



**NANOKOMPOZİT KAPLAMA
MATERYALLERİNİN ALABALIK
FİLETOLARINDA KULLANIM İMKÂNLARI**

Pınar KIZILKAYA

Doktora Tezi

Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Nanobilim ve Nanomühendislik

Nanobiyoteknoloji

2020

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**NANOKOMPOZİT KAPLAMA MATERYALLERİNİN ALABALIK
FİLETOLARINDA KULLANIM İMKÂNLARI**

Pınar KIZILKAYA

**NANOBİLİM VE NANOMÜHENDİSLİK
Nanobiyoteknoloji**

**ERZURUM
2020**

Her hakkı saklıdır

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

NANOKOMPOZİT KAPLAMA MATERYALLERİNİN ALABALIK
FİLETOLARINDA KULLANIM İMKÂNLARI

Prof. Dr. Mükerrerem KAYA danışmanlığında, Pınar KIZILKAYA tarafından hazırlanan bu çalışma, 12/05/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı Nanobiyoteknoloji Bilim Dalı'nda doktora tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU <i>Ege Üniversitesi</i>	
Danışman:	Prof. Dr. Mükerrerem KAYA <i>Atatürk Üniversitesi</i>	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Halil VURAL <i>Hacettepe Üniversitesi</i>	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Güzin KABAN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Özlem BARIŞ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	

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

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Natural and
Applied Sciences

turnitinT.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Doktora Tezi olarak *Prof. Dr. Mürkerrem KAYA* danışmanlığında sunulan “Nanokompozit kaplama materyallerinin alabalık filetolarında kullanım imkanları” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	5	30
Kaynak Özetleri	4	30
Materyal ve Yöntem	32	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	18	20
Sonuç	12	20
Tezin Geneli	21	25

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

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

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Pınar KIZILKAYA	Prof. Dr. Mürkerrem KAYA
8.6.2020	8.6.2020
İmza:	İmza:

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

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

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

Not: Bu form, Tezin son şekline uygun olarak bilgisayar ortamında doldurulmalı, çıktısı imzalanıp Tezin sonuna eklenmelidir.

ÖZET

Doktora Tezi

NANOKOMPOZİT KAPLAMA MATERYALLERİNİN ALABALIK FİLETOLARINDA KULLANIM İMKÂNLARI

Pınar KIZILKAYA

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nanobilim ve Nanomühendislik
Nanobiyoteknoloji

Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Araştırmada kitosana titanyum dioksit nanopartikülleri ve/veya rosmarinik asit eklenerek hazırlanan nanokompozit kaplamaların Gökkuşığı Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında kalite özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla iki farklı nanokompozit kaplama ve kitosan kaplama materyali hazırlanmış ve alabalık filetolarına uygulanmıştır. Nanokompozit kaplama materyalleri, kullanılmadan önce nanokompozit yapının oluşup oluşmadığını belirlemek amacıyla testlere (XRD, FT-IR, SEM-EDX ve AFM) tabi tutulmuştur. Kontrol grubu (nanokompozit veya kitosan uygulanmayan) ile nanokompozit (kitosan + titanyum dioksit ve kitosan + titanyum dioksit+rosmarinik asit) ve kitosan uygulanan alabalık filetoları modifiye atmosfer koşullarında (%40 CO₂ + %30 O₂ + %30 N₂) ambalajlanmış ve +4°C’de muhafaza edilmiştir. Muhafazanın belirli günlerinde alınan örnekler fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Rosmarinik asit ve nano ölçekli TiO₂ ile nanokompozit bir yapının oluştuğu XRD, FT-IR, SEM ve AFM analizler ile teyit edilmiştir. Kaplama ve depolama süresi faktörlerinin toplam aerobik mezofilik bakteri ve psikrotrofik bakteri üzerinde önemli derecede (P<0,01) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Laktik asit bakteri sayısı ise kaplamalı ürünlerde depolama sırasında saptanabilir sınırın altında tespit edilmiştir. Kontrol grubu örnekler, kaplama uygulanmış örneklerle göre depolama süresince daha yüksek TVB-N ve pH değerleri vermiştir. Rosmarinik asit içeren kaplama uygulaması, depolama süresi ilerledikçe L* değerini artırmıştır. Aynı zamanda rosmarinik asit depolamanın son günlerinde TBARS değerinde artışa neden olmuştur.

2020, 88 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kitosan, titanyum dioksit, rosmarinik asit, XRD, SEM, Gökkuşığı alabalığı, toplam aerobik mezofilik bakteri

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

USAGE POSSIBILITIES OF NANO COMPOSITE COATING MATERIALS IN TROUT FILETS

Pınar KIZILKAYA

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Nanoscience and Nanoengineering
Nanobiotechnology

Supervisor: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

The aim of the study was to determine the effects of nanocomposite coatings prepared by adding titanium dioxide nanoparticles and / or rosmarinic acid to chitosan on the quality characteristics of Rainbow trout fillets (*Oncorhynchus mykiss*). For this purpose, two different nanocomposite coatings and chitosan coating materials were prepared and applied to trout fillets. Nanocomposite coating materials were subjected to tests (XRD, FT-IR, SEM-EDX and AFM) to determine whether a nanocomposite structure was formed before use. The control group (without no applied nanocomposite or chitosan) and trout fillets coated with nanocomposite (chitosan + titanium dioxide, and chitosan + titanium dioxide + rosmarinic acid) and chitosan with were packaged under modified atmospheric (%40 CO₂ + %30 O₂ + %30 N₂) conditions and stored at + 4°C. Samples taken on certain days of storage period were subjected to physical, chemical and microbiological analysis. It was confirmed by XRD, FT-IR, SEM and AFM analyzes that a nanocomposite structure was formed with rosmarinic acid and nanoscale TiO₂. Coating and storage time factors were found to have a very significant effect (P <0.01) on total aerobic mesophilic bacteria and psychotrophic bacteria. The number of lactic acid bacteria was determined below the limit that can be detected during storage in coated products. Control group samples showed higher TVB-N and pH values during storage than coated samples. The coating contained rosamarinic acid increased the L* value as the storage time progresses. At the same time rosmarinic acid caused an increase in TBARS value in the last days of storage.

2020, 88 pages

Keywords: Chitosan, titanium dioxide, rosmarinic acid, XRD, SEM, Rainbow trout, total aerobic mesophilic bacteria

TEŞEKKÜR

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışmanın her anında bana destek veren, üstün bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mükerrer KAYA'ya içtenlikle teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde desteklerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Güzin KABAN'a teşekkürlerimi sunarım. Ders aşmasından başlamak üzere her aşamada fikirleriyle yolumu aydınlatan ve tezimin gelişmesinde katkılarını benden esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Özlem BARIŞ'a, teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca araştırmamın uygulama aşamasında bana destek olan değerli ekip arkadaşlarıma da teşekkürü bir borç bilirim.

Bütün eğitim hayatım boyunca sabırla yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve hayatımın her aşamasında yanımda olan rahmetli babam Ergün ÇELİK, kıymetli annem Asuman ÇELİK, kardeşlerim Selçuk ÇELİK ve Hatice ÇELİK'e sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım. Onlar olmasaydı bugünlere gelemezdim. Doktora tezimin her aşamasında, istatistiksel analizlerimi yapmamda, hayatımın her aşamasında ve en umutsuz günlerimde bile yanımda olup bana destek ve umut veren sevgili eşim, hayat arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Murat KIZILKAYA'ya çok teşekkür ederim. Bu aşamada manevi desteklerini esirgemeyen eşimin ailesine de çok teşekkür ederim. Tez çalışmalarım sırasında desteğinden dolayı kuzenim Mehtap ÇELİK'e ve arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Vesile DÜZGÜNER'e de çok teşekkür ederim.

Çalışmamın uygulama aşamasında alabalık filetoalarını temin ettiğim Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Uygulama Merkezi'ne de teşekkür ederim. Ayrıca analizlerimi yürüttüğüm Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü'ne de teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca beni sürekli destekleyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Pınar KIZILKAYA

Mayıs, 2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.2. Yöntem	20
3.2.1. Kaplama materyallerinin üretimi.....	20
3.2.2. Nanokompozit kaplamaların karakterizasyon analizleri	21
3.2.2.a. Spektroskopik yöntemler	21
3.2.3. Alabalık filetolarının hazırlanması ve kaplama materyallerinin uygulanması.....	24
3.2.4. Alabalık Filetolarında Uygulanan Analizler	26
3.2.4.a. Mikrobiyolojik analizler	26
3.2.4.b. Fiziksel ve kimyasal analizler	28
3.2.4.c. İstatistiki analizler.....	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	30
4.1. Kaplama Materyallerinin Karakterizasyonuna Ait Sonuçlar	30
4.1.1. X-ışını difraksiyonu (XRD) analiz sonuçları	30
4.1.2. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) analiz sonuçları.....	31
4.1.3. SEM-EDX analiz sonuçları	34
4.1.4. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) analiz sonuçları.....	37
4.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	39
4.2.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri	39
4.2.2. Psikrotrofik bakteri.....	43
4.2.3. Laktik asit bakterileri.....	48

4.2.4. Enterobacteriaceae.....	50
4.3. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları	50
4.3.1. pH	50
4.3.2. L*, a* ve b* değerlerine ait sonuçlar	54
4.3.3. Tiyobarbütirik asit reaktif maddeler (TBARS)	66
4.3.4. Toplam uçucu baz azotu (TVB-N).....	70
5. SONUÇLAR.....	75
KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	89

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat Derece
μmol	Mikromol
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
cm	Santimetre
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
g	Gram
kg	Kilogram
kob	Koloni Oluşturan Birim
LD	Letal Doz
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
NaOH	Sodyum Hidroksit
nm	Nanometre (10 ⁻⁹ metre)
rpm	Dakikada Dönüş Miktarı
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
sn	Saniye
TBARS	Thiobarbutirik Asit Reaktif Maddeler
TiO ₂	Titanyum dioksit
TVB-N	Toplam Uçucu Baz Azotu
XRD	X-Işını Kırınımı
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. X-ışını Kırınım (XRD) Cihazı	22
Şekil 3.2. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektropisi cihazı	23
Şekil 3.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX)	23
Şekil 3.4. Alabalık filetolarının temizlenmesi	24
Şekil 3.5. Kaplamaların hazırlık aşaması	25
Şekil 3.6. Kaplanmış filetoların ambalajlama aşaması	26
Şekil 4.1. Kitosan, Kitosan/TiO ₂ ve Kitosan/TiO ₂ /Rosmarinik asit nanokompozit kaplamaların XRD grafiği	30
Şekil 4.2. Kitosan kaplama (CH) grubuna ait FT-IR spektrumu	32
Şekil 4.3. Kitosan + TiO ₂ nanokompozit kaplama (CHT) grubuna ait FT-IR spektrumu	33
Şekil 4.4. Kitosan + TiO ₂ + Rosmarinik asit nanokompozit kaplama (CHTRA) grubuna ait FT-IR spektrumu	33
Şekil 4.5. Kitosan kaplama ve nanokompozit kaplama (CH, CHT, CHTRA) gruplarına ait FT-IR spektrumu	34
Şekil 4.6. Kitosan kaplamaya (CH) ait SEM- EDX fotoğrafları	35
Şekil 4.7. Kitosan + TiO ₂ Nanokompozit Kaplamaya (CHT) ait SEM – EDX fotoğrafları...	36
Şekil 4.8. Kitosan + TiO ₂ + Rosmarinik asit nanokompozit kaplamaya (CHTRA) ait SEM fotoğrafları	36
Şekil 4.9. Kitosan kaplamaya (CH) ait AFM görüntüleri	38
Şekil 4.10. Kitosan + TiO ₂ nanokompozit kaplamaya (CHT) ait AFM görüntüleri	38
Şekil 4.11. Kitosan + TiO ₂ + Rosmarinik asit nanokompozit kaplamaya (CHTRA) ait AFM görüntüleri	39
Şekil 4.12. Kaplama x depolama süresi interaksiyonunun soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarının toplam aerobik mezofilik bakteri sayısına etkisi	43
Şekil 4.13. Psikrotrofik bakteri sayısı üzerine kaplama x depolama süresi interaksiyonunun etkisi	47
Şekil 4.14. pH değeri üzerine kaplama x depolama süresi interaksiyonunun etkisi	54

Şekil 4.15. L* değeri üzerine kaplama x depolama süresi interaksyonunun etkisi	58
Şekil 4.16. a* değeri üzerine kaplama x depolama süresi interaksyonunun etkisi	62
Şekil 4.17. b* değeri üzerine kaplama x depolama süresi interaksyonunun etkisi	66
Şekil 4.18. TBARS değeri üzerinde kaplama x depolama süresi interaksyonunun etkisi	70
Şekil 4.19. Toplam Uçucu Baz Azotu (TVB-N) değeri üzerinde kaplama x depolama süresi interaksyonunun etkisi	74



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları (log kob/g)	40
Çizelge 4.2. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarına ait varyans analiz sonuçları..	41
Çizelge 4.3. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	41
Çizelge 4.4. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	42
Çizelge 4.5. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında psikrotrofik bakteri sayıları (log kob/g).....	44
Çizelge 4.6. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında psikrotrofik bakteri sayılarına ait varyans analiz sonuçları	45
Çizelge 4.7. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında psikrotrofik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	46
Çizelge 4.8. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında psikrotrofik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	46
Çizelge 4.9. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında laktik asit bakteri sayıları (log kob/g)	49
Çizelge 4.10. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında pH değerleri	51
Çizelge 4.11. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	52
Çizelge 4.12. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	53
Çizelge 4.13. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	53

Çizelge 4.14. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında L* değerleri.....	55
Çizelge 4.15. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında L* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	56
Çizelge 4.16. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında L* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	56
Çizelge 4.17. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında L* değerlerine ait ortalamaların duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	57
Çizelge 4.18. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında a* değerleri.....	59
Çizelge 4.19. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında a* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	60
Çizelge 4.20. Kaplama ile muamele edilen alabalık filetolarında a* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	60
Çizelge 4.21. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında a* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	61
Çizelge 4.22. Kaplama ile muamele edilen modifiye atmosfer uygulanarak ambalajlanan alabalık filetolarında soğukta muhafaza sırasındaki b* değerleri.....	63
Çizelge 4.23. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	64
Çizelge 4.24. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında b* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	64
Çizelge 4.25. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında b* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	65
Çizelge 4.26. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında TBARS değerleri (µmol MA/kg).....	67
Çizelge 4.27. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları	68
Çizelge 4.28. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	68

Çizelge 4.29. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	69
Çizelge 4.30. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında Toplam Uçucu Baz Azotu (TVB-N) değerleri (mg/100 g).	71
Çizelge 4.31. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında Toplam Uçucu Baz Azotu (TVB-N) değerlerine ait varyans analiz sonuçları	72
Çizelge 4.32. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında Toplam Uçucu Baz Azotu (TVB-N) değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	73
Çizelge 4.33. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında Toplam Uçucu Baz Azotu (TVB-N) değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	73

1. GİRİŞ

Ambalaj sanayi 670 milyar dolar pazar payına sahip önemli bir sektör olup, her yıl ortalama %3'lük bir büyüme göstermektedir. Bu pazarda en büyük payı plastik ambalajlar (%41), alırken bunu sırasıyla kâğıt-karton ambalajlar (%31), metal ambalajlar (%15) ve cam ambalajlar (%7) takip etmektedir (Anonim 2012a). Dünya'da üretilen plastik malzemelerin (polimer) %42'si ambalaj üretiminde kullanılmaktadır (Majeed *et al.* 2013). Ambalaj malzemelerinin önemli kısmının ise gıda maddelerinin ambalajlamasında (%54) kullanıldığı ifade edilmektedir (Anonim 2016).

Ambalaj malzemelerinin büyük bir kısmını pekçok avantaja sahip olan petrol kaynaklı malzemeler oluşturmakta (Majeed *et al.* 2013) ve bu plastik malzemeler 20. yüzyılın ortalarından beri endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır (Rhim *et al.* 2013; Othman 2014). Bu malzemeler, iyi işleme özelliği, estetik kalitesi, mükemmel fizikokimyasal özellikleri, ucuz ve kullanışlı olmalarından dolayı film, tabaka, şişe, bardak, küvet ve tepsi gibi gıda ambalajlarının üretiminde hammadde olarak önemli bir paya sahiptir. Her ne kadar plastik ambalajlama malzemeleri, gıda maddelerinin ambalajlanmasında yaygın olarak kullanılsa da doğada uzun süre parçalanamadığından ciddi çevresel problemlere de neden olmaktadır (Majeed *et al.* 2013; Rhim *et al.* 2013). Gıda ambalajlamada petrol türevi plastik malzemelerin yanı sıra metaller, cam, kâğıt, karton veya bunların kombinasyonlarıda kullanılmaktadır (Cutter 2006). Diğer taraftan plastik ambalajlama malzemelerinin özellikle ekolojik dengeye zarar vermelerinden dolayı alternatif çözümler de aranmaktadır (Cutter 2006; Honarvar *et al.* 2016).

Gıdaların ambalajlanmasında ambalaj materyalinin gaz ve su buharı geçirgenliği önemli faktörlerdir. Örneğin, sebze, meyve ve taze et gibi gıdaların ambalajlanmasında, optimum O₂ geçirgen materyallerin kullanılması gerekirken, işlenmiş ürünler de ise oksijen geçirmezlik ürün kalitesinin korunmasında önemli bir faktördür. Her ne kadar termoplastiklerin fonksiyonel özelliklerini genişletmek için polimer karışımları ve çok katmanlı kompozit yapılar geliştirilmiş olsa da bu malzemelerin geri

dönüştürülmesindeki güçlükler ve yüksek maliyet gibi sorunlar hala çözümlenememiştir (Mihindukulasuriya and Lim 2014).

Gıda ambalajlamada, gıda kalitesini olumsuz yönde etkilemeyen, doğal, biyolojik olarak bozunabilen, geri dönüştürülebilen ve çevreci olan materyallerin belirlenmesine yönelik çalışmalar neticesinde biyolojik bazlı ve biyobozunur geri dönüştürülebilen yenilebilir film ve kaplamalar ön plana çıkmıştır (Cha and Chinnan 2004; Cutter 2006). Genel olarak yenilenebilir kaynaklardan elde edilen polimerler üç gruba ayrılır. Bunlar nişasta, protein ve selüloz gibi doğal polimerler (Kılınç *et al.* 2017), polilaktik asit gibi doğal monomerlerden elde edilen sentetik polimerler ve polihidroksibutirat gibi mikrobiyal fermentasyon yoluyla elde edilen polimerlerdir. Bu malzemelerin en önemli avantajı, biyolojik olarak parçalanabilir özellikte olması ve nihai bozulma ürünlerinin çevre dostu özellik göstermesidir (Yu 2009). Diğer taraftan biyopolimerlerin önemi, çevreye duyarlı tüketiciler, artan ham petrol fiyatları ve küresel ısınma gibi nedenlerden dolayı gün geçtikçe artmaktadır (Majeed *et al.* 2013). Bununla birlikte gıda ambalaj malzemesi olarak biyopolimerlerin, zayıf mekanik ve bariyer özellikleri gibi dezavantajları söz konusudur (Azeredo 2009; Honarvar *et al.* 2016; Kılınç *et al.* 2017). Bundan dolayı biyopolimerlerin özelliklerini geliştirmek amacıyla araştırmalar yürütülmüş ve bu araştırmalar neticesinde biyopolimerlerin mekanik ve bariyer özelliklerini geliştirmek amacıyla nanokompozitlerin kullanılabileceği bildirilmiştir (Şahin and Bayazit 2008; Azeredo 2009; Sozer and Kokini 2009; Cushen *et al.* 2012; Barbosa-Pereira *et al.* 2014; Kanmani and Rhim 2014a; Othman 2014; Picouet *et al.* 2014; Honarvar *et al.* 2016; Echeverría *et al.* 2018; Vilarinho *et al.* 2018).

21. yüzyıl bilimsel ve teknolojik gelişmelerin yaşandığı ve bilimin ivme kazandığı bir yüzyıl olup bu yüzyıla nanoteknoloji damgasını vurmuştur. Nanoyapılı malzemeler, gıdaların üretimi, ambalajlanması ve depolanması üzerinde önemli bir etkiye sahip benzersiz fizikokimyasal özellikler sergilemektedir. (Dasgupta *et al.* 2015). Nanoteknoloji, yaklaşık 1–100 nm uzunluğunda en az bir boyuta sahip (veya en az bir boyuta sahip bileşenler içeren) yapıların (Honarvar *et al.* 2016; Francisco and García-Estapa 2018), cihazların veya malzemelerin üretimi, karakterizasyonu ve / veya

manipölasyonunu sağlayan (Duncan 2011; Chellaram *et al.* 2014), nano ölçekte çalışan ve bir çok fayda sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Francisco and Garcia-Estapa 2018). Nanobilim ve nanoteknoloji bilgisayar elektroniği, iletişim, enerji üretimi, ilaç ve gıda endüstrisi gibi çeşitli alanlarda uygulanmaktadır. (Sozer and Kokini 2009). Nanoteknolojinin gıda sektöründe giderek daha önemli hale geldiği vurgulanmakta ve özellikle gıda güvenliği ve ambalajlama uygulamalarına odaklanıldığı belirtilmektedir (Sozer ve Kokini 2009; Cushen *et al.* 2012; Chellaram *et al.* 2014).

Nanoteknoloji sayesinde ambalaj malzemelerinin yapısı moleküler düzeyde incelenip geliştirilebilmekte (Chellaram *et al.* 2014) ve moleküller yeniden tasarlanarak, gıda ambalajında arzu edilen pek çok fonksiyon bir araya getirilebilmektedir (Dursun *et al.* 2010). Nanoteknoloji ile geliştirilen nanomalzemelerin kullanımı ile ambalaj malzemelerinin bariyer (Sozer and Kokini 2009), mekanik ve termal özelliklerinin arttırılabileceği bildirilmektedir (Dursun *et al.* 2010; Bumbudsanpharoke and Ko 2015). Nanomalzemeler, gıda ambalajı olarak sadece gıdanın raf ömrünü uzatmadığı aynı zamanda plastiklerin ambalaj malzemesi olarak kullanılma ihtiyacını azalttığı için daha çevre dostu bir çözüm olarak değerlendirilmektedir (Sozer and Kokini 2009). Ayrıca, nanoteknoloji sayesinde gıdaların renk ve görünüm gibi fiziksel özelliklerini de arttırabilmek için bir dizi nanopartikül geliştirilmiştir (Bajpai *et al.* 2018).

Nano-yapılandırılmış malzemeler ile antimikrobiyal, oksijen absorplayıcı ve gaz geçirgenliği olan filmler üretilebileceği ve gıda endüstrisinde özellikle aktif/akıllı nano ambalajlar (antimikrobiyal filmler), nanokompozit ambalajlar ve biyobozunur nanokompozit film/kaplamalar elde edilebileceği ifade edilmektedir (Dursun *et al.* 2010). Nanokompozit filmlerin oluşturulmasında en popöler yöntemlerden olan çözücü döküm yöntemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Dutta *et al.* 2009).

Gıda yüzeyine yenilebilir koruyucu bir tabakanın uygulanması, gıda kalitesini korumada mevcut teknikler arasında popöler olup yenilebilir kaplama olarak adlandırılmakta (Andrade *et al.* 2012) ve mevcut teknikler arasında en uygun maliyetli yollardan biri olmaya devam etmektedir. Yenilebilir kaplamalar, mikrobiyal gelişimi

geciktirerek, lipit oksidasyonunu ve nem kaybını azaltarak ve antimikrobiyal ve antioksidan ajanlar gibi gıda katkı maddeleri taşıyıcısı olarak işlev görerek taze ve dondurulmuş ürünlerin kalitesini artırabilmektedir. Biyobozunur yenilebilir kaplamalar sentetik kaplamalarla kıyaslandığında yenilebilir olması ve çevre dostu olması gibi çeşitli avantajları vardır (Dehghani *et al.* 2018). Yenilebilir kaplama uygulamaları yeni olmasa da son zamanlarda, daha güvenli, kaliteli ve asgari işlenmiş gıdalara olan artan tüketici talebi ile önemli bir ilgi alanı ve ileri araştırma faaliyetleri haline gelmiştir. Yenilebilir kaplamalar, ürünün bir parçası olarak gıdanın yüzeyinde oluşturulan ince tabakalardır. Yenilebilir kaplamalar oksijen, karbondioksit ve aroma bileşenlerine karşı seçici bariyer oluşturarak gıda kalitesini koruyabilmekte ve raf ömrünü artırabilmektedir. Yenilebilir kaplamalar, doğal veya kimyasal antimikrobiyal maddeler, antioksidanlar, tatlandırıcılar, enzimler, fonksiyonel bileşenler (probiyotikler) veya besin maddeleri (mineraller ve vitaminler) gibi çeşitli aktif bileşenlerin taşıyıcıları da olabilmektedir. Kısacası yenilebilir kaplamalar, gıda güvenliğini artırmakta, ürünün besin değerini ve duyuşal özelliklerini pozitif yönde etkilemektedir (Andrade *et al.* 2012).

Yenilebilir film ve kaplamalar özellikle et, balık, su ürünleri, tavuk, unlu mamuller, peynir, meyve ve sebzeler gibi birçok gıda ürününde kullanılabilmektedir (Cagri *et al.* 2004; Cha and Chinnan 2004; Andrade *et al.* 2012). Yenilebilir kaplamaların su ürünlerinde mikrobiyal gelişmeyi ve lipit oksidasyonun geciktirerek ürün raf ömrünü artırdığı ve kaliteyi koruduğu belirtilmektedir (Dehghani *et al.* 2018).

Yenilebilir film ya da kaplamaların gaz, yağ ve su bariyeri özellikleri ile ürünleri fiziksel hasar ve oksidasyondan koruduğu, renk ve tekstürdeki değişimler ile nem kaybını engellediği ve ürünün görünümünü olumlu yönde etkilediği belirtilmektedir. Bununla birlikte kaplama kalınlığının 0,3 mm'den daha az olması gerektiği bildirilmektedir (Pavlath and William 2009).

Polisakkarit, protein veya lipitlerden elde edilen yenilebilir film ve kaplamaların (Gennadios *et al.* 1997; Temiz and Yeşilsu 2006; Pascall and Lin 2013) çoğu gıda

maddesine ürün kalitesini, duyuşal özellikleri ve gıda güvenliğini korumak ve böylelikle raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanmaktadır (McHugh 2000; Cagri *et al.* 2004; Andrade *et al.* 2012; Pascall and Lin 2013; Carrión-Granda *et al.* 2016). Yenilebilir kaplamaların ve yenilebilir filmlerin tanımları birbirine benzemekle birlikte önemli bir farklılık vardır. Genellikle yenilebilir filmler ayrı olarak hazırlanıp daha sonra gıda yüzeyine uygulanırken, yenilebilir kaplamalar doğrudan gıda yüzeylerinde oluşturulmaktadır. En önemli fonksiyonları da ürünü mekaniksel, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik faaliyetlerden korumak ve gıdanın görünümünü iyileştirmektir (McHugh 2000; Falguera *et al.* 2011; Pascall and Lin 2013). Filmlerin güvenilir, düşük maliyetli, çevreci ve basit teknoloji ile üretilebilir olması önemli avantajlardır.

Yenilebilir film ve kaplamaların, kaplanacak gıda ürününün özelliklerine uygun nitelikte olması önemli bir husustur (Pavlath and Orths 2009). Yenilebilir film ve kaplama materyallerinin üretiminde kitosan yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Yu 2009; Park *et al.* 2013)

Kitosan, kitinin deasetilasyonu ile elde edilen katyonik bir polisakkarittir (Yang *et al.* 2014; Braz *et al.* 2018). Kitosan, yengeç ve karides gibi eklem bacaklıların kabuklarından, bazı mantar ve bakterilerin hücre duvarlarında bulunan β -1,4 bağına sahip (poli- β (1.4)-N-asetil-D-glukozamin) bir asetil amino glukozu olup kitinin deasetilasyonu ile hazırlanan bir polisakkarittir (Devlieghere *et al.* 2004). Doğada selülozdan sonra en bol bulunan doğal polimerlerden biridir. Kitosan ve türevlerinin toksik olmadığı, biyolojik olarak parçalanabildiği ve biyoyumlu olduğu kanıtlanmıştır (Varlık *et al.* 2004; L. Yu 2009; Souza *et al.* 2010; Abdollahi *et al.* 2012; Park *et al.* 2013).

