

**T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**ZNO NANOPARTİKÜLLER İÇEREN KİTOSAN/AYVA ÇEKİRDEĞİ  
MÜSİLAJİ İLE HAZIRLANAN BİYONANOKOMPOZİT FİLMLEİN  
ALABALIK (ONCORHYNCHUS MYKİSS) FİLETOLARININ KİMYASAL VE  
DUYUSAL KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Levent EKİNCİ**

Yüksek Lisans Tezi

SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

İşleme Teknolojisi Bilim Dalı

ŞUBAT 2023

T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**ZNO NANOPARTİKÜLLER İÇEREN KİTOSAN/AYVA ÇEKİRDEĞİ  
MÜSİLAJİ İLE HAZIRLANAN BİYONANOKOMPOZİT FİLMLEİNİN  
ALABALIK (ONCORHYNCHUS MYKİSS) FİLETOLARININ  
KİMYASAL VE DUYUSAL KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Tez Yazarı  
**Levent EKİNCİ**

Danışman  
Prof. Dr. Özlem EMİR ÇOBAN

ŞUBAT 2023  
ELAZIĞ

**T.C.**  
**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

---

Başlığı: Zno Nanopartiküller İçeren Kitosan/Ayva Çekirdeği Müsilajı İle Hazırlanan Biyonanokompozit Filmlerin Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarının Kimyasal ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkisi

Yazarı: Levent EKİNCİ

İlk Teslim Tarihi: 30.12.2022

Savunma Tarihi: 03.02.2023

---

**TEZ ONAYI**

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Prof. Dr. Özlem EMİR ÇOBAN Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi	<i>İmza</i> Onayladım
Başkan:	Doç.Dr. Nermin KARATON KUZGUN Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi	Onayladım
Üye:	Prof. Dr. Ayşe GÜREL İNANLI Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun ...../...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

*İmza*

Prof. Dr. Burhan ERGEN  
Enstitü Müdürü

## BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “Zno Nanopartiküller İçeren Kitosan/Ayva Çekirdeği Müsilajı İle Hazırlanan Biyanokompozit Filmlerin Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarının Kimyasal ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkisi ” Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

03.02.2023

**Levent EKİNCİ**



# ÖNSÖZ

Bu bilimsel çalışmanın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Özlem EMİR ÇOBAN'a şükranlarımı sunarım.

Çalışmamın başından itibaren materyal temini ve laboratuvar analizleri için gerekli imkanları sağlayan Su Ürünleri Fakültesi Dekanlığına, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Ayşe GÜREL İNANLI'ya, tez çalışmamı SÜF.22.01 Protokol No'lu proje ile destekleyen Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) Koordinatörlüğüne teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, tez sürecimde her türlü desteği sağlayıp yardımı esirgemeyen kıymetli meslektaşım ZELAL AKAT'a değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

**Levent EKİNCİ**  
ELAZIĞ, 2023

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	ix
TABLolar LİSTESİ .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar .....	2
1.2. Yenilebilir Film ve Kaplama Oluşturma Yöntemleri .....	3
1.3. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Üretiminde Kullanılan Materyaller.....	4
1.3.1. Polisakkaritler .....	4
1.3.2. Proteinler .....	5
1.3.3. Lipitler (Yağlar) .....	8
1.3.4. Plastikleştiriciler.....	8
1.4. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Kullanıldığı Gıdalar .....	9
1.4.1. Polisakkarit Film ve Kaplamaların Gıdalarda Kullanımı .....	9
1.4.2. Protein Film ve Kaplamaların Gıdalarda Kullanımı.....	10
1.4.3. Lipit Film ve Kaplamaların Gıdalarda Kullanımı .....	10
1.5. Kitosan.....	11
1.6. Ayva Çekirdeği.....	12
1.7. Çinkooksit (ZnO).....	12
<b>2. MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>13</b>
2.1. Materyaller .....	13
2.1.1. Gökkuşuğu Alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) .....	13
2.2. Metot .....	14
2.2.1. Ayva Çekirdeği Müsilajı (AÇM) Solüsyonunun Hazırlanması.....	14
2.2.2. Kitosan Solüsyonunun Hazırlanması .....	15
2.2.3. Yenilebilir Filmlerin Hazırlanması.....	15
2.2.4. Filetoların Biyonanokompozit Filmlerle Kaplanması ve Muhafazası .....	17
2.2.5. Kimyasal Analizler.....	18
2.2.6. pH Değeri Tayini.....	18
2.2.7. Toplam Uçucu Bazik Azot Tayini (TVB-N).....	18
2.2.8. Tiyobarbitürik Asit Sayısı Tayini (TBA) .....	18
2.2.9. Peroksit Analizi .....	19
2.2.10. Duyusal Analizler.....	19
2.2.11. İstatistiksel Analizler.....	19
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>20</b>
3.1. Gökkuşuğu Alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )'nın Besin Bileşimi.....	20
3.2. Biyonanokompozit Filmlerle Kaplanan Gökkuşuğu Alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) Etinin Kimyasal Niteliklerinde Meydana Gelen Değişimler .....	21
3.2.1. pH Değeri .....	21

3.2.2. TBA.....	23
3.2.3. TVB-N Değeri.....	26
3.2.4. Peroksid Değeri (PD).....	28
3.2.5. Duyusal Analizler.....	31
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>37</b>
KAYNAKLAR.....	38
ÖZGEÇMİŞ	



## ÖZET

### Zno Nanopartiküller İçeren Kitosan/Ayva Çekirdeği Müsilajı İle Hazırlanan Biyonanokompozit Filmlerin Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarının Kimyasal ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkisi

Levent EKİNCİ

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı

Şubat 2023, Sayfa: xi + 44

Nanoteknolojik uygulamalar, gıda ambalajlarının performanslarını iyileştirmek için yeni fırsatlar sunmaktadır. Bu çalışmada, ZnO nanopartikülleri içeren kitosan/ayva çekirdeği müsilajı ile hazırlanan biyonanokompozit filmlerin alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının kimyasal ve duyusal kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada, 5 farklı deneysel grup tasarlanmıştır. Deneysel grupları kontrol grubu (C) ile birlikte kitosan (K), kitosan+ ayva çekirdeği müsilajı (K+A), kitosan +%1 ZnO-NP ve kitosan+ ayva çekirdeği müsilajı+%1 ZnO-NP ile hazırlanan filmlerle kaplanmış örnekler oluşturmuştur. Biyonanokompozit filmlerle kaplanan örneklerin, kimyasal (pH, peroksit değeri (PD), tiyobarbitürik asit (TBA) ve toplam uçucu bazik nitrojen (TVB-N) ve duyusal (renk, koku, görünüş ve genel beğeni) kaliteleri 15 günlük muhafaza süresince her 3 günde bir analiz edildi. Araştırma iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler neticesinde, örneklerin lipit oksidasyonu (TBA, PD) ve TVB-N'deki artışı, ayva çekirdeği müsilajı ve ZnO-NP'lerin dahil edilmesiyle önemli ölçüde sınırlandırılmıştır. Duyusal analizler, 4°C'de muhafaza süresince gruplar arasında koku, renk ve görünüş kriterleri bakımından önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Sonuç olarak, kitosan filme ilave edilen ayva çekirdeği müsilajı ve ZnONP'lerinin raf ömrü üzerine olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir. C grubunun raf ömrü 3 gün iken, K ve K+A filmleri ile kaplanan örneklerin 9 gün, K+%1ZnO-NP ve K+A+%1ZnO-NP ihtiva eden filmler ile kaplanan örneklerin raf ömrü ise 12 gün olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilebilir Filmler, Ayva Çekirdeği Müsilajı, Zno-Nanopartikülleri, Gökkuşaağı Alabalığı, Raf Ömrü

## ABSTRACT

---

### The Effect of Bionanocomposite Films Prepared with Chitosan/Quince Seed Mucilage Containing ZnO Nanoparticles on the Chemical and Sensory Quality of Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets

Levent EKINCI

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Fisheries and Processing Technology

February 2023, Pages: xi + 44

---

Nano technological applications offer new opportunities to improve the performance of food packaging. In this study, the effects of bionanocomposite films prepared with chitosan/ quince seed mucilage containing ZnO nanoparticles on the chemical and sensory quality of trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets were investigated. Five different experimental groups were designed. Experimental groups, together with the control group (C), formed samples coated with film prepared with chitosan (C), chitosan + quince seed mucilage (K+A), chitosan + 1% ZnO-NP and chitosan + quince seed mucilage + 1% ZnO-NP. The chemical (pH, peroxide value (PV), thiobarbituric acid (TBA) and total volatile basic nitrogen (TVB-N) and sensory (color, odor, appearance and general taste) qualities of the samples covered with bionanocomposite films were evaluated every 3 days during the 15-day storage period. The research was carried out in two replications. As a result of the analysis, the increase in lipid oxidation (TBA, PV) and TVB-N of the samples was significantly limited by the inclusion of quince seed mucilage and ZnO-NPs. Sensory analyzes revealed significant differences between groups in terms of odor, color and appearance criteria during storage at 4°C (p<0.05).

As a result, it was determined that quince seed mucilage and ZnO-NPs added to the chitosan film positively affected the shelf life. While the shelf life of group C was 3 days, the shelf life of the samples covered with K and K+A films was 9 days, and the samples covered with films containing K+1%ZnO-NP and K+A+1%ZnO-NP were determined to be 12 days.

**Keywords:** Edible Films, Quince Seed Mucilage, ZnO-Nanoparticles, Rainbow Trout, Shelf Life

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1.	Gökkuşuğu alabalığının filmlerle kaplanmak üzere hazırlanması (Orijinal resim).....	13
Şekil 2.2.	Ayva çekirdeği müsilağı (AÇM) solüsyonunun hazırlanma aşamaları (orijinal resim).....	14
Şekil 2.3.	Kitosan film .....	16
Şekil 2.4.	Üretilen biyonanokompozit filmler(Orijinal resim) .....	17
Şekil 2.5.	Yenilebilir filmler ile kaplanan çalışma grupları (Orjinal resimler) .....	17
Şekil 3.1.	Gökkuşuğu alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )’nın % besin bileşimi .....	20
Şekil 3.2.	Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) depolama süresince pH değerlerinde meydana gelen değişimler .....	22
Şekil 3.3.	Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) depolama süresince TBA değerlerinde meydana gelen değişimler.....	25
Şekil 3.4.	Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) depolama süresince TVB-N (mg N/100g) değerlerinde meydana gelen değişimler .....	27
Şekil 3.5.	Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) depolama süresince PD (milimol O <sub>2</sub> /kg) değerlerinde meydana gelen değişimler .....	30
Şekil 3.6.	Kitosan+ ayva çekirdeği müsilağı ve Kitosan+ %1ZnO-NP ile kaplanan alabalık etinin görünümü.....	32
Şekil 3.7.	Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) depolama süresince duyuşal niteliklerinde meydana gelen değişimler .....	35

## TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
<b>Tablo 3.1.</b> Biyanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) depolama süresince pH değerleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.....	22
<b>Tablo 3.2.</b> Biyanokompozit filmlerle kaplanan alabalık etinin 4°C’de muhafazası süresince tespit edilen TBA (mg MDA/kg) değerleri .....	24
<b>Tablo 3.3.</b> Biyanokompozit filmlerle kaplanan alabalık ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) etinin 4°C’de muhafazası süresince tespit edilen TVB-N (mg /100g) değerleri .....	27
<b>Tablo 3.4.</b> Biyanokompozit filmlerle kaplanan alabalık ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) etinin 4°C’de muhafazası süresince tespit edilen PD (milimol O <sub>2</sub> /kg) değerleri.....	29
<b>Tablo 3.5.</b> Üretilen biyanokompozit filmlerle kaplanan gökkuşuğu alabalığı örneklerinin duyuşal değerlendirme (renk, koku, görünüş ve genel kabul edilebilirlik) sonuçları.....	34

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

---

%	:Yüzde
°C	:Santigrat Derece
~	:Yaklaşık
>	: Büyük
<	: Küçük

### Kısaltmalar

---

---

ZnONP	: Çinkooksit Nanopartikül
K	: Kitosan
AÇM	: Ayva çekirdeği müsilajı
NP	: Nanopartikül
FDA	:Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
GRAS	: Genel olarak güvenilir zararsız kabul edilen
PD	: Peroksit Asit
TBA	: Triyobarbitürik asit
TVB-N	: Toplam uçucu bazik nitrojen
MgO	: Magnezyum Oksit
HCl	: Hidrolik asit
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: Sodyum tiyosülfat
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	: Borik asit
BHT	: Butillenmiş hidroksitoluen
TCA	: Trikloroasetik asit
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
AB	:Avrupa Birliği
EC	:Avrupa Komitesi
FCM	:Gıda ile temas eden madde ve malzemeler
g	: gram
ml	: mililitre
Rpm	: Bir dakika içerisinde gerçekleştirilen dönüş/devir sayısı
sn	: Saniye
cm	:Santimetre
dk	: Dakika
mm	:Milimetre

# 1. GİRİŞ

Gelişmiş ambalaj malzemelerinin parametreleri, çevre üzerindeki etkiyi en aza indirirken standart politikayı ve tüketici taleplerini de karşılamalıdır. Gıda paketlenme endüstrisinin yaklaşık %37'si, nispeten düşük üretim maliyeti, kolay nakliye, yüksek mukavemet, hafiflik ve şekil çok yönlülüğü nedeniyle petrol türevi plastiklerden etkilenmektedir [1]. Bununla birlikte, bu petrol türevi gıda ambalaj malzemeleri bertaraf edildikten sonra bozunmazlıkları açısından bazı engellere sahiptir [2]. Gıdaların tazeliğini ve raf ömrünü korumak, sağlık ve çevre için hızla artan ilgiye nedeniyle ve araştırmacıların petrol bazlı plastiklere alternatif olarak biyo-türevli polimerlerin kullanımına daha fazla odaklanmasından dolayı gıda endüstrileri için temel problemdir [3]. Bu nedenle, proteinler, karbonhidratlar ve türevleri gibi doğal kaynaklardan ekstrakte edilen çevre dostu polimerler, sürdürülebilir ticari paketlenme uygulamaları için yeni umutları keşfeden biyolojik olarak parçalanabilir polimerik filmlerin üretimi için kullanılmıştır [4]. Çeşitli biyopolimerler arasında, kitosan, nişasta ve selüloz biyolojik olarak parçalanabilirlikleri, yenilenebilirlikleri, biyouyumlulukları ve mükemmel film oluşturma kapasiteleri nedeniyle yaygın olarak gıda paketlenmede kullanılmaktadır [5,6].

Kitosan, doğada en bol bulunan biyopolimerlerden biridir. Kitinin deasetilasyonu ile üretilir ve  $\beta$ -(1 → 4) glikosidik bağlı 2-asetamido-2-deoksi- $\beta$ -D-glukoz ve N-asetil-2-amino-2-deoksi-D-glukozamin tekrar eden birimlerden oluşur [7]. Kitosan, biyolojik olarak uyumludur, parçalanabilir, toksik değildir ve çok çeşitli bakterilerin büyümesini engelleyen doğal antimikrobiyal aktiviteye sahiptir [8], bu da onu ilaç dahil çeşitli alanlarda uygulanmasını kazançlı bir seçenek haline getirir. Ayrıca kitosan uygulamaları sadece biyomedikallerle sınırlı değildir, aynı zamanda aktif gıda paketlenme uygulamaları alanında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Kitosan ile karıştırılan birçok polimer, gıda paketlenme çalışmalarında kullanılmıştır. Bunlardan biri de ayva çekirdeği müsilağıdır [9]. Ayva çekirdeği müsilağında suda çözünür polisakkaritlerin, olağanüstü yüksek oranda glikuronik asit kalıntıları içeren kısmen-O-asetillenmiş (4-O-metil-D-glukuronon-D-ksilan olduğu bildirilmiştir. Ayva çekirdeği müsilağı (AÇM) filmleri hidrofilik özelliklere sahiptir ve iyi bariyer, mekanik ve antioksidan özellikler sergiler. Ayrıca antimikrobiyal, tatsız ve kokusuz olması gibi karakteristik özelliklerinden dolayı gıda ambalaj malzemesi olarak da kullanılmaktadır [10].

Biyolojik olarak aktif ambalajlama, koruyucu madde içermeyen gıda alternatif gıda güvenliği yöntemlerine yönelik müşteri talebindeki hızlı artış nedeniyle gıda endüstrilerini cezbetmiştir [7]. Doğal antimikrobiyal ajanlar, metal nanopartiküller vb. mikrobiyal büyümeyi önlemek, kaliteyi korumak ve gıdanın veya paketlenmiş ürünün raf ömrünü artırmak için film matrisine kasıtlı olarak dahil edilmektedir [11]. Birkaç nanopartikül (NP), fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştirmek için polimer matrisine art arda dahil edilmiştir. Bunlar arasında

metal nanopartiküller, biyoaktif paketlenme sistemlerinde kullanılan başlıca katkı maddeleridir [12]. Bunlar arasında ZnO-NP'ler iyi çalışılmıştır. ZnO nanoparçacıkları, hem kimyasal hem de yeşil yöntemlerle sentezlenen biyolojik olarak aktif nanoparçacıklardır [13]. ZnO, düşük maliyetli sentezi, kullanım kolaylığı ve mikropların büyümesine karşı yüksek engelleme kapasitesi nedeniyle en çok kullanılan nanopartikül olmuştur [14]. ZnO-NP'ler yüksek yüzey alanına ve hidrofilik yüzeye sahiptir, bu da partikül kümelenmelerine neden olur. Bununla birlikte, ZnO-NP'lerin yüzey modifikasyonu, topaklanmalarını önleyebilir ve NP'ler ile polimer matrisi arasında daha iyi uyumluluk sağlar [15].

Taze balık, genellikle kırmızı ete göre daha hızlı bozulan bir gıdadır. Bunun nedeni, büyük miktarlarda serbest amino asitler ve uçucu nitrojen bazlarının yanı sıra, ürünün raf ömrünü sınırlayan balığın daha yüksek nihai pH'ından kaynaklanmaktadır [16]. Bu sebeple balığın bozulmasını geciktirmek ve raf ömrünü uzatmak için bazı teknolojik yöntemler (dondurma, kurutma, marinasyon, dumanlama) uygulanmaktadır. Bunların yanı sıra farklı ambalajlama yöntemleri de balığın kalitesi ve raf ömrü üzerinde oldukça etkilidir. Araştırmacılar, yenilebilir veya biyolojik olarak parçalanabilir filmler üzerine çeşitli çalışmalar yapmıştır [17-20].

Bununla birlikte, literatür araştırmalarımıza göre, su ürünlerinin ambalajı için biyonanokompozit filmlerin hazırlanmasında ZnO-NP'lerin kullanımına ilişkin bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında, a) ZnO nanopartikülleri içeren kitosan/ayva çekirdeği müsila-jinanokompozit filmi hazırlamak b) hazırlanan nanokompozit filmlerin, 4°C'de muhafaza edilen taze gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) etinin raf ömrü üzerindeki etkilerini kimyasal ve duyu-sal analizler kullanarak değerlendirmek amaçlanmıştır.

## **1.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar**

Ürünün raf ömrünü uzatmak için çeşitli gıdaları kaplamak veya sarmak için kullanılan ve gıda ile birlikte yenilen veya daha fazla çıkarılmadan yenebilen her türlü malzeme, yenilebilir film veya kaplama olarak kabul edilmektedir. Yenilebilir filmler, solunum süreçlerinde yer alan oksijen, karbon dioksit ve etilen gibi önemli gazların seçici olarak kontrollü değişimine izin verirken, nem kayıplarını önlemek için doğal katmanların değiştirilmesini veya güçlendirilmesini sağlar. Bir film veya kaplama ayrıca yüzey sterilliği sağlayabilir ve diğer önemli bileşenlerin kaybını önleyebilir [21].

## 1.2. Yenilebilir Film ve Kaplama Oluşturma Yöntemleri

Yenilebilir filmler üretmek için temel teknolojiler, termoplastik yapılar için olanlara benzer koşullar farklıdır, ancak ilkeler aynıdır. Kaplama üretimi için ana teknikler püskürtme daldırma ve döküm olarak üçe ayrılmaktadır [22].

