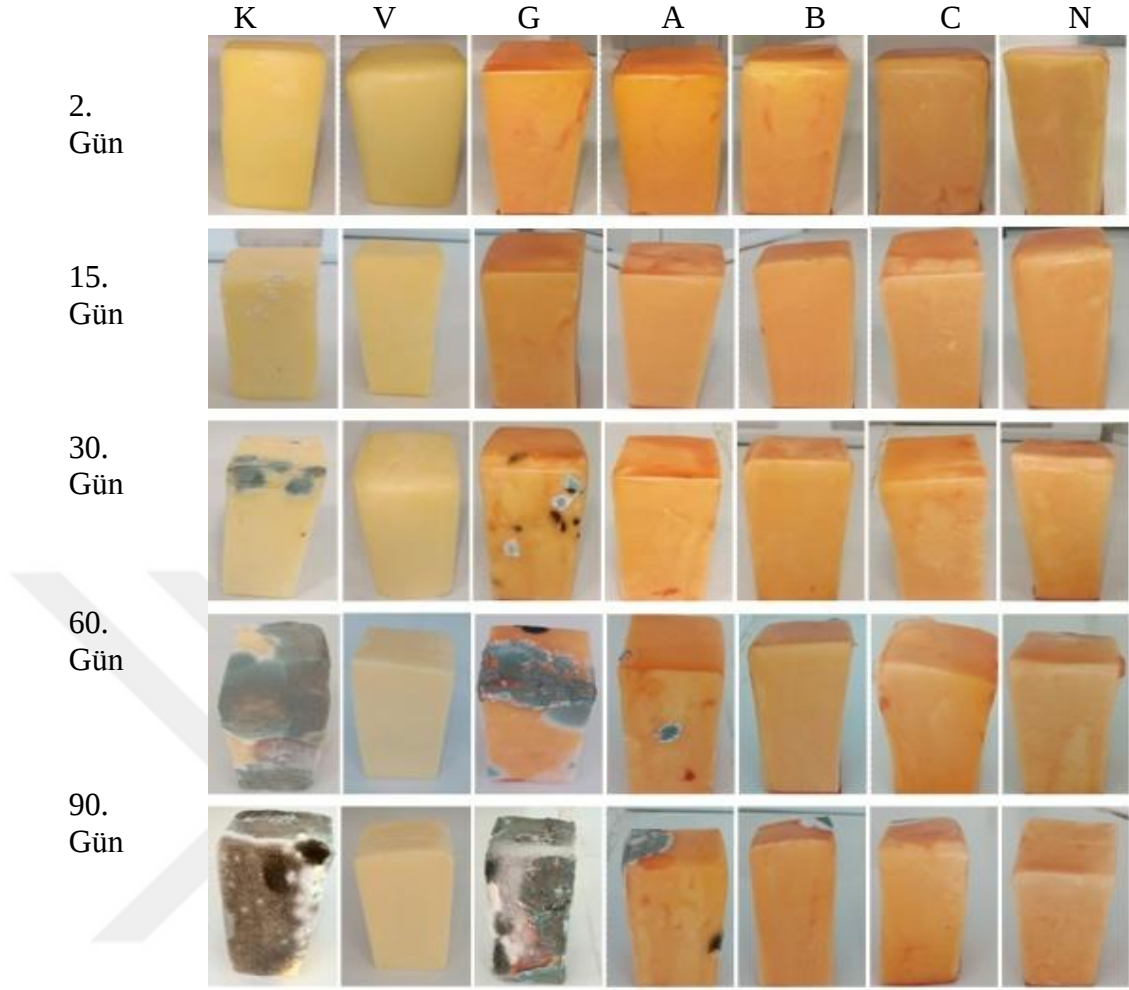
Espitia ve ark., (2014) açıdan ürettikleri kekik uçucu yağlı filmlerinde uçucu yağa bağlı olarak kontrole kıyasla porlar oluştuğunu rapor etmişlerdir. Benzer sonuçlar, fesleğen ve kekik uçucu yağı eklenmiş kitosan bazlı filmlerin, muhtemelen film mikro yapısında kalan yağ damlacıkları nedeniyle filmlerin enine kesitinde boşluk olduğunu bildiren Bonilla ve ark., (2012) tarafından da gözlemlenmiştir.



Şekil 4.22 Antimikrobiyal Madde İçeren Film Örneklerine Ait SEM Görüntüleri (a; Kontrol Film Örneğini, b; %1 c; %1.5, d; %2 Oranında Kekik Uçucu Yağ İçeren Film Örneğini ve e; Natamisin İçeren Film Örneğini Temsil Eder. 1; $\times 500$ Büyütme Oranında Üst Kesit, 2; $\times 2000$ Büyütme Oranında Üst Kesit ve 3; $\times 500$ Büyütme Oranında Yan Kesit Görüntüsünü İfade Eder.)

4.5 Antimikrobiyal Madde İçeren Filmle Kaplı Peynir Analizleri

Antimikrobiyal madde içeren film örnekleri depolamanın 2.-15.-30.-60. ve 90. günlerinde analizlere tabii tutulmuştur. Depolama boyunca peynir yüzeyinde meydana gelen değişimler Şekil 4.23'te verilmiştir. Analiz sonuçlarına ait varyans analiz tabloları Ek 4'te sunulmuştur.



Şekil 4.23 Depolama Boyunca Film Kaplı Peynir Örneklerindeki Değişimler (K; Yenilebilir Film ile Kaplanmamış ve Vakum Ambalajlanmamış Peynir Örneğini, V; Yenilebilir Film ile Kaplanmamış ve Vakum Ambalajlanmış Peynir Örneğini, G; Güz Yemişi Ekstraktı İçeren Yenilebilir Filmle Kaplanmış Peynir Örneğini, A; %1 Oranında, B; %1.5 Oranında ve C; % 2 Oranında Kekik Uçucu Yağı İçeren ve Güz Yemişi Ekstraktından Üretilen Yenilebilir Filmle Kaplanmış Peynir Örneğini, N; Natamisin ve Güz Yemişi Ekstraktı İçeren Yenilebilir Filmle Kaplanmış Peynir Örneğini Temsil Etmektedir.)

4.5.1 Kurumadde Oranı

Antimikrobiyal madde içeren filmle kaplı peynir örneklerinin depolama süresince % kurumadde oranlarındaki değişim Çizelge 4.26'da ve Şekil 4.24'te verilmiştir. Peyniri filmle kaplamak peynir örneklerinde % kurummadde oranları üzerinde etkili olmuştur.

Çizelge 4.26 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Kurumadde Oranı Değişimleri

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	54.51 ± 0.15 ^{bA}	54.68 ± 0.03 ^{bA}	54.85 ± 0.48 ^{abA}	54.95 ± 0.19 ^{abA}	55.38 ± 0.11 ^{aA}
V	54.81 ± 0.04 ^{aA}	54.41 ± 0.70 ^{aAB}	55.06 ± 0.98 ^{aA}	55.32 ± 0.77 ^{aA}	54.64 ± 0.01 ^{aB}
G	53.03 ± 0.35 ^{bBC}	53.25 ± 0.67 ^{bBC}	55.20 ± 0.02 ^{aA}	54.74 ± 0.12 ^{aA}	54.46 ± 0.53 ^{aB}
A	53.43 ± 0.35 ^{cdB}	53.30 ± 0.43 ^{dB}	54.00 ± 0.01 ^{bcAB}	54.36 ± 0.07 ^{bAB}	55.53 ± 0.09 ^{aA}
B	52.46 ± 0.55 ^{bcCD}	51.95 ± 0.55 ^{cd}	52.38 ± 0.06 ^{cB}	53.42 ± 0.33 ^{abB}	54.24 ± 0.12 ^{aB}
C	52.73 ± 0.30 ^{bBCD}	53.47 ± 0.40 ^{abABC}	54.45 ± 1.50 ^{abA}	54.95 ± 0.77 ^{aA}	55.29 ± 0.03 ^{aA}
N	52.13 ± 0.07 ^{bd}	52.36 ± 0.41 ^{bCD}	54.17 ± 0.54 ^{aAB}	53.48 ± 0.01 ^{aB}	53.58 ± 0.19 ^{aC}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-d} Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-D} Aynı sütundaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Peynir örneklerinin % kurumadde oranları %51.95-55.53 arasında değerler almıştır. Depolama süresi boyunca peynir örneklerinde % kurumadde oranı genel olarak artmıştır. Bu artış K, V ve C peynir örneği için önemsizken (p>0.05), diğer peynirler için önemli bulunmuştur (p<0.05). G ve N peyniri depolamanın 30. gününde en yüksek % kurumadde değerini almış, sonraki günlerde bu değer azalmıştır. Ancak bu azalış önemlilik arz etmemektedir (p>0.05). A, B ve C peynirleri en yüksek % kurumadde değerlerine depolamanın son günü sahip olmuşlardır. Bu durum yapıdaki uçucu bileşenlerin depolama boyunca film yüzeyinden ayrılması ile açıklanabilmektedir.

Aynı dönem içerisinde peynir örnekleri arasında istatistikî açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur (p<0.05). Depolamanın 2. gününde V ve K peynirleri en yüksek % kurumadde değerlerine sahip olmuşlardır. Bu durum film kaplı peynir örneklerinde filmin yapısında bulunan su ve diğer uçucu bileşenlerin bir kısmının analiz esnasında kaybolmasıyla ilişkili olabilmektedir. Yılmaz ve Dağdemir, (2012) yenilebilir filmle kapladıkları Kaşar peynirinde depolamanın ilk gününde çalışmamıza benzer şekilde kontrole kıyasla daha düşük % kurumadde değerleri bildirmişlerdir. G peyniri A, B ve C peynirleri ile ilk gün benzerlik gösterirken N peyniri ile farklılık göstermiştir. V ve K peynirleri depolamanın 90. günü hariç % kurumadde değerleri açısından benzerlik göstermiştir. Depolama süresi sonunda en

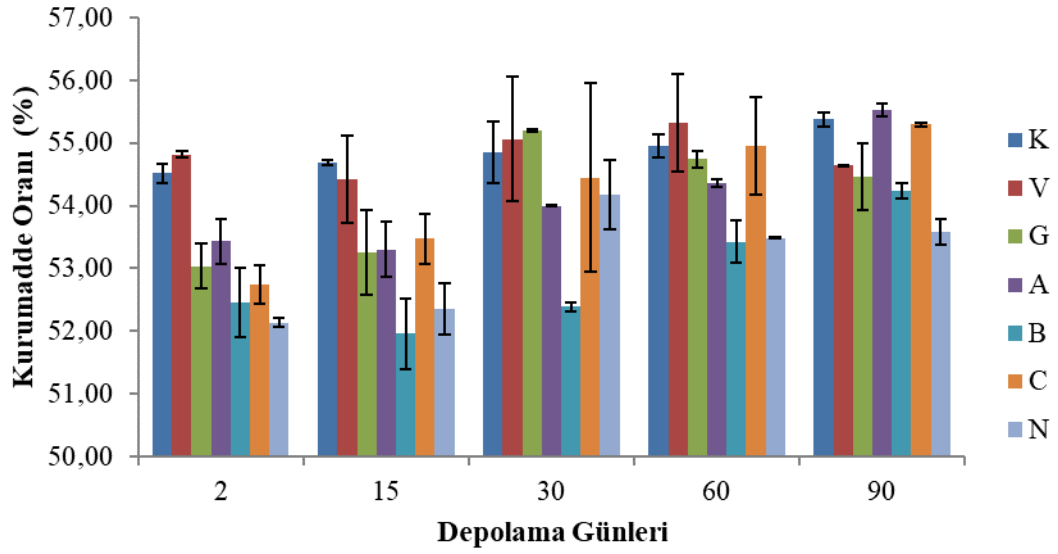
yüksek % kurumadde oranı %55.53 ile A peynirinde görülürken, en düşük % kurumadde oranı %53.58 ile N örneğinde belirlenmiştir ve bu durum istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Al-Moghazy ve ark., (2021) kekik uçucu yağı içeren kitosanlı yenilebilir filmlerini Karish peyniri kaplamada kullanmışlar ve 4 hafta depolama sonucunda % kurumadde değerlerinin %46.89-53.08 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Depolama boyunca % kurumadde değerlerinin arttığını ve bu durumun istatistiksel açıdan önemli olduğunu belirtmişlerdir. Vasiliauskaite ve ark., (2022) peyniraltı suyundan elde ettikleri filmleri uyguladıkları Lor peynirlerini, 4°C’de 23 gün boyunca depolamada % kurumadde değerlerinin %43.63-57.21 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Erkaya Kotan ve ark., (2017) Kaşar peyniri üzerine yaptıkları yenilebilir film çalışmasında % kurumadde değerlerini %60.69-72.30 arasında bulmuşlardır. Bu değerler bizim çalışmamızdaki değerlerden yüksektir. Ayrıca bu çalışmadaki peynir örneklerinin başlangıç % kurumadde miktarlarının (%60.69-62.45) da bizim örneklerimizden (%52.13-54.81) yüksek bulunması, bu durumun hammadde farklılığından kaynaklandığı göstermektedir. Hazaa ve Jassim, (2021) kekik uçucu yağı yeşil çay ekstraktı kullandıkları kitosan filmleri Soft peynire uygulayarak 14 günlük bir depolama sonucunda örneklerin % kurumadde değerlerinin %39.57-41.87 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Literatürlerde belirtilen çalışmalardaki değerler çalışmamızla kısmen benzerlik gösterirken, bazıları daha düşük bulunmuştur. Bu durum kaplama yapılan peynirin hammadde kaynaklı özelliklerinden kaynaklı olabileceği gibi, depolama sürelerinin daha kısa olması ile ilişkilendirilebilmektedir.

Çalışmamız sonucunda, nem kaybını önlemesi açısından, natamisin içeren filmle kaplama en iyi alternatif olmuş, vakum ambalajlı örneğin (V) kurumadde değerine benzer olan G ve B peynirini kaplamada kullanılan film de alternatif olarak ön plana çıkmıştır.



Şekil 4.24 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Kurumadde Oranı Değişimleri

4.5.2 Titrasyon Asitliği Değeri

Peynir örneklerine ait depolama süresince % titrasyon asitliği değerleri değişimleri Çizelge 4.27 ve Şekil 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.27 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Titrasyon Asitliği Değerleri Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	0.95 ± 0.04 ^{CA}	0.96 ± 0.01 ^{CA}	1.02 ± 0.08 ^{CAB}	1.63 ± 0.01 ^{AA}	1.15 ± 0.04 ^{BA}
V	0.79 ± 0.08 ^{CA}	0.99 ± 0.06 ^{BA}	1.02 ± 0.04 ^{ABAB}	1.17 ± 0.06 ^{AC}	0.61 ± 0.04 ^{dCD}
G	0.81 ± 0.03 ^{bcA}	0.75 ± 0.01 ^{CB}	0.84 ± 0.01 ^{bcB}	0.99 ± 0.09 ^{AD}	0.94 ± 0.06 ^{abB}
A	0.90 ± 0.06 ^{abA}	0.81 ± 0.03 ^{BB}	0.88 ± 0.01 ^{abBC}	0.92 ± 0.03 ^{AD}	0.55 ± 0.04 ^{cDE}
B	0.87 ± 0.09 ^{BA}	0.96 ± 0.03 ^{BA}	0.92 ± 0.09 ^{BBBC}	1.21 ± 0.01 ^{ABC}	0.47 ± 0.01 ^{CE}
C	0.81 ± 0.09 ^{BA}	0.81 ± 0.01 ^{BB}	0.85 ± 0.03 ^{abB}	0.95 ± 0.04 ^{AD}	0.43 ± 0.04 ^{CE}
N	0.88 ± 0.01 ^{cdA}	0.93 ± 0.01 ^{CA}	1.14 ± 0.09 ^{BA}	1.32 ± 0.06 ^{AB}	0.72 ± 0.09 ^{dC}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-d} Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-E} Aynı sütundaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

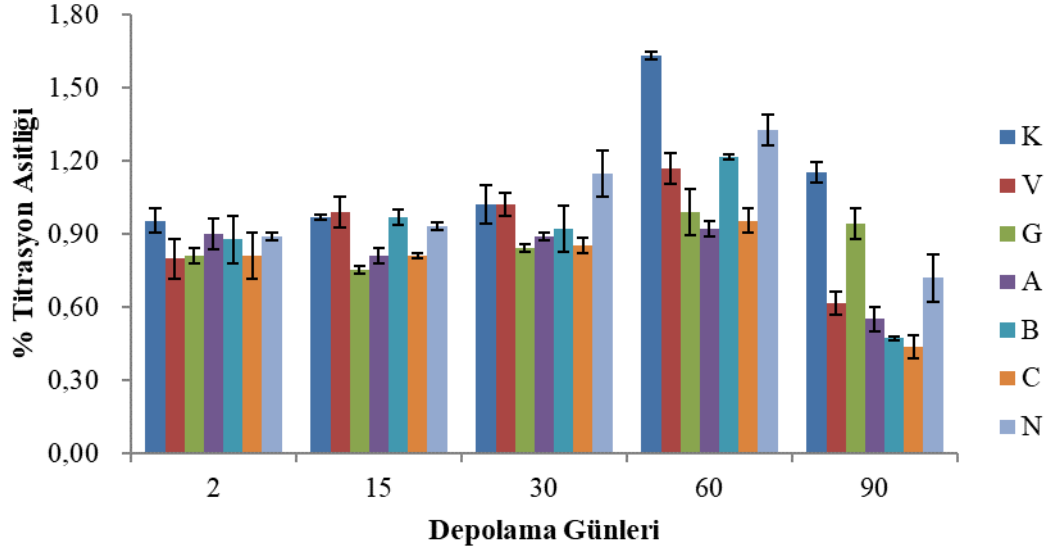
Peynir örneklerinin titrasyon asitliği değerleri %0.43-1.63 arasında değişmiştir. Titrasyon asitliği değerleri laktik asit ve diğer uçucu asitler gibi laktoz bozunma ürünlerinin birikmesine bağlı olarak, tüm numunelerde 60. güne kadar artış

gösterirken, 90. günde düşüş olmuştur. Bu değişim istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu düşüşe, proteoliz sonucu oluşan küçük moleküllü parçalanma ürünlerinin amfoter özellik göstermesi sebep olabilmektedir. En yüksek asitlik değerini 60. günde K örneğinde gözlemlenmiştir. Bu durum peynir örneklerinin mikrobiyolojik yükü ile ilişkilidir. Genel olarak mikroorganizma sayısının yüksek olduğu örneklerde daha yüksek asitlik değerleri bulunmuştur (Bknz Çizelge 4.41). Ayrıca küflenme gerçekleşen örneklerde yağların parçalanmasına bağlı olarak asit değerleri etkilenmiştir.

Depolamanın 2. gün örnekleri hariç, diğer günlerde önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). 90. günde V örneği N ve A örneği ile benzerlik göstermiş, diğer uçucu yağlı filmle kaplı peynirlerden (B ve C) daha yüksek % asitlik değerine sahip olmuşlardır. Bu örnekler vakum ambalajlı peynire kıyasla % titrasyon asitliği değerleri açısından iyi bir alternatif olabileceği düşünülmektedir. Depolamanın son gününde yüzeyinde yoğun küf oluşumu görülen K örneği %1.15 ile ve G örneği ise %0.94 ile en yüksek % titrasyon asitliği değerlerine sahip olmuşlardır. En düşük değer ise %0.43 ile C örneğinde görülmüştür. Bu durum film kaplamada kullanılan kekik uçucu yağ miktarı oranının yüksek oluşu hem bakteriler üzerinde hem de küfler üzerinde etkili olması ile açıklanabilmektedir. N örneği %0.72 titrasyon asitliği değeri, kekik uçucu yağı içeren A, B ve C örneklerinden daha yüksek bulunmuştur. Natamisin bakteriler üzerinde etkisinin olmadığı düşünüldüğünde, bu asitlik değerinin yüksek oluşu bakteriyel faaliyetin sonucuna bağlanabilmektedir.

Soleimani-Rambod ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada keten tohumu müsilağı içeren ve ksantan gamdan üretikleri yenilebilir filmle kaplı peynir örneklerinin 90 günlük depolamadaki titrasyon asitliği değerlerini %0.45-1.50 arasında bulmuşlardır. Depolamanın sonunda % titrasyon asitliği değerlerinin arttığını en fazla artışın kontrol örneğinde ve sadece ksantan gam içeren yenilebilir film kaplı peynir örneğinde olduğunu bu durum ortamda bulunan starter olmayan laktik asit bakterilerinin laktik asit üretimini artırması ile açıklamışlardır. Bu durum bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Ríos-de-Benito ve ark., (2021) sodyum kazeinat, kitosan ve kekik uçucu yağlı filmlerini Panela peynirine uygulamışlar ve 15 günlük depolama sonucunda kaplama yapılmamış kontrol örneğinden daha düşük % titrasyon asitliği değerleri aldıklarını bildirmişlerdir. Yalçın ve ark., (2021)

sodyum kazeinat ve kitosandan elde edilmiş filmleriyle Kaşar peyniri kaplayarak 60. günlük olgunlaşma sonucunda % titrasyon asitliği değerlerini %0.79-1.38 arasında tespit etmişlerdir. Kontrol örneğinin ise depolama sonunda %3.33 değerine ulaştığını rapor etmişlerdir.



Şekil 4.25 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Titrasyon Asitliği Değerleri

Yangılar ve Oğuzhan Yıldız, (2016) natamisin içeren yenilebilir filmleri ile kapladıkları Kaşar peynirinde % titrasyon asitliği değerleri %1.10 ile %2.82 arasında tespit etmişler ve natamisin içeren filmle kaplı örneklerinde asitlik değerlerini kontrole kıyasla daha düşük bulmuşlardır. Bu durum çalışmamızla paralellik göstermektedir.

4.5.3 pH Değeri

Film kaplı peynir örneklerinin depolama süresince pH değerlerinde meydana gelen değişim Çizelge 4.28’de ve Şekil 4.26’da verilmiştir.

Örneklerin pH değerleri depolama günleri boyunca 5.15-5.68 arasında değerler almıştır. pH değerleri genel olarak 15. günde artış göstermiş, sonrasında ise düşmüştür. Bu değişim K, V, G ve B örneği için önemsiz bulunurken ($p>0.05$); A, C ve N örnekleri için önemlilik arz etmektedir ($p<0.05$). En fazla düşüş N örneğinde görülmüştür. Peynir örneklerinin pH değerlerindeki değişiklikler, depolama döneminde proteolitik bozunmaya bağlı olarak alkali bileşik oluşumunun bir sonucu olabilmektedir (Soleimani-Rambod ve ark., 2018).

Çizelge 4.28 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin pH Değeri Değişimleri

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	5.45 ± 0.01 ^{aB}	5.52 ± 0.03 ^{aC}	5.48 ± 0.12 ^{aAB}	5.45 ± 0.04 ^{aB}	5.59 ± 0.02 ^{aA}
V	5.56 ± 0.02 ^{aA}	5.57 ± 0.07 ^{aABC}	5.41 ± 0.13 ^{abAB}	5.41 ± 0.13 ^{abBC}	5.22 ± 0.01 ^{bb}
G	5.50 ± 0.01 ^{aAB}	5.66 ± 0.01 ^{aA}	5.60 ± 0.02 ^{aA}	5.65 ± 0.05 ^{aA}	5.57 ± 0.16 ^{aA}
A	5.51 ± 0.01 ^{bAB}	5.64 ± 0.01 ^{aAB}	5.57 ± 0.04 ^{abA}	5.57 ± 0.05 ^{abAB}	5.50 ± 0.01 ^{bA}
B	5.48 ± 0.07 ^{aB}	5.53 ± 0.01 ^{aBC}	5.51 ± 0.15 ^{aAB}	5.38 ± 0.01 ^{aBC}	5.48 ± 0.01 ^{aA}
C	5.45 ± 0.01 ^{cB}	5.68 ± 0.01 ^{aA}	5.59 ± 0.02 ^{abA}	5.54 ± 0.09 ^{bcAB}	5.49 ± 0.04 ^{bcA}
N	5.46 ± 0.02 ^{abB}	5.49 ± 0.07 ^{aC}	5.23 ± 0.17 ^{bcB}	5.25 ± 0.04 ^{abcC}	5.15 ± 0.05 ^{cB}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

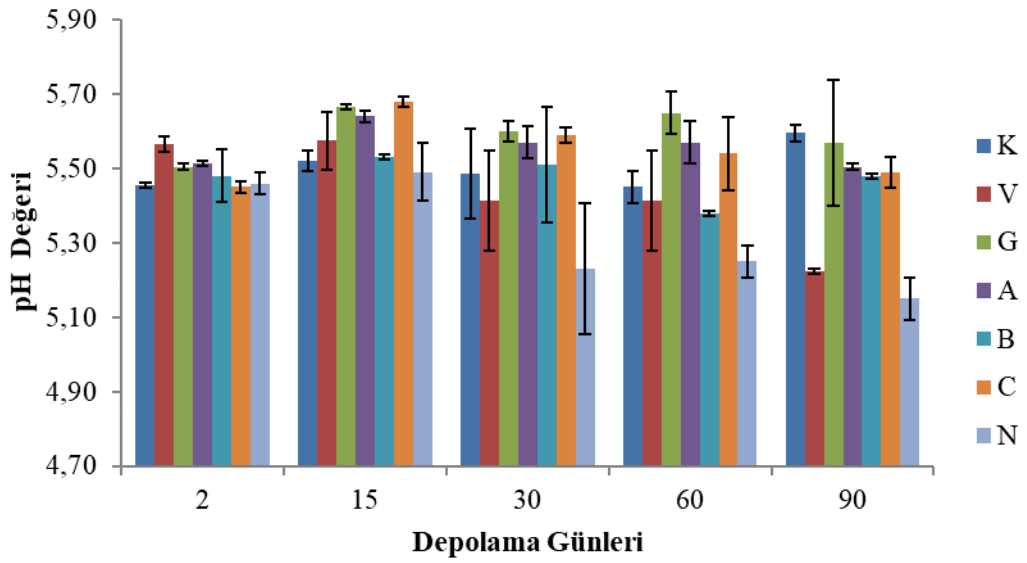
^{a-c} Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-C} Aynı sütundaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Depolamanın 2. ve 30. gününde pH değerleri örnekler arasında önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Diğer dönemlerde istatistiksel olarak önemli değişimler vardır (p<0.05). Depolamanın 15. gününde en yüksek pH değeri 5.68 ile C örneğinde görülürken, 60. günde en yüksek pH değeri 5.65 G örneğinde görülmüştür. Depolamanın sonunda en yüksek pH değerine K örneği sahip olmuştur, bu durum yapıdaki küf gelişiminin sonucu olabilmektedir. Peynirlerde sonradan kontaminasyon sonucu oluşan küfler, hem ortamdaki asidik molekülleri asimile edebilmekte hem de α_{s1} - ve β -kazeini parçalayarak tampon bileşikleri oluşturabilmektedir (Yalçın ve ark., 2021). K örneği G, A, B ve C örneklerinin pH değerlerinden istatistikî açıdan farksızdır (p>0.05). Bu değerler, yenilebilir film ile kaplamanın pH değerlerine etkisinin düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum Erkaya Kotan ve ark., (2017) Kaşar peyniri üzerine yaptıkları yenilebilir film çalışmasında da gözlemlenmiştir. 90. günde V ve N örneği pH değerleri açısından istatistikî olarak farksızdır (p>0.05).

Kavas ve ark., (2015) peyniraltı suyundan elde ettikleri filmlerine kekik ve karanfil uçucu yağı katarak Kaşar peyniri kaplamada kullanmışlardır. 60 günlük depolama sonunda kontrol örneğinin pH değerinin 4.48' den 4.13'e düştüğünü, kekik uçucu yağlı filmle kapladığı örneklerin pH değerinin 4.31'den 4.07'ye düştüğünü, karanfil uçucu yağı kullandıkları örneklerde ise pH değerinin 4.44'ten 4.16'ya

düşüğünü belirtmişler, ancak bu durumun istatistiksel açıdan önemli olmadığını ($p>0.05$) vurgulamışlardır. Bu çalışmadaki örneklerin başlangıç pH değerleri bizim çalışmamızdan daha düşüktür, bu durum hammadde ve kaplamada kullanılan film çözeltisi içeriğinin farklı olması ile açıklanabilmektedir. Yalçın ve ark., (2021) yenilebilir filmle kapladıkları Kaşar peynirinin 60 günlük depolama süresince pH değerlerinin 5.42 ile 5.86 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Bu değerler çalışmamızla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.26 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin pH Değeri Değişimleri

Hazaa ve Jassim, (2021) çalışmalarında depolama boyunca pH değerlerinin azaldığını belirtmişlerdir. Bu durumu peynir kitlesinde kalan laktoz şekerinin laktik aside dönüşmesi nedeniyle pH değerlerinde düşüş olduğuna, aynı zamanda tüm kaplanmış ve kaplanmamış peynirlerdeki pH değişikliklerin, mikroorganizmanın aktivitesini etkileyen depolamanın bağıl nemine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Mahcene ve ark., (2020) peyniri sodyum aljinatlı ve esansiyel yağ içeren filmle kaplayarak 10 günlük depolama süresi boyunca numunelerde hafif derecede önemli bir düşüş gözlemlendiğini belirtmişlerdir. pH'daki bu düşüş, peptizasyon ve bakteriyel fermentasyon nedeniyle olabilmektedir. Numunelerin pH değerleri katılan uçucu yağın cinsine göre 5.83 ile 6.39 arasında değişmiştir.

4.5.4 Tuz Oranı

Peynirin tuz içeriği, peynirin su aktivitesini azaltarak ve istenmeyen mikroorganizmaların üremesini engelleyerek peynirin kabul edilebilirliği, lezzeti,

kokusu ve raf ömrünün uzamasında önemli rol oynamaktadır (Nottagh ve ark., 2020). Peynir örneklerinin depolama süresince % tuz oranları değişimi Çizelge 4.29’da ve Şekil 4.27’de sunulmuştur.

