

T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALABALIK YAN ÜRÜNLERİNDEN ULTRASON DESTEKLİ
PROTEİN HİDROLİZATI ÜRETİMİ VE SU ÜRÜNLERİNİN RAF
ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

GÜLSÜM BALÇIK MISIR

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. SERKAN KORAL

TEZ JÜRİLERİ

PROF. DR. SEVİM KÖSE

PROF. DR. MEHMET EMİN ERDEM

DOÇ. DR. EMRE ÇAĞLAK

DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET RAİF ERYAŞAR

DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

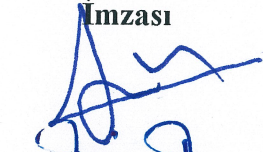

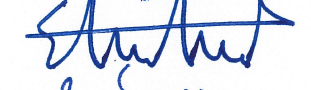

RİZE-2019


Her Hakkı Saklıdır


T.C.
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALABALIK YAN ÜRÜNLERİNDEN ULTRASON DESTEKLİ PROTEİN
HİDROLİZATI ÜRETİMİ VE SU ÜRÜNLERİNİN RAF ÖMRÜ ÜZERİNE
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Doç. Dr. Serkan KORAL danışmanlığında, Gülsüm BALÇIK MISIR tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 01/02/2019 tarihinde Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda **DOKTORA** tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı Adı Soyadı	İmzası
Başkan	: Prof. Dr. Sevim KÖSE	
Üye	: Prof. Dr. Mehmet Emin ERDEM	
Üye	: Doç. Dr. Serkan KORAL	
Üye	: Doç. Dr. Emre ÇAĞLAK	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Raif ERYAŞAR	


Doç. Dr. Ferhat KALAYCI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında pozitif yaklaşımla, bilgi, tecrübe ve desteğini esirgmeden çalışmanın tüm aşamalarında yanımda olan saygıdeğer danışman hocam Sayın Doç. Dr. Serkan KORAL'a, saygılarımı ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Özellikle çalışmanın laboratuvar aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Barış KARSLI ve bana her türlü laboratuvar imkanlarını sunan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Çalışmanın bazı analizlerinin gerçekleştirilmesinde katkılarını esirgemeyen Doç. Dr. Emre ÇAĞLAK, Doç. Dr. Nimet BALTAŞ, Dr. Öğr. Üyesi Hakan KARAOĞLU, Dr. Öğr. Gör. Adem DEMİR ve Dr. Öğr. Gör. Murat ŞİRİN'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Sevgi, hoşgörü ve destekleriyle çalışmama büyük katkı sağlayan sevgili eşim Devrim Selim MISIR'a ve tüm çalışmalarımnda kendilerinden çaldığım zamanlarda eksikliğimi hissettirmeden çocuklarıma zaman ayıran değerli anneme, babama ve kardeşlerime içten teşekkürlerimi sunarım.

Gülsüm BALÇIK MISIR

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan “Alabalık Yan Ürünlerinden Ultrason Destekli Protein Hidrolizati Üretimi ve Su Ürünlerinin Raf Ömrü Üzerine Etkisinin Belirlenmesi” başlıklı bu tezi, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim 01/02/2019


Gülsüm BALÇIK MISIR

***Uyarı:** Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

ÖZET

ALABALIK YAN ÜRÜNLERİNDEN ULTRASON DESTEKLİ PROTEİN HİDROLİZATI ÜRETİMİ VE SU ÜRÜNLERİNİN RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Gülsüm BALÇIK MISIR

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı
Doktora Tezi
Danışman: Doç. Dr. Serkan KORAL**

Bu çalışmada, Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) yan ürünlerinden (baş, omurga, deri, kuyruk ve yüzgeçler) balık protein hidrolizatı (BPH) üretilmiştir. Hidrolizat üretiminde geleneksel enzimatik yöntem (GH) ve ultrason destekli enzimatik yöntem (UH) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bu hidrolizatların biyokimyasal, fiziksel, antioksidan ve fonksiyonel özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu BPH'lar taze, dondurulmuş ve tütülenmiş palamut filetolarında yenilebilir kaplama materyali olarak kullanılarak kalite değişim parametreleri araştırılmıştır. Kaplama materyalleri kontrol (K), GH'la üretilmiş normal hidrolizat grubu (NH) ve UH'la üretilmiş hidrolizat grupları (UH) oluşturulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre UH'a ait protein geri kazanımı GH'dan daha yüksek bulunmuştur. Her iki grubun protein çözünürlüğü pH 7'de en yüksek, pH 3'te ise en düşük düzeyde saptanmıştır. Alabalık yan ürünlerinden üretilen BPH'ların gıda sistemlerinde fonksiyonel ve antioksidan kaplama materyali olarak kullanım potansiyeline sahip olduğu ortaya konulmuştur. Ultrasonun özellikle proteinlerdeki yapısal ve konformasyonel değişikliklerle hidrolizatta protein çözünürlüğünü ve fonksiyonel özelliklerini geliştirdiği gözlenmiştir. Kaplama olarak uygulanan BPH'ın soğutulmuş, dondurulmuş ve tütülenmiş palamut filetolarının kimyasal, fiziksel, duyuşal ve mikrobiyal açıdan bozulmalarını geciktirerek depolama sürelerini uzattığı belirlenmiştir. UH ile kaplanan grupların bazı kalite değerleri NH gruplarından farklılık göstermemiştir. Su ürünlerinin muhafazasında antioksidan aktivite özellikleri ile alabalık yan ürünlerinden üretilen BPH'ın kaplama materyali olarak kullanılabilceği ortaya konulmuştur.

2019, 202 sayfa

Anahtar kelimeler: Alabalık, Yan Ürünler, Protein Hidrolizatı, Ultrason, Fonksiyonel Özellikler.

ABSTRACT

PRODUCTION OF ULTRASOUND ASSISTED PROTEIN HYDROLYZATES FROM TROUT BY-PRODUCTS AND DETERMINING THEIR EFFECTS ON THE SHELF LIFE OF SEAFOOD

Gülsüm BALÇIK MISIR

Recep Tayyip Erdoğan University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Fisheries
Ph. D. Thesis
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serkan KORAL

In this study, fish protein hydrolyzate (FPH) was produced from the by-products (head, backbone, skin, tail and fins) of the Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792). In the production of hydrolyzate, two different methods as the conventional enzymatic method (CH) and the ultrasound-assisted enzymatic method (UH) were used. Biochemical, physical, antioxidant and functional properties of these protein hydrolyzates were compared. These FPH's were used as coating material and applied to cold, frozen and smoked bonito fillets and their quality parameters were investigated. Three coated groups were prepared as control (K), normal coating group (NH) from CH and ultrasound assisted group (UH) representing UH. According to results, protein recovery of UH was found higher than CH. Both groups have the highest solubility at pH 7, and the lowest at pH 3. According to the results, FPH produced from trout by-products, has been shown to have the potential in the use of food systems as functional, antioxidant coating material. It has been observed that ultrasound can produce structural and conformational changes especially in proteins, thereby improving the protein solubility and hence the functional properties in the hydrolysates. Analysis of physical, chemical, sensory and microbiological quality parameters were done for all coated groups. The FPH coating prolonged the storage duration of cold, frozen and smoked bonito fillets by delaying chemical, physical, sensory and microbial degradation. UH coated groups were not shown significant differences than NH coated groups in terms of some quality values. Results showed that FPH produced from trout by-products' can be utilized as coating material for seafood in terms of its antioxidant activities.