**Püskürtme yöntemi:** Bu yöntem, yüksek basınçta (60–80 psi) kolayca püskürtülebilen düşük viskoziteli kaplama çözeltileri için kullanılabilir. Klasik püskürtme sisteminde püskürtülen kaplama oluşturucu çözeltinin damla boyutu dağılımı 20 µm'ye kadar çıkabilirken, elektrospreyleme polimer ve biyopolimer çözeltilerinden 100 nm'den daha küçük üniform parçacıklar üretebilir. Ayrıca, püskürtme sistemleri ile polimerik kaplamaların oluşumu, kuruma süresi, kuruma sıcaklığı, kuruma yöntemi gibi diğer faktörlerden etkilenebilir [23].

**Daldırma Yöntemi:** Farklı kaplama oluşturma yöntemleri arasında sadece daldırma teknikleri ile yüksek kalınlıkta kaplama oluşturulabilmektedir. Daldırma yöntemi meyve, sebze ve et ürünlerinde kaplama oluşturmak için kullanılır. Kaplama çözeltisinin yoğunluğu, viskozitesi ve yüzey gerilimi gibi özellikler, film kalınlığını tahmin etmek için önemlidir [22]. Bu yöntemde, ürün doğrudan kaplama formülasyonlarının sulu ortamına daldırılarak, çıkarılarak ve havayla kurumaya bırakılarak ürün yüzeyi üzerinde ince bir membranöz film oluşturulur. Köpük uygulama yöntemi de bir diğer kaplama oluşturma yöntemidir. Bu yöntem genellikle emülsiyon uygulanarak kullanılır. Burada köpük, geniş yuvarlanma hareketiyle kırılacak ve bu nedenle kaplama solüsyonunun ürün yüzeyi üzerinde düzgün dağılımı olacaktır [24].

**Döküm Yöntemi:** Döküm yöntemi, laboratuvar ve pilot ölçeklerde bir film oluşumu için en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntem, biyopolimerlerden bir film hazırlamak için üç adım içerir: Biyopolimerin uygun bir çözücü içinde çözündürülmesi, çözeltinin kalıba dökülmesi ve dökülen çözeltinin kurutulmasıdır [25]. Yenilebilir film formülasyonu, temel filmi oluşturan polimer veya polimer karışımının seçilmesiyle başlar. Seçilen polimer, uygun bir çözücü içinde çözülür veya dağıtılır; örneğin, soya proteini izolat polimerini çözmek için etanol kullanılır [26]. Çözücü dökümde film oluşumu, polimerin erimesinden ziyade çözünürlüğüne bağlıdır [27]. Döküm işleminde elde edilen çözelti önceden belirlenmiş bir kalıba veya teflon kaplı cam plakalara dökülür. Kurutma işlemi, kalıba yapışan bir polimer film oluşturan çözücünün buharlaşması için yeterli zaman sağlar. Sıcak hava fırını, tepsili kurutucu, mikrodalga ve vakumlu kurutucular gibi hava kurutucular, çözücülerin ve filmin soyulmasının kolay çıkarılması için filmlerin dökümünde kullanılmaktadır [28]. Yenilebilir film dökümü için havada kurutma prosedürü, polimer zincirleri arasındaki molekül içi ilişkiyi geliştirmek ve filmin uygun bir mikro yapısını elde etmek için çok önemli bir adımdır. Hızlı kuruma yöntemleri kullanılarak filmin dökümünün yapılması, fiziksel ve yapısal özellikler üzerinde olumsuz etkiler göstermiştir [29]. Yenilebilir filmlerin üretimi için kurutma sıcaklığı ve havayla kurutma yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır [30].

### 1.3. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Üretiminde Kullanılan Materyaller

Yenilebilir filmler, film oluşturma kabiliyetine sahip malzemelerden üretilir. Üretim sırasında, film malzemeleri su, alkol veya su ve alkol karışımı veya diğer çözücülerin karışımı gibi bir çözücü içinde dağıtılmalı ve çözülmalıdır. Bu süreçte plastikleştiriciler, antimikrobiyal maddeler, renkler veya tatlar eklenebilir [31].

Film oluşturucu biyopolimerler, polisakkaritler ve proteinler veya bazı durumlarda lipitler ve diğer bileşenler dahil olmak üzere her ikisinin karışımlarıdır. Plastikleştiriciler ve diğer katkı maddeleri, filmlerin fiziksel ve işlevsel özelliklerini modüle etmek için genellikle polimerlerle birleştirilir [32].

Yenilebilir malzeme, enzimatik oksidasyonu geciktirmek için depolama sırasında taze ürünlerin nemine ve gazlarına karşı bariyer özellikleri sağlar, bu da gıdanın esmerleşme renk bozulmasına ve doku yumuşamasına karşı korunmasını sağlar. Ayrıca doğal uçucu aroma bileşenlerinin ve renk bileşenlerinin kaybını önleme özelliğine sahiptir [31].

#### 1.3.1. Polisakkaritler

Polisakkaritler, nişasta, selüloz, pektin ve tüm bunların türevleri, pullulan, aljinatlar ve kitosandahil olmak üzere yenilebilir filmler veya kaplamalar hazırlamak için yaygın olarak kullanılan doğal olarak oluşan polimerlerdir. Polisakkaritler, iyi düzenlenmiş hidrojen bağlı ağ şekillerinden dolayı verimli bir oksijen bloke edici olduğu tahmin edilen birincil bazlı kaplamalardır. Ancak doğal gereği hidrofilik oldukları için nem bariyeri olarak iyi davranmazlar. Polisakkarit polimerler kullanılarak yapılan kaplamalar, zayıf su buharı bariyeri özelliklerine sahip olmalarına rağmen, bu kaplamalar, gıdalardan nem kaybını geciktiren pazarlamacıları feda etmenin bir nedenidir. Polisakkarit kaplamalar renksizdir, yağsız bir görünüme ve az miktarda kalori içeriğine sahiptir ve dehidrasyonu, yüzeyin kararmasını ve oksidatif ekşimeyi önemli ölçüde azaltarak meyve, sebze, kabuklu deniz ürünleri veya et ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için uygulanabilir [33]. Polisakkarit filmlerin en önemli özelliği yapısal olarak dayanıklı olmaları ve oksijen geçişini yavaşlatmalarıdır. Bu filmlerin su geçişine karşı dirençleri oldukça düşüktür. Bu nedenle depolamada meydana gelen ağırlık kaybını en aza indirmek için gıda yüzeyine kalın bir film şeklinde uygulanmaktadır.

Doğal polisakkaritler, onları üreten organizmalarda ve mikroorganizmalarda çeşitli biyolojik işlevleri (örneğin, enerji ve yapısal) yerine getirmek için sentezlenir. Doğal polisakkaritlerin çoğu bitkilerde enerji rezervleri şeklinde bulunur; algler, bakteriler, mantarlar ve mayalar tarafından sentezlenebilir veya eklem bacaklıların dış iskeletinden çıkarılabilirler [34].

**Bitki polisakkaritleri:** Bitki polisakkaritleri  $\alpha$  veya  $\beta$  glikozidik bağlarla bağlanan aynı veya farklı monosakkaritlerden oluşan makromoleküllerdir [35]. Bu polisakkaritler sınıfı, işlevlerine,

depolanmalarına ve yapılarına göre iki kategoriye ayrılır; birinci kategori, bitkilerin enerji rezervlerinin bir parçası olan polimerleri kapsarken, ikinci kategori, bitkiye sertlik ve esneklik kazandıracak şekilde hücre duvarlarının bir parçası olan polimerleri kapsar [34].

**Alg polisakkaritler:** Polisakkaritler, mukopolisakkaritler, yani yapısal ve enerji depolama molekülleri olarak bulduklarından, alglerin yapısında en bol bulunan makromoleküllerdir. Alglerin kuru ağırlığının % 4 ila % 76'sı polisakkaritlere karşılık gelse de, içerik alglerin türüne göre değişir; örneğin yeşil alglerde lignin, selüloz ve hemiselüloz bulunur, kahverengi alglerde sadece selüloz bulunur ve kırmızı algler diyet lifinden yapılıdır [36].

**Hayvan polisakkaritleri:** Hayvan polisakkaritleri, biyobozunurlukları, biyoyoumlulukları, toksik olmamaları ve antijen olmamaları nedeniyle doğal biyopolimerler olarak kabul edilir. Ayrıca bu biyolojik makromoleküller, dokuların ve hücre matrisinin bir parçası oldukları ve enerji kaynağı oldukları için hayvanlarda yapısal ve depolayıcı bir rol oynarlar. Bu polisakkaritler kitinler ve glikozaminoglikanlar olarak ikiye ayrılabilir [37].

**Bakteriyel polisakkaritler:** Bakteriyel polisakkaritler, zincir tipine bağlı olarak reolojik, biyolojik ve fizikokimyasal özelliklere sahip monosakkarit zincirlerinden oluşan doğal biyopolimerlerdir. Bu moleküller, antitümör, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal aktivitelerine ek olarak viskoz, kalınlaştırıcı, stabilize edici ve jelleştirici özellikleri açısından değerlidir [38]. Bakteriyel polisakkaritlerin üretimi, bakterilerin substratlarına ve gereksinimlerine bağlı olarak hücre dışı ve hücre içi olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilir [39].

**Mantar polisakkaritleri:** Mantar polisakkaritleri, hücre duvarında bulunur veya yenilebilir mantar ve mayalardaki enerjik süreçlerden oluşur [40].  $\beta$ -(1-3),  $\beta$ -(1-6) veya  $\alpha$ -(1-3) bağları ile birleştirilebilen homo- ve heteropolisakkaritlerden oluşan lineer ve dallı yapılara sahip polimerik moleküllerdir. Farklı özelliklere sahip karmaşık yapılar [34].

### 1.3.2. Proteinler

Proteinler, spesifik amino asit dizilerine ve moleküler yapıya sahip makromoleküllerdir. Diğer film oluşturu maddelerle karşılaştırıldığında proteinlerin en ayırt edici özellikleri, konformasyoneldenatürasyonları, elektrostatik yükleri ve amfifilik yapılarıdır. Protein yapısı (ikincil, üçüncül ve dördüncül), ısı denatürasyonu, basınç, ışılama, mekanik işlemler, asidik veya alkali işlemler, hidroliz veya enzimatik işlemler, tuzların eklenmesi veya kimyasal çapraz bağlama kullanılarak yeterli film özelliklerini elde etmek için değiştirilebilir. Bu tür işlemlerin uygulanması, protein filmlerinin fiziksel veya işlevsel özelliklerini kontrol edebilir. Aslında, protein bazlı malzemelerin özellikleri, belirli uygulamalar için gereken nihai özellikleri elde etmek için enzimatik, kimyasal veya fiziksel modifikasyonlar yoluyla uyarlanabilir [41].

**Hayvansal Proteinler:** Hayvansal proteinler kazein, peyniraltı suyu proteini, et proteini, yumurta akı, tüy keratin, miyofibriler proteinler ve jelatin olarak açıklanmıştır.

**Kazein:** Kazein, sütte bulunan baskın bir proteindir [42]. Kazein ucuzdur, kolayca bulunur, toksik değildir ve oldukça kararlıdır; bu nedenle, gıda endüstrisinde bir besin takviyesi ve emülgatör olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve aynı zamanda kimyasal, biyolojik ve beslenme uygulamaları için de geniş çapta çalışılmaktadır [43].

**Peyniraltı Suyu Proteini:** Peynir altı suyu proteinleri, mükemmel film oluşturuca bileşenler olarak karakterize edilir ve son yıllarda büyük miktarda ilgi görmüştür. Peynir altı suyu filmleri şeffaf, kokusuz, tatsızdır ve iyi bir gaz bariyeri ve mekanik özellikler sağlar. Peynir altı suyu proteini,  $\beta$ -laktoglobulin,  $\alpha$ -laktalbumin, sığır serum albumini, immünoglobulinler ve proteaz peptonları gibi küresel proteinleri içerir. Bununla birlikte,  $\beta$ -laktoglobulin, peynir altı suyu protein çözeltilerinin agregasyonu ve jelleşmesi fenomenine hakim olan peynir altı suyundaki ana proteindir [44].

**Et Proteinleri:** Üç tür et proteini vardır: sarkoplazmik, stromal ve miyofibriler. Enzimler, miyoglobulin ve sitoplazmik proteinler, sarkoplazmik proteinlerin örnekleridir. Stromal proteinler kollajen ve elastini içerirken, miyofibriler proteinler miyozin, aktin, tropomisin ve troponinleri içerir. Yenilebilir filmler ve kaplamalar yapmak için stromal ve miyofibriler proteinler kullanılır [45].

**Yumurta Akı:** Yumurta akı protein filmleri, diğer protein bazlı filmler ile benzer özelliklere sahiptir. Yumurta albumin proteinleri, bol sülfidril ve disülfid bağları nedeniyle film oluşumundan sorumlu ana proteinlerdir. Film oluşumuna katılan diğer önemli bileşenler, ovomüsin lifleri, konalbumin, ovomukoid, lizozim ve globülinlerdir. Yumurta akı bazlı filmlerin, kalıplama işlemi ile oluşturulabilen düşük sıcaklıklarda daha iyi işlenebilmektedir [46].

**Tüy Keratin:** Tüyler, kümes hayvanı endüstrisinin önemli bir atık bertarafıdır ve temel olarak büyük film oluşturma yeteneğine sahip yapısal proteinler, keratinlerden oluşur. Keratinin katı haldeki stabilitesinin, sistin disülfid bağları, hidrojen bağları ve tuz bağlarının oluşumuyla üretilen çapraz bağlara bağlı olduğu bilinmektedir. Bu bağları kıran reaktiflerin eklenmesi, liflerin mukavemetini azaltır. Bu nedenle keratini,  $-S-S-$  bağlarını ve hidrojen bağlarını kıran çözücüler kullanarak çözmek mümkündür [47]. Tüy keratini, ucuz olması, merkezi yerlerde büyük miktarlarda üretilmesi, çevre dostu olması ve arzu edilen kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olması nedeniyle ticari bir biyomateryal olma potansiyeline sahiptir [48].

**Miyofibriler proteinler:** Myofibrillar proteinleri genellikle suda çözünmez, ancak konsantresalin solüsyonlarında çözülebilir. Bu proteinler, toplam hayvan eti proteinlerinin yaklaşık %66-77'sini oluşturur ve miyozin, aktin, troponin, tropomiyosin ve aktinin içerir. Yenilebilir myofibrillar-film'ler, çeşitli hayvansal kaynaklardan geliştirilmiştir [49].

**Jelatin:** Jelatin, kolajenin kısmi hidrolize edilmesi ve saflaştırılması yoluyla elde edilebilen suda çözünür bir proteindir [50]. Genel olarak kolajen, bağ dokularının birincil yapısal bileşenidir. Örneğin kemikler, deri, tendonlar, kıkırdak, bağlar ve toplam memeli vücudunun proteininin yaklaşık üçte birini oluşturur. Jelatin film oluşturma kapasitesinin yanı sıra, köpük ve emülsiyon oluşumu ve stabilizasyonu, doku oluşturma, jel oluşumu ve kalınlaştırma ile ilişkilendirilebilen en faydalı ve çok işlevli proteinler arasındadır [51].

**Bitkisel Proteinler:** Bitkisel proteinler buğday proteinleri, soya proteini, mısır zeini olarak açıklanmıştır.

**Buğday Proteinleri:** Sulu alkollerdeki çözünürlük farkına bağlı olarak, glüten proteinleri başlıca iki gruba ayrılır: gliadin ve glütenin. İlki çözünür ve ikincisi çözünmez. Glutenin iyi film oluşturuca özelliği, yapışkanlığına ve elastikiyetine dayanır. Gluten filmler genellikle iki yöntemle elde edilir: Biri ince bir tabaka halinde yapılan döküm ve döküm sonrası sulu alkol ile kurutma işlemi gerçekleştirilen döküm, diğeri ise protein çözeltilerini kaynatıp daha sonra oluşan filmlerin toplanarak elde edilmesidir. Genel olarak, döküm filmlerin ve termos preslenmiş filmlerin özellikleri farklıdır: birincisi daha yüksek uzama özelliklerine sahiptir ve ikincisi daha güçlü kopma direncine sahiptir. İki yöntemle elde edilen filmlerin gerilim-gerinim ilişkisi de farklıdır, bu da proteinlerin ağ yapısının üretim sürecinden etkilendiğini gösterir [52].

**Soya Proteini:** Soya protein filmleri, yapışkanlık, kohezivlik, hamur, emülsifikasyon, su ve yağ emilimi, lif oluşumu ve doku oluşturma yeteneği gibi birçok fonksiyonel özelliğe sahiptir. Soya proteini filmlerinin çoğu, en azından %90 protein içeren oldukça rafine bir soya proteini olan soya proteini izolatına dayalıdır ve protein olmayan bileşenlerin, karbohidratların ve yağların büyük bir kısmını ortadan kaldıran soya unundan izoelektrik çöktürme yoluyla yapılır. Soya protein filmleri ayrıca soya unu, soya sütü ve fraksiyone proteinlerden yapılabilir [52]. Tek başına soya proteini film'nin antimikrobiyal etkisi yoktur, bu nedenle gıda maddelerinin raf ömrünü artırmak için antimikrobiyal aktivitesini arttırmak için farklı türde antimikrobiyal bileşikler katkı maddesi olarak kullanılır [53].

**Mısır Zeini:** Mısırdan elde edilen zein proteini, yenilebilir filmler ve kaplamalar için kullanılan diğeri tarımsal proteinlerin çoğuna kıyasla bazı benzersiz özelliklere sahiptir. Zein, yüksek oranda polar olmayan amino asitlere ve düşük oranlarda bazik ve asidik amino asitlere sahiptir. Mısır zeini proteinindeki üç birincil amino asit, glutamin (%21-26), lösin (%20) ve prolindir (%10). Mısır zein proteini suda çözünmez, bu özelliği filmlerinin bariyer özelliklerini etkiler. Film haline getirildiğinde, zein parlak, sert ve yağ geçirmezdir ve diğeri tarımsal bazlı protein filmlerinin çoğuna kıyasla düşük su buharı geçirgenliğine sahiptir. Zein ticari olarak tıbbi tabletler için bir kaplama olarak kullanılmıştır ve biyolojik olarak parçalanabilen ambalajlarda kullanılmaya potansiyeline sahiptir [45].

### 1.3.3. Lipitler (Yağlar)

Lipitler polimer değildir ve kendi kendini destekleyen bir yapıya sahip değildir. Lipitler doğaları gereği hidrofobiktir, bu nedenle polisakaritlere ve protein bazlı filmlere kıyasla mükemmel bir su bariyeri özelliğine sahiptirler. Tüm lipidbazlı ambalajlar arasında, mum filmler en yüksek nem bariyeri özelliklerini gösterir. Terpen reçinesi ve ahşap reçinesi gibi reçineler, parlak özellikleriyle bilinir. Lipitler polar değildir, dolayısıyla genel nem bariyerini iyileştirmek için kompozit filmlere dahil edilebilirler. Bunların dışında lipitlerin de yağlı yüzeyleri ve eşsiz tatları vardır. Yenilebilir mumlar, uzun alkol ve ester zincirleridir ve bitki ve hayvanlardan ekstrakte edilebilir. Hidrofobiklikleri nedeniyle, bu kaplamalar su buharı geçirgenliğini azaltabilir [54].

Lipit fonksiyonel gruplarının çeşitliliği, fosfolipitler, fosfatid, mono-, di- ve tri-gliseritler, terpenler, serebrositler, yağ alkolü ve yağ asitlerinden oluşur [5]. Yenilebilir filmlerin ve kaplamaların geliştirilmesi için kullanılan bazı lipitler, mumlar ve reçineler aşağıda belirtilmiştir [55].