Bir biyopolimer olan ve biyolojik olarak üretilen kitosan, sahip olduğu fonksiyonel özelliklerden (biyoyumluluk, biyo-bozunabilirlik, toksik olmayan, antimikrobiyal aktivite, doğal kökenli olma ve düşük maliyet) dolayı (Braz *et al.* 2018) farklı amaçlarla (stabilizatör, jelleştirici, bağlayıcı, ilaç taşıyıcı ajan vb.) kullanılmaktadır. Kitosan, antimikrobiyal özelliği ve film oluşturma kabiliyetinden dolayı gıda ambalaj

malzemelerinde gıda koruyucusu olarak da kullanılabilir (Souza *et al.* 2010; Abdou *et al.* 2012). Ayrıca kitosan bakteri, maya ve küflere karşı geniş spektrumlu antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. Kitosan, gıdaya doğrudan eklenebildiği gibi film veya kaplamalara eklenerek gıda yüzeylerine doğrudan uygulanabilmektedir. Ayrıca kitosan ambalajlara eklenerek çeşitli gıda muhafaza uygulamalarında kullanılabilir (Park *et al.* 2010). Kitosan, formik asit ve asetik asit gibi organik asitlerde çözünmektedir (Chen *et al.* 2007). Kitosanın özellikleri N-asetil grubunun süstitüsyon derecesine, polimerizasyon derecesine, üretim prosesine ve kitinin özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Varlık *et al.* 2004). Bununla birlikte kitosan kaplamalara nano partiküller ilave edilerek ürün özelliklerinin korunması ve raf ömrünün artırılması yönünde çalışmalar da yapılmaktadır (Yu *et al.* 2012; Shi *et al.* 2013). Nanokompozit kitosan kaplamalarda, nano partiküllerin kitosan içinde homojen olarak dağılması ve hidrojen bağı oluşturmaları önemli hususlardır (Sun *et al.* 2016).

Gıda kalitesini iyileştirmek için yeni gıda işleme teknikleri geliştirilmesine rağmen, mikrobiyal kontaminasyon hala her tür gıda için temel güvenlik kaygısı olmaya devam etmektedir. Modern gıda işleme teknikleri ile üretim sırasında arzu edilen bakteriyel redüksiyon gerçekleştirilebilmektedir. Ancak üretim sonrası kontaminasyonlar ürünün mikrobiyal olarak bozulmasında ana etken olarak hala güncelliğini korumaktadır. Bundan dolayı antimikrobiyal içeren yenilebilir filmler veya kaplamalar, mikrobiyal bozulmaların önlenmesi açısından büyük önem arz etmektedir (Alak *et al.* 2010; Lin *et al.* 2011). Aynı zamanda yenilebilir kaplamalar, lipid oksidasyonu ve renk değişimleri açısından da önemli avantajlar sağlayabilmektedir (Gennadios *et al.* 1997).

Son zamanlarda, gıda güvenliği ve raf ömrünü artırmak için antimikrobiyal özellikte filmler geliştirilmekte ve bu durum giderek artan bir ilgi görmektedir. Son zamanlarda gıda ürünleri ile ilgili ortaya çıkan kontaminasyonlar göz önünde bulundurulduğunda kitosan ve türevleri gibi aktif biyomoleküllerin, gıda uygulama alanlarında önemli bir role sahip olduğu açıktır. Ayrıca günümüzde kullanımda olan ambalaj malzemelerinin, çevreye verdiği olumsuz etkileri konusunda artan endişeler sonucunda biyobozunur

malzemelerin kullanımı ön plana çıkmaktadır. Kitosan biyo-bozunurluğu, biyouyumluluğu, antimikrobiyal aktivitesi, toksik olmayan ve çok yönlü olan kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir ve bu anlamda büyük bir potansiyeli olduğu ifade edilmektedir. Kitosan esaslı filmlerin, gıda muhafazasında çok etkili olduğu kanıtlanmıştır. Kitosanın C2 pozisyonundaki amino grubunun varlığı, özellikle gıda uygulamalarında biyoteknolojik ihtiyaçlara yönelik önemli bir işlevsellik sağlamaktadır. Kitosan bazlı polimerik malzemelerin, lifler, filmler, jeller, süngerler, boncuklar veya hatta nanopartiküller haline dönüştürülebildiği ve böylece çeşitli yiyeceklerin kalitesinin korunmasında bir ambalaj malzemesi olarak potansiyel taşıdığı vurgulanmaktadır. Ayrıca, antimikrobiyal özelliklerinden dolayı gıda ürünlerine daldırma ve püskürtme halinde uygulanarak yenilebilir koruyucu bir kaplama olarak da kullanılabilir. Kitosan, Gram-pozitif ve Gram-negatif bakteriler ile küf – mayalar dahil pek çok patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalara karşı yüksek antimikrobiyal etkinlik sergilemektedir (Dutta *et al.* 2009).

Rosmarinik asit, doğal olarak suda çözünen fenolik bir bileşiktir. Rosmarinik asitin kafeik asit ve 3,4-dihidroksifenillaktik asitten oluşan bir ester olduğu ve antimikrobiyal, antioksidan ve antiinflamator gibi pek çok biyolojik aktiviteye sahip olduğundan çok fazla ilgi görmektedir (Petersen and Simmonds 2003; Erkan *et al.* 2008; Sani *et al.* 2017; Ge *et al.* 2018). Jelatin bazlı yenilebilir filmlerde rosmarinik asidin kullanımı ile antioksidan ve antimikrobiyal aktivitenin gerçekleştiği belirtilmektedir (Ge *et al.* 2018). Diğer taraftan rosmarinik asitin nanokompozit filmlerin üretiminde kullanılabildiği bildirilmektedir (Abdollahi *et al.* 2012; Sani *et al.* 2017)

Titanyum dioksit, E171 koduyla kullanılan bir gıda katkı maddesidir (EFSA 2016). Bu bileşik UV ışık altında yüksek antimikrobiyal özellik gösteren bir fotokatalisttir (Yemmireddy and Hung 2015; Sani *et al.* 2017). Titanyum dioksit renklendirici, nem çekici ve antimikrobiyal özelliklerinden dolayı gıdalarda kullanılabilmektedir. Ancak titanyum dioksit uygun şartlarda ve miktarlarda kullanıldığında güvenli olduğu belirtilmektedir (Theivasanthi and Alagar 2013; Berik 2018). Titanyum dioksit (TiO₂), yarı iletken bir metal oksit olup kimyasal kararlılığı, düşük toksisitesi ve ekonomik

olması nedeniyle inorganik nanopartiküller arasında umut verici malzeme olarak değerlendirilmektedir (Jovanovic *et al.* 2015; Lin *et al.* 2016). Titanyum dioksit de rosmarinik asit gibi nanokompozit filmlerin üretilmesinde kullanılabilmektedir (Azeredo 2009; Joost *et al.* 2014; He *et al.* 2016).

Gıda sektöründe özellikle ambalajlama konusunda nanoteknoloji çalışmaları hızla devam etmektedir. Özellikle çevre kirliliğine yol açmayan, biyobozunur polimerlere olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Antimikrobiyal özelliğe sahip nanokompozit ambalaj çalışmaları devam etmektedir. Ancak nanokompozit kaplama maddeleri ile ilgili çalışmaların olmaması, literatürde bir boşluğun bulunması ve endüstriyel boyutta üretimin olmaması dikkat çekicidir.

Su ürünlerinin, kırmızı et ve et ürünlerine kıyasla raf ömürleri oldukça kısadır. Su ürünlerinin muhafazasında soğutma önemli bir paya sahiptir. Soğukta muhafaza edilen bu ürünlerin muhafaza süresini artırmak amacıyla vakum ambalajlama ve modifiye atmosfer uygulamaları yaygın olarak kullanılan ambalajlama teknikleridir (Gram and Huss 1996; Aras *et al.* 2004; Alak *et al.* 2010; Fletcher 2012). Bunun yanı sıra yenilebilir film ve kaplama uygulamaları da son yıllarda daha fazla araştırmaya konu olmaktadır (Dursun and Erkan 2009; Duan *et al.* 2010; Ojagh *et al.* 2010; Lin *et al.* 2011; Fletcher 2012).

Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), etinin lezzetli ve ekonomik değerinin olması nedeniyle hem ülkemizde hem de dünyada uzun yıllardan beri kültürü yapılan bir tatlı su balığıdır. Gökkuşluğu alabalıkları yüksek besin içeriğine sahiptirler ve hızla gelişirler (Aydın 1996; Korkmaz and Kırkağaç 2008). Bu balıklar bütün halde (buzda) ya da vakum ambalajlanmış (taze fileto, köfte, ızgara vb.) olarak tüketime sunulmaktadır (Mutlu 2016). Mevcut bu araştırmada titanyum dioksit nanopartikülleri ve rosmarinik asit yenilebilir kaplama (kitosan) maddesine eklenerek nanokompozit kaplamaların elde edilmesi ve bu kaplamaların alabalık ambalajlanmasında kullanılabılme imkânlarının araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla iki farklı nanokompozit kaplama materyali hazırlanmış ve alabalık filetolarına uygulanmıştır.

Nanokompozit kaplama materyalleri kullanılmadan önce nanokompozit yapının oluşup oluşmadığını belirlemek amacıyla testlere (XRD, FT-IR, SEM-EDX ve AFM) tabi tutulmuştur. Araştırmada ayrıca kitosan kaplama materyali olarak da denenmiştir. Kontrol grubu (nanokompozit veya kitosan uygulanmayan) ile nanokompozit (kitosan+titanyum dioksit ve kitosan+titanyum dioksit+rosmarinik asit) ve kitosan uygulanan alabalık filetoları modifiye atmosfer koşullarında (%40 CO₂ + %30 O₂ + %30 N₂) ambalajlanmış ve +4°C’de muhafaza edilmiştir. Muhafazanın belirli günlerinde alınan örnekler fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Biberiye uçucu yağı (BUY) ve montmorillonite-nanokil (MNK) kitosana ilave edilerek hazırlanan biyonanokompozit film üzerine yapılan bir çalışmada, kitosana BUY ve MNK ilavesinin su buharı geçirgenliğini ve kitosan filminin çözünürlüğünü %50'den fazla arttırdığı, BUY ve MNT'nin kombinasyonunun kitosanın çekme mukavemetini ve uzamasını önemli ölçüde geliştirdiği, XRD ve FT-IR analiz sonuçlarının film özellikleri iyileştirilmesi açısından BUY mevcudiyetinde MNK ve kitosan arasında iyi korelasyonun olduğunu ve %1,5 BUY (v/v) uygulamasının filmlerin antimikrobiyal özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği rapor edilmiştir (Abdollahi *et al.* 2012).

Rhim *et al.* (2013) tarafından yapılan çalışmada, Ag (gümüş) nanopartikülü nanokompozit filmlerin, yüzey renginin ve karakteristik özelliklerinin Ag nanopartikül konsantrasyonundan önemli ölçüde etkilendiği, Ag nanopartiküllerin konsantrasyonuna bağlı olarak mekanik kuvvette azalma olmadığı, yüzey hidrofobitesinde ve su buharı geçirgenliğinde önemli bir artışın olduğu, %1'den daha fazla Ag içeren Agar/Ag nanokompozit filmlerin *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* O157:H7 gibi gıda kaynaklı patojenlere karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği rapor edilmiştir.

Polilaktit asit (PLA) ve agar/K-karragenan/kil nanokompozitleriyle çok katmanlı filmler hazırlanarak yürütülen bir çalışmada, PLA tabakalarıyla laminasyonun hazırlanan filmlerin mekanik, optik, gaz geçirgenliği ve termal özellikleri üzerine etkisi incelenmiş ve çok tabakalı filmlerin özelliklerinin film tabakalarını oluşturan bileşiklerin özelliklerinden daha iyi olduğu, özellikle PLA tabakaları ile laminasyondan sonra biyonanokompozit filmlerin su buharı geçirgenliği ve nem dayanıklılığının önemli ölçüde geliştiği ve termal stabilitenin arttığı tespit edilmiştir (Rhim 2013).

Çözücü döküm yöntemi kullanılarak farklı konsantrasyonlarda gümüş nanopartikül (AgNP'ler) içeren aktif jelatin nanokompozit filmleri üzerine yürütülen bir çalışmada, filmlerde gümüş nanopartiküllerin oluşumu, UV-vis absorpsiyon spektroskopisi ile

ölçülmüş ve 400-450 nm'de yüzey plazmon rezonansı (SPR) bandı ile doğrulanmıştır. Analizler sonucunda, AgNP'lerinin filmlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilediği, AgNP konsantrasyonundaki artışın jelatin filmlerinin gerilme mukavemetini (TS) ve su buharı geçirgenliğini (WVP) önemli ölçüde düşürdüğü rapor edilmiştir. Ayrıca X-ışını (EDX) spektroskopisi ve X-ışını kırınımı (XRD) analizi ile filmlerindeki AgNP'lerin kristal yapısı ve elemental gümüşün varlığı doğrulanmış, filmlerin mikroskobik yüzey yapısı ve termal özellikleri ise FE-SEM ve termogrametrik analizler ile incelenmiştir. Araştırma sonucunda jelatin/AgNP'ler nanokompozit filmlerin, gıda kaynaklı patojenlere karşı güçlü bir antibakteriyel aktivite sergilediği ve ambalajlanmış gıdaların raf ömrünün uzatılmasında ve gıda güvenliğinin sağlanmasında aktif bir gıda ambalaj sistemi olarak yüksek potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (Kanmani and Rhim 2014b).

Shankar *et al.* (2014) tarafından yapılan çalışmada, iki farklı indirgen madde (sodyum hidroksit ve askorbik asit) ve üç farklı kaynaktan elde edilen farklı şekil ve boyutlardaki bakır tuzları (bakır asetat, bakır klorür ve bakır sülfat) ile altı farklı bakır nanopartikülleri hazırlanmış ve agar ile karıştırılarak çeşitli agar bazlı bionanokompozit (BNC) filmler elde edilmiştir. Hazırlanan filmler XRD, FE-SEM, FT-IR ve UV- visible ile karakterize edilmiştir. Cu nanopartiküllerin sentezinde askorbik asit indirgen madde olarak kullanıldığında, BNC filmlerin erime noktasının arttığı, agar filmlere Cu nanopartikül ilave edilmesiyle filmlerin görünür yüzey renginin ve geçirgenliklerinin büyük ölçüde etkilendiği, ancak mekanik ve su buharı bariyer özelliklerinin önemli ölçüde değişmediği ve filmlerin hem Gram-pozitif hem de Gram-negatif gıda kaynaklı patojenlere karşı güçlü bir antimikrobiyal aktivite gösterdiği de rapor edilmiştir.

Al-Naamani *et al.* (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, PE filmlerinde kitosan ve kitosan-çinko oksit (ZnO) nanokompozit kaplamaların antimikrobiyal özellikleri araştırılmış ve Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) ile PE kaplama yüzeylerinde homojen dağılımların olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca kitosan matriksine ZnO nanopartiküllerinin ilave edilmesinin çözünürlükte %42'lik bir artış sağladığı, su temas açısının (WCA) kitosan kaplamaya göre 60°'den 95°'ye yükseldiği, kitosan-ZnO

nanokompozit filmlerle kaplanmış PE'nin gıda patojenlerinin inhibe ettiği, kitosan-ZnO nanokompozitli PE kaplamanın filmlerin antimikrobiyal özelliklerini arttırmak için iyi bir yöntem olduğu da tespit edilmiştir. Sonuç olarak gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için aktif gıda ambalajlarının geliştirilmesinde nanokompozit kaplamanın etkin rol oynayabileceği kaanatine varılmıştır.

Polipirol/nanoselüloz kompozitler üzerine yürütülen bir çalışmada, nanoselülozun, plastiklerin yerine geçebilecek selüloz kaynaklı materyallerin kullanımına imkân sağladığı, kaplamalı kompozit filmlerde TOCN'lerin (TEMPO-oksitleyen Nanofibril selüloz) kullanımının malzemenin oksijen geçirgenliğini önemli ölçüde azalttığı, TOCN / PVA-PP filmlerin kolay bozulabilir gıdaların raf ömrünü artırdığı ve gıdayı fiziksel tehlikelerden (toz, kir vb) ve oksijenden koruduğu rapor edilmiştir. Ayrıca filmlerin koyu renginin gıdayı ışığa karşı koruduğu ve aynı zamanda biyolojik olarak parçalanabildiğinden plastik kaynaklı ambalaj atığı sorunun çözümüne katkıda bulunabileceği bildirilmiştir (Bideau *et al.* 2017).

Çözücü döküm yöntemi kullanılarak Cloisite Na⁺, Cloisite 30B ve Cloisite 20A gibi farklı nanokil içeren agar bazlı nanokompozit filmler üzerinde yürütülen bir çalışmada, %5 Cloisite Na⁺ içeren nanokompozit filmlerin gerilme direncinin (TS) %18 arttığı ve su buharı geçirgenliğinin ise %24 azaldığı rapor edilmiştir. Elde edilen nanokompozit filmlerden sadece Agar/Cloisite 30B nanokompozit filmlerinin *Listeria monocytogenes*'e karşı bakteriyostatik etki gösterdiği belirlenmiştir (Rhim *et al.* 2011). Kasirga *et al.* (2012) tarafından yapılan çalışmada ise aynı yöntem uygulanarak farklı seviyelerde (%0,5, 1, 2,5 ve 5) MMKT-10 kil içeren kitosan (CS)/montmorillonit-K10 nanokompozit filmleri hazırlanmış ve filmlerin özellikleri (termal, bariyer ve mekanik özellikleri) analiz edilmiştir. Ayrıca nanokompozit filmler SEM, TEM, XRD ve FT-IR analizleri ile karakterize edilmiştir. Analizler sonucunda kil içeriğinin artmasıyla filmlerin su buharı ve gaz geçirgenlik değerinin azaldığı, gerilme kuvvetinin arttığı ve kopma anındaki uzamanın ise azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, filmlerin su geçirgenliğinin ise %13-22 oranında azaldığı da rapor edilmiştir.

ZnO nanopartikülleri ve jelatin/ZnO nanokompozit filmler üzerinde yapılan bir çalışmada, hazırlanan filmler UV-görünür spektroskopisi, FESEM, FT-IR ve XRD kullanılarak karakterize edilmiş ve antimikrobiyal aktiviteleri belirlenmiştir. ZnO nanopartikülleri içeren nanokompozit filmlerin, kontrol grubu olarak kullanılan jelatin filmlerle kıyaslandığında elastikiyet modülü ve kopma mukavemetinde azalma, nem içeriğinde, su teması açısından, su buharı geçirgenliğinde ve kopma anındaki uzamada artış olduğu gözlenmiştir. Elde edilen jelatin/ZnO NP nanokompozit filmlerin hem Gram-pozitif hem de Gram-negatif gıda kaynaklı patojenlere karşı yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdiği ve gıdaların korunmasında kullanılabileceği belirtilmiştir (Shankar *et al.* 2015).

Echegoyen and Nerin (2013) tarafından yapılan bir araştırmada, polimerin özelliklerini (esneklik, gaz bariyeri özellikleri, antimikrobiyal veya antioksidan özellikler) iyileştirmek için metal veya metal oksit nanopartiküllerini içeren polimer nanokompozitler geliştirilmiş ve ambalajdan gıdaya gümüş migrasyonu olup olmadığı CP-MS ve SEM-EDX analizleri ile ortaya konulmuştur. Tüm numunelerde gümüş migrasyonunun gözlemlendiği ancak toplam migrasyon değerlerinin 1,66 ve 31,46 ng/cm² arasında değiştiği ve bu değerlerin yasalarda izin verilen sınırlardan daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Zakariene *et al.* (2018) tarafından yapılan bir araştırmada, gıda hazırlama yüzeylerindeki *Listeria monocytogenes* ve *Campylobacter jejuni*'ye karşı kontrol tedbiri olarak elmas benzeri karbon Ag nanopartikülleri (DLC: Ag) kullanılarak ince (5 nm) ve kalın (40 nm) nanokompozit filmler hazırlanmış ve 24 saat sonunda DLC: Ag numunelerinin üzerinde *L. monocytogenes*'in saptanmadığı belirlenmiştir. Ayrıca DLC: Ag filminin, *C. jejuni* ve *L. monocytogenes* redüksiyonunda en etkili kaplama olduğu da vurgulanmıştır.

Jelatin, gümüş (Ag) nanopartikülleri ve organokil (Cloisite 30B) ile hazırlanan antimikrobiyal bionanokompozit filmlerin özelliklerini belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada, filmlerin özellikleri karakterize edilmiştir. Nanokompozit oluşumundan

sonra filmlerin hidrofobisitesi ve su buharı bariyeri özelliklerinin iyileştiği görülmüş ve jelatin filmlere Ag nanopartikül ve kil ilavesinin filmlerin mekaniksel özelliklerini olumlu yönde etkilediği ifade edilmiştir. Hazırlanan jelatin/kil ve jelatin/Ag nanopartiküller/kil nanokompozit filmlerin kopma anındaki uzamada (EB) azalma, çekme direncinde (TS) ise önemli ölçüde artma olduğu rapor edilmiştir. Filmlerde Ag nanopartiküllerin kristal yapısı ve element Ag'ün varlığı EDX ve XRD analizleri ile tespit edilmiştir. Nanokompozit filmlerin, özellikle jelatin/Ag nanopartiküller/kil nanokompozit filmlerin, gıda kaynaklı patojenlere karşı güçlü antimikrobiyel aktivite gösterdiği, gıdanın kalitesini ve raf ömrünü artırmak ve bakteriyel kontaminasyonları önlemek için jelatin esaslı nanokompozit filmlerin kullanılabileceği tavsiye edilmiştir (Kanmani and Rhim 2014a).

Tarçın uçucu yağı ve kitosandan üretilen biyolojik olarak parçalanabilen yeni bir filmin geliştirildiği ve değerlendirildiği bir çalışmada, farklı oranlarda %0,4, %0,8, %1,5 ve %2 tarçın esansiyel yağı (TEO) içeren kitosan bazlı filmler hazırlanmış ve filmlerin antibakteriyel, fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Analizler sonucunda TEO'nun kitosan bazlı filmlere ilave edildiğinde antimikrobiyal aktiviteyi artırdığı ve kitosan filmlerinin kopma anındaki uzaması, su buharı geçirgenliği, sudaki çözünürlüğü ve nem içeriğini azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca TEO içeren filmlerin balık ve kanatlı etlerinin kaplanmasında kullanılabileceği vurgulanmıştır (Ojagh *et al.* 2010b).

Su ürünleri kolay bozulabilir gıdalar olduğundan kısa raf ömrüne sahiptir. Bu ürünlerin depolanması sırasında endojen kimyasal ve enzimatik reaksiyonlarda dahil pek çok reaksiyon sonucu ürünlerin kalitesinde önemli değişimler olmaktadır. Bu ürünlerin gıda güvenliği ve raf ömrü üzerinde gıda kaynaklı patojenler ile bozulmaya neden olan mikroorganizmalar önemli rol oynamaktadır. Üretim koşullarının iyileştirilmesi ve HACCP gibi etkili proses kontrol uygulamalarına rağmen su ürünleri kaynaklı hastalıkların sayısı hala artış göstermektedir. Yenilebilir kaplamalar taze ve dondurulmuş su ürünlerinde kalite özelliklerini mikrobiyal gelişmeyi geciktirerek iyileştirebilmektedir. Bu kaplamalar lipid oksidasyonu geciktirmesi ve nem kaybını azaltmasının yanı sıra, antioksidan ve antimikrobiyal katkı maddelerinin taşıyıcısı

olarak da etkili olmakta ve böylelikle kalitenin iyileştirilmesine önemli katkıda bulunmaktadır (Dehghani *et al.* 2018).

Farklı seviyelerde (%0, %1, %1,5 ve %2) dağ kekiği veya kekik uçucu yağlarını kullanılarak hazırlanan ayva çekirdeği zambak filmlerin (QSMF), soğukta muhafaza edilen gökkuşuğu alabalık filetolarının raf ömrü üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada, soğukta muhafaza sırasında belirli periyotlarda alınan örnekler mikrobiyolojik (aerobik ve psikrotrofik bakteri, pseudomonaslar, H₂S üreten bakteriler, laktik asit bakterileri ve Enterobacteriaceae) kimyasal (TBA, TVB-N, TMA-N) ve duyuşsal yönden analiz edilmiştir. Analizler neticesinde kontrol grubu örneklerde bakteriyel gelişmenin daha hızlı olduğu, bu grubu QSMF ile kaplanmış örneklerin takip ettiği, en düşük sayıları QSMF + %2 kekik esansiyel yağı kombinasyonunun verdiği, bu kombinasyon içeren kaplamaların daha düşük *Pseudomonas*, Enterobacteriaceae ve laktik asit bakteri sayıları gösterdiği, lipid oksidasyonunun göstergesi olan TBA değeri açısından en düşük ortalama değerin QSMF+%2 dağ kekiği esansiyel yağ grubunda belirlendiği ve bu örneklerdeki yüksek antioksidan aktivitenin dağ kekikiği uçucu yağlarından kaynaklandığı, dağ kekiği uçucu yağının %85 oranında karvakrol içerdiği, depolama süresi ilerledikçe TVB-N ve TMA değerlerinin arttığı ve bu kriterlere ait sonuçları mikrobiyolojik sonuçlarla uyumlu olduğu rapor edilmiştir. Sonuç olarak da alabalık filetolarının raf ömrü üzerinde QSMF filminde uçucu yağ kullanımının raf ömrünü artırdığı ancak raf ömrü üzerinde hem kekik çeşidinin hem de kullanım seviyesinin önemli rol olduğu kanaatine varılmıştır (Jouki *et al.* 2014).

Kitosan ilave edilmiş (%0,5 ve %1) jelatin kaplama ile çipura filetolarının kaplandığı ve buzdolabında (4±1°C) 12 gün süreyle muhafaza edildiği bir araştırmada, kaplamanın ürün özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Analizler sonucunda kitosan ilave edilmiş jelatin ile kaplanmış fileto örneklerinin toplam bakteri sayısı, uçucu bazik azot, peroksit ve serbest yağ asidi açısından en düşük değerleri verdiği, kitosanın renk üzerine de olumlu etki gösterdiği ve kitosanlı jelatin kaplamaların filetoların raf ömrünü uzattığı rapor edilmiştir (Dikel 2012).

Muşabak (2008), palamut balığı (*Sarda sarda*) filetolarının kimyasal özellikleri (pH, TBARS, TVB-N) üzerine kitosanla (%2) kaplama ile modifiye atmosferde ambalajlama (%100 CO₂) ve vakum ambalajlama yöntemlerinin etkilerini belirlemek üzere yürüttüğü araştırmada, kitosanla kaplamanın pH üzerine önemli bir etkisinin olmadığı, ancak bu kaplama işleminin uygulandığı örneklerde soğukta muhafaza sırasında TBARS değerini 3. günden sonra hızlı bir şekilde arttığı rapor edilmiştir. Aynı çalışmada kitosanla muamele edilen örneklerin kontrol grubuna göre daha düşük TVB-N değerleri verdiği, modifiye atmosferde ambalajlanan palamut balığı filetolarında kimyasal değişimlerin kitosanla kaplama ve vakum ambalajlamaya göre daha yavaş olduğu da bildirilmiştir. Konu ile ilgili diğer bir çalışmada ise kitosanla kaplama, modifiye atmosferde ambalajlama ve vakum ambalajlamanın 4±1°C'de 15 gün süreyle muhafaza edilen palamut balığı (*Sarda sarda*) filetolarının kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Analizler sonucunda en yavaş aerobik bakteri gelişiminin kitosan filmi uygulanmış filetolarla daha yavaş olduğu ve buna bağlı olarak kitosan filmi uygulanmış filetoların daha uzun bir raf ömrü gösterdiği rapor edilmiştir (Alak *et al.* 2010).

Panea *et al.* (2014) tarafından farklı oranlarda ZnO ve Ag içeren nanokompozit ambalajların piliç göğüs etlerinin kalitesi üzerine etkilerini belirlemek üzere yapılan bir çalışmada, ZnO ve Ag içeren nanokompozit ambalajlarda depolama süresiyle O₂ konsantrasyonunun azaldığı, buna karşın CO₂ seviyesinin arttığı ve mikrobiyal gelişimin hızlandığı, göğüs etinde kırmızı ve sarı renk yoğunluklarının depolamanın 7. gününe kadar artış gösterdiği, en yüksek parlaklık değerinin ise 15. günde tespit edildiği, depolama süresi ilerledikçe örneklerin genel görünüm puanlarının düştüğü, lipid oksidasyonun ise arttığı rapor edilmiştir. Ayrıca görsel görünümünün puanlarının düştüğü ve depolama süresi ile lipid oksidasyonunun arttığı belirtilmiştir.

Soğukta muhafaza edilen palamut balığının (*Sarda sarda*) raf ömrü üzerine mısır zeini filmi ve vakum ambalajlamanın etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, vakum uygulanarak ambalajmış kontrol grubu, zein ile kaplanmış grup ve zeinle kaplandıktan sonra vakum uygulanmış grup olmak üzere toplam üç farklı muamele grubunun ürünün bazı özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Analizler sonucunda zeinle kaplanıp

vakumlanmış grubun en uzun raf ömrüne (13 gün) sahip olduğu bildirilmiştir (Duyar *et al.* 2016). Yenilebilir zein filmi ile kaplama ve vakum ambalajlamanın gökkuşağı alabalığı filetolarının (*Oncorhynchus mykiss*) kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada ise 15 gün süre ile soğukta muhafaza edilen örnekler muhafazanın belirli günlerinde (1, 3, 6, 9, 12 ve 15.) mikrobiyal (toplam mezofilik aerobik bakteri, Enterobacteriaceae, *Pseudomonas* spp. ve laktik asit bakteri sayısı), kimyasal (TVB-N, TBA) ve duyu analizlere tabi tutulmuştur. Analizler sonucunda zein ile kaplanmış örnekler ile vakum ambalajlanmış örnekler arasında laktik asit bakteri sayısı açısından önemli bir farklılığın olmadığı ve en düşük TBA* değerinin zein ile kaplanmış örneklerde saptandığı rapor edilmiştir. Buna ilaveten, zein ile kaplamanın vakum ambalajlamaya alternatif olabileceği de vurgulanmıştır (Can and Çoban 2012).

