

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**POLİVİNİL ALKOL TABANLI VE NİSİN YÜKLÜ NANOLİFLERLE KAPLANIP,
PAKETLENEN GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) FİLETOLARININ
RAF ÖMRÜNÜN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Burcu ÖNER
DANIŞMAN: Doç. Dr. Raciye MERAL
İKİNCİ DANIŞMAN: Doç.Dr. Zafer CEYLAN

VAN-2021

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**POLİVİNİL ALKOL TABANLI VE NİSİN YÜKLÜ NANOLİFLERLE KAPLANIP,
PAKETLENEN GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) FİLETOLARININ
RAF ÖMRÜNÜN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Burcu ÖNER

Bu çalışma Van YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2018-7540 No'lu proje olarak desteklenmiştir

VAN-2021

KABUL VE ONAY SAYFASI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Raciye MERAL danışmanlığında, Burcu ÖNER tarafından sunulan “Polivinil Alkol Tabanlı ve Nisin Yüklü Nanoliflerle Kaplanıp, Paketlenen Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarının Raf Ömrünün Belirlenmesi” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 08/04/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Fatih ÖZOĞUL

İmza:

Üye: Prof. Dr. İsa CAVİDOĞLU

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Eda ÖNDÜL KOÇ

İmza:

Üye: Doç.Dr. Zafer CEYLAN

İmza:

İmza:

Üye: Doç.Dr. Raciye MERAL

Fen Bilimleri Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İmza

Burcu ÖNER

ÖZET

POLİVİNİL ALKOL TABANLI VE NİSİN YÜKLÜ NANOLİFLERLE KAPLANIP, PAKETLENEN GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) FİLETOLARININ RAF ÖMRÜNÜN BELİRLENMESİ

ÖNER, Burcu

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Raciye MERAL

İkinci Tez Danışmanı: Doç. Dr. Zafer CEYLAN

Nisan 2021, 75 sayfa

Bu çalışmada, elektrodöndürme yöntemi ile polivinil alkol tabanlı nisin yüklü nanolifler üretilmiştir. Öncelikle, üretilen nanoliflerin karakterizasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak morfolojisi incelen nanoliflerin ortalama çapının 150.88 nm olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra gökkuşağı alabalığı filetoları üretilen nanolifler ile kaplanmış ve kaplanan filetolar paketlerenek soğuk depolama ($4\pm2^{\circ}\text{C}$) koşullarında 10 gün süresince depolanmıştır. Depolama süresince belirli aralıklarla filetoların mikrobiyal ve diğer kalite parametreleri incelenmiştir. Mikrobiyal kaliteye ilişkin olarak, filetoların toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve toplam laktik asit bakteri (TLAB) gelişimi izlenmiştir. Depolamanın 7. gününde kontrol (K) grubunun TMAB yükü 6.99 log kob/g, nisin yüklü nanolifler (N) ile kaplanan filetoların TMAB yükü ise 6.0 log kob/g olarak bulunmuştur. Nisin nanolifi ile kaplanan örneklerin TLAB yükünün, kontrol grubu örneklerine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Nisin nanolifi ile kaplanmış filetoların raf ömrünün kontrol grubu örneklerine göre 3 gün daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Nisin nanoliflerinin, filetoların tiyobarbitürik asit (TBA) değeri üzerine baskılayıcı etkisi olmuş ancak bu etki depolama sonunda anlamlı bir fark oluşturmamıştır. N grubu örneklerinin tüm duyusal özelliklerini, K grubu örneklerine göre daha iyi koruduğu belirlenmiştir. En yüksek ağırlık kaybının K grubunda meydana geldiği ve nisin nanoliflerinin depolama boyunca ağırlık kaybını sınırladığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, nanoteknolojik uygulamaların gıda endüstrisinde etkin bir şekilde kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Elektrodöndürme, Gökkuşağı alabalığı, Nanolif, Nisin, Raf ömrü.

ABSTRACT

DETERMINATION OF SHELF-LIFE OF RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) FILLETS COATED WITH NISIN-LOADED POLYVINYLSALICOL-BASED NANOFIBER AND PACKED WITH POLYETHYLENE PACK

ÖNER, Burcu

M. Sc. Thesis, Department of Food Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr Raciye MERAL

Second Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr Zafer CEYLAN

April 2021, 75 pages

In this study, nisin-loaded nanofibers based on polyvinyl alcohol were obtained by the electrospinning method. Firstly, characterization analysis of nanofibers have been performed. Morphologies of electrospun nanofibers have been examined using scanning electron microscope (SEM) and average diameter of nanofibers were measured as 150.88 nm. Afterwards, rainbow trout fillets were coated with obtained nanofibers and coated fillet packages were stored for 10 days in cold storage conditions ($4.0\pm 2^{\circ}\text{C}$). Microbial and other quality parameters of the coated fillets were examined periodically during cold storage. As regarding microbial quality, total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) and total lactic acid bacteria (TLAB) growth of rainbow trout fillets have been followed. At 7th day of cold storage, TMAB count of control group (K) was found as 6.99 log kob/g and TMAB count of fillet coated with nisin-loaded nanofibers (N) was found as 6.0 log kob/g. It was determined that the TLAB count of the samples coated with nisin nanofiber was lower than the control group samples during cold storage. It was determined that the shelf-life of the sample coated with nisin nanofiber fillets was 3 days longer than that of the control group. Nisin nanofibers had the suppressive effect on thiobarbituric acid (TBA) value of fish fillets but this effect did not make a statistically significant difference at the end of storage. N group samples preserved all their sensory properties better than the K group samples during storage. The highest weight loss occurred in group K and nisin nanofibers seemed to decrease weight loss during storage. As a result, it has been demonstrated that nanotechnological applications can be used effectively in food industry.

Keywords: Electrospinning, Nanofiber, Nisin, Rainbow trout, Shelf-life.



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, tez konusunun belirlenmesi, tez çalışmasının planlanması, laboratuvar çalışmalarının yürütülmesi, laboratuvar ve istatistiki analizlerin yapılması esnasında büyük katkı sağlayan, danışmanım Doç. Dr. Raciye MERAL ve ikinci danışmanım Doç. Dr. Zafer CEYLAN'a teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan Gıda Yüksek Mühendisi Aslıhan ALAV'a, gerekli analizlerde yardımını esirgemeyen Sayın Dr. Öğretim Üyesi Yağmur ERİM KÖSE ve Dr. Araştırma Görevlisi Ahmet SEPİL'e, nanoliflerin üretimi ve karakterizasyonunda yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Mustafa Tahsin YILMAZ, Sayın Doç. Dr. Enes DERTLİ ve Canan Yağmur KARAKAŞA, emek ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Hayatım boyunca her anlamda yanımda olan, desteklerini hiç esirgemeyen ailem İnci ÖNER, Banu ÖNER, Emre DEĞER ve Esra SEYMEN'e teşekkür ederim.

2021

Burcu ÖNER



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Nanoteknoloji ve Gıda Nanoteknolojisi	2
1.2. Nanolifler	3
1.3. Elektrodöndürme Yöntemi ve Avantajları.....	4
1.4. Elektrodöndürme Parametrelerinin Önemli Özellikleri.....	6
1.4.1. Çözelti parametreleri	7
1.4.1.1. Konsantrasyon ve viskozite.....	7
1.4.1.2. Molekül ağırlığı.....	7
1.4.1.3. Yüzey gerilimi.....	8
1.4.1.4. İletkenlik.....	8
1.4.2. Proses parametreleri	8
1.4.2.1. Akış hızı	8
1.4.2.2. Voltaj	9
1.4.2.3. Toplayıcı plaka tipi.....	9
1.4.2.4. Toplayıcı plaka ve şırınga ucu arasındaki mesafe.....	9
1.4.3. Ortam parametreleri.....	9
1.5. Nisin.....	10
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	13
2.1. Nanolifler ile İlgili Çalışmalar	13
2.2. Nisin ile İlgili Yapılan Çalışmalar	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Materyal	19
3.2. Yöntem.....	19

3.2.1. Nanolif üretimi ve gökkuşağı alabalığının nanolif ile kaplanması.....	19
3.2.1.1. Çözelti hazırlama ve elektrodöndürme işlemi.....	19
3.2.1.2. Gökkuşağı alabalığı filetolarının hazırlanması	20
3.2.1.3. Gökkuşağı alabalığı filetolarının kaplanması ve depolama	21
3.2.2. Nanoliflerin karakterizasyonu	21
3.2.2.1. Nanoliflerin yüzey morfolojisi analizi	21
3.2.2.2. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi	22
3.2.2.3. Moleküler karakterizasyon (ATR-FTIR) analizi.....	22
3.2.2.4. Nanolifin zeta potansiyel (ZP) ölçümü	22
3.2.3. Besinsel kompozisyon analizleri	23
3.2.3.1. Ham protein analizi	23
3.2.3.2. Nem analizi	23
3.2.3.3. Ham kül analizi	24
3.2.3.4. Ham yağ analizi.....	24
3.2.4. Ağırlık kaybı.....	24
3.2.5. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı	25
3.2.6. Toplam laktik asit bakteri (TLAK) sayımı	25
3.2.7. Renk analizi	25
3.2.8. Duyusal analiz	26
3.2.9. Tiyoobarbitürik asit sayısı (TBA) analizi	27
3.2.10. Tekstür profil analizi (TPA)	27
3.2.11. İstatistiksel analiz	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	29
4.1. Elektrodöndürme Yöntemi Parametreleri	29
4.2. Nanoliflerin Karakterizasyon Sonuçları	30
4.2.1. Nanolifin yüzey morfolojisi (SEM) analiz sonuçları	30
4.2.2. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analiz sonuçları	32
4.2.3. Moleküler karakterizasyon (ATR-FTIR) analiz sonuçları	34
4.2.4. Nanolifin zeta potansiyel (ZP) ölçüm sonuçları	36
4.3. Gökkuşağı Alabalığı Filetosunun Besinsel Kompozisyonu	36
4.4. Ağırlık Kaybı	38
4.5. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayısı	40

	Sayfa
4.6. Toplam Laktik Asit Bakteri (TLAB) Sayısı	42
4.7. Renk Parametrelerindeki Değişimler	44
4.8. Duyusal Özelliklerdeki Değişimler	48
4.9. Tiyoarbitürük Asit (TBA) Değeri	52
4.10. TPA Analiz Sonuçları	55
5. SONUÇ.....	63
KAYNAKLAR.....	65
ÖZ GEÇMİŞ.....	75



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Elektrodöndürme yönteminde lif oluşumuna etki eden föktörler	7
Çizelge 3.1. Duyusal değerlendirme formu	26
Çizelge 4.1. Gökkuşığı alabalığı filetosunun besinsel kompozisyonu (%)	37
Çizelge 4.2. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince ağırlık kaybındaki (%) değişimler	38
Çizelge 4.3. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince TMAB (log kob/g) sayısında meydana gelen değişimler	40
Çizelge 4.4. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince TLAB (log kob/g) sayısında meydana gelen değişimler	43
Çizelge 4.5. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince L^* değerindeki değişimler	45
Çizelge 4.6. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince a^* değerindeki değişimler	46
Çizelge 4.7. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince b^* değerindeki değişimler	47
Çizelge 4.8. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince koku değerindeki değişimler	48
Çizelge 4.9. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince renk değerindeki değişimler	49
Çizelge 4.10. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince doku değerindeki değişimler	50
Çizelge 4.11. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince duyusal genel değerlendirmesinde meydana gelen değişimler	51
Çizelge 4.12. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince TBA (mg MDA/kg) değerinde meydana gelen değişimler	53



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1.	Elektrodöndürme sistemi..... 5
Şekil 1.2.	Nisinin molekül yapısı 10
Şekil 3.1.	Nanolif üretim işlemi. 20
Şekil 3.2.	Gökkuşağı alabalığının kaplama için hazır hale getirilmesi. 20
Şekil 3.3.	a. Gökkuşağı alabalığı filetosunun nisin nanolifleri ile kaplanması, b. Gökkuşağı alabalığı filetosunun paketlenmesi..... 21
Şekil 3.4.	Gökkuşağı alabalığı filetolarında renk ölçüm analizi. 26
Şekil 3.5.	Gökkuşağı alabalığı filetolarında TBA analizi..... 27
Şekil 4.1.	PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin SEM görüntüsü. 30
Şekil 4.2.	PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin SEM görüntüsü. 31
Şekil 4.3.	PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin SEM görüntüsü. 31
Şekil 4.4.	PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerine ait DSC grafiği. 33
Şekil 4.5.	PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerine ait ATR-FTIR spektrumu..... 34
Şekil 4.6.	Alabalık filetolarının sertlik değerlerinde meydana gelen değişimler. 55
Şekil 4.7.	Alabalık filetolarının yapışkanlık değerlerinde meydana gelen değişimler. 56
Şekil 4.8.	Alabalık filetolarının elastikiyet değerlerinde meydana gelen değişimler. 57
Şekil 4.9.	Alabalık filetolarının bağlılık değerlerinde meydana gelen değişimler. 58
Şekil 4.10.	Alabalık filetolarının sakızimsılık değerlerinde meydana gelen değişimler. 59
Şekil 4.11.	Alabalık filetolarının çiğnenebilirlik değerlerinde meydana gelen değişimler. 60

Şekil 4.12. Alabalık filetolarının esneklik değerlerinde meydana gelen değişimler.....	61
--	----



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

a*	Kırmızı-yeşil renk oluşumu
b*	Sarı-mavi renk oluşumu
cm	Santimetre
Da	Dalton
dk	Dakika
kob/g	Koloni oluşturan birim/Gram
kV	Kilovolt
L*	Parlaklık
Log	Logaritma
mg MDA/kg	Miligram Malondialldehit/Kilogram
mL	Mililitre
mm/s	Milimetre/saniye
mV	Milivolt
nm	Nanometre

Kısaltmalar

Açıklama

ATR-FTIR	Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi
EDTA	Etilendiamin tetraasetik asit
DSC	Diferansiyel taramalı kalorimetre
K	Kontrol
MRS	Man-Rogosa-Sharpe
N	Nisin yüklü nanolif

Kısaltmalar

Açıklama

PCA

Plate-Count agar

PVA

Polivinil alkol

SEM

Taramalı elektron mikroskobu

TBA

Tiyobarbitürik asit

TLAB

Toplam laktik asit bakteri

TMAB

Toplam mezofilik aerobik bakteri

TPA

Tekstür profil analizi

ZP

Zeta potansiyel



1. GİRİŞ

1.1. Nanoteknoloji ve Gıda Nanoteknolojisi

Nanoteknoloji, maddeler üzerinde nanometre ölçeğindeki boyutlarda gerçekleştirilen; tasarım, uygulama, üretim, düzenleme ve kontrol gibi çalışmalar olarak ifade edilmektedir. “Nano” kelimesi Yunanca “cüce” anlamına gelmektedir ve nano ile tanımlanan ifadeler, herhangi bir ölçünün milyarda birini gösterir (Yalçın, 2010).

Nanoteknoloji, nesnelerin yapıtaşları olan atomları, istenilen şekilde düzenleme ve her alanda daha dayanıklı, daha hafif ve doğaya daha az zarar vererek üretim yapılmasını sağlayan bir teknolojidir (Özdoğan ve ark., 2006). Askeri, medikal elektronik, tekstil, çevre, biyoteknoloji, malzeme, bilgisayar, tarım ve gıda vb. olmak üzere çok geniş bir kullanım alanına sahiptir (Tarhan ve ark., 2010).

Nanoteknoloji sayesinde nanoboyuta indirilen materyallerin davranışları değişmekte ve daha büyük yapılarla karşılaştırıldığında, tamamen yeni ya da gelişmiş özellikler (boyut, dağılım, morfoloji vb.) ortaya çıkmaktadır (Süfer ve Karakaya, 2011). Nano yapıların nano ölçekli boyutlarından dolayı yüzey alanı/hacim oranı artmakta ve bu durum bulundukları malzemelere önemli özellikler kazandırmaktadır (Yılmaz, 2015). Nanomateryaller yalnızca tek boyutlu (filmler, kaplamalar) olarak değil, 2 boyutlu (nano lif, nano tüp) ve 3 boyutlu (nanoparçacık) olarak da üretilmektedir (Var ve Sağlam, 2015). Nanoteknolojik çalışmalarda kullanılan yapılar en genel itibarıyla nano kapsüller, nanotüpler ve nanolifler olmak üzere sınıflara ayrılmaktadır. Nanokapsüller, milimetrenin binde biri büyüklüğünde, ince, içi boş kapsüller olarak tanımlanır. İlaç, kozmetik ve tekstil endüstrisinde istenilen belirli bir bileşenin salınımı gibi konularda kullanılmaktadır. Nanotüpler, uzunlukları mikron, çapları ise nanometre boyutlarında olan çelikten daha sert ve plastik kadar esnek olan yapılardır. Nanolif ise çapları bir mikronun altında olan yapılardır (Şener, 2011).

Gıda sanayisinde genel olarak dört ana alanda nanoteknolojiden yararlanılmaktadır. Bunlar; yeni fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi, mikro ölçekli ve nano ölçekli gıda işleme, ürün geliştirme ile gıda güvenliği, biyogüvenlik için yöntemler ve cihaz tasarımı olarak sınıflandırılabilir (Weiss ve ark., 2006).

Nanoteknolojinin gıda endüstrisindeki uygulamalarına bakıldığında genel olarak; gıdaların işlenmesi, farklı aroma-renk ve biyoaktif maddelerin gıdalara ilavesiyle fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilmesi, biyoaktif maddelerin kontrollü salınımı, ürün raf ömrünü geliştirecek paketlenme uygulamaları, patojenik mikroorganizmaların tespitinin sağlanması gibi gıdanın duyuşsal ve mekanik özelliklerinin geliştirilebilmesi sayılabilir (Neethiraja ve Jayas, 2010; Tarhan ve ark., 2010).

Gıda ve tarım sektöründe nanoteknolojinin etkisi hızla artmakta ve nanoteknolojik alanda yapılan çalışmaların tarım ve gıda endüstrisinin ilerlemesine büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Demirbilek, 2015). Son yıllarda daha az işlem görmüş gıdalara olan ilginin artmasına bağlı olarak, gıda üreticileri hem gıdanın raf ömrünü uzatabilmek hem de gıdanın besin değerini koruyabilmek için yeni teknoloji ve yöntem arayışı içine girmiştir. Bu nedenle gıdaların genel kalitesine ve besinsel değerine daha az etki edecek aynı zamanda raf ömrünü uzatacak yeni gıda işleme ve ambalajlama yöntemleri üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Polat ve Fenercioğlu, 2014). Gıda endüstrisinde fonksiyonel gıdaların veya interaktif gıdaların üretiminde nanoteknolojiden yararlanılmaktadır ve kullanılan başlıca fonksiyonel materyaller; nanokapsüller, nanotabakalar, nanolifler, nanobileşikler, nanotüpler ve nanopartiküllerdir (Ünal, 2012). Bu fonksiyonel gıdaların içeriğinde bulunması gereken gıda aromaları ve antioksidanlar gibi maddelerin ürüne özgü olarak tasarlanmasında da nanoteknolojik teknikler kullanılmaktadır (Var ve Sağlam, 2015). Artan gıda piyasasına yeni fonksiyonel ürünleri sunma potansiyeli oldukça yüksektir. Bu alanda yapılan laboratuvar çalışmaları, nanoteknolojik ürünlerin sağlığa olumlu etkileri olan bileşenlerin etkili ve kontrollü şekilde hedef hücrelere ulaştırılmasında, toksik bileşenlerin metabolizmadan uzaklaştırılmasında ve gıdanın yapısında bulunan veya sonradan ilave edilen biyoyararlılığı bulunan bileşenlerin etki sürelerinin arttırılmasında kullanılabileceğini göstermektedir. Özellikle antioksidanlar ve vitaminler gibi çevre koşullarından kolay etkilenen gıda bileşenlerinin nanoboyutta yapıların içerisine hapsedilmesi sayesinde etki süreleri arttırılabilmektedir. Bu sayede gıdaların raf ömrü uzatılabilmektedir (Şener, 2011). Özetle, gıda sektöründe nanoteknolojinin kullanılması gıdaları oksidasyondan koruma, enkapsüle edilen besin ögesinin kontrollü salınımı, vitaminler ve aroma maddelerinin elde edilmesi, gıda sistemlerinde patojenlerin

belirlenmesi, gıda güvenliği ve kalite analizi gibi birçok açıdan önem taşımaktadır (Ünal, 2012). Bu bakımdan gıda alanında nanoteknolojik uygulamalar hızla gelişmekte ve bu teknoloji ile üretilen yeni gıda ürünlerinin potansiyel yararlarının olduğu görülmektedir (Tarhan ve ark., 2010).

1.2. Nanolifler

Nanolifler, genel olarak bir mikrondan daha düşük çaplara sahip olan lifler olarak tanımlanmaktadır. Nanolifler, özel uygulamalara sahip materyallerin geliştirilmesine olanak sağlayan mikro ve nano yapısal özellikleri nedeniyle, son yıllarda giderek önem kazanan bir araştırma konusu haline gelmişlerdir. Büyük yüzey alanları ve küçük gözenek boyutları, nanoliflerin önemini artırmaktadır (Süpüren ve ark., 2007; Öztürk, 2017). Ağırlığına oranla geniş yüzeye sahip olması, yüksek gözenekli yapısı, mikroorganizmalara karşı bariyer oluşturması, yüksek nem geçirgenlik ve kaplama özelliğinden dolayı nanolifler son yıllarda birçok alanda kullanılmaktadır (Yener ve ark., 2011). Nanoliflerin en temel özellikleri ve sağladıkları fonksiyonlar arasında yüksek yüzey alanı, küçük lif çapı, yüksek mukavemet, yüksek gözeneklilik ve küçük gözenek boyutları ve düşük gramaj olarak sayılabilir (Doğan, 2012).

Nanoliflerin uygulama alanları oldukça geniştir ve bu alanlara biyomedikal, uzay, elektriksel ve optik, filtrasyon, tarım ve gıda uygulamaları örnek olarak verilebilir (Şener, 2011). Gıda biyopolimerlerinden elde edilecek nanoliflerin paketleme malzemeleri üretiminde, sentetik gıda matriksleri oluşturmada ve bakteri kültürü geliştirme ortamlarında destek malzemeler kullanılabilecekleri öngörülmektedir (Tarhan ve ark., 2010). Nanolifler, ipliksi görünüme sahip olan ve nanoteknoloji çalışmalarında elde edilen yapılardan biridir ve elektrodöndürme yöntemi ile üretilen nanolifler çok iyi mekanik özellik göstermekte ve birim hacim başına düşen yüzey alanları oldukça yüksektir (Daştan, 2009). Nanolifler;

1. Eriyikten nanolif eldesi (Meltblowing ve Spunbond yöntemleri)
2. Fibrilasyon yöntemi ile nanolif üretimi
3. Bikomponent (çift bileşenli) yöntemi ile nanolif üretimi
4. Elektrodöndürme yöntemi gibi birçok şekilde üretilmektedir (Çiftçi ve ark., 2015).

Bu yöntemler arasında, nano boyutta lif üretimi amacıyla en sık kullanılan yöntem elektrodöndürme tekniğidir. Elektrodöndürme yöntemi ile elde edilen nanolifler yüksek gözeneklilik, gözenek boyutlarının kontrol imkânı, yumuşak ve iyi bir tutum, çok yüksek spesifik yüzey alanı ve düşük özgül ağırlık göstermesi gibi özellikleri ile pek çok uygulama alanında avantaj sağlamaktadır (Kumru, 2013). Ayrıca elektrodöndürme tekniğinin basit olması ve kolay uygulanabilir olması kullanım açısından avantaj sağlamaktadır (Subbiah ve ark., 2005; Sirin ve ark., 2013).

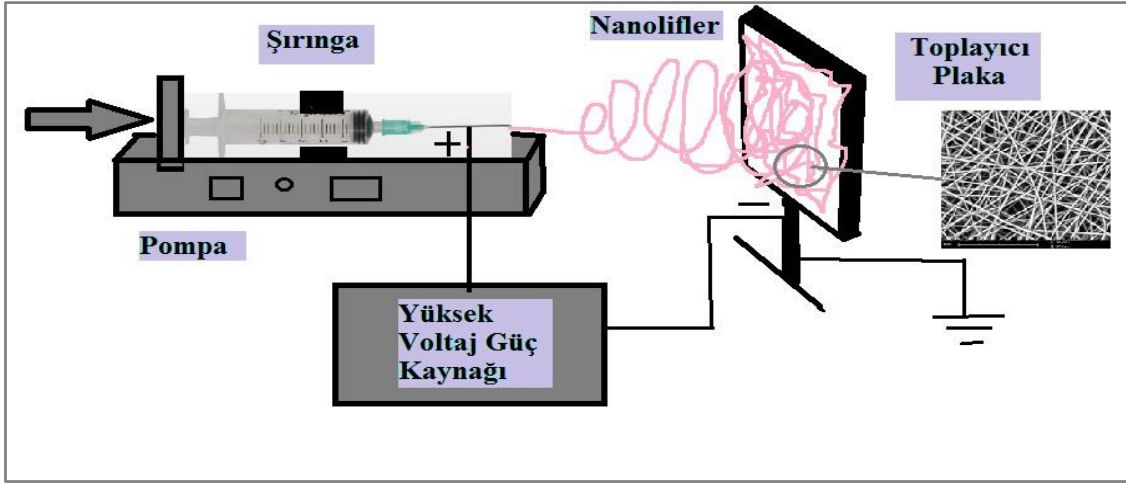
1.3. Elektrodöndürme Yöntemi ve Avantajları

Elektrodöndürme yöntemi ile lif üretiminin ilk patenti 1934 yılında Formhals tarafından alınmıştır ve bu yöntem kısaca; elektrostatik kuvvetler yardımıyla polimer çözeltileri veya polimer eriyiklerinden nanoliflerin üretimini içermektedir. Liflerin bu şekilde üretilmeye başladığı süreç elektro döndürme olarak tanımlanmaktadır (Gündüz, 2014).

Elektrodöndürme yöntemi; geniş yüzey alanına sahip küçük çaplı nanonifler üretilmesi, lif oluşma mekanizmasının bir özelliği olarak yüksek mekanik çekme kuvvetine sahip nanolifler oluşması ve liflerin nano boyutlarda ya da nano gözeneklere sahip olması nedeniyle geniş uygulama alanının bulunması gibi üç önemli avantaja sahiptir (Çakmakçı, 2009).

