

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOĞUK PRESS KETEN YAĞI YAN ÜRÜNÜNDEN ELDE EDİLEN  
GAM BAZLI AKTİF YENİLEBİLİR ANTIMİKROBİYAL FİLMLEİN  
GELİŞTİRİLMESİ VE KARAKTERİZASYONU

Şeyma KOPUZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Salih KARASU

Temmuz, 2022

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SOĞUK PRESS KETEN YAĞI YAN ÜRÜNÜNDEN ELDE EDİLEN  
GAM BAZLI AKTİF YENİLEBİLİR ANTİMİKROBİYAL FİLMLEİN  
GELİŞTİRİLMESİ VE KARAKTERİZASYONU**

Şeyma KOPUZ tarafından hazırlanan tez çalıŐması 27.07.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Salih KARASU  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
Danışman

**Jüri Üyeleri**

Doç. Dr. Salih KARASU, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Enes DERTLİ, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr.Üye. Zeynep BAKKALOĞLU, Üye

İstanbul Rumeli Üniversitesi

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Danışmanım Doç. Dr. Salih KARASU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Soğuk Press Keten Yağı Yan Ürününden Elde Edilen Gam Bazlı Aktif Yenilebilir Antimikrobiyal Filmlerin Geliştirilmesi ve Karakterizasyonu başlıklı çalışmada diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Şeyma KOPUZ



*Aileme*

## TEŐEKKÜR

---

Bu çalıőmanın gerçekleőtirilmesinde, tım ylık lisans eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Salih KARASU hocama ve çalıőmam boyunca benden yardımlarını esirgemeyen Arő.Gör. Perihan Kůbra AKMAN ve Dr. Zeynep Hazal TEKİN-ÇAKMAK'a teőekkürlerimi sunarım.

Şeyma KOPUZ

# İÇİNDEKİLER

<b>SİMGE LİSTESİ</b>	<b>vii</b>
<b>KISALTMA LİSTESİ</b>	<b>viii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>ix</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>x</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xiii</b>
<b>1 GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.1.1 Gıda Ambalajlama .....	1
1.1.2 Gıda Ambalajlarının Özellikleri .....	1
1.2.3 Soğuk Pres Yağ Üretimi Yan Ürünleri .....	5
1.2.4 Kırmızı Et Ürünleri Raf Ömrü ve Kalite Kriterleri .....	6
1.2 Tezin Amacı.....	8
1.3 Hipotez.....	8
<b>2 MATERYAL ve METOT</b>	<b>10</b>
2.1 Materyal .....	10
2.2 Metot.....	10
2.2.1 Keten Tohumu Gamı Üretimi.....	10
2.2.2 Kontrol Film Hazırlama .....	10
2.2.3 Uçucu Yağ İçeren Film Hazırlama.....	11
2.2.4 Nanoemülsiyon Film Hazırlama .....	11
2.2.5 FTIR ile moleküler karakterizasyon .....	12
2.2.6 Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) .....	13
2.2.7 Yenilebilir filmin kalınlığı ve Nem içeriği.....	13
2.2.8 Filmlerin Bariyer Özellikleri .....	13
2.2.9 Optik özellikler .....	14
2.2.10 Mekanik Özellikler .....	15
2.2.11 Film Biyobozunurluk .....	15
2.2.12 Antimikrobiyal Aktivite.....	15
2.2.13 Filmlerin kırmızı et ambalajı olarak araştırılması.....	16
2.2.14 İstatistiksel Analiz.....	19
<b>3 SONUÇLAR</b>	<b>20</b>
3.1 Nem.....	20
3.2 Kalınlık .....	20

3.3 Renk .....	21
3.4 Mekanik Özellikler .....	21
3.5 Bariyer Özellikleri.....	22
3.6 Filmlerin Antimikrobiyal Aktivitesi .....	23
3.7 Biyobozunurluk .....	24
3.8 FTIR.....	25
3.9 DSC Analizi .....	26
3.10 Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et Örneklerinin Mikrobiyal Değişimi .	28
3.11 Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et Örneklerinin TBA Değişimi.....	30
3.12 Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et Örneklerinin Ph Değişimi .....	31
3.13 Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et Örneklerinin Duyusal Değişimi .....	32
3.14 Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et Örneklerinin Renk Değişimi .....	34
<b>4 SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	<b>36</b>
<b>KAYNAKÇA</b>	<b>37</b>
<b>TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR</b>	<b>47</b>

## SİMGE LİSTESİ

---

W/v	Ağırlık-Hacimce Yüzde
%E	Kopma Uzaması
%W	Yüzde Ağırlık Kaybı



## KISALTMA LİSTESİ

---

KG	Keten Tohumu Yağı Yan Ürünüden Elde Edilen Gam
MKF	Mısır Kabuğu Fiberi
PVA	Polivinil alkol
KF	Kontrol Filmi
UYF	Uçucu Yağ İçeren Film
NEF	Nanoemülsiyon İçeren Film
WVP	Su Buharı Geçirgenliği
TS	Filmlerde Çekme Mukavemeti
TMB	Toplam Mezofil Bakteri
PB	Psikrofil Bakteri

## ŞEKİL LİSTESİ

---

Şekil 2.1 Yenilebilir Film Çözeltileri .....	11
Şekil 2.2 Kurutulmuş Yenilebilir Film Örnekleri.....	12
Şekil 2.3 FTIR Analizi.....	12
Şekil 2.4 Oksijen Geçirgenliği Analizi.....	14
Şekil 2.5 Film ile Kaplanmış Et Örnekleri.....	17
Şekil 2.6 Raf Ömrü Çalışmaları için Paketlenmiş Et Örnekleri.....	18
Şekil 3.1 Biyobozunurluk Değerleri.....	25
Şekil 3.2 Filmlerin FTIR Spektrumu.....	26
Şekil 3.3 Filmlerin DSC Analizi.....	27
Şekil 3.4 Et Örneklerinde Depolama Boyunca TBA Değişimi.....	31

## TABLO LİSTESİ

---

<b>Tablo 1.1</b> Yenilebilir Film Malzemeleri.....	5
<b>Tablo 3.1</b> Filmlerin Nem, Kalınlık ve Renk Değerleri.....	21
<b>Tablo 3.2</b> Filmlerin Mekanik Özellikleri.....	22
<b>Tablo 3.3</b> Filmlerin Su Buharı Geçirgenlik Değerleri ve Filmlere Koyulan Ayciçek Yağının Peroksit Değerleri.....	23
<b>Tablo 3.4</b> Filmlerin Antimikrobiyal Özellikleri.....	24
<b>Tablo 3.5</b> Filmlerin DSC Termogram Değerleri.....	27
<b>Tablo 3.6</b> Etlerde Depolama Boyunca Toplam Mezofil Bakteri Sayısı Değişimi....	28
<b>Tablo 3.7</b> Etlerde Depolama Boyunca Toplam Psikrofil Bakteri Sayısı Değişimi...29	
<b>Tablo 3.8</b> Etlerde Depolama Boyunca Toplam Koliform Bakteri Sayısı Değişimi..30	
<b>Tablo 3.9</b> Depolama Boyunca Et Örneklerinde Görülen pH Değişimi.....	32
<b>Tablo 3.10</b> Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et Örneklerinin Duyusal Değişimi..33	
<b>Tablo 3.11</b> Depolama Boyunca Film İle Kaplı Et Örneklerinin Renk Değişimi.....	34

## SOĞUK PRESS KETEN TOHUMU YAĞI YAN ÜRÜNÜNDEN ELDE EDİLEN GAMLARDAN AKTİF YENİLEBİLİR ANTİMİKROBİYAL FİMLERİN GELİŞTİRİLMESİ VE KARAKTERİZASYONU

Şeyma KOPUZ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Salih KARASU

Yenilebilir filmler, gıdaları raf ömrü boyunca çeşitli istenmeyen etkilerden koruyan doğal yenilebilir materyallerden oluşturulmuş ambalajlardır. Gıdayı nem, kontaminasyon, oksijen gibi dış etkilerden korurlar. Bu çalışmada, soğuk pres keten yağı yan ürününden elde edilen gam (KG) kullanılarak antimikrobiyal özellikte aktif yenilebilir filmler üretilmiş ve bu filmler fizikokimyasal, bariyer, mekanik, biyolojik olarak bozunabilirlik, termal ve moleküler özellikleri yönünden karakterize edilmiştir. Çalışmada filmlere, alil izotiyosiyanat serbest ve nanoemülsiyon formlarında entegre edilmiş ve antimikrobiyal özellik kazandırılarak kıyaslanmıştır. Bu filmler, gıdayı taşıma depolama işleme sırasında bozulmayacak, dayanıklılığını kaybetmeyecek özelliklere sahip olmalıdır. Alil izotiyosiyanat serbest veya nanoemülsiyon formunun varlığı filmlerin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemiştir ( $P < 0.05$ ). NE-F filmi en yüksek gerilme mukavemetine (0.69 MPa) sahiptir, bunu kontrol filmi (0.60 MPa) ve UY-F (0.47 MPa) izlemiştir. Ayrıca NE-F filmi en yüksek kopma uzama değerine (%51,08)

sahipken UY-F ve kontrol filmi yakın kopma uzama değerlerine (sırasıyla %38,22 ve %33,89) sahiptir. Özet olarak filmlere alil izotiyosiyanat entegre edilmesinin filmlerin termal ve bariyer özelliklerini iyileştirdiğini, çekme mukavemetini ise azalttığını göstermiştir. Moleküler karakterizasyona göre ise alil izotiyosiyanat antimikrobiyal bileşiği film içinde homojen şekilde dağılım göstermiştir. Filmler, Escherichia coli O157H7, Salmonella spp., Listeria monocytogenes ve Staphylococcus aureus patojen bakterileri üzerinde %42-87 arasında değişen oranlarda inhibisyon sağlamıştır. Bununla birlikte, nanoemülsiyon formda alil izotiyosiyanat içeren filmlerin antimikrobiyal etkisi daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni, nanoemülsiyon oluşumunun alil izotiyosiyanat bileşiğinin film içerisinde tutunma stabilitesini artırmasıdır. Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen KG bazlı yenilebilir antimikrobiyal filmlerin, gıdaların kalitesini iyileştirmek ve raf ömrünü uzatmak için alternatif bir ambalaj materyali olarak kullanılabilceği bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Antimikrobiyal film, soğuk pres keten yağı yan ürünü, gam, yenilebilir film

# DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF ACTIVE EDIBLE ANTIMICROBIAL FILMS FROM GUMS OBTAINED FROM COLD PRESS FLAXSEED OIL BY-PRODUCT

Şeyma KOPUZ

Department of Food Engineering

Master Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Salih KARASU

Edible films are packages made of natural edible materials that protect foods from various undesirable effects throughout their shelf life. They protect the food from external influences such as moisture, contamination, and oxygen. In this study, active edible films with antimicrobial properties were produced by using the gum (FG) obtained from cold-pressed flaxseed oil by-product and these films were characterized in terms of physicochemical, barrier, mechanical, biodegradability, thermal and molecular properties. Allyl isothiocyanate was integrated into the films in free and nanoemulsion forms and compared by gaining antimicrobial properties. These films should protect their durability during the transportation, storage and processing of the food. The integration of allyl isothiocyanate free or nanoemulsion form significantly affected the mechanical properties of the films ( $P < 0.05$ ). NE-F film had the highest tensile strength (0.69 MPa), followed by control film (0.60 MPa) and UY-F (0.47 MPa). In addition, NE-F film had the highest elongation at break (51.08%), while UY-F and control film had close elongation at break (38.22% and 33.89%, respectively). In a conclusion, the integrating allyl

isothiocyanate into the films improved the thermal and barrier properties of the films and decreased the tensile strength. According to the molecular characterization, the allyl isothiocyanate antimicrobial compound showed a homogeneous distribution in the film. The films inhibited *Escherichia coli* O157H7, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* pathogenic bacteria at rates ranging from 42-87%. However, the antimicrobial effect of films containing allyl isothiocyanate in nanoemulsion form was found to be higher than control film. The nanoemulsion formation might increase the adhesion stability of the allyl isothiocyanate compound in the film. As a result, FG-based edible antimicrobial films could be used as an alternative packaging material to improve the quality of foods and extend their shelf life.

**Keywords:** Antimicrobial film, cold press flaxseed oil by-product, gum, edible film.

### 1.1 Literatür Özeti

#### 1.1.1 Gıda Ambalajlama

Gıda endüstrisinde, gıdayı dış etkenlerden koruyan, gıdaların taşıma depolama sırasında tüketiciye bozulmadan ve güvenilir bir biçimde ulaşmasını sağlayan materyale ambalaj denir. Aynı zamanda ürünün dayanıklılığını koruyan, raf ömrünü arttıran, tüketiciyi bilgilendiren, kullanım açısından kolaylığını sağlayan malzemelerdir. (Üçüncü, 2007). Artan dünya nüfusu, gıda ihtiyacı ve gıda güvenilirliği açısından ambalajlamanın gelişmesi ivme kazanmıştır. Dünya nüfusunun artmasıyla beraber ambalaj materyallerinin gelişimi de hız kazanmıştır. Sanayii devrimi ile beraber de endüstrinin gelişmesi seri üretimin başlaması da bu açıdan önemli gelişmelerdendir. (Alvarez,Pascall, 2011).

#### 1.1.2 Gıda Ambalajlarının Özellikleri

Gıda için uygun madde ve materyallerden üretilmeli, migrasyona sebep olmamalıdır. Fiziksel dayanıklılığı olmalıdır. Gıdayı nem, ışık, oksijen, mikrobiyolojik bulaşma, fiziksel ve kimyasal dış etkilere korumalıdır. Tüketiciyi bilgilendirici etiket bilgilerine sahip olmalıdır. Kolaylıkla açılabilir ve gerekli durumlarda tekrar kapatılabilir. Ekonomik ve estetik olmalıdır. Taşıma, depolama gibi işlemler için uygun özelliklerde olmalıdır. Sürdürülebilir olmalı ve çevreye zarar vermemelidir. Gıda izlenebilirliğini sağlayacak özelliklere sahip olmalıdır.