2019, 202 pages

Keywords: Rainbow Trout, By-Products, Protein Hydrolysate, Ultrasound, Functional Properties.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Balık Yan Ürünleri ve Atıkları	4
1.2.1. Balık Yan Ürünlerinde Proteinler	5
1.2.2. Balık Proteinlerinin Teknolojik ve Fonksiyonel Özellikleri.....	6
1.3. Enzimler.....	6
1.4. Proteinlerin Hidrolizi ve Protein Hidrolizatları	7
1.5. Ultrason Uygulamaları.....	10
1.6. Balık Protein Hidrolizatlarının Teknolojik Uygulamaları	12
1.7. Yenilebilir Filmler ve Kaplamalar	15
1.8. İşlenmiş Su Ürünleri ve Muhafazası.....	18
1.9. Çalışmada Kullanılan Balıklar Hakkında Genel Bilgiler.....	20
1.9.1. Gökkuşuğu Alabalığı	20
1.9.2. Palamut Balığı.....	22
1.10. Literatür Özeti.....	24
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	37
2.1. Materyal	37
2.2. Metot.....	39
2.2.1. Alabalık Yan Ürünlerinden Geleneksel ve Ultrason Destekli Hidrolizat Üretimi.....	39
2.2.2. Palamut Balıklarından Fileto Çıkarılarak Kaplanmaya Hazırlanması	41
2.2.3. Kaplama Materyalinin Hazırlanması	41
2.2.4. Palamut Filetolarının Kaplanarak Soğuk (+4±1 °C) ve Donmuş (-18±1 °C) Muhafaza Koşullarında Depolanması	42

2.2.5.	Palamut Filetolarının Tütsülenmesi, Kaplanması ve Soğuk (+4±1 °C) Muhafaza Koşullarında Depolanması.....	43
2.2.6.	Analiz Metotları.....	45
2.2.6.1.	Yan Ürünler ve Hidrolizat Verimi.....	46
2.2.6.2.	Hidrolizatta Protein Verimi.....	46
2.2.6.3.	Fiziksel Analizler.....	46
2.2.6.3.1.	Renk Analizi (L*, a*, b*).....	46
2.2.6.3.2.	Su Aktivitesi (a _w) Analizi.....	47
2.2.6.3.3.	pH Tayini.....	47
2.2.6.4.	Biyokimyasal Kompozisyon ve Amino Asit Analiz Metotları.....	47
2.2.6.4.1.	Ham Protein Analizi.....	47
2.2.6.4.2.	Ham Yağ Tayini.....	48
2.2.6.4.3.	Kuru Madde Tayini.....	48
2.2.6.4.4.	Ham Kül Tayini.....	49
2.2.6.4.5.	Amino Asit Analizi.....	49
2.2.6.5.	Hidroliz Derecesi (HD) ve Peptit Zincir Uzunluğu (PZU) Tespiti.....	50
2.2.6.6.	Protein Çözünürlüğü Tespiti.....	51
2.2.6.7.	Köpürme Kapasitesi ve Stabilitesi Tespiti.....	51
2.2.6.8.	Su Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi.....	51
2.2.6.9.	Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi.....	52
2.2.6.10.	Taramalı Elektron Mikroskobu ile görüntüleme, (SEM).....	52
2.2.6.11.	Moleküler Ağırlık Analizi (SDS-PAGE).....	52
2.2.6.12.	Antioksidan Aktivite Analizleri.....	53
2.2.6.13.	ABTS ^{•+} Radikal Katyon Renk Kıırma Analizi.....	53
2.2.6.13.1.	ABTS ^{•+} Katyonik Radikal Temizleme Analizi.....	53
2.2.6.13.2.	Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite Analizi.....	54
2.2.6.13.3.	Demir (III) İyonu İndirgeme Antioksidan Güç Analizi (FRAP).....	54
2.2.6.14.	Kimyasal Kalite Analizleri.....	55
2.2.6.14.1.	Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Tayini.....	55
2.2.6.14.2.	Tiyobarbitürik Asit (TBA) Tayini.....	55
2.2.6.14.3.	Trimetilamin (TMA) Tayini.....	56
2.2.6.14.4.	Tuz Analizi.....	57
2.2.6.14.5.	Mikrobiyolojik Analizler.....	57
2.2.6.14.6.	Toplam Aerobik Mezofilik ve Psikrofilik Bakteri Sayımı.....	57

2.2.6.14.7. Toplam Koliform Sayımı	58
2.2.6.14.8. Toplam Maya-Küf Sayımı	58
2.2.6.14.9. Duyusal Analizler	58
2.2.6.15. Verilerin Değerlendirilmesi	59
3. BULGULAR.....	60
3.1. Yan Ürünler ve Protein Hidrolizatlarına Ait Verim Bulguları	60
3.2. Balık Protein Hidrolizatlarına Ait Analiz Bulguları	60
3.2.1. Fiziksel Analiz Bulguları	60
3.2.2. Biyokimyasal Kompozisyon ve Amino Asit Bulguları	61
3.2.2.1. Biyokimyasal Kompozisyon Bulguları.....	61
3.2.2.2. Amino Asit Analiz Bulguları	62
3.2.3. Hidroliz Derecesi (HD) ve Peptit Zincir Uzunluğu (PZU) Bulguları.....	62
3.2.4. Protein Hidrolizatlarının Fonksiyonel Özellik Bulguları.....	64
3.2.4.1. Protein Çözünürlüğü	64
3.2.4.2. Köpürme Kapasitesi ve Stabilitesi	65
3.2.4.3. Su Tutma ve Yağ Bağlama Kapasiteleri	65
3.2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Görüntüleme (SEM).....	66
3.2.6. Moleküler Ağırlık Analiz Bulguları (SDS-PAGE).....	67
3.2.7. Antioksidan Aktivite Analiz Bulguları	68
3.2.7.1. ABTS ^{•+} Radikal Süpürme(tutma-temizleme) Aktivitesi Bulguları.....	68
3.2.7.2. Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite (CUPRAC) ve Demir (III) İyonu İndirgeme Antioksidan Güç (FRAP) Antioksidan Aktivite Bulguları	70
3.3. Kaplanmış Ürünlerde Yapılan Analiz Bulguları.....	71
3.3.1. GH ve UH ile Kaplanmış ve Soğuk Muhafaza (+4±1 °C) Koşullarında Depolanmış Palamut Filetolarında Yapılan Analiz Bulguları	71
3.3.1.1. a _w , pH ve Renk (L*, a*, b*) Değerlerindeki Değişimler	71
3.3.1.2. TVB-N, TBA ve TMA Değerlerindeki Değişimler	77
3.3.1.3. Duyusal Kriterlere Ait Değişimler	81
3.3.1.4. Mikrobiyolojik Değişimlere Ait Bulgular	84
3.3.2. GH ve UH ile Kaplanmış ve Donmuş Muhafaza Koşullarında Depolanmış Palamut Filetolarında Yapılan Analiz Bulguları	87
3.3.2.1. a _w , pH ve Renk (L*, a* ve b*) Değerlerindeki Değişimler	87
3.3.2.2. TVB-N, TBA ve TMA Değerlerindeki Değişimler	92
3.3.2.3. Duyusal Kriterlerdeki Değişimler	95

3.3.2.4.	Mikrobiyolojik Kriterlerdeki Değişimler.....	98
3.3.3.	Tütsülendikten Sonra Kaplanarak Soğuk (+4±1 °C) Muhafaza Koşullarında Depolanan Palamut Filetolarında Yapılan Analiz Bulguları	100
3.3.3.1.	a_w , pH ve Renk (L^* , a^* , b^*) Değerlerindeki Değişimler	101
3.3.3.2.	TVB-N, TBA ve TMA Değerlerindeki Değişimler	108
3.3.3.3.	Duyusal Kriterlerdeki Değişimler	112
3.3.3.4.	Mikrobiyal Kriterlerdeki Değişimler	116
4.	TARTIŞMA	120
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER	164
KAYNAKLAR		170
ÖZGEÇMİŞ		202

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	Gıdalarda uygulanan ultrason frekans aralıkları	12
Şekil 2.	Gökkuşuğu Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i> W., 1792)	21
Şekil 3.	Palamut balığı (<i>Sarda sarda</i> Bloch, 1793)	23
Şekil 4.	Çalışmada kullanılan gökkuşuğu alabalıkları	37
Şekil 5.	Alabalık yan ürünlerinin kıyma haline getirilerek hidrolizat üretimi için hazırlanması	38
Şekil 6.	Geleneksel enzimatik ve ultrason destekli enzimatik balık protein hidrolizatı üretimi akış şeması	40
Şekil 7.	Palamut balıklarının fileto çıkarılarak hazırlanması	41
Şekil 8.	Protein Hidrolizatından kaplama materyalinin hazırlanma şeması	42
Şekil 9.	Protein hidrolizatından kaplama materyalinin hazırlanması	43
Şekil 10.	Palamut fileto larını tütüleme işlemi	44
Şekil 11.	Tütülenmiş palamutların kaplanarak +4 °C’de depolanması	45
Şekil 12.	GH ve UH için zamana karşı HD değişimi	63
Şekil 13.	GH ve UH için zamana karşı PZU değerlerinin değişimi	64
Şekil 14.	GH ve UH için protein çözünürlüğü	65
Şekil 15.	GH ve UH için Köpürme kapasitesi (a) ve stabilitesi (b)	66
Şekil 16.	SEM analizi ile GH (a,b,c) ve UH’a (d,e,f) ait görüntüler	67
Şekil 17.	GH ve UH gruplarına ait moleküler ağırlıklarının elektroforetik profilleri	68
Şekil 18.	Troloks® standart grafiği	70
Şekil 19.	FeSO ₄ .7H ₂ O standart grafiği	71
Şekil 20.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut fileto larının a _w değerlerindeki değişimler	72
Şekil 21.	Kaplanarak soğuk muhafaza koşullarında (+4±1 °C) depolanan palamut fileto larının pH değerlerindeki değişimler	74
Şekil 22.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut fileto larının L* değerlerindeki değişimler	75
Şekil 23.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut fileto larının a* değerlerindeki değişimler	75
Şekil 24.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut fileto larının b* değerlerindeki değişimler	76
Şekil 25.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut fileto larının TVB-N değerlerindeki değişimler	79

