



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN  
ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YENİLEBİLİR FİLM İLE KAPLAMANIN  
KEKİN FONKSİYONEL, DUYUSAL VE  
MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE  
ETKİSİ

Esmâ Nur BULUT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül - 2021  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Esmâ Nur BULUT

Tarih: 21.09.2021

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### YENİLEBİLİR FİLM İLE KAPLAMANIN KEKİN FONKSİYONEL, DUYUSAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

**Esma Nur BULUT**

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ**

**2021, 102 Sayfa**

**Jüri**

**Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ**

**Prof. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU**

**Dr. Öğr. Üyesi Hale İnci ÖZTÜRK**

Yenilebilir film ve kaplamalar gıdayı neme, oksijene ve diğer gazlara karşı bariyer görevi görerek biyokimyasal ve mikrobiyal yüzey stabilitesi sağlamakta ve gıdayı kontaminasyona karşı korumakta, raf ömrünü uzatmakta ve kaliteyi artırmaktadır. Bu amaçların gerçekleştirilmesi için antimikrobiyal maddeler, antioksidanlar, besin ve pigmentler gibi aktif bileşenlere taşıyıcı olabilmektedir.

Çalışma kapsamında, jelatin ve HPMC olmak üzere iki farklı film oluşturucu madde içeren çözeltilere, yağlı ve yağsız olmak üzere, tarçın ve karanfilin toz ve ekstraktının ilave edilmesi ve sade olarak hazırlanması ile çeşitlendirilerek 20 farklı yenilebilir film çözeltisi oluşturulmuştur. Yenilebilir filmlerde; renk, opaklık, su aktivitesi, suda çözünürlük, morfoloji (SEM) ve ağırlık analizleri gerçekleştirilerek karakteristik özellikleri incelenmiştir.

HPMC içerikli filmlerin jelatin içerikli yenilebilir filmlere göre homojen olmayan morfolojiye sahip olduğu ve bu heterojen dağılımı yağ ve doğal koruyucu ilavesinin artırdığı görülmüştür. Film örneklerinde keten tohumu yağı ilavesi ile yüksek opaklık, su aktivitesi; yağsız film örneklerinde yüksek suda çözünürlük tespit edilmiştir. Doğal koruyucu ilavesinin opaklık değerini artırdığı buna karşın su aktivitesi ve suda çözünürlük değerini azalttığı belirlenmiştir.

Film analizleri sonucunda 3 farklı film seçilerek muffin kek kaplamada kullanılmış ve kaplanmamış kek örneği ile de karşılaştırılarak, fonksiyonel, duyuusal ve mikrobiyolojik özellikleri belirlenmiştir. Kek örnekleri depolama periyodu boyunca (1., 8. ve 15. gün) nem miktarı, pH ve titrasyon asitliği, tekstür ve mikrobiyoloji analizlerine tabi tutulmuştur. Film çözeltisi yapısına eklenen karanfil ekstraktı ile kaplanmış kek örneğinde daha yüksek antioksidan aktivite tespit edilmiştir. Depolama süresince film kaplama uygulanan muffin keklerin kaplama uygulanmayan keke göre daha düşük sertlik ve titrasyon asitliği değeri verdiği dolayısıyla yenilebilir film kaplamasının nem bariyer görevi oluşturduğu görülmüştür. Duyusal analizlerde yenilebilir film ile kaplanan örnekler renk, tat, görünüş ve genel beğeni açısından kaplama uygulanmayan keke göre daha çok beğenilmiştir. Yapılan analizlerde film kaplamasının kek örnekleri üzerinde besinsel, duyuusal ve tekstürel olarak olumlu etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma ile jelatin içerikli film çözeltisine karanfil ekstraktı ilave edilmesi önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** depolama, jelatin, kek, yenilebilir film kaplama

## **ABSTRACT**

### **MSC THESIS**

## **EFFECT OF COATING WITH EDIBLE FILM ON FUNCTIONAL, SENSORY AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF CAKE**

**Eσμα Nur BULUT**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE OF IN FOOD ENGINEERING**

**Advisor: Assoc. Prof. Nilgün ERTAŞ**

**2021, 102 Pages**

### **Jury**

**Assoc. Prof. Nilgün ERTAŞ  
Prof. Derya ARSLAN DANACIOĞLU  
Asst. Prof. Dr. Hale İnci ÖZTÜRK**

Edible films and coatings provide biochemical and microbial surface stability by acting as a barrier against moisture, oxygen and other gases, protect food against contamination, extend shelf life and increase quality. In order to achieve these purposes, antimicrobial agents can be carriers for active ingredients such as antioxidants, nutrients and pigments.

Within the scope of the study, 20 different film solutions with or without oil were created by adding the powder and extract of cinnamon and cloves to solutions containing two different film forming agents, gelatin and HPMC, and by preparing plain samples as controls. In edible films; color, opacity, water activity, water solubility, morphology (SEM) and weight analyzes were performed and characteristic properties were examined.

It has been observed that HPMC-containing films had inhomogeneous morphology compared to gelatin-containing edible films, and this heterogeneous distribution was increased by the addition of oil and natural preservatives. High opacity and water activity were observed in the film samples with the addition of linseed oil in film samples; high water solubility was detected in oil-free film samples. It was determined that the addition of natural preservatives increased the opacity value, but decreased the water activity and water solubility values.

As a result of the film analysis, 3 different films were selected and used in muffin cake coating, and their functional, sensory and microbiological properties were determined by comparing them with the uncoated cake sample. Cake samples were subjected to moisture content, pH and titration acidity, texture and microbiology analyses during the storage period (1st, 8th and 15th days). Higher antioxidant activity was detected in the cake sample coated with the film coating clove extract added to the film solution structure. It was observed that muffin cakes with film coating during storage presented lower hardness and titration acidity values than the cake without coating, so the edible film coating formed a moisture barrier. In sensory analysis, the samples covered with edible film were more liked than the uncoated cake in terms of color, taste, appearance and general acceptance. According to the results of performed analysis, it was concluded that the film coating had a positive effect on the cake samples nutritionally, sensorially and texturally. In this study, it is recommended to add clove extract to the gelatin-containing film solution.

**Keywords:** cake, edible film coating, gelatin, storage

## ÖNSÖZ

Araştırma konusunun belirlenmesi, planlanması ve deneysel çalışma sırasında bana her zaman destek veren, çalışmamın her adımını takip edip bilgi ve tecrübelerini paylaşan, bilim insanı olabilme yolundaki bu ilk adımımı kolaylaştıran, bana bu konuda gerekli imkanları sunan, güler yüzünü hiç eksik etmeyen, tez sürecinde motivasyon kaynağım olan sayın danışman hocam Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışma kapsamında deneylerin gerçekleştirilmesinde hem yardım edip hem yol göstericimiz olan sevgili Mine ASLAN'a,

Yardımlarını, sevgilerini ve en önemlisi desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Tuğba USTA ve Betül ALIÇ'a,

Bana her daim güvenip destekleyen, her adımda varlığını hissettiğim sevgili babam Sultan BULUT'a, hayattaki en büyük şansım olan biricik abim Muhammed Emin BULUT'a, hem benim hem ailemizin ayakta durmasında en büyük katkıyı oluşturan annem Emine BULUT'a en içten duygularıyla teşekkür ederim...

Esmâ Nur BULUT  
KONYA-2021

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
2.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar .....	3
2.2. Film Bileşenleri.....	6
2.2.1. Proteinler.....	6
2.2.1.1. Jelatin .....	7
2.2.2. Lipitler .....	8
2.2.3. Polisakkaritler .....	9
2.2.3.1. Selüloz ve türevleri .....	9
2.2.4. Plastikleştiriciler .....	10
2.2.5. Çözücüler .....	12
2.2.6. Diğer katkı maddeleri .....	12
2.3. Yenilebilir Film Yapma Teknikleri .....	13
2.3.1. Yenilebilir film ve kaplamaların gıdalara uygulanma yöntemleri.....	14
2.4. Antimikrobiyal Yenilebilir Film ve Kaplamalar .....	16
2.5. Fonksiyonel Bileşenleri İçeren Yenilebilir Film ve Kaplamalar .....	19
2.6. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Mekanik ve Geçirgenlik Özellikleri .....	19
2.7. Gıda Uygulamalarında Yenilebilir Film ve Kaplamalar.....	21
2.8. Yenilebilir Filmlerin Ticari Üretimi ve Geleceği .....	23
2.9. Kek.....	23
2.10. Kek Raf Ömrü.....	24
2.11. Karanfil ( <i>Syzygium aromaticum</i> ) .....	25
2.12. Tarçın ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> ) .....	26
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>28</b>
3.1. Materyal .....	28
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Deneme deseni .....	28
3.2.2. Karanfil ve tarçın ekstraksiyonu elde etme yöntemi .....	28
3.2.3. Yenilebilir film hazırlanması .....	30
3.2.4. Filmlerde yapılan analizler .....	34

3.2.4.1. Renk ölçümü .....	34
3.2.4.2. Su aktivitesi tayini .....	34
3.2.4.3. Opaklık.....	34
3.2.4.4. Suda çözünürlük analizi.....	35
3.2.4.5. Ağırlık ve kalınlıklarının belirlenmesi.....	35
3.2.4.6. Morfolojinin belirlenmesi (SEM) .....	35
3.2.5. Kek üretimi ve keklerin film çözeltisi ile kaplanması .....	36
3.2.6. Kekte yapılan analizler .....	37
3.2.6.1. Su aktivitesi tayini .....	37
3.2.6.2. Renk ölçümü .....	37
3.2.6.3. Antioksidan aktivite tayini.....	37
3.2.6.4. Toplam fenolik madde tayini .....	38
3.2.7. Depolama analizleri .....	38
3.2.7.1. Nem tayini.....	38
3.2.7.2. pH ve titrasyon asitliği tayini.....	39
3.2.7.3. Tekstür analizi.....	39
3.2.7.4. Mikrobiyolojik analizler .....	39
3.2.8. Duyusal analiz.....	40
3.2.9. İstatistikî analizler.....	40
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>41</b>
4.1. Araştırma Sonuçları .....	41
4.1.1. Yenilebilir film analizleri.....	41
4.1.1.1. Renk ölçümü .....	41
4.1.1.2. Opaklık.....	47
4.1.1.3. Su aktivitesi.....	55
4.1.1.4. Suda çözünürlük .....	57
4.1.1.5. Ağırlık.....	58
4.1.1.6. Kalınlık .....	60
4.1.1.7. Morfolojinin belirlenmesi (SEM) .....	63
4.1.2. Kek analizleri .....	64
4.1.2.1. Su aktivitesi analizi .....	64
4.1.2.2. Renk ölçümü .....	66
4.1.2.3. Antioksidan aktivite tayini .....	69
4.1.2.4. Toplam fenolik madde tayini .....	70
4.1.3. Depolama analizleri .....	72
4.1.3.1. Nem tayini.....	72
4.1.3.2. pH tayini .....	74
4.1.3.3. Titrasyon asitliği .....	76
4.1.3.4. Tekstür analizi.....	77
4.1.3.5. Mikrobiyolojik analizler .....	79
4.1.3.6. Duyusal analiz.....	81
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>84</b>
5.1. Sonuçlar .....	84
5.2. Öneriler .....	86
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>88</b>

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1. Yenilebilir film ve kaplamaların uygulamaları ve işlevleri.....	4
Çizelge 3.1. Jelatin içerikli yenilebilir film formülasyonları.....	31
Çizelge 3.2. HPMC içerikli yenilebilir film formülasyonları.....	32
Çizelge 3.3. Kek formülasyonu .....	36
Çizelge 4.1. Yenilebilir film örneklerine ait renk ölçüm sonuçları <sup>1</sup> .....	42
Çizelge 4.2. Yenilebilir film örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları <sup>1</sup> .....	43
Çizelge 4.3. Yenilebilir film örneklerinin renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları <sup>1</sup> .....	43
Çizelge 4.4. Yenilebilir film örneklerine ait opaklık, su aktivitesi, suda çözünürlük, ağırlık-kalınlık analiz sonuçları <sup>1</sup> .....	50
Çizelge 4.5. Yenilebilir film örneklerinin opaklık, su aktivitesi, suda çözünürlük, ağırlık ve kalınlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları <sup>1</sup> .....	51
Çizelge 4.6. Film örneklerinin opaklık, su aktivitesi, suda çözünürlük, ağırlık ve kalınlık değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları <sup>1</sup> .....	52
Çizelge 4.7. Kek örneklerine ait su aktivitesi analiz sonuçları <sup>1</sup> .....	65
Çizelge 4.8. Kek örneklerine ait kabuk renk analiz sonuçları <sup>1</sup> .....	66
Çizelge 4.9. Kek örneklerine ait iç renk analiz sonuçları <sup>1</sup> .....	68
Çizelge 4.10. Kek örneklerine ait antioksidan aktivite analizi sonuçları <sup>1</sup> .....	70
Çizelge 4.11. Kek örneklerine ait toplam fenolik madde miktarı analizi sonuçları <sup>1</sup> .....	71
Çizelge 4.12. Kek örneklerine ait nem ölçümü analizi sonuçları <sup>1</sup> .....	73
Çizelge 4.13. Kek örneklerine ait pH ve titrasyon asitliği analiz sonuçları <sup>1</sup> .....	75
Çizelge 4.14. Kek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları.....	78
Çizelge 4.15. Kek örneklerine ait toplam mezofil aerob bakteri sayısı ve maya-küf sayımı sonuçları.....	81

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Yenilebilir film/kaplama elde etme yöntemleri.....	14
Şekil 2.2. Yenilebilir film ve kaplamanın gıdalara uygulanma yöntemleri.....	15
Şekil 2.3. Film çözeltilisinin daldırma, püskürtme ve fırçalama yöntemi ile gıdaya uygulanması.....	16
Şekil 2.4. Aktif gıda paketleme sistemleri, kapsam ve uygulama matrisi.....	18
Şekil 3.1. Karanfil ve tarçın ekstraksiyonu.....	29
Şekil 3.2. Laboratuvar tipi evaporatör ve su banyosu.....	29
Şekil 3.3. Jelatin ve HPMC içerikli yenilebilir filmler.....	33
Şekil 3.4. Film ile kaplanan ve kaplama işlemi uygulanmayan kek örnekleri.....	37
Şekil 4.1. Film örneklerinde L* değeri üzerinde etkili “Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi” interaksiyonu.....	46
Şekil 4.2. Film örneklerinde a* değeri üzerinde etkili “Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi” interaksiyonu.....	47
Şekil 4.3. Film örneklerinde b* değeri üzerinde etkili “Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi” interaksiyonu.....	47
Şekil 4.4. Film örneklerinde SI değeri üzerinde etkili “Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi” interaksiyonu.....	48
Şekil 4.5. Film örneklerinde hue angle değeri üzerinde etkili “Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi” interaksiyonu.....	49
Şekil 4.6. Film örneklerinde opaklık değeri üzerinde etkili “Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi” interaksiyonu.....	54
Şekil 4.7. Film örneklerinde su aktivitesi değeri üzerinde etkili “Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi” interaksiyonu.....	56
Şekil 4.8. Film örneklerinde suda çözünürlük değeri üzerinde etkili “Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi” interaksiyonu.....	58
Şekil 4.9. Film örneklerinde su aktivitesi değeri üzerinde etkili “Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi” interaksiyonu.....	59
Şekil 4.10. Film örneklerine ait SEM görüntüleri.....	63
Şekil 4.11. Kek örneklerine ait duyu analizi sonuçları.....	82

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

a	: Ağırlık
a*	: (+) kırmızı, (-) yeşil renk değeri
b*	: (+) sarı, (-) mavi renk değeri
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
g	: Gram
H	: Hacim
Hue angle	: Renk özü
kg	: Kilogram
kob	: Koloni oluşturan birim
L*	: Parlaklık
L	: Litre
MPa	: Mega pascal
O <sub>2</sub>	: Oksijen
SI	: Doygunluk indeksi
T <sub>g</sub>	: Camsı geçiş sıcaklığı
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
nm	: Nanometre
sn	: Saniye
N	: Normalite
µg	: Mikrogram
µl	: Mikrolitre

### Kısaltmalar

AACC	: Amerikan Klinik Kimya Derneği
BHT	: Butile Hidroksi Toluen
BHA	: Beta Hidroksi Asit
CMC	: Karboksi Metil Selüöz
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil Radikal Süpürücü Aktivite
DRI	: Diyet Referans İndeksi
EB	: Kopmada Uzama Yüzdesi
EDTA	: Etilendiamin Tetraasetik Asit
F	: İstatistiksel hesaplamalarda F değeri
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
GRAS	: Genel Olarak Güvenli Etiketleme
HCL	: Hidroklorik asit
HPC	: Hidroksipropil Selüöz
HPMC	: Hidroksipropil Metil Selüöz
KT	: Kareler Toplamı
MS	: Metilselüöz
SD	: Serbestlik Derecesi
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning ElectronMicroscope)

TS : Gerilme Direnci  
WPI : Peynir Altı Suyu Proteini İzolatı  
WVP : Su Buharı Geçirgenliği (Water Vapour Permeability)



## 1. GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusunun hızlı artışı ve insanların günlük ihtiyacının çoğalmasından dolayı canlının temel gereksinimlerinden olan yiyecek ihtiyacının karşılanması yönünde çalışmalar artmaktadır. Bu çalışmalar arasında, azalan tarım arazilerinden kaynaklı besin ihtiyacının karşılanabilmesi için gıdaların daha uzun süre bozulmadan korunması yer almaktadır (Yörük ve ark., 2016).

Gelişen teknolojiyle birlikte hazır gıdaya ve farklı tatlara olan ilgi nedeniyle ülkemizde kek üretimi giderek artmaktadır. Türkiye ve Dünya’da tüketicilerin ilgisinin giderek artırdığı keklerin endüstriyel boyuttaki en önemli problemi raf ömrünün kısa olmasıdır. Kekler ve diğer unlu mamuller depolama boyunca bayatlama ve bozulma gibi çeşitli olumsuz etkilere maruz kalırlar. Unlu mamullerin bayatlaması; nişasta retrogradasyonu, kuruma, nem göçü, sertliğin artması ve lezzetin azalması, küflenme gibi çeşitli fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerin sonucu oluşmaktadır. Bu nedenle keklerin kalitelerini iyileştirmek amacıyla kimyasal koruyucuların kullanımı, doğal antioksidan kullanımı, modifiye atmosferde paketlenme gibi çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (Uçar ve Hayta, 2012). Fakat bu çalışmalar arasında yer alan kimyasal koruyucu kullanımı günümüz tüketicisi tarafından hoş karşılanmamaktadır. Değişen tüketici bilinci gıda ürünlerinin kalitesinin değerlendirilmesinde en önemli husus olarak ürün bileşimini görmektedir. Besleyici, doğal, yalın içerikli ve sağlık için faydalı bileşenler içeren gıda maddelerine olan ilgi artmaktadır. Hazır gıdalarda kimyasal koruyucular gibi katkı maddelerinin kullanılması, bu maddelerin sürekli vücuda alınarak hücrelerde birikmesi sonucu insan sağlığını tehlikeye atacak hastalıkların oluşumuna zemin oluşturmaktadır. Bu nedenle günümüzde tüketiciler doğayı ve insan sağlığını etkilemeyen, daha az işleminden geçen ve daha az paketlenen yani tamamen doğal olan ürünlere ve katkı maddesi içermeyen sağlıklı gıdalara yönelmektedir.

Kek üretiminde, sadece temel kek bileşenleri ile hazırlanan ürün üretiminin gerçekleştirilmesi ve tüketicilere sunulması ve kimyasal katkı maddelerinin kullanılmaması ya da miktarının azaltılması hedeflenmektedir (İpek ve Dizlek, 2018). Bu bağlamda yalın formülasyondan elde edilen kekin depolama boyunca raf ömrünü korumak için doğal antioksidan içerikli yenilebilir film ile kaplanması gibi çeşitli alanlarda çalışmalar yapılmaktadır.

Plastik ambalaj materyalleri kullanıma elverişli, ekonomik ve güvenli olmasına rağmen biyolojik bozunuma uğramadığından dolayı çevresel problemler yaratmaktadır. Bu nedenle, çevre endişesi yaratmayan, biyolojik bozunuma uğrayan, gıda ile birlikte tüketilebilen, toplam katı atık miktarını azaltan polisakkarit, protein ve lipid gibi doğal polimerlerin ambalaj materyali olarak kullanılması yaygınlaşmaktadır (Ayana, 2007). Yenilebilir film ve kaplamalar; gıda yüzeyinde oluşturulmuş ince tabakalı, gıdayla birlikte tüketilebilen, sentetik olmayıp doğal kaynaklardan elde edilen biyobozunur çevre dostu malzemelerdir. Antimikrobiyal madde içeren ambalaj sistemlerinden olan yenilebilir film ve kaplamalar; meyve ve sebze, süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri, bazı tahıl ürünleri gibi gıdalara uygulandığında gıdalarda bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini geciktirerek veya engelleyerek gıdanın kalitesini ve raf ömrünü artırmaktadır (Ayana ve Turhan, 2010).

Çalışma kapsamında toz ve ekstrakt formda tarçın ve karanfil kullanılmış, antioksidan içeriği yüksek ve antimikrobiyal özellikleri bulunan bu iki madde ile doğal antioksidan ve antimikrobiyal içerikli yenilebilir film oluşturulması ve muffin keklerin bu filmlerle kaplanarak depolama stabilitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Film çözeltisine farklı formlarda ilave edilen karanfil ve tarçının ve farklı kombinasyonlardan oluşturulan film kaplamanın kek üzerindeki duyuşsal, besinsel ve mikrobiyolojik etkisi incelenmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Genel anlamda ambalaj, ürünlerin korunmasına, ürünün tüketiciye ulaştırılmasına ve tüketicinin bilgilendirilmesine olanak sağlar. Kutu, cam, kağıt ve plastikler gıda endüstrisinde en çok kullanılan ambalaj türleridir. Son yıllarda yaygın olarak kullanılan bu ambalajlara karşın biyopolimerlerin kullanımında artış meydana gelmektedir (Cerqueira, 2019). Hem petrol kaynaklarının sınırlı olması ve çevreye zarar vermesi hem de biyopolimerlerin biyobozunur maddeler olup çevre dostu malzemeler olması bu artışı desteklemektedir (Singh ve Kaur, 2015).

Gıda endüstrisinde giderek artan bir diğer paketleme türü de yenilebilir filmlerdir. Yenilebilir ambalaj, gıdaya uygun malzemelerden elde edilen, film veya kaplama olarak uygulanabilen, yenilebilen ambalajlardır. Yenilebilir ambalaj gıdaları koruduğu ve tüketiciye kolaylık sağladığı için geleneksel ambalaj tanımını içinde yer almaktadır. Bu ambalajların yenilebilir sayılabilmesi için kullanılan malzemelerin gıda ürünleri ile eklenip yenilebilir bileşikler grubunda olması veya gıda katkı maddeleri olarak onaylanmış olması gerekmektedir (Cerqueira, 2019).

Film ve kaplamalar başlıca gıdayı kontaminasyona karşı koruyarak raf ömrünü uzatmak ve kaliteyi artırmak ve böylece neme, oksijene ve diğer gazlara karşı bariyer görevi görerek biyokimyasal ve mikrobiyal yüzey stabilitesi sağlamak için uygulanmaktadır. Film ve kaplamalar bu amaçların gerçekleştirilmesi için antimikrobiyal maddeler, antioksidanlar, besin ve pigmentler gibi aktif bileşenlere taşıyıcı olmaktadır. Pavlath ve Orts (2009), film ve kaplamaların kullanımının ürünün kalite özellikleri ve tazeliğini korurken aynı zamanda gıdanın fiziksel ve duyuşal özelliklerini de iyileştirmesi gerektiğini belirtmiştir (Candoğan ve ark., 2016).

Yenilebilir filmlerin gıdalar için koruyucu kaplama olarak kullanılması yeni bir yaklaşım olmamakla birlikte bu konuda ilk belgeler 1800'lerin başına kadar uzanmaktadır. Gıdaların raf ömrünü uzatmak için yenilebilir filmler üzerindeki patentler 1950'lere kadar dayanmakta ve bu patentler aljinatlar, nişastalar ve gamların kullanılarak dondurulmuş et, kümes hayvanı eti ve deniz ürünleri için filmlerin kullanımını kapsamaktadır. Bunlara ek olarak balmumunun (wax) uzun süre sebze ve

meyvelerin fiziksel ve mikrobiyolojik bozulma sürecini ve gaz değişimini kontrol etmek için kullanıldığı bilinmektedir (Guilbert ve ark., 1996).

Çizelge 2.1'de de görüldüğü gibi yenilebilir film ve kaplamalar, gıda sistemlerindeki oksijen, nem, lipit, karbondioksit, aroma ve tat bileşiklerinin transferini düzenleyerek ürünün kalitesini ve raf ömrünü artırabilir. Ayrıca film ve kaplamalar, gıda stabilitesini, fonksiyonelliğini, kalitesini ve güvenliğini geliştirmek için antioksidanlar, antimikrobialer, besinler ve aromaları taşıyabilmektedir (Zhao ve McDaniel, 2005).

**Çizelge 2.1.** Yenilebilir film ve kaplamaların uygulamaları ve işlevleri

Gıdalar	Film Materyalleri	İşlevsellik
Et, balık, deniz ürünleri	*Jelatin *Karregen ve aljinat kaplamalar *Peyniraltı suyu proteini *Kolajen *Kazein *Selüloz ve türevleri	*Küf oluşumunu önleme *O <sub>2</sub> , lipit ve nem bariyeri *Antioksidan taşıyıcı *Tekstür geliştirme
Meyveler, yemişler, tahıllar, sebzeler	*Buğday gluteni *Peyniraltı suyu proteini *Zein *Wax *Selüloz ve türevleri *Pektinler	*O <sub>2</sub> , lipit ve nem bariyeri *Antioksidan taşıyıcı *Yapışkanlığın önlenmesi *Tuz bağlama
Peynir, dondurma, yoğurt	*Jelatin *Deniz yosunu *Pektinat	*Meyve ayırma *Damlamanın ortadan kaldırılması *Nem bariyeri
Şekerlemeler	*Zein *Süt ve peyniraltı suyu proteinleri *Wax *MC <sup>a</sup>	*O <sub>2</sub> , lipit ve nem bariyeri *Antioksidan taşıyıcı
Heterojen gıdalar (kek, dondurma külahı, hamur, püre...)	*Stearik – palmitik asitler ve HPMC <sup>b</sup> karışımı *MC <sup>a</sup> ve palmitik asit kaplama	*Nem bariyeri

MC<sup>a</sup>: Metil selüloz, HPMC<sup>b</sup>: Hidroksipropil metil selüloz

Kaynak: (Kester ve Fennema, 1986; Gennadios ve Weller, 1990; Krochta ve ark., 1994; McHugh ve Krochta, 1994; Krochta ve De Mulder-Johnston, 1997; Debeaufort ve ark., 1998; Zhao ve McDaniel, 2005).

Yenilebilir film ve kaplamalar bazen aynı terim olarak kullanılabilir ve aynı rolü yerine getirebilirler ancak temelde farklı kavramları temsil etmektedirler. Filmler çeşitli yöntemlerle önceden üretilip ürüne sarmalanarak, kaplamalar ise gıda yüzeyine sıvı formda uygulanmaktadır. Yenilebilir filmlerin özellikleri bu ambalajlama yöntemini tartışmasız şekilde avantajlı hale getirmektedir. Bu özelliklerden bazıları; biyobozunur dolayısıyla çevre dostu ambalaj malzemeleri olmaları, katı atık miktarını kayda değer

şekilde azaltmaları, film yapısına besin değeri yüksek katkı maddelerinin eklenerek gıdanın besin kalitesini yükseltmesi, ürünün organoleptik özelliklerini iyileştirmesi, ürünlerin tek tek paketlenmesini sağlaması gibi devam etmektedir (Avramescu ve ark., 2020).

Yenilebilir film ve kaplamaların diğer ambalajlarla aynı şekilde kullanılabilmesi için taşınması gereken bazı özellikler bulunmaktadır. Bu özellikler;

- ✓ İyi üretim uygulamalarına uyulmalı (Avramescu ve ark., 2020; Umaraw ve ark., 2020; Imeson, 2009),
- ✓ Genel olarak güvenli etiketleme (GRAS) veya GRAS / FS (bazı bileşikler gıda endüstrisinde kullanım için güvenilir kabul edilir ancak konsantrasyonları şu anda kullanılan standartlarla sınırlıdır) olarak kabul edilmeli(Avramescu ve ark., 2020; Yeddes ve ark., 2020),
- ✓ Gıda yüzeylerinin zarar görmesini önlemek için yeterli mekanik özelliklere sahip olmalı,
- ✓ Eklenilen gıda katkı maddesi hakkında bilgi vermeliler,
- ✓ Hoş bir tada sahip olmalı veya tamamen tatsız olmalı,
- ✓ Gıda yüzeyine yapışmalı,
- ✓ Yapısal özellikleri iyileştirebilmeliler,
- ✓ Zaman içinde stabiliteleri bozulmamalı ve küf oluşumundan kaçınılmalı,
- ✓ Son ürünün genel görünümü tasarım açısından klasik ambalaj performanslarına ulaşmalıdır, aksi takdirde ürün tüketici beğenisini kazanamayıp reddedilebilir,
- ✓ Karbondioksit ve oksijen için yeterli gaz transferini sağlamalı ve besin, tat ve aroma kaybını önlemeliler,
- ✓ Maliyetleri diğer yaklaşımlardan daha düşük olmalı,
- ✓ Uygulama cihazları ve yöntemlerinin, film ve kaplama formülasyonlarının farklı ürünler üzerinde tutarlı ve verimli olması gerekli,
- ✓ Uygulama yöntemleri mevcut ekipmanla uyumlu olmalı,
- ✓ Üretim süreçleri ekonomik olarak uygulanabilmeli ve kolay olmalı,
- ✓ Kullanılan ekipmanın bakımı ve temizliği kolay olmalı şeklindedir (Avramescu ve ark., 2020).

## 2.2. Film Bileşenleri

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, proteinler, lipitler veya polisakkaritler gibi farklı bileşiklerden ya da bu bileşiklerin iki veya daha fazla kombinasyonundan hazırlanabilmektedir (Candan ve Bağdatlı, 2018).

### 2.2.1. Proteinler

Proteinler, kaynağa göre değişen farklı oranlarda amino asitlerden oluşan doğal polimerlerdir (Avramescu ve ark., 2020). Protein bazlı film ve kaplamalar modifikasyon işlemlerine, yapım metotlarına ve başta formülasyona bağlı olarak yenilir ve biyobozunur olabilirler (Temiz ve Yeşilsu, 2006). Film ve kaplamalar hem bitkisel kökenli hem de hayvansal kökenli proteinlerden yapılabilir (Embuscado ve Huber, 2009). Bitkisel kökenli proteinlere; gluten, zein, bezelye proteini, soya proteini, hayvansal proteinlere ise; jelatin, kolajen, yumurta proteini, kazein ve peynir altı suyu proteini örnek verilebilir (Yıldız ve Yangınlar, 2016; Tural ve ark., 2017).

Protein bazlı yenilebilir film ve kaplamalar üç ana bileşenden oluşan çözeltilerden hazırlanmaktadır: Bunlar, protein, çözücü ve plastikleştiricidir. Panyam ve Kilara (1996)'ya göre nihai filmin özellikleri, dış işleme faktörlerinden veya film ve kaplama bileşenlerinin kendine özgü özelliklerinden etkilenmektedir. Proteinlerin içsel özellikleri arasında hidrofilitiklik, hidrofobiklik, yüzey yükü, amino asit bileşimi, kristallik (protein ve plastikleştiricinin), moleküler boyut ve üç boyutlu şekli bulunmaktadır (Dangaran ve ark., 2009).

Protein bazlı film oluşumu, başlangıç materyalinin sıcaklıktan kaynaklı ısınma sonucu çözücü ve pH etkisinin denatürasyonu ile meydana gelmektedir. Film çözeltisinde plastikleştiricinin kullanılmaması termal bozulmaya yol açmaktadır bu nedenle çözeltide plastikleştirici madde kullanılması gereklidir. Plastikleştirici kullanımın diğer bir artısı da kırılğan olan film yapısını esnek ve kullanışlı hale getirmesidir. Ayrıca film oluşumunda pH, plastikleştiricinin tip ve konsantrasyonu ve sıcaklık gibi süreç parametreleri de önemlidir (Avramescu ve ark., 2020).

### 2.2.1.1. Jelatin

Badii ve Howell (2006); kolajenin alkali veya asidik koşullarda hafif bir ısıll işleme maruz kalması sonucu jelatinin oluştuğunu belirtmiştir (Dangaran ve ark., 2009). İlk olarak kısmen denatüre olan kolajen, soğuduktan sonra üçlü sarmal yapıyı yeniden biçimlendirir (yapılandırılmamış alanlarda mevcuttur) ve oluşan protein materyali jelatin olarak adlandırılır. Jelatini oluşturan başlıca maddeler amino asitler, prolin, hidroksiprolin ve glisindir.

Jelatin yenilebilir film ve kaplama üretimi için önemli bir bileşendir. İyi jelleştirici özelliğinden dolayı gıda endüstrisinde gıdaları kalınlaştırmak ve tekstürüze etmek için kullanılır (Avramescu ve ark., 2020). Ayrıca iyi bir film oluşturucu olduğu anlamına gelen mükemmel köpürme özelliklerine sahiptir (Dangaran ve ark., 2009).

Marana ve ark. (2013) jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların, jelatinin taşıyıcı polimer olarak kullanıldığı ve çeşitli plastikleştiricilerin kullanımı ile birlikte mekanik dayanımının artırıldığı materyaller olduğunu belirtmiştir. Üretiminde kullanılan çeşitli maddelerle jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların organoleptik, fonksiyonel, besleyici ve mekanik özellikleri geliştirilebilir. Uygun plastikleştiriciler yardımıyla jelatin bazlı yenilebilir film ve kaplamaların uzama ve esneme kabiliyetinin arttığı, parlaklığının azalığı görölmektedir. Bu amaçla en yaygın kullanılan plastikleştirici madde gliseroldür. Filmlerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için gliserol dışında kullanılan diğer plastikleştiriciler şeker, ksilitol, sorbitol, maltitol gibi hidrofilik bileşiklerdir (Topuz Coşkun ve Boran, 2018).

Jelatin, et ürünlerini korumak için farklı karışımlarda kullanılmakta, hatta kullanıldığı ürünlerin reçete tarifini zenginleştirmektedir. Krishna ve ark. (2012) plastikleştirici olarak %20-25 oranında gliserol kullanarak 110-120 °C'de ekstrüzyon ve dökme yöntemi aracılığıyla balık jelatininden filmler geliştirmişlerdir. Ekstürüde filmlerin dökme yöntemi aracılığıyla elde edilen filmlere kıyasla daha esnek ve daha kalın olduğunu saptanmışlardır. Fang ve ark. (2020) jelatin kaplamaları sosislerdeki tuz miktarını azaltmak için kullanmış ve sosislerin kaplama işlemi sonucunda yüksek tuz konsantrasyonunun önlendiğini belirtmişlerdir. Kaplama çözeltileri jelatin-NaCl çözeltilerinden (%1.5-15) hazırlanıp tuzlu olmayan sosislere uygulanmıştır. Sosisler orijinal tariflerinde %2 NaCl içermektedir. İşlem sonucunda çözeltili ile kaplanan ve kaplanmayan ürünlerde duyusal değerlendirme, tekstür, renk ve pH değerleri aynı

olarak saptınmıştır ancak kaplanan ürünlerin genel olarak %50 daha az tuz içerdiği ortaya konmuştur.

Tosati ve ark. (2017) jelatin ve zerdeçal kombinasyonunun, yenilebilir filmlerde kırılma anındaki uzamayı iyileştirdiğini belirtmiştir. Liang ve ark. (2017) mersin balığı derisinden üretilen jelatin ile antimikrobiyal madde olarak eskülin (kumarin glikozit) kombinasyonlu homojen bir film elde etmiştir. Bu filmlerin eskülin maddesinden dolayı yüksek bir antioksidan aktiviteye, iyi bir buhar geçirgenliğine (WVP) ve gerilme direncine (TS) ancak aynı zamanda baskın sarı renk ve kopmada düşük uzamaya (EAB) sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Mahdu ve ark. (2019) peynir altı suyu, arap zıncığı, jelatin, zein ve gluten bazlı farklı yenilebilir tabakalarla kaplanmış şeker kamışı kısımlarının nem emilim izotermelerini farklı konsantrasyonlarda (%0.5, 1.5, 2.5) belirlemiş ve deneysel verilere farklı modeller uygulamışlardır. Sonuç olarak nem önlemede en iyi sonuçların jelatin ve gluten kullanımı ile elde edildiği belirtilmiştir.