##### 1.1.2.1 Petrol Türevi Ambalajlar

Ambalaj sektöründe en çok petrol türevi ambalajlar kullanılır. Çünkü bu materyaller çok düşük maliyetli ve üretim, kullanım, taşıma, bariyer özellikleri açısından sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Fakat petrol bazlı ambalajlar doğada çok uzun yıllar boyunca yok olmadıklarından çevre açısından problemlere neden

olmaktadırlar. (Tawakkal vd, 2014). Bu ambalajların doğada parçalanma ömrü yaklaşık 600 yıldır ve ciddi katı atık sorununun başlıca sebeplerindedir. (Kayan, 2018). Ayrıca bu ambalajların zamanla tükeneceği ve maliyetlerinin artacağı düşünüldüğünden alternatif ambalaj arayışı önem kazanmaktadır. (Wang, Kerry, 2018). Tüm bu sebeplerden dolayı ambalajların sınıflandırması yapılırken sürdürülebilir olması, karbon ayak izi, çevresel etkiler, doğada parçalanabilirlik gibi farklı sınıflandırmalarda etkin hale gelmektedir. (Keskin ve ark, 2018).

Petrol türevi ambalajlar yalnızca doğa için zararlı değildir. Bu ambalajlar gıda ile migrasyona sebebiyet vermektedir. Ayrıca bu ambalajlara çeşitli kimyasal maddelerin eklenmesi sağlık açısından tedirgin edici olmaktadır. Bu katkı maddelerine örnek olarak renklendiriciler, plastize ediciler, stabilizatörler örnek verilebilir. Bu maddeler insan sağlığı açısından toksik özelliklere sahip olabilir. Ayrıca bazı ambalajlar ağır metaller açısından da risk oluşturmaktadır. (Güler,Çobanoğlu, 1997).

Petrol türevi kaynakların kullanımını azaltmak, fiyatları minimize etmek ve işlevsel hale getirip doğaya karşı daha sorumlu ambalajlar üretmek ambalaj endüstrisinin önemli sorumluluklarıdır. Bu sebeplerden ötürü sektör; yenilebilir, doğada çözünebilir, çevre dostu ambalaj arayışına yanıt vermeye çalışmaktadır. (Nurul-Fazita vd, 2016; Sun vd, 2017).

### **1.1.2.2 Yenilebilir Ambalajlar**

Gıdaları muhafaza etmek, raf ömürlerini uzatmak için gıdanın ince bir tabaka halinde kaplanmasıyla doğal materyallerden üretilmiş, yenilebilir, gıda ile dış ortam arasında nem, gaz, katı materyallerin geçişini engelleyebilen ya da kontrol eden ambalajlara yenilebilir ambalaj denir. (Keleş, 2002). Kalınlığı 254  $\mu\text{m}$ 'den büyük olanlara yenilebilir tabakalar, kalınlığı 254  $\mu\text{m}$ 'den küçük olanlara yenilebilir filmler, gıda maddesinden ayrı olarak üretilen ve sonradan gıda ürünü paketlemek için kullanılan ambalajlara ise yenilebilir paketler denir. Yenilebilir kaplamalar ise, gıdanın yüzeyinin film solüsyonu ile kaplanması işlemidir. (Robertson vd, 2013).

### 1.1.2.3 Yenilebilir Ambalajların Tercih Sebepleri

- Yenilebilir ambalajlar gıda ile tüketilebilir veya tüketilmese bile atıldığı takdirde toprakta hızlıca yok olmaktadır.
- Yenilebilir film solüsyonuna farklı maddeler ilave edilebilmekte ve çeşitli özellikler ambalaj materyaline eklenebilmektedir.
- Gıdaların besin içeriğini zenginleştirebilmektedirler.
- Gıdalarda tabakalar arasında uygulama sağlanabilmektedir.
- Antimikrobiyal ve antioksidan özellikler eklenerek raf ömrünü arttırabilmektedirler.
- Aroma ilavesi ile gıdaların duyuşal özelliklerini geliştirebilmektedirler. (Yıldız, Yangılar, 2016)

### 1.1.2.4 Yenilebilir Ambalaj Materyalleri

Yenilebilir ambalajlar temelde lipid protein veya polisakkarit bazlı olabilir.

- **Protein Bazlı Yenilebilir Filmler**

Protein bazlı yenilebilir film üretiminde bitkisel ve hayvansal kaynaklı proteinler kullanılabilir. Bitkisel bazlı olanlar mısır, buğday soya tohumlarından üretilebilir. Hayvansal kaynaklı olanlar ise keratin, kolajen, jelatin, yumurta proteinleri, kazein ve peynir altı suyundan elde edilebilir.

Proteinden elde edilen yenilebilir filmler dayanıklılık ve ışık geçirme özellikleri, gaz ve yağ açısından iyi bir bariyer özelliğine sahiptirler. Fakat hidrofil özellikleri açısından yüksek su buharı geçirgenliğine sahiptirler. Nem geçişine karşı pek fazla koruyuculuk göstermezler. (Cutter, 2006). Fakat protein kaynaklı yenilebilir filmler gıdaların besin değerini yükseltmektedirler. Protein bazlı ambalajlar sıcaklıktan etkilenirler.

- **Lipid Bazlı Yenilebilir Filmler**

Doğal ve sentetik mumlar ve gliseritler gibi lipid bileşikler, düşük polariteye sahip olduklarından nem kaybına karşı iyi bariyer özellik göstermeleri nedeniyle kaplama maddesi olarak kullanılmaktadırlar. Genel olarak mum kaplamalar nem transferine karşı, diğer lipid ve lipid olmayan kaplamalardan daha fazla direnç göstermektedirler. (Robertson,2013). Lipid bazlı filmler meyvelerde parlaklık

vermesi için de kullanılırlar. Parafin, balmumu, yağ asitleri ve monogliseritler, reçineler bu grupta yer alan materyallerdir (McHugh, 2000).

- **Polisakkarit Bazlı Yenilebilir Filmler**

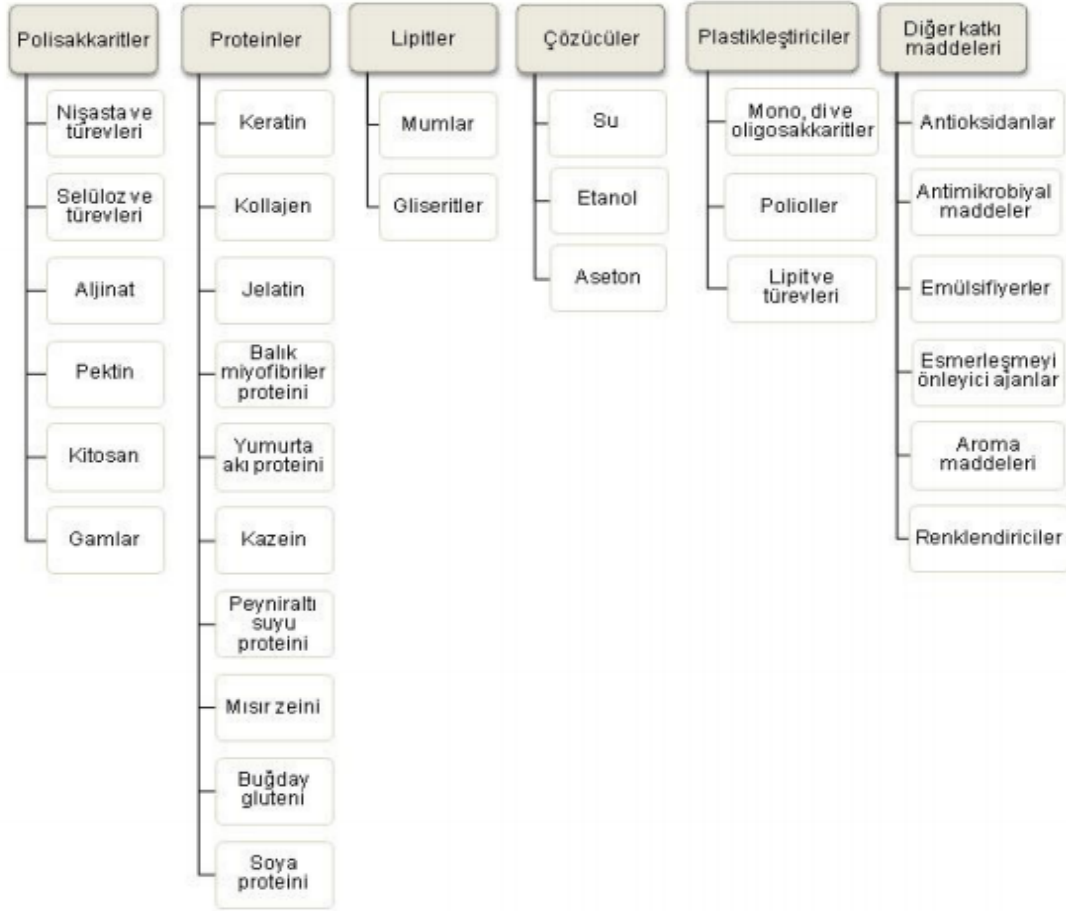
Polisakkarit bazlı yenilebilir filmler, pektin, kitin, aljinat, kitosan, gam, nişasta ve yosun gibi maddelerden elde edilirler. Bu filmlerin gaz geçirgenlikleri düşüktür. Bu sebeple iyi bir nem bariyeridirler. Gıdanın nem içeriğinin stabil kalmasını sağlarlar (Baldwin, 1994).

- **Kompozitler**

Kompozitler birden fazla kaynaktan elde edilirler. Birbirlerini destekleyici özellikler bir araya getirilir. Örneğin gaz geçirgenliği düşük olan bir materyalle mekanik direnci fazla olan materyalin kombinasyonu şeklinde üretilir.

Üretiminde laminasyon ve emülsiyon tekniği kullanılır. Laminasyon tekniğinde film üzeri lipitler ile lamine edilir ve iki tabakalı bir film oluşturulur. Diğer yöntemde ise film çözeltilisine lipit eklenerek emülsiyon oluşturulur (Gennadios vd, 1997).

**Tablo 1.1** Yenilebilir film malzemeleri (Tural vd, 2017)



### 1.2.3 Soğuk Pres Yağ Üretimi Yan Ürünleri

Bitkisel kaynaklar içindeki yağlar çeşitli yöntemlerle elde edilebilir. Soğuk pres yağ üretimi bunlardan biridir. Bu üretim yönteminde yağa herhangi bir kimyasal muamele yapılmaz ve ısı işlem uygulanmaz. Bu nedenle yağın besin değerleri korunmuş olur. Yağ faydalı bileşenlerini maksimum oranda içerir. Rafine olmadan, kimyasal kullanmadan üretilen bu yağ gıdalarda yüksek kullanım potansiyeline sahiptir. Soğuk pres yağ üretiminde ortaya çıkan yan ürünler yüksek oranlarda biyoaktif bileşenler içerir. Bunun yanı sıra yüksek protein oranına ve esansiyel yağ asitlerine sahiptirler. Bu önemli gıda atıkları gıda endüstrisinde değerlendirilme şansına sahiptir. Soğuk pres yağ üretimi yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı fazlaca talep görmektedir. Bunun sonucu olarak da fazlaca yan ürün oluşmaktadır (Gülseren, 2019).

Soğuk pres tekniği ile üretilen yağ en kaliteli yağlar olarak nitelendirilebilir. (Geçgel vd. 2011). Bitkisel tohumlar, tokoferol, yağ asitleri, protein bileşimi açısından zengin besin kaynaklarıdır. Ayrıca bu besinler diyet lif özelliği bakımından da fazla olduğundan sindirim sistemini destekleyici şekilde çalışırlar. Kan şekerini düzenlemek ve kardiyovasküler rahatsızlıklara karşı koruyucu özellikleri de vardır. Aynı zamanda besin değeri yüksek, fenolik bileşenler açısından zengin, vitamin ve mineral açısından zengin gıdalardır (Ayaz, 2008).

Soğuk pres yöntemi ile üretilen yağların atıklarında belirtildiği gibi çok önemli bileşikler mevcuttur. Bu bileşenlerin gıda endüstrisinde değerlendirilmesi ve katma değerinin artırılması gereklidir. Bu atıklar gıda formasyonlarına eklenerek gıda için önemli avantajlar meydana gelecektir (Gülseren, 2019).

#### **1.2.4 Kırmızı Et Ürünleri Raf Ömrü ve Kalite Kriterleri**

Gıdalarda çeşitli dış etkenler sebebiyle bozulabilirler. Bu etkenler fiziksel, kimyasal ve biyolojik olabilir. Gıda ürünlerinin bozulmasına oksijen, mikroorganizmalar, sıcaklık, nem, ışık gibi faktörler sebep olabilir. Bu bozulmalar gıdanın özelliklerini kaybetmesine, değişmesine ve istenmeyen başka durumlar oluşmasına neden olur. Ayrıca bu bozulmalar tüketiciler için de zehirlenme gibi sağlık riskleri oluşturur. Bu bozulmalar sonucunda üründe kötü koku, tat acılaşma tekstür kaybı, renk değişiklikleri meydana gelir. Bu değişiklikler ürünün raf ömrünü azaltır ve tüketici için risk oluşturur (Ahmed vd., 2017). Gıda ambalajlama gıdayı korumak için alınan en önemli aşamalardandır. Gıdayı tüm bu etkilerden korur. Bu sebeple ambalaj endüstrisi gıda üretim ve tedarik süreçlerinde önemli bir yer tutar. Bu sebeplerden ambalaj endüstrisi yeni teknolojiler ve metotlar ile sürekli gelişim halindedir. Gıda ambalajlarının gıdayı korumak ve kolay taşımak dışında gıda ile ilgili bilgileri tüketiciye ulaştırmak ve estetik bir görünüm kazandırmak gibi hedefleri de vardır. Ayrıca ambalajlanmış gıda, güvenli ve kontrollü gıda olarak da çoğu zaman nitelendirilebilir (McMillin, 2017; Yıldırım vd., 2017).