Şekil 26.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TBA değerlerindeki değişimler.....	80
Şekil 27.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TMA değerlerindeki değişimler.....	81
Şekil 28.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının ortalama duyuşsal puanlarının değişimi	83
Şekil 29.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TAMB, TAPB, toplam koliform bakteri ve toplam maya küf parametrelerindeki değişimler	87
Şekil 30.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a _w değerlerindeki değişimler	89
Şekil 31.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının pH değerlerindeki değişimler	89
Şekil 32.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının L* değerlerindeki değişimler	90
Şekil 33.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a* değerlerinin puansal değişimleri	91
Şekil 34.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının b* değerlerindeki değişimler.....	92
Şekil 35.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TVB-N değerlerindeki değişimler.....	94
Şekil 36.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TBA değerlerindeki değişimler.....	95
Şekil 37.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TMA değerlerindeki değişimler.....	96
Şekil 38.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının duyuşsal değerlendirme puanlarındaki değişimler	98
Şekil 39.	Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a _w değerlerindeki değişimler	104
Şekil 40.	Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının pH değerlerindeki değişimler	105
Şekil 41.	Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının L* değerlerindeki değişimler	106
Şekil 42.	Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a* değerlerindeki değişimler	107
Şekil 43.	Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının b* değerlerindeki değişimler.....	108
Şekil 44.	Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TVB-N değerlerindeki değişimleri	110

- Şekil 45.** Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TBA değerlerindeki değişimleri..... 111
- Şekil 46.** Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TMA değerlerindeki değişimleri..... 112
- Şekil 47.** Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının duyuşal parametrelerindeki puansal değişimler 115
- Şekil 48.** Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TAMB değerlerindeki değişimleri 118
- Şekil 49.** Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TAPB değerlerindeki değişimleri 119



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.	Yetiştiriciliği yapılan Gökkuşuğu Alabalığının yıllara göre üretimi	21
Tablo 2.	Gökkuşuğu alabalığının yan ürünleri ve miktarları	38
Tablo 3.	Tütsülenmiş palamut balıklarında duyuşal panel için kullanılan puanlama tablosu.	59
Tablo 4.	GH ve UH için L*, a* ve b* renk ve W, c, h değerleri.....	61
Tablo 5.	Alabalık yan ürünleri ve GH ve UH'ın biyokimyasal kompozisyonları	62
Tablo 6.	Alabalık yan ürünleri, GH ve UH amino asit değerleri	63
Tablo 7.	GH ve UH için yağ bağlama ve su tutma kapasiteleri	66
Tablo 8.	Farklı son konsantrasyonlarda % ABTS•+ radikal süpürme aktiviteleri ve SC50 değerleri	69
Tablo 9.	GH ve UH Gruplarının CUPRAC (mM Troloks/mg bileşik) ve FRAP (mM FeSO ₄ .7H ₂ O/mg bileşik) yöntemleri kullanılarak elde edilen antioksidan aktivite bulguları.....	71
Tablo 10.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut balığının a _w , pH ve renk (L*, a*, b*) değerlerindeki değişimleri	73
Tablo 11.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının TVB-N, TBA ve TMA parametrelerindeki değişimler.....	78
Tablo 12.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının duyuşal parametrelerinin puansal değişimleri.....	82
Tablo 13.	Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının mikrobiyal parametrelerindeki değişimler	826
Tablo 14.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının a _w , pH ve renk (L*, a*, b*) değerlerindeki değişimleri.....	88
Tablo 15.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının TVB-N, TBA ve TMA parametrelerinin değişimleri.....	93
Tablo 16.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının duyuşal puanlarının değişimleri	97
Tablo 17.	Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının mikrobiyal kriterlerdeki değişimler	99
Tablo 18.	Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının a _w , pH ve renk (L*, a*, b*) değerlerinin değişimleri.....	102
Tablo 19.	Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının TVB-N, TBA ve TMA değerlerindeki değişimleri.....	109

Tablo 20. Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının duyuşal parametrelerindeki puansal değişimler..... 113

Tablo 21. Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının mikrobiyal değerlerindeki değişimleri 117



SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

a*	(+) Kırmızılık; (-) Yeşillik
ABTS	2,2'-Azino-Bis (3-Etilbenzotiazolin-6-Sülfonik Asit)
ACE	Anjiyotensin-I Dönüştürücü Enzim
AFM	Atom Kuvveti Mikroskopisi
AgNO ₃	Gümüş Nitrat
AOAC	Uluslararası Analitik Kimyagerler Derneği
b*	(+) Sarılık; (-) Mavilik
BPH	Balık Protein Hidrolizatı
c	Kroma
CD	Dairesel Dikroizm
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CO ₂	Karbon Doksit
COOH	Karboksilik Asit
CUPRAC	Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan
ÇDYA	Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
DMSO	Dimetil Sülfoksit
DPPH	1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil
FAO	Dünya Gıda ve Tarım Organizasyonu
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
FeCl ₃ .6H ₂ O	Demir (III) Klorid Hekzahidrat
FeSO ₄ .7H ₂ O	Demir Sülfat Heptahidrat
FLD/DAD	Floresans Diyot Dizisi
FMOG	Florenil Metiloksi Kloroformat
FRAP	Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan
FTIR	Fourier Transform İnfrared Spektrum
FTS	Fizyolojik Tuzlu Su
GH	Geleneksel Enzimatik Hidrolizat
h	Ton Açısı/Doymunluk Derecesi
HCl	Hidroklorik Asit
HD	Hidroliz Derecesi
H ₂ SO ₄	Sülfirik Asit

H ₃ BO ₃	Borik Asit
HPLC	Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi
IUB	Uluslararası Biyokimya Derneği
kDa	Kilodalton
KGM	Konjuge Glukomannan
K ₂ CrO ₄	Potasyum Kromat İndikatörü
L*	Aydınlık Derecesi
MgO	Magnezyum Oksit
NaHCO ₃	Sodyum Bikarbonat
NaOH	Sodyum Hidroksit
NH	Geleneksel Hidrolizat ile Kaplanmış Grup
NH ₂	Anilin
NH ₃	Amonyak
OPA	Orto Fitalaldehit
ORAC	Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi
SDS-PAGE	Sodyum Dodesil Sülfat-Poliakrilamid Jel Elektroforezi
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TAMB	Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri
TAPB	Toplam Aerobik Psikrofilik Bakteri
TBA	Tiyobarbitürik Asit
TBARS	Tiyobarbiturik Asit Reaktif Maddesi
TEAC	Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite
TMA-N	Trimetil Amin Azot
TMA	Trimetil Amin
TPTZ	2,4,6-Tris(2-Pyridyl)-S-Triazin
TRAP	Radikal-Tutuklama Antioksidan Parametresi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TVB-N	Toplam Uçucu Bazik Azot
UH	Ultrason Destekli Enzimatik Hidrolizat
W	Beyazlık
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünya nüfusunun hızla büyümesi, kentleşme ve refahın artması, mevcut protein kaynaklarının daha iyi kullanımını gerektirmektedir. Bunun yanı sıra yeni ve sürdürülebilir kaynakların geliştirilmesi de çok önemlidir. 2050 yılı itibariyle, dünyadaki protein talebinin artacak olması sadece nüfus baskısı nedeniyle değil, aynı zamanda artan yaşlı nüfus için de sağlıklı bir diyetle proteinlerin öneminin bilinmesiyle iki katına çıkmasına sebep olacaktır (Boland vd., 2013).

Balık ve diğer su ürünleri önemli protein kaynaklarıdır. Dünya protein tüketiminin yaklaşık %17'si bu kaynaklardan sağlanmaktadır (FAO, 2014). Bununla birlikte, yakalanan balık miktarı hali hazırda aşırı sömürülen kaynaklarla kısmen sınırlıdır. Gelecekte balık proteinlerine olan talebin yetiştiricilikten sağlanması gerekmektedir. Talep edilen miktarda su ürünlerinin üretimini gerçekleştirmek, sürdürülebilir balıkçılık yaklaşımıyla ve ekosistemi koruma gayretleriyle sınırlanmaktadır. Bu açıdan tüm gıda ürünlerinde olduğu gibi balıkçılık ürünlerinde de hammaddeden son ürüne kadar elde edilen ürünlerin en etkin şekilde değerlendirilmesi ve atıkların azaltılması ve/veya maksimum faydayı veren katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi büyük önem arz etmektedir.