Bir elektrodöndürme düzeneği temelde 3 ana kısımdan oluşur;

1. Yüksek voltaj güç kaynağı
2. Besleme ünitesi (şırınga, metal iğne vb.)
3. Toplayıcı (iletken plaka, döner silindir vb.) (Şekil 1.1) (Gürçan, 2016).



Şekil 1.1. Elektrodöndürme sistemi (Turgut, 2018).

Elektrodöndürme yöntemi ile nanolif eldesinde temel prensip, bir polimer çözeltisinin elektriksel olarak yüklenmesi ve bir iğneden ya da kapılar bir uçtan püskürtülerek nanolif oluşumunu sağlamaktır. Elektrodöndürme yönteminde nanolif üretim işlemi genel olarak 3 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla; damlacık ve Taylor Konisi oluşumu, jet oluşumu ve nanoliflerin toplayıcı plakada toplanmasıdır. İlk olarak polimer uygun bir çözücünde çözünerek şırınga içerisine doldurulur ve pompa yardımı ile şırınga ucuna aktarılır. Toplayıcı plaka ile şırınga sistemi arasına uygulanan yüksek voltaj kritik değere ulaştığında, şınganın ucunda bulunan çözelti damlacığı jet halinde ve elektriksel olarak yüklenerek karşısında bulunan toplayıcı plakaya doğru hareket etmeye başlar. Uygulanan elektriksel gerilim, yüzey gerilimini yenmeden önce Taylor Konisi olarak adlandırılan yapı oluşur. Voltaj kritik bir değere ulaşır damlacıktaki yüklerin itme kuvvetleri, yüzey gerilim kuvvetini yendiğinde Taylor konisinin ucunda ince bir jet meydana gelir. Bu polimer jeti, önce kararlı daha sonra kararsız bir yol izleyerek karşısında bulunan toplayıcıya doğru hareket eder. Bu esnada, çözücünde gerçekleşen buharlaşma ile toplayıcı üzerine liflerin birikmesini sağlar. Oluşan bu sürekli nanolifler, toplayıcı plaka üzerinde rastgele birikir (Daştan, 2009; Okutan, 2013; Gündüz, 2014; İpek, 2016).

İstenilen çaplarda nanolif üretimi, uzun ve sürekli nanoliflerin oluşması, lif boyutlarının kontrol edilebilmesi ve birçok farklı çözeltiden nanolif elde edilebilmesi için en elverişli yöntem elektrodöndürme yöntemidir (Doğan, 2012).

Nanoliflerin eldesinde sentetik polimerler, doğal polimerler veya bunların kombinasyonları kullanılabilir. Sentetik polimerlere kıyasla doğal polimerler, hayvan veya bitkilerden elde edilen karbonhidratlar ve proteinler olan doğal biyopolimerlerdir. Son zamanlarda doğal polimer bazlı nanolif üretiminde artış görülmektedir. Doğal polimerlere jelatin, kitosan, kolajen, etil selüloz; sentetik polimerlere Polivinil Alkol (PVA), Polilaktik Asit (PLA), Poliglikolik Asit (PLGA), Poliüretan (PU), Polikarbonatlar ve Polivinil Prolidon (PVP) örnek verilebilir (Kamble ve ark., 2017; Oğuz, 2018).

Nanolif üretiminde kullanılabilen çeşitli polimer maddeler sayesinde farklı özellikte materyaller oluşturulabilir. Biyo uyumlu polimer maddeler sayesinde ilaç salınımı, yara örtücüler gibi biyomedikal uygulamalara olanak sağlanır. Ayrıca nanolifler, mikroorganizma ve küçük partiküllere bariyer oluşturmak amaçlı kullanılabilir (Turgut, 2018). Elektrodöndürme yönteminde kullanılan polimer çeşidi fazla olduğundan, çok çeşitli malzeme üretimi sağlanabilir. Bu sebeple elektrodöndürme yöntemi ile üretilen nanolifler oldukça geniş kullanım alanı sunmaktadır (Dinç, 2013).

Kısaca günümüzde nanolif eldesinde elektrodöndürme yönteminin yaygın kullanılma sebepleri şu şekilde sıralanabilir;

1. Yüksek üretim hızına sahiptir
2. Çapı ve lif özellikleri kontrol edilebilir
3. Yüksek yüzey alanına ve yüksek gözenekliliğe sahiptir
4. Çok çeşitli polimere uygulanabilir
5. Karmaşık 3-boyutlu yüzeyleri kaplayabilir
6. Filtreleme etkinliği yüksektir
7. Yüksek uzunluk/çap oranına sahiptir
8. Çok çeşitli modifikasyonlara elverişli olmasıdır (Çakmakçı, 2009).

1.4. Elektrodöndürme Parametrelerinin Önemli Özellikleri

Nanoliflerin özellikleri, kullanılan materyallerin niteliklerine ve üretim parametrelerine göre farklılık gösterir. Elektrodöndürme yönteminde lif oluşumuna etki eden birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler genel olarak polimer ve uygun çözücü ile elde edilen çözeltinin sahip olduğu özellikler, deneyin yapıldığı ortamın

çevresel koşulları ve üretim sırasında yapılan ayarlamalar olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır (Çizelge 1.1) (Subbiah, 2005; Gürcan, 2016).

Çizelge 1.1. Elektrodöndürme yönteminde lif oluşumuna etki eden föktörler

Çözeltili Parametreleri	Proses Parametreleri	Ortam Parametreleri
Konstrasyon ve vizkozite	Akış Hızı	Sıcaklık
Molekül ağırlığı	Voltajın etkisi	Nem
Yüzey Gerilimi	Toplayıcı plaka tipi	
İletkenlik	Toplayıcı plaka ve şırınga ucu arasındaki mesafe	

1.4.1. Çözeltili parametreleri

1.4.1.1. Konsantrasyon ve viskozite

Düzgün lif oluşumunun sağlanması için çözeltinin optimum konsantrasyona ulaşması gerekir. Konsantrasyon çok düşük olduğunda polimer lif haline gelmeden yüzeye damlacıklar halinde düşmektedir (İkiz, 2009). Konsantrasyonun artmasıyla lif çapı artar, konsantrasyonun daha da fazla artması ile viskozite de artar. Polimer çözeltisinin konsantrasyonu ile lif çapı doğru orantılıdır (Turgut, 2018). Viskozite arttıkça lif çapında artma meydana gelir ve çok yüksek viskozitedeki polimer çözeltisinin şırıngadan çekilmesi zorlaşır (Yener ve ark., 2011). Düşük viskozitede ise düşük viskoelastik kuvvetlerden dolayı polimer jet kırılması gerçekleşir ve damlacık oluşumu gözlenir (Kriegel ve ark., 2008).

1.4.1.2. Molekül ağırlığı

Molekül ağırlığı, çözeltinin viskozitesini etkileyen faktörlerden biridir. Lif oluşumu için, çözelti yeterli moleküler ağırlıkta polimer içermelidir ve yeterli viskoziteye sahip olmalıdır (Çayır, 2015). Düşük moleküler ağırlıktaki polimer çözeltileri boncuk oluşturma eğilimindedir ve yüksek moleküler ağırlıktaki polimer çözeltilerinden daha yüksek çapa sahip lifler elde edilir (Bhardwaj ve Kundu, 2010; Beypazar, 2013)

1.4.1.3. Yüzey gerilimi

Yüzey gerilimi elektrodöndürme işleminde gerilime karşı uygulanan temel kuvvettir ve polimer çözeltisinin yüzey gerilimi; konsantrasyon, kimyasal bileşenler ve sıcaklığın değişmesi ile değişmektedir (Yılmaz, 2015). Düşük yüzey gerilimine sahip çözeltilerde boncuklanma olmadan nanolifler elde edilebilmektedir (Bhardwaj ve Kundu, 2010). Yüzey geriliminin arttırılması boncuklu lif oluşumuna neden olmaktadır. Bunu engellemek için konsantrasyon artırılabilir, viskozite düşürülebilir veya başka bir çözücü seçilebilir (Turgut, 2018).

1.4.1.4. İletkenlik

Çözelti iletkenliği, lif çapını yüksek oranda etkileyen diğer bir parametredir. Çözeltinin iletkenliği; çözeltinin bir elektrik akımı taşıma kabiliyeti olarak tanımlanabilir ve bundan dolayı iletkenlik, polimer çözeltisinin elektrodöndürme sırasında hareket oranını etkilemektedir (Yener, 2010). Çözeltideki elektrik iletkenliği artırıldığında boncuk sayısında ve nanolif çapında önemli bir düşüş gözlenir ve küçük çaplara sahip nanolifler elde edilebilir. Çözeltinin elektrik iletkenliği düştüğünde ise yetersiz jet uzaması ve boncuklu yapı gözlemlenebilir (Çayır, 2015).

1.4.2. Proses parametreleri

1.4.2.1. Akış hızı

Çözeltisinin akış hızı, malzeme transfer oranını büyük oranda etkilediği için önemli bir parametredir. Nanolif eldesi için olabilecek en düşük akış hızı tercih edilmektedir. Akış hızının artışı çözeltinin şırınga ucuna gönderilme oranını artırır ve bu artış çözeltinin şırınga ucunda birikerek boncuklu lif yapısı gözlenir (Turgut, 2018). Sürekli ve orantılı çap dağılımına sahip nanoliflerin sağlanması için akış hızı, şırınga ucundan plakaya doğru hareket eden polimer çözeltisinin, oluşan nanolif miktarı ile eşdeğer olması gerekir (Yılmaz, 2015).

1.4.2.2. Voltaj

Elektrodöndürme yönteminde, voltajın artması ile çözeltide oluşan jetin uzunluğu artar ve düşük çaplara sahip nanolifler elde edilir. Uygulanan voltaj lif çapı ve yüzey gerilimi ile ters orantılı olup damlacık oluşumunu direkt etkilemektedir (Yılmazer, 2014).

1.4.2.3. Toplayıcı plaka tipi

Elektrodöndürme işlemini etkileyen parametrelerden biri de toplayıcı plaka türüdür. Toplayıcı plaka tipi elektrik alanın sağlanabilmesi açısından önemlidir ve genellikle iletkenliği arttırmak amacıyla toplayıcı plaka üzerine alüminyum folyo sarılıdır (Beypazar, 2013).

1.4.2.4. Toplayıcı plaka ve şırınga ucu arasındaki mesafe

Toplayıcı plaka ve şırınga ucu arasındaki mesafe elektrodöndürme çözeltisinde kullanılan çözücünün uçuculuğuna bağlı olarak değişmektedir. Bu mesafe, optimum değerden daha az ise şırıngadan fırlatılan çözücü tamamen buharlaşmadan toplayıcı plakaya yapışır ve boncuk yapısı gözlenir. Toplayıcı plaka ve şırınga ucu arasındaki mesafenin artmasıyla, liflerin havada kalma süreleri artar ve bu durumda çözücü daha fazla buharlaşır ve böylelikle lif çapları azalır (İkiz, 2009).

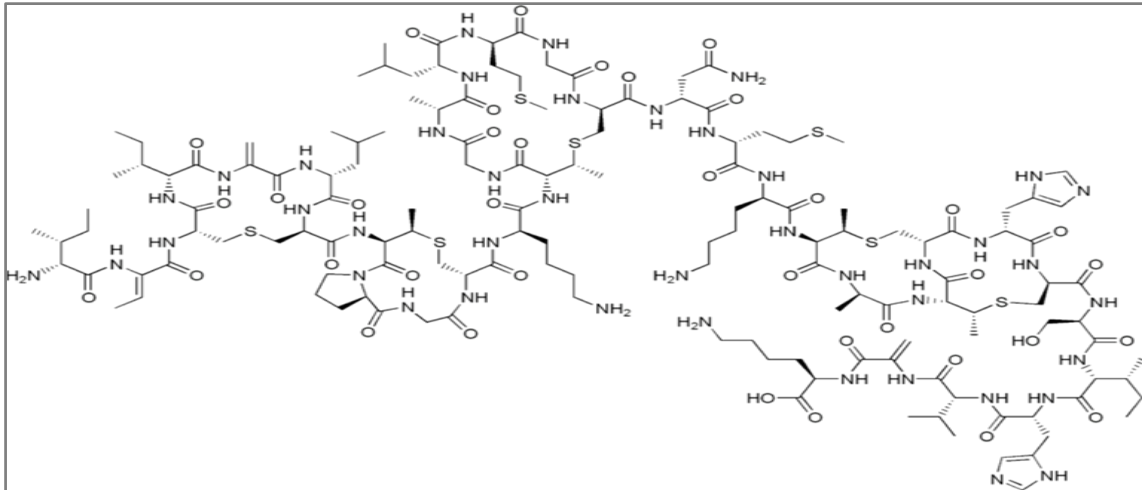
1.4.3. Ortam parametreleri

Sıcaklık ve nem gibi ortam parametreleri lif çapı ve lif morfolojisini etkilemektedir. Sıcaklığın artması ile elektrodöndürme çözeltisinin viskozitesi düşer, bu da lif çapını düşürür. Düşük nem, elektrodöndürme çözeltisinde kullanılan çözücünün kurummasına neden olurken, yüksek nem lif yüzeyinde gözeneklerin oluşmasına neden olmaktadır (Turgut, 2018).

1.5. Nisin

Gıdaların muhafazasında gıda katkı maddeleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda katkı maddeleri gıdanın besleyici değerini, lezzetini, tekstürünü ve rengini etkilemektedir ve gıdanın daha uzun bir raf ömrüne sahip olmasını sağlamak amacıyla gıda maddelerine belli miktarlarda eklenmektedir (Karatepe ve Ekerbiçer, 2017). Ancak tüketiciler yapay koruyuculara karşı olumsuz görüşe sahiptir. Bu nedenle, yapay koruyucuların alternatif olabilecek doğal kaynaklı antimikrobiyaller üzerine yoğunlaşmıştır. Bu kapsamda nisin son yıllarda gıdaların muhafazası amacıyla kullanılan doğal antimikrobiyal ajanların başında gelmektedir (Gönül ve Bostan, 2018). Nisin, laktik asit bakterilerinden *Lactococcus lactis* suşları tarafından üretilen bir bakteriyosindir (Cheigh ve Pyun, 2005).

Nisin, ilk olarak Rogers tarafından 1928 yılında çiğ süttten elde edilmiştir. 1944 yılında ‘nisin’ ismi kullanılmaya başlanmış ve 1950’li yıllarda ise ticari olarak üretimine başlanmıştır. İlk kez İngiltere’de gıda katkı maddesi olarak kullanılmıştır ve 1983 yılında, E234 kod numarasıyla gıda katkı maddeleri listesine alınmıştır. Nisinin molekül formülü $C_{143}H_{230}N_{42}O_{37}S_7$ ’dir. Moleküler ağırlığı 3354.25 Da olup yapısında 34 aminoasit bulunmaktadır. Nisinin molekül yapısı Şekil 1.2’de verilmiştir (Özgacar, 2013).



Şekil 1.2. Nisinin molekül yapısı (Özgacar, 2013).

Gram-pozitif bakteriler ve özellikle spor oluşturan bakteriler nisine karşı duyarlıdır. Yapılan çalışmalarda, nisinin gram pozitif bakterilerden *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Erysipelothrix*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Listeria* ve çeşitli laktik asit bakteri türleri üzerine etkili olduğu belirtilmiştir (Kışla ve Ünlütürk, 2003; Gönül, 2017). Gram-negatif bakteriler ise nisine karşı dayanıklıdır. Ancak gram negatif bakteriler çeşitli uygulamalar ile (ozmotik şok, ısı, dondurma işlemi, etil alkol, EDTA vb.) nisine karşı dayanıksız hale gelebilirler (Stevens ve ark., 1991; Öz ve Süfer, 2013). Ayrıca nisinin, bitki ekstraktları veya esansiyel yağlarla kombinasyon halinde kullanılmasıyla etkinliği ve hedef aralığı arttırılabilmektedir (Turgis ve ark., 2012).

Nisinin çözünürlüğü, stabilitesi ve biyolojik aktivitesi, ortam pH'sına göre değişmektedir (Ay, 2013). Düşük pH'lı çözeltilerde kolay çözülür ve stabildir. Alkali pH'larda ise kimyasal modifikasyonlara bağlı olarak stabilitesi ve biyolojik aktivitesi azalır. Nisin antimikrobiyal etkisini, stoplazmik membranda intra-selüler metabolitlerin hücre içine geçmesini sağlayan gözenekler oluşturarak gösterir (Kışla, 2001; Özgacar, 2013). Nisin, bakterilerin hücre duvarlarının oluşumunda üretilen ilk molekülden biri olan Lipid II ile kompleks oluşturur. Daha sonra oluşan bu kompleks, stoplazmik membrana yapışarak gözeneklerin oluşmasına ve gerekli hücresel bileşenlerin dışarı akışına sebep olarak, hücrelerin inhibisyonuna veya ölümüne yol açar (Öz ve Süfer, 2013).

Nisinin; buzdolabında saklanan gıdalarda stabil olması, doğal bir antimikrobiyal madde olması, toksik olmaması, sindirim enzimleri tarafından kolayca parçalanması ve GRAS statüsünde olması gıda sanayinde büyük bir öneme sahiptir (Govaris ve ark., 2010). Ancak nisinin endüstriyel üretimi için laktik asit bakterilerinin çoğaltılması, saflaştırılması ve karmaşık beslenme koşullarını gerektirmektedir. Bu durum nisin fiyatının diğer katkı maddelerine oranla daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Nanoteknolojik uygulamalar ile nisin nanolif haline getirilerek yüzey alanı artırılmaktadır. Böylece az miktarda nisinin etkin bir şekilde kullanımı sağlanabilmektedir (Meral ve ark., 2019).

Balık, esansiyel amino asit ve yağ asidi kompozisyonundan dolayı yüksek besin değerine sahip bir gıdadır. Balık aynı zamanda en çok bozulabilen gıda ürünlerinden biridir. Taşıma ve depolama süresince mikrobiyal kontaminasyon, etlerin raf ömrünü kısaltır, taze et kalitesini düşürür, ekonomik kayıplara ve sağlık açısından tehlikelere

neden olur (Langroudi ve ark., 2011). Nisin, taze balıktaki toplam bakteri yükünü azaltmakta ve raf ömrünü artırmaktadır. Ayrıca balığın rengi ve pH değeri üzerine herhangi bir olumsuz etki yaratmamaktadır (Zuckerman ve Avraham, 2002; Meral ve ark., 2019). Nisin, balık ürünlerinde bulunabilen birçok patojen bakteriyi (*Staphylococcus aureus*, *Listeria spp.*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens vb*) inhibe ederek güvenilir gıda için iyi bir ortam sağlamaktadır (Kim ve ark., 2008; Gülgör ve Özçelik, 2014). Bu nedenle nisin balıkların muhafazasında başarıyla kullanılabileceği bildirilmektedir. Bu tez çalışmasında, elektrodöndürme yöntemi ile PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin üretimi hedeflenmiştir. Böylece fiyatı oldukça yüksek olan nisin, nanoboyuta indirilmesinin sağlanması, yüzey alanının genişletilerek düşük düzeydeki nisin yüklü nanolifler ile balığın mikrobiyal bozulmasının geciktirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla nisin yüklü nanolifler üretilmiş, liflerin karakterizasyonu yapılmış ve gökkuşağı alabalığı filetoları nanolifler ile kaplanarak paketlenmiş ve soğuk depolama ($4.0\pm 2^{\circ}\text{C}$) koşullarında balık filetolarının mikrobiyal kalitesi ve bazı kalite özellikleri araştırılmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1. Nanolifler ile İlgili Çalışmalar

İkiz (2009), elektrodöndürme yöntemi ile farklı konsantrasyon ve viskozitelerdeki PVA polimerlerinden üretilen nanoliflerin SEM görüntülerini alarak viskozite, yüksek voltaj değeri, iğne ucu ve toplayıcı plaka arasındaki mesafe gibi parametrelerin, lif çapı üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışma kapsamında üretilen en ince lif çapını 85 nm, en kalın lif çapını ise 453 nm olarak bulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, bu parametrelerin lif çapı üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur.

Ifuku ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada, kurutulmuş kitinden fibrilasyon yoluyla kitin nanolifleri elde etmişlerdir. FE-SEM görüntüleri sonucuna göre, kitin nanoliflerin ince bir ağ yapısına sahip, 10-20 nm çapında homojen lifler oldukları tespit edilmiştir.

Şener (2011), elektrodöndürme yöntemiyle farklı polimer konsantrasyonlarında sodyum aljinat ve mısır nişastası içeren nanoliflerin eldesine etki eden faktörleri incelemiştir. Elektrodöndürme ile elde edilen nanoliflerin görüntüsü SEM ile çekilmiştir. Çalışmada, elektro üretimle sodyum aljinat ve mısır nişastası içeren nanolifler elde edilmiştir. SEM'den elde edilen nanolif görüntülerinde, sodyum aljinat ve mısır nişastası içeren nanoliflerin çaplarının genel olarak 100 nm'nin altında olduğu görülmüştür. Bu çalışmaya göre, elektro üretimle nanolif eldesinin istenilen şekilde ayarlanabileceği ve elde edilen nanoliflerin gıda alanındaki potansiyel uygulamalarının artacağı belirtilmiştir.

Çiftçi ve ark. (2015), doğal bir polimer olan kitosan ve PVA polimeri kullanılarak elektrodöndürme yöntemi ile nananolifler üretmişlerdir. Çalışmada çapraz bağlayıcı olarak glutraldehit (GA) kullanılmıştır ve elde edilen nanoliflerin arasına nanokil konularak PVA/Kitosan nanolif-nanokil yüzey elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen nanokil katkılı PVA/Kitosan nanoliflerin SEM görüntüleri alınarak, lif morfolojisi ve lif boyutları incelenmiş ve lif çaplarının 110-140 nm arasında olduğu belirlenmiştir.

Yılmaz ve ark (2016), *Botrytis cinerea* ve *Penicillium expansum* ile enfekte edilmiş elmaları, kurkumin yüklü zein nanolifleri ile kaplayarak çürümenin geciktirilmesini amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda, *Penicillium expansum* ve *Botrytis Cinerea* 'nın neden olduğu hasat sonrası çürüme sınırlandırılmıştır. Ayrıca kurkuminin zein nanolifleri ile birlikte kullanılmasının, kurkuminin antifungal etkinliğini önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir.

Wen ve ark. (2016), elektrodöndürme yöntemi kullanarak PVA/tarçın esansiyel yağı/b-siklodekstrin (PVA/CEO/b-CD) içeren ve ortalama çapları 240 ± 40 nm olan antimikrobiyal nano-lifli filmler üretmişlerdir. Çalışmada çilekleri bu filmler ile kaplamışlar ve nano-lifli filmlerin çileklerin raf ömrü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda filmlerin, çileklerin raf ömrü üzerinde etkili olduğunu ve aktif gıda paketlemede başarıyla kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Ceylan ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada, PVA ve sodyum aljinat bazlı nanolifler ve *Lactobacillus rhamnosus* yüklü PVA ve sodyum aljinat bazlı nanolifler üretilmiştir. Çalışmada, alabalık filetoları nanolifler ile kaplanmış ve üretilen nanoliflerin antimikrobiyal etkinliği araştırılmıştır. Nanoliflerin, toplam mezofilik aerobik ve toplam psikrofillik bakterilere karşı antimikrobiyal etki gösterdiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, PVA ve sodyum aljinat bazlı nanoliflerin ve *Lactobacillus rhamnosus* yüklü nanoliflerin, maya ve küf üzerinde etkili olmadığı görülmüştür.

Altan ve ark. (2018), farklı konsantrasyonlarda karvakrol, zein ve poli laktik asit kullanılarak lif üretmişlerdir. En iyi antioksidan kapasitesi zein yüklü liflerde elde edilmiş ve tam buğday ekmeğinin kaplanması ile liflerin ekmeğin raf ömrünü uzattığı belirlenmiştir.

Oğuz (2018), farklı pH değerlerinde (7, 10, 12), farklı konsantrasyonlarda hazırlanan bezelye unu (%1 ve %2 (g/mL)) ve hidroksipropil metilselüloz (HPMC) (%0.25, %0.5, %1.0 (g/mL)) polimerinin karıştırılmasıyla hazırlanan çözeltilerden elektrodöndürme yöntemi ile nanolifler üretmiştir. Çalışmada pH, bezelye unu ve HPMC konsantrasyonunun ve mikro akışkanlaştırmanın, çözeltilerin görünür viskozitesi, elektriksel iletkenliği, nanolif morfolojisi ve nanolif çapı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Alkali pH değerinde, homojen nanoliflerin üretilebildiği tespit edilmiştir. Nötr çözeltilerde ise nanoliflerde boncuk oluşumu gözlenmiştir. pH değeri 10'da

hazırlanan %0.25 HPMC ve %1 bezelye unu içeren çözeltiden 177 nm çapında ve en düşük çapa sahip nanolifin elde edildiği çalışma sonunda belirtilmiştir.

2.2. Nisin ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Toylar ve ark. (1990), nisinin *Clostridium botulinum* tip E tarafından toksin üretimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Nisin inoküle edilen, %100 karbon dioksit atmosferde paketlenen morina, ringa ve uskumru filetoları, 10 °C ve 26 °C'de muhafaza edilmiştir. Her üç balık türünde de nisinin toksin üretimini geciktirdiği belirtilmiştir. 10 °C'de nisin, kontrol grubuna göre toksin üretimini en az 5 gün geciktirmiştir. 26 °C'de ise bu gecikme morina balığı için 1.5 gün ringa balığı için 1 gün ve uskumru için 2 gün olarak belirtilmiştir.

Stevens ve ark. (1991), nisinin disodyum etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) ile kombinasyonun *Salmonella* türüne ve seçilmiş diğer gram-negatif bakterilere karşı inhibe edici etkisini incelemişlerdir. Çalışmada test edilen türlerin 50 µg nisin ve 20 mM disodyum EDTA ile 1 saat maruz kaldığında gelişimlerinde 3.2-6.9 log azalma olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda nisinin kombine kullanımının *Salmonella* türlerine ve diğer gram negatif bakterilere karşı inhibe edici etkisi olduğu belirlenmiştir.

Neetoo ve ark. (2008), somon balığı üzerine benzer bir çalışma yapmışlardır. Somon balıkları nisin kaplı filmler ile kaplanarak vakum paketlenmiş ve nisine karşı dirençli olan 3 bakteri türü (*Listeria monocytogenes* (PSU1, PSU2 ve PSU21) üzerine nisinin etkisi araştırılmıştır. Nisin uygulaması ile *Listeria monocytogenes* türlerinin çoğalması sınırlandırılmıştır. Çalışmada, nisinin somon balığındaki mikrobiyal bozulmanın kontrolünde etkin olduğu ve nisinin plastik filmlerle kullanılabilme potansiyeli vurgulanmıştır.