Bazı gıda ürünleri yüksek su konsantrasyonu sebebiyle bozulmaya daha meyillidir. Çünkü nem mikroorganizmaların yaşaması ve üremesi için uygun ortamı sağlar. Et ve et ürünleri de yüksek nem oranına sahiptir. Bu nedenle kolaylıkla

bozulabilen raf ömrü kısa ürünlerdir. Et ürünlerindeki mikrobiyolojik kontrolsüz çoğalma çok ciddi sağlık sıkıntılarına zehirlenme ve ölümlere neden olabilir. Bu gıdalar depolanırken enzimlerle ve mikrobiyolojik olarak dönüşümlere uğrar ve makro besin bileşenlerinden parçalanmalar görülür. Bunların sonucunda kötü koku ve tat kaybı meydana gelir (Jia vd., 2019). Etin kalite kriterlerini belirlemek için toplam uçucu bazik azot, toplam mezofilik canlı sayısı, TBA analizi gibi testler yapılır. Bu sonuçlar birbirleriyle ilişkilidir (Fu vd., 2019). Etin tazeliğini kaybetmesindeki en önemli sebep mikrobiyolojik üremelerdir. Etin tazeliğini belirlemede kromatografik, spektrofotometrik yöntemlerin yanı sıra pH ölçümü ve mikrobiyolojik ekim yöntemleri de önemli parametrelerdir.

Mikroorganizmaların proteolitik aktiviteleri sonucu serbest aminoasit zincirleri oluşmakta, bunlar da kolaylıkla oksidatif bozulma, dekarboksilasyon ve desülfürizasyona uğrayarak NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>S gibi uçucu bazik gazlar oluşmaktadır. (Kuswandi, Nurfawaidi, 2017) ve bunların miktarı arttıkça etin pH seviyeside yükselmektedir (Pacquit vd., 2006).

Etin kalitesi ve raf ömrü özelliklerinde ambalaj önemli ve belirleyici bir rol oynamaktadır (Fang vd., 2017). Etin kalitesini düşüren ve raf ömrünü azaltan hastalık yapıcı bakteriler kontaminasyona sebep olmaktadır (Ahmed vd., 2017). Ambalajlama ile bu kontaminasyonun önüne geçilmekte, kalite kaybının ve mikrobiyolojik risklerin oluşması engellenmektedir. Etteki kırmızı parlak rengi sağlayan miyoglobinin istenen formda kalması sağlanmakta ve renk korunmaktadır (Fang vd., 2017). Renk, koku gibi duyuşal özelliklerin yanında dehidrasyon, lipid oksidasyonu, aroma gibi parametrelerde incelenmelidir (Zhou vd., 2010).

Son zamanlarda gıda bilincinin artması ve tüketici istekleri genişlemesiyle birlikte, kimyasal katkıların daha az kullanıldığı, atıkların minimize edildiği, sürdürülebilir, minimum işlenmiş fakat uzun raf ömrüne sahip maliyeti de uygun gıdalar revaçtadır. Aynı zamanda tüketiciler kolay işlenebilen, pratik hazırlanabilen gıdalar tercih etmektedir. Tüm bu nedenlerden ötürü ambalajlama dikkat çeken ve üzerinde durulması gereken bir meseledir. Çünkü ambalaj ile gıda en az işleme ve katkı maddesiyle korunabilir. Aktif, akıllı ambalajlar yenilebilir

ambalajlar yeni ambalaj gelişmelerindedir. Bu çalışmalar önemini arttırarak gelişmeye devam etmektedir (Brody vd., 2008).

## **1.2 Tezin Amacı**

Bir gıda sanayi atığı olan soğuk pres keten tohumu yağı yan ürünü önemli bir miktarda gam içermekte ve gıda endüstrisinde değerlendirilmemektedir. Bu tezin amacı; bu yan ürünün gıdaların kalite özelliklerini geliştirebilecek ve raf ömrünü uzatabilecek aktif antimikrobiyal yenilebilir film üretiminde değerlendirilebilecek bir alternatif olduğunu göstermektir.

## **1.3 Hipotez**

Soğuk pres yağlar üretim sırasında herhangi kimyasal işleme ve rafinasyon gibi ısıl proseslere maruz bırakılmadıklarından yapılarındaki biyoaktif bileşenler üretimleri sırasında fazla bir kayba uğramazlar. Bu yüzden son yıllarda soğuk pres yağ üretiminde önemli bir artış gözlenmektedir. Keten tohumu yağı linolenik asit majör olmak üzere çoklu doymamış yağ içeriğinin yüksek olması nedeniyle tüketicilerin en fazla ilgi duyduğu soğuk pres yağlardan birisidir. Soğuk pres yağ üretimi sırasında protein ve karbonhidrat açısından zengin gıda endüstrisinde kullanılmaya müsait yan ürün açığa çıkmaktadır. Bu yan ürünün soğuk pres yağ üreticileri tarafından katma değeri yüksek bir ürün olarak değerlendirilmesi hem soğuk pres yağ üreticileri hem de ülke ekonomisi açısından önem arz etmektedir. Keten tohumu yağı atığında önemli miktarda gam özelliğinde polisakkarit olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalar keten tohumu gam ve musilajlarının ticari gamlara eş değer özelliklere sahip olduğu ve gıda sektöründe kıvam verici ajan olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır. Son yıllarda gıda maddelerinin ambalajlanmasında biyobozunur özellikteki ambalajların kullanımına yönelik eğilim artış göstermiştir. Ancak bu ambalaj malzemelerinin üretiminde doğal kaynak bulunması önemi zorluklardandır. Soğuk pres keten tohumu yağının üretim miktarının artışına paralel olarak atık miktarında da artış olması yenilebilir film üreten firmalar için önemli bir doğal kaynak olacaktır. Bu durumda soğuk pres keten tohumu yan ürünü hem soğuk pres keten tohumu yağı üreticileri için katma değeri yüksek bir ürün hem de yenilebilir film üreten firmalar

için önemli bir doğal kaynak özelliğine sahip olacaktır. Bu çalışma özelinde bu gamların yenilebilir film üretiminde kullanılacak bir kaynak olduğu düşünülmektedir. Alil izotiyosiyonat uçucu yağının ise antimikrobiyal etkisi olduğundan üretilebilecek yenilebilir filmlere çeşitli formlarda entegre edilerek antimikrobiyal aktif yenilebilir filmler oluşturulabileceği ve bu filmlerin gıdaların raf ömrü ve kalite özelliklerine olumlu etkilerde bulunabileceği öngörülmektedir.



## 2.1 Materyal

Keten tohumu atığı, etanol (%96) (Merck, Germany), gliserol (%85) (Merck, Germany), Alil izotiyosiyanat (Sigma Aldrich, Germany), Albumin(from bovine serum) (Sigma Aldrich, Germany), Nutrient Agar (Merck, Germany), Nutrient broth (Merck, Germany).

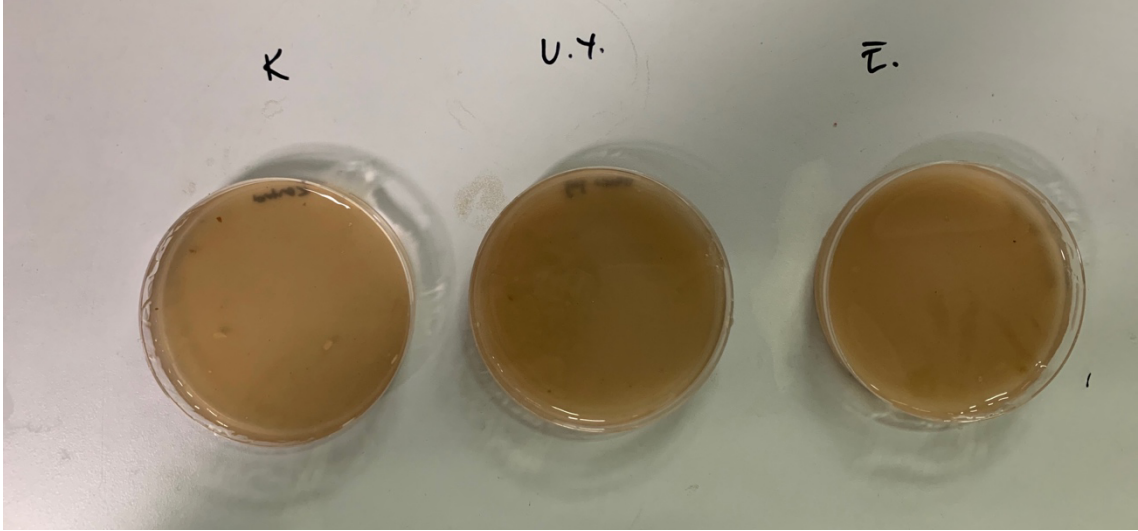
## 2.2 Metot

### 2.2.1 Keten Tohumu Gamı Üretimi

500 gram soğuk pres keten tohumu yan ürünü 10 litre su ile 5 saat boyunca 80°C sıcaklıkta karıştırılmış, karışım süzdürülerek üzerine +4°C'de muhafaza edilen 10 litre etanol eklenmiştir ve sonrasında +4°C soğuk depoda bir gece bekletilmiştir. Oluşan gamlar bir elek yardımıyla ayrılmıştır. Eşit miktarlarda bölüştürülen gamlar -80°C'de 2 saat dondurma ardından 3 gün boyunca dondurarak kurutma yöntemiyle kurutulmuştur.

### 2.2.2 Kontrol Film Hazırlama

%2 keten tohumu gamı (w/v) distile su içinde çözdürülerek manyetik karıştırıcıda 70 °C' de 1 saat karıştırılmıştır. Bu karışım 1 gece boyunca +4°C soğuk depoda bekletilmiştir. Ardından plastikleştirici olarak %1,5 oranında (w/v) gliserol eklenerek 70 °C su banyosunda ağzı kapalı bir şekilde 30 dk karıştırılmıştır. Daha sonra film solüsyonları steril petri plakalarına (90 x 17 mm) dökülmüş ve 35 °C'de fanlı bir inkübatörde 24 saatte kurutulmuştur.



**Şekil 2.1** Yenilebilir film çözeltileri

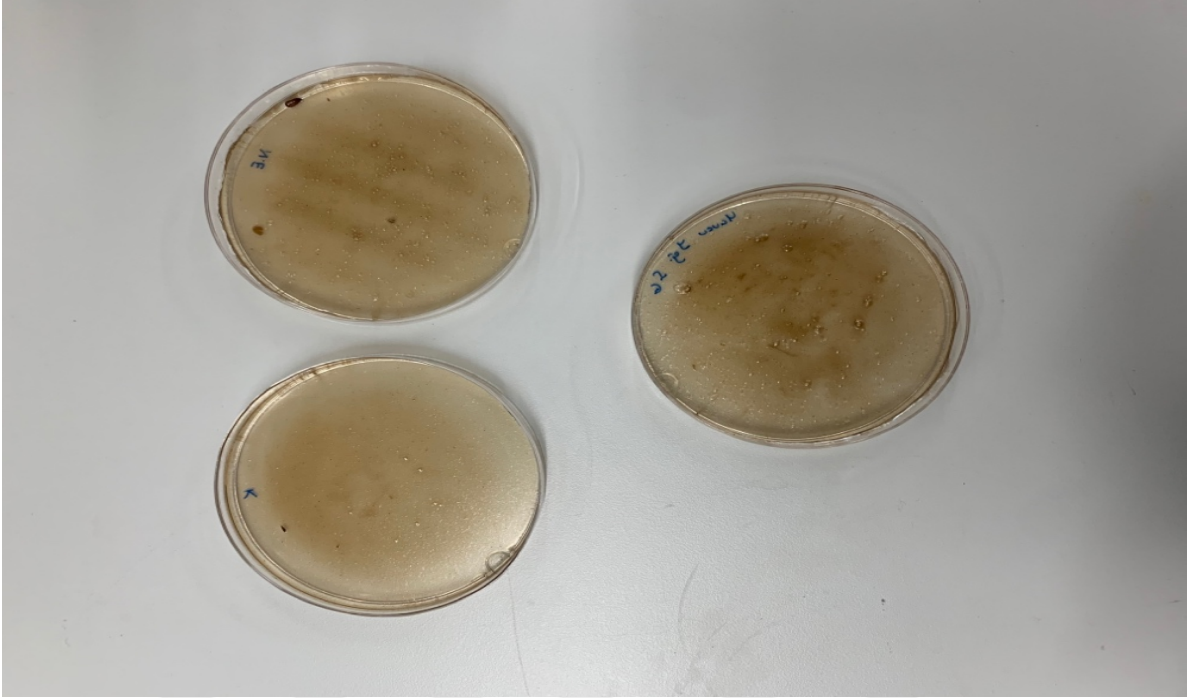
### **2.2.3 Uçucu Yağ İçeren Film Hazırlama**

%2 keten tohumu gamı (w/v) distile su içinde çözdürülerek manyetik karıştırıcıda 70 °C'de 1 saat karıştırılmıştır. Bu karışım 1 gece boyunca +4°C soğuk depoda bekletilmiştir. Ardından plastikleştirici olarak %1,5 oranında (w/v) gliserol ve %1 oranında (v/v) uçucu yağ eklenerek 70°C su banyosunda ağzı kapalı bir şekilde 30 dk karıştırılmıştır. Daha sonra film solüsyonları steril petri plakalarına (90 x 17 mm) dökülmüş ve 35 °C'de fanlı bir inkübatörde 24 saatte kurutulmuştur.

### **2.2.4 Nanoemülsiyon Film Hazırlama**

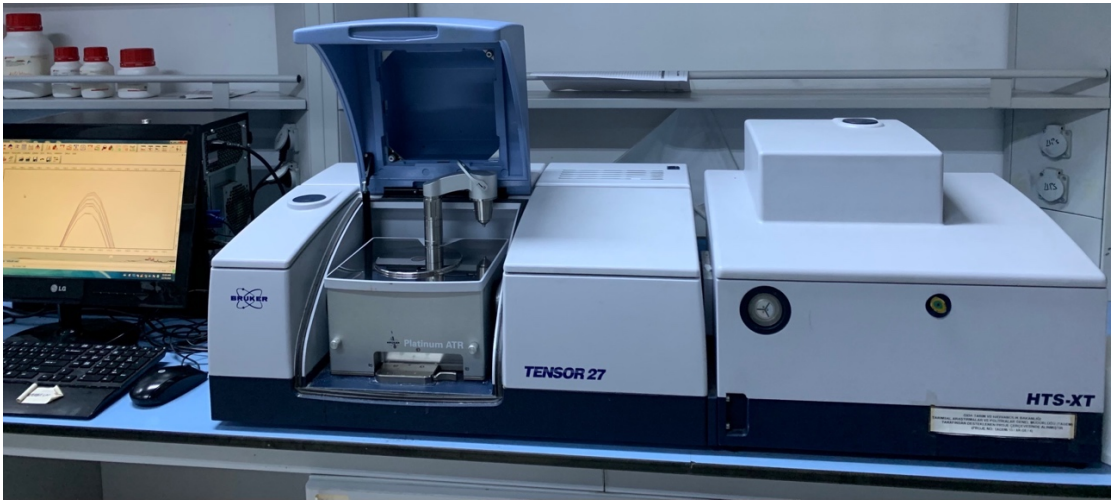
%2 keten tohumu gamı (w/v) distile su içinde manyetik karıştırıcı kullanılarak 70 °C'de 1 saat karıştırılmıştır. Bu karışım 1 gece boyunca +4°C soğuk depoda bekletilmiştir. Nanoemülsiyon oluşturmak için ise %0,1 albümin (w/v) ve %1 uçucu yağ (v/v) 3 dk boyunca ultraturax ile 40 000 rpm'de karıştırılmıştır. Ardından plastikleştirici olarak %1,5 oranında gliserol (w/v) eklenerek, elde edilen film çözeltisi 70°C su banyosunda ağzı kapalı bir şekilde 30 dk karıştırılmıştır. Daha sonra film solüsyonları steril petri plakalarına (90 x 17 mm) dökülmüş ve 35 °C'de fanlı bir inkübatörde 24 saatte kurutulmuştur.