- Lipitler: Ayçiçek yağı, hurma yağı, hindistancevizi yağı, kakao yağı vb.
- Mumlar: Arı mumu, Karnaubamumu, Jojoba yağı, Candelilla balmumu vb.
- Reçineler: Arap sakızı, Mesquite sakızı, Kitre sakızı vb.

Lipitten oluşan yenilebilir kaplamalar ve filmler, protein veya polisakarit kaplamalar ve filmlerin aksine yapısal bütünlükten yoksundur, bu nedenle çoğu zaman lipit bileşeninin bir hidrokolloidbaz yapısıyla birlikte kullanılmasının nedeni budur. Protein veya polisakarit (hidrofilik) kaplamalara ve filmlere lipitlerin (hidrofobik) eklenmesi film mukavemetini olumsuz yönde etkileyebilse de, hidrokolloid ve lipitlerden üretilen kompozit kaplamalar ve filmler daha avantajlı olabilir [46].

### 1.3.4. Plastikleştiriciler

Plastikleştiriciler, filmlere kırılma dayanıklılığı azaltmak, esneklik kazandırmak ve tokluğu arttırmak için polimerlere eklenen küçük, düşük moleküler ağırlıklı, uçucu olmayan bileşikler olarak tanımlanabilir. Kaplamalar için özel bir tanım olarak plastikleştiriciler, kaplama esnekliğini ve tokluğunu iyileştirerek pullanmayı ve çatlamayı azaltır. Genel olarak konuşursak, plastikleştiriciler polimer zincirleri boyunca moleküller arası kuvvetleri azaltır, böylece serbest hacmi ve zincir hareketlerini artırır [56].

Plastikleştiriciler dahili ve harici plastikleştiriciler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Dahili plastikleştiriciler, polimer yapısında kopolimerize olan veya orijinal polimer ile reaksiyona giren polimer moleküllerinin bir parçasıdır. Dahili plastikleştiriciler genellikle, polimerlere hareket etmeleri için daha fazla alan sağlayan ve polimerlerin birbirine yaklaşmasını önleyen hacimli

yapılara sahiptir. Bu nedenle, camsı geçiş sıcaklığını (Tg) düşürerek ve böylece elastik modülü azaltarak polimerleri yumuşatırlar. Öte yandan, harici plastikleştiriciler, polimerlere eklenen düşük uçuculuktaki maddelerdir. Kimyasal olarak reaksiyona girmezler, ancak polimerlerle etkileşime girerler ve şişme meydana getirirler. Harici plastikleştiricilerin dahili plastikleştiricilere göre avantajı, istenen film özelliklerine bağlı olarak çeşitli plastikleştiriciler arasından seçim yapma fırsatıdır [56].

#### **1.4. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Kullanıldığı Gıdalar**

Yenilebilir film ve kaplamalarda kullanılan maddeler polisakkarit, protein ve lipitlerdir. Polisakkaritlerin ana avantajları bolluk, bulunabilirlik, düşük maliyet, toksik olmama ve ısıyla işlenebilirliktir. Bununla birlikte, polisakkaritlerin hidrofilikliğı nedeniyle, polisakarit bazlı filmler su buharına karşı zayıf bariyer özelliklerine sahiptir. Lipitlerin en büyük avantajı, malzemelerin su buharına karşı bariyer özelliğini geliştirebilen hidrofobik olmalarıdır. Lipid filmler genellikle kaplama olarak kullanılır çünkü lipid bazlı filmler nispeten inelastiktir. Proteinlerin biyolojik olarak parçalanabilir filmler hazırlamak için yaygın olarak kullanılmasını sağlayan göreceli bolluk, iyi film oluşturma yeteneğı, yüksek besin değeri vb. gibi bazı avantajları vardır. Polisakkaritler ve lipitlerle karşılaştırıldığında, mükemmel gaz bariyeri özelliklerinden dolayı protein bazlı polimerler en kullanışlı olanlardır. Soya proteini bazlı filmlerin oksijen geçirgenliğı, düşük yoğunluklu metil selüloz, polietilen, nişasta ve pektinden sırasıyla 260, 500, 540 ve 670 kat daha düşüktür. Ayrıca protein bazlı filmlerin mekanik özellikleri de polisakkarit bazlı ve lipid bazlı filmlere göre daha iyidir [52].

##### **1.4.1. Polisakkarit Film ve Kaplamaların Gıdalarda Kullanımı**

Polisakkaritlerin çoğı gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve FDA tarafından onaylanmıştır, bu da onları gıda paketleme sektöründe kullanılmak üzere biyo-bazlı malzemeleri işlemek için tamamen uygun, toksik olmayan ve güvenli temel bileşenler yapmaktadır. Harika film oluşturma ve jel oluşturma özelliklerinden dolayı, gıda, ilaç ve eczacılıkta uygulama için ince zarlar-filmler ve jeller üretmek için çeşitli farklı polisakkaritler kullanılmıştır. Bunun yanı sıra gıda paketleme teknolojilerindeki en son yenilikler arasında gıda ürünlerinin depolama ve nakliye sırasında kalite ve güvenliğini korumak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla polisakkarit bazlı yenilebilir filmlerin, akıllı ambalaj filmlerinin ve arojellerin geliştirilmesi yer almaktadır. Ayrıca, gıdanın ısı, ışık, nem, oksijen, enzimler, toz partikülleri, gaz emisyonu vb. gibi çevresel etkilerden korunması açısından yararlı olabilir [57].

Polisakkarit bazlı filmler ve kaplamalar renksizdir, yağsız bir görünüme ve az miktarda kalori içeriğine sahiptir ve dehidrasyonu, yüzeyin koyulaşmasını önemli ölçüde azaltarak meyve,

sebze, kabuklu deniz ürünleri veya et ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için potansiyel olarak uygulanabilir. Ek olarak, yenilebilir ambalaj işlevindeki bazı polisakaritler, potansiyel gıda kontaminantları (*Listeria monocytogenes*, *Salmonella* ve *Escherichia coli*) olarak bakterilerin büyümesini engelleyen bazı organik asitlerin taşıyıcıları olarak hizmet edebilir. Ayrıca polisakarit yenilebilir filmler, antioksidanlar olarak işlev görebilir, aynı zamanda ürünün kendisine fonksiyonel bir tamamlayıcı (nutrasötikler) olarak da işlev görebilir. Çevre dostu olmanın yanı sıra, bu yeni yenilebilir malzemelerin birçoğu iyi bir vitamin veya mineral kaynağı olabilir [58].

#### **1.4.2. Protein Film ve Kaplamaların Gıdalarda Kullanımı**

Protein bazlı yenilebilir filmlerin mekanik özellikleri polisakarit ve yağ bazlı filmlerden daha iyidir çünkü proteinler, özellikle yüksek moleküller arası bağlanma potansiyeli olmak üzere daha geniş bir fonksiyonel özellik yelpazesi sağlayan benzersiz bir yapıya (20 farklı monomere dayalı) sahiptir. Yenilebilir filmler farklı konumlarda bağlar oluşturabilir ve çok sayıda bağlantı oluşturmak için yüksek potansiyel sunar. Bununla birlikte, protein filmlerinin zayıf su buharı direnci ve sentetik polimerlere kıyasla daha düşük mekanik dayanımları, gıda ambalajlarındaki uygulamalarını sınırlandırmaktadır. Yenilebilir protein filmlerinin bariyer özelliklerini iyileştirmek için kimyasal ve enzimatik yöntemlerle protein özelliklerini değiştirmek, hidrofobik malzeme veya bazı polimerlerle birleştirmek veya fiziksel bir yöntem kullanmak gibi birçok yaklaşım mevcuttur. Yöntemler öncelikle mekanik mukavemeti ve nem bariyeri özelliklerini iyileştirmeye odaklanır [59].

#### **1.4.3. Lipit Film ve Kaplamaların Gıdalarda Kullanımı**

Lipitler, tarımsal ürünlerin solmasını (nem kaybını) önlemek, yaşlanmayı geciktirmek ve çekici bir yüzey vermek için uzun süredir kullanılmaktadır. Malın turgorunun ve ağırlığının azalmasına neden olur ve bunun sonucunda ticarileştirilirken kalite ve ekonomik zararlara yol açar. Kaplamanın meyve ve sebzelerin kalitesini artırdığı ve böylece hasat sonrası kalite kayıplarını önlediği düşünülmektedir. Lipit kaplamalar ve filmler, ağırlık kaybını önlemenin yanı sıra, meyve veya sebze yüzeyine parlaklık vererek solunumu geciktirmeye ve çekiciliği artırmaya yardımcı olur [60].

Yenilebilir kaplamalar ve filmler kullanmak, taze kesilmiş meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak için iyi bilinen bir stratejidir. Tek başlarına veya modifiye atmosfer paketleme ile birlikte kullanılabilirler. Balmumu, karnauba mumu ve candelilla; trigliseritler, asetillenmiş monogliseritler ve yağ asitleri, taze kesilmiş tarım ürünleri için yenilebilir kaplamaların ve filmlerin imalatında kullanılan bazı lipit maddelerdir [61].

Et ürünleri söz konusu olduğunda, yumuşaklık gibi özellikleri geliştirmek için lipid kaplamalar ve filmler kullanılmıştır [62]. Çoğunlukla bu tür filmler, örneğin balmumu, reçineler, asetogliseritler, yağ asitleri ve bitki yağları gibi doğal kaynaklı mumlardan hazırlanır. Lipit malzemelerinin ambalaj filmlerinin ve kaplamalarının özelliklerini iyileştirme potansiyeline rağmen, lipitlerin et, kümes hayvanları ürünleri ve deniz ürünleri için koruyucu kaplamalar olarak etkinliği ile ilgili sadece birkaç referans bulunabilmiştir [61].

### 1.5. Kitosan

Kitosanın öncüsü olan kitin, esas olarak (1→4)-2-asetamido-2-deoksi-d-glukopiranoz birimleri ve düşük miktarlarda -(1→4)-2-amino-2-deoksi-d--glukopiranoz kalıntıları içeren lineer bir polimerdir. Polimer yüksek oranda asetillenir ve suda çözünmez. Dünyadaki en bol biyolojik malzemelerden biridir ve selülozdan sonra ve ligninden sonra en fazla biyosentezlenen polimerdir. N-asetilasyon derecesi (DA) %50'nin altında olduğunda kitosan olarak adlandırılır. Tipik olarak kitosanın DA'sı 0.05 ile 0.30 arasındadır [63].

Kitosan, tarım, gıda ve ilaç endüstrisinde alternatif olarak yoğun bir şekilde uygulanan heyecan verici ve gelecek vaat eden bir yardımcı maddedir [64]. Gıda koruma ve paketleme endüstrilerinde uygulanabilirliğini destekleyen doğal bir antimikrobiyal aktiviteye sahip doğal bir biyoaktif polimerdir [65]. Kitosanın gıda güvenliği için yenilebilir bir kaplama olarak kullanılması, gıdanın duyu özelliklerinin artmasına ve kitosanın belirgin antibakteriyel aktivitelerine ek olarak, tüketiciye çekici ve sağlıklı bir görünüm kazandıran ürünün pazar payını arttırmasına neden olmuştur [66].

Kitosan, metal iyonları için çok yüksek sorpsiyon kapasitesi sağlayan hidroksil ve amino gruplarının varlığı nedeniyle oldukça hidrofildir. Kitosan, çok çeşitli alanlarda (tarım, gıda, atık su arıtma, biyomedikal, biyofarmasötik vb.) sayısız uygulamaya sahiptir. Bitkilerde savunma mekanizması sağlar, atık suyu arıtmak için topaklaştırıcı görevi görür, metal iyonlarının uzaklaştırılmasına yardımcı olur, çeşitli gıda ürünleri için koyulaştırıcı ve dengeleyici görevi görür [67].

Kitosanın iyi film oluşturma özellikleri, gazlara karşı yarı geçirgen olan filmlerin, kaplama malzemelerinin veya zarların üretimine izin verir. Örneğin bu filmlerin düşük oksijen geçirgenliğine sahip olduğu bilinmektedir [68]. Ayrıca kitosan, biyobozunurluk, biyouyumluluk, toksik olmama gibi benzersiz özelliklere sahiptir ve yenilenebilirdir [69,70]. Ayrıca, ucuzdur ve ticari olarak temin edilebilir. Ambalaj malzemesinin toplam ürün maliyetlerine katkısı oldukça önemli olduğundan düşük malzeme maliyetine ihtiyaç vardır [68]. Kitosan filmler, gıda güvenliğini ve raf ömrünü iyileştirmek için doğrudan gıda üzerine uygulanan yenilebilir filmler veya kaplamalar (<30 m), filmler (>30 m) ve karışımlar olarak ayrılabilir. Karışımlar homojen veya heterojen karışımlar olabilir [71].

Kitosan filmler termoplastik değildir çünkü erimeden önce bozunur ve bu nedenle geleneksel termoplastik ambalaj polimerlerinde olduğu gibi ekstrüde edilemez, kalıplanamaz, gerdirilemez veya ısıyla kapatılamaz. Bu da filmlerin maliyetini artırmakta ve uygulamalarını sınırlandırmaktadır [14].

### 1.6. Ayva Çekirdeği

Ayva (*Cydonia oblonga miller*, Rosaceae familyası), besin değeri yüksek ve insan sağlığına olumlu etkisi olan meyveler veren, yeterince kullanılmayan en önemli meyve türlerinden biridir. Dünya üretiminin yaklaşık %75'ini sağlayan İran'da bitki, İran halk hekimliğinde çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Meyveleri iri (10-12 cm çapında), değişken boyutlarda ve asimetrik şekillerdedir ve karakteristik bir koku sergiler. Ayva meyvesinin sırasıyla: küspe, 90.6: kabuk, 4.4 ve çekirdekli çekirdek, 5.05'ten oluştuğu bulundu. Ayva meyvesi çok çekirdekli bir çekirdekli dir. Tohumlar kahverengi, yaklaşık 7 mm uzunluğunda, yaklaşık 5 mm genişliğinde ve oval şekillidir. Tohumlar suya batırıldığında suyu hızla emer ve yapışkan ve tatsız bir sıvı üretir. Bitkinin tohumları, saç sabitleyici losyonların hazırlanmasında yutak yatıştırıcı ve emülsifiye edici bir madde olarak kullanılır [10].

Ayva çekirdeği müsilajı, %10.9 ekstraksiyon verimi ile kül (%8.24), protein (%20.9), kuru ağırlık (%95.62), nem (%4.38) içerir. Müsilajda, ksiloz (%10,7), glikoz (%45,6), galaktoz (%3,2), fruktoz (%7,4) ve üronik asit de (%27,1) bulunmaktadır. Ayrıca bu müsilajdaasetillenmişksilan, glikuronik asit, arabinoz, selülozik fraksiyon, aldobionik asit ve ksiloz tespit edilmiştir [72].

### 1.7. Çinkooksit (ZnO)

Çinkooksit'in (ZnO) antimikrobiyal ve fotokatalitik özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. ZnO-NP'leri, özellikle aktif gıda paketlenme endüstrisinde büyük ilgi görmüştür ve bu da onu kitosan gibi bir başka önemli antimikrobiyal doğal polimer ile karıştırılmak üzere harika bir aday haline getirmektedir [73].

## 2. MATERYAL VE METOD

Çalışmanın bu bölümünde kullanılan materyal ve metod üzerinde durulmuştur. Materyal olarak Gökkuşığı Alabalığı kullanılmıştır. Ayva çekirdeği müsülajından hazırlanan yenilebilir film ile kaplanan balık filetosunda meydana gelen değişimler incelenmiştir.

### 2.1. Materyaller

#### 2.1.1. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

Balıklar (ortalama ağırlığı 350-400 g, toplam 4 adet balık) Elazığ ilinde bulunan bir Gökkuşığı Alabalığı yetiştiricilik tesisinden taze olarak temin edildi. Aseptik ve soğuk koşullarda laboratuvara getirilen taze balıkların baş, iç organ, deri ve kılçıkları alınıp filetoları çıkartıldı. Filetolar iyice yıkandıktan sonra  $50\pm 5$  g olacak şekilde ve 4x 6 x2 cm boyutlarında kesilerek filmlerle kaplanmak üzere hazırlandı (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Gökkuşığı alabalığının filmlerle kaplanmak üzere hazırlanması (Orijinal resim)

Araştırmada yenilebilir filmleri üretirken kullanılan, kitosan (Düşük moleküler ağırlıklı, Deacetylatedchitin, Poly(D-glucosamine), çinko oksit nanopartikülleri (nanopowder  $\leq 20$ nm particle size), gliserol ( $\geq 99.5\%$ ), asetik asit (E260) ve 120x17 mm'lik cam petripler Sigma & Aldrich'den satın alındı. Yenilebilir film oluşumunda kullanılan bir diğer materyal olan, Ayva Çekirdeği bitki tohumu satan ticari bir firmadan ([www.sebzemeyvedunyasi.com](http://www.sebzemeyvedunyasi.com)) temin edildi. Çalışmada analizler sırasında kullanılan Magnezyum oksit (MgO), Hidroklorik asit (HCl), Sodyum tiyosülfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), Borik asit ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), Butillenmişhidroksitoluen(BHT), Trikloroasetik asit (TCA) kimyasal maddeler Sigma & Aldrich'den satın alındı.

## 2.2. Metot

### 2.2.1. Ayva Çekirdeği Müsilajı (AÇM) Solüsyonunun Hazırlanması

Ayva çekirdeği müsilajının hazırlanmasında Ghumman vd. [74]'nin yöntemi modifiye edilerek kullanıldı. Bitki tohumları satan ticari firmalardan temin edilen ayva çekirdekleri, etanole daldırılarak yabancı maddelerden arındırıldı ve  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 8 saat fırında kurutuldu. Daha sonra tohumlar, 1:35 w / v oranında damıtılmış suya dardırılıp sıcak manyetik karıştırıcı ( $30^\circ\text{C}$ 'de) ile 1 saat karıştırıldı. Bu işlem sonunda şişen tohumlardan, tohum yüzeyindeki müsilaj tabakasını ayırmak için 12000 rpm'de santrifüj edildi daha sonra tülbent ile süzöldü ve elde edilen müsilaj 120x17 mm'lik cam petripler içinde 12 saat  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de bir etövde kurutuldu. Kurutulmuş saflaştırılmış AÇM tozu, sonraki deneye kadar kuru bir yerde tutuldu (Şekil 2.2). AÇM bazlı film oluşturuvcu çözelti, 5 g kurutulmuş AÇM tozunun 100 ml damıtılmış suya ilave edilerek tamamen çözünene kadar oda sıcaklığında manyetik bir karıştırıcı ile karıştırıldı.



Şekil 2.2. Ayva çekirdeği müsilajı (AÇM) solüsyonunun hazırlanma aşamaları (orijinal resim)

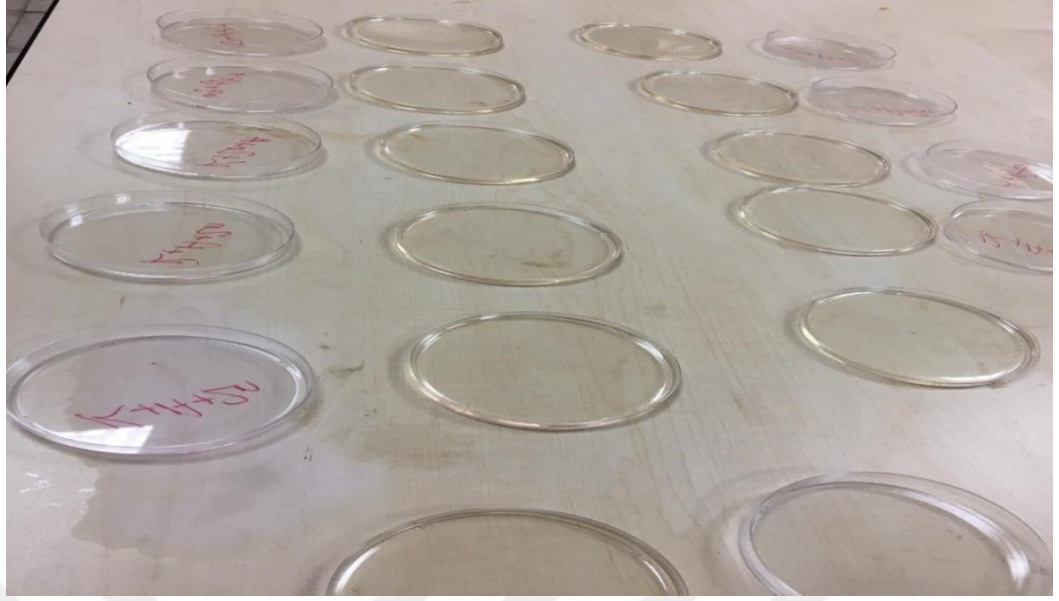
### 2.2.2. Kitosan Solüsyonunun Hazırlanması

Kitosansolüsyonu, Jiang ve Li [75]'nin açıkladığı yönteme göre yapıldı. 0.75 g kitosan tozu 5 ml asetik asit (E260) ile çözündürüldü. Daha sonra toplam hacim 100 ml' olacak şekilde üzeri distile su ile tamamlandı ve 6 saat boyunca oda sıcaklığında magnetik karıştırıcıda karıştırıldı.