Dünyada her yıl amaç dışı avlanan türler ve işleme esnasında açığa çıkan yaklaşık 20 milyon ton yan ürün hiç kullanılmadan bertaraf edilmekte, bu miktar yıllık avcılık üretiminin yaklaşık %25'ini oluşturmaktadır. Bu durum, beslenme açısından önemli besin bileşenlerinin kaybına ve ekonomik açıdan maliyet artışına sebep olmaktadır (Olsen vd., 2014). Dünyada balıkçılık ve yetiştiricilik endüstrilerinde ortaya çıkan çok miktarda yan ürün ya atılmakta ya da balık silajı, balık unu-yağı gibi düşük değerli yem ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır (FAO, 2014).

FAO (2014) verilerine göre, dünyada su ürünleri taze-soğutulmuş (%46) ve farklı teknolojilerle işlenerek (%54, yaklaşık 75 milyon ton) tüketilmektedir. İşleme sektöründe kullanılan hammaddelerin yapısal özellikleri ve uygulanan teknolojilere bağlı olarak

büyük miktarlarda yan ürünler ortaya çıkmaktadır. Baş, iç organlar, omurga, deri, yüzgeçler ve kırpıntı et gibi kısımlardan oluşan bu ürünler fileto balıklardan tuzlama ve tütsüleme ürünlerinin elde edilmesinde %50-75; balık konservesi üretiminde ise %30-65 gibi oranlarda ortaya çıkmaktadır. Bu oranlar çift kabuklularda %20-50 ve eklembacaklılarda ise %50-60 civarındadır (Dekkers vd., 2011; Shirai ve Ramirez-Ramirez, 2011). İşleme sektöründe ortaya çıkan bu yan ürünler ve atıklar hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde ciddi kirlilik ve bertaraf sorunları yaratmaktadır. Özellikle hayvan yemi, balık unu-yağı ve gübre üretimi gibi düşük piyasa değerli ürünlere işlenen bu materyaller aslında protein bakımından zengin bileşenleri içerir (Hsu, 2010; FAO, 2017). Dünya su ürünleri endüstrisindeki yüksek öncelikli alanlardan biri, insan tüketimi için balık yan ürünlerinin daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasıdır (FAO, 2014).

Türkiye’de de su ürünlerinin yan ürünleri çoğunlukla balık unu-yağı, gübre, evcil hayvan yemi ve balık silajı gibi ürünlerin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Ancak, bu ürünlerin ekonomik değeri oldukça düşüktür. Oysa aynı hammaddeler modern teknolojilerle işlenerek çok daha değerli hale getirilebilir. Bu yolla ülke ekonomisine önemli katkılar sağlanabilir.

Literatür verileri incelendiğinde, geliştirilen yenilikçi teknolojilerle çeşitli ekstraksiyon ve saflaştırma işlemleri kullanılarak su ürünleri yan ürünlerinden, biyo-aktif bileşenler üretildiği görülmektedir. Bu biyo-aktif bileşenlerin; emülsifikasyon, köpürme, yağ bağlama ve su tutma gibi fonksiyonel özellikler taşıdıkları ortaya konulmuştur. Aynı zamanda antioksidan ve antimikrobiyal aktivite gösterdikleri de tespit edilmiştir. Tüm bu gelişmiş özellikleri ile bu biyo-aktif bileşenlerin günümüzde işlenmiş gıdalarda farklı şekillerde kullanılarak, bu gıdaların değerini artırıp onlara “fonksiyonel gıda” özelliği kazandırma potansiyeli olduğu bildirilmiştir (Haque ve Mozaffar, 1992; Diniz ve Martin, 1997; Sathivel vd., 2003; Kim ve Mendis, 2006; FAO, 2017).

Balık yan ürünlerinin umut verici endüstriyel kullanımına yönelik yollarından biri, suda çözünebilir balık protein hidrolizatlarının (BPH) üretilmesidir. BPH, proteinlerin kimyasal veya biyolojik yollarla parçalanarak küçük zincirli peptit ve amino asitlere ayrılma işlemi ile üretilmektedir. Uygulanan işlemlerle yüksek oranda esansiyel amino

asit içeriği ile gıda ve eczacılık alanlarında değerlendirilebilecek gelişmiş fonksiyonel özellikler taşıyan ürünler oluşturulmaktadır. BPH gıdalarda protein zenginleştirici, süttozu yerine, yağ bağlayıcı, emülgatör ve su bağlama ajanı olarak değerlendirilebilme potansiyeline sahiptir. Aynı zamanda antioksidan, antimikrobiyal ve antihipertansiyon aktivite özellikleri ile de sentetik ürünlere alternatif olarak kullanılabilirler. Ancak üretilen her BPH, üretildiği hammadde ve üretim metotlarına bağlı olarak farklı özellikler taşıyabilmektedir. Ayrıca içerisine ilave edildiği ana hammaddenin de özellikleri ile birleştiğinde son ürünün kendine has bir yapısı, besin değeri ve fonksiyonel özellikleri ortaya çıkmaktadır.

Farklı protein kaynaklarından üretilen protein hidrolizatlarının veriminin, fonksiyonel özelliklerinin ve biyoaktivitelerinin geliştirilmesine yönelik alternatif metotlar kullanılmaya başlanmıştır. Buna rağmen su ürünlerinden üretilen protein hidrolizatlarında yeni teknolojilerin kullanımının oldukça kısıtlı olduğu görülmektedir. Bu durum su ürünlerinde mevcut uygulamaların dışında, ürün kalitesini artıracak alternatif yenilikçi teknolojilerin denenmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Günümüzde gıda teknolojileri güvenli, ucuz, basit, toksik olmayan ve çevreyle dost, teknolojileri kullanarak gelişmiş ürün geliştirme çalışmalarını yürütmeye başlamışlardır. Geleneksel yöntemlere karşı avantajlı olan bu teknolojiler arasında mikrodalga, yüksek basınç ve ultrason önde gelen teknolojilerdir. Araştırmacıların ultrason teknolojisini kullanarak bitkisel ve hayvansal kaynaklı proteinlerin yapısını modifiye etmek, enzimatik hidrolizi desteklemek ve sonuçta yüksek verimlilikte, fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş ürün üretimine odaklandığı görülmektedir.

Ultrason, insanın duyma eşiğinin üzerinde, 20 kHz'den yüksek frekanslı bir ses dalgasıdır. Gıdalarda farklı amaçlarla düşük yoğunluklu ($100 \text{ kHz}^{-1} \text{ MHz}$, güç $<1 \text{ W/cm}^2$) ve yüksek yoğunluklu ($16\text{-}100 \text{ kHz}$, güç $10\text{-}1000 \text{ W/cm}^2$) olmak üzere iki tür ultrason kullanılmaktadır. Yüksek yoğunluklu ultrason kaviteasyon oluşumundan dolayı üründe kesilebilirliği artırır ve mekanik enerji üretebilir (Zhou vd., 2017). Bu nedenle, bu tür ultrasonun, globüler proteinlerin yapılarını ve özelliklerini değiştirmek için kullanım olanakları araştırılmaktadır. Son zamanlarda, birkaç araştırmacı çalışmalarında, enzimatik hidroliz işleminde proteinlerin özelliklerini iyileştirmek için ultrason

kullanımının olumlu etkilerini rapor etmiştir (Wu vd., 2003; Chen vd., 2011; Wang vd., 2017).

Bu çalışmada diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de kültür koşullarına uygun niteliklerinden dolayı yetiştiriciliği yaygın olan Gökkuşuğu alabalığının işleme yan ürünleri kullanılarak hem geleneksel enzimatik hem de ultrason destekli enzimatik yöntemle BPH üretimi gerçekleştirilmiştir. Gökkuşuğu alabalığı ülkemizde karasal havuzlarda, baraj gölleri ve deniz kafeslerinde yetiştirilmektedir. Ülkemizde alabalık üretimi 2006 yılında 57.659 ton iken bu rakam artarak 2017 yılında 106.733 tona ulaşmıştır (TÜİK, 2018). Alabalık işleme yan ürünleri %50 civarındadır.

Çalışmada elde edilen hidrolizatların; soğutulmuş, dondurulmuş ve tütsülenmiş palamut filetolarında kaplama materyali olarak kullanılarak filetoların kalitelerini koruyarak raf ömrünün arttırılması amaçlanmıştır.