Koloidal gümüş ajanı [%0,5 (w/v)] içeren ksantan gam bazlı antimikrobiyal film ile alabalık filetolarının kaplandığı bir çalışmada, gümüş içeren kaplamanın balığın görünüş, parlaklık, renk ve koku gibi duyu özelliklerini olumlu yönde etkilediği, kaplamanın balık filetolarında koruyucu bir bariyer tabakası oluşturduğu, Enterobacteriaceae ve laktik asit bakterilerini inhibe ettiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte söz konusu antimikrobiyal filmin nem ve oksijen geçirgenlik özelliklerinin iyileştirilmesi gerektiği, diğer ambalajlama uygulamalarıyla kombine halde kullanılması halinde gıdaların raf ömrünün daha fazla artırılacağı vurgulanmıştır (Kılınç and Sürengil 2015).

Jeon *et al.* (2002) tarafından buz yengeci proses artıklarından elde edilen farklı vizkozite ve moleküler ağırlığa sahip üç farklı kitosan kaplamanın taze atlantik morina balığı (*Gadus morhua*) ve ringa (*Clupea harengus*) balığı filetolarının raf ömrüne etkilerini belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada, fileto kaplama işleminden sonra 4°C de 12 gün süreyle depolanmıştır. Depolama sırasında yapılan analizler sonucunda 360 cP kitosan ile kaplanmış morina balığı filetolarında depolamanın 4, 6, 8, 10 ve 12 günlerinde yapılan ölçümlerde nispi nem kayıplarında sırasıyla %37, %29, %29, %40 ve %32 azalma olduğu, kitosanla kaplanan her iki fileto grubunda da kontrol grubuna göre peroksit değeri, konjuge dijenler, TBARS ve lipit kaynaklı uçucu bileşikler

açısından daha düşük değerler verdiği rapor edilmiştir. Bu grupların yine kontrol grubuna göre kimyasal bozulmanın indikatörü olarak araştırılan toplam uçucu bazik azot, trimetilamin ve hipoksantin açısından da daha düşük değerler verdiği ve bu gruplardamikrobiyal gelişmenin daha yavaş olduğu da bildirilmiştir. Sonuç olarak kitosanın koruyucu etkisi ile viskozitesinin birbiriyle ilişkili olduğu, 57 ve 360 cP lik viskozitedeki kitosanın etkiniliğinin 14 cP viskozitedeki kitosandan daha iyi sonuçlar verdiği ve yenilebilir bir kaplama olarak kitosanın depolama sırasında su ürünlerinin kalitesinin korunması açısından önemli bir polimer olarak değerlendirilebileceği vurgulanmıştır.

Yüzey kaplamanın, depolama esnasında balıkların bozulmasını geciktirmede kullanılan bir teknik olduğunun belirtildiği bir çalışmada, dondurulmuş balıklara yenilebilir kaplamalar uygulanmış ve kaplamaların kalınlığını (su kaplama ve %1,5 kitosan) etkileyen değişkenler (balık sıcaklığı, kaplama sıcaklığı, daldırma süresi) incelenmiştir. Farklı sıcaklıklarda (-15°C, -20°C ve -25°C) dondurulmuş Atlantik somon örnekleri (*Salmo salar*), farklı sıcaklıklarda (0,5, 1,5 ve 2,5°C) su ve %1,5 kitosan (2,5, 5 ve 8°C) çözeltilerine daldırma yöntemiyle (10-60 sn daldırma) kaplanmıştır. Hem su hem de kitosan kaplamalarda, somon ve kaplama çözeltisinin sıcaklıklarının düşürülmesinin kaplama kalınlığının artışına neden olduğu, aynı koşullarda, suya kıyasla (maksimum kalınlık $0,84 \pm 0,03$ mm) kitosan (maksimum kalınlık $1,41 \pm 0,05$ mm) kullanıldığında daha yüksek kaplama kalınlığı değerleri elde edildiği bildirilmiştir (Soares *et al.* 2016).

Ramezani *et al.* (2015) tarafından yapılan araştırmada, %2 kitosan ve %2 nanokitosan kaplamaların soğukta muhafaza edilen gümüş sazan (*Hypophthalmichthys molitrix*) filetolarının kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Nanokitosanla kaplanan filetoların depolamanın 12. gününde kontrol grubuna göre daha düşük toplam mezofilik bakteri ve toplam psikrotrofik bakteri sayıları verdiği, kaplanmış gruplarda (%2 kitosan ve %2 nanokitosan) depolama sırasında kontrole göre daha düşük TVB-N değerleri tespit edildiği, nanokitosanın kitosana göre daha yüksek antimikrobiyal aktivite sergilediği ve TVB-N üzerinde daha fazla etkili olduğu belirtilmiştir.

Wang *et al.* (2017) tarafından yapılan araştırmada, kolajen-lizozim içerikli (CL1; %0,1 lizozim + %4 kolajen, CL2; %0,3 lizozim + %4 kolajen, CL3; %0,5 lizozim + %4 kolajen, CL4; %0,7 lizozim + %4 kolajen, w/v) yenilebilir kaplamalar hazırlanmış ve taze somon filetolarına (*Salmo salar*) uygulanarak filetolar üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Filetolar buzdolabında (+4°C) 15 gün depolanmış ve depolama sırasında fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duysal analizlere tabi tutulmuştur. Analizler sonucunda, uygulamaların taze somon filetolarının muhafaza kalitesini önemli ölçüde geliştirdiği, özellikle, CL4 kodlu kaplamanın, diğer kaplamalara göre toplam uçucu bazik azotu (TVB-N) değerini azalttığı ve bakteri gelişimini daha iyi inhibe ettiği, ancak örneklerin genel kabul edilebilirliğini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Sonuç olarak kontrol ve kaplanmış örnekler arasında renk ve pH açısından önemli farklılıkların olmadığı ve CL (kollajen-lizozim) kaplamanın taze somon filetolarının muhafazasında en etkili kaplama olduğunu bildirilmiştir.

Kuzu etinin $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafazası sırasında mikrobiyolojik ve duysal kalitenin korunmasına ilişkin yapılan araştırmada %1,0 (w/w) titanyum dioksit (TiO_2) ve %2,0 (w/v) biberiye uçucu yağı içeren peynir altı suyu protein izolatı / selüloz nanofiber nanokompozit filmleri üretilmiş ve filmlerin etkinliği ölçülmüştür. Filmlere eklenecek her bir bileşiğin optimum konsantrasyonu mikro-seyreltme ve disk difüzyon yöntemleriyle belirlenmiştir. Kuzu eti örneklerinin mikrobiyal ve duysal özelliklerinin 15 günlük depolama boyunca iki grupta da (kontrol ve uygulama) kontrol edildiği bildirilmiştir. Analizler sonucunda nanokompozit filmlerin kuzu etinde bakteriyel gelişmeyi sınırlandırdığı, Gram pozitif bakterilere Gram negatif bakterilere kıyasla daha yüksek inhibisyon etki gösterdiği ve kuzu etinin raf ömrünü kontrol grubuna göre önemli ölçüde arttırdığı rapor edilmiştir (Sani *et al.* 2017).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Kaplama maddesi üretiminde kitosan (%75-85 deastilasyon derecesi, orta moleküler ağırlıkta, Sigma Aldrich), gliserol (%85'lik, Merck), asetik asit (%100, Merck) ve rosmarinik asit (%98 HPLC, Sigma Aldrich) kullanılmıştır.

Titanyum dioksit nanopartikülü olarak 30-50 nm partikül boyutunda titanyum dioksit nanopartikülleri (TiO₂, yüksek saflıkta, %99, 30 nm-50 nm), (Nanografi Nano Teknoloji Bilişim İmalat ve Danışmanlık Ltd. Şti.) nanoteknolojik ürünler üreten bir firmadan temin edilmiştir.

Ambalaj materyali olarak Südpack Verpackungen GmbH+Co (Germany) firmasından temin edilen, 15x25 cm boyutlarında PA/PE'den (Poliamid/Polietilen) müteşekkil (3-seal bags GB 70) materyal (O₂ geçirgenliği 40 cm³/m²/gün. atm. 23°C; N₂ geçirgenliği 24 cm³/m²/gün. atm. 23°C; CO₂ geçirgenliği 145 cm³/m²/gün. atm. 23°C ve su buharı geçirgenliği <3 g/m²/gün. atm. 23°C) kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kaplama materyallerinin üretimi

Araştırmada kaplama materyali olarak kitosan (CH), kitosan + TiO₂ (CHT), kitosan + TiO₂ + rosmarinik asit (CHTRA) olmak üzere üç farklı kaplama materyali üretimi gerçekleştirilmiştir. Her bir materyal iki kez üretilmiştir. Her bir kaplama materyalinin bileşenleri aşağıda verilmiştir.

CH: %2 kitosan

CHT: %2 kitosan + 10 mg/L titanyum dioksit nanopartikülü (30-50 nm),

CHTRA: %2 kitosan + 10 mg/L titanyum dioksit nanopartikülü (30-50 nm) + 0,005 mg/ml rosmarinik asit,

Kitosan çözeltisi Nowzari *et al.*(2013) ve Kanmani and Rhim (2014) tarafından verilen yöntemler modifiye edilerek hazırlanmıştır. Kitosan, %1 (v/v) asetik asit çözeltisi içerisinde çözündürülerek %2 kitosan solüsyonu hazırlanmıştır. Çözündürme işleminin tam gerçekleşmesi için 24 saat 50°C’de ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda (DAIHAN, MSH-20, Kore) karıştırılmış ve 24 saatlik karıştırma sonrasında plastikleştirici olarak %1 (v/v) oranında gliserol ilave edilmiş, manyetik karıştırıcıda 6 saat karıştırılmıştır. Önceden ultrasound (BANDELIN, Almanya) kullanılarak hazırlanmış olan TiO₂ nanopartikülleri (10 mg/L) ve/veya rosmarinik asit (0,005 mg/ml) kaplama solüsyonlarına 24000 rpm’de ultraturax (IKA T25, Almanya) ile karıştırma sırasında yavaş yavaş ilave edilmiş ve 20 dakika karıştırma işlemine devam edilmiştir. Titanyum dioksit ve rosmarinik asit ilave edilerek hazırlanmış olan nanokompozit kaplamalara 20 dakika ultrasound ve 10 dakika UV uygulanmıştır (Lin *et al.* 2015). Bu şekilde hazırlanan filmler karakterizasyon testlerine tabi tutulmuştur.

3.2.2. Nanokompozit kaplamaların karakterizasyon analizleri

Nanokompozit kaplamalar üretildikten sonra petri kaplarına, uygun cam kaplara ve lamellere dökülmüş ve oda sıcaklığında kurutulmuştur. Elde edilen kaplamalar X-Işını difraksiyon analizi (XRD), fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi analizi (FT-IR), taramalı elektron mikroskobu analizi (SEM-EDX) ve atomik kuvvet mikroskobu analizine (AFM) tabi tutularak karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.a. Spektroskopik yöntemler

1. X-Işını kırınım (XRD) analizi

Hazırlanan nanokompozit kaplama materyallerinin etkileşimlerini incelemek, oluşan nanokompozit yapıyı karakterize etmek ve kristal yapıyı belirlemek amacıyla

kaplamaların ölçümleri XRD cihazında yapılmış ve kaplama maddelerine ait spektrumlar elde edilmiştir. Ölçümler 40 kV, 40 mA ve 3 min⁻¹ tarama hızında ve 2θ açısında alınmıştır. XRD görüntüleri, Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (DAYTAM) X-Işını kırınım (XRD) cihazı (Panalytical Empyrean, İngiltere) (Şekil 3.1) ile alınmıştır.



Şekil 3.1. X-Işını Kırınım (XRD) Cihazı

2. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) analizi

Hazırlanan nanokompozit kaplama materyallerinin karakterizasyonu için FT-IR analizleri yapılmıştır. Nanokompozit kaplamalara ait FT-IR spektrumları elde edilmiştir. Karakterize etmek için hazırlanmış numunelerin 4 cm⁻¹ tarama hızında ve 400–4000 cm⁻¹ dalga boyları arasındaki spektrumları alınmıştır. FT-IR analizi Atatürk Üniversitesi, Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (DAYTAM) FT-IR cihazı (Bruker Vertex 70v, Almanya) (Şekil 3.2) ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektropisi cihazı

3. Taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX) analizi

Hazırlanan nanokompozit kaplama numunelerinin yüzey karakterizasyonunun gerçekleştirilmesinde detaylı morfolojik yapı tespiti için SEM analizleri yapılmıştır. Film haline getirilen örnekler grit üzerine yapıştırılmış 20 nm kalınlıkta altınla kaplanmış ve SEM cihazına yerleştirilerek analiz edilmiştir. SEM-EDX analizi Atatürk Üniversitesi, Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (DAYTAM) SEM-EDX cihazında (Sigma 300 Model Zeiss, Almanya) (Şekil 3.3) yapılmıştır.



Şekil 3.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX)

4. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) analizi

Hazırlanan nanokompozit kaplama numunelerinin yüzey karakterizasyonunun gerçekleştirilmesinde detaylı morfolojik yapı tespiti için AFM analizi yapılmıştır. AFM analizi Atatürk Üniversitesi, Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (DAYTAM) AFM cihazı (HİTACHI 5100N, Japonya) kullanılarak yapılmıştır.

3.2.3. Alabalık filetolarının hazırlanması ve kaplama materyallerinin uygulanması

Üretilen nanokompozit kaplama materyallerinin uygulamasının yapılabilmesi için Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Uygulama Merkezinde yetiştirilen, ortalama 350-400 gram ağırlığındaki 84 Gökkuşluğu Alabalığından (*Oncorhynchus mykiss*) elde edilen 168 adet fileto, kaplama işlemi yapılana kadar buzdolabı koşullarında ($4\pm1^{\circ}\text{C}$) muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.4. Alabalık filetolarının temizlenmesi

Alabalık filetolarının kaplama işlemi daldırma usulüyle gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla alabalık filetoları 1 dakika süreyle hazırlanan kaplama ve nanokompozit kaplama çözeltilerine daldırılmış ve kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaplanan alabalık filetoları 4°C’de 12 saat kurutma işlemine tabi tutulduktan sonra ambalajlama makinesinde (Multivac A 300/16, Wolfertschwenden, Almanya) modifiye atmosfer koşullarında (%40 CO₂ + %30 O₂ + %30 N₂) ambalajlanmıştır. Ambalajlanan örnekler +4 ± 1°C’de 18 gün süreyle muhafaza edilmiştir. Herhangi bir kaplama işlemi uygulanmadan doğrudan MAP uygulamasına tabi tutulan alabalık filetoları ise kontrol grubu olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Kaplamaların hazırlık aşaması

Ambalajlanan örneklerden depolamanın belirli günlerinde (0, 3, 6, 9, 12, 15 ve 18. gün) alınan örnekler fiziksel-kimyasal (renk değeri, pH, TBARS, TVB-N) ve mikrobiyolojik analizlere (toplam aerobik mezofilik bakteri, psikrotrofik bakteri, laktik asit bakteri ve Enterobacteriaceae) tabi tutulmuştur.



Şekil 3.6. Kaplanmış filetoların ambalajlama aşaması

3.2.4. Alabalık Filetolarında Uygulanan Analizler

3.2.4.a. Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler için 25 gram balık örneği steril plastik torbaya tartılmış, üzerine 225 ml steril fizyolojik tuzlu su (%0,85 NaCl, Merck) ilave edilerek stomacherde homojenize edilmiştir. Daha sonra homojenizattan uygun dilüsyonlar hazırlanmış ve aşağıda verilen analizlere tabi tutulmuştur. Sonuçlar log kob/g olarak verilmiştir.

1. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı

Toplam aerobik bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA, Merck) besiyeri kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan 0,1 ml alınarak PCA agar plaklarına yüzeye yayma yöntemiyle ekim yapılmıştır. 30°C’de 2 günlük aerobik inkübasyondan sonra koloniler sayılarak toplam bakteri sayısı belirlenmiştir (Baumgart *et al.* 1993).

2. Psikrotrofik bakteri sayımı

Psikrotrofik bakteri sayımında besiyeri olarak PCA (Plate Count Agar, Merck) kullanılmıştır. Belirlenen dilüsyonlardan yüzeye yayma metoduyla ekim yapılmış, petri plakları 10°C’de 7 gün inkübasyona bırakılmış ve daha sonra sayımları yapılmıştır (Anonymous 1992).

3. Laktik asit bakteri sayımı

Alabalık fileto örneklerinde laktik asit bakteri sayımı için MRS (De Man Ragosa Sharpe Agar, Merck) agar besiyeri kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan 0,1 ml alınarak MRS agar plaklarına yüzeye yayma yöntemiyle ekim yapılmış ve 30°C’de 2 gün anaerobik (Anaerocult, Merck) şartlarda inkübe edildikten sonra sayım gerçekleştirilmiştir (Baumgart *et al.* 1993).

4. Enterobacteriaceae sayımı

Uygun dilüsyonlardan VRBD (Violet Red Bile Dextrose, Merck) agar plaklarına 0,1’er ml aktarılıp yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekim sonra plaklar 30°C’de 2 gün anaerobik (Anaerocult, Merck) şartlarda inkübe edilmiş ve inkübasyon sonucunda 1mm’den büyük koloniler sayılarak Enterobacteriaceae sayısı tespit edilmiştir (Baumgart *et al.* 1993).

3.2.4.b. Fiziksel ve kimyasal analizler

Her bir gruba ait alabalık filetoları depolamanın 0, 3, 6, 9, 12, 15 ve 18. günlerinde aşağıda belirtilen analizlere tabi tutulmuştur.

1. pH değerinin belirlenmesi

Homojen hale getirilen örneklerden 10 gram, paralelli olarak tartılmış ve üzerlerine 100 ml saf su ilave edilerek Ultra-Turrax (IKA Werke T 25, Almanya) ile 1 dakika homojenize edilmişlerdir. pH değerleri, uygun tampon çözeltiler (pH 4,00 ve pH 7,00) ile kalibre edilmiş pH-metre (Schott Labstar pH, Almanya) ile okunarak belirlenmiştir.

2. Renk analizi

Örneklerin kesit yüzey renk yoğunlukları kolorimetre cihazı (CR-400 Konika Minolta, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. L*, a* ve b* değerleri üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından verilen kriterlere göre yapılmıştır (Commision Internationale de l'Eclairage).

3. Tiobarbitirik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi

Homojen hale getirilen örnekten 2 gram alınarak üzerine 12 ml TCA çözeltisi ilave edilmiş, 15–20 sn ultraturrax'da homojenize edildikten sonra Whatman 1 (Whatman® Schleicher&Schuell CAT No:1001 125) filtre kağıdından süzölmüştür. Süzöntüden 3 ml alınarak deney tüpüne aktarılmış, üzerine 3 ml 0,02 M TBA (Thiobarbituric Acid) çözeltisi konulup ve karıştırılmıştır. Deney tüpleri 100°C'de 40 dakika su banyosunda bekletildikten sonra 5 dakika soğuk su içerisinde soğutulmuştur. Santrifüj (Hermle ZK 380, Almanya) işleminden (2000 g'de 5 dakika) sonra spektrofotometrede (Shimadzu, Japonya) 530 nm dalga boyunda absorbans okunmuştur. Standardın hazırlanmasında

TEP (1,1,3,3-tetraetoksipropan) kullanılmış ve standart (k) 0,06 olarak hesaplanmıştır. Sonuç formülle hesaplanarak $\mu\text{mol malonaldehit/g}$ olarak verilmiştir (Lemon 1975).

4. TVB-N miktarının belirlenmesi

Homojen hale getirilmiş örnekten 10 gram alınarak üzerine 90 ml 0,6 N perklorik asit çözeltisi ilave edilmiş ve 1-2 dakika 20.000 rpm'de ultraturax ile homojenize hale getirilmiştir. Filtre kağıdı ($\varnothing$ 150 mm, hızlı filtre edilebilen faltenfiller) ile filtre edilmiş ve elde edilen ekstraktan 50 ml alınarak üzerine 1-2 damla fenol fitalein (1 g/100 ml etanol, %96'lık) ilave edilmiştir. Köpük oluşumunu önlemek için bir kaç damla köpük kırıcı (Slicone Antifoam, emülsion; %30 in Water, Fluka) ve 6,5 ml %20'lik sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi (20 g/100 ml) ilave edilerek su buharı distilasyonuna geçilmiştir. Distilat erlenine ise 100 ml borik asit çözeltisi (3 g/1000 ml, çözelti günlük olarak kaynatılıp soğutulmuş saf suda hazırlanmıştır) ve 3-5 damla indikatör (2g metil kırmızısı ve 1 g metilen mavisi; 1000ml etanol; %96'lık) damlatılmıştır.

Su buharı distilasyon sistemi (BEHR S2 Steam Distillation Unit LABOR-Technic GmbH, Düsseldorf/Germany) 10 dakikada 100 ml distilat toplanacak şekilde ayarlanmış ve elde edilen distilat 0,1 N HCl çözeltisi ile gri renge kadar titre edilmiştir. Balıklardaki total volatil baz-azot miktarı, titrasyonda harcanan HCl çözeltisi dikkate alınarak hesaplanmıştır.

3.2.4.c. İstatistikî analizler

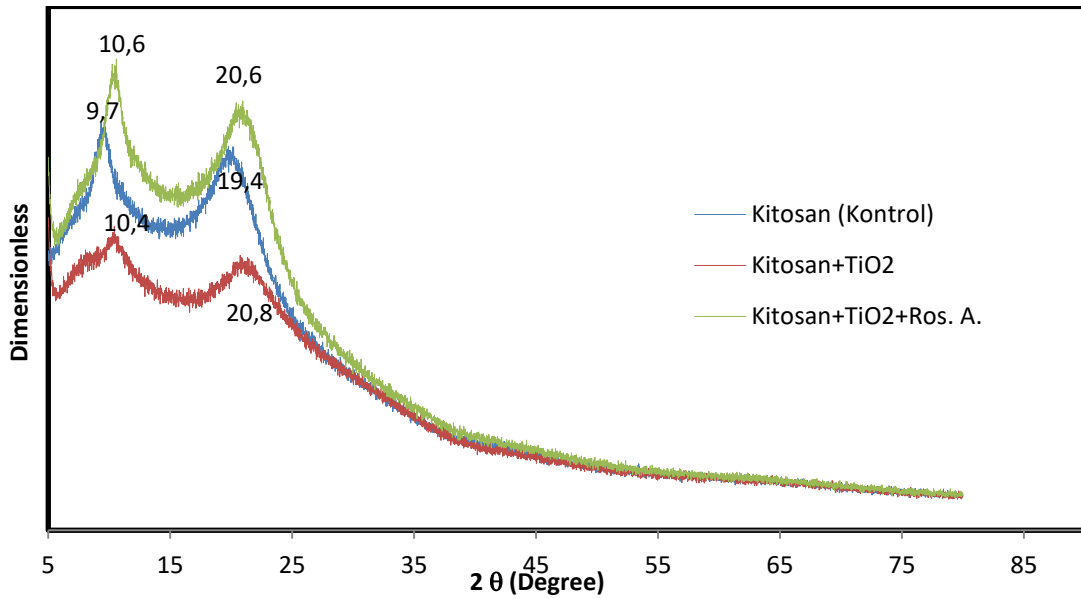
Araştırmada kaplama uygulaması (kontrol, kitosan kaplama, kitosan+TiO₂ ve kitosan+TiO₂+rosmarinik asit) ve depolama süresi ($4 \pm 0,5^\circ\text{C}$ 'de, 0, 3, 6, 9, 12, 15 ve 18 gün) faktör olarak alınmıştır. Denemeler 4x7 faktöriyel düzende şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre iki tekerrürlü olarak kurulmuş ve yürütülmüştür. Deneme sonunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizlerde SPSS 22 paket programı kullanılmıştır (SPSS 22.0, 2013).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Kaplama Materyallerinin Karakterizasyonuna Ait Sonuçlar

4.1.1. X-ışını difraksiyonu (XRD) analiz sonuçları

CHT ve CHTRA nanokompozit oluşumu XRD analizi ile ortaya konulmuştur. Şekil 4.1'de CH, CHT ve CHTRA nanokompozitinin XRD modelleri gösterilmektedir. Kaplamaların karakteristik kırınım pikleri 9,7 - 19,4°C (CH), 10,4 - 20,8°C (CHT) ve 10,6 - 20,6°C (CHTRA) dir. Bu pikler, mevcut literatür ile uyumlu olup yüksek kristal yapıyı göstermektedir. Bu karakteristik pikler, kontrole ait XRD profilinde gözlemlenmiştir ancak düşük yoğunluklara sahip küçük kaymalar oluşmuştur. Buna ek olarak, CHTRA ile bağlantılı pik, saf kitosan profiline göre daha geniştir ve bu nanokompozit yapının oluştuğunu göstermektedir (Lin *et al.* 2015; Suksaeree *et al.* 2015; Elahi *et al.* 2015; He *et al.* 2016). Bu sonuçlar, ağırlıklı olarak nano ölçekli titanyum dioksitin kitosan matrisiyle başarılı bir şekilde birleştiğini göstermektedir.



Şekil 4.1. Kitosan, Kitosan/TiO₂ ve Kitosan/TiO₂/Rosmarinik asit nanokompozit kaplamaların XRD grafiği

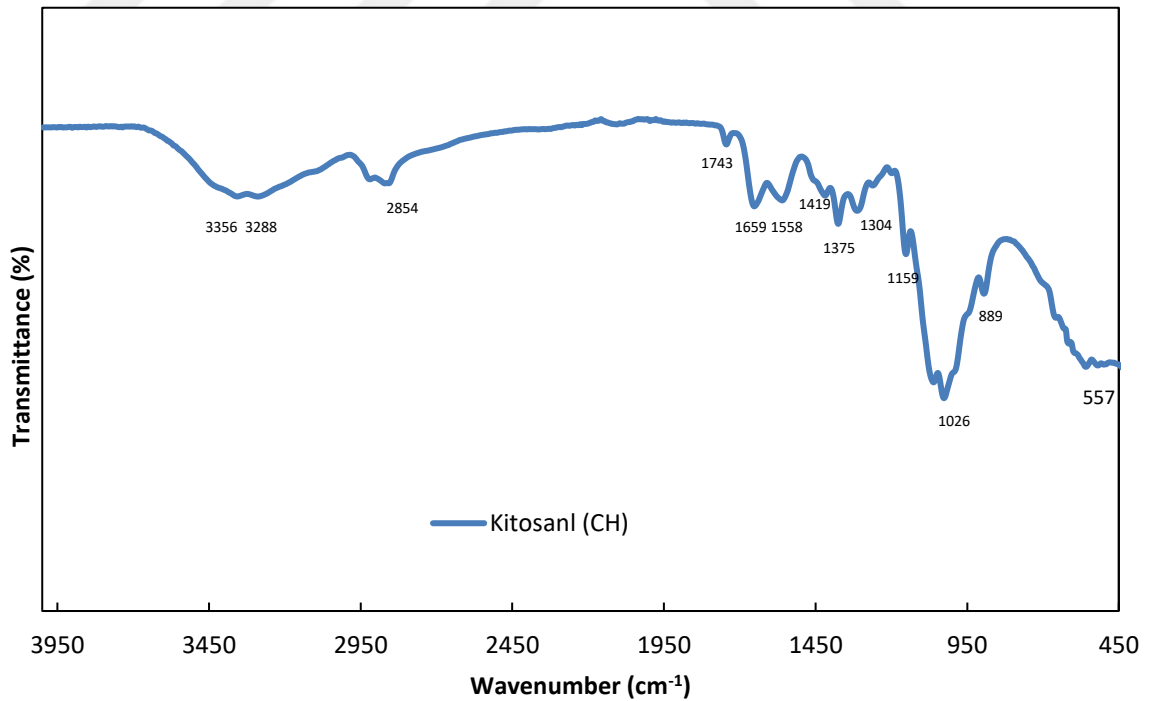
4.1.2. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) analiz sonuçları

Kitosan ve TiO_2 partikülleri arasındaki etkileşimi net bir şekilde açıklamak ve nanokompozit yapının oluştuğunu belirlemek için kitosan ve TiO_2 nanokompozitinin FT-IR spektrumları alınmıştır. Kompozit kaplamaların FT-IR analizleri, kompozitin hazırlanmasında TiO_2 ve rosmarinik asit bileşenlerinin modifikasyonuna neden olan yapısal değişiklikleri incelemek için gerçekleştirilmiştir. Kitosan ve nanokompozit kaplamaların (CHT ve CHTRA) spektrumları birbiriyle çok benzerlik göstermekle birlikte bazı değişiklikler mevcuttur ki bu da nanokompozit çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Pereira *et al.* 2015; Shankar *et al.* 2015; Polat 2016; He *et al.* 2016; Memiş 2017). Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'te görüldüğü gibi tüm kaplamalarda önemli bantlar yaklaşık 1659 cm^{-1} amid I (C=O gerilme) ve 1558 cm^{-1} (N-H bükülme-eğilme) olup bunlar güçlü bağlardır. Zayıf bağlar 1419 cm^{-1} (CH_2), 1393 cm^{-1} (CH_3), 1236 cm^{-1} (NH_2), 1026 ve 1061 cm^{-1} (C-O-C) bantlarında görülmüştür. Tüm kaplama numunelerinde 1026 cm^{-1} 'de yer alan bantların varlığı plastikleştirici ile film arasında olası etkileşimlerin olduğunu göstermektedir. Lin *et al.* (2015) da sırasıyla 1692 cm^{-1} , 1516 cm^{-1} dalga boylarında amid-I, amid-II ve amit-III bantların bulunduğu kitosan nanokompozitinde de benzer sonuçlar olduğunu bildirmişlerdir. Şekil 4.5.'te 3356 cm^{-1} ve 3288 cm^{-1} bantları OH bağlarını göstermekte olup nanokompozit yapılarda bu güçlü bantlar daha geniş ve daha düz bir hal almıştır, bu durum hidrojen bağının güçlendiğini destekler niteliktedir. Haerudin *et al.* (2010) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. Araştırmada, kitosanın spektrumunun $3450\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ 'de geniş ve yoğun bantlarla karakterize edildiği ve (hidrojen bağlanmış OH gerilmesi N-H germe bantları ile örtüşür) 2783 cm^{-1} 'de C-H germe bandını gösterdiği bildirilmiştir. Kitosanın N-H deformasyon bandı ise 1559 cm^{-1} 'de tespit edilmiştir. 1656 cm^{-1} ve 1599 cm^{-1} 'deki güçlü bantlar kitosanın amid I (C = O gerilmesi) ve amid II (N-H eğilme modları)'na atfedildiği de belirtilmiştir.