### 2.2.3. Yenilebilir Filmlerin Hazırlanması

Çalışmada kitosan bazlı 4 farklı deneysel yenilebilir film üretildi (Şekil 2.3a). Yenilebilir filmlerin etüvde kurutma süresi ve kurutma sıcaklığı yapılan ön çalışmalar neticesinde belirlendi. Ayrıca filmlere ilave edilecek ayva çekirdeği solüsyonu ve ZnO-NP konsantrasyonu da yine yapılan ön çalışmalar sonucunda tespit edildi. Tüm filmler 2 tekrarlı olarak hazırlandı.

- 1. Kitosan film (Kontrol grubu, K):** Hazırlanan kitosan solüsyonuna plastikleştirici olarak (0,06 ml/ 100ml) gliserol ilave edildi ve oda sıcaklığında 1 saat magnetik karıştırıcıda karıştırıldı ve karışım, 120x17 mm'lik cam petrilere 20 ml olacak şekilde döküldü ve 35 °C'de 24 saat bir etüvde kurutuldu.
- 2. Kitosan/%1 ZnO-NP film (K+Ç):** Hazırlanan kitosanfilm solüsyonuna ilave olarak önceden asetik asitte çözündürülmüş olan %1 ZnO-NP ilave edildi (1g ZnO-NP/ 1ml asetik asit) ve 10 dak 500 rpm'de karıştırıldı. Bu karışım, 120x17 mm'likcam petrilere 20 ml olacak şekilde döküldü ve 35 °C'de 24 saat bir etüvde kurutuldu.
- 3. Kitosan/AÇM film (K+A):**Hazırlanan kitosan film solüsyonuna ilave olarak daha önce hazırlanmış olan %50 ayva çekirdeği müsilajı (AÇM) solüsyonuilave edildi ve oda sıcaklığında 1 saat magnetik karıştırıcıda karıştırıldı. Hazırlanan film solüsyonu, 120x17 mm'lik cam petrilere 20 ml olacak şekilde döküldü ve 35 °C'de 24 saat bir etüvde kurutuldu.
- 4. Kitosan/Ayva çekirdeği müsilajı/ZnO-NP biyonanokompozit filmler (K+A+Ç):** Bazı küçük değişikliklerle Kumar vd, (2020) tarafından bildirilen yönteme göre yapıldı. Daha önce hazırlanan AÇM solüsyonu (%50) ve kitosan solüsyonu iyi bir karışım elde etmek için oda sıcaklığında 15 dakika karıştırıldı. Bu karışıma bir plastikleştirici olarak (0,06 ml/ 100ml) gliserol ilave edildi ve tekrar oda sıcaklığında 10 dakika karıştırıldı. Son olarak karışımın içine ön çalışmalar neticesinde belirlenen %1 ZnO nanopartikülleri (ZnO-NP) ilave edilerek10 dak 500 rpm'de karıştırıldı. Hazırlanan çözeltiler, 120x17 mm'lik cam petrilere 20 ml olacak şekilde döküldü ve 35 °C'de 24 saatbir etüvde kurutuldu (Şekil 2.3.b-Şekil 2.4.).

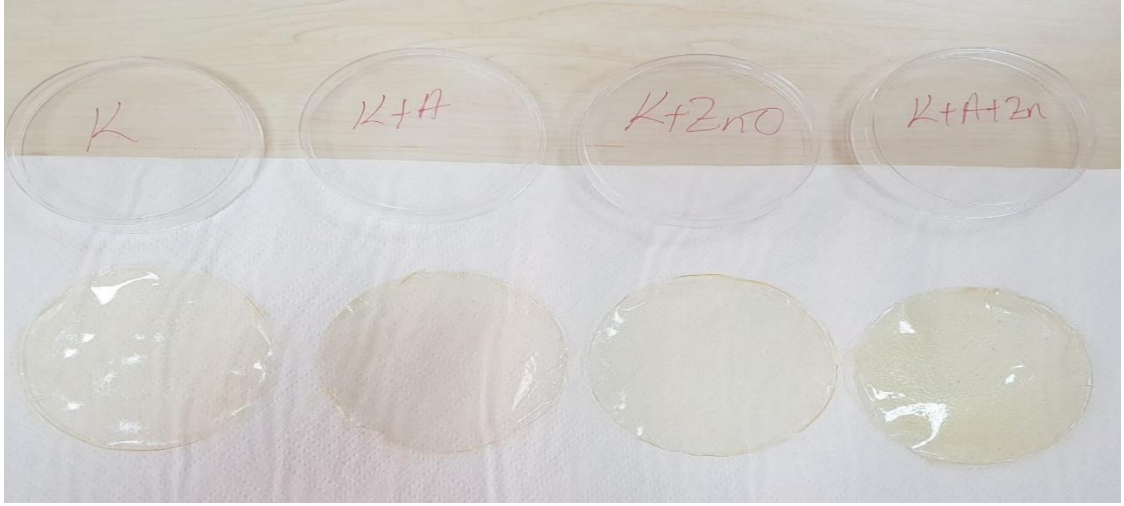


(a)



(b)

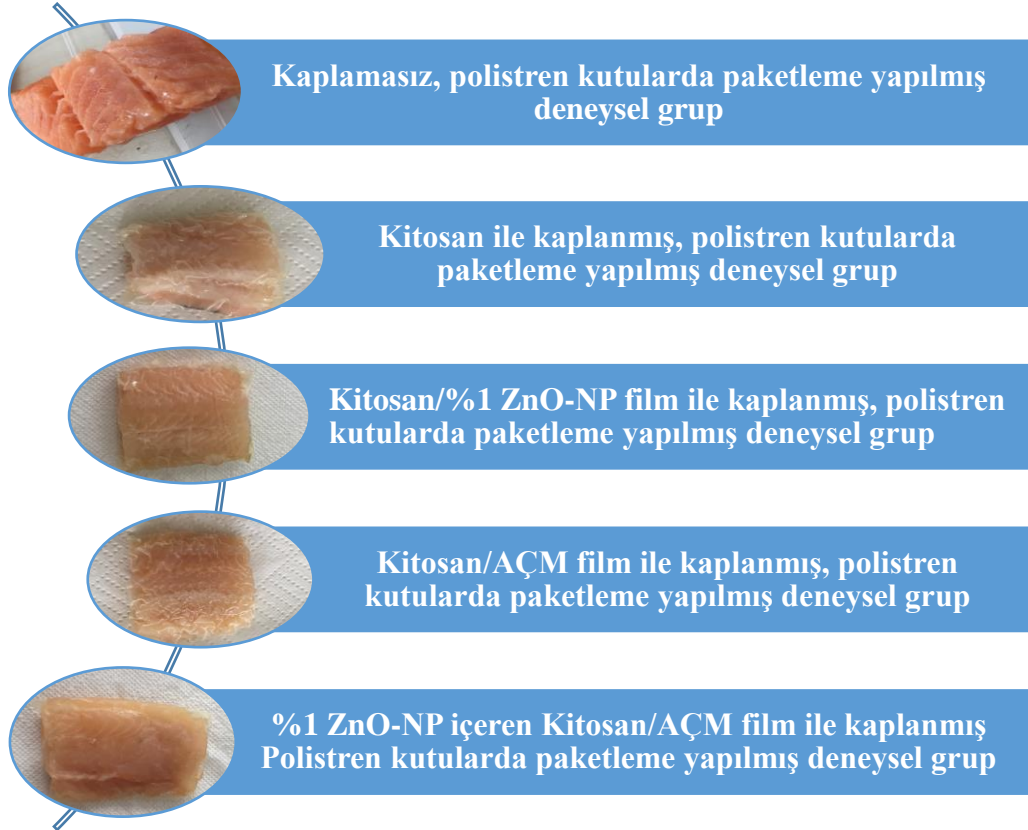
**Şekil 2.3.** Kitosan film (Kontrol grubu, K), Kitosan/%1 ZnO-NP film (K+Ç), Kitosan/AÇM film (K+A), Kitosan/Ayva çekirdeği müsilajı/ZnO-NP biyonanokompozit (K+A+Ç) filmlerin petrilere dökülmesi (a) ve etüvde kurutulması işlemi (b) (Orijinal resim)



Şekil 2.4. Üretilen biyonanokompozit filmler(Orijinal resim)

#### 2.2.4. Filetoların Biyonanokompozit Filmlerle Kaplanması ve Muhafazası

Yaklaşık 50g olacak şekilde 4x 6 x2 cm boyutlarında kesilen alabalık filetoları farklı içeriklerde hazırlanan yenilebilir filmlerle kaplandı (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Yenilebilir filmler ile kaplanan çalışma grupları (Orjinal resimler)

Filetolar oluşturulan filmler ile kaplandıktan sonra polistren kutularda paketlenildi. Ayrıca kaplama işlemi yapılmamış bir deneysel grupta polistren kutularda ambalajlandı. Bütün örnekler 4°C' muhafaza edildi ve muhafazanın 0.,3.,6.,9.,12... günlerinde kimyasal (pH, TVB-N,TBA) ve duyuusal (Görünüş, Koku, Doku-Yapı, Renk) kalite bakımından analize alındı.

#### **2.2.5. Kimyasal Analizler**

Çalışmada kullanılan gökkuşaağı alabalığı etininbesin bileşenlerinin tespitinde nem miktarı kurutma dolabı usulü (metod 950.46), ham protein mikrokjeldahl yöntemi (metod 928.08), yağ miktarı Soxhlet (Ekstraksiyon) metodu (metod 960.39) ve kül tayini yakma metodu (metod 920.153)'na göre yapıldı [76-79].

#### **2.2.6. pH Değeri Tayini**

Deneysel grupların pH'sı dijital bir pH metre (EDT. GP 353) kullanılarak ölçüldü [80]. 5 gr örnek 50 mLdistile suda homojenize edilerek (Ultra-Turrax, T25 digital, IKA, Staufen, Germany'da 1-2 dk) hazırlandı. Tüm ölçümler iki tekrar halinde gerçekleştirildi.

#### **2.2.7. Toplam Uçucu Bazık Azot Tayini (TVB-N)**

TVBN tayini, Gasseem, [81]'nin belirttiği yöntemeye göre yapıldı. 20 g örnek 100 mLdistile su ile karıştırıldı; Karışım destilasyon balonuna aktarılarak distile su ile 250 mL'ye tamamlandı ve karışıma 2 g MgO eklendi. Destilat 10 mL %3 borik asit ve 8 damla taşıhiro indikatörü içeren erlenmayerde toplandı ve nihai distilatlar, 0.1 N HCl ile titre edildi. TVB-N (mg /100 g) aşağıdaki denklem ile hesaplandı:

$$\text{TVB-N (mg /100 g)} = 1.4 \text{ kullanılan } \text{H}_2\text{SO}_4 \times 100 \times \text{örnek gramı} / 1000\text{mg}$$

#### **2.2.8. Tiyoobarbitürük Asit Sayısı Tayini (TBA)**

TBA değeri, Tarladgis vd., [82]'nin bildirdiği yöntemeye göre yapıldı. TBA için 2 gr numune 100 µl %0,1 BHT (Butillenmişhidroksitoluen) (1 g/L etanol) ve 25 mL %5 TCA ilave edilerek 2 dakika yüksek devirde (Ultra-Turrax, T25 digital, IKA, Staufen, Germany) karıştırıldı. Daha sonra homojenize edilen karışım süzüldü. Süzüntü 2 mL'lik tüpe alındı, ardından 2 mL taze hazırlanmış TBA reaktifi (Malondialdehydebis-diethyacetal) eklendi. Sıkıca kapatılan tüpler 30 dakika 95°C'de (DLAB DBW20-Su-Banyosu RT+5) su banyosunda tutuldu. Tüpler soğutulduktan sonra, numunelerin absorbans değerleri köre karşı bir spektrofotometrede (UV-VIS Spektrofotometre uv-120, Shimadzu) 538 nm'de okundu. Okunan absorbans değerleri 7,8 faktörü ile çarpıldı ve örneklerin TBA değeri malondialdehit olarak miligram/kilogram (mg MDA/kg) cinsinden elde edildi.

### 2.2.9. Peroksit Analizi

Peroksit analizinde Mattissek vd, [83]'nin yöntemi uygulandı. Balıketteindeki % yağ miktarı belirlendikten sonra elde edilen 2 g yağın üzerine 30 ml asetik asit/kloroform (3/2) çözeltisi eklendi ve karıştırıldı. Daha sonra üzerine 1mL doymuş potasyum iyodür (KI) çözeltisi eklendi ve iyice karıştırıldıktan sonra 5 dk. karanlık ortamda bekletildi. Ardından, 75ml distile su ve birkaç damla nişasta çözeltisi eklendi ve 0,1 M sodyum tiyosülfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) çözeltisi ile titre edildi. Örneklerin peroksit değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplandı ve cinsinden ifade edildi.

$$\text{Peroksit sayısı (milimol O}_2\text{/kg)} = K \times (V - V_0) \times 12,69 \times 78,8 / w$$

K: Titrasyonda harcanan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ' nişasta konsantrasyonu (mol/l),

V: Titrasyonda harcanan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ' nişasta miktarı (mL),

w: numune miktarı (g)

### 2.2.10. Duyusal Analizler

Farklı içeriklerde yenilebilir filmlerle kaplanan ve 4°C'de muhafaza edilen gökkuşuğu alabalığı örnekleri analiz günderinde duyusal olarak görünüş, koku, doku-yapı, renk açısından 15 panelist tarafından incelendi. Panelistler, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nin öğretim elemanları ve öğrencileri arasından seçildi. Örnekler harflerle (C, K, K+Ç, K+A, K+A+Ç) kodlandırıldı ve herhangi bir pişirme işlemi uygulanmadan çiğ olarak panelistlere değerlendirmeleri için sunuldu. Değerlendirmede 9 puanlık hedonik skala kullanıldı. Bu skalaya göre "1 = aşırı derecede beğenmedim, 2 = pek sevmedim, 3 = orta düzeyde beğendim, 4 = biraz beğenmedim, 5 = ne beğendim ne de beğenmedim, 6 = biraz iyi gibi, 7 = orta düzeyde iyi gibi; 8 = çok beğendim, 9 = aşırı derecede beğendim" olarak kabul edildi. Dörtün altında bir duyusal puanlama ile ürün reddedildi [84].

### 2.2.11. İstatistiksel Analizler

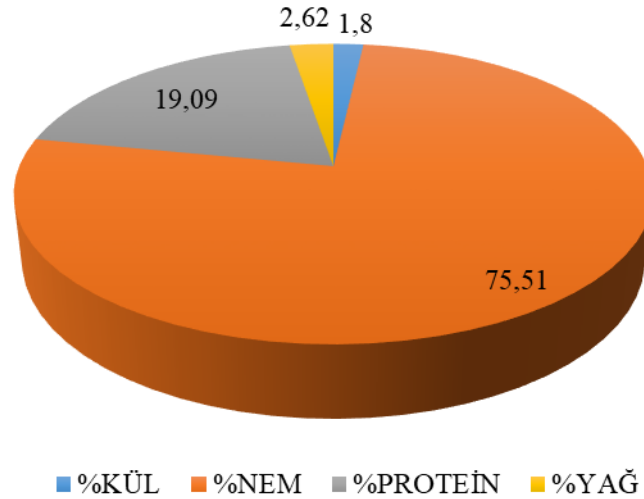
Deneysel gruplar üç kez analiz edildi. Bulgular tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak değerlendirildi. Gruplar arasındaki farklılıklar, Duncan'ın çoklu aralık testleri (SAS, V. 9.2, ABD) kullanılarak belirlendi ( $p < 0,05$ ).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmaya ait bulgular bu bölümde sunulmuştur. Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın besin bileşimi ve biyonanokompozit filmlerle kaplanan gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) etinin kimyasal niteliklerinde meydana gelen değişimlere ilerleyen başlıklıklarda değinilmiştir.

#### 3.1. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın Besin Bileşimi

Bu çalışmada, materyal olarak kullanılan gökkuşığı alabalığı için ortalama ham kül %  $1,8 \pm 0,46$ , nem miktarı %  $75,51 \pm 0,58$ , toplam protein %  $19,09 \pm 0,11$  ve ham yağ miktarı %  $2,62 \pm 0,20$  olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.1). Ojagh vd., [85] Gökkuşığı alabalığı filetosunda besin bileşimi içerikleri nem, ham protein, lipid ve kül miktarını ortalama ( $\pm$  SD) sırasıyla %  $67,22 \pm 1,73$ ,  $19,74 \pm 0,61$ ,  $11,21 \pm 0,48$  ve  $1,5 \pm 0,29$  olarak bildirmiştir. Hassanzadeh vd. [86], çalışmalarında gökkuşığı alabalığı'nın protein, yağ, nem ve kül içeriklerinin yüzdesini sırasıyla %  $22,11 \pm 0,71$ , %  $2,10 \pm 0,43$ , %  $71,12 \pm 0,22$  ve %  $4,40 \pm 0,42$  bulmuştur. Gürel İnanlı vd. [87], doğal ekstraktlarla zenginleştirilen kitosan kaplanan balıkların raf ömrü ve yağ asidi kompozisyonu adlı çalışmalarında Gökkuşığı alabalığı etinin nem miktarını % 71,10, ham kül miktarını % 1,29, ham yağ miktarını % 6,10 ve ham protein miktarını % 19,44 olarak bildirmişlerdir. Bulgularımız araştırmacıların bulguları ile genel olarak paralellik göstermektedir, ortaya çıkan bazı farklılıklar balıkların avlanma mevsimi, cinsiyeti ve büyüklüğünden kaynaklanabilir.



Şekil 3.1. Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın % besin bileşimi

Balıkların kimyasal bileşimindeki değişim, beslenmeleri, yaşam alanları, balık boyutları, avlanma mevsimi, mevsimsel ve cinsiyet farklılıkları ve ayrıca diğer çevresel koşullarla yakından ilgilidir [84,85]. Bu faktörler nedeniyle kimyasal bileşimdeki değişiklik, balığın yiyecek olarak kabul edilebilirliğini kontrol eden tat, koku, doku, renk ve dış görünüş gibi özelliklerde değişikliklere yol açabilir [85].

### **3.2. Biyanokompozit Filmlerle Kaplanan Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Etinin Kimyasal Niteliklerinde Meydana Gelen Değişimler**

Biyanokompozit filmlerle kaplanan Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) etinin kimyasal niteliklerinde meydana gelen değişimler pH değeri, TBA, TVB-N değeri, peroksit değeri (PD) ve duyu analizler kapsamında incelenmiştir.