Çizelge 4.29 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Tuz Oranı Değişimleri

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	1.93 ± 0.01 ^{cBC}	2.00 ± 0.01 ^{cBC}	2.44 ± 0.01 ^{bA}	3.23 ± 0.12 ^{aA}	3.47 ± 0.20 ^{aA}
V	2.20 ± 0.06 ^{cA}	2.08 ± 0.02 ^{cB}	2.31 ± 0.02 ^{bcBC}	2.47 ± 0.08 ^{bD}	2.85 ± 0.16 ^{aB}
G	2.12 ± 0.03 ^{dAB}	2.39 ± 0.08 ^{cA}	2.40 ± 0.10 ^{cAB}	2.90 ± 0.08 ^{bB}	3.49 ± 0.08 ^{aA}
A	2.07 ± 0.08 ^{bABC}	2.09 ± 0.08 ^{bB}	2.24 ± 0.04 ^{bCD}	2.77 ± 0.08 ^{aBC}	2.80 ± 0.16 ^{aB}
B	1.90 ± 0.14 ^{bC}	1.82 ± 0.06 ^{bD}	2.06 ± 0.01 ^{bE}	2.56 ± 0.12 ^{aCD}	2.39 ± 0.08 ^{aC}
C	1.95 ± 0.06 ^{dBC}	2.12 ± 0.08 ^{cB}	2.25 ± 0.06 ^{bcCD}	2.28 ± 0.02 ^{bD}	2.59 ± 0.04 ^{aBC}
N	2.00 ± 0.05 ^{aBC}	1.92 ± 0.01 ^{aCD}	2.18 ± 0.01 ^{aD}	2.41 ± 0.20 ^{aD}	2.27 ± 0.24 ^{aC}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

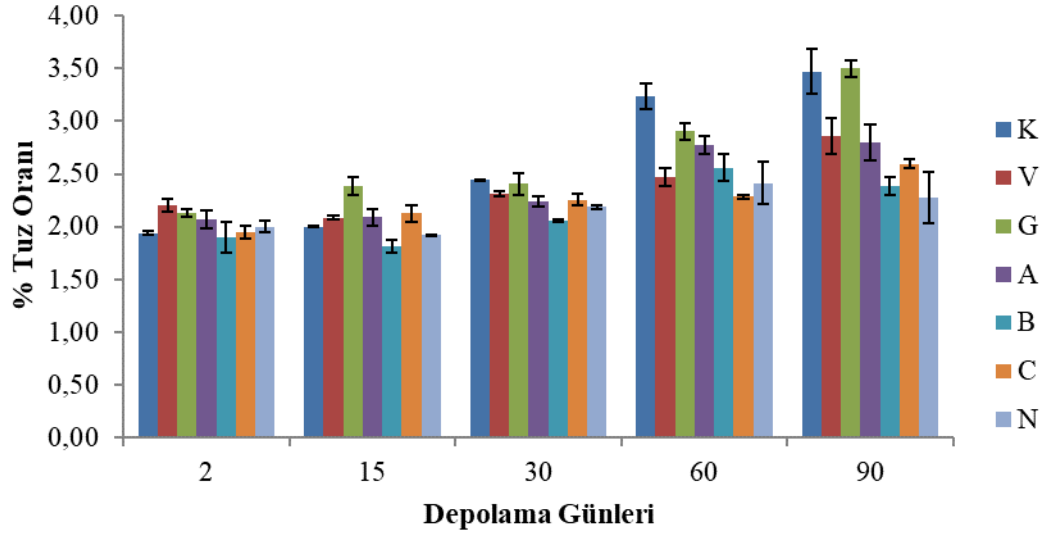
^{a-d} Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-D} Aynı sütundaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Yenilebilir filmle kaplama peynir örneklerinin % tuz oranları üzerinde önemli etki göstermiştir (p<0.05). Peynir örneklerinden en düşük % tuz oranı depolamanın 15. gününde %1.82 ile B örneğinde, en yüksek değer ise %3.49 ile G örneğinin 90. gününde belirlenmiştir. Depolama günleri boyunca peynir örneklerin % tuz oranları artarak en yüksek değerlerine 90. günde sahip olmuşlardır (p<0.05). Yılmaz ve Dağdemir, (2012) Kaşar peyniri üzerine yaptıkları yenilebilir film çalışmasında depolama süresince tuz konsentrasyonlarının arttığını bildirmişlerdir. Bu durum depolama süresince kurumadde artışına bağlı olarak açıklanabilmektedir.

Aynı depolama günlerindeki örnekler arasındaki farklılık önemli bulunmuştur (p<0.05). Başlangıçta K örneği ile yenilebilir filmle kaplı tüm örneklerle benzerlik gösterirken, depolamanın sonunda sadece G örneği ile istatistikî açıdan farksız bulunmuştur (p>0.05). 90. günde en yüksek tuz oranları %3.49 ile G örneği ve %3.47 ile K örneğinde belirlenmiştir. Antimikrobiyal madde içeren filmlerle peyniri kaplamanın, depolama süresince % tuz oranı üzerinde daha yavaş bir artışa sebep olduğu söylenebilmektedir. V örneği depolamanın başında G ve A ile benzerlik gösterirken, depolamanın sonunda A ve C örneği ile benzerlik göstermiştir. Erkaya

Kotan ve ark., (2017) ayva jelinden ürettikleri yenilebilir film ile Kaşar peyniri kapladıkları çalışmalarında % tuz değerlerinin %2.37 ile %3.86 arasında olduğunu ve 120 günlük depolama boyunca % tuz oranının arttığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.27 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin % Tuz Oranı Değişimleri

Yangılar ve Oğuzhan Yıldız, (2016) kazein/natamisinli filmleri ile kapladıkları Kaşar peynirlerinin ilk gününde kontrol örneğinin film kaplı örneklerle kıyasla düşük olduğunu, depolamanın 90. gününde ise kontrol örneğinin diğerlerinden daha yüksek % tuz oranına sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Bu durum bizim çalışmamızda da görülmüştür.

Jalilzadeh ve ark., (2020) konsantre peyniraltı suyundan elde ettikleri filmle kapladıkları Ultrafiltre beyaz peynirin 60. günlük depolama sonucunda % tuz oranının %2.56-3.08 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Nottagh ve ark., (2020) İran ultrafiltre peynir üzerine yaptıkları kitosanlı yenilebilir çalışmasında % tuz oranı açısından film kaplı örneğin kontrol (kaplanmamış) örneği ile arasında istatistikî fark olmadığını ($p>0.05$) bildirmişlerdir.

4.5.5 Olgunlaşma Derecesi

Peynir örneklerinin olgunlaşma dereceleri suda çözünen azot miktarının, toplam azot miktarına oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Depolama süresi boyunca peynir örneklerinin olgunlaşma dereceleri Çizelge 4.30 ve Şekil 4.28'te verilmiştir.

Çizelge 4.30 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Olgunlaşma Derecesi (%) Değerleri Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	7.38 ± 0.58 ^{dAB}	7.43 ± 0.15 ^{dD}	12.84 ± 1.01 ^{cA}	20.65 ± 0.60 ^{bA}	26.95 ± 1.10 ^{aA}
V	6.98 ± 1.34 ^{cAB}	8.19 ± 0.63 ^{bcCD}	11.21 ± 0.99 ^{abAB}	9.91 ± 1.29 ^{abcC}	12.39 ± 1.94 ^{aC}
G	6.05 ± 0.34 ^{dBC}	7.09 ± 0.53 ^{dD}	12.22 ± 0.30 ^{cA}	17.92 ± 0.94 ^{bB}	23.46 ± 2.22 ^{aB}
A	4.97 ± 0.23 ^{bC}	7.70 ± 0.49 ^{bD}	13.29 ± 1.24 ^{aA}	12.13 ± 1.61 ^{aC}	13.51 ± 1.15 ^{aC}
B	6.93 ± 0.33 ^{cAB}	9.15 ± 0.25 ^{bcC}	12.23 ± 2.36 ^{abA}	12.16 ± 0.75 ^{abC}	14.40 ± 1.14 ^{aC}
C	6.82 ± 0.63 ^{bAB}	11.97 ± 0.48 ^{aA}	12.26 ± 1.32 ^{aA}	11.71 ± 0.04 ^{aC}	12.13 ± 0.19 ^{aC}
N	8.21 ± 0.80 ^{cA}	10.32 ± 0.59 ^{abB}	8.88 ± 0.86 ^{abcB}	9.84 ± 0.08 ^{bcC}	11.80 ± 0.55 ^{aC}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-d} Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

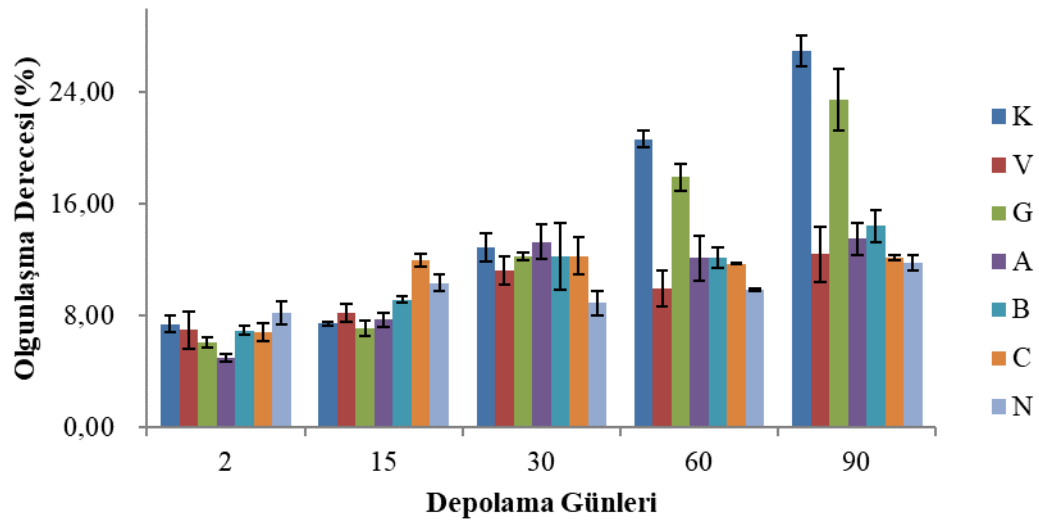
^{A-D} Aynı sütundaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Peynir örneklerinin olgunlaşma dereceleri %4.97-26.95 arasında değerler almıştır. Olgunlaşma dereceleri depolama boyunca artmıştır. Bu artış istatistikî açıdan tüm örnekler için önemli bulunmuştur (p<0.05). K örneğinin depolamanın başında %7.38 olan olgunlaşma derecesi depolamanın son gününde %26.95 olarak en fazla olgunlaşma görülen örnek olmuştur. Onu %23.46 ile G örneği takip etmektedir. Bu örneklerde yoğun mikrobiyolojik faaliyet sonucu proteolitik aktivite artmış ve bu durum olgunlaşma derecelerini oldukça yükseltmiştir. V, A, B ve C örneklerinde olgunlaşma derecelerinde 60. günde düşüş gözlenmiş, ancak bu durum önemsiz değerlendirilmiştir (p>0.05).

Depolamanın 30. günü hariç diğer günlerde örnekler arasındaki farklılıklar istatistikî açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). İlk gün en düşük olgunlaşma derecesi %4.97 ile A örneğinde görülürken en yüksek olgunlaşma derecesi %8.21 ile N örneğinde belirlenmiştir ve önemlilik arz etmektedir (p<0.05). Ancak depolamanın son gününde bu örnekler arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır (p>0.05). Aynı şekilde 90. günde V örneğinin olgunlaşma derecesi A, B, C ve N örneği ile benzerlik göstermiştir (p>0.05). Bu sonuçlar, vakum paketlenme işlemi veya antimikrobiyal madde içeren yenilebilir filmle kaplamanın örneklerin olgunlaşmasını yavaşlattığını göstermektedir. Yılmaz ve Dağdemir, (2012) Kaşar peyniri üzerinde

yaptıkları yenilebilir film çalışmasında olgunlaşma periyodunda proteolizin yavaş bir şekilde gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Erkaya Kotan ve ark., (2017) ayva jelinden ürettikleri yenilebilir filmle kapladıkları peynirin 120 günlük depolama boyunca olgunlaşma derecelerini, kontrol örneğinin %3.69-10.33, vakum kaplı örneğinin %3.65-9.47, kekik uçucu yağı içeren filmle kaplı örneklerinin ise %3.39-12.14 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Depolama boyunca örnekler arasında fark olmadığını ve ambalaj değişkeninin proteolizi etkilemediğini rapor etmişlerdir. Bu değerler çalışmamızla kısmen benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.28 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Olgunlaşma Derecesi (%) Değerleri Değişimi

Yangılar, (2015) kitosan ve peyniraltı suyu proteinlerinden elde ettikleri filmleri Göbek Kaşar peynirine uygulamaları sonucu 90 günlük depolamada kontrol örneğinin olgunlaşma derecelerinin %14.71-21.11 ve filmle kaplı örneklerinde ise %12.45-19.40 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca kullanılan kaplama yöntemi peynirin olgunlaşmasını önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada uçucu yağlarla zenginleştirilmiş natamisinle kaplanan Kaşar peynirinde 90 günlük depolamada olgunlaşma derecelerinin kontrol örneği için %14.04-18.71, diğer örnekler için %8.52-15.99 arasında olduğu ve 90. günde örnekler arasında istatistiksel olarak fark olduğunu ($p<0.05$) bildirilmiştir (Yangılar, 2017).

Berti ve ark., (2019) Gouda peynirini kapladıkları yenilebilir film çalışmasında 28 günlük depolama boyunca olgunlaşma derecelerinde önemli bir artış gözlemlendiğini ancak zaman içinde aralarında önemli farklar olmadığını belirtmişlerdir. Saber El-Sisi ve ark., (2015) kitosan filmlerini Ras peyniri üzerine kapladıkları örneklerinin 120 gün boyunca olgunlaşma derecelerinin %5.30-42.80 olduğunu rapor etmişlerdir. Depolama boyunca artışın örneklerdeki yüksek asitliğine bağlamışlardır.

Sunulan çalışmalardaki değerler arasında kısmen benzerlikler görülse de farklılıklar da göze çarpmaktadır. Bu durum peynir çeşidinden, hammadde farklılığından, başlangıç olgunlaşma dereceleri farklılığından ve kullanılan yenilebilir film çeşitliliğinden kaynaklanabilmektedir.

4.5.6 Su aktivitesi (a_w)

Su aktivitesi (a_w) bir gıdadaki serbest su miktarının göstergesidir. Su aktivitesi, gıdaların kalitesini, raf ömrünü ve mikroorganizma büyümesi için uygun koşulların oluşup oluşmadığını belirleyen önemli bir özelliktir (İncili ve ark., 2019). Bu nedenle, gıdaların su aktivitesi, ürün formülasyonu, işlem yöntemleri ve ambalajlama seçenekleri gibi faktörlerin belirlenmesinde önemli bir faktördür.

Örneklerin su aktivitesi değerleri Çizelge 4.31 ve Şekil 4.29’da verilmiş olup, 0.9629-0.9905 arasında değişmiştir. Su aktivitesi değerleri depolama boyunca genel olarak düşüş göstermiştir. V örneğinde 15. , 60. ve 90. günde su aktivitesi değerlerinde artış görülmüş ancak bu durum istatistikî açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Depolama günleri, vakum ambalajlı örneklerin su aktivitesi değerleri üzerinde etki göstermemiştir. V örneği dışındaki örneklerde su aktivitesi değerleri açısından önemli farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Su aktivitesi değerlerinde en fazla düşüş K ve G örneğinde görülmüştür ($p<0.05$).

Depolamanın ilk gününde en düşük su aktivitesi değerleri kaplanmamış örneklerde görülürken, en yüksek su aktivitesi C, B ve N örneklerinde belirlenmiştir. Bu durum depolamanın başında kaplanmamış örneklere kıyasla kaplanmış örneklerin nem içeriğinin daha yüksek olması sonucu örneklerin a_w değerlerinin yükselmesine bağlanabilmektedir (Sarıcaoğlu, 2018). Depolamanın 60. günü hariç diğer dönemlerde örnekler arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolamanın sonunda V ve N örneği en yüksek a_w değerlerini almışlardır ve

aralarında fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Vakum ambalajlı örneğe (V) su aktivitesi değerleri açısından alternatif olarak N örneği ardından ise sırayla B, A ve C örnekleri verilebilmektedir ($p<0.05$).

Çizelge 4.31 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a_w Değerleri Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	0.9824±0.0003 ^{aCD}	0.983±0.0004 ^{aC}	0.9757±0.0020 ^{bC}	0.9769±0.0004 ^{bAB}	0.9629±0.0035 ^{cF}
V	0.9788±0.0009 ^{bD}	0.9827±0.0011 ^{aC}	0.9793±0.0005 ^{bAB}	0.9809±0.0020 ^{abAB}	0.9827±0.0010 ^{aAB}
G	0.9834±0.0015 ^{aC}	0.9837±0.0007 ^{aBC}	0.9784±0.0007 ^{bBC}	0.9772±0.0007 ^{bAB}	0.9668±0.0009 ^{cEF}
A	0.9843±0.0019 ^{aBC}	0.9839±0.0009 ^{aBC}	0.9822±0.0012 ^{aA}	0.9808±0.0026 ^{aAB}	0.9733±0.0025 ^{bCD}
B	0.9896±0.0016 ^{aA}	0.9880±0.0011 ^{aA}	0.9819±0.0012 ^{bA}	0.9813±0.0007 ^{bA}	0.9778±0.0028 ^{bBC}
C	0.9905±0.0012 ^{aA}	0.9862±0.0017 ^{aAB}	0.9765±0.0012 ^{bBC}	0.9757±0.0039 ^{bB}	0.9703±0.0028 ^{bDE}
N	0.9877±0.0030 ^{aAB}	0.9824±0.0019 ^{bCC}	0.9794±0.0002 ^{cdAB}	0.9765±0.0014 ^{dAB}	0.9841±0.0004 ^{abA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

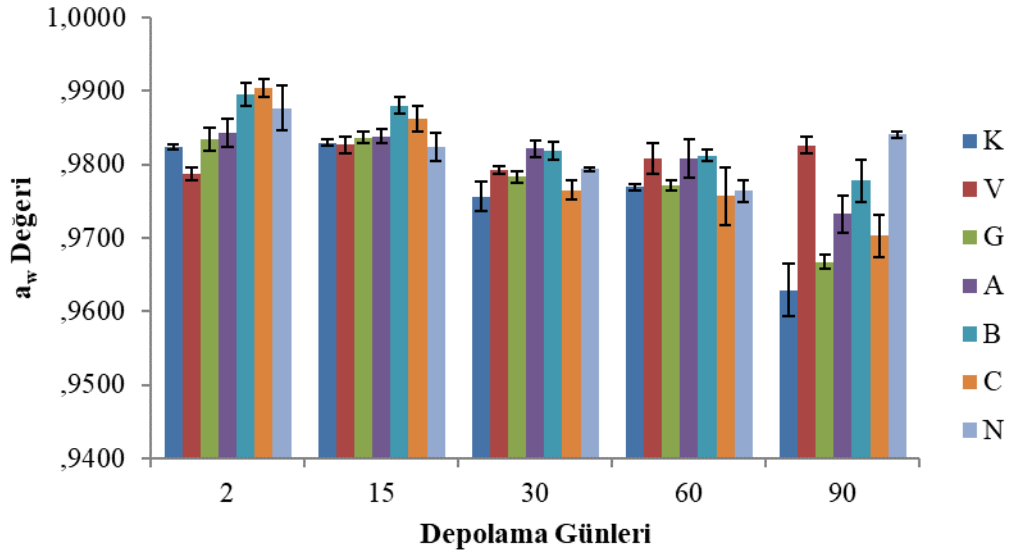
K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-c} Aynı satırdaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-F} Aynı sütundaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Polat Yemiş ve ark., (2022) sodyum aljinatlı Mersin esansiyel yağlı yenilebilir filmlerini Kaşar peyniri kaplamada kullanmışlar ve örneklerinin su aktivitesi değerlerini 0.95-0.97 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Bu değerlerin, test edilen tüm peynir numuneleri için depolama süresi boyunca sabit kaldığını sunmuşlardır ($p>0.05$).

Joseph-Leenose-Helen ve ark., (2022) çam özü ile bal mumundan ürettikleri yenilebilir filmle kapladıkları Himalaya peynirindeki 14 günlük bir depolama süresince su aktivitesi değerlerinin 0.899-0.980 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Depolamanın 14. gününde örneklerde a_w değerlerinin düştüğü, bu düşüşün peynir örneklerinden nem kaybından kaynaklanmış olabileceğini düşünmüşlerdir. Sonuç olarak kaplamanın peynir numunelerinin nemini tutmadaki olumlu etkisinin olduğunu ve bu durumun peynirin yumuşaklığını ve sululuğunu koruyabilmesi açısından önemli olduğunu vurgulamışlardır.



Şekil 4.29 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a_w Değerleri Değişimi

Molina-Hernández ve ark., (2020) krem peynirin raf ömrünü uzatmak için kullandıkları nişasta bazlı kekik ve sarımsak yağı içeren yenilebilir film çalışmasında 42 günlük bir depolamada su aktivitesi değerlerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Pluta-Kubica ve ark., (2020) çay özü ve peynir altısuğu proteinlerinden elde ettikleri yenilebilir filmleri ile kaplı Lor peynirinin su aktivitesi değerlerini 0.912-0.974 arasında tespit etmişlerdir. 3 hafta boyunca değerlerin azaldığını ve bu düşüşün azalan nem miktarının sonucu olarak değerlendirmişlerdir.

Literatürde belirtilen çalışmalardaki su aktivitesi değerleri çalışmamızla kısmen benzerlik göstermektedir. Genel olarak a_w değerinin depolama günlerinde 0.95'in altına düşmemesi peynir örneklerinin mikrobiyolojik bozulmalara maruz kalabileceğini göstermektedir. Ancak antimikrobiyal katkı filmlerin örneklerde antimikrobiyal aktivite sergilemesi, a_w değerinin yüksek olmasına rağmen örneklerin mikrobiyal açıdan stabil kalmasını sağlayabilmekte ve böylece peynir örneklerinin raf ömrünü uzatmasıyla sonuçlanabilmektedir.

4.5.7 Renk

Yenilebilir filmler sadece gıda kalitesini iyileştirmek için değil aynı zamanda peynirin rengini korumak için de kullanılabilir (Jridi ve ark., 2020). Peynir örneklerine ait L^* değerleri değişimi Çizelge 4.32'de ve Şekil 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.32 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin L^* Değerleri Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	84.58 ± 0.06 ^{aA}	84.36 ± 1.07 ^{aA}	83.42 ± 0.19 ^{aA}	54.00 ± 0.01 ^{bE}	49.29 ± 0.28 ^{cE}
V	84.88 ± 0.67 ^{aA}	84.21 ± 0.37 ^{aA}	84.45 ± 0.77 ^{aA}	85.86 ± 1.14 ^{aA}	86.15 ± 0.64 ^{aA}
G	73.78 ± 0.86 ^{aD}	72.37 ± 0.47 ^{aD}	72.13 ± 1.05 ^{aC}	67.08 ± 0.66 ^{bD}	51.98 ± 0.56 ^{cD}
A	74.96 ± 0.41 ^{aCD}	72.83 ± 0.07 ^{aD}	73.33 ± 0.58 ^{aC}	71.66 ± 3.10 ^{aC}	71.75 ± 0.93 ^{aC}
B	75.97 ± 0.47 ^{aBC}	74.77 ± 0.52 ^{abC}	76.02 ± 1.55 ^{aB}	73.09 ± 0.33 ^{bBC}	73.90 ± 0.86 ^{abB}
C	77.29 ± 0.54 ^{aB}	76.16 ± 0.88 ^{abBC}	76.38 ± 0.88 ^{aB}	72.34 ± 0.59 ^{cC}	74.40 ± 0.62 ^{bB}
N	75.21 ± 0.60 ^{abC}	76.38 ± 0.06 ^{aB}	76.33 ± 0.49 ^{aB}	75.71 ± 0.86 ^{abB}	74.15 ± 0.72 ^{bB}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

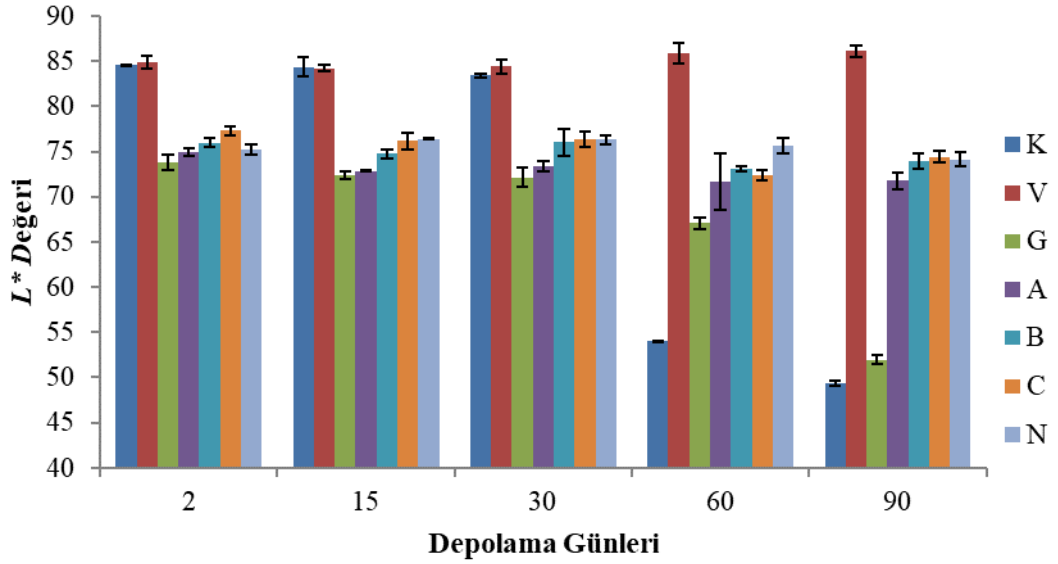
^{a-c} Aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-E} Aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Peynir örneklerinin L^* değerleri depolama süresi boyunca 49.29-86.15 arasında değerler almıştır. Depolama dönemleri boyunca L^* değerleri değişimi V, A, B ve N örnekleri için önemsiz bulunurken ($p > 0.05$), K, G ve C örnekleri için önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Genel olarak L^* değeri depolama süresi boyunca azalmıştır. Parlaklığın azalması peynir ve film yüzeyinden suyun buharlaşması ile açıklanabilmektedir (Ceylan ve Atasoy, 2022). K örneği depolamanın başında 84.58 L^* değeri gösterirken, depolamanın son gününde 49.29 ile en düşük L^* değerine sahip olmuş ve en fazla düşüş gösteren örnek olmuştur. L^* değeri en fazla düşüş gösteren diğer örnek ise G örneğidir. En fazla düşüşün K ve G örneklerinde görülmesi, depolamanın sonuna doğru bu örneklerdeki yoğun küflenmenin L^* değerleri üzerine etkisi ile açıklanabilmektedir. C örneğinin 60. günde L^* değeri düşüş göstermiş ve 90. günde tekrar yükselmiştir.

Aynı depolama dönemlerinde peynir örneklerinin L^* değerleri istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın ilk gününde en yüksek L^* değerleri film kaplı olmayan V ve K örneklerinde görülmüştür. Film kaplama peynir örneklerinin L^* değerlerinin daha düşük bulunmasına sebep olmuştur. V örneği depolama boyunca en yüksek L^* değerine sahip olmuştur. Bu örnekte kaplama olmamasının yanı sıra vakum ambalajlamadan dolayı küflenme görülmemesi daha yüksek L^* değerine sahip olmasına neden olmuştur. Kekik yağı içeren filmle kaplı

peynir örnekleri arasında kekik yağı oranının yüksek olduğu örnekler daha yüksek L^* değerine sahip olmuşlardır. Bu durum kekik yağı miktarının artmasının, film kaplı peynirlerde daha parlak görünüm oluşturmalarıyla açıklanabilmektedir (Sarıcaoglu, 2018). Ayrıca kekik yağı gibi natamisin eklenmiş film ile kaplamak da peynir örneklerine parlaklık kazandırmıştır.



Şekil 4.30 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin L^* Değerleri Değişimi

Bonilla ve Sobral, (2019) jelatin ve kitosan yenilebilir filminin Prato peyniri üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında değerlerini L^* değerlerini 84.6-86.6 arasında bulmuşlardır. Bu değerler bizim değerlerimizden yüksektir. Ancak bu çalışma 10 günlük bir depolama süresi üzerinden değerlendirilmiştir.

Mahcene ve ark., (2021) peynir üzerine kapladıkları sodyum aljinatlı esansiyel yağ içeren filmleri ile depolama boyunca L^* değerlerinin 85.69-90.85 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bermúdez-Aguirre ve Barbosa-Cánovas, (2010) çalışmalarında depolama boyunca L^* değerlerinin azaldığını ve bu parlaklıktaki azalmanın peynir yüzeyindeki mikrobiyal büyümeden kaynaklandığını açıklamıştır.

Peynir örneklerine ait depolama boyunca iç kesitlerindeki L^* değerleri değişimi Çizelge 4.33'te ve Şekil 4.31'de verilmiştir. İç kesit L^* değerleri 84.42 ile 88.47 arasında değişmiştir. Tüm örneklerin depolama günleri boyunca görülen L^* değerleri (iç kesit) değişimi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Örnekler arasında 90. gün dışında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Depolamanın başında

en yüksek iç kesit L^* değeri 87.30 ile N örneğinde görülürken 90. günde 87.46 ile V örneğinde belirlenmiştir. Depolamanın son gününde V ve N örneği iç kesit L^* değeri açısından benzerlik göstermiş ve diğer örneklerden yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Bu günde K örneğinin iç kesit L^* değerleri ile G, A, B ve C örnekleri arasında farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Kekik yağı oranının artması peynir örneklerinin iç kesit L^* değerlerini değiştirmemiştir.

Çizelge 4.33 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin L^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi

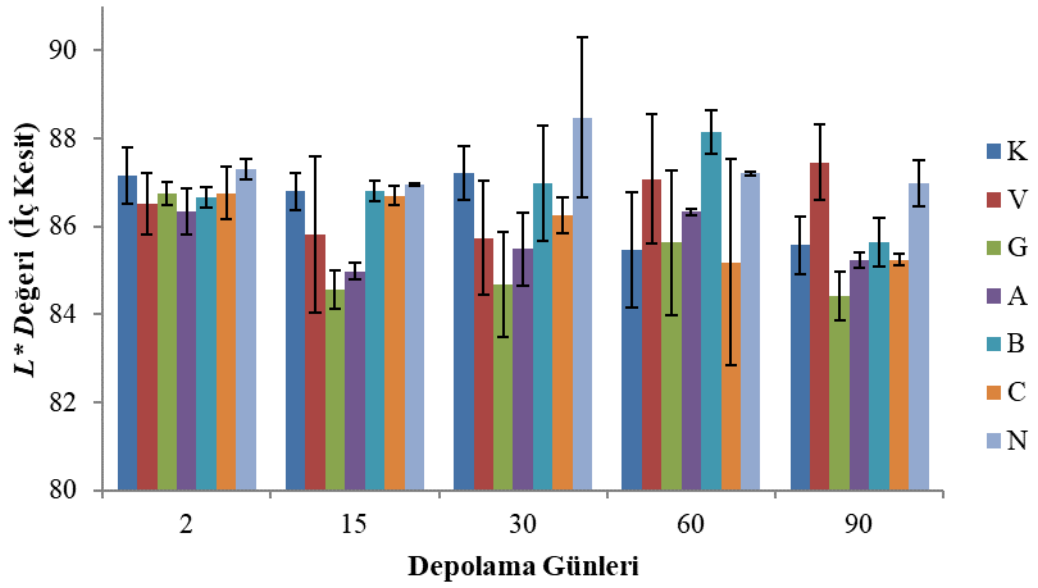
	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	87.15±0.64 ^{aA}	86.80±0.42 ^{aAB}	87.22±0.62 ^{aAB}	85.47±1.32 ^{aA}	85.57±0.66 ^{aB}
V	86.52±0.69 ^{aA}	85.82±1.77 ^{aABC}	85.74±1.29 ^{aAB}	87.08±1.47 ^{aA}	87.46±0.85 ^{aA}
G	86.74±0.26 ^{aA}	84.55±0.44 ^{aC}	84.67±1.20 ^{aB}	85.63±1.65 ^{aA}	84.42±0.56 ^{aB}
A	86.34±0.52 ^{aA}	84.98±0.18 ^{bBC}	85.48±0.83 ^{abB}	86.33±0.08 ^{aA}	85.24±0.17 ^{abB}
B	86.66±0.23 ^{abA}	86.81±0.23 ^{abAB}	86.99±1.32 ^{abAB}	88.16±0.49 ^{aA}	85.64±0.56 ^{bB}
C	86.76±0.59 ^{aA}	86.70±0.21 ^{aAB}	86.26±0.40 ^{aAB}	85.18±2.35 ^{aA}	85.24±0.13 ^{aB}
N	87.30±0.23 ^{aA}	86.94±0.03 ^{aA}	88.47±1.82 ^{aA}	87.2±0.05 ^{aA}	86.99±0.52 ^{aA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{A-C} Aynı sütundaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

a^* değeri peynir dilimlerinin yeşilimsi veya kırmızımsı rengini yeşil bölgeden ($-a$) kırmızı bölgeye ($+a$) kadar gösterir (Wang ve ark., 2019). Depolama günleri boyunca a^* değerleri Çizelge 4.34 ve Şekil 4.32’de verilmiş olup, -7.69 ile 7.81 arasında değişmiştir. Film kaplı örneklerde a^* değerleri depolama boyunca düşüş göstermiştir ve bu düşüş tüm örnekler için önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Film kaplı örneklerde a^* değeri pozitif belirlenmiştir. Film yapımında kullanılan güz yemişi meyvesi filmlerin a^* değerini artırmıştır. Ancak G örneğinde depolamanın son gününde - a^* değeri bulunmuştur ($p<0.05$). Bu durum bu örnekte Şekil 4.23’te görüldüğü üzere yoğun bir küflenmenin sonucu üzerine oluşmuştur. K ve V örneğinde depolama boyunca a^* değerleri artmıştır ($p<0.05$). En çok artış K örneğinde görülmüş ve bu durum K örneğinin yüzeyinde meydana gelen farklı renkteki küflerin a^* değerlerini depolamanın sonuna doğru artırmış olmasıyla açıklanabilmektedir.