Bu şekilde, 3 tip film numunesi elde edilmiştir: (i) uçucu yağ içermeyen kontrol filmi (KF), (ii) uçucu yağ içeren film (UYF) ve (iii) nano emülsiyon içeren film (NEF)



Şekil 2.2 Kurutulmuş yenilebilir film örnekleri

### 2.2.5 Fourier transform kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ile moleküler karakterizasyon



Şekil 2.3 FTIR analizi

Filmlerin moleküler düzeyde fonksiyonel gruplarını ve aktif bileşimini karakterize etmek için, FTIR spektrumları bir FTIR aracıyla (DLA TGS dedektörü ile donatılmış Bruker Tensor 27 spektrometresi, Bremen- Almanya) ölçülmüştür. 4000–400 cm<sup>-1</sup> dalga boyu spektral aralığında ölçümler yapılmıştır. (Mahcene vd. 2020)

### 2.2.6 Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC)

Filmlerin termal karakterizasyonu, Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC Q20, TA Instruments, Inc., ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 5 mg'lık numuneler alüminyum hermetikli kaplarda tartılmış ve daha sonra 20 ila 300 °C sıcaklık aralığında analize tabi tutulmuştur (Sıcaklık artışı: 10 °C/dk, N<sub>2</sub> akış hızı: 20 mL/dk). (Mahcene vd. 2020)

### 2.2.7 Yenilebilir filmin kalınlığı ve Nem içeriği

Film örneklerinin kalınlığı dijital bir mikrometre (Fowler Digitrix Mark 2, Chicago, ABD) ile belirlenmiştir. Ortalama değerler, her numune için farklı bir noktada 3 ölçüm kullanılarak hesaplanmıştır.

Film örneklerinin yüzde nem seviyesi gravimetrik yöntemle hesaplanmıştır. Yaklaşık 2-3 g film numunesi, geleneksel bir etüvde 24 saat boyunca 105 °C'de bekletilmiştir. Daha sonra sabit tartıma geldiğinde kuru numunenin ağırlığı ölçülmüştür. (Bourbon vd. 2011)

### 2.2.8 Filmlerin Bariyer Özellikleri

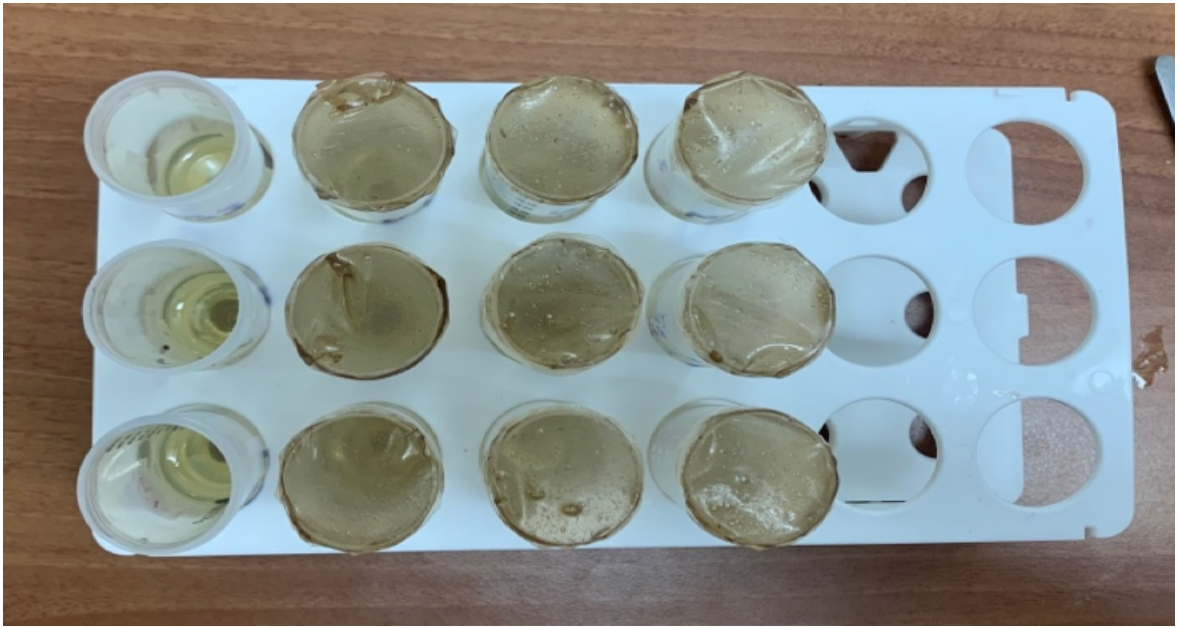
Silika jel içeren cam tüpler, analizden önce olası nemi uzaklaştırmak için 105 °C'de 24 saat bekletilmiş ve her filmde dairesel bir kesitle ağızları kapatılmıştır. Daha sonra bu tüpler tartılarak 30 °C'de damıtılmış su içeren desikatöre yerleştirilmiştir. Ağzı film kaplı olmayan cam tüpler kontrol olarak kullanılmıştır. Daha sonra tüplerin ağırlıkları 24 saat boyunca her 2 saatte bir ölçülmüştür. WVP aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır. (Mahcene vd. 2020)

$$WVP = WX / t \Delta PA. \quad (2.1)$$

Burada: WVP: g h<sup>-1</sup> mm m<sup>-2</sup> KPa<sup>-1</sup> cinsinden su buharı geçirgenliğini; w/t: g cinsinden zaman içindeki kütle değişimi; t: saat cinsinden zamanı; X: mm olarak

kalınlık,  $\Delta p$ : silika jel ve saf su ile atmosferin kısmi buhar basıncı farkı (24 °C'de 2642 Pa) ve A: m<sup>2</sup> olarak film alanını ifade etmektedir.

Filmlerin (O<sub>2</sub>P) S. Memiş vd. yöntemine göre belirlenmiştir. Bu amaçla, ayçiçek yağı (20 mL) içeren konik tüplerin ağızları film örnekleri ile kapatılmış ve tüpler 9 gün süreyle 60 °C'de bekletilmiştir. Daha sonra, sodyum tiyosülfat titrasyonu ile yağ numunelerinin peroksit değeri tespit edilmiş ve filmlerin oksijen geçirgenliği peroksit değeri üzerinden tanımlanmıştır. (Memiş vd. 2017)



Şekil 2.4 Oksijen geçirgenliği analizi

### 2.2.9 Optik özellikler

Film örneklerinin optik özellikleri, bir Konica Minolta Chroma Meter (CR-400, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japonya) kullanılarak L\*, a\* ve b\* renk değerleri (L\* = 0 (siyah) ila 100 (beyaz); a\* = -60 (yeşil) ila +60 (kırmızı) ölçülerek ve b\* = -60 (mavi) ila +60 (sarı)) değerlendirilmiştir. Renk ölçümleri, film numunelerinin renk parametrelerini ölçmek için rastgele seçilen her numunenin en az beş noktası ile kolorimetre üzerine yerleştirilerek yapılmıştır. (Rhim vd. 2006; Bourtoom vd. 2008)

### 2.2.10 Mekanik Özellikler

Filmlerin çekme mukavemeti (TS) ve kopma uzaması (%E) değerleri, ASTM D882-12'nin standart yöntemine göre 5 kg yük hücreli bir doku analizörü (TA. XT Plus Stable Micro Systems, Surrey, UK) kullanarak belirlenmiştir. Film numuneleri, başlangıç mesafesinin sırasıyla 50 mm ve 4 mm/sn olarak ayarlandığı sistemde, dikdörtgen biçimlerde (7 cm x 2 cm) kesilerek analize alınmıştır. (Mahcene vd. 2020)

### 2.2.11 Film Biyobozunurluk

Filmlerin biyobozunurlukları, Jahit vd tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla film örnekleri 2 cm<sup>2</sup> oranında kesilerek desikatörde ağırlıkları sabit olana kadar bekletilmiş ve daha sonra bu örnekler 100 g toprağa gömülmüştür. Topraktaki ağırlıkları sabit tartıma gelene kadar günlük ağırlık değişimleri kaydedilmiştir. Yüzde ağırlık kaybı (%W), aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır: (Mahcene vd. 2020)

$$W (\%) = ((\text{başlangıç ağırlık} - \text{final son ağırlık}) / \text{başlangıç ağırlık}) * 100$$

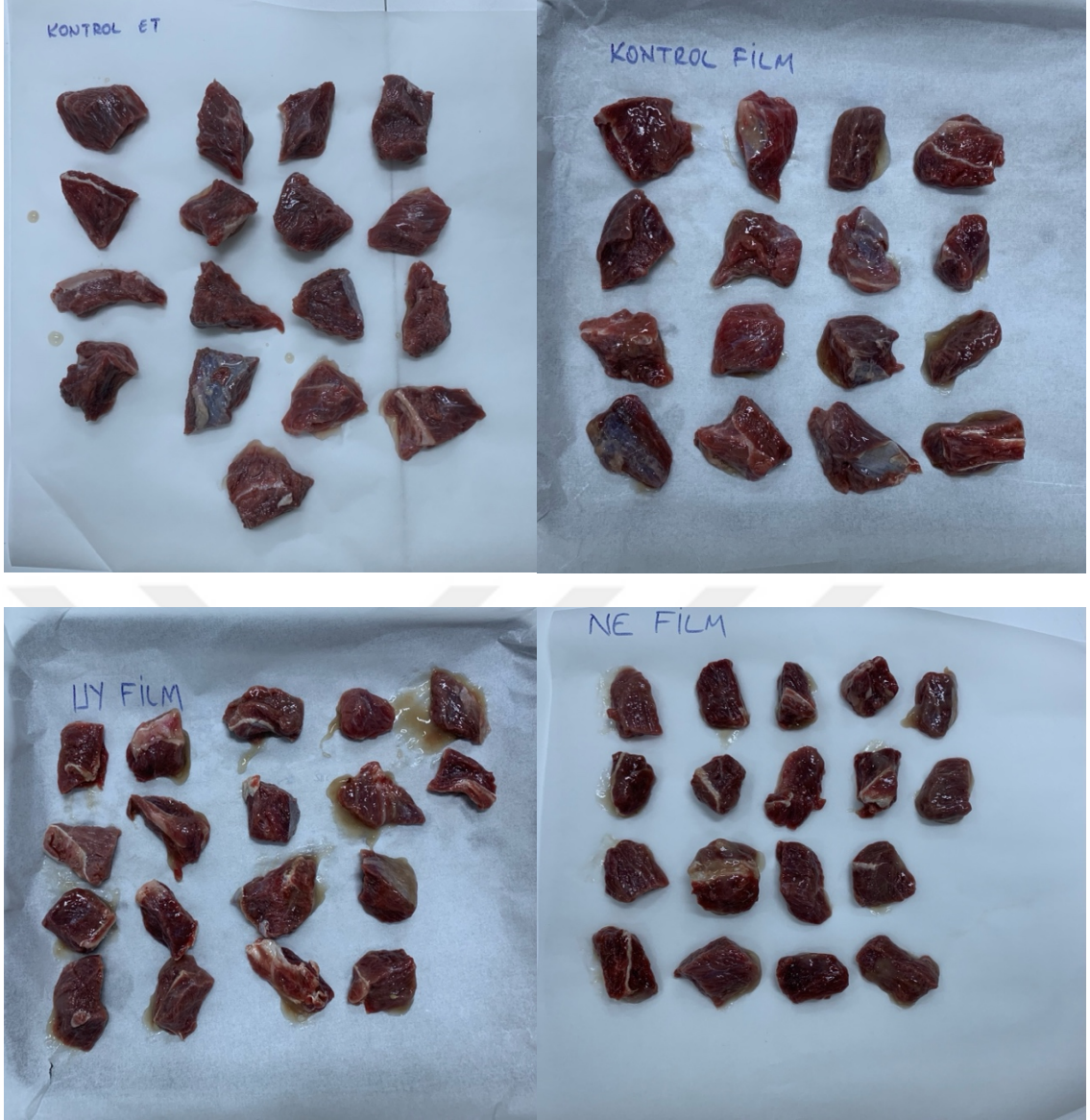
### 2.2.12 Antimikrobiyal Aktivite

Antimikrobiyal aktivite analizi Lian ve ark. tarafından açıklanan metoda göre bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Test patojenleri olarak, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 ve *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 25150, *Listeria monocytogenes* ATCC 13932 ve *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 patojen bakterileri kullanılmıştır. Patojenler nutrient broth içinde aktifleştirilerek mikroorganizma sayısı yaklaşık 10<sup>6</sup> kob/ml olacak şekilde standardize edilmiştir. UV ışığı altında sterilize edilen film örnekleri bakteri süspansiyonlarına ilave edilmiş ve bütün solüsyonlar sabit çalkalama hızı ile 37 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Ardından 625 nm'de absorbansları ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri kullanılarak bakteri inhibisyon oranı % olarak hesaplanmıştır. (Lian vd. 2019)

## **2.2.13 Filmlerin Kırmızı Et Ambalajı Olarak Araştırılması**

### **2.2.13.1 Kırmızı et örneklerinin filmlerle kaplanması**

Uygulama için yerel bir marketten satın alınan kırmızı et örnekleri soğuk zincir bozulmayacak şekilde laboratuvara getirilmiş ve aseptik şartlarda eşit parçalara bölünerek dört gruba ayrılmıştır. Bölüm 2.2.2, 2.2.3 ve 2.2.4'te belirtilen metotlara göre film solüsyonları hazırlanmış ve etler bu solüsyonlara daldırılarak 10 dk bekletilmiştir. Kontrol olarak kullanılacak etler ise steril saf su içine daldırılmıştır. Beklenen sürenin sonunda etler solüsyonlardan çıkarılarak kurutma kağıtlarının üzerine alınmış ve penetrasyon sağlanması ve yüzeyde filmlerin kuruması için steril inkübatör içinde 25 °C'de 60 dk kadar bekletilmiştir. Ardından örnekler steril ambalajlara alınarak vakumla paketlenmiş ve 4 °C'de 15 gün boyunca depolanmıştır. 4 grup ürün oluşmuştur: Kontrol et grubu, KF ile kaplı et grubu, UYF ile kaplı et grubu ve NEF ile kaplı et grubu.