Türk balıkçılığında avcılık yoluyla elde edilen balıklar arasında önemli bir rol oynayan palamut balığı Karadeniz ve Marmara denizlerinin ticari olarak en önemli balıklarından biridir. Avlandıktan sonra soğuk ve dondurulmuş olarak pazarlanan palamut balığı, fazla üretildiği dönemlerde taze olarak ucuz fiyata piyasaya sürülmekte ve bu şekilde ticareti gerçekleştirilmektedir. Oysa farklı yöntemlerle işlenerek tüketiciye ulaştırılması hem üreticinin kar payını arttıracak hem de tüketicinin yıl boyu sağlıklı bir besin olan balığa ulaşımını kolaylaştıracaktır.

1.2. Balık Yan Ürünleri ve Atıkları

Günümüzde yaygın bir tanımlamayla yan ürün terimi üretim sırasında, amaçlanan ürünün dışında ortaya çıkan ürün olarak tanımlanmaktadır. Su ürünlerinin gerek avlanması sırasında ağa takılan küçük-deforme balıklar, hedef tür dışında ekonomik olmayan hedef dışı ıskarta türler, gerekse işlenmesi sırasında oluşan; baş, kuyruk, kılçık, kabuk, pul, iç organ, kan ve diğer sıvılar yan ürünleri oluşturmaktadır. İnsan gıdası olarak kullanılan su ürünlerinin yenilebilir kısımları %20-50 civarındadır (Caklı vd., 2008). Buna karşılık işleme yöntemlerine bağlı olarak ortaya çıkan yan ürün oranları tuzlanmış ve tütsülenmiş ürünlerde %50-75, balık konservesinde %30-65, çift kabuklularda %20-

50 ve eklem bacaklılarda %50-60 oranındadır. Balık fileto işleme yan ürünleri de fileto çıkarma işlemi esnasında ortaya çıkan baş, iç organlar, deri, kuyruk yüzgeçler ve omurga ile fileto kırıntılarından oluşur.

Balık işleme tesislerinden elde edilen yan ürünlerin kollajen, jelatin, protein, peptid, yağ, kitin, vitamin, mineral, enzim ve pigment gibi çeşitli değerli bileşiklerin kaynağı olduğu bildirilmektedir (Disney vd., 1977; Pal ve Suresh, 2016). Balık yan ürünleri, A, D, B ve özellikle B12 vitamini gibi gerekli mikro besin elementlerinin yanı sıra kalsiyum, fosfor, demir, çinko, selenyum ve iyodin gibi mineralleri de içerir. Yan ürünlerde mikro besin maddelerinin yanı sıra uzun zincirli omega-3 yağ asitlerini de içeren yüksek kalitede lipitler ve proteinler bulunur. Yan ürünlerde protein miktarı ortalama 20 ila 80 g/100 g arasında değişmektedir (Khiari vd., 2015; Abbey vd., 2017). Esteban vd. (2007) balık satışı yapan işletmelerde ortaya çıkan yan ürünlerin besin kompozisyonunda protein değerini %58, lipit değerini %19 olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca bu yan ürünlerde önemli düzeyde mineral bulunduğunu da ortaya koymuşlardır. Bu mineraller arasında kalsiyum %5,8, fosfor %2,4 ve çinko %6 olarak hesaplanmıştır. Öte yandan tekli doymamış yağ asitlerinden palmitik asit ve oleik asit miktarlarının da oldukça yüksek olduğu ifade edilmektedir. Roslan vd. (2014), tilapia balığı (*Oreochromis niloticus*) yan ürünlerinde %14,60 ham protein, %66,57 nem, %5,50 yağ ve %8,93 kül bulunduğunu bildirmişlerdir. Detkamhaeng vd. (2016) sarıkuyruk balığı (*Thunnus albacares*) ve skipjack ton balığı (*Katsuwonus pelamis*)'nın protein, lipit, ve kül oranlarını sırasıyla %10,91, %54,42 ve %1,8 olarak tespit etmişlerdir.

1.2.1. Balık Yan Ürünlerinde Proteinler

Proteinler, amino asitlerin belirli tür, sayı ve diziliş sırasında karakteristik düz zincirde birbirlerine kovalent bağlanmasıyla oluşmuş polipeptitlerdir. Proteinler standart 20 amino asitin farklı şekillerde bir araya gelmesiyle oluşur. Genel olarak hayvansal etler, yapılarında bulunan protein miktarı ve amino asit kompozisyonu bakımından birbirlerine benzerlik göstermekle birlikte balık kası daha düşük oranda bağ dokusu ile karasal hayvan etlerinden yumuşaktır (Helfman vd., 2009). Balıklarda protein oranı toplam kuru maddenin yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır.

Balık proteinleri miyofibriler, sarkoplazmik ve stroma proteinleri olmak üzere üç grup proteinden oluşan karmaşık sistemlerdir.

Balık atıklarında diğer bileşenlerle birlikte önemli oranda protein bulunduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Raghavan vd., (2008) balık atıklarındaki protein oranının toplam protein oranının %10-20'si arasında olabileceğini rapor etmiştir. Venugopal (2009) balık pulları deri ve omurganın çok iyi bir kolajen ve jelatin kaynağı olduğunu bildirmiştir.

1.2.2. Balık Proteinlerinin Teknolojik ve Fonksiyonel Özellikleri

Balık proteinleri besin değerlerinin yanı sıra yüksek fonksiyonel özellikler de gösterirler. Proteinlerin fonksiyonelliklerini ortaya çıkaran faktörler onların taşıdığı bazı fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bunlar sırasıyla proteinlerin boyutları, şekilleri, aminoasit kompozisyonları ve dizilimleri, yük dağılımları, hidrofobite/hidrofilite oranları, sekonder, tersiyer ve kuarterner yapıları, moleküllerinin esneklik/sertlik durumları ve diğer moleküllerle interaksiyon yeteneklerinden kaynaklanmaktadır (Hanmoungjai vd., 2002). Proteinlerin teknolojik özellikleri çözünürlük, emülsifikasyon, jelleştirme ve köpürme kapasitesi gibi işleme fonksiyonlarını içerir. Proteinlerin gıdalarda istenilen fonksiyonelliği göstermeleri için biyolojik olarak denatüre olmaları gerekir. Bu denatürasyon da havalandırma, çalkalama, basınç veya ısı işlemler gibi işlemlerle gerçekleşir.

1.3. Enzimler

Enzimler canlı yapısı içerisinde gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi için gerekli aktivasyon enerjisini gerekli minimum seviyeye getirerek reaksiyonları hızlandıran ve tüm bu işlemler sonucu hiç değişmeden çıkan özel biyolojik katalizörlerdir (Yıldız, 2007). Uluslararası Biyokimya Derneğinin (IUB) Enzim Komisyonu, enzimleri başlıca altı büyük sınıfa ayırmıştır; Oksidoredüktazlar, Transferazlar, Hidrolazlar, Liyazlar, İzomerazlar ve Ligazlar (Bergmeyer, 1979).

Enzimler genellikle farklı bitkisel, hayvansal ve mikrobiyal kaynaklardan sağlanır. pH 7 ila 7,5 aralığında optimum hidrolizasyonu sağlayan bitkisel enzimler papain (Gu vd., 2011) ve bromelaindir (Barbana ve Boye, 2011; Forghani vd., 2012). pH 2 ila 8 aralığında optimal hidrolizasyonu sağlayan hayvansal enzimler ise pepsin (Jumeri, 2011), tripsin ve a-kimotripsindir (Lee vd., 2011). Balık protein hidrolizatlarının üretiminde pH 7 ila 9 arasında kullanılan mikrobiyal enzimler ise alkalaz (Gu vd., 2011; Ishak ve Sarbon, 2017), protamex (Ngo vd., 2012), flavorenzim ve nötrazdır (Je vd., 2009; Chi vd., 2015). Hayvansal veya bitkisel kaynaklı enzimlere göre mikrobiyal enzimler, geniş bir çeşitlilikte katalitik aktiviteye ve daha geniş pH ve sıcaklık stabilitesine sahiptirler (Diniz ve Martin, 1997). Alkalaz ve flavorenzim enzimlerinin balık protein hidrolizatlarında etkin kullanımının nötrale yakın pH aralığında (7-9) olduğu bildirilmiştir (Herpandi vd., 2011).