Kim ve ark. (2008), nisin ve sarımsak (sürgün) suyunun, sütte bulunan *Listeria monocytogenes* üzerine sinerjik etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar 62.5, 125, 250 ve 500IU/mL nisin konsantrasyonlarının, kontrol grubuna kıyasla tek başına güçlü bir antilisterial etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Nisin, %2.5 ve %5 sarımsak suyu ile birlikte kullanıldığında antilisterial etki göstermiştir. Bu çalışma ile sarımsak suyu ve nisinin kombine kullanımının, gıda endüstrisinde sinerjistik etkili bir antilisterial ajan olduğu ortaya konulmuştur.

Lin ve ark. (2011), ticari olarak üretilen balık köftelerinin bazı kalite özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, balık köftelerini nisin (54.4 AU/cm²) ve nisin/EDTA; (568 mg/cm²) içeren yenilebilir zein ile kaplamışlardır. 15 günlük depolama boyunca antimikrobiyal zein ile kaplanmış balık köftelerinin mikrobiyal yükündeki artışın 1 log kob/ g'den az olduğu belirlenmiş ve toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerinde de azalma olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kaplanmış balık köftelerinin ağırlık kaybının, kontrol grubuna göre daha az olduğu belirtilmiştir.

Langroudi ve ark. (2011), ot sazanı (*Ctenopharyngodon idella*) filetolarını farklı konsantrasyonlardaki sodyum asetat (%0.1 ve %3) ve nisin (%0.1 ve %0.2) çözeltileri ile bunların farklı kombinasyonlarının içine batırarak, filetoların soğuk depolama boyunca mikrobiyolojik kalitesi ve lipid oksidasyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, nisin ve nisin kombinasyonlarının kullanımının mikrobiyal gelişimi yavaşlattığı belirtilmiştir. Araştırmacılar ayrıca fileto örneklerinin peroksit, TBA ve TVB-N değerlerinde de azalma olduğunu ve kombinasyon işleminin daha iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Schelegueda ve ark. (2012), sodyum laktat (NaL), potasyum sorbat (PS), nisin, kitosan ve bunların ikili kombinasyonlarının, balıkta bulunan *Pseudomonas*, *Shewanella putrefaciens*, *Lactobacillus plantarum* ve *Listeria innocua* bakterilerine karşı etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, NaL veya nisin ile birlikte kullanılan kitosanın, mikrobiyal yükün azalmasında etkili olduğunu, tek ve kombine kullanılan grupların bakteri gelişimini engellediğini ve çalışılan tüm bakterilerin büyümesinin kontrolünde en etkili grubun kitosan-NaL karışımı olduğunu bildirmişlerdir.

Turgis ve ark. (2012), esansiyel yağların ve 4 bakteriosinin türünün (nisin, pediocin ve *Enterococcus faecium*'dan üretilen iki bakteriyosin MT 104 ve MT 162) kombine kullanımının patojen bakteriler, *Lactobacillus sakei* ve *Pseudomonas putida* bakterilerine karşı antimikrobiyal potansiyelini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, esansiyel yağlar ve bakteriosinlerin kombine kullanımı ile sinerjik etki oluşturularak bakteri gelişiminin yavaşlatıldığı ve gıda kaynaklı patojenlerin etkin bir şekilde kontrol edilmesinde doğal antimikrobiyal bileşiklerin kombinasyon şeklinde kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Ay (2013), farklı konsantrasyon ve farklı sıcaklıklardaki (4 °C ve 37 °C) nisin, karvakrol ve EDTA'nın tekli ve çoklu kombinasyonlarının *Salmonella enterica* serotip

Typhimurium SL1344 üzerine antimikrobiyal etkisi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, tekli antimikrobiyal uygulamalar arasında en etkili kimyasalın karvakrol (1 mM) olduğu ve nisin (100, 200, 300 ve 400 IU/mL), karvakrol (1 mM) ve EDTA (2 mM) içeren üçlü kombinasyonların en etkili kombinasyon olduğu ortaya konulmuştur.

Mirshekari ve ark. (2016), nisin-Z ve sodyum benzoatın Hazar balığı (*Rutilus frisii*) filetolarındaki antimikrobiyal ve antioksidan etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, vakum paketlenen filetolar 4 °C’de, 16 gün boyunca depolanmıştır. Nisin-Z ve sodyum benzoatın, depolamanın son gününe kadar *Rutilus frisii* filetolarındaki mikrobiyal yükü azalttığı ve kalite özelliklerini kontrol grubuna göre daha iyi koruduğu belirlenmiştir.

Kakatkar ve ark. (2017), palamut kolyozu (*Scomberomorous guttatus*) üzerine çalışmışlardır. Nisin ve ışınlama teknolojisini kombine şekilde kullanarak palamut kolyozunun raf ömrü üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, 2 kGy ışınlama+nisin uygulanan balık örneklerinin depolama süresini 34 güne, 5 kGy ışınlama+nisin uygulanan balık örneklerinin depolama süresini ise 42 güne kadar uzatmışlardır.

Gönül ve Bostan (2018), kremaya (12.5 mg/L) nisin ve (500 mg/L) lizozimi ayrı ayrı ilave ederek kremanın doğal mikroflorası ve deneysel olarak ilave edilen *Staphylococcus aureus* üzerine etkisini araştırmışlardır. Hem nisin hem de lizozimin kremanın duyu kalitesi üzerine negatif bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Nisin ilavesi, kremaların farklı sıcaklıklardaki muhafazasında *Staphylococcus aureus*, aerob sporlu bakteri, toplam aerobik mezofil bakteri ve laktik asit bakteri gelişimini önemli derecede inhibe etmiştir. Fakat bu uygulamanın koliform grubu bakteriler ile küf-maya gelişimi üzerine inhibe edici bir etki göstermediği saptanmıştır. Nisinin pastacılık kremasında antimikrobiyal gelişmeyi yavaşlatarak raf ömrünü artırmak için başarıyla kullanılabileceği ortaya konmuştur.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), yerel bir su ürünleri çiftliğinden temin edilmiştir. Satın alınan gökkuşağı alabaklıları içi buz dolu izole straforlar içinde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Laboratuvarı'na nakledilmiştir.

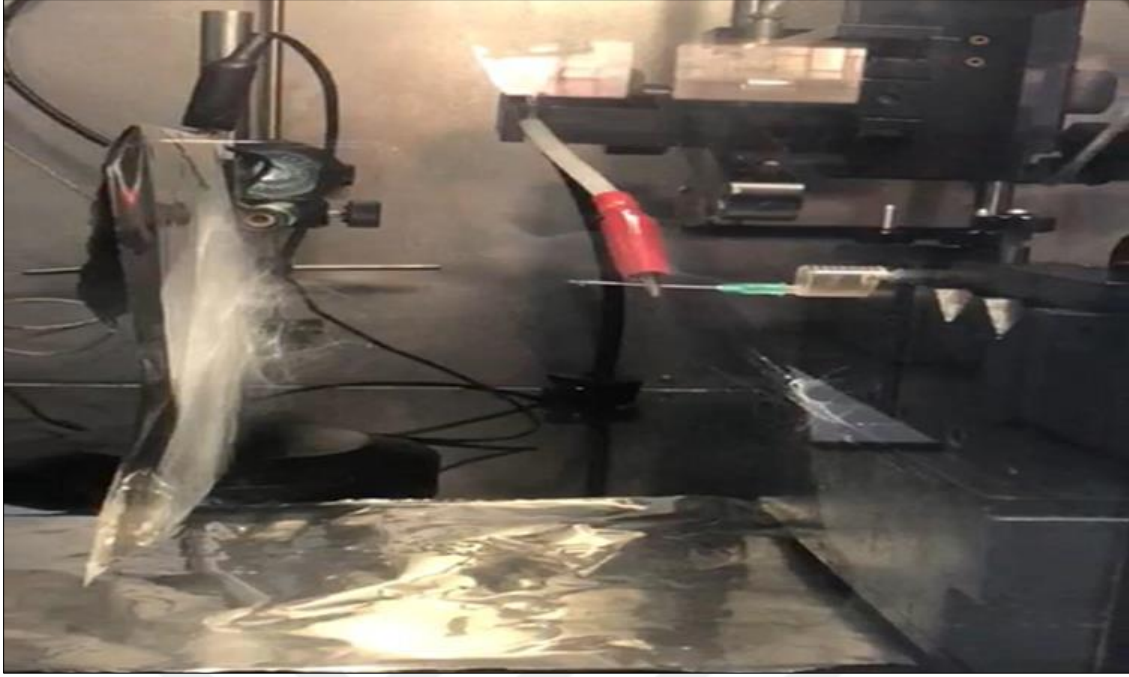
Nanolif üretiminde kullanılan PVA ve nisin, Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, ABD) firmasından temin edilmiştir. Kimyasal analizlerde tüm kimyasallar analitik saflıkta kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Nanolif üretimi ve gökkuşağı alabalığının nanolif ile kaplanması

3.2.1.1. Çözelti hazırlama ve elektrodöndürme işlemi

Nisin nanolifi üretimi için elektrodöndürme çözeltisi hazırlanmıştır. Nisini çözmek için 0.1 N HCl içeren saf su kullanılmıştır. PVA suda ısıtılarak ve 2 saat boyunca sürekli karıştırılarak çözündürülmüş ve 10 mL'lik elektrodöndürme çözeltisi hazırlanmıştır. Boncuksuz ve ince lifler üretebilmek için elektrodöndürme parametreleri belirlenmiştir. Nanolif üretimi için hazırlanan çözelti 10 mL'lik plastik enjektörlere doldurulmuş ve Şekil 3.1'de gösterilen elektrodöndürme işlemi gerçekleştirmek üzere cihaza yerleştirilmiştir. İstenilen çaplarda lifler üretmek için deneme yanılma yoluyla elektrodöndürme parametreleri belirlenmiştir. Çözeltinin akış hızı 1.2 mL/saat, voltajı 20 kV ve şırınga ucu ve toplayıcı plaka arasındaki mesafesi 8 cm olarak belirlenmiştir. Daha sonra nanolif üretim işlemine başlanmıştır. Nanolif üretimi, Holmarc Opto Mechatronics Pvt. Ltd. Nano Fiber, Ünite model no: HO-NFES-0434 cihazında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen nisin nanolifleri toplayıcı plaka üzerinde bulunan alüminyum folyo üzerine toplanmıştır. Elde edilen PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin karakterizasyon analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.1. Nanolif üretim işlemi.

3.2.1.2. Gökkuşığı alabalığı filetolarının hazırlanması

Taze gökkuşığı alabalıklarının önce baş kısımları kesilmiş ve iç organları uzaklaştırılmıştır. Daha sonra kılçık ve kemik yapıları, dokudan ayrılarak çeşme suyu ile yıkanmış ve derisiz filetoları çıkarılmıştır. Filetolar PVA tabanlı nisin yüklü nanolifler ile kaplamaya hazır hale getirilmiştir (Şekil. 3.2).



Şekil 3.2. Gökkuşığı alabalığının kaplama için hazır hale getirilmesi.

3.2.1.3. Gökkuşığı alabalığı filetolarının kaplanması ve depolama

Derisiz balık filetoları rastgele iki gruba ayrılmış ve her grup için 8 balık filetosu ($n=8$) olacak şekilde gruplandırma yapılmıştır. İlk grup uygulamaya tabi tutulmayan kontrol (K) grubu olarak kodlanmıştır. Bu örnekler aliminyum folyaya sarılmıştır. İkinci grup, karakterize edilen nanoliflerle kaplanmış ve N grubu olarak adlandırılmıştır. Bunun için 40 ± 5 g'lık balık filetoları, yüzeyinde 15-20 mg oranında nanolifler bulunan aliminyum folyo ile yaklaşık 10 sn boyunca temas ettirilmiş ve ardından bu aliminyum folyolarla sarılmıştır. Tüm balık örnekleri, paketlere konularak (Normal Atmosfer-Hava Paketleme) ağızları mühürlenmiştir ve 10 gün boyunca 4 ± 2 °C'de buzdolabında depolanmıştır. Tüm örneklerde depolama boyunca 1, 3, 7 ve 10. günlerde mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel analizler yapılmıştır. Gökkuşığı alabalığı filetosunun nisin yüklü nanolifleri ile kaplanması ve paketlenmesi Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. a. Gökkuşığı alabalığı filetosunun nisin nanolifleri ile kaplanması, b. Gökkuşığı alabalığı filetosunun paketlenmesi.

3.2.2. Nanoliflerin karakterizasyonu

3.2.2.1. Nanoliflerin yüzey morfolojisi analizi

Gökkuşığı alabalıklarının kaplanması için üretilen nisin nanoliflerinin morfolojileri taramalı elektron mikroskobu (SEM, FEI, Quanta Feg 250, USA) ile tespit

edilmiştir. 8.0 mm’lik mesafede ve 5 kV kullanılarak düşük vakum altında morfolojileri SEM cihazı ile iki farklı büyütme (50000x, 5000x) oranları kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.2.2. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi

PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin ısısal özellikleri DSC (Perkin Elmer DSC 8000) cihazı ile belirlenmiştir. Nanolif örnekleri hermetikli olarak kapatılmış alüminyum panda 10°C/dk ısıtma hızında ve 10 ile 500 °C arasında sıcaklık uygulanarak analiz edilmiştir. Hermetikli olarak kapatılmış boş bir alüminyum pan referans için kullanılmıştır.

3.2.2.3. Moleküler karakterizasyon (ATR-FTIR) analizi

PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin kimyasal karakterizasyonu, Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (ATR-FTIR) (Bruker Tensor 27 spektroskopisi Bremen-Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Nanoliflerin ATR-FTIR spektrumları 400 ile 4000 cm⁻¹ arasındaki dalga boyunda ve 4 cm⁻¹ çözünürlükte belirlenmiştir. Ölçüm sırasında örnekler arasındaki geçişlerde kristal yüzey saf etanol ile temizlenmiştir.

3.2.2.4. Nanolifin zeta potansiyel (ZP) ölçümü

Elde edilen nisin yüklü nanoliften 1 mg alınarak, 10 mL fosfat tampon çözeltisinde disperse edilmiş ve elektrot içeren zeta potansiyel hücresine alınmıştır. Tüm ölçümler, Nano ZSP (Malvern Instruments Corp., Worcestershire, U.K.) cihazı kullanılarak oda sıcaklığında (25 °C) gerçekleştirilmiştir. Standart sapma ile 3 ölçümün ortalama değeri milivolt (mV) olarak bulunmuştur. Nanoliflerin zeta potansiyel değerleri aşağıda belirtilen Smoulokowski “Eş. 3.1”e göre hesaplanmıştır.

$$1: \xi = \eta\mu/\varepsilon \quad (3.1)$$

η ; vizkozite

μ ; elektroforetik akışkanlık

ε ; çözgenin anlık dielektrik katsayısı

3.2.3. Besinsel kompozisyon analizleri

3.2.3.1. Ham protein analizi

Kjeldal yöntemine göre yapılan ham protein analizinde, yaklaşık 1.0 g homojenize edilmiş örnek tartılarak üzerine 12 mL sülfirik asit ve 1 adet Kjeldahl tableti eklenmiştir. Kjeldahl tüpleri yakma ünitesine yerleştirilmiştir ve yakma işlemi başlatılmıştır. Yakma işleminden sonra örnekler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan tüplerin üzerine 75 mL saf su eklenip destilasyon ünitesine bağlanmıştır. Destilasyon ünitesinden otomatik olarak 50 mL %33'lük NaOH eklenmiştir. Destilatın toplanması için ünite çıkışına 25 mL borik asit, 1 mL metil red ve 1 mL brom krezol green indikatörleri içeren erlen bağlanarak 150 mL distilat toplanıncaya kadar destilasyon gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 150 mL toplanan destilat 0.1 N HCl asit ile titre edilmiştir. Örnekteki %azot içeriği “Eş. 3.2”e göre hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

$$\text{Toplam Azot} = ((A - B) \times N \times 0.014 / \text{Örnek miktarı}(g)) \times 100 \quad (3.2)$$

A= Titrasyonda garcanan HCl miktarı (mL)

B= Şahit deneme için harcanan HCl miktarı (mL)

N= HCl'nin normalitesi

Ham Protein = Toplam Azot x 6.25

3.2.3.2. Nem analizi

Nem analizi, AOAC, (1998)de belirtilen yöntemine göre yapılmıştır. Sabit tartıma getirilen ve darası alınmış olan nikel kaplar içerisine 1-3 g homojenize edilmiş örnek tartılıp 105 °C'de 3-4 saat kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra örnekler soğuması için desikatöre alınmıştır. Daha sonra soğuyan örnekler tartılmıştır ve %nem değeri aşağıda verilen “Eş. 3.3”e göre hesaplanmıştır.

$$\%Nem = (\text{Son tartım}(g) - \text{Boş nikel kap ağırlığı}(g)) \times 100 / \text{Örnek ağırlığı}(g) \quad (3.3)$$

3.2.3.3. Ham kül analizi

Ham kül analizi AOAC, (1998) yöntemine göre yapılmıştır. Sabit tartıma getirilen ve darası alınmış olan krozelerin içerisine 1-2 g homojenize edilmiş örnek konulmuştur. Kül fırınında 550 °C’de rengi açık gri oluncaya kadar yakılmıştır. Yakma işleminden sonra soğuması için örnekler desikatöre alınmıştır. Daha sonra soğuyan örnekler tartılmış ve %kül değeri aşağıda verilen “Eş. 3.4”e göre hesaplanmıştır.

$$\%Ham\ K\ddot{u}l = (Son\ tartım - Boş\ kroze\ ağırlığı) \times 100 / Örnek\ ağırlığı \quad (3.4)$$

3.2.3.4. Ham yağ analizi

Ham yağ miktarı sokselet ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Kâğıt kartuş içerisine 5-10 g homojenize edilmiş örnek konulup sokselet ekstraksiyon setinde 6-8 saat ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işleminden sonra, içinde çözücü ve balık yağı bulunan balon alınarak rotary evaporatör cihazına yerleştirilmiştir. Daha sonra balon içerisindeki çözücünün büyük bir kısmı rotary evaporatör yardımıyla uçurulmuştur. Geriye kalan çözücüyü uçurmak için balonlar etüvde 105 °C’de 1 saat süreyle bekletilmiştir. Soğuyan balonlar tartılarak %yağ miktarı aşağıda verilen “Eş. 3.5”e göre hesaplanmıştır (AOAC, 1998).

$$\%Yağ = (Son\ tartım\ (g) - Boş\ balon\ ağırlığı\ (g)) \times 100 / Örnek\ ağırlığı\ (g) \quad (3.5)$$

3.2.4. Ağırlık kaybı

Buzdolabında (4±2°C) depolanmış olan gökkuşağı alabalığı örneklerinin depolama süresince ağırlık değişimleri izlenmiştir. Depolamadan önce ve analiz günlerinde kaplanmış ve kaplanmamış gökkuşağı alabalığı filetoalarının ağırlıkları ölçülerek kaplamanın ağırlık kaybına etkisi tespit edilmiştir “Eş. 3.6”a göre %ağırlık kaybı hesaplanmıştır (Sun ve ark., 2019).

$$\%Ağırlık\ Kaybı = \frac{Depolama\ öncesi\ ağırlık - Depolama\ sonrası\ ağırlık}{Depolama\ öncesi\ ağırlık} \times 100 \quad (3.6)$$

3.2.5. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı

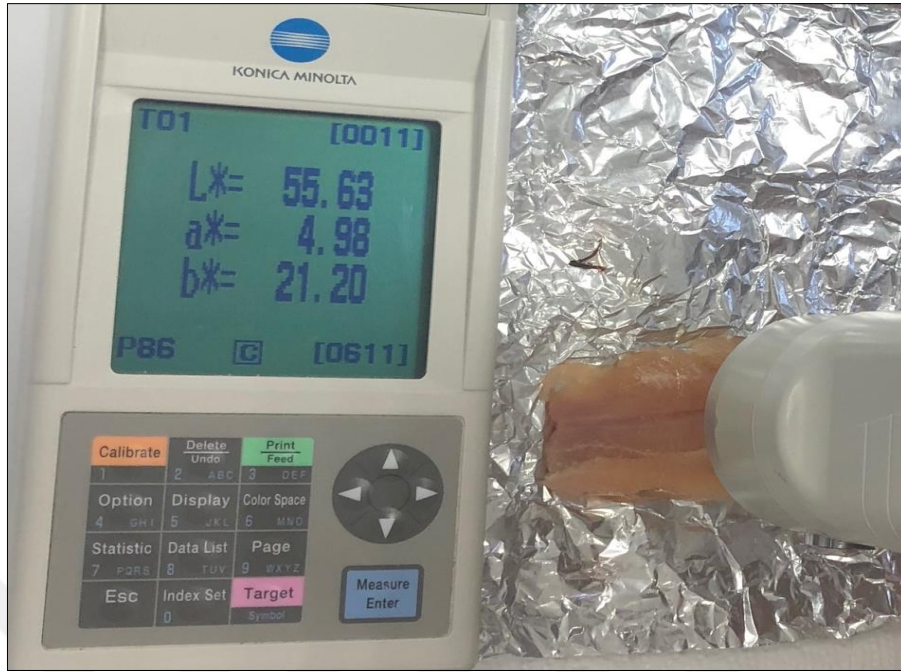
Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılmıştır. Her bir fileto örneğinden aseptik koşullarda steril stomacher torbalarına 10'ar g alınıp üzerine 90'ar mL steril serum fizyolojik ilave edilerek homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örneklerden 10^{-8} 'e kadar seri dilüsyon hazırlanmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL kullanılarak dökme plak yöntemine göre ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri kutuları 30 °C'de, 24-48 saat süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra üreyen koloniler sayılmıştır ve elde edilen koloni sayıları logaritmik değerlere çevrilerek sonuçlar log kob/g olarak ifade edilmiştir (İnanlı ve ark., 2018).

3.2.6. Toplam laktik asit bakteri (TLAK) sayımı

Toplam laktik asit bakteri sayımı için Man-Rogosa-Sharpe Agar (MRS) besiyeri kullanılmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan 0.1 mL örnek alınarak yayma plak yöntemine göre ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petri kutuları 30 °C'de, 3 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra üreyen koloniler sayılmıştır ve elde edilen koloni sayıları logaritmik değerlere çevrilerek sonuçlar log kob/g olarak ifade edilmiştir (Gökalp ve ark., 1993).

3.2.7. Renk analizi

Gökkuşluğu alabalığı filetolarının renk analizi Konica Minolta cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.4). Analizden önce cihazın kalibrasyonu (beyaz plaka-siyah plaka) yapılmış sonrasında balık filetolarının 3 farklı bölgesinden ve 3 paralel olacak şekilde okumalar gerçekleştirilmiştir. Örneklerin renk değerleri L^* (parlaklık) (0: siyah, 100: beyaz), a^* (negatif değeri yeşil, pozitif değeri kırmızı), b^* (negatif değeri mavi, pozitif değeri sarı) olarak belirlenmiştir (Sun ve ark., 2019).



Şekil 3.4. Gökkuşığı alabalığı filetolarında renk ölçüm analizi.

3.2.8. Duyusal analiz

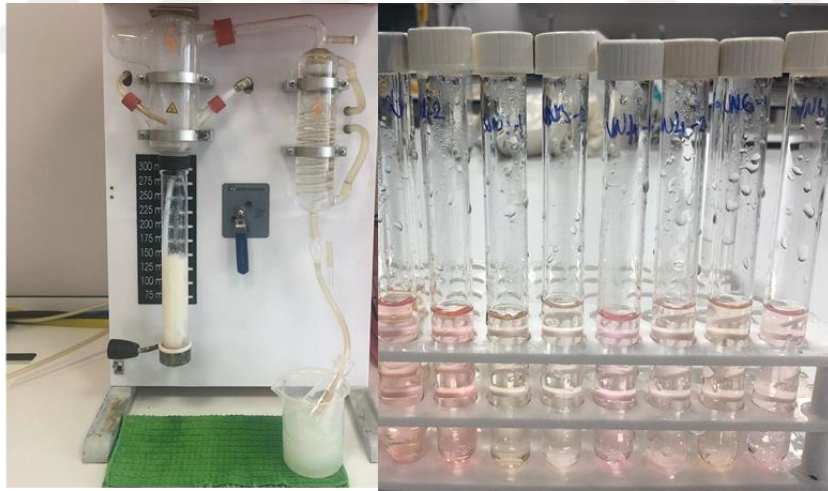
Balık örneklerinin duyusal değerlendirilmesi, Stone ve Sidel, (1993)'e göre gerçekleştirilmiştir. Panelistler tarafından, balık örnekleri koku, renk, doku ve genel değerlendirme kriterleri göz önüne alınarak 1-9 arası puanlama yapılmıştır. Bu puanlamada 9 en yüksek kaliteyi, 4 duyusal olarak kabul edilebilirliği tanımlayan sınır değerlerini belirtmektedir. Çizelge 3.1'de çalışmada kullanılan duyusal değerlendirme formu verilmiştir.

Çizelge 3.1. Duyusal değerlendirme formu

Analiz Günü	Tarih	İsim	Cinsiyet / Yaş / Sigara
	K	N	
Koku			
Renk			
Doku			
Genel			
Değerlendirme			
9 Puan – Mükemmel, 4 ve Altı Kabul edilemez			

3.2.9. Tiobarbitürik asit sayısı (TBA) analizi

TBA analizi, Tarladgis ve ark. (1960) tarafından belirtilen yönteme göre yapılmıştır. Homojenize edilmiş balık örneğinden 10 g tartılıp üzerine 50 mL saf su ilave edilmiştir. Karışım kjeldahl tüpüne aktarılarak üzerine 47.5 mL saf su, 2.5 mL 4N HCl ve 1-2 damla silikon yağı ilave edilmiştir. Destilasyon esnasında köpürmeyi önlemek amacıyla kjeldahl tüpüne cam boncuk konulmuştur. Daha sonra kjeldahl tüpü destilasyon ünitesine yerleştirilmiştir. Destilatın toplanması için destilasyon ünitesinin çıkışına erlen bağlanarak 50 mL destilat toplanıncaya kadar destilasyon işlemi devam ettirilmiştir. Toplanan destilattan tüplere 5 mL alınıp üzerine 5 mL TBA reaktifi eklenmiş ve vorteks yardımıyla karıştırılmıştır. Kör için tüpe 5 mL TBA reaktifi ve 5 mL saf su ilave edilip karıştırılmıştır. Hazırlanan örnekler 95-100 °C'de 35 dk su banyosunda tutulmuştur. Daha sonra hızla soğutulan örnekler spektrofotometrede 538 nm dalga boyunda absorbansları okunmuştur (Şekil 3.5). Absorbans değerleri 7.8 ile çarpılarak TBA değeri, malondialldehit (mg)/kg (mg MDA/kg) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.5. Gökkuşaağı alabalığı filetolarında TBA analizi.