Şekil 4.31 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin L^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi

Aynı depolama günlerinde tüm örnekler arasındaki önemli farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Kaplanmamış örnekler tüm dönemlerde diğer örneklerden düşük olarak a^* değerlerine sahip olmuşlardır. Depolamanın 2. gününde en yüksek a^* değeri B ve C örneğinde görülürken, depolamanın 90. gününde C ve N örneğinde belirlenmiştir. Antimikrobiyal katkılı filmle peyniri kaplamak örneklerde depolamanın hem başında hem de sonunda daha yüksek a^* değerlerine sahip olmasını sağlamıştır.

Gurdian ve ark., (2017) kekik uçucu yağı ve keten tohumundan elde ettikleri yenilebilir filmleri Blanco peynirine uygulamışlar ve 60 günlük bir depolama boyunca peynirlerinin a^* değerlerinin -1.28 ile -0.51 arasında değiştiğini, depolama süresi boyunca bir miktar azaldığını belirtmişlerdir. Jridi ve ark., (2020) portakal kabuğu pektini ile zenginleştirilmiş balık jelatini esaslı yenilebilir filmlerini Ricotta peynirine uygulamaları sonucunda örneklerinin a^* değerlerini -0.94 ile 2.35 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar çalışmamızla kısmen benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.34 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a^* Değerleri Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	-7.57±0.12 ^{CE}	-7.69±0.25 ^{CD}	-7.56±0.02 ^{CD}	-2.13±0.11 ^{BD}	-0.83±0.05 ^{AC}
V	-7.36±0.16 ^{bcE}	-7.61±0.33 ^{CD}	-7.03±0.17 ^{abD}	-6.68±0.11 ^{aE}	-6.95±0.01 ^{abE}
G	5.79±0.23 ^{aD}	5.44±0.07 ^{aBC}	3.27±0.24 ^{bc}	2.41±0.11 ^{cC}	-2.97±0.13 ^{dD}
A	6.76±0.04 ^{aC}	6.04±0.76 ^{aAB}	5.79±0.30 ^{aA}	3.18±0.05 ^{bB}	2.24±0.21 ^{bB}
B	7.81±0.13 ^{aA}	6.81±0.32 ^{ba}	5.04±0.74 ^{cAB}	3.17±0.11 ^{dB}	2.25±0.09 ^{dB}
C	7.63±0.51 ^{aAB}	5.00±0.13 ^{bc}	4.77±0.15 ^{bb}	3.76±0.22 ^{ca}	3.37±0.13 ^{ca}
N	7.11±0.45 ^{aBC}	5.7±0.51 ^{bBC}	4.74±0.01 ^{cB}	3.29±0.16 ^{dB}	3.67±0.25 ^{dA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

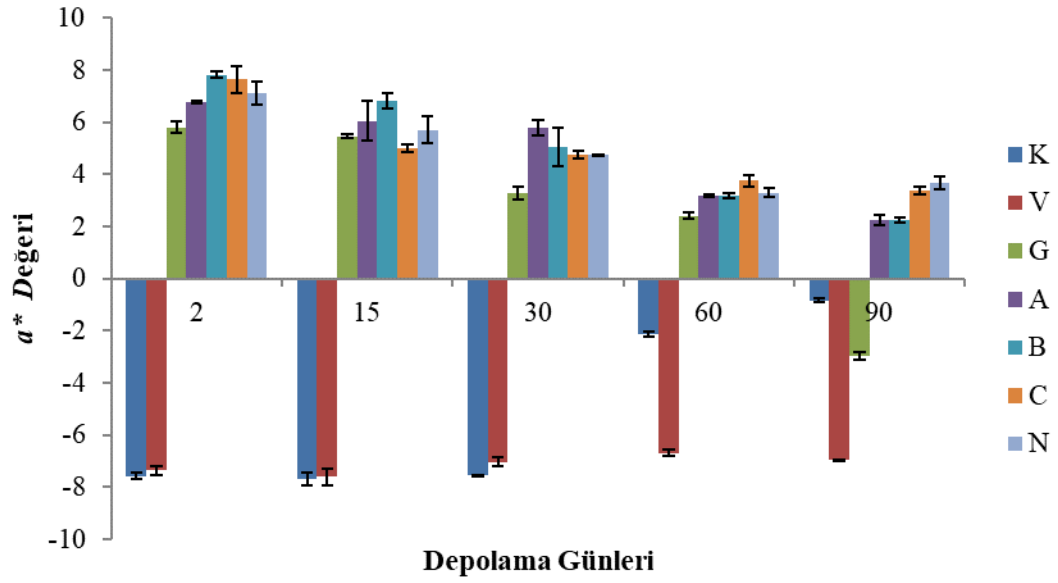
K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-d} Aynı satırdaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-E} Aynı sütundaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Wang ve ark., (2019) peyniraltı suyu ve karvakrol kullanarak ürettikleri yenilebilir filmlerle taze kesilmiş peynir dilimlerinin kaplayarak a^* değerlerini belirlemişlerdir. a^* değerlerinin depolama süresince yükselme eğilimi gösterdiğini ve kırmızımsı renk değişiminin, test süresi boyunca peynir yüzeylerinde mikrobiyal üremeye bağlantılı olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca kaplama işlemi ile a^* değerlerinde minimum değişikliklerin olduğunu ve bu durumun mikroorganizma gelişmesini engelleme ve peynir kalitesini koruma konusunda tercih edilebileceğini savunmuşlardır.

Silva ve ark., (2023) peyniraltı suyu ve jelatin katkılı filmlerini uyguladıkları yarı sert peynirlerinde 30 gün depolama boyunca a^* değerlerini 2.63-8.01 arasında belirlemişlerdir. Peynirlerindeki renk değişimlerini, oksijen ve ışığın neden olduğu oksidasyona bağlı olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.32 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a^* Değerleri Değişimi

Peynir örneklerine ait iç kesit a^* değerleri Çizelge 4.35'te ve Şekil 4.33'te verilmiştir. Peynir örneklerinin iç kesit a^* değerleri -7.78 ile -6.29 arasında değişmiştir. K, V ve C örneklerinin a^* değerleri depolama boyunca artmış ve bu durum önemli olarak tespit edilmiştir ($p < 0.05$). 30., 60., ve 90. günde peynir örnekleri arasında istatistikî açıdan fark bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4.35 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	-7.37 ± 0.01^{bA}	-7.30 ± 0.25^{bA}	-7.38 ± 0.19^{bBC}	-7.39 ± 0.25^{bB}	-6.41 ± 0.20^aA
V	-7.39 ± 0.25^{cA}	-7.22 ± 0.62^{bcA}	-6.29 ± 0.13^{aA}	-6.29 ± 0.16^{aA}	-6.45 ± 0.03^{abA}
G	-7.58 ± 0.01^{bA}	-7.63 ± 0.12^{bA}	-7.51 ± 0.31^{bBC}	-7.55 ± 0.02^{bB}	-6.95 ± 0.33^{aB}
A	-7.58 ± 0.15^{aA}	-7.78 ± 0.18^{aA}	-7.63 ± 0.14^{aC}	-7.50 ± 0.16^{aB}	-7.56 ± 0.04^{aC}
B	-7.61 ± 0.12^{bA}	-7.50 ± 0.16^{abA}	-7.09 ± 0.28^{aB}	-7.23 ± 0.11^{abB}	-7.38 ± 0.08^{abC}
C	-7.61 ± 0.04^{bA}	-7.56 ± 0.02^{bA}	-7.37 ± 0.06^{aBC}	-7.53 ± 0.05^{bB}	-7.58 ± 0.04^{bC}
N	-7.54 ± 0.13^{bA}	-7.45 ± 0.10^{abA}	-7.40 ± 0.01^{abBC}	-7.35 ± 0.21^{abB}	-7.21 ± 0.01^{aBC}

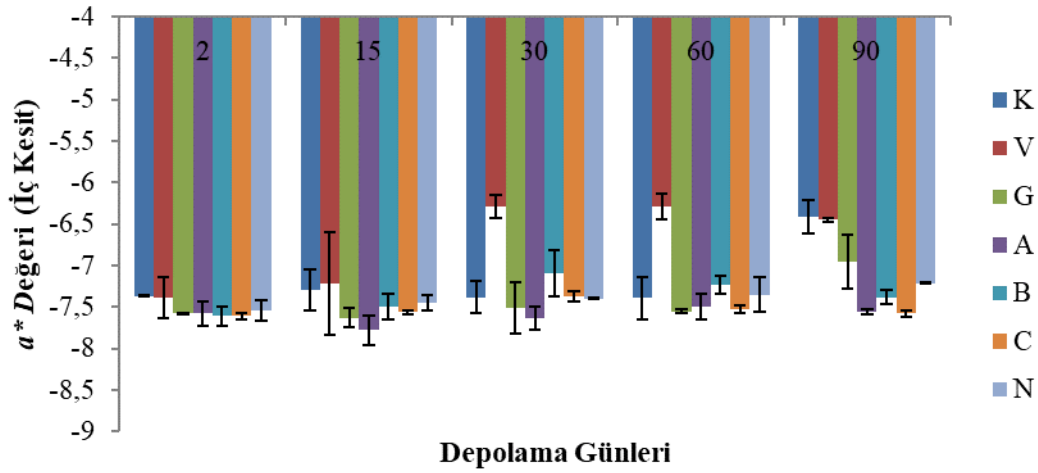
Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir..

^{a-c} Aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-C} Aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Depolamanın ilk gününde tüm örnekler iç kesit a^* değerleri açısından benzer tespit edilmiştir. Depolamanın son gününde antimikrobiyal katkılı filmle kaplı örneklerin iç kesit a^* değerleri diğer örneklerden daha düşük bulunmuş ve kendi aralarında benzerlik göstermişlerdir ($p>0.05$). Antimikrobiyal madde ilavesi filmlerin iç kesit a^* değerlerini etkilemiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.33 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin a^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi

Peynir örneklerine ait b^* değerleri Çizelge 4.36 ile Şekil 4.34'te verilmiştir. b^* değerleri 9.53-42.18 arasında değişmiştir. K, G ve N örneklerinin depolama boyunca b^* değerleri değişimi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). b^* değerinde en fazla düşüş 9.53 ile G örneğinde depolamanın sonunda görülmüştür. Onu 13.37 b^* değeri ile K örneği takip etmiştir. Bu durum depolama sonunda bu örneklerde yoğun bir küf oluşumunun b^* değerleri üzerindeki etkisi ile değerlendirilebilmektedir.

Aynı depolama günlerinde tüm örnekler istatistikî açıdan önemli değerler almışlardır ($p<0.05$). Depolamanın ilk gününde film kaplı peynir örnekleri daha yüksek b^* değerlerine sahip olmuşlardır. Film yapımında kullanılan hammaddelerin renk bileşenlerinin filmlerde sarılık değerini artırması, peynir örneklerinin b^* değerlerini yükseltmesiyle sonuçlanmıştır. Depolamanın 15., 30. ve 60. günlerinde K ve V örnekleri en düşük b^* değerine sahipken, depolamanın 90. gününde en düşük b^* değeri G örneğinde görülmüştür ($p<0.05$). Antimikrobiyal katkılı filmler peynir örneklerini mikrobiyolojik açıdan koruyarak G örneğine kıyasla oldukça yüksek b^* değerlerine sahip olmasını sağlamışlardır.

Mezhoudi ve ark., (2022) jelatin katkılı yenilebilir filmlerini Ricotta peynirini kapladıkları çalışmalarında b^* değerlerini 9.5-11.9 arasında tespit etmişlerdir. Bonilla ve Sobral, (2019) jelatin-kitosan katkılı yenilebilir filmle kapladıkları Prato peynirinin b^* değerlerinin 28.6-36.2 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca tüm yenilebilir filmlerinin peynirleri renk bozulmasından korumak için yeterli olduğunu bildirmişlerdir. Bu değerler çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.36 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin b^* Değerleri Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	34.44±0.16 ^{aD}	33.63±0.01 ^{aB}	33.29±0.57 ^{aB}	13.43±0.64 ^{bC}	13.37±1.93 ^{bD}
V	33.83 ± 0.37 ^{aD}	33.89 ± 1.49 ^{aB}	32.07 ± 0.28 ^{aC}	31.69 ± 0.67 ^{aB}	32.02 ± 0.66 ^{aC}
G	38.09±0.62 ^{aC}	39.51±0.97 ^{aA}	40.34±0.95 ^{aA}	39.25±1.80 ^{aA}	9.53±0.12 ^{bE}
A	40.5±0.93 ^{aA}	39.63±1.90 ^{aA}	41.54±0.07 ^{aA}	41.35±1.41 ^{aA}	42.18±0.49 ^{aA}
B	40.03±0.85 ^{aA}	41.24±0.16 ^{aA}	41.34±0.14 ^{aA}	39.92±2.43 ^{aA}	40.95±0.74 ^{aAB}
C	39.57±0.28 ^{aAB}	39.05±0.62 ^{aA}	40.53±0.16 ^{aA}	39.53±1.81 ^{aA}	41.09±0.40 ^{aAB}
N	38.5±0.22 ^{bBC}	40.58±0.93 ^{aA}	40.57±0.71 ^{aA}	39.11±0.44 ^{abA}	39.24±0.06 ^{abB}

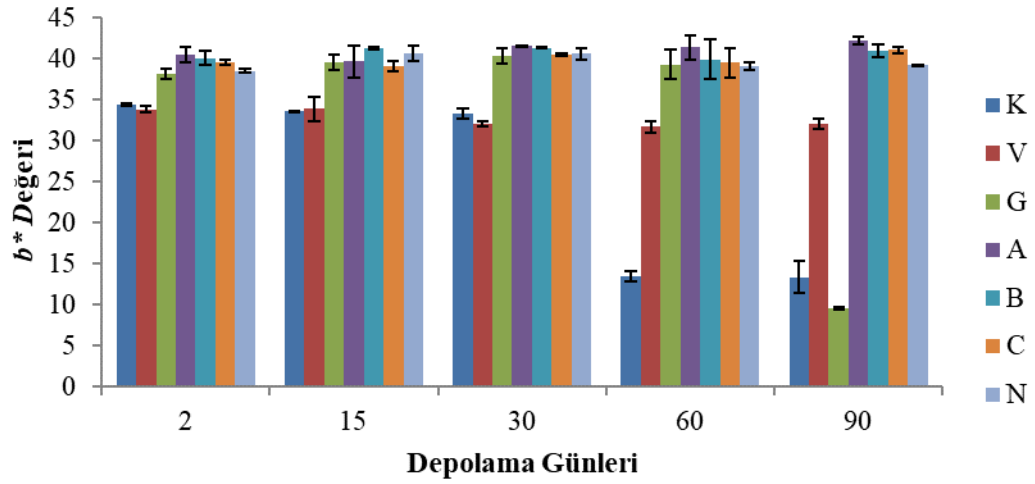
Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-b} Aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-E} Aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Mahcene ve ark., (2021) sodyum aljinatlı farklı esansiyel yağlar kullandıkları ev yapımı peynirlerinde 10 günlük depolama sonucunda b^* değerlerinin 10.17-16.38 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. b^* değerlerinin depolama boyunca önce artıp sonra azaldığını ve b^* deki azalmanın, muhtemelen yağların yüzeye göçü nedeniyle numunelerde ilerleyici renk bozulmasının sonucu olduğunu belirtmişlerdir. Gurdian ve ark., (2017) kekik yağı ve keten tohumundan ürettikleri yenilebilir filmlerini kapladıkları Blanco peynirinde 60 günlük depolama boyunca b^* değerlerinin 12.73-20.64 arasında yer aldığını belirtmişlerdir. Literatürde yapılan çalışmalarda renk değerleri farklılıkları temelde kullanılan hammaddelere bağlı olarak film üretim koşulları, depolama koşulları ve süresine, gıdanın su içeriğine ve nem kaybına bağlı olarak değişiklik göstermiştir.



Şekil 4.34 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin b^* Değerleri Değişimi

Depolama süresince peynir örneklerinde b^* değerleri (iç kesit) Çizelge 4.37’de ve Şekil 4.35’te verilmiştir. Peynir örneklerinin iç kesit b^* değerleri en düşük 29.48 ile V örneğinde 34.37 ile B örneğinde tespit edilmiştir. Tüm örneklerde depolama günleri boyunca b^* değerleri (iç kesit) düşmüş ancak sadece B örneği açısından önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolama günlerinde 60. ve 90. günlerde peynir örnekleri arasında farklılık tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Depolamanın son gününde K ve V örnekleri en düşük b^* değerlerine (iç kesit) sahip olmuşlardır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.37 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin b^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	34.09±0.35 ^{aA}	33.08±1.55 ^{aA}	33.19±0.47 ^{aAB}	32.71±1.23 ^{abA}	30.22±1.15 ^{bcC}
V	33.28±1.15 ^{aA}	32.99±2.04 ^{abA}	31.44±1.34 ^{abB}	29.48±1.12 ^{bbB}	29.50±0.14 ^{bcC}
G	34.05±0.33 ^{aA}	34.01±1.15 ^{aA}	34.11±1.61 ^A	33.36±1.03 ^{aA}	32.59±0.47 ^{aB}
A	33.84±0.55 ^{aA}	34.03±0.58 ^{aA}	34.03±0.69 ^{aA}	33.94±0.57 ^{aA}	34.27±0.08 ^{aA}
B	34.37±0.21 ^{aA}	33.87±1.01 ^{abA}	31.89±0.26 ^{cAB}	33.01±0.04 ^{bcA}	32.72±0.03 ^{bcB}
C	34.13±0.16 ^{aA}	33.74±0.48 ^{aA}	32.53±1.12 ^{aAB}	33.98±1.40 ^{aA}	33.39±0.44 ^{aAB}
N	34.22±0.80 ^{aA}	33.78±0.25 ^{aA}	33.3±0.08 ^{aAB}	32.82±0.45 ^{aA}	32.83±0.66 ^{aB}

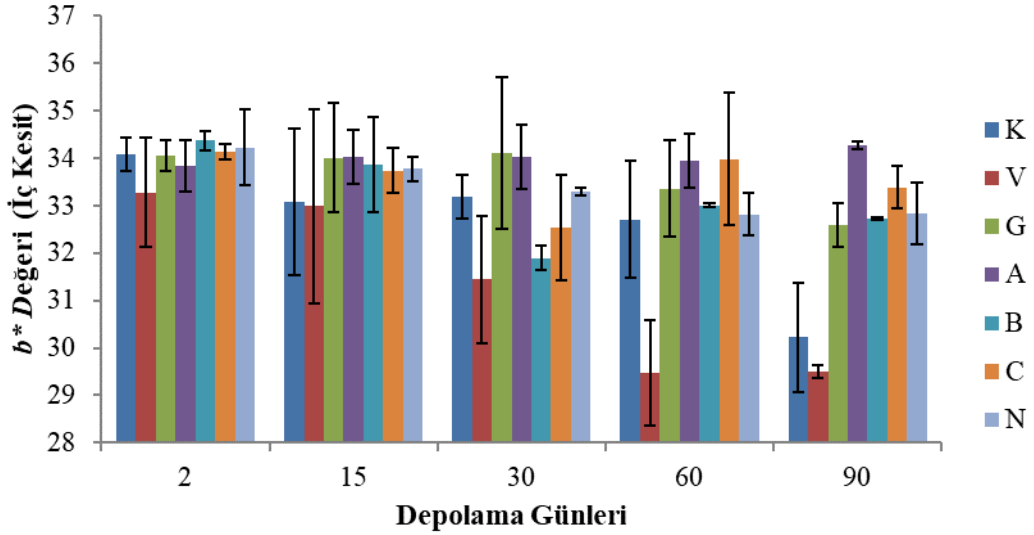
Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-b} Aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-E} Aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Film kaplı peynir örneklerinin b^* değerleri (iç kesit) daha yüksek bulunmuş ve antimikrobiyal madde eklenmesi filmle kaplı örneklerin daha yüksek b^* değerlerine (iç kesit) sahip olmasını sağlamıştır. Antimikrobiyal madde konsantrasyonu ve çeşidi genel olarak b^* değerlerini (iç kesit) etkilememiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.35 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin b^* Değerleri (İç Kesit) Değişimi

4.5.8 TBARS (Tiyobarbütirik asit reaktif maddesi) Sayısı

Lipit oksidasyonunun ilerlemesini ölçmek için çeşitli yöntemler mevcut olsa da, en yaygın yöntemlerden biri, lipit oksidasyonunun ikincil bir ürünü olan malonaldehitin (MDA) saptanmasıdır (Kahraman ve Ustunol, 2012). Gıda numunelerinin lipit oksidasyonu, gıda matrislerindeki nem, metal iyonları, antioksidanlar ve lipazların varlığı, saklama süresi ve paketleme sistemleri gibi çeşitli çevresel ve gıda faktörlerinden etkilenir (Kouser ve ark., 2023a). Peynir örneklerinin TBARS sayıları Çizelge 4.38’te ve Şekil 4.36’da kilogram peynir başına miligram MDA (mg MDA/kg peynir) olarak verilmiştir.

K peynirinin depolama başında TBARS sayısı 0.85 mg MDA/kg peynir olarak belirlenmiş ve bu değer 30. güne kadar düşmüş, 60. günde 0.98 mg MDA/kg peynir ile en yüksek değerine ulaşmış ve 90. günde tekrar düşmüştür. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı farklılık olarak değerlendirilmemiştir ($p>0.05$). V örneği 60. güne kadar artan TBARS sayısına sahip olmuş, ancak 90. günde düşüş

göstermiştir ($p>0.05$). G, A, B, C ve N örneğinin depolama günleri boyunca TBARS sayıları değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). G örneği en yüksek değerini 1.04 mg MDA/kg peynir ile depolamanın 30. gününde almış, depolama sonuna doğru bu değer biraz düşse de bu düşüş önemlilik arz etmemektedir. Yapılan bir çalışmada araştırmacılar, Gouda peynirini *B. persium* esansiyel yağı kullandıkları yenilebilir filmle kaplama sonucunda TBARS sayılarının depolamanın 30. güne kadar arttığını, sonrasında ise düşüşe geçtiğini bildirmişlerdir. TBARS azalmasını, ketonlar, hidrokarbonlar ve aldehitler gibi ikincil ürünlere, kararsız peroksit ayrışmasının bir sonucu olarak değerlendirmişlerdir (Saravani ve ark., 2019). A ve N örneğinde en yüksek TBARS sayısı 60. günde, B ve C örneğinde 90. günde C örneği belirlenmiştir.

Çizelge 4.38 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin TBARS Sayıları Değişimi (mg MDA/kg peynir)

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	0.85 ± 0.06^{abA}	0.82 ± 0.01^{bA}	0.80 ± 0.01^{bBC}	0.98 ± 0.09^{aAB}	0.80 ± 0.01^{bC}
V	0.70 ± 0.27^{aAB}	0.75 ± 0.01^{aA}	0.82 ± 0.05^{aBC}	0.93 ± 0.04^{aB}	0.89 ± 0.06^{aBC}
G	0.51 ± 0.01^{cB}	0.77 ± 0.01^{bA}	1.04 ± 0.02^{aA}	0.96 ± 0.07^{aB}	0.97 ± 0.07^{aAB}
A	0.59 ± 0.01^{cAB}	0.64 ± 0.07^{cB}	0.82 ± 0.01^{bBC}	1.10 ± 0.02^{aA}	1.08 ± 0.08^{aA}
B	0.67 ± 0.03^{cAB}	0.75 ± 0.01^{cA}	0.93 ± 0.05^{bAB}	1.00 ± 0.02^{abAB}	1.06 ± 0.07^{aA}
C	0.69 ± 0.07^{bAB}	0.61 ± 0.01^{bB}	0.74 ± 0.09^{bC}	0.95 ± 0.04^{aB}	0.97 ± 0.04^{aAB}
N	0.59 ± 0.08^{bAB}	0.59 ± 0.01^{bB}	0.70 ± 0.07^{bC}	0.97 ± 0.03^{aAB}	0.94 ± 0.02^{aABC}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-c} Aynı satırdaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-C} Aynı sütundaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

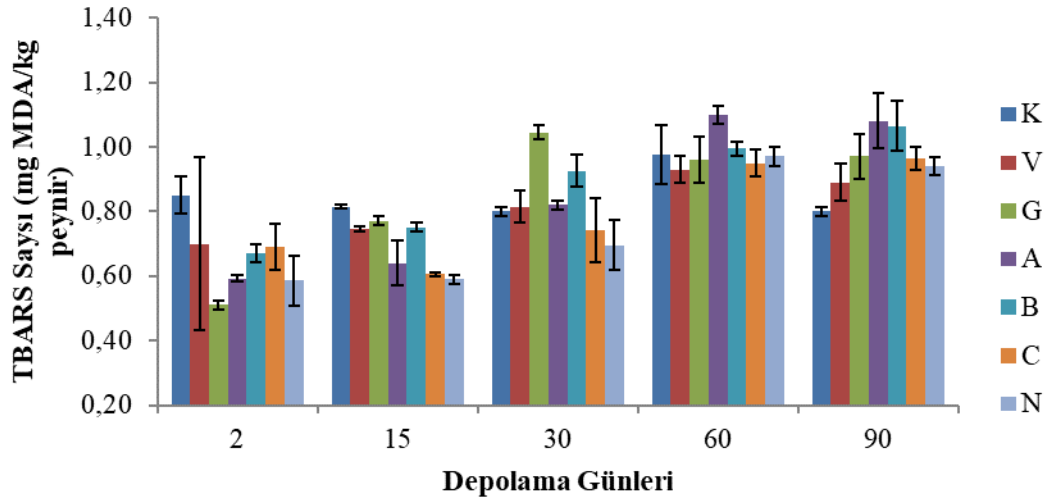
2. ve 60. depolama günleri dışındaki günlerde peynir örnekleri arasında $p<0.05$ önemlilik düzeyinde farklılıklar tespit edilmiştir. 15. Günde K, V, G ve B örneği kendi aralarında benzerlik göstermiş ve A, C ve N örneklerinden daha yüksek TBARS sayılarına sahip olmuşlardır. 30. Günde TBARS sayısı en yüksek örnek 1.04 mg MDA/kg peynir ile G örneği olmuştur. 15. ve 30. günde antimikrobiyal katkı filmle kaplı örnekler (A, B, C, N) G örneğinden daha düşük TBARS sayılarına sahip olmuşlardır. 30. güne kadar antimikrobiyal maddeler bulundukları örneklerde lipit

oksidasyonunu kısmen azaltmışlardır. 90. Günde en düşük TBARS sayısı K örneğinde görülürken en yüksek değer A örneğinde sonrasında ise B örneğinde belirlenmiştir. G örneği bu günde tüm yenilebilir filmle kaplı örneklerle benzerlik göstermiş ve bu durumdan yola çıkarak kullanılan antimikrobiyal madde çeşidinin ve konsantrasyonunun örneklerde TBARS sayısı üzerinde etkili olmadığı söylenebilmektedir. Ek olarak V örneği G, C ve N örneği ile benzerlik göstermesi bu örneklerde kullanılan yenilebilir filmlerin vakum paketlemeye TBARS sayısı açısından alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Gurdian ve ark., (2017) peyniraltı suyu proteini ve keten tohumu/kekik yağı kullanarak ürettikleri filmleri Kaşar peynirine uygulamışlar ve 60 günlük depolama boyunca 1.60-4.49 mg MDA/kg arasında TBARS sayılarını belirlemişlerdir. Bazı örneklerinde azalmalar olduğunu ancak bu durumun önemsiz ($p>0.05$) olarak saptandığını, özellikle uçucu yağların yapısındaki doymamış yağlardan dolayı oksidasyona oldukça duyarlı olduğunu ve bu durumun TBARS sayısını artırdığı rapor etmişlerdir. Bu durum çalışmamızda özellikle depolamanın son dönemlerinde gözlemlenmiştir.

Mezhoudi ve ark., (2022) jelatin ve *M. oleifera* ekstraktlarından ürettikleri yenilebilir filmleri Kaşar peynirine kapladıkları çalışmalarında TBARS sayılarının ilk günde 0.7-0.8 mg MDA/kg civarında olduğunu 20 günlük depolama ile 1.3-1.4 mg MDA/kg civarına kadar arttığını rapor etmişlerdir. Fenolik bileşik içeren filmlerle kaplı örneklerde TBARS sayılarının daha düşük olduğunu ve bu durumun fenolik bileşiklerin antioksidan özelliklerine bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Kouser ve ark., (2023b) 0.26-1.11 mg MDA/kg arasında değerler buldukları peynir örneklerinde, peyniri kapladıkları yenilebilir film yapısında *T. bellerica* ekstresi kullanmasının örneklerde TBARS sayılarını biraz düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bitki özlerinin gıda matrislerine doğrudan eklenmesi ya da bitki özü bazlı biyoaktif filmlerin uygulanmasının, depolama sırasında gıda ürünlerinin lipit stabilitesini iyileştirdiğini ve bunun filmlerin içindeki bitki özlerinde bulunan fitokimyasalların, yavaş yavaş ürün yüzeyinden sızıp lipit oksidasyonunu azalttığını belirtmişlerdir. Filmlerin ayrıca oksijene karşı fiziksel bariyer görevi gördüğünü ve oksidasyon oranını düşürdüğünü rapor etmişlerdir.