#### **3.2.1. pH Değeri**

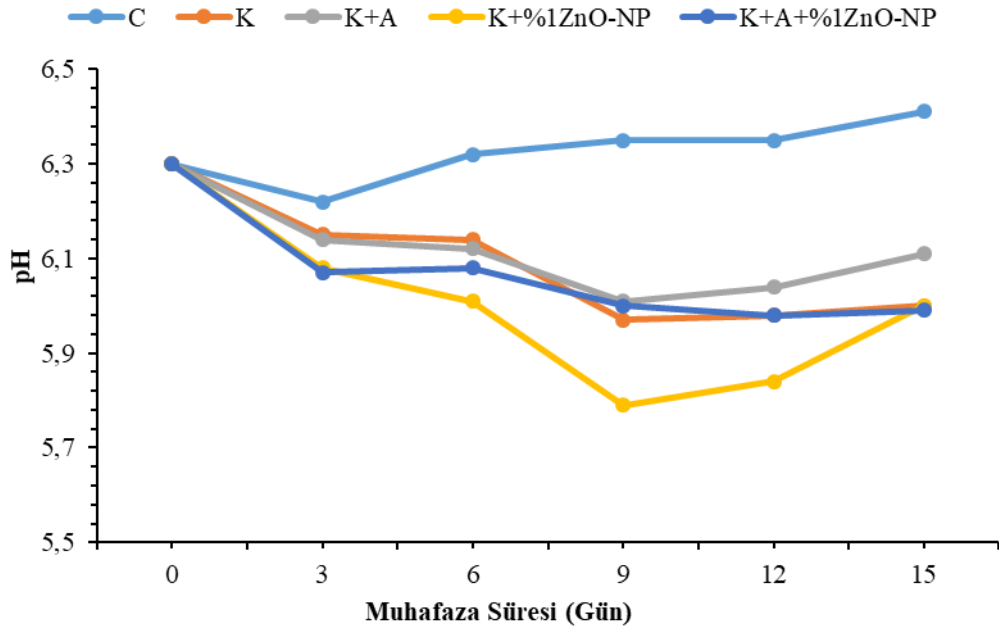
Biyanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) depolama süresince pH değerleri (Ort± SSAP) Tablo 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Gökkuşığı alabalığı etinin başlangıç pH’ı 6,30 olarak ölçülmüştür. Ghaly vd. [88], taze balıkta pH değerinin 6.0-6.5 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. pH değeri bütün gruplarda başlangıçta düşüş gösterse de muhafazanın ilerlemesiyle birlikte genel olarak bir artış sergilemiştir. pH’daki artış, esas olarak balık kasındaki mikrobiyal etkiden türetilen alkali bileşiklerin birikmesinden kaynaklanmaktadır [89]. Bu çalışmada, C grubunun pH değeri 15 gün sonra 6,30’dan 6,41’e yükselirken, K ve K+A gruplarının pH değeri muhafazanın son günü sırasıyla 6,10 ve 6,11 olarak belirlenmiştir. K+%1ZnO-NP ve K+A+%1ZnO-NP’nin pH değeri, C, K ve K+A gruplarına göre anlamlı derecede düşük ( $p<0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara dayanarak, kitosan kaplamaya ilave edilen ZnO-NP’lerin, endojen enzim aktivitesini ve bakteriyel büyümeyi etkili bir şekilde geciktirdiği söylenebilir.

**Tablo 3.1.** Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) depolama süresince pH değerleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Muhafaza Süresi (Gün)	C	K	K+A	K+%1ZnO-NP	K+A+%1ZnO-NP
0	6,30± <sup>Ac</sup>	6,30± <sup>Aa</sup>	6,30± <sup>Aa</sup>	6,30± <sup>Aa</sup>	6,30± <sup>Aa</sup>
3	6,22± <sup>Ad</sup>	6,15± <sup>Ab</sup>	6,14± <sup>Bb</sup>	6,08± <sup>Cb</sup>	6,07± <sup>Cb</sup>
6	6,32± <sup>Abc</sup>	6,14± <sup>Bb</sup>	6,12± <sup>Bb</sup>	6,01± <sup>Dc</sup>	6,08± <sup>Cb</sup>
9	6,35± <sup>Ab</sup>	5,97± <sup>Bc</sup>	6,01± <sup>Bc</sup>	5,79± <sup>Dd</sup>	6,00± <sup>Bbc</sup>
12	6,35± <sup>Ab</sup>	5,98± <sup>Cd</sup>	6,04± <sup>Bc</sup>	5,84± <sup>Dd</sup>	5,98± <sup>Cc</sup>
15	6,41± <sup>Aa</sup>	6,10± <sup>Bd</sup>	6,11± <sup>BCb</sup>	6,00± <sup>Cb</sup>	5,99± <sup>Dc</sup>

C: Filmle kaplanmamış, K: Kitosan, K+A; Kitosan +Ayva çekirdeği müsilağı, K+%1ZnO-NP: Kitosan+Çinkooksitnanopartikülleri, K+A+%1ZnO-NP: Kitosan+ Ayva çekirdeği müsilağı + Çinkooksitnanopartikülleri. A,B,C,D: Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ( $p<0,05$ ). a, b, c,d: Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).



**Şekil 3.2.** Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) depolama süresince pH değerlerinde meydana gelen değişimler (C: Filmle kaplanmamış, K: Kitosan, K+A; Kitosan +Ayva çekirdeği müsilağı, K+%1ZnO-NP: Kitosan+Çinkooksit nanopartikülleri, K+A+%1ZnO-NP: Kitosan+ Ayva çekirdeği müsilağı + Çinkooksit nanopartikülleri )

pH'nin başlangıçtaki düşüşü bütün balıktaki glikojenin ayrışmasına bağlanabilir, ancak birçok araştırmacı bunu balık filetoları için balık numunesindeki CO<sub>2</sub>'nin çözünmesine bağlamıştır pH'daki artışın ise: uçucu baz ürünlerinde artış, örn. amonyak ve tri metil amin, endojen veya mikrobiyal enzimler tarafından kaynaklandığı varsayılmıştır [90]. Benzer gözlemler Alasalvar vd., ve Manju vd., tarafından bildirilmiştir [91].

Remya vd. [92], farklı konsantrasyonlarda zencefil (*Zingiber officinale*) esansiyel yağı ile birleştirilmiş kitosan aktif ambalaj filmleri hazırlamış ve barracuda (*Sphyrna tiburo*) filetolarını

sararak muhafaza kalitesine etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, 12 günlük muhafazanın sonuna doğru pH değerinin bütün gruplarda kademeli olarak artış gösterdiğini ve en yavaş artışın zencefil esansiyel yağı içeren gruplarda gözlendiğini bildirmişlerdir. Bulgularımız araştırmacıların bulgularıyla uyumludur.

Fadıloğlu ve Emir Çoban [19], sumak ile zenginleştirilen kitosan filmlerle kaplanan Gökkuşaağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) pH değerinin muhafaza sonunda kontrol grubuna göre önemli derecede az ( $p<0,05$ ) olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer bulgular, Karaton Kuzgun ve Gürel İnanlı [93], tarafından da bildirilmiştir.

Foumani vd. [94], çinko oksit nanoparçacıkları (ZnO-NP'ler) içeren chia tohumu müsilaııbazlı yenilebilir film üretmiş ve buzdolabında depolama sırasında piliç filetolarının raf ömrünü üzerindeki etkilerini 20 gün boyunca incelemiştir. Çalışma sonuçlarında, ZnO-NP içeren örnekler ile kontrol grubu arasında pH değeri açısından önemli bir fark tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Bulgularımız araştırmacıların bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

### 3.2.2. TBA

Gıdalarda, oksidatif reaksiyonlar istenmeyen bir durumdur. Vitaminlerin, pigmentlerin ve esansiyel yağ asitlerinin oksidatif parçalanmasıyla gıdanın kokusu ve tadındaki değişiklikler (ekşilik) meydana gelir ve tüketicinin sağlığı için bazı riskler oluşturabilecek olası toksik bileşikler ortaya çıkar. Bu nedenle, gıda kalitesinin ve güvenliğinin korunmasında önemli rol oynayan bu bozulma sürecinin önlenmesi, gıda maddelerinin raf ömrünün uzatılması için gıda endüstrileri tarafından her zaman önemli bir konu olmuştur [95]. Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) depolama süresince TBA değerleri ( $Ort \pm SSAP$ ) Tablo 3.2 ve Şekil 3.3'de sunulmuştur.

Gökkuşaağı alabalığı etinin başlangıçtaki TBA değeri 0,72 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar diğer araştırmacıların [19,87,96] bulguları ile benzerlik göstermektedir. Kaplama uygulanmamış numunler (C), kitosan bazlı kaplanmış numunelere göre daha yüksek bir artış göstermesine rağmen TBA miktarı muhafazanın ilerlemesiyle birlikte tüm gruplarda zamanla istatistiksel olarak artmıştır ( $p<0,05$ ). Balıkentinin TBA değerinin 3-4 mg MDA/kg'ın üzerinde olması kalite kaybının kabul edilen bir göstergesidir [97]. Shormullere [98] göre TBAdeğeri 8 mg MDA/kg tüketilebilir sınır değer olarak kabul edilir. Yenilebilir biyofilmlerin gıdalarda ışık etkisi ile lipidoksidasyonunu önlemede önemli bir bariyer olabileceği bildirilmiştir [99]. Tablo 3.2'den görüleceği üzere kitosan kaplı grubun TBA değeri kaplamasız örneklere göre daha düşüktür ( $p<0,05$ ). Kitosan film, oksijene ve ışığa karşı iyi bir bariyer özellik gösterir ve ayrıca kitosanşelatör özelliği nedeniyle etteki oksidatif ekşimeyi geciktirebilir. Kitosan şelatör özelliği nedeniyle etteki oksidatif bozulmayı geciktirebilir yani metal iyonları ile reaksiyona girerek

lipidperoksidasyon başlatma basamağından kaçınarak gıdalarda lezzet ve tat bozulmasına yol açan zincirleme reaksiyonları geciktirir [100].

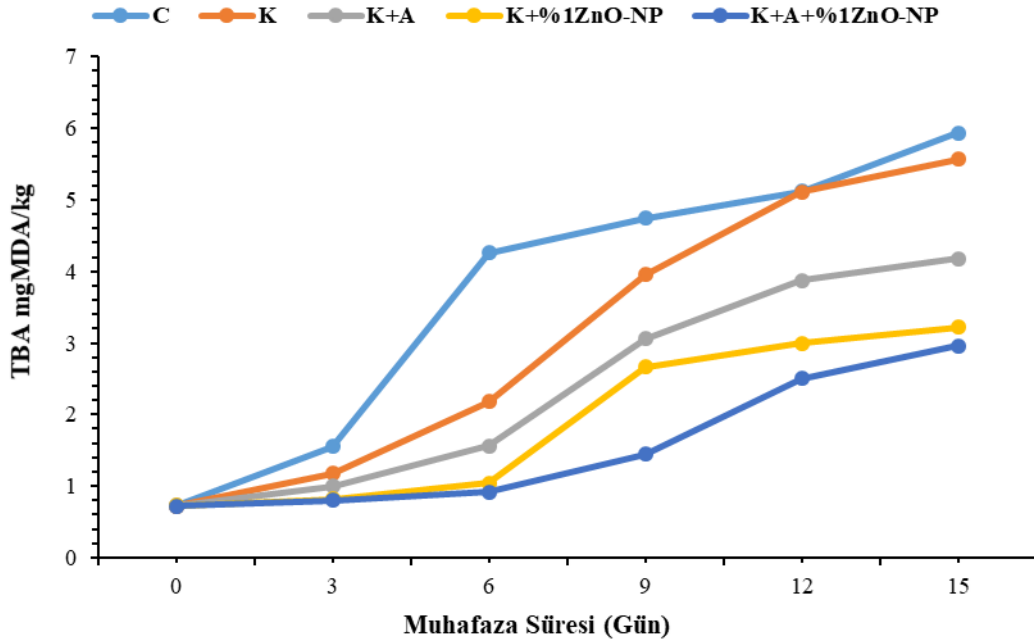
Gürel İnanlı vd. [87], çalışmalarında, doğal ekstraktlar içeren kitosan kaplı gökkuşağı alabalığı filetoalarını 4 °C’de 12 gün muhafaza etmişlerdir. Bu süre sonunda; kitosan ile kaplanan grubun TBA değerinin kaplama uygulanmayan gruba göre daha düşük olduğu bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar kitosanın antioksidan ve oksijen bariyer etkisi ile açıklanmıştır. İzci vd, [101], Çipura (*Sparus aurata*) filetoalarının kitosan film ile kaplayarak raf ömrünü incelemiştir. Kitosan kaplı örneklerde saptanan TBA değerleri kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. Bulgularımız araştırmacıların bulguları ile uyumludur.

Tablo 3.2 incelendiğinde depolama süresince K+A grubunun TBA değerlerinin K grubuna göre daha yavaş arttığı ( $p<0,05$ ) görülmektedir. Kitosana +ayva çekirdeği müsilağı kaplaması oksijen difüzyonuna direnç göstermiş, dolayısıyla lipidoksidasyonunu geciktirmiş olabilir. Ayva çekirdeği müsilağına dayalı filmlerin iyi bir oksijen bariyeri ve antioksidan özelliklere sahip olduğunu daha önceki çalışmalarda bildirilmektedir [9,10].

**Tablo 3.2.** Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalık etinin 4°C’de muhafazası süresince tespit edilen TBA (mg MDA/kg) değerleri

Muhafaza Süresi (Gün)	C	K	K+A	K+ %1ZnO-NP	K+A+ %1ZnO-NP
0	0,72±0,06 <sup>Af</sup>	0,72±0,06 <sup>Af</sup>	0,73±0,06 <sup>Af</sup>	0,73±0,06 <sup>Ae</sup>	0,72±0,06 <sup>Aae</sup>
3	1,55±0,09 <sup>Ae</sup>	1,18±0,03 <sup>Ae</sup>	1,00±0,05 <sup>ABe</sup>	0,82±0,07 <sup>Bde</sup>	0,80±0,03 <sup>Cd</sup>
6	4,26±0,11 <sup>Ad</sup>	2,18±0,10 <sup>Bd</sup>	1,56±0,07 <sup>Cd</sup>	1,04±0,02 <sup>Dd</sup>	0,92±0,11 <sup>Dd</sup>
9	4,74±0,05 <sup>Ac</sup>	3,95±0,12 <sup>Bc</sup>	3,06±0,04 <sup>Cc</sup>	2,66±0,09 <sup>Dc</sup>	1,45±0,05 <sup>Ec</sup>
12	5,12±0,08 <sup>Ab</sup>	5,11±0,03 <sup>Ab</sup>	3,87±0,11 <sup>Bb</sup>	3,00±0,05 <sup>Cb</sup>	2,50±0,09 <sup>Db</sup>
15	5,93±0,02 <sup>Aa</sup>	5,57±0,07 <sup>Bc</sup>	4,18±0,12 <sup>Ca</sup>	3,22±0,10 <sup>Da</sup>	2,96±0,06 <sup>Ea</sup>

C: Filmle kaplanmamış, K: Kitosan, K+A; Kitosan +Ayva çekirdeği müsilağı, K+%1ZnO-NP: Kitosan+Çinkooksitnanopartikülleri, K+A+%1ZnO-NP: Kitosan+ Ayva çekirdeği müsilağı + Çinkooksitnanopartikülleri. A,B,C,D,E,F,: Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ( $p<0,05$ ). a, b, c,d,e,f: Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ( $p<0,05$ )



**Şekil 3.3.** Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) depolama süresince TBA değerlerinde meydana gelen değişimler (C: Filmle kaplanmamış, K: Kitosan, K+A; Kitosan +Ayva çekirdeği müsilajı, K+%1ZnO-NP: Kitosan+Çinkooksitnanopartikülleri, K+A+%1ZnO-NP: Kitosan+ Ayva çekirdeği müsilajı + Çinkooksitnanopartikülleri )

%1ZnO-NP içeren biyonanokompozit filmlerle kaplanan gruplarda TBA miktarı kaplamasız, K, K+A gruplarına göre istatistiki olarak önemli ölçüde daha düşük tespit edilse de özellikle K+A+%1ZnO-NP grubunun lipidoksidasyon değeri bütün gruplar arasında en azdır ( $p<0,05$ ). ZnO nanoparçacıklarının antioksidan aktivite sergilediği bilinmektedir [102,103]. Ayrıca, ayva çekirdeği müsilajı ve ZnO-NP nin birlikte kullanılması biyonanokompozit filmlerin oksidatif süreçleri geciktirme yeteneğini artırmıştır. Mevcut çalışmada, bütün gruplar için TBA değerleri, 15 günlük depolama süresi boyunca tüketilebilirlik sınır değerinin (8 mg MDA/kg) altında kalmıştır.

Mohammadi vd. [104], karboksimetil selüloz (CMC), bamya zamkı (OM) ve ZnO nanoparçacıklarına (ZnO-NP'ler) dayalı nanokompozit filmler üretmiş ve 4 °C'de saklanan tavuk göğüs etinin raf ömrü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, Bamya müsilajı ve ZnO nanoparçacıkları içeren filmlerin genellikle daha düşük lipidoksidasyon değerleri ( $p<0,05$ ) gösterdiğini açıklamıştır.

### 3.2.3. TVB-N Değeri

Balıklarındaki toplam uçucu bazik nitrojen (TVB-N) içeriği, et tazeliği ve gıda güvenliği değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir fizikokimyasal indekstir. Depolama sırasında, enzimatik bozunma ve mikrobiyal büyüme ile protein ayrışması, amonyak ve aminler dahil olmak üzere alkali nitrojen içeren maddeler (TVB-N) üretir [92]. Dolayısıyla TVB-N değerindeki bu artış balığın bozulmasını ifade eder.

Farklı kombinasyonlarda üretilmiş biyonanokompozit filmlerle kaplanmış gökkuşağı alabalığı örnekleri için TVB-N değerlerindeki değişimler, Tablo 3.3 ve Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Gökkuşağı alabalığı etinin başlangıçtaki TVB-N miktarı başlangıçta 12,58 mg N/100 g olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Korkmaz vd. [105] ve Uçak [106] ile uyumlu iken, Ojagh vd. [84], Gürel İnanlı vd. [87]'nin 0. gündeki değerlerinden yüksek bulunmuştur. Balıklar sindirim sisteminde birçok bakteri içerir ve beslenme dönemlerinde güçlü sindirim enzimleri üretilir, bu da depolamanın sonraki aşamasında hızlı ölüm sonrası otolize neden olabilir. Bu durum, genellikle proteinin parçalanması ve nitrojenli uçucu malzemelerin üretimi ile ilgili olan güçlü bir tat bozulmasına yol açabilir [84,107].

Muhafaza sırasında, kullanılan bütün grupların TVB-N değerleri önemli ölçüde artış göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Ancak depolama süresinin sonunda %1 ZnO-NP içeren filmlerle kaplanmış gökkuşağı alabalığı örneklerinin TVB-N değerleri, diğer filmlerle (K, K+A) kaplanmış örneklerden önemli ölçüde ( $p < 0,05$ ) daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, kitosan, ayva çekirdeği müsilağı ve ZnO nanoparçacıkları ile üretilen filmlerle kaplanan balık örnekleri, muhafaza süresince daha düşük TVB-N değerleri göstermiştir ( $p < 0,05$ ).

Avrupa komisyonu (EC) 2074/2005, TVB-N limitlerini, yassı balık, Atlantik somonu, berlam balığı ve gadoid balıklar için;  $\leq 25$  mg N/100 g, *Sebastes* spp., *Helicolenus dactylopterus* ve *Sebastichthys capensis* için;  $\leq 30$  mg N/100 g, Pleuronectidae familyasına ait türler için (pisi balığı hariç: *Hippoglossus* spp.) ve Merlucciidae ve Gadidae familyasına ait türler için ise  $\leq 35$  mg N/100g olarak belirlemiştir. Gökkuşağı alabalığı, ot sazani, beluga mersin balığı, turna levreği, Japon levreği için kabul edilebilirlik sınırı EC Yönetmeliği 2074/2005 tarafından belirlenmediğinden, literatürde daha önce bildirilen değerler limit alınmıştır [108], Buna göre, gökkuşağı alabalığı için 25–35 mg N/100 g seviyeleri, sazan için  $\leq 15$  mg N/100g, mersin balığı için 35–40 mg N/100 g seviyeleri, turna levreği için  $\leq 35$  mg N/100g seviyeleri Japon levreği için 30–35 mg N/100 g limit değerler olarak değerlendirilmektedir. Varlık vd [109], ise, TVB-N değerleri ile ilgili olarak balık ürünlerinin kalitesini: 25 mg N/100 g'a kadar "yüksek kalite", 30 mg N/100 g kadar "iyi kalite", 35 mg/100 g'a kadar "kabul edilebilirlik sınırı" ve 35 mg/100 g'ın üzerinde "bozulma" olarak sınıflandırılabilirliğini öne sürmüştür.