3.2.10. Tekstür profil analizi (TPA)

TPA ölçümleri için TA.XT. Plus Texture Analyser cihazı kullanılmıştır. Balık örneklerinin TPA ölçümleri 25 mm çapa sahip silindirik prob kullanılarak yapılmıştır. Analiz parametreleri; test hızı 1 mm/s, içeri girme miktarı %35, iki baskı arası bekleme

süresi 1 sn, tetikleme kuvveti 0.01 N ve uygulama süresi 10 sn olarak ayarlanmıştır. Doku özelliklerinden sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, bağlılık, sakızimsılık, çığnenebilirlik ve esneklik özellikleri ölçülmüştür. TPA sonuçları Texture Exponent 32 yazılım programı kullanılarak hesaplanmıştır (Ekmekçi, 2012).

3.2.11. İstatistiksel analiz

Verilerin değerlendirilmesinde, JMP (MODEL 2-Fit Least Squares) paket programı kullanılmıştır. Elde edilen verilere t-Testi ve tek yönlü ANOVA varyans analizi uygulanmıştır. Analizlerin ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Ortalamalar arasındaki önem seviyeleri Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir ($p < 0.05$).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Elektrodöndürme Yöntemi Parametreleri

Polimer tabanlı nanoliflerin üretimi için etkin yöntemlerden biri de elektrodöndürme yöntemidir. Ancak elektrodöndürme yönteminde nanolif çapını etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Pürüzsüz ve homojen lif üretimi için elektrodöndürme parametreleri kullanılan çözeltinin özelliklerine göre belirlenmektedir. Bu çalışmada PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin üretim koşulları birçok deneme yapılarak belirlenmiştir.

Nisin yüklü PVA tabanlı nanolif üretimi için optimum elektrodöndürme yöntemi koşulları; 1.2 mL/saat çözelti akış hızı, 20 kV voltaj değeri, 8 cm şırınga ucu ve toplayıcı plaka arası mesafe olarak belirlenmiştir.

Çayır (2015), elektrodöndürme yöntemi ile karvakrol yüklü zein nanolifleri üretmiştir. Çalışmada uygulanan voltaj değeri 18 kV, çözeltinin akış hızı 1 mL/saat ve şırınga ucu ile toplayıcı plaka arasındaki mesafe 13.5 cm olarak belirlenmiştir.

Ceylan (2017) yaptığı çalışmada, kitosan tabanlı (CN) ve timol yüklü kitosan tabanlı (TLCN) nanolifler üretmiştir. Çalışmada elektrodöndürme parametrelerini CN grubu nanolifleri için, akış hızını 0.5 mL/saat, şırınga ucu ile toplayıcı plaka arasındaki mesafeyi 12 cm ve uygulanan voltaj değerini 20 kV olarak belirlemiştir. TLCN grubu için, akış hızını 0.5 mL/saat, şırınga ucu ile toplayıcı plaka arasındaki mesafeyi 12 cm, uygulanan voltaj değerini ise 22 kV olarak belirlemiştir.

Çiftçi ve ark. (2015), PVA tabanlı kitosan yüklü nanoliflerin üretimi için elektrodöndürme parametrelerini; 18 kV voltaj değeri, 0.2 mL/saat çözelti akış hızı ve şırınga ucu ile toplayıcı plaka arasındaki mesafeyi 10 cm olarak belirlemişlerdir.

Meral ve ark. (2019), elektrodöndürme yöntemi ile nisin ve kurkumin yüklü PVA tabanlı nanolifler üretmişlerdir. Çalışmada uygulanan voltaj değeri 20 kV, çözeltinin akış hızı 1.2 mL/saat ve şırınga ucu ile toplayıcı plaka arasındaki mesafe 8 cm olarak belirlenmiştir.

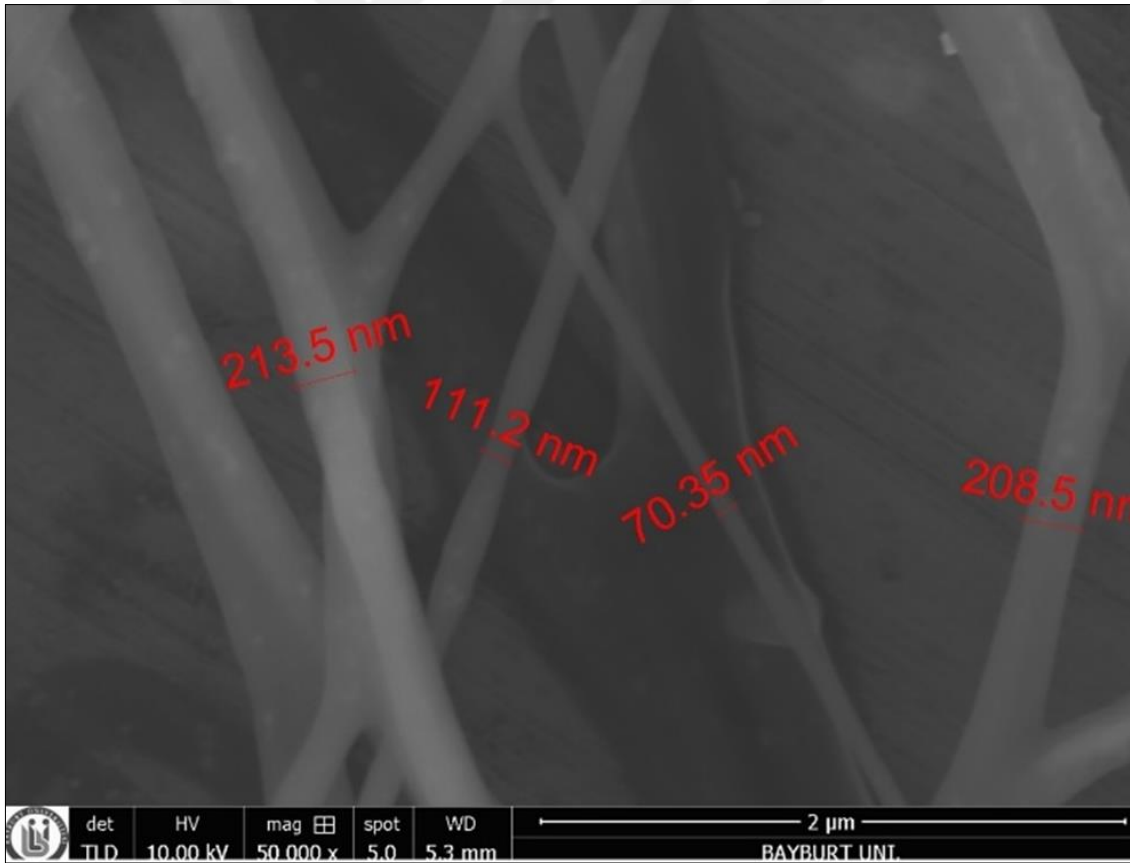
Literatür incelendiğinde, kullanılan çözeltinin özelliklerine göre elektrodöndürme yöntemi parametrelerinin farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu

Çalışmada, elektrodöndürme yöntemi ile istenilen çapta ve pürüzsüz yapıya sahip nanolifler üretilmiştir.

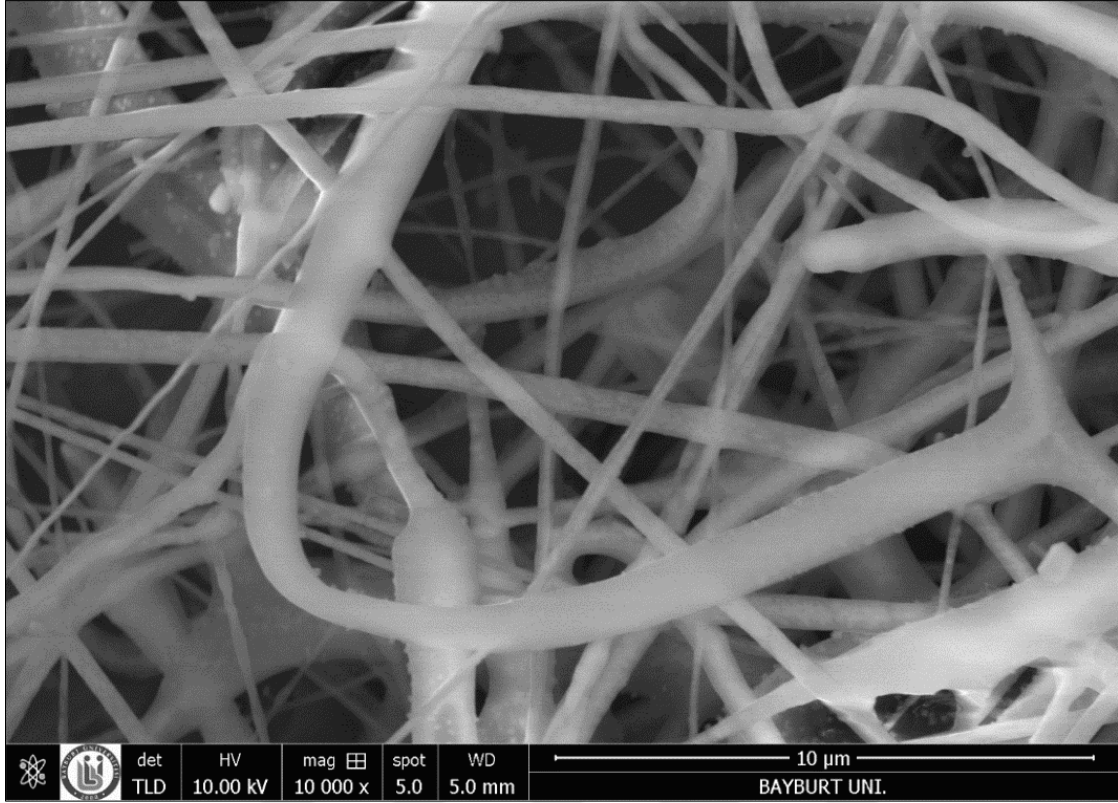
4.2. Nanoliflerin Karakterizasyon Sonuçları

4.2.1. Nanolifin yüzey morfolojisi (SEM) analiz sonuçları

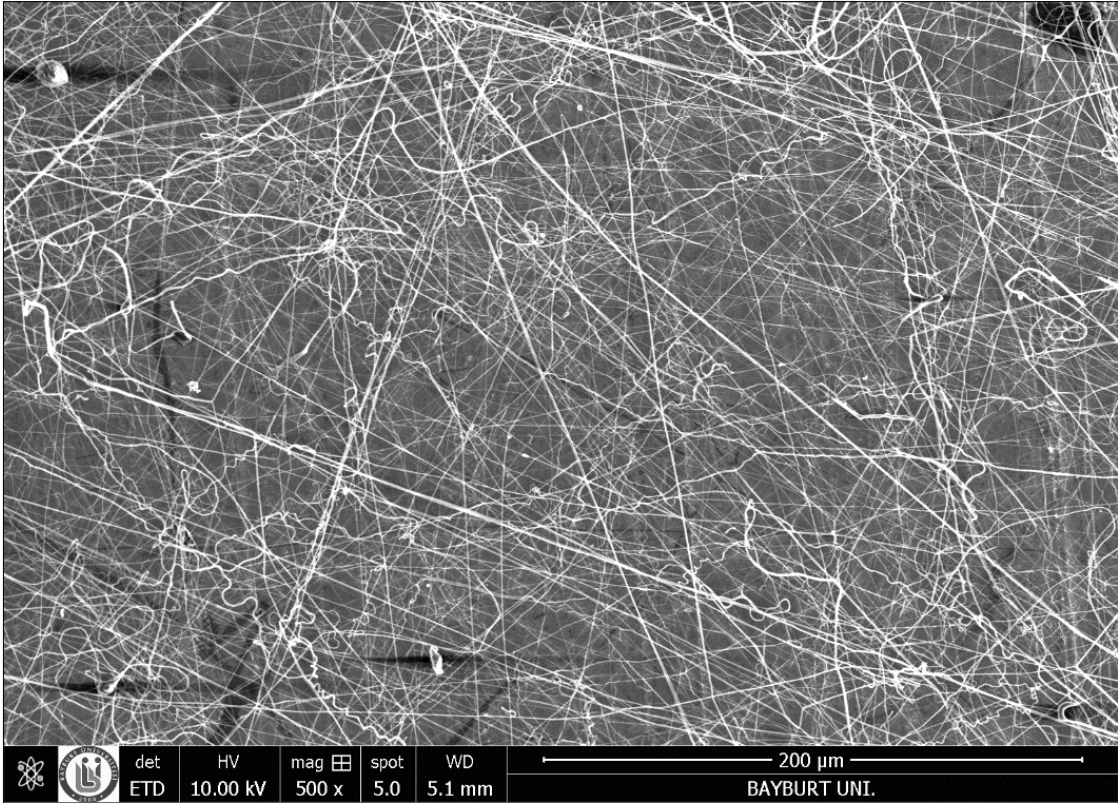
Elektrodöndürme yöntemi ile üretilen nisin yüklü nanoliflerin homojen, boncuksuz ve pürüzsüz yüzey yapısı gösterdikleri belirlenmiştir. Nisin yüklü nanoliflerin çap aralığı 70.35 nm ve 213.5 nm arasında bulunmuştur ve nisin yüklü nanoliflerin ortalama çapı 150. 88 nm olarak ölçölmüştür. Nanoliflerin SEM görüntüleri Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.1. PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin SEM görüntüsü.



Şekil 4.2. PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin SEM görüntüsü.



Şekil 4.3. PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin SEM görüntüsü.

Çiçek (2016), gliadin nanoliflerinden, %2, 5, 10 kurkumin yüklü gliadin nanolifleri elde etmiş ve bu nanoliflerin sırası ile ortalama çaplarını 258 ± 19 nm, 308 ± 38 nm, 348 ± 56 nm ve 375 ± 48 nm olarak tespit etmiştir.

Yılmaz (2015), E vitamini içeren jelatin tabanlı nanolifler elde etmiş ve nanolif boyutlarının 45 nm ve 300 nm arasında değiştiğini belirtmiştir.

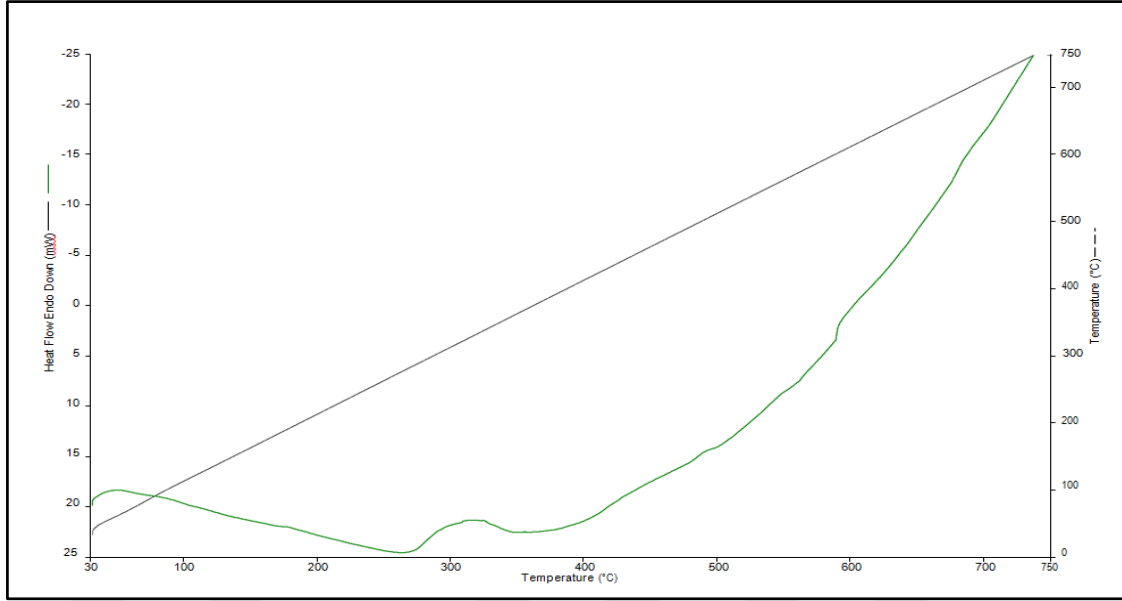
Schiffman ve Schauer (2007), düşük, orta ve yüksek molekül ağırlığına sahip kitosan yüklü nanoliflerin ortalama çaplarının 74 nm ve 108 nm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Söylemez (2016), PVA, PVA+polietileniminden (PEI), PVA+PEI+grafen oksit (GO) çözeltilerinden elektrodöndürme yöntemi ile nanolifler üretmiştir. Elde ettiği PVA nanoliflerinin ortalama çapını 226 nm, PVA+PEI nanoliflerin ortalama çapını 580 nm ve PVA+PEI+GO nanoliflerinin ortalama çapını 480 nm olarak bulmuştur.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, PVA tabanlı nisin yüklü nanolifler başarılı bir şekilde üretilmiştir. Gıda sanayisinde sıkça kullanılan ve doğal antimikrobiyal madde olan nisin gıda endüstrisinde büyük bir öneme sahiptir. Nanoteknolojik uygulamalar sayesinde az miktarda nisin kullanımı ile daha yüksek temas alanı sağlanmaktadır. Bu çalışmada, 150.88 nm çapında PVA tabanlı nisin yüklü nanolifler kullanılarak balık yüzeyinde daha fazla temas alanına nüfus etmesi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

4.2.2. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analiz sonuçları

Elektrodöndürme yöntemi üretilen PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin ısısal özellikleri DSC analizi ile belirlenmiştir. Şekil 4.4'te PVA tabanlı nisin yüklü nanolifine ait DSC analiz sonucu verilmiştir.



Şekil 4.4. PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerine ait DSC grafiği.

DSC analizi sonucunda, 280°C’de erime başlayarak yine bu sıcaklık derecelerinde liflerin ayrışmaya başlayacağına işaret eden endotermik bir pik tespit edilmiştir.

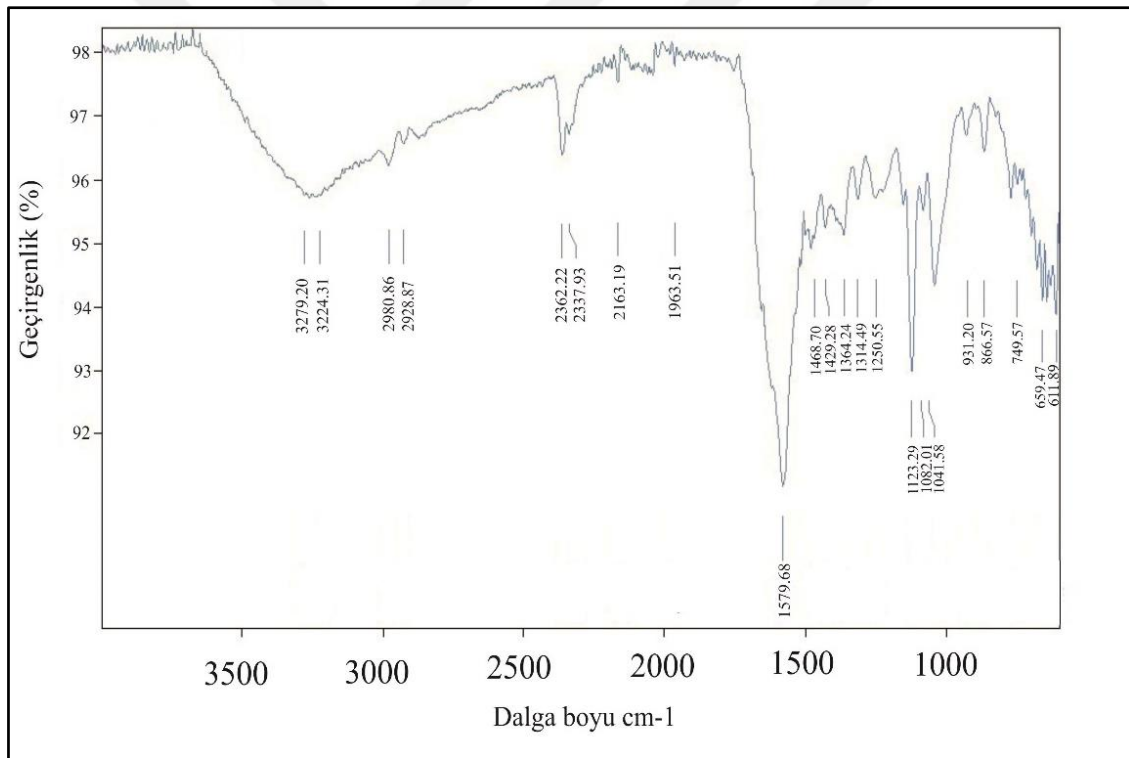
Yılmaz ve ark. (2016), *Botrytis cinerea* ve *Penicillium expansum* ile enfekte edilmiş elmaları çürümesini geciktirmek amacıyla kurkumin yüklü zein nanolifleri ile kaplamışlardır. Elde ettikleri kurkumin yüklü zein nanoliflerinin termal özelliklerini belirlemek amacıyla DSC analizi yapmışlar ve çalışma sonucunda kurkumin yüklü zein nanoliflerinde 152°C’de endotermik pik tespit etmişlerdir.

Gökşen (2020) yaptığı çalışmada, uçucu yağ yüklü zein ve PVA nanolifleri üretmiş ve bu nanoliflerin aktif paketleme materyali olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Üretilen nanoliflerin ısısal özelliklerini DSC analizi yaparak belirlemiştir. Analiz sonucunda ısısal işlem uygulanmış PVA nanolifine ait erime endotermik pikini 178.40 °C’de, defne uçucu yağı yüklü zein ve PVA nanolifine ait erime endotermik pikini 185.75 °C’de, biberiye uçucu yağı yüklü zein ve PVA nanolifine ait erime endotermik pikini 189.92 °C’de tespit etmiştir.

4.2.3. Moleküler karakterizasyon (ATR-FTIR) analiz sonuçları

Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (ATR-FTIR), moleküllerin fonksiyonel gruplarının belirlenmesi ve parmak izine benzer spektrumlar elde edilerek örnekler arasındaki farklılıkların ortaya konulmasında kullanılmaktadır. FTIR analizi, maddenin içerisinde bulunan proteinler, yağlar, karbonhidratlar, polisakkaritler gibi birçok kimyasal bileşimlerin tespitinde en çok kullanılan yöntemlerden biridir ve ayrıca örnek yapısını bozmadan, hızlı, basit ve hassas bir yöntem olması yönüyle avantajlıdır (Aydın, 2020).

Elektrodöndürme yöntemi ile üretilen PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerin ATR-FTIR analizi sonucunda elde edilen spektrum grafiği Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerine ait ATR-FTIR spektrumu.

Nisin yüklü nanoliflerin spektrumunda 3279 ve 3224 cm^{-1} bölgesinde meydana gelen bantlar OH grubunun karakteristik pikidir. C-H grubuna ait gerilme bantlarının 2980 ve 2928 cm^{-1} dalga boyunda meydana geldiği tespit edilmiştir. 1464 ve 1429 cm^{-1} bölgesindeki bantlar CH_3 grubunun karakteristik bantlarını göstermektedir. 1579 cm^{-1}

dalga boyu N-H piki olarak belirlenmiştir. –CH grubuna ait eğilme bantlarının 1364 ve 1314 cm^{-1} 'de olduğu görülmektedir.

Söylemez (2016), PVA, PVA+PEI, PVA+PEI+GO çözeltilerinden elektrodöndürme yöntemi ile nanolifler üretmiştir. Elde edilen PVA nanoliflerinin ATR-FTIR spekturumunda; –OH grubuna ait gerilme bantlarının 3255 cm^{-1} 'de, alkil gruplarına ait C-H gerilme bantlarının 2912 cm^{-1} 'de, karbonil grubuna ait gerilme bantlarının 1732 cm^{-1} 'de, CH₃ gerilme bantlarının 1436 cm^{-1} 'de, –CH eğilme bantlarının 1336 cm^{-1} 'de ve C-O gerilme bantlarına ait karakteristik pikin 1066 cm^{-1} 'de olduğunu belirlemiştir.

Kandırılmaz (2020) yapmış olduğu çalışmada, nisin-sodyum aljinat karışımlarına dolgu maddesi olarak eklediği nişasta bazlı biyokaplamaların kimyasal yapılarını ATR-FTIR spektropisi ile incelemiştir. Çalışmada, nisin yüklü ve nişasta kaplı karışımın O-H grubuna ait gerilme bantlarının 3277 cm^{-1} 'de, C-H gerilme bantlarının 2919 cm^{-1} 'de olduğunu belirlemiş ve 1148, 1076, 996 cm^{-1} 'lerdeki bantların ise nişastanın anhidroglukoz birimlerindeki C-O germe titreşimi ile ilgili bantlar olduğunu bildirmiştir.

Niu ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada zein/etilen nanolifleri elde etmişlerdir. Elde edilen zein yüklü nanoliflerin ATR-FTIR spektrumlarını incelediklerinde; 1653 cm^{-1} de C=O grubu, 1542 cm^{-1} ve 1451 cm^{-1} bölgesindeki piklerin sırasıyla N-H ve C-N gerilme titreşimi, 2973 ve 2869 cm^{-1} aralığındaki dalga boyunda CH gerilme titreşimi, 1375 cm^{-1} , 1107 cm^{-1} ve 1058 cm^{-1} 'deki bantların CH₃ ve –C-O-C- gerilme titreşimi olduğunu belirlemişlerdir.

Pekacar ve Battaloğlu (2018), *Maclura pomifera* meyve özütü kullanarak kitosan-EDTA-PVA (CS-EDTA/PVA) polimerleri ile nanolifler elde etmişlerdir. Elde ettikleri nanoliflerin kimyasal bağlanma özelliklerini ATR-FTIR spektropisi ile incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, C-H grubuna ait pikin 2922 cm^{-1} 'de, hemiselülozun C=O gerilimlerine ait bantın 1782 cm^{-1} 'de, alifatik gruplara ait simetrik COO- bantının 1434 cm^{-1} 'de, alifatik CH₂ ve CH₃ piklerinin 1517 cm^{-1} 'de ve C-O gerilme titreşimine ait piklerin ise 1271 cm^{-1} 'de olduğunu belirlemişlerdir.