### 2.2.2. Lipitler

Lipit filmler, protein ve polisakkarit filmlerle karşılaştırıldığında neme karşı daha iyi engel oluşturduğu ancak görünümünün opak ve esnekliklerinin düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca, sonradan bir tat vermektedirler, bundan dolayı gıda ürünlerinin organoleptik özelliklerini etkilemektedirler (Fontes ve ark., 2011; Yaman, 2013). Eskiden balmumları ve lipitler tek başlarına kullanılmakta olup, günümüzde lipit bazlı yenilebilir filmler, çözücüler, yüzey aktif maddeler, emülgatörler, plastikleştiriciler vb. maddeler ile kombine edilmektedirler. Bu tür malzemeler neme karşı mükemmel bariyer özelliği gösterdiklerinden dolayı kullanılmaktadırlar. Lipit bazlı yenilebilir filmler ürünün solunumunu yavaşlatmakta ve raf ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca meyve ve sebzelerin görünümünü parlak hale getirmek içinde lipid filmler kullanılmaktadır.

Yenilebilir filmler ve kaplamalardaki lipid malzemelerin etkinliği, hidrofobikliğe, kimyasal düzenlemeye, kullanılan lipidin doğasına ve özellikle yapısına, fiziksel duruma (katı veya sıvı) ve diğer bileşenlerle lipit etkileşimlerine bağlıdır (Rhim ve Shellhammer, 2005; Šuput ve ark., 2015). Lipidler su penetrasyonuna karşı direnci artırmak için proteinler veya polisakkaritler gibi diğer film oluşturucu malzemelerle birleştirilir (Mehyar ve ark., 2012; Šuput ve ark., 2015). Polar reçine filmler

karbondioksit, oksijen ve etilen için iyi engellerdir. Lipit bazlı yenilebilir film ve kaplamalar için potansiyel olarak kullanılan hidrofobik maddeler arasında petrol bazlı mumlar (polietilen, vaks ve parafin); doğal mumlar (pirinç kepeği, balmumu, karnauba ve kandelilla); mineral ve bitkisel yağlar; aseto-gliseritler ve yağ asitleri; gomalak ve ahşap reçine gibi reçineler bulunur (Rhim ve Shellhammer, 2005; Šuput ve ark., 2015).

### **2.2.3. Polisakkaritler**

Polisakkaritler, glikozodik bağlar ile birbirine bağlanmış monosakkaritlerden oluşan karbonhidratlardır. Polisakkaritler molekül ağırlığı yüksek olan ve suda çözünebilir hidrokolloidlerdir. Birçok polisakkaritin hidrofilik yapısından dolayı filmlerde nem tutma kapasitesi yüzeyde gerçekleşmektedir. Polisakkarit ve türevleri kolay elde edilebilmeleri, iyi film oluşturma özellikleri ve düşük maliyette olmaları gibi özelliklerinden dolayı yenilebilir film ve kaplama üretiminde kullanılmaktadır (Robertson, 2013; Tural ve ark., 2017). Polisakkarit bazlı filmlerin en önemli özelliği oksijen geçişini yavaşlatmaları ve yapısal olarak dayanıklı olmalarıdır. Polisakkaritlerin mükemmel mekanik ve yapısal özellikleri olmasına rağmen nem transferine karşı zayıf bariyer özelliği göstermektedirler (Pavlath ve ark., 2009; Falguera ve ark., 2011; Robertson, 2013; Tural ve ark., 2017). Polisakkarit filmlerin su geçişine karşı olan düşük dirençlerinden dolayı depolamada meydana gelen ağırlık kaybını en aza indirmek için gıda yüzeyine kalın film şeklinde uygulanmaktadır. Polisakkarit bazlı yenilebilir film ve kaplama üretiminde; selüloz ve türevleri, nişasta ve türevleri, kitosan, pektin, gamlar, aljinat ve karragenan kullanılmaktadır (Pavlath ve ark., 2009; Robertson, 2013; Tural ve ark., 2017).

#### **2.2.3.1. Selüloz ve türevleri**

Selüloz, bitkilerin hücre duvarı bileşenidir. Yenilebilir film ve kaplama üretiminde bakteriyel ve bitkisel selüloz kullanılmaktadır. Selüloz çok sayıda intra moleküler hidrojen bağı içermesinden dolayı suda çözünmez. Selülozun esterleşmesi suda çözünür eterlerin oluşumuna neden olmaktadır: iyi film oluşturma özelliklerine sahip olan ve ticari olarak yaygın şekilde üretilen hidroksipropil selüloz, metil selüloz, karboksi metil selüloz ve hidroksipropil metil selüloz (Olivas ve Barbosa-Canovas,

2005; Šuput ve ark., 2015). Selüloz ve türevlerinden üretilen film ve kaplamalar genellikle esnek, şeffaf, kokusuz, tatsız, suda çözünür, O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> geçirgenliğine dayanıklıdır (Krochta ve ark.,1994; Callegarin ve ark., 1997; Šuput ve ark., 2015). HPC, termoplastik özellikleri nedeniyle filmlere ekstürüde edilebilir. Karboksi metil selülozun (CMC) özellikle ağartma ön işlemiyle kombinasyon halinde uygulandığı zaman, kızarmış patateslerde yağ alımını azalttığı tespit edilmiştir. Metil selüloz (MC), daha az hidrofilik yapısından dolayı neme karşı daha iyi engeldir. Sulu sistemlerde MC ve hidroksipropil metil selülozun (HPMC) tersine çevrilebilir termal jelleşme kabiliyeti olup, çeşitli gıdaların kızartılması sırasında yağ emilimini azaltmak için yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Chidanandaiah Keshri ve ark., 2005; Rimac-Brcic ve ark., 2004; Šuput ve ark., 2015).

MC, selülozun metilklorid ile tepkimeye girmesiyle alkali ile reaksiyonu sonucu oluşan selüloz türevi maddedir (Dursun ve Erkan, 2009; Yama, 2013). HPMC ve MC'nin soğuk suda çözdürülmesi ile hazırlanan kaplamanın etlere uygulanması sonucu pişirme esnasında besinsel kaybı minimuma indirdiği, soğan kızartmaları ve dondurulmuş cipslerde yağ alımını; su ürünleri ve tavuk ürünlerinde ise glazing olarak kullanıldığında nem kaybını azalttığı ortaya konmuştur. CMC ise portakal, muz ve elma gibi meyvelerde karbondioksit ve oksijen geçişini engelleyerek bariyer görevi yapmaktadır (Saldamlı, 1985; Kester ve Fennema, 1986;Krochta ve Mulder-Johnston, 1997; Gennadios, 2002; Küçük ve ark., 2017).

#### 2.2.4. Plastikleştiriciler

Film ve kaplamalara mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla ilave edilen düşük molekül ağırlıklı bileşiklere plastikleştirici adı verilmektedir. Plastikleştirici maddeler, intermoleküler güçleri azaltmakta, biyopolimer zincirlerinin hareketliliğini artırmakta ve böylece filmin mekaniksel özelliklerini geliştirmektedir. Plastikleştiricilerin etki mekanizmaları üzerinde farklı görüşler bulunmaktadır. İlkinde plastikleştiricilerin yüksek miktarlarda kullanıldıklarında polimer zincirindeki polar uçları çözdüğü, böylece moleküller arasındaki çekim kuvvetini azalttığı ileri sürülmektedir. İkinci görüşe göre plastikleştiricilerin moleküller arası etkileşimi azaltarak, polimer zincirlerine hareket serbestliği kazandırdığı düşünülmektedir. Üçüncü görüşe göre ise düşük molekül ağırlıklı plastikleştirici moleküllerinin termal

hareketlerinin polimerlerin serbest hacmini artırdığı, böylece moleküllerin segmental hareket için daha geniş alanlar bulabildiği öne sürülmektedir (Turhan, 1999). Aynı zamanda plastikleştirici kullanımı polisakkarit filmlerin parlaklığını sağlamak için de gereklidir (Üstünoğlu, 2009; Dursun ve Erkan, 2009). Protein kaynaklı yenilebilir filmlerin çoğu, plastikleştirici kullanılmadığında kırılğan bir yapıya sahip olurken, plastikleştirici madde kullanıldığında yapı sağlamlaşmaktadır. Plastikleştirici kullanımı, filmlerin hem gerilme dayanımını ve esnekliğini hem de geçirgenliklerini etkilemektedir (Üstünoğlu, 2009).

Yenilebilir film ve kaplama üretiminde filmin esneklik ve sağlamlığını geliştirmek amacıyla fruktoz-glukoz, fruktoz şurupları ve sukroz gibi mono, di veya oligosakkaritler; sorbitol, gliserol, gliserol türevleri, polietilen glikoller gibi polioller; yağ asitleri ve fosfolipitler gibi lipit ve türevleri plastikleştirici olarak kullanılmaktadır (Robertson, 2013). Bir plastikleştiricinin etkinliği şekil, boyut ve protein yapısıyla uyumluluk göstermesi gibi üç faktöre bağlıdır. Normal depolama koşullarında plastikleştiricinin yapısı, filmin esnekliğini ve geçirgenliğini etkileyebilmektedir. Katı plastikleştiriciler, geçirgenliği iyileştirmekte, esnekliği azaltmakta ve antiplastikleştirici etki göstermektedirler (Üstünoğlu, 2009).

Plastikleştirici olarak kullanılan madde, film oluşturucu polimerle karışabilmeli ve ayrıca kullanılan koşullarda polimer-çözücü sisteminden ayrılmamalıdır. Film formülasyonunda kullanılan her bileşen filmin özelliklerini etkiler. Bu yüzden plastikleştirici kullanılan çözücüde de benzer çözünebilirlik göstermelidir. Disperse olabilen bir plastikleştirici çözülmeyen ya da kısmen çözünebilen bir film elde edilmesini sağlarken çözünebilir bir plastikleştirici çözünebilir filmlerin elde edilmesine neden olur. Plastikleştiricilerin uygunluğu, karışabilirliği, stabilitesi ve bulunduğu ortamdan uzaklaşmaması çeşitli yarı empirik testlerle belirlenebilirler (Guilbert ve Biquet, 1996; Ayana, 2007).

Laohakunjit ve ark. (2004) pirinç nişastası esaslı filmlere sorbitol ve gliserol gibi farklı plastikleştiriciler ilave ederek filmlerin mekanik ve geçirgenlik özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Sorbitol %45 (a/a), gliserol %35 (a/a) oranında filmlere ilave edildiklerinde filmlerin sudaki çözünürlüklerini arttırmıştır. Gliserol ile plastikleştirilmiş filmler, sorbitol ile plastikleştirilmiş filmlere göre daha düşük gerilme kuvveti, daha yüksek uzama yüzdesi göstermiştir. Ancak gliserol, filmlerin su buharı ve oksijen geçiş hızını sorbitol içeren filmlere göre daha çok arttırmıştır (Ayana, 2007).

### 2.2.5. Çözücüler

Etanol ve su, yenilebilir film ve kaplama üretimi için kullanılan en yaygın çözücülerdir. Ancak, film veya kaplama maddesi bir proteinden üretilcekse, diğer organik çözücülerde kullanılabilir. Örneğin zein proteinden elde edilen filmlerde çözücü olarak aseton ve etanol kullanılmaktadır. Çözücü olarak etanol kullanılarak elde edilen filmler, aseton kullanılarak elde edilen filmlere göre daha iyi gerilme kuvveti göstermektedir. Aynı zamanda etanol kullanılarak hazırlanan filmler nemli ortamlarda daha iyi davranış göstermektedir (Üstünoğlu, 2009).

### 2.2.6. Diğer katkı maddeleri

Yenilebilir film ve kaplamalar; antioksidan ve antimikrobiyal maddeler, esmerleşmeyi önleyici ajanlar, emülsüfyerler, renklendiriciler ve diğer fonksiyonel maddeler gibi gıda katkıları ile birleştirilerek kullanılabilir. Bir gıda maddesinin duyu özellikleri, gıdanın yenilebilir film ve kaplamasına aroma ilave edilerek iyileştirilebilmekte, böylece gıda kalitesi ve kullanımı geliştirilebilmektedir. Yenilebilir film ve kaplamaların aktif bileşenler ile birleştirilmesi, gıdaların tüketici sağlığı üzerine olan etkisini de geliştirmektedir.

Kanatlı etleri, kırmızı et ve su ürünlerinde mikroorganizma gelişimini önleyerek bu ürünlerin raf ömrünü uzatmak dolayısıyla daha güvenli hale getirmek için yenilebilir film ve kaplamaların yapısına antimikrobiyal maddeler ilave edilebilmektedir. Antimikrobiyal madde ilaveli film ve kaplamaların en önemli avantajı, ajanın gıda içerisine difüze olarak mikroorganizma gelişimini inhibe etmesidir. Nisin, kitosan, organik asitler, esansiyel yağlar, laktoperoksidaz enzimi ve bitkisel ekstraktlar yenilebilir film ve kaplamalarda yaygın olarak kullanılan antimikrobiyal maddelerdir.

Kompozit emülsiyon filmlerde lipit dağılımını sağlamak ve kaplama maddelerinin etkinliğini artırmak amacıyla emülsüfyer maddeler kullanılmaktadır. Lesitin, gliserol monopalmat, asetilenmiş monogliserit, sodyum lauril sülfat, polisorbata 60, polisorbata 65, polisorbata 80, sorbiton monooleat ve sorbitan monosterat yaygın olarak kullanılan emülsüfyerlerdir. Bu maddelere ilaveten amfifilik özellikleri nedeniyle birçok protein de emülsüfyer olarak kullanılmaktadır (Üstünoğlu, 2009; Robertson, 2013).

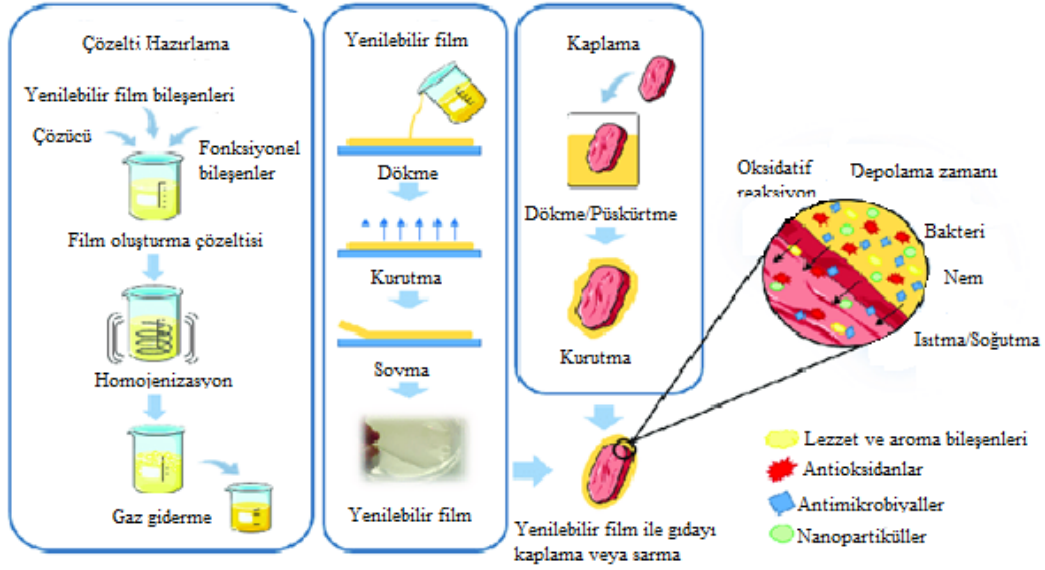
### 2.3. Yenilebilir Film Yapma Teknikleri

Yenilebilir film ısı jelleşme, koaservasyon, çözücü uzaklaştırılarak ve eriyiğin katılaştırılması gibi tekniklerle elde edilebilmektedir.

Koaservasyon tekniğinde, iki zıt yüke sahip hidrokolloidlerin çözeltisi karıştırılarak polimer kompleksi etkileşir ve çökelti oluşur.

Hidrokolloid filmlerin yapımında yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntemde çözücünün uzaklaştırılmasıdır. Bu işlemde, moleküller arası etkileşim fiziksel ve kimyasal muamele ile kararlı hale getirilir. Film çözeltisindeki makro moleküller etanol, su ya da asetik asit gibi çözücü ortamında dispers durumundadırlar. Bu karışıma plastikleştirici veya diğer katkı maddeleri eklenerek film özellikleri iyileştirilir. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi bu film karışımı düz bir yüzeye ince bir tabaka halinde dökülür, kurutulur ve yüzeyden soyulur. Bazı protein filmlerinin (kazein, soya proteini, buğday gluteni, peynir altı suyu proteini) hazırlanmasında, bu makro moleküllerin karışımları proteinin denatürasyonu, jel oluşumu veya çökme işlemlerini kapsayan jelatinizasyon ve koagülasyonun gerçekleşmesi için ısı işleme tabi tutulur. Bu aşamayı hızlı bir soğutma işlemi takip eder. Protein kompleksinde moleküllerin iç kısmı ve moleküller arasında bulunan disülfüt bağları denatürasyon sırasında parçalanır ve sülfidril gruplar azaltılır (Okamoto, 1978; Çağrı Mehmetoğlu, 2010). Disülfid bağları, film solüsyonunun kurutulması sırasında tekrar kurulur. Disülfid bağlarının tekrar oluşumu hidrojen bağları ve hidrofobik bağlar ile birlikte polipeptid zincirlerin birbirlerine bağlantılarını oluşturarak filmin yapısını meydana getirir.

Diğer film yapma tekniği ise eritmeyi takip eden katılaştırma işlemidir. Eriğin soğutmayla katılaştırılması lipit filmlere yaygın olarak uygulanır (Donhowe ve Fennema, 1993; Çağrı Mehmetoğlu, 2010).



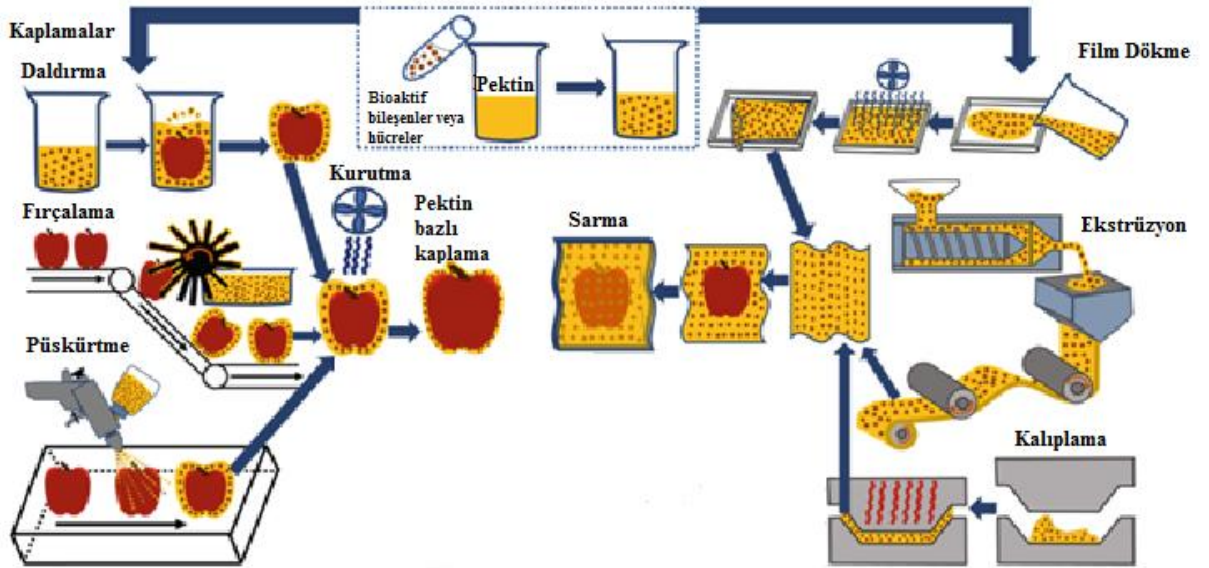
Şekil 2.1. Yenilebilir film/kaplama elde etme yöntemleri (Hassoun ve ark., 2020)

### 2.3.1. Yenilebilir film ve kaplamaların gıdalara uygulanma yöntemleri

Yenilebilir film ve kaplamaların gıdalara uygulanmasında Şekil 2.2’de görüldüğü gibi 5 farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; püskürtme, daldırma, boyama, dökme ve ekstrüzyon yöntemleridir (Dhanapal ve ark., 2012; Tural ve ark., 2017). Bu yöntemlerden en basit olanı, gıdanın 5-30 saniye boyunca doğrudan kaplama çözeltisine daldırıldığı uygulamadır (Pavlath ve Orts, 2009; Dhanapal ve ark., 2012; Tural ve ark., 2017). Bu uygulama daldırma yöntemi olarak bilinmekte ve gıda çözeltiyi absorbe etmekte, yüzeyde istenen kalınlıkta film tabakası oluşmaktadır (Pavlath ve Orts, 2009; Tural ve ark., 2017). Daldırma yöntemi düzgün olmayan yüzeylerin homojen şekilde kaplanması, kaplama çözeltisinin fazlalığının uzaklaştırılması ve kurutma olanağı sağlaması gibi avantajlara sahip olmakla birlikte, büyük hacimli gıdaların kaplanmasına uygun değildir. Daldırma yöntemi, tavuk, balık ve et gibi kaslı gıdalara asetil gliseritlerin uygulanmasında önerilmektedir (Polat, 2007; Dursun Oğur, 2012; Tural ve ark., 2017).

Şekil 2.3’te görüldüğü gibi püskürtme metodu, ince bir tabaka şeklinde düzgün ve homojen film oluşturulmasında ve sadece bir yüzeyin kaplanması istendiği durumlarda kullanılmaktadır. Pizza tabanları gibi, sadece tek yüzeyinde koruma sağlanacak maddeler için uygun bir yöntemdir (Krochta ve ark., 1994; Polat, 2007; Üstünoğlu, 2009; Tural ve ark., 2017). Kaplanmış gıda yüzeyinde ikinci bir film tabakası

oluşturmak ve kalsiyum-aljinat gibi ikili kaplama uygulamalarında çapraz bağlanmayı kolaylaştırmak amacıyla da püskürtme yönteminden yararlanılmaktadır (Polat, 2007; Üstünol, 2009; Tural ve ark., 2017). Bu yöntemin en önemli dezavantajı fazla miktarda kaplama materyali kullanılmasıdır. Bu nedenle yardımcı süreçler ile gıda üzerindeki kaplamanın tekdüze bir şekilde dağıtılması sağlanmaktadır (Dursun Oğur, 2012; Tural ve ark., 2017).

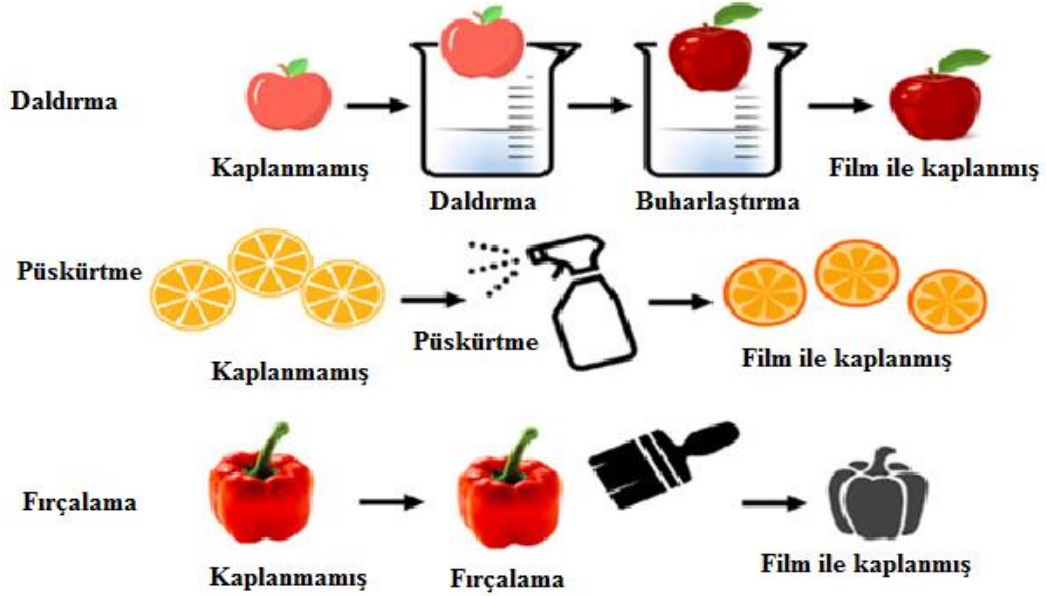


Şekil 2.2. Yenilebilir film ve kaplamanın gıdalara uygulanma yöntemleri (Tural ve ark., 2017; Jafarzadeh ve ark., 2021)

Boyama yöntemi, ince bir tabaka ve homojen yapı elde edilmesi veya gıdanın belli bir bölgesinin kaplanması durumunda kullanılmaktadır. Boyama yönteminde, sıvı formda bulunan kaplama çözeltisi fırça yardımıyla boyama yapılarak gıdanın kaplanması sağlanmaktadır (Polat, 2007; Dursun Oğur, 2012; Tural ve ark., 2017). Yenilebilir film ve kaplama uygulamalarından sonra gıda yüzeyinin uygun kurutma koşulları ile kurutulması gerekmektedir. Kurutma süresinin kısa olması, ürün yüzeyinde daha homojen bir yapı oluşumunu sağlamaktadır (Üstünol, 2009; Tural ve ark., 2017).

Dökme metodu, film oluşturacak çözeltinin, düzgün bir yüzey üzerine istenilen kalınlıkta dökülmesi, yayılması ve kurutulması ile film oluşturma yöntemidir (Polat, 2007; Dursun Oğur, 2012; Tural ve ark., 2017). Filmin yapısı, film döküm kalınlığı, çözelti bileşimi ve kurutma koşullarına bağlıdır (Dhanapal, 2012; Tural ve ark., 2017). Dökme metodu ile elde edilen filmler, gıdanın gaz geçirgenliğini azalttığından dolayı

direkt uygulamaları sınırlıdır. Bu nedenle, çoğunlukla daldırma ve püskürtme yöntemlerine yardımcı olarak kullanılmaktadır (Polat, 2007; Dursun Oğur, 2012; Tural ve ark., 2017).



**Şekil 2.3.** Film çözeltisinin daldırma, püskürtme ve fırçalama yöntemi ile gıdaya uygulanması

Nişasta bazlı yenilebilir filmlerin yapımında ekstrüzyon yöntemi kullanılmaktadır. Yöntemin esası, polimerlerin termoplastik özelliklerine dayanmaktadır. Bu yöntemde, polimerlere %10-60 oranında glikol, polietilen ve sorbitol gibi plastikleştirici eklenmektedir. Çözücü ilavesi gerekmediğinden ve kurutma işlemine ihtiyaç duymamasından dolayı dökme yöntemine göre endüstriyel uygulamalara daha uygundur (Dhanapal, 2012; Tural ve ark., 2017).

#### 2.4. Antimikrobiyal Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Son yıllarda tüketime hazır, kolay hazırlanan, minimum işlem görmüş gıda ürünlerine olan talebin artmasıyla birlikte gıda kalitesi ve güvenliği açısından yeni sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu sorunlara çözüm amacıyla ısı olmayan prosesler (vurgulu elektrik alan, yüksek hidrostatik basınç vb.), yeni ambalajlama teknikleri (modifiye atmosferde ambalajlama, aktif ambalajlama vb.) gibi yaklaşımlar üzerinde

çalışılmaktadır. Aktif ambalajlama teknolojilerinden biri olan antimikrobiyal ambalajlama, gıdada bulunan canlı mikroorganizma sayısını azaltarak gıda kalite ve güvenliğini sağlayan yeni bir ambalajlama sistemidir. Antimikrobiyal madde içeren ambalaj sistemlerinden olan yenilebilir film ve kaplamalar; meyve ve sebze, süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri gibi gıdalara uygulandığında gıdadaki canlı mikroorganizma gelişimini geciktirir veya engeller bundan dolayı gıdanın kalitesini ve raf ömrünü artırır (Ayana, 2007; Ayana ve Turhan, 2010).

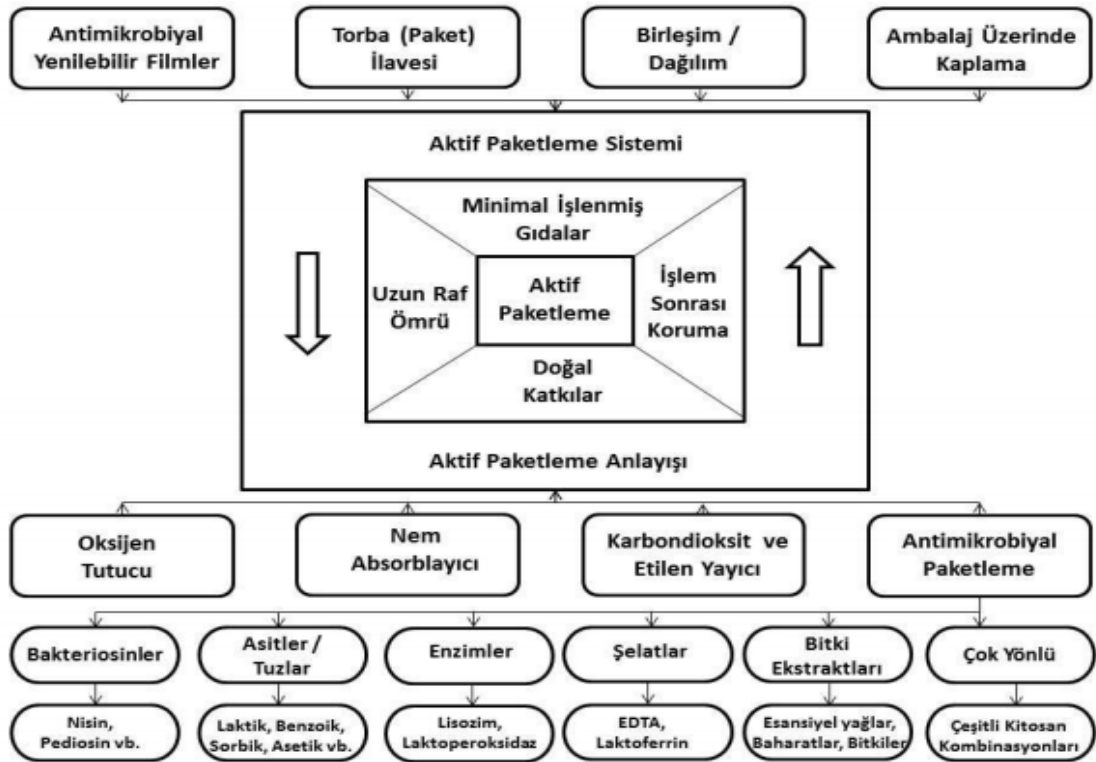
Gıda yüzeyiyle etkileşim halinde bulunan antimikrobiyal film ve kaplamalar, gıdada bulunan spesifik mikroorganizmaların gelişme hızını düşürerek canlı mikroorganizma sayısını azaltmakta, böylece gıda güvenliği ve tazeliği korunarak gıdanın kalitesi ve raf ömrü artırılabilir (Cha ve Chinnan, 2004; Ayana, 2007). Antimikrobiyal film ile ambalajlanmış gıdalar proses sonrası ambalaj açıldıktan sonra ya da ambalajlamadan hemen önce mikroorganizmalarla kontamine olabilirler. Bu mikroorganizmalar ambalaj ile gıda arasına yani gıda yüzeyine yerleşir. Antimikrobiyal kaplama uygulamalarında ise kaplama materyali ile kaplanmış gıda yüzeyinde, antimikrobiyal maddelerle doğrudan etkileşim ve oksijen yetersizliği nedeniyle mikroorganizma gelişimi gözlemlenmez. Antimikrobiyal maddenin difüzyon hızına bağlı olarak film ve kaplamadan, gıda tabakasına antimikrobiyal madde geçişi olur ve bundan dolayı antimikrobiyal madde miktarı azalır (Appendini ve Hotchkiss, 2002; Ayana, 2007; Kristo ve ark., 2008).

Yenilebilir film sistemlerinde antimikrobiyal madde, film tabakasından gıdaya yavaş bir şekilde geçmektedir. Böylelikle film yapısında ve gıda yüzeyinde yüksek oranda antimikrobiyal madde kalmakta ve mikroorganizmalara karşı daha uzun süre etki göstermektedir (Coma ve ark.,2002; Çağrı ve ark., 2002; Ayana, 2007). Kaplama sistemlerinde ise, gıdayı mikroorganizmalardan koruyabilmek için antimikrobiyal maddelerin kaplama materyalinin yapısında kalması gerekmektedir. Bundan dolayı etkin antimikrobiyal aktivite için kaplamadaki antimikrobiyal madde geçiş hızının filmdekine kıyasla daha düşük olması gerekmektedir (Gennadios ve ark.,1994; Ayana, 2007).

Antimikrobiyal madde içerikli film ve kaplamaların üretiminde doğal ve kimyasal antimikrobiyal maddeler kullanılmaktadır. Kimyasal antimikrobiyal maddeler, gıda ile tüketildiğinden dolayı kullanımlarına sınırlamalar getirilmiş ve sınırlı miktarda antimikrobiyal madde yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılmaya başlanmıştır

(Gennadios ve ark.,1994; Cha ve Chinnan, 2004; Ayana, 2007). Doğal antimikrobiyal maddelerin kullanımı kimyasal antimikrobiyal maddelerde olduğu gibi sınırlı değildir, antimikrobiyal etkiyi sağladıkları kritik miktar ve üzerinde kullanıldıklarında etkili bir antimikrobiyal aktiviteye sahiptirler. Ancak, kullanılan antimikrobiyal maddenin yüksek miktarda olması gıdada renk ve tat değişimlerine neden olabilmekte, bu durumda gıdanın kendine özgü renginin ve tadının baskılanmasına ve gıdanın tüketici tarafından tercih edilmemesine sebep olmaktadır.

Yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılan doğal antimikrobiyal maddeler arasında pediosin, malik asit, tarçın esansiyel yağı, palmarosa esansiyel yağı, limon otu esansiyel yağı, timol, üzüm çekirdeği özütü, yeşil çay özütü, nisin, ferulik asit, laktoperoksidad, kitosan gibi maddeler yer almaktadır. Kimyasal antimikrobiyal maddeler arasında ise potasyum sorbat, EDTA (etilendiamin tetraasetik asit), kalsiyum propiyonat gibi maddeler yer almaktadır (Gennadios ve ark.,1994; Ayana, 2007). Şekil 2.4'te aktif gıda paketleme sistemleri şablonu içerisinde antimikrobiyal paketlemede kullanılan maddelere yer verilmiştir.



Şekil 2.4. Aktif gıda paketleme sistemleri, kapsam ve uygulama matrisi (Imran ve ark., 2010)

## 2.5. Fonksiyonel Bileşenleri İçeren Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Uzun bir süre film ve kaplamalar çoğunlukla tek bileşenli kaplama formülasyonu olarak uygulanmıştır. Ancak son zamanlarda, fonksiyonel özellikler sağlayan iki veya daha fazla bileşenli yenilebilir film ve kaplama malzemeleri üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Bu bağlamda daha iyi fiziksel, mekanik ve bariyer özellikleri elde etmek için kompozit film ve kaplamalar hazırlanmıştır (Galus ve ark., 2020). Dolayısıyla yenilebilir film ve kaplama oluşturucu formülasyona tatlandırıcı ve renklendiriciler, antimikrobiyal ve antioksidan maddeler, emülgatörler ve plastikleştiriciler eklenmiştir. Bu küçük bileşenleri bir araya getirmek gıda kalitesini, stabilitesini, güvenliğini ve fonksiyonelliğini geliştirmektedir. Örneğin, Janes ve ark. (1999), sorbik asit, nisin ve p-aminobenzoik maddelerini model gıda sistemlerinde ve pişmiş tavuk etinde mikrobiyal gelişimi önlemek için doğrudan yenilebilir kaplamalara eklemiştir. Wu ve ark. (1999) ve Huang ve Weng (1998), lipid oksidasyonunu önlemek için tokoferol ve butillenmiş hidroksitoluen (BHT) gibi antioksidanları yenilebilir filmlere ekleyerek önceden pişirilmiş sığır köftelerini ve balık kasını kaplamıştır.