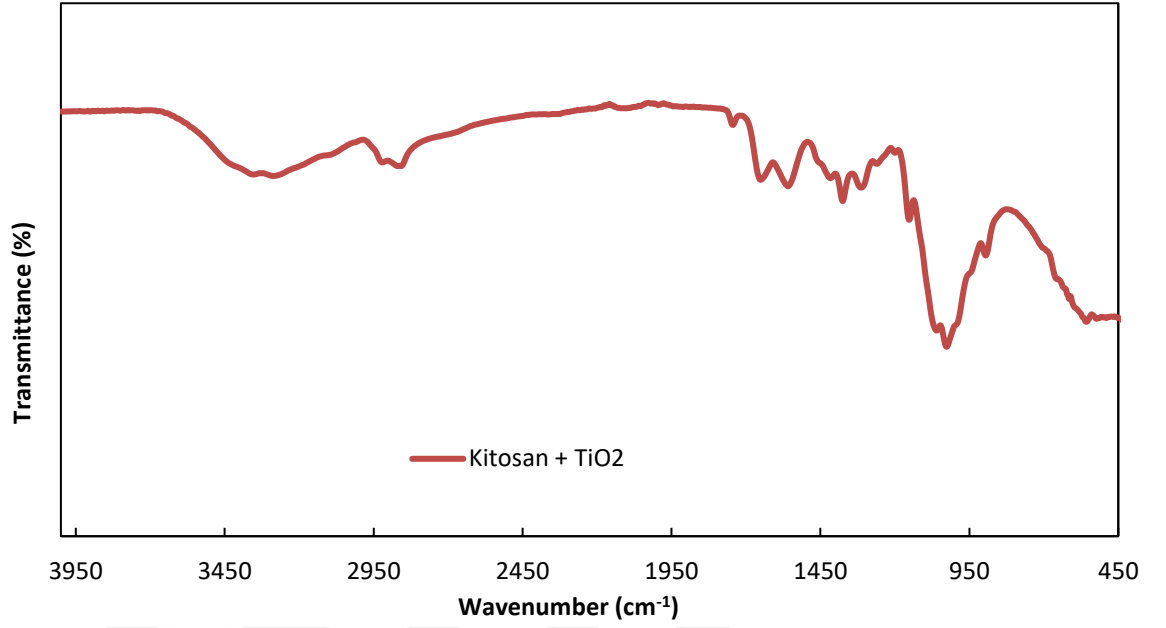
Rahvalı (2016) tarafından kitosan/kil nanokompoziti üzerine yapılan çalışmada, kitosan filmlerine ait FT-IR-ATR spektrumları mevcut çalışmayla benzerlik göstermektedir. Çalışmada 3300 cm^{-1} 'deki karakteristik soğurma pikinin hidroksil (OH-) grubuna ve 2900 cm^{-1} bölgesindeki pikin N- C germe grubuna ait olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan 1650 cm^{-1} bölgesindeki pikin amid grubuna, $1400\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ bölgesindeki pikin de C-H eğilme

titreşimlerine ait olduğunu göstermiştir. 1400-1500 cm^{-1} bölgesindeki pikin CH bükülme titreşimlerine, 1350 cm^{-1} bölgesindeki pikin $-\text{CH}_3$ ve piranoz $\text{C} = \text{O}-\text{C}$ ve 1100-900 cm^{-1} pikinin ise C-OH germe bükme titreşimlerine ait olduğu belirlenmiştir. Çalışmada farklı oranlarda kil ilavesinin bu karakteristik piklerin şiddetinde artışa neden olduğu bildirilmiştir.

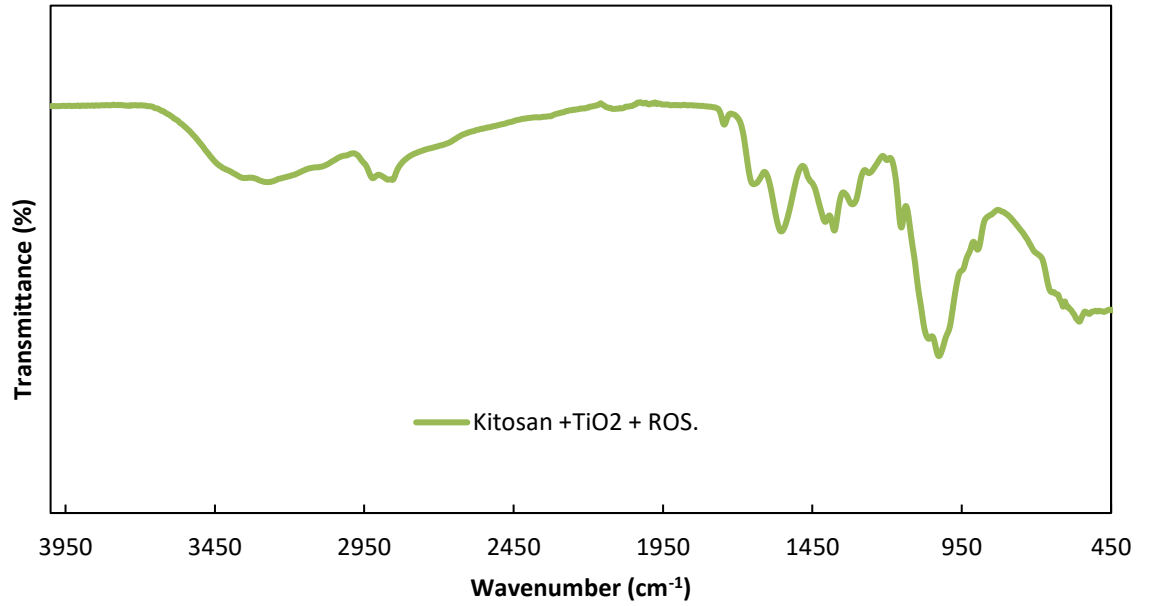
Karbonhidratlar için parmak izini gösteren bölgenin 800-1200 cm^{-1} arasındaki bölgede olduğu ve kitosan varlığında 1026 cm^{-1} 'de C-O-C bağlarının titreşiminden kaynaklı sivri bir pik oluşabileceği bildirilmiştir. 1200 ve 1500 cm^{-1} bantları hidrojen atomları yani CCH, HCH, COH ve HCO gibi grupların deformasyon titreşimlerine karşılık geldiği belirtilmiştir. Karbonhidratların spektral analizlerinde, beş frekans bölge önerilmekte ve 3600 ile 2800 cm^{-1} arasındaki bölgenin OH ve CH esneme titreşimlerini içerdiği ifade edilmektedir. Bu OH titreşimlerinin, güçlü molekül içi ve moleküler arası hidrojen bağları ile çok güçlü ve geniş bantlar olarak görüldüğü bildirilmiştir (Vanlout *et al.* 2012).



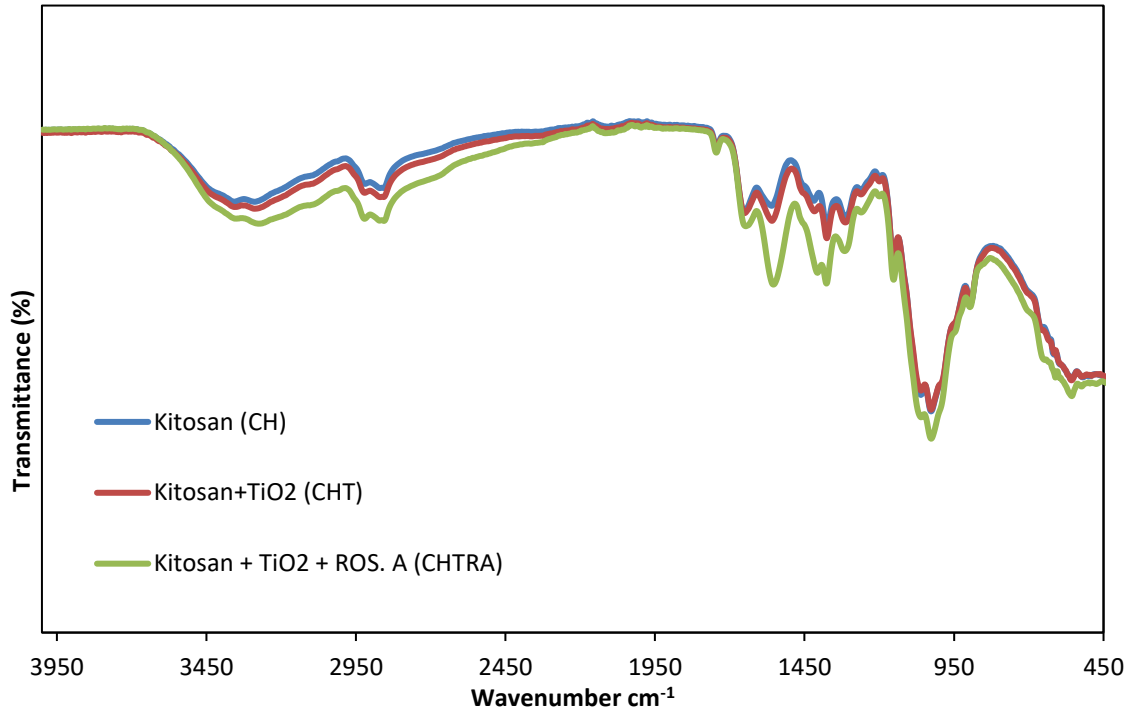
Şekil 4.2. Kitosan kaplama (CH) grubuna ait FT-IR spektrumu



Şekil 4.3. Kitosan + TiO₂ nanokompozit kaplama (CHT) grubuna ait FT-IR spektrumu



Şekil 4.4. Kitosan + TiO₂ + Rosmarinik asit nanokompozit kaplama (CHTRA) grubuna ait FT-IR spektrumu

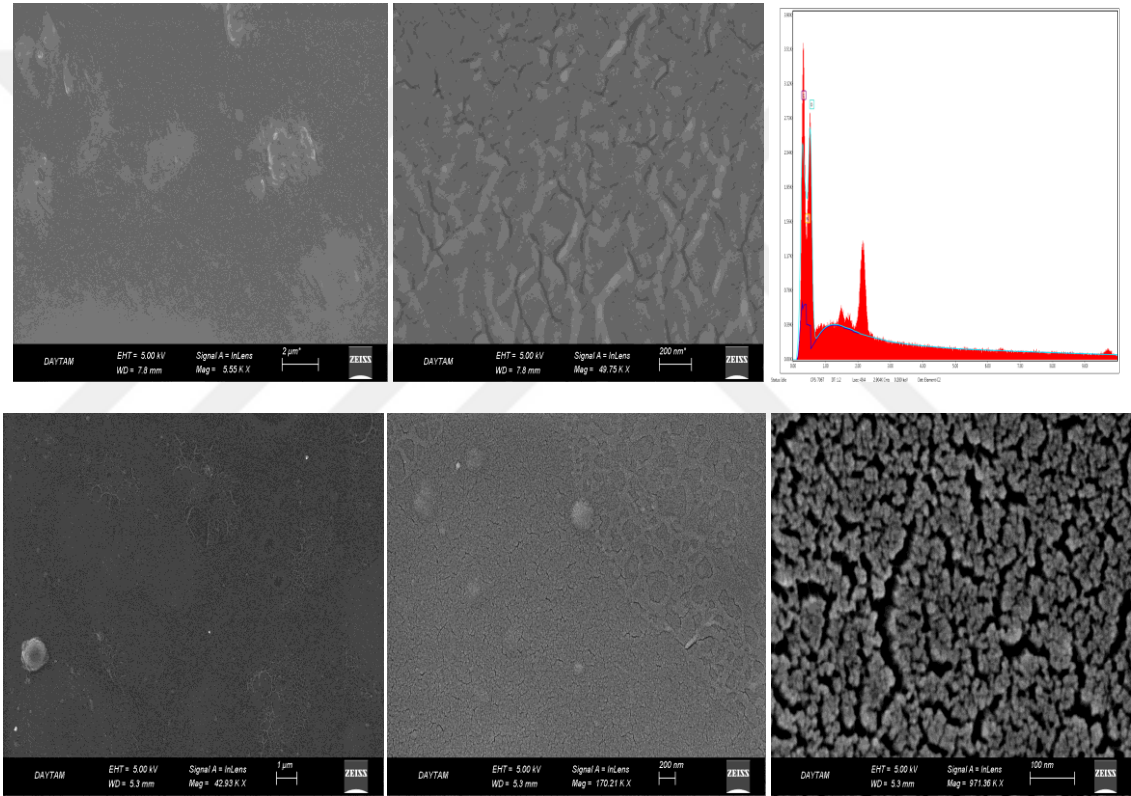


Şekil 4.5. Kitosan kaplama ve nanokompozit kaplama (CH, CHT, CHTRA) gruplarına ait FT-IR spektrumu

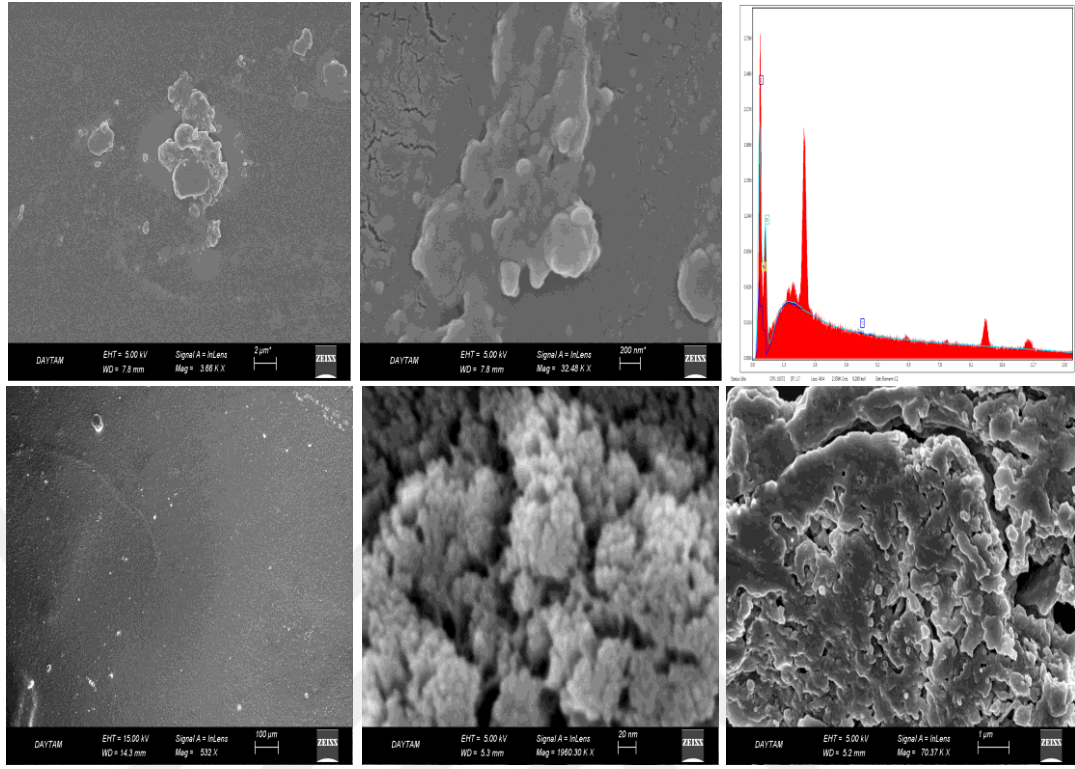
4.1.3. SEM-EDX analiz sonuçları

Taramalı elektron mikroskop görüntüleri (SEM), nanokompozit kaplamaların yüzey pürüzlülüğü ve kaplama yüzeyinin homojenliği hakkında bilgi vermektedir. Kitosan kaplamanın morfolojisi Şekil 4.6'da nanokompozitlerin morfolojisi ise Şekil 4.7 ve 4.8'deki taramalı elektron mikrograflarında gözlemlenmektedir. Nanokompozit (Şekil 4.7) yapıya ait ağaç benzeri fraktal yapının görünümü, önceki çalışmalarla da benzerlik göstermektedir (Murugadoss & Chattopadhyay, 2008). Kitosan üzerinde dağılmış olan nano yapıdaki titanyum dioksitin SEM görüntüleri de daha önceki çalışmalarla da benzerlik göstermektedir (Agafonov *et al.* 2017). Kitosana titanyum dioksit nanopartikülleri ve nano partikül eklendiğinde morfolojik yapıda değişimler gözlenmiştir. Ayrıca nanokompozit kaplama görüntüsünde düzensiz şekilli (Şekil 4.7) titanyum dioksit varlığı kitosan üzerindeki agregasyonu göstermektedir. Yüksek büyütme oranlarında (Şekil 4.7 ve 4.8) alınan EDX'ler ile bu agregasyonların, TiO_2 nanopartiküllerine ait olduğu teyit edilmiş ve 50-100 nm boyutunda nano parçacıklar

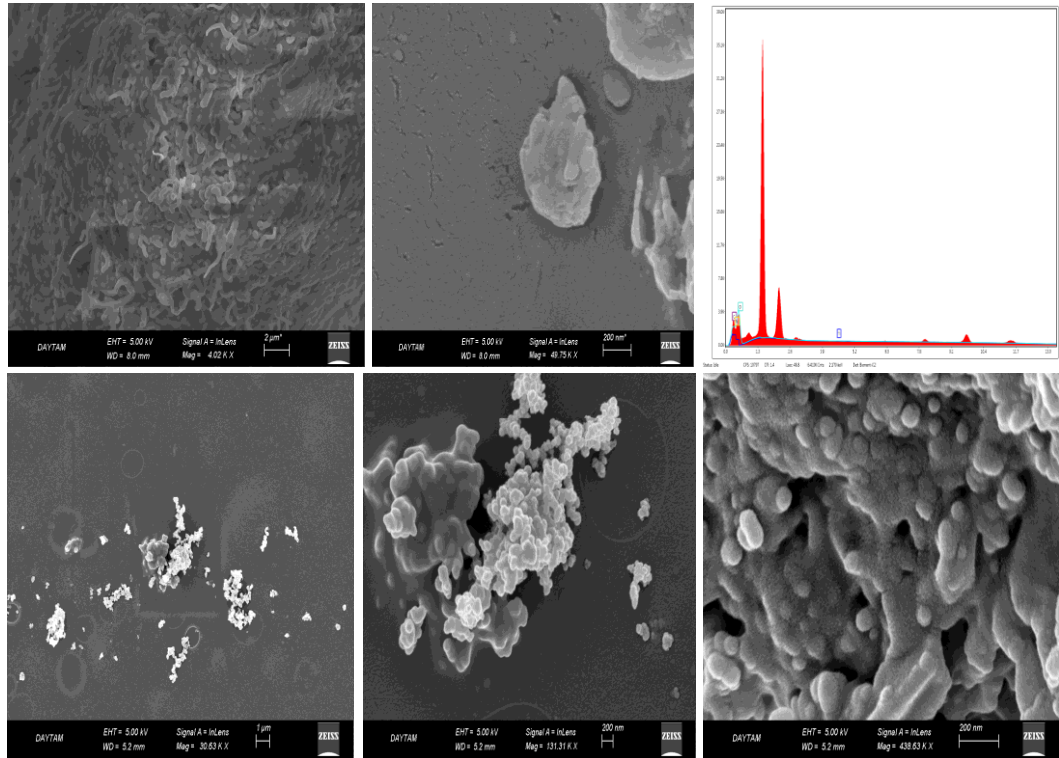
olduğu belirlenmiştir. Mikrograflarda, nanopartiküllerin kitosan yüzeyine iyi bir şekilde yayıldığı ancak topaklanmalar oluşturarak dağıldığı görülmüştür. Bunun en önemli sebebinin nanopartiküller arasındaki çekim kuvvetlerinin olduğu düşünülmektedir. Sonuçlar, çözücü döküm yöntemiyle hazırlanan kitosan/TiO₂ nanokompozitinin oluşumunu doğrulamaktadır. TiO₂ ve rosmarinik asit içeren nanokompozit kaplamalardaki TiO₂ partiküllerinin kümeleşmesi ve dağılması neticesinde yüzeylerin pürüzlü ve engebeli bir görünüm sergilediği belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Kitosan kaplamaya (CH) ait SEM- EDX fotoğrafları



Şekil 4.7. Kitosan + TiO₂ Nanokompozit Kaplamaya (CHT) ait SEM – EDX fotoğrafları

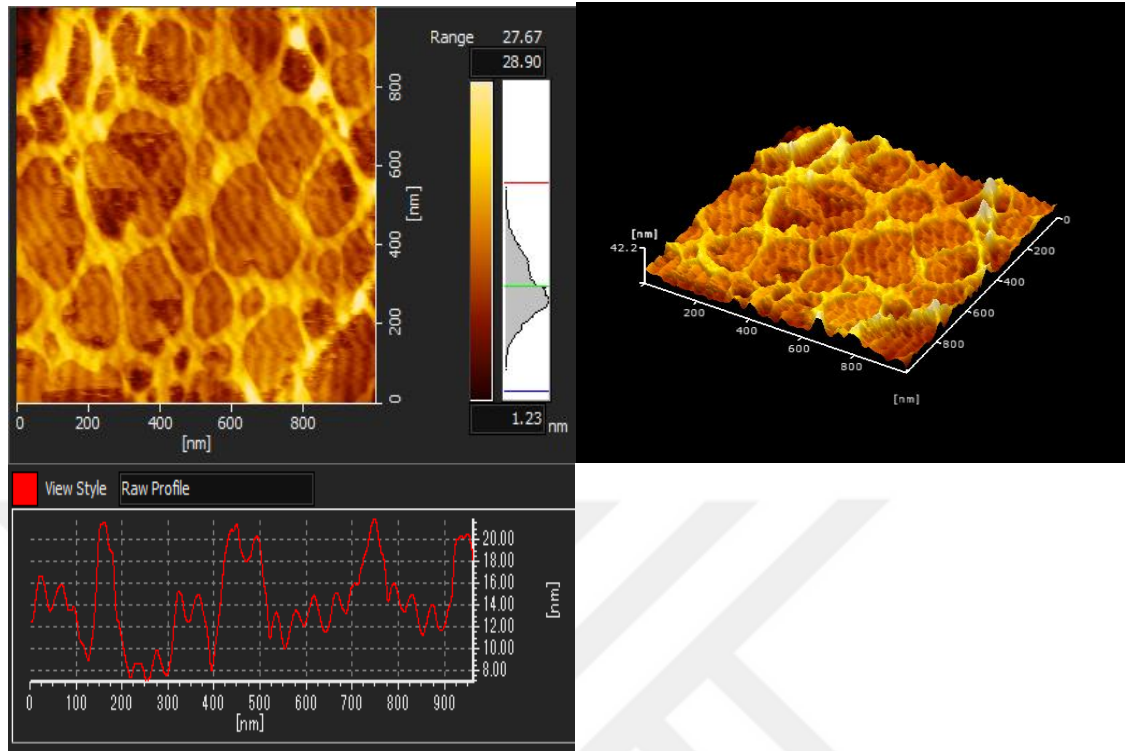


Şekil 4.8. Kitosan + TiO₂ + Rosmarinik asit nanokompozit kaplamaya (CHTRA) ait SEM fotoğrafları

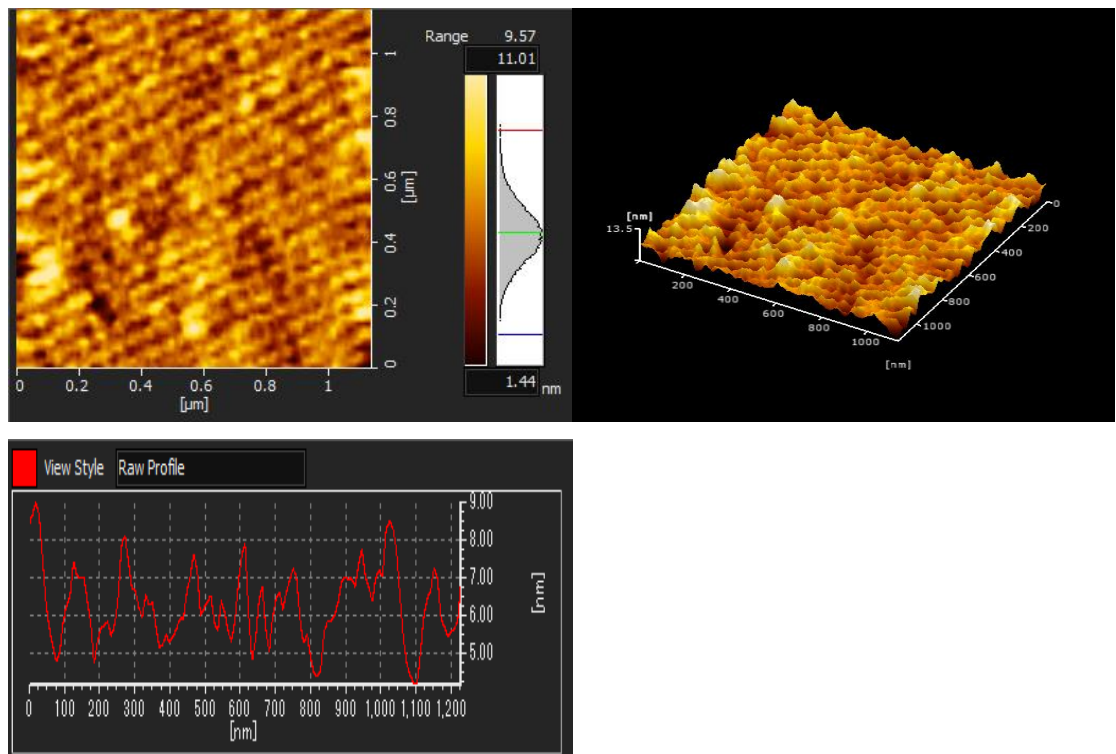
4.1.4. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) analiz sonuçları

Nanokompozit kaplamaların morfolojisini belirlemek için atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ile inceleme yapılmış ve yüzeylerin topoğrafyası görüntülenmiştir. Saf kitosan kaplamanın homojen olmayan yüzey görüntüsü Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Nanokompozit kaplamalardaki TiO_2 ve rosmarinik asit parçacıklarının homojen bir yüzey oluşturduğu Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de görülmektedir. Şekil 4.9 saf kitosan kaplamayı, Şekil 4.10'de kitosan matrisine gömülü nanopartikülleri, Şekil 4.11 kitosan- TiO_2 nanokompozitlerin üç boyutlu görünüşlerini göstermektedir. Kitosan nanokompozit kaplamanın nano ölçekli topoğrafyasında düzensiz gözenekler ile adeta tepe-vadi yapısının olduğu bir yüzey ortaya çıkarmıştır. Nanopartiküllerin topografya desenlerinin yükseklikleri 0-20,4 nm olduğu görülmektedir.