4.2.4. Nanolifin zeta potansiyel (ZP) ölçüm sonuçları

Zeta potansiyeli, kolloidal çözeltilerin stabilitesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Okutan, 2013). Chang ve ark. (2015), çözeltilerin pH değerlerinin artmasıyla ZP değerlerinde azalmanın olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada, elektrodöndürme çözeltisinin pH değeri 4.59 olarak belirlenmiş ve elde edilen nisin yüklü nanoliflerin zeta potansiyel değeri -3.38 ± 1.51 mV olarak ölçülmüştür.

Ceylan ve ark. (2018), PVA ve sodyum aljinat bazlı nanolifler ve *L. rhamnosus* yüklü polivinil alkol ve sodyum aljinat bazlı nanoliflerin ZP değerlerini sırası ile -6.29 mV ve -7.74 mV olarak tespit etmişlerdir.

Okutan ve ark. (2014), %20'lik jelatin çözeltisinden elde edilen nanoliflerin zeta potansiyelinin 12.40 mV olduğunu belirtmişlerdir.

Çiçek (2016) tarafından yapılan başka bir çalışmada %2, 5 ve 10 kurkumin yüklü gliadin nanolifleri elde edilmiştir. Bu nanoliflerin ZP değerlerinin sırası ile -4.02 mV, -6.61 mV, -7.01 mV ve -9.00 mV olduğu belirtilmiştir.

Watanabe ve ark. (2005), ortalama çapları yaklaşık 200 nm olan kitosan nanopartiküllerin zeta potansiyel değerinin, -3 mV ile 10 mV arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Chang ve ark. (2015), altı farklı moleküler ağırlığa (300, 156, 72.1, 29.2, 7.7, 3.3 kDa) sahip kitosanın, farklı pH (5.0-6.0-7.0) değerlerinde zeta potansiyelini ölçmüşlerdir. 300 kDa ağırlığına sahip kitosanın zeta potansiyelini, pH 5.0'de, 20.33 mV, pH 6.0'da 16.23 mV, pH 7.0'de -12.03 mV olarak ölçmüşlerdir. Çalışma sonunda tüm gruplarda pH'nın artmasıyla zeta potansiyel değerlerinde azalmanın meydana geldiğini belirtmişlerdir.

4.3. Gökkuşığı Alabalığı Filetosunun Besinsel Kompozisyonu

Gökkuşığı alabalığı filetosunun besinsel kompozisyon içerikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Gökkuşığı alabalığı filetosunun besinsel kompozisyonu (%)

Besin değeri	%X $\pm$ S _x
Ham protein	19.59 $\pm$ 0.69
Ham yağ	1.38 $\pm$ 0.14
Ham kül	1.61 $\pm$ 0.21
Nem	75.62 $\pm$ 0.52

X $\pm$ S_x = Ortalama $\pm$ Standart Sapma

Bu çalışmada, gökkuşığı alabalığı filetosunun ham protein oranı %19.59, ham yağ oranı %1.38, ham kül oranı %1.61 ve nem oranı %75.62 olarak tespit edilmiştir.

Fallah ve ark. (2011), doğal ortamdan yakalanan ve kültüre edilmiş gökkuşığı alabalıklarının kimyasal kompozisyonundaki farklılıkları incelemişlerdir. Kültür gökkuşığı alabalığı için ham protein oranı %18.7, ham yağ oranı %5.1, ham kül oranı %1.26 ve nem içeriği %74.5 olarak tespit edilmiştir. Doğal ortamdan yakalanan gökkuşığı alabalığının ise ham protein oranı %19.2, ham yağ oranı %1.12, ham kül oranı %1.30 ve nem içeriği %78.4 olarak belirlenmiştir.

Tokur (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, alabalığın ham protein oranı %21.23, ham yağ oranı %3.88, ham kül oranı %1.48 ve nem içeriği %70.67 olarak belirlenmiştir. Oğuzhan ve ark. (2006) tarafından yapılan başka bir çalışmada, gökkuşığı alabalığının tütsüleme sonrası kimyasal kompozisyonunda meydana gelen değişimler araştırılmıştır. Tütsüleme öncesi gökkuşığı alabalığının ham protein oranının %20.15, ham yağ oranının %4.61, ham kül oranının %1.29 ve nem içeriğinin %72.31 olduğunu belirtmişlerdir.

Ayas (2006), gökkuşığı alabalığı, hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve sardalyanın (*Sardina pilchardus*) sıcak tütsüleme işlemi öncesi ve sonrası kimyasal kompozisyon oranlarındaki değişimi incelemiştir. Taze gökkuşığı alabalığının ham protein oranını %19.23, ham yağ oranını %7.02, kül oranını %1.54 ve nem oranını %72.06 olarak belirlemiştir.

Yavuzer (2011) yaptığı çalışmada, doğal yemle ve ticari pelet yemle beslenen alabalığın, besinsel kompozisyon oranlarındaki değişimleri incelemiştir. Çalışmada, doğal beslenen alabalıkta ham protein oranı %21.43, ham yağ oranı %5.77, ham kül oranı %1.37 ve nem içeriği %71.46 olarak tespit edilirken, kültür alabalığının ham protein oranı %18.17, ham yağ oranı %3.02, ham kül oranı %1.45 ve nem içeriği %77.33 olarak belirlenmiştir.

Uysal ve ark. (2002), Abant alabalığı (*Salmo trutta abanticus*) ile gökkuşağı alabalığını 350 gün boyunca kültür şartlarında ekstruder pelet yemle beslemişler ve bu süre sonunda balıkların biyokimyasal kompozisyonlarını incelemişlerdir. Gökkuşağı alabalığının ham protein oranını %16.94, ham yağ oranını %1.62, ham kül oranını %1.42, ve nem oranını %78.06, abant alabalığının ise ham protein oranını %18.91, ham yağ oranını %1.44, ham kül oranını %1.20 ve nem içeriğini %78.02 olarak belirlemişlerdir.

Yapmış olduğumuz çalışmada gökkuşağı alabalığı filetolarının ham protein, ham kül ve nem içeriği gibi değerlerinin literatürle uyumlu olduğu görülmektedir. Kılınççeker, (2006) taze balık için yağ miktarının %1.2-10.8 arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir (Kılınççeker, 2006). Çalışmada alabalık filetosunun yağ miktarı %1.38 olarak tespit edilmiş ve literatürde taze balık için verilen değerler arasında olduğu belirlenmiştir. Balık etinin kimyasal kompozisyonu; yaş, cinsiyet, hasat zamanı, balığın yetiştirildiği bölge, beslenme şekli, vücut bölgeleri ve büyüklüğe bağlı olarak aynı türler arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Ayrıca, balığa verilen yemin içeriği de balığın kimyasal bileşimini etkilemektedir (Uysal ve ark., 2002; Yuvka, 2014). Çalışmada kullanılan alabalık filetolarının yağ oranının düşük olmasının bu faktörlerden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

4.4. Ağırlık Kaybı

Gökkuşağı alabalığı filetolarının ağırlık kaybında meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince ağırlık kaybındaki (%) değişimler

Gün	K	N
1	0.00 ± 0.00^{aD}	0.00 ± 0.00^{aC}
3	0.1 ± 0.00^{aC}	0.00 ± 0.00^{bC}
7	0.18 ± 0.00^{aB}	0.11 ± 0.00^{bB}
10	0.93 ± 0.00^{aA}	0.57 ± 0.00^{bA}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir ($p < 0.05$). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir ($p < 0.05$).

Depolamanın ilk gününde kontrol grubunda ve nisin nanolifi ile kaplanan gruplarda herhangi bir ağırlık kaybı gerçekleşmemiştir ($p>0.05$). Depolamanın 3. gününde K grubunda %0.1'lik ağırlık kaybı tespit edilmiştir Nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grupta ise ağırlık kaybı gerçekleşmemiştir. N grubunda depolamanın 3. gününden sonra ağırlık kaybı meydana gelmiş ve bu kayıp 7. günde %0.11 olarak tespit edilmiştir. K grubunda ise ağırlık kaybı %0.18 olarak belirlenmiştir. 10. günde kontrol grubunda ağırlık kaybı %0.93'e ulaşmıştır, nisin nanolifi ile kaplanan grupta ise ağırlık kaybı %0.57 olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). K grubunda soğuk depolama boyunca ağırlık kaybı giderek artmıştır ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Lin ve ark. (2011), ticari olarak üretilen balık köftelerinin bazı kalite özelliklerini inceledikleri çalışmada, balık köftelerini nisin (54.4 AU/cm²) ve nisin/EDTA (568 mg/cm²) içeren yenilebilir zein ile kaplamışlardır. 15 günlük depolama sonunda, nisin ile kaplanan grupta ağırlık kaybını %1.21 olarak, zein+nisin/EDTA ile kaplanan grubun ağırlık kaybını %1.38 olarak belirlemişlerdir. Kaplama yapılmayan kontrol grubunda ise, %3.13'lük ağırlık kaybının meydana geldiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, nisin uygulamasının balık köfterinde ağırlık kaybı üzerinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Guohua ve ark. (2016), farklı konsantrasyonlarda nisin (%0.2, %0.6) ve kitosanın, levrekgillerden bir tür olan *Pseudosciaena crocea* balığında bazı kalite özelliklerini araştırmışlardır. 4 °C de 8 gün boyunca depolanan balık örneklerinde en yüksek ağırlık kaybı (%0.86) kontrol grubunda meydana gelmiştir. Muamele edilen gruplarda ise kontrol grubuna kıyasla daha az ağırlık kaybının olduğunu belirtmişlerdir.

Kaewprachu ve ark. (2018), kıyılmış domuz etini, nisin ve kateşin içeren jelatin ile kaplayarak raf ömrü üzerine etkisini araştırmışlardır. 7 günlük depolama sonunda sadece jelatin ile kaplanan grupta ağırlık kaybını %9.4 olarak tespit etmişlerdir. Nisin ve kateşin içeren grupta ise ağırlık kaybını %7.2 olarak belirtmişlerdir.

Peng ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, nisin ve kitosanı kombine şekilde kullanarak jumbo kalamarın kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Kontrol grubu örneklerinde depolamanın 2. gününde ağırlık kaybı %3.67 olarak belirlenmiş ve depolama boyunca ağırlık kaybında artış meydana gelerek 8. günde bu değerin %9.78'e

yükseldiğini tespit etmişlerdir. Nisin ve kitosan ile muamele edilen örneklerde depolama boyunca ağırlık kaybının %6.5'ten az olduğunu belirlemişlerdir.

Ağırlık kaybı, et ürünlerinde doku kaybına neden olarak et kalitesini etkileyen bir faktördür. Depolama boyunca mikroorganizmalar ve proteolitik enzimlerin aktiviteleri kas dokunun bozulmasına neden olmaktadır (Zhao ve ark., 2019). Depolama boyunca nisin ile muamele edilen grupta, kontrol grubuna göre daha az ağırlık kaybı olduğu tespit edilmiştir. Nisin nanolifi ile kaplanan gruplarda mikroorganizma gelişiminin yavaşlatılması sonucunda kas dokunun bozulması geciktirilmiş ve kastaki su tutma kabiliyeti kontrol grubuna kıyasla daha iyi korunmuştur. Nisin nanoliflerinin, alabalık örneklerinde kas dokusunun bozulmasını geciktirerek su kaybı üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

4.5. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayısı

Depolama boyunca gökkuşağı alabalığı filetosunun TMAB değerleri incelenmiş ve meydana gelen değişimler Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Her gıda maddesi farklı çeşit ve sayıda mikroorganizmadan oluşan bir mikroflora içermektedir. Bulunan bu mikroorganizmaların sayıları hem insan sağlığı hem de ürün kalitesi bakımından önemli bir kriterdir. Taze balıkların genel mikrobiyolojik kalitesini ortaya koyan TMAB sayısının sınır değeri, 10^6 kob/g (6-7 log kob/g) olarak belirtilmiştir (Chytiri ve ark., 2004; Bulduklu ve Özer, 2007; Duyar ve ark., 2016).

Çizelge 4.3. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince TMAB (log kob/g) sayısında meydana gelen değişimler

Günler	K	N
1	3.52 ± 0.17^{aD}	3.46 ± 0.12^{aC}
3	5.03 ± 0.04^{aC}	3.52 ± 0.14^{bC}
7	6.33 ± 0.06^{aB}	5.36 ± 0.07^{bB}
10	6.99 ± 0.03^{aA}	6.00 ± 0.02^{bA}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir ($p<0.05$). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir ($p<0.05$).

Depolamanın ilk gününde kontrol grubu gökkuşağı alabalığı filetosunun TMAB sayısı 3.52 log kob/g olarak bulunmuştur. N grubunun TMAB sayısı ise 3.46 log kob/g olarak belirlenmiştir. Soğuk depolama günleri ilerledikçe K ve N gruplarının TMAB yükünde artış meydana gelmiştir ve bu artış gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmıştır ($p<0.05$). Balık örneklerinin 3. gündeki TMAB sayısı; K grubu için 5.03 log kob/g olarak, N grubu için 3.52 log kob/g olarak bulunmuştur ve iki grup arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın 7. gününde kontrol grubundaki alabalık filetolarının TMAB yükü 6.33 log kob/g'a ulaşmıştır. N grubunun TMAB yükü ise 5.36 log kob/g olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu alabalık filetolarının sınır değerini (6.0 log kob/g) depolamanın 7 gününde aştığı saptanmıştır. Soğuk depolamanın 10. gününde K grubunun TMAB yükü 6.99 log kob/g'a yükselmiştir. N grubunun TMAB yükü ise depolamanın 10. gününde kabul edilebilir sınır değeri olan 6 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Depolama boyunca K grubunun TMAB değeri N grubuna göre daha hızlı artış göstermiştir ($p<0.05$). Elde edilen sonuçlara göre; K grubunun 7. Depolama gününde limit değere ulaştığı (6.0 log kob/g) ve sonraki günlerde tüketime uygun olmadığı, N grubunun ise 10. güne kadar tüketim için kabul edilebilir özellikte olduğu belirlenmiştir.

Nykanen ve ark. (2000) yaptığı çalışmada, soğuk tütsülenmiş gökkuşağı alabalığına nisin (4000-6000 IU/mL) ve NaL (%60) enjekte ederek mikrobiyal gelişimi izlemişlerdir. Soğuk depolamanın 22. gününde nisin ve NaL ile muamele edilen grupların TMAB yükünün 3.80 log kob/g'a, kontrol grubunda ise bu değer 6.30 log kob/g'a ulaştığını belirlemişlerdir.

Göğüs ve ark. (2006), sardalya balığını nisin ve laktik asit ile kaplayarak 4°C'de 7 gün boyunca muhafaza etmişlerdir. Depolamanın 5. gününde kontrol grubunda TMAB sayısını 6.62 log kob/g olarak belirlemişlerdir. Depolamanın son gününde ise nisin ve laktik asit ile kaplanan grubun TMAB sayısını 5.95 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda, laktik asitin nisin ile birlikte kullanılmasının antimikrobiyal etkinliği arttırdığı belirtilmiştir.

Ceylan (2014) yaptığı çalışmada, ışınlama (I) ve nisin (N) kombinasyonu (NI) uygulamasının levrek filetolarının raf ömrü ve mikrobiyal kalitesi üzerine etkisini incelemiştir. Soğuk depolamanın 9. gününde K grubunun TMAB sayısını 6.37 log kob/g, 11. gününde N grubunun TMAB sayısını 6.52 log kob/g olarak bulmuştur.

Çalışmada, I ve NI uygulanan grupların depolama boyunca TMAB sayısının limit değerin çok altında kaldığını belirtmiştir. Ayrıca nisin kombine kullanımlarının mikrobiyal yükü azaltarak raf ömrü üzerinde daha iyi etki gösterdiğini bildirmiştir.

Bu çalışmada nano boyuttaki nisin uygulamasıyla TMAB gelişimi, soğuk depolamanın 3. gününde %30; 7. gününde %15 ve son gününde %14 oranında sınırlandırılmıştır. Literatürde farklı şekillerde kullanılan nisin ve kombinasyonları ile yapılan çalışmaların, gökkuşağı alabalığı filetolarının raf ömrü üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak bizim çalışmada, kullanılan nisin konsantrasyonu diğer çalışmalara kıyasla oldukça düşüktür. TMAB gelişiminde elde edilen sınırlandırma, sadece 15-20 mg nano lif ile elde edilmiştir. Yaklaşık 40 ± 5 gr'lık alabalık filetosu için 15-20 mg nisin yüklü nanolif kullanılarak, TMAB gelişimi sınırlandırılmış ve nisin nanolifleri ile kaplanan alabalık filetolarının raf ömrünün, kontrol grubuna göre 3 gün daha uzadığı belirlenmiştir. PVA tabanlı nisin yüklü nanolifler, balık filetolarının yüzeyinde daha geniş bir temas alanı sağlayarak antimikrobiyal etki göstermiştir. Bu durum, nanoteknolojik uygulamaların gıda endüstrisinde büyük avantaj sağlayacağını göstermektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda, nisin çeşitli katkı maddeleri ilave edilerek ve farklı fiziksel işlemler uygulanarak kullanıldığında sinerjik etki gösterdiği, böylelikle antimikrobiyal etkinliğinin de arttığı belirtilmiştir (Uymaz ve Şanlıbaba, 2015; Özel ve Şimşek, 2017).

4.6. Toplam Laktik Asit Bakteri (TLAB) Sayısı

Kontrol ve nisin nanolifi ile kaplanan alabalık örneklerinin soğuk depolama (4 ± 2 °C) boyunca toplam laktik asit bakteri (TLAB) sayısında meydana gelen değişimler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince TLAB (log kob/g) sayısında meydana gelen değişimler

Gün	K	N
1	3.22±0.10 ^{aD}	2.02±0.15 ^{bC}
3	4.54±0.06 ^{aC}	2.98±0.13 ^{bB}
7	4.85±0.05 ^{aB}	3.33±0.51 ^{bB}
10	5.53±0.05 ^{aA}	4.32±0.11 ^{bA}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir ($p<0.05$). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir ($p<0.05$).

Laktik asit bakterileri, hem aerobik, hem anaerobik koşullarda gelişim gösterebilmektedir. Vakum paketli et ürünlerinde mikrobiyal kalitenin bozulmasına neden olmaktadır (Huis in't Veld, 1996; Mexis ve ark., 2009). Yapılan bu çalışmada analiz bulguları incelendiğinde depolamanın 1. gününde kontrol grubunun TLAB yükü 3.22 log kob/g, nisin nanolifi ile muamele edilen grubun TLAB yükü 2.02 log kob/g olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama boyunca K ve N gruplarının TLAB sayısı giderek artmıştır ancak K grubunun TLAB sayısı, N grubuna göre daha hızlı bir artış göstermiştir ($p<0.05$).

Depolamanın 3. gününde K grubunun TLAB yükü 4.54 log kob/g iken, N grubunun TLAB yükü 2.98 log kob/g olarak bulunmuştur. Soğuk depolamanın 7. gününde K grubunun TLAB sayısı 4.85 log kob/g'a yükselmiştir. N grubunun TLAB sayısı ise 3.33 log kob/g olarak belirlenmiştir. 10. günde K grubunun TLAB yükü 5.53 log kob/g iken, N grubunun TLAB yükü 4.32 log kob/g olarak belirlenmiş ve soğuk depolamanın tüm günlerinde gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Behnam ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, nisin ile kaplanmış gökkuşağı alabalığı filetoları 4 °C'de 16 gün boyunca depolanmıştır. Kontrol grubu ve nisin ile muamele edilen örneklerin başlangıç TLAB değerleri sırası ile 2.12 ve 1.97 log kob/g olarak elde edilmiştir. Depolama günleri ilerledikçe kontrol grubundaki TLAB değeri artmış ve depolamanın son gününde 5.71 log kob/g'a yükselmiştir. Nisin ile muamele edilen gruplarda daha az TLAB artışı olduğu belirtilmiştir.

Paludan-Müller ve ark. (1998), soğuk tütsülenmiş somon balığını nisin ile muamele ederek Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) ve vakum paketlenmişlerdir.

Sadece MAP uygulaması yapılan grupta TLAB sayısını 10^5 - 10^6 kob/g olarak, MAP+nisin uygulanan grupta TLAB sayısını 10^3 cfu/g olarak belirlemişlerdir. Nisin uygulamasının balık örneklerinde laktik asit bakteri gelişimini yavaşlattığını tespit etmişlerdir.

Norhana ve ark. (2012), karidesleri nisin, EDTA potasyum sorbat, sodyum benzoat ve sodyum diasetat ile tek veya kombine şekilde muamele ederek vakum paketlenmişlerdir. 4 °C’de, 7 günlük depolama sonunda herhangi bir kaplama yapılmayan kontrol grubunun TLAB değerini 6.45 log kob/g, sadece nisin uygulanan grubun TLAB değerini 6.49 log kob/g olarak bulmuşlardır. Kombine kullanılan grupların TLAB değerlerini < 4.5 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada nisinin kombine şekilde kullanımının laktik asit bakteri gelişimi üzerinde daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışma, geçmiş çalışmalarla karşılaştırıldığında, elde edilen sonuçların literatür ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. K grubunun TLAB sayısı, N grubuna göre daha hızlı bir artış göstermiştir. Depolama boyunca nisin nanolifi ile kaplı olan grubun TLAB sayısı, kontrol grubunun TLAB sayısına göre yaklaşık 1 log düşük bulunmuştur. TLAB gelişimindeki yavaşlama, TMAB gelişimine göre daha düşük olmuştur. Bu durumun, nisinin gram (+) bakterilere özellikle laktik asit bakterilerine karşı daha etkili olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Üstümkol, 2006; Behnam ve ark., 2015).

4.7. Renk Parametrelerindeki Değişimler

Renk, ürünlerde sunumu ve görünümü etkileyen, tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği ve satın alma kararını belirleyen önemli kalite parametrelerinden biridir (Uçar, 2018). Et ürünlerinin renk değişikliğini etkileyen birçok faktör (kas yapısı, pigment birikimi, nem kaybı vb) olduğu belirlenmiştir (Peng ve ark., 2018).

Depolama boyunca alabalık filetolarının L^* değerindeki değişimler Çizelge 4.5’te verilmiştir. L^* değeri 0 (siyah) ve 100 (beyaz) arasındaki aydınlık derecesini göstermektedir (Fıçırcılar, 2019).

Çizelge 4.5. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince L^* değerindeki değişimler

Günler	K	N
1	50.25 $\pm$ 1.54 ^{aB}	49.18 $\pm$ 1.44 ^{aA}
3	54.54 $\pm$ 1.17 ^{aA}	50.36 $\pm$ 1.40 ^{bA}
7	54.88 $\pm$ 2.05 ^{aA}	49.76 $\pm$ 1.73 ^{bA}
10	49.06 $\pm$ 0.98 ^{bB}	50.25 $\pm$ 0.72 ^{aA}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir ($p<0.05$). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir ($p<0.05$).

Gökkuşluğu alabalığı filetosunun L^* değerleri incelendiğinde, depolamanın 1. gününde kontrol grubunun L^* değeri 50.25 olarak, nisin nanolifi ile kaplanan grubun L^* değeri 49.18 olarak bulunmuştur. Depolamanın ilk gününde L^* değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Depolamanın 3. günündeki L^* değerleri, K grubu için 54.54 olarak, N grubu için 50.36 olarak ölçülmüştür ve gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 7. depolama gününde L^* değeri K grubunda 54.88 olarak, N grubunda ise 49.76 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın son gününde K grubunun L^* değeri 49.06'ya düşmüştür. Nisin nanolifi ile kaplanan grubun L^* değeri ise depolamanın sonunda 50.25 olarak belirlenmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). K ve N gruplarının 10. gündeki L^* değerlerinin depolamanın ilk gününe göre önemli bir farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Depolama süresince alabalık filetolarında a^* değeri incelenmiş ve meydana gelen değişimler Çizelge 4.6'da verilmiştir. $a^*(+)$ değeri gıdalarda kırmızı rengi belirtirken, $a^*(-)$ değeri ise yeşil rengi göstermektedir (Fıçıcılar, 2019).

Soğuk depolamanın 1. gününde K grubunun a^* değeri 1.30 olarak. N grubunun a^* değeri 0.48 olarak belirlenmiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). K ve N gruplarının a^* değerlerinde depolama boyunca artma ve azalmalar meydana gelmiştir ve en yüksek a^* değeri depolamanın 3. gününde N grubunda 2.95 olarak ölçülmüştür. K grubunun a^* değeri ise 1.20 olarak belirlenmiştir. 7. günde K grubunun a^* değeri 1.79 olarak, N grubunun a^* değeri 1.83 olarak belirlenmiş ve gruplar arasında önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Depolamanın son gününde, K grubunun a^* değeri 2.19'a yükselmiştir. N grubunda ise 0.94 olarak

ölçülmüştür. Depolamanın 7. ve 10. günündeki K ve N grupları arasında, a* değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 4.6. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince a* değerindeki değişimler

Günler	K	N
1	1.30 $\pm$ 0.03 ^{aA}	0.48 $\pm$ 0.29 ^{bA}
3	1.20 $\pm$ 0.88 ^{bA}	2.95 $\pm$ 0.68 ^{aA}
7	1.79 $\pm$ 1.08 ^{aA}	1.83 $\pm$ 2.93 ^{aA}
10	2.19 $\pm$ 1.40 ^{aA}	0.94 $\pm$ 0.86 ^{aA}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir ($p<0.05$). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir ($p<0.05$).

Depolama boyunca alabalık filetolarının b* değerindeki değişimler Çizelge 4.7’de verilmiştir. b* (+) değeri, gıdalarda sarı rengi belirtirken, b*(-) değeri ise maviliği göstermektedir (Fıçıcılar, 2019).