Mei ve ark. (2002), yüksek konsantrasyonlarda vitamin ve mineralleri yenilebilir film ve kaplamalara entegre etmek için çalışmalar yapmıştır. Yüksek konsantrasyonda E vitamini ve kalsiyum içeren ksantan gam kaplamaları geliştirmiş ve taze havuçlara uygulamışlardır. Bir havuç için 85 gram uygulanan kaplama, ~%6,7 DRI (Diyet Referans İndeksi) kalsiyum ve ~%70 DRI E vitamini sağlamıştır.

## 2.6. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Mekanik ve Geçirgenlik Özellikleri

Filmler genel olarak yıpranmaya ve kırılmaya karşı dirençli ve esnek olmalıdır. Film ve kaplamaların mekaniksel özellikleri film oluşturan materyalin özellikle yapısal kohezyonuna ve onun tipine bağlıdır. Kohezyon, bir polimerin polimerik zincirler arasında sayısız moleküler bağ ve güçlü form oluşturma yeteneğidir, böylece polimerik zincirlerin ayrımını engeller. Bu yetenek özellikle polimerin geometrisine, gücüne, moleküler ağırlık dağılımına, yapısına ve yan gruplarının pozisyonuna bağlıdır. Bunlara ek olarak mekaniksel özellikler çözücü tipi ve film oluşturma koşulları, buharlaştırma veya soğutma oranı ve kaplama tekniği gibi etkenlere de bağlıdır. Örneğin, gluten filmlerinin delinme gücü büyük ölçüde film oluşturan çözeltinin pH ve gluten konsantrasyonuna dayanmaktadır. Dirençli bir film yaklaşık pH 5'te yüksek gluten

içeriği (125 g/kg) ile film oluşturma çözeltisi oluşturularak elde edilebilir. Mekanik özellikler, film ve kaplama tarafından korunan gıdanın fizikokimyasal bütünlüğünü sağlamadan sorumlu oldukları için oldukça önemlidir ve genellikle tekstür analizörü kullanılarak belirlenirler. Mekanik göstergelerin değerleri marjinal, alt, iyi ve üstün olarak kategorize edilir. Böylece, film ve kaplama kullanıcıları bir kaplamanın korunması gereken gıda ile uyumluluğunu objektif olarak değerlendirebilir (Avramescue ve ark., 2020).

Sentetik polimer/nişasta karışımından üretilen biyobozunur ambalaj malzemesinin mekanik özellikleri nişasta içeriğine, uyumluluğuna ve bu parametreleri geliştirmek için uyumlaştırıcı maddelerin eklenmesine bağlıdır. Birinci nesil ambalaj için, nişasta yüzdesini artırmak esneklik ve delinme gücünü azaltır.

Amorf maddelerin mekanik özellikleri, bu maddelerin sıcaklığı camsı geçiş sıcaklığını ( $T_g$ ) aştığı zaman önemli derecede değişmektedir. Camsı geçiş sıcaklığı materyalleri özellik ve açık yapısal farklılıklarına göre iki alana ayırarak potansiyel uygulamalarını belirler. Camsı geçiş sıcaklığının altındaki maddeler katı, bu sıcaklığın yukarısındaki sıcaklığa sahip maddeler ise visko-elastik hatta sıvıdır.  $T_g$ 'nin altında sadece dönme hareketleri ve uyumlu olmayan titreşimler mümkündür.

Biyopolimerik filmlerin optik özellikleri üretim prosedürüne ve film formülasyonuna bağlıdır. Örneğin gluten bazlı filmlerin opaklığı büyük ölçüde film oluşturma koşullarına bağlıdır. Düşük yoğunluklu polietilen–nişasta bazlı filmlerin yoğunluğu nişasta konsantrasyonu ve granül çapı arttıkça artar (Guilbert ve ark., 1996).

Krochta ve Mulder-Johnston (1997) ve McHugh ve Krochta'a (1994) göre yenilebilir filmlerin kopmada uzama ve gerilme direnci özellikleri filmlerin kimyasal yapıları ve mekanik özellikleriyle ilgilidir. Kopmada uzama yüzdesi (EB, %) filmin gerilme kapasitesi veya esnekliğinin bir ölçüsüyken, gerilme direnci (TS, MPa) filmin direncini ölçen maksimum güçtür. Jongjareonrak ve ark. (2008), balık derisi jelatinine dayalı filmlere E vitamini eklenmesinin zamanla filmlerin mekanik özelliklerini değiştirdiğini bildirmişlerdir. Başlangıçta, E vitamini film gerilme direncini %14'e düşürmüştür, ancak balık jelatini kaynağına bağlı olarak %16'ya ulaşmıştır. E vitamini ve jelatin arasındaki etkileşim jelatin bazlı filmlerde kopma uzamasını 6 haftalık depolamadan sonra % 33'e düşürmektedir. Filmlerin mekanik özelliklerindeki bu

azalma jelatin ve E vitamini arasındaki etkileşimin biyopolimer filmdeki makromoleküllerin hareketini azaltması sonucu meydana gelir.

Yenilebilir filmlerin bariyer özellikleri arasında su buharı geçirgenliği, gaz geçirgenliği, uçucu geçirgenliği ve çözücü madde geçirgenliği bulunmaktadır. O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> geçirgenliğinin her ikisi de oksidasyon ve solunum tepkimelerinde gıda kalitesini etkileyebileceği için önemlidir. Su buharı geçirgenliği, ürünün gevrekliğinin muhafaza edilmesi gerektiğinde dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biridir. Su buharı geçirgenliği film veya kaplama ile kaplı ürünü etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Gıdayı korumak demek gıdanın olduğu gibi kalmasını sağlamaktır bu nedenle her iki yönde de su geçişi engellenmelidir. Genellikle film kaplamaların ana bileşenleri polisakkaritler ve proteinlerdir ve WVP'yi düşürmek için bazı lipit ürünleridir. E vitamini gibi hidrofobik katkı maddeleri de WVP'yi azaltmaktadır (Avramescue ve ark., 2020). Uçucu ve çözücü geçirgenliği bir maddenin difüzyonunu sınırlandırmak istediğimiz zaman önemli etkenlerdendir. Polisakkarit filmlerden hazırlanan yenilebilir filmlerin bariyer özellikleri neme duyarlıdır. Ancak protein bazlı filmler en kötü bariyer özelliklerine sahiptir. Lipidler mükemmel bir nem bariyeri özelliğine sahip olduğundan dolayı, filme lipidin dahil edilmesi su buharı geçirgenliğini azaltabilir. Karışım içindeki lipit dağılımı ve polimer zincirlerin yapısı filmlerin geçirgenliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Daha az düzenli bir yapı polimer arasında daha iyi etkileşime izin verebilir. Filmlerin bariyer özelliklerinin gelişmesinde ayrıca protein polipeptit zincirlerinin arasındaki kohezyonun artması ve düzgün lipit dağılımı da etkili olabilir. Moleküler kristallik ayrıca filmlerin çözünürlüğünü ve geçirgenlik özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Lipitler fazla sayıda kristal formda kullanılabilir. Genellikle yüksek kristallik derecesi, filmin geçirgenliğinin düşmesine neden olur (Lacroix, 2009).

## **2.7. Gıda Uygulamalarında Yenilebilir Film ve Kaplamalar**

Fırıncılık ürünlerinde raf ömrünü artırmak, ekmek kalitesini yükseltmek ve hamur özelliklerini optimize etmek için katkı maddeleri kullanılmaktadır. Yenilebilir film ve kaplamalar bu ürünlerde mikrobiyal bozulmayı engellemek ve raf ömrünü uzatmak için alternatif yöntemdir. Saraiva ve ark. (2016), sitrik asit ve potasyum sorbat katkı maddelerini içeren patates nişastası bazlı yenilebilir filmi panettonlara uygulamışlardır. Sonuç olarak film kaplamanın maya ve küf gelişimini engellediği

bildirilmiştir. Raf ömrünün film uygulanan örneklerde 48 gün, film uygulanmayan kontrol grubu örneklerde ise 16 gün olduğu aktarılmıştır.

Shulga ve ark. (2015), zencefil ekmeğinde koruyucu faktör olarak keten tohumu yağı ilaveli yenilebilir kaplama kullanmışlardır. Son ürünün organoleptik ve fizikokimyasal özelliklerine (nem içeriği, su absorpsiyonu ve gevreklik) bakılarak keten tohumu yağı içeren kaplamanın ürünün biyolojik değerini artırdığı ortaya konmuştur. Tat, koku, renk, yapı ve yüzey gibi özellikler değerlendirildiğinde şeker şurubu ile kaplanan ürünlere göre keten tohumu yağı ilaveli film ile kaplanan ürünlere kalite açısından fark olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca yağ ilaveli film ile kaplamak ürüne parlak görünüm kazandırarak pozitif etki yaratmıştır.

Taze meyve ve sebzeler besin maddelerinin varlığı ve yüksek su aktivitesinden dolayı mikrobiyal bozulmaya karşı oldukça hassastır. Meyve ve sebzelerde depolama boyunca yaşanan kalite kayıplarını önlemek amacıyla yenilebilir film ve kaplamalar geliştirilmiştir.

Mumlar kaplama maddesi olarak greyfurt, elma, kiraz, limon, portakal, armut, üzüm, mango gibi meyvelerde ve kereviz, domates, biber, patlıcan, havuç, turp, mısır gibi sebzelerde yaygın ölçüde kullanılmıştır. Ayrıca meyveler için oksijen penetrasyonunu azaltarak olgunlaşmayı daha iyi kontrol altında tutabilen karbondioksit ve etilen evaporasyonunu azaltan yenilebilir filmler geliştirilmiştir (Kayaardı ve Akkara, 2020).

Alves ve ark. (2017), dilimlenmiş elmaların kalitesini artırmak için antioksidan özelliğe sahip ferulik asit ilaveli soya proteini bazlı yenilebilir kaplama kullanmışlardır. Çalışma sonucunda film ile kaplanan elmalarda kontrol grubuna kıyasla esmerleşme oranının daha düşük ve ağırlık kaybının daha az olduğu bildirilmiştir.

Et ve et ürünlerinde yenilebilir film kullanımı; lipid ve miyoglobin oksidasyonuna bağlı acılaştırmanın ve kahverengileşmenin azaltılması, depolama süresince meydana gelen nem kaybının azaltılması, patojen ve bozulma etkeni mikroorganizmaların et yüzeyinden girişinin engellenmesi gibi avantajlar sağlamaktadır (Oğuz ve Yangınlar, 2016).

Chidanandaiah ve ark. (2009), aljinat kaplamaların köftelerde mikrobiyolojik gelişimi inhibe ettiği ve lipid oksidasyonunu geciktirdiğini bildirmişlerdir. Wu ve ark. (2001), nişasta/aljinat/stearik asit bazlı filmlerin sığır eti köftelerinde lipid

oksidasyonunun kontrolünde etkili olmadığını fakat nem kaybı kontrolünde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

## 2.8. Yenilebilir Filmlerin Ticari Üretimi ve Geleceği

Ticari olarak erişilebilir yenilebilir filmler homojen ve tek katmanlıdır. Filmleri özel uygulamalarda kullanmaya daha elverişli yapmak için filmler boyutlarına göre kesilirler. Eşsiz özelliklere sahip film ve kaplamalar gıda şirketlerinin, ürünlerinin kalitesini geliştirmesi ve raf ömrünü uzatması için umut verici bir teknolojidir. Ancak, minimum düzeyde işlenmiş taze meyve ve sebze üzerindeki uygulamalar hala çok sınırlıdır. Bunun ana sebebi film ve kaplama materyallerinin arzu edilir fonksiyonelliğinin eksik olmasıdır. Yeni materyaller geliştirebilmek için film ve kaplamalarda kullanılan bileşenler arasındaki etkileşimi ve onların fonksiyonelliğini anlamak için daha fazla çaba gereklidir. Aynı zamanda, mevcut materyallerin fonksiyonelliğini geliştirmekte önemlidir. Bunlar film oluşturma koşullarını değiştirerek ve film oluşturma çözeltilerinin formülasyonunu düzenleyerek ve fonksiyonel bileşenler ilave edilerek yapılabilir. Bunlara ilaveten, yenilebilir film ve kaplamaların tüketici kabul edilebilirliğini anlamak için daha fazla duyuşal çalışma yapmak önemlidir çünkü bu bilgiler raf ömrünü artırmak için kaplanmış gıdanın kalite kriterlerini belirlemede önemlidir. Bazı son kullanımlarda, filmler püskürtmeli yazıcılar kullanılarak marka logoları ve dekoratif desenleriyle birlikte basılmaktadır. Bu ürün formları, iyi bilinen ekipmanlara ve işlemlere dayalıdır ve yenilebilir filmler için en temel uygulamaları temsil etmektedir. Film üreticileri tarafından yapılan yatırımlar ve yoğun patent çalışmalarının gösterdiği gibi yenilebilir filmler için bir sonraki geliştirme düzeyine yönelik çalışmalar şimdiden oldukça ilerlemiştir. Yenilebilir filmler için gelecekteki gelişmeler yeni fonksiyonel yapıları farklı filmlerle birleştirerek filmlere katma değer sağlayacaktır (Zhao ve McDaniel, 2005; Rossman, 2009).

## 2.9. Kek

Kek, hem düşük maliyeti hem kolay hazırlanışı hem de lezzetiyle her yaşta insan grubu tarafından yaygın şekilde tüketilen tahıl ürünleri arasındadır (Gerçekaslan ve Boz, 2017). Genellikle buğday unu, şeker, yağ, yumurta, kabartma tozu, vanilin, şortening ve bazı katkı maddelerinin kullanılmasıyla oluşturulan karışımın

pişirilmesiyle elde edilen kek kimyasal ve mekanik olarak kabartılan bir tahıl ürünü olarak tanımlanabilir (Köklü ve Özer, 2008; Koçak, 2018; Karaoğlu ve Bedir, 2020). Keklerin sınıflandırılmasını kalıp, top, baton, pasta altı, bar, kakaolu, baharatlı ve peynirli olarak yapılabilmektedir (Mercan ve Boyacıoğlu, 1999; Uçar ve Hayta, 2012). Kekte homojen iç yapı, düşük sertlik, geç bayatlama, yüksek hacim ve uzun raf ömrü arzu edilen kalite özellikleridir (Jongsutjarittam ve Charoenrein, 2013; Işık ve ark., 2017; Karaoğlu ve Bedir, 2020).

Kek karışımı su içinde yağ emülsiyonudur. Hamurun pişmesi sırasında, sıcaklık yükseldikçe mayalanma ve su buharı basıncı sonucu oluşan karbondioksit miktarı artarak hamur karışımındaki hava kabarcıkları genişlemektedir. Aynı zamanda gerçekleşen protein denatürasyonu ve nişasta jelatinizasyonu gibi dönüşüm olayları kek karışımını sıvı halden katı hale dönüştürerek keklerde yapısal dokuyu oluşturmaktadır (Karaoğlu ve Bedir, 2020; Karaoğlu, 1998; Kıranlı, 2006; Boz, 2018).

## 2.10. Kek Raf Ömrü

Kekte formülasyonu oluşturan bileşenlerin miktarı, su aktivitesi, ambalajlama ve depolama şartları kekin bayatlaması ve raf ömrünü etkileyen başlıca faktörlerdir (Botosa ve ark., 2013; Karaoğlu ve Bedir, 2020). Ambalajlama koşullarının ve kek formülasyonunun geliştirilmesi, dondurarak muhafaza etme, bozulmayı ve bayatlamayı geciktirici katkı maddelerinin kullanımı gibi çeşitli işlemler ile keklerde raf ömrünün uzatılması için çok sayıda çalışma yapılmıştır (Seyhun ve ark., 2005; Baeva ve Panchev, 2005; Gomez ve ark., 2007; Janjarasskul ve ark., 2016; Jongsutjarittam ve Charoenrein, 2013; Samapundo ve ark., 2016; Karaoğlu ve Bedir, 2020).

Bayatlamaya ve raf ömrüne karşı tolerans endüstriyel formdaki keklerin kalitelerini belirlemektedir. Günümüzde tüketiciler tarafından yoğun şekilde tercih edilen keklerin endüstriyel alandaki en önemli problemi raf ömrünün kısa olmasıdır. Raf ömründe etkili olan durum gıdaların bozulmalarıdır. Gıdalar depolama boyunca fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlere uğrayarak taze formlarını kaybederler. Keklerde bayatlama, oksidasyon ve küflenme sonucu raf ömrünün olumsuz etkilenmesi bu durumlara örnek verilebilir (Uçar ve Hayta, 2012).

Keklerde kullanılan yağ tipi, uygulamadaki ısı sıcaklığı ve son ürünün depolanma koşulları lipid oksidasyonundan dolayı önemli faktörlerdir. Oksidasyon

süresince aldehitler, alkoller, peroksidazlar, ketonlar, hidrokarbonlar ve oksidasyon zincirinin sonunda ürününün ransiditesine neden olan asitler oluşmaktadır (Turan ve ark., 2012; Alrefaie ve Bostan, 2017). Hatta, lipidlerin oksidasyonu vücut bağışıklık sisteminde ve hücreler üzerinde istenmeyen etkiler yaratmaktadır (Karpinska ve ark., 2001; Alrefaie ve Bostan, 2017). Bundan dolayı kek endüstrisinde BHA (beta hidroksi asit) ve BHT gibi antioksidanların kullanımı zorunludur. Ancak, toksikoloji ve beslenme açısından gıda endüstrisinde yapay antioksidanların kullanımının insan hücreleri üzerinde kanserojenik etki yarattığı tespit edilmiştir (Ames, 1983; Alrefaie ve Bostan, 2017). Bu nedenle son yıllarda yapılan çalışmalar endüstriyel formdaki keklerde bitki ekstraktlarından ve esansiyel yağlardan elde edilen doğal antioksidanların kullanımına odaklanmıştır (Alrefaie ve Bostan, 2017).

### **2.11. Karanfil (*Syzygium aromaticum*)**

*Myrtaceae* familyasına ait olan ve ilk kez tropikal Asya'da bulunan karanfil baharatı, antik çağlardan beri birçok hastalığın tedavisinde kullanılmıştır (Mishra ve Singh, 2013; Kamkar ve ark., 2013; Vural, 2014; Güneş Bayır ve Bilgin, 2019). Karanfil bitkisinin tarihi M.Ö. 1. yüzyıla kadar dayanır ve birçok insan onu diş ağrılarını kesmek için kullanmıştır (Milind ve Deepa, 2011; Alrefaie ve Bostan, 2017). Bu bitki tüm sezon boyunca yeşildir, kışın yapraklarını dökmez ve 10 ile 20 metreye kadar uzayabilir.

Karanfil üzerine yapılan araştırmalarda, karanfilin genel olarak antidiyabetik, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antioksidan, analjezik ve antitrombotik etkileri tespit edilmiştir (Milind ve Deepa, 2011; Güneş Bayır ve Bilgin, 2019). Santos ve ark. (2009)'nın gerçekleştirdiği çalışmaya göre, ekstrakte karanfil yağı %49 ile %87 arasında aroma ve antioksidan özellikten en çok sorumlu olan öjenol maddesini içermektedir. Karanfil ekstraktı ve yağının patojen bakteriler ve antibiyotiğe dirençli bakteriler üzerine antibakteriyal etki gösterdiğine dair çalışmalar yapılmıştır (Nascimento ve ark., 2000; Mytle ve ark., 2006; Cava ve ark., 2007; Güneş Bayır ve Bilgin, 2019).

Kumar ve ark.(1997)'nin, karanfil baharatının antimikrobiyal etkisi üzerine gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda, karanfilin *S. aureus*, *E. faecalis*, *M. smegmatis*,

*C. albicans* ve *M. luteus*, *K. pneumoniae*'e karşı inhibe edici etki gösterdiğini belirtmişlerdir.

Chon ve ark., (2020) karanfil yağının *Salmonella enteritidis* ve *Cronobacter sakazakii* bakterileri üzerindeki antibakteriyal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan süt, yoğurt ve kefire %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranlarında karanfil yağı eklemişlerdir. Hem duyuşal hem de antibakteriyal özellikleri değerdendirilen ürünler için biyofonksiyonel süt ürünlerinde karanfil yağı kullanılmasının gıda kaynaklı patojen bakterilerin gelişimini kontrol altına aldığı ve süt için %0.5, yoğurt ve kefir için %1.0 karanfil yağı ilavesinin kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

## 2.12. Tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*)

*Lauraceae* familyasına ait olan tarçın, tarihte bilinen en eski baharatlardan birisidir ve ana vatanı Güney Asyadır. Sinemaldehit (%61) ve öjenol (%30) tarçın bitkisinin başlıca bileşenlerini oluşturmaktadır (Cabello ve ark., 2009; Kahraman ve ark., 2014; Tomar ve Akarca, 2019).

Ülkemizde yaygın şekilde tüketilen tarçın baharatı için yapılan araştırmalar, tarçının antioksidant, antialerjik, antifungal, antimikrobiyal, antitümöral ve kabızlığı önleyici özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Tarçın, genellikle güvenli olarak kabul edilen (GRAS) gıda katkı maddesi olarak kabul edilmektedir (Akarca ve ark., 2015; Baykal ve ark., 2018).

Souza ve ark. (2013), manyok nişastasını bazlı filmlere tarçın yağı ilave ederek bu filmlerin antimikrobiyal aktivite, mekanik ve bariyer özellikleri ile mikroyapıları üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Esansiyel yağ içerikli filmlerin, yaygın olarak ekmekte bulunan *Penicillium commune* ve *Eurotium amstelodami* mantarlarına karşı yüksek etkide antimikrobiyal aktivite gösterdiklerini bulmuşlardır.

Oussalah ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, tarçın esansiyel yağının etten izole edilen *Pseudomonas putida* suşu üzerinde güçlü bir antimikrobiyal aktivite gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Kim ve ark. (2004), tarçın yağı bileşenlerinden olan sinemaldehitin *Escherichia coli* O157:H7'ye karşı bakterisidal olduğunu bildirmişlerdir. Taramalı elektron mikroskopundan elde edilen görüntülere göre,

sinamaldehitin bakteri hücrelerinin yüzey yapılarında ciddi hasarlar yarattığı ortaya çıkmıştır. Nielsen ve Rios (2000), tarçın esansiyel yağının ekmeğin en önemli bozulma mantarlarına karşı yüksek inhibitör aktiviteye sahip olduğunu göstermişlerdir.



### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Muffin kek üretimi için, şortening, buğday unu, şeker, sıvı yağ, yumurta, süt, kabartma tozu, vanilin, kakao ve film bileşiminde kullanılan keten tohumu yağı, karanfil, tarçın Konya piyasasından temin edilmiştir. Film çözeltisinde kullanılan HPMC, jelatin, gliserol, ksantan gam TNT Endüstriyel San. ve Tic. Ltd. Şti. (Konya) adlı firmadan temin edilmiştir.

#### **3.2. Yöntem**

##### **3.2.1. Deneme deseni**

Çalışma iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada jelatin ve HPMC olmak üzere iki farklı film oluşturucu madde içeren çözeltilere yağlı ve yağsız olmak üzere tarçın ve karanfilin toz ve ekstraktının ilave edilmesi ve sade olarak hazırlanması ile çeşitlendirilerek film çözeltileri oluşturulmuştur. Çalışmanın bu aşaması 2 tekerrürlü olarak (2×2×5) ×2 deneme desenine göre yürütülmüştür.

Çalışmanın ikinci aşamasında üretimi gerçekleştirilen ve analizi yapılan film örneklerinden optimum özelliklere sahip olan yenilebilir filmler seçilmiştir. Seçilen formülasyonlar üretilen muffin keklerin kaplanması için kullanılmıştır. Kek örnekleri besinsel, duyuşal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Yenilebilir film ile kaplanmış kek örneklerine 1., 8. ve 15. günlerde bazı analizler (nem, pH ve titrasyon asitliği, tekstür, maya-küf sayımı, toplam mezofil aerob bakteri sayımı) uygulanmıştır.

##### **3.2.2. Karanfil ve tarçın ekstraksiyon yöntemi**

Ekstraksiyon işleminde Grigoros ve ark. (2013) tarafından belirtilen metot modifiye edilerek kullanılmıştır. Ekstraksiyon işlemin için ilk olarak Şekil 3.1'deki gibi tarçın ve karanfil laboratuvar tipi öğütücüde (Sinbo SCM2934) toz haline getirilmiştir. 100 gram tarçın ve karanfil ayrı ayrı erlenmayerlere alınıp, üzerlerine 600 ml etanol ilave edilerek 3 saat boyunca 25 °C'de 160 rpm'de Şekil 3.2'de görülen çalkalamalı su banyosunda (Wise Bath, WSB-30, Kore) çalkalanmıştır. Daha sonra aynı ekstrakt

üzerine 400 ml etanol ilavesi ile 6 saat boyunca su banyosunda çalkalamaya ve daha sonra 12 saat süreyle ekstraksiyona devam edilmiştir. Ekstraksiyondan elde edilen karışım whatman no: 1 filtre kâğıdından süzölmüştür. Daha sonra süzöntü içerisinde kalan etanol 40 °C' derotary evaporatörde (Heidolph, Almanya) uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3.1. Karanfil ve tarçın ekstraksiyonu



Şekil 3.2. Laboratuvar tipi evaporatör ve su banyosu

### 3.2.3. Yenilebilir film hazırlanması

Yenilebilir film çözeltisini hazırlamak için Çizelge 3.1 ve 3.2’de belirtilen formülasyon ve Imran ve ark. (2010) ve Al-Anbari ve ark. (2019) tarafından belirtilen metotlar kullanılmıştır.

Jelatin içerikli film formülasyonunu hazırlamak için, 1.5 g gliserol ve 0.09 g ksantan gam 100 ml saf su içerisinde manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Karışım ikiye ayrılıp birine 0.5 g keten tohumu yağı ilave edilmiş diğerine ise yağ ilave edilmemiş ve karıştırma işlemine devam edilmiştir. Daha sonra her iki çözelti beş eşit hacime bölünüp ayrı ayrı toz tarçın (1 g), toz karanfil (1 g), ve karanfil ekstraktı (0.3 g) ve tarçın ekstraktı (0.3 g) eklenmiş, bir de tarçın ve karanfil ekstraktının ilave edilmediği film formülasyonları (kontrol) hazırlanmıştır. Manyetik karıştırıcının sıcaklığı açılıp karışımlara 6 g jelatin ilave edilmiştir. Çözeltiler 60 °C’de 30 dk karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Süre sonunda her bir çözelti 4 dk boyunca 13.500 rpm’de homojenizatör (Ultra Turrax, T 25 D, Almanya) ile homojenize edilmiştir. Çözeltiler, oluşan hava kabarcıklarının giderilmesi için 5 dakika ultrasonik su banyosunda bekletilerek 40 °C’ye soğutulduktan sonra film dökümü için hazır hale gelmiştir.

HPMC içerikli yenilebilir filmlerin hazırlanmasında farklı olarak 100 ml çözelti için 2 g HPMC, 0.6 g gliserol ve yağlı içerikli film çözeltileri için 0.5 g keten tohumu yağı kullanılmıştır. HPMC film oluşturucu maddesi ile hazırlanan yenilebilir film çözeltilerine ksantan gam ilave edilmemiştir. Hazırlanan çözelti 80 °C’de 30 dk karıştırılıp daha sonra 4 dk boyunca 13.500 rpm’de ultraturrax ile homojenize edilmiştir. Çözeltiler, oluşan hava kabarcıklarının giderilmesi için 30 dk ultrasonik su banyosunda bekletildikten sonra film dökümü için hazır hale gelmiştir.

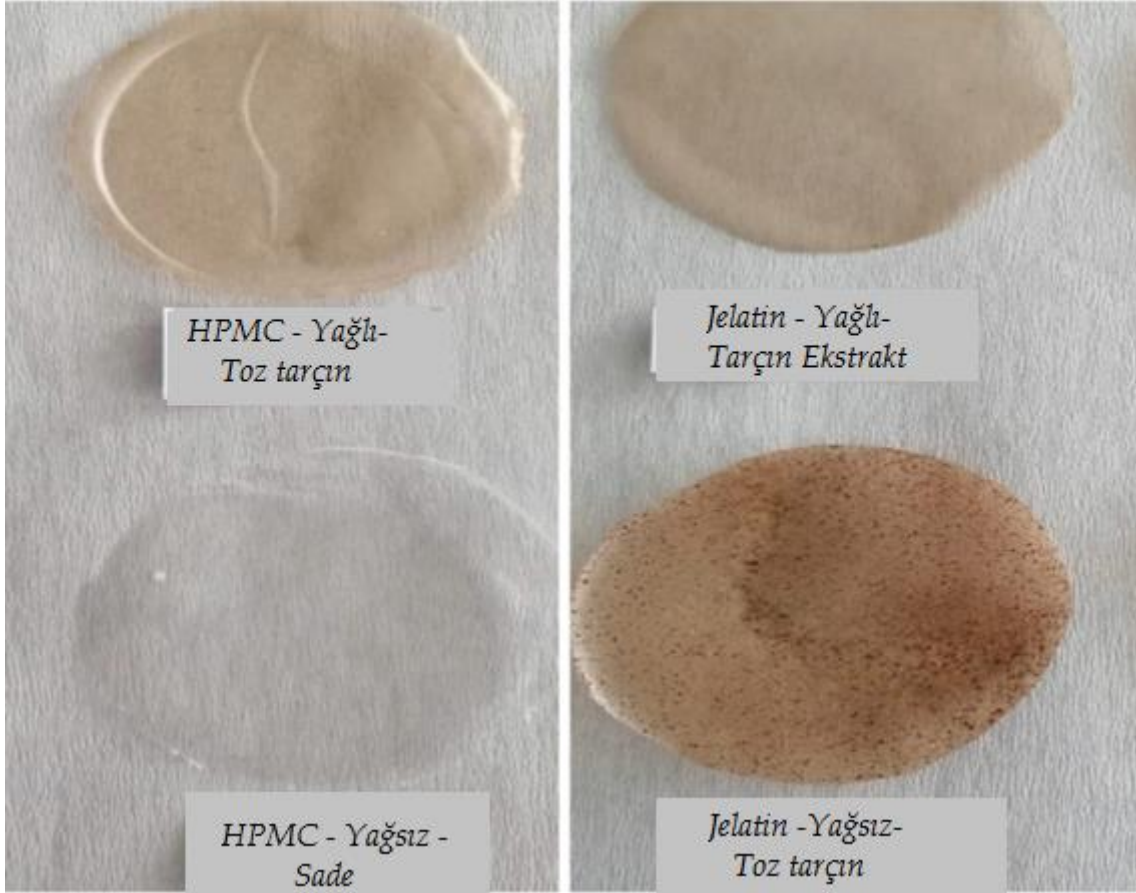
Çizelge 3.1. Jelatin içerikli yenilebilir film formülasyonları

ÖRNEK (100 ml çözelti için)	Jelatin	Gliserol	Ksantan gam	Keten tohumu yağı	Toz tarçın	Toz karanfil	Tarçın Ekstraktı	Karanfil Ekstraktı
JYS (Jelatin-yağlı-sade)	6 g	1.5 g	0.09 g	0.5 g	-	-	-	-
JYTT (Jelatin-yağlı-toz tarçın)	6 g	1.5 g	0.09 g	0.5 g	1 g	-	-	-
JYTE (Jelatin-yağlı-tarçın ekstraktı)	6 g	1.5 g	0.09 g	0.5 g	-	-	0.3 g	-
JYTK (Jelatin-yağlı-toz karanfil)	6 g	1.5 g	0.09 g	0.5 g	-	1g	-	-
JYKE (Jelatin-yağlı-karanfil ekstraktı)	6 g	1.5 g	0.09 g	0.5 g	-	-	-	0.3 g
JYSs (Jelatin-yağsız-sade)	6 g	1.5 g	0.09 g	-	-	-	-	-
JYsTT (Jelatin-yağsız-toz tarçın)	6 g	1.5 g	0.09 g	-	1 g	-	-	-
JYsTE (Jelatin-yağsız-tarçın ekstraktı)	6 g	1.5 g	0.09 g	-	-	-	0.3 g	-
JYsTK (Jelatin-yağsız-toz karanfil)	6 g	1.5 g	0.09 g	-	-	1 g	-	-
JYsKE (Jelatin-yağsız-karanfil ekstraktı)	6 g	1.5 g	0.09 g	-	-	-	-	0.3 g

Çizelge 3.2. HPMC içerikli yenilebilir film formülasyonları

ÖRNEK (100 ml çözelti için)	HPMC	Gliserol	Keten tohumu yağı	Toz tarçın	Toz karanfil	Tarçın Ekstraktı	Karanfil Ekstraktı
HYS (HPMC-yağlı-sade)	2 g	0.6 g	0.5 g	-	-	-	-
HYTT (HPMC-yağlı-toz tarçın)	2 g	0.6 g	0.5 g	1 g	-	-	-
HYTE (HPMC-yağlı)	2 g	0.6 g	0.5 g	-	-	0.3 g	-
HYTK (HPMC-yağlı)	2 g	0.6 g	0.5 g	-	1g	-	-
HYKE (HPMC-yağlı)	2 g	0.6 g	0.5 g	-	-	-	0.3 g
HYsS (HPMC-yağsız)	2 g	0.6 g	-	-	-	-	-
HYsTT (HPMC-yağsız)	2 g	0.6 g	-	1 g	-	-	-
HYsTE (HPMC-yağsız)	2 g	0.6 g	-	-	-	0.3 g	-
HYsTK (HPMC-yağsız)	2 g	0.6 g	-	-	1 g	-	-
HYsKE(HPMC-yağsız)	2 g	0.6 g	-	-	-	-	0.3 g

Hazırlanan film çözeltileri 10 ml kalınlığında plastik petri kaplarına dökülmüştür. Petri kapları üstü açık şekilde 24 saat boyunca oda koşullarında kurumaya bırakılmıştır. Süre sonunda Şekil 3.3'te görüldüğü gibi kuruyan filmler soyularak petri kabından çıkarılmıştır. Filmler renk ölçümü, opaklık, su aktivitesi, suda çözünürlük, ağırlık, kalınlık ve SEM analizlerine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.3. Jelatin ve HPMC içerikli yenilebilir filmler

### 3.2.4. Filmlerde yapılan analizler

#### 3.2.4.1. Renk ölçümü

Film örneklerinin renk ölçümü için, HunterLabColorQuest II Minolta CR-400 (KonicaMinoltaSensing, Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak  $L^*$  değeri [ (0) siyah, (100) beyaz ],  $a^*$  değeri [ (+) kırmızı, (-) yeşil ] ve  $b^*$  değeri [(+) sarı, (-) mavi ] belirlenmiştir (Francis, 1998). Elde edilen bu değerlerden filmlerin SI ve hue angle ( $H^*$ ) değerleri sırasıyla 3.1 ve 3.2'de verilen formüle göre hesaplanmıştır. *Chroma* olarak isimlendirilen SI değerine göre, değer yükseldikçe renk daha parlak, küçüldükçe ise daha mat gözlenir.  $H^*$  derece olarak *hue* açısını göstermektedir.  $0^\circ + a^*$  eksenine (kırmızı),  $90^\circ + b^*$  eksenine (sarı),  $180^\circ - a^*$  eksenine (yeşil),  $270^\circ$  ise  $- b^*$  eksenine (mavi) karşılık gelmektedir (Minolta, 2007; Keskin ve ark., 2017).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.1)$$

$$H^* = \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (3.2)$$

#### 3.2.4.2. Su aktivitesi tayini

Filmlerin su aktivitesi ( $a_w$ ) değeri, AQUALAB apparatus (DECAGON DevicesInc., Model Series 3TE, USA) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Saf su ( $1.000 \pm 0.003\%$ ) kalibrasyonda standart olarak kullanılmıştır. Ölçümler  $25^\circ\text{C}$ 'de gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.4.3. Opaklık

Film örneklerinin opaklığı spektrofotometre (Biochrom, Libra S22, İngiltere) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Filmler spektro küvetinin bir kenarını kaplayacak şekilde dikdörtgen parçalar halinde kesilmiştir, spektrofotometre 500 nm dalga boyuna ayarlandıktan sonra kesilen film parçaları spektro küvetinin iç tarafına yerleştirilip absorbans değerleri okunmuştur (Eker ve İçöz, 2004). Elde edilen absorbans değerleri 3.3'te verilen formülde kullanılarak filmlerin opaklığı hesaplanmıştır.

$$Opaklık = 500 \text{ nm}'de \text{ absorbans} \times \text{Film kalınlığı} \quad (3.3)$$

#### 3.2.4.4. Suda çözünürlük analizi

Yenilebilir film numuneleri 2×2 cm boyutunda kesilerek 105 °C’de 24 saat boyunca etüvde kurutulup ardından filmlerin kuru ağırlıkları ölçülmüştür (çi). Kuru ağırlıkları belirlenen örnekler içine 50 ml saf su doldurulmuş beherlere yerleştirilip ağızları kapatılmıştır. Beherler su banyosunda 25 °C’de 24 saat süreyle sabit çalkalamaya tabi tutulmuştur. Bu süre sonunda beher içinde kalan çözünmemiş film kısmı 105 °C’de 24 saat boyunca kurutularak son ağırlıkları ölçülmüştür (çs) (Basiak ve ark., 2015; Andrade ve ark., 2016). Elde edilen değerler 3.4’de verilen formülde kullanılarak film örneklerinin suda % çözünürlüğü hesaplanmıştır. Formülde; %Ç çözünürlük yüzdesi, çi numunenin başlangıçtaki kuru ağırlığı ve çs numunenin çözünmemiş son kuru ağırlığıdır.

$$\text{Çözünürlük (\% Ç)} = [(çi - çs)/çi] \times 100 \quad (3.4)$$

#### 3.2.4.5. Ağırlık ve kalınlıklarının belirlenmesi

Film kalınlıkları kumpas ile ölçülmüştür. Filmlerden standartlara uygun olarak birkaç numune kesilip kesilen film numuneleri dijital kumpasta (0.001 mm, Mitutoyo, Tokyo, Japonya) beş farklı noktada kalınlıkların ölçülmesi ve bunların aritmetik ortalamasının alınmasıyla elde edilmiştir (Jongjareonrak, 2006; Abugoch, 2011). Hassas terazide (OHAUS, AX224, USA) her bir filmin ortalama ağırlığı belirlenmiştir.