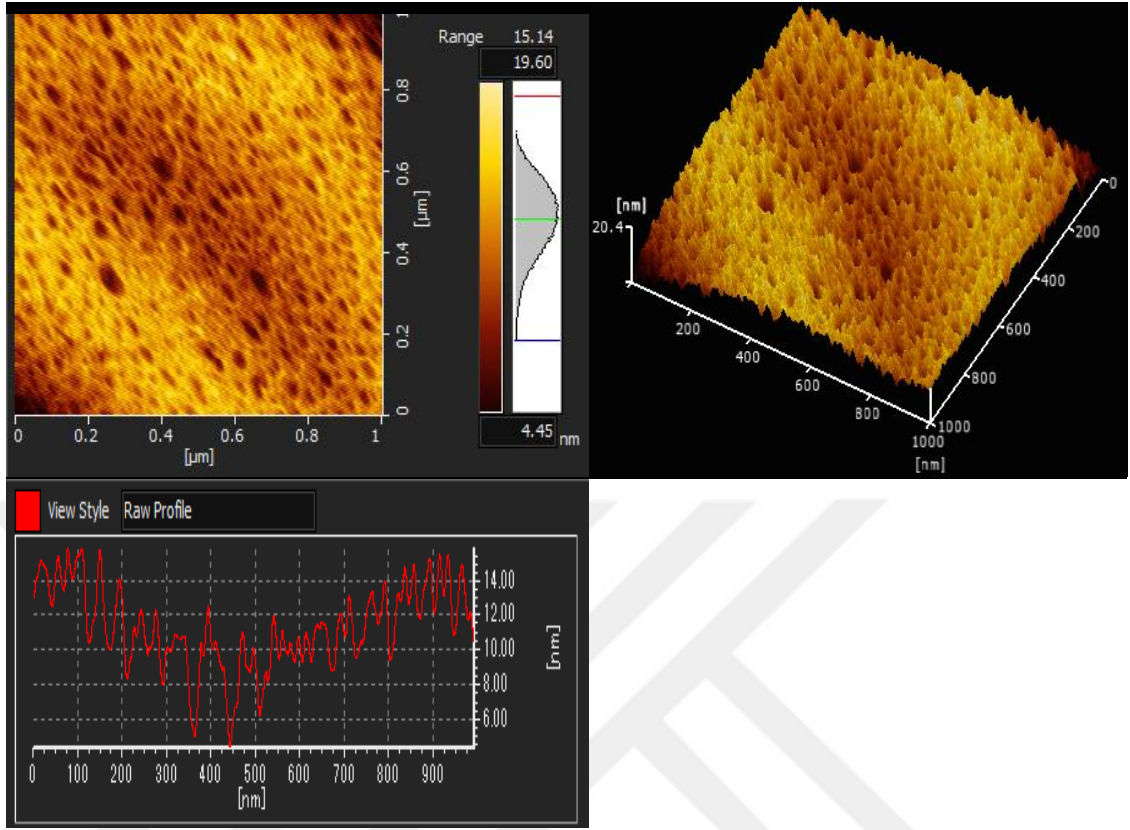
Üç boyutlu (3D) görüntüler, kitosan kaplama yüzeyine kıyasla kitosan nanokompozit yüzeylerinde zirvelerin sayısının ve yüksekliğinin arttığını açıkça göstermektedir. Adsorpsiyon, ıslanabilirlik, sürtünme veya elektriksel temas özellikleri gibi filmlerin birçok fiziko-kimyasal özelliği filmin yüzey morfolojisine bağlı olduğu bildirilmiştir (Dragostin *et al.* 2015). Mevcut bu araştırmada, AFM görüntüleri kıyaslandığında nanokompozit kaplamaların yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve nanokompozit kaplamaların adsorpsiyon kapasitesi ve hidrofobitesinin arttığı düşünülmektedir.



Şekil 4.9. Kitosan kaplamaya (CH) ait AFM görüntüleri



Şekil 4.10. Kitosan + TiO₂ nanokompozit kaplamaya (CHT) ait AFM görüntüleri



Şekil 4.11. Kitosan + TiO₂ + Rosmarinik asit nanokompozit kaplamaya (CHTRA) ait AFM görüntüleri

4.2. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

4.2.1. Toplam aerobik mezofilik bakteri

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında toplam canlı sayıları Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Bu verilere göre alabalık filetolarında sayı 2,30-8,45 log kob/g aralığında değişiklik göstermiştir. Kontrol grubunda başlangıç bakteri sayısı ortalama 4 log kob/g seviyesinde olmuştur. Depolama süresi ilerledikçe bakteri sayısı da artış göstermiştir. Bununla birlikte kaplama uygulanan tüm gruplarda kontrole (kaplamasız) göre daha yavaş bir gelişme seyri gözlenmiştir. Kontrol grubunda depolamanın 12. gününde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı 1×10^6 kob/g’ın üzerinde bulunurken, kaplamaya tabi tutulan gruplarda kontrole göre daha düşük sayılar

tespit edilmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere CHT grubunda toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı 18. günde dahi 1×10^6 kob/g’ın altında kalmıştır.

Çizelge 4.1. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları (log kob/g)

Kaplama	Blok	Depolama süresi						
		0	3	6	9	12	15	18
K (Kontrol)	I	3,92	4,08	4,25	5,28	6,93	7,75	8,45
	I	3,95	4,04	4,30	5,30	6,86	7,72	8,43
	II	4,40	4,92	5,32	6,62	7,04	7,78	8,41
	II	4,40	4,78	5,32	6,63	7,04	7,80	8,41
CH	I	2,69	2,85	3,26	3,20	4,34	4,56	5,68
	I	2,48	2,90	3,20	3,61	4,32	4,38	5,76
	II	3,32	3,48	4,04	4,26	4,34	5,17	6,18
	II	3,43	3,60	4,00	4,26	4,40	5,16	6,17
CHT	I	2,48	2,70	3,20	3,61	5,15	5,48	5,8
	I	2,30	2,60	3,20	3,54	5,49	5,36	5,85
	II	3,43	3,78	3,95	4,00	4,34	5,04	5,60
	II	3,61	3,60	3,95	4,00	4,30	5,07	5,60
CHTRA	I	2,60	2,70	3,23	3,72	4,30	4,30	4,70
	I	2,48	2,48	3,23	3,76	4,30	4,30	4,48
	II	3,00	3,30	3,30	3,48	4,38	5,11	6,78
	II	3,00	3,30	3,30	3,48	4,36	5,25	6,79

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında mezofilik bakteri sayılarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Buna göre kaplama ve depolama süresinin mezofilik bakteri sayısı üzerinde çok önemli ($P < 0,01$) etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Kaplama x depolama süresi interaksiyonunun filetoların bakteri sayısı üzerinde çok önemli derecede ($P < 0,01$) etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.2. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Kaplama (K)	3	28,744	217,241**
Depolama Süresi (D)	6	23,408	176,912**
K x D	18	0,516	3,900**
Blok (B)	1	6,856	51,814**
Hata	83	0,132	
Genel	112		

**P<0,01 seviyesinde önemli

Kaplamalı ve kaplamasız Gökkuşaağı Alabalığı filetolarının toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. Buna göre en düşük ortalama değeri CHTRA grubu kaplamada, en yüksek ortalama ise kontrol grubunda saptanmıştır. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi her bir muameleye ait ortalamalar birbirinden oldukça farklı göstermiştir (P<0,05). Kitosan ve kitosan nanopartikülle kaplanmış balık filetoları üzerine yapılan bir çalışmada kitosanın antimikrobiyal etkisi olduğu ve bunun sonucunda balık filetolarının depolama sonucunda toplam bakteri sayısının daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Abdou *et al.* 2012). Diğer bir çalışmada ise kitosanla kaplanan ve 2°C’de muhafaza edilen bir dip balığı (*lingcod*) örneğinde kitosanla kaplamanın toplam bakteri sayısında 0,60-1,19 logaritmik birimlik bir redüksiyona neden olduğu bildirilmiştir (Duan *et al.* 2010).

Çizelge 4.3. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kaplama	n	$\bar{X} \pm SD$
K (Kontrol)	28	6,08 $\pm$ 1,64c
CH	28	4,12 $\pm$ 1,04b
CHT	28	4,18 $\pm$ 1,09b
CHTRA	28	3,91 $\pm$ 1,11a

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

Gökkuşığı Alabalığı filetolarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere ortalamalar birbirinden oldukça farklıdır ($P<0,05$). Depolama süresi arttıkça toplam bakteri sayısı artış göstermiş ve en yüksek ortalama 18. günde saptanmıştır. 15. günde ortalama değer 1×10^6 kob/g’ın altında bulunmuştur. Çarbaş (2008), Gökkuşığı Alabalığı filetolarını soğukta muhafaza sırasında depolamanın 12. gününde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısını 1×10^6 kob/g seviyesinin üzerinde tespit etmiştir. Alak *et al.* (2010), tarafından yapılan çalışmada ise palamut filetoları kitosanla kaplanmış ve 6. günde kontrol grubunda toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 1×10^6 kob/g seviyesine ulaştığı bildirilmiştir. Kitosan film ile kaplanan filetolarda ise depolama boyunca kontrol ve vakum uygulanan gruplara göre daha düşük sayıların söz konusu olduğu bildirilmiştir.

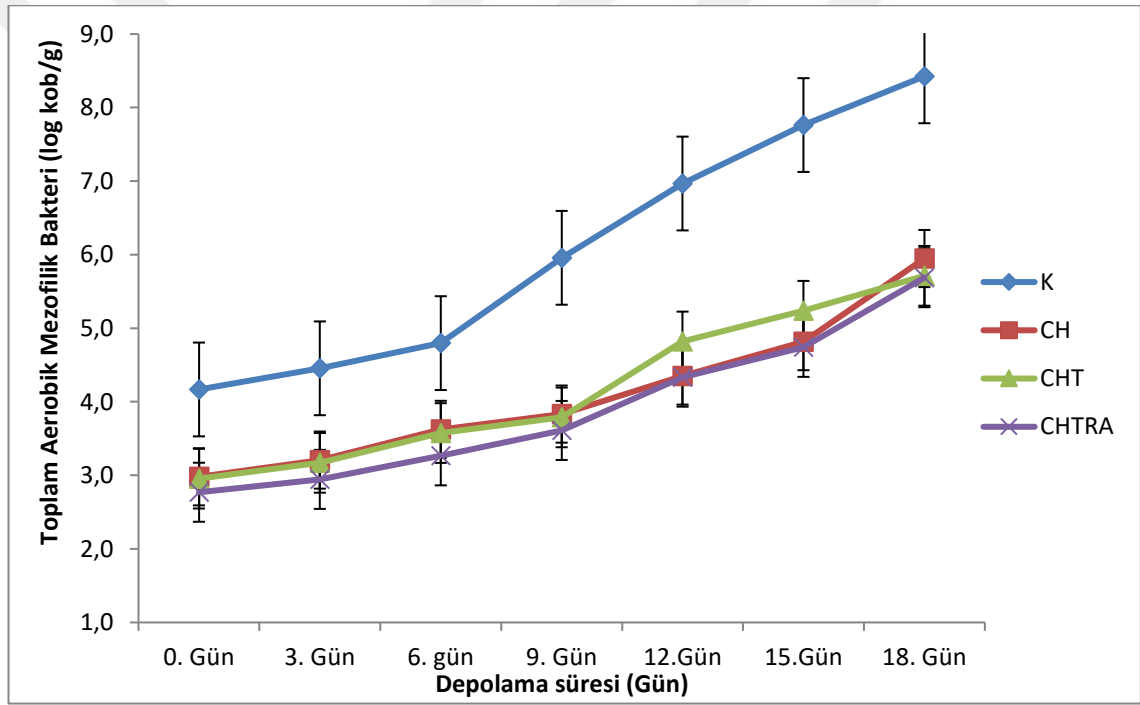
Çizelge 4.4. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	n	$\bar{X} \pm SD$
0	16	$3,22 \pm 0,70a$
3	16	$3,44 \pm 0,74a$
6	16	$3,81 \pm 0,72b$
9	16	$4,30 \pm 1,08c$
12	16	$5,12 \pm 1,15d$
15	16	$5,68 \pm 1,32e$
18	16	$6,44 \pm 1,32f$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$).

Alabalık filetolarının toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları üzerinde çok önemli etkisi saptanan kaplama x depolama interaksiyonuna ait grafik Şekil 4.12’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere kaplama uygulanan tüm grupların depolama süresince kontrol grubuna göre (kaplamasız) daha yüksek toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı verdiği görülmüştür. Kontrol grubunda depolamanın 9. ve 12. günlerinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı sırasıyla yaklaşık 1×10^6 kob/g ve 1×10^7 kob/g düzeyindedir. Aynı günlerde kaplamalı örneklerde sayı 2 logaritmik birim daha

düşüktür. Depolamanın sonunda ise kontrol grubu çok daha yüksek ortalama sayı verirken diğer gruplarda sayı 1×10^6 kob/g üzerine çıkmamıştır. Bu sonuçlara göre kaplamalı örnekler 18 günlük depolama sonunda dahi sınır değer olarak kabul edilen 1×10^6 kob/g'nın üzerinde değildir. Buna karşın kontrol grubu örnekler 9. günde yaklaşık 1×10^6 kob/g'lık bir sayı göstermiştir. Orkinoz balığı üzerinde yapılan bir araştırmada da nanokompozit filmlerle kaplanan örneklerde depolamanın 15. gününde kontrol grubuna göre sayıda 2 logaritmik birimlik bir azalmanın olduğu rapor edilmiştir (Echeverría *et al.* 2018).



Şekil 4.12. Kaplama x depolama süresi interaksiyonunun soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetoalarının toplam aerobik mezofilik bakteri sayısına etkisi

4.2.2. Psikrotrofik bakteri

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetoalarında psikrotrofik bakteri sayım sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. Depolama başlangıcında hem kontrol hem de kaplanan gruplarda psikrotrofik bakteri sayıları 10^3 kob/g düzeyindedir. Depolamanın 9. gününde kontrol grubunda sayı 10^5 - 10^6 kob/g, CH ve CHT ile kaplanan

örneklerde 10^3 - 10^4 kob/g, CHTRA ile kaplanan örneklerde ise sayı 10^3 kob/g düzeyinde kalmıştır. Depolamanın 18. gününde ise psikrotrofik bakteri sayısı kontrolde 10^8 kob/g seviyesine çıkmışken, CH grubundaki örneklerde 10^5 - 10^6 kob/g, CHT grubundaki örneklerde 10^5 kob/g, CHTRA grubundaki örneklerde ise 10^4 - 10^6 kob/g seviyesinde kalmıştır. CHT kaplama uygulanan örneklerde psikrotrofik bakteri sayım sonuçları diğer gruplara nazaran daha düşük düzeyde kalmıştır. Bu sonuçlar toplam aerobik mezofilik bakteri sayım sonuçlarıyla da (Çizelge 4.1) uyumluluk göstermiştir.

Çizelge 4.5. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında psikrotrofik bakteri sayıları (log kob/g)

Kaplama	Blok	Depolama süresi						
		0	3	6	9	12	15	18
K (Kontrol)	I	3,53	3,36	4,28	5,34	6,76	7,62	8,46
	I	3,64	3,60	4,30	5,32	6,76	7,66	8,48
	II	4,40	4,61	5,32	6,57	6,97	7,84	8,47
	II	4,40	4,59	5,36	6,56	6,96	7,82	8,42
CH	I	2,48	2,30	3,36	3,00	4,00	4,65	5,69
	I	2,00	2,30	3,48	3,04	4,00	4,60	5,66
	II	3,54	3,60	4,00	4,6	4,48	5,20	6,15
	II	3,30	3,34	4,04	4,15	4,45	5,18	6,11
CHT	I	3,45	3,48	3,60	3,90	4,69	5,36	5,79
	I	3,48	3,48	3,60	3,90	4,53	5,30	5,78
	II	3,41	3,53	4,04	4,00	4,20	5,03	5,70
	II	3,11	3,36	4,04	4,00	4,23	5,05	5,70
CHTRA	I	3,30	3,48	3,48	3,63	4,30	4,38	4,60
	I	3,30	3,48	3,48	3,81	4,30	4,45	4,62
	II	3,48	3,48	3,48	3,90	4,38	5,30	6,69
	II	3,48	3,48	3,48	3,60	4,38	5,41	6,69

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında psikrotrofik bakteri sayılarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre kaplama ve depolama süresi psikrotrofik bakteri sayısı üzerinde çok önemli ($P<0,01$) derecede etkili bulunmuştur. Ayrıca kaplama x depolama süresi interaksiyonunun filetoların psikrotrofik bakteri sayısı üzerinde çok önemli ($P<0,01$) etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.6. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında psikrotrofik bakteri sayılarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Kaplama (K)	3	23,799	191,746**
Depolama Süresi (D)	6	21,050	169,592**
K x D	18	0,900	7,247**
Blok (B)	1	6,242	50,288**
Hata	83	0,124	
Genel	112		

** $P<0,01$ seviyesinde önemli

Kaplamalı veya kaplamasız alabalık filetolarının psikrotrofik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre CH ile kaplanan örneklerde $4,02 \pm 1,14$ log kob/g düzeyinde olan ortalama değer, kontrol grubunda $5,98 \pm 1,73$ log kob/g ile yaklaşık 2 logaritmik birim daha düşük bulunmuştur. Benzer sonuçlar konuyla ilgili diğer çalışmalarda da rapor edilmiştir (Ojagh *et al.* 2010a; Joukar *et al.* 2017; Dehghani *et al.* 2018).

Çizelge 4.7. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında psikrotrofik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kaplama	n	$\bar{X} \pm SD$
K (Kontrol)	28	$5,98 \pm 1,73c$
CH	28	$4,02 \pm 1,14a$
CHT	28	$4,28 \pm 0,86b$
CHTRA	28	$4,14 \pm 0,93ab$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

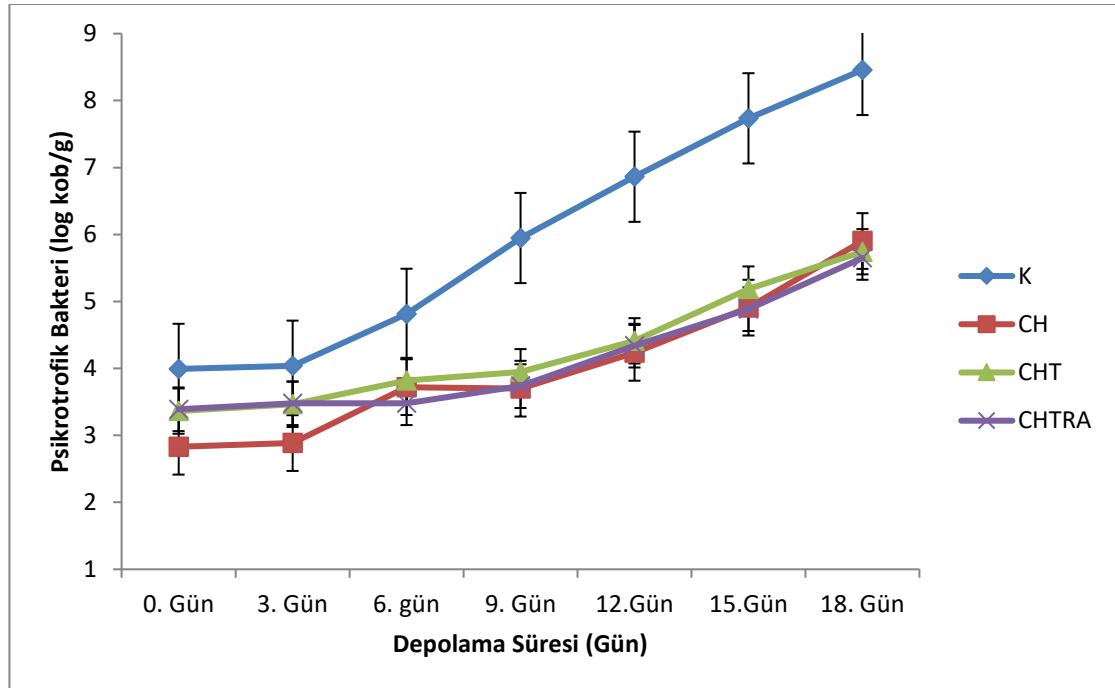
Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında psikrotrofik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Başlangıçta $3,39 \pm 0,58$ log kob/g olan psikrotrofik bakteri sayısı 9. günde $4,33 \pm 1,08$ log kob/g seviyesine ve depolamanın 18. gününde ise $6,44 \pm 1,33$ log kob/g seviyesine ulaşmıştır. Düşük sıcaklıkta taze balıkların bozulmasına temel olarak Gram negatif (özellikle *Pseudomonas* spp.) psikrotrofik bakterilerin neden olduğu bildirilmiştir (Joukar *et al.* 2017).

Çizelge 4.8. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında psikrotrofik bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	n	$\bar{X} \pm SD$
0	16	$3,39 \pm 0,58a$
3	16	$3,47 \pm 0,60a$
6	16	$3,96 \pm 0,62b$
9	16	$4,33 \pm 1,08c$
12	16	$4,96 \pm 1,15d$
15	16	$5,68 \pm 1,27e$
18	16	$6,44 \pm 1,33f$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

Psikrotrofik bakteri sayısı üzerinde çok önemli etkisi ($P<0,01$) saptanan kaplama x depolama süresi interaksiyonuna ait grafik Şekil 4.13’de verilmiştir. Örneklerde başlangıçta psikrotrofik bakteri sayısı kontrolde 10^4 kob/g, kaplama gruplarında ise 10^3 kob/g seviyesinde olduğu belirlenmiştir. CH grubu kaplamada 3. günden sonra psikrotrofik bakteri gelişiminin diğer kaplama gruplarına göre (CHT ve CHTRA) daha yüksek olduğu (ortalama 1 log kob/g), diğer kaplama gruplarında gelişimin daha az olduğu görülmüştür. Kontrol grubunda psikrotrofik bakteri gelişiminin depolama boyunca en yüksek değerlerde olduğu ve depolamanın 18. gününde 1×10^7 kob/g’ı geçtiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre kaplama uygulamalarının (CH, CHT, CHTRA) psikrotrofik bakteri sayısını kontrole nazaran önemli ölçüde düşürdüğü belirlenmiştir. Dağ kekiği veya kekik uçucu yağı içeren ayva çekirdeği zambının Gökkuşaağı alabalık filetosunun raf ömrü üzerine etkisinin incelendiği çalışmada da benzer sonuçlar tespit edilmiş, depolamanın 18. gününde kontrol grubu örneklerde psikrotrofik bakteri sayısı 10^8 kob/g seviyelerine ulaşırken, QSMF+%2 T kaplama uygulanan fileto örneklerinde sayı 10^5 - 10^6 kob/g seviyesinde kalmıştır (Jouki *et al.* 2014).



Şekil 4.13. Psikrotrofik bakteri sayısı üzerine kaplama x depolama süresi interaksiyonunun etkisi

4.2.3. Laktik asit bakterileri

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında laktik asit bakteri sayılarına ait değerler Çizelge 4.9’da verilmiştir. Kontrol grubunda ve kaplama uygulanmış gruplarda depolamanın 6. gününe kadar laktik asit bakteri sayısı 10^2 kob/g seviyesinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Depolamanın 9. gününde kontrol grubu filetolarda laktik asit bakteri sayısı 10^3 kob/g seviyesine çıkmıştır. Depolamanın 18. gününe kadar kaplama ve nanokompozit kaplama yapılan fileto örneklerinde laktik asit bakteri sayısında bir gelişme gözlenmezken kontrol grubunda laktik asit bakteri sayısında bir artış olduğu ve 10^4 kob/g seviyesine ulaştığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında kitosan kaplamanın ve nanokompozit kaplamanın laktik asit bakteri gelişimini durdurucu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Oğuzhan (2011) tarafından yapılan araştırmada tütsülenmiş, vakum ve modifiye atmosferle ambalajlanmış Gökkuşáğı alabalığı filetolarında 60 günlük depolamanın 20. gününe kadar laktik asit bakteri sayısındaki gelişim $<10^2$ kob/g seviyesinde kalmıştır. Uçucu yağ ve üzüm çekirdeği özü ile birlikte karboksimetil selüloz bazlı kaplamaların Gökkuşáğı alabalık filetosu raf ömrü üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada ise laktik asit bakteri sayısının 20 günlük depolama süresince 1,4 - 5,7 log kob/g arasında deđiştíđi tespit edilmiş, en düşük laktik asit bakteri sayısı kaplama uygulanmış gruplarda (CMC + %2 v/v ZMEO + %1 v/v GSE) belirlenmiştir (Raeisi *et al.* 2015). Dondurulmuş depolama sırasında nar kabuğu özü ile kombine edilmiş kitosan tarafından kaplanmış Gökkuşáğı alabalığı üzerine etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada ise, donmuş depolama sırasında Ch + PPE2 ve Ch + PPE4 gruplarındaki laktik asit bakteri sayımlarının kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir. Yine depolama sonunda en yüksek laktik asit bakteri sayısının kontrol grubunda (3,11 log kob/g), en düşük değerlerin ($0,33 \pm 0,57$ log kob/g) ise kaplanmış gruplarda (Ch + PPE4) gözlemlendiği ve kaplamaların laktik asit bakterilerinin gelişimi üzerinde daha etkili olduğu belirtilmiştir (Berizi *et al.* 2018). Korkmaz (2016) tarafından yapılan çalışmada, Gökkuşáğı Alabalığı filetolarında depolamanın 9. gününe kadar laktik asit bakteri sayısının, mevcut çalışmadaki gibi 10^2 kob/g seviyesinde

[illegible]

4.2.4. Enterobacteriaceae

Modifiye atmosferle ambalajlanan tüm örneklerde depolamanın sonunda Enterobacteriaceae sayısı saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Modifiye atmosferle ambalajlamada depolama süresince Enterobacteriaceae gelişme gösteremeyip $<10^2$ log kob/g seviyesinde kalmıştır. Sıcak tütüleme yapıp, vakum ve modifiye atmosferde ambalajlanan Gökkuşığı alabalığı filetoları üzerine yapılan çalışmada da benzer sonuçlara ($<10^2$ log kob/g) ulaşılmıştır (Oğuzhan 2011). Balık filetoları üzerine yapılan başka çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Volpe *et al.* 2015).

Enterobacteriaceae familyası üyeleri çubuk şekilli, Gram-negatif, fakültatif anaerob, spor oluşturmeyen bakterileri olup (Smith and Fratamico 2015), hijyen indikatörü olarak değerlendirilebilmektedir (Javidi *et al.* 2016).

4.3. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

4.3.1. pH

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız Alabalık filetolarında pH değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Depolama başlangıcında en düşük pH değeri 6,29 ile CHT grubu nanokompozit kaplama grubunda, en yüksek pH değeri 6,64 ile kontrol grubunda belirlenmiştir. Depolamanın son gününde (18. gün) en düşük pH değeri 6,33 ile CHTRA grubu örneklerde, en yüksek pH değeri ise 6,69 ile kontrol grubu örneklerde tespit edilmiştir. Berizi *et al.* (2018) tarafından kaplanmış Gökkuşığı Alabalığı filetoları üzerine yapılan çalışmada, depolamanın başlangıcında pH $6,30 \pm 0,11$, depolamanın sonunda ise (6. ay) kontrol gruplarında $7,29 \pm 0,36$, Ch+PPE4 gruplarında da $6,72 \pm 0,95$ olarak belirlenmiştir. Tsai *et al.* (2002) tarafından balık filetoları üzerine farklı şekillerde hazırlanmış ve farklı deasetilasyon derecelerindeki kitosan uygulandığı ve antimikrobiyal aktivitelerinin araştırıldığı çalışmada, kontrol ve diğer fileto gruplarında depolamanın 5. günün de pH değerleri 6,5 olarak belirlenmiştir. Buna karşın

depolamanın 9 gününden sonra ise pH değerlerinin sırasıyla 7,0 ve 6,6'ya yükseldiği tespit edilmiştir. Ayrıca kontrol grubu numunelerde, 5 günlük depolamadan sonra bozulmuş bir kokunun oluşmaya başladığı %1 kitosan ile muamele edilen numunelerde ise 9 gün sonra aynı durumun oluşmaya başladığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.10. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında pH değerleri

		Depolama süresi						
Kaplama	Blok	0	3	6	9	12	15	18
K (Kontrol)	I	6,64	6,55	6,48	6,53	6,40	6,62	6,58
		6,66	6,57	6,49	6,51	6,41	6,68	6,59
	II	6,50	6,64	6,60	6,57	6,56	6,56	6,60
		6,50	6,65	6,59	6,56	6,57	6,53	6,69
CH	I	6,41	6,38	6,44	6,46	6,27	6,35	6,36
		6,40	6,39	6,45	6,44	6,28	6,36	6,34
	II	6,58	6,42	6,30	6,46	6,47	6,45	6,45
		6,60	6,43	6,29	6,43	6,48	6,46	6,46
CHT	I	6,29	6,46	6,38	6,43	6,35	6,41	6,43
		6,34	6,47	6,34	6,42	6,33	6,42	6,42
	II	6,42	6,56	6,49	6,53	6,49	6,59	6,59
		6,44	6,60	6,47	6,52	6,45	6,50	6,54
CHTRA	I	6,49	6,37	6,31	6,35	6,32	6,43	6,35
		6,51	6,37	6,34	6,39	6,32	6,44	6,33
	II	6,64	6,45	6,40	6,44	6,43	6,48	6,50
		6,65	6,43	6,39	6,45	6,50	6,43	6,49

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Kaplama ve depolama süresi pH

değeri üzerinde çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etkili olmuştur. Kaplama x depolama süresi interaksiyonunun da istatistikî açıdan çok önemli etkisinin olduğu ($P<0,01$) görülmüştür.