Şekil 4.36 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin TBARS Sayıları Değişimi (mg MDA/kg peynir)

4.5.9 Elektroforetik Yöntemle Kazein Fraksiyonlarının Belirlenmesi

Peynir örneklerine ait üre-PAGE elektroforez yöntemiyle elde edilen jel görüntüleri Şekil 4.39’da verilmiştir. Depolama süresince peynir örneklerinin β -kazein değerleri değişimi Çizelge 4.39’da ve Şekil 4.37’de sunulmuştur. Peynir örneklerinin ilk günlük β -kazein ve α_{s1} -kazein değeri ‘100’ olarak referans alınmış ve istatistiksel analize tabi tutulmamıştır. Diğer günler referans değer üzerinden azalma olarak verilmiştir. Daha düşük değer daha yüksek parçalanma olduğunu göstergesidir.

Peynir örneklerinin β -kazein değerleri depolama süresince azalmıştır. B ve N örneği dışındaki tüm örneklerde depolama boyunca meydana gelen azalma önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). β -kazein konsantrasyonundaki en çok düşüş K ve G örneğinde görülmüştür. Bu örnekler depolamanın sonuna doğru yüzeyde yoğun bir küflenmenin sonucu olarak hem daha yüksek olgunlaşma derecelerine sahip olmuş hem de diğer peynirlere kıyasla daha yüksek β -kazein parçalanması gözlemlenmiştir. β -kazein değerleri peynirlerin olgunlaşma dereceleri artışı ile benzer oranda azalmıştır (Bknz. Çizelge 4.30). Ayrıca β -kazein parçalanması üzerine peynir örneklerinin dönemsel olarak sahip olduğu farklı asitlik ve nem değerleri de etkili olmuştur. V örneğinde 90. günde β -kazein oranı diğer günlere kıyasla daha fazla düşmüştür ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu durum depolama

sonuna doğru mikrobiyolojik aktivitenin artışına bağlı olarak β -kazein parçalanmasının hızlanmasını açıklayabilmektedir.

Çizelge 4.39 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin β -kazein Değerleri Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	100	86.69±1.34 ^{aA}	71.99±3.51 ^{bB}	67.72±7.18 ^{bB}	43.87±6.41 ^{cB}
V	100	94.18±4.60 ^{aA}	86.70±4.95 ^{aA}	86.74±3.20 ^{aA}	75.46±1.82 ^{bA}
G	100	94.24±2.94 ^{aA}	84.96±0.23 ^{bA}	54.64±3.80 ^{cC}	47.64±2.48 ^{cB}
A	100	91.79±0.54 ^{aA}	89.18±6.22 ^{aA}	82.78±2.48 ^{abA}	77.56±1.82 ^{bA}
B	100	91.80±6.58 ^{aA}	85.52±1.41 ^{abA}	82.52±3.85 ^{abA}	77.39±3.51 ^{bA}
C	100	95.76±2.45 ^{aA}	92.89±1.24 ^{aA}	86.37±2.83 ^{bA}	76.74±1.80 ^{cA}
N	100	91.56±3.32 ^{aA}	90.68±5.19 ^{abA}	89.19±4.67 ^{abA}	78.07±4.46 ^{bA}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

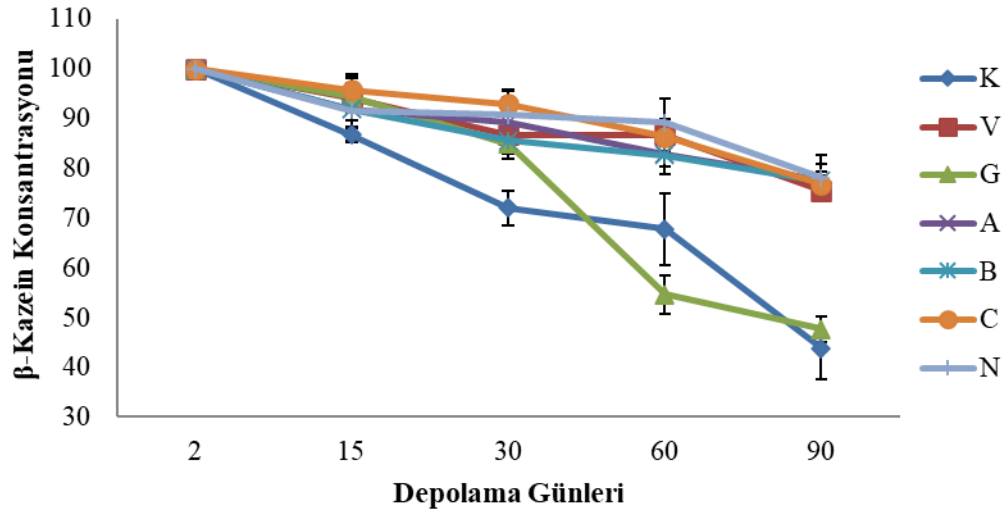
K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-c} Aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-C} Aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

15. gün peynir örnekleri arasında en düşük β -kazein parçalanması 95.76 ile C örneğinde görülürken, en yüksek parçalanma 86.69 ile K örneğinde belirlenmiştir. Bu günde örnekler arasında istatistikî açıdan fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). 30. günde sadece K örneği farklılık gösterirken, 60. ve 90. günde K ve G örneği diğer örneklerden farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın son gününde V örneği ile A, B, C ve N örneği β -kazein parçalanma oranı açısından benzerlik göstermiştir ($p > 0.05$). Antimikrobiyal madde çeşidi ve konsantrasyonu peynirlerde β -kazein hidrolizini etkilememiştir ve bu durumu Erkaya Kotan ve ark., (2017) kekik uçucu yağı katkılı ayva jeli filmleri ile kapladıkları Kaşar peyniri çalışmasında da belirtmişlerdir.

Yıldırım ve ark., (2006) natamisin katkılı yenilebilir kazein ile kapladıkları Kaşar peynirinde depolama boyunca peynirler arasında kazein hidrolizinde önemli bir farklılık olmadığını ve kazein veya natamisin kaplamanın kazein hidrolizini olumsuz etkilemediğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.37 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin β -kazein Değerleri Değişimi

Peynir örneklerinin depolama boyunca α_{s1} -kazein değerleri değişimi Çizelge 4.40'da ve Şekil 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.40 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin α_{s1} -kazein Değerleri Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	100	71.10 $\pm$ 0.33 ^{aB}	65.81 $\pm$ 3.59 ^{aB}	55.18 $\pm$ 0.32 ^{bB}	43.54 $\pm$ 2.74 ^{cB}
V	100	95.07 $\pm$ 5.13 ^{aA}	90.43 $\pm$ 1.17 ^{abA}	81.98 $\pm$ 0.09 ^{bcA}	74.33 $\pm$ 3.92 ^{cA}
G	100	75.86 $\pm$ 0.24 ^{aB}	67.84 $\pm$ 2.59 ^{bB}	58.07 $\pm$ 4.27 ^{cB}	47.35 $\pm$ 2.36 ^{dB}
A	100	92.46 $\pm$ 4.90 ^{aA}	84.97 $\pm$ 2.60 ^{aA}	82.77 $\pm$ 4.01 ^{abA}	74.5 $\pm$ 0.27 ^{bA}
B	100	96.04 $\pm$ 0.42 ^{aA}	88.37 $\pm$ 6.34 ^{abA}	82.56 $\pm$ 7.67 ^{abA}	74.92 $\pm$ 0.97 ^{bA}
C	100	95.23 $\pm$ 0.23 ^{aA}	84.71 $\pm$ 1.03 ^{abA}	82.79 $\pm$ 8.78 ^{abA}	75.83 $\pm$ 0.12 ^{bA}
N	100	96.85 $\pm$ 1.66 ^{aA}	90.46 $\pm$ 3.65 ^{aA}	89.79 $\pm$ 2.07 ^{aA}	78.03 $\pm$ 3.47 ^{bA}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

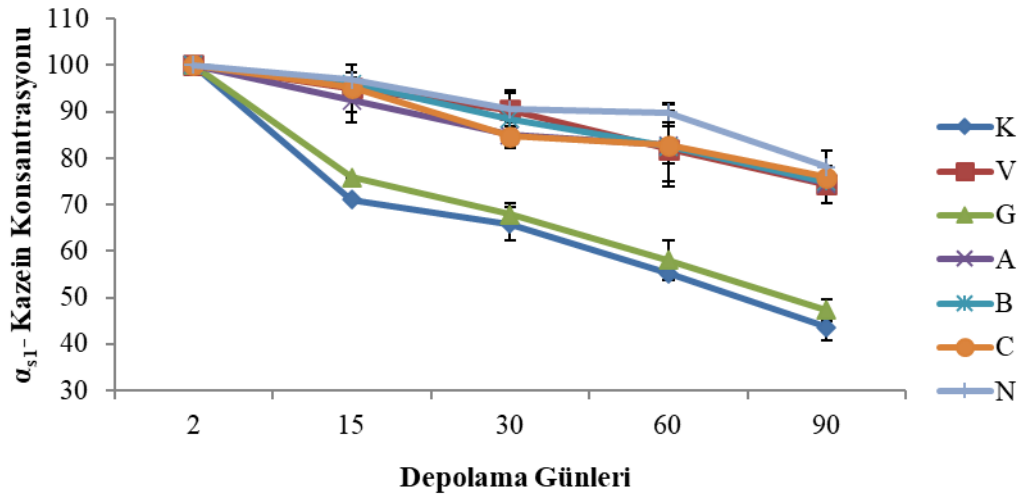
^{a-d} Aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-B} Aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

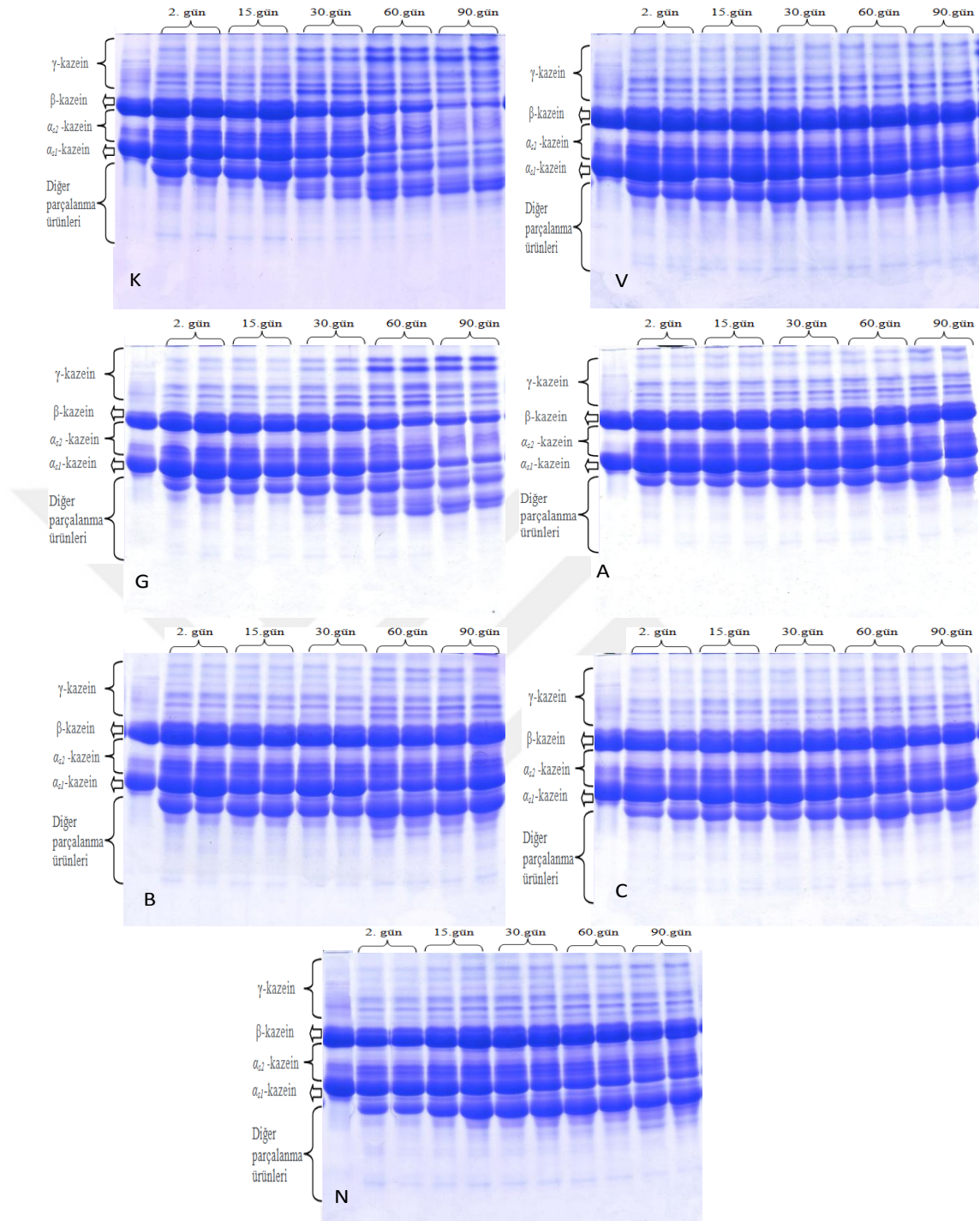
Film kaplı peynir örneklerinde depolama boyunca α_{s1} -kazein konsantrasyonu düşmüştür. α_{s1} -kazein konsantrasyonunda meydana gelen bu azalma B ve C örnekleri haricinde diğer örneklerde önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). K örneğinde depolamanın

60. gününden sonra α_{s1} -kazein parçalanması daha fazla olmuş ve depolamanın son gününde α_{s1} -kazein değeri 43.54'e düşmüştür. Benzer şekilde V örneğinde de en fazla parçalanma 60. günden sonra gerçekleşmiştir. G örneğinde tüm depolama günlerinde $p<0.05$ önemlilik düzeyinde α_{s1} -kazein parçalanması gözlemlenmiştir. Antimikrobiyal madde içeren filmle kaplanan peynir örneklerinin (A, B, C ve N) 90. günleri diğer dönemlerine kıyasla farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

Depolamanın tüm günlerinde peynir örnekleri arasında $p<0.05$ önemlilik düzeyinde farklar tespit edilmiştir. K örneği depolama günleri boyunca en yüksek α_{s1} -kazein parçalanmasının görüldüğü örnek olmuştur ve onu G örneği takip etmiştir. Bu durum tüm dönemlerde diğer örneklerden farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın son gününde antimikrobiyal madde ilave edilmiş filmle kaplı örneklerdeki α_{s1} -kazein hidrolizi, vakum kaplı peynirdeki α_{s1} -kazein hidrolizi ile benzerlik göstermiştir ($p>0.05$). Bu durum antimikrobiyal katkılı film ile peyniri kaplamanın, vakum ambalajla kaplama arasında α_{s1} -kazein hidrolizi açısından fark oluşturmadığını göstermektedir. Yapılan diğer çalışmalarda benzer şekilde kaplama işleminin α_{s1} -kazein hidrolizi üzerinde etkili olmadığı rapor edilmiştir (Yıldırım ve ark., 2006; Erkaya Kotan ve ark., 2017).



Şekil 4.38 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin α_{s1} -kazein Değerleri Değişimi



Şekil 4.39 Peynir Örneklerine Ait Elektroforez Görüntüleri (K; Yenilebilir Film ile Kaplanmamış ve Vakum Ambalajlanmamış Peynir Örneğini, V; Yenilebilir Film ile Kaplanmamış ve Vakum Ambalajlanmış Peynir Örneğini, G; Güz Yemişi Ekstraktı İçeren Yenilebilir Filmle Kaplanmış Peynir Örneğini, A; %1 Oranında, B; %1.5 Oranında ve C; % 2 Oranında Kekik Uçucu Yağı İçeren ve Güz Yemişi Ekstraktından Üretilen Yenilebilir Filmle Kaplanmış Peynir Örneğini, N; Natamisin ve Güz Yemişi Ekstraktı İçeren Yenilebilir Filmle Kaplanmış Peynir Örneğini Temsil Etmektedir.)

4.5.10 Mikrobiyolojik Analizler

4.5.10.1 Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayısı

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı gıda ürünlerinde mikrobiyolojik kalite değerlendirmede önemli bir ölçüttür. Peynirin üretimi ve olgunlaşması sırasında kontaminasyon göstergesi olarak kullanılabilir (Fajardo ve ark., 2010; Azhdari ve Moradi, 2022). Depolama süresince peynir örneklerinin TMAB sayıları Çizelge 4.41’de ve Şekil 4.40’te verilmiştir.

Çizelge 4.41 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin TMAB Sayıları Değişimi (log kob/g)

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	6.49 ± 0.04 ^{dA}	6.94 ± 0.01 ^{cA}	7.26 ± 0.17 ^{bB}	7.90 ± 0.14 ^{aAB}	7.97 ± 0.05 ^{aA}
V	5.70 ± 0.03 ^{eC}	6.03 ± 0.04 ^{dC}	6.94 ± 0.01 ^{cCD}	7.41 ± 0.02 ^{bC}	7.74 ± 0.27 ^{aAB}
G	4.96 ± 0.03 ^{eF}	5.23 ± 0.09 ^{dD}	7.05 ± 0.06 ^{cBC}	7.37 ± 0.04 ^{bC}	7.67 ± 0.09 ^{aAB}
A	5.49 ± 0.02 ^{eE}	5.54 ± 0.09 ^{cD}	6.66 ± 0.24 ^{bD}	7.71 ± 0.02 ^{aABC}	7.49 ± 0.12 ^{aB}
B	5.60 ± 0.01 ^{cD}	6.84 ± 0.10 ^{bA}	7.35 ± 0.07 ^{aB}	7.65 ± 0.04 ^{aBC}	7.37 ± 0.24 ^{aB}
C	5.53 ± 0.04 ^{bDE}	5.47 ± 0.02 ^{bD}	6.02 ± 0.04 ^{abE}	6.48 ± 0.46 ^{aD}	5.72 ± 0.18 ^{bC}
N	6.28 ± 0.02 ^{bB}	6.53 ± 0.28 ^{bB}	8.05 ± 0.12 ^{aA}	8.13 ± 0.04 ^{aA}	8.06 ± 0.13 ^{aA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-e} Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

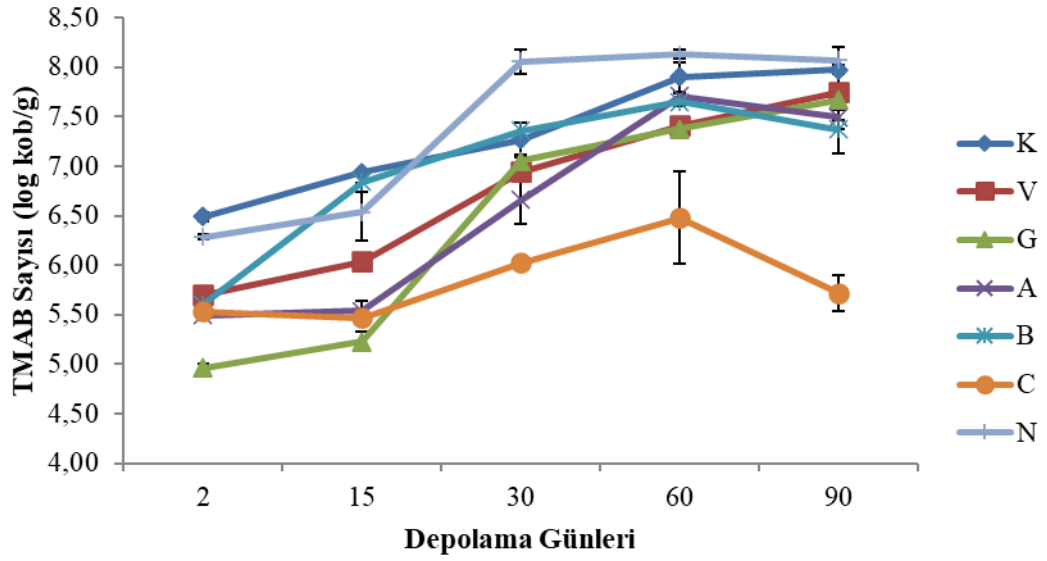
^{A-F} Aynı sütundaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Peynir örneklerinin TMAB sayıları 4.96-8.13 log kob/g arasında belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca örneklerde TMAB sayılarındaki artış görülmüş ve bu durum istatistikî olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). K örneğinin depolama süresinin sonunda TMAB sayısı 7.97 log kob/g olarak belirlenmiş ve bu değeri sadece 60. gündeki değeri ile benzerlik gösterirken (p>0.05), diğer depolama günlerindeki değerleri ile arasında önemli farklılıklar görülmüştür (p<0.05). V örneğinin TMAB sayısı depolama boyunca artmış, ve bu artış tüm dönemlerde p<0.05 önemlilik düzeyinde fark oluşturmuştur. G örneğinin 4.96 log kob/g TMAB sayısı depolama sonunda 7.67 log kob/g ulaşmıştır ve tüm dönemler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. A örneğinin 2. ve 15. depolama günü arasında istatistikî olarak fark yokken, benzer durum 60. ve 90. günlerinde de görülmüştür (p>0.05). B

örneğinin TMAB sayısı 30. güne artış göstermiş ve bu durum önemlilik arz ederken, bu günden sonra meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemsiz belirlenmiştir ($p>0.05$). C örneği TMAB sayısı 60. güne kadar artarken, 90. günde TMAB sayısında düşüş görülmüştür. Benzer durum N örneğinde de tespit edilmiştir. Kekik uçucu yağ içeren filmle kaplı örneklerde dönemler boyunca meydana gelen TMAB sayısındaki artış, uçucu yağların depolama boyunca film matrisinden buharlaşarak uzaklaşması ile antimikrobiyal aktivitelerinin azalması şeklinde açıklanabilmektedir (Sarıcaoğlu, 2018).

Aynı depolama günlerinde bütün peynir örnekleri arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın ilk gününde en düşük TMAB sayısı 4.96 log kob/g ile G örneğinde görülürken, en yüksek TMAB sayısı 6.49 log kob/g ile K örneğinde belirlenmiştir. 15. günde G, A ve C örnekleri diğer örneklere kıyasla daha düşük TMAB sayısına sahip olmuşlardır. 30. günde en yüksek TMAB sayısı N örneğinde görülürken, en düşük TMAB sayısı C örneğinde belirtilmiştir ve bu durum depolamanın 60. ve 90. gününde de görülmüştür. Tüm dönemler boyunca en yüksek TMAB sayısı 8.13 log kob/g ile N örneğinde görülmüştür. Bu durum natamisinin sadece küfler üzerine etkili olması, bakteriler üzerinde etkisinin olmaması ile açıklanabilmektedir (Yılmaz ve Kural, 2005; Öztürk ve ark., 2006). Depolamanın sonuna doğru en düşük TMAB sayısı C örneğinde görülmüş ve bu durumun sonucu olarak en yüksek oranda (%2) kekik uçucu yağı içeren bu örnekte yüksek antibakteriyel etki gözlemlendiği söylenebilir. C örneğini, kekik uçucu yağ miktarının azalışına bağlı olarak B ve A örneği takip etmektedir.

Yangılar ve Oğuzhan Yıldız, (2016) Kaşar peynirinde yenilebilir film çalışmasında peynir örneklerindeki toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 7.04 ile 8.05 log kob /g arasında belirlemiş ve çalışmamızla benzer şekilde önemli farklılıklar bulurken, Yılmaz ve Dağdemir, (2012) bal mumu kapladıkları Kaşar peynirindeki TMAB sayılarının depolama boyunca istatistikî açıdan önemsiz olduğunu vurgulamışlardır. Fajardo ve ark., (2010) natamisinle kaplanmış Salio peynirinde mezofilik bakteri sayısını 6.29 ila 7.51 log kob/g arasında bulmuştur.



Şekil 4.40 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin TMAB Sayıları Değişimi (log kob/g)

Mahcene ve ark., (2021) peynir üzerine yaptıkları yenilebilir film çalışmasında depolamanın ilk gününden son gününe kadar peynirlerinde kaplanmış ve kaplanmamış örneklerinin TMAB popülasyonunda önemli bir artış olduğunu belirtmişlerdir ($p<0.05$). Esansiyel yağ içermeyen sodyum aljinat ile kaplanmış peynir ve kontrol peynirinin sırasıyla 6.39 ve 6.61 log kob/g TMAB sayısı ile en yüksek büyüme oranını temsil ettiğini bildirmişlerdir.

Soleimani-Rambod ve ark., (2018) Cheddar peynirini ksantan gam ile kapladıkları çalışmalarında TMAB sayısının olgunlaşmanın 1. gününe kıyasla 90. günde arttığını rapor etmişlerdir ($p<0.01$). En yüksek TMAB sayısını, olgunlaşma süresinin sonunda ksantan sakızı (7.42 kob/g) ile kaplanmış numunelerde tespit etmişlerdir.

Azhdari ve Moradi, (2022) karboksi metil selüloz ve natamisin kullandıkları yenilebilir filmle kapladıkları peynirlerinde TMAB sayılarının kaplama olmayan örnekte 4. günde sınıra (10^7 log kob/g) ulaştığını, kaplama olan örneklerin ise depolamanın 8. gününde 10^7 log kob/g sınırını geçtiğini rapor etmişlerdir.

Doğan ve ark., (2022) limon kabuğu yağı ve jelatinli kapladıkları peynir dilimlerinin TMAB sayılarını depolama başlangıcında ortalama 4.28 log kob/g olarak belirlemişler ve limon kabuğu yağı içermeyen örneklerde tüm depolama süresi

boyunca arttığını, limon kabuğu yağı içeren örneklerde ise ilk 3 günde azalıp, ardından artma-azalma şeklinde trendler izlediğini belirtmişlerdir.

Erkaya Kotan ve ark., (2017) ayva jelinden ürettikleri yenilebilir filmle kapladıkları Kaşar peynirlerinde kontrol peynirin TMAB sayısının 7.61-8.13 arasında değiştiğini, 60. güne kadar arttığını, sonrasında azalıp tekrar arttığını bildirmişlerdir. Film kaplı örneklerinin vakum ambalajlama sonucundaki TMAB sayısının 7.69-8.42 log kob/g arasında, kekik uçucu yağ içeren filmle kaplı örneklerde ise 7.41- 8.26 log kob/g arasında değiştiğini sunmuşlardır.

Yukarıda verilen çalışmalar incelendiğinde TMAB sayılarının depolama boyunca çalışmamıza benzer şekilde arttığını, ancak bu artışın uçucu yağ içeren filmle kaplı örneklerde daha düşük olduğu, natamisin içeren örneklerde TMAB sayısı üzerine natamisinin etkili olmadığı belirlenmiştir.

4.5.10.2 Koliform Bakteri Sayısı

Koliform bakteriler, genellikle sıcaklık, pH ve besin kaynağı açısından zengin ortamlarda büyürler. Bu nedenle, gıda işleme ve hazırlama süreçlerinde de önemli bir endişe kaynağıdır. Gıda güvenliği standartlarını karşılamak için, gıda üreticileri sıklıkla koliform bakteri seviyelerini izlerler ve uygun hijyenik uygulamaları takip ederler. Koliform grubu bakteriler fekal kaynaklı olabilceği gibi, fekal olmayan kaynaklardan da gelebilir. Bu bakteriler insan ve hayvan bağırsak sistemi dışında pek çok ortamda yaygın olarak bulunabilir ve gelişebilir. Gıdalarda koliform grubu bakterilerin varlığı üretim aşamalarındaki sanitasyon sorununu belirtmektedir (Tural, 2016; Sarıcaoğlu, 2018).

Güz yemişi içeren ve antimikrobiyal madde içeren filmlerle kaplanan Kaşar peyniri örneklerinin koliform grubu bakteri sayıları analiz edilmiş ve depolama süresince örneklerde koliform grubu bakteri sayısı 10^1 kob/g'nin altında olduğu belirlenmiştir. Bu durum, film üretim aşamalarında ve peyniri film ile kaplama işleminde yeterli sanitasyonun uygulandığının göstergesidir.

4.5.10.3 Maya–Küf Sayısı

Peynirin maya ve küf yükü raf ömrü üzerinde etkili bir faktördür. Peynir yüzeyinin mikro yapısı genellikle pürüzlü olduğundan, artık oksijenin varlığından dolayı vakum paketleme küf oluşumunu önlemek için yetersiz olabilmektedir. Bu

nedenle, aktif gıda paketleri küf bozulmasını engellemek için iyi bir alternatiftir (Yılmaz ve Dağdemir, 2012). Depolama süresince örneklerine ait maya-küf sayıları Çizelge 4.42’de ve Şekil 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.42 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Maya-Küf Sayıları Değişimi (log kob/g)

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	<2 ^{dA}	4.23 ± 0.12 ^{cB}	5.34 ± 0.06 ^{bA}	6.18 ± 0.24 ^{aA}	6.44 ± 0.04 ^{aA}
V	<2 ^{cA}	4.42 ± 0.11 ^{abB}	4.84 ± 0.64 ^{aA}	4.64 ± 0.26 ^{aB}	3.55 ± 0.30 ^{bD}
G	<2 ^{eA}	4.80 ± 0.04 ^{dA}	5.16 ± 0.19 ^{cA}	6.35 ± 0.12 ^{bA}	7.44 ± 0.14 ^{aA}
A	<2 ^{dA}	3.27 ± 0.28 ^{cC}	3.65 ± 0.28 ^{cB}	4.91 ± 0.17 ^{bB}	6.08 ± 0.02 ^{aAB}
B	<2 ^{bA}	<2 ^{bD}	<2 ^{bD}	3.74 ± 0.29 ^{aC}	5.02 ± 1.44 ^{aBC}
C	<2 ^{bA}	<2 ^{bD}	<2 ^{bD}	<2 ^{bD}	3.94 ± 0.13 ^{aCD}
N	<2 ^{aA}	<2 ^{aD}	<2 ^{aD}	<2 ^{aD}	<2 ^{aE}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-d} Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-E} Aynı sütundaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Depolama süresi boyunca N örneği hariç diğer örneklerde maya-küf sayısı artmıştır. Bu artış istatistikî açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05). K örneğinde depolamanın 15. gününde maya-küf sayısı 4.23 log kob/g belirlenmiş ve depolama sonunda bu değer 6.44 log kob/g’a ulaşmıştır. V örneğinde 15. günde belirlenen maya-küf sayısı 30.günde artmış, sonrasında ise düşüş göstererek 3.55 log kob/g olmuştur (p<0.05). G örneğinde en düşük maya-küf gelişimi 15. günde belirlenirken 90. günde bu değer 7.44 log kob/g’a ulaşarak oldukça yükselmiştir. G örneğinin tüm dönemleri p<0.05 önemlilik düzeyinde birbirinden farklılık göstermektedir. A örneğinde maya-küf depolamanın 15. gününde görülürken, B örneğinde 60. günde, C örneğinde ise 90. günde belirlenmiştir. N örneğinde depolama günleri boyunca maya-küfe rastlanılmamıştır. Natamisin küfler üzerine etkili olan bir antibiyotik olduğundan depolama dönemleri boyunca örneklerde küf gelişimini engellemiştir (Yılmaz ve Kural, 2005).