#### 3.2.4.6. Morfolojinin belirlenmesi (SEM)

Filmlerin morfolojisi Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak belirlenmiştir. Film örnekleri uygun ölçekli kesilip analiz için önce 4.03 nm’de altın-palatyum ile kaplanarak iletken hale getirilmiştir daha sonra farklı ölçeklerdeki (x500, x1000, x5000) görüntüler kaydedilmiştir.

### 3.2.5. Kek üretimi ve keklerin film çözeltisi ile kaplanması

Kek üretiminde; un, süt, sıvı yağ, şeker, margarin, yumurta, kakao, kabartma tozu ve vanilya kullanılmıştır. Üretim Çizelge 3.3'te verilen bileşenlerin karışımları ile Alrefaie' nin (2017) çalışmasına göre modifiye edilerek yapılmıştır.

**Çizelge 3.3.** Kek formülasyonu

İngrediyentler	Miktar
Un	220 g
Süt	160 ml
Sıvı yağ	80 ml
Şeker	266 g
Margarin	75 g
Yumurta	165 g
Kakao	50 g
Kabartma tozu	5 g
Vanilya	3 g

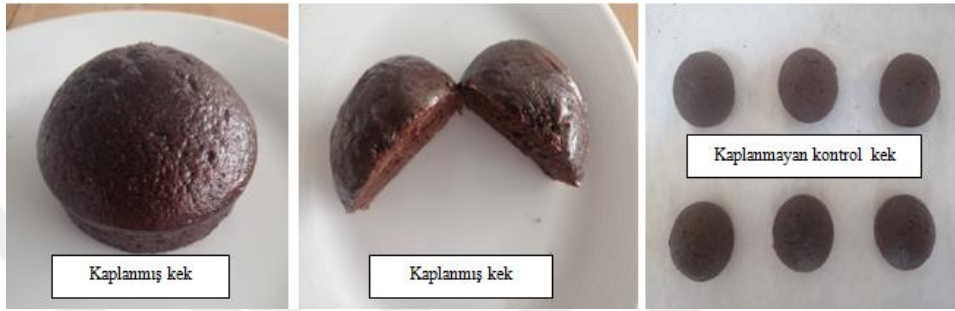
Muffin kek üretimi için; şortening, sıvı yağ, şeker ve vanilin mikserde (Kenwood KM242, U.K) 5 dakika karıştırıldıktan (3 dakika orta hızda, iki dakika yüksek hızda) sonra yumurta eklenip karıştırma işlemine devam edilmiştir. Un, kakao ve kabartma tozu kek hamuruna eklenmeden önce bir kap içerisinde homojen hale getirilmiştir. Katı karışım, kek formülasyonuna süt ilave edildikten sonra yavaş yavaş eklenmiştir. Hazırlanan kek hamurundan  $40\pm 2$  g silikon kalıbın haznelere dökülüp  $165\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de 18 dakika boyunca pişirilmiştir (BEKO, MF6, Turkey).

Muffin keklerin hangi film formülasyonu ile kaplanacağına yenilebilir film analizleri gerçekleştirildikten sonra optimum özellik gösteren filmler belirlenerek karar verilmiş ve bu film formülasyonları kek kaplamada kullanılmıştır. Bu amaçla 3 farklı film formülasyonu seçilerek film ile kaplanmayan kek örneği ile karşılaştırma yapmak üzere kek analizlerine tabi tutulmuştur. Film oluşturucu materyal olarak jelatin tercih edilirken, yağ ilaveli filmler yağsız filmlere göre tercih edilmiştir. Doğal koruyucu ilavesi olarak tarçın ve karanfilin ekstraktları toz formlarına göre tercih edilmiştir. Kek kaplamada seçilen film formülasyonları şu şekildedir;

- Jelatin + Keten tohumu yağı + Ekstraksız
- Jelatin + Keten tohumu yağı + Tarçın Ekstraktı

- Jelatin + Keten tohumu yağı + Karanfil Ekstraktı

Kekler tamamen soğutulduktan (yaklaşık 3 saat) sonra yukarıda belirtilen yenilebilir film çözeltileri ile fırçalama yoluyla kaplanmıştır. Hiçbir kaplama işlemi uygulanmayan örnek kontrol olarak kullanılmıştır. Fırçalama yöntemi ile kaplanan kekler inkübatörde 40 °C’de 40 dakika kurutulduktan sonra tüm kek örnekleri polietilen poşetlerde oda koşullarında karanlık ortamda depolanmıştır (Bartolozzo ve ark., 2016).



Şekil 3.4. Film ile kaplanan ve kaplama işlemi uygulanmayan kek örnekleri

### 3.2.6. Kekte yapılan analizler

#### 3.2.6.1. Su aktivitesi tayini

Kek örneklerinin su aktivitesi ölçümü başlık 3.2.4.2’de belirtilen açıklamaya göre yapılmıştır.

#### 3.2.6.2. Renk ölçümü

Keklerin renk analizi başlık 3.2.4.1.’de belirtilen şekilde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm kekin kabuk ve iç kısmından 5 farklı noktadan yapılmıştır.

#### 3.2.6.3. Antioksidan aktivite tayini

Kek örneklerinin antioksidan aktiviteleri DPPH (2-2-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) metoduna göre gerçekleştirilmiştir (Gyamfi ve ark., 1999; Beta ve ark., 2005). Analizde santrijüj tüpüne 4 gram tartılan örnek üzerine 20 ml ekstraksiyon çözeltisi (1 ml HCl / 10 ml saf su / 80 ml metanol) ilave edilip 25 °C’de 2 saat çalkalamalı su banyosunda

ekstrakte edilmiştir. Süre sonunda ekstraktlar 10 dakika 3000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminde elde edilen süpernatant örnekten 100 µl alınıp spektroküvetine koyularak üzerine 900 µl TrisHCL ve 2 ml DPPH ilave edilmiştir. Ardından tüpler 30 dakika oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda 517 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Okunan absorbans değerleri 3.5'te verilen formülde yerine koyularak kek örneklerinin antioksidan aktivite sonuçları hesaplanmıştır.

$$AA = \frac{\text{Şahit abs} - \text{Örnek abs}}{\text{Şahit abs}} \times 100 \quad (3.5)$$

#### 3.2.6.4. Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde analizi, Folin-Ciocaltaeu metoduna göre spektrofotometrik olarak yapılmıştır (Gao ve ark., 2002, Beta ve ark., 2005).

Antioksidan analizinde elde edilen supernatanttan 100 µl cam tüplere koyulmuştur. Örnek üzerine 0.5 ml folin, 1.5 ml sodyum karbonat ve 7.9 ml saf su ilave edildikten sonra cam tüpler oda sıcaklığında 2 saat boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda 760 nm'de spektrofotometre cihazında okuma yapılmıştır. Elde edilen absorbans değerlerinden, toplam fenolik madde miktarının gallik aside (mg GAE/g) eşdeğer olacak şekilde hesaplaması yapılmıştır (Kogure ve ark., 2004; Mavi ve ark., 2004; Ahmed ve ark., 2011; Brighente ve ark., 2017).

#### 3.2.7. Depolama analizleri

Kek örnekleri polietilen poşetlerde, ağızları kapalı şekilde, oda sıcaklığında 15 gün depolanmıştır. Analizler 1., 8., ve 15. günlerde periyodik olarak tekrarlanmıştır.

Depolama süresince nem tayini, pH tayini, titrasyon asitliği tayini, tekstür analizi ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

##### 3.2.7.1. Nem tayini

Kek örneklerinin nem tayini için 135°C'de 2.5 saat normu uygulanarak AACCC 44-19 metodu kullanılmıştır (AACCC, 1990).

### 3.2.7.2. pH ve titrasyon asitliği tayini

pH ve titrasyon asitliği için Arslan Tontul (2017)'un kullandığı metot modifiye edilerek kullanılmıştır. 5 gram kek örneğinin üzerine 45 ml saf su ilave edildikten sonra karışım homojenizatörden geçirilmiştir. Karışım süzölerek katı kısım ayrılıp kalan sıvı kısmın ilk olarak pH değerine bakılmıştır, daha sonra titrasyon asitliği değeri ise pH ölçümü yapılan örneklere fenolftalein indikatörü eklenerek bu karışımın 0.1 N NaOH çözeltisi ile titrasyon edilmesi sonucunda belirlenmiştir.

### 3.2.7.3. Tekstür analizi

Kek örneklerinin sertlik ölçümleri tekstür analiz cihazı (TA – XT2 Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, İngiltere) ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla silindirik prob (P/36 R) kullanılarak 2×2 boyutunda kesilen keklerin (i kısımdan) sertlik değerleri ölçülmüştür. Analiz parametreleri; ön test hızı 1.0 mm/sn, test hızı 1.0 mm/sn, test sonrası hız 1.0 mm/sn şeklindedir.

### 3.2.7.4. Mikrobiyolojik analizler

Maya-küf sayımı için; keklerden uygun şekilde hazırlanan  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  ve  $10^{-3}$  dilüsyonlarından 0.1 ml alınarak DRBC (Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol Agar) besiyerine dökme yöntemiyle iki paralel ekim yapılmıştır. Örnekler 30 °C'de 48 saat inkübasyona tabi tutulup süre sonunda petri kaplarında gelişen koloniler sayılmıştır.

Toplam mezofil aerob bakteri sayımı için keklerden uygun şekilde hazırlanan  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  ve  $10^{-3}$  dilüsyonlarından 0.1 ml alınarak PCA (Plate Count Agar) besiyerine dökme yöntemiyle iki paralel ekim yapılmıştır. Örnekler 30 °C'de 48 saat inkübasyona tabi tutulup süre sonunda petri kaplarında gelişen koloniler sayılmıştır (Halkman, 2005; Topkaya, 2017).

### 3.2.8. Duyusal analiz

Kek örneklerinin duyusal analizi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü yüksek lisans ve doktora öğrencilerinden oluşan yaşları 21-42 arasında değişen eğitimli 12 kişilik bir grup tarafından yapılmıştır.

Kekler; renk, tat, koku, görünüş, çiğnenebilirlik ve genel beğeni özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Örneklerin duyusal özellikleri 5'lik hedonik skala ile değerlendirilmiştir.

5 Puan: Çok iyi

4 Puan: İyi

3 Puan: Kabul edilebilir

2 Puan: Yeterli değil

1 Puan: Kötü

### 3.2.9. İstatistiksel analizler

Denemeler sonucu 2 tekerrürlü olarak elde edilen veriler JMP istatistik programı 15.2.1 versiyonu (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılarak varyans analizi ile analiz edilmiş ve ortalamalar arası farklar  $p < 0.05$  önem seviyesine göre çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Araştırma Sonuçları

#### 4.1.1. Yenilebilir film analizleri

Çalışma kapsamında 2 farklı film oluşturucu materyal ile (jelatin ve hidroksipropil metilselüloz); yağ ilavesine göre 2 farklı (yağlı ve yağsız); doğal koruyucular ile oluşturulmuş 5 farklı formülasyon ile (kontrol-koruyucusuz, toz tarçın, ekstrakt tarçın, toz karanfil, ekstrakt karanfil) yenilebilir film elde edilmiş ve bu filmlerde renk, opaklık, su aktivitesi, suda çözünürlük, morfoloji (SEM), ağırlık ve kalınlık analizleri gerçekleştirilmiştir.

##### 4.1.1.1. Renk ölçümü

Gıdaların görünüş, yapı ve lezzetlerine ilişkin kalite özellikleri duyu organlarımızca belirlenebildiklerinden dolayı gözlem dışı kalite niteliklerine oranla daha büyük önem taşırlar. Tüketici beğenisi ve alımını etkileyen en önemli öge çoğu kez gıdanın rengidir.

Gıda renginin ve diğer kalite özelliklerinin yakın ilişkisi onun önemini büyük ölçüde artırmaktadır. Duyusal kalite değerlendirilmesinde ürün rengi mutlak bir önyargı oluşturarak lezzet duygumuzu etkiler (Ural, 1983).

Yenilebilir film örneklerine ait renk ölçümü değerleri Çizelge 4.1'de, bu verilere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2'de ve renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma sonuçları ise Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.1'e göre;  $L^*$  değerleri 48.90 - 69.46 arasında,  $a^*$  değerleri -0.47 - 3.04 arasında,  $b^*$  değerleri -0.87 - 15.14 arasında, SI değerleri 0.28 - 15.18 arasında ve hue angle değerleri 52.92 - 129.75 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.2'de belirtilen varyans analiz sonuçları incelendiğinde tüm varyasyon kaynaklarının yenilebilir film örneklerinin  $L^*$ ,  $b^*$ , SI ve hue angle değerleri için  $p < 0.01$  düzeyinde önemli etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Yenilebilir film örneklerine ait renk ölçüm sonuçları<sup>1</sup>

Film oluşturuç materyal	Yağ ilavesi	Doğal koruyucu ilavesi	$L^*$	$a^*$	$b^*$	SI	Hue angle
Jelatin	Yağlı	Kontrol (JYS)	56.96±0.02	-0.27±0.01	0.34±0.03	0.43±0.04	128.05±2.73
		Toz tarçın (JYTT)	50.42±0.44	2.11±0.07	9.22±0.01	9.46±0.01	77.11±0.60
		Ekstrakt tarçın (JYTE)	55.44±0.05	-0.15±0.01	3.47±0.01	3.47±0.01	92.39±0.11
		Toz karanfil (JYTK)	49.23±0.22	1.12±0.01	15.14±0.04	15.18±0.05	85.77±0.04
		Ekstrakt karanfil (JYKE)	57.11±0.01	-0.47±0.01	1.96±0.01	2.01±0.01	103.35±0.29
	Yağsız	Kontrol (JYsS)	55.36±0.08	-0.17±0.00	-0.23±0.00	0.28±0.01	52.92±0.87
		Toz tarçın (JYsTT)	49.84±0.04	1.72±0.01	9.20±0.01	9.36±0.01	79.41±0.10
		Ekstrakt tarçın (JYsTE)	53.68±0.03	-0.18±0.03	5.52±0.00	5.52±0.00	91.87±0.44
		Toz karanfil (JYsTK)	48.90±0.08	1.42±0.01	12.30±0.05	12.38±0.06	83.41±0.03
		Ekstrakt karanfil (JYsKE)	55.38±0.08	-0.26±0.01	1.17±0.01	1.20±0.01	102.30±0.47
HPMC	Yağlı	Kontrol (HYS)	52.82±0.04	0.32±0.01	-0.87±0.02	0.93±0.03	109.91±0.18
		Toz tarçın (HYTT)	50.87±0.04	0.33±0.01	3.91±0.08	3.92±0.11	85.25±0.03
		Ekstrakt tarçın (HYTE)	51.42±0.25	1.49±0.03	2.28±0.02	2.72±0.01	56.78±0.99
		Toz karanfil (HYTK)	49.32±0.16	3.04±0.20	10.02±0.00	10.47±0.08	73.13±1.48
		Ekstrakt karanfil (HYKE)	54.12±0.05	-0.11±0.00	0.14±0.03	0.17±0.03	129.75±7.42
	Yağsız	Kontrol (HYsS)	53.23±0.18	0.43±0.01	-0.77±0.02	0.88±0.02	119.06±0.27
		Toz tarçın (HYsTT)	69.46±0.02	0.87±0.01	14.37±0.09	14.39±0.12	86.55±0.00
		Ekstrakt tarçın (HYsTE)	52.19±0.04	1.83±0.01	3.25±0.01	3.73±0.02	60.68±0.01
		Toz karanfil (HYsTK)	49.59±0.02	1.77±0.01	12.46±0.08	12.58±0.11	81.94±0.10
		Ekstrakt karanfil (HYsKE)	55.64±0.00	0.22±0.01	0.35±0.00	0.41±0.00	58.44±0.84
Minimum-Maksimum			48.90-69.46	-0.47-3.04	-0.87-15.14	0.28-15.18	52.92-129.75

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.  $L^*$ : Parlaklık,  $a^*$ : Kırmızı-yeşil renk değeri,  $b^*$ : Sarı-mavi renk değeri,  $SI$ : Doygunluk indeksi,  $Hue\ angle$ : Renk özü.

**Çizelge 4.2.** Yenilebilir film örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları<sup>1</sup>

VK	SD	L*		a*		b*		SI		Hue Angle	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Film oluşturucu materyal (A)	1	4.98	128.25**	2.77	586.36**	16.78	6387.52**	8.25	2863.32**	123.10	36.12**
Yağ ilavesi (B)	1	23.28	23.29**	0.00	0.98 <sup>ns</sup>	14.46	5503.35**	14.29	4957.30**	1560.14	457.79**
Doğal koruyucu ilavesi (C)	4	208.58	208.58**	21.65	1144.64**	966.46	91956.6**	900.76	78075.74**	4482.64	328.84**
A×B	1	74.26	1910.62**	0.00	0.44**	26.75	10180.25**	24.30	8424.22**	81.93	24.04**
A×C	4	233.45	233.45**	10.93	578.17**	6.51	619.50**	9.26	802.91**	3628.13	266.15**
B×C	4	140.05	140.05**	0.69	36.54**	44.91	4273.17**	44.55	3861.72**	3267.92	239.73**
A×B×C	4	119.31	767.43**	1.75	92.32**	43.36	4125.66**	44.69	3873.89**	6011.20	440.97**
Hata	20	0.77		0.09		0.05		0.06		3.41	

<sup>1</sup>\*p<0.05 düzeyinde önemli, \*\*p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz, L\*:Parlaklık, a\*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b\*: Sarı-mavi renk değeri, SI: Doygunluk indeksi, Hue angle: Renk özü.

**Çizelge 4.3.** Yenilebilir film örneklerinin renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları<sup>1</sup>

Faktör	n	L*	a*	b*	SI	Hue Angle
<i>Film oluşturucu materyal</i>						
Jelatin	20	53.23±3.20 <sup>b</sup>	0.49±0.96 <sup>b</sup>	5.81±5.24 <sup>a</sup>	5.93±5.20 <sup>a</sup>	89.66±19.21 <sup>a</sup>
HPMC	20	53.94±5.64 <sup>a</sup>	1.02±0.96 <sup>a</sup>	4.51±5.53 <sup>b</sup>	5.02±5.25 <sup>b</sup>	86.15±25.23 <sup>b</sup>
<i>Yağ ilavesi</i>						
Yağlı	20	52.82±2.89 <sup>b</sup>	0.74±1.14 <sup>a</sup>	4.56±5.07 <sup>b</sup>	4.88±4.94 <sup>b</sup>	94.15±23.09 <sup>a</sup>
Yağsız	20	54.35±5.72 <sup>a</sup>	0.76±0.84 <sup>a</sup>	5.76±5.70 <sup>a</sup>	6.07±5.47 <sup>a</sup>	81.66±19.91 <sup>b</sup>
<i>Doğal koruyucu ilavesi</i>						
Kontrol	8	54.65±1.74 <sup>c</sup>	0.08±0.32 <sup>d</sup>	-0.38±0.52 <sup>e</sup>	0.63±0.30 <sup>e</sup>	102.48±31.37 <sup>a</sup>
Toz karanfil	8	49.30±0.32 <sup>e</sup>	1.84±0.79 <sup>a</sup>	12.48±1.94 <sup>a</sup>	12.65±1.79 <sup>a</sup>	81.06±5.14 <sup>c</sup>
Ekstrakt karanfil	8	55.57±1.12 <sup>a</sup>	-0.15±0.26 <sup>e</sup>	0.90±0.77 <sup>d</sup>	0.95±0.77 <sup>d</sup>	98.46±27.50 <sup>b</sup>
Toz tarçın	8	55.16±8.85 <sup>b</sup>	1.26±0.75 <sup>b</sup>	9.17±3.95 <sup>b</sup>	9.28±3.96 <sup>b</sup>	82.08±4.21 <sup>c</sup>
Ekstrakt tarçın	8	53.25±1.57 <sup>d</sup>	0.75±0.98 <sup>c</sup>	3.63±1.26 <sup>c</sup>	1.10±1.10 <sup>c</sup>	75.43±17.92 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> Sonuçlar iki tekrerrün ortalamasıdır. HPMC: Hidroksipropil metilselüloz, L\*:Parlaklık, a\*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b\*: Sarı-mavi renk değeri, SI: Doygunluk indeksi, Hue angle: Renk özü

Varyasyon kaynaklarından film oluşturucu materyal, doğal koruyucu ilavesi, “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi*”, “*Film oluşturucu materyal × Doğal koruyucu ilavesi*”, “*Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” ve “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” interaksyonları yenilebilir film örneklerinin kırmızılık değeri için  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunurken; yağ ilavesinin ise istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0.05$ ) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3’te belirtilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları film oluşturucu materyal bakımından incelendiğinde HPMC içerikli film örneklerinin (53.94)  $L^*$  değerinin jelatin içerikli film örneklerine kıyasla (53.23) daha yüksek olduğu, HPMC materyali ile hazırlanan yenilebilir filmlerin  $a^*$  değerinin (1.02) jelatin içerikli film örneklerine göre (0.49) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Film oluşturucu materyalin  $b^*$  değeri için istatistiksel olarak önemli bir farklılık oluşturduğu ve jelatin içerikli (5.81) yenilebilir filmlerin sarılık değerinin HPMC içerikli (4.51) yenilebilir filmlerden daha yüksek olduğu görölmüştür.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre jelatin içerikli yenilebilir filmlerin SI (5.93) ve hue angle (5.02) değerleri HPMC içerikli film örneklerine göre yüksek çıkmıştır ve bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ) (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3’te verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları yağ ilavesi bakımından değerlendirildiğinde yağ ilavesinin parlaklık, sarılık ve SI değerlerini azalttığı görölmüştür. Yağsız ve yağ ilaveli film örneklerinin kırmızılık değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken deskriptif olarak yağsız film örneklerinin daha yüksek  $a^*$  değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Yağsız film örneklerinin  $b^*$  değeri (5.76) ve SI (6.07) değeri yağ ilaveli film örneklerine kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Yenilebilir filmlere yağ ilave edilmesi hue angle değerini artırmıştır ve bu değer yağlı film örneklerinde 94.15, yağsız örneklerinde ise 81.66 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3’te verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları doğal koruyucu ilavesi bakımından incelendiğinde  $L^*$  değeri karanfil ekstraktı ilaveli (55.57) film örneklerinde en yüksek çıkmış, bunu sırayla toz tarçın (55.16) ilave edilmiş, kontrol (54.65) ve tarçın ekstraktı ilave edilmiş (53.25) film örnekleri takip etmiştir. En düşük  $L^*$  değeri ise toz karanfil (49.30) ilaveli film örneklerinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3’e göre en yüksek kırmızılık değeri 1.84 değeri ile toz karanfil ilaveli yenilebilir film örneğinde tespit edilmiş, bunu sırayla 1.26 değeri ile toz tarçın ilaveli,

0.75 değeri ile tarçın ekstraktı ilaveli, 0.08 değeri ile kontrol örneği ve -0.15 ile karanfil ekstraktı ilaveli film örnekleri izlemiştir (Çizelge 4.3).

Toz karanfil ilave edilen filmlerde en yüksek  $b^*$  değeri (12.48) elde edilirken, bunu sırayla, toz tarçın (9.17), tarçın ekstraktı (3.63), karanfil ekstraktı (0.90) ilaveli film örnekleri ve kontrol (-0.38) filmler takip etmiştir (Çizelge 4.3).

SI değeri en yüksek (12.65) toz karanfil ilaveli film örneklerinde gözlenmiş, bu değeri sırasıyla toz tarçın (9.28), tarçın ekstraktı (1.10), karanfil ekstraktı ilaveli film örnekleri ve en düşük SI değeri ile (0.63) kontrol film örnekleri izlemiştir (Çizelge 4.3). Doğal koruyucu ilavesinin toz formda yapılması ekstrakt formunda ilave edilen film örneklerine kıyasla SI değerinin artmasına neden olmuştur.

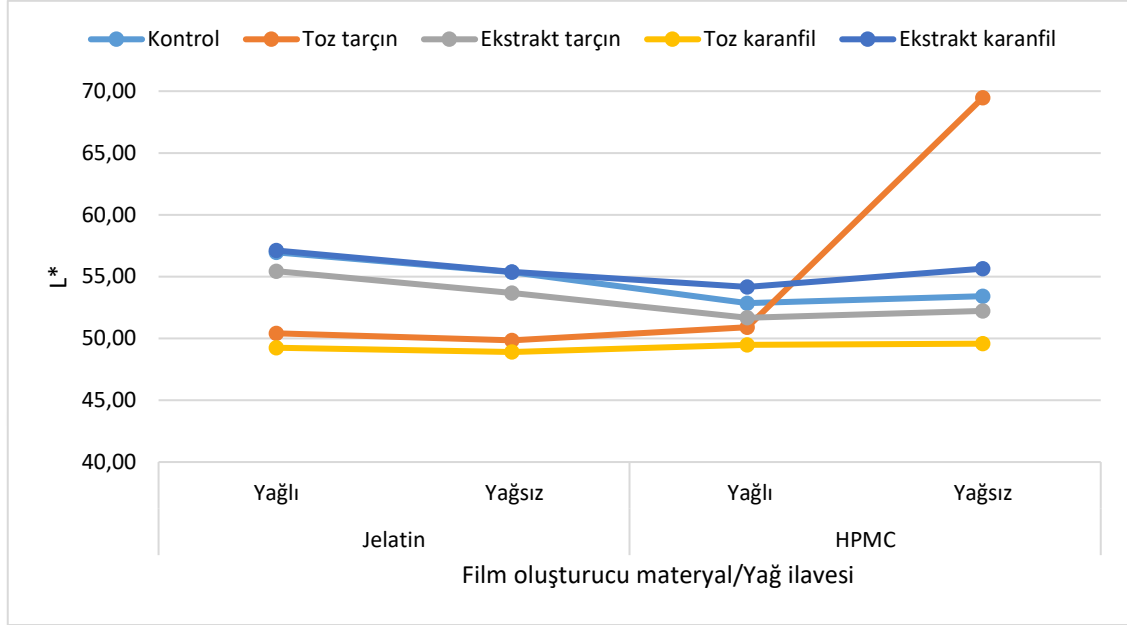
Çizelge 4.3'te verilen çoklu karşılaştırma tablosu incelendiğinde yenilebilir filmlere tarçın ekstraktı ilave edilmesinin örneklerin hue angle değerini düşürdüğü görülmüştür. En yüksek hue angle değeri 102.48 değeri ile kontrol film örneklerinde belirlenmiştir. Bunu karanfil ekstraktı (98.46), toz tarçın (82.08) ve toz karanfil ilaveli (81.06) film örnekleri izlemiştir. En düşük hue angle değeri ise 75.43 değeri ile tarçın ekstraktı ilaveli film örneklerinde tespit edilmiştir. Yenilebilir filmlere toz karanfil ve toz tarçın ilavesinin film örneklerinin hue angle değeri için istatistiksel olarak farklılık oluşturmadığı görülmüştür.

Polisakarit filmler renksiz ve yağsız görünüm vermektedir (Carneiro-da-Cunha, 2009; Çiçek, 2011). Bu çalışmada jelatin ve HPMC içerikli film çözeltilerine keten tohumu yağı, ekstrakt ve toz formda tarçın ve karanfil ilave edildiği için yenilebilir filmlerde renk değişimleri gözlemlenmiştir.

Ayana (2007), zeytin yaprağı özütü kullanarak antimikrobiyal film elde ettiği çalışmasında özüt içermeyen MS filmlerin şeffaf olduğunu ancak ilave edilen özütün etkisiyle rengin şeffaf yeşilimsi bir renge dönüştüğünü ve artan özüt yoğunluğu ile renk yoğunluğunun arttığını belirtmiştir.

Film çözeltileri hazırlanırken HPMC içerikli çözeltilerin homojen olmayan görünümülerinden dolayı çözeltiler süzöldükten sonra homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur (Sanchez-Gonzalez ve ark., 2009). Dolayısıyla jelatin bazlı filmlerle kıyaslandığında HPMC içerikli yenilebilir filmler daha parlak görünüm vermiştir. JYsTK içerikli yenilebilir filmlerin hem jelatinin sarı renginden hem de karanfilden

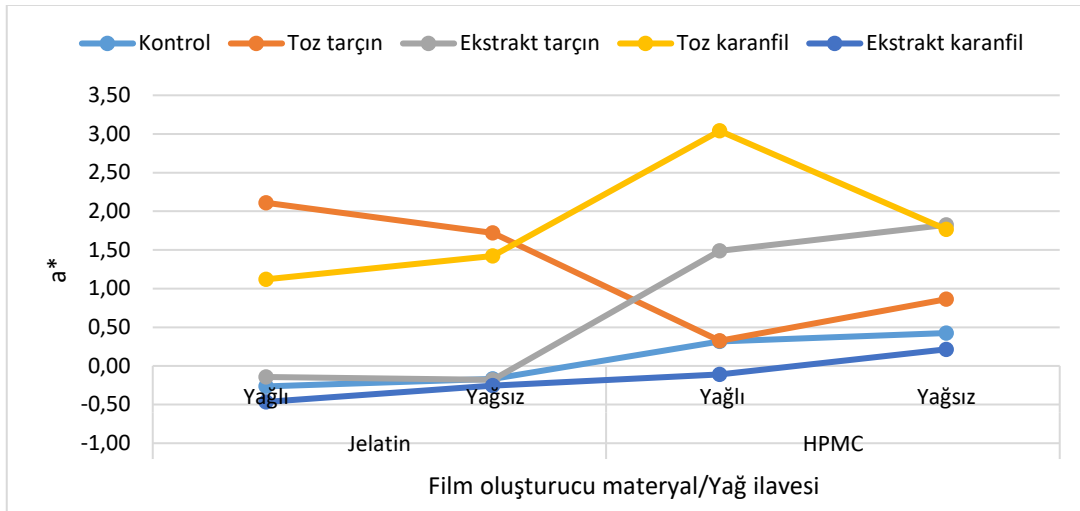
kaynaklı koyu renk oluşumdan dolayı en düşük parlaklık değerine sahip olduğu düşünülmüştür (Eker ve İçöz, 2014).



**Şekil 4.1.** Film örneklerinde  $L^*$  değeri üzerinde etkili “*Film oluşturucu materyal*  $\times$  *Yağ ilavesi*  $\times$  *Doğal koruyucu ilavesi*” interaksyonu

Şekil 4.1 incelendiğinde jelatin içerikli filmlere yağ ilavesiyle birlikte parlaklık değerinin arttığı görülmüştür. Hem yağ ilaveli hem de yağ içermeyen film örneklerinde kontrol örneğinin en yüksek parlaklık değerini verdiği belirlenmiştir.

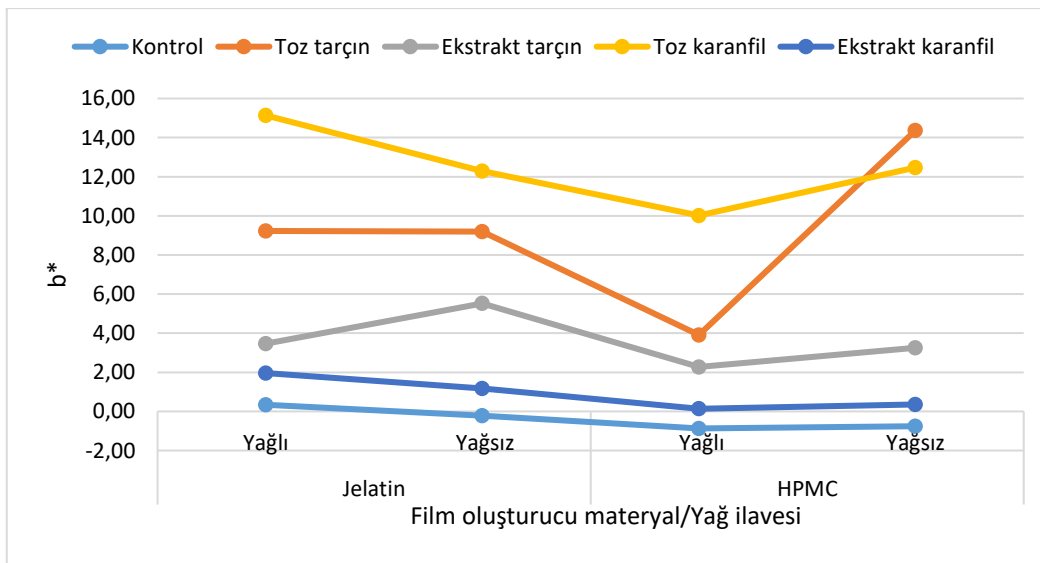
HPMC içerikli film örnekleri incelendiğinde yağsız filmlerin  $L^*$  değerinde yağlı film örneklerine kıyasla artış yaşandığı tespit edilmiştir. Toz tarçın ilavesinin yağsız film örneklerinin parlaklık değerini önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür.



**Şekil 4.2.** Film örneklerinde  $a^*$  değeri üzerinde etkili “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” interaksiyonu

Jelatin içerikli filmlerde toz karanfil ilaveli, karanfil ekstraktlı ve kontrol örneklerinde yağ ilavesinin kırmızılık değerini azalttığı görülmüştür.