Çizelge 4.11. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Kaplama (K)	3	0,131	45,534**
Depolama Süresi (D)	6	0,018	6,348**
K x D	18	0,009	3,291**
Blok (B)	1	0,174	60,433**
Hata	83	0,003	
Genel	112		

** $P<0,01$ seviyesinde önemli

Kaplamalı ve kaplamasız Gökkuşığı alabalık filetolarında pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. En yüksek pH değeri $6,56 \pm 0,07$ olup kontrol grubu örneklerde tespit edilmiştir. En düşük pH değeri (pH 6,41) ise kitosan kaplama uygulanmış fileto örneklerinde belirlenmiş olup kitosan ve nanokompozit kitosan kaplanan fileto örnekleri arasındaki fark istatistikî açıdan önemli ($P<0,05$) bulunmuştur. Tsai *et al.* (2002) tarafından yapılan araştırmada da taze balık filetolarında pH değeri 6,5 olarak belirlenmiştir. %1 kitosanla kaplanan filetolarda 9 günlük depolama sonunda pH 6,6 olarak belirlenmiştir. Çalışmada olduğu gibi kitosanla kaplanan fileto örneklerinde kontrol gruplarına göre daha düşük pH değerleri belirlenmiştir. Gökkuşığı Alabalığı filetolarının özellikleri üzerine kekik uçucu yağı ile kitosan kullanılarak yapılan kaplamaların etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmış olup kitosan ve kekik+kitosan kaplama uygulanmış balık filetolarında ölçülen pH değerleri kontrol gruplarından daha düşük belirlenmiştir (Chamanara *et al.* 2012).

Çizelge 4.12. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kaplama	n	$\bar{X} \pm SD$
K (Kontrol)	28	$6,56 \pm 0,07c$
CH	28	$6,41 \pm 0,08a$
CHT	28	$6,45 \pm 0,08b$
CHTRA	28	$6,43 \pm 0,09ab$

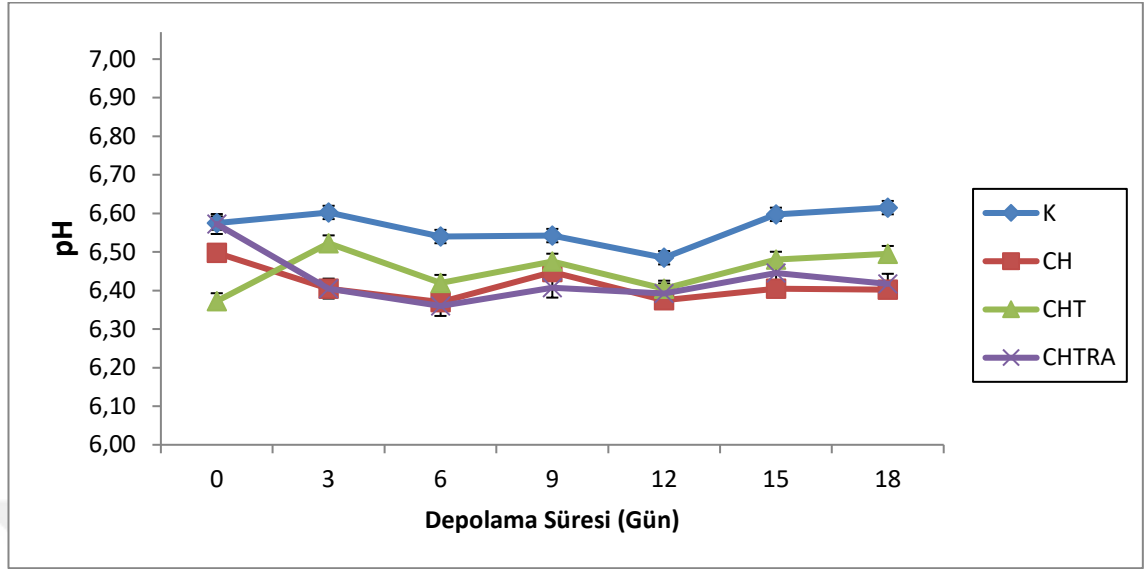
Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında $6,50 \pm 0,11$ olan pH değeri depolamanın sonunda (18. gün) $6,48 \pm 0,11$ olarak ölçülmüştür. Sonuçlardan da görüldüğü üzere depolama sırasında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ancak Şekil 4.14’de verilen kaplama x depolama süresi interaksiyonuna göre depolama süresince kontrol grubu diğer gruplara göre daha yüksek pH değeri vermiştir.

Çizelge 4.13. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	n	$\bar{X} \pm SD$
0	16	$6,50 \pm 0,11b$
3	16	$6,48 \pm 0,10b$
6	16	$6,42 \pm 0,09a$
9	16	$6,47 \pm 0,06b$
12	16	$6,41 \pm 0,09a$
15	16	$6,48 \pm 0,09b$
18	16	$6,48 \pm 0,11b$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).



Şekil 4.14. pH değeri üzerine kaplama x depolama süresi etkisinin etkisi

4.3.2. L*, a* ve b* değerlerine ait sonuçlar

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında soğukta muhafaza sırasındaki L* değerleri Çizelge 4.14’de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında en yüksek L* değeri 50,74 ile kontrol grubunda, en düşük L* değeri ise 40,62 ile kitosan (CH) kaplama grubunda belirlenmiştir. Kaplama ve nanokompozit kaplama uygulanan gruplarda parlaklığın ölçüsü olan L* değeri depolama süresi ilerledikçe artış göstermiştir. Hisar (2002)’ın modifiye atmosferde ambalajlamanın alabalığı filetoları üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında da depolama süresi arttıkça L* değerinin arttığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.14. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında L* değerleri

Kaplama	Blok	Depolama süresi						
		0	3	6	9	12	15	18
K (Kontrol)	I	47,06	47,88	43,65	45,07	47,92	49,89	44,36
	I	47,75	47,40	43,93	47,80	47,27	50,28	45,74
	II	48,50	51,87	52,55	48,33	46,16	46,92	49,89
	II	50,74	50,13	49,07	48,21	47,49	46,31	49,05
CH	I	40,62	45,16	46,00	51,92	53,91	54,04	52,32
	I	40,66	45,68	46,17	51,41	53,71	53,48	52,34
	II	43,46	46,66	49,28	45,81	47,20	51,52	49,03
	II	43,51	46,32	48,73	44,14	47,15	51,56	50,27
CHT	I	43,54	52,07	50,42	51,29	49,87	51,11	48,89
	I	45,93	51,55	48,82	54,36	49,98	52,65	48,95
	II	47,10	50,33	54,62	51,44	53,11	49,99	51,40
	II	47,05	50,18	54,00	51,67	53,31	49,62	51,07
CHTRA	I	46,57	48,40	52,78	50,51	54,68	48,65	50,84
	I	45,74	50,34	48,63	50,01	52,70	48,71	51,12
	II	46,89	48,30	55,33	49,70	53,86	54,68	57,65
	II	46,46	47,87	55,16	48,05	52,08	55,80	57,21

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında soğukta muhafaza sırasındaki L* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15’de verilmiştir. Kaplama ve depolama süresi filetoların L* değeri üzerinde ($P<0,01$) etkili bulunmuştur. Ayrıca kaplama x depolama süresi interaksyonu da $P<0,01$ anlamlılık düzeyinde etkili olmuştur.

Çizelge 4.15. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında L* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Kaplama (K)	3	68,684	14,081**
Depolama Süresi (D)	6	52,552	10,774**
K x D	18	17,299	3,546**
Blok (B)	1	23,461	4,810*
Hata	83	4,878	
Genel	112		

**P<0,01 seviyesinde önemli

*P<0,05 seviyesinde önemli

Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında L* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir. L* değeri parlaklığın göstergesi olup (Hunt 1977), balıklarda rengin önemli bir fiziksel parametre olduğu vurgulanmıştır (Dikel 2012). Mevcut bu araştırmada, en yüksek L* değeri nanokompozit kaplama gruplarında (CHT ve CHTRA) belirlenmiştir. En düşük ortalama ise kontrol grubunda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında L* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kaplama	n	$\bar{X} \pm SD$
K (Kontrol)	28	47,90 $\pm$ 2,23a
CH	28	48,29 $\pm$ 3,97a
CHT	28	50,51 $\pm$ 2,54b
CHTRA	28	51,02 $\pm$ 3,45b

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında L* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere depolama süresi ilerledikçe L* değerinde artış söz konusu olmuştur. Depolamanın

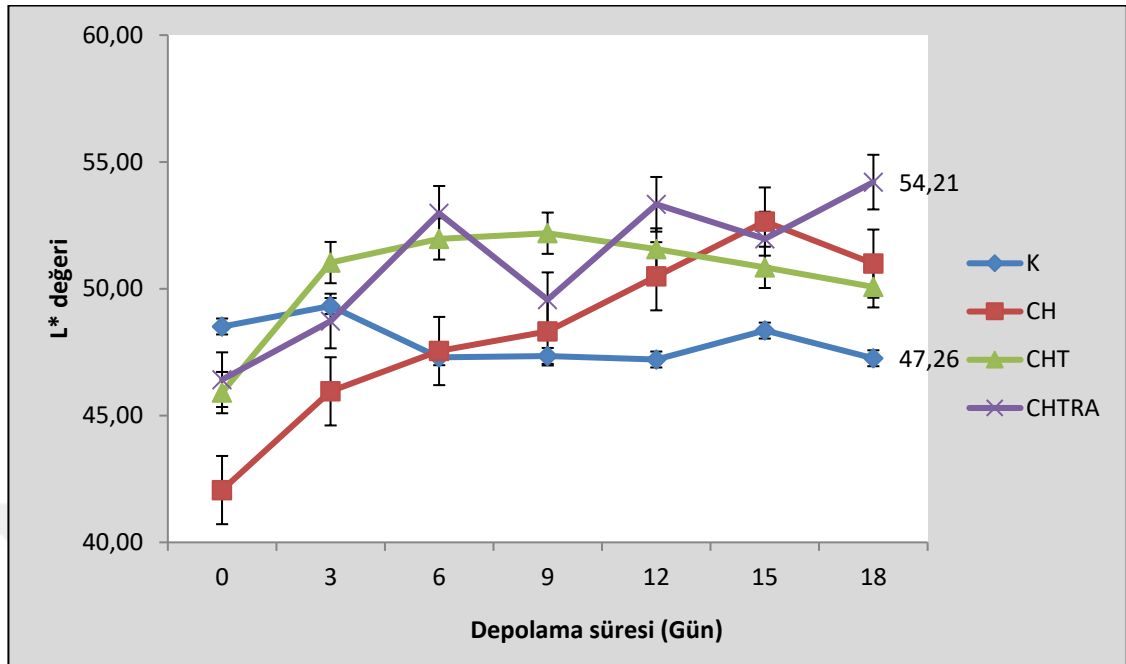
12, 15 ve 18. günlerinde ise ortalama L* değerleri arasında istatistikî açıdan bir farklılık ($P<0,05$) tespit edilememiştir. En yüksek L* değeri depolamanın 15. gününde $50,95 \pm 2,70$ olarak belirlenmiştir. Dikel (2012) tarafından kitosan eklenen jelatin kaplama ile kaplanan çipura filetolarında depolama süresi ilerledikçe tüm gruplarda L* değerinin arttığı bildirilmiştir. Mevcut bu araştırmada da kontrol grubu dışındaki tüm gruplarda benzer sonuçlar saptanmıştır.

Çizelge 4.17. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında L* değerlerine ait ortalamaların duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	n	$\bar{X} \pm SD$
0	16	$45,72 \pm 2,73a$
3	16	$48,76 \pm 2,22b$
6	16	$49,95 \pm 3,84bc$
9	16	$49,36 \pm 2,78bc$
12	16	$50,65 \pm 3,06c$
15	16	$50,95 \pm 2,70c$
18	16	$50,63 \pm 3,41c$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$).

L* değeri üzerinde kaplama x depolama süresi interaksiyonuna ait grafik Şekil 4.15’de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında en yüksek L* değeri kontrol grubu örneklerde belirlenmişken depolama süresi ilerledikçe kontrol gruplarında L* değeri düşerken kaplama uygulanan gruplarda L* değerinde artış gözlemlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek L* değeri CHTRA nanokompozit kaplama grubunda tespit edilmiştir. Depolamanın 18. gününde kontrol ve CHTRA nanokompozit kaplama grubu arasında L* değerinde 7 birimlik bir fark olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre CHTRA nanokompozit kaplamanın alabalık filetolarının parlaklığını daha iyi koruduğu ve kaplamanın beyazlatıcı etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dikel (2012)’ın çipura üzerine yaptığı çalışmada da benzer şekilde depolama ilerledikçe L* değeri artmış ve en yüksek L* değeri kaplama uygulanan gruplarda tespit edilmiştir.



Şekil 4.15. L* değeri üzerine kaplama x depolama süresi etkisinin etkisi

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında a^* değerleri Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde depolamanın başlangıcında (0. gün) en düşük a^* değerleri CHTRA nanokompozit kaplama grubu filetolarda, en yüksek a^* değerleri kontrol grubu fileto örneklerinde ölçülmüştür. Depolama sonunda ise en düşük a^* değeri kitosan (CH) kaplama grubu örneklerde belirlenmiştir. Hisar (2002) tarafından yapılan çalışmada farklı atmosfer koşullarında muhafaza edilen alabalık filetolarında depolama ilerledikçe modifiye atmosferde ambalajlanan filetoların kontrol ve vakum ambalajlamaya göre a^* değerindeki artışın daha düşük düzeyde kaldığı bildirilmiştir. Antoniewski *et al.* (2007) taze etleri (sığır eti, domuz eti, somon ve tavuk eti) jelatinle kapladıkları çalışmada jelatin kaplamanın sığır etinde renk bozulmasında azalmaya, domuz etinde renk bozulmalarında hafif bir azalmaya ve somon ve tavukta ise renk bozulmasında azalmaya neden olmadığı belirtilmiştir. Tüm örneklerde depolama ilerledikçe a^* değerinde bir azalma olduğu bildirilmiştir. Jelatinle kaplanan somon, domuz ve tavuk etlerinde kontrole göre daha düşük a^* değerleri belirlendiği ifade edilmiştir.

Çizelge 4.18. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında a* değerleri

Kaplama	Blok	Depolama süresi						
		0	3	6	9	12	15	18
K (Kontrol)	I	-0,46	0,57	0,57	-0,52	-0,11	2,13	0,22
	I	-0,24	0,26	-0,26	-0,56	-0,70	1,11	0,00
	II	3,31	1,67	0,21	2,30	1,77	-0,44	2,68
	II	4,40	2,44	-0,97	1,04	2,33	-0,73	1,53
CH	I	0,64	-0,11	-1,04	-2,04	-0,04	-2,91	2,00
	I	1,45	-0,58	-1,17	-2,00	0,48	-2,73	2,26
	II	-0,42	0,14	-0,41	2,47	1,71	-0,46	0,46
	II	0,27	0,23	-1,07	1,08	2,20	0,52	0,36
CHT	I	0,52	-1,30	-0,58	-1,64	-0,85	-0,74	1,02
	I	0,92	-1,09	0,23	-0,39	-0,62	0,83	0,30
	II	-1,40	0,90	4,64	-1,43	-0,60	-0,84	3,76
	II	0,26	1,39	2,47	-1,08	-1,18	1,12	3,73
CHTRA	I	-0,70	0,42	-0,80	-0,30	-1,05	4,48	1,12
	I	-0,55	0,31	-0,92	-1,27	-1,49	2,92	0,92
	II	-0,59	-1,61	2,39	-1,36	-0,06	6,62	4,85
	II	-0,30	-0,77	1,49	-1,11	-0,75	6,30	2,68

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında a değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Kaplamanın a* değeri üzerinde önemli düzeyde etkili ($P<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresinin de a* değeri üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu ($P<0,05$) belirlenmiştir. Kaplama x depolama süresi interaksiyonun da istatistikî açıdan önemli etkileri ($P<0,01$) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.19. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında a* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Kaplama (K)	3	7,614	5,346**
Depolama Süresi (D)	6	3,936	2,763*
K x D	18	8,239	5,785**
Blok (B)	1	48,339	33,941**
Hata	83	1,424	
Genel	112		

**P<0,01 seviyesinde önemli

*P<0,05 seviyesinde önemli

Kaplama ile muamele edilen alabalık filetolarında a* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde en yüksek a* değerinin ($0,84 \pm 1,41$) kaplanmamış kontrol grubunda olduğu görülmektedir. En düşük a* değeri ise $-0,32 \pm 1,41$ ile kitosan (CH) kaplama grubunda olduğu belirlenmiştir. Nanokompozit kaplamaların kitosan kaplamadan daha yüksek değerler göstermesinin içeriğindeki nanopartikül TiO_2 ’den ve rosmarinik asitten kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer şekilde Rodriguez-Turienzo *et al.* (2011) tarafından dondurulmuş somon üzerine yapılan çalışmada da kaplanmamış filetoların tüm CBF (dondurulmadan önce kaplanmış) örneklerinden daha yüksek değerler gösterdiği bildirilmiştir.

Çizelge 4.20. Kaplama ile muamele edilen alabalık filetolarında a* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kaplama	n	$\bar{X} \pm SD$
K (Kontrol)	28	$0,84 \pm 1,41b$
CH	28	$-0,32 \pm 1,41a$
CHT	28	$0,20 \pm 1,69ab$
CHTRA	28	$0,68 \pm 2,39b$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında a^* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Depolamanın 0. günü $0,44 \pm 1,52$ olan a^* değeri, depolamanın 18. gününde $0,83 \pm 2,16$ değerine ulaşmıştır. Depolamanın 0, 3 ve 6. günlerine ait ortalama değerler arasında istatistikî açıdan önemli bir farklılık söz konusu değildir ($P < 0,05$). Depolamanın son iki analiz gününe (15 ve 18. günlerde) ait ortalamalar arasında da istatistikî açıdan önemli farklılık saptanmamıştır ($P < 0,05$). Duan *et al.* (2010) tarafından yapılan çalışmada ise, 3 hafta boyunca 2°C ’de soğukta depolanmış balık örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinin depolama süresince değişmediği bildirilmiştir. Park *et al.* (2010) kitosan bazlı yenilebilir filmlerin taze et dilimleri üzerine yaptıkları çalışmada a^* değerinin 10,19’dan 12,83’e yükseldiği ve kitosan konsantrasyonu arttıkça a^* değerinin arttığı rapor edilmiştir.

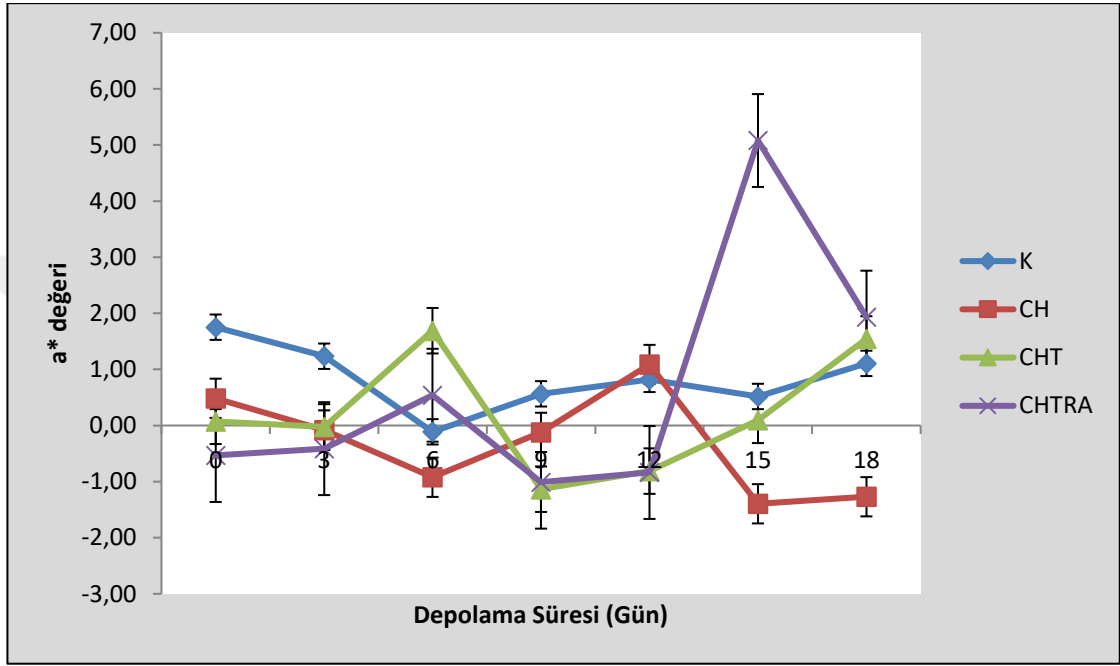
Çizelge 4.21. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında a^* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	n	$\bar{X} \pm SD$
0	16	$0,44 \pm 1,52abc$
3	16	$0,18 \pm 1,10abc$
6	16	$0,30 \pm 1,66abc$
9	16	$-0,42 \pm 1,42a$
12	16	$0,06 \pm 1,26ab$
15	16	$1,07 \pm 2,82c$
18	16	$0,83 \pm 2,16bc$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

Alabalık filetolarının a^* değeri (kırmızımsı renk) üzerine çok önemli etkisi saptanan kaplama x depolama süresi interaksiyonuna ait grafik Şekil 4.16’de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında en yüksek a^* değeri kontrol grubu örneklerde belirlenmişken depolama süresi ilerledikçe kontrol gruplarında a^* değeri düşmüştür. Depolama sonunda en yüksek ortalama CHTRA nanokompozit kaplamada tespit

edilmiştir. Bu sonuçlar L^* değeri ile de benzerlik göstermektedir. Bu sonuçlara göre CHTRA nanokompozit kaplamanın alabalık filetolarının kırmızımsı rengin daha iyi korunduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.16. a^* değeri üzerine kaplama x depolama süresi interaksiyonunun etkisi

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında b^* değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde depolamanın başlangıcında (0. gün) en düşük b^* değerleri CHTRA nanokompozit kaplama grubu filetolarda, en yüksek b^* değerleri CHT nanokompozit kaplama grubu fileto örneklerinde ölçülmüştür.

Çizelge 4.22. Kaplama ile muamele edilen modifiye atmosfer uygulanarak ambalajlanan alabalık filetolarında soğukta muhafaza sırasındaki b* değerleri

Kaplama	Blok	Depolama süresi						
		0	3	6	9	12	15	18
K (Kontrol)	I	9,03	14,40	11,32	8,29	17,56	16,69	8,10
	I	11,18	12,10	8,86	11,42	16,33	17,77	6,65
	II	10,66	7,51	18,25	8,55	8,78	11,26	10,42
	II	9,96	7,80	14,32	7,41	11,26	8,66	9,71
CH	I	13,05	13,19	6,29	13,95	20,92	15,04	10,92
	I	12,64	12,34	5,46	13,73	21,40	13,05	7,92
	II	8,84	15,85	15,52	17,36	9,43	8,69	8,66
	II	9,76	16,10	10,99	13,79	11,63	11,80	7,80
CHT	I	15,11	9,61	15,10	9,42	15,25	16,14	12,76
	I	20,00	10,05	14,75	15,40	13,07	19,37	12,89
	II	7,86	11,91	12,89	12,19	15,34	13,40	16,44
	II	14,17	14,20	9,91	13,58	13,37	16,08	15,98
CHTRA	I	6,51	13,49	17,94	12,21	14,71	19,69	16,47
	I	5,44	15,81	12,78	8,93	14,83	17,56	13,15
	II	9,62	16,68	17,73	11,55	18,56	14,68	17,11
	II	5,11	16,05	15,41	9,02	15,61	14,05	14,71

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir. Kaplama ve depolama süresi b* değeri üzerinde çok önemli düzeyde etkili ($P<0,01$) olmuştur. Kaplama x depolama süresi interaksyonun da istatistikî açıdan önemli etkileri ($P<0,01$) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.23. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Kaplama (K)	3	42,905	5,252**
Depolama Süresi (D)	6	39,632	4,851**
K x D	18	24,517	3,001**
Blok (B)	1	17,333	2,122
Hata	83	8,169	
Genel	112		

**P<0,01 seviyesinde önemli

Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında b* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.24’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde en yüksek b* değerinin ($13,79 \pm 2,82$) CHT kaplama grubu örneklerde olduğu görülmektedir. En düşük b* değeri $11,22 \pm 3,46$ ise kontrol grubu örneklerde tespit edilmiştir. Çalışmadaki sonuçlardan farklı olarak Dikel (2012) tarafından çipura filetoları üzerine yapılan çalışmada kaplanmamış filetoların b* değerinin depolama boyunca arttığı ve en düşük b* değerinin %1 kitosanla kaplanan fileto örneklerinde tespit edildiği belirtilmiştir.

Çizelge 4.24. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında b* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kaplama	n	$\bar{X} \pm SD$
K (Kontrol)	28	$11,22 \pm 3,46a$
CH	28	$12,36 \pm 3,92ab$
CHT	28	$13,79 \pm 2,82b$
CHTRA	28	$13,76 \pm 3,95b$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır (P<0,05).

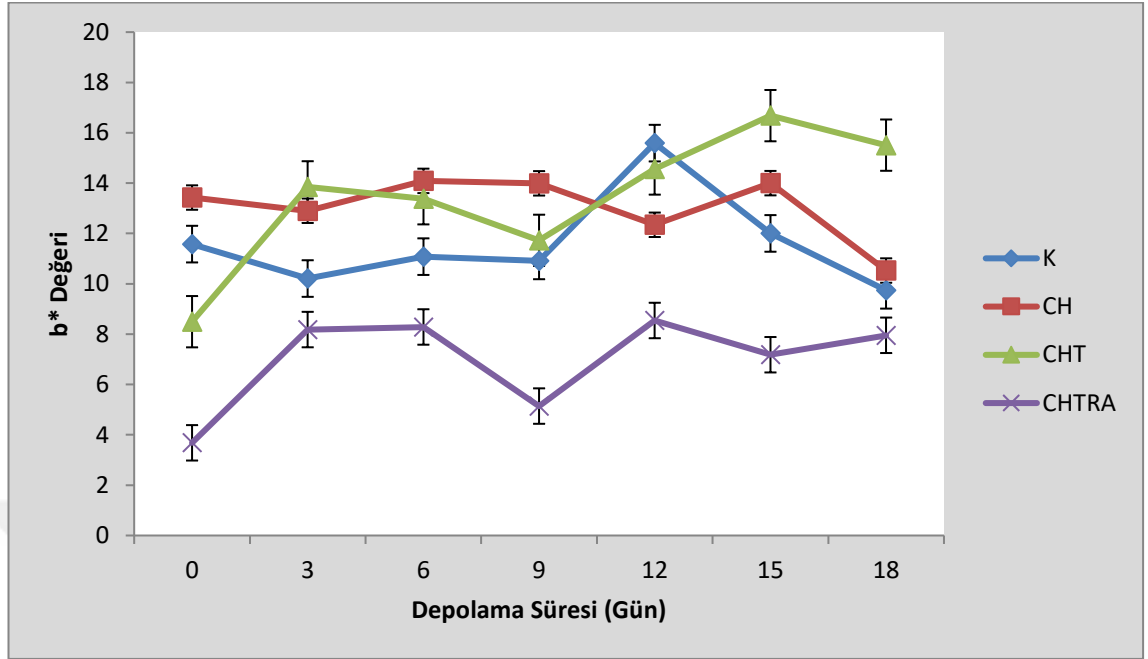
Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında b^* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında (0. gün) $10,56 \pm 3,83$ olarak ölçülen b^* değeri depolamanın 18. gününde $11,85 \pm 3,55$ olarak belirlenmiştir. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere depolamanın 12. ve 15. günlerinde 0. güne göre daha yüksek b^* değeri depolama sonunda tekrar düşüş göstermiştir.

Çizelge 4.25. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında b^* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	n	$\bar{X} \pm SD$
0	16	$10,56 \pm 3,83a$
3	16	$12,94 \pm 2,96bc$
6	16	$12,97 \pm 3,92bc$
9	16	$11,67 \pm 2,87ab$
12	16	$14,88 \pm 3,64c$
15	16	$14,62 \pm 3,36c$
18	16	$11,85 \pm 3,55ab$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

Alabalık filetolarının b^* değeri üzerinde etkisi olan kaplama x depolama süresi interaksiyonuna ait grafik Şekil 4.17’de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında en yüksek b^* değeri kitosan kaplanan fileto örneklerinde belirlenmişken depolama süresi ilerledikçe b^* değeri düşmüştür. Depolamanın 0. gününde en düşük b^* değeri CHTRA grubu fileto örneklerinde tespit edilmiştir. Depolama sonunda (18. gün) da en düşük b^* değeri CHTRA nanokompozit kaplama grubunda belirlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek b^* değeri ise CHTR nanokompozit kaplama grubunda tespit edilmiştir.