Depolamanın ilk gününde örneklerde maya- küf tespit edilememiştir. 15. günde en düşük maya-küf gelişimi 3.27 log kob/g ile A örneğinde olmuştur. 30.

günde en düşük maya küf gelişimi 3.65 log kob/g ile A örneğinde görülmüş ve onu 4.84 log kob/g ile V örneği takip etmiştir ($p<0.05$). 60. günde ise 3.74 log kob/g ile B örneği, sonrasında 4.64 log kob/g V örneği ve 4.91 log kob/g ile A örneği gelmektedir. Depolamanın son gününde C örneği ile V örneğinde en düşük maya-küf gelişimi görülmüş ve bu örnekler arasında istatistiksel olarak benzerlik bulunmuştur ($p>0.05$). Vakum ambalaj uygulaması Kaşar peynirinde küflenme önlemesi açısından tercih edilmektedir. Bu durumun bir sonucu olarak C örneğindeki yenilebilir film uygulaması vakum paketlemeye bir alternatif olarak görülebilmektedir. Çizelge 4.42'den görüleceği üzere tüm dönemlerde en yüksek maya-küf sayısı G örneğinde gözlemlenirken, onu K örneği takip etmiştir. Bu değerler depolamanın son gününde önemlilik arz etmektedir ($p<0.05$). G örneğinin daha yüksek maya-küf sayısına sahip olması, bu örneğin antimikrobiyal madde içermeyen yenilebilir filmle kaplı olması, yenilebilir filmin içerdiği şeker miktarı ve su aktivitesi değerine bağlı olarak küf gelişimi artmasının sonucudur.

İlgüz, (2019) uçucu yağ katkılı yenilebilir filmleri ile kapladıkları Kaşar peynirlerinde depolamanın 8. gününe kadar küf ve maya üremesi olmadığını, en yüksek maya ve küf sayısı 22. günde kontrol grubunda 2.25 log kob/g olarak bulunduğunu belirtmiştir. 15. günde %4 niaouli yağı katkılı örneklerde maya ve küf üremesi olmadığını, 29. günde maya ve küf gelişimi diğer günlere göre daha düşük olduğunu rapor etmiştir.

Tomar ve Akarca, (2019) keçiyoynuzu çekirdekleri gamından ürettikleri yenilebilir filmlerine farklı bitki ekstraktları ekleyerek Kaşar peynirini kapladıkları çalışmalarında, depolamanın başında örneklerin birbirine yakın değerler (3.42 log kob/g) aldığını, depolamanın 7. gününden itibaren örneklerin maya küf sayılarında artış olduğu ve depolama süresince bu artışın devam ettiği tespit etmişlerdir. Bitki ekstraktları içeren filmle kaplı örneklerin maya-küf sayısı kontrole daha düşük kaldığını, depolamanın 28. gününde en yüksek maya-küf sayısının 9.86 log kob/g değeri ile kontrol örneğinde belirlediklerini rapor etmişlerdir. En düşük maya-küf sayısına 4.59 log kob/g tarçın ekstraktı içeren filmle kaplı örneğin, sonrasında ise 5.45 log kob/g adaçayı ekstraktı içeren filmle kaplı Kaşar peyniri örneğinde saptandığını belirtmişlerdir. Bu örneklerde daha düşük maya-küf sayısını bu ekstraktların küfler üzerine antifungal etki göstermesi ile açıklamışlardır.

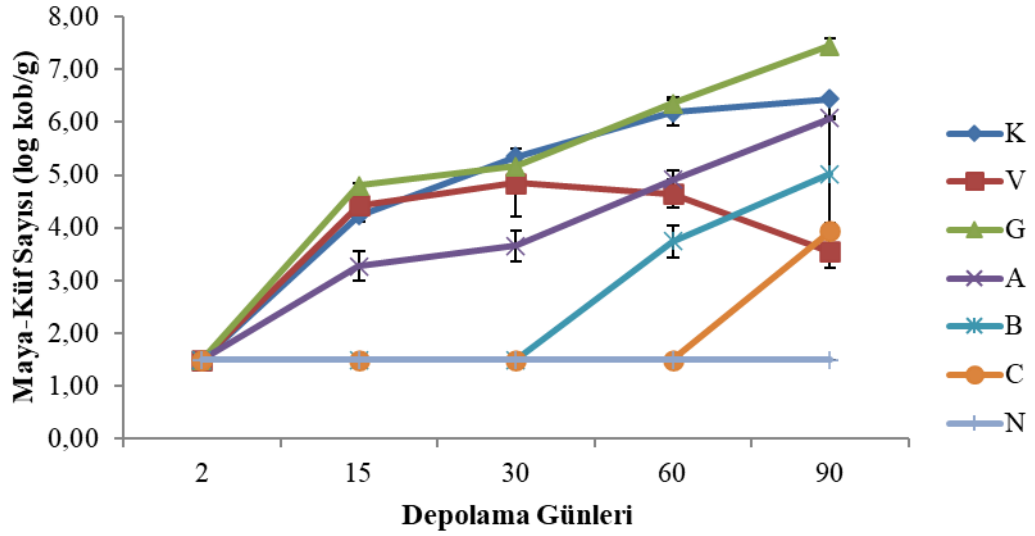
Azhdari ve Moradi, (2022) çalışmalarında depolamanın 4. gününde, %0.05 ve %0.5'lik iki konsantrasyonda natamisin içeren karboksimetil selülöz kaplama işleminin kontrol grubuyla karşılaştırıldığında maya-küf sayısında azalmaya yol açtığını, sadece karboksi metil selülöz kaplamalı peynir numunelerinde kontrole kıyasla maya-küf gelişiminin daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Natamisin'in maya-küf üzerindeki etkisinin 8. güne kadar azalarak devam ettiğini, bu durumun natamisinin büyük bir kısmının uygulamanın ilk birkaç gününde karboksi metil selülöz kaplamasından salınmasından kaynaklı olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu salınımın, polimer ve antimikrobiyal madde arasındaki etkileşimden kaynaklanabileceğini vurgulamışlardır.

Yangılar ve Oğuzhan Yıldız, (2016) yenilebilir filmle kaplanmış Kaşar peynirlerindeki küf sayısının <1 ile $4.32 \log \text{ kob/g}$ arasında olduğunu, işleme ve olgunlaştırma işlemlerinin küfler üzerinde önemli etki oluşturduğunu ($p<0.05$) rapor etmişlerdir. Kazein, kazein/natamisin ve natamisin solüsyonları ile kaplanmış numunelerin 90 günlük depolamanın ardından kontrole kıyasla küf sayısında azalma gösterdiğini, sadece kazein içeren filmle kaplı numunenin kazein-natamisin kaplı örnekle ve natamisin solüsyonu uygulanmış örneklerdekinden daha yüksek küf sayıları temsil ettiğini belirtmişlerdir. Bu araştırıcının başka bir çalışmasında Kaşar peynirini natamisin ve uçucu yağ içeren filmle kaplaması sonucunda, örneklerdeki küf sayısının 1 ile $4.63 \log \text{ kob/g}$ arasında değiştiğini, uçucu yağlarla güçlendirilmiş natamisin çözeltileri ile kaplanmış numunelerin 90 günlük depolamanın ardından kontrole kıyasla küf sayısında azalma gösterdiği sunulmuştur (Yangılar, 2017).

Kouser ve ark., (2023b) *T. bellerica* dan ürettikleri yenilebilir filmlerini Himalaya peynirine uygulamışlar ve 28 günlük bir depolamada maya-küf sayısını $0.78-2.78 \log \text{ kob/g}$ arasında olduğunu, *T. bellerica* filmlerinin aktivitesinin, ekstrakta bulunan antimikrobiyal fitokimyasallar, fenolikler ve flavonoidlerden kaynaklanıyor olabileceğini belirtmişlerdir.

Kavas ve Kavas, (2014) peyniraltı suyundan ürettikleri nane uçucu yağı ekledikleri filmlerini Lor peynirine uygulamışlar ve 15 günlük bir depolama süresinde kontrol örneğinde maya küf sayısını $6.68 \log \text{ kob/g}$ 'dan $7.87 \log \text{ kob/g}$ 'a arttığını, %1 oranında nane uçucu yağı içeren filmle kaplı örneklerinde $6.74 \log$

kob/g'dan 5.01 log kob/g'a düştüğünü, %2 oranında nane uçucu yağı içeren filmle kaplı örneklerinde 3.54 log kob/g'dan 2.41 log kob/g'a düştüğünü, %3 oranında nane uçucu yağı içeren filmle kaplı örneklerinde 3.12 log kob/g'dan 2.52 log kob/g'a düşerek depolamanın 10. ve 15. günde tespit edilmediğini ve son olarak %4 oranında nane uçucu yağı içeren filmle kaplı örneklerinde maya-küf tespit edilmediğini rapor etmişlerdir.



Şekil 4.41 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Maya-Küf Sayıları Değişimi (log kob/g)

Yukarıda verilen çalışmalardaki farklı değerler, depolama günlerinin farklı oluşundan, depolama koşullarından, kullanılan hammadde bileşimlerinden, eklenen antimikrobiyal maddenin polimer madde ile etkileşiminden doğan bir durumun sonucu olabilmektedir.

4.5.11 Duyusal analiz

Duyusal analiz test sonuçları gıdaların tüketilebilirliğini etkilediğinden kalite kriteri olarak önemlidir. Yenilebilir film çözeltileri içerisindeki ingrediyeñtler ile uygulandıkları gıdaların duyusal özellikleri artırılabilir (Vasiliauskaite ve ark., 2022). Bu çalışmada duyusal analiz renk-görünüş, doku, tat-aroma, koku ve genel kabul edilebilirlik kriterleri üzerinden 1 ile 5 arasında puanlama üzerinden gerçekleştirilmiştir.

4.5.11.1 Renk-Görünüş

Renk-görünüş bir gıdayı değerlendirirken algılanan ilk özellik olduğundan duyusal değerlendirmede önemli bir kriterdir. Peynir örneklerinin 90 günlük depolama günleri boyunca aldıkları renk-görünüş puanları Çizelge 4.43'te ve Şekil 4.42'de sunulmuştur.

Çizelge 4.43 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Renk-Görünüş Puanları Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	4.83±0.04 ^{aA}	4.98±0.04 ^{aA}	4.20±0.57 ^{aA}	1.75±0.35 ^{bC}	1.50±0.71 ^{bB}
V	4.70±0.42 ^{abAB}	4.95±0.07 ^{aA}	4.50±0.14 ^{abA}	3.83±0.60 ^{bB}	3.88±0.53 ^{abA}
G	4.15±0.35 ^{aBC}	3.50±0.71 ^{aB}	3.65±0.21 ^{aA}	2.13±0.18 ^{bC}	1.69±0.80 ^{bB}
A	3.83±0.04 ^{aC}	3.55±0.64 ^{aB}	4.30±0.42 ^{aA}	4.13±0.18 ^{aAB}	3.94±0.45 ^{aA}
B	3.90±0.14 ^{aC}	3.83±0.71 ^{aAB}	4.03±0.32 ^{aA}	4.38±0.18 ^{aAB}	3.95±0.42 ^{aA}
C	4.10±0.14 ^{abBC}	3.42±0.59 ^{bB}	4.45±0.21 ^{aA}	4.63±0.18 ^{aA}	4.00±0.35 ^{abA}
N	4.20±0.28 ^{aBC}	3.17±0.23 ^{bB}	4.23±0.61 ^{aA}	4.38±0.18 ^{aAB}	4.06±0.27 ^{abA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktundan üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

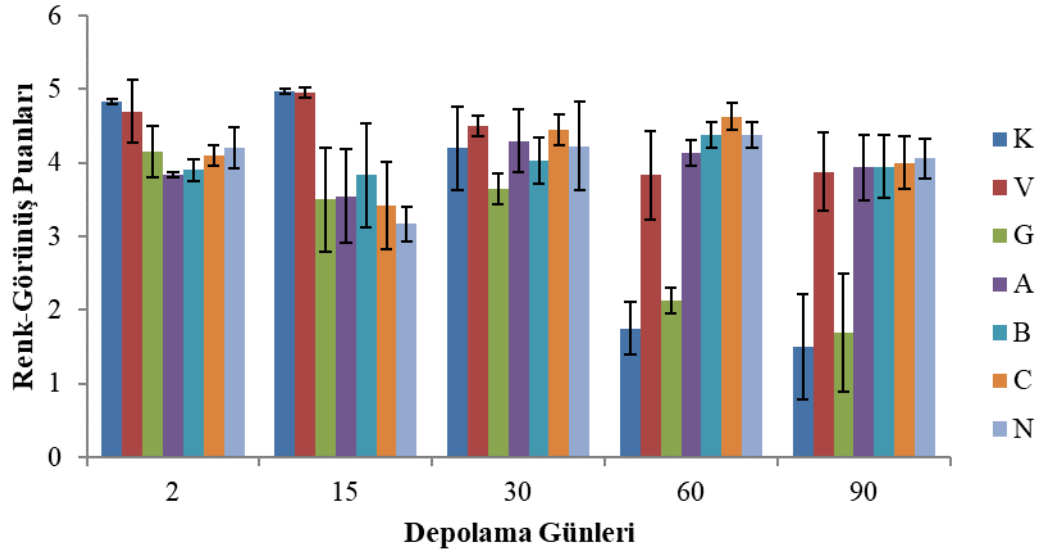
^{a-b} Aynı satırdaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-C} Aynı sütundaki değerler arasında p<0.05 düzeyinde farklılığı ifade eder.

Depolama boyunca peynir örneklerinde artan-azalan renk-görünüş puanları görülmüş ve bu durum K ve G örneği için önemli bulunmuştur (p<0.05). K örneği depolamanın başında 4.83 renk-görünüş puanına sahipken depolama boyunca bu değer düşerek 90. günde 1.50 renk-görünüş puanına gerilemiştir. G örneği 4.15 renk-görünüş puanı başladığı depolamayı 1.69 renk-görünüş puanı ile bitirmiştir. Bu örneklerin renk-görünüş puanları depolamanın 60. ve 90. gününde benzerlik göstermiş ve diğer dönemlerden p<0.05 önemlilik düzeyinde farklılık içermektedirler. Depolamanın sonuna doğru bu örneklerde yüzeyde küf gelişimi renk-görünüş puanlarını düşürmüştür. A ve B örneklerinin renk-görünüş puanları depolama sonunda ilk günlerine göre artarken V, C ve N örneklerinin ise düşmüştür, ancak bu durum istatistikî açıdan önemsiz bulunmuştur (p>0.05).

Depolamanın ilk gününde en yüksek puan K örneğinde saptanırken en düşük renk-görünüş puanı A örneğinde tespit edilmiştir. Genel olarak film kaplı peynir

örnekleri daha düşük renk-görünüş puanlarına sahip olmuştur. Bu durum renkli bir film görüntüsünün doğal peynir görüntüsünü engellediği düşüncesiyle renk-görünüş puanlarını düşürmesine bağlanabilmektedir. 30. gün dışındaki depolama günlerinde örnekler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Yenilebilir film kaplı peynir örneklerinin depolama başlangıcında renk-görünüş puanları benzerlik göstermiştir ($p>0.05$) 15. günde V ve K örneklerinin sadece B örneği ile arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Depolamanın 60. ve 90. gününde K ve G örneği en düşük renk-görünüş puanları olarak diğer örneklerden $p<0.05$ düzeyinde farklılık göstermektedirler. Erkaya Kotan ve ark., (2017) ayve jelinden ürettikleri kekik uçucu yağı katkılı filmlerini uyguladıkları Kaşar peynirinin 120 günlük depolama süresince aldıkları renk-görünüş puanlarının değişkenlik gösterdiğini ve bu durumun sadece vakum kaplı örnekte önemli olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.42 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Renk-Görünüş Puanları Değişimi

Azhdari ve Moradi, (2022) karboksimetilselülozdan ürettikleri farklı oranlarda natamisin içeren filme kapladıkları peynirlerindeki renk-görünüş puanlarının depolama boyunca düştüğünü, en fazla düşüşün kontrol örneğinde olduğunu ve natamisin içeren filmle kaplamanın örneklerde duyuşsal puanları artırdığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde bizim çalışmamızda depolamanın

sonunda en yüksek renk-görünüş puanı N örneğinde görülmüş ve natamisin kullanımının bu şekilde renk-görünüş puanlarını artırdığı söylenebilmektedir.

Molina-Hernández ve ark., (2020) Achira nişastasından ürettikleri sarımsak yağı katkılı film uyguladıkları Krem peynirlerinde 42 günlük depolama boyunca 2.9-4.3 arasında renk-görünüş puanları belirlemişler ve bu değerler arasında istatistikî olarak fark olmadığını bildirmişlerdir ($p>0.05$).

Vasiliauskaite ve ark., (2022) peyniraltı suyu proteinlerinden ürettikleri filmi uyguladıkları Lor peynirinde depolamanın başında kaplanmış örneklerin renk-görünüş açısından daha iyi algılandığını ($p<0.05$), depolama sonunda ise aralarında temel bir fark olmadığını ($p>0.05$) belirtmişlerdir.

4.5.11.2 Doku

Peynir örneklerinde 90 günlük depolama boyunca belirlenen doku puanları Çizelge 4.44'te ve Şekil 4.43'te verilmiştir.

Örneklerin doku puanları 2.38-4.83 arasında değişmiştir. En yüksek puana V örneği 15. günde sahipken en düşük puana depolamanın sonunda K örneği sahip olmuştur. K ve G örneğinin doku puanları depolama süresi boyunca önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın sonunda bu örneklerde önemli düşüşler görülmüştür. V örneği ve antimikrobiyal madde içeren filmle kaplı örneklerin (A, B, C ve N) depolama boyunca doku puanlarındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Depolamanın 15. ve 90. günlerinde örnekler arasında istatistikî açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın başlangıcında film kaplı örneklerde daha düşük doku puanları tespit edilmiştir ($p>0.05$). 15. Günde en yüksek doku puanı 4.83 ile V örneğinde saptanırken, en düşük puan 4.05 ile C örneğinde görülmüştür. Depolamanın son gününde A, B, C ve N örnekleri ile V örneği yüksek doku puanı göstermiş, K ve G örneğinden farklı bulunmuşlardır ($p<0.05$). Bu durum K ve G örneklerinin son dönemdeki yoğun küf oluşumundan dolayı yapıda meydana gelen sıvılaşmanın bir sonucu olabilmektedir.

Yangılar ve Oğuzhan Yıldız, (2016) kazein/natamisin yenilebilir filmle kapladıkları Kaşar peynirinde 90 günlük depolama boyunca en yüksek doku puanının natamisin çözeltisine batırılmış örnekte olduğunu, en düşük puanın ise kontrol

örneğinde olduğunu ve örnekler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılıklar bulunduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.44 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Doku Puanları Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	4.60±0.57 ^{aA}	4.63±0.04 ^{aAB}	4.17±0.23 ^{aA}	4.50±0.71 ^{aA}	2.38±0.53 ^{bC}
V	4.65±0.21 ^{abA}	4.83±0.24 ^{aA}	4.17±0.23 ^{abA}	4.50±0.71 ^{abA}	3.75±0.35 ^{bAB}
G	4.35±0.35 ^{aAB}	4.32±0.02 ^{aBC}	4.25±0.35 ^{aA}	4.75±0.35 ^{aA}	2.63±0.88 ^{bBC}
A	3.80±0.28 ^{aB}	4.17±0.23 ^{aBC}	3.90±0.14 ^{aA}	4.25±0.35 ^{aA}	4.38±0.18 ^{aA}
B	4.23±0.04 ^{aAB}	4.20±0.28 ^{aBC}	4.50±0.42 ^{aA}	4.25±0.35 ^{aA}	3.78±0.04 ^{aAB}
C	4.10±0.14 ^{aAB}	4.05±0.07 ^{aC}	4.20±0.28 ^{aA}	4.58±0.11 ^{aA}	4.08±0.59 ^{aA}
N	4.30±0.14 ^{aAB}	4.50±0.23 ^{aABC}	4.20±0.57 ^{aA}	4.54±0.30 ^{aA}	4.25±0.35 ^{aA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-b} Aynı satırdaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

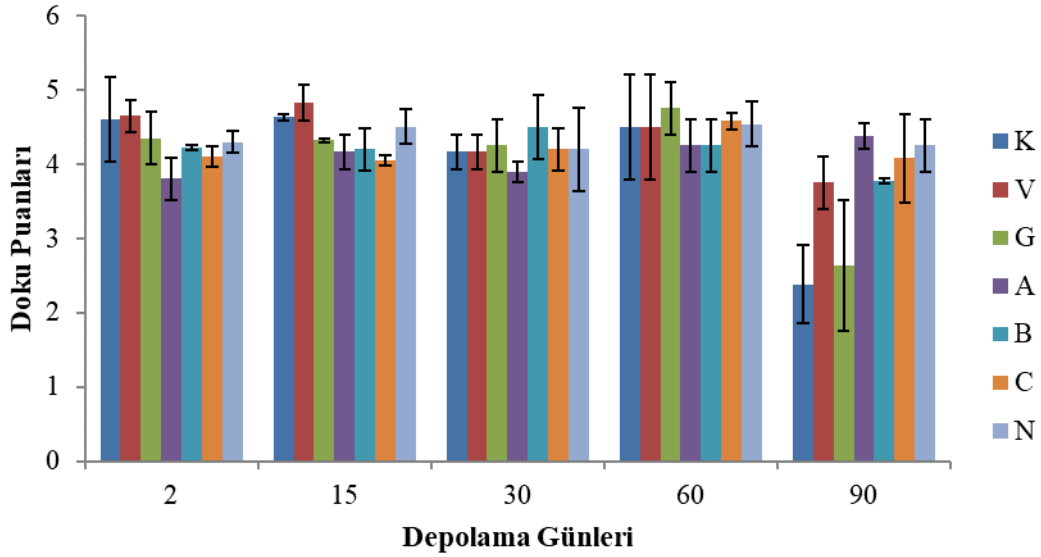
^{A-C} Aynı sütundaki değerler arasında $p < 0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Jalilzadeh ve ark., (2020) peyniraltı suyu proteinlerden natamisin katkılı ürettikleri filmlerini uyguladıkları ultrafiltre Beyaz peynirlerinin 60 günlük depolama boyunca 3.69-4.88 arasında doku değerleri aldığını bildirmişlerdir. Depolamanın başlangıcında kontrol örneğinin daha yüksek doku değerine sahip olduğunu ($p > 0.05$), ancak depolamanın sonunda natamisin içeren filmle kaplı örneklerin daha yüksek değerler aldığını ($p < 0.05$) rapor etmişlerdir. Bu durum çalışmamızda da görülmüştür.

Soleimani-Rambod ve ark., (2018) ksantam gam/keten tohumu müsilaajından ürettikleri filmleri Çedar peyniri kaplamada kullanmışlar ve doku puanlarını 3.00-3.44 arasında tespit etmişlerdir. Sadece ksantam gam içeren filmle kaplı örneğin daha yüksek doku puanı aldığını, keten tohumu müsilaajı kullanıldığında puanların düştüğünü bildirmişlerdir.

Balmumundan üretilen yenilebilir filmle kaplı Kaşar peynirinde yapılan bir çalışmada araştırmacılar 120 günlük olgunlaştırma sonunda yaptıkları duyu analizde doku puanları arasında önemli farklılıklar olduğunu, en düşük doku puanının vakum kaplı peynirde en yüksek puanın ise iki kat balmumu ile kaplanmış örnekte olduğunu

rapor etmişlerdir (Yılmaz ve Dağdemir, 2012). Benzer şekilde çalışmamızda depolamanın sonunda V örneği film kaplı örneklerden (G örneği hariç) daha düşük doku puanına sahip olmuştur.



Şekil 4.43 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Doku Puanları Değişimi

4.5.11.3 Tat-Aroma

Depolama boyunca peynir örneklerinin tat-aroma puan değişimleri Çizelge 4.45'te ve Şekil 4.44'te verilmiştir.

Peynir örneklerinin tat-aroma puanları 1.50-4.70 arasında değişmiştir. K örneğinin tat-aroma puanı 15. günde artmış, sonraki günlerde azalarak depolama sonunda en düşük değerini almıştır ve bu durum önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Küf oluşumuna bağlı olarak yapıda oluşan ransit tat bileşenleri puanların düşmesine sebep olmuştur. Ayrıca depolama sırasında tat-aroma bileşeni, gıda ürünlerinin lipid ve protein oksidasyonu sırasında salınan birincil ve ikincil metabolitler ve serbest yağ asitlerinden önemli ölçüde etkilenmiştir. Bu durum hoşla gitmeyecek tat-aroma oluşumuna sebep olabilmektedir (Kouser ve ark., 2023a). V örneği en yüksek tat-aroma puanına depolamanın başında sahip olmuş, sonrasında puanları düşüşe geçmiştir ($p<0.05$). G örneğinde depolama boyunca azalan tat-aroma puanları tespit edilmiştir ($p<0.05$). K örneğinde görülen küf oluşumunun bu örnekte de saptanması puanlar üzerine etkili olmuştur. A, B ve C örnekleri depolama süresi boyunca artan-azalan değerler almışlardır, ancak bu durum istatistikî açıdan önemsiz bulunmuştur

($p>0.05$). N örneğinin depolama boyunca sahip olduğu tat-aroma puanları $p<0.05$ düzeyinde önemlilik göstermektedir.

Çizelge 4.45 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Tat-Aroma Puanları Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	4.63±0.04 ^{abA}	4.83±0.24 ^{aA}	3.67±0.23 ^{bcAB}	2.75±0.35 ^{cC}	1.50±0.71 ^{dB}
V	4.70±0.14 ^{aA}	4.58±0.11 ^{aAB}	4.08±0.11 ^{bA}	4.63±0.18 ^{aA}	3.69±0.26 ^{bA}
G	4.25±0.07 ^{aB}	4.17±0.23 ^{aABC}	3.13±0.18 ^{bB}	2.63±0.53 ^{bcC}	2.05±0.07 ^{cB}
A	3.90±0.14 ^{aC}	4.00±0.47 ^{aABC}	3.50±0.71 ^{aAB}	3.88±0.18 ^{aAB}	4.31±0.08 ^{aA}
B	3.83±0.04 ^{aC}	3.42±0.59 ^{aCD}	4.15±0.07 ^{aA}	3.56±0.08 ^{aBC}	4.00±0.35 ^{aA}
C	3.90±0.14 ^{aC}	2.75±0.35 ^{bD}	3.75±0.21 ^{abAB}	3.50±0.71 ^{abBC}	3.88±0.18 ^{aA}
N	4.65±0.21 ^{aA}	3.83±0.24 ^{bBC}	4.10±0.14 ^{bA}	4.63±0.18 ^{aA}	4.13±0.18 ^{bA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

^{a-d} Aynı satırdaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

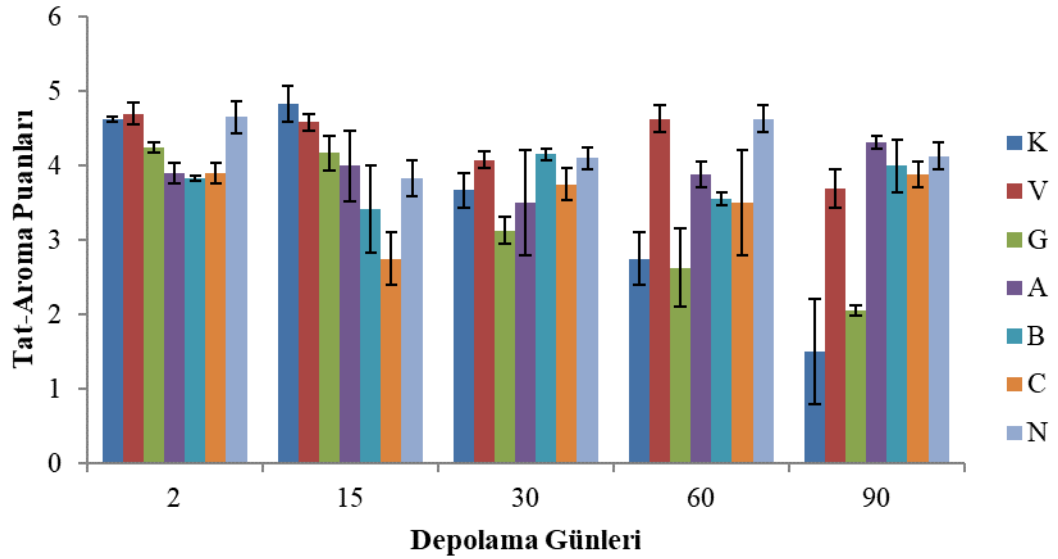
^{A-D} Aynı sütundaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Depolamanın 30. günü hariç tüm örnekler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın başında en yüksek tat-aroma puanı 4.70 ile V örneğinde, ardından 4.65 ile N örneğinde belirlenmiştir. En düşük değerler ise A, B ve C örneklerinde görülmüştür. Burdan taze peynir örneklerinde kekik uçucu yağı tadının hoşla gitmediği sonucuna varılabilmektedir. Depolamanın son gününde en düşük tat-aroma puanlarına K ve G sahip olurken, en yüksek tat-aroma puanına A örneği sahip olmuştur. Genel olarak kekik yağı içeren filmle kaplı örneklerde A ve B örneği C örneğinden yüksek puanlar almışlardır. Artan kekik uçucu yağı oranının tat-aroma üzerinde olumsuz bir etki oluşturduğu söylenebilmektedir. Depolamanın sonunda tat-aroma açısından V örneği A, B, C ve N örnekleri benzerlik göstermiştir. Bu durum özellikle tat-aroma puanları açısından vakum ambalaj uygulanmış veya natamisin içeren filmle kaplı örnek yerine kekik uçucu yağı içeren filmle kaplı örneklerin kullanılabileceğini ve özellikle en yüksek puanı alan A örneğinin ön plana çıktığını göstermektedir.

Mahcene ve ark., (2021) sodyum aljinat ve farklı uçucu yağ kullanarak ürettikleri yenilebilir filmlerini ev yapımı peynirlerinde kullanmışlar ve tat-aroma değerlerini belirlemişlerdir. Taze örneklerinde en yüksek değerin uçucu yağ

içermeyen sodyum aljinat filmi ile kaplı peynir örneğinde tespit ettiğini, uçucu yağ ilavesi ile tat-aroma değerlerinin düştüğünü rapor etmişlerdir. Bu durum özellikle uçucu yağların keskin tat-aroma bileşenlerinin doğal peynir tadını baskılaması sonucu, panelistlerin bu örneklerle daha düşük puan vermesine sebep olmuş olabilir.