Şekil 2.5 Film ile kaplanmış et örnekleri

### 2.2.13.2 Mikrobiyolojik Analiz

Etlerin mikrobiyolojik kalitesini belirlemek için toplam mezofil bakteri (TMB) ve Psikrofil bakteri (PB) sayımları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 25 gr örnek aseptik şartlarda tartılarak üzerine %0,1'lik steril peptonlu su eklenmiş ve homojenizatör yardımı ile 3 dk boyunca homojenize edilmiştir. Daha sonra seri dilüsyonlar hazırlanarak PCA içeren besiyerlerine yayma yöntemi ile ekimler yapılmış ve TMB için 35 °C'de 24 saat, PB için 7 °C'de 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda petrilerde oluşan koloniler sayılarak log kob/g cinsinden bakteri sayıları hesaplanmıştır.

### 2.2.13.3 TBA Analizi

Etlerdeki tiyobarbutirik değerinin belirlenmesi için Tarladgis vd. tarafından uygulanan metot kullanılmıştır. Bu amaçla 10 gr örnek 50 mL distile su ile homojenize edilmiş ve Kjeldahl tüpüne aktarılmıştır. zerine 47.5 mL su eklenmiş ve pH değeri HCl ile 1,5 olarak ayarlanmıştır. Karışım distile edilerek elde edilen distilattan 5 mL alınıp 5 mL TBA reaktifi ile karıştırılmıştır. Karışım 35 dk kaynatılmıştır. Daha sonra soğutulularak 532 nm'de absorbansları ölçülmüştür. Sonuçlar mg/MDA/kg olarak hesaplanmıştır. (Tarladgis vd. 1960)

### 2.2.13.4 Duyusal Analiz

Et rnekleri 15 günlük depolama boyunca 0, 5, 10 ve 15. günlerde 10 panelist tarafından renk, koku, tekstür ve genel beğeni üzerinden değerlendirilmiş ve 5 puan üzerinden puanlandırılmıştır.



şekil 2.6 Raf mr çalışmaları için paketlenmiş et rnekleri

### 2.2.13.5 Ph Analizi

Et rneklerinin depolama boyunca pH değişimini belirlemek için dijital bir pH metre (HI, Hanna, USA) kullanılmıştır. Bu amaçla 10 gr örnek 90 mL distile su ile homojenize edilmiş ve pH değerleri ölçülmüştür.

### **2.2.13.6 Renk Analizi**

Etlerin depolama boyunca optik özelliklerindeki değişim, Bölüm 2.2.9’da belirtilen metoda göre belirlenmiştir.

### **2.2.14 İstatistiksel Analiz**

İstatiksel analiz İMB SPSS 25 programı kullanılarak yapılmıştır. ANOVA ve Tukey testi ile %95 anlamlılık düzeyinde hesaplamalar yapılmıştır. Analizler 3 paralel olarak gerçekleştirilmiştir.



### 3.1 Nem

Nem miktarı, yenilebilir filmlerde fiziksel, mekanik, bariyer özelliklerini önemli derecede etkileyen bir parametredir. Bu çalışmada, soğuk pres keten yağı yan ürününden elde edilen gam (KG) kullanılarak üretilen kontrol filminin ve alil izotiyosiyanat uçucu yağ ve nanoemülsiyon formlarında entegre edilmiş antimikrobiyal filmlerin nem içerikleri Tablo 1'de listelendiği gibi %5,72 ile %7,19 arasında değişmektedir. Filme alil izotiyosiyanat serbest formda eklenmesi nem seviyesinde önemli ( $P > 0.05$ ) bir azalmaya neden olmamıştır. Öte yandan, nanoemülsiyon formunda ilave edilmesi, nem içeriğinde önemli bir düşüşe sebep olmuştur ( $P < 0.05$ ). Film numunelerine eklenen gliserol, filmin nem içeriğini muhafaza edebilmesine katkıda bulunmuştur. (Enrione vd., 2007). Filmlerin nem miktarındaki farklılıklar, hidrofilik özellikteki değişimden dolayı oluşmakta ve bu filmlerin su geçirgenliklerini etkileyebilmektedir. (Amandeep Singh Bisht vd. 2017) nem seviyesinin, daha uzun kurutma sürelerinin pürüzlü bir film yüzeyi ile sonuçlandığı kurutma koşullarından da etkilenebileceğini bildirmiştir.

### 3.2 Kalınlık

Filmlerin bariyer ve mekanik özellikleri aynı zamanda opaklık ve rengi üzerinde önemli bir etkende filmlerin kalınlığıdır. Antimikrobiyal yenilebilir filmlerin ve kontrol filmin kalınlığı Tablo 1'de gösterilmiştir. Filmlerin kalınlıkları 0.11-0.17 mm arasındadır. Kontrol film daha yüksek kalınlığa sahiptir. (Abougoch vd. 2011) göre film kalınlığı filmin doğasına ve bileşimine bağlıdır. Ayrıca, filmlerin son kalınlığı hazırlanış metotlarına ve kurutma şekillerinden önemli ölçüde etkilenmiştir. (Sabina vd. 2013).

### 3.3 Renk

Renk, tüketiciler açısından tercih edilebilirliği etkileyen önemli parametredir. Filmlerin renk değerleri Tablo 3'te gösterilmektedir. Kontrol numunesi ve nanoemülsiyon formda hazırlanmış film en yüksek ( $P < 0.05$ )  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerine sahiptir. Filmlerin  $L^*$  değerlerinin artması, renklerinin beyaza yaklaşması ve dolayısıyla filmin renginin daha net olması anlamına gelmektedir.

**Tablo 3.1** Filmlerin nem, kalınlık ve renk değerleri

	Nem (%)	Kalınlık (mm)	Renk Parametreleri		
			$L^*$	$a^*$	$b^*$
Kontrol-F	5.72±0.96	0.17±0.01	70.76±0.83	4.90±0.41	17.90±0.85
UY-F	7.19±1.03	0.15±0.02	70.38±1.04	4.88±0.25	18.32±0.77
NE-F	3.45±0.57	0.11±0.00	70.76±0.83	4.90±0.41	17.90±0.85

### 3.4 Mekanik Özellikler

Gıdaların işleme, depolanma sırasında zarar görmemesi için kaplandıkları filmin belli bir mekanik dayanıma ve esnekliğe sahip olması gerekir. (Falguera vd. 2011). Gerilme mukavemeti, filmin dayanabileceği maksimum çekme gerilimini belirtir ve kopma uzama değeri, bir test numunesinin kırılmadan önceki uzunluğundaki maksimum değişikliğidir. Filmlerin çekme mukavemeti ve kopma uzaması Tablo 4'te verilmiştir. Alil izotiyosiyanat serbest veya nanoemülsiyon formunun varlığı filmlerin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemiştir ( $P < 0.05$ ). NE-F filmi en yüksek gerilme mukavemetine (0.69 MPa) sahiptir, bunu kontrol filmi (0.60 MPa) ve UY-F (0.47 MPa) izlemiştir. Ayrıca NE-F filmi en yüksek kopma uzama değerine (%51,08) sahipken UY-F ve kontrol filmi yakın kopma uzama değerlerine (sırasıyla %38,22 ve %33,89) sahiptir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde NE-F

filmleri, gıda işleme ve depolama koşullarına karşı yüksek direnç göstermesi sebebiyle uygun bir ambalaj malzemesi olabileceğini göstermiştir.

**Tablo 3.2** Filmlerin mekanik özellikleri

Film	Gerilme Mukavemeti (MPa)	Kopma Uzama Değerleri (%)
Kontrol-F	0.60±0.03	33.89±2.18
UY-F	0.47±0.03	38.22±3.77
NE-F	0.69±0.08	51.08±4.57

### 3.5 Bariyer Özellikleri

Polimerik filmlerden farklı gazların geçirgenliği ve difüzyonu, polimerin türü, filmin fiziksel özellikleri (kristal veya amorf), film kalınlığı ve dolgu malzemelerinin varlığı gibi bir dizi faktörden ve ayrıca sıcaklık ve bağıl nem gibi dış faktörlerden etkilenmektedir. (Akman vd. 2021). Tablo 4'te gösterildiği gibi, filmlere alil izotiyosiyanat eklenmesiyle SBG azalmıştır. SBG genellikle filmin hidrofilik kısmı boyunca meydana gelir ve bu nedenle filmin bileşenlerinin hidrofilik/hidrofobik oranına bağlıdır. Ek olarak, SBG'deki artış, test edilen tüm plastikleştiricilerin hidrofiliği ile ilgili olabilmektedir. Plastikleştiricilerin varlığının hidrokolloid bazlı bir filmdeki polar kalıntıların konsantrasyonunu ve dolayısıyla suyun çözünürlüğünü arttırdığı iyi bilinmektedir. (Bourtoom, 2008; Kavooosi vd. 2014; Rojas-Grau vd. 2006). Film kalınlığı, su hassasiyeti ve kristallik gibi birçok faktör film SBG'sini etkileyebilir. Jouki vd. (2013)'ye göre, yüksek kristalli polimerler, düzenli yapıları nedeniyle genellikle daha az geçirgendir ve bir gazın yarı kristalli bir polimere kütle transferi esas olarak amorf fazın bir fonksiyonudur. Yağın kimyasal yapısı, yenilebilir filmlerin bariyer özelliklerinde önemli bir rol oynar (Rojas-Grau, 2006).

Filmlerin oksijen geçirgenliği, Tablo 4'te peroksit değeri (PV) olarak ifade edilmiştir. Görüldüğü gibi, filmlerin PV'si, blank (78.28 meq/kg) ile

karşılaştırıldığında 57.11 meq/kg ile 70.75 meq/kg arasında değişmektedir. Filmlere nanoenkapsüle alil izotiyosiyanat eklenmesi, PV'de önemli bir azalmaya neden olurken, uçucu yağ alil izotiyosiyanat ilavesi, kontrol filmine kıyasla önemli bir fark yaratmamıştır.

**Tablo 3.3** Filmlerin su buharı geçirgenlik (SBG) değerleri ve filmlerle korunan ayçiçek yağının peroksit değeri (PD)

Film	SBG ( $\text{g mm h}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ kPa}^{-1}$ )	PD (meq/kg)
Blank	-	$78.28 \pm 3.43$
Kontrol-F	$1.981 \pm 0.014$	$70.75 \pm 4.13$
UY-F	$1.246 \pm 0.027$	$67.00 \pm 4.03$
NE-F	$1.467 \pm 0.073$	$57.11 \pm 8.14$

### 3.6 Filmlerin Antimikrobiyal Aktivitesi

Filmlerin çeşitli patojenler üzerindeki antimikrobiyal etkisi Tablo 6'da verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi, kontrol film örneği test patojenleri üzerinde hiçbir etki göstermezken uçucu yağ (UYF) ve uçucu yağ emülsiyonu (NEF) içeren filmler yaklaşık %49 ila %87 aralığında değişen oranlarda etki göstermiştir. Bu sonuçlar UYF ve NEF örneklerinin hem gram (+) hem de gram (-) patojen bakteriler üzerinde güçlü bir inhibe edici etkilerinin olduğunu desteklemektedir. Bu tarz yağların sahip olduğu antimikrobiyal etkinin monoterpenlerden, fenolik bileşiklerden ve organosülfürlü bileşiklerden kaynaklandığı çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Hay vd., 2018; Wattananawinrat vd., 2014). Kasemsan Wattananawinrat vd (2014), bu biyoaktif bileşenlerin, mikroorganizmalardaki hücresel bütünlüğü bozduğunu ve böylece solunum süreçlerini ve iyon taşınımını inhibe ettiğini ifade etmiştir. Birçok çalışma, yağların antimikrobiyal aktivitesinin, bakteri hücre zarı ve mitokondri lipidlerini bölmelerine, hücre yapılarını bozmalarına ve zarın distraksiyonundan sonra onları daha geçirgen hale getirmelerine izin veren hidrofobikliğine ve bileşenlerine atfedebileceğini

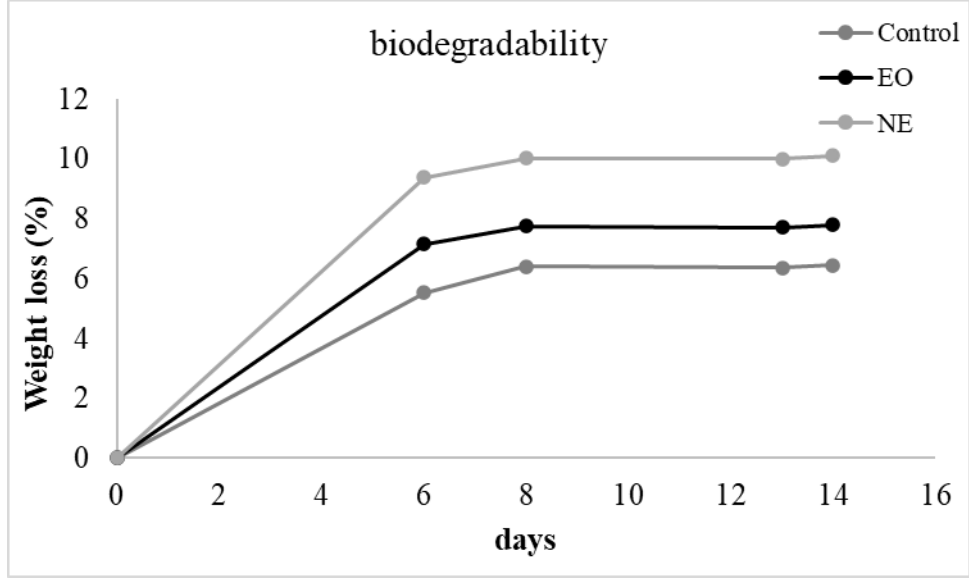
göstermiştir. Antimikrobiyal aktivite sadece uçucu yağların kimyasal bileşimine değil, aynı zamanda lipofilik özelliklerine ve fonksiyonel grupların potansiyeline veya sudaki çözünürlüğüne de bağlıdır. (Jouki vd. 2014; Oulkheir vd. 2017).