Depolamanın 1. gününde, K grubunun b* değeri 13.54 olarak, N grubunun b* değeri ise 7.98 olarak ölçülmüş ve gruplar arasında farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 3. günde K grubunun b* değeri 10.98 olarak ölçülmüş, N grubunun b* değeri 12.36 olarak belirlenmiştir ve gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Soğuk depolama boyunca K ve N gruplarının b* değerinde dalgalanmalar meydana gelmiştir ve en yüksek b* değeri depolamanın 7. gününde K grubunda 14.74 olarak ölçülmüştür. N grubunun ise b* değeri 7. günde 12.82 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 10. gününde K grubunun b* değerinde hızlı düşüş meydana gelmiştir ve b* değeri 5.24 olarak ölçülmüştür. Nisin nanolifi ile kaplanan grubun b* değeri 9.70 olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.7. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince b^* değerindeki değişimler

Günler	K	N
1	13.54 $\pm$ 1.63 ^{aAB}	7.98 $\pm$ 0.75 ^{bB}
3	10.98 $\pm$ 2.06 ^{aB}	12.36 $\pm$ 1.00 ^{aA}
7	14.74 $\pm$ 2.12 ^{aA}	12.82 $\pm$ 2.33 ^{aA}
10	5.24 $\pm$ 0.84 ^{bC}	9.70 $\pm$ 1.54 ^{aB}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir ($p<0.05$). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir ($p<0.05$).

Çaklı ve ark. (2007) çipura ve levrek balığını buzda muhafaza ederek balıkta meydana gelen kalite değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, depolamanın başlangıcında levreğin parlaklık değerini (L^*) 60.28, a^* değerini -0.89, b^* değerini 12.12 olarak tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada, çipura balığının L^* a^* b^* değerleri sırası ile 56.31, -1.35, 9.67 olarak ölçülmüştür. Bu araştırma sonuçları, bizim çalışmamızdan elde edilen bulguları doğrular niteliktedir.

Çalışmamızdan elde edilen bulgular, depolama süresince nisin nanolif ile kaplanan gökkuşağı alabalığı filetosunun başlangıç L^* değerini, soğuk depolamanın 10. gününe kadar başarıyla koruduğunu ortaya koymuştur. Depolama boyunca nisin nanolifi ile kaplanan grubun L^* değeri kontrol grubuna göre daha stabil kalmıştır. Normal atmosfer (hava) paketlenme ve nisin nanolifleri genel olarak ürünün rengini kontrol grubuna göre daha iyi muhafaza etmiştir. Genel olarak, depolama boyunca kontrol grubunun ve nisin nanolifi ile muamele edilmiş grupların a^* ve b^* değerinde artma ve azalmalar meydana gelmiştir ve bu değişikliğin ham materyal olan gökkuşağı alabalığı filetosundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Nisin uygulamasının, gökkuşağı alabalığı filetosunun a^* ve b^* renk değerleri üzerine, belirgin bir etki göstermediği belirlenmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda, nisinin balık filetolarının rengi üzerine ayırt edici özellikleri olduğunu belirleyen çalışmalar olduğu kadar, nisinin renk parametreleri üzerine etkisinin olmadığını belirten çalışmalar da mevcuttur.

Ceylan (2014) yapmış olduğu çalışmada, levrek balığı filetolarına nisin, ışınlama ve nisin-ışınlama kombinasyonu uygulamış ve soğuk depolama boyunca bu uygulamaların renk parametreleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda

kontrol grubu ile birlikte dört grubunda L* a* b* değerlerinde ayırt edici bir değişim olmadığını bildirmiştir.

Lopez ve ark. (2017), nisin uygulamasının gökkuşağı alabalığının kalitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Araştırmacılar, nisin uygulamasının vakum paketlenmiş gökkuşağı alabalığı filetoalarının, a* ve b* değerleri üzerinde etkisinin önemli olmadığını belirtilmiş ve depolama boyunca kontrol grubunun L* değerinde önemli artışların olduğunu tespit etmişlerdir.

Depolama boyunca renk değişimi miyofibriller proteinlerin degradasyonu ve miyofibrillerin çözülmesine neden olan enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlar ile ilişkilendirilebilir (Fıçıcılar, 2019). Ayrıca Cheret ve ark. (2005), balığın renginin, dokularındaki pigment renklerine ve kaslarının fiziksel yapılarına bağlı olarak değişebileceğini belirtmişlerdir.

4.8. Duyusal Özelliklerdeki Değişimler

Kontrol grubu ve nisin nanolifi ile kaplanan grupların soğuk depolama süresince koku değerlerindeki değişimler Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Alabalık filetoalarının soğuk depolama (4±2 °C) süresince koku değerindeki değişimler

Günler	K	N
1	9.00±0.00 ^{aA}	9.00±0.00 ^{aA}
3	7.16±0.29 ^{bB}	8.83±0.29 ^{aA}
7	3.66±0.28 ^{bC}	7.00±0.00 ^{aB}
10	1.69±0.57 ^{bD}	3.00±0.00 ^{aC}

Değerler ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir (p<0.05). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir (p<0.05).

Duyusal analiz koku sonuçları incelendiğinde, depolamanın 1. gününde kontrol grubu ve nisin ile kaplanan gruplar için koku değeri 9.0 puan olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 3. gününde N grubunun koku değeri 8.83 olarak belirlenmiş ve K grubunun koku değeri ise 7.16 puana düşmüştür. Panelistler, depolamanın 7. gününde K grubunun koku değerini 3.66 puan olarak değerlendirmiş ve bu değere göre filetoaların insan tüketimi açısından uygun olmadığı (4 puan ve altı) belirlenmiştir. N grubunda ise

koku değeri 7.0 puan olarak değerlendirilmiş ve insan tüketimi açısından kabul edilebilir kalitede (4 puan ve üstü) olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 3, 7 ve 10. günlerinde K ve N gruplarının koku değerlerinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). K grubunun depolama süresince koku değerleri düşmüş ve meydana gelen bu düşüşler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolamanın 7. gününde K grubunun koku değeri (3.66) tüketilemez olarak kabul edilirken N grubu örneklerinin koku değeri (3.0) depolamanın 10. gününde tüketilemez olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma boyunca alabalık filetolarının duyuşsal renk parametresinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince renk değerindeki değişimler

Günler	K	N
1	7.66 $\pm$ 0.57 ^{bA}	9.00 $\pm$ 0.00 ^{aA}
3	7.33 $\pm$ 0.60 ^{aA}	8.33 $\pm$ 0.76 ^{aA}
7	5.16 $\pm$ 0.28 ^{bB}	7.00 $\pm$ 0.00 ^{aB}
10	3.00 $\pm$ 0.00 ^{aB}	3.50 $\pm$ 0.50 ^{aC}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir ($p<0.05$). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir ($p<0.05$).

Duyuşsal analiz renk değişimleri incelendiğinde, depolamanın 1. gününde kontrol grubunun renk değeri panelistler tarafından 7.66 puan olarak değerlendirilmiştir. N grubunun renk değeri ise 9.0 puan olarak belirlenmiştir. Depolamanın 3. gününde K grubunun renk değeri 7.33 puan olarak, N grubunun renk değeri 8.33 puan olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Depolama günleri ilerledikçe, K ve N gruplarının renk puanlarında azalmalar meydana gelmiştir. K grubunun 7. günde renk puanı 5.16 olarak tespit edilmiş ve filetoların renk kalitesinin insan tüketimi açısından düşük kalitede olduğu belirlenmiştir. N grubu ise 7.0 puan olarak değerlendirilmiş ve gruplar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 10. günde K grubunun renk değeri 3.0 puan olarak, N grubunun renk değeri ise 3.50 puan olarak belirlenmiştir ve her iki grup da tüketilemez (4 puan ve altı) olarak kabul edilmiştir ($p>0.05$).

Depolama süresince panelistler tarafından değerlendirilen gökkuşağı alabalığı filetolarının doku puanları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince doku değerindeki değişimler

Günler	K	N
1	8.00 $\pm$ 0.00 ^{aA}	8.33 $\pm$ 0.57 ^{aA}
3	6.83 $\pm$ 0.28 ^{bB}	8.33 $\pm$ 0.57 ^{aA}
7	5.16 $\pm$ 0.05 ^{bC}	7.00 $\pm$ 0.00 ^{aB}
10	3.00 $\pm$ 0.00 ^{bD}	3.66 $\pm$ 0.21 ^{aC}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir ($p<0.05$). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir ($p<0.05$).

Depolama boyunca K grubunun doku değerinde azalmalar meydana gelmiştir ($p<0.05$). Panelistler depolamanın 1. gününde kontrol grubunun doku değerini 8.0 puan olarak, N grubunun doku değerini 8.33 puan olarak değerlendirmiştir. Depolamanın 3. gününde K grubunun doku değeri 6.83 puan olarak, N grubunun doku değeri 8.33 puan olarak belirlenmiştir. 7 gündeki doku değeri; K grubunda 5.16 puan olarak değerlendirilmiştir ve insan tüketimi için düşük kalitede olduğu belirlenmiştir. N grubunun doku değeri ise 7.0 puan olarak bulunmuştur. Depolamanın son günü olan 10. günde kontrol grubunun doku değeri 3.0 puan olarak, nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grubun doku değeri 3.66 puan olarak belirlenmiştir ve her iki grupta tüketilemez olarak kabul edilen 4 puanın altında kaldığı görülmektedir. Depolamanın 3, 7 ve 10. günlerinde K ve N gruplarının doku değerinde meydana gelen değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Alabalık filetolarının duyuşal özellikleri; koku, renk ve doku parametreleri birlikte değerlendirilmiştir. Depolama esnasında belirlenen duyuşal genel değerlendirme sonuçları aşağıda Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

Alabalık filetolarının duyuşal genel değerlendirme sonuçları incelendiğinde, depolamanın 1. gününde K grubunun duyuşal genel değerlendirme puanı 8.22 olarak, nisin naolifi ile kaplanan grubun duyuşal genel değerlendirme puanı 8.77 olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Kontrol grubu ve nisin naolifi ile kaplanan grubun depolamanın ilerleyen

günlerinde (3, 7 ve 10.) duysal genel deęerlendirme puanlarında dūřmeler meydana gelmiřtir ($p<0.05$).

Çizelge 4.11. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince duysal genel değerlendirmesinde meydana gelen değişimler

Günler	K	N
1	8.22 ± 0.69^{aA}	8.77 ± 0.39^{aA}
3	7.33 ± 0.6^{bA}	8.49 ± 0.28^{aA}
7	4.66 ± 0.86^{bB}	7.00 ± 0.00^{aB}
10	1.89 ± 0.19^{bC}	3.73 ± 0.25^{aC}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir ($p<0.05$). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir ($p<0.05$).

Depolamanın 3 gününde alabalık örneklerinin duysal genel değerlendirme puanı K grubu için 7.33 puan, N grubu için 8.49 puan olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir ($p<0.05$). 7. günde K grubunun duysal genel değerlendirme puanı 4.66'ya dūřmüřtür ve filetoların insan tüketim için düşük kalitede olduğu belirlenmiştir. Nisin nanolifi ile kaplanan grubun genel değerlendirme puanı ise 7.0 puan olarak belirlenmiş ve K grubuna göre duysal özelliklerini daha iyi koruduğu saptanmıştır. Soęuk depolamanın son gününde K grubunun duysal genel değerlendirme sonucu 1.89 puan olarak, N grubunun duysal genel değerlendirme sonucu 3.73 puan olarak tespit edilmiş ve iki grubun da duysal özellikleri tüketilemez olarak belirlenmiştir.

Uçar (2018), farklı konsantrasyonlarda (%0.2, 0.4, 0.8) kullanılan nisin soğukta (4 ± 2 °C) ve vakum paketlenerek depolanan levrek filetolarının kalite parametreleri üzerine etkilerini incelemiştir. Nisin uygulamasının soğukta depolanan levrek filetosunun duysal kalitesini koruduğunu ve herhangi bir lezzet ve aroma kaybına neden olmadığını belirtmiştir. Depolama boyunca nisin uygulaması yapılan grup, kontrol grubuna göre panelistler tarafından daha çok tercih edilmiştir.

Gao ve ark. (2014) yaptığı çalışmada, nisin ve biberiye ekstraktlarının pompano balığının kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Pompano balığının duysal özelliklerini incelediklerinde nisin ve biberiye ekstratının balık örneklerinin duysal özellikleri üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Nisin ve biberiye ekstraktlarının

birlikte uygulandığı grubun duyuşal özelliklerinin, depolamanın son (15.) gününde 3 puanın üzerinde olduğu ifade edilmiştir.

Sofra ve ark. (2018), önceden ozmotik olarak işlenmiş soğutulmuş tuna (*Thunnus albacares*) balığını nisin ile muamele ederek vakum paketlemişlerdir. Depolama boyunca tuna balığında mikrobiyal yük ve bazı kalite özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Nisin uygulamasının balık örneklerinde duyuşal bozulma süresini geciktirerek koku ve tat özelliklerini kontrol grubuna göre daha iyi koruduğunu bildirmişlerdir.

Mevcut çalışmanın sonuçları incelendiğinde, gökkuşaağı alabalığı filetolarının K grubunun tüm duyuşal özellikleri depolamanın 7. gününde tüketim açısından düşük kalitede olduğu belirlenmiştir. N grubun tüm duyuşal özellikleri mikrobiyal bozulmanın gerçekleştiğı 10. günden itibaren tüketim açısından kabul edilemez olarak belirlenmiştir. Nisin nanolifi ile kaplanmış gökkuşaağı alabalıkları duyuşal özelliklerini K grubuna göre daha iyi korumuştur ve depolama süresince daha yüksek puanlar almıştır. Meral ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, laktik asit bakterilerinin taze balık etinin baskın mikroflorasını oluşturduğu ve bu bakterilerin bozulma ile ilişkili olarak kötü koku ve aromaya neden olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, nisin nanolifi ile kaplanan filetoların TLAB sayısı depolama boyunca kontrol grubuna kıyasla daha düşük bulunmuş ve bu durum filetoların koku parametresinde olumlu yönde etki göstermiştir.

Nisin nanolifi ile muamele edilen örneklerde, çalışma boyunca mikrobiyal yük kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur ve balık filetolarının raf ömrü uzatılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, nisin nanoliflerinin alabalık filetolarının duyuşal özelliklerini geliştirdiğı sonucuna varılmıştır. Çalışma sonuçlarının literatür ile uyumlu olduğu belirlenmiş ve nanoteknolojik uygulamaların, ürünün duyuşal özelliklerini iyileştirmede etkili olduğu görülmüştür.

4.9. Tiyoarbitürük Asit (TBA) Değeri

K ve N gruplarının TBA değerlerinde depolama boyunca dalgalanmalar meydana gelmiştir. Bu değişimler Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Buzdolabında 10 gün süreyle depolanan gökkuşaağı alabalığı filetosunun TBA değeriindeki değişimler incelendiğinde; depolamanın ilk gününde kontrol grubu için TBA değeri 0.73 mg MDA/kg olarak, nisin nanolifi ile kaplanan grubun TBA değeri

0.32 mg MDA/kg olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.12. Alabalık filetolarının soğuk depolama (4 ± 2 °C) süresince TBA (mg MDA/kg) değerinde meydana gelen değişimler

Günler	K	N
1	0.73 ± 0.12^{aAB}	0.32 ± 0.01^{bB}
3	0.88 ± 0.00^{aA}	0.40 ± 0.00^{bAB}
7	0.79 ± 0.00^{aAB}	0.65 ± 0.14^{aA}
10	0.54 ± 0.08^{aB}	0.41 ± 0.00^{aAB}

Değerler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. K: Kontrol grubu, N: PVA tabanlı nisin yüklü nanoliflerle kaplanan grup. Farklı küçük harfler aynı gün ve farklı gruplar arasındaki önemli farkı belirtir ($p<0.05$). Farklı büyük harfler farklı günde aynı grup içindeki önemli farkı belirtir ($p<0.05$).

Depolamanın 3. gününde, K grubunun TBA değeri 0.88 mg MDA/kg'a ulaşmış ve N grubunda ise TBA değeri 0.40 mg MDA/kg olarak bulunmuştur. Soğuk depolamanın 7. günündeki TBA değerleri, nisin nanolifi ile kaplanan grup için 0.65 mg MDA/kg, kontrol grubu için ise 0.79 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir. Soğuk depolamanın 10. gününde kontrol grubu için TBA değeri 0.54 mg MDA/kg iken nisin nanolifi ile kaplanan grubun TBA değeri 0.41 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir ve gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). K grubunda en yüksek TBA değeri depolamanın 3. gününde 0.88 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir. N grubunun en yüksek TBA değeri ise depolamanın 7. gününde 0.65 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir.

Behnam ve ark. (2015), nisin uygulamasının, vakum paketlenmiş gökkuşağı alabalığında biyokimyasal ve mikrobiyal yapı üzerinde etkisini araştırmışlardır. 4 °C'de 16 günlük depolama boyunca, kontrol ve nisin gruplarının TBA değerlerinde önemli artışların meydana geldiğini tespit edilmiştir. Depolamanın 16. gününde kontrol grubunun TBA miktarının 0.98 mg MDA/kg ve nisin uygulanan grubun TBA miktarının 0.60 mg MDA/kg olduğunu belirlemişlerdir. İki grubun da soğuk depolama sonunda, TBA değerinin insan tüketimi açısından limit değeri (<5 mg MDA/kg) aşmadığı belirlenmiştir.

Uçar (2018) yaptığı çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (%0.2, 0.4, 0.8) nisin uygulanan, soğukta (4 ± 2 °C) ve vakum paketlenerek depolanan levrek filetolarındaki, TBA değerinin depolama boyunca kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu

belirlemiştir. Depolamanın 18. gününde kontrol grubunun TBA değerini 0.59 mg MDA/kg olarak, %0.2, 0.4, 0.8 nisin ile muamele edilen grupların TBA değerlerini ise sırası ile 0.52 mg MDA/kg, 0.45 mg MDA/kg, 0.51 mg MDA/kg olarak bulmuştur. Depolama boyunca balık örneklerindeki TBA miktarının limit değerin (5 mg MDA/kg) altında kaldığını ifade etmiştir.

Rahimabadi ve ark. (2012), farklı konsantrasyonlarda nisin ve *Zataria Multiflora* Boiss. esansiyel yağı (EO) ile muamele edilen gökkuşağı alabalığı örneklerindeki TBA miktarı değişimlerini incelemiştir. Depolama boyunca tüm grupların TBA değerlerinde önemli artışlar meydana gelmiştir ($p<0.05$). 15 günlük depolama sonunda en düşük TBA değerinin (0.51 mg/kg) nisin+%0.4 EO uygulanan grupta olduğunu belirtmişlerdir. Nisin+EO'nun kombine kullanımı, balık örneklerinin TBA değerlerinde ki artışı kontrol grubuna kıyasla sınırlandırmıştır.

Lu ve ark. (2010), yılan balığı filetolarını nisin ve tarçın içeren kalsiyum aljinat ile kaplamışlardır. 4 °C de 15 gün boyunca depolanan yılan balığı filetolarının başlangıçtaki TBA miktarı 1.19 mg MDA/kg olarak saptanmıştır. Depolama boyunca tüm grupların TBA miktarlarında artış meydana gelmiştir. Depolamanın 6. gününde kaplama yapılmayan kontrol grubunun TBA miktarını 3.10 mg MDA/kg, nisin, tarçın ve EDTA ile kaplanan balık örneğinin TBA miktarını 1.51 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucuna göre, kombine şekilde kaplama yapılan grupların TBA değerinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır.

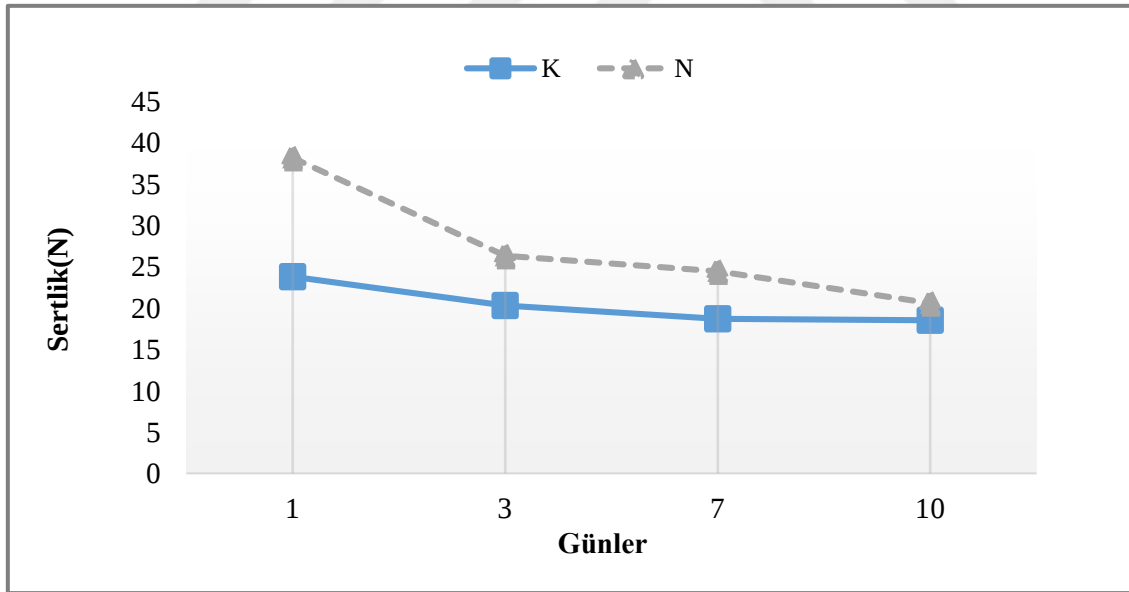
Ürünün bozulmasına neden olan faktörlerden bir diğeri de yağ oksidasyonudur. Okside olan ürünlerde acımsı bir tat ve sarı bir renk oluşmaktadır. Su ürünlerinde yağların oksidasyonu sonucu ortaya çıkan ve acılaşma indeksi olan TBA değeri, çok iyi bir materyalde 3 mg MDA/kg'ın altında olmalı, iyi bir materyalde ise 5 mg MDA/kg'dan fazla olmamalıdır. 7-8 mg MDA/kg değerine ulaştığında ise ürün raf ömrünü doldurmuş ve tüketilemez olarak ifade edilmektedir (Köse ve Erdem, 2001; Turan, 2002; Öksüztepe ve ark., 2010). Mevcut çalışmada alabalık filetolarının TBA sayısındaki değişimler değerlendirildiğinde; soğuk depolama boyunca nisin nanolifi ile kaplı olan grubun TBA miktarı kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Fakat TBA değerinin düşük olması, kontrol ve nisin nanolifi ile kaplanan grup arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık oluşturmamıştır ($p>0.05$). Öksüztepe ve ark. (2010), TBA miktarlarının değişiminde balığın türü, yağ miktarı, mevsim gibi birçok

faktörün etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada, soğuk depolama boyunca K ve N gruplarının TBA miktarı, belirtilen limit değerinin altında kalmıştır. Bu durum, çalışmada kullanılan gökkuşağı alabalığı filetosunun yağ miktarının düşük olmasından dolayı lipid oksidasyonunun düşük oranda meydana gelmesi şeklinde açıklanmıştır. Ayrıca depolama boyunca nisin nanolifleri ile kaplanan grupların kontrol grubuna kıyasla daha düşük TBA değerine sahip olması, nisin TBA miktarı üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir.

4.10. TPA Analiz Sonuçları

Depolama boyunca alabalık filetolarının doku özelliklerinden; sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, bağlılık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik özellikleri incelenmiştir.

Depolama boyunca alabalık örneklerinin sertlik değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.6'da verilmiştir.

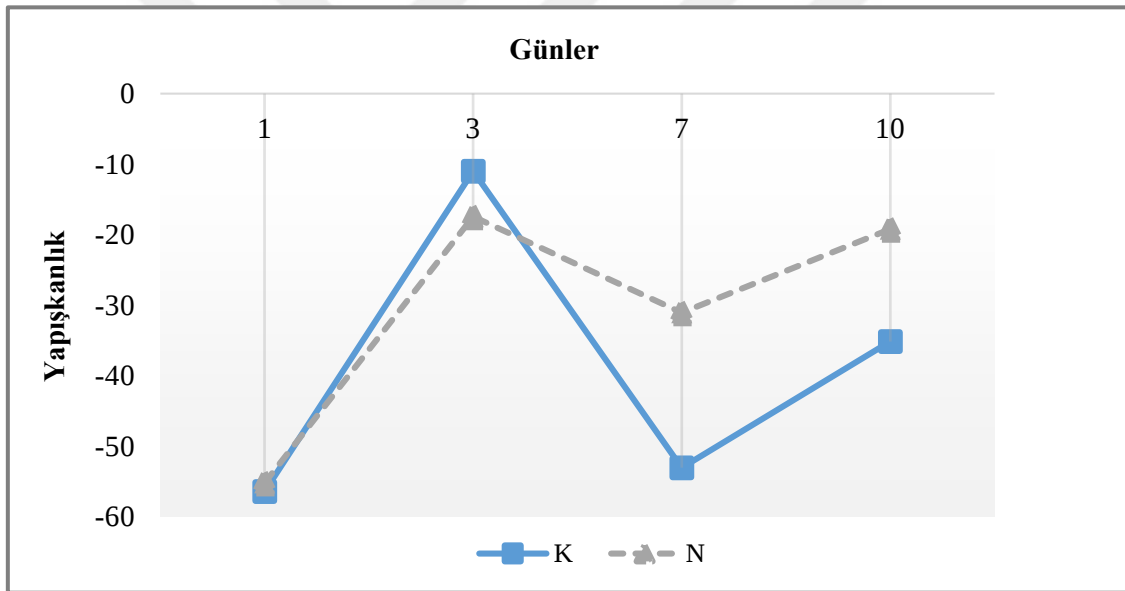


Şekil 4.6. Alabalık filetolarının sertlik değerlerinde meydana gelen değişimler.

Depolamanın 1. gününde gökkuşağı alabalığı filetosunun sertlik değerleri; kontrol grubu için 23.77 N, nisin nanolifi ile kaplanan grup için 38.17 N olarak bulunmuş ve gruplar arası farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın 3. günündeki sertlik değerleri incelendiğinde K grubunun sertlik değeri

20.30 N, nisin nanolifi ile kaplanan grubun sertlik değeri 26.32 N olarak tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Depolamanın 7. gününde K grubunun sertlik değeri 18.69 N, nisin nanolifi ile kaplanan grubun sertlik değeri 24.44 N olarak bulunmuştur. Soğuk depolamanın son gününde K grubu için sertlik değeri 18.52 N, nisin nanolifi ile kaplanan grup için 20.58 N olarak tespit edilmiştir. 7. ve 10. günlerde meydana gelen bu değişiklikler gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama boyunca K ve N gruplarının sertlik değerlerinde düşmeler meydana gelmiştir. En düşük sertlik değerinin (18.52 N) depolamanın son gününde kontrol grubunda olduğu belirlenmiştir. Depolama boyunca alabalık örneklerinin yapışkanlık değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.7’de verilmiştir.