Kouser ve ark., (2023a) *A. vera* jel bazlı filmlerinin peynir kalitesi üzerine etkisini belirledikleri çalışmalarında, peynir örnekleri arasında 0. günde fark olmadığını ($p>0.05$), depolamayla beraber tat-aroma değerlerinin düştüğünü ve örnekler arasında 14. ve 28. günlerde $p<0.05$ düzeyinde farklılık olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.44 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Tat-Aroma Puanları Değişimi

Soleimani-Rambod ve ark., (2018) ksantan gam filmle kaplı peynirlerinde 90 günlük depolama sonunda kontrol örneğinin tat-aroma puanını 3.00, sadece ksantan gam içeren filmle kaplı örneğinin tat-aroma puanını 3.44 ve ksantan gam/keten tohumu müsilağı (farklı konsantrasyonlarda) içeren filmle kaplı örneklerde ise tat-aroma puanlarının 2.88-3.44 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Polat Yemiş ve ark., (2022) sodyum aljinattan ürettikleri filmlerde Mersin esansiyel yağı kullanmışlar ve Kaşar peynirine kaplamışlardır. Tat-aroma değerlerinin en yüksek kontrol örneği ve sodyum aljinat içeren filmle kaplı olan örnek olduğunu ve aralarında istatistiksel olarak fark olmadığını ($p>0.05$), Mersin esansiyel yağı kattıkları filmle kaplı örneklerin ise uçucu yağ artış oranına bağlı

olarak tat-aroma puanlarının düştüğünü rapor etmişlerdir ($p<0.05$). Bu durumu Mersin yağının yoğun tat ve kokusuna bağlı olarak tat-aroma puanlarını düşürmesine bağlamışlardır. Yıldırım ve ark. (2006), kazein filmle ile kapladıkları Kaşar peynirinde 90 günlük depolama ile vakum paketlenmiş kaşar peynirinin tat-aroma puanlarının kontrol ve kazeinle kaplanmış olanlara kıyasla daha düşük olduğunu bildirmiştir.

4.5.11.4 Koku

90 günlük depolama boyunca peynir örneklerinin koku puanları değişimi Çizelge 4.46’da ve Şekil 4.45’te ayrıntılı olarak verilmiştir.

En yüksek koku puanı 4.83 ile depolamanın ilk gününde V örneğinde saptanırken, en düşük koku puanı 1.88 ile G örneğinde depolamanın son gününde saptanmıştır. K ve G örneklerinin koku puanları depolama boyunca değişmiş ve bu durum önemli bulunmuştur ($p<0.05$). K örneği depolama başında 4.70 koku puanına sahipken, depolama sonunda bu değer düşerek 2.13 değerine gelmiştir. G örneğinin 2. gün 4.60 koku puanı 90. günde 1.88’e düşmüştür. V, A, B, C ve N örneğinin depolama sonunda koku puanları düşmüş, ancak bu düşüş önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 4.46 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Koku Puanları Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	4.70±0.14 ^{aAB}	4.67±0.47 ^{aA}	4.30±0.42 ^{abA}	3.13±0.18 ^{bcB}	2.13±0.88 ^{cB}
V	4.83±0.04 ^{aA}	4.22±0.16 ^{aAB}	4.30±0.42 ^{aA}	4.38±0.53 ^{aA}	4.00±0.35 ^{aA}
G	4.60±0.28 ^{aAB}	4.27±0.09 ^{aAB}	4.40±0.14 ^{aA}	3.13±0.18 ^{abB}	1.88±1.24 ^{bB}
A	4.25±0.07 ^{aBC}	4.17±0.23 ^{aAB}	3.90±0.71 ^{aA}	4.25±0.71 ^{aA}	4.28±0.04 ^{aA}
B	4.05±0.21 ^{aC}	3.75±0.12 ^{aB}	3.75±0.35 ^{aA}	4.06±0.44 ^{aAB}	4.25±0.35 ^{aA}
C	4.35±0.07 ^{aBC}	3.50±0.71 ^{aB}	4.10±0.42 ^{aA}	4.28±0.04 ^{aA}	4.13±0.18 ^{aA}
N	4.60±0.28 ^{aAB}	3.92±0.12 ^{aAB}	4.05±0.21 ^{aA}	4.38±0.53 ^{aA}	4.18±0.11 ^{aA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

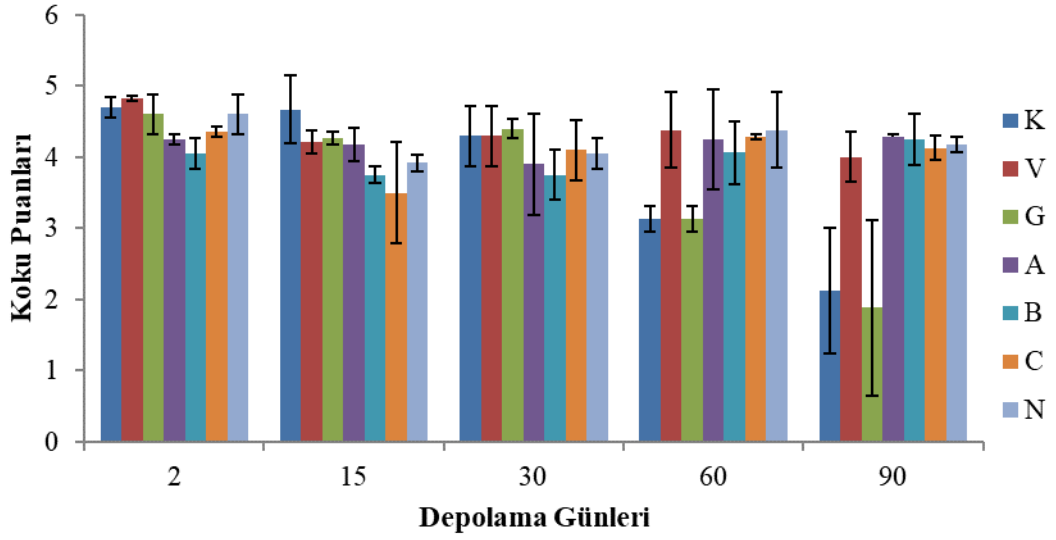
^{a-c} Aynı satırdaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-C} Aynı sütundaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Depolamanın 2. ve 90. günlerinde örnekler arasında istatistikî açıdan önemli farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). İlk gün en yüksek koku puanı V örneğinde saptanırken, uçucu yağ içeren filmle kaplı örnekler en düşük koku puanlarına sahip olmuşlardır. Kekik uçucu yağının keskin kokusunun doğal peynir kokusunun algılanmasını engellemesi ile panelistler tarafından olumsuz olarak değerlendirilmiş olabilmektedir. 2. günde K, V, G ve N örnekleri arasında koku puanları açısından benzerlik bulunmaktadır ($p>0.05$). Kekik uçucu yağı içeren örneklerin koku puanları arasında depolama boyunca farklılık bulunamamıştır ($p>0.05$). 90. günde en düşük puan G örneğinde, sonrasında ise K örneğinde belirlenmiştir. Bu durum örneklerde meydana gelen lipoliz sonucunda açığa çıkan uçucu bileşenlerin koku üzerine olumsuz etki göstermesiyle açıklanabilmektedir (Kouser ve ark., 2023a). Vakum kaplı örnek (V) ile antimikrobiyal madde içeren filmle kaplı örnekler (A, B, C ve N) arasında depolama sonunda farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Yılmaz ve Dağdemir, (2012) çalışmalarında, koku puanlarının balmumu kullandıkları filmle kaplı örneklerde daha düşük olduğunu, bu durumun balmumu vaksı içeren filmle kaplı örneklerde balmumu kokusunun yoğun hissedilmesinin panelistler tarafından beğenilmediğini iletmışlerdir. Başka bir çalışmada araştırmacılar en yüksek koku değerinin kontrol örneğinde olduğunu, sonrasında sadece sodyum aljinat içeren filmle kaplı örneğin geldiğini ve ardından %1 Mersin esansiyel yağı içeren diğer filmle kaplı örneğin olduğunu belirtmişlerdir (Polat Yemiş ve ark., 2022).

Nottagh ve ark., (2020) kitosan/natamisin filmlerini uyguladıkları UF İran peynirinde 3 haftaya kadar kontrol örneği ile diğer örnekler arasında koku puanları açısından fark olmadığını ($p>0.05$), 3. haftadan 6. haftaya kadar olan süreçte ise önemli farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir ($p<0.05$). Bu sonuçları kitosanın bakterisidal aktivitesi ve natamisinin fungusidal aktivitesi nedeniyle kaplamalı peynir örneklerinde bakteri, maya ve küf aktivitelerinin azalması ve buna bağlı olarak protein ve lipid hidrolizi nedeniyle aroma dışı tat-koku bileşenlerin üretimini azaltması ile açıklamışlardır. Çalışmamızda benzer şekilde antimikrobiyal madde içeren filmle kaplı örneklerde daha yüksek koku puanları belirlenmiştir. Ancak bu çalışmanın aksine çalışmamızda film yapımında kullandığımız sodyum aljinat ve güz yemişi meyvesi bu çalışmadaki gibi antimikrobiyal aktivite göstermemiştir.



Şekil 4.45 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Koku Puanları Değişimi

Molina-Hernández ve ark., (2020) Achira nişastası/sarımsak yağından elde ettikleri filmleri peynir kaplamada kullandıkları çalışmalarında 42 günlük depolamada 3.7-4.2 arasında koku puanları belirlemişler, ancak bu değerlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını rapor etmişlerdir ($p>0.05$).

4.5.11.5 Genel Kabul Edilebilirlik

Örneklerin genel kabul edilebilirlik puanları renk-görünüş, doku, tat-aroma ve koku değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak belirlenmiştir. Depolama süresine peynir örneklerinin genel kabul edilebilirlik puanları Çizelge 4.47’de ve Şekil 4.46’da sunulmuştur.

Genel kabul edilebilirlik puanları 1.87-4.77 arasında değişmiştir. Depolama günleri boyunca K ve G örneğinin genel kabul edilebilirlik puanları anlamlı derecede değişmiştir ($p<0.05$). K örneği depolama sonunda 1.87 değeri ile en düşük genel kabul edilebilirlik puanına sahip olmuştur. G örneği 2. gün 4.34 genel kabul edilebilirlik puanına sahipken, 90. günde bu değer 2.06’ya düşmüştür. V, A, B, C ve N örneklerinin depolama günleri arasında anlamlı derecede farklılık bulunamamıştır ($p>0.05$). Depolamanın 30. ve 60. günü örnekler arasında farklılık bulunamamıştır ($p>0.05$). 2. Günde en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı 4.72 ile V örneğinde en düşük puan ise 3.94 ile A örneğinde belirlenmiştir. A, B ve C örneği depolamanın ilk gününde kendi aralarında farklılık göstermemiş ve G örneğine benzer bulunmuştur ($p>0.05$). Ayrıca bu günde G örneği ile N örneği de birbirinden

istatistiksel olarak farklı değildir ($p>0.05$). Bu durum kekik uçucu yağı içeren (A, B, C), natamisin içeren (N) ve antimikrobiyel bileşen içermeyen (G) film kaplı örnekler arasında genel kabul edilebilirlik açısından fark olmadığını göstermektedir. 15. günde yenilebilir film içeren örnekler (G, A, B, C, N) genel kabul edilebilirlik puanları açısından benzerlik göstermiş ($p>0.05$), ancak 60. ve 90. günde G örneği ile diğer örnekler arasında anlamlı derecede farklılık oluşmuştur ($p<0.05$). 90. Günde K ve G örneği en düşük genel kabul edilebilirlik puanları olarak diğer örneklerden farklılık göstermişlerdir ($p<0.05$). Depolamanın son gününde V örneği A, B, C ve N örneği ile benzerlik göstermiştir. Antimikrobiyal madde içeriği ve oranı genel kabul edilebilirlik oranlarını etkilememiş ve bu durum vakum ambalaja alternatif olarak genel kabul edilebilirlik puanları açısından bu filmlerin kullanılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.47 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Genel Kabul Edilebilirlik Puanları Değişimi

	2. gün	15. gün	30.gün	60. gün	90.gün
K	4.69±0.16 ^{aA}	4.77±0.16 ^{aA}	4.08±0.37 ^{aA}	3.53±0.66 ^{aAB}	1.87±0.71 ^{bB}
V	4.72±0.21 ^{aA}	4.64±0.06 ^{aAB}	4.26±0.11 ^{abA}	4.33±0.42 ^{abA}	3.82±0.20 ^{bA}
G	4.34±0.23 ^{aABC}	4.06±0.26 ^{abBC}	3.86±0.15 ^{abA}	3.16±0.13 ^{bB}	2.06±0.71 ^{cB}
A	3.94±0.01 ^{aC}	3.97±0.28 ^{aC}	3.90±0.28 ^{aA}	4.12±0.27 ^{aA}	4.22±0.08 ^{aA}
B	4.00±0.02 ^{aC}	3.79±0.28 ^{aC}	4.11±0.29 ^{aA}	3.63±0.34 ^{aAB}	3.99±0.08 ^{aA}
C	4.11±0.13 ^{aBC}	3.43±0.43 ^{bC}	4.13±0.04 ^{aA}	4.24±0.24 ^{aA}	4.02±0.15 ^{abA}
N	4.44±0.23 ^{aAB}	3.85±0.03 ^{aC}	4.14±0.38 ^{aA}	4.48±0.29 ^{aA}	4.15±0.14 ^{aA}

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

K; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmamış peynir örneğini, V; yenilebilir film ile kaplanmamış ve vakum ambalajlanmış peynir örneğini, G; güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, A; %1 oranında, B; %1.5 oranında ve C; % 2 oranında kekik uçucu yağı içeren ve güz yemişi ekstraktından üretilen yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini, N; natamisin ve güz yemişi ekstraktı içeren yenilebilir filmle kaplanmış peynir örneğini temsil etmektedir.

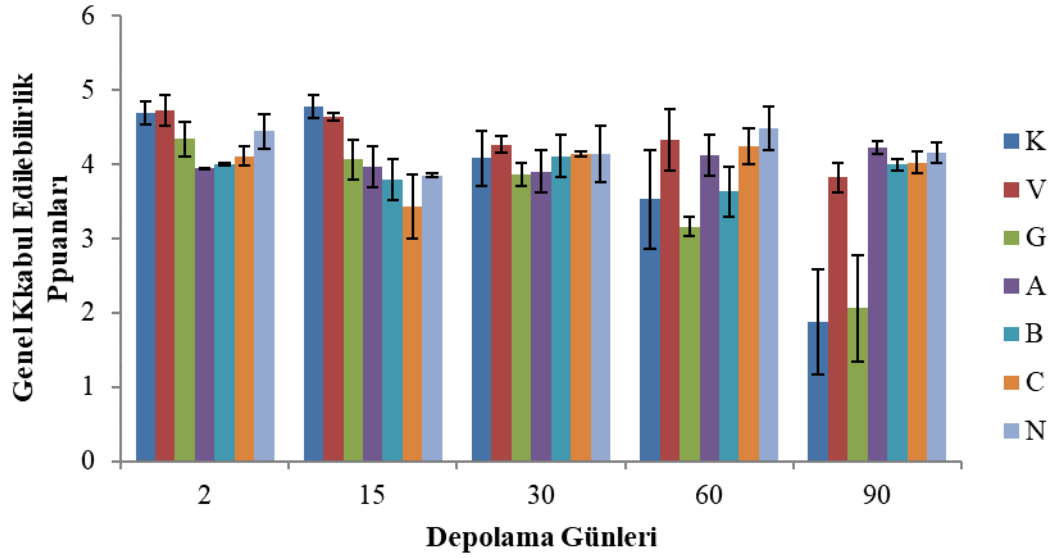
^{a-c} Aynı satırdaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

^{A-C} Aynı sütundaki değerler arasında $p<0.05$ düzeyinde farklılığı ifade eder.

Kouser ve ark., (2023a) ürettikleri filmin etkisini depolama sırasında peynirin duyuşal özellikleri üzerinde değerlendirmeleri sonucunda, örnekler arasında 0. günde genel kabul edilebilirlik puanları arasında fark bulunmazken, 14. günde *A. vera* içeren filmle kaplı örneğin daha yüksek genel kabul edilebilirlik ve bunun anlamlı olduğunu bildirmişlerdir ($p<0.05$).

Yangılar, (2015) kitosan ve peyniraltı suyu proteinlerinden ürettikleri yenilebilir filmi Kaşar peynirine uyguladıkları çalışmalarında 90 günlük depolama süresince anlamlı farklar olduğunu ($p<0.05$), genel olarak kontrol örneğinin genel kabul edilebilirlik puanlarının daha yüksek olduğunu, en düşük puana kitosan ve peyniraltı suyu proteinin birlikte kullanıldığı yenilebilir filmle kaplı peynirin sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yangılar ve Oğuzhan Yıldız, (2016) kazein/natamisin kullandıkları Kaşar peyniri kaplama çalışmalarında natamisin çözeltisine batırılmış örneğin en yüksek genel kabul edilebilirlik değerlerini aldığı rapor etmişlerdir.

Verilen çalışmalarda depolamanın başında genel kabul edilebilirlik açısından yenilebilir film kaplı olmayan örneklerin daha yüksek puanlar aldığını, ancak depolama ile beraber mikrobiyolojik faaliyetin artması özellikle uzun depolama günlerinde bu örneklerin genel kabul edilebilirlik puanlarını düşürdüğü tespit edilmiştir. Peynirin bilinen duyuşal özelliklerini en az ölçüde değıştiren filmle kaplamak genel kabul edilebilirlik puanlarını yükseltmektedir. Çalışmamızda en düşük uçucu yağ içeren filmle kaplı örneğin (A) depolama sonunda en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı almasını bu durumu özetlemektedir.



Şekil 4.46 Depolama Süresince Peynir Örneklerinin Genel Kabul Edilebilirlik Puanları Değişimi

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Üzümsü meyvelerden üretilen filmlerin özelliklerinin tespiti ve Kaşar peynirine uygulanabilirliğinin araştırıldığı çalışmamızdaki varılan sonuçlar ve bu sonuçlara ait öneriler aşağıda maddelenmiştir.

1. Meyve ekstraktlarında yapılan analizler sonucunda kokulu kara üzüm ekstraktı en düşük pH değerine ve beyaz üzümünden elde edilen ekstrakt ise en yüksek pH değerine sahip olmuştur. Meyve suyu ekstraktlarının pH değerleri arasında $p < 0.05$ önemlilik düzeyinde farklılıklar tespit edilmiştir. Ekstraktların % titrasyon asitliği değerleri 0.17 ile 0.82 arasında değerler almış ve istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). L^* değeri en yüksek beyaz üzüm ekstraktında belirlenmiş ve onu güz yemişi takip etmiştir. En düşük a^* değeri beyaz üzüm ekstraktında belirlenmiştir. b^* değeri açısından en iyi sonucu güz yemişi ekstraktı göstermiştir.

2. Kekik uçucu yağının antioksidan kapasite değeri % DPPH yöntemiyle 65.30 olarak tespit edilmiş ve iyi bir antioksidan kapasite göstermiştir. Kekik uçucu yağı *E. coli*, *L. monocytogenes* ve *S. aureus* bakterileri üzerinde etkili olmuş, natamisin bu bakteriler üzerine etkili olamamıştır. Kekik uçucu yağı ve natamisin *Asp. flavus* üzerine etkili olmuştur. Kekik uçucu yağının inhibisyon çapı 47.55 mm olurken, natamisinin inhibisyon çapı 13.75 mm olmuştur. Kekik uçucu yağının *A. flavus* üzerine antifungal etkisi natamisinden oldukça yüksek bulunmuştur.

3. Yenilebilir filmlerin % nem oranlarında gliserol oranına bağlı olarak az da olsa bir artış görülmüştür, ancak bu artış istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$).

4. Yenilebilir filmlerin kalınlıkları gliserol oranı artışıyla beraber düşmüştür, ancak bu düşüş istatistikî açıdan önemli olmamıştır ($p > 0.05$).

5. Filmlere katılan gliserol oranının artması filmlerin L^* , a^* ve b^* değerlerini etkilememiştir ($p > 0.05$). Film çözeltilerine eklenen gliserol oranındaki artışa bağlı olarak opaklık değerleri azalmıştır. Bu azalış istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Film çözeltisine eklenen gliserol oranının artmasına bağlı olarak filmler daha şeffaf hale gelmiştir.

6. Suda çözünürlük değerleri açısından filmlerde gliserol oranının artması B ve K filmlerinde çözünürlüğü artırırken, G filminde düşürmüştür. Bu durum tüm filmlerde önemsiz olarak belirlenmiştir ($p>0.05$).

7. Filmlerde gliserol oranı artmasıyla birlikte su buharı geçirgenlikleri artmıştır ancak bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Aljinatın nem bariyeri olarak etkisiz olduğu bilinmesine rağmen, çalışmamızdaki SBG değerleri diğer çalışmalardan düşük bulunmuştur. Bu durum sonucunda, film çözeltisine meyve suyu ekstraktlarının katılması filmlerin SBG değerlerini düşürerek ambalajlama için daha uygun hale getirdiği söylenebilmektedir.

8. Oksijen geçirgenliği için yapılan peroksit analizi sonucunda, filmlerde gliserol oranının artması peroksit sayılarını düşürmüş ve bu düşüş, B ve G filmleri için önemli bulunurken ($p<0.05$), K filmi için önemsiz tespit edilmiştir ($p>0.05$). OG değerlerinin düşmesi, özellikle oksidasyon riski olan gıdalarda kaplama materyali olarak bu filmlerin tercih edilebileceğini göstermektedir.

9. Gliserol oranının artması yenilebilir filmlerin gerilme değerlerinin düşüşüne neden olmuştur, ancak bu düşüş istatistikî açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Gliserol oranının artması film örneklerinin kopma uzaması değerlerini artırmıştır.

10. TOPSIS analizi sonucunda güz yemişi ekstraktından elde edilen (G) ve % 40 gliserol içeren film, Kaşar peyniri kaplama için en uygun karakteristikleri göstermiştir. Özellikle SÇ, SBG ve OG değerlerinin genel olarak diğer filmlerden daha düşük olması bu filmin seçilmesinde etkili olmuştur.

11. Film çözeltisine antimikrobiyal maddelerin ilavesi filmlerin % nem oranlarını artırmıştır. Bu artış istatistikî açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

12. Film çözeltisine antimikrobiyal madde ilavesi film kalınlıklarını artırmıştır. Ancak bu durum önemsiz tespit edilmiştir ($p>0.05$).

13. Film çözeltilerine antimikrobiyal madde ilave etmek filmlerin L^* değerlerini düşürmüş ve bu durum istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Kekik yağı oranının artırılması filmlerde a^* değerini düşürmüş, b^* değerlerini ise artırmıştır. Ancak bu değişimler önemli olarak tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Film

çözeltilisine uçucu yağ ilavesi filmlerin opaklık değerlerini artırmıştır. Bu artış istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Filme natamisin eklemek, opaklık değerini artırmış ancak, kekik uçucu yağı içeren film örneklerinden (A, B, C) daha düşük opaklık değeri göstermesine sebep olmuştur.

14. Film örneklerinin % suda çözünürlük değerleri antimikrobiyal madde ilavesi ile düşmüştür ($p>0.05$). Kekik uçucu yağı konsantrasyonun artışı film örneklerinde suda çözünürlüğü azaltmıştır.

15. Antimikrobiyal madde içeren filmlerin SBG değerleri kontrol örneğine göre artmıştır ($p<0.05$). Film çözeltilisine kekik uçucu yağı veya natamisin eklemek, filmlerde benzer su buharı geçirgenliği değerlerinin bulunmasına sebep olmuştur ($p>0.05$).

16. Antimikrobiyal katkı filmlerin oksijen geçirgenliği değerleri peroksit sayısı üzerinden değerlendirilmiştir. Film çözeltilisine kekik uçucu yağı ve natamisin eklenmesi peroksit sayılarını artırmıştır ve bu durum istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). En iyi oksijen bariyeri antimikrobiyal madde içermeyen kontrol örneğinde belirlenmiştir. Kullanılan uçucu yağ konsantrasyonları arasında fark bulunamamış ve natamisin içeren örnek, kontrol örneğinden sonra en iyi oksijen bariyer özelliği göstermiştir.

17. Film çözeltilisine esansiyel yağ eklenmesi filmlerin gerilme değerlerini düşürmüş ve kopma uzaması değerlerini artırmıştır. Her iki durum da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Filme natamisin eklemek ise filmlerin gerilme mukavemetini artırmıştır.

18. Kontrol filminin antioksidan kapasitesi %22.39 olarak bulunmuş ve film çözeltilisine uçucu yağ eklenmesi antioksidan kapasiteyi önemli oranda artırmıştır ($p<0.05$). Uçucu yağların içerdiği fenolik bileşikler kapasite üzerinde oldukça olumlu sonuçlar göstermiştir. Natamisin, film örneklerinin antioksidan kapasiteleri üzerinde etki gösterememiştir.

19. *E. coli* ve *L. monocytogenes* üzerine sadece C filmi, *S. aureus* üzerine tüm film örnekleri, *Asp. flavus* üzerine ise C ve N film örnekleri antimikrobiyal aktivite göstermiştir. C film örneği N filmi ile benzer bir antifungal özellik göstermiştir ve bu durum onun gıdalarda natamisin yerine kullanım olanaklarını artırmaktadır.

20. Tüm film örneklerinde termal özelliklerin değerlendirilmesi sonucunda, genel olarak bozunma sıcaklığı 35°C civarından başlamıştır. Filme antimikrobiyal madde eklemek filmlerin termal kararlılığını artırmıştır. Genel olarak üretilen tüm filmler 230 °C civarına kadar daha iyi termal kararlılık göstermiştir.

21. Filmlerin SEM analizi sonucunda kontrol ve natamisin katkılı filmlerde por oluşumu gözlemlenmemiştir. Filmlere kekik uçucu yağı eklenmesiyle beraber yapıda porlar oluşmaya başlamış ve kekik yağı oranının artmasına bağlı olarak por sayısı ve büyüklüğü artmıştır.

22. Depolama süresi boyunca peynir örneklerinde % kurumadde oranı genel olarak artmıştır. Kekik uçucu yağı içeren peynir örnekleri depolamanın sonunda en yüksek % kurumadde oranlarına sahip olmuşlardır. Çalışmamızda % kurumadde oranları açısından natamisin içeren filmle kaplama (N) en iyi alternatif olurken, B peyniri kaplamada kullanılan film de ikinci alternatif olarak değerlendirilebilmektedir.

23. % Titrasyon asitliği değerleri tüm örneklerde 60. güne kadar artmış, sonrasında düşmüştür. Genel olarak mikroorganizma sayısının yüksek olduğu örneklerde daha yüksek asitlik değerleri bulunmuştur. Depolamanın sonunda natamisin içeren filmle kaplı peynir örneğinin titrasyon asitliği değeri, kekik uçucu yağı içeren örneklerden daha yüksek bulunmuştur.

24. Peynirlerin pH değerleri genel olarak 15. günde artış göstermiş, sonrasında ise düşmüştür. Depolamanın sonunda en yüksek pH değerine K örneği sahip olmuştur, onu ardından G örneği takip etmiştir. Bulunan sonuçlar, yenilebilir film ile kaplamanın pH değerlerine etkisinin düşük olduğunu göstermektedir.

25. Depolama günleri boyunca peynir örneklerinin % tuz oranı artarak en yüksek değerlerine 90. günde sahip olmuşlardır ($p<0.05$). Antimikrobiyal madde içeren filmlerle peyniri kaplamanın, depolama süresince tuz oranı üzerinde daha yavaş bir artışa sebep olduğu söylenebilmektedir.

26. Peynir örneklerinin olgunlaşma dereceleri depolama boyunca artmış ve bu artış istatistikî açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). En fazla olgunlaşma K örneğinde sonrasında ise G örneğinde görülmüştür. Analiz sonuçları, vakum

paketleme işlemi veya antimikrobiyal madde içeren yenilebilir filmle kaplamanın örneklerin olgunlaşmasını yavaşlattığını göstermektedir.

27. Peynir örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerleri depolama boyunca genel olarak düşüş göstermiş ve bu düşüş en fazla K ve G örneğinde görülmüştür ($p<0.05$). Vakum ambalajlı örneğe (V) su aktivitesi değerleri açısından alternatif olarak N örneği ardından ise sırayla B, A ve C örnekleri verilebilmektedir.

28. Peynir örneklerinin genel olarak L^* değeri depolama süresi boyunca azalmıştır. En fazla düşüş K ve G örneklerinde belirlenmiştir. Kekik yağı ve natamisin içeren film ile kaplamak peynir örneklerine parlaklık kazandırmıştır. Tüm örneklerin depolama günleri boyunca görülen L^* değerleri (iç kesit) değişimi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Kekik yağı oranının artması peynir örneklerinin iç kesit L^* değerlerini değiştirmemiştir. Film kaplı örneklerde a^* değerleri depolama boyunca düşüş göstermiştir ve bu düşüş tüm örnekler için önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Film yapımında kullanılan güz yemişi meyvesi filmlerin a^* değerini artırmıştır. Antimikrobiyal madde içeren filmle peyniri kaplamak örneklerde depolamanın hem başında hem de sonunda daha yüksek a^* değerlerine sahip olmasını sağlamıştır. Antimikrobiyal maddenin cinsi ve miktarı iç kesit a^* değerlerini etkilemiştir ($p<0.05$). Depolamanın ilk gününde film kaplı peynir örnekleri daha yüksek b^* değerlerine sahip olmuşlardır. Depolama boyunca antimikrobiyal madde içeren filmle kaplı örnekler, G örneğine kıyasla oldukça yüksek b^* değerlerine sahip olmuşlardır. Antimikrobiyal madde konsantrasyonu ve çeşidi genel olarak b^* değerlerini (iç kesit) etkilememiştir ($p>0.05$).

29. Depolama günleri boyunca G, A, B, C ve N örneklerinin TBARS sayıları değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). G örneği 90. günde tüm yenilebilir filmle kaplı örneklerle benzerlik göstermiş ve bu durumdan yola çıkarak kullanılan antimikrobiyal madde çeşidinin ve konsantrasyonun örneklerde TBARS sayısı üzerinde etkili olmadığı söylenebilmektedir. Ayrıca V örneği G, C ve N örneği ile benzerlik göstermesi bu örneklerde kullanılan yenilebilir filmlerin vakum paketlemeye TBARS sayısı açısından alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

30. β -kazein parçalanması peynir örneklerinde depolama süresince artmıştır. β -kazein konsantrasyonundaki en çok düşüş K ve G örneğinde görülmüştür. Antimikrobiyal madde çeşidi ve konsantrasyonu peynirlerde β -kazein hidrolizini etkilememiştir ($p>0.05$). Çalışma sonuçları, antimikrobiyal madde içeren film ile peyniri kaplamanın, vakum ambalajla kaplama arasında α_{s1} -kazein hidrolizi açısından fark oluşturmadağını göstermektedir.

31. Çalışmamızda peynir örneklerinin TMAB sayılarının depolama boyunca önemli derecede arttığı ($p<0.05$), ancak bu artışın uçucu yağ içeren filmle kaplı örneklerde daha düşük olduğu ve natamisin etkili olmadığı belirlenmiştir. Çalışmamızda koliform grubu bakteri sayısı 10^1 kob/g'nin altında olduğu belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca N örneği hariç diğer örneklerde maya-küf sayısı artmıştır. Tüm dönemlerde en yüksek maya-küf sayısı G örneğinde gözlemlenirken, onu K örneği takip etmiştir. Vakum ambalaj uygulaması Kaşar peynirinde küflenme önlemesi açısından tercih edildiği için, bu durumun bir sonucu olarak C örneğindeki yenilebilir film uygulaması vakum paketlemeye bir alternatif olarak görülebilmektedir.