**Tablo 3.4** Filmlerin antimikrobiyal özellikleri

<b>Bakteriyel İnhibisyon (%)</b>				
	<i>S. aureus</i> ATCC 29213	<i>E. coli</i> O157:H7 ATCC 25150	<i>Salmonella</i> <i>typhimurium</i> ATCC 14028	<i>L.monocytogenes</i> ATCC 13932
<b>KF</b>	0	0	0	0
<b>UYF</b>	54.7±3.45	41.6±8.17	49.5±4.66	61.3±4.48
<b>NEF</b>	69.7±5.32	74.6±6.24	77.7±9.12	87.4±5.83

### 3.7 Biyobozunurluk

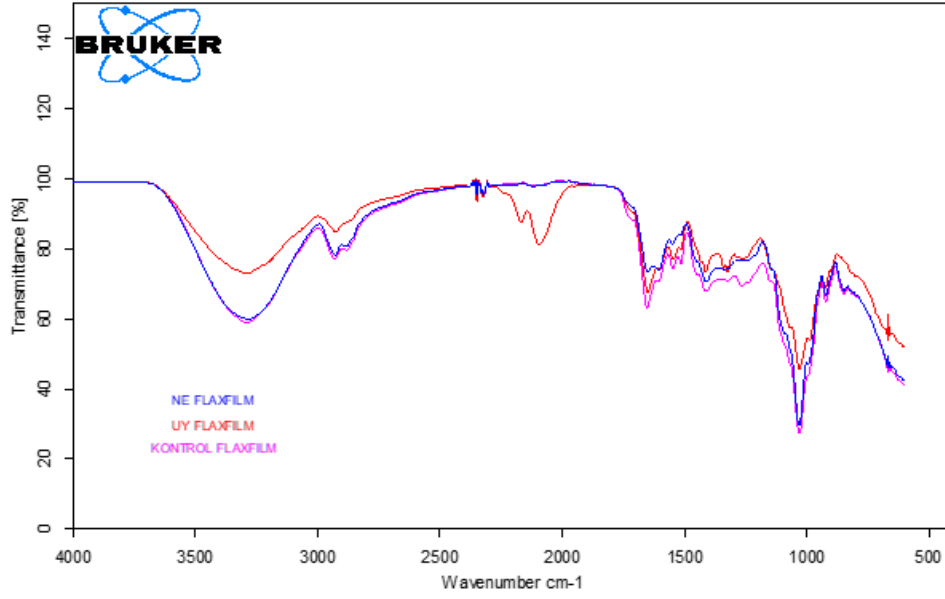
Filmlerin biyobozunurluk testi, 15 gün boyunca toprağa gömülü kalan filmlerin ağırlık kaybının % olarak ölçülmesi ile gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Şekil 7’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, bütün film örneklerinde 15 gün boyunca belirgin bir ağırlık kaybı gerçekleşmiştir. Bu durum, filmlerin belirli çevresel faktörler altında, doğada parçalanabildiğinin bir göstergesidir. Robertson vd. (2005), organik moleküllerin mikroorganizmalar tarafından tam biyokimyasal ayrışmasının, mineralizasyon veya C, N, S ve P'nin (organik bileşik içeriği) inorganik ürünlere dönüştürülmesini içeren biyobozunma olarak da adlandırıldığını belirtmektedir. Günümüzde atık yönetimi ile ilgili artan endişeler nedeniyle, film üretiminde biyobozunurluk özelliği oldukça önemli bir kalite kriteri haline gelmiştir. Bu çalışma ile benzer olarak, Jahit vd. (2016) ve Debandi vd. (2016) da gerçekleştirdikleri çalışmalarda, polisakkarit bazlı filmlerin biyolojik olarak parçalanabildiklerini göstermişlerdir.



Şekil 3.1 Biyobozunurluk değerleri

### 3.8 FTIR

Film oluşumu esnasında keten tohumu gamı ve uçucu yağ arasındaki olası kimyasal interaksyonları gözlemlemek amacıyla filmlerin FTIR profili incelenmiştir ve Şekil 8'de verilmiştir. Benzer spektrum profili sergilerken, UYF örneklerinde farklı olarak 2095 wavenumber  $\text{cm}^{-1}$  ve 2166 wavenumber  $\text{cm}^{-1}$  bantları gözlemlenmiştir. Bu bantların uçucu yağ bileşimindeki organosülfür grupları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, KF ve NEF örneklerinin benzer spektrum göstermesi, uçucu yağın nanoemülsiyon formunda gam ile oldukça homojen bir yapı oluşturduğunu işaret etmektedir. Machene vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da sodyum aljinat ve çeşitli bitkisel uçucu yağlarla elde edilen film örneklerinde benzer FTIR spektrumları elde edilmiştir.



Şekil 3.2 Filmlerin FTIR spektrumu

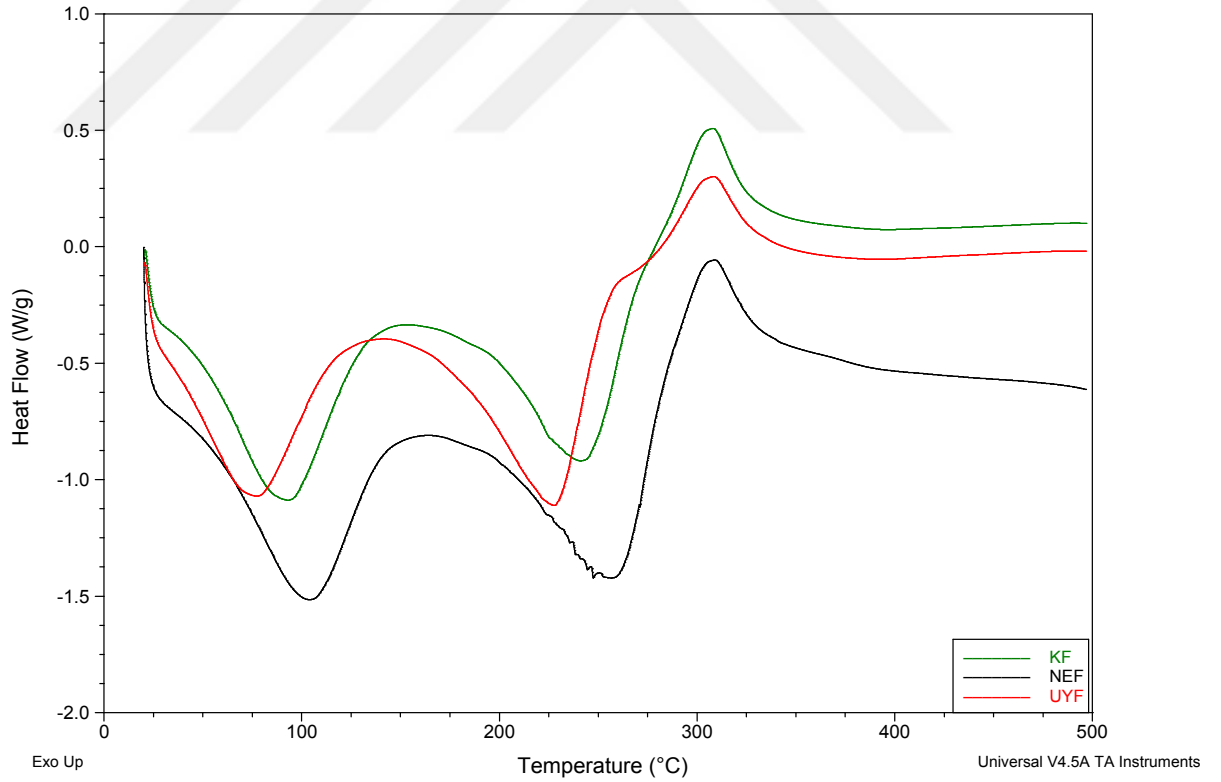
### 3.9 DSC Analizi

Filmlerin termal direncini belirlemek için sıcaklık değişimlerinin neden olduğu moleküller arası yapısal değişiklikler DSC analizi ile ölçülmüştür. Şekil 3.3'de ve Tablo 3.5'de görüldüğü gibi, KF, UYF ve NEF filmleri sırasıyla 92.89 °C, 77.33 °C ve 102.10 °C pik sıcaklık değerlerinde endotermik değişim göstermişlerdir. Genel olarak, 80 ve 100 °C arasında meydana gelen termal geçişlerdeki ısı akışı değişiklikleri, esas olarak film yapısındaki hidrofilik gruplarla bağlantılı olan su buharlaşması ile ilgilidir (Nisar vd 2018; Espitia vd 2014). Filme uçucu yağ eklenmesi, erime sıcaklık değerini düşürürken, nanoemülsiyon formda eklenmesi ise erime sıcaklık değerini yükseltmiştir. Bu durumun, uçucu yağ entegrasyonunun, polimer zincirindeki amorf ve kristalin bölgeler arasında yayılarak moleküler hareketlilik sağlamasından kaynaklı olduğu söylenebilir (Liang vd 2017). Benzer bir çalışmada, CLO uçucu yağı eklenen PLA filmlerinde endotermik sıcaklık değerinin düştüğü gözlenmiştir (Liu vd 2017). Diğer yandan, örneklerin depolimerizasyon sıcaklıkları arasında değişiklik gözlenmemiştir.

**Tablo 3.5** DSC termogram değerleri

	<b>DSC Termogram Değerleri</b>		
	$T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta H_m$ (J/g)	$T_d$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
<b>KF</b>	92.89	245.7	307.44
<b>UYF</b>	77.33	210.9	307.89
<b>NEF</b>	102.10	277.4	307.89

$T_m$  erime sıcaklığını,  $\Delta H_m$  entalpi değerini,  $T_d$  depolimerizasyon sıcaklığını ifade etmektedir.



**Şekil 3.3** Filmlerin DSC sonuçları

### 3.10 Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et Örneklerinin Mikrobiyal Değişimi

Depolama başlangıcında en yüksek TMB sayısı film içermeyen kontrol et ve sadece gamdan oluşan film içeren et grubunda 4-5 log kob/g oranında tespit edilmiştir. UYF ve NEF ile kaplı et gruplarında ise TMB sayısında önemli bir azalma olmuştur. Depolamanın sonuna doğru kontrol et ve KF kaplı et grubunda TMB değeri tüketim açısından kabul edilebilir sınır değerine ulaşmışken, UYF ve NEF et gruplarında TMB sayısında önemli bir artış olmamıştır. Ayrıca depolama boyunca en düşük TMB sayısı NEF et grubunda gözlenmiştir. Bunun sebebinin, nanoemülsiyon oluşumu sayesinde uçucu yağ stabilitesinin ve kalıcılığının artması olduğu düşünülmektedir. Benzer bir çalışmada, sodyum aljinat ve keten tohumu gamına karvakrol uçucu yağı ilave edilerek hazırlanmış filmlerle kaplanan balık filetoları depolanmış ve depolamanın sonucunda, karvakrol içeren filmlerle kaplı filetolarda TMB sayısının oldukça düşük, kontrol grubunda ise oldukça yüksek (yaklaşık 7-8 log kob/g) olduğu tespit edilmiştir (Fang vd. 2019).

**Tablo 3.6** Etlerde depolama boyunca toplam mezofil bakteri (TMB) sayısı değişimi

	0. Gün	5. Gün	10. Gün	15. Gün
Kontrol et	4.95±0.14	5.32±0.17	6.98±0.25	8.15±0.18
KF-Et	4.73±0.25	5.41±0.07	6.77±0.33	7.65±0.09
UYF-Et	2.57±0.18	3.14±0.03	3.85±0.46	4.68±0.17
NEF-Et	3.24±0.15	3.37±0.09	3.65±0.12	3.71±0.20

Benzer şekilde, depolama boyunca kontrol et ve KF kaplı et gruplarında TPB sayısı UYF et ve NEF et grubuna kıyasla önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Aynı zamanda, bakteri sayısındaki artış yine bu iki grupta daha hızlı gerçekleşmiştir. Uçucu yağın antimikrobiyal etkisi sayesinde, UYF et ve NEF et gruplarında depolama boyunca TPB sayısı artış hızı neredeyse sabit kalmıştır. Benzer bir

çalışmada, antimikrobiyal posbiyotik içeren kitosan filmi ile kaplanan tavuk filetoları vakum ambalaj şeklinde depolanmış ve depolama boyunca kontrol örneklerde TPB sayısında hızlı bir artış görülürken, postbiyotik içeren örneklerde TPB sayısında önemli düzeyde bir artış görülmemiştir (İncili vd. 2021).