Şekil 4.17. b* değeri üzerine kaplama x depolama süresi interaksiyonunun etkisi

4.3.3. Tiyobarbütirik asit reaktif maddeler (TBARS)

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında TBARS değerleri Çizelge 4.26’da verilmiştir. Lipit oksidasyonunun bir göstergesi olan TBARS değeri depolama süresi ilerledikçe artış göstermiştir. Depolamanın başlangıcında 0,67 - 6,70 $\mu\text{mol MA/kg}$ arasında değişen TBARS değerleri, depolamanın 18. gününde 53,56 - 98,90 $\mu\text{mol MA/kg}$ seviyelerine ulaşmıştır. Balıklar fosfolipid ve çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin olduklarından oksidatif ransidite en önemli bozulmalardan biridir (Hisar *et al.* 2004).

Çizelge 4.26. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında TBARS değerleri ($\mu\text{mol MA/kg}$)

Kaplama	Blok	Depolama süresi						
		0	3	6	9	12	15	18
K (Kontrol)	I	1,34	3,82	10,32	14,54	44,78	47,57	75,15
	I	1,24	2,36	10,49	14,45	40,90	48,18	64,88
	II	2,91	4,55	12,41	14,00	37,41	60,65	79,23
	II	2,90	4,39	9,34	11,10	38,92	60,27	58,80
CH	I	1,34	1,01	9,28	23,27	31,97	34,65	76,37
	I	1,45	2,69	10,87	26,34	29,03	35,61	80,01
	II	5,70	6,60	7,00	22,90	39,70	49,00	59,80
	II	5,70	5,70	8,60	22,90	33,10	50,10	60,90
CHT	I	1,58	3,15	7,09	23,08	28,45	52,13	70,60
	I	1,46	3,48	6,09	25,62	30,59	53,98	68,52
	II	6,50	10,00	9,10	16,80	21,60	51,90	65,00
	II	4,80	7,70	12,30	18,00	20,10	58,10	68,80
CHTRA	I	1,33	3,00	10,41	23,71	35,44	55,89	79,02
	I	0,67	1,81	10,24	24,51	36,42	55,80	53,56
	II	4,50	6,60	12,70	18,70	30,30	68,90	98,00
	II	6,70	9,60	10,40	19,60	30,20	68,20	98,90

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Kaplama $P<0,05$ ve depolama süresi $P<0,01$ seviyesinde filetoların TBARS değeri üzerinde önemli derecede etkili olduğu bulunmuştur. Kaplama x depolama süresi interaksyonunun da $P<0,01$ seviyesinde önemli etkisi belirlenmiştir.

Çizelge 4.27. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Kaplama (K)	3	137,810	3,961*
Depolama Süresi (D)	6	11148,000	320,416**
K x D	18	93,057	2,675**
Blok (B)	1	122,390	3,518
Hata	83	34,792	
Genel	112		

**P<0,01 seviyesinde önemli

*P<0,05 seviyesinde önemli

Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.28’de verilmiştir. En düşük ortalama değer ($26,48 \pm 23,22$ $\mu\text{mol MA/kg}$) kitosan kaplama (CH) grubunda tespit edilmiştir. Kontrol, CH kaplama ve CHT nanokompozit kaplama uygulanan örneklerde ortalamalar arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmamıştır ($P<0,05$). En yüksek TBARS değeri ise CHTRA nanokompozit kaplama grubu örneklerde tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre rosmarinik asitin lipit oksidasyonunu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.28. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kaplama	n	$\bar{x} \pm SD$
K (Kontrol)	28	$27,75 \pm 25,65a$
CH	28	$26,48 \pm 23,22a$
CHT	28	$26,66 \pm 23,90a$
CHTRA	28	$31,26 \pm 29,68b$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$).

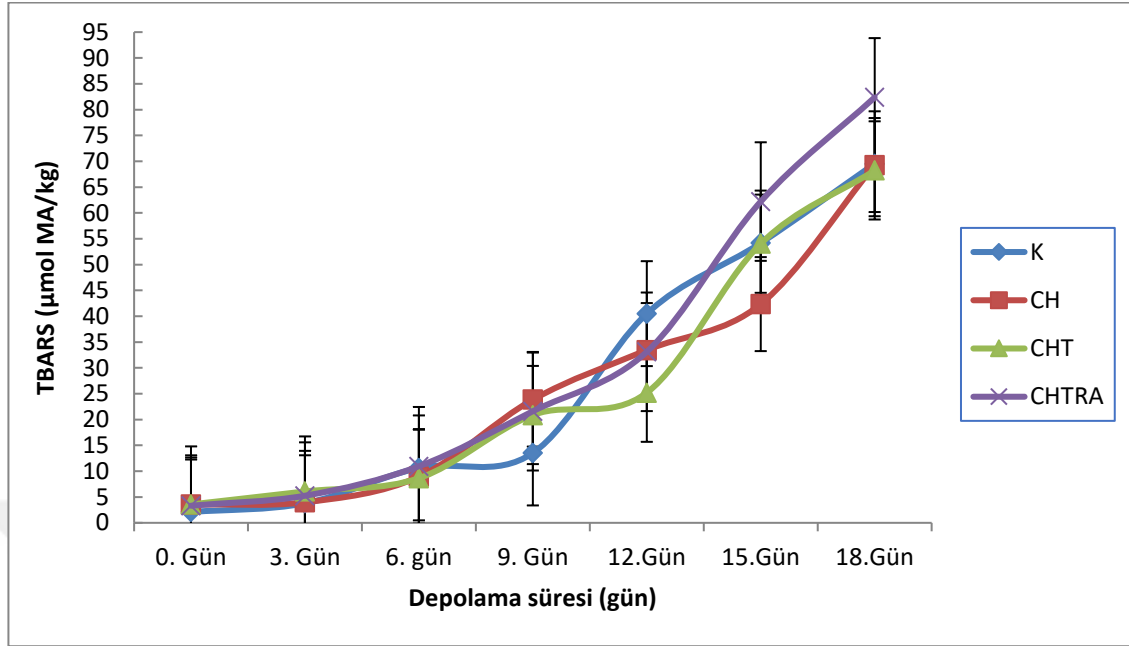
Soğukta muhafaza edilen Alabalık filetolarında TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.29’da verilmiştir. Depolama süresi ilerledikçe TBARS değerlerinde artış olmuştur. En yüksek ortalama değer $72,34 \pm 12,91$ $\mu\text{mol MA/kg}$ ile depolamanın 18. gününde belirlenmiştir. Çarbaş (2008) Gökkuşığı Alabalığı filetolarında TBARS değerini depolamanın 0. gününde $2,30 \pm 0,44$ $\mu\text{mol MA/kg}$ ve depolamanın sonunda (15. gün) $6,32 \pm 0,08$ $\mu\text{mol MA/kg}$ olarak tespit etmiştir.

Çizelge 4.29. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Depolama Süresi (Gün)	n	$\bar{X} \pm SD$
0	16	$3,13 \pm 2,15a$
3	16	$4,77 \pm 2,68a$
6	16	$9,79 \pm 1,93b$
9	16	$19,97 \pm 4,73c$
12	16	$33,06 \pm 6,70d$
15	16	$53,19 \pm 9,51e$
18	16	$72,34 \pm 12,91f$

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistikî olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

Gökkuşığı Alabalığı filetolarının TBARS değerine ait kaplama x depolama süresi interaksiyonuna ait grafik Şekil 4.18’de verilmiştir. TBARS değeri depolama sonunda CHTRA nanokompozit kaplama grubu filetolarda kontrol, CH ve CHT grubu filetolara göre daha yüksek bulunmuştur. Korkmaz (2016) ise gökkuşığı filetolarını kinoa filmleriyle kapladığı çalışması sonucunda depolama süresi boyunca uygulanan kinoa film kaplamanın lipid oksidasyonu üzerinde inhibe edici etkisinin olduğunu tespit etmiştir. Depolamanın sonunda film uyguladığı filetolarda TBARS değerini daha düşük ($3,12 \pm 0,02$ $\mu\text{mol MA/kg}$) belirlemiştir.



Şekil 4.18. TBARS değeri üzerinde kaplama x depolama süresi etkileşiminin etkisi

4.3.4. Toplam uçucu baz azotu (TVB-N)

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında toplam uçucu baz azotu (TVB-N) değerleri Çizelge 4.30'da verilmiştir. Filetolar taze iken depolama başlangıcında TVB-N değerleri 13,81-16,34 mg/100 g düzeyinde tespit edilmiştir. Depolama süresi ilerledikçe hem kontrol gruplarında hemde kaplama gruplarında TVB-N değerleri yükselmiş ve depolama sonunda kontrol grubunda 35,06-43,52 mg/100 g seviyesine çıkmış, kaplama ve nanokompozit kaplama gruplarında ise (CH, CHT, CHTRA) 19,93-18,17 mg/100 g seviyelerinde kalmıştır.

Soğukta muhafaza edilen su ürünlerinde depolama süresi ve sıcaklığa bağlı olarak TVB-N değerlerinde artış meydana gelmektedir. Su ürünlerinde ilk tazelik kaybı endojen enzimlerin aktivitesi, lipit ve pigmentlerin oksidasyonu ile oluşmaktadır (Varlık *et al.* 2004). Balık eti proteinlerinin bakteriyel faaliyetler sonucu oluşan parçalanma ürünleri depolama ilerledikçe ortaya çıkmaktadır. Bu parçalanma ürünlerinden biri de proteinlerin parçalanması sonucu açığa çıkan uçucu bazlardır. Su ürünlerinde kalite ve tazeliğin belirlenmesindeki en önemli parametrelerden biri uçucu bazlardır (Malle and

Poumeyrol 1989). Kalite sınıflandırılmasında 25 mg/100 g TVB-N seviyesi “çok iyi”, 30 mg/100 g “iyi”, 35 mg/100 g “pazarlanabilir” ve >35 mg/100 g “bozulmuş” olarak bildirilmiştir. Tatlı su balıklarında tüketilebilir sınır değerin 32-36 mg/100 g olduğu ve bu değerin balık cinsi, avlanma mevsimi ve beslenme durumu gibi faktörlere bağlı olduğu ifade edilmiştir (Özden ve Baygar 2003; Echeverría *et al.* 2018).

Çizelge 4.30. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında Toplam Uçucu Baz Azotu (TVB-N) değerleri (mg/100 g)

Kaplama	Blok	Depolama Süresi						
		0	3	6	9	12	15	18
K (Kontrol)	I	15,91	17,16	17,22	17,28	17,64	28,30	35,06
		16,34	17,30	17,42	17,51	17,99	30,38	35,74
	II	15,17	15,22	16,28	16,56	23,06	25,08	40,47
		15,07	15,21	16,36	16,53	22,54	25,12	43,52
CH	I	15,47	17,69	18,03	18,22	18,26	18,40	19,27
		15,55	17,83	18,26	18,27	18,36	18,38	19,29
	II	15,68	16,50	16,61	16,72	17,10	17,83	18,17
		14,78	16,39	16,58	16,87	17,23	17,97	19,93
CHT	I	15,43	17,23	17,24	17,55	17,39	17,74	18,24
		15,60	17,44	17,78	17,55	17,90	17,90	18,49
	II	13,97	15,26	16,67	16,94	17,07	18,10	18,36
		14,00	15,96	16,60	17,07	17,12	17,97	18,90
CHTRA	I	15,95	15,95	17,21	17,57	17,76	18,29	19,09
		15,44	16,77	17,28	17,83	17,96	19,04	19,08
	II	14,42	16,93	17,14	17,29	17,53	18,31	18,61
		13,81	17,04	17,28	17,37	17,46	18,47	18,60

Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında soğukta muhafaza sırasındaki TVB-N değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. TVB-N değeri üzerinde kaplama ve depolama süresinin çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etkileri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kaplama x depolama süresi interaksiyonun da TVB-N değeri üzerinde çok önemli ($P<0,01$) derecede etkisi olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.31. Soğukta muhafaza edilen kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında Toplam Uçucu Baz Azotu (TVB-N) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Kaplama (K)	3	136,526	96,007**
Depolama Süresi (D)	6	132,992	93,521**
K x D	18	58,171	40,906**
Blok (B)	1	4,492	3,159
Hata	83	1,422	
Genel	112		

** $P<0,01$ seviyesinde önemli

Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında TVB-N değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.32’de verilmiştir. En yüksek TVB-N değeri ($21,69 \pm 8,25$ mg/100 g) kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. CH, CHT ve CHTRA grubu örneklerle ait ortalama değerler arasındaki fark istatistikî olarak önemli bulunmamıştır ($P<0,05$). Bu sonuçlar mikroorganizma sonuçlarıyla da benzer olup bakteri sayımlarında da en yüksek değerler kontrol grubunda tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre her üç muamele de TVB-N değerinde önemli bir düşüşe neden olmakta ve alabalık filetolarının raf ömrü üzerine önemli bir etkide bulunmaktadır.

Çizelge 4.32. Kaplamalı ve kaplamasız alabalık filetolarında Toplam Uçucu Baz Azotu (TVB-N) değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Kaplama	n	$\bar{X} \pm SD$
K (Kontrol)	28	21,69 $\pm$ 8,25b
CH	28	17,49 $\pm$ 1,24a
CHT	28	17,05 $\pm$ 1,25a
CHTRA	28	17,34 $\pm$ 1,30a

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

Soğukta muhafaza edilen Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) TVB-N değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.33’de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında $15,16 \pm 0,76$ mg/100 g olan TVB-N değeri, depolama süresi ilerledikçe artış göstermiş ve depolamanın son gününde (18. gün) $23,80 \pm 9,07$ mg/100 g seviyesine çıkmıştır. Arashisar *et al.* (2004) Gökkuşluğu Alabalığı çalışmasında, depolamanın 14. gününde TVB-N değerinin tüm örneklerde 35 mg/100 g seviyesine ulaştığını bildirmiştir.

Çizelge 4.33. Soğukta muhafaza edilen alabalık filetolarında Toplam Uçucu Baz Azotu (TVB-N) değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

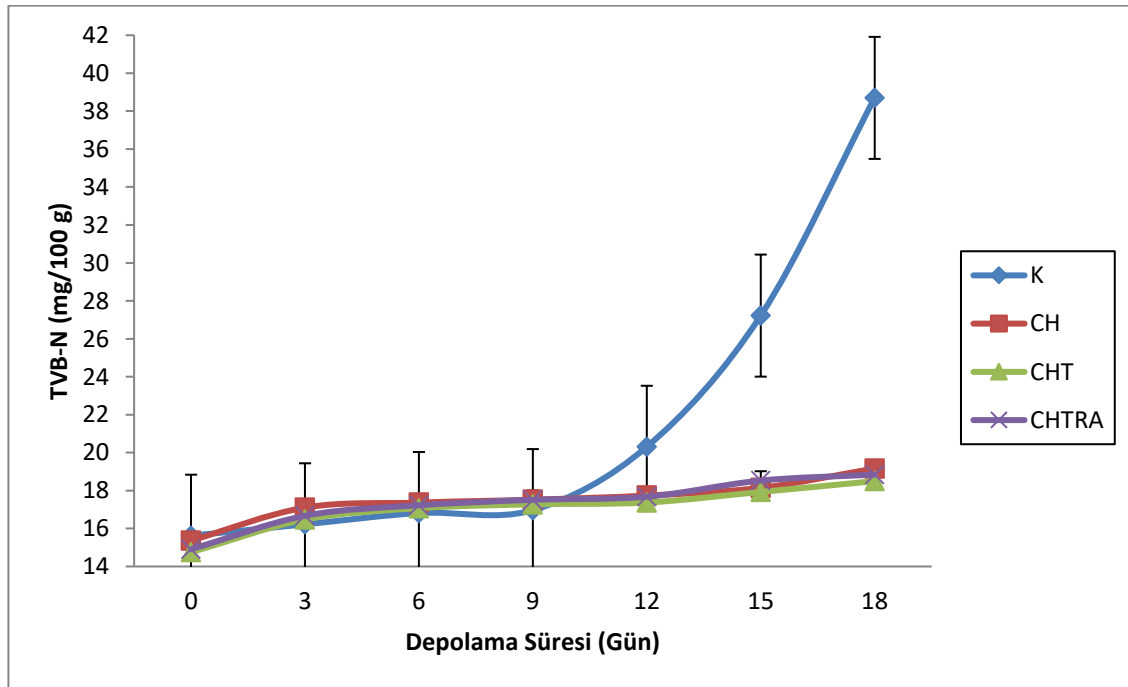
Depolama Süresi (Gün)	n	$\bar{X} \pm SD$
0	16	15,16 $\pm$ 0,76a
3	16	16,62 $\pm$ 0,87b
6	16	17,12 $\pm$ 0,58b
9	16	17,32 $\pm$ 0,53b
12	16	18,27 $\pm$ 1,81c
15	16	20,45 $\pm$ 4,21d
18	16	23,80 $\pm$ 9,07e

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$).

Gökkuşluğu Alabalık filetolarının TVB-N değeri üzerinde çok önemli ($P < 0,01$) etkisi belirlenen kaplama x depolama süresi interaksiyonuna ait grafik Şekil 4.19’da

verilmiştir. Balıklarda tazeliğin ve kalitenin bir göstergesi olan TVB-N değeri depolama süresi ilerledikçe artış göstermiştir. En fazla artış kontrol grubu örneklerde belirlenmiştir. Kontrol örneklerinde depolamanın 12. gününde ortalama TVB-N değeri 20,31 mg/100 g iken 15. günde bu değer 27,22'ye kadar yükselmiştir. Depolamanın 18. gününde ise oldukça yüksek bir ortalama değer tespit edilmiştir. Kaplamalı gruplarda ise TVB-N değeri depolamanın sonunda dahi kabul edilebilir sonuçlar vermiştir.

Gökalp *et al.* (1995) tarafından soğukta muhafaza edilen balıklarda 20 mg/100 g TVB-N değerinin sınır olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir. Arashisar *et al.* (2004) tarafından ise Gökkuşığı Alabalığı için maksimum TVB-N değerinin 25 mg/100 g olarak kabul edilebileceği ifade edilmiştir. Korkmaz (2016) tarafından yenilebilir film olan kinoanın Gökkuşığı Alabalığı filetoları üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, taze filetolarda TVB-N miktarı ortalama olarak $13,85 \pm 0,63$ mg/100 g olarak belirlenmiştir. 12 günlük depolama sonunda kontrol grubunda $20,35 \pm 0,49$ mg/100 g kinoaya uygulanan grupta TVB-N değeri $18,65 \pm 0,21$ mg/100 g olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.19. Toplam Uçucu Baz Azotu (TVB-N) değeri üzerinde kaplama x depolama süresi interaksiyonunun etkisi

5. SONUÇLAR

Araştırmada, kitosan kaplamanın özelliklerini geliştirmek amacıyla TiO_2 nanopartikülü ve rosmarinik asit ilave edilerek nanokompozit kaplamalar üretilmiş ve bu kaplama materyallerinin soğukta muhafaza edilen Gökkuşığı Alabalık filetolarında fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Nanokompozit kaplamalarda yapının doğrulanması için kaplamalara karakterizasyon analizleri (X-Işını difraksiyonu analizi, Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi analizi, SEM-EDX analizi ve Atomik Kuvvet Mikroskobu analiz) uygulanmış ve kaplamalar arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur. Araştırmada elde edilen sonuçlardan aşağıda verilen genel sonuç ve önerilere varılmıştır.

1. Nano ölçekli TiO_2 'in ve rosmarinik asitin kitosan matrisine başarılı bir şekilde tutunarak nanokompozit yapı oluşturduğu XRD modelleriyle belirlenmiştir. Ayrıca kitosan kaplama ile nanokompozit kaplamalar arasında FT-IR spektrumlarındaki değişiklikler nanokompozit yapıların varlığını doğrulamıştır. Nanokompozit yapılarda OH bağlarını gösteren zirvelerin daha geniş ve daha düz bir hal almış olması da bu sonucu doğrular niteliktedir.
2. FT-IR spektrumları değerlendirildiğinde, kaplamalarda oksijen içeren birçok fonksiyonel grup (O-H, -C=O, -C-O-) olduğu tespit edilmiştir.
3. Kaplama ve nanokompozit kaplamalara ait SEM mikrografları incelendiğinde, nanopartiküllerin kitosan yüzeyinde pürüzlü ve engebeli oluşumlara neden olduğu ve bu oluşumların nanopartiküllerin iyi bir şekilde yayıldığını gösterdiği tespit edilmiştir.
4. Yüzey topografyaları (AFM) incelendiğinde oldukça homojen yüzeyler olduğu görülmüştür. Nanokompozit kaplamalara ait topografyalar incelendiğinde kitosan matrisine gömülü nanopartiküller görülebilmektedir. Kitosan nanokompozit kaplamalarda (CHT ve CHTRA) nano ölçekli topoğrafyalarda düzensiz gözenekler ile adeta tepe-vadi yapısı olduğu görülmüştür. Nanopartiküllerin topografya desenlerinin yüksekliklerinin 0-20,4 nm olduğu belirlenmiştir.
5. Kaplama ve depolama süresi faktörlerinin toplam aerobik mezofilik bakteri ve psikrotrofik bakteri üzerinde önemli derecede ($P<0,01$) etkiye sahip olduğu

belirlenmiştir. Kaplama x depolama süresi interaksyonlarının da toplam aerobik mezofilik bakteri ve psikrotrofik bakteri sayısı üzerindeki etkilerinin de önemli ($P<0,01$) olduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre nanokompozit kaplamaların bakteri gelişimini yavaşlatmış ve kontrol grubuna göre depolama süresini artırmıştır. Özellikle en düşük bakteri sayıları, kitosan + TiO_2 + rosmarinik asit içeriğine sahip (CHTRA) nanokompozit kaplamayla kaplanan filetolarda gözlemlenmiştir.

6. Alabalık filetolarında depolama süresince Enterobacteriaceae sayısı saptanabilir sınırın (<100 kob/g) altında bulunmuştur. Laktik asit bakteri sayısı ise kaplamalı ürünlerde depolama sırasında (<100 kob/g) altında tespit edilmiştir.

7. Alabalık filetolarının pH değeri üzerinde kaplama ve depolama süresi faktörlerinin etkisi önemli ($P<0,01$) olmuştur. Kaplama x depolama süresi interaksyonunun etkisi de çok önemli bulunmuştur. Hiçbir muamele grubunda ortalama pH değeri 6,50'nin üzerinde bulunmamıştır.

8. Kaplama ve depolama süresi faktörlerinin filetoların L^* değeri, a^* değeri ve b^* değeri üzerinde önemli derecede ($P<0,01$) etkisi olduğu bulunmuştur. Kaplama ve depolama süresi interaksyonunda filetoların L^* , a^* ve b^* değeri üzerinde önemli derecede ($P<0,01$) etkili olduğu bulunmuştur. Kaplama grupları açısından en yüksek L^* değeri ve en düşük b^* değeri CHTRA nanokompozit kaplama grubu filetolarda tespit edilmiştir. Renk açısından CHTRA nanokompozit kaplamaların daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

9. TBARS değeri üzerinde kaplama ve depolama süresinin önemli derecede etkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca kaplama x depolama süresi interaksyonun da etkisi istatistikî olarak önemli ($P<0,01$) bulunmuştur. Kontrol, CH ve CHT kaplamalar arasındaki TBARS değeri açısından istatistikî bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. En yüksek TBARS değeri, CHTRA nanokompozit kaplama uygulanan filetolarda belirlenmiştir.

10. TVB-N değerinin, kaplama ve depolama süresi üzerinde önemli derecede etkili olduğu ($P<0,01$) bulunmuştur. Aynı zamanda kaplama x depolama süresi interaksyonunun etkisi de çok önemli depolama sırasında kontrol grubu örneklerde önemli artışlar olurken kaplamalı ürünlerde daha yavaş bir seyir takip etmiştir. En yüksek TVB-N değeri kontrol grubu örneklerde tespit edilmiştir. TVB-N değeri açısından CH, CHT ve CHTRA grubu örnekler arasındaki fark istatistikî olarak önemli

bulunmamıştır. Kaplamanın etkisi önemli bulunmuş ancak kaplama ve nanokompozit kaplamalar arasındaki fark istatistikî açıdan önemli ($P>0,05$) bulunmamıştır. Kaplama ve nanokompozit kaplama uygulamasının TVB-N oluşumunu önemli ölçüde engellediği belirlenmiştir.

Sonuç olarak kitosan, kitosan + TiO_2 , kitosan + TiO_2 + rosmarinik asit kaplama ve nanokompozit kaplamaların modifiye atmosferde ambalajlanan ve soğukta muhafaza edilen Gökkuşuğu Alabalığı filetolarında mikrobiyal gelişmeyi yavaşlattığı, özellikle de bu kaplamaların laktik asit bakterilerini önemli ölçüde inhibe ettiği, kaplama materyalleri ile kaplanan örneklerde proteolizinin göstergesi olan TVB-N değerinin kontrole göre daha düşük sonuçlar verdiği, rosmarinik asit içeren kaplamanın depolama süresi ilerledikçe parlaklığın göstergesi olan L^* değerini artırdığı ancak bu bileşiğin depolamanın son günlerinde lipid oksidasyonunun göstergesi olan TBARS değerinde artışa neden olduğu, depolama süresince kontrol grubu örneklerin daha yüksek pH değerleri verdiği ve her üç uygulamanında ürünün raf ömrünü artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca TiO_2 nano partikülleri ve rosmarinik asitin kitosan matrisine başarılı bir şekilde birleştiği ve nanokompozit yapının oluştuğu belirlenmiştir. Bununla birlikte elde edilen nanokompozit yapıların fiziksel, mekanik ve bariyer özelliklerinin belirlenerek daha fonksiyonel kaplamaların hazırlanmasına yönelik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdollahi, M., Masoud R. and Gholamali F., 2012. A novel active bionanocomposite film incorporating rosemary essential oil and nanoclay into chitosan. *Journal of Food Engineering*, 111 (2012), 343–350. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2012.02.012>.
- Abdou, E.S., Osheba, A.S. and Sorour. M.A., 2012. Effect of chitosan and chitosan-nanoparticles as active coating on microbiological characteristics of fish fingers. *International Journal of Applied Science and Technology*, Vol. 2 No,7, 158–169.
- Agafonov, A.V., Davydova, O.I., Krayev, A.S., Ivanova, O.S., Evdokimova, O.L., Gerasimova, T.V., Baranchikov, A.E., Kozik, V.V. and Ivanov, V.K., 2017. Unexpected Effects of Activator Molecules Polarity on the Electrorheological Activity of Titanium Dioxide Nanopowders. *The Journal of Physical Chemistry, B* 2017 (121), 6732–6738. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.7b04131>.
- Al-Naamani, L., Sergey D. and Joydeep D., 2016. Chitosan-zinc oxide nanoparticle composite coating for active food packaging applications. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 38 (2016), 231–237. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2016.10.010>.
- Alak, G., Hisar S.A., Hisar, O., Kaban, G. and Kaya, M., 2010. Microbiological and chemical properties of bonito fish (*Sarda Sarda*) fillets packaged with chitosan film, modified atmosphere and vacuum. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 16, 73–80. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2009.1475>.
- Albayrak, S., Aksoy, A., Sagdic, O. and Hamzaoglu, E., 2010. Compositions, Antioxidant and antimicrobial activities of Helichrysum (Asteraceae) species collected from Turkey. *Food Chemistry*, 119 (210), 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.003>.
- Andrade, R.D., Skurtys, O. and Osorio, F. A., 2012. Atomizing spray systems for application of edible coatings. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol 11, 323–337. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00186.x>.
- Angiş, S. and Oğuzhan, P., 2008. Su ürünlerinde kullanılan katkı maddeleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.
- Anonim. 2012a. Ambalaj sektörü sektör raporları. Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı.
- Anonim. 2012b. Su ürünleri sektör raporu. Batı Akdeniz Kalkınma AJansı. Aralık.
- Anonim. 2016. PAGEV Dünya ve Türkiye plastik ambalaj malzemeleri sektör izleme raporu 2016. PAGEV.
- Antoniewski, M.N., Barringer, S.A., Knipe, C.L., and Zerby, H.N., 2007. Effect of a gelatin coating on the shelf life of fresh meat. *Journal of Food Science*, 72 (6), 382–387. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00430.x>.
- Arashisar, Ş., Hisar, O., Kaya, M. and Yanik, T., 2004. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 97 (2004), 209–214. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2004.05.024>.