1.4. Proteinlerin Hidrolizi ve Protein Hidrolizatları

Amino grupları arasındaki bağların sulu ortamda kırılarak, proteinleri daha kısa parçalara ayırma işlemine hidrolitik bozunma veya hidroliz denilmektedir. Hidroliz işleminin asıl amacı protein geri kazanımı ve değerli bileşenlerin verimini arttırmaktır. Hidroliz ile proteinler parçalanarak daha küçük peptitlere ve serbest amino asitlere dönüşür (Adler-Nissen, 1993). Proteinlerin hidrolizi kimyasal yolla veya enzimlerle gerçekleştirilebilir. Kimyasal işlemde asit veya alkali yöntemler kullanılır. Alkali işlem sonunda besin değerindeki düşüş nedeniyle asit hidroliz alkali hidrolize tercih edilir. Alkali pH ortamında termal işlem esnasında treonin, sistin, lisin, tirozin ve arjinin gibi amino asitlerde kısmi kayıplar meydana gelir. Bu da lisinoalanin gibi toksik maddelerin oluşumu ile L-aminoasitlerin D-amino asitlere dönüşmesine sebep olur (Friedman, 1978; Kristinsson ve Rasco, 2000a). Asit hidroliz sıklıkla bitkisel kaynaklı protein hidrolizatlarında, tat geliştirici olarak bulyon üretiminde kullanılır (Aaslyng vd., 1998). Kimyasal hidrolizin birkaç dezavantajı vardır; nötralizasyon esnasında hem asit hem de alkali ortamda çok miktarda tuz oluşumu gözlenir, ize elektrik noktaya ayarlama işleminde de minimum çözünürlük ve proteinlerin çökmesi söz konusudur. Enzimatik hidroliz proteinlerin proteolitik yıkılımı ile daha küçük peptitler ve amino asitlere dönüşmesini sağlar. Bu işlem sonunda elde edilen üründe besin kaybı ortaya çıkmaz. Enzimatik hidroliz kimyasal hidrolize tercih edilmekle birlikte işlem sonunda enzim

inaktivasyonuna ihtiyaç vardır. BPH üretiminde endojen ve ekzojen enzimler kullanılabilir. Tipik bir hidrolizasyon işlemi kırılmaya hazır pek çok peptit bağının bulunması sebebiyle hızlı bir başlangıç fazı ile karakterize olur. Enzimatik hidroliz, aminoasit ve kısa zincirli peptitlerin eldesi için aşırı kimyasal ve fiziksel uygulamalara ihtiyaç duyulmayan dolayısıyla uygun bir seçenektir.

Enzim aktivitesine bağlı olarak başlangıç fazı farklılık gösterebilir. İşlem ilerledikçe reaksiyon hızında bir azalma olur. Bu durum; pH'daki düşüşle birlikte enzim aktivitesinin düşmesi ve ortamda daha az peptit bağının bulunması, hidroliz ürünlerinin enzimi inaktif etmesi, substrat inhibisyonu (Moreno ve Cuadrado, 1993) ve substratta mevcut olan proteaz inhibitörlerinin muhtemel içeriği (Hjelmeland, 1983) ile açıklanabilir (O'Meara ve Munro, 1984). Enzimatik hidroliz işlemi;

- Substrat (tür ve kompozisyon)
- Enzim (hidrolitik spesifikasyon ve verimlilik)
- Enzim/substrat oranı (E/S)
- Hidroliz şartları (pH, sıcaklık, hidroliz süresi) gibi faktörler etkilemektedir.

Proteinler, ticari proteazlarla ekstraksiyon esasına dayanan enzimatik hidroliz ile zengin fraksiyonlar oluşturmak amacıyla ayrıştırılabilir. Böylece proteinlerdeki değerli bileşenlere zarar veren, istenmeyen reaksiyonlar, orta dereceli sıcaklıkların kullanılması ve oksidasyonun etkisinin hafifletilmesi sayesinde en aza indirilir. Böylece fonksiyonel özellikler (çözünürlük, ısı kararlılığı, su bağlama yeteneği vb.) korunmuş olur. Su ürünlerinden üretilecek olan protein hidrolizatlarında kullanılması gereken enzimlerin seçimi oldukça önemlidir. Bu enzimlerin gıdalarda üretiminde kullanılan enzimler arasından seçilmeleri, güvenilir olmaları ve mikrobiyal orijinliyse enzimi üreten mikroorganizmanın patojenik bir tür olmaması gerektiği bildirilmiştir (Beaulieu vd., 2009).

Enzimatik hidroliz işlemi genel olarak üç ana aşamadan oluşur; ön işlem, hidrolizasyon ve geri kazanım.

Ön işlem; bu aşamanın amacı hidroliz için düşük yağ içerikli homojen bir kıyılmış hammadde ve su karışımı elde edilmesidir. Bunun için hammadde ve su eşit miktarda karıştırılarak (1/1 w/w) homojen bir karışım elde edilir. Kullanılan su miktarının artırılmasının protein geri kazanımını artırmadığı ancak; azaltılmasının ise protein geri kazanımını azalttığı bildirilmiştir (Benjakul ve Morrissey, 1997). Gıda ve İlaç Organizasyonu (FDA), insan tüketiminde kullanılacak balık protein hidrolizatlarındaki yağ miktarına standart getirmiş ve %0,5'in altında olması gerektiğini rapor etmiştir (URL-1). Daha yüksek oranlardaki yağ miktarının, lipit oksidasyonu sonucu ortaya çıkan kahverengi pigmentlerin oluşumuna yol açtığı ve böylece, daha koyu renkli son ürün eldesine sebep olduğu rapor edilmiştir (Kristinsson ve Rasco, 2000a). Bu nedenle BPH'ndaki yağ miktarının iyi kontrol edilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak yağlı balıklardan elde edilecek olan BPH için hammaddenin su ile karıştırılmasından önce yağsızlaştırılması gerektiği bildirilmiştir. Bu amaçla organik solventlerin kullanıldığı belirtilmiştir. Bu işlemlerin yağın azalmasını sağlamakla birlikte BPH'daki bakteriyel bozulmaları da minimize ettiği ifade edilmiştir (Kristinsson ve Rasco, 2000a)

Hidroliz; ön işlem sonrasında hidrolizat üretimine uygun olarak seçilmiş enzim homojen bir şekilde karışıma ilave edilir. Enzim türüne bağlı olarak işlem sıcaklığı ve pH optimum koşullara ayarlanır. Enzim/substrat (E/S) oranı ve işlem süresi, son üründe olması istenen fonksiyonel özellikler ve protein geri kazanımına bağlı olarak düzenlenir. Hidroliz işlemi enzimin 90 °C'de yaklaşık 30 dakika inaktive edilmesiyle sonlandırılır. Böylece BPH elde edilmiş olur. Protein hidrolizatının fonksiyonel özelliklerinin öne çıkmasında enzim seçiminin büyük önemi vardır. Önceleri asidik ortamda çalışan pepsin gibi enzimler ortamda mikrobiyal gelişimi de engellediği için tercih edilmiştir. Ancak düşük asiditenin protein geri kazanımında düşüş, triptofan gibi esansiyel amino asitlerin yıkımına bağlı olarak besin değerinde düşüş ve aşırı hidrolize bağlı olarak da fonksiyonel özelliklerde azalma anlamına geldiği bildirilmiştir (Kristinsson ve Rasco, 2000a). Sonuç olarak günümüzde optimum koşullarda, nötral asiditede aktif olan alkalaz, nötraz, flavourzim gibi enzimler daha çok tercih edilmekte ve kullanılmaktadır. Teknik ve ekonomik açılarından değerlendirildiğinde alkalaz gibi mikrobiyal enzimlerin balık proteinlerinden hidrolizat üretiminde en etkili enzimler olduğu bildirilmiştir (Herpandi vd., 2011). BPH ile enzimler arasındaki ilişkide, kullanılan balık türünün de büyük önemi vardır. Kapelinden alkalaz kullanılarak elde edilen BPH'nda protein geri kazanımı %70,5

iken papain kullanılarak elde edilen BPH'nda geri kazanım %57,6 olarak bulunmuştur (Shahidi vd., 1995). Sarıkuyruk balığından alkalaz, flavourenzim ve nötraz kullanılarak %86-88 oranlarında protein geri kazanımı sağlanmıştır (He vd., 2012).

Geri Kazanım; bu işlemde BPH toz haline getirilmektedir. Sıvı haldeki BPH'nın çabuk bozulma riski vardır. Toz haldeki ürünün stoklanması ve taşınması daha kolay ve raf ömrü daha uzun olmaktadır. Bu aşamada santrifüj işleminden sonra kurutma işlemi yapılmaktadır. Santrifüj genelde 4000 g/min ve 20 dakika şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu işlem ile üstte yağ, ortada protein hidrolizat solüsyonu ve altta yarı katı tabaka olmak üzere hidrolizat üç tabakaya ayrılır. Üstteki yağ tabakası alındıktan sonra orta tabakadaki protein hidrolizati alttaki tabakayla karıştırmadan alınır. Laboratuvar çalışmalarında donmuş kurutucu kullanılırken endüstriyel kullanımında püskürtmeli kurutma işlemi yapılmaktadır. Son ürün krem beyazı renğinde, sudaki çözünürlüğü iyi ve istenen fonksiyonlara sahip bir şekilde elde edilebilmektedir (He vd., 2012).