**Tablo 3.7** Eterde depolama boyunca toplam psikrofil bakteri (TPB) sayısı değişimi

	0. Gün	5. gün	10. gün	15. gün
Kontrol et	4.12±0.17	4.64±0.05	5.27±0.08	6.81±0.33
KF-Et	4.26±0.09	4.73±0.17	5.45±0.33	6.99±0.20
UYF-Et	2.42±0.04	2.55±0.09	2.71±0.15	2.84±0.28
NEF-Et	2.30±0.47	2.35±0.12	2.44±0.05	2.51±0.33

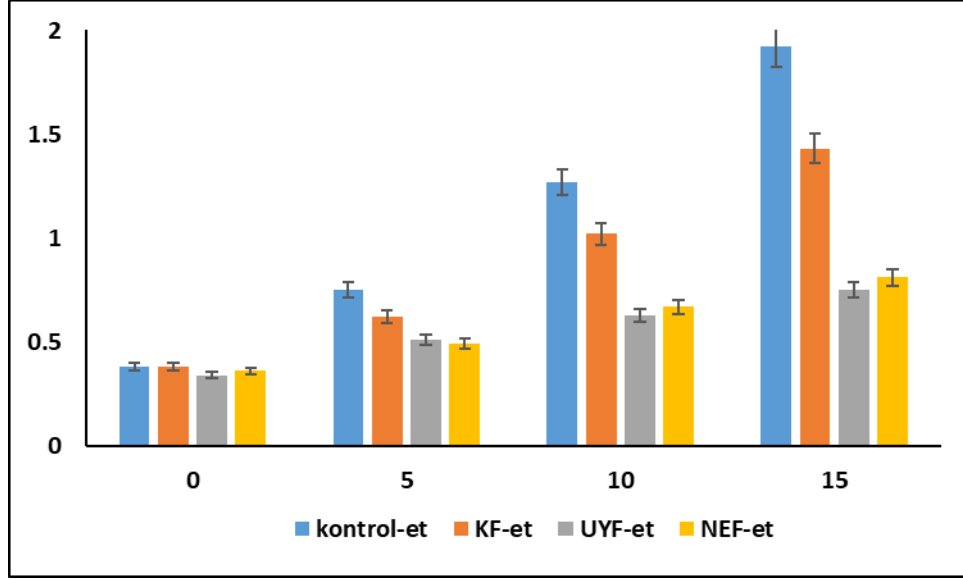
Diğer taraftan depolamanın başlangıcında toplam koliform miktarı kontrol et ve KF et gruplarında 2 log kob/g civarında tespit edilirken, UYF ve NEF et gruplarında <1 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Bu durum, uçucu yağın koliform bakteriler üzerinde yüksek bir inhibe edici etkisinin olduğunu göstermektedir. Depolama sonunda kontrol et ve KF et gruplarında koliform bakteri sayılarında artış görülürken, UYF ve NEF et gruplarında artış görülmemiştir.

**Tablo 3.8** Etlerde depolama boyunca toplam koliform bakteri (TCB) sayısı değişimi

	0. Gün	5. gün	10. gün	15. gün
Kontrol et	2.19±0.07	2.45±0.33	2.73±0.28	3.82±0.15
KF-Et	2.15±0.09	2.57±0.12	2.69±0.07	3.85±0.05
UYF-Et	<1	<1	<1	<1
NEF-Et	<1	<1	<1	<1

### 3.11 Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et rneklerinin TBA Değişimi

Tiyobarbutirik (TBA) değeri, hayvansal yağ bulunan gıda ürünlerinde lipit oksidasyonunun tespit edilmesinde kullanılan bir parametredir. İyi kalitedeki bir ette TBA sayısı 3 mg MA/kg'den düşük olmalıdır (Klebanov vd. 1998). Şekil 9'da grldği gibi, bütün örneklerde depolama boyunca TBA sayısı 2 mg MA/kg'nin altında kalmıştır. Vakum ambalaj ile oksijenin büyük oranda uzaklaştırılması bu durumun birincil sebebidir. Diğer yandan, kontrol et ve KF kaplı et gruplarında depolama boyunca TBA sayısında hızlı bir artış görülürken, UYF ve NEF et gruplarında bu artış daha yavaş gerçekleşmiştir. İncili vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da benzer olarak, postbiyotik kitosan filmi ile kaplı tavuk eti örneklerinde 15 günlük depolama boyunca TBA değerinin kontrol örneklere göre çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.4 Et örneklerinde depolama boyunca TBA (mg MA/kg) değişimi

### 3.12 Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et Örneklerinin Ph Değişimi

Bütün et gruplarında başlangıç pH değerleri 6-6.5 log kob/g aralığında bulunmuştur ve depolama süresince bütün örneklerde pH düşüşü gerçekleşmiştir. Eker (2017) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, köftelik kıyma jelatin ve kekik uçucu yağı içeren filmlerle kaplanmış ve soğuk depolama boyunca pH değişimi takip edilmiştir. Benzer şekilde başlangıç pH değerleri 6 olan kıyma örneklerinin depolama boyunca pH değerlerinde azalış gözlemlenmiştir. İncili vd. (2021) tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise, kitosan ve antimikrobiyal madde içeren filmlerle kaplı tavuk filetoalarının pH değişimi örnek grupları kıyaslandığında hemen hemen benzer bulunurken, bütün örneklerde 15 günlük depolama boyunca azalma gözlemlenmiştir.

**Tablo 3.9** Depolama boyunca et örneklerinde görülen pH değişimi

	0. Gün	5. gün	10. gün	15. gün
<b>Kontrol et</b>	6.09±0.08	5.94±0.01	5.82±0.01	5.69±0.05
<b>KF-Et</b>	6.08±0.03	5.98±0.01	5.72±0.07	5.67±0.03
<b>UYF-Et</b>	6.43±0.04	5.87±0.03	5.74±0.05	5.5±0.04
<b>NEF-Et</b>	6.31±0.01	5.9±0.00	5.74±0.06	5.67±0.03

### 3.13 Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et Örneklerinin Duyusal Değişimi

10 panelist tarafından 15 günlük depolama boyunca renk, koku, tekstür açısından değerlendirilen örnek gruplarının başlangıç genel beğenisi yüksek ve birbirine yakın olmuştur. Ancak depolamanın ilerleyen periyotlarında, bütün gruplardaki skorlarda azalma olmakla birlikte, kontrol et ve KF-et gruplarındaki örneklerinin renk, koku, tekstür ve genel beğeni skorları, UYF-et ve NEF-et gruplarının skorlarına kıyasla önemli ölçüde düşük bulunmuştur. Panelistler, depolama sonundaki örnekler için kontrol et ve KF-et gruplarını tüketime uygun bulmazken, UYF-et ve NEF-et gruplarındaki örneklerin halen tüketilebilir duyu özelliklerinde olduklarını belirtmişlerdir.

**Tablo 3.10** Depolama boyunca film ile kaplı et örneklerine ait duyusal skorlar

	0. gün				5. gün				10. gün				15. gün			
	K-et	KF-et	UYF-et	NEF-et	K-et	KF-et	UYF-et	NEF-et	K-et	KF-et	UYF-et	NEF-et	K-et	KF-et	UYF-et	NEF-et
<b>Renk</b>	5	5	5	5	3	3	5	5	2	2	3	3	1	1	2	2
<b>Koku</b>	5	5	3	4	3	4	3	3	1	1	2	2	1	1	2	2
<b>Tekstür</b>	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3	2	2	3	3
<b>Genel beğeni</b>	5	5	4	4	3	3	4	4	2	2	3	3	1	1	3	3

### 3.14 Depolama Boyunca Film ile Kaplı Et Örneklerinin Renk Değişimi

Tablo 3.11 Depolama boyunca film ile kaplı et örneklerinin renk değişimi

		L*	a*	b*
0.GÜN	K-et	37.85±0.61	18.37±0.42	3.77±0.52
	K-film	35.6±1.36	15.75±1.14	2.99±0.49
	UYF-et	33.29±0.94	18.39±1.06	4.17±0.49
	NEF-et	34.53±1.77	19.75±0.90	5.22±1.07
5.GÜN	K-et	36.87±0.79	13.14±3.57	3.10±0.49
	K-film	36.29±0.98	12.38±2.34	3.21±0.88
	UYF-et	32.32±0.31	20.24±0.58	7.69±0.23
	NEF-et	36.27±0.71	15.18±1.72	7.24±1.19
10.GÜN	K-et	37.74±0.55	12.08±0.52	2.96±0.89
	K-film	35.40±4.44	12.30±0.88	3.70±0.88
	UYF-et	32.10±0.57	7.24±0.75	4.81±0.21
	NEF-et	36.57±0.55	16.48±0.21	7.83±0.14
15.GÜN	K-et	36.77±2.02	11.63±1.41	2.57±2.06
	K-film	37.14±11.31	9.55±0.95	5.41±0.58
	UYF-et	33.45±1.40	13.69±0.37	8.83±0.41
	NEF-et	35.85±0.26	13.64±0.03	7.81±0.20

Depolama boyunca bütün örnek gruplarının L\* değerlerinde (parlaklık) önemli bir değişim gözlemlenmezken, a\* ve b\* değerlerinde istatistiksel olarak önemli değişimler olmuştur. Bütün örneklerin a\* (kırmızı-yeşil) değerlerinde depolama boyunca azalma görülürken, en fazla azalma kontrol et ve KF-et gruplarında olmuştur. Bu durum kontrol et ve KF-et gruplarındaki etlerin kırmızı renk azalmasının, UYF-et ve NEF-et gruplarındaki örneklere kıyasla daha fazla olduğunun, başka bir deyişle mikrobiyal veya fizikokimyasal değişime daha hızlı maruz kaldığının bir göstergesidir. Diğer yandan, kontrol et gruplarının b\* (sarı-yeşil) değerlerinde depolama süresince azalma görülürken, diğer gruplarda ise b\* değerlerinde artış görülmüştür. Bu durumun, film kaplı örneklerde, film bileşenleri ve et bileşenleri arasındaki interaksiyondan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışma soğuk pres keten tohumu yağı yan ürünün gıdaların kalite özelliklerini geliştirebilecek ve raf ömrünü uzatabilecek aktif antimikrobiyal yenilebilir film üretiminde değerlendirilebilecek bir alternatif olduğunu göstermektedir. Çalışma kapsamında antimikrobiyal özellik kazandırma amaçlı alil izotiyosiyonat kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre alil izotiyosiyonat filmlere direkt olarak veya nanoemülsiyon yöntemiyle eklenebilir. Yapılan analizler sonucunda geliştirilen 3 farklı film karakterize edildiğinde ise en iyi mekanik, fizikokimyasal, biyobozunurluk, bariyer ve termal özelliklerin nanoemülsiyon formda ilave edilen filmde olduğu görülmüştür. Filmlerin antimikrobiyal etkisine bakıldığında ise patojen bakteriler dahil olmak üzere birçok mikroorganizma üzerinde güçlü bir inhibe edici etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca geliştirilen bu antimikrobiyal filmlerin kırmızı et örneklerinde raf ömrüne önemli bir katkı sağladığından bu ürün grubunda alternatif bir ambalaj materyali olarak kullanılabilmesi çıkarımı yapılmıştır. Geliştirilen 3 film arasında nanoemülsiyon formunda ilave edilen uçucu yağ filminin kırmızı etin kalite özelliklerini daha uzun süre koruduğu yapılan kalite analizleri ve duyu analizleriyle doğrulanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarından keten tohumu yağı yan ürününde önemli miktarda bulunan gamların yenilebilir film üretiminde kullanılabilmesi ve bu filmlere alil izotiyosiyonat entegre edilerek antimikrobiyal özellik kazandırılabilmesi sonucuna varılmıştır.

A. Singh Bisht, M. Shafiq Alam, S. Bhata, S. Gupa, (2017). Studies on development and evaluation of glycerol incorporated cellulose and alginate based edible films – Indian, *J Agric Biochem* 30 (1) 67–72.

A.I. Bourbon, A.C. Pinheiro, M.A. Cerqueira, C.M.R. Rocha, M.C. Avides, M.A.C. Quintas, A.A. Vicente, (2011). Physico-chemical characterization of chitosan-based edible films incorporating bioactive compounds of different molecular weight, *J. Food Eng.* 106 111–118.

Fang Z, Zhao y., Warner R., Johnson S., (2017). Active and intelligent packaging in meat industry. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 60-71.

Ahmed, I., Lin, H., Zou, L., Brody, A.L., Li, Z., Qazi, I. M., Pavasea, T.R., Lv, L. (2017). A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. *Food Control*, 82, 163-178.

Akman PK., Bozkurt F., Doğan K., Tornuk F., Tamtürk F., (2021). Fabrication and characterization of probiotic *Lactobacillus plantarum* loaded sodium alginate edible films. *Journal of Food Measurement and Characterization* 15:84–92

Akman, P. K., Bozkurt, F., Dogan, K., Tornuk, F., & Tamturk, F. (2021). Fabrication and characterization of probiotic *Lactobacillus plantarum* loaded sodium alginate edible films. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(1), 84-92.

Alvarez, V.B, Pascall, M.A., (2011). “Packaging”, The Ohio State University, Columbus, OH

ANON (2012). Tgk, Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeler Yönetmeliği. Ek 13- İzin verilen diğer gıda katkı maddeler. Türk Gıda Kodeksi. RG Tarih: 29.12.2011 Sayı: 28157

B.G.Tarladgis, B.M.Watts, M.T., (1960) Younathan Jr.,L.Dugan,A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods, J. Am. Oil Chem. Soc. 37 (1) 44–48.

Baldwin E. A., Nisperos-Carnedo M. O., Baker R. A., (1995). Use of edible coatings to preserve quality of lightly and slightly processed products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35 (6): 509-524.

Baldwin, E.A. (1994). Edible Coatings for fresh fruits and vegetables: past, present and future, In: *Edible Coatings and films to Improve Food Quality*, 25-64.

Brody, A.L., Bugusu, B., Han, J.H., Sand, C.K. and Mchugh, T.H. (2008). Innovative Food Packaging Solutions. *Journal Of Food Science*, 73, 8.

Cutter, C.N., (2006). Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. *Meat Science* 74(1): 131-142.

Çağrı-Mehmetoğlu A., (2010). Yenilebilir Filmlerin ve Kaplamaların Özelliklerini Etkileyen Faktörler,). *Akademik Gıda* 8(5)37-43 Derleme Makale / Review Paper

Çelikel A., Akın B.M., (2017). Yenilebilir Filmler ve Peynir Teknolojisinde Kullanımı. *Batman University Journal of Life Sciences* Cilt 7 Sayı 2/2.

D. Khodaei, Z. Hamidi-Esfahani, M. Lacroix, (2020). Gelatin and low methoxyl pectin films containing probiotics: film characterization and cell viability. *Food Biosci.* 36, 100660.

Debandi, M. V., Bernal, C. R., & Francois, N. (2016). Development of biodegradable films based on chitosan/glycerol blends suitable for biomedical applications.

Dursun S., Erkan N., (2009). Yenilebilir Protein Filmler ve Su Ürünlerinde Kullanımı. *Journal Of Fisheriesciences.Com*, Issn 1307-234 Derleme Makale.