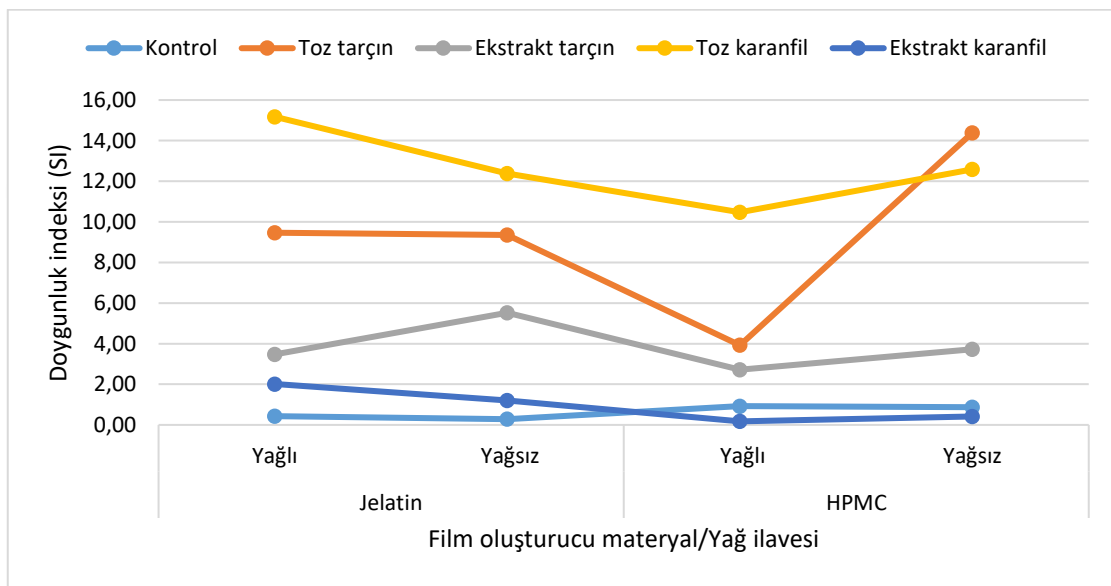
HPMC içerikli filmlerde toz karanfil ve yağ ilavesinin kombine edildiği film örneklerinin kırmızılık değerinin arttığı ancak yağ ilavesi ve tarçın ekstraktı, toz tarçın ve karanfil ekstraktı ilavesinin  $a^*$  değerinin azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



**Şekil 4.3.** Film örneklerinde  $b^*$  değeri üzerinde etkili “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” interaksiyonu

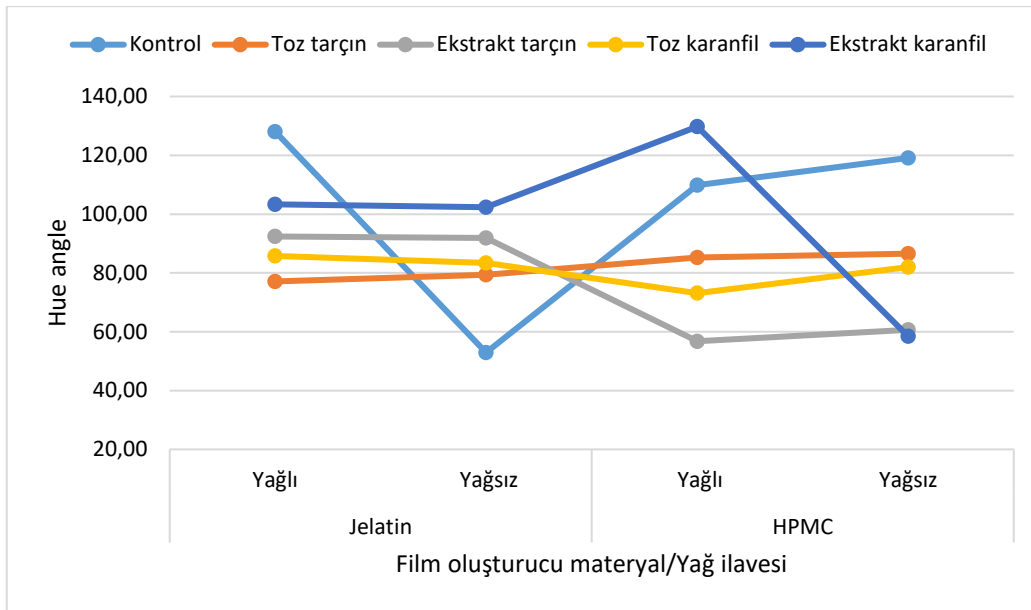
Film oluşturucu materyal olarak jelatinin kullanıldığı örneklerde yağ ilavesi-toz karanfil-karanfil ekstraktı ve yağ ilavesi-kontrol kombinasyonları film örneklerinin sarılık değeri artmasına neden olmuştur.

HPMC içerikli filmlerde doğal koruyucu ilavesi olarak toz tarçının kullanıldığı film örneklerine yağ ilavesinin sarılık değeri önemli ölçüde değiştirdiği ve azalttığı tespit edilmiştir.



**Őeki 4.4.** Film örneklerinde SI değeri üzerinde etkili “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” interaksiyonu

Şekil 4.4 incelendiğinde jelatin içerikli filmlerde genel olarak yağ ilavesi ve doğal koruyucu ilavesinin SI değeri arttırdığı görülmüştür. Bunun aksine HPMC içerikli film örneklerinde yağsız-toz tarçın, toz karanfil ve tarçın ekstraktı faktörlerinin SI değeri arttırdığı tespit edilmiştir.



**Şekil 4.5.** Film örneklerinde hue angle değeri üzerinde etkili “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” interaksiyonu

Doğal koruyucu ilavesi içermeyen jelatin içerikli yenilebilir filmlerde yağ ilavesi faktörünün hue angle değerinin yağsız ve doğal koruyucu ilaveli film örneklerine kıyasla önemli derecede artmasına neden olmuştur.

HPMC içerikli filmlerde doğal koruyucu ilavesinden karanfil ekstraktı ve yağ ilavesi faktörünün film örneklerinin hue angle değerinde artışa sebep olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.1.1.2. Opaklık

Ürünlerin şeffaflığı, birçok gıda için çekici bir özelliktir. Bu özellik, ürüne doğal ve kullanımına izin verilen sentetik renkler ve çözünür formda katılar ilave edilerek değiştirilebilir ve böylece son ürün yarı saydam görünüm kazanabilir. Şeffaflık veya opaklık genellikle öznel olarak değerlendirilse de, tekrarlanabilir ve güvenilir nicel verilere ihtiyaç vardır (Banerjee ve Bhattacharya, 2011).

Ambalaj malzemesi olarak kullanılan yenilebilir filmlerde, görsel kalitenin ön planda olmasının istenildiği durumlarda düşük opaklık değerine sahip filmler, güneş ışığının katalizlediği acılaşımların önlenmesinde ise opaklığı yüksek filmler tercih edilmektedir (Erdoğan, 2020). Yüksek opaklık değeri, filmlerin ışığı geçirmediği ve yansıttığı anlamına gelmektedir (Sarıcaoğlu, 2020).

**Çizelge 4.4.** Yenilebilir film örneklerine ait opaklık, su aktivitesi, suda çözünürlük, ağırlık-kalınlık analiz sonuçları<sup>1</sup>

Film oluşturucu materyal	Yağ ilavesi	Doğal koruyucu ilavesi	Opaklık	Su Aktivitesi	Suda Çözünürlük (%)	Ağırlık (g)	Kalınlık (mm)
Jelatin	Yağlı	Kontrol (JYS)	0.035±0.00	0.358±0.00	80.64±0.58	0.56±0.00	0.15±0.07
		Toz tarçın (JYTT)	0.152±0.00	0.344±0.00	68.74±0.20	0.53±0.01	0.15±0.07
		Ekstrakt tarçın (JYTE)	0.045±0.00	0.331±0.00	66.84±1.21	0.57±0.00	0.10±0.00
		Toz karanfil (JYTK)	0.065±0.00	0.315±0.00	34.34±0.75	0.56±0.00	0.10±0.00
		Ekstrakt karanfil (JYKE)	0.049±0.00	0.379±0.00	80.79±1.42	0.56±0.01	0.10±0.00
	Yağsız	Kontrol (JYS)	0.005±0.00	0.384±0.00	94.88±0.16	0.43±0.02	0.10±0.00
		Toz tarçın (JYsTT)	0.138±0.01	0.375±0.00	87.72±0.55	0.46±0.01	0.20±0.00
		Ekstrakt tarçın (JYsTE)	0.040±0.00	0.345±0.00	87.51±0.22	0.53±0.00	0.15±0.07
		Toz karanfil (JYsTK)	0.087±0.01	0.355±0.00	89.07±1.04	0.60±0.00	0.15±0.07
		Ekstrakt karanfil (JYsKE)	0.009±0.00	0.367±0.00	89.42±0.44	0.50±0.00	0.10±0.00
HPMC	Yağlı	Kontrol (HYS)	0.013±0.00	0.322±0.00	100.00±0.00	0.14±0.01	0.10±0.00
		Toz tarçın (HYTT)	0.038±0.01	0.309±0.00	100.00±0.00	0.12±0.00	0.10±0.00
		Ekstrakt tarçın (HYTE)	0.022±0.00	0.318±0.00	100.00±0.00	0.21±0.00	0.15±0.07
		Toz karanfil (HYTK)	0.107±0.00	0.299±0.01	73.91±2.61	0.15±0.00	0.10±0.00
		Ekstrakt karanfil (HYKE)	0.043±0.00	0.351±0.01	74.81±2.54	0.12±0.00	0.10±0.00
	Yağsız	Kontrol (HYsS)	0.005±0.00	0.384±0.01	100.00±0.00	0.16±0.00	0.10±0.00
		Toz tarçın (HYsTT)	0.196±0.00	0.380±0.00	100.00±0.00	0.13±0.00	0.10±0.00
		Ekstrakt tarçın (HYsTE)	0.025±0.00	0.358±0.01	100.00±0.00	0.20±0.01	0.15±0.07
		Toz karanfil (HYsTK)	0.062±0.00	0.325±0.01	100.00±0.00	0.18±0.00	0.10±0.00
		Ekstrakt karanfil (HYsKE)	0.009±0.00	0.297±0.01	100.00±0.00	0.16±0.00	0.10±0.00
Minimum-maksimum			0.005-0.196	0.297-0.384	34.34-100	0.12-0.60	0.10-0.15

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

**Çizelge 4.5.** Yenilebilir film örneklerinin opaklık, su aktivitesi, suda çözünürlük, ağırlık ve kalınlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları<sup>1</sup>

VK	SD	Opaklık		Su Aktivitesi		Suda Çözünürlük (%)		Ağırlık (g)		Kalınlık (mm)	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Film oluşturuıcı materyal (A)	1	0.00	36.97**	0.00	81.49**	2849.34	1475.05**	1.38	18180.86**	0.00	2.67 <sup>ns</sup>
Yağ ilavesi (B)	1	0.00	0.09 <sup>ns</sup>	0.01	108.15**	2840.57	1470.50**	0.00	39.5403**	0.00	0.67 <sup>ns</sup>
Doğal koruyucu ilavesi (C)	4	0.07	647.82**	0.01	31.69**	1710.54	221.38**	0.03	98.38**	0.01	1.50 <sup>ns</sup>
A×B	1	0.00	70.26**	0.00	3.81 <sup>ns</sup>	435.20	225.29**	0.01	171.59**	0.00	0.67 <sup>ns</sup>
A×C	4	0.00	14.59**	0.00	11.75**	727.01	94.09**	0.01	21.77**	0.01	1.83 <sup>ns</sup>
B×C	4	0.01	122.54**	0.01	41.25**	1492.73	193.19**	0.01	33.97**	0.00	0.00 <sup>ns</sup>
A×B×C	4	0.02	134.57**	0.00	11.65**	607.17	78.58**	0.01	25.56**	0.00	0.00 <sup>ns</sup>
Hata	20	0.00		0.00		38.63		0.00		0.03	

<sup>1</sup>\*p<0.05 düzeyinde önemli, \*\*p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz.

**Çizelge 4.6.**Film örneklerinin opaklık, su aktivitesi, suda çözünürlük, ağırlık ve kalınlık değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları<sup>1</sup>

Faktör	n	Opaklık	Su Aktivitesi	Suda Çözünürlük (%)	Ağırlık (g)	Kalınlık (mm)
<i>Film Oluşturucu Materyal</i>						
Jelatin	20	0.06±0.05 <sup>a</sup>	0.36±0.02 <sup>a</sup>	77.99±17.35 <sup>b</sup>	0.53±0.05 <sup>a</sup>	0.13±0.05 <sup>a</sup>
HPMC	20	0.05±0.06 <sup>b</sup>	0.33±0.03 <sup>b</sup>	94.87±10.59 <sup>a</sup>	0.16±0.03 <sup>b</sup>	0.11±0.03 <sup>a</sup>
<i>Yağ ilavesi</i>						
Yağlı	20	0.06±0.04 <sup>a</sup>	0.33±0.02 <sup>b</sup>	78.00±19.54 <sup>b</sup>	0.35±0.21 <sup>a</sup>	0.12±0.04 <sup>a</sup>
Yağsız	20	0.06±0.06 <sup>a</sup>	0.36±0.03 <sup>a</sup>	94.86±5.64 <sup>a</sup>	0.33±0.18 <sup>b</sup>	0.13±0.04 <sup>a</sup>
<i>Doğal koruyucu ilavesi</i>						
Kontrol	8	0.01±0.01 <sup>d</sup>	0.36±0.03 <sup>a</sup>	93.88±8.48 <sup>a</sup>	0.32±0.19 <sup>c</sup>	0.11±0.04 <sup>a</sup>
Toz karanfil	8	0.08±0.02 <sup>b</sup>	0.32±0.02 <sup>d</sup>	74.33±26.64 <sup>d</sup>	0.37±0.22 <sup>a</sup>	0.12±0.05 <sup>a</sup>
Ekstrakt karanfil	8	0.03±0.02 <sup>c</sup>	0.35±0.03 <sup>bc</sup>	86.25±10.26 <sup>c</sup>	0.33±0.2 <sup>b</sup>	0.10±1.48 <sup>a</sup>
Toz tarçın	8	0.13±0.06 <sup>a</sup>	0.35±0.03 <sup>ab</sup>	89.11±13.68 <sup>b</sup>	0.31±0.20 <sup>c</sup>	0.13±0.05 <sup>a</sup>
Ekstrakt tarçın	8	0.03±0.01 <sup>c</sup>	0.34±0.02 <sup>c</sup>	88.59±14.50 <sup>bs</sup>	0.38±0.18 <sup>a</sup>	0.13±0.05 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. HPMC: Hidroksipropil metilselüloz

Yenilebilir film örneklerinin opaklık analiz sonuçları Çizelge 4.4'te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.4'e göre yenilebilir film örneklerinin opaklık değerleri 0.005 (JYsS / HYsS) ile 0.196 (HYsTT) arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.5'te verilen varyans analiz sonuçları incelendiğinde varyasyon kaynaklarından film oluşturucu materyalin, doğal koruyucu ilavesinin, "*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi*", "*Film oluşturucu materyal × Doğal koruyucu ilavesi*", "*Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*" ve "*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*" interaksyonlarının film örneklerinin opaklık değeri için  $p < 0.01$  düzeyinde önemli olduğu; yağ ilavesinin ise opaklık değeri için istatistiksel olarak önemsiz bulunduğu görülmüştür.

Çizelge 4.6'da verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre film oluşturucu materyalin opaklık değeri için istatistiksel olarak önemli olduğu olduğu ve jelatin içerikli (0.06) film örneklerinin HPMC içerikli (0.05) film örneklerine kıyasla daha yüksek opaklık değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Yenilebilir film örneklerine yağ ilavesi yapılmasının opaklık değeri için istatistiki olarak farklılık oluşturmadığı, benzer değerler verdiği görülmüştür (Çizelge 4.6).

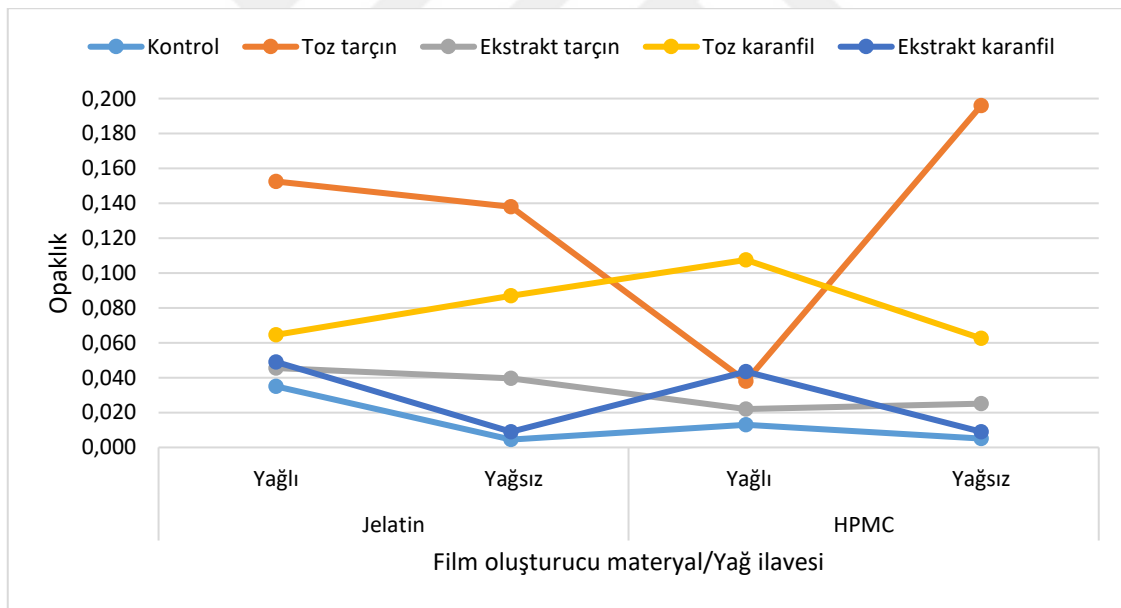
Çoklu karşılaştırma testi sonuçları doğal koruyucu ilavesi bakımından değerlendirildiğinde 0.13 değeri ile toz tarçın ilaveli yenilebilir film örneklerinin en yüksek opaklık değerine sahip olduğu ve bunu toz karanfil ilaveli (0.08) film örneğinin takip ettiği görülmüştür. Aralarında istatistiksel olarak fark bulunmayan karanfil ekstraktı (0.03) ve tarçın ekstraktı (0.03) ilaveli film örnekleri ile kontrol film örneğinin (0.01) en düşük opaklık değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Doğal koruyucu ilavesinin toz formda yapılmasının ekstrakt forma göre film örneklerinin opaklık değerini daha çok artırdığı belirlenmiştir.

Filmlerin şeffaflığı ambalaj malzemesi olarak kullanılan durumlarda önem taşımaktadır. Eker ve İçöz (2014), farklı konsantrasyonlarda hazırladığı jelatin içerikli filmlerin Tekirdağ köftesi için ambalaj malzemesi olarak uygunluğunu araştırmıştır. Film formülasyonuna lipit eklenmesinin genellikle filmlerin beyazlaşmasına neden olduğunu belirtmiştir. Lipit eklenmeyen jelatin içerikli filmlerin ise oldukça şeffaf

olduğuna dikkat çekmiştir. Farklı konsantrasyonlarda üretilen jelatin içerikli filmlerden %6 jelatinli filmin opaklık değeri 0.011 olarak bildirilmiştir.

Sanchez-Gonzalez ve ark. (2009) hidrokispropil metilselüloz bazlı yenilebilir filmlere çeşitli konsantrasyonlarda (%0.5, 1, 2) çay ağacı esansiyel yağı ilave ederek bu filmlerin reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Yenilebilir filmlere çay ağacı yağı ilavesinin filmlerin opaklık değerini artırdığını bildirmişlerdir. Bunun sebebi olarak film yapısında dağılmış olan lipid damlacıkları tarafından tetiklenen ışık saçılımını göstermişlerdir. Damlacık konsantrasyonu ne kadar yüksek olursa, ışık saçılma yoğunluğu o kadar büyük olmaktadır.

Yukarıda belirtilen sonuçlara paralel olarak Shaw ve ark. (2001), soya yağı ve gliserolün WPI filmlerinin özellikleri üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında filmlerin opaklığının artan lipit konsantrasyonu ile birlikte arttığını ve bu durumunun protein ağı boyunca dağılan yağ damlacıklarından kaynaklandığını belirtmişlerdir.



**Şekil 4.6.** Film örneklerinde opaklık değeri üzerinde etkili “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” interaksiyonu

Doğal koruyucu ilavesi olarak toz tarçının kullanıldığı jelatin içerikli film örneklerinde yağ ilavesi opaklık değerinin artmasına neden olurken; HPMC içerikli film örneklerinde yağ ilavesiyle birlikte bu değer önemli derecede azalmıştır. Jelatin ve HPMC içerikli-yağlı filmlerde doğal koruyucu kullanılması genel olarak opaklık değerini arttırmıştır.

#### 4.1.1.3. Su aktivitesi

Yenilebilir film ve kaplamalar mikroorganizma gelişimini destekleyebildiklerinden sıcaklık, pH, işlem süresi ve su aktivitesi faktörlerine dikkat edilmesi gerekmektedir (Özdemir, 2001; Koyuncu ve Savran, 2002; Sebti ve Coma, 2002; Quintavalla ve Vicini, 2002; Erdoğan, 2020).

Hidrofilik maddelerden oluşan yenilebilir filmlerde düşük su aktivitesi değerlerinde suyun çözünürlük katsayısı ve nem difüzyonu düşüktür bundan dolayı filmlerin geçirgenlikleri minimum düzeydedir. Yenilebilir filmlerde artan su aktivitesi, filmlerin nem içeriğinin dolayısıyla su buharı geçirgenliğinin artmasına neden olur (Kamper ve Fennema, 1984; Ayana, 2007).

Yenilebilir film örneklerinin su aktivitesi değerleri 0.297 (HYsKE) ile 0.384 (JYsS/HYsS) arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.4).

Varyans analiz sonuçlarına göre yenilebilir film örneklerinin su aktivitesi üzerinde varyasyon kaynaklarından film oluşturucu materyalin, yağ ilavesinin, doğal koruyucu ilavesinin, “*Film oluşturucu materyal × Doğal koruyucu ilavesi*”, “*Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” ve “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” interaksyonlarının  $p < 0.01$  düzeyinde önemli olduğu, doğal koruyucu ilavesinin ise  $p < 0.05$  düzeyinde önemli olduğu; “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi*” interaksyonunun ise önemli bulunmadığı ( $p > 0.05$ ) tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

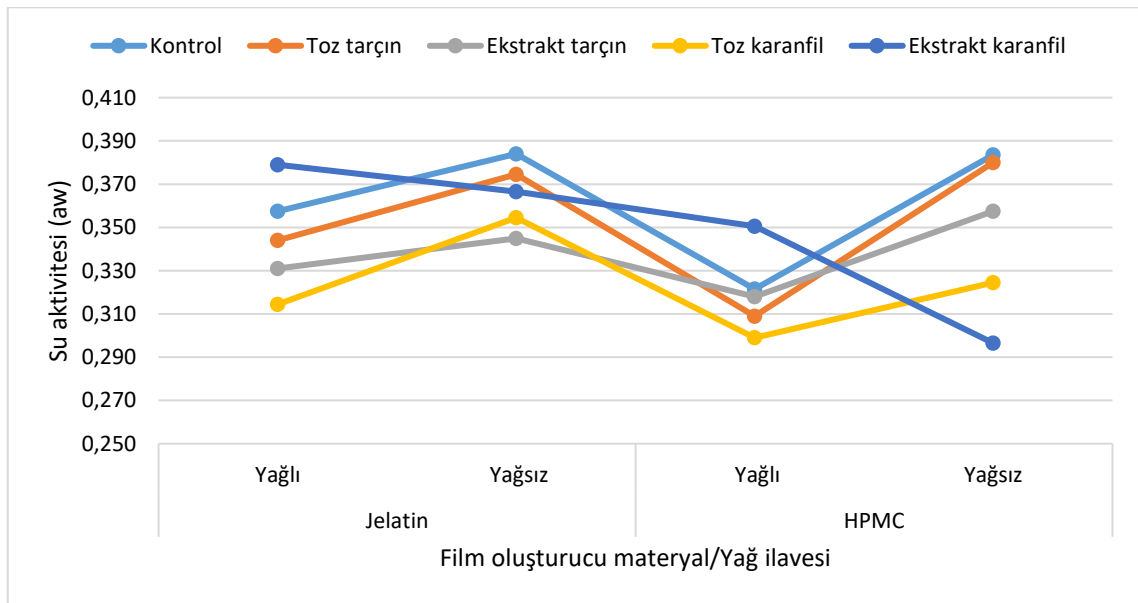
Çizelge 4.6’daki çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; film oluşturucu materyal arasından jelatin içerikli yenilebilir filmlerin ve yağ ilavesi açısından değerlendirildiğinde ise; yağsız yenilebilir film örneklerinin daha yüksek su aktivitesi değerine sahip olduğu görülmüştür.

Doğal koruyucu ilavesinin yenilebilir film örneklerinin su aktivitesi değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde bu değerlerin 0.32 ile 0.36 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiş olup; en yüksek su aktivitesi değeri kontrol örneğinde (0.36) belirlenmiştir. Bunu sırasıyla, toz tarçın (0.35), karanfil ekstraktı (0.35), tarçın ekstraktı (0.34) ve toz karanfil (0.32) ilaveli film örnekleri izlemiştir.

Yenilebilir filmler ve kaplamalar gıdanın nem kaybetmesini veya nem almasını önleyerek su aktivitesini kontrol altında tutmaktadırlar (Dursun ve Erkan, 2009; Erdoğan, 2020).

Su aktivitesi analizi sonuçlarına göre, yağsız ve sade film örnekleri, yağlı ve toz/ekstrakt formda karanfil ve tarçın baharatlarını bulunduran film örneklerine kıyasla daha yüksek değerlere sahiptir. Gıdanın yapısında ne kadar çözünen molekül varsa su aktivitesi o kadar düşmektedir. Çünkü çözünen moleküller suyu yapısında tutmaktadırlar. Su aktivitesinin düşmesi molekülün suyu tutması ile açıklanmaktadır. Film yapısında bulunan gliserol, hidrofobik malzeme olan keten tohumu yağı, çözünmüş formda toz tarçın/karanfil ve ekstrakt formda tarçın/karanfil faktörleri film çözeltisinin viskozitesini artırarak kurutma sırasında su moleküllerinin buharlaşmasını engellediği düşünülmektedir.

Erdoğan (2020), yaptığı çalışmada kitosan filmlerinin su aktivitesi değerini 0.358, guar filmlerin su aktivitesi değerini 0.433, ayva çekirdeği müsilajlı filmlerin su aktivitesi değerini 0.385 ve kitosan ve ayva çekirdeğinden elde ettiği iki bileşenli filmin su aktivitesi değerini 0.351 olarak bildirmiştir. Yani kitosan filmine ayva müsilajı eklenmesinin film viskozitesini artırdığı dolayısıyla bu durumun su aktivitesi değerinin azalmasına neden olduğunu ortaya koymuştur.



**Şekil 4.7.** Film örneklerinde su aktivitesi değeri üzerinde etkili “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” interaksyonu

Şekil 4.7 incelendiğinde jelatin ve HPMC içerikli filmlerde yağ ilavesinin ve doğal koruyucu ilavesinin genel olarak su aktivitesi değerini düşürdüğü görülmüştür.

#### 4.1.1.4. Suda çözünürlük

Suda çözünürlük, gıda ambalajları için önemli bir faktördür ve film örneklerinin suya karşı direncinin bir göstergesi olarak kabul edilir (Rostamzad ve ark., 2016). Düşük çözünürlük değerine sahip filmler, çözünürlüğü yüksek filmlere kıyasla daha fazla kullanım değerine sahiptir (Çakmak ve Odabaş, 2020). Çünkü film bütünlüğü açısından çoğunlukla düşük çözünürlük istenir (Erdoğan, 2020). Daha yüksek suda çözünürlük, daha düşük su direnci gösterir. Ancak bu duruma karşın gıda ambalajlama uygulamalarında ürün tüketilmeden önce ambalajın çözünmesi için yüksek suda çözünürlüğe ihtiyaç duyulmaktadır (Rostamzad ve ark., 2016).

Yenilebilir film örneklerinin suda çözünürlük analiz sonuçları Çizelge 4.4'te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.4'e göre yenilebilir film örneklerinin suda çözünürlük değerleri %34.34 ile %100.00 arasında değişiklik göstermiştir.

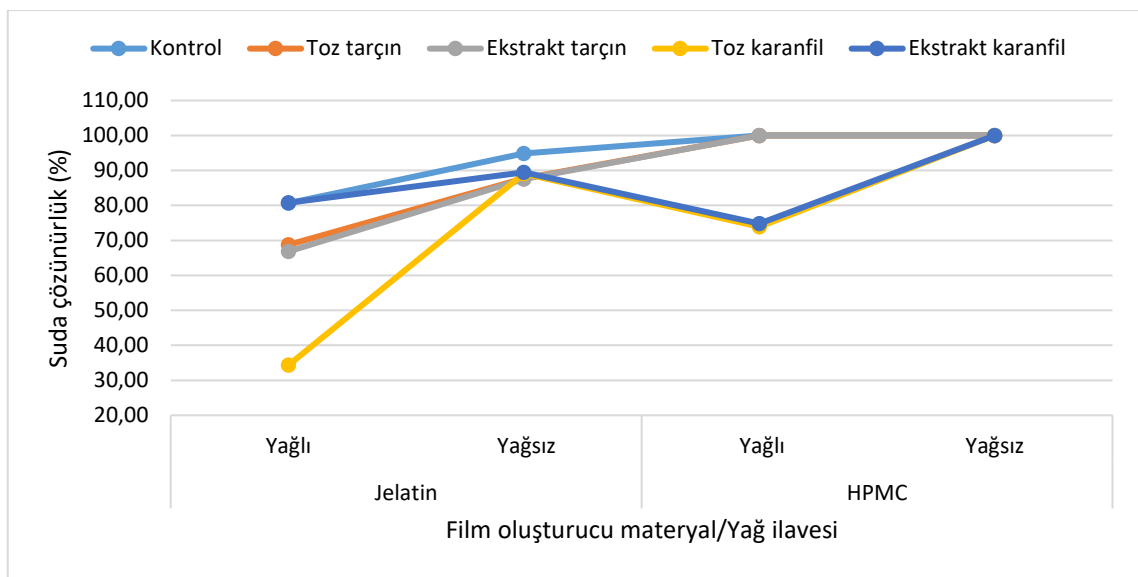
Çizelge 4.5'te belirtilen varyans analiz sonuçları incelendiğinde tüm varyasyon kaynaklarının yenilebilir film örneklerinin suda çözünürlük değerleri için  $p < 0.01$  düzeyinde önemli etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları film oluşturucu materyal açısından incelendiğinde; HPMC içerikli film örneklerinin; yağ ilavesi açısından incelendiğinde ise yağsız film örneklerinin daha yüksek suda çözünürlük değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.6'ya göre film örneklerinin suda çözünürlük değerleri %74.33 ile %93.88 arasında değişim göstermiştir. Suda çözünürlük değeri kontrol örneğinde en yüksek (%93.88) çıkmış olup, bunu sırasıyla toz tarçın (%89.11), tarçın ekstraktı (%88.59), karanfil ekstraktı (%86.25) ve toz karanfil (%74.33) ilaveli film örnekleri takip etmiştir.

Hanani ve ark. (2012), gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda, jelatin kaynağı ayırt etmeksizin tüm jelatin filmlerin su içinde çözüldüğünü ifade etmişlerdir.

Nonsee ve ark. (2011) yaptıkları çalışmalarında HPMC bazlı yenilebilir filmlere enkapsüle karanfil yağı ilave ederek oluşturulan filmlerin antimikrobiyal özelliklerini araştırmışlardır. Film formülasyonuna kapsüllenmiş karanfil yağı eklenmesinin çözünürlüğü önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Film bileşimindeki karanfil yağının konsantrasyonunun %0.5'ten %3.0'a çıkarılmasının HPMC filmlerin çözünürlüğünü %20.25'ten %13.67'ye düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Bu durumu kapsüllenmiş karanfil yağının film formülasyonuna eklenmesiyle yenilebilir filmlerin hidrofobikliğin artmasıyla açıklamışlardır.



**Şekil 4.8.** Film örneklerinde suda çözünürlük değeri üzerinde *etkili* “*Film oluşturucu materyal* × *Yağ ilavesi* × *Doğal koruyucu ilavesi*” interaksiyonu

Jelatin içerikli filmlere yağ ilavesinin film örneklerinin suda çözünürlüğünü etkilediği ve azalttığı tespit edilmiştir. Film oluşturucu materyal olarak HPMC'nin kullanıldığı film örneklerinde tarçın ekstraktı ve toz tarçın ilaveli ile kontrol örneklerinin yağ ilavesi içermesi veya yağsız olması suda çözünürlük değerini fazla etkilememiştir.

#### 4.1.1.5. Ağırlık

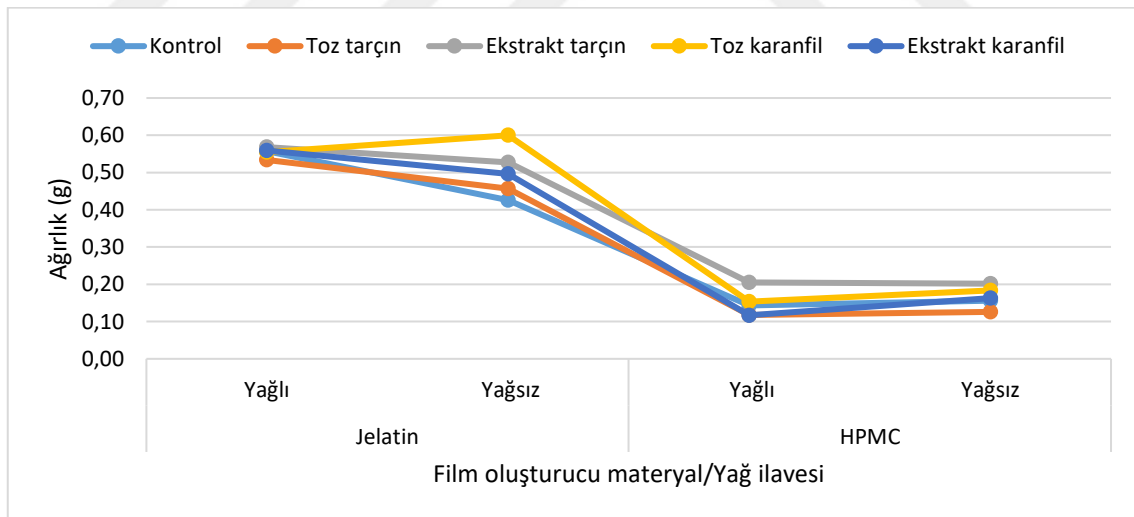
Yenilebilir film örneklerinin ağırlık değerleri 0.12 g (HYTT) ile 0.60 g (JYsTK) arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5'te belirtilen varyans analiz sonuçları incelendiğinde tüm varyasyon kaynaklarının yenilebilir film örneklerinin ağırlık değerleri için  $p < 0.01$  düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6'da verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları film oluşturucu materyal açısından değerlendirildiğinde jelatin içerikli yenilebilir film örneklerinin HPMC içerikli film örneklerine kıyasla ağırlık değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun başlık 2.2.3'te belirtildiği gibi polisakkarit film olan HPMC'nin zayıf nem bariyer özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Film formülasyonuna yağ ilavesinin örneklere ait ağırlık değerlerini istatistiki açıdan önemli derecede arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6'ya göre en yüksek ağırlık değerine 0.38 g değeri ile tarçın ekstraktlı ve toz karanfil (0.37 g) ilaveli film örneklerinin sahip olduğu görülmüştür. Bunları 0.33 g değeri ile karanfil ekstraktı ilaveli film örnekleri izlemiştir. En düşük ağırlık değerleri ise aralarında istatistiksel olarak fark bulunmayan fakat deskriptif olarak farklılık oluşturan kontrol (0.32 g) ve toz tarçın (0.31 g) ilaveli film örneklerinde belirlenmiştir.



**Şekil 4.9.** Film örneklerinde ağırlık değeri üzerinde etkili “*Film oluşturucu materyal × Yağ ilavesi × Doğal koruyucu ilavesi*” interaksiyonu

Şekil 4.9 incelendiğinde jelatin içerikli film örneklerinde yağ ilavesi ve doğal koruyucu ilavesinin film örneklerinin ağırlık değerini arttırdığı tespit edilmiştir. HPMC

içerikli yenilebilir filmlerin yağ-doğal koruyucu ilavesi faktörleri filmlerin ağırlık değerleri üzerinde önemli bir artışa sebep olmamıştır.

#### 4.1.1.6. Kalınlık

Yenilebilir film örneklerinin kalınlık analiz sonuçları Çizelge 4.4'te, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Yenilebilir film örneklerinin kalınlık değerleri 0.10 mm ile 0.15 mm arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.4).