32. Duyusal açıdan incelendiğinde genel olarak film kaplı peynir örnekleri daha düşük renk-görünüş puanlarına sahip olmuştur. V örneği ve antimikrobiyal madde içeren filmle kaplı örneklerin (A, B, C ve N) depolama boyunca doku puanlarındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Genel olarak kekik uçucu yağı içeren filmle kaplı örneklerden A ve B örneği, C örneğinden depolama boyunca daha yüksek tat-aroma puanları almışlardır. Sonuçlar, özellikle tat-aroma puanları açısından vakum ambalaj uygulanmış veya natamisin içeren filmle kaplı örnek yerine düşük oranda kekik uçucu yağı içeren filmle kaplı örneğin (A) kullanılabileceğini göstermektedir. Depolama başında uçucu yağ içeren filmle kaplı örnekler en düşük koku puanlarına sahip olurken, depolama sonunda daha yüksek puanlara ulaşmışlardır ve en yüksek koku puanını A örneği almıştır. Kekik uçucu yağı içeren (A, B, C), natamisin içeren (N) filmle kaplı örnekler ile vakum ambalajlı (V) örnek arasında genel kabul edilebilirlik puanları açısından fark yoktur ($p>0.05$). Antimikrobiyal madde içeriği ve oranı genel kabul edilebilirlik puanlarını etkilememiş ve bu durum vakum ambalaja alternatif olarak bu filmlerin kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu araştırma sonuçları, üzüksü meyvelerden üretilen filmlerin özellikle antioksidan kapasitesi ve antimikrobiyal aktivitesi yüksek uçucu yağların ilavesiyle gıda ambalajlamada kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Kaşar peyniri ambalajlamada yaygın olarak kullanılan vakum ambalajlamaya bir alternatif olarak üzüksü meyvelerden üretilen yenilebilir filmlerin kullanılabileceği ve bu filmlerde genelde antimikrobiyal bir madde olarak natamisin kullanımı yerine kekik uçucu yağının kullanılabılmesinin etkisi belirlenmiştir. Çalışma sonuçları, Kaşar peynirini %2 oranında kekik uçucu yağı içeren film ile kaplamanın mikrobiyolojik açıdan iyi sonuçlar verdiğini gösterse de, kimyasal ve duyusal açıdan %1 ve %1.5 oranında uçucu yağ içeren film ile kaplamanın daha kabul edilebilir olduğunu sunmaktadır. Sanayiye uygunluk açısından, bu konu ile alakalı daha çok araştırma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Acevedo-Fani, A., Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, MA. & Martín-Belloso, O. (2015). Edible films from essential-oil-loaded nanoemulsions: Physicochemical characterization and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids*, 47, 168-177. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.032>
- Aguirre-Joya, JA., De Leon-Zapata, MA., Alvarez-Perez, OB., Torres-León, C., Nieto-Oropeza, DE., Ventura-Sobrevilla, JM., Aguilar, MA., Ruelas-Chacón, X., Rojas, R., Ramos-Aguinaga, ME. & Aguilar, CN. (2018). Chapter 1—Basic and Applied Concepts of Edible Packaging for Foods. İçinde A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Ed.), *Food Packaging and Preservation* (ss. 1-61). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811516-9.00001-4>
- Ahmad, M., Benjakul, S., Prodpran, T. & Agustini, TW. (2012). Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket incorporated with essential oils. *Food Hydrocolloids*, 28(1), 189-199. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.003>
- Ahmed, J., Mulla, M., Jacob, H., Luciano, G., Bini, TB. & Almusallam, A. (2019). Polylactide/poly(ϵ -caprolactone)/zinc oxide/clove essential oil composite antimicrobial films for scrambled egg packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 21, 100355. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100355>
- Akşehir, K. (2013). Ak dut (*Morus alba*) ve kara dut (*Morus nigra*) meyvelerinden üretilen yenilebilir filmlerin karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Al-Anbari, IHA., Dakhel, AM. & Adnan, A. (2019). The Effect Of Adding Local Orange Peel Powder To Microbial Inhibition And Oxidative Reaction Within Edible Film Component, *Plant Archives*, 19, 1006-1012.
- Al-Hashimi, AG., Ammar, AB., Lakshmanan, G., Cacciola, F. & Lakhssassi, N. (2020). Development of a Millet Starch Edible Film Containing Clove Essential Oil. *Foods*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/foods9020184>
- Al-Kuraieef, AN., & Alshawhi, AH. (2020). The effect of gamma irradiation on the essential oils and antioxidants in dried thyme. *International Journal of Food Studies*, 9(1). <https://doi.org/10.7455/ijfs/9.1.2020.a6>
- Al-Moghazy, M., El-sayed, HS., Salama, HH. & Nada, AA. (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. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101230>
- Alsaraf, S., Hadi, Z., Al-Lawati, WM., Al Lawati, AA. & Khan, SA. (2020). Chemical composition, in vitro antibacterial and antioxidant potential of Omani Thyme essential oil along with in silico studies of its major constituent. *Journal of King Saud University - Science*, 32(1), 1021-1028. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.09.006>
- Altun, O. & Yürekli, AK. (2000). *Vitis Vinifera* L. Cv. *Sultani* (Vitaceae)'de In Vitro Kalsiyum Değişiminin Kallogenez Ve Regenerasyon Üzerine Etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 4-12.

- Anonim. 2002. TS 1125 ISO 750, Meyve ve Sebze Ürünleri Titre Edilebilir Asitlik Tayini, Mart 2002, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ansarian, E., Aminzare, M., Hassanzad Azar, H., Mehrasbi, MR. & Bimakr, M. (2022). Nanoemulsion-based basil seed gum edible film containing resveratrol and clove essential oil: In vitro antioxidant properties and its effect on oxidative stability and sensory characteristic of camel meat during refrigeration storage. *Meat Science*, 185, 108716. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108716>
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, Arlington, VA, Association of official analytical chemists.
- Ardö, Y. & Polychroniadou, A. (1999). Laboratory manual for chemical analysis of cheese: Improvement of the quality of the production of raw milk cheeses. (Vol. 1998). Publications Office.
- Arfat, YA., Benjakul, S., Prodpran, T., Sumpavapol, P. & Songtipya, P. (2014). Properties and antimicrobial activity of fish protein isolate/fish skin gelatin film containing basil leaf essential oil and zinc oxide nanoparticles. *Food Hydrocolloids*, 41, 265-273. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.04.023>
- Arham, R., Mulyati, M., Metusalaç, M. & Salengke, S. (2016). Physical and mechanical properties of agar based edible film with glycerol plasticizer. *International Food Research Journal*, 23(4), 1669-1675.
- Arvanitoyannis, I., Biliaderis, CG., Ogawa, H. & Kawasaki, N. (1998). Biodegradable films made from low-density polyethylene (LDPE), rice starch and potato starch for food packaging applications: Part 1. *Carbohydrate Polymers*, 36(2), 89-104. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(98\)00016-2](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(98)00016-2)
- ASTM. 1981. Standart test methods for water vapor transmission of materials, Method E96-80, Philadelphia, American Society for Testing and Materials.
- Atarés, L. & Chiralt, A. (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.12.001>
- Aydın, G. & Zorlu, EB. (2022). Characterisation and Antibacterial Properties of Novel Biodegradable Films Based on Alginate and Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Extract. *Waste and Biomass Valorization*, 13(6), 2991-3002. <https://doi.org/10.1007/s12649-022-01710-3>
- Aydinli, M. & Tutas, M. (2000). Water Sorption and Water Vapour Permeability Properties of Polysaccharide (Locust Bean Gum) Based Edible Films. *LWT - Food Science and Technology*, 33(1), 63-67. <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0617>
- Azhdari, S. & 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.04.185>

- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Batu, A., Kaya, C., Çatak, J. & Şahin, C. (2007). Pestil üretim tekniği. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 71-81.
- Bayraktar, A., Yildirim, N., Atar, F. & Turna, İ. (2018). Effects of some auxins on propagation by hardwood cutting of Autumn Olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.). *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 5(2), 112-116. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.401438>
- Baysal, T. & İçier, F. (2020). *Gıda Mühendisliğinde Isıl Olmayan Güncel Teknikler*, Nobel Akademik Yayıncılık.
- Benli, M. & Yiğit Kayhan, N. (2023). Ülkemizde Yaygın Kullanımı Olan Kekik (*Thymus vulgaris*) Bitkisinin Antimikrobiyal Aktivitesi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 3(8), 1-8.
- Bermúdez-Aguirre, D. & Barbosa-Cánovas, GV. (2010). Processing of Soft Hispanic Cheese (“Queso Fresco”) Using Thermo-Sonicated Milk: A Study of Physicochemical Characteristics and Storage Life. *Journal of Food Science*, 75(9), S548-S558. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01850.x>
- Berti, S., Ollé Resa, CP., Basanta, F., Gerschenson, LN. & Jagus, R. J. (2019). Edible coatings on Gouda cheese as a barrier against external contamination during ripening. *Food Bioscience*, 31, 100447. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100447>
- Beyan, SM., Amibo, TA. & Sundramurthy, VP. (2022). Development of anchote (*Coccinia abyssinica*) starch-based edible film: Response surface modeling and interactive analysis of composition for water vapor permeability. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(3), 2259-2272. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01338-w>
- Bhatia, S., Al-Harrasi, A., Al-Azri, MS., Ullah, S., Bekhit, AE.-DA., Pratap-Singh, A., Chatli, MK., Anwer, MK. & Aldawsari, MF. (2022). Preparation and Physiochemical Characterization of Bitter Orange Oil Loaded Sodium Alginate and Casein Based Edible Films. *Polymers*, 14(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/polym14183855>
- Bhatia, S., Al-Harrasi, A., Shah, YA., Jawad, M., Al-Azri, MS., Ullah, S., Anwer, MK., Aldawsari, MF., Koca, E. & Aydemir, LY. (2023). The Effect of Sage (*Salvia sclarea*) Essential Oil on the Physiochemical and Antioxidant Properties of Sodium Alginate and Casein-Based Composite Edible Films. *Gels*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/gels9030233>
- Bierhalz, ACK., Silva, MA. & Kieckbusch, TG. (2012). Natamycin release from alginate/pectin films for food packaging applications. *Journal of Food Engineering*, 110(1), 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.12.016>
- Bonilla, J. & Sobral, PJA. (2019). Gelatin-chitosan edible film activated with Boldo extract for improving microbiological and antioxidant stability of sliced Prato

- cheese. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(5), 1617-1624. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14032>
- Bonilla, J., Atarés, L., Vargas, M. & Chiralt, A. (2012). Effect of essential oils and homogenization conditions on properties of chitosan-based films. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.03.015>
- Bourbon, AI., Pinheiro, AC., Cerqueira, MA., Rocha, CMR., Avides, MC., Quintas, MAC. & Vicente, AA. (2011). Physico-chemical characterization of chitosan-based edible films incorporating bioactive compounds of different molecular weight. *Journal of Food Engineering*, 106(2), 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.024>
- Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: Characteristics and properties. *International food research journal*, 15(3), 237-248.
- Bozkurt, S., Altay, Ö., Koç, M. & Ertekin, F. K. (2023). Gıda Sistemlerinde Yenilebilir Filmler ve Kaplamalar. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(1), 1-9. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i1.1-9.5196>
- Brimer, L. (2011). Chemical Food Safety. CABI.
- Burin, VM., Ferreira-Lima, NE., Panceri, CP. & Bordignon-Luiz, MT. (2014). Bioactive compounds and antioxidant activity of Vitis vinifera and Vitis labrusca grapes: Evaluation of different extraction methods. *Microchemical Journal*, 114, 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2013.12.014>
- Bütikofer, U., Rüegg, M. & Ardö, Y. (1993). Determination of Nitrogen Fractions in Cheese: Evaluation of a Collaborative Study. *LWT - Food Science and Technology*, 26(3), 271-275. <https://doi.org/10.1006/fstl.1993.1056>
- Çağrı Mehmetoğlu, A. (2010). Yenilebilir Filmlerin ve Kaplamaların Özelliklerini Etkileyen Faktörler. *Akademik Gıda*, 8(5), 37-43.
- Callegarin, F., Quezada Gallo, J.-A., Debeaufort, F. & Voilley, A. (1997). Lipids and biopackaging. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(10), 1183-1192. <https://doi.org/10.1007/s11746-997-0044-x>
- Calva-Estrada, SJ., Jiménez-Fernández, M. & Lugo-Cervantes, E. (2019). Protein-Based Films: Advances in the Development of Biomaterials Applicable to Food Packaging. *Food Engineering Reviews*, 11(2), 78-92. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09189-w>
- Campos, CA., Gerschenson, LN. & Flores, SK. (2011). Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. *Food and Bioprocess Technology*, 4(6), 849-875. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0434-1>
- Candan, T. & Bağdatlı, A. (2018). Gıda Ürünlerinde Yenilebilir Film ve Kaplama Uygulamaları. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 645-655. <https://doi.org/10.31202/ecjse.403811>
- Caner, C. & Küçük, M. (2004). Yenilebilir Film ve Kaplamalar: Gıdalara Uygulanabilirliği. *Akademik Gıda*, 2(2), 30-35.

- Cao, L., Liu, W. & Wang, L. (2018). Developing a green and edible film from Cassia gum: The effects of glycerol and sorbitol. *Journal of Cleaner Production*, 175, 276-282. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.064>
- Carpiné, D., Dagostin, JLA., Bertan, LC. & Mafra, MR. (2015). Development and Characterization of Soy Protein Isolate Emulsion-Based Edible Films with Added Coconut Oil for Olive Oil Packaging: Barrier, Mechanical, and Thermal Properties. *Food and Bioprocess Technology*, 8(8), 1811-1823. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1538-4>
- Ceylan, HG. & Atasoy, AF. (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.
- Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L. & Del Nobile, MA. (2008). Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties. *Journal of Food Engineering*, 88(2), 159-168. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.002>
- Chodijah, S., Husaini, A., Zaman, M. & Hilwatulisan. (2019). Extraction of Pectin from Banana Peels (*Musa Paradisiaca* Fomatypica) for Biodegradable Plastic Films. *Journal of Physics: Conference Series*, 1167(1), 012061. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1167/1/012061>
- Coşkun, F. (2006). Gıdalarda Bulunan Doğal Koruyucular. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2) 27-33.
- Dalhoff, AAH. & Levy, SB. (2015). Does use of the polyene natamycin as a food preservative jeopardise the clinical efficacy of amphotericin B? A word of concern. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 45(6), 564-567. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2015.02.011>
- Dangaran, K., Tomasula, PM. & Qi, P. (2009). Structure and Function of Protein-Based Edible Films and Coatings. *Edible Films and Coatings for Food Applications*, 25-56. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_2
- Dashipour, A., Khaksar, R., Hosseini, H., Shojaee-Aliabadi, S. & Ghanati, K. (2014). Physical, Antioxidant and Antimicrobial Characteristics of Carboxymethyl Cellulose Edible Film Cooperated with Clove Essential Oil. *Zahedan Journal of research in medical Sciences*, 16(8).
- Davidson, P. M. & Doan, C. (2020). Natamycin. *Antimicrobials in Food* (4. bs). CRC Press.
- Demircan, B. & Özdestan Ocak, Ö. (2019). Gıda Katkı Maddelerinin Yenilebilir Film ve Kaplamalar Kullanılarak Taşınmasının Günümüzde ve Gelecekteki Uygulama Potansiyeli. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 130-150. <https://doi.org/10.33484/sinopfbd.524412>
- Demirkol, M. (2016). Kokulu kara üzüm (*Vitis Labrusca L.*) posası katkili yoğurtların depolama süresince bazı fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.

- Dhall, RK. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(5), 435-450.
- Dhumal, CV. & Sarkar, P. (2018). Composite edible films and coatings from food-grade biopolymers. *Journal of Food Science and Technology*, 55(11), 4369-4383. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3402-9>
- Dick, M., Costa, TMH., Gomaa, A., Subirade, M., de Olivera Rios, A. & Flôres, SH. (2015). Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. *Carbohydrate Polymers*, 130, 198-205. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.05.040>
- Doğan, N., Doğan, C., Eticha, AK., 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109081>
- Dursun, S. & Erkan, N. (2009). The use of edible protein films in seafood. *Journal of Fisheries Sciences*, 3(4), 352-373. <https://doi.org/10.3153/jfscom.2009040>
- Elsabee, MZ. & Abdou, ES. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 33(4), 1819-1841. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.01.010>
- Emiroğlu, ZK., Yemiş, GP., Coşkun, BK. & Candoğan, K. (2010). Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat Science*, 86(2), 283-288. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.016>
- Erbil, D. (2020). Endüstriyel ve geleneksel yöntemlerle üretilmiş farklı pekmez çeşitlerinin bazı fizikokimyasal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erkaya Kotan, T., Şengül, M. & Dağdemir, E. (2017). Kaşar peyniri üretiminde yenilebilir kaplama olarak ayva çekirdeği jelinin kullanımı ve peynirlerin olgunlaşma süresince bazı kalite özelliklerinin araştırılması, TÜBİTAK 115O886 nolu Proje Kesin Raporu, Erzurum.
- Ertürk, R., Çelik, C., Kaygusuz, R. & Aydın, H. (2010). Ticari olarak satılan kekik ve nane uçucu yağlarının antimikrobiyal aktiviteleri. *Cumhuriyet Medical Journal*. 32(4), 281-286.
- Espitia, PJP., Avena-Bustillos, RJ., Du, W.-X., Chiou, B.-S., Williams, TG., Wood, D., McHugh, TH. & Soares, NFF. (2014). Physical and Antibacterial Properties of Açai Edible Films Formulated with Thyme Essential Oil and Apple Skin Polyphenols. *Journal of Food Science*, 79(5), M903-M910. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12432>
- Fajardo, P., Martins, JT., Fuciños, C., Pastrana, L., Teixeira, JA. & Vicente, AA. (2010). Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *Journal of Food Engineering*, 101(4), 349-356. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.06.029>

- Fonseca, L.M., Radünz, M., Santos Hackbart, H.C., Silva, F.T., Camargo, T.M., Bruni, G.P., Monks, J.L., Rosa Zavareze, E. & Dias, A.R. (2020). Electrospun potato starch nanofibers for thyme essential oil encapsulation: Antioxidant activity and thermal resistance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(11), 4263-4271. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10468>
- Fordham, I.M., Clevidence, B.A., Wiley, E.R., & Zimmerman, R.H. (2001). Fruit of Autumn Olive: A Rich Source of Lycopene. *HortScience*, 36(6), 1136-1137. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.36.6.1136>
- Galus, S. & Lenart, A. (2013). Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 459-465. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.006>
- Garavaglia, J., Markoski, M.M., Oliveira, A. & Marcadenti, A. (2016). Grape Seed Oil Compounds: Biological and Chemical Actions for Health. *Nutrition and Metabolic Insights*, 9, NMI.S32910. <https://doi.org/10.4137/NMI.S32910>
- Gennadios, A. (2002). Protein-Based Films and Coatings. CRC Press.
- Ghani, S., Barzegar, H., Noshad, M. & Hojjati, M. (2018). The preparation, characterization and in vitro application evaluation of soluble soybean polysaccharide films incorporated with cinnamon essential oil nanoemulsions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 112, 197-202. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.145>
- Ghasemlou, M., Aliheidari, N., Fahmi, R., Shojaee-Aliabadi, S., Keshavarz, B., Cran, M.J. & Khaksar, R. (2013). Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. *Carbohydrate Polymers*, 98(1), 1117-1126. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.07.026>
- Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C. & Montero, P. (2010). Biodegradable gelatin–chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food Microbiology*, 27(7), 889-896. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.012>
- Güçbilmez, Ç.M. (2014). Bazı esansiyel yağlarla antifungal yenilebilir zein filmi geliştirilmesi ve kase margarine uygulanması. Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Guillard, V., Broyart, B. & Bonazzi, C. (2006). Preventing Moisture Transfer in a Composite Food Using Edible Films: Experimental and Mathematical Study. *Journal of Food Science*, 68(7), 2267-2277. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2003.tb05758.x>
- Gurdian, C., Chouljenko, A., Solval, K.M., Boeneke, C., King, J.M. & Sathivel, S. (2017). Application of Edible Films Containing Oregano (*Origanum vulgare*) Essential Oil on Queso Blanco Cheese Prepared with Flaxseed (*Linum usitatissimum*) Oil. *Journal of Food Science*, 82(6), 1395-1401. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13733>
- György, É., Laslo, É. & Salamon, B. (2023). Antimicrobial impacts of selected Lamiaceae plants on bacteria isolated from vegetables and their application in

- edible films. *Food Bioscience*, 51, 102280. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102280>
- Haghighi, H., Biard, S., Bigi, F., De Leo, R., Bedin, E., Pfeifer, F., Siesler, HW., Licciardello, F. & Pulvirenti, A. (2019). Comprehensive characterization of active chitosan-gelatin blend films enriched with different essential oils. *Food Hydrocolloids*, 95, 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.04.019>
- Hashemi, SMB. & Mousavi Khaneghah, A. (2017). Characterization of novel basil-seed gum active edible films and coatings containing oregano essential oil. *Progress in Organic Coatings*, 110, 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2017.04.041>
- Hassan, B., Chatha, SAS., Hussain, AI., Zia, KM. & Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1095-1107. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>
- Hayaloğlu, A.A. & Özer, B. 2011. Peynir Biliminin Temelleri. İzmir, 643s.
- Hazaa, NH. & Jassim, MA. (2021). Studying the Effect of Fortifying Edible Films Used to Coat Soft Cheese with Extracts of Thyme and Green Tea on the Chemical Properties of Soft Cheese. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 21(3), 1-10. <https://doi.org/10.25130/tjas.21.3.1>
- Homez-Jara, A., Daza, LD., Aguirre, DM., Muñoz, JA., Solanilla, JF. & Váquiro, H. A. (2018). Characterization of chitosan edible films obtained with various polymer concentrations and drying temperatures. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 1233-1240. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.03.057>
- Idrovo Encalada, AM., De'Nobili, MD., Ponce, ANM., Stortz, CA., Fissore, EN. & Rojas, AM. (2021). Antioxidant edible film based on a carrot pectin-enriched fraction as an active packaging of a vegan cashew ripened cheese. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(8), 3691-3702. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14988>
- İlgüz, Ö. (2019). Evaluation of the use of niaouli volatile oil incorporated edible films as active food packaging for Kashar cheese. Master's Thesis, İstanbul Technical University, Department of Food Engineering, İstanbul.
- İnanlı, AG. & Kuzgun, NK. (2012). Uçucu Yağlarla Zenginleştirilmiş Kitosan Filmlerin Antimikrobiyal Aktivitesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7, 28-3.
- İncili, GK., Alan, S., Mutlu, M., Aydemir, ME. & Öksüztepe, G. (2019). Elazığ'da satılan Hellim peynirlerinin mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 8(2), 139-146.
- Ishlak, A., Günal, M. & AbuGhazaleh, AA. (2015). The effects of cinnamaldehyde, monensin and quebracho condensed tannin on rumen fermentation, biohydrogenation and bacteria in continuous culture system. *Animal Feed Science and Technology*, 207, 31-40. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.023>

- Jalilzadeh, A., Hesari, J., Peighambaroust, SH. & Javidipour, I. (2020). The effect of whey protein-based edible coating containing natamycin and lysozyme-xanthan gum conjugate on the shelf life of ultrafiltrated white cheese. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 3(2). <https://doi.org/10.22059/jfabe.2020.306083.1068>
- Joardder, MUH., Karim, MA. & Kumar, C. (2013). Better Understanding of Food Material on the Basis of Water Distribution Using Thermogravimetric Analysis. n Proceedings of the International Conference on Mechanical, Industrial and Materials Engineering (ICMIME2013) (pp. 787-792). Rajshahi University of Engineering and Technology (RUET).
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105914>
- Jost, V., Kobsik, K., Schmid, M. & Noller, K. (2014). Influence of plasticiser on the barrier, mechanical and grease resistance properties of alginate cast films. *Carbohydrate Polymers*, 110, 309-319. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.03.096>
- Jouki, M., Yazdi, FT., Mortazavi, SA. & Koocheki, A. (2014). Quince seed mucilage films incorporated with oregano essential oil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. *Food Hydrocolloids*, 36, 9-19. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.08.030>
- Jridi, M., Abdelhedi, O., Salem, A., Kechaou, H., Nasri, M. & Menchari, Y. (2020). Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of fish gelatin-based edible films enriched with orange peel pectin: Wrapping application. *Food Hydrocolloids*, 103, 105688. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105688>
- Ju, J., Wang, C. & Qiao, Y. (2017). Effects of Tea Polyphenol Combined with Nisin on the Quality of Weever (*Lateolabrax japonicus*) in the Initial Stage of Fresh-Frozen or Chilled Storage State: *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(5).
- Ju, J., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, H. & Yao, W. (2018). Application of edible coating with essential oil in food preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(15), 2467-2480. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1456402>
- Kahraman, O. & Ustunol, Z. (2012). Effect of zinc fortification on Cheddar cheese quality. *Journal of Dairy Science*, 95(6), 2840-2847. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4945>
- Karagöz, Ş. & Demirdöven, A. (2020). Sodyum Aljinat Kaplama Uygulamalarının Az İşlem Görmüş Elma Kalitesine Etkileri. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 296-310. <https://doi.org/10.46592/turkager.2020.v01i02.007>
- Kaur, C. & Kapoor, H. C. (2008). Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. *International journal of food science & technology* 36.7

(2001, 703-725. <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2001.00513.x>

- Kavas, G. & Kavas, N. (2014). The effects of mint (*Mentha spicata*) essential oil fortified edible films on the physical, chemical and microbiological characteristics of lor cheese. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 12, 40-45.
- Kavas, G., Kavas, N. & Saygili, D. (2015). The Effects of Thyme and Clove Essential Oil Fortified Edible Films on the Physical, Chemical and Microbiological Characteristics of Kashar Cheese. *Journal of Food Quality*, 38(6), 405-412. <https://doi.org/10.1111/jfq.12157>
- Kavas, N. & Kavas, G. (2017). Use of Turmeric (*Curcuma longa* L.) Essential Oil Added to an Egg White Protein Powder-Based Film in the Storage of Çökelek Cheese. *Journal of Food Chemistry & Nanotechnology*, 03(03). <https://doi.org/10.17756/jfcn.2017-045>
- 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. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1109001>
- Kaya, A. & Belibağlı, KB. (2002). Rheology of solid Gaziantep Pekmez. *Journal of Food Engineering*, 54(3), 221-226. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00205-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00205-9)
- Kaya, S. & Kaya, A. (2000). Microwave drying effects on properties of whey protein isolate edible films. *Journal of Food Engineering*, 43(2), 91-96. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00136-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00136-3)
- Khairunnisa, S. (2018). The effect of glycerol concentration as a plasticizer on edible films made from alginate towards its physical characteristic. *World Scientific News*, 112, 130-141.
- Kilinç, B., Yalçın, HT. & Sürengil, G. (2018). Meyve Kabuklarının Antimikrobiyal Özellikleri ile Yenilebilir Film Üretiminde Kullanım Potansiyelinin Belirlenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 144-157.
- Kim, S. A. & Rhee, M. S. (2016). Highly enhanced bactericidal effects of medium chain fatty acids (caprylic, capric, and lauric acid) combined with edible plant essential oils (carvacrol, eugenol, β -resorcylic acid, trans-cinnamaldehyde, thymol, and vanillin) against *Escherichia coli* O157:H7. *Food Control*, 60, 447-454. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.022>
- Kirci, N. B. (2020). Evaluation Of Edible Films With Palmarosa Oil As Active Food Packaging For Kashar Cheese. Master's Thesis, İstanbul Technical University, Department of Food Engineering, İstanbul.
- Kong, I., Degraeve, P. & Pui, LP. (2022). Polysaccharide-Based Edible Films Incorporated with Essential Oil Nanoemulsions: Physico-Chemical, Mechanical Properties and Its Application in Food Preservation—A Review. *Foods*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/foods11040555>

- Kopacic, S., Walzl, A., Zankel, A., Leitner, E. & Bauer, W. (2018). Alginate and Chitosan as a Functional Barrier for Paper-Based Packaging Materials. *Coatings*, 8(7), 235. <https://doi.org/10.3390/coatings8070235>
- Kordali, S., Cakir, A., Ozer, H., Cakmakci, R., Kesdek, M. & Mete, E. (2008). Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. *Bioresource Technology*, 99(18), 8788-8795. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.04.048>
- Kouser, F., Kumar, S., Bhat, HF., Hassoun, A., Bekhit, AE.-DA. & Bhat, ZF. (2023a). Aloe barbadensis Based Bioactive Edible Film Improved Lipid Stability and Microbial Quality of the Cheese. *Foods*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/foods12020229>
- Kouser, F., Kumar, S., Bhat, HF., Noor, S., Manzoor, M., Dar, BN., Hassoun, A., Aït-Kaddour, A., Shabbir, MA., Aadil, RM. & Bhat, ZF. (2023b). Effectiveness of Terminalia bellerica based bioactive edible film in controlling the microbial growth and lipid oxidation of cheese during storage. *Food Chemistry Advances*, 2, 100213. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100213>
- Krochta, JM. & DeMulder-Johnston, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities, *Food Technology*, 51 (2), 61-74.
- Kuan, YL., Sivanasvaran, SN., Pui, LP., Yusof, YA. & Senphan, T. (2020). Physicochemical Properties of Sodium Alginate Edible Film Incorporated with Mulberry (*Morus australis*) Leaf Extract. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 43(3).
- Lacroix, M. & Le Tien, C. (2005). Edible films and coatings from nonstarch polysaccharides. *Innovations in Food Packaging* (ss. 338-361). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50052-8>
- Lin, D., Zheng, Y., Wang, X., Huang, Y., Ni, L., Chen, X., Wu, Z., Huang, C., Yi, Q., Li, J., Qin, W., Zhang, Q., Chen, H. & Wu, D. (2020). Study on physicochemical properties, antioxidant and antimicrobial activity of okara soluble dietary fiber/sodium carboxymethyl cellulose/thyme essential oil active edible composite films incorporated with pectin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 1241-1249. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.005>
- Liu, C., Huang, J., Zheng, X., Liu, S., Lu, K., Tang, K. & Liu, J. (2020). Heat sealable soluble soybean polysaccharide/gelatin blend edible films for food packaging applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100485. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100485>
- Liu, Z., Lin, D., Shen, R., Zhang, R., Liu, L. & Yang, X. (2021). Konjac glucomannan-based edible films loaded with thyme essential oil: Physical properties and antioxidant-antibacterial activities. *Food Packaging and Shelf Life*, 29, 100700. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100700>
- Mahcene, Z., Khelil, A., Hasni, S., Akman, PK., Bozkurt, F., Birech, K., Goudjil, MB. & Tornuk, F. (2020). Development and characterization of sodium