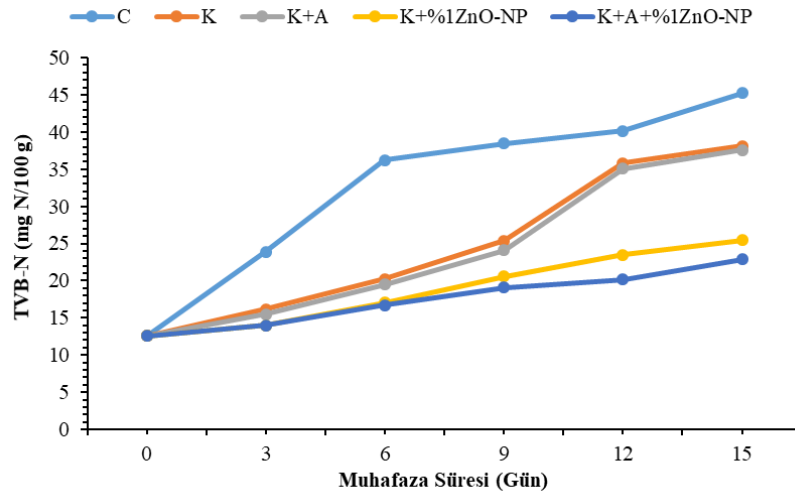
Mevcut çalışmada, kaplama uygulanmamış gökkuşağı alabalığı örnekleri 6. günde (36,2 mg N/100 g) kitosan ve kitosan + ayva çekirdeği müsilağı ile kaplanmış örnekler ise 12. günde (35,80;

35,04) sınır değerini aşmıştır. Fadiloğlu ve Emir oban [19], sumak ekstraktı ile zenginleştirilmiş kitosan ile kaplanan alabalık filetoları için benzer bulguları rapor etmiştir. Jouki vd. [107], çalışmalarında tüm TVB-N değerlerinin, kekik esansiyel yağı içeren ayva çekirdeği müsilajı ile kaplanmış gökkuşağı alabalığı örneklerinde kabul edilebilirlik sınırına 8 ve 11. günden sonra ulaşıldığını bildirmiştir. Bulgularımız, araştırmacıların bildirdiği sonuçlarla örtüşmektedir.

**Tablo 3.3.** Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) etinin 4°C’de muhafazası süresince tespit edilen TVB-N (mg /100g) değerleri

Muhafaza Süresi (Gn)	C	K	K+A	K+%1ZnO-NP	K+A+%1ZnO-NP
0	12,58±0,14 <sup>Ae</sup>	12,58±0,14 <sup>Af</sup>	12,58±0,14 <sup>Af</sup>	12,58±0,14 <sup>Af</sup>	12,58±0,14 <sup>Ae</sup>
3	23,90±0,22 <sup>Ad</sup>	16,15±0,08 <sup>Be</sup>	15,47±0,24 <sup>BCe</sup>	14,00±0,11 <sup>Ce</sup>	14,02±0,04 <sup>Cd</sup>
6	36,20±0,09 <sup>Adc</sup>	20,20±0,12 <sup>Bd</sup>	19,50±0,06 <sup>Bd</sup>	17,06±0,14 <sup>Cd</sup>	16,70±0,15 <sup>Dc</sup>
9	38,44±0,17 <sup>Ac</sup>	25,41±0,14 <sup>Bc</sup>	24,11±0,16 <sup>Bc</sup>	20,55±0,21 <sup>Cc</sup>	19,11±0,02 <sup>Db</sup>
12	40,12±0,11 <sup>Ab</sup>	35,80±0,21 <sup>Bb</sup>	35,00±0,18 <sup>Bb</sup>	23,47±0,05 <sup>Cb</sup>	20,17±0,04 <sup>Db</sup>
15	45,22±0,05 <sup>Aa</sup>	38,14±0,14 <sup>Ba</sup>	37,55±0,08 <sup>Ba</sup>	25,45±0,08 <sup>Ca</sup>	22,86±0,10 <sup>Da</sup>

C: Filmle kaplanmamış, K: Kitosan, K+A; Kitosan +Ayva ekirdeği müsilajı, K+%1ZnO-NP Kitosan+inkooksit nanopartikülleri, K+A+%1ZnO-NP: Kitosan+ Ayva ekirdeği müsilajı + inkooksit nanopartikülleri. A,B,C,D: Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir (p<0,05) . a, b, c,d,e,f: Aynı sutundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir (p<0,05).



**şekil 3.4.** Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) depolama süresince TVB-N (mg N/100g) değerlerinde meydana gelen değişimler (C: Filmle kaplanmamış, K: Kitosan, K+A; Kitosan +Ayva ekirdeği müsilajı, K+%1ZnO-NP: Kitosan+inkooksitnanopartiklleri, K+A+%1ZnO-NP: Kitosan+ Ayva ekirdeği müsilajı + inkooksitnanopartiklleri )

K+ %1ZnO-NP ve K+A+%1ZnO-NP ile oluşturulan filmlerle kaplanan örneklerin TVB-N değerleri depolama süresince tüketilebilirlik sınır değerlerini (35 mg N/100 g) aşmamış, 25 mg N/100 g seviyelerinde kalmıştır. Düşük TVB-N içeriği, bakteri popülasyonlarının daha yavaş büyümesine veya balık numunelerinin ZnO-NP'lerinin antimikrobiyal etkisi nedeniyle protein olmayan nitrojen bileşiklerinin (veya her ikisinin) oksidatifdeaminasyonu için bakteri kapasitesinin azalmasına bağlı olabilir.

Suo vd. [110], ZnO-NP ilave edilen CMC filmi ile korunan taze domuz etinin soğukta muhafazası sırasında TVB-N içeriğinde artış gözlemlenmiştir. Ancak, bu yazarlar nanoparçacıkların varlığının TVB-N değerlerinin kontrol filmleriyle kaplanan numunelerden daha küçük olduğu sonucuna varmışlardır.

Mohammadi vd. [104], depolama süresinin sonunda CMC/OM/ZnO nanokompozit (%50) filmlerle sarılmış tavuk göğsü örneklerinin TVB-N değerlerinin, diğer filmlerle (21,3 mg N/100 g) paketlenmiş örneklerden önemli ölçüde ( $p<0,05$ ) daha düşük olduğunu tespit etmiştir. ZnO nanoparçacıkları ilaveli bamya müsülajı filmi ile paketlenmiş tavuk göğsü numunelerinin, depolama boyunca daha düşük TVB-N değerleri gösterdiği ( $p<0,05$ ) belirlemiştir.

Souza vd. [111], filmlerle korunan tavuk numunelerinin hiçbirinin 7. günde bile ambalajsız et için tespit edilen TVB-N miktarına ulaşmadığını açıklamıştır. Ayrıca, ZnO/Kitosan biyonanokompozit filmlerle kaplanan taze tavuk etinin TVB-N miktarının depolama boyunca önemli derecede yavaş ilerlediğini ( $p<0,05$ ) bildirmişlerdir. Söz konusu araştırmacıların bulguları çalışma sonuçlarımızı destekler niteliktedir.

### 3.2.4. Peroksit Değeri (PD)

Oksidatif reaksiyonlar, esansiyel lipitlerin, vitaminlerin ve pigmentlerin oksidatif bozunmasına neden olur ve gıdanın koku ve lezzetinde değişikliklere yol açar. Lipid oksidasyonu, balık etinin depolanmasındaki ana zorluklardan biridir. Lipit oksidasyonunun erken aşamalarında hidroperoksitler oluşur; bu nedenle, yağın ilk oksidasyonu, peroksit miktarı ölçülerek değerlendirilir [94,111].

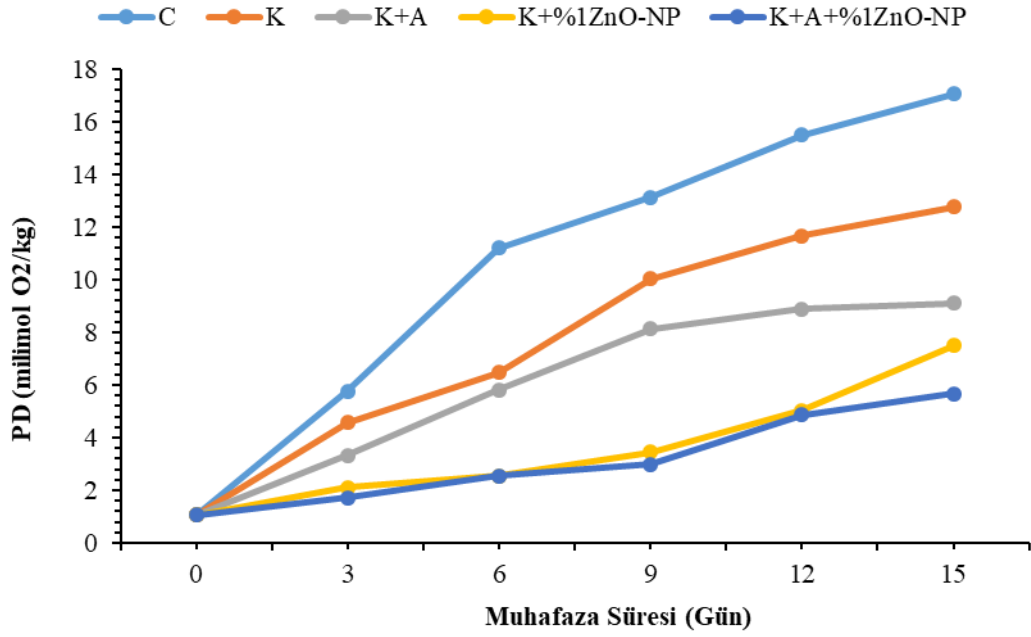
Çalışmada üretilen biyonanokompozit filmlerle kaplanmış gökkuşuğu alabalığı etinin muhafazası sırasında peroksit değerinde meydana gelen değişimler Tablo 3.4 ve Şekil 3.5'te sunulmuştur. 0. günde örneklerin PD 1,07 milimol O<sub>2</sub>/kg olarak tespit edilmiştir. Muhafazanın ilerlemesiyle birlikte bütün gruplarda PD artmıştır ( $p<0,05$ ). Bu durum, 4°C'de muhafaza sıcaklığı koşulları altında lipid bozulmasının devam ettiğini gösterir. Kaplama uygulanmayan grup (C) ile kitosanbazlı diğer deneysel gruplarda, gruplar arası ve günler arası fark önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. 15. günde C ve K gruplarının PD sırasıyla 17,05 milimol O<sub>2</sub>/kg ve 12,78 milimol O<sub>2</sub>/kg olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, kitosanbazlı kaplamanın soğutulmuş depolama sırasında peroksit üretimini geciktirmede etkili olduğunu göstermektedir. Bulgularımız, Fadiloğlu ve Emir

Çoban [19], Karaton Kuzgun ve Gürel İnanlı [93], Korkmaz vd. [105], Mozaffari vd. [79], araştırmacıların çalışma sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Araştırmacılar kitosan kaplamanın, soğukta muhafaza edilen gökkuşuğu alabalığı filetoalarında birincil lipidoksidasyon ürünlerinin üretimini geciktirmede etkili olduğunu bildirmiştir.

**Tablo 3.4.** Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) etinin 4°C’de muhafazası süresince tespit edilen PD (milimol O<sub>2</sub>/kg) değerleri

Muhafaza Süresi (Gün)	C	K	K+A	K+ %1ZnO- NP	K+A+ %1ZnO- NP
0	1,07±0,05 <sup>Af</sup>	1,07±0,05 <sup>Af</sup>	1,07±0,05 <sup>Ae</sup>	1,07±0,05 <sup>Ae</sup>	1,07±0,05 <sup>Af</sup>
3	5,77±0,11 <sup>Ae</sup>	4,58±0,11 <sup>Be</sup>	3,33±0,14 <sup>Cd</sup>	2,12±0,21 <sup>Dd</sup>	1,71±0,13 <sup>Ee</sup>
6	11,20±0,14 <sup>Ad</sup>	6,47±0,14 <sup>Bd</sup>	5,82±0,15 <sup>Cc</sup>	2,55±0,04 <sup>Dd</sup>	2,56±0,17 <sup>Dd</sup>
9	13,14±0,06 <sup>Ac</sup>	10,03±0,08 <sup>cB</sup>	8,14±0,22 <sup>Cb</sup>	3,46±0,02 <sup>Dc</sup>	3,00±0,20 <sup>Ec</sup>
12	15,49±0,20 <sup>Ab</sup>	11,66±0,06 <sup>Bb</sup>	8,90±0,11 <sup>Cab</sup>	5,04±0,16 <sup>Db</sup>	4,86±0,05 <sup>Eb</sup>
15	17,05±0,11 <sup>Aa</sup>	12,78±0,06 <sup>Ba</sup>	9,12±0,08 <sup>Ca</sup>	7,49±0,13 <sup>Da</sup>	5,67±0,09 <sup>Ea</sup>

C: Filmle kaplanmamış, K: Kitosan, K+A; Kitosan +Ayva çekirdeği müsülajı, K+%1Zn0-NP Kitosan+Çinkooksit nanopartikülleri, K+A+%1Zn0-NP: Kitosan+ Ayva çekirdeği müsülajı + Çinkooksit nanopartikülleri. A,B,C,D: Aynı satırdaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir (p<0,05) . a, b, c,d,e,f: Aynı sutundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir (p<0,05).



**Şekil 3.5.** Biyanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) depolama süresince PD (milimol O<sub>2</sub>/kg) değerlerinde meydana gelen değişimler (C: Filmle kaplanmamış, K: Kitosan, K+A; Kitosan +Ayva çekirdeği müsilağı, K+%1ZnO-NP: Kitosan+Çinkooksitnanopartikülleri, K+A+%1ZnO-NP: Kitosan+ Ayva çekirdeği müsilağı + Çinkooksitnanopartikülleri )

Ayva çekirdeği müsilağı ilaveli kitosan (K+A) film ile kaplanan gökkuşacağı alabalığı etinin peroksit değeri C ve K grubuna göre önemli derecede daha düşük olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Bu sonuçlar, ayva çekirdeği ilaveli kitosan filmlerin lipid oksidasyon değerini azalmada etkili olduğunu ortaya koymuştur. Jouka vd. [107], balık yüzeyindeki ayva çekirdeği müsilağı film tabakasının oksijen difüzyonuna dirençli olduğunu, bu nedenle de lipidoksidasyonunu geciktirebildiğini açıklamıştır. Araştırmacıların bir başka çalışmasında da [9], ayva çekirdeğine dayalı filmlerin iyi bir oksijen bariyeri ve antioksidan özelliğe sahip olduğu rapor edilmiştir.

Çalışmamızda %1 ZnO-NP ilave edilmiş grupların peroksit değerlerinin diğer gruplara kıyasla daha az olduğu görülmüştür. ZnO-NP'lerle kaplanmış örneklerin peroksit değerlerinin diğer gruplara göre düşük oluşu çinkonun antioksidan özelliğine bağlanabilir. Zn<sub>2+</sub>, serbest radikalleri emerek lipidperoksidasyonunu azaltabilir. Ek olarak, Zn<sub>2+</sub>, malondialdehit ve süperoksitdismutaz (SOD) üretimini azaltır. ZnO-NP'lerin antioksidan özelliği, diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Swain vd., 2016). Ayrıca bulgularımız, ayva çekirdeği müsilağı ve %1ZnO-NP lerin birlikte kullanılmasının sinerjistik etki yaparak K+%1ZnO-NP grubuna kıyasla birincil peroksidasyon sürecini yavaşlatmada belirgin etkiye sahip olduğunu göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Benzer şekilde, Jouki vd. [107], yaptıkları çalışmalarında kekik ve kekik esansiyel yağlarının, ayva çekirdeği müsilağı filmine dahil edildiklerinde iyi antioksidan aktivite gösterdiğini

bildirmiş, araştırmacılar depolamanın 18. gününde, %2 kekik esansiyel yağı ile birleştirilmiş AÇM film ile sarılmış numunelerin PD'lerinin, kontrol numunesininkinden %43 daha düşük olduğunu açıklamıştır. Araştırmamızda, muhafaza süresinin gökkuşuğu alabalığı filetosunun PD'i üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. Çalışma süresince C ve K grupları haricindeki örneklerin PD'leri önerilen kabul edilebilir seviye olan 10 milimol O<sub>2</sub>/kg'ı aşmamıştır [109],

### 3.2.5. Duyusal Analizler

Gıda endüstrisinin en önemli amaçlarından biri, tüketicinin talepleri doğrultusunda kaliteli gıda ürünleri üretmektir [112]. Rekabetçi gıda üretimi sektöründe, ürünlerin gerekli gıda güvenliği kontrollerinden geçmesi zorunlu olduğu kadar, ürünlerin tüketicilerden onay alması da büyük önem taşımaktadır. Bunun ışığında, tüketici tutumları hem beslenme hem de duyuşal yönler açısından giderek daha önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada, ZnO-nanopartiküller içeren kitosan/ayva çekirdeği müsilağı ile hazırlanan biyonanokompozit filmler üretilmiştir. Daha sonra bu filmler, gökkuşuğu alabalığı etine sarılarak filmlerin kimyasal ve duyuşal yönden etkinliğı araştırılmıştır.

Deneyisel olarak üretilen biyonanokompozit filmlerle kaplanan gökkuşuğu alabalığı örneklerinin duyuşal değerlendirme (renk, koku, görünüş ve genel kabul edilebilirlik) sonuçları Tablo 3.5 ve Şekil 3.7' de sunulmuştur. Duyusal değerlendirme panelistler tarafından yapılmıştır ve değerlendirmede 9 puanlık hedonik skala kullanılmıştır. Bu skalaya göre “ 9 puan = aşırı derecede beğendim “1 puan = aşırı derecede beğenmedim, olarak kabul edilmiş ve 4'ün altındaki duyuşal puanlamada ürünler değerlendirmeye alınmamıştır.

Duyuşal puanlar, muhafaza süresinin ilerlemesiyle birlikte bütün gruplarda önemli derecede düşüş göstermiştir. ( $p < 0,05$ ). Benzer sonuçlar, 4°C'de depolama sırasında alabalık filetolarına kitosan veya kitosan-üzüm çekirdeği ekstraktı kaplamasının uygulanmasına ilişkin bir çalışmada da bulunmuştur [86].

Renk ve görünüm, tüketiciyi bir ürüne çeken ve anlık satın alımlarda yardımcı olan unsurlardır. Satın alma noktasında tüketici, tazelik göstergesini sağlamak için görünüm faktörlerini kullanır. Bozunma reaksiyonları sonucunda gıllarda renk değışiklik gösterir. Yenilebilir filmlerin kaplamaların etkisiyle gıda ürünleri parlak bir görünüme kavuşur ve tüketiciye cazip hale gelir. Renk puanları, kaplama uygulanmayan (C) alabalık filetoları 6. gün, K ve K+A ile kaplanan örnekler 12. gün ve K+%1ZnO-NP ve K+A+%1ZnO-NP ile kaplanan örnekler 15. günde kabul edilebilirlik puanı olan 4'e ulaşmıştır. Renk puanları üzerinde grupların etkisinin önemli olduğu ( $p < 0,05$ ) belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Hassanzadeh vd. [86], Gürel İnanlı vd. [87] ve Mozaffari vd. [113]'in çalışma sonuçlarıyla paraleldir. Jung vd, [114] depolama sırasında balığın rengindeki değışiklikler, hem enzimatik hem de enzimatik olmayan reaksiyonlarla ilişkilendirilebilir, bu da miyofibriller proteinlerin bozulmasına ve miyofibrillerin düzensizleşmesine neden olur.