Varyans analizi sonuçlarına göre yenilebilir film örneklerinin kalınlık değeri üzerinde tüm varyasyon kaynaklarının istatistiki olarak önemsiz ( $p>0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6'da verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre aralarında istatistiksel olarak fark oluşturmayan fakat deskriptif olarak farklı olan jelatin içerikli ve yağsız filmlerin HPMC ve yağ ilavesi bulduran yenilebilir film örneklerine kıyasla daha kalın olduğu görülmüştür.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları doğal koruyucu ilavesi açısından değerlendirildiğinde kalınlık değerlerinin 0.13 mm ile 0.10 mm arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Toz tarçın ve tarçın ekstraktlı film örneklerinin kalınlık değerleri 0.13 mm, toz karanfil ilaveli film örneklerinin kalınlık değerleri 0.12 mm, kontrol örneklerinin kalınlık değerleri 0.11 mm ve karanfil ekstraktı ilaveli film örneklerinin kalınlık değerleri 0.10 mm olarak tespit edilmiştir.

Söğüt ve Seğdim (2018), uçucu yağ içeren (kekik yağı, üzüm çekirdeği yağı, nar çekirdeği yağı) kitosan bazlı filmlerin karakterizasyonu üzerine yaptıkları çalışmada, kitosan filmlere yağ ilave edilmesinin film örneklerinin kalınlık değerini azalttığını belirtmişlerdir. Bu azalmayı kitosan film yapısı ve yapıya ilave edilen diğer bileşenlerin etkileşimine atfetmişlerdir. Kitosan, kitosan-kekik yağı, kitosan-nar çekirdeği yağı, kitosan-üzümçekirdeği yağı filmlerinin kalınlık değerlerini sırasıyla 50.33  $\mu\text{m}$ , 41.67  $\mu\text{m}$ , 40.33  $\mu\text{m}$  ve 43.67  $\mu\text{m}$  olarak tespit etmişlerdir.

Eker ve İçöz (2014), farklı konsantrasyonlarda hazırladığı jelatin filmleri ambalaj malzemesi olarak kullandığı çalışmada %6 jelatin içerikli filmin kalınlığını 0.2 mm olarak belirtmiştir.

Sarıcaoğlu (2020), yüksek basınç yöntemi ile fındık proteinlerinden ürettiği yenilebilir film örneklerinin kalınlık değerinin 0.3 ile 0.4 mm arasında değiştiğini ve basıncın artmasının genelde film kalınlığında artırdığını belirtmiştir. Bu durumu basıncın artmasının film yapısındaki protein miktarını dolayısıyla kuru madde oranını artırması olarak değerlendirmiştir.

Kaya Özkök (2017), üç farklı protein kaynağı kullanarak ürettiği yenilebilir filmlerin kalınlık değerlerini soya proteinli filmlerde 0.23-0.24 mm, peynir altı suyu proteinli filmlerde 0.32-0.44 mm ve gluten proteinli filmlerde 0.19-0.20 mm olarak belirtmiştir. Filmler arasındaki kalınlık farklılığının kullanılan plastikleştirici ve protein miktarlarındaki oran farklılıklarından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

#### **4.1.1.7. Morfolojinin belirlenmesi (SEM)**

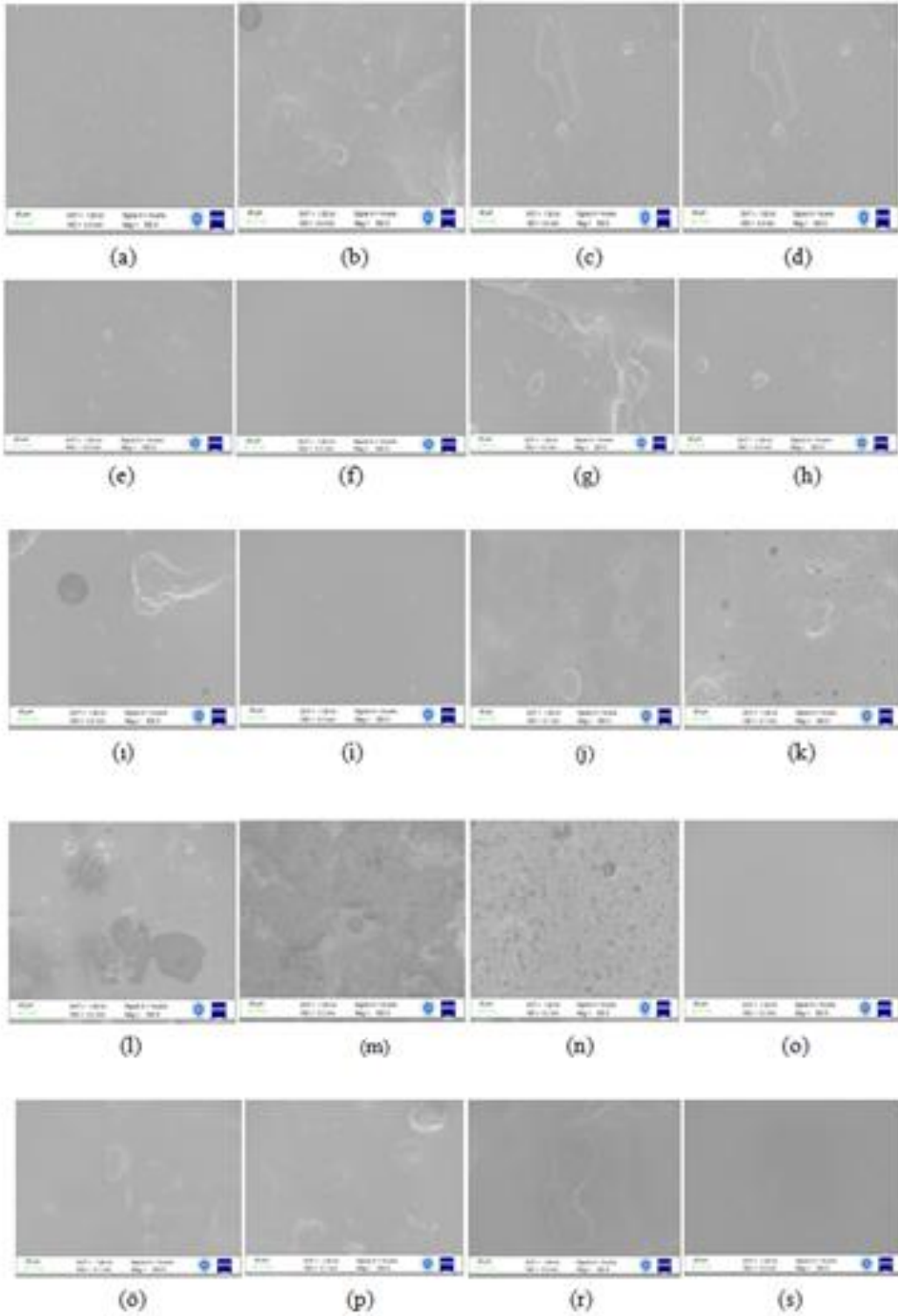
Yenilebilir filmlerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (SEM), filmlerin mikro yapısal görüntülerinin alınmasını sağlamaktadır. Bu bilgiler sayesinde filmlerin mekanik ve optik özellikleri, gözenek yapıları ve su buharı geçirgenliği değerleri hakkında bilgi edinilebilmektedir (Sarıcaoğlu, 2020).

Şekil 4.1’de verilen SEM analiz görüntüleri incelendiğinde, jelatin ve HPMC içerikli, yağsız ve sade filmlerde diğer film örneklerine kıyasla yüzey pürüzlülüğünün minimum düzeyde olduğu görülmüştür. HPMC içerikli filmlerin jelatin içerikli film örneklerine göre daha pürüzlü yüzeye sahip olduğu tespit edilmiştir. Film çözeltilerine eklenen tarçın ve karanfilin toz formunun ekstrakt formuna göre yüzey pürüzlülüğünü artırdığı belirlenmiştir.

Otoni ve ark. (2014), dilimlenmiş ekmeğin raf ömrünü uzatmaya yönelik yaptıkları çalışmada film oluşturucu materyal olarak metil selüloz, yağ ilavesi olarak karanfil ve kekik yağını kullanmışlardır. Yağ ilavesi bulundurmeyen metil selüloz filmlerin homojen bir yapı gösterdiğini, buna karşın yağ ilave edilerek emülsiyon haline getirilen filmlerde damlacıkların ve heterojen bir yapının gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Sanchez-Gonzalez ve ark. (2009), HPMC ve HPMC-ay yağı kombinasyonlu yenilebilir film rneklerinin SEM görüntülerini incelemişlerdir. Görüntüler sonucunda HPMC bazlı film rneği için sürekli bir yapının gözlemlendiği, çay ağacı yağının yenilebilir formülasyonuna eklenmesinin sürekli yapıyı bozduğunu ve film matrisinde iki farklı fazın oluştuğuna ulaşmışlardır. Artan ay ağacı yağı konsantrasyonu lipid damlacıklarının film boyunca homojen şekilde dağılmasına neden olmuştur. Bunun sebebini HPMC' nin yüksek viskoz etkisinden kaynaklı kurutma işlemi sırasında çok az kremleşmenin meydana gelmesi ve kurutma ilerledikçe kremleşmenin artmasından kaynaklı olarak belirtmişlerdir.





**Şekil 4.10.** Film örneklerine ait SEM görüntüleri

(a): JYS, (b): JYTT, (c): JYTE, (d): JYTK, (e): JYKE, (f): JYsS, (g): JYsTT, (h): JYsTE, (i): JYsTK, (i): JYsKE, (j): HYS, (k): HYTT, (l): HYTE, (m): HYTK, (n): HYKE, (o): HYSs, (ö): HYSsTT, (p): HYSsTE, (r): HYSsTK, (s): HYSsKE

#### 4.1.2. Kek analizleri

Kek örnekleri yukarıda analizleri yapılan film örnekleri arasından optimum özellikleri veren jelatinin film oluşturucu materyal olarak kullanıldığı, yağ ilaveli, doğal koruyucu olarak karanfil ekstraktı (jelatin karanfil ekstraktlı kaplama-yağlı) ve tarçın ekstraktı (jelatin tarçın ekstraktlı kaplama-yağlı) içeren ve doğal koruyucu ilavesi içermeyen formülasyon (kontrol sade-yağlı) ile kaplanmış ve kaplanmamış olarak üretilip bu kek örneklerinin analizleri gerçekleştirilmiştir.

HPMC'nin yüksek viskoz yapısı muffin kekleri kaplamak için film oluşturucu materyal olarak jelatini seçmemizde etkili olmuştur. Ön denemelerde HPMC yenilebilir film çözeltisi ile kaplanan kekler jelatin içerikli kaplama işlemi uygulanan keklerle kıyaslandığında filmin ağızda bıraktığı his beğenilmemiştir. Bunun aksine jelatin içerikli yenilebilir film kaplama uygulanan kekler ağızda daha kolay çiğnenmiş ve film yapısını hissettirmemiştir.

Filmlerin bariyer özelliklerinin film yapısına hidrofobik malzeme ilave edilmesi ile iyileştirilebileceği düşünüldüğünden muffin keklerin kaplanmasında yağ ilaveli formülasyonun kullanılmasına karar verilmiştir.

Toz formdaki doğal koruyucu ilavesi ekstrakt formdaki doğal koruyucu ilavesine kıyasla yenilebilir film örneklerinin opaklığını artırsada (başlık 4.1.1.2'de belirtildiği gibi yüksek opaklık değerine sahip filmler ışığı yansıttığından dolayı güneş ışığının katalizlediği acılaştırmanın önüne geçmektedir) ürünün görünümünü olumsuz etkileyeceği için tercih edilmemiştir.

Jelatin içerikli yenilebilir film ile kaplanan ve kaplama işlemi uygulanmayan kontrol (K) kekinde su aktivitesi, renk ölçümü, antioksidan aktivite, fenolik madde tayini, duyusal analizler ile 15 günlük depolama periyodu boyunca nem miktarı, pH ve titrasyon asitliği, tekstür analizi ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Depolama analizleri 1., 8. ve 15. günlerde gerçekleştirilmiştir.

##### 4.1.2.1. Su aktivitesi analizi

Gıdaların kalite özelliklerinde ve muhafazasında içeriğinde yer alan su önemli rol oynamaktadır. Bütün gıda maddeleri farklı oranlarda su içermektedir. Yüksek su içerikli gıdaların güvenliği ve kalitesi, yapılarındaki suyun kimyasal, biyokimyasal ve

mikrobiyolojik etkilerini kontrol altında tutarak sağlanmaktadır. Su aktivitesi ( $a_w$ ) nemden farklı bir terimdir ve esas olarak gıda kalitesinde, kimyasal, mikrobiyolojik ve fiziksel kararlılığı belirlemektedir (Özay ve ark., 1993).

Kek, 0.800 – 0.900  $a_w$  değeri ile orta nemli gıdalar grubundadır. Bu gruptaki gıdalar, bakteriyal gelişmeyi önleyebilmekte, fakat küf-maya gelişmesine açıktırlar (Özay ve ark., 1993; Uysal Seçkin ve Taşeri, 2015).

Çizelge 4.7'ye göre, kek örneklerinin su aktivitesi değerleri 0.816 ile 0.876 arasında değişiklik göstermiştir. K kekinde istatistiksel olarak en düşük su aktivitesi değeri, KFY kekinde ise en yüksek su aktivitesi değeri tespit edilmiştir. JTE (0.846) kekinin su aktivitesi değerinin JKE (0.844) örneğine göre deskriptif olarak daha yüksek olduğu fakat istatistiksel olarak önemli bir fark yaratmadığı görülmüştür.

**Çizelge 4.7.** Kek örneklerine ait su aktivitesi analiz sonuçları<sup>1</sup>

Kek Örnekleri	Su aktivitesi
Kontrol (K)	0.816±0.01 <sup>b</sup>
Kontrol-Sade Film Kaplama-Yağlı (KFY)	0.876±0.00 <sup>a</sup>
Jelatin Karanfil Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JKE)	0.844±0.00 <sup>ab</sup>
Jelatin Tarçın Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JTE)	0.846±0.00 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $p<0.05$ ).

El-Dın ve ark. (2015) yenilebilir film kaplama kullanımının depolama süresince bazı fırıncılık ürünleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında metil selüloz-nişasta-soya yağı bileşenleriyle hazırlanan film formülasyonları kaplama materyali olarak ve sulu hamur formülasyonuna ilave edilerek kullanılmıştır. Kontrol kekin su aktivitesi değerini 0.86, film ile kaplanan örneğin (firçalama metodu ile) su aktivitesi değerini 0.85, metil selülozun sulu hamur ile %10, %20 ve %30 yer değiştirmesi ile hazırlanan keklerde su aktivitesi değerlerini ise sırasıyla 0.83, 0.82 ve 0.81 olarak tespit etmişlerdir.

Saraiva ve ark. (2016), patates nişastalı yenilebilir film ile mini panettoları kaplayarak film kaplamanın raf ömrüne etkisini araştırmışlardır. Panettoların su aktivitesi değerlerinin 0.71 ile 0.80 arasında farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada yenilebilir film kaplamasının nem bariyer özelliğini artırmak için iki kat fırçalama işlemi uygulanmıştır. Bundan kaynaklı film ile kaplanan muffin keklerin su aktivitesi değeri kaplama işlemi uygulanmayan kontrol keke göre daha yüksek çıkmıştır çünkü kaplanan kekler fazla çözeltiyi içine çekmiş, aynı zamanda bir bariyer görevi görerek kekin neminin uzaklaşmasını engellemiştir.

KFY, JKE ve JTE örnekleri kendi aralarında karşılaştırıldığında film formülasyonuna doğal koruyucu ilave edilmesinin su aktivitesi değerini azalttığı görülmüştür. Bu durumun başlık 4.1.1.3'te belirtildiği gibi film bileşiminin viskozitesinin artmasıyla ilişkili olduğu düşünülmüştür. Film bileşimindeki artan molekül sayısı ile film yapısında tutulan su artmış ve bu durum kaplama çözeltisinden keke geçen nemin dolayısıyla ürünün su aktivitesinin azaldığı şeklinde yorumlanmıştır.

#### 4.1.2.2. Renk ölçümü

Tüketicinin ürün tercihini doğrudan etkileyen renk parametresi gıda için en önemli görünüm özelliklerinden biridir (Bartolozzo ve ark., 2016).

Keklerin kabuk ve iç renklerine ait  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , SI ve hue angle renk değerleri Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Kek örneklerine ait kabuk renk analiz sonuçları<sup>1</sup>

Kek Örnekleri	$L^*$	$a^*$	$b^*$	SI	Hue Angle
Kontrol (K)	35.89±0.02 <sup>a</sup>	1.94±0.03 <sup>c</sup>	0.93±0.01 <sup>c</sup>	2.14±0.03 <sup>c</sup>	25.55±0.58 <sup>b</sup>
Kontrol-Sade Film Kaplama-Yağlı (KFY)	28.05±0.88 <sup>c</sup>	2.90±0.01 <sup>b</sup>	1.53±0.12 <sup>b</sup>	3.28±0.09 <sup>b</sup>	27.78±2.51 <sup>b</sup>
Jelatin Karanfil Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JKE)	30.77±0.04 <sup>b</sup>	1.92±0.02 <sup>c</sup>	1.07±0.04 <sup>c</sup>	2.19±0.05 <sup>c</sup>	29.18±1.02 <sup>b</sup>
Jelatin Tarçın Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JTE)	27.13±0.02 <sup>c</sup>	3.20±0.02 <sup>a</sup>	2.38±0.05 <sup>a</sup>	3.99±0.02 <sup>a</sup>	36.64±1.06 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ( $p < 0.05$ ).  $L^*$ : Parlaklık,  $a^*$ : Kırmızı-yeşil renk değeri,  $b^*$ : Sarı-mavi renk değeri, SI: Doygunluk indeksi, Hue: Renk özü.

Keklerin kabuk renk değerleri incelendiğinde,  $L^*$  değerinin 27.13 ile 35.89 arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek  $L^*$  değeri K kekinde tespit

edilmiştir (35.89), bunu 30.77 ile JKE örneği izlemiş, KFY (28.05) ile JTE (27.13) örnekleri istatistiki olarak benzer değerlerle en düşük parlaklık değerlerini vermişlerdir.

Renk ölçümlerinin  $a^*$  değerlerine göre, en yüksek değer 3.20 ile JTE örneğinde, en düşük değer ise 1.92 ile JKE ve 1.94 ile K örneklerinde gözlemlenmiştir. Tarçın ekstraktlı çözeltilerin karanfil ekstraktlı ve sade film örneğine göre koyu renge sahip olmasının keklerin kırmızılık değerinde etkili olduğu düşünülmüştür.

Renk ölçümlerinin  $b^*$  değeri incelendiğinde ise,  $a^*$  değerinde olduğu gibi istatistiksel olarak en yüksek değer JTE (2.38) örneğinde bulunmuştur, bunu KFY (1.53) örneği takip etmiştir. En düşük değer ise istatistiksel açıdan benzer olan K (0.93) ve JKE (1.07) keklerinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8'de 3.99 ile JTE örneğinin en yüksek SI değerine sahip olduğu, bunu 3.28 ile KFY örneğinin takip ettiği, JKE (2.19) ile K (2.14) örneklerinin istatistiki olarak benzer değerlerle en düşük SI değerlerini verdiği görülmüştür.

Renk ölçümlerinin hue angle değerleri incelendiğinde, JTE örneğinin en yüksek hue angle değerine (36.64) sahip olduğu görülmüştür, bunu sırasıyla istatistiksel olarak benzer olan JKE (29.18), KFY (27.18) ve K (25.55) örnekleri takip etmiştir.

Çizelge 4.9'da belirtilen keklerin iç renk değer sonuçlarına göre, yenilebilir film ile kaplama işlemi uygulanan keklerin iç renklerinin parlaklık değerleri film ile kaplanmamış kek örneğine göre daha düşük değerler göstermiştir. K örneği en yüksek parlaklık değerini (34.02) vermiştir. Bunu JKE (32.88) örneği takip ederken, JTE (32.25) ve KFY (31.90) kek örnekleri istatistiki olarak benzer ve düşük parlaklık değerleri vermişlerdir.

Keklerin iç renk  $a^*$  değerleri 4.66 ile 5.56 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek kırmızılık değeri istatistiksel olarak K (5.56) kekinde bulunurken, bunu aralarında deskriptif olarak değişiklik gösteren ancak istatistiksel olarak önemli fark bulunmayan JKE (5.08) ve KFY (5.13) örnekleri takip etmiştir, en düşük değer ise JTE (4.66) örneğinde tespit edilmiştir.

Kabuk renk değerlerin aksine keklerin iç renk ölçümlerinde, en yüksek  $b^*$  değeri K (4.85) örneğinde, en düşük sarılık değeri ise JTE (2.85) örneğinde gözlemlenmiştir.

Keklerin iç renk ölçümlerine göre SI değerlerinin 5.46 ile 7.37 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Çizelge 4.9'a göre en yüksek SI değeri K (7.37) örneğinde

tespit edilmiştir. Bunu istatistiksel olarak benzer olan JKE (6.28) ve KFY (6.19) takip etmiştir. En düşük SI değeri ise JTE (5.46) örneğinde belirlenmiştir.

**Çizelge 4.9.** Kek örneklerine ait iç renk analiz sonuçları<sup>1</sup>

Kek Örnekleri	$L^*$	$a^*$	$b^*$	SI	Hue Angle
Kontrol (K)	34.02±0.16 <sup>a</sup>	5.56±0.02 <sup>a</sup>	4.85±0.02 <sup>a</sup>	7.37±0.04 <sup>a</sup>	41.09±0.10 <sup>a</sup>
Kontrol-Sade Film					
Kaplama-Yağlı (KFY)	31.90±0.05 <sup>c</sup>	5.13±0.00 <sup>b</sup>	3.47±0.06 <sup>c</sup>	6.19±0.05 <sup>b</sup>	34.10±0.61 <sup>c</sup>
Jelatin Karanfil Ekstraktlı					
Kaplama-Yağlı (JKE)	32.88±0.05 <sup>b</sup>	5.08±0.00 <sup>b</sup>	3.70±0.00 <sup>b</sup>	6.28±0.00 <sup>b</sup>	36.07±0.00 <sup>b</sup>
Jelatin Tarçın Ekstraktlı					
Kaplama-Yağlı (JTE)	32.25±0.06 <sup>c</sup>	4.66±0.00 <sup>c</sup>	2.85±0.03 <sup>d</sup>	5.46±0.03 <sup>c</sup>	31.43±0.40 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekrerrün ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).  $L^*$ : Parlaklık,  $a^*$ : Kırmızı-yeşil renk değeri,  $b^*$ : Sarı-mavi renk değeri, SI: Doygunluk indeksi, Hue: Renk özü.

Çizelge 4.9’da tüm kek örneklerinin hue angle değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu ve en yüksek değere K (41.09) örneğinin sahip olduğu görülmektedir. Yenilebilir film kaplama uygulamanın muffin keklerin hue angle değerini azalttığı tespit edilmiştir. JKE örneği 36.07 değeri ile kaplama işlemi uygulanan muffin kek örneklerinin arasında en yüksek hue angle değerine sahip olmaktadır. Bunu 34.10 değeri ile KFY ve 31.43 değeri ile JTE örnekleri takip etmiştir.

Muffin keklerin kakao ilaveli olması örneklerin renk parametreleri üzerindeki en önemli faktördür. Yapısında bulunan bileşenler kakaoya hem lezzet hem de son ürün rengi açısından önemli özellikler kazandırmaktadır (Doka ve ark., 2013; Kostic, 1997).

Yenilebilir film ile kaplanan keklerin iç renk ölçümleri sonucu tespit edilen değişimlerin (film kaplama uygulanan kek örnekleri için), keklerin film çözeltisini içine absorbe etmesinden, kabuk kısmını kaplayan çözelti kuruduktan sonra kekin mat görünüm vermesinden fakat film çözeltisinin fazla nemini içine çeken keklerin daha parlak görünümünden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Soukoulis ve ark. (2014), yeni bir strateji olan probiyotik yenilebilir film uygulamasını tava ekmeğinin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için kullanmışlardır. Film oluşturucu materyal olarak *Lactobacillus rhamnosus* içeren sodyum aljinat ve sodyum aljinat-peynir altı suyu proteini konsantresini

kullanmışlardır. Yenilebilir film kaplamanın tava ekmeğinin renk özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Kaplama uygulanmayan kontrol örneğin  $L^*$  değerini 68.9,  $a^*$  değerini 10.3 ve  $b^*$  değerini 31.1 olarak bildirmişlerdir. Sadece sodyum aljinat kaplama uygulanan (60 °C/10 dk kurutma) tava ekmeklerinin  $L^*$  değerini 68.4,  $a^*$  değerini 11.7,  $b^*$  değerini 30.8 olarak; 180 °C’de 2 dk kurutma uygulanan örneklerin  $L^*$  değerini 67.4,  $a^*$  değerini 11.8 ve  $b^*$  değerini 32.2 olarak tespit etmişlerdir. Sodyum aljinat–peynir altı suyu konsantresi ikili bileşenini içeren yenilebilir film kaplama çözeltisinin uygulandığı (60 °C/10 dk kurutma) tava ekmeklerinin  $L^*$  değerini 66.9,  $a^*$  değerini 11.4,  $b^*$  değerini 31.2 olarak; 180 °C’de 2 dk kurutma uygulanan örneklerin  $L^*$  değerini 64.0,  $a^*$  değerini 13.1 ve  $b^*$  değerini 29.5 olarak bildirmişlerdir. Sodyum aljinat–peynir altı suyu konsantresinin uygulandığı (180 °C’de 2 dk kurutma) tava ekmeklerinin kırmızılık değerinin diğer örneklerin kırmızılık değerinden önemli ölçüde fazla olduğu görülmüştür. Bu durumu peynir altı suyu proteini ve laktoz arasında meydana gelebilecek Maillard reaksiyonuna atfetmişlerdir.

#### 4.1.2.3. Antioksidan aktivite tayini

Antioksidanlar serbest radikallerin etkilerini yok edici ve yağların oksidasyonunu önleyici maddelerdir. Günümüzde, gıda endüstrisi sentetik antioksidanların yerine bitkisel materyallerden doğal antioksidanların elde edilmesine yoğunlaşmıştır. Çünkü artan tüketici bilinci sentetik antioksidanların güvenilirliğini sorgulamaya başlamıştır. Bu durum, doğal antioksidan kaynağı olarak aromatik bitkilerden elde edilen ekstraktların, tozların ve yağların, özellikle fırıncılık, et ve süt ürünleri gibi yağlı gıdalarda oksidasyonu önlemek amacıyla kullanımının giderek artmasına olanak sağlamıştır (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2013).

Gıdalara antioksidanların eklenmesi oksidasyonu geciktirerek veya engelleyerek besin kayıplarını azaltır ve aynı zamanda ürünlerin raf ömrünü uzatır (Mathew ve Abraham, 2004).

Çizelge 4.10’a göre K örneğinin antioksidan aktivite değeri %22.49, KFY örneğinin antioksidan aktivite değeri %29.62, JTE örneğinin antioksidan aktivite değeri %36.74 ve JKE örneğinin antioksidan aktivite değeri %40.73 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.10'da belirtilen sonuçlar incelendiğinde, karanfil ve tarçın ekstraktı kullanımı kontrol örneğine (K) kıyasla film kaplı keklerin antioksidan değerleri üzerinde istatistiki olarak artış sağlamıştır.

**Çizelge 4.10.** Kek örneklerine ait antioksidan aktivite analizi sonuçları<sup>1</sup>

Kek Örnekleri	Antioksidan Aktivite (%)
Kontrol (K)	22.49±0.98 <sup>c</sup>
Kontrol-Sade Film Kaplama-Yağlı (KFY)	29.62±2.52 <sup>bc</sup>
Jelatin Karanfil Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JKE)	40.73±1.06 <sup>a</sup>
Jelatin Tarçın Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JTE)	36.74±0.47 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

Mathew ve Abraham (2006), tarçının metanolik ekstraktının, hidroksilli asitleri ve süperoksit anyonlar dahil reaktif oksijen türlerini ve ek olarak *in vitro* koşullarda serbest radikalleri etkili bir şekilde temizleyebilen birçok sayıda antioksidan bileşik içerdiğini bildirmiştir.

Yekeler (2015), karanfilin BHT ve BHA kadar güçlü antioksidatif etki gösterdiğini belirtmiştir.

Shahidi ve ark. (1995), karanfil, adaçayı, zencefil ve kekiğin et yağı üzerindeki antioksidan aktivitelerinin konsantrasyona bağlı olduğunu ve bu maddeler arasından en etkilisinin karanfil olduğunu tespit etmişlerdir.

#### 4.1.2.4. Toplam fenolik madde tayini

Çizelge 4.11'e göre kek örneklerinin toplam fenolik madde değeri 1234.62 ile 3369.23 mg GAE/kg arasında değişiklik göstermiştir.

Kek örneklerinde toplam fenolik madde miktarı değerleri karanfil ekstraktının kullanıldığı film kaplamalı kek örneğinde en yüksek (3369.23 mg GAE/kg) bulunmuş, bunu sırayla tarçın ekstraktının kullanıldığı film kaplamalı kek örnekleri (2423.08 mg GAE/kg), KFY örneği (K-2 1257.69 mg GAE/kg) ve K (1234.62 mg GAE/kg) örneği takip etmiştir.

Kek örneklerinin toplam fenolik madde değerini artırmada karanfil ekstraktlı film kaplamanın tarçın ekstraktlı kaplama işlemine göre daha etkili olduğu görülmüştür. KFY ve K keklerinin toplam fenolik madde içeriğinde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Çizelge 4.11).

**Çizelge 4.11.** Kek örneklerine ait toplam fenolik madde miktarı analizi sonuçları<sup>1</sup>

Kek Örnekleri	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mgGAE/kg)
Kontrol (K)	1234.62±48.95 <sup>c</sup>
Kontrol-Sade Film Kaplama-Yağlı (KFY)	1257.69±16.32 <sup>c</sup>
Jelatin Karanfil Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JKE)	3369.23±97.91 <sup>a</sup>
Jelatin Tarçın Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JTE)	2423.08±65.27 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

Arslan Burnaz ve ark. (2018), tarçın, zerdeçal, mahlep, keten tohumu, sarı haşhaş, çörek otu ve kişniş aromatik bitkilerini kullanarak ekmeğin fenolik madde içeriğinin zenginleştirilmesine yönelik çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar kontrol beyaz ekmekle karşılaştırıldığında ekmek yapımında özellikle tarçının toplam fenolik madde içeriğini önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir. Üretilen ekmeklerin toplam fenolik madde içeriklerini; kontrol beyaz ekmekte 1.263 µg GAE/100g, tarçınlı ekmekte 11.068 µg GAE/100g, zerdaçalı ekmekte 10.992 µg GAE/100g, mahlepli ekmekte 2.572 µg GAE/100g, keten tohumlu ekmekte 5.029 µg GAE/100g, haşhaşlı ekmekte 2.457 µg GAE/100g, çörek otlu ekmekte 6.590 ve kişnişli ekmekte 4.753 µg GAE/100g olarak tespit etmişlerdir.

Aydın (2011), yaptığı çalışmada tarçının su, etanol-su, metanol ve kloroform ekstraktlarının *in vitro* koşullarda antioksidan ve toplam fenolik madde özelliklerini belirlemiştir. Tarçının sulu ekstraksiyonu sonucu toplam fenolik madde içeriğini 1.790 mg GAE/g, etanol-su ekstraksiyonu sonucu 1.944 mg GAE/g, metanol ekstraksiyonu sonucu 0.650 mg GAE/g ve kloroform ile ekstraksiyonu sonucu 0.501 mg GAE/g olarak tespit etmiştir.

Gülçin ve ark. (2003), karanfil tomurcukları ve lavantanın antioksidan aktivesitesini karşılaştırdıkları çalışmada karanfilin etanol ekstraksiyonu sonucu toplam fenolik madde içeriğini 264.4 µg GAE/mg olarak tespit etmişlerdir. Fenollerin,

içerdikleri hidroksil gruplarından kaynaklı süpürme yeteneklerinden dolayı çok önemli bitki bileşenleri olduğunu ve fenolik bileşiklerin antioksidan aktivite ile ilişkili olup lipid peroksidasyonunu stabilize etmede önemli rol oynadığını bildirmişlerdir (Yen ve ark., 1993; Gülçin ve ark., 2003).

### **4.1.3. Depolama analizleri**

#### **4.1.3.1. Nem tayini**

Gıdalar sıcaklık derecesi ve nem oranı aynı kalan bir ortamda bekletildiklerinde su alırlarlar veya verirler. Gıdanın nem oranındaki artış ürünü bozulmaya elverişli hale getirirken nem oranındaki düşüş ise tekstürel anlamda istenmeyen sert bir yapının oluşmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple gıdanın depolama süresince nem değişiminin kontrol altına alınması gerekmektedir (Sharma ve ark., 2006; Taş ve Ayhan, 2006; Eyiz, 2019).

Oda koşullarında polietilen poşetlerde depolanan kek örneklerine ait nem miktarı analiz sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. 1. gün belirlenen nem değerlerinin %25.85 ile %32.01 arasında, 8. gün nem değerlerinin %24.90 ile %30.26 ve 15. gün nem değerlerinin ise %23.59 ile %30.48 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Maftoonazad ve Badii (2009) protein bazlı filmlerin düşük bağıl nemde iyi CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> bariyerleri olmalarına rağmen yüksek su buharı geçirgenliği nedeniyle bu kaplamaların gıda ürünlerinde kullanımının kısıtlandığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, proteinlerin hidrofobik malzemelerle birleştirilerek kompozit veya iki katmanlı kaplamalar geliştirilmesi ile film özelliklerinin iyileştirilebileceğini bildirmişlerdir. Çizelge 4.12’de belirtilen sonuçlar değerlendirildiğinde film ile kaplanmayan kontrol kek örneğinde (K); JKE, JTE ve KFY kek örneklerine kıyasla tüm depolama boyunca en düşük nem değerleri gözlemlenmiştir. Yenilebilir film kaplama uygulanan kek örneklerinin kaplama uygulanmayan kontrol kekine (K) göre daha yüksek nem değerine sahip olduğu ve istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşturdukları görülmektedir. Yenilebilir film ile kaplanan keklerin, kaplama işlemi uygulanmayan kontrol kekine (K) göre daha yüksek nem değerine sahip olması çözelti neminden kaynaklı beklenen bir durum olmasının yanında kaplama ile kek içi nemi hapsedilmiş ve çıkışı engellenmiştir.