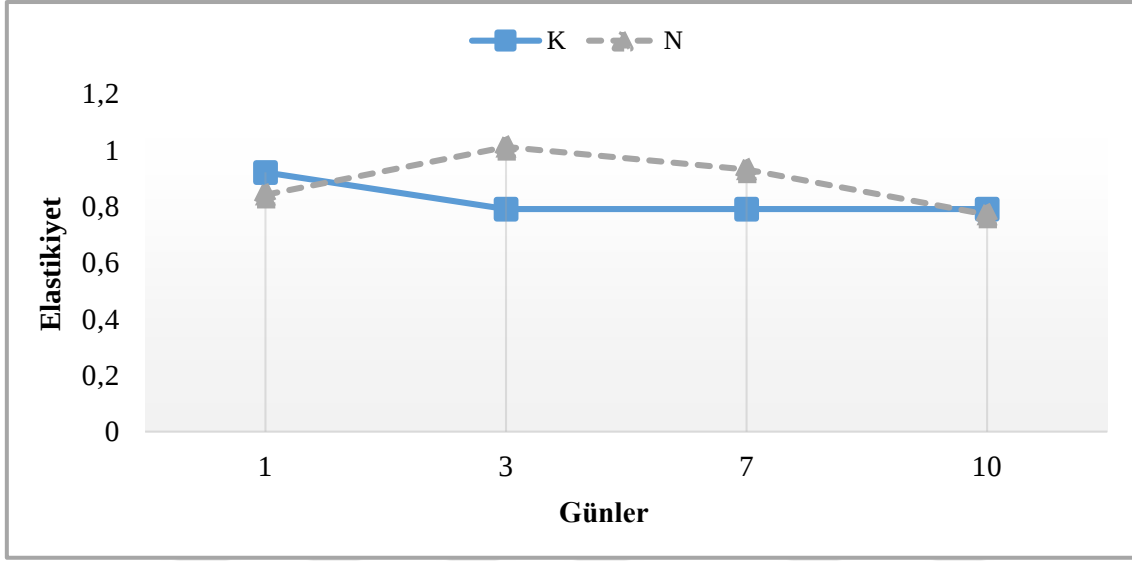


Şekil 4.7. Alabalık filetolarının yapışkanlık değerlerinde meydana gelen değişimler.

K ve N gruplarında soğuk depolama boyunca yapışkanlık değerinde dalgalanmalar meydana gelmiştir. Depolamanın ilk gününde, K grubunun yapışkanlık değeri -56.47, N grubunun ise -55.25 olarak belirlenmiştir ve gruplar arasında farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). 3. günde K grubu için yapışkanlık değeri -11.02 olarak saptanmış, N grubu için bu değer -17.46 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 7. gününde K grubunun yapışkanlık değeri -53.11, N grubunun ise -31.11 olarak belirlenmiştir ve gruplar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur

($p < 0.05$). Depolamanın son gününde yapışkanlık değeri K grubu için -35.19, N grubu için ise -19.24 olarak bulunmuştur ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel anlamda önemli olduğu tespit edilmiştir.

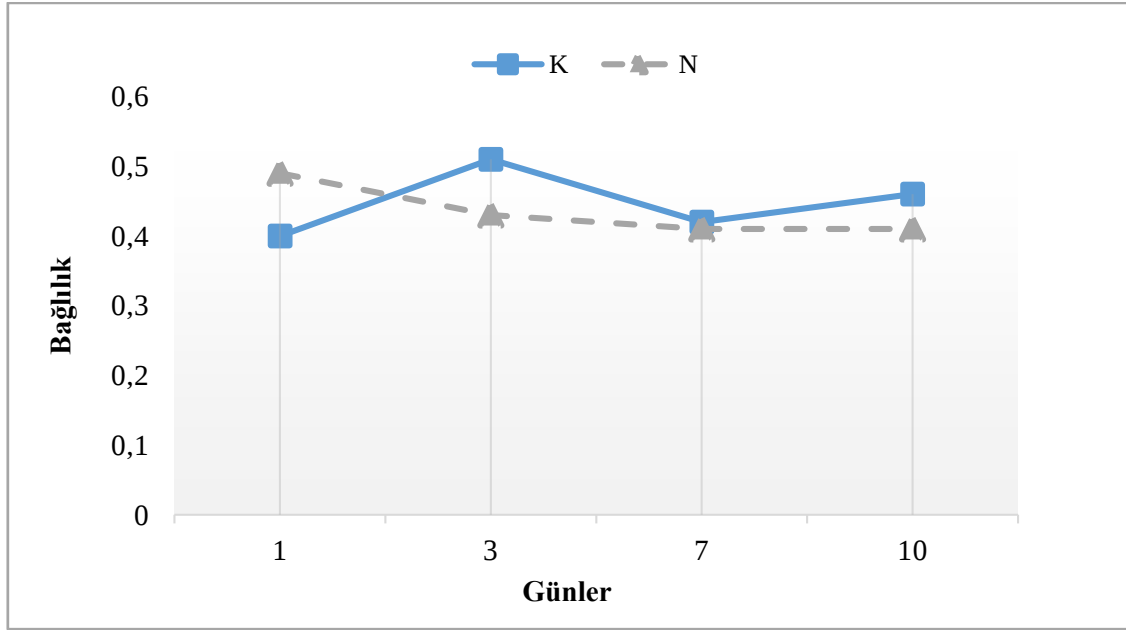
Depolama boyunca alabalık örneklerinin elastikiyet değerlerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Alabalık filetolarının elastikiyet değerlerinde meydana gelen değişimler.

Depolamanın 1. gününde K grubunun elastikiyet değeri 0.92 olarak tespit edilmiş ve depolamanın 3., 7. ve 10. günlerindeki elastikiyet değeri ise 0.79 olarak belirlenmiştir. N grubunun depolama boyunca elastikiyet değerinde artma ve azalmalar meydana gelmiştir fakat bu değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Depolamanın ilk gününde N grubunun elastikiyet değeri 0.84 olarak belirlenmiş ve 10. gündeki elastikiyet değeri 0.77’e düşmüştür. Depolama boyunca K ve N gruplarının elastikiyet değerlerinde meydana gelen değişimler gruplar arasında önemli bir fark oluşturmamıştır ($p > 0.05$).

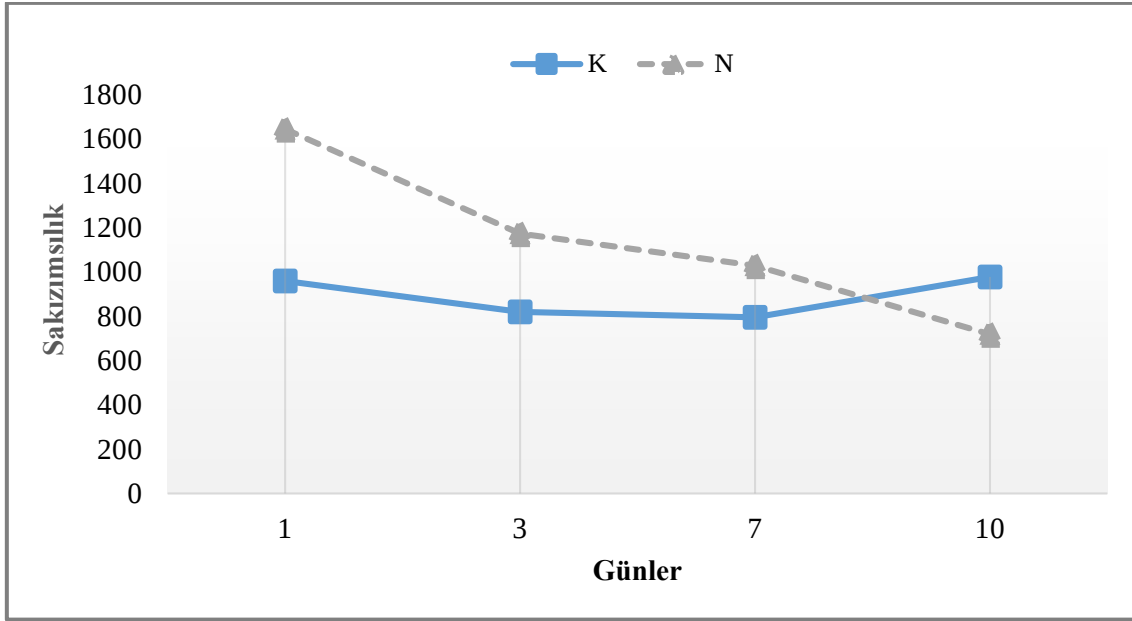
Depolama boyunca alabalık örneklerinin bağlılık değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9. Alabalık filetolarının bağlılık değerlerinde meydana gelen değişimler.

Bağlılık değeri incelendiğinde depolama boyunca K grubunda artma ve azalmalar meydana gelmiştir ancak bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Depolamanın 1. gününde K grubunun bağlılık değeri 0.40, N grubunun bağlılık değeri 0.49 olarak belirlenmiştir. 3 günde ise K grubunun bağlılık değeri 0.51'e yükselirken, N grubunun bağlılık değeri 0.43'e düşmüştür. Depolamanın 7. gününde bağlılık değeri K grubu için 0.42 ve N grubu için 0.41 olarak tespit edilmiştir. Depolama boyunca K ve N gruplarının bağlılık değerlerinde meydana gelen değişimler istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). K grubunun depolamanın ilk günündeki bağlılık değeri 0.40 iken depolamanın sonunda bağlılık değeri 0.46'ya yükselmiştir. N grubunun depolamanın ilk günündeki esneklik değeri 0.49 iken depolamanın son gününde bağlılık değeri 0.41'e düşmüştür.

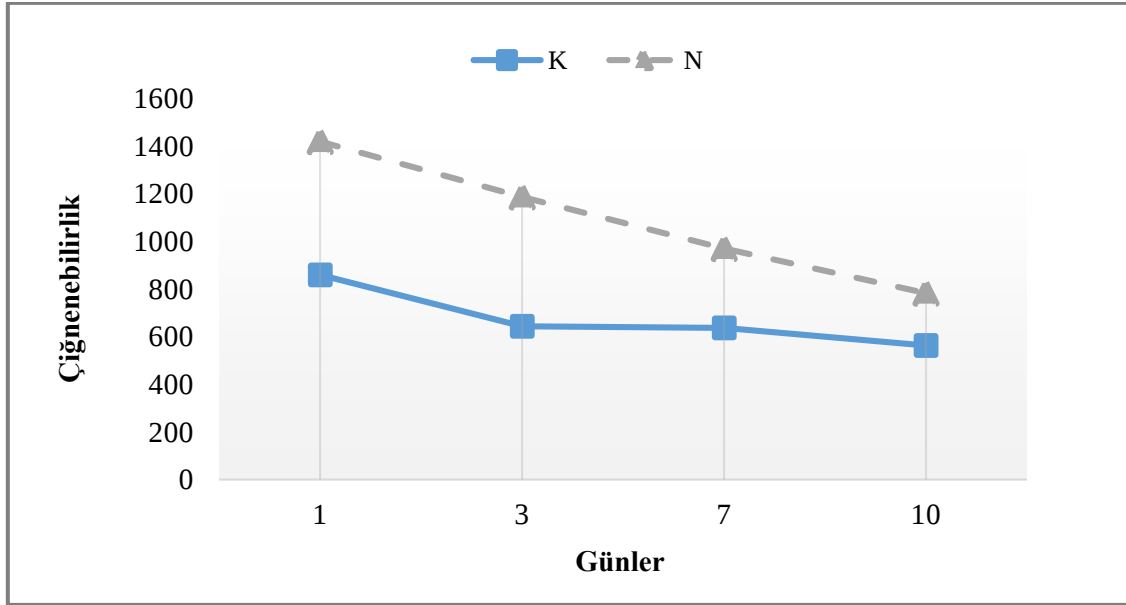
Depolama boyunca alabalık örneklerinin sakızimsılık değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Alabalık filetolarının sakızimsılık değerlerinde meydana gelen değişimler.

4 °C’de 10 günlük depolama süresince sakızimsılık değerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde; depolamanın ilk gününde K grubunun sakızimsılık değeri 958.17 ve N grubunun sakızimsılık değeri 1643.65 olarak belirlenmiştir ve gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). K grubunun sakızimsılık değerlerinde depolama boyunca dalgalanmalar meydana gelmiştir. Soğuk depolamanın 3. gününde her iki grubun sakızimsılık değerinde düşme meydana gelmiş ve K grubu için sakızimsılık değeri 819.10 ve N grubu için 1172.18 olarak belirlenmiştir. Depolamanın tüm günlerinde sakızimsılık değerinde meydana gelen değişimler gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşturmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın 7. gününde K grubunun sakızimsılık değeri 794.02 ve N grubunun sakızimsılık değeri 1027.28 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın sonunda K grubunun sakızimsılık değeri 976.33’e yükselmiştir. N grubunun sakızimsılık değeri ise 717.53’e düşmüştür.

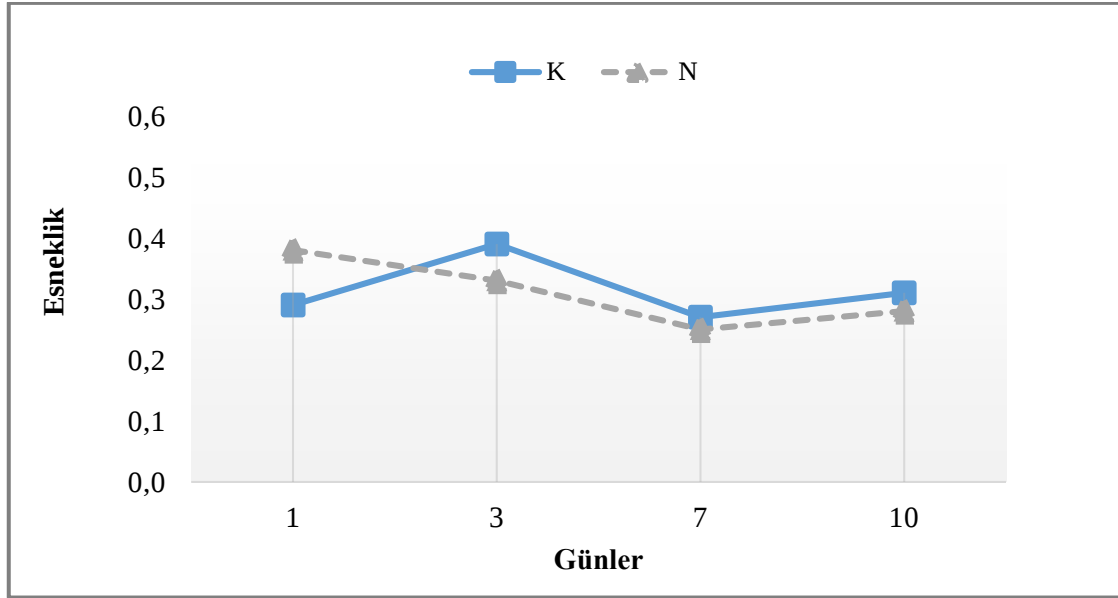
Depolama boyunca alabalık örneklerinin çignenebilirlik değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11. Alabalık filetolarının çiğnenebilirlik değerlerinde meydana gelen değişimler.

Depolama boyunca, K ve N gruplarının çiğnenebilirlik değerinde azalmalar meydana gelmiştir ve bu azalma, gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Depolamanın ilk gününde gökkuşağı alabalığı filetosunun kontrol grubunda çiğnenebilirlik değeri 857.92 olarak belirlenmiştir. N grubunda ise çiğnenebilirlik değeri 1417.82 olarak belirlenmiştir. K grubunun çiğnenebilirlik değeri depolamanın 3. gününde 642.69'a düşmüştür, N grubunun çiğnenebilirlik değeri ise 1184.99 olarak bulunmuştur. Depolama boyunca N grubunun çiğnenebilirlik değerlerinin K grubunun çiğnenebilirlik değerlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Soğuk depolamanın 7. gününde K grubunun çiğnenebilirlik değeri 635.88 ve N grubunun çiğnenebilirlik değeri 969.25 olarak belirlenmiştir. Depolamanın sonunda K grubunun çiğnenebilirlik değeri 562.21'e, N grubunun çiğnenebilirlik değeri ise 781.41'e düşmüştür.

Depolama boyunca alabalık örneklerinin esneklik değerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Alabalık filetolarının esneklik değerlerinde meydana gelen değişimler.

Esneklik değeri incelendiğine depolama boyunca K ve N gruplarında artma ve azalmalar meydana gelmiştir ancak bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Depolamanın ilk gününde, K grubunun esneklik değeri 0.29 ve N grubunun esneklik değeri 0.38 olarak belirlenmiştir. Depolamanın 3. gününde esneklik değeri K grubunda 0.39'a yükselmiştir, N grubunda ise 0.33'e düşmüştür. 7. günde K grubunun esneklik değeri 0.27 ve N grubunda 0.25 olarak bulunmuştur. K grubunun depolamanın ilk günündeki esneklik değeri 0.29 iken, depolamanın sonunda esneklik değeri 0.31'e yükselmiştir. N grubunun depolamanın ilk günündeki esneklik değeri 0.38 iken, depolamanın son gününde 0.28'e düşmüştür.

Fıçırcılar (2019), nisin ve lizozimin (%0.5 ve %1), sıcak dumanlanmış alabalık filetolarının tekstürel özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Depolama sonunda tüm örneklerde sertlik, elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin artış gösterdiğini belirtmiştir. Örneklerin tekstürel özellikleri ile nisin ve lizozim uygulamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir ilişkinin olmadığını tespit etmiştir ($p>0.05$).

Akarsu (2016), farklı kekik ekstraktları uygulanan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*, 1792) filetolarını vakum paketleyerek 21 gün süreyle örneklerin tekstürel özelliklerini incelemiştir. Depolama boyunca sakızimsılık, sertlik, çiğnenebilirlik, yapışkanlık, elastikiyet değerlerinde artma ve azalmaların meydana

geldiğini tespit etmiştir. Tekstürel değişimlerin istatistiksel olarak önemli olmadığını belirtmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kekik ekstraktlarının alabalık örneklerinin tekstürel özellikleri üzerinde etkili olmadığını ifade etmiştir.

Gao ve ark. (2014), nisin, biberiye ekstraktı ve kombinasyonlarının pompano balığında TPA parametrelerine etkisini inceledikleri çalışmada, depolamanın 3. gününde tüm gruplarda sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin hızlı bir şekilde azaldığı belirtilmiştir. Depolamanın sonunda ise kombine uygulamanın pompano balığının sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik özelliklerini diğer gruplara kıyasla daha iyi koruduğunu bildirmişlerdir.

Kılınç ve ark. (2009), gökkuşağı alabalığı filetoalarını %2.5'lik sodyum asetat (NaA), NaL ve sodyum sitrat (NaC) çözeltilerine 10 dk boyunca daldırmışlar ve 4 °C'de 9 gün boyunca depolanan balık filetoalarının tekstürel özelliklerini incelediklerinde sodyum uygulamalarının balık filetoalarının sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, bağlılık, çiğnenebilirlik ve esneklik özellikleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Yapılan tekstürel analizde depolama süresince alabalık örneklerinin sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Depolama sonunda N grubunun sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri K grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Alabalık filetoalarının elastikiyet, bağlılık ve esneklik değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak ayırt edici bir farkın bulunmadığı tespit edilmiştir. N grubunun sakızimsılık değeri K grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Yapışkanlık değerinin ise K grubundan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Mikrobiyal aktivite ve soğuk depolama boyunca balığın kas dokusundaki su miktarı değişimine balık dokusunda önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Mikrobiyal bozulma kas dokunun yumuşamasına neden olmaktadır (Ceylan ve ark., 2020). Yapılan bu çalışmada, nisin nanolifi ile kaplanan alabalık örneklerinin mikrobiyal gelişimi yavaşlatılmış ve ağırlık kaybı sınırlandırılmıştır. Bu etkinin alabalık örneklerinin sertlik değeri üzerinde olumlu yönde etki gösterdiği belirlenmiştir.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında üretilen PVA tabanlı nisin yüklü nanolifler ile alabalık filetoalarının kaplama işlemi gerçekleştirilmiş ve 4 °C’de 10 günlük depolama boyunca mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal analizler yapılarak balığın kalite özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır.

Üretilen nanoliflerin karakterizasyon analizleri sonucunda ortalama çapı 150.88 nm olan nanolifler elde edilmiştir ve üretilen nanoliflerin zeta potansiyelleri -3.38 ± 1.51 mV olarak belirlenmiştir.

Elde edilen nanoliflerin ısısal özellikleri, DSC analizi yapılarak belirlenmiş ve nanoliflere ait endotermik bir pik tespit edilmiştir. Üretilen nanoliflerin ATR-FTIR analizleri sonucunda, PVA tabanlı nanoliflere nisin yüklenmesinin, nanoliflerin kimyasal yapısında belirgin bir değişime neden olmadığı ve nisin, PVA tabanlı nanoliflere başarılı bir şekilde yüklenebileceği görülmüştür.

Çalışmada kullanılan taze gökkuşığı alabalığı filetosunun %19.59 ham protein, %1.38 ham yağ, %1.61 ham kül ve %75.62 nem içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

En yüksek ağırlık kaybı K grubunda meydana gelmiştir. N grubunda depolama süresince, K grubuna göre daha az ağırlık kaybı olduğu tespit edilmiş ve nisin nanolifi ağırlık kaybını önemli düzeyde engellemiştir.

Mikrobiyolojik analizler sonucunda; nisin nanolifi ile kaplanan grupların TMAB yükü depolama boyunca kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur. K grubunun TMAB yükü depolamanın 7. gününde sınır değeri aşmıştır. N grubunun TMAB yükü ise 10. günde sınır değere ulaşmıştır. Nisin nanolifleri ile kaplanmış gökkuşığı alabalığı filetoalarının raf ömrü 3 gün uzatılmıştır.

Depolama süresince, N grubundaki TLAB sayısının K grubuna göre daha düşük olduğu belirlenmiş ve nisin nanoliflerinin laktik asit bakteri gelişimini yavaşlattığı tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına göre; nisin nanolifi ile kaplanmış olan alabalık filetosunun L^* değeri, depolamanın sonunda 50.25 olarak belirlenmiş ve L^* değerinin depolama boyunca kontrol grubuna göre daha stabil olduğu gözlenmiştir. Depolama boyunca K ve N gruplarının a^* ve b^* değerlerinde

artma ve azalmalar meydana gelmiştir fakat a^* ve b^* değerlerinde belirgin bir farklılık saptanmamıştır.

Gökkuşığı alabalığı filetoları duyuşal olarak değerdendirildiğinde, N grubunun tüm duyuşal parametreleri, K grubuna göre daha yüksek puanlar almıştır. Nisin nanolifleri alabalık örneklerinin duyuşal özelliklerini K grubuna kıyasla, daha iyi korumuştur.

Depolamanın başlangıcında K grubunun TBA değeri 0.73 mg MDA/kg ve N grubunun TBA değeri 0.32 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir. Depolama boyunca tüm gruplarda TBA değeri limit değerin oldukça altında kalmıştır ve en yüksek TBA değeri 0.88 mg MDA/kg olarak belirlenmiştir.