- Ariño, A., Beltrán, J.A. Herrera, A. and Roncalés, P. 2013. Fish and Seafood: Nutritional Value. *Encyclopedia of Human Nutrition*, 254–261. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00110-0>.
- Aydın, F., 1996. Alabalık Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri, http://traglor.cu.edu.tr/objects/objectFile/alabalik_biyolojisi.html, 10.10.2018
- Azeredo, H.M.C., 2009. Nanocomposites for Food Packaging Applications. *Food Research International*, 42, 1240–1253. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.019>.
- Azeredo, H.M.C., 2013. Antimicrobial nanostructures in food packaging. *Trends in Food Science and Technology*, 30, 56–59. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.11.006>.
- Bajpai, V.K., Kamle, M., Shukla, S., Mahato, D.K., Chandra, P., Hwang, S.K., Kumar, P., Huh, Y.S. and Han, Y., 2018. Prospects of using nanotechnology for food preservation, safety, and security. *Journal of Food and Drug Analysis*, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.06.011>.
- Barbosa-Pereira, L., Angulo, I., Lagarón, J. M., Paseiro-Losada, P. and Cruz, J.M., 2014. Development of new active packaging films containing bioactive nanocomposites. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26, 310–318. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2014.06.002>.
- Béné, C., Macfadyen, G. and Allison, E.H., 2007. Increasing the contribution of small-scale fisheries to poverty alleviation and food security. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Berizi, E., Hosseinzadeh, S., Shekarforoush, S.S. and Barbieri, G., 2018. Microbial, chemical, textural and sensory properties of coated rainbow trout by chitosan combined with pomegranate peel extract during frozen storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 1004–1013. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2017.08.099>.
- Bideau, B., Bras, J., Adoui, N., Loranger, E. and Daneault, C., 2017. Polypyrrole/nanocellulose composite for food preservation: Barrier and antioxidant characterization. *Food Packaging and Shelf Life*, 12, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.01.007>.
- Boylston, T., Chen, F., Coggins, P., Gloria, M.B., Hyldig, G., McKee, L.H. and Kerth, C.R., 2007. *Handbook of Meat, Poultry and Seafood Quality*. Blackwell Publishing.
- Braz, E.M.A., Silva, S.C.C.C., Silva, D.A., Carvalho, F.A.A., Barreto, H.M., Júnior, L.S.S., Filho, E.C.S., Júnior, L.S.S. and Filho, E.C.S., 2018. Modified chitosan-based bioactive material for antimicrobial application: Synthesis and characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 117: 640–647. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.05.205>.
- Bumbudsanpharoke, N. and Ko, S., 2015. Nano-food packaging: An overview of market, migration research, and safety regulations. *Journal of Food Science*, 80 (5), 910–923. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12861>.
- Cagri, A., Ustunol, Z. and Ryser E.T., 2004. Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection*, 67 (4), 833–848.
- Çaklı, Ş. and Kışla, D., 2003. Su ürünlerinde mikrobiyal kökenli bozulmalar ve önleme yöntemleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 20 (1–2), 239–245.

- Can, Ö.P. and Çoban, Ö.E., 2012. Vakum paketlenmenin ve zein ile kaplamanın balık filetolarının kalite kriterleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (1), 87–91.
- Çarbaş, A., 2008. Potasyum Sorbat Uygulamasının Vakum ve Modifiye Atmosferde Ambalajlanmış Gökkuşluğu Alabalık (*Oncorhynchus Mykiss*) Filetolarında Raf Ömrü Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Carrión-Granda, X., Fernández-pan, I. and Maté, J. I., 2016. Antimicrobial edible films and coatings. In *Edible Films and Coatings: Fundamentals and Applications*, 15, 281–294. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.485705>.
- Çetinkaya, S., Bilgin, Ş. and Ertan, Ö.O., 2014. Su ürünlerinde tazelik ve kalite belirlemede klasik yöntemler. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 31 (2), 105–111. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2014.31.2.07>.
- Cha, D.S. and Chinnan, M.S., 2004. Biopolymer based antimicrobial packaging: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* ISSN, 44, 223–227.
- Chamanara, V., Shabanpour, B., Gorgin, S. and Khomeiri, M., 2012. An investigation on characteristics of rainbow trout coated using chitosan assisted with thyme essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules* 50 (3), 540–544. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.01.016>.
- Chaudhry, Q., Scotter, M., Blackburn, J., Ross, B., Castle, L., Aitken, R., Watkins, R., 2008. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food Additives & Contaminants* 25 (3), 241–258. <https://doi.org/10.1080/02652030701744538>.
- Chellaram, C., Murugaboopathi, G., John, A.A., Sivakumar, R., Ganesan, S., Krithika, S. and Priya, G., 2014. Significance of nanotechnology in food industry. *APCBEE Procedia* 8, 109–113. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.03.010>.
- Chen, P.H., Hwang, Y.H., Kuo, T.Y., Liu, F.H., Lai, J.Y. and Hsieh, H.J., 2007. Improvement in the properties of chitosan membranes using natural organic acid solutions as solvents for chitosan dissolution. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 27, 23–28.
- Cushen, M., Kerry, J., Morris, M., Cruz-Romero, M. and Cummins, E., 2012. Nanotechnologies in the food industry - recent developments, risks and regulation. *Trends in Food Science and Technology*, 24, 30–46. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.10.006>.
- Cutter, C.N., 2006. Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. *Meat Science*, 74, 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.023>.
- Dasgupta, N., Ranjan, S., Mundekkad, D., Ramalingam, C., Shanker, R. and Kumar, A., 2015. Nanotechnology in agro-food: from field to plate. *Food Research International*, 69, 381–400. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.005>.
- Dehghani, P., Hosseini, S.M.H., Golmakani, M.T., Majdinasab, M. and Esteghlal, S., 2018. Shelf-life extension of refrigerated rainbow trout fillets using total farsigum-based coatings containing clove and thyme essential oils emulsions. *Food Hydrocolloids*, 77, 677–888. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.11.009>.
- Dehghani, S., Hosseini, S.V. and Regenstein, J.M., 2018. Edible films and coatings in seafood preservation: a review. *Food Chemistry*, 240, 505–513. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.034>.

- Devlieghere, F., Vermeulen, A. and Debevere, J. 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, 21, 703–714. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.02.008>.
- Dikel, Ç., 2012. Kitosan Eklenen Jelatin İle Kaplamanın Çipura (*Sparus Aurata* L., 1758) Filetolarının Soğukta (+4°C) Depolanması Esnasında Fiziksel, Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Değişimler Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Dragostin, O.M., Sama, S.K., Lupascu, F., Pânzariu, A., Dubruel, P., Lupascu, D., Tuchilus, C., Vasile, C. and Profire, L., 2015. Development and characterization of novel films based on sulfonamide-chitosan derivatives for potential wound dressing. *International Journal of Molecular Sciences*, 16 (12), 29843–29855. <https://doi.org/10.3390/ijms161226204>.
- Duan, J., Cherian, G. and Zhao, Y., 2010. Quality enhancement in fresh and frozen lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets by employment of fish oil incorporated chitosan coatings. *Food Chemistry*, 119, 524–532. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.06.055>.
- Duncan, T.V., 2011. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of Colloid and Interface Science*, 363 (1), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.07.017>.
- Dursun, S. and Erkan, N., 2009. Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. *Journal of Fisheries Sciences.Com*, 3 (4), 352–373. <https://doi.org/10.3153/jfscom.2009040>.
- Dutta, P.K., Tripathi, S., Mehrotra, G.K. and Dutta, J., 2009. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114, 1173–82. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.047>.
- Duyar, H.A., Gargaci, A. and Yücel, Y., 2016. Yenilebilir mısır zeini filmiyle kaplama ve vakum paketlemenin buzdolabında depolanan palamut balığının (sarda sarda) raf ömrüne etkisi, *Alıntesi Zirai Bilimler Dergisi*, 31, 77–83.
- Echegoyen, Y. and Nerín, C., 2013. Nanoparticle release from nano-silver antimicrobial food containers. *Food and Chemical Toxicology*, 62, 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.08.014>.
- Echeverría, I., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C., Mauri, A.N. and Montero, M.P., 2018. Active nanocomposite films based on soy proteins-montmorillonite- clove essential oil for the preservation of refrigerated bluefin tuna (*thunnus thynnus*) fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 266, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.10.003>.
- Elahi, A., Irfan, M., Shakoor, A., Niaz, N.A., Mahmood, K. and Qasim, M., 2015. Effect of loading titanium dioxide on structural, electrical and mechanical properties of polyaniline nanocomposites. *Journal of Alloys and Compounds*, 651, 328–332. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.08.108>.
- Erkan, N., Ayranci, G. and Ayranci, E., 2008. Antioxidant activities of rosemary (*rosmarinus officinalis* L.) extract, blackseed (*nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food Chemistry*, 111, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.058>.

- Falguera, V., Quintero, J.P., Jiménez, A., Muñoz, J.A. and Ibarz, A., 2011. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science and Technology*, 22, 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>.
- Fletcher, G.C., 2012. Advances in vacuum and modified atmosphere packaging of fish and crustaceans. *Advances in Meat, Poultry and Seafood Packaging*, 261–297. <https://doi.org/10.1533/9780857095718.2.261>.
- Gennadios, A., Hanna, M.A. and Kurth, L.B., 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. *LWT - Food Science and Technology*. Academic Press. <https://doi.org/10.1006/fstl.1996.0202>.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, O., 2012. Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. (9. Baskı) Atatürk Üniversitesi Yayın No: 786, Ziraat Fakültesi Yayın No: 70, Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gram, L., and Huss, H.H., 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33 (1), 121–137. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)01134-8](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01134-8).
- Haerudin, H., Pramono, A.W., Kusuma, D.S., Jenie, A., Voelcker, N.H. and Gibson C., 2010. Preparation and characterization of chitosan/montmorillonite (mmt) nanocomposite systems. *International Journal of Technology*, 1 (1), 65–73.
- Hamad, A.F., Han, J.H., Kim, B.C. and Rather, I.A., 2018. The intertwine of nanotechnology with the food industry. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25 (1), 27–30. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.09.004>.
- He, Q., Zhang, Y., Cai, X. and Wang, S., 2016. ‘Fabrication of gelatin-TiO₂ nanocomposite film and its structural, antibacterial and physical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 84, 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.12.012>.
- Hisar, Ş.A., 2002. Modifiye Atmosferde Ambalajlamanın Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss*) Filetolarının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Hisar, Ş.A., Hisar O. and Yanık T., 2004. Balıklarda mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal bozulmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35 (3–4), 261–265.
- Honarvar, Z., Hadian, Z. and Mashayekh, M., 2016. Nanocomposites in food packaging applications and their risk assessment for health. *Electronic Physician*, 8 (6), 2531–2538. <https://doi.org/10.14661/2015.971-976>.
- Hunt, R. W.G., 1977. The specification of colour appearance. 1. concepts and terms. *Colour Research and Applications*, 2 (2), 55–68.
- Javidi, Z., Hosseini, S.F. and Rezaei, M., 2016. Development of flexible bactericidal films based on poly (lactic acid) and essential oil and its effectiveness to reduce microbial growth of refrigerated rainbow trout. *LWT - Food Science and Technology*, 72, 251–260. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.052>.
- Jeon, Y.J., Kamil, J.Y.V.A. and Shahidi, F., 2002. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and atlantic cod. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5167–5178. <https://doi.org/10.1021/jf011693l>.

- Jinadasa, B.K.K.K., 2014. Determination of quality of marine fishes based on total volatile base nitrogen test. *Nature and Science*, 12 (5), 106–111. <https://doi.org/10.1192/bjp.205.1.76a>.
- Joukar, F., Hosseini, S.M.H., Moosavi-Nasab, M., Mesbahi, G.R. and Behzadnia, A., 2017. Effect of farsi gum-based antimicrobial adhesive coatings on the refrigeration shelf life of rainbow trout fillets. *LWT*, 80, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.074>.
- Jouki, M., Yazdia, F.T., Mortazavia, S.A., Koocheki, A. and Khazaei, N., 2014. ‘Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *International Journal of Food Microbiology*, 174, 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.01.001>.
- Kanmani, P., and Rhim, J.W., 2014a. ‘Physical, mechanical and antimicrobial properties of gelatin based active nanocomposite films containing AgNPs and nanoclay. *Food Hydrocolloids*, 35, 644–652. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.08.011>.
- Kanmani, P., and Rhim, J.W., 2014b. ‘Physicochemical properties of gelatin/silver nanoparticle antimicrobial composite films. *Food Chemistry*, 148, 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.047>.
- Karabulut, H.A., and Yandı, İ., 2006. Su ürünlerindeki omega-3 yağ asitlerinin önemi ve sağlık üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23 (3), 339–342.
- Kasirga, Y., Oral, A. and Caner, C., 2012. Preparation and characterization of chitosan/montmorillonite-K10 nanocomposites films for food packaging applications. *Polymer Composites*, 33 (11), 1874–1882. <https://doi.org/10.1002/pc.22310>.
- Kaya, Y., Duyar, H.A. and Erdem, M.E., 2004. Balık yağ asitlerinin insan sağlığı için önemi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 21 (3–4), 365–370.
- Kılınç, M., Tomar, O. and Çağlar, A., 2017. Biyobozunur gıda ambalaj malzemeleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, 988–996.
- Kılınç, B., and Sürengil, G., 2015. Taze alabalık filetolarının gümüş antimikrobiyal yenilebilir film kaplanarak bozulmaya neden olan bakterilerin tanımlanması. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 32 (4), 183–192. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2015.32.4.02>.
- Kılınççeker, O., 2006. Alabalık Filetolara ve Tavuk Bagetlere Uygulanan Bazı Yenilebilir Kaplama Malzemelerinin Raf Ömrü Boyunca et ve Kızartma Yağı Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Korkmaz, A.Ş., and Kırkağaç, M., 2008. Tatlı suda beton havuzlarda ve denizde ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşuğu alabalıklarının et verimi, vücut kompozisyonu ve enerji kapsamı. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14 (4), 409–413.
- Korkmaz, F., 2016. Yenilebilir Biyofilm Olarak Kinoa (*Chenopodium Quinoa*)’nın Gökkuşuğu Alabalığı (*Onchorynchus Mykiss*) Filetolarının Raf Ömrü Üzerine Etkisinin Araştırılması. Y. Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

- Kuş, B., 2012. Altınotu ve Ökseotu Bitki Ekstrelerinin Alabalık Filetosu Üzerindeki Antimikrobiyal ve Antioksidan Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.
- Lemon, D.W., 1975. An improved tba test for rancidity new series circular. No:51, Halifax-Laboratory, Halifax, Nova Scotia.
- Lin, B., Luo, Y., Teng, Z., Zhang, B., Zhou, B. and Wang, Q., 2015. Development of silver/titanium dioxide/chitosan adipate nanocomposite as an antibacterial coating for fruit storage. *LWT - Food Science and Technology*, 63 (2), 1206–1213. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.049>.
- Lin, L. S., Wang, B.J. and Weng, Y.M., 2011. Quality preservation of commercial fish balls with antimicrobial zein coatings. *Journal of Food Quality*, 34, 81–87. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00370.x>.
- Lorenzo, J.M., Batlle, R. and Gómez, M., 2014. Extension of the shelf-life of foal meat with two antioxidant active packaging systems. *LWT - Food Science and Technology*, 59 (1), 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.061>.
- Majeed, K., Jawaaid, M., Hassan, A., AbuBakar, A., AbdulKhalil, H.P.S., Salema, A.A. and Inuwa, I., 2013. Potential materials for food packaging from nanoclay/natural fibres filled hybrid composites. *Materials & Design*, 46, 391–410. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.10.044>.
- Malle, P., and Poumeyrol, M., 1989. A new chemical criterion for the quality control of fish: trimethylamine/total volatile basic nitrogen (%). *Journal of Food Protection*, 52 (6), 419–423. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-52.6.419>.
- McHugh, T.H., 2000. Protein-lipid interactions in edible films and coatings. *Molecular Nutrition & Food Research*, 44 (3), 148–151. [https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20000501\)44:3<148::AID-FOOD148>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20000501)44:3<148::AID-FOOD148>3.0.CO;2-P).
- McMillin, K.W., 2017. Advancements in meat packaging. *Meat Science*, 132, 153–162. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.015>.
- Memiş, S., 2017. Çemen Tohumu Bazlı Nanokil Katkılı Biyobozunur Nanokompozit Film Üretimi ve Karakterizasyonu. Y. Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mihindukulasuriya, S.D.F. and Lim, L.T., 2014. Nanotechnology development in food packaging: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 40, 149–167. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.09.009>.
- Mohanty, B.P., Mahanty, A., Ganguly, S., Mitra, T., Karunakaran, D. and Anandan, R., 2019. Nutritional composition of food fishes and their importance in providing food and nutritional security. *Food Chemistry*, 293, 561–570. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.039>.
- Moreira, M.D.R., Pereda, M., Marcovich, N.E. and Roura, S.I., 2011. Antimicrobial effectiveness of bioactive packaging materials from edible chitosan and casein polymers: assessment on carrot, cheese, and salami. *Journal of Food Science*, 76, 54–63. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01910.x>.
- Murugadoss, A., Chattopadhyay, A., 2008. A ‘green’ chitosan-silver nanoparticle composite as a heterogeneous as well as micro-heterogeneous catalyst. *Nanotechnology*, 19 (1), 015603. doi:10.1088/0957-4484/19/01/015603
- Muşabak, C., 2008. Kitosanla Kaplama ve Modifiye Atmosfer Ambalajlamanın Palamut (Sarda Sarda) Filetolarının Kimyasal Parametreleri Üzerine Etkisi. Y. Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

- Mutlu, A., 2016. Zeytin (*Olea Europaea* L.) Yaprığı ve Yağ Gülü (*Rosa Damascena* Mill.) Ekstraktlarının Buzdolabı Koşullarında Depolanan Sıcak Dumanlanmış Alabalık (*Oncorhynchus Mykiss*) Filetolarının Raf Ömrüne Etkisi, Y. Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Nowzari, F., Shábanpour, B. and Ojagh, S.M., 2013. Comparison of chitosan-gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 141 (3), 1667–1672. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.022>.
- Oğuzhan, P., 2011. Sıcak Tütsülenen Gökkuşaağı Alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss*) Filetoları Üzerine Modifiye Atmosferde Ambalajlamanın Etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. and Hosseini, S.M.H., 2010a. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120 (1), 193–198. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2009.10.006>.
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. and Hosseini, S.M.H., 2010b. Development and evaluation of a novel biodegradable film made from chitosan and cinnamon essential oil with low affinity toward water. *Food Chemistry*, 122, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.033>.
- Othman, S.H., 2014. Bio-nanocomposite materials for food packaging applications: types of biopolymer and nano-sized filler. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 296–303. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.042>.
- Özden, Ö. and Baygar, T., 2003. Farklı paketleme yöntemlerinin marine edilmiş balıkların bazı kalite kriterleri üzerine etkisi. *Turk J Vet. Anim. Sci.* TUBİTAK 27. 899–906. <http://www.dcs.gla.ac.uk>.
- Panea, B., Ripoll, G., González, J., Fernández-Cuello, Á. and Albertí, P., 2014. Effect of nanocomposite packaging containing different proportions of zno and ag on chicken breast meat quality. *Journal of Food Engineering*, 123, 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.029>.
- Park, H.J., Byun, Y.J., Kim, Y.T., Whiteside, W.S. and Bae, H.J., 2013. Processes and applications for edible coating and film materials from agropolymers. In *Innovations in Food Packaging*, Second Edition, 257–275. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00010-2>.
- Park, S., Marsh, K.S. and Dawson, P., 2010. Application of chitosan-incorporated ldpe film to sliced fresh red meats for shelf life extension. *Meat Science*, 85 (3), 493–499. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.02.022>.
- Pascall, M.A., and Lin, S.J., 2013. The application of edible polymeric films and coatings in the food industry. *J. Food Process Technol*, 4 (2). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000e116>.
- Pavlat, A.E. and William, O., 2009. Edible Films and Coatings: Why, What, and How? In: Huber K., Embuscado M. (eds), *Edible Films and Coatings for Food Applications*, Springer, New York, NY.
- Pereira, Jr., Aniceto, V., Arruda, I.N.Q.d. and Stefani, R., 2015. Active chitosan / PVA films with anthocyanins from brassica oleraceae (red cabbage) as time - temperature indicators for application in intelligent food packaging. *Food Hydrocolloids*, 43, 180–188. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.05.014>.

- Petersen, M., and Monique, S.J.S., 2003. Rosmarinic acid. *Phytochemistry*, 62 (2), 121–125, doi: 10.1016/s0031-9422(02)00513-7.
- Picouet, P.A., Fernandez, A., Realini, C.E. and Lloret, E., 2014. Influence of PA6 nanocomposite films on the stability of vacuum-aged beef loins during storage in modified atmospheres. *Meat Science*, 96, 574–580. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.020>.
- Polat, S., 2016. Nanokompozit Ambalaj Filmi Üretimi Ve Bazı Gıdaların Ambalajlamasında Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Raeisi, M., Tajik, H., Aliakbarlu, J., Mirhosseini, S.H., Hosseini, S.M.H., 2015. Effect of carboxymethyl cellulose-based coatings incorporated with zataria multiflora boiss. essential oil and grape seed extract on the shelf life of rainbow trout fillets. *LWT - Food Science and Technology*, 64 (2), 898–904. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.010>.
- Rahvalı, F., 2016. Kitosan/Farklı Tip Cloisite Ile Nanokompozit Filmlerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Ramezani, Z., Zarei, M. and Raminnejad, N., 2015. Comparing the effectiveness of chitosan and nanochitosan coatings on the quality of refrigerated silver carp fillets. *Food Control*, 51, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.11.015>.
- Rhim, J. W., Wang, L.F.F. and Hong, S.I.I., 2013. Preparation and characterization of agar/silver nanoparticles composite films with antimicrobial activity. *Food Hydrocolloids*, 33 (2), 327–335. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.04.002>.
- Rhim, J. W., Park, H.M. and Ha, C.S., 2013. Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in Polymer Science*, 38, 1629–1652. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.05.008>.
- Rhim, J. W., 2013. Effect of PLA lamination on performance characteristics of agar/κ-carrageenan/clay bio-nanocomposite film. *Food Research International*, 51, 714–722. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.050>.
- Rhim, J. W., Lee, S.B. and Hong, S.I., 2011. Preparation and characterization of agar/clay nanocomposite films: the effect of clay type. *Journal of Food Science*, 76 (3), 40–48. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02049.x>.
- Rittenschober, D., Nowak, V. and Charrondiere, U.R., 2013. Review of availability of food composition data for fish and shellfish. *Food Chemistry*, 141 (4), 4303–4310. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.07.007>.
- Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Moreno, V., Caride, A., Vieites, J.M. and Diaz, O., 2011. Whey protein-based coatings on frozen atlantic salmon (*salmo salar*): influence of the plasticiser and the moment of coating on quality preservation. *Food Chemistry*, 128, 187–194. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.026>.
- Şahin, O.I., and Bayizit, A.A., 2008. Nanokompozit filmlerin gıda sanayi uygulamaları. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 145–48. Erzurum.
- Sani, M.A., Ehsani, A. and Hashemi, M., 2017. Whey protein isolate/cellulose nanofibre/TiO₂ nanoparticle/rosemary essential oil nanocomposite film: its effect on microbial and sensory quality of lamb meat and growth of common foodborne pathogenic bacteria during refrigeration. *International Journal of Food Microbiology*, 251, 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.03.018>.

- Shankar, S., Teng, X., Li, G. and Rhim, J.W., 2015. Preparation, characterization, and antimicrobial activity of gelatin/ZnO nanocomposite films. *Food Hydrocolloids*, 45, 264–271. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.12.001>.
- Shankar, S., Teng, X. and Rhim, J.W., 2014. Properties and characterization of Agar/CuNP bionanocomposite films prepared with different copper salts and reducing agents. *Carbohydrate Polymers*, 114, 484–492. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.08.036>.
- Shi, S., Wang, W., Liu, L., Wu, S., Wei, Y. and Li, W., 2013. Effect of chitosan/nano-silica coating on the physicochemical characteristics of longan fruit under ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 118 (1), 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.03.029>.
- Smith, J.L. and Fratamico, P.M., 2015. *Escherichia Coli And Other Enterobacteriaceae: Food Poisoning And Health Effects*. In *Encyclopedia of Food and Health*, 539–544. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00260-9>.
- Soares, N. M., Fernandes, T. A. and Vicente, A. A., 2016. ‘Effect of Variables on the Thickness of an Edible Coating Applied on Frozen Fish - Establishment of the Concept of Safe Dipping Time’. *Journal of Food Engineering* 171: 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.10.016>.
- Souza, B.W.S., Cerqueira, M.A., Ruiz, H.A., Martins, J.T., Casariego, A., Teixeira, J. A. and Vicente, A.A., 2010. Effect of chitosan-based coatings on the shelf life of salmon (*salmo salar*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (21), 11456–62. <https://doi.org/10.1021/jf102366k>.
- Sozer, N. and Kokini, J.L., 2009. Nanotechnology and its applications in the food sector. *Trends in Biotechnology*, 27 (2), 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2008.10.010>.
- Suksaeree, J., Monton, C., Madaka, F., Chusut, T., Saingam, W., Pichayakorn, W. and Boonme, P., 2015. ‘Formulation, physicochemical characterization, and in vitro study of chitosan/HPMC blends-based herbal blended patches. *AAPS PharmSciTech*, 16 (1), 171–181. <https://doi.org/10.1208/s12249-014-0216-6>.
- Sun, T., Wu, C.L., Hao, H., Dai, Y. and Li, J.R., 2016. Preparation and preservation properties of the chitosan coatings modified with the in situ synthesized nano SiO₂. *Food Hydrocolloids*, 54, 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.09.019>.
- Temiz, H. and Yeşilsu, A.F., 2006. Bitkisel protein kaynaklı yenilebilir film ve kaplamalar. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 41–50.
- Theivasanthi, T. and Alagar, M., 2013, Titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles XRD analyses: an insight. *Chemical Physics Journal Citation: arXiv preprint arXiv:1307.1091*
- Tsai, G.J., Su, W.H., Chen, H.C. and Pan, C.L., 2002. Antimicrobial activity of shrimp chitin and chitosan from different treatments and applications of fish preservation. *Fisheries Science*, 68 (1), 170–177. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00404.x>.
- TUİK. 2016a. Balık Üretim İstatistikleri TUİK.
- TUİK. 2016b. Balık Yetiştiricilik İstatistikleri TUİK. TUİK.
- Turan, H., Kaya, Y. and Sönmez G., 2006. Balık etinin besin değeri ve insan sağlığındaki yeri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23 (1–3), 505–508.

- Uçan, F. and Mercimek, H.A., 2013. Gıda endüstrisinde kitosan filmlerin önemi. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1 (2), 79–85.
- Vanloot, P., Dupuy, N., Guiliano, M. and Artaud, J., 2012. Characterisation and authentication of a. senegal and a. seyal exudates by infrared spectroscopy and chemometrics. *Food Chemistry*, 135 (4), 2554–2560. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.125>.
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S. and Baygar, T., 2004. Su Ürünleri İşleme Teknolojsi. Edited by Candan Varlık. İstanbul Üniversitesi Yayın.
- Vilarinho, F., Andrade, M., Buonocore, G.G., Stanzione, M., Vaz, M.F. and Silva, A.S., 2018. Monitoring lipid oxidation in a processed meat product packaged with nanocomposite poly (lactic acid) film. *European Polymer Journal*, 98, 362–367. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2017.11.034>.
- Villena d.F.E. and García-Esteva, R.M., 2018. Nanotechnology in the agrofood industry. *Journal of Food Engineering*, 238, 1–11. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2018.05.024>.
- Volpe, M.G.G., Siano, F., Paolucci, M., Sacco, A., Sorrentino, A., Malinconico, M. and Varricchio, E., 2015. Active edible coating effectiveness in shelf-life enhancement of trout (*oncorhynchusmykiss*) fillets. *LWT - Food Science and Technology*, 60 (1), 615–622. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.048>.
- Wang, Z., Hu, S., Gao, Y., Ye, C. and Wang, H., 2017. Effect of collagen-lysozyme coating on fresh-salmon fillets preservation. *LWT - Food Science and Technology*, 75, 59–64. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.032>.
- Yang, Y., Wang, S., Wang, Y., Wang, X., Wang, Q., and Chen, M., 2014. Advances in self-assembled chitosan nanomaterials for drug delivery. *Biotechnology Advances*, 32 (7), 1301–1316. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.07.007>.
- Yu, L., 2009. Biodegradable Polymer Blends and Composites from Renewable Resources. A John Wiley & Sons, Inc. Publication.
- Yu, Y., Zhang, S., Ren, Y., Li, H., Zhang, X. and Di, J., 2012. Jujube preservation using chitosan film with nano-silicon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 113 (3), 408–414. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.06.021>.
- Zakarienė, G., Novoslavskij, A., Meškinis, Š., Vasiliauskas, A., Tamulevičienė, A., Tamulevičius, S., Alter, T. and Malakauskas, M., 2018. Diamond like carbon Ag nanocomposites as a control measure against campylobacter jejuni and listeria monocytogenes on food preparation surfaces. *Diamond and Related Materials*, 81, 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2017.12.007>.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Pınar KIZILKAYA
Doğum tarihi:	1983
Doğum Yeri:	Hanak/Ardahan
Uyruğu:	T.C.
E-mail:	pinarkizilkaya@ardahan.edu.tr
Eğitim	
Lise:	Bahçeşehir Atatürk Lisesi
Lisans:	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2005)
Yüksek lisans:	Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendiliği Anabilim Dalı (2012)
Doktora:	Atatürk Üniversitesi
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Gıda Mühendisleri Odası	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	