Kek örneklerinin 15. gün nem analizi sonuçları değerlendirildiğinde, JKE ve KFY örneğinin JTE örneğine göre istatistiksel olarak farklılık gösterdiği ve en yüksek nem değerine sahip olduğu, K kekinin ise en düşük nem değerini verdiği tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Kek örneklerine ait nem ölçümü analizi sonuçları<sup>1</sup>

Kek Örnekleri	Nem (%)		
	1. Gün	8. Gün	15. Gün
Kontrol (K)	25.85±0.55 <sup>b</sup>	24.90±0.28 <sup>b</sup>	23.59±0.11 <sup>c</sup>
Kontrol-Sade Film Kaplama-Yağlı (KFY)	30.23±0.05 <sup>a</sup>	30.26±0.19 <sup>a</sup>	30.48±0.12 <sup>a</sup>
Jelatin Karanfil Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JKE)	32.01±0.72 <sup>a</sup>	29.95±0.18 <sup>a</sup>	29.58±0.54 <sup>a</sup>
Jelatin Tarçın Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JTE)	31.55±0.27 <sup>a</sup>	30.20±0.36 <sup>a</sup>	27.43±0.01 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekrerrün ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

K ve KFY kendi aralarında kıyaslandıklarında KFY’de gerçekleşen nem değişim miktarı daha azdır. Su aktivitesi yüksek gıdalar nem kaybederek kurumaya başlarlar. Kek örneklerinin su aktiviteleri 0.8’in üzerinde ölçülmüştür. Bu nedenle K kekinin dışında herhangi bir kaplama maddesi olmadığı için kolaylıkla nem kaybettiği düşünülmüştür. Çizelge 4.12’ye göre, KFY örneğini en yüksek su aktivitesi değerine sahip olmasına rağmen diğer kek örneklerinin aksine nem kaybetmemiştir. KFY örneğinin nem kazanmasının alt katmanın tamamen kurumayıp çözelti neminin depolama süresince keke geçerek ürüne nem kazandırmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Shulga ve ark. (2015), zencefilli ekmeğin tazeliğini korumak ve biyolojik değerini artırmak için ürüne yenilebilir kaplama uygulamışlardır. Film ile kaplamanın ürün üzerindeki etkilerini görmek için zencefilli ekmekler ayrıca sentetik malzeme ile ambalajlanmıştır ve şeker şurubu ile kaplanmıştır. Film kaplama uygulanan zencefilli ekmeklerin bayatlama durumuna, depolama süresince nem ağırlığında ve su emiliminde meydana gelen değişime bakılarak karar verilmiştir. Çünkü doğal polimerler sertleşme ve bayatlamanın sonucu olarak nem tutma kabiliyetlerini yitirmektedir (Drobot, 2002). Çalışma sonucunda yenilebilir film ile kaplanan zencefilli ekmeklerin kontrol örneğine göre çözüldükten kaynaklı nem içeriklerinde artış görülmüştür. 30 g ağırlığındaki

zencefilli ekmeğin yüzeyine yaklaşık 1.5 g film çözeltisi uygulandığı zaman ürünün 1.05 g nem aldığı bildirilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre zencefilli ekmeklerin nem içeriğinin %5 artması gerektiği fakat film neminin önemli kısmının çevreye buharlaştığından dolayı sadece %0.5 artış yaşandığını ifade etmişlerdir. Çalışmalarında jelatin içerikli film kullanan Shulga ve ark. (2015) ürün yüzeyine yenilebilir kaplama uygulamanın üründen nem buharlaşmasını yavaşlattığını ortaya koymuşlardır. 0. günde nem içerikleri %15.5 olan ürünlerin 43.günde nem değerleri, film ile kaplananlarda %13.9, sentetik malzeme ile ambalajlananda %13.5 ve şeker şurubu ile kaplananda %13.2 olarak ölçüldüğünü belirtmişlerdir.

Al-Anbari ve ark. (2019) gerçekleştirdikleri çalışmada kek örneklerini, jelatin ve portakal kabuğu tozu ile oluşturdukları film çözeltileri ile daldırma ve fırçalama metoduyla kaplamışlardır (M1: %6 jelatin, M2: %6 jelatin-%0.1 portakal kabuğu tozu, M3: %6 jelatin-%0.5 portakal kabuğu tozu, M4: %6 jelatin-% 1.0 portakal kabuğu tozu). 7 günlük depolama süresi sonunda sadece jelatin kaplama uygulanan M1 örneğinde %5.8'lik nem kaybı olduğunu bildirmişlerdir. Daldırma metodu uygulanan keklerin, yüksek nem emiliminden dolayı ürünün şeklini kaybetmesine ve mikroorganizmaların gelişip yayılmasına olanak sağlayan yüksek su aktivitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçların aksine fırçalama metodu uygulanan keklerin, nem alma ve iç geçirgenlik olmaksızın ince bir film tabakası oluşturduğunu ve depolama süresince ürün şekline ve stabilitesine olumlu etkiler gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Yukarıda yapılan değerlendirmeler ve Çizelge 4.12'ye göre en iyi bariyer özelliği karanfil ekstrakt içerikli (JKE) ve sade kaplama (KFY) uygulanan keklerde tespit edilmiştir. Kontrol kek (K), bayatlamamanın göstergesi olan nem kaybı yaşanırken KFY örneğinde nem kaybı meydana gelmemiştir.

#### 4.1.3.2. pH tayini

Hidrojen konsantrasyonunun eksi logaritması olarak tanımlanan pH bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini belirtmektedir. Bir maddenin  $H^+$  derişimi  $OH^-$  derişiminden fazla ise çözelti asidik ( $< 7$ ), eğer  $OH^-$  derişimi  $H^+$  derişiminden fazla ise baziktir ( $> 7$ ).  $OH^-$  ve  $H^+$  iyonlarını eşit miktarda bulunduruyorsa bu sefer nötrdür ( $= 7$ ).

**Çizelge 4.13.** Kek örneklerine ait pH ve titrasyon asitliği analiz sonuçları<sup>1</sup>

Kek Örnekleri	pH			Titrasyon Asitliği		
	1. Gün	8. Gün	15. Gün	1. Gün	8. Gün	15. Gün
Kontrol (K)	7.99±0.02 <sup>a</sup>	7.84±0.02 <sup>b</sup>	7.55±0.05 <sup>b</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.00 <sup>a</sup>
Kontrol-Sade Film Kaplama-Yağlı (KFY)	7.77±0.02 <sup>b</sup>	7.99±0.00 <sup>a</sup>	7.99±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.00 <sup>ab</sup>
Jelatin Karanfil Ekstraklı Kaplama-Yağlı (JKE)	8.00±0.00 <sup>a</sup>	7.79±0.00 <sup>b</sup>	7.48±0.01 <sup>b</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>	0.02±0.01 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>b</sup>
Jelatin Tarçın Ekstraklı Kaplama-Yağlı (JTE)	7.94±0.01 <sup>a</sup>	7.81±0.02 <sup>b</sup>	7.59±0.04 <sup>b</sup>	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.02±0.01 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p <0.05).

Çizelge 4.13'te verilen kek örneklerine ait pH değerleri incelendiğinde K, JKE ve JTE örneklerinin depolama boyunca pH değerlerinde azalma gözlemlenirken KFY örneğinde artış tespit edilmiştir.

1. gün pH değerleri incelendiğinde, JKE (8.00), K (7.99) ve JTE (7.94) örneklerinin sade film kaplama uygulanan KFY (7.77) örneğinden daha yüksek pH değerine sahip olduğu görülmüştür.

8. günde en yüksek pH değeri KFY (7.99) örneğinde tespit edilmiştir ve bunu istatistiksel olarak benzer bulunan K (7.84), JTE (7.81) ve JKE (7.79) örnekleri takip etmiştir.

15. günde 8. günde olduğu gibi en yüksek pH değeri sade kaplama uygulanan KFY örneğinde (7.99) belirlenmiştir. JTE (7.59), K (7.55) ve JKE (7.48) örnekleri deskriptif olarak farklılık gösterse de istatistiksel olarak benzer bulunmuştur.

Yaman (2013), nohut nişastası bazlı yenilebilir film kaplamanın nar taneleri üzerindeki kalite özelliklerini araştırmaya yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda kontrol ve kaplanmış nar tanelerinin pH değerinin arttığı, titrasyon asitliğinin ise azaldığını tespit etmiştir. Kontrol ve tüm numunelerin pH değerinin 4 gün boyunca biraz azaldığını sonraki günlerde (12 günlük depolama) arttığını fakat bu artışın ilk gün pH değerleriyle kıyaslandığında çok fazla olmadığını belirtmiştir.

#### 4.1.3.3. Titrasyon asitliği

pH ve titre edilebilir asitlik, gıda analizlerinde asitlikle ilgili birbiriyle ilişkili iki kavramdır. pH ve titrasyon asitliği değerleri analitik olarak ayrı şekillerde belirlenir ve her ikisi de gıda kalitesi hakkında görüş sağlar. Örneğin, pH bir mikroorganizmanın belirli bir gıdada büyüme yeteneğini değerlendirmek için önemliyken titrasyon asitliği gıdadaki organik asitlerin tadı nasıl etkilediğini belirlemede önemlidir. Tamamen ayrılmış güçlü asitlerin aksine, gıda asitleri kısmen iyonize olur. Gıdaların bazı özellikleri yalnızca asit moleküllerinin bu iyonize fraksiyonundan etkilenirken, diğer özellikler toplam asit içeriğinden etkilenir (Tyl ve Sadler, 2017).

Titre edilebilir asitlik, bir gıdanın içerdiği toplam asit konsantrasyonunun ölçümü ile ilgilenmektedir. Titre edilebilir asitlik, asidin lezzet üzerindeki etkisinin

pH'dan daha iyi bir göstergesidir. Gıda asitleri genellikle organik asitlerdir ve en yaygın olanları asetik, malik, laktik, tartarik ve sitrik asitlerdir. Bunlara ek olarak, fosforik ve karbonik asitler gibi inorganik asitler, gıda asitlenmesinde baskın rol oynamaktadır. Gıdalarda mevcut olan organik asitler rengi, tadı, mikrobiyal stabiliteyi ve kaliteyi etkilemektedir.

Çizelge 4.13'te belirtilen sonuçlar titrasyon asitliği açısından değerlendirildiğinde 1. günde JTE ve K (0.02) örneklerinin JKE ve KFY (0.01) örneklerine kıyasla sayısal olarak farklı olduğu ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli bulunduğu gözlemlenmiştir. Kek örneklerinin 8. gün titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde 0.02 değeri ile K ve JKE örnekleri, 0.01 değeri ile JTE ve KFY örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır. Çizelge 4.13'te belirtilen titrasyon asitliği değerleri 15. gün açısından değerlendirildiğinde JKE ve JTE örneklerinin titrasyon asitlik değerlerinin K örneğinden istatistiksel olarak daha düşük olduğu belirlenmiştir. 15. günde K örneğinin titrasyon asitliği değeri 0.03 olarak tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla KFY (0.02), JTE (0.02) ve JKE (0.01) örnekleri takip etmiştir.

Depolama süresince kaplama işlemi uygulanmayan K örneğinin titrasyon asitliği değerinde kaplama işlemi uygulanan örneklere kıyasla daha çok artış yaşanmıştır. Bu nedenle muffin keklere uygulanan yenilebilir film kaplama ile titrasyon asitliği artışının önüne geçildiği tespit edilmiştir.

#### **4.1.3.4. Tekstür analizi**

Tekstür, fırıncılık ürünlerinin ana özelliklerinden biridir. Üründe istenen dokunun kaybolması daha kısa raf ömrüne sebep olmaktadır (Bartolozzo ve ark., 2016).

Film ile kaplanan muffin keklerin depolama süresince sertliklerinde meydana gelen değişim Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Keklerin 1. güne ait sertlik değerleri 136.93 ile 307.94 g arasında farklılık göstermiştir. En yüksek sertlik değerleri film ile kaplanmayan K kekinde kaydedilmiştir ve 1., 8., ve 15. günlerde istatistiksel olarak da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Film kaplama uygulanan kek örnekleri kaplama uygulanmayan kek örneğiyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ve daha düşük sertlik

değerlerine sahiptirler. Fakat film çözeltisinin sade, tarçın ekstrakt ve karanfil ekstrakt içerikli olması sertlik değerlerinde istatistiksel olarak fark yaratmamıştır.

Muffin keklerin yenilebilir film ile kaplanması sonucu kek neminin film bariyerinden kaynaklı buharlaşmadığı ve suyun kekta hapsedildiği bu nedenle film kaplama uygulanan keklerin kaplama işlemi uygulanmayan kontrol örneğine göre daha yumuşak olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 4.14.** Kek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları

Kek Örnekleri	Sertlik (g)		
	1. Gün	8. Gün	15. Gün
Kontrol (K)	307.94±20.12 <sup>a</sup>	315.86±3.36 <sup>a</sup>	464.73±47.48 <sup>a</sup>
Kontrol-Sade Film Kaplama-Yağlı (KFY)	138.89±31.71 <sup>b</sup>	143.71±20.97 <sup>b</sup>	192.75±4.38 <sup>b</sup>
Jelatin Karanfil Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JKE)	152.52±6.45 <sup>b</sup>	153.29±30.94 <sup>b</sup>	196.44±17.92 <sup>b</sup>
Jelatin Tarçın Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JTE)	136.93±4.77 <sup>b</sup>	142.95±4.60 <sup>b</sup>	222.64±5.69 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Sonuçlar iki tekrürün ortalamasıdır. Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

El-Zainy ve ark. (2014) tarçın yağı ilaveli yenilebilir kaplamanın kek kalitesine etkisini incelemişlerdir. Üç ayrı kek örneğini değerlendirmişlerdir. Birincisi, kontrol kek ve herhangi bir kaplama işlemi uygulanmamıştır. İkincisi, film çözeltisi kek hamuru formülasyonuna eklenerek yapılmıştır. Üçüncüsü ise kaplama çözeltisi kekin dış yüzeyine uygulanarak üretilmiştir. Depolama süresince keklere ait sertlik sonuçlarına göre, en yüksek sertlik değerini kontrol kekinin, bunu kek dışına kaplama uygulanan örneğin takip ettiğini ve en düşük sertlik değerini ise film çözeltisinin kek hamuruna ilave edilmesiyle elde edilen kekin verdiğini belirtmişlerdir.

Bartolozzo ve ark. (2016) tritikale unundan elde ettikleri film ile kapladıkları muffinlerin sertlik değerlerini incelemişlerdir. 10 günlük depolama sonunda kaplama işlemi uygulanmayan muffinlerin yüzeyden nem kaybı nedeniyle sertlik değerinde artış yaşandığını fakat tritikale film kaplama uygulanan muffinlerin kontrol kekine kıyasla yumuşak ve daha taze olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.1.3.5. Mikrobiyolojik analizler

Yenilebilir film ile kaplanmış muffin keklerin depolama sürelerinin belirlenmesinde Bartolozzo ve ark. (2016) (10 gün), Topkaya (2017) (8 gün) ve Soukoulis ve ark. (2014)'nın (7 gün) metodlarındaki depolama süreleri baz alınmıştır. Bizim çalışmamızda hem antimikrobiyal madde hem de yenilebilir film faktörleri bulunduğu için depolama süresi bu çalışmalara kıyasla artırılarak 15 gün olarak belirlenmiştir.

Karanfil ve tarçın gibi baharatlar antioksidan, antimikrobiyal, antifungal gibi özelliklerinden dolayı gıdada kullanımı ile gıdanın raf ömrünün uzatılmasına ve tazeliğinin korunmasına, lezzetinin geliştirilmesi ve antioksidan özelliğinden dolayı fonksiyonelliğinin artmasına yardımcı olmaktadır.

Bitkilerin antimikrobiyal bileşikleri çoğunlukla esansiyel yağ kısmında bulunmaktadır. Bu bileşikler bitkinin aroma ve lezzetinden de sorumludurlar ve genellikle bitkilerden distilasyon yöntemiyle elde edilirler. Antimikrobiyal aktivite, bitkinin bileşimine ve konsantrasyonuna, gıdanın bileşimine, hedef mikroorganizmanın türüne, üretim ve depolama koşullarına bağlıdır. Sıcaklık, pH, protein, lipit ve tuzlar fenolik maddelerin antimikrobiyal aktivitelerini etkileyen faktörler arasındadır (Sağdıç, 2003; Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2013).

İlçim ve ark. (1998), karanfil bitkisinden elde edilen ekstraktın *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus brevis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Listeria monocytogenes* bakterilerinin gelişimlerini inhibe ettiğini belirtmişlerdir (Bayaz, 2014).

Karanfil, tarçın, sarımsak ve soğan ekstraktlarının köfte ve kebabın doğal mikrobiyotasının gelişimine etkilerinin incelendiği çalışmada, bu ekstraktların bozulmaya neden olan bakterilere karşı maksimum antimikrobiyal etki gösterdiği tespit edilmiştir (El-Khateib ve ark., 1989; Özen, 2008).

Karanfil ekstraktının büyük bir kısmını oluşturan öjenol, karanfil baharatının antioksidatif ögesidir. Yapılan çalışmalar aflotoksin üreticisi olan küflerin ve toksin oluşumunun *in vitro* denemelerde karanfil ekstraktı varlığında önemli düzeyde inhibe olduğunu göstermiştir (Emir Çoban ve Patır, 2010; Günaydın ve Karaca, 2015).

Tarçın kabuk uçucu yağının temel bileşenini sinamaldehit, yaprak uçucu yağının temel bileşenini ise öjenol maddesi oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalar tarçın uçucu yağı ve ekstraktında bulunan sinamaldehit ve öjenolün yüksek antimikrobiyal etki gösterdiğini ortaya koymuştur (Soycan Önenç ve Açıkgöz, 2011; Soycan Önenç ve ark., 2013; Günaydın ve Karaca, 2015).

Matan ve ark. (2006), tarçın kabuğunun antimikrobiyal aktivitesini bildirmişlerdir. Tarçın ve karanfil yağı kombinasyonlarının uçucu gaz fazı, düşük konsantrasyonda oksijen (< %0.05) ve yüksek miktarda karbondioksit (%40) ile kombine edildiğinde orta nemli gıdalarda doğal olarak bozulmaya neden olan bakteri, mantar ve mayaların gelişmesine karşı inhibe edici etki göstermiştir.

Çizelge 4.15'te kek örneklerine ait toplam mezofil aerob bakteri sayısı ve maya küf sayımı sonuçları verilmiştir. Tüm kek örneklerinin 1., 8. ve 15. günlerde yapılan ekimleri sonucunda maya-küf ve mezofil aerob bakteri sayısı < 1.00 (log kob/g) olarak hesaplanmıştır, bu nedenle analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilememiştir.

Keklerin durumları 21. gün sonunda mikrobiyal analizler yapılmadan gözle incelenmiş ve yenilebilir film ile kaplanmamış kontrol kek örneğinde küf misellerinin oluştuğu, yenilebilir film ile kaplanmış diğer örneklerde ise bu oluşuma rastlanmadığı gözlenmiştir.

Halkman ve Ayhan (2000), mikrobiyoloji ekimi sonucu koloni sayısının hesaplanması için formülün  $N = C/[V(n_1 + 0,1 \times n_2) \times d]$  şeklinde olduğunu ve 15-300 arasındaki koloni sayımlarının dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir (N: Gıda örneğinin 1 g ya da 1ml'sinde mikroorganizma sayısı, C: Sayımı yapılan tüm petri kutularındaki koloni sayısı toplamı, V: Sayımı yapılan petri kutularına aktarılan hacim-ml,  $n_1$ : İlk seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu sayısı,  $n_2$ : İkinci seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi, d: Sayımın yapıldığı ardışık 2 seyreltiden daha konsantre olanın seyreltme oranıdır).

Topkaya (2017), nar kabuğu tozu ilavesinin keklerin besinsel, duyuusal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisini araştırdığı çalışmada keklerin depolama süresini 8 gün olarak belirleyip depolama işlemini oda sıcaklığında gerçekleştirmiştir. Nar kabuğunun antimikrobiyal aktivitesinin keklerin raf ömrü üzerindeki etkisini incelemek için maya-küf sayımı ve toplam mezofil aerob bakteri sayımı analizlerini gerçekleştirmiştir. Kek örneklerinden yapılan ekimler sonucunda herhangi bir mezofil

aerob bakteri ve maya-küf gelişimine rastlanmadığını bildirmiştir. Topkaya, nar kabuğu ekstraktının mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etkisinin olduğunu fakat keklerle nar kabuğu tozu ilavesinin raf ömrünü mikrobiyal açıdan etkilendiğine dair çalışma bulunmadığını belirtmiştir. Mikrobiyolojik ekim sonucunu, kek örneklerinin poşete kontaminasyon olamayacak şekilde yerleştirilmesinden ve depolama süresinin kısa olmasından kaynaklandığını ifade etmiştir.

Bartolozzo ve ark. (2016) tritikale bazlı yenilebilir film kaplamanın depolama süresince muffin kalitesi üzerindeki etkisini incelediği çalışmalarında keklerin depolama süresini 10 gün olarak belirlemişlerdir. Tritikale kaplamanın muffin keklerin bayatlamasını yavaşlattığını ve kaplama işlemi uygulanmayan kek örneğine göre daha yumuşak ve taze keklerin elde edilmesine olanak sağladığını ortaya koymuşlardır.

**Çizelge 4.15.** Kek örneklerine ait toplam mezofil aerob bakteri sayısı ve maya-küf sayımı sonuçları

Kek Örnekleri	Toplam mezofil aerob bakteri sayısı (log kob/g)			Maya-küf sayımı (log kob/g)		
	1.gün	8.gün	15.gün	1.gün	8.gün	15.gün
Kontrol (K)	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Kontrol-Sade Film Kaplama-Yağlı (KFY)	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Jelatin Karanfil Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JKE)	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Jelatin Tarçın Ekstraktlı Kaplama-Yağlı (JTE)	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00

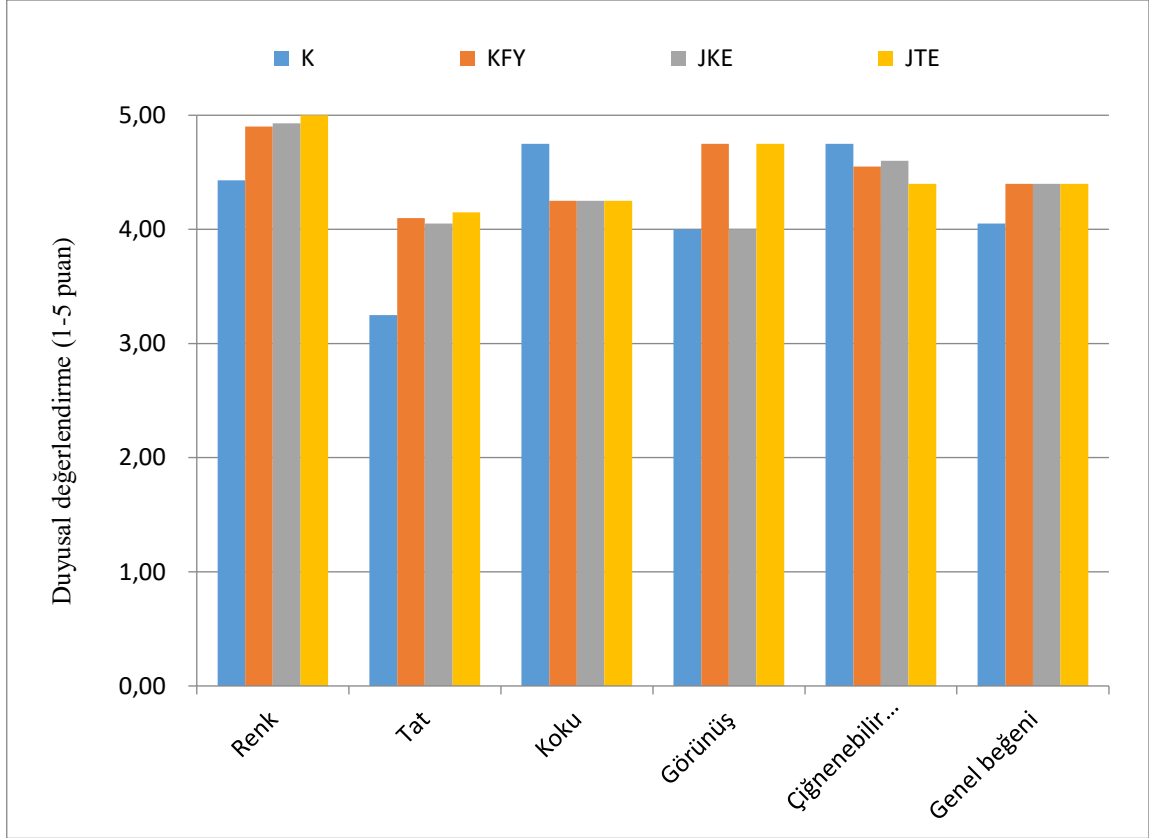
#### 4.1.3.6. Duyusal analiz

Duyusal özellikler renk, tat, koku, görünüş, çiğnenebilirlik ve genel beğeni bakımından değerlendirilmiştir (Şekil 4.2).

Şekil 4.2’de belirtilen duyusal analiz sonuçlarına göre renk açısından en beğenilen örnek JTE olmuştur. Bunu sırasıyla JKE, KFY ve K örnekleri takip etmiştir.

JTE örneği 4.15 ile tat bakımından en çok beğenilen kek olarak seçilirken, K örneği 3.25 ile en düşük skoru almıştır.

Şekil 4.2’de belirtilen duyuşal analiz sonuçları koku açısından değerdendirildiğinde JKE, JTE ve KFY örneğinin sayısal olarak aynı skoru (4.25) aldığı, K örneğinin ise 4.75 puan ile en beğenilen örnek olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.11. Kek örneğine ait duyuşal analiz sonuçları

Görünüş açısından değerdendirilen kek örneğlerinden K ve JKE ile JTE ve KFY kendi aralarında sayısal olarak aynı skoru almış ve tüm örneğler arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır.

K örneği çiğnenebilirlik bakımından 4.70 ile en yüksek skoru almıştır. Bunu 4.60 ile JKE, 4.55 ile KFY, 4.40 ile JTE takip etmiştir.

Genel beğeni açısından en beğenilen kek örneğleri JKE, JTE ve KFY olup, benzer skorlar almışlardır. Film kaplama uygulanmayan K örneği 4.05 puan ile yenilebilir film kaplama uygulanan kek örneğlerinden daha az beğenilmiştir.

Çalışma sonucunda film kaplama uygulamasının kekin duyuşal özellikleri için olumsuz etki yaratmadığı tespit edilmiştir.

Geniş kapsamlı araştırma sonuçlarına göre, yenilebilir film kaplamalar gıda ürünlerinin materyal değişimlerini kontrol etmek için, raf ömrünü uzatmak ve ürünlerin besinsel değerlerini ve çekiciliği gibi duyuşal özelliklerini geliştirmek için gıdalara uygulanmaktadır (Kokoszka ve Lenart, 2007; El-Zainy ve ark., 2014).

Bartolozzo ve ark. (2016) tritikale bazlı yenilebilir film kaplamanın depolama süresince muffin kalitesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında yapılan duyuşal analiz verileri tritikale bazlı film kaplamanın muffinlerin görşelliğini önemli derecede değiştirmedini ancak film kaplamanın aroma, lezzet, tazelik, çığnenebilirlik ve yumuşaklık açısından  $p < 0.05$  düzeyinde farklılık oluşturduğunu ortaya koymuşlardır.

El-Zainy ve ark. (2014) tarçın yağı ilaveli yenilebilir film kaplamanın kek kalitesi üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada duyuşal değerlendirme açısından film kaplama işlemleri uygulanan keklerin kontrol kek örneğine kıyasla daha çok beğenildiğini bildirmişlerdir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Film oluşturuucu madde olarak jelatin ve HPMC'nin kullanıldığı, yağ ilavesinin bir faktör olarak kullanıldığı, doğal koruyucu ilavesinin de bir faktör olarak kullanıldığı bu çalışmada; renk, opaklık, su aktivitesi, suda çözünürlük, morfoloji (SEM) ve ağırlık analizleri yapılarak optimum özellikler gösteren film örnekleri seçilmiştir. Seçilen film örnekleri keklerin kaplanmasında kullanılarak kek örneklerinde su aktivitesi, renk ölçümü, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde tayini, duyuusal analizler ile 1., 8. ve 15. günlerde olmak üzere depolama boyunca nem miktarı, pH ve titrasyon asitliği, tekstür analizi ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

Filmlerin renk değerleri incelendiğinde en yüksek  $L^*$  değeri 69.46 ile HPMC/yağsız/toz tarçın filminde, en düşük parlaklık değeri ise (48.90) jelatin/yağsız/toz karanfil örneğinde tespit edilmiştir. HPMC içerikli film örnekleri jelatin içerikli filmlere kıyasla daha yüksek kırmızılık değeri vermiştir. En yüksek kırmızılık değerinin HYTK, en düşük kırmızılık değerinin JYKE filmlerine ait olduğu belirlenmiştir. Sade HPMC içerikli film çözeltileri renksiz film oluştururken, jelatin içerikli film çözeltileri sarı renge sahiptir. Renksiz HPMC çözeltisine toz karanfil eklenmesi belirtilen bu renk farklılığında etkili olmuştur.  $b^*$  değerinde ise jelatin filmlerde sarılık değeri daha yüksektir. En yüksek sarılık değeri JYTK filminde en düşük değer ise HYS örneğinde tespit edilmiştir. Bu değer üzerinde jelatinin yapısında doğal olarak bulunan sarı rengin etkili olduğu bundan dolayı renksiz görünüme sahip olan HPMC'nin daha düşük  $b^*$  değerine sahip olduğu düşünülmüştür.

Opaklık değerleri HYS TT ve JYS örnekleri arasında değişmektedir. Film çözeltilerinin yapısı göz önünde bulundurulduğunda toz tarçın içerikli HPMC filmi kahverengi renginden dolayı en yüksek opaklığa, yağsız ve herhangi bir başka faktör içermeyen jelatin filmlerinin ise şeffaf görüntüsünden dolayı en düşük opaklığa sahip olması beklenen sonuçtur.

Su aktivitesine bakıldığında en yüksek değeri JYS ve HYS örnekleri vermiştir. En düşük değer ise HYS KE filminde tespit edilmiştir.

HPMC ve jelatin içerikli filmler genel anlamda karşılaştırıldığında HPMC içerikli filmlerin daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğu film ağırlıklarında ise jelatin içerikli örneklerin HPMC içerikli filmlere göre daha ağır olduğu tespit edilmiştir.

SEM analiz görüntülerine göre, yağsız ve sade faktörlerini içeren jelatin ve HPMC içerikli filmler diğer film örnekleriyle kıyaslandığında yüzey pürüzlülüğünün bu film örneklerinde minimum düzeyde olduğu görülmüştür. HPMC içerikli filmlerin jelatin içerikli film örneklerine göre daha pürüzlü yüzeye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çözelti formülasyonuna eklenen tarçın ve karanfilin toz formunun ekstrakt formuna göre yüzey pürüzlülüğünü artırdığı belirlenmiştir.

Muffin keklerin hangi film formülasyonu ile kaplanacağına yenilebilir film analizleri gerçekleştirildikten sonra optimum özellik gösteren 3 farklı film formülasyonu seçilerek film ile kaplanmayan kek örneği ile karşılaştırma yapmak üzere kek analizlerine tabi tutulmuştur. Film oluşturucu materyal olarak jelatin tercih edilirken, yağ ilaveli filmler yağsız filmlere göre tercih edilmiştir. Doğal koruyucu ilavesi olarak tarçın ve karanfilin ekstraktları toz formlarına göre tercih edilmiştir.

HPMC'nin yüksek viskoz yapısı muffin kekleri kaplamak için film oluşturucu materyal olarak jelatini seçmemizde etkili olmuştur. Jelatin içerikli yenilebilir film kaplama uygulanan kekler ağızda daha kolay çiğnenmiş ve film yapısını hissettirmemiştir.

Nem içerikleri %23.59 ile %32.01 arasında farklılık gösteren K, KE, JTE kek örneklerinin depolama süresince nem değerleri azalırken KFY örneğinin nem değeri azda olsa artış göstermiştir. 15 gün depolama sonucunda kek nem değeri üzerinde (bayatlama göstergesi) karanfil ekstraktlı kaplama ve sade kaplamanın tarçın ekstraktlı film bileşimine göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kaplama uygulanmayan kontrol kek (K) renk ölçümlerine göre, kabuk renk ve iç renk değerleri karşılaştırıldığında iç renk değerlerinde  $L^*$  değerinin azaldığı,  $a^*$  ve  $b^*$  değerinin arttığı tespit edilmiştir. Kaplama işlemi uygulanan keklerde ise iç renk ölçümlerinde kabuk rengine kıyasla  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Çözelti ile kaplanan keklerde kuruma işleminden sonra oluşan film tabakası yüzeyde keke mat görünüm kazandırmıştır fakat film çözeltisinin fazla nemini içine çeken keklerin iç tekstürü yapısındaki nemlenmeden dolayı daha parlak görünüm vermiştir.

JKE örneğinin tarçın ekstraktlı kaplamaya göre daha yüksek antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içerdiği tespit edilmiştir.

Sertlik değerleri 136.93 ile 464.73 g arasında değişen keklerin depolama boyunca bayatlamadan kaynaklı sertlik değerlerinde artış yaşanmıştır. Film kaplama uygulamanın kek tekstürü üzerinde (sertlik) olumlu etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır.

Mikrobiyoloji analizi için gerçekleştirilen ekimler sonucunda kek örneklerinde kontrol kekte dahil sayılamayacak derecede bakteri ve küf-maya oluşumu tespit edilmiştir, hatta bazı ürünlerde herhangi bir mikroorganizma gelişimi gözlemlenmemiştir. 15 gün depolama süresince kontrol kekte mikroorganizma gelişimi beklenmişti fakat kek formülasyonuna ilave edilen kakonun bileşimi göz önünde bulundurulduğunda kaplama işlemi uygulanmayan kekte dahi kakodan kaynaklı antioksidan aktivite sonucu mikrobiyal gelişme görülmediği ve depolama süresinin uzatılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Keklerin duyusal değerlendirme sonuçlarına göre kaplama işlemi uygulanan örneklerin olumsuz etki yaratmadığı ve daha çok beğeni aldığı sonucuna ulaşılmıştır.

## 5.2. Öneriler

Çalışma kapsamında antimikrobiyal madde içerikli, antioksidan aktivitesi yüksek film çözeltisi fırçalama metodu ile kek örneklerine uygulanmıştır. Ayrıca sade içerikli film çözeltisi ile kaplanan keklerle karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları değerlendirildiğinde keklerin duyusal, fonksiyonel ve tekstürel özellikleri açısından film kaplamanın kekler için uygun olduğu ve olumlu etkiler yarattığı görülmüştür. Fakat keklerin kaplama işleminden sonra etüvde kurutulma normunda değişikliğe gidilerek sürenin artırılması önerilmektedir. Çalışmada kurutma işlemi 40°C'de 40 dakikada yapılmıştır. Keklerin nem analiz sonuçları incelendiğinde nem absorbe ettikleri görülmektedir. Örnekler fiziksel olarak gözlemlendiğinde kurutma işleminin yeterli olduğu görülsede analiz sonuçları kurutma süresinin artırılmasının nem bariyerliğinde daha etkili olabileceğini ortaya koymaktadır.

Film çözeltisinin formülasyonunda kullanılan %0.3'lük karanfil ve tarçın ekstraktı tat üzerinde olumsuz etki bırakmamıştır. Yapılacak çalışmalarda bu miktar artırılabilir.

Bu çalışmada kullanılan film formülasyonunun farklı doğal renk maddeleri ve antimikrobiyal, antioksidan ve fenolik madde içeriği yüksek farklı ürünlerin ekstraksiyonu ile denenmesi kakao içermeyen kekler için duyuusal beğeni ve besleyicilik açısından önerilebilir.

Yenilebilir filmlerin SEM analiz görüntüleri ve filmlerin kuruduktan sonraki görünümü göz önünde bulundurulduğunda kaplanması düşünülen gıda için jelatin içerikli film formülasyonunun kullanılması önerilmektedir.



## 6. KAYNAKLAR

- AACC, 1990, American Association of Cereal Chemists, U.S.A.
- Abugoch, L.E. ve ark., 2011, Characterization of quinoa protein–chitosan blend edible films, *Food Hydrocolloids*, 25 (5): p. 879-886.
- Ahmed, J., Güvenç, A., Küçükboyacı, N., Baldemir, A. ve Coşkun, M., 2011, Total phenolic contents and antioxidant activities of *Prangos* Lindl. species growing in Konya province (Turkey), *Turkish Journal Of Biology (TÜBİTAK)*, 35, 353-360.
- Akarca, G., Kahraman, A., Tomar, O., 2015, Değişik oranlarda tarçın ilave edilmiş pastörize sütlerde raf ömrünün değişimi, *AKÜ FEMÜBİD*, 15.
- Akarca, G., Gök, V. ve Tomar, O., 2014, Gıda muhafazasında kullanılan bazı doğal antimikrobialer, *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 7 (1), 59-68.
- Al-Anbari, I., Dakhel, A. M. ve Adnan, A., 2019, The effect of adding local orange peel powder to microbial inhibition and oxidative reaction within edible film component, *Plant Archives*, 19 (1), 1006-1012.
- Alrefaie, S. ve Bostan, K., 2017, Effect of clove and lemongrass essential oils as natural antioxidants on cake shelf life, *Aydın Gastronomy*, 1(2), 1-15.
- Alves, M.M., Gonçaves, M.P., Rocha, C.M.R., 2017, Effect of ferulic acid on the performance of soy protein isolate-based edible coatings applied to fresh-cut apples, *LWT- Food Science and Technology*, 80, 409-415.
- Ames, B.M., 1983, Dietary carcinogens and anticarcinogens: Oxygen radical and degenerative diseases, *Journal of Science*, 221 (4617): 1256-1263.
- Andrade, R., Ferreira, M.S. and Gonçaves, É.C., 2016, Development and characterization of edible films based on fruit and vegetable residues, *Journal Of Food Science*, 00, E1-E7.
- Appendini, P., and Hotchkiss, JH., 2002, Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3, 113-126.
- Arslan Burnaz, N., Hendek Ertop, M. ve Karataş, Ş., 2018, Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı ile ekmeğin fenolik madde içeriğinin zenginleştirilmesi. *Gıda Teknoloji Dergisi*, 43 (2), 240-249.
- Arslan Tontul, S., 2017, Probiyotik Mikroorganizmaların Püskürterek Dondurma ve Kurutma Teknikleriyle Mikroenkapsüle Edilerek Probiyotik Kek Üretiminde Kullanım İmkanlarının Araştırılması, Doktora Tezi, *Akdeniz üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya.
- Avramescu, S. M., Butean, C., Popa, C. V., Ortan, A., Moraru, I. ve Temocico, G., 2020, Edible and functionalized films/coatings–performances and perspectives, *Coatings*, (10), 1-45.