Eker, B. (2017). Tekirdağ Köftesinin Farklı Oranlarda Jelatin, Gliserol ve Kekik Ekstraktı İçeren Çözelti ile Kaplanması'nın Raf Ömrüne Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.

Embuena A. I. C., Náchter M. C., Boix A. C., Pons M. P. M., Llopis M. B., Martínez, M. C. B. and Martínez C. G. (2016). Quality of Goats Milk Cheese as Affected by Coating with Edible Chitosan Essential Oil Films. *International Journal of Dairy Technology*, 69,1-9

Espitia, P.J.P.; Avena-Bustillos, R.J.; Du, W.X.; Teófilo, R.F.; Soares, N.F.F.; McHugh, T.H. (2014). Optimal antimicrobial formulation and physical-mechanical properties of edible films based on açai and pectin for food preservation. *Food Packag. Shelf Life*, 2, 38–49.

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.

Fang, S., Zhou, Q., Hu, Y., Liu, F., Mei, J., & Xie, J. (2019). Antimicrobial carvacrol incorporated in flaxseed gum-sodium alginate active films to improve the quality attributes of Chinese sea bass (*Lateolabrax maculatus*) during cold storage. *Molecules*, 24(18), 3292.

Fu, L., Wang, A., Zhang, H., Zhou, Q., Chen, F., Su, W., Yu, A., Ji, Z., Liu, Q. (2019). Analysis of chicken breast meat freshness with an electrochemical approach. *J. Electroanal. Chem* (855): 113622.

G. Kavooosi, A. Rahmatollahi, S. Mohammad Mahdi Dadfar, A. Mohammadi Purfard, (2014). Effects of essential oil on the water binding capacity, physicomechanical properties, antioxidant and antibacterial activity of gelatin films, *LWT Food Sci. Technol*, 556–561.

G. Sabina, Andrzej Lenart, (2013). Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. *Journal of Food Engineering* 115, 459–465.

Gennadios, A., Hana, M. A., Kurth, L. B., (1997). Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 30: 337-350. doi: 10.1006/fstl.1996.0202.

Gennadios, A., Milford, A.H., Lyndon, B.K., (1997). Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. *LWT- Food Science and Technology* 30(4): 337-350.

Goudjil, M. B., Ladjel, S., Bencheikh, S. E., Hammoya, F., Bensaci, M. B., Zighmi, S., & Mehani, M. (2016). Bioactivity of Artemisia Herba alba essential oil against plant pathogenic fungi. *Der Pharma Chemica*, 8(3), 46-52.

Güler, Ç.; Çobanoğlu Z., (1997), Plastikler, 1.baskı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Ankara.

Gülseren, M., (2019). Çeşitli. Bitkisel soğuk press atıklarının endüstriyel kek üretiminde kullanılması. Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.

Hay, Y. O., Abril-Sierra, M. A., Sequeda-Castañeda, L. G., Bonnafous, C., & Raynaud, C. (2018). Evaluation of combinations essential oils and with evaluation of combinations essential oils and with hydrosols on antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 6(3), 216-230.

İncili GK., Karatepe P., Akgöl M., Kaya B., Kanmaz H., HayaloğluAA., (2021). Characterization of *Pediococcus acidilactici* postbiotic and impact of postbiotic-fortified chitosan coating on the microbial and chemical quality of chicken breast fillets. *International Journal of Biological Macromolecules* 184, 429–437.

İncili, G. K., Karatepe, P., Akgöl, M., Kaya, B., Kanmaz, H., & Hayaloğlu, A. A. (2021). Characterization of *Pediococcus acidilactici* postbiotic and impact of postbiotic-fortified chitosan coating on the microbial and chemical quality of chicken breast fillets. *International Journal of Biological Macromolecules*, 184, 429-437.

J.I. Enrione, S.E. Hill, J.R. Mitchell, (2007). Sorption behavior of mixtures of glycerol and starch. *J. Agric. Food Chem.* 55(8), 2956– 2963.

J.W. Rhim, S.I. Hong, H.M. Park, P.K. Ng, (2006). Preparation and characterization of chitosan-based nanocomposite films with antimicrobial activity, *J. Agric. Food Chem.* (16)5814–5822.

Jahit, I. S., Nazmi, N. N. M., Bin, T. D. M. I. N., Isa, M., & Sarbon, N. M. (2016). Preparation and physical properties of gelatin/CMC/chitosan composite films as affected by drying temperature. *International Food Research Journal*.

Jia, S., Li, Y., Zhuang, S., Sun, X., Zhang, L., Shi, J., Hong, H., Luo, Y. (2019). Biochemical changes induced by dominant bacteria in chill-stored silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and GC-IMS identification of volatile organic compounds. *Food Microbiol Dec.* (84): 103248. doi: 10.1016/j.fm.2019.103248.

Jouki, M., Mortazavi, S. A., Yazdi, F. T., & Koocheki, A. (2014). Characterization of antioxidant–antibacterial quince seed mucilage films containing thyme essential oil. *Carbohydrate polymers*, 99, 537-546.

Karakuş E., Ayhan Z., (2019). Gıda Atıklarından Çevre Dostu Biyobozunur Ambalaj Malzemesi Üretimi, GIDA E-ISSN 1309-6273, ISSN 1300-3070 Derleme / Review

Kayaardı S., Söbeli C., Uyarcan M., Uyanık B., (2016). Yenilebilir Ambalajlar, Researchgate.

Kayan, A. (2018). Çevre Sorunlarına Eğitimle Farkındalık Oluşturma. *J. Awareness (JoA)*, 3(Special), 481-496.

Keles, F. (2002). Gıda Ambalajlama İlkeleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:189, Erzurum

Kerry C. Huber Milda Embuscado, (2009). Edible Films and Coatings for Food Applications/January, DOI: 10.1007/978-0-387-92824-1

Keskin, B., Altay, B.N., Akyol, M., Meral, G., Uyar, O. (2018). Global Packaging Trends. 6. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu 01-03 Kasım, İstanbul Türkiye, 483-503.

Klebanov GI, Kapitanov AB, Teselkin YO, Babenkova IV, Zhambalova BA, Lyubitsky OB, Nesterova OA, Vasil'eva OV, Popov IN, Lewin G and Vladimirov YA (1998). The Antioxidant Properties of Lycopene. *Membr. Cell Biol.*12, 287-300

Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M. (2002). *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, CRC Press LLC, 383 p.

Kuswandi, B., Nurfawaidi, A. (2017). On-package dual sensors label based on pH indicators for real-time monitoring of beef freshness. *Food Control* (82): 91-100.

L.E. Abugoch, C. Tapia, M.C. Villamán, M. Yazdani-Pedram, M. Díaz-Dosque, (2011). Characterization of quinoa proteinechitosan blend edible films, *Food Hydrocoll.*, 25, 879–886.

Liang, S.; Liao, W.; Ma, X.; Li, X.; Wang, Y. (2012). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidative preparation, characterization and antiradical activity of a novel oligosaccharide derived from flaxseed gum. *Food Chem.*, 230, 135–144.

Liu, Y.; Wang, S.; Lan, W.; Qin, W., (2019). Development of ultrasound treated polyvinyl alcohol/tea polyphenol composite films and their physicochemical properties. *Ultrason. Sonochem.*, 51, 386–394.

M. Jouki, S.A. Mortazavi, F.T. Yazdi, A. Koocheki, (2013). Characterization of antioxidant-antibacterial quince seed mucilage films containing thyme essential oil, *Carbohydr. Polym.* <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.08.077>.

M.A. Rojas-Grau, R.J. Avena-Bustillos, M. Friedman, P. r Henika, O. Martián-Belloso, T.H. Mchugh, (2006). Mechanical, barrier, and antimicrobial properties of apple puree edible films containing plant essential oils, *J. Agric. Food Chem.* 54 9262–9267.

M.S.R. Rajoka, H. Zhao, H.M. Mehwish, N. Li, Y. Lu, Z. Lian, D. Shao, M. Jin, Q. Li, L. Zhao, J. Shi, (2019). Anti-tumor potential of cell free culture supernatant of *Lactobacillus rhamnosus* strains isolated from human breast milk, *Food Res. Int.* 123 286–297.

Mahcene Z., Khelil A., Hasni S., Akman PK., Birech K., Goudjil MB., Tornük F., (2020). Development and characterization of sodium alginate based active edible films incorporated with essential oils of some medicinal plants. *International Journal of Biological Macromolecules* Volume 145, 15 February 2020, Pages 124-132

Mahcene Z., Khelil A., Hasni S., Bozkurt F., Goudjil MB., Tornük F., (2021). Home-made cheese preservation using sodium alginate based on edible film incorporating essential oils, *Journal of Food Science and Technology*, volume 58, pages 2406–2419.

McHugh, T.H., (2000). Protein lipid interactions in edible films and coatings. *Nanrung* 44(3): 148-151.

McHugh, T.H., Aujard, J.F., Krochta, J.M., (1994). Plasticized whey protein edible films: water vapor permeability properties. *J Food Sci* 59: 416- 419,423.

McMillin, K.W. (2017). Advancements in meat packa- ging. *Meat science*, 132, 153-162.

Nisar, T.; Wang, Z.C.; Yang, X.; Tian, Y.; Iqbal, M.; Guo, Y. (2018). Characterization of citrus pectin films integrated with clove bud essential oil:

Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. *Int. J. Biol. Macromol.*, 106, 670–680.

Nurul Fazita, M.R., Jayaraman, K., Bhattacharyya, D., Mohamad Haafiz, M.K., Saurabh, C.K., Hussin, M.H. and HPS, A. K. (2016). Green composites made of bamboo fabric and poly (lactic) acid for packaging applications a review *Materials*, 9(6): 435.

Oulkheir, S., Aghrouch, M., El Mourabit, F., Dalha, F., Graich, H., Amouch, F., ... & Chadli, S. (2017). Antibacterial activity of essential oils extracts from cinnamon, thyme, clove and geranium against a gram negative and gram positive pathogenic bacteria. *Journal of diseases and medicinal plants*, 3(2-1), 1-5.

Pacquit, A., Lau, K. T., McLaughlin, H., Frisby, J., Quilty, B., & Diamond, D. (2006). Development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage. *Talanta*, 69(2): 515-520.

Pena-Serna C., Penna A, L. B., and Filho J. F. L. (2016). Zein-Based Blend Coatings: Impact on The Quality of a Model Cheese of Short Ripening Period. *Journal of Food Engineering*, 171, 208-213.

Robertson, G. L. (2005). *Food packaging: principles and practice*. CRC press.

Robertson, G.L., (2013). *Food Packaging: Principle and Practice*. Third Edition, CRC Press, Boca Raton, 703p.

S. Memis, F. Tornuk, F. Bozkurt, M. Zeki Durak, (2017). Production and characterization of a new biodegradable fenugreekseed gum based active nanocomposite film reinforced with nanoclays, *Int. J. Biol. Macromol.* 103 669–675.

Sarıcaoğlu F., (2020). Yüksek Basınç Homojenizasyon İşlemi Uygulanmış Fındık Proteinlerinden Üretilen Yenilebilir Filmlerin Mekanik ve Bariyer Özellikleri, *The Journal Of Food* E-ISSN 1309-6273, ISSN 1300-3070 Araştırma / Research 45 (1): 115-12

Şahin N., Demir Ö., İlsay S., Doğdubay M, (2017). Biyoplastiklerin Yiyecek ve İçecek İşletmelerinde Kullanılabilirliği. Futourism /Congress, Balıkesir / TÜRKİYE

Şahin, O.I., Bayizit, A.A., (2008). Nanokompozit filmlerin gıda sanayi uygulamaları. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 21-23 Mayıs, Erzurum.

Tawakkal, I.S., Cran, M.J., Miltz, J., Bigger, S.W. (2014). A review of poly (lactic acid) -based materials for antimicrobial packaging. *Journal of Food Science*, 79(8), R1477-R1490.

Thawien Bourtoom, (2008). Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan, *Songklanakarın J. Sci. Technol.* 30 (Suppl.1) 149–165.

Thawien Bourtoom, (2008). Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan, *Songklanakarın J. Sci. Technol.* 30 (Suppl.1) 149–165.

Tural S., Sarıcaoğlu F.,Turhan S.,(2017). Yenilebilir Film ve Kaplamalar: Üretimleri, Uygulama Yöntemleri, Fonksiyonları ve Kaslı Gıdalarda Kullanımları, *Akademik Gıda* 15(1) 84-94

Üçüncü M., (2007). Gıdaların Ambalajlanması. Ege Üniversitesi Basımevi, 896

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.

V. Falguera, J.P. Quintero, A. Jiménez, J.A. Muñoz, A. Ibarz, (2011). Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends Food Sci. Technol.* 22(6), 292–303

Wang, L., Kerry, J.P. (2018). “Edible, Biodegradable Packing for Food.” *New Food Magazine*, [www.newfoodmagazine.com/article/215/edible-biodegradable-packaging-for-food.\(01.05.2018\).](http://www.newfoodmagazine.com/article/215/edible-biodegradable-packaging-for-food.(01.05.2018).)

Wattananawinrat, K., Threepopnatkul, P., & Kulsetthanchalee, C. (2014). Morphological and thermal properties of LDPE/EVA blended films and development of antimicrobial activity in food packaging film. *Energy Procedia*, 56, 1-9.

Yıldırım, S., Röcker, B., Pettersen, M. K., Nilsen-Nygård, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B., Coma, V. (2018). Active packaging applications for food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 165-199.

Yıldız P., Yangılar F., (2016). Yenilebilir Film ve Kaplamaların Gıda Endüstrisinde Kullanımı, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi BEU Journal of Science 5(1),27-35, 2016 5(1),27-35, Derleme / Review Article

Zhou, G.H., Xu, X.L., Liu, Y. (2010). Preservation Technologies for Fresh Meat. *Meat Science*, 86, 119-128.

### **Konferans Bildirileri**

Kopuz Ş., Karasu S., Akman P.K., Tekin-Çakmak Z.H., “Soğuk Press Keten Yağı Yan Ürününden Elde Edilen Gam Bazlı Aktif Yenilebilir Antimikrobiyal Filmlerin Geliştirilmesi ve Karakterizasyonu”, VII. International Battalgazi Scientific Studies Congress, 2022, pp. 785.