Mevcut çalışmada, gruplar arasında en düşük koku puanları C grubunda tespit edilmiştir. Kaplama yapılmış örneklerin koku puanları ile C grubu kıyaslandığında istatistiksel olarak önemli fark ( $p<0,05$ ) saptanmıştır. 15 günlük muhafaza süresince ZnO-NP'leri içeren gruplar panelistler tarafından daha yüksek puanlanmıştır. ZnO-NP'nin koku üzerinde etkisi önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. Bakteri enzim faaliyetleri sonucunda amonyak, monoetilamin, dimetilamin ve trimetilamin gibi bileşikler ortaya çıkar ve balık etinde kötü kokuları meydana getirir. Bu kokular ürünün bozulduğunun göstergesidir [115]. Kötü kokular C grubunda 6. günde, K ve K+A grubunda 12. günde ve K+%1ZnO-NP ve K+A+%1ZnO-NP gruplarında ise 15. günde ortaya çıkmıştır. Huss'a [116] göre balık etinin kalite kaybındaki ilk aşama esas olarak enzimik otolizden ve ikinci aşama mikrobiyal etkiden kaynaklanır. Bu mikroorganizmalar, renk, koku ve dokudaki değişiklikler nedeniyle gıdayı organoleptik olarak tüketim için kabul edilemez hale getirir.

Görünüş için kabul edilebilirlik sınırına C ile kaplanmış örnekler için 6. günde ulaşırken, K ve K+A ile kaplanmış örnekler 12. günde ve K+%1ZnO-NP ve K+A+%1ZnO-NP ile kaplanmış örnekler ise 15. günde sınıra ulaşmıştır. Görünüş bakımından gruplar arasındaki farklılık önemli ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. Panelistler, ayva çekirdeği müsiliği ilave edilen grupların bütün gruplar içinde daha şeffaf-parlak ama buruşuk bir görüntüde olduğunu ancak ZnO-NP ilavesinin filmlere mat ve pürüzsüz bir görünüm kazandırdığını ifade etmişlerdir. Aşağıdaki Şekil (Şekil 3.6)' her iki film ile kaplanmış gökkuşuğu alabalığı etinin görüntüsü sunulmuştur. Görünüş bakımından K+A grubu 12. güne kadar, K+%1ZnO-NP grubuna kıyasla daha yüksek puanlar almıştır ( $p<0,05$ ).



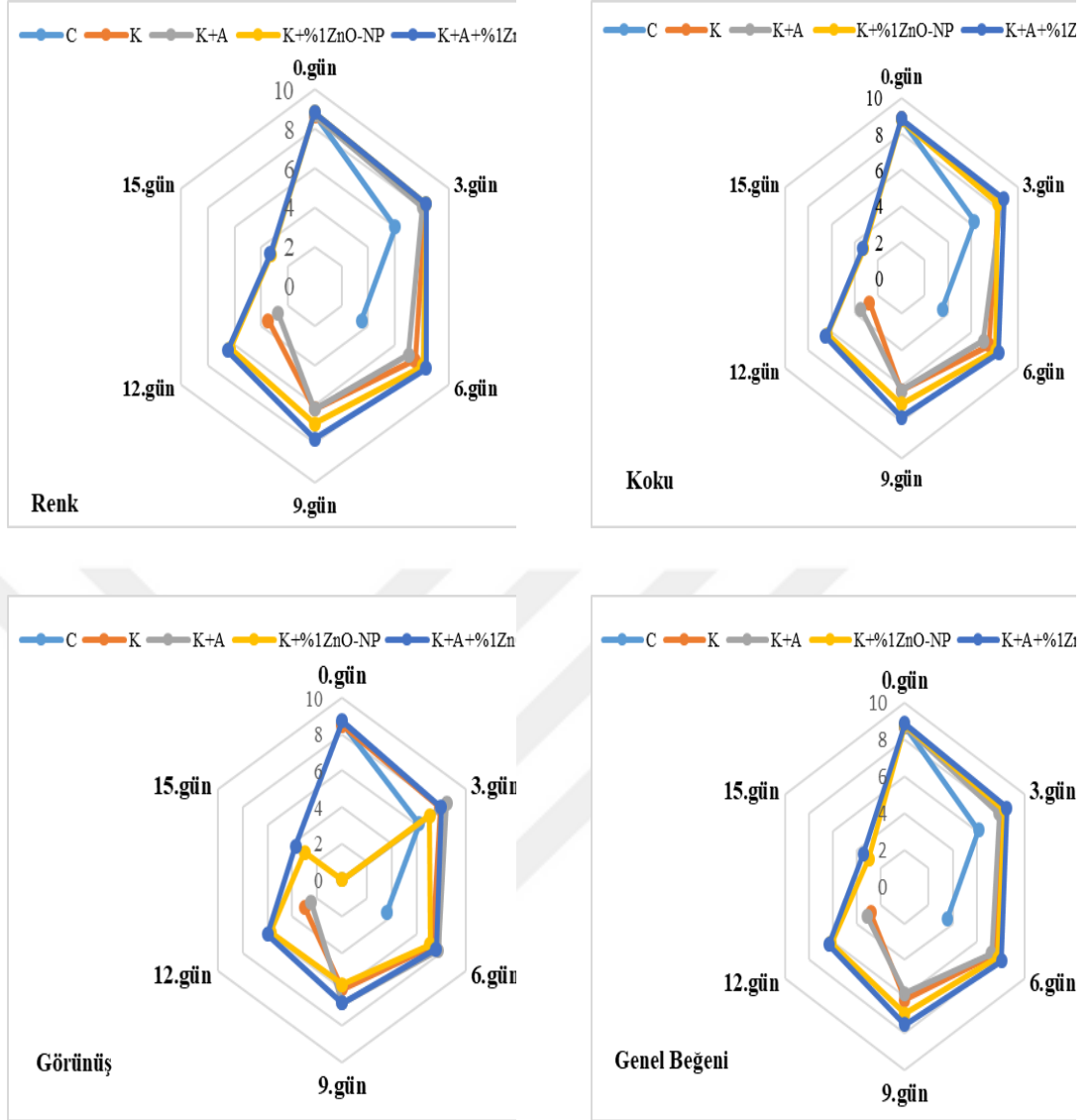
**Şekil 3.6.** Kitosan+ ayva çekirdeği müsiliği ve Kitosan+ %1ZnO-NP ile kaplanan alabalık etinin görünümü (3. Gün, Orijinal resim)

**Tablo 3.5.** Üretilen biyonanokompozit filmlerle kaplanan gökkuşuğu alabalığı örneklerinin duyuşal değerlendirme (renk, koku, görünüş ve genel kabul edilebilirlik) sonuçları

Kriter	Gruplar	Muhafaza Süresi (Gün)					
		0. gün	3. gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün
Renk	C	8,75±0,33	6,00±0,60	3,50±0,52 (DB)	AY	AY	AY
	K	8,67±0,45	8,25±0,67	7,50±0,53	6,25±0,62	3,50±0,62 (DB)	AY
	K+A	8,70±0,45	8,05±0,67	7,00±0,53	6,25±0,62	2,75±0,33 (DB)	AY
	K+%1ZnO-NP	8,83±0,39	8,33±0,65	8,08±0,51	7,00±0,45	6,33±0,39	3,25±0,45(DB)
	K+A+%1Zn0-NP	8,83±0,40	8,33±0,65	8,33±0,65	7,75±0,33	6,50±0,33	3,33±0,49(DB)
	C	8,83±0,45	6,25±0,53	3,50±0,52(DB)	AY	AY	AY
	K	8,83±0,45	8,33±0,53	7,50±0,53	6,25±0,62	2,75±0,62(DB)	AY
	K+A	8,83±0,45	8,50±0,62	7,00±0,53	6,25±0,62	3,50±0,33(DB)	AY
	K+%1ZnO-NP	8,75±0,62	8,25±0,51	8,08±0,51	7,00±0,45	6,33±0,39	3,25±0,45(DB)
	K+A+%1Zn0-NP	8,83±0,45	8,75±0,65	8,33±0,65	7,75±0,33	6,50±0,33	3,33±0,49(DB)
Koku	C	8,58±0,33	6,20±0,51	3,58±0,66(DB)	AY	AY	AY
	K	8,50±0,52	7,92±0,45	7,25±0,79	6,00±0,51	3,00±0,45(DB)	AY
	K+A	8, 75±0,49	8,42±0,33	7,75±0,45	6,75±0,74	2,50±0,33(DB)	AY
	K+%1ZnO-NP	8, 58±0,62	7,08±0,51	7,10±0,56	5,75,±0,79	5,75±0,51	3,00±0,51(DB)
Görünüş	K+A+%1Zn0-NP	8,75±0,51	8,00±0,33	7,58±0,51	6,75±0,45	6,00±0,51	3,75±0,51(DB)
	C	8,72±0,33	6,15±0,67	3,53±0,51(DB)	AY	AY	AY
	K	8,67±0,49	8,17±0,45	7,42±0,33	6,17±0,51	2,83±0,45(DB)	AY
	K+A	8,70±0,45	7,88±0,51	7,25±0,45	5,83±0,33	3,17±0,45(DB)	AY
Genel Beğeni	K+%1ZnO-NP	8,78±0,33	8,33±0,33	7,75±0,67	6,92±0,67	6,14±0,33	3,00±0,45(DB)
	K+A+%1Zn0-NP	8,85±0,45	8,53±0,67	8,08±0,51	7,5±0,33	6,33±0,51	3,47±0,33(DB)

DB: Duyusal Bozulma

AY: Analiz Yapılmadı



**Şekil 3.7.** Biyonanokompozit filmlerle kaplanan alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) depolama süresince duyusal niteliklerinde meydana gelen değişimler (C: Filmle kaplanmamış, K: Kitosan, K+A; Kitosan +Ayva çekirdeği müsilajı, K+%1ZnO-NP: Kitosan+Çinkooksit nanopartikülleri, K+A+%1ZnO-NP: Kitosan+ Ayva çekirdeği müsilajı + Çinkooksit nanopartikülleri )

Bu çalışmada kimyasal analiz sonuçları ile duyusal analiz sonuçlarının birbirlerinin destekler nitelikte olduğu görülmüştür. Buna göre raf ömrü, C grubu (ambalajsız) için 3 gün, K ve K+A kaplanmış örnekler için 9 gün ve K+%1ZnO-NP ve K+A+%1ZnO-NP ile kaplanmış alabalık örnekleri için 12 gün olmuştur.

Jouki vd. [107], esansiyel yağ ilaveli ayva çekirdeği müsilajı ve ile sarılmış gökkuşağı alabalığı fileto numunelerinin daha az balık kokusuna ve daha sıkı dokuya sahip olduğu, kontrol grubunun isedaha güçlü balık aromasına ve daha yumuşak dokuya sahip olduğu bildirmiştir.

Benzer şekilde, Heydari-Majd vd. [117], PLA/ZnO/ZEO ve PLA/ZnO/MEO kompozit filmlerin uygulanmasının *O. ruber* balık filetolarının buzdolabındaki raf ömrünü uzatabileceğini açıklamıştır. ZnO nanoparçacıkları, ZEO ve MEO'nun PLA ambalajının etkinliğini artırabileceği gösterildi. Ambalajsız filetolar, 7 günlük raf ömrüne sahip iken PLA/ZnO/ZEO ve PLA/ZnO/MEO filmler ile sarılan filetoların raf ömrünü 16 olmuştur.

Mohammadi vd. [104] (2019), 4 °C'de 12 gün saklanan, farklı filmlerle paketlenen piliç göğüs etinin kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada, piliç etinin raf ömrünün bamya müsilajı ve ZnO nanopartikülleri kullanılarak uzatılabileceğini rapor etmişlerdir. Çalışma sonunda bamya müsilajı ve ZnO nanopartikülleri filmi ile kaplanan piliç etinin raf ömrünü 12 gün olarak belirlemişlerdir.

Fadıloğlu ve Emir Çoban [19], gökkuşuğu alabalığı filetosunun duyusal raf ömrünü kontrol numuneleri için 3 gün, kitosan ile kaplanan örnekler için 9 gün, sumak ekstraktı içeren kitosan filmler ile örnekler için 12 gün olarak tespit etmişlerdir.

Mozaffari vd. (113), Bitki esansiyel yağlarını içeren kitosan kaplamaların, depolama sırasında gökkuşuğu alabalığının kimyasal ve mikrobiyal aktivitesini azalttığı ve bunun da gıdanın duyusal özellikleriyle önemli ve pozitif bir şekilde ilişkili olduğu sonucuna varmıştır. Bulgularımız bahsi geçen araştırmacıların bulgularıyla uyumludur.

## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneysel olarak üretilmiş farklı yenilebilir filmlerle kaplanan ve 4 °C'de 15günmuhafaza edilen, gökkuşağı alabalığı etinin kalitesi üzerine yaptığımız çalışmanın sonuçları, balıkentinin raf ömrünün kitosan ve ZnO nanopartikülleri kullanılarak uzatılabileceğini göstermektedir.

- Ayva çekirdeği ve ZnO nanoparçacıkları ilave edilen filmler ile kaplanan örnekler, kitosankaplı örneklerle karşılaştırıldığında, istenmeyen niteliksel değişiklikler daha yavaş bir hızda ilerlemiştir ( $p<0,05$ ).
- ZnO nanoparçacıklarının polimerik matrise dahil edilmesi, filmin antioksidan kabiliyetini artırmıştır.
- Duyusal özellikler üretilen biyonanokompozit filmlerin içeriğinden etkilenmiştir. Kitosan+ ayva çekirdeği müsilağı+ZnO nanoparçacıkları ile ambalajlanmış örneklerdiğer gruplardan (C, K, K+A) daha yüksek puanlar almıştır.
- Kimyasal veriler, duysal analizleri destekler nitelikte olmuştur. Kaplama uygulanmayan örneklerin raf ömrü 3 gün olarak tespit edilirken, Kitosan ve Kitosan+Ayva çekirdeği müsilağı ile kaplanan örneklerin raf ömrü 9 gün olarak belirlenmiştir. %1 ZnO-NP'ler ilave edilen filmlerle kaplanan gökkuşağı alabalığı örneklerinin raf ömrü ise diğer gruplara kıyasla artırmıştır ( $p<0,05$ ). ZnO-NP ilave edilen grupların raf ömrü 12 gün olarak tespit edilmiştir.
- Kitosan'a ilave edilen ZnO-NP ve ayva çekirdeği müsilağı, soğutulmuş gökkuşağı alabalığı eti kalitesinin daha etkin bir şekilde uzatılmasına ve korunmasına katkıda bulunmuştur.

Balıkentindeki yüksek doymamış yağ asidi içeriği, bu yiyeceği oksidasyona özellikle yatkın hale getirir. Çalışmanın sonuçlarına göre, birlikte ele alındığında ayva çekirdeği müsilağı /ZnO-NP ile kombinasyonu gökkuşağı alabalığı ve diğer deniz ürünlerinin soğuk hava depolarında muhafazasını iyileştirmek için çevreye etkisi olmayan umut verici bir alternatif bir ambalaj malzemesi olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Kumar, S., Mukherjee, A., & Dutta, J. (2020). Chitosan based nanocomposite films and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 196-209.
- [2] Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., ... & Suh, S. (2020). Degradation rates of plastics in the environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(9), 3494-3511.
- [3] Dessbesell, L., Paleologou, M., Leitch, M., Pulkki, R., & Xu, C. C. (2020). Global lignin supply overview and kraft lignin potential as an alternative for petroleum-based polymers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 123, 109768.
- [4] Ferreira, A. R., Alves, V. D., & Coelho, I. M. (2016). Polysaccharide-based membranes in food packaging applications. *Membranes*, 6(2), 22.
- [5] Mohamed, S. A., El-Sakhawy, M., & El-Sakhawy, M. A. M. (2020). Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178.
- [6] Roy, S., & Rhim, J. W. (2020). Preparation of carbohydrate-based functional composite films incorporated with curcumin. *Food Hydrocolloids*, 98, 105302.
- [7] Gasti, T., Dixit, S., D'souza, O. J., Hiremani, V. D., Vootla, S. K., Masti, S. P., ... & Malabadi, R. B. (2021). Smart biodegradable films based on chitosan/methylcellulose containing *Phyllanthus reticulatus* anthocyanin for monitoring the freshness of fish fillet. *International Journal of Biological Macromolecules*, 187, 451-461.
- [8] Pinheiro, A. C., Bourbon, A. I., Cerqueira, M. A., Maricato, É., Nunes, C., Coimbra, M. A., & Vicente, A. A. (2015). Chitosan/fucoidan multilayer nanocapsules as a vehicle for controlled release of bioactive compounds. *Carbohydrate polymers*, 115, 1-9.
- [9] Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., & Koocheki, A. (2014a). Quince seed mucilage films incorporated with oregano essential oil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. *Food Hydrocolloids*, 36, 9-19.
- [10] Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., & Koocheki, A. (2013). Physical, barrier and antioxidant properties of a novel plasticized edible film from quince seed mucilage. *International journal of biological macromolecules*, 62, 500-507.
- [11] Yildirim, S., Röcker, B., Pettersen, M. K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., ... & Coma, V. (2018). Active packaging applications for food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 165-199.
- [12] Carbone, M., Donia, D. T., Sabbatella, G., & Antiochia, R. (2016). Silver nanoparticles in polymeric matrices for fresh food packaging. *Journal of King Saud University-Science*, 28(4), 273-279.
- [13] Darvishi, E., Kahrizi, D., & Arkan, E. (2019). Comparison of different properties of zinc oxide nanoparticles synthesized by the green (using *Juglans regia* L. leaf extract) and chemical methods. *Journal of Molecular Liquids*, 286, 110831.
- [14] Pelissari, F. M., Yamashita, F., & Grossmann, M. V. E. (2011). Extrusion parameters related to starch/chitosan active films properties. *International journal of food science & technology*, 46(4), 702-710.
- [15] Hajibeygi, M., Maleki, M., Shabanian, M., Ducos, F., & Vahabi, H. (2018). New polyvinyl chloride (PVC) nanocomposite consisting of aromatic polyamide and chitosan modified ZnO nanoparticles with enhanced thermal stability, low heat release rate and improved mechanical properties. *Applied Surface Science*, 439, 1163-1179.
- [16] Ashie, I. N. A., Smith, J. P., Simpson, B. K., & Haard, N. F. (1996). Spoilage and shelf-life extension of fresh fish and shellfish. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 36(1-2), 87-121.