- Ayana, B., 2007, Antimikrobiyel Yenilebilir Filmlerin Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin.
- Ayana, B. ve Turhan, K. N., 2010, Gıda ambalajlamasında antimikrobiyel madde içeren yenilebilir filmler/kaplamalar ve uygulamaları, *Gıda*, 35 (2), 151-158.
- Aydın, Ö., 2011, Tarçın, kimyon ve sumak adlı baharat türlerinden elde edilen su, etanol-su, metanol ve kloroform ekstraktlarının *in vitro* antioksidant özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Baeva, M., Panchev, I., 2005, Investigation of the retaining effect of a pectin-containing edible film upon the crumb ageing of dietetic sucrose-free sponge cake, *Food Chemistry*, 92 (2), 343-348.
- Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., and Baker, R.A., 1995, Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 35 (6): 509-524.
- Banerjee, S. ve Bhattacharya, S., 2010, Compressive textural attributes, opacity and syneresis of gels prepared from gellan, agar and their mixtures, *Journal Of Food Engineering*, 102, 287-292.
- Bartolozzo, J., Borneo, R. ve Aguirre, A., 2016, Effect of triticale-based edible coating on muffin quality maintenance during storage, *Food Measure*, (10), 88-95.
- Basiak, E., S. Galus, and A. Lenart, 2015. Characterisation of composite edible films based on wheat starch and whey-protein isolate. *International Journal of Food Science Technology*, 50 (2): p. 372-380.
- Bayaz, M., 2014, Esansiyel yağlar: antimikrobiyal, antioksidan ve antimutajenik aktiviteleri, *Akademik Gıda*, 12 (3), 45-53.
- Baykal, H., Karais, K., Çalışkan Koç, G. ve Dirim, S. N., 2018, Tarçın, keçiyoynuzu ve zencefil ile zenginleştirerek üretilmiş keçi sütü tozlarının özellikleri, *The Journal of Food*, 43 (4), 716-732.
- Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E. and Sapiirstein, H.D., 2005, Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions, *Cereal Chemistry*, 82 (4), 390-393.
- Botosoa, E.P., Chèné, C., Karoui, R. 2013, Use of front face fluorescence for monitoring lipid oxidation during ageing of cakes, *Food Chemistry*, 141 (2), 1130-1139.
- Boz, H., 2018, Buğday veya mısır nişastası kullanılarak üretilen keklerin fiziksel, duyuusal ve tekstürel özellikleri üzerine çirşlendirmenin etkisi, *Akademik Gıda*, 16 (2), 176-182.

- Brighente, IMC., Dias, M., Verdi, L.G. ve ark., 2007, Antioxidant activity and total phenolic content of some Brazilian species, *Pharm Biology*, 45: 156-161.
- Cabello, C. M., Bair, W. B., Lamore, S. D., Ley, S., Bause, A. S., Azimian, S., ve ark., 2009, The cinnamon-derived Michael acceptor cinnamic aldehyde impairs melanoma cell proliferation, invasiveness, and tumor growth, *Free Radical Biology Medicine*, 15 (46), 220-231.
- Callegarin, F., Gallo, J.A.Q., Debeaufort, F., Voilley, A., 1997, Lipids and biopackaging. *Journal of America*, 74.
- Candan, T. ve Bağdatlı, A., 2018, Gıda ürünlerinde yenilebilir film ve kaplama uygulamaları, *El – Cezeri Journal of Science and Engineering*, 5 (2), 645-655.
- Candoğan, K., Barbosa-Canovas, G. ve Çarkcıoğlu, E., 2016, Edible Films and Coatings Fundamentals and Applications. Boca Raton.
- Carniero-da-Cunha, M., Cerqueira, M., Souza, B., Souza, M., Teixeira, J., Vicente, A., 2009, Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L, *Journal of Food Engineering*, 95, 379-385.
- Cava, R., Nowak, E., Taboada, A. ve Marin-Iniesta, F., 2007, Antimicrobial activity of clove and cinnamon essential oils against *Listeria monocytogenes* in pasteurized milk, *Journal Food Protect*, 70, 2757-2763.
- Cerqueira, M., 2019, Edible packaging, *Encyclopedia of Food Chemistry*, 3, 173-176.
- Cha, D.S., and Chinnan, M.S., 2004, Biopolymer Based anti-microbial packaging: a review, *Food Science Nutrition*, 44: 223-237.
- Chidanandaiah Keshri, R.C., Sanyal, M.K., Kotwal, S.K. ve Sudhan, N.A., 2005, Quality changes in enrobed/coated products during storage, *Indian Food Industry*, 24 (1), 57-61.
- Chidanandaiah, Keshri, R.C., Sanyal, M.K., 2009, Effect of sodium alginate coating with preservatives on the quality of meat patties during refrigerated ( $4 \pm 1$  °C) storage, *Journal of Muscle Foods*, 20 (3): 275-292.
- Chon, J. W., Seo, K. H., Bae, D., Kim, B., Dondkwang, J. ve Song, K. Y., 2020, Antibacterial activity of clove oil against foodborne pathogenic bacteria and sensory attributes in clove oil-enriched dairy products: a preliminary study, *Journal Dairy Science Biotechnology*, 38 (4), 197-206.
- Coma, V., Martial-Gros, A., Garreau, S., Copinet, A., Salin, F., Deschamps, A., 2002, Edible Antimicrobial Films Based On Chitosan Matrix, *Journal Food Science*, 67, 1162-1169.
- Coşkun Topuz, F. ve Boran, G., 2018, Jelatin bazlı film ve kaplamalar, *Akademik Gıda*, 16 (3), 332 – 339.

- Çağrı Mehmetoğlu, A., 2010, Yenilebilir filmlerin ve kaplamaların özelliklerini etkileyen faktörler, *Akademik Gıda*, 8 (5), 37-43.
- Çağrı, A., Üstünoğlu, Z., Ryser, E.T., 2002, Inhibition of three pathogens on bologna and summer sausage using antimicrobial edible films, *Journal Food Science*, 67 (6): 2317-2324.
- Çakmak, H. ve Odabaş, E., 2020, Bakla proteini konsantresinden yenilebilir film üretilmesi ve filmlerin karakterizasyonu, *Türkiye 13. Gıda Kongresi*, 21-23 Ekim, Çanakkale.
- Çiçek, I., 2011, Properties and Application of Whey Protein Isolate Based Films Containing Clove and Apricot Essential Oils. Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep.
- Dangaran, K., Tomasula, P. M., ve Qi, P., 2009, Structure and function of protein-based edible films and coatings, (Embuscado, Milda E., ve Huber, Kerry C.), *Edible films and coatings for food applications*. USA: Springer Media. 25-56.
- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J. A. and Voilley, A., 1998, Edible films and coatings: tomorrow's packagings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(4), 299-313.
- Dhanapal, A., Sasikala, P., Rajamani, L., Kavitha, V., Yazhini, G., Banu, M.S., 2012, Edible films from polysaccharides. *Food Science and Quality Management*, 3, 1-10.
- Doka, O., Bicanic, D. ve Kulesar, R., 2013, Direct estimate of cocoa powder content in cakes by colorimetry and photoacoustic spectroscopy, *International Journal Thermophys*, 35, 2206-2214.
- Donhowe, I.G., Fennema, O., 1993, Water vapor and oxygen permeability of wax films, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70, 867-873.
- Drobot, V., 2002, *Tekhnolohiia khlibopekarskoho vyrobnytstva*, Lohos, 366.
- Dursun Oğur, S., 2012, Dumanlanmış Balıkların Kalite ve Raf Ömrü Üzerine Yenilebilir Protein Film Kaplamanın Etkisi. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Dursun, S., ve Erkan. N., 2009, Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı, *Journal of Fisheries Sciences*, 3 (4), 352-373.
- Eker, B., İçöz, A., 2014, Tekirdağ köftesinin ambalajlanmasında jelatinin biyolojik tabanlı kaplama malzemesi olarak kullanılması. Tekirdağ.
- El-Din, A. H., Khalik, A. M. A. ve Asael, M. A., 2015, Effect of using coating film in preservation of some bakery products having a functional significance value, *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 4, (93), 977-997.

- El-Khateib,T., Ahmed, S.H., Makboul, M.A., 1989, Trails for increasing keeping quality of egyption minced meat ‘koefta’ and ‘kaebab’ by spice extracts, *Proceedings International Congress of Meat Science and Technology*, 35 (11): 468.
- El-Zainy, A.R.M., Aboul-Anean, H. E., Shelbaya, L. ve Ramadan, E.M.M., 2014, Effect of edible coating with cinnamon oil on the quality of cake, *Middle East Journal of Applied Sciences*, 4 (4), 1171-1186.
- Embuscado, M. E., ve Huber, K. C., 2009, *Edible films and coatings for food applications*, USA: Springer Media.
- Emir Çoban, Ö., Patır, B., 2010, Antioksidan etkili bazı bitki ve baharatların gıdalarda kullanımı, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*,5 (2): 7-19.
- Erdoğan, A. E., 2020, Ayva Çekirdeği Müsilajı Ve Kitosanla Yenilebilir Film Elde Edilmesi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas.
- Eyiz, V.,2019, Yenilebilir Filmlerin Meyve ve Tahıl Barlarının Fiziksel Kimyasal ve Duyusal Özelliklerine Etkisi,Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Falgueraa, V., Quinterob, J.P., Jimenezc, A., Munozb, J.A., Ibarza, A., 2011, Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use, *Trends in Food Science and Technology*, 22 (6): 292-303.
- Faydaoğlu, E. ve Sürücüoğlu, M. S., 2013, Tıbbi ve aromatik bitkilerin antimikrobiyal, antioksidan aktiviteleri ve kullanım olanakları, *EÜFBED - Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6 (2), 233-265.
- Francis, F. J., 1998, Foodanalysis, colouranalysis, ed: Nielsen S. S.,An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersnurg, USA, 599-612.
- Galus, S., Arik Kibar, E. A., Gniewosz, M. and Kraśniewska, K., 2020, Novel materials in the preparation of edible films and coatings. *Coatings*, 10 (674), 1-14.
- Gao, L.,Wang, S., Oomah, B.D. and Mazza, G., 2002, Wheatquality: antiokxiandt activity of whea tmill streams, in: wheat quality elucidation, eds. P. Ngand C. W. Wrigley, AACC International, St. Paul. MN., 219-233.
- Gennadios, A. and Weller, C. L., 1990, Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology*, 44 (10), 63-69.
- Gennadios, A., McHugh, TH., Weller, C.L., and Krochta, J.M., 1994, Edible coatings and films to improve food quality, Technomic Publishing Company, USA, 201-277.
- Gennadios, A., 2002, Protein-based films and coatings. CRC Press.

- Gerçekaslan, K.E. ve Boz, H., 2018, Keçiboynuzu unu ilavesinin kakaolu kekin fiziksel, duyuşal ve tekstürel özelliklerine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 8 (1), 95-101.
- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A., Rosell, C.M., 2007, Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes, *Food Hydrocolloids*, 21 (2), 167-173.
- Grigoras, C. G., Destandau, E., Fougère, L. and Elfakir, C., 2013, Evaluation of apple pomace extracts as a source of bioactive compounds, *Industrial Crops and Products*, 49, 794-804.
- Guilbert, S., and Biquet, B., 1996, Edible films and coatings, *Food Packaging Technology*, G. Bureau and J.L. Multon (eds), VCH Publishers, NY, 1, 324-326.
- Guilbert, S., Gontard, N. ve Gorris, L. G.M., 1996, Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensm.-Wiss.u.-Technology*, 29, 10-17.
- Gülçin, I., Güngör Şat, İ., Beydemir, Ş., Elmastaş, M. ve Küfrevioğlu, Ö. İ., 2004, Comparison of antioxidant activity of clove buds and lavender, *Food Chemistry*, 87, 393-400.
- Günaydın, Ş. ve Karaca, H., 2015, Küf gelişimi ve mikotoksin oluşumunun kontrolünde doğal bitki ekstraktlarının kullanımı, *Akademik Gıda*, 13 (2), 173-182.
- Güneş Bayır, A. ve Bilgin, M. G., 2019, The effect of clove on microbiological, chemical and sensory properties of probiotic yogurt, *Van Veterinary Journal*, 30 (2), 109-114.
- Gyamfi, M.A., Yonamine, M. and Aniya, Y., 1999, Free radical scavenging action of medical herbs from ghane: thonningia sanguinea on experimentally-induced liver injuries, *General Pharma*, 32 (6), 661-667.
- Halkman, A. K., 2005, Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları, MERCK ISBN: 975-00373-0-8, Ankara, 358s.
- Halkman, A. K. ve Ayhan, K., 2000, Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları (2.Baskı), Ankara: Sim Matbaası.
- Hassoun, A. ve ark., 2020, Use of spectroscopic techniques to monitor changes in food quality during application of natural preservatives, *Antioxidants*, 9 (882), 1-30.
- Huang, C. H. and Weng, Y. M., 1998, Inhibition of lipid oxidation in fish muscle by antioxidant incorporated polyethylene film, *Food Process*, 22, 199-209.
- Imeson, A.P., 2009, Carrageenan and furcellaran. *In Handbook of Hydrocolloids*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

- Imran, M., El-Fahmy, S., Revol-Junelles, A.M. ve Desobry, S., 2010, Cellulose derivative based active coatings: effects of nisin and plasticizer on physico-chemical and antimicrobial properties of hydroxypropyl methylcellulose films. *Carbohydrate Polymers*, 81, 219-225.
- Işık, F., Urgancı, Ü., Turan, F., 2017, Yaban mersini ilaveli muffin keklerin bazı kimyasal, fiziksel ve duyuşsal özellikleri, *Akademik Gıda*, 15 (2), 130-138.
- İlçim, A., Dığrak, M., Bağcı, E., 1998, Bazı bitki ekstraktlarının antimikrobiyal etkilerinin araştırılması, *Turkish Journal Of Biology*, 22, 119-125.
- İpek, T. ve Dizlek, H., 2018, Farklı form ve oranlarda yerfıstığı ürünlerinin kullanılmasının top kek kalitesine etkisi, *The Journal of Food*, 43 (4), 591-604.
- Jafarzadeh, S., Nafchi, A. M., Salehabadi, A., Oladzad-abbasabadi, N. ve Jafar, M., 2021, Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables, *Advances in Colloid and Interface Science*, 291.
- Janes, M. E., Nannapaneni, R. and Johnson, M. G., 1999, Control of *Listeria monocytognes* on the surface of refrigerated, ready-to-eat chicken coated with edible zein films with nisin. Paper No. 37D-21, 1999 Annual IFT Conference, Chicago, 23-26 July.
- Janjarasskul, T., Tananuwong, K., Kongpensook, V., Tantratian, S., Kokpol, S., 2016, Shelf life extension of sponge cake by active packaging as an alternative to direct addition of chemical preservatives, *LWT-Food Science and Technology*, 72, 166-174.
- Jongjareonrak, A., et al., 2006, Characterization of edible films from skin gelatin of Brown striped snapper and big eyes napper, *Food Hydrocolloids*, 20 (4), 492-501.
- Jongsutjarittam, N., Charoenrein, S., 2013, Influence of waxy rice flour substitution for wheat flour on characteristics of batter and freeze-thawed cake, *Carbohydrate Polymers*, 97 (2), 306-314.
- Kahraman, A., Akarca, G., ve Tomar, O., 2014, Change of the shelf life of pasteurized milk which added in various amounts of cinnamon, *AKU Journal Science Engineering*, 15, 1-9.
- Kamkar, M., Nazariborun, A., Hosseini, M., 2013, Analgesic effect of the aqueous and ethanolic extracts of clove. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 3 (2):186-192.
- Kamper, S.L. and Fennema, O., 1984, Water vapor permeability of an edible, fatty acid, bilayer film, *Journal of Food Science*, 49, 1482-1485.
- Karaoğlu, M.M., 1998, Farklı yöntemler uygulanarak elde edilmiş modifiye nişastaların kek kalitesi üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.

- Karaoğlu, M. M. ve Bedir, Y., 2020, Kısmi pişirme yönteminin kek kalitesi üzerine etkisi, *Akademik Gıda*, 18 (3), 256-263.
- Karpinska, M., Borowski, J., Danowska-Oziewicz, M., 2001, The use of natural antioxidants in ready-to-serve food, *Food Chemistry*, 72 (1):5-9.
- Kaya Özkök, G., 2017, Üç farklı protein kaynağı kullanılarak üretilen yenilebilir filmlerin peynir raf ömrü üzerindeki etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *T.C. İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Kayaardı, S. ve Akkara, M., 2020, Yenilebilir film ve kaplamalar. *Research Gate*, 1-12.
- Keskin, M., Setlek, P. ve Demir, S., 2017, Use of color measurement systems in food science and agriculture, *International Advanced Researches & Engineering Congress*, 16-18 Kasım. Osmaniye, 2350-2359.
- Kester, J. J. and Fennema, O. R., 1986, Edible films and coatings: a review, *Food Technology*, 40 (12), 47-59.
- Kıranlı, D., 2006, Yüksek şeker içerikli sade bar tipi kek üretiminde asesulfampotasyum, polidekstroz, laktitol ve ksantangam kullanımının ürünün kimi kalite özellikleri üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Kim, H. O., Park, S. W., ve Park, H. D., 2004, Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 by cinnamic aldehyde purified from *Cinnamomum cassia* shoot, *Food Microbiology*, 21, 105-110.
- Koçak, Ş., 2018, Bazı emülgatörlerin glutensiz kek üretiminde kalite üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Iğdır.
- Kogure, K., Yamauchi, I., Tokumura, A. and et al., 2004, Novel antioxidants isolated from plants of the general *Ferula*, *Inula*, *Prangos* and *Rheum* collected in Uzbekistan, *Phytomed*, 11: 645-651.
- Kokoszka, S. and A. Lenart, 2007, Edible coatings–formation, characteristics and use. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57 (4): 399–404.
- Koyuncu M.A, Savran H.E, 2002, Yenilebilir film ve kaplamalar ve bahçe ürünlerinde kullanımı. *S.D.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (3) 73-83.
- Krishna, M., Nindo, C.I., Min, S.C., 2012, Development of fish gelatin edible films using extrusion and compression molding, *Journal Food Engineering*, 108, 337–344.
- Kristo, E., Koutsoumanis, K.P., Biliaderis, C.G., 2008, Thermal, mechanical and water vapor barrier properties of sodium caseinate films containing antimicrobials and their inhibitory action on *Listeria monocytogenes*, *Food Hydrocolloid*, 22, 373–386.

- Krochta, J. M., and De Mulder-Johnston, C., 1997, Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities, *Food Technology*, 51 (2), 6 1-74.
- Krochta, J. M., Baldwin, E. A. and Nisperos-Carriedo, M. O., 1994, Edible coatings and films to improve food quality, *Technomic Publishing*, Lancaster, PA.
- Kumar, N., Abdulkader, J. B. M., Rangaswami, P., ve Irulappan, I., 1997, Introduction to spices, plantation crops, medicinal and aromatic plants. New Delhi, Oxford and IBH Publishing.
- Küçük Sarıtaş, G., Çelik, Ö. F. ve Türe, H., 2017, Yenilebilir aljinat ve zein filmlerin gıda ambalajlamasında kullanımı. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7 (2), 295–311.
- Lacroix, M., 2009, Mechanical and permeability properties of edible films and coatings for food and pharmaceutical applications, (Editörler: Milda E. Embuscado ve Kerry C. Hubor), *Edible Films and Coatings for Food Applications*, USA: Springer Media, 350-352.
- Laohakunjit, N. and Noomhorm, A., 2004, Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch Film, *Starch/Starke*, 56:348–35.
- Liang, C., Jia, M., Tian, D., Tang, Y., Ju, W., Ding, S., Tian, L., Ren, X., Wang, X., 2017, Edible sturgeon skin gelatine films: tensile strength and UV light-barrier as enhanced by blending with esculine. *Journal Functional Foods*, 37, 219–228.
- Maftoonazad, N. ve Badii, F., 2009, Use of edible films and coatings to extend the shelf life of food products, *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 1, 162-170.
- Mahdu, B., Jagannadha Rao, P.V.K. ve Patel, S., 2019, Moisture sorption isotherms of edible coated solid sugarcane jaggery, *Sugar Technology*, 22, 319–327.
- Marana, J.P., Sivakumara, V., Sridharb, R., Immanuel, V.P., 2013, Development of model for mechanical properties of tapioca starch based edible films, *Industrial Crops and Products*, 42, 159-168.
- Matan, N., H. Rimkeeree, A.J., Mawson, P., Haruthaithanasan, C. and Parker, M., 2006, Antimicrobial activity of cinnamon and clove oils under modified Atmosphere Conditions, *International Journal of Food Microbiology*, 107: 180-185.
- Mathew, S. and Abraham T.E., 2006. Studies on the antioxidant activities of cinnamon bark extracts through various *in vitro* models, *Journal Food Chemistry*, 94, 520–528.
- Mavi, A., Terzi, Z., Özgen, U. and et al 2004, Antioxidant properties of some medicinal plants: *Prangos ferulacea*, *Sedum sempervivoides*, *Malva neglecta*, *Cruciata taurica*, *Rosa pimpinellifolia*, *Galium verum subsp. verum*, *Urtica dioica*, *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 27: 702-705.

- McHugh, T. H. and Krochta, J. M., 1994, Water vapor permeability properties of edible whey protein-lipid emulsion films, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71, 307-312.
- Mehyar, G.F., Al-Ismail, K., Han, J.H., Chee, G.W., 2012, Characterization of edible coatings consisting of pea starch, whey protein isolate, and carnauba wax and their effects on oil rancidity and sensory properties of wal-nuts and pine nuts. *Journal of Food Science*, 77 (2), E52–E59.
- Mei, Y., Zhao, Y. and Farr, H., 2002, Enhancement of nutritional and sensory qualities of fresh baby carrots by edible coatings, *Journal Food Science*, 67 (5), 1964-1968.
- Milind P, Deepa, K., 2011, Clove: a champion spice, *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy*, 2, 47-54.
- Minolta, K., 2007, Precise color communication, Konica Minolta Photo Sensing Inc., Japan.
- Mishra RK. ve Singh SK., 2013, Reproductive effects of lipid soluble components of *Syzygium aromaticum* flower bud in male mice. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine - Journals*, 4, 94.
- Mytle, N., Anderson, G. L., Doyle, M. P. Ve Smith, M. A., 2006, Antimicrobial activity of clove (*Syzygium aromaticum*) oil in inhibiting *Listeria monocytogenes* on chicken frankfurters, *Food Control*, 17, 102-107.
- Nascimento, G. G., Locatelli, J., Freitas, P. C., Silva, G. L., 2000, Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic-resistant bacteria, *Brazil Journal Microbiology*, 31, 247-256.
- Nielsen, P. V. and Rios, R., 2000, Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil, *International Journal of Food Microbiology*, 60, 219-229.
- Nonsee, K., Supitchaya, C. ve Thawien, W., 2011, Antimicrobial activity and the properties of edible hydroxypropyl methylcellulose based films incorporated with encapsulated clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb.) oil, *International Food Research Journal*, 18 (4), 1531-1541.
- Okamoto, S., 1978, Factors affecting protein film formation, *Cereal Foods World*, 23, 256-262.
- Olivas, G.I., Barbosa-Cánovas, G.V., 2005, Edible coatings for fresh-cut fruits, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45 (7-8), 657-670.,
- Otoni, Caio G., Pontes, Sylvania F., Medeiros, Eber A. A. ve Soares, Nilda de F. F., 2014, Edible films from methylcellulose and nanoemulsions of clove bud (*Syzygium aromaticum*) and oregano (*Origanum vulgare*) essential oils as shelf life extenders for sliced bread, *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, A-F.

- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., and Lacroix, M., 2006, Antimicrobial effects of selected plant oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat, *Meat Science*, 73, 236-244.
- Özay, G., Pala, M. ve Saygı, B., 1993, Bazı gıdaların su aktivitesi yönünden incelenmesi. *Gıda*, 18 (6), 377-383.
- Özdemir, M., Floros F.D., 2001, Analysis and modeling of potassium sorbate diffusion through edible whey protein film, *Journal of Food Engineering*, 47: 145-155.
- Özen, F., 2008, Bitkisel ekstrakt kullanımının Tekirdağ köftesinin mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Pavlath, A.E. ve Orts, W., 2009, Edible films and coatings: why, what, and how? In edible films and coatings for food applications, Edited by Milda E. Embuscado, Kerry C. Huber, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 403 p.
- Polat, H., 2007, İşlenmiş Et Ürünlerinde Yenilebilir Filmlerin ve Kaplamaların Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon.
- Quintavalla, S. and Vicini, L., 2002, Antimicrobial food packaging in meat industry, *Meat Science*, 62: 373-380.
- Rhim, J.W., Shellhammer, T.H., 2005, Lipid-based edible films and coatings, in innovations in food packaging, Ed. J.H. Han, Elsevier, London, pp.362–383.
- Rimac-Brcic, S., Lelas, V., Rade, D., Si-mundic, B., 2004, Decreasing oil absorption in potato strips during deep fat frying, *Journal of Food Engineering*, 64 (2), 237-241.
- Robertson, G.L., 2013, Food packaging: principle and practice. Third Edition, CRC Press, Boca Raton, 703p.
- Rossmann, J., 2009, Commercial manufacture of edible films. (Editörler: Milda E. Embuscado ve Kerry C. Huber), *Edible Films and Coatings for Food Applications*, USA: Springer Media, 367-390.
- Rostamzad, H., Paighambari, S. Y., Shabanpour, B., Ojagh, S. M., ve Mousavi, S. M., 2016, Improvement of fish protein film with nanoclay and transglutaminase for food packaging, *Food Packaging and Shelf Life*, 7, 1-7.
- Sadler, G. D. ve Murphy, P. A., 2010, *Food Analysis* (4.Baskı), USA: Springer Science+Business Media .
- Sağdıç, O., 2003, Sensitivity of Four Patogenic Bacteria to Turkish Thyme and Oregano Hydrosols *Lebensmittel-Wissenschaft und –Technologie*, 36, 467-473.

- Saldamlı, İ., 1985, Gıda Katkı Maddeleri Ve İngrediyenler. Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Samapundo, S., Devlieghere, F., Vroman, A., Eeckhout, M., 2016, Antifungal properties of fermentates and their potential to replace sorbate and propionate in pound cake, *International Journal of Food Microbiology*, 237, 157-163.
- Sanchez-Gonzalez, L., Vargas, M., Gonzalez-Martinez, C., Chiralt, A. ve Chafer, M., 2009, Characterization of edible films based on hydroxypropyl methylcellulose and tea tree essential oil, *Food Hydrocolloids*, 23, 2102-2109.
- Santos, A.L., Chierice, G.O., Alexander, K.S. Riga, A., Matthews, E., 2009, Characterization of the raw essential oil eugenol extracted from *Syzygium aromaticum* L. J. Therm. Anal, *Calorim*, 96, 821-825.
- Saraiva ve ark., 2016, Development and application of edible film of active potato starch to extend mini panettone shelf life, *Food Science and Technology*, 73, 311-319.
- Saraiva, L.E.F., Naponucena, L.O.M., Santos, V.S., Silva, R.P.D., Souza, C.O., Souza, I.E.G.L., Mamede, M.E.O., Druzian, J.I., 2016, Development and application of edible film of active potato starch to extend mini panettone shelf life, *LWT- Food Science and Technology*, 73:311-319.
- Sarıcaoğlu, F. T., 2020, Yüksek basınç homojenizasyon işlemi uygulanmış fındık proteinlerinden üretilen yenilebilir filmlerin mekanik ve bariyer özellikleri, *The Journal Of Food*, 45 (1), 115-124.
- Sebti, I., Coma, V., 2002, Active edible polysaccharide coating and interactions between solution coating compounds, *Carbohydrate Polymers*, 49: 139-144.
- Seyhun, N., Sumnu, G., Sahin, S., 2005, Effects of different starch types on retardation of staling of microwave-baked cakes, *Food and Bioproducts Processing*, 83 (1), 1-5.
- Shahidi, F., Pegg, R. B. ve Saleemi, Z. O., 1995, Stabilization of meat lipids with ground spices, *Journal of Food Lipids*, 2, 145-153.
- Sharma, K., Alkesh, Kaushal, B., 2006, Evaluation of apple cultivars for dehydration.
- Shaw, N.B., Monahan, F.J., O'Riordan, E.D. ve O'Sullivan, M., 2001, Effect of soya oil and glycerol on physical properties of composite WPI films, *Journal of Food Engineering*, 51 (2002), 299-304.
- Shulga, O., Chorna, A., Arsenivea, L., ve Hol, A., 2015, Edible coating as factor of preserving freshness and increasing biological value of gingerbread cakes, *Food Science and Technology*, 10 (4), 9-13.
- Singh, R. S. ve Kaur, N., 2015, Microbial biopolymers for edible film and coating applications, *Researchgate*, 188-217.

- Singh, S., Singh, G., Arya, S. K. M., 2018, An overview of properties and application in food products, *International Journal of Biological Macromolecules*, 119, 79–95.
- Soukoulis, C., Yonekura, L., Gan, H. H., Behboudi-Jobbehdar, S., Parmenter, C. ve Fisk, I., 2014, Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: The case of pan bread, *Food Hydrocolloids*, 39, 231-242.
- Souza, A.C., Goto, G.E.O., Maniardi, J.A., Coelho, A.C.V. ve Tadini C.C., 2013, Cassava starch composite films incorporated with cinnamon essential oils: antimicrobial activity, microstructure, mechanical and barrier properties, *Food Science and Technology*, 54, 346-352.
- Soycan Önenç, S., Açıkgöz, Z., 2011, Tarçın uçucu yağının rumen fermantasyonu üzerine etkileri, *Hayvansal Üretim*, 52 (2): 63-68.
- Soycan Önenç, S., Koç, F., Cokuntuna, L., Özdüven, M.L., Gümü, T., 2013, Kekik ve tarçın uçucu yağlarının yem bezelyesi silajlarının aerobik stabilitesi üzerine etkisi, VII. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 26-27 Eylül, 2013, Ankara, Türkiye, 13-27 s.
- Söğüt, E. ve Seydim, A. C., 2018, Uçucu yağ içeren kitosan bazlı filmlerin karakterizasyonu, *The Journal of Food*, 43 (4), 624-634.
- Šuput, Danijela, L., Vera, L., Popovic, S. Z. ve Hromis, N. M., 2015, Edible films and coatings—sources, properties and application, *Food and Feed Research*, 42 (1), 11-22.
- Taş, E. ve Ayhan, Z., 2006, Gıda-plastik ambalaj sistemlerinde geçirgenlik ve geçirgenliği etkileyen faktörler, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs. Bolu, 53-56.
- Temiz, H. ve Yeşilsu, A. F., 2006, Bitkisel protein kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalar, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2), 41-50.
- Tomar, O. ve Akarca, G., 2019, Farklı bitki ekstraktlarıyla kaplamanın kaşar peynirlerinin mikrobiyolojik ve duyu kaliteleri üzerine etkileri, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 86-95.
- Topkaya, C., 2017, Nar Kabuğu Tozu İlavesinin Keklerin Besinsel, Duyusal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *T.C. PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Tosati, J.V., Messias, V.C., Carvalho, P.I.N., Rodrigues Pollonio, M.A., Meireles, M.A.A. and Monteiro, A.R., 2017, Antimicrobial effect of edible coating blend based on turmeric starch residue and gelatin applied onto fresh frankfurter sausage, *Food Bioprocessing Technology*, 10, 2165–2175.

- Tural, S., Sarıcioğlu Türker, F. ve Turhan, S., 2017, Yenilebilir film ve kaplamalar: üretimleri, uygulamaları yöntemleri, fonksiyonları ve kaslı gıdalarda kullanımları, *Akademik Gıda*, 15 (1), 84-94.
- Turan, F., Güragaç, R., Sayın, S., 2012, Su ürünleri yetistirciliğinde esansiyel yağlar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (1):35-40.
- Turhan, K.N., 1999, Degrade olabilen metilselüloz esaslı filmlerin üretimi ve karakterizasyonu, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi*, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara, 109 p.
- Tyl, C., and Sadler, G. D., 2017, pH and titratable acidity. In food analysis. Food science text series, ed. S. Nielsen, 389–406. Cham: Springer.
- Uçar, B. ve Hayta, M., 2012, Kek kalitesinin ve raf ömrünün iyileştirilmesi, *Gıda*, 37 (6), 355-362.
- Umaraw, P., Munekata, P., Verma, A. K., Barba, F.J., Singh, V.P., Kumar, P. ve Lorenzo, J. M., 2020, Edible films/coatings with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products, *Trends in Food Science*, 98, 10-24.
- Ural, A., 1983, Gıdalarda renk ve kalite ilişkisi, *Gıda*, (1), 21-27.
- Uysal Seçkin, G. ve Taşeri, L., 2015, Yarı-kurutulmuş meyve ve sebzeler, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21 (9), 414-420.
- Üstünol, Z., 2009, Edible Films and Coatings for Meat and Poultry, In Edible Films and Coatings for Food Applications, Edited by Milda E. Embuscado, Kerry C. Huber, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 403p.
- Vural, H., 2014, Ağız ve diş sağlığında kullanılan bitkiler üzerinde farmakognozik çalışmalar, Erciyes Üniversitesi, Eczanılık Fakültesi, Farmakognozi Anabilim Dalı, Bitirme Ödevi, Kayseri.
- Wu, Y., Weller, C. L., Hamouz, E., Cuppett, S. and Schnepf, M., 1 999, Moisture loss and lipid oxidation for precooked ground beef patties packaged in edible starch-alginate based composite films, Paper No. 11B-21,1999 Annual IFT Conference, 23-26 July, Chicago, IL.
- Xiong, Y., Deng, B., Warner, R.D., and Fang, Z., 2020, Reducing salt content in beef frankfurter by edible coating to achieve inhomogeneous salt distribution, *International Journal Food Science Technology*, 55 (8).
- Yaman, T., 2013, Nohut Nişastası Bazlı Yenilebilir Film ile Kaplanmış Nar Tanelerinin Kalite Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Yeddes, W., Djebali, K., Wannas, W. A., Horchani–Naifer, K., Hammami, M., Younes, I. ve Tounsi, M. S., 2020, Gelatin–chitosan–pectin films incorporated with rosemary essential oil: optimized formulation using mixture design and response

surface methodology, *International Journal of Biological Macromolecules*, 154, 92-103.

Yekeler, F. Z., 2015, Doğal bitki ekstraktlarıyla zenginleştirilmiş limonlu içecek (limonata) üretimi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Yen, G. C., Duh, P. D., and Tsai, C. L., 1993, Relationship between antioxidant activity and maturity of peanut hulls, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 67-70.

Yıldız Oğuzhan, P. ve Yangınlar, F., 2016, Yenilebilir film ve kaplamaların gıda endüstrisinde kullanımı, *BEU Fen Bilimleri Dergisi*, 5 (1), 27-35.

Yörük, N. G., ve Danyer, E., 2016, Gıda katkı maddeleri genel bilgiler ve tanımlar, *Türkiye Klinikleri Food Sciences - Special Topics*, 2 (2), 1-10.

Zhao, Y. ve McDaniel, M., 2005, Sensory quality of foods associated with edible film and coating systems and shelf-life extension, *Innovations in Food Packaging*, 434-453.