1.5. Ultrason Uygulamaları

Modern gıda endüstrisi, işleme esnasında enerji tüketimini minimuma indirerek, yüksek verimlilikte, yüksek kaliteli ve güvenli ürün üretimi için sürekli yenilikçi teknolojiler arayışı içerisinde. Bu teknolojilerden biri olan ultrason insan kulağının duyamayacağı frekansta (~ 20 kHz) ses dalgaları olarak tanımlanır (Şekil 1). Bu teknoloji ile işleme süresi minimize edilirken kalite de maksimize edilir, aynı zamanda gıda güvenliğinin sağlanması desteklenir. Ultrason teknolojisi gıdalarda işleme esnasında kütle transferi ve gıdanın besinsel değerinin korunması gibi etkilerinin yanı sıra termal işlemleri destekleyen tekstür ve gıda analizlerinde de kullanılabilen bir teknolojidir (Knorr vd., 2011).

Frekans aralığına bağlı olarak gıdaların işlenmesinde, analiz ve kalite kontrollerinde ultrason uygulamaları; yüksek frekans düşük enerjili ve düşük frekans yüksek enerjili olmak üzere ikiye ayrılabilir. Düşük enerjili ultrason uygulamaları geleneksel yöntemlerin yerine, hücre yapısını bozmadan yüzeysel etkileşim ile gıdalarda özellikle emülsifikasyon, sterilizasyon/pastörizasyon ve homojenizasyon gibi işlemlerde başarılı bir şekilde kullanılır. Yüksek enerjili (yüksek güç, yüksek yoğunluklu-power

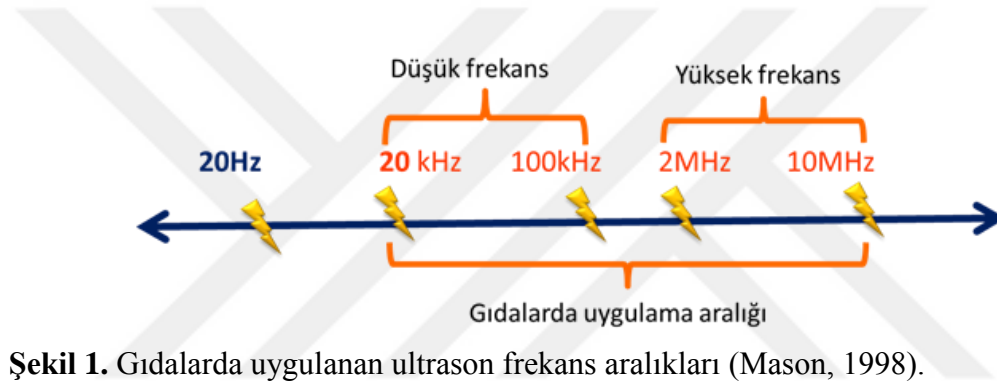
ultrason) ultrason uygulamaları $1 \text{ W} \cdot \text{cm}^2$ yoğunlukta 20 ila 500 kHz arası frekanslarda çalışır ve gıdanın fiziksel, mekanik veya kimyasal / biyokimyasal özelliklerine etki eder. Bu etkilerin gıdalarda işleme, koruma ve güvenliği desteklediği bildirilmiştir (Sajas vd., 1978).

Ultrason teknolojisi ile gıdalarda mikro yapı kontrol edilebilir. Bu teknoloji kullanılarak yağlı ürünlerde tekstürel modifikasyon, emülsifikasyon, proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin modifikasyonu, enzim aktivasyonu ve inaktivasyonu sağlanabilir. Öte yandan kalite kayıpları önlenerek gıdaların raf ömrü uzatılabilir. Ultrason teknolojisinin dondurma, çözdürme, donmuş kurutma ve konsantrasyon, kurutma, biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu gibi birçok işlemde geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılabilirdiği rapor edilmiştir (McClements, 1995; Higaki vd., 2001; Leonhardt ve Morabito, 2007; Mason vd., 2011; Chemat vd., 2011).

Suslick (1989)'a göre; ultrasonun kimyasal etkileri, moleküler türlerle doğrudan etkileşimden değil, işlem esnasında meydana gelen çok sayıda baloncukun oluşması, büyümesi ve patlayarak çökmesi ile ortamda hücre yapılarının bozulmasına bağlı olarak ortaya çıkar. Oluşan bu baloncukların akustik, hidrodinamik ve optik olarak sınıflandırılabilirler bildirilmiştir (Gogate vd., 2006). Bunlardan sadece akustik ve hidrodinamik baloncuklar, farklı gıda sistemlerinde (karbonhidratlar, proteinler, lipitler vb.) kimyasal ve fiziksel değişimlere sebep olabileceği belirtilmiştir. Bu işlemin; reaksiyon süresinin azalması, reaksiyon veriminin artması ve geleneksel yollara kıyasla daha düşük sıcaklık ve basınç uygulamaları ile işlemin gerçekleştirilebilmesi gibi avantajları olduğu tespit edilmiştir (McClements, 1995).

Proteinlerin fonksiyonel modifikasyonu için güç ultrason, bu işlemin mekanik doğasına (yani, ultrasonik baloncuklara) bağlı olarak ilgi uyandırmıştır. Geleneksel olarak proteinlerin işlevselliği topaklanma (yani molekül ağırlığının arttırılması), proteoliz (diğer bir deyişle indirgeyici şekerlerle Maillard reaksiyonu) ile konjügasyon (yani moleküler ağırlığın azaltılması) veya proteolizle değiştirilir. Güç ultrason, katkı maddeleri veya aşırı termal işlemler kullanılmaksızın protein yapılarını değiştirme, bu bileşenlerin işlenmesini basitleştirme ve tüketiciler için “daha temiz” paketleme etiketi üretme imkanı sunar.

Sıvı gıdalarda ultrasonik banyo ve prob tip ultrason cihazları kullanılmaktadır. Ultrasonik banyolarda tankın tabanına tutturulmuş birkaç adet titreşimli dönüştürücü aracılığıyla titreşimler sıvıya iletilir. Prob tip ultrason cihazlarında ise titreşimler direkt olarak prob aracılığıyla ortama yansıtılır (Mason, 1998). Prob tip ultrason cihazlarının ucuz, hareketli, taşınabilir ve farklı işlemlere göre modifiye edilebilir özellikleri ile farklı amaçlarla kolaylıkla kullanım olanağı sağladığı bildirilmiştir (Awad vd., 2012). Bu teknolojinin avantajları, gıda endüstrisi için çok yönlü ve karlı olmasına rağmen, büyük ölçekli işlemleri destekleyen ve çeşitli proseslere uyarlanabilen etkin güç ultrasonik sistemleri tasarlamak ve geliştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir (Gallego-Juarez, 2010).



Şekil 1. Gıdalarda uygulanan ultrason frekans aralıkları (Mason, 1998).

Proteinlerin ultrasonla işlenmesi, işlevselliği (emülsifiye etme, köpürme, jelleşme, viskozite artışı, vb.) geliştirme potansiyeline sahiptir. Ek olarak, mikron altı emülsiyonların verimli bir şekilde üretilmesi için potansiyel sergilediğinden mevcut emülsifikasyon teknolojilerini de değiştirmektedir. Bu durum, düşük frekanslı, yüksek güçlü ultrasonun temellerini ve gıda bileşenlerini, yani proteinleri, fonksiyonel modifikasyonu ve lipitleri nasıl etkilediğini ayrıntılı bir şekilde anlamaya dayanmaktadır. Bu konuda önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da, yeni ve ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Gallego-Juarez, 2010).

1.6. Balık Protein Hidrolizatlarının Teknolojik Uygulamaları

Balık protein hidrolizatlarının üretim şartları elde edilen ürünün özelliklerini etkileyen önemli unsurlardır. Kullanılan hammadde ve enzim çeşidi bunlardan en önemli olanlarıdır. Ayrıca reaksiyon süresi, sıcaklık, pH ve enzim substrat oranının da son ürünün verimini, biyokimyasal kompozisyonunu, fonksiyonel ve biyoaktif özelliklerini

etkilediği bildirilmiştir (Kristinsson and Rasco 2000a). Hidrolizatlar taşıdıkları bu özelliklere göre farklı sanayilerde besinsel katkı, fonksiyonel özellik geliştirici veya biyoaktif özellik geliştirici olarak kullanılabilirler.