Tekstürel özellikler değerdendirildiğinde; N grubunun sertlik ve çignenebilirlik değerdeleri K grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Elastikiyet, bağılılık ve esneklik değerdelerinde ayırt edici bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Yapışkanlık değeri depolama sonunda her iki grupta da artmıştır. Sakızımsılık değeri depolamanın sonunda K grubunda artarken N grubunda azalmanın meydana geldiğı belirlenmiştir. Genel olarak K ve N gruplarının TPA parametrelerinde tutarlı bir şekilde artma ve azalma meydana gelmediğı için gruplar arasında belirgin bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

Çalışma sonucuna göre, elektrodöndürme yöntemiyle PVA tabanlı nisin yüklü nanolifler başarılı bir şekilde üretilmiş, üretilen nisin nanolifleri alabalık filetolarının mikrobiyal yükünü azaltarak kalite özelliklerini korumuştur. Bu çalışma ile elektrodöndürme yöntemiyle nanolif haline getirilen nisinin etkin bir şekilde kullanımı sağlanmış ve nanoteknolojik uygulamaların avantajlı sonuçlar verdiğı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akarsu, H., 2016. *Buzdolabında (+2±1 °C) Vakum Paketlenerek Depolanmış Alabalık (Oncorhynchus mykiss Walbaum, 1792) Filetolarının Kalitesine Farklı Kekik (Origanum onites L.) Ekstraktlarının Etkisi*, (Yüksek Lisans tezi). RTEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Altan, A., Aytaç, Z., Uyar, T., 2018. Carvacrol loaded electrospun fibrous films from zein and poly (lactic acid) for active food packaging. *Food Hydrocolloids*, **81**: 48-59.
- AOAC, 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th Edition. Association of Official Analysis Chemists, Washington, DC, USA.
- AOAC, 1998. Fish and Other Marine Products. *Official Methods of Analysis of AOAC, International* (Editor: P. Cunniff).
- Ay, Z., 2013. *Nisin, Karvakrol ve Etilen Diamin Tetra Asetik Asit (Edta) 'In Salmonella Enterica Serotip Typhimurium' A Karşı Kombine Antimikrobiyal Etkisinin Belirlenmesi*, (Yüksek Lisans tezi). SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Ayas, D., 2006. Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve sardalya (*sardina pilchardus*)'nın sıcak tütülenmesi sonrasındaki kimyasal kompozisyon oranlarındaki değişim. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **23**: 343-346.
- Aydın, S., 2020. *Keçiboynuzu Meyvesinin Kalite Özelliklerinin FTIR Spektroskopisi ile Tahmin Edilmesi*, (Yüksek Lisans tezi). ATÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Behnam, S., Anvari, M., Rezaei, M., Soltanian, S., 2016. Effect of nisin on shelf-life extension of filleted rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food and Allied Sciences*, **2** (1): 1-7.
- Behnam, S., Anvari, M., Rezaei, M., Soltanian, S., Safari, R., 2015. Effect of nisin as a biopreservative agent on quality and shelf life of vacuum packaged rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) stored at 4 °C. *J Food Sci Technol*, **52** (4): 2184-2192.
- Beyrpazar, Ö., 2013. *Nanolif Üretiminde Çap Kontrolü*, (Yüksek Lisans tezi). NKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bhardwaj, N., Kundu, S.C., 2010. Electrospinning: a fascinating fiber fabrication technique. *Biotechnology Advances*, **28**: 325-347.
- Bulduklu, P., Özer, S., 2007. Mersin'de tüketime sunulan gökkuşığı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Motil Aeromonas'ların araştırılması ve mezofilik aerobik bakteri sayımı. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **24** (1-2): 97-102.
- Ceylan, Z., 2014. *Nisin ve Işınlama Uygulamalarının Birlikte Kullanılmasının Soğukta Depolanan Balığın Raf Ömrüne Etkisi*, (Yüksek Lisans tezi). İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ceylan, Z., 2017. *Elektrodöndürme Yöntemiyle Üretilen Biyopolimer Tabanlı Nanoliflerle Balık Filetolarının Kaplanması ve Depolama Stabilitésinin Artırılması*, (Doktora tezi) İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Ceylan, Z., Meral, R., Karakaş, C. Y., Dertli, E., Yılmaz, M. T., 2018. A novel strategy for probiotic bacteria: Ensuring microbial stability of fish fillets using characterized probiotic bacteria-loaded nanofibers, ***Innovative Food Science and Emerging Technologies***, **48**: 212–21.
- Ceylan, Z., Meral, R., Alav, A., Karakaş, C. Y., Yılmaz, M. T., 2020. Determination of textural deterioration in fish meat processed with electrospun nanofibers. ***Journal of Texture Studies***, **51**: 917–924.
- Chang, S. H., Lin, H. T. V., Wu, G. J., Tsai, G. J., 2015. pH effects on solubility, zeta potential, and correlation between antibacterial activity and molecular weight of chitosan. ***Carbohydrate Polymers***, **134**: 74–81.
- Cheigh, C., Pyun, Y., 2005. Nisin biosynthesis and its properties. ***Biotechnology Letters***, **27**: 1641-1648.
- Cheret, R., Chapleau, N., Delbarre-Ladrat, C., Verrez-Bagnis, V., Lamballerie, M., 2005. Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets. ***Journal of Food Science***, **70** (8): e477-e483.
- Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G., 2004. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. ***Food Microbiology***, **21**: 157–165.
- Çaklı, S., Kilinc, B., Cadun, A., Dincer, T., Tolasa, S., 2007. Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. ***Food Control***, **18**: 391–397.
- Çakmakçı, E., 2009. ***Elektrospinning Yöntemi ile Yeni Polimerik Malzemelerin Sentezi ve Karakterizasyonu***, (Yüksek Lisans tezi). MÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çayır, Ö., 2015. ***Elektro Eğirme Yöntemi ile Karvakrol Yüklü Nanoliflerin Üretimi ve Karakterizasyonu***, (Yüksek Lisans tezi). MÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Çiçek, P., K., 2016. ***Elektrodöndürme Tekniği ile Üretilen Kurkumin Yüklü Gliadin Nanoliflerinin Üretimi ve Karakterizasyonu***, (Yüksek Lisans tezi). YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çiftçi, Ş., Özek, S., Alay Aksoy, S., Aksoy, K., Göde, F., 2015. Nanokil katkılı PVA/kitosan nanolif sentezi ve karakterizasyonu. ***SDU Journal of Science***, **10** (1): 118-128.
- Daştan, H., 2009. ***Bor Katkılı Süperiletken Nanofiberlerin Elektrospinleme ile Eldesi***, (Yüksek Lisans tezi). SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dinç, H., 2013. ***Polivinil Borat Sentezi; Elektrospinning Yöntemiyle Nanofiber Hazırlanması ve Karakterizasyonu***, (Yüksek Lisans tezi). SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Doğan, G., 2012. ***Elektrolif Çekim Yöntemiyle Elde Edilen Biyopolimer Nanoliflerin Doku Mühendisliği ve İlaç Salınımı Uygulamalarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması***, (Doktora tezi). EÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Duyar, H. A., Gargacı, A., Yücel, Y., 2016. Yenilebilir mısır zeini filmiyle kaplama ve vakum paketlenmenin buzdolabında depolanan palamut balığının (*Sarda sarda*) raf ömrüne etkisi. ***Alinteri***, **31**: 77-83.
- Ekmekçi, M., 2012. ***Tuzu Azaltılmış Pastırma Üretiminde Potasyum Klorür ve Kalsiyum Klorür Kullanımının Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri***, (Yüksek Lisans tezi). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Erol Demirbilek, M., 2015. Tarımda ve gıdada nanoteknoloji. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 15: 46-53.
- Fallah, A.A., Saei-dehkordi, S.S., Nematollahi, A., 2011. Comparative assessment of proximate composition, physicochemical parameters, fatty acid profile and mineral content in farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 767-773.
- Fıçıcılar, B.B., 2019. *Çeşitli Doğal Maddelerin Sıcak Dumanlanmış Alabalıklarda Raf Ömrü ve Biyojen Amin Oluşumu Üzerine Etkileri*, (Doktora tezi). OMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Gao, M., Feng, L., Jiang, T., Zhu, J., Fu, L., Yuan, D., Li, J., 2014. The use of rosemary extract in combination with nisin to extend the shelf life of pompano (*Trachinotus ovatus*) fillet during chilled storage. *Food Control*, 37: 1-8.
- Govaris, A., Solomakos, N., Pexara, A., Chatzopoulou, P. S., 2010. The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against *salmonella enteridis* in minced sheep meat during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology*, 137: 175-180.
- Göğüs, U., Bozoğlu, F., Yurdugül, S., 2006. Comparative effects of lactic acid, nisin, coating combined and alone applications on some postmortem quality criteria of refrigerated *Sardina pilchardus*. *Journal of Food Quality*, 29: 658-671.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, O., ve Tulek, Y., 1993. *Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu*. AÜ, Ziraat Fak, Yay. No:318, Erzurum. 281.
- Gökşen, G., 2020. *Elektroegirme Yöntemiyle Uçucu Yağların Nanolif ile Enkapsülasyonu ve Karakterizasyonu*, (Doktora tezi). MEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Gönül, Ö., Bostan, K., 2018. Kremaların mikrobiyolojik kalitesi üzerine nisin ve lizozimin etkisi. *Aydın Gastronomy*, 2 (1): 1-13.
- Gönül, Ö., 2017. *Kremaların Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Nisin ve Lizozimin etkisi*, (Doktora tezi). İÜ, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Guohua, H., Wei, L., Hailin, F., Jian, L., Yuanyuan, G., 2016. Effects of chitosan combined with nisin treatment on storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). *Food Chemistry*, 203: 276-282.
- Gülgör, G., Özçelik, F., 2014. Bakteriyosin üreten laktik asit bakterilerinin probiyotik amaçlı kullanımı. *Akademik Gıda*, 12 (1): 63-68.
- Gündüz, A., 2014. *Biyoözünür Pcl Polimeri Kullanılarak Nanolif Tekstil Yüzeylerinin Üretilmesi ve Üretim Parametrelerinin Araştırılması*, (Yüksek Lisans tezi). KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Gürçan, Ş., 2016. *Elektro-Eğrilmiş Bnns/Pmma Nanolif Katkılı Vinilester Reçinenin Üretimi ve Karakterizasyonu*, (Yüksek Lisans tezi). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Gürel İnanlı, A., Emir Çoban, Ö., Yüce, S., Çelil, B., 2018. Yaban mersini (*Blue berry*) ve kurt üzümü (*Gojiberry*) ekstraktlarıyla zenginleştirilmiş kitosan ile kaplanmış gökkuşağı alabalığı (*Onchorhynchus mykiss* WALBAUM 1792) filetolarının piyasa koşullarında mikrobiyolojik değişimlerinin incelenmesi. *Ecological Life Sciences*, 13 (4): 171-181.
- Huis in't Veld, J. H. J., Veld, H., Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview. *International Journal of Food Microbiology*, 33: 1-18.

- Ifuku, S., Nogi, M., Yoshioka, M., Morimoto, M., Yano, H., Saimoto, H. 2010. fibrillation of dried chitin into 10-20 nm fibers by a simple grinding method under acidic conditions, *Carbohydrate Polymers*, **81**: 134-139.
- İkiz, Y., 2009. Elektro çekim yöntemi işlem parametrelerinin PVA nanolif morfolojisine etkileri. *Pamukkale üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **15** (3): 365-369.
- İpek, M., 2016. *Elektrostatik Nanolif Çekim Yöntemine Yönelik Olarak Farklı Geometri ve Özellikte Toplayıcı Plakaların Geliştirilmesi ve Kullanılan Toplayıcı Plakaların Nanolif Morfolojisi Üzerine Etkilerinin Araştırılması*, (Yüksek Lisans tezi). SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kaewprachu, P., Amara, C.B., Oulahal, N., Gharsallaoui, A., Joly, C., Tongdeesontorn, W., Rawdkuen, S., Deraeve, P., 2018. Gelatin films with nisin and catechin for minced pork preservation. *Food Packaging and Shelf Life*, **18**: 173-183.
- Kakatkar, A.S., Guatam, R. K., Shashidhar, R., 2017. Combination of glazing, nisin treatment and radiation processing for shelf-life extension of seer fish (*Scomberomorous guttatus*) steaks. *Radiation Physics and Chemistry*, **130**: 303-305.
- Kamble, P., Sadarani, B., Majumdar, A., Bhullar, S., 2017. Nanofiber based drug delivery systems for skin: A promising therapeutic approach. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, **41**: 124-133.
- Kandırmaz, E.A., 2020. Nisin ve sodyum aljinat içeren kağıt kaplamalarının hazırlanması ve antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, **22**(1): 114-122.
- Karatepe, T. U., Ekerbiçer, H. Ç., 2017. Gıda katkı maddeleri. *Sakarya Tıp Dergisi*, **7** (4): 164-167.
- Kılınç, B., Çaklı, Ş., Dinçer, T., Tolasa, Ş., 2009. Microbiological, chemical, sensory, color, and textural changes of rainbow trout fillets treated with sodium acetate, sodium lactate, sodium citrate, and stored at 4°C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **18**: 3–17.
- 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). YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Kışla, D., 2001. *Nisin Üreten Lactococcus lactis İzolasyonu ve Nisin Üretimine Etki Eden Faktörler*, (Doktora tezi). EÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kışla, D., Ünlütürk, A., 2003. Nisinin antimikrobiyal etkisi, taze ve işlenmiş balıklarda kullanımı. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **20** (3-4): 543-550.
- Kim, E. L., Choi, N. H., Bajpai, V. K., Kang, S. C., 2008. Synergistic effect of nisin and garlic shoot juice against *Listeria monocytogenes* in milk. *Food Chemistry*, **110**: 375- 382.
- Köse, S., Erdem, M.E., 2001. Quality changes of whiting (*Merlangius merlangus euxinus* N.1840) stored at ambient and refrigerated temperatures. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **1**: 59-65.
- Kriegel, C., Arrechi, A., Kit, K., McClements, D. J. ve Weiss, J., 2008. Fabrication, functionalization and supplication of electrospun biopolymer nanofibers. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **48**: 775-797.

- Kumru, A., 2013. *Elektroüretimle Nanolif Eldesinde Etki Eden Faktörlerin ve Jelatin-Pektin İçeren Nanoliflerin Model Gıdaların Reolojik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi*, (Yüksek Lisans tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Küçükali Öztürk, M., 2017. *Nanofibrous Resonant Membrane For Acoustic Applications*, (Doktora tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Langroudi, H.F., Soltani, M., Kamali, A., Hoseini, M.R.S.E., Benjakul, S., Heshmatipour., 2011. Effect of *Listeria monocytogenes* inoculation, sodium acetate and nisin on microbiological and chemical quality of grass carp *Ctenopharyngodon idella* during refrigeration storage. *African Journal of Biotechnology*, **10** (42): 8484-8490.
- Lin, L.S., Wang, B.J., Weng, Y.M., 2011. Quality preservation of commercial fish balls with antimicrobial zein coatings. *Journal of Food Quality*, **34**: 81-87.
- Lopez, C. C., Serio, A., Montalvo, C., Ramirez, C., Alvarez, J. A. P., Paparella, A., Mastrocola, D., Martuscelli, M., 2017. Effect of nisin on biogenic amines and shelf life of vacuum packaged rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, **54** (10): 3268-3277.
- Lu, F., Ding, Y., Ye, X., Liu, D., 2010. Cinnamon and nisin in alginatecalcium coating maintain quality of fresh northern snakehead fish fillets. *LWT-Food Science and Technology*, **43**: 1331-1335.
- Meral, R., Alav, A., Karakaş, C. Y., Dertli, E., Yılmaz, M. T., Ceylan, Z., 2019. Effect of electrospun nisin and curcumin loaded nanomats on the microbial quality, hardness and sensory characteristics of rainbow trout fillet. *LWT-Food Science and Technology*, **113**: 1-8.
- Mexis, S. F., Chouliara, E., Kontominas, M. G., 2009. Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 degrees. *Food Microbiology*, **26** (6): 598-605.
- Mirshekari, S., Safari, R., Adel, M., Motalebi Moghanjoghi, A. A., Khalili, E., Bonyadian, M., 2016. Antimicrobial and antioxidant effects of nisin Z and sodium benzoate in vacuum packed caspian kutum (*Rutilus frisii*) fillet stored at 4 °C. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **15** (2): 789-801.
- Neethirajan, S., Jayas, D.S., 2010. Nanotechnology for the food and bioprocessing industries, *Food Bioprocessing Technology*, **4** (1): 3947.
- Neetoo, H., Ye, M., Chen, H., Joerger, R.D., Hicks, D.T., Hoover, R.D., 2008. Use of nisin-coated plastic films to control *Listeria monocytogenes* on vacuum-packaged cold-smoked salmon. *International Journal of Food Microbiology*, **122**: 8-15.
- Niu, B., Zhan, L., Shao, P., Xiang, N., Sun, P., Chen, H., Gao, H., 2020. Electrospinning of zein-ethyl cellulose hybrid nanofibers with improved water resistance for food preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, **142**: 592-599.
- Norhana, M. N. W., Poole, S. E., Deeth, H. C., Dkeys, G. A., 2012. Effects of nisin, EDTA and salts of organic acids on *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* and native microflora on fresh vacuum packaged shrimps stored at 4°C. *Food Microbiology*, **31**: 43-50.
- Nykanen, A., Weckman, K., Lapvetelainen, A., 2000. Synergistic inhibition of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked rainbow trout by nisin and sodium lactate. *International Journal of Food Microbiology*, **61** (1): 63-72.

- Oğuz, S., 2018. *Characterization Of Pea Flour Based Nanofibers Produced By Electrospinning Method*, (Yüksek Lisans tezi). ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Oğuzhan, P., Angiş, S., Haliloğlu, H., İ., Atamanalp, M., 2006. Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında sıcak tütsüleme sonrası kimyasal kompozisyon değişimleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23: 465-466.
- Okutan, N., 2013. *Elektrodöndürme Yöntemiyle Elde Edilen Jelatin Nanofiblerinin Emülsiyonlarda Stabilize Edici Olarak Kullanılması*, (Yüksek Lisans tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Okutan, N., Terzi, P., Altay, F., 2014. Affecting parameters on electrospinning process and characterization of electrospun gelatin nanofibers. *Food Hydrocolloids*, 39: 19-26.
- Öksüztepe, G., Emir Çoban, Ö., Şahan Güran, H., 2010. Sodyum laktat ilavesinin taze gökkuşluğu alabalığından (*Oncorhynchus mykiss* W.) yapılan köftelere etkisi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16: 65-72.
- Öz, A.T., Süfer, Ö., 2013. Taze meyve ve sebzelerin muhafazasında modifiye atmosfer paketlemenin doğal bileşiklerle birlikte kullanımı. *Akademik Gıda*, 11 (2): 110-115.
- Özdoğan, E., Demir, A., Seventekin, N., 2006. Nanoteknoloji ve tekstil uygulamaları. *Tekstil ve Konveksiyon Dergisi*, 3: 159-168.
- Özel, B., Şimşek, Ö., 2017. Nisinin sinerjistik antimikrobiyal etkisi. *Akademik Gıda*, 15 (3): 288-299.
- Özgacar, S.Ö., 2013. *Lactococcus lactis'ten İzole Edilen Nisinin Farklı Lipomozal Formülasyonlarının Antimikrobiyal Etkisinin İncelenmesi*, (Doktora tezi). GÜ, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Palludan Müller, C., Dalgaard, P., Huss, H. H., Gram, L., 1998. Evaluation of the role of *Carnobacterium piscicola* in spoilage of vacuum and modified atmosphere packed cold smoked salmon stored at 5°C. *International Journal of Food Microbiology*, 39: 155-166.
- Pekacar, E.M., Battaloğlu, R., 2018. *Maclura pomifera* (Osage Orange) meyve özütünden elektroğirme yöntemiyle üretilen membranların karakterizasyonu. *Türk Tarım- Gıda Bilimi ve Teknoloji Dergisi*, 6 (4): 447-451.
- Peng, J., Zheng, F., Wei, L., Lin, H., Jiang, J., Hui, G., 2018. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) quality enhancement using complex bio-preservative during cold storage. *Food Measure*, 12: 78-86.
- Polat, S., Fenercioğlu, H., 2014. Gıda ambalajlamasında nanoteknoloji uygulamaları: inorganik nanopartiküllerin kullanımı. *Gıda*, 39 (3): 187-194.
- Rahimabadi, E. Z., Rigi, M., Rahnama, M., Safari, R., Arshadi, A., Barani, M., 2012. The effects of *Zataria multiflora* boiss essential oil and nisin on chemical characteristics of rainbow trout fillet stored at 4 °C. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 4: 116-121.
- Schelegueda, L.I.i., Gliemmo, M.F., Campos, C.A., 2012. Antimicrobial synergic effect of chitosan with sodium lactate, nisin or potassium sorbate against the bacterial flora of fish. *Journal of Food Research*, 1 (3): 272-281.
- Sirin, Ş., Çetiner, S., Saraç, A.S., 2013. Polymer nanofibers via electrospinning factors affecting nanofiber quality. *Journal of Engineering Sciences*, 16 (2): 1-12.

- Sofra, C., Tsironi, T., Taoukis, P.S., 2018. Modeling the effect of pre-treatment with nisin enriched osmotic solution on the shelf life of chilled vacuum packed tuna. *Journal of Food Engineering*, **216**: 125-131.
- Söylemez, E., 2016. *Polivinil Alkol-Polietilenimin (Pva-Pet) Kompozit Nanoliflerin Elektrosplinleme Yöntemi ile Üretimi, Karakterizasyonu ve Çeşitli Kullanım Alanlarına Uygulanması*, (Yüksek Lisans tezi). HİTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum.
- Stevens, K.A., Sheldon, B.W., Klapes, N.A., Klaenhammer, T.R., 1991. Nisin treatment for inactivation of Salmonella species and other gram-negative bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, **57** (12): 3613-3615.
- Stone, H., Sidel, J.L., 2004. The organization and operation of a sensory evaluation program, 2. *Sensory Evaluation Practices* (Editor: S. L. Taylor). Redwood City, California, USA. 365.
- Subbiah, T., Bhat, G. S., Tock, R.W., Parameswaran, S., Ramkumar, S.S., 2005. Electrospinning of Nanofibers. *Journal of Applied Polymer Science*. **96** (2): 557-569.
- Sun, X., Guo, X., Ji, M., Wu, J., Zhu, W., Wang, J., Cheng, C., Chen, L., Zhang, Q., 2019. Preservative effects of fish gelatin coating enriched with CUR/ β CD emulsion on grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during storage at 4 °C. *Food Chemistry*, **272**: 643-652.
- Süfer, Ö., Karakaya, S., 2011. Gıda endüstrisi ve nanoteknoloji: durum tespiti ve gelecek. *Akademik Gıda*, **9** (6): 81-88.
- Süpüren, G., Kanat, Z.E., Çay, A., Kırıcı, T., Gülümser, T., Tarakçıoğlu, I., 2007. Nano lifler (Bölüm 2). *Tekstil ve Konveksiyon Dergisi*, **2**: 83-89.
- Şener, A. G., 2011. *Elektro Üretim Yöntemiyle Sodyum Aljinat ve Mısır Nişastası İçeren Nanolif Eldesine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi*, (Yüksek Lisans tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tarhan, Ö., Gökmen, V., Harsa, Ş., 2010. Nanoteknolojinin gıda bilim ve teknolojisi alanındaki uygulamaları. *Gıda*, **35** (3): 219-225.
- Tarladgis, B., G., Watts, B., M., Younathan, M., T., Dugan, L., 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemistry Society*, **37** (1): 44-48.
- Taylor, L.Y., Cann, D.D., Welch, B.J., 1990. Antibotulinal properties of nisin in fresh fish packaged in an atmosphere of carbon dioxide. *Journal of Food Protection*, **53** (11): 953-957.
- Tokur, B., 2007. The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Science and Technology*, **42** (7), 874-879.
- Turan, H., 2002. *Balık Dondurma Teknolojisinde Değişik Balıklarda Dondurma Öncesi ve Sonrası Yapılacak İşlemlerin Ürün Kalitesi ve Depo Ömrüne Etkilerinin İncelenmesi*, (Doktora tezi). OMÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Turgis, M., Vu, K.D., Dupont, C., ve Lacroix, M., 2012. Combined antimicrobial effect of essential oils and bacteriocins against foodborne pathogens and food spoilage bacteria. *Food Research International*, **48**: 696-702.
- Turgut, Z. İ., 2008. *B12 Vitaminin Kontrollü Salınımı İçin Nanolifler Geliştirilmesi* (Yüksek Lisans tezi). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Uçar, Y., 2018. *Farklı Konsantrasyonlarda Kullanılan Nisinin Soğukta (4 ± 2 °C) ve Vakum Paketlenerek (Dicentrarchus labrax, Linnaeus, 1758) Filetolarının*

- Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri**, (Doktora tezi). ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Uymaz, B., Şanlıbaba, P., 2015. Gıdalardaki biyokoruyucu: Nisin(E234). *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3 (12): 908-915.
- Uysal, İ., Çaklı, Ş., Çelik, U., 2002. Kültür şartlarında extruder pelet yemle beslenen abant alabalığı (*salmo trutta abanticus* t., 1954) ile gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* w., 1792)'nın biyokimyasal kompozisyonları. *Su Ürünleri Dergisi*, 19: 447-454.
- Ünal, G., 2012. Süt proteinlerinin gıda endüstrisinde nanoteknolojik olarak uygulama alanları. *Gıda*, 37 (3): 181-188.
- Üstümkol, N., 2006. **Farklı Ortam Koşullarında Nisin, Lizozim ve Bazı Bitkisel Kaynakların Küf Gelişiminin Kontrol Altına Alınması Üzerine Etkileri**, (Yüksek Lisans tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Var, I., Sağlam, S., 2015. Gıda endüstrisinde nanoteknoloji uygulamaları. *Gıda*, 40 (2): 101-108.
- Watanabe, J., Iwamoto, S., Ichikawa, S., 2005. Entrapment of some compounds into biocompatible nano-sized particles and their releasing properties. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 42: 141-146.
- Weiss, J., Takhistov, P., McClements, DJ., 2006. Functional materials in food nanotechnology. *J Food Sci*, 71 (9): 107-116.
- Wen, P., Zhu, D.H., Wu, H., Z, M.H., Jing, Y.R., Han, S.Y., 2016. Encapsulation of cinnamon essential oil in electrospun nanofibrous film for active food packaging. *Food Control*, 59: 366-376.
- Yalçın, A. K., 2010. **Nanoteknoloji ve Gıda Sanayinde Uygulama Alanları**, (Yüksek Lisans tezi). NKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yavuzer, E., 2011. **Doğal ve Ticari Yemle Beslenen Gökkuşağı Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Buzda Depolanma Süresince Kimyasal, Duyusal ve Mikrobiyolojik Değişimler**, (Yüksek Lisans tezi). ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yener, F., 2010. **Klasik ve İğnesiz Elektrospinning Yöntemleriyle Elde Edilen Nano Liflerin Kıyaslanması ve Bu Yöntemlerdeki Sistem Parametrelerinin Lif Üzerindeki Etkileri**, (Yüksek Lisans tezi). KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Yener, F., Jirsak, O., Yalçınkaya, B., 2011. Materyal parametrelerinin elektro lif çekim yöntemiyle oluşturulan polivinil butiral nanolifleri üzerindeki etkisi. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (2): 26-34.
- Yılmaz, A., Bozkurt, F., Çiçek, P.K., Dertli, E., Durak, M.Z., Yılmaz, M.T., 2016. A novel antifungal surface-coating application to limit postharvest decay on coated apples: molecular, thermal and morphological properties of electrospun zein-nanofiber mats loaded with curcumin. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37: 74-85.
- Yılmaz, T., 2015. **E Vitaminin Elektrodöndürme yöntemiyle Enkapsülasyonu ve Elektrodöndürmeyi Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi, Nanoliflerin Karakterizasyonu**, (Yüksek Lisans tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, M., 2014. **Elektro Döndürme Yöntemi ile Elde Edilen Karbon Nanolif ve Karbon Nanotüplerin Karakterizasyonu ve İşlevselleştirilmesi**, (Yüksek Lisans tezi). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Yuvka, İ., 2014. *Biberiye (Rosmarinus officinalis) ve Kekik (Thymus vulgaris) Uçucu Yağları Kullanılarak Hazırlanan Nanoemülsiyonların Buzda Depolanan Alabalık (Oncorhynchus mykiss Walbaum, 1792) Filetosu Kalitesine Kimyasal, Duyusal ve Mikrobiyolojik Etkileri*, (Yüksek Lisans tezi). ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Zhao, S., Li, N., Li, Z., He, H., Zhao, Y., Zhu, M., Wang, Z., Kang, Z., Ma, H., 2019. Shelf life of fresh chilled pork as affected by antimicrobial intervention with nisin, tea polyphenols, chitosan and their combination. *International Journal of Food Properties*, 22 (1): 1047-1063.
- Zuckerman, H., Avraham, R. B., 2002. Control of growth of *L.monocytogenes* in fresh salmon using microgradtm and nisin. *Lebensm Wissu Technolgy*, 35: 543–548.





ÖZ GEÇMİŞ

Burcu ÖNER ilk, orta ve lise öğrenimini Van'da tamamladı. 2013 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2017 yılında mezun oldu. 2017 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen lisansüstü eğitimine aynı üniversitede devam etmektedir.