- [17] Alboghbeish, H., & Khodanazary, A. (2018). The comparison of quality characteristics of refrigerated *Carangoides coeruleopinnatus* fillets with chitosan and nanochitosan coating. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(11), 957-967.
- [18] İzci, L., & Şimşek, O. (2018). Determination of quality properties of meagre (*Argyrosomus regius*) fillets coated with chitosan-based edible films. *Journal of Food Safety*, 38(1), e12386.
- [19] Fadiloğlu, E.E., & Emir Çoban, Ö., (2018). Effects of Chitosan Edible Coatings Enriched with Sumac on the Quality and the Shelf life of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) fillets. *Journal of Food Safety*, 38(6), 12545.
- [20] Chang, S. H., Chen, Y. J., Tseng, H. J., Hsiao, H. I., Chai, H. J., Shang, K. C., ... & Tsai, G. J. (2021). Antibacterial Activity of Chitosan–Polylactate Fabricated Plastic Film and Its Application on the Preservation of Fish Fillet. *Polymers*, 13(5), 696.
- [21] Embuscado, M. E., & Huber, K. C. (2009). *Edible films and coatings for food applications* (Vol. 9). New York, NY, USA:: Springer.
- [22] Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F., & Aguilera, J. M. (2010). *Food hydrocolloid edible films and coatings*. U: *Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures* (Hollingworth, CS, ured.).
- [23] Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H., & Masoudpour-Behabadi, M. (2016). Development of Edible Films and Coatings from Alginates and Carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 137, 360-374.
- [24] Tharanathan, R.N. (2003). *Biodegradable Films and Composite Coatings: Past, Present and Future*. *Trends in Food Science & Technology*, 14(3), 71-78.
- [25] Rhim, J. W., Mohanty, A. K., Singh, S. P., & Ng, P. K. (2006). Effect of the processing methods on the performance of polylactide films: Thermocompression versus solvent casting. *Journal of applied polymer science*, 101(6), 3736-3742.
- [26] Jensen, A., Lim, L. T., Barbut, S., & Marcone, M. (2015). Development and characterization of soy protein films incorporated with cellulose fibers using a hot surface casting technique. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 162-170.
- [27] Koide, Y., Ikake, H., Muroga, Y., & Shimizu, S. (2013). Effect of the cast-solvent on the morphology of cast films formed with a mixture of stereoisomeric poly (lactic acids). *Polymer journal*, 45(6), 645-650.
- [28] Cha, D. S., Cooksey, K., Chinnan, M. S., & Park, H. J. (2003). Release of nisin from various heat-pressed and cast films. *LWT-Food Science and Technology*, 36(2), 209-213.
- [29] Velaga, S. P., Nikjoo, D., & Vuddanda, P. R. (2018). Experimental Studies and Modeling of the Drying Kinetics of Multicomponent Polymer Films. *AAPS PharmSciTech*, 19(1), 425-435.
- [30] Tapia-Blácido, D. R., do Amaral Sobral, P. J., & Menegalli, F. C. (2013). Effect of drying conditions and plasticizer type on some physical and mechanical properties of amaranth flour films. *LWT-Food Science and Technology*, 50(2), 392-400.
- [31] Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International food research journal*, 15(3), 237-248.
- [32] Chiralt, A., González-Martínez, C., Vargas, M., & Atarés, L. (2018). Edible films and coatings from proteins in: proteins in food processing.
- [33] Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International journal of biological macromolecules*, 109, 1095-1107.
- [34] Díaz-Montes, E. (2022). Polysaccharides: Sources, Characteristics, Properties, and Their Application in Biodegradable Films. *Polysaccharides*, 3(3), 480-501.

- [35] Chen, H., Jia, Y., & Guo, Q. (2020). Polysaccharides and polysaccharide complexes as potential sources of antidiabetic compounds: A review. *Studies in Natural Products Chemistry*, 67, 199-220.
- [36] Kraan, S. (2012). Algal polysaccharides, novel applications and outlook. In *Carbohydrates-comprehensive studies on glycobiology and glycotecnology*. IntechOpen.
- [37] Zhao, W., Liu, W., Li, J., Lin, X., & Wang, Y. (2015). Preparation of Animal Polysaccharides Nanofibers by Electrospinning and Their Potential Biomedical Applications. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 103(2), 807-818.
- [38] Kaur, R., Panwar, D., & Panesar, P. S. (2020). Biotechnological approach for valorization of whey for value-added products. In *Food Industry Wastes* (pp. 275-302). Academic Press.
- [39] Angelin, J., & Kavitha, M. (2020). Exopolysaccharides from probiotic bacteria and their health potential. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 853-865.
- [40] Giavasis, I. (2014). Bioactive fungal polysaccharides as potential functional ingredients in food and nutraceuticals. *Current opinion in biotechnology*, 26, 162-173.
- [41] Hammann, F., & Schmid, M. (2014). Determination quantification of molecular interactions in protein films: A review. *Materials*, 7(12), 7975-7996.
- [42] Fox, P. F., & Brodtkorb, A. (2008). The casein micelle: Historical aspects, current concepts and significance. *International dairy journal*, 18(7), 677-684.
- [43] Diak, O. A., Bani-Jaber, A., Amro, B., Jones, D., & Andrews, G. P. (2007). The manufacture and characterization of casein films as novel tablet coatings. *Food and Bioproducts processing*, 85(3), 284-290.
- [44] Galus, S., & Lenart, A. (2019). Optical, mechanical, and moisture sorption properties of whey protein edible films. *Journal of Food Process Engineering*, 42(6), e13245.
- [45] Dangaran, K., Tomasula, P. M., & Qi, P. (2009). Structure and function of protein-based edible films and coatings. In *Edible films and coatings for food applications* (pp. 25-56). Springer, New York, NY.
- [46] Umaraw, P., & Verma, A. K. (2017). Comprehensive review on application of edible film on meat and meat products: An eco-friendly approach. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(6), 1270-1279.
- [47] Moore, G. R. P., Martelli, S. M., Gandolfo, C., do Amaral Sobral, P. J., & Laurindo, J. B. (2006). Influence of the glycerol concentration on some physical properties of feather keratin films. *Food Hydrocolloids*, 20(7), 975-982.
- [48] Poole, A. J., & Church, J. S. (2015). The effects of physical and chemical treatments on Na<sub>2</sub>S produced feather keratin films. *International journal of biological macromolecules*, 73, 99-108.
- [49] Lacroix, M., & Vu, K. D. (2014). Edible coating and film materials: proteins. In *Innovations in food packaging* (pp. 277-304). Academic Press.
- [50] Coltelli, M. B., Wild, F., Bugnicourt, E., Cinelli, P., Lindner, M., Schmid, M., ... & Lazzeri, A. (2015). State of the art in the development and properties of protein-based films and coatings and their applicability to cellulose based products: An extensive review. *Coatings*, 6(1), 1.
- [51] Milani, J. M., & Tirgarian, B. (2020). An overview of edible protein-based packaging: Main sources, advantages, drawbacks, recent progressions and food applications. *Journal of Packaging Technology and Research*, 4(1), 103-115.
- [52] Chen, H., Wang, J., Cheng, Y., Wang, C., Liu, H., Bian, H., ... & Han, W. (2019). Application of protein-based films and coatings for food packaging: A review. *Polymers*, 11(12), 2039.
- [53] Rani, S., & Kumar, R. (2019). A review on material and antimicrobial properties of soy protein isolate film. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(8), 1613-1628.
- [54] Kumar, L., Ramakanth, D., Akhila, K., & Gaikwad, K. K. (2021). Edible films and coatings for food packaging applications: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 1-26.

- [55] Dhaka, R., & Upadhyay, A. (2018). Edible films and coatings: a brief overview. *The Pharma Innovation Journal*, 7(7), 331-33
- [56] Sothornvit, R., & Krochta, J. M. (2005). Plasticizers in edible films and coatings. In *Innovations in food packaging* (pp. 403-433). Academic Press.3.
- [57] Nešić, A., Cabrera-Barjas, G., Dimitrijević-Branković, S., Davidović, S., Radovanović, N., & Delattre, C. (2019). Prospect of polysaccharide-based materials as advanced food packaging. *Molecules*, 25(1), 135.
- [58] Nestic, A. R., & Seslija, S. I. (2017). The influence of nanofillers on physical–chemical properties of polysaccharide-based film intended for food packaging. In *Food packaging* (pp. 637-697). Academic Press.
- [59] Bourtoom, T. (2009). Edible protein films: properties enhancement. *International Food Research Journal*, 16(1), 1-9.
- [60] Dea, S., Ghidelli, C., Pérez-Gago, M. B., & Plotto, A. (2012). Coatings for minimally processed fruits and vegetables. *Edible coatings and films to improve food quality*. CRC Press, Boca Raton, FL, 243-290.
- [61] Yousuf, B., Sun, Y., & Wu, S. (2021). Lipid and Lipid-containing Composite Edible Coatings and Films. *Food Reviews International*, 1-24.
- [62] Sánchez-Ortega, I., García-Almendárez, B. E., Santos-López, E. M., Amaro-Reyes, A., Barboza-Corona, J. E., & Regalado, C. (2014). Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation. *The Scientific World Journal*, 2014.
- [63] Kardas, I., Struszczyk, M. H., Kucharska, M., van den Broek, L. A., van Dam, J. E., & Ciechańska, D. (2012). Chitin and chitosan as functional biopolymers for industrial applications. *The European polysaccharide network of excellence (EPNOE)*, 329-373.
- [64] Abdelmalek, B. E., Sila, A., Haddar, A., Bougateg, A., & Ayadi, M. A. (2017).  $\beta$ -Chitin and chitosan from squid gladius: Biological activities of chitosan and its application as clarifying agent for apple juice. *International journal of biological macromolecules*, 104, 953-962.
- [65] Sivaselvi, K., & Ghosh, P. (2017). Characterization of modified Chitosan thin film. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 442-451.
- [66] Abdallah, M. R., Mohamed, M. A., Mohamed, H. M., & Emara, M. M. (2017). Improving the sensory, physicochemical and microbiological quality of pastirma (A traditional dry cured meat product) using chitosan coating. *LWT*, 86, 247-253.
- [67] Nataraj, D., Sakkara, S., Meghwal, M., & Reddy, N. (2018). Crosslinked chitosan films with controllable properties for commercial applications. *International journal of biological macromolecules*, 120, 1256-1264.
- [68] Aider, M. (2010). Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry. *LWT-food science and technology*, 43(6), 837-842.
- [69] Karaton Kuzgun, N. & İnanlı, A. G. (2013). Kitosan Üretimi ve Özellikleri İle Kitosanın Kullanım Alanları . *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* , (2) , 16-21.
- [70] Barikani, M., Oliaei, E., Seddiqi, H., & Honarkar, H. (2014). Preparation and application of chitin and its derivatives: a review. *Iranian Polymer Journal*, 23(4), 307-326.
- [71] Elsabee, M. Z., & Abdou, E. S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 33(4), 1819-1841.
- [72] Beikzadeh, S., Khezerlou, A., Jafari, S. M., Pilevar, Z., & Mortazavian, A. M. (2020). Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. *Advances in colloid and interface science*, 280, 102164.

- [73] Al-Naamani, L., Dobretsov, S., & Dutta, J. (2016). Chitosan-zinc oxide nanoparticle composite coating for active food packaging applications. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 38, 231-237.
- [74] Ghumman, S. A., Mahmood, A., Noreen, S., Rana, M., Hameed, H., Ijaz, B., ... & ur Rehman, M. F. (2022). Formulation and evaluation of quince seeds mucilage–sodium alginate microspheres for sustained delivery of cefixime and its toxicological studies. *Arabian Journal of Chemistry*, 15(6), 103811.
- [75] Jiang, Y., & Li, Y. (2001). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit, *Food Chemistry*, 73, 2, 139-143.
- [76] AOAC. Ash content in meat. 920.153, 2002a. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists (17th Ed.)* Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.
- [77] AOAC. Crude protein 928.08. 2002b. *Official Methods of Analysis (17th ed.)*. Association of Official Analytical Chemists Gaithersburg, Maryland.
- [78] AOAC. Fat content in meat. 960.39. 2002c. *Official Methods of Analysis (17th ed.)*. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.
- [79] AOAC. Moisture content. 950.46. 2002d. *Official Methods of Analysis (17th ed.)*. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland.
- [80] AOAC. Ph 981.12. 2002e. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists*, Ed. Arlington, K., (17th. Ed.), Gaithersburg, Maryland.
- [81] Gasseem, M. A. (2019). Microbiological and chemical quality of a traditional salted-fermented fish (Hout-Kasef) product of Jazan Region, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(1), 137-140.
- [82] Tarladgis, B.G., Watts, B.M., Younathan, M.T., & Dugan, L.R. (1960). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 37, 44–48.
- [83] Matissek, R., Schnepel, M.F., & Steine, G. (1992). *Lebensmittelanalytik, Grundzüge, Methoden, Anwendungen*. Springer, Zweite korrigierte Auflage, Berlin.
- [84] Ojagh, S. M., & Rezaei, M. Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. (2010a). Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. *Food Chemistry*, 122(1), 161-166.
- [85] Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. (2010b). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food chemistry*, 120(1), 193-198.
- [86] Hassanzadeh, P., Moradi, M., Vaezi, N., Moosavy, M. H., & Mahmoudi, R. (2018). Effects of chitosan edible coating containing grape seed extract on the shelf-life of refrigerated rainbow trout fillet. In *Veterinary Research Forum (Vol. 9, No. 1, p. 73)*. Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.
- [87] Gürel İnanlı, A., Çoban, Ö. E., Yüce, S., Uğur, Y., & Çelik, B. (2020). Doğal Ekstraktlarla Zenginleştirilmiş Kitosan Kaplamanın Balık Filetolarının Raf Ömrü Ve Yağ Asidi Kompozisyonuna Etkileri. *Bilimler*, 1.
- [88] Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., & Brooks, M. S. (2010). Fish spoilage mechanisms and preservation techniques. *American journal of applied sciences*, 7(7), 859.
- [89] Mexis, S. F., Chouliara, E. & Kontominas, M. G. (2009). Combined effect of an O<sub>2</sub> absorber and oregano essential oil on shelf-life extension of Greek cod roe paste (tarama salad) stored at 4 °C, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10 (4), 572-579.

- [90] Püssa, T., Raudsepp, P., Toomik, P., Pällin, R., Mäeorg, U., Kuusik, S., ... & Rei, M. (2009). A study of oxidation products of free polyunsaturated fatty acids in mechanically deboned meat. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(4), 307-314.
- [91] Tarkhasi, A. (2016). Effect of edible coating containing pomegranate peel extract on quality and shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillet during refrigerated storage. *J Food Ind Microbiol* 2, 112.
- [92] Remya, S., Mohan, C. O., Bindu, J., Sivaraman, G. K., Venkateshwarlu, G., & Ravishankar, C. N. (2016). Effect of chitosan based active packaging film on the keeping quality of chilled stored barracuda fish. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 685-693.
- [93] Karaton Kuzgun, N. & Gürel İnanlı, A., (2018). The Investigation of the Shelf Life at  $2 \pm 1^\circ\text{C}$  of *Luciobarbus esocinus* Fillets Packaged with Films Prepared with the Addition of Different Essential Oils and Chitosan. *J Food Sci Technol*. 55(7):2692–2701.
- [94] Foumani, A.S., Sharifi Soltani, F., Zomorodi, M., Jafarian, S., & Khosrowshahi Asl, A. (2022). Effect of chia seed mucilage coating containing zinc oxide nanoparticles on shelf life of chicken fillet. In *Veterinary Research Forum. Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University*.
- [95] Kolakowska, A., & Bartosz, G. (2014). Oxidation of food components: an introduction. *Food Oxidants and Antioxidants Chemical, Biological and Functional Properties*; Bartosz, G., Ed, 550.
- [96] Can, Ö. P., & Patır, B. (2012). Kitosan kaplamannın gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) filetolarının raf ömrü üzerine etkisi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 42(4), 148-154.
- [97] Köse, S., Karaçam, H., Kutlu, S., & Boran, M. (2001). Investigating the shelf-life of the anchovy dish called 'Hamsikuşu' in frozen storage at  $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ . *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25, 651-656.
- [98] Schormüller, S.A.A., El-Sakhawy, M., & El-Sakhawy, M.A.-M. (2020). Polysaccharides, protein and lipid –based natural edible films in food packaging: A review *Carbohydrate Polymers*, 238.
- [99] Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., Gómez-Guillén, M. C., López-Caballero, M. E., & Montero, P. (2009). Antimicrobial activity of composite edible films based on fish gelatin and chitosan incorporated with clove essential oil. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18(1-2), 46-52.
- [100] Petrou, S., Tsiraki, M., Giatrakou, V., & Savvaidis, I. N. (2012). Chitosan dipping or oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat. *International journal of food microbiology*, 156(3), 264-271.
- [101] Izci, L., Ekici, F., & Günlü, A. (2017). Coating with chitosan film of sea bream (*Sparus aurata*) fillets: determining shelf life in refrigerator conditions. *Food Science and Technology*, 38, 54-59.
- [102] Nagajyothi, P. C., Cha, S. J., Yang, I. J., Sreekanth, T. V. M., Kim, K. J., & Shin, H. M. (2015). Antioxidant and anti-inflammatory activities of zinc oxide nanoparticles synthesized using *Polygala tenuifolia* root extract. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 146, 10-17.
- [103] Suresh, D., & Nethravathi, P. C. (2015). Udayabhanu; Rajanaika, H.; Nagabhusana, H.; Sharma, SC Green synthesis of multifunctional zinc oxide (ZnO) nanoparticles using *Cassia fistula* plant extract and their photodegradative, antioxidant and antibacterial activities. *Mater. Sci. Semicond. Process*, 31, 446-454.
- [104] Mohammadi, H., Kamkar, A., Misaghi, A., Zunabovic-Pichler, M., & Fatehi, S. (2019). Nanocomposite films with CMC, okra mucilage, and ZnO nanoparticles: Extending the shelf-life of chicken breast meat. *Food Packaging and Shelf Life*, 21, 100330.
- [105] Korkmaz, F., Kocaman, E. M., & Gonca, A. L. A. K. (2019). Using of quinoa based film to extend the shelf life of rainbow trout fillets under cold storage ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ) condition. *Marine Science and Technology Bulletin*, 8(2), 76-84.
- [106] Uçak, I. (2019). Physicochemical and antimicrobial effects of gelatin-based edible films incorporated with garlic peel extract on the rainbow trout fillets. *Prog. Nutr*, 21, 232-240.

- [107] Jouki, M., Mortazavi, S. A., Yazdi, F. T., Koocheki, A., & Khazaei, N. (2014b). Use of quince seed mucilage edible films containing natural preservatives to enhance physico-chemical quality of rainbow trout fillets during cold storage. *Food Science and Human Wellness*, 3(2), 65-72.
- [108] European Union. Commission Regulation (EC) No. 2074/2005 of 5 December 2005 laying down implementing measures for certain products under Regulation (EC) No. 853/2004 of the European Parliament and of the Council and for the organisation of official controls under Regulation (EC) No. 854/2004 of the European Parliament and of the Council and Regulation (EC) No. 882/2004 of the European Parliament and of the Council, derogating from Regulation (EC) No. 852/2004 of the European Parliament and of the Council and amending Regulations (EC) No. 853/2004 and (EC) No. 854/2004. *Off. J. Eur. Union* 2005, 48, 27–59
- [109] Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., & Gün, H. (1993). Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 17, İstanbul,. sf:174.
- [110] Suo, B., Li, H., & Wang, Y. (2016). Effects of ZnO nanoparticle coated packaging film on pork meat quality during cold storage. *J Sci Food Agric*, 97(7), 2023-2029.
- [111] Souza, V.G.L., Rodrigues, C., Valente, S., Pimenta, C., Pires, J.R.A., Alves, M.M., Santos, C.F., Coelho, I.M., & Fernando, A.L. (2020). Eco-Friendly ZnO/Chitosan Bionanocomposites Films for Packaging of Fresh Poultry Meat. *Coatings*, 10,2,110.
- [112] Coban, M.Z., & Coban, O.E., (2020). Potency and Use of Chia Mucilage Coating Containing Propolis Liquid Extract for Improves Shelf-Life of Sea Bass Fillets. *Acta Sci.Pol. Technol. Aliment*. 19(3), 255-260.
- [113] Mozaffari, P., Pashangeh, S., Berizi, E., Majlesi, M., Hosseinzadeh, S., Salehi, S. O., ... & Giannakis, S. (2022). Potential of nanochitosan coating combined with walnut green husk to improve the preservation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during refrigerated storage. *Environmental Research*, 214, 114019.
- [114] Jung, S., Ghoul, M., & de Lamballerie-Anton, M. (2003). Influence of high pressure on the color and microbial quality of beef meat. *LWT-Food Science and Technology*, 36(6), 625-631.
- [115] Ergür, N. ve Emir Çoban, Ö., (2020). Gökkuşluğu Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) Duyusal Kalitesi Üzerine Kurt Üzümü Ekstraktı İçeren Çiya (*Salvia hispanica*) Müsilaj Kaplamanın Etkisi, *Ecological Life Sciences (NWSAELS)*, 15(4):134-142.
- [116] Huss, H. H. (1988). Fresh fish--quality and quality changes: a training manual prepared for the FAO/DANIDA Training Programme on Fish Technology and Quality Control (No. 29). Food & Agriculture Org..
- [117] Heydari-Majd, M., Ghanbarzadeh, B., Shahidi-Noghabi, M., Najafi, M. A., & Hosseini, M. (2019). A new active nanocomposite film based on PLA/ZnO nanoparticle/essential oils for the preservation of refrigerated *Otolithes ruber* fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 19, 94-103.