- alginate based active edible films incorporated with essential oils of some medicinal plants. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145, 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.093>
- Mahcene, Z., Khelil, A., Hasni, S., Bozkurt, F., Goudjil, MB. & Tornuk, F. (2021). Home-made cheese preservation using sodium alginate based on edible film incorporating essential oils. *Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 2406-2419. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04753-3>
- McHugh, TH. (2000). Protein-lipid interactions in edible films and coatings. *Food/Nahrung*, 44(3), 148-151.
- Meena, M., Prajapati, P., Ravichandran, C. & Sehwat, R. (2021). Natamycin: A natural preservative for food applications—a review. *Food Science and Biotechnology*, 30(12), 1481-1496. <https://doi.org/10.1007/s10068-021-00981-1>
- Mezhoudi, M., Salem, A., Abdelhedi, O., Fakhfakh, N., Debeaufort, F., Jridi, M. & Zouari, N. (2022). Edible films from triggerfish gelatin and Moringa oleifera extract: Physical properties and application in wrapping ricotta cheese. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5), 3987-3997. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01472-5>
- Mirsharifi, SM., Sami, M., Jazaeri, M. & Rezaei, A. (2023). Production, characterization, and antimicrobial activity of almond gum/polyvinyl alcohol/chitosan composite films containing thyme essential oil nanoemulsion for extending the shelf-life of chicken breast fillets. *International Journal of Biological Macromolecules*, 227, 405-415. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.12.183>
- Mo, X., Peng, X., Liang, X., Fang, S., Xie, H., Chen, J. & Meng, Y. (2021). Development of antifungal gelatin-based nanocomposite films functionalized with natamycin-loaded zein/casein nanoparticles. *Food Hydrocolloids*, 113, 106506. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106506>
- Molina-Hernández, JB., Echeverri Castro, A., Martinez-Correa, HA. & Andrade-Mahecha, MM. (2020). Edible coating based on achira starch containing garlic/oregano oils to extend the shelf life of double cream cheese. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1), 9099-9108. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.75234>
- Muñoz-Tébar, N., Carmona, M., Ortiz de Elguea-Culebras, G., Molina, A. & Berruga, MI. (2022). Chia Seed Mucilage Edible Films with Origanum vulgare and Satureja montana Essential Oils: Characterization and Antifungal Properties. *Membranes*, 12(2), 213. <https://doi.org/10.3390/membranes12020213>
- Mutlu Ingok, A., Catalkaya, G., Capanoglu, E. & Karbancioglu-Guler, F. (2021). Antioxidant and antimicrobial activities of fennel, ginger, oregano and thyme essential oils. *Food Frontiers*, 2(4), 508-518. <https://doi.org/10.1002/fft2.77>
- Norajit, K., Kim, KM. & Ryu, GH. (2010). Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films

- containing ginseng extract. *Journal of Food Engineering*, 98(3), 377-384. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.015>
- Nottagh, S., Hesari, J., Peighambaroust, SH., 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. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00378-w>
- Nuthong, P., Benjakul, S. & Prodpran, T. (2009). Effect of some factors and pretreatment on the properties of porcine plasma protein-based films. *LWT - Food Science and Technology*, 42(9), 1545-1552. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.003>
- Öcal, BL. (2007). Poli(Vinil Alkol)-Kalsiyum Aljinat, Poli(N-İzopropilakrilamit)-Kalsiyum Aljinat Kürelerine B-Galaktosidaz İmmobilizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Odabaş, Hİ. & Koca, I. (2016). Application of response surface methodology for optimizing the recovery of phenolic compounds from hazelnut skin using different extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 91, 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.033>
- Oğuzhan Yıldız, P. & Yangılar, F. (2016). Yenilebilir Film ve Kaplamaların Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1). <https://doi.org/10.17798/beufen.65308>
- Othman, F., Idris, SN., Ahmad Nasir, NAH. & Nawawi, M. A. (2022). Preparation and Characterization of Sodium Alginate-Based Edible Film with Antibacterial Additive using Lemongrass Oil. *Sains Malaysiana*, 51(2), 485-494. <https://doi.org/10.17576/jsm-2022-5102-13>
- Özmert Ergin, S. (2015). Kiraz ve Kayısı Ağacı Reçinelerinin Yenilebilir Film Özelliklerinin İncelenmesi ve Gıda Kaplamasında Kullanımları. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Öztürk, U., Gürbüz, Ü. & Çalım, HD. (2006). Besinlerin Muhafazasında Bazı Doğal Antimikrobiyal Sistemlerin Rolü ve Önemi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, Bolu.
- Pavlati AE. & Orts, W. (2009). Edible Films and Coatings for Food Applications (1st ed.) Edible Films and Coatings: Why, What, and How? Springer New York, 1-23, New York, NY.
- Pires, C., Ramos, C., Teixeira, B., Batista, I., Nunes, ML. & Marques, A. (2013). Hake proteins edible films incorporated with essential oils: Physical, mechanical, antioxidant and antibacterial properties. *Food Hydrocolloids*, 30(1), 224-231. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.05.019>
- Pluta-Kubica, A., Jamróz, E., Kawecka, A., Juszczak, L. & Krzyściak, P. (2020). Active edible furcellaran/whey protein films with yerba mate and white tea extracts: Preparation, characterization and its application to fresh soft rennet-curd cheese. *International Journal of Biological Macromolecules*, 155, 1307-1316. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.102>

- 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. <https://doi.org/10.3390/molecules27217298>
- Polat, H. (2007). İşlenmiş et ürünlerinde yenilebilir filmlerin ve kaplamaların uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Pop, OL., Pop, CR., Dufrechou, M., Vodnar, DC., Socaci, SA., Dulf, FV., Minervini, F. & Suharoschi, R. (2020). Edible Films and Coatings Functionalization by Probiotic Incorporation: A Review. *Polymers*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/polym12010012>
- Prakash Maran, J., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K. & Kandasamy, S. (2013). Modeling and analysis of film composition on mechanical properties of maize starch based edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 62, 565-573. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.09.027>
- Pranoto, Y., Salokhe, VM. & Rakshit, SK. (2005). Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International*, 38(3), 267-272. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.04.009>
- Praseptiangga, D., Ferichani, IP. & Mufida, N. (2022). Development and Characterization of Bioactive Edible Films Based on Semi-Refined Kappa Carrageenan Incorporated with Honey and Kaempferia galanga L. Essential Oil. *Trends in Sciences*, 19(17), Article 17. <https://doi.org/10.48048/tis.2022.5761>
- Qiao, X., Tang, Z. & Sun, K. (2011). Plasticization of corn starch by polyol mixtures. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 659-664. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.08.035>
- Raafat, D. & Sahl, H.-G. (2009). Chitosan and its antimicrobial potential – a critical literature survey. *Microbial Biotechnology*, 2(2), 186-201. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2008.00080.x>
- Radha krishnan, K., Babuskin, S., Rakhavan, KR., Tharavin, R., Azhagu Saravana Babu, P., Sivarajan, M. & Sukumar, M. (2015). Potential application of corn starch edible films with spice essential oils for the shelf life extension of red meat. *Journal of Applied Microbiology*, 119(6), 1613-1623. <https://doi.org/10.1111/jam.12932>
- Rahmani, B., Hosseini, H., Khani, M., Farhoodi, M., Honarvar, Z., Feizollahi, E., Shokri, B. & Shojaee-Aliabadi, S. (2017). Development and characterisation of chitosan or alginate-coated low density polyethylene films containing *Satureja hortensis* extract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 121-130. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.002>
- Ramos, M., Valdés, A., Beltrán, A. & Garrigós, M. (2016). Gelatin-Based Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Coatings*, 6(4), 41. <https://doi.org/10.3390/coatings6040041>

- Rangel-Marrón, M., Montalvo-Paquini, C., Palou, E. & López-Malo, A. (2014). Physical and mechanical properties of alginate edible films formulated with a two level experimental design. *International Journal of Biology and Biomedical Engineering*, 8, 89-97.
- Restrepo, AE., Rojas, JD., García, OR., Sánchez, LT., Pinzón, MI. & Villa, CC. (2018). Mechanical, barrier, and color properties of banana starch edible films incorporated with nanoemulsions of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils. *Food Science and Technology International*, 24(8), 705-712. <https://doi.org/10.1177/1082013218792133>
- Rezaei, M., Alizadeh Khaledabad, M., Moghaddas Kia, E. & Ghasempour, Z. (2020). Optimization of grape juice deacidification using mixture of adsorbents: A case study of Pekmez. *Food Science & Nutrition*, 8(6), 2864-2874. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1586>
- Rhim, J.-W. (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *LWT - Food Science and Technology*, 37(3), 323-330. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.09.008>
- Ribeiro, AM., Estevinho, BN. & Rocha, F. (2021). Preparation and Incorporation of Functional Ingredients in Edible Films and Coatings. *Food and Bioprocess Technology*, 14(2), 209-231. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02528-4>
- Ríos-de-Benito, LF., Escamilla-García, M., García-Almendárez, B., Amaro-Reyes, A., Di Pierro, P. & Regalado-González, C. (2021). Design of an Active Edible Coating Based on Sodium Caseinate, Chitosan and Oregano Essential Oil Reinforced with Silica Particles and Its Application on Panela Cheese. *Coatings*, 11(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/coatings11101212>
- Rockenbach, II., Gonzaga, LV., Rizelio, VM., Gonçalves, AEDSS., Genovese, MI. & Fett, R. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) pomace from Brazilian winemaking. *Food Research International*, 44(4), 897-901. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.049>
- Rojas-Graü, MA., Avena-Bustillos, RJ., Friedman, M., Henika, PR., Martín-Belloso, O. & McHugh, TH. (2006). Mechanical, Barrier, and Antimicrobial Properties of Apple Puree Edible Films Containing Plant Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(24), 9262-9267. <https://doi.org/10.1021/jf061717u>
- Rojas-Graü, MA., Avena-Bustillos, RJ., Olsen, C., Friedman, M., Henika, PR., Martín-Belloso, O., Pan, Z. & McHugh, TH. (2007). Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films. *Journal of Food Engineering*, 81(3), 634-641. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.007>
- Romero, V., Borneo, R., Passalacqua, N. & Aguirre, A. (2016). Biodegradable films obtained from triticale (x Triticosecale Wittmack) flour activated with natamycin for cheese packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 10, 54-59. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.09.003>

- Roshandel-hesari, N., Mokaber-Esfahani, M., Taleghani, A. & Akbari, R. (2022). Investigation of physicochemical properties, antimicrobial and antioxidant activity of edible films based on chitosan/casein containing *Origanum vulgare* L. essential oil and its effect on quality maintenance of cherry tomato. *Food Chemistry*, 396, 133650. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133650>
- Ruiz-Navajas, Y., Viuda-Martos, M., Sendra, E., Perez-Alvarez, JA. & Fernández-López, J. (2013). In vitro antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with *Thymus moroderi* or *Thymus piperella* essential oils. *Food Control*, 30(2), 386-392. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.07.052>
- Saber El-Sisi, A., Gapr, AM. & Kamaly, KM. (2015). Use of Chitosan as an Edible Coating in RAS Cheese. *Bioline*, 3(2), 564-570. <https://doi.org/10.17812/blj2015.32.32>
- Sabir, MS., Ahmad, DS., Hussain, IM. & Tahir, KM. (2007). Antibacterial activity of *Elaeagnus umbellata* (Thunb.) a medicinal plant from Pakistan. *Saudi medical journal*, 28(2), 259.
- Şahin, S., Tarakçı, Z., İnal, M. & İslam, A. (2019). Güzyemiş İlaveli Ballı Dondurmanın Bazı Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri ile Antioksidan Aktivitesinin Araştırılması BAHÇE 48 (Özel Sayı 1: 6. Ulusal Üzümü Meyveler Sempozyumu): 39–43. ISSN 1300–8943 39
- Sahraee, S., Milani, JM., Regenstien, JM., & Kafil, HS. (2019). Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings: A review. *Food Bioscience*, 32, 100451. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100451>
- Salama, HE., Abdel Aziz, MS. & Sabaa, MW. (2018). Novel biodegradable and antibacterial edible films based on alginate and chitosan biguanidine hydrochloride. *International Journal of Biological Macromolecules*, 116, 443-450. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.04.183>
- Sanchez, LT., Pinzon, MI. & Villa, CC. (2022). Development of active edible films made from banana starch and curcumin-loaded nanoemulsions. *Food Chemistry*, 371, 131121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131121>
- Saravani, M., Ehsani, A., Aliakbarlu, J. & Ghasempour, Z. (2019). Gouda cheese spoilage prevention: Biodegradable coating induced by *Bunium persicum* essential oil and lactoperoxidase system. *Food Science & Nutrition*, 7(3), 959-968. <https://doi.org/10.1002/fsn3.888>
- Sarıcaoğlu, FT. (2018). Mekanik Olarak Ayrılmış Tavuk Eti Proteinlerinden Antioksidan Ve Antimikrobiyal Katkılı Yenilebilir Film Üretimi Ve Isıl İşlem Görmüş Sucuklarda Kullanımı. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Sarıkuş, G. (2006). Farklı Antimikrobiyal Maddeler İçeren Yenilebilir Film Üretimi Ve Kaşar Peynirinin Muhafazasında Mikrobiyal İnaktivasyona Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Sarioğlu, T. & Öner, Z. 2006. Yenilebilir filmlerin kaşar peynirinin kaplanması kullanıma olanakları ve peynir kalitesi üzerine etkileri, *Gıda Dergisi*, 31 (1), 3-10.
- Seow, YX, Yeo, CR., Chung, HL. & Yuk, HG. (2014). Plant Essential Oils as Active Antimicrobial Agents. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(5). <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2011.599504>
- Sharma, R. & Ghoshal, G. (2018). Emerging trends in food packaging. *Nutrition & Food Science*, 48(5), 764-779. <https://doi.org/10.1108/NFS-02-2018-0051>
- Shin, YJ., Song, HY., Seo, YB. & Song, KB. (2012). Preparation of red algae film containing grapefruit seed extract and application for the packaging of cheese and bacon. *Food Science and Biotechnology*, 21(1), 225-231. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0029-x>
- Silva, SPM., Teixeira, JA. & Silva, CCG. (2023). Prevention of Fungal Contamination in Semi-Hard Cheeses by Whey–Gelatin Film Incorporated with *Levilactobacillus brevis* SJC120. *Foods*, 12(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/foods12071396>
- Sinaga, LL., Rejekina, MS. & Sinaga, MS. (2013). Characteristics of Edible Films from Soy Bean Extract with Addition of Tapioca Flour and Glycerol as Food Packaging Materials. *Journal of Chemical Engineering at USU*, 2(4), 12-16
- Singh, P., Magalhães, S., Alves, L., Antunes, F., Miguel, M., Lindman, B. & Medronho, B. (2019). Cellulose-based edible films for probiotic entrapment. *Food Hydrocolloids*, 88, 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.057>
- Singh, TP., Chatli, MK. & Sahoo, J. (2015). Development of chitosan based edible films: Process optimization using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 2530-2543. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1318-6>
- Sirisha Nallan Chakravartula, S., Lourenço, RV., Balestra, F., Quinta Barbosa Bittante, AM., Sobral, PJA. & Dalla Rosa, M. (2020). Influence of pitanga (*Eugenia uniflora* L.) leaf extract and/or natamycin on properties of cassava starch/chitosan active films. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100498. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100498>
- Sivropoulou, A., Papanikolaou, E., Nikolaou, C., Kokkini, S., Lanaras, T. & Arsenakis, M. (1996). Antimicrobial and Cytotoxic Activities of Origanum Essential Oils (world). ACS Publications; American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/jf950540t>
- Söğüt, E. & Seydim, AC. (2020). The Effect Of Glycerol On The Formation Of Chitosan/Polycaprolactone And Chitosan/Cycloolefin Copolymer Bilayer Films. *Gıda*, 45(4), 763-773. <https://doi.org/10.15237/gida.GD20054>
- 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. <https://doi.org/10.3390/coatings8020080>

- Sothornvit, R. & Krochta, JM. (2000). Oxygen Permeability and Mechanical Properties of Films from Hydrolyzed Whey Protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9), 3913-3916. <https://doi.org/10.1021/jf000161m>
- Soyer, Y., Koca, N. & Karadeniz, F. (2003). Organic acid profile of Turkish white grapes and grape juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(5), 629-636. [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\)00065-6](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03)00065-6)
- Sukyai, P., Anongjanya, P., Bunyahwuthakul, N., Kongsin, K., Harnkarnsujarit, N., Sukatta, U., Sothornvit, R. & Chollakup, R. (2018). Effect of cellulose nanocrystals from sugarcane bagasse on whey protein isolate-based films. *Food Research International*, 107, 528-535. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.052>
- Surat, MS. (2015). Bazı Polimerler, Şeker Pancarı Küspesi ve Karışımlarının Termal Parçalanma Kinetiklerinin Termogravimetrik Analiz Cihazı Kullanılarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tanabe, T., Okitsu, N. & Yamauchi, K. (2004). Fabrication and characterization of chemically crosslinked keratin films. *Materials Science and Engineering: C*, 24(3), 441-446. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2003.11.004>
- Tapia, MS., Rojas-Graü, MA., Carmona, A., Rodríguez, FJ., Soliva-Fortuny, R. & Martín-Belloso, O. (2008). Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids*, 22(8), 1493-1503. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.10.004>
- Taşkın, G. (2006). Sodyum aljinat membranlara itakonik asit asılanması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H. & Masoudpour-Behabadi, M. (2016). Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 137, 360-374. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.074>
- Teixeira, B., Marques, A., Pires, C., Ramos, C., Batista, I., Saraiva, JA. & Nunes, ML. (2014). Characterization of fish protein films incorporated with essential oils of clove, garlic and origanum: Physical, antioxidant and antibacterial properties. *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 533-539. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.024>
- Thakur, R., Pristijono, P., Bowyer, M., Singh, SP., Scarlett, CJ., Stathopoulos, CE. & Vuong, QV. (2019). A starch edible surface coating delays banana fruit ripening. *LWT*, 100, 341-347. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.055>
- Tomar, O. & Akarca, G. (2019). Farklı Bitki Ekstraktlarıyla Kaplamanın Kaşar Peynirlerinin Mikrobiyolojik ve Duyusal Kaliteleri Üzerine Etkileri. *European Journal of Science and Technology*, 86-95. <https://doi.org/10.31590/ejosat.502693>

- Toroğlu, S. & Çenet, M. (2006). Tedavi Amaçlı Kullanılan Bazı Bitkilerin Kullanım Alanları ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi İçin Kullanılan Metotlar. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9: 12-20.
- Tumbariski, YD., Todorova, MM., Topuzova, MG., Georgieva, PI., Ganeva, ZA., Mihov, RB. & Yanakieva, VB. (2021). Antifungal Activity of Carboxymethyl Cellulose Edible Films Enriched with Propolis Extracts and Their Role in Improvement of the Storage Life of Kashkaval Cheese. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 9(2), 487-499. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.9.2.12>
- Tunç, MT., Akdoğan, A., Baltacı, C., Kaya, Z. & Odabaş, Hİ. (2022). Production of grape pekmez by Ohmic heating-assisted vacuum evaporation. *Food Science and Technology International*, 28(1), 72-84. <https://doi.org/10.1177/1082013221991616>
- Tural, S. (2016). Hamsi Atıklarından Antimikrobiyal Ve Antioksidan Katkili Yenilebilir Film Üretimi Ve Hamsi Filetolarında Kullanımı. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Tural, S. & Turhan, S. (2017). Antimicrobial And Antioxidant Properties Of Thyme (*Thymus Vulgaris* L.), Rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.) And Laurel (*Lauris Nobilis* L.) Essential Oils And Their Mixtures. *Gıda / The Journal Of Food*, 42, 588-596. <https://doi.org/10.15237/gida.GD17030>
- Tural, S., Sarıcaoğlu, FT. & Turhan, S. (2017). Yenilebilir Film ve Kaplamalar: Üretimleri, Uygulama Yöntemleri, Fonksiyonları ve Kaslı Gıdalarda Kullanımları. *Akademik Gıda*, 84-94. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.306077>
- Tural, S., Turhan, S. & Öz, F. (2020). Characterization and antioxidant capacity of anchovy by-product protein films enriched with rosemary and laurel essential oils. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(4), 379-387. <https://doi.org/10.12714/egejfas.37.4.09>
- Usta, T. (2022). Kokulu Kara Üzüm (*Vitis Labrusca* L.) Meyvesinin Farklı Tekniklerle Kurutularak Bisküvi Üretiminde Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ustunol, Z. (2009). Edible Films and Coatings for Meat and Poultry. *Edible Films and Coatings for Food Application*, 245-268. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_8
- Vahedikia, N., Garavand, F., Tajeddin, B., Cacciotti, I., Jafari, SM., Omid, T. & Zahedi, Z. (2019). Biodegradable zein film composites reinforced with chitosan nanoparticles and cinnamon essential oil: Physical, mechanical, structural and antimicrobial attributes. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 177, 25-32. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.01.045>
- Valenzuela, C., Abugoch, L. & Tapia, C. (2013). Quinoa protein–chitosan–sunflower oil edible film: Mechanical, barrier and structural properties. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 531-537. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.010>

- Vasiliauskaite, A., Mileriene, J., Songisepp, E., Rud, I., Muizniece-Brasava, S., Ciprovica, I., Axelsson, L., Lutter, L., Aleksandrovas, E., Tammsaar, E., Salomskiene, J., Serniene, L. & Malakauskas, M. (2022). Application of Edible Coating Based on Liquid Acid Whey Protein Concentrate with Indigenous *Lactobacillus helveticus* for Acid-Curd Cheese Quality Improvement. *Foods*, 11(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/foods11213353>
- Venkatachalam, K., Rakkapao, N. & Lekjing, S. (2023). Physicochemical and Antimicrobial Characterization of Chitosan and Native Glutinous Rice Starch-Based Composite Edible Films: Influence of Different Essential Oils Incorporation. *Membranes*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/membranes13020161>
- Vislocky, LM. & Fernandez, ML. (2010). Biomedical effects of grape products. *Nutrition Reviews*, 68(11), 656-670. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00335.x>
- Wang, A., Siddique, B., Wu, L., Ahmad, I. & Liu, X. (2020). Sodium alginate edible coating augmented with essential oils maintains fruits postharvest physiology during preservation: A review. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 7(8), 135-140.
- Wang, Q., Yu, H., Tian, B., Jiang, B., Xu, J., Li, D., Feng, Z. & Liu, C. (2019). Novel Edible Coating with Antioxidant and Antimicrobial Activities Based on Whey Protein Isolate Nanofibrils and Carvacrol and Its Application on Fresh-Cut Cheese. *Coatings*, 9(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/coatings9090583>
- Wang, XH., Song, XJ., Zhang, DJ., Li, ZJ. & Wang, HJ. (2022). Preparation and characterization of natamycin-incorporated agar film and its application on preservation of strawberries. *Food Packaging and Shelf Life*, 32, 100863. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100863>
- Yalçın, Ü., Andıç, 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*, 290-302. <https://doi.org/10.21597/jist.741326>
- Yangilar, 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. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.2.216>
- Yangilar, F. (2017). Effects of natamycin edible films fortified with essential oils on the safety and quality parameters of Kashar cheese, *Journal of Food Safety*, 37(2), e12306. <https://doi.org/10.1111/jfs.12306>
- Yangilar, F. & 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. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7348>

- Yıldırım, M., Güleç, 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. & Dağdemir, E. (2012). The effects of beeswax coating on quality of Kashar cheese during ripening. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(12), 2582-2589. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03137.x>
- Yılmaz, L. & Kurdal, E. (2005). Peynir muhafazasında kullanılan doğal bir antimikrobiyal: “Natamisin”. *Gıda*, 30(6).
- Yuan, Y., Wang, H., Fu, Y., Chang, C. & Wu, J. (2022). Sodium alginate/gum arabic/glycerol multicomponent edible films loaded with natamycin: Study on physicochemical, antibacterial, and sweet potatoes preservation properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 213, 1068-1077. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.040>
- Zhang, P., Zhao, Y. & Shi, Q. (2016). Characterization of a novel edible film based on gum ghatti: Effect of plasticizer type and concentration. *Carbohydrate Polymers*, 153, 345-355. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.07.082>
- Zheng, K., Xiao, S., Li, W., Wang, W., Chen, H., Yang, F. & Qin, C. (2019). Chitosan-acorn starch-eugenol edible film: Physico-chemical, barrier, antimicrobial, antioxidant and structural properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 344-352. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.151>
- Zhou, Y., Wu, X., Chen, J. & He, J. (2021). Effects of cinnamon essential oil on the physical, mechanical, structural and thermal properties of cassava starch-based edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 184, 574-583. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.06.067>



EKLER

EK 1: Meyve Suyu Ekstraktlarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	pH			Titrasyon Asitliği		L*		a*		b*	
	SD	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
MS	2	1.103	321.248**	0.215	172.000**	114.936	28975.416**	268.185	115763.424**	90.304	492568.364**
Hata	3	0.003	-	0.001	-	0.004	-	0.002	-	0.000183	-
Genel	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MS: Meyve suyu ekstraktları, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, *p<0.05 düzeyinde önemli , **p<0.01 düzeyinde önemli.

EK 2: Film Analizleri Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Nem		Kalınlık		L*		a*		b*	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
FÖ	2	6.909	2.908	0.002	7.469**	4.188	20.069**	26.973	1287.821**	79.094	2925.176**
GO	2	1.739	0.732	0.0000137	0.550	0.229	1.099	0.002	0.116	0.037	1.363
FÖ × GO	4	1.462	0.615	0.000029	0.114	0.300	1.437	0.014	0.655	0.062	2.278
Hata	18	2.376	-	0.000249	-	0.209	-	0.021	-	0.027	-
Genel	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Varyasyon Kaynakları	SD	Opaklık		Suda Çözünürlük		Su Buharı Geçirgenliği		Oksijen Geçirgenliği	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
FÖ	2	74.436	1022.780**	185.616	13.452**	0.000001	0.638	10.723	13.051**
GO	2	1.393	19.137**	3.820	0.277	0.000004	2.609	27.256	33.174**
FÖ × GO	4	0.597	8.209**	33.947	2.460	0.000001	0.726	2.575	3.134
Hata	18	0.073	-	13.799	-	0.000002	-	0.822	-
Genel	27	-	-	-	-	-	-	-	-

Varyasyon Kaynakları	SD	Gerilme		Kopma Uzaması	
		KO	F değeri	KO	F değeri
FÖ	2	30.468	26.730**	183.196	2.978
GO	2	0.200	0.175	222.392	3.616*
FÖ × GO	4	59.529	0.968	59.529	0.968
Hata	27	1.140	-	61.506	-
Genel	36	-	-	-	-

FÖ: Film örnekleri, GO: Gliserol oranı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, *p<0.05 düzeyinde önemli, **p<0.01 düzeyinde önemli.

EK 3: Antimikrobiyal Madde İçeren Film Analizleri Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Nem			Kalınlık		L^*		a^*		b^*		Opaklık	
	SD	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
FÖ	4	1.807	0.842	0.000024	0.086	0.312	28.677**	0.139	0.912	0.389	4.787	4.907	50.739**
Hata	5	2.146	-	0.000281	-	0.011	-	0.152	-	0.081	-	0.097	-
Genel	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Varyasyon Kaynakları	SD	Suda Çözünürlük		Su buharı geçirgenliği		Oksijen Geçirgenliği		%DPPH	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
FÖ	4	29.337	2.989	0.000023	5.494*	43.205	13.676**	119.397	460.085**
Hata	5	9.816	-	0.000004	-	3.159	-	0.260	-
Genel	10	-	-	-	-	-	-	-	-

Varyasyon Kaynakları	Gerilme			Kopma Uzaması			<i>S. auerus</i>			<i>Asp. flavus</i>		
	SD	KO	F değeri	KO	F değeri	SD	KO	F değeri	SD	KO	F değeri	
FÖ	4	7.423	3.121*	312.756	9.643**	3	328.798	1628.718**	1	14.823	8.178	
Hata	15	2.378	-	32.433	-	4	0.202	-	2	1.813	-	
Genel	20	-	-	-	-	8	-	-	4	-	-	

FÖ: Film örnekleri, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, *p<0.05 düzeyinde önemli, **p<0.01 düzeyinde önemli.

EK 4: Antimikrobiyal Madde İçeren Filmle Kaplı Peynir Analizleri Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kurumadde		Titrasyon asitliği		pH		Tuz		Olgunlaşma Derecesi		Su Aktivitesi	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
PÖ	6	5.848	25.672**	0.157	50.155**	0.088	16.763**	0.430	42.587**	39.882	38.810**	0.000064	20.526**
DS	4	6.114	26.843**	0.413	131.794**	0.047	8.981**	1.847	182.927**	200.671	195.277**	0.000297	95.806**
PÖ × DS	24	0.536	2.354*	0.039	12.610**	0.014	2.650**	0.095	9.409**	20.915	20.353**	0.000033	10.589**
Hata	35	0.228	-	0.003	-	0.005	-	0.010	-	1.028	-	0.000003	-
Genel	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Varyasyon Kaynakları	SD	L* değeri		L* (iç kesit) değeri		a* değeri		a* (iç kesit) değeri		b* değeri		b* (iç kesit) değeri	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
PÖ	6	296.078	396.595**	5.363	6.430**	277.703	3561.149**	0.871	24.807**	335.632	359.239**	7.867	10.188**
DS	4	250.022	334.903**	1.968	2.360	15.138	194.123**	0.488	13.896**	136.233	145.816**	7.078	9.166**
PÖ × DS	24	94.899	127.117**	1.162	1.393	10.341	132.606**	0.125	3.569**	79.600	85.199**	1.361	1.762
Hata	35	0.747	-	0.834	-	0.078	-	0.035	-	0.934	-	0.772	-
Genel	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Varyasyon Kaynakları	SD	TBARS		TMAB		Maya-Küf	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
PÖ	6	0.018	4.011**	2.898	144.815**	34.154	379.317**
DS	4	0.302	66.968**	9.276	463.508**	42.478	471.772**
PÖ × DS	24	0.019	4.106**	0.304	15.213**	4.060	45.092**
Hata	35	0.005	-	0.020	-	0.090	-
Genel	70	-	-	-	-	-	-

Varyasyon Kaynakları	SD	β -kazein		α_{s1} -kazein	
		KO	F değeri	KO	F değeri
PÖ	6	579.030	39.103**	1218.624	96.872**
DS	3	1513.673	102.222**	1209.984	96.185**
PÖ × DS	18	107.337	7.249***	13.512	1.074
Hata	28	14.808	-	12.580	-
Genel	56	-	-	-	-

EK 4: Antimikrobiyal Madde İçeren Filmle Kaplı Peynir Analizleri Varyans Analizi Sonuçları (Devamı)

Varyasyon Kaynakları	Renk-Görünüş			Doku		Tat-Aroma		Koku		Genel Kabul Edilebilirlik	
	SD	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
PÖ	6	2.082	12.232**	0.180	1.294	1.654	16.861**	0.604	3.392*	0.791	8.697**
DS	4	2.297	13.497**	1.664	11.950**	1.568	15.991**	1.592	8.936**	1.457	16.019**
PÖ × DS	24	1.224	7.193**	0.381	2.738**	0.922	9.397**	0.713	4.002**	0.619	6.801**
Hata	35	0.170	-	0.139	-	0.098	-	0.178	-	0.091	-
Genel	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PÖ: Peynir örnekleri, DS: Depolama süresi, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, *p<0.05 düzeyinde önemli, **p<0.01 düzeyinde önemli.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Serap ÖRÜNDÜ
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	T.C.
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Gıda Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	06.07.2012
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	08.01.2016
Doktora	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	-
Yayınlar	
Öründü, S., & Tarakçı, Z. (2021). Effects of different starter culture applications pre-and post-scalding on the biochemical and sensory properties of pasta filata type cheeses. <i>LWT</i> , 136, 110288.	