FAO balık protein türevlerini, balık etinden daha yüksek miktarlarda protein içermesi dolayısıyla insan tüketiminde kullanılabilir ürünler olarak tanımlamaktadır. FDA hijyen koşullarını sağlamak koşulu ile balık protein ürünlerinin insan tüketiminde besin takviyesi olarak kullanılabilme koşulunu protein oranının %75'in üzerinde ve lipit oranının %0,5'in altında olarak belirlemiştir (URL-1). Öte yandan FAO maksimum kabul edilebilir lipit değerini %0,75 olarak belirlemiştir. FAO ve FDA kılavuzlarında balık protein ürünlerinin, protein yetersizliği yaşanan ülkelerde etkili bir rol oynayabileceğine vurgu yapılmaktadır. Beslenme araştırmaları bu ürünlerin besinlere ilave edilmesinin kesinlikle olumlu etkileri olduğunu ortaya koymuştur.

Günümüzde, genel olarak halk arasında sağlığın korunması ve mide bağırsak sistemi bozuklukları da dahil olmak üzere birçok rahatsızlığın önlenmesi ve tedavisi için doğal biyoaktif ürünlerin (fonksiyonel gıda ve nutrasötik) kullanımı yeniden gündeme gelmiştir (Marchbank vd., 2008). Birçok ülkede, protein hidrolizatları geleneksel ve ticari preparatları sağlıklı gıda/fonksiyonel gıda/nutrasötik olarak kullanılmaktadır.

BPH'ları tahıl ürünleri, balık ve et ürünleri, tatlılar ve krakerler gibi birçok farklı gıda sistemlerine dahil edilmek üzere başarıyla test edilmiştir (Kristinsson ve Rasco, 2000b). Ancak insanlarda işlevsel gıda olarak etkinliğini test etmek için BPH'ları üzerinde sadece sınırlı sayıda klinik çalışmalar yapılmıştır. Marchbank vd. (2008) Pasifik mezgit balığından elde edilen ve "reçetesiz" sağlık gıda takviyesi olarak ABD'de pazarlanan ticari bir BPH'nın ince bağırsak yaralanmalarında koruyucu etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, kontrol grubu olarak seçilen sekiz denekten dördünde dispeptik semptomların oluştuğu, ancak BPH uygulandığında sekiz denekte bu semptomların oluşmadığı ortaya konulmuştur. Balıklardan üretilen protein hidrolizatlarının, biyoaktif bileşenler içermeleri ve kolay emilim sağlamaları dolayısıyla çeşitli metabolik aktiviteleri desteklemek üzere besin takviyesi olarak kullanılacakları bildirilmiştir (Nesse vd., 2011).

BPH'larının sahip oldukları su tutma ve yağ tutma kapasiteleri, protein çözünürlüğü, jelleşme aktivitesi, köpüklenme kapasitesi ve emülsifikasyon kapasitesi gibi önemli ve benzersiz özellikleriyle birçok farklı gıdada katkı maddesi olarak kullanım potansiyeline sahip oldukları tespit edilmiştir (Chalamaiah vd., 2010).

Balık proteinlerinin fonksiyonel özellikleri dolayısıyla et ürünlerinde de kullanıldığı bilinmektedir. Kristinsson ve Rasco (2000b) somon balığı protein hidrolizatının, dondurulmuş somon balığı köftesinin sızıntı kaybını azalttığını ortaya koymuşlardır. Sardalya balığından elde edilen protein hidrolizatının hamburgerlerde pişirme verimini geliştirdiği belirlenmiştir (Vareltzis vd., 1990). WO/2004/071202 numaralı patent somon balığı kılçıklarından enzimatik yolla elde edilen %8-%20 yoğunluklarındaki protein hidrolizatlarının %18'lik salamura ile birlikte tütümlü somon filetolarına enjekte edilmesini ve sonrasında bu filetoların soğuk ve dondurularak muhafazasına dair metodu ortaya koymaktadır. İlave edilen protein hidrolizatının ürünün madde kaybını azalttığı, lipit oksidasyonundan kaynaklanan acılaşmayı geciktirdiği bildirilmiştir. Yapılan duyuşal değerlendirmede ise koku ve tat üzerinde hafif bir değişim meydana geldiği belirtilmiştir (Harald ve Kjartan, 2004). US 6,926,918 B2 nolu patent ile balık hidrolizatlarının gıdalarda tuz yerine kullanımını tarif eden bir metot geliştirilmiştir. Bu çalışmada palamut balığı hidrolizatının gıdalarda ve içeceklerde tuzlu tadı geliştirdiği ve tuz yerine kullanılabilceği ortaya konulmuştur (Grossbier vd., 2014).

BPH'larının kriyoprotektan ajan olarak kullanılabilceği bildirilmiştir. Cheung vd. (2009) tarafından yapılan bir araştırmada, Pasifik berlam balığı (*Merluccius productus*) ile hazırlanan protein hidrolizatlarının kriyoprotektan özellik taşıdığı bildirilmiştir. Söz konusu çalışmada araştırmacılar, dondurulmuş balık kıymasında kriyoprotektan olarak yaygın olarak kullanılan 1:1 sakaroz-sorbitol karışımına karşı potansiyel bir alternatif olarak Pasifik berlam balığı protein hidrolizatını araştırmıştır. Dondurulmuş balık kalitesini korumak için yeni nesil kriyopro-taşıyıcı olarak balık protein hidrolizatlarının kullanılmasının yüksek potansiyel taşıdığına kanıtlamışlardır.

Kim vd. (2001) BPH'ların içerdikleri doğal antioksidanlar ve film oluşturma yeteneği ile donmuş depolama sırasında balık filetolarında lipit oksidasyonunu geciktirmek için kaplama malzemesi olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Özyurt vd.

(2015a) bütün haldeki eksi balığı (*Equulites klunzingeri*)'ndan asit ve alkali yöntemlerle elde ettikleri protein izolatları ile hazırlanan yenilebilir kaplamaların gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın soğukta ve dondurarak depolanması süresince kalitesini ve raf ömrünü incelemiştir. Proteine dayalı kaplamanın gökkuşuğu alabalığı filetoalarının kalitesi üzerinde pozitif bir etki gösterdiğini ve ıskarta balıklardan yenilebilir kaplamaların hazırlanabileceğini saptamışlardır. Yine bu tür kaplamaların, balık filetoalarının kalitelerinin korunmasında gelecek vadede alternatif olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

1.7. Yenilebilir Filmler ve Kaplamalar

Gıdalarla birlikte tüketilebilen, ürününün raf ömrünü uzatmak için çeşitli gıdaların kaplanması için kullanılan herhangi bir ince tabaka malzeme, yenilebilir kaplama veya film olarak kabul edilir. En önemli avantajlarının ambalajlı ürünlerle güvenli biçimde tüketilebilmeleri olduğu bildirilmiştir (Bourtoom, 2008).

Yenilebilir kaplamaların ve filmlerin, doğal tabakaların değiştirilmesini ve/veya takviye edilmesini sağladığı belirtilmiştir. Ürünün yüzeyinde nem, gaz ve aroma kayıplarını önledikleri, oksijen ve karbondioksit gibi önemli gazların kontrollü bir şekilde değiştirilmesine seçici olarak izin verdikleri rapor edilmiştir (Embuscado ve Huber, 2009).

Yenilebilir kaplamalar ve filmlere karşı sürekli artan bir ilgi vardır. Bu ilgi tüketicilerin güvenli, doğal ürünlere olan talebinin yoğunlaşması ve geri dönüşümsüz materyallerin çevresel etkilerinde farkındalıklarının artmasından kaynaklanmaktadır. Yenilebilir kaplamalar ve filmler benzer bir tanımlamaya sahip olsalar da, genellikle, yenilebilir filmlerin belirli formülasyonlarda hazırlandıktan sonra, kaplamaların ise doğrudan gıda yüzeyleri üzerine uygulandığı bildirilmiştir. Araştırmalar her iki yöntemin de uygun şekilde paketlenmiş deniz ürünlerinin organoleptik özelliklerini geliştirdiğini göstermiştir. Ayrıca, antibakteriyel ve antioksidan ajanların dahil edilmesiyle de oksidasyonun ve/veya mikrobiyal bozulmanın geciktirilebildiği ortaya konmuştur (Dehghani vd., 2018).

Balık, diğer et ürünlerinden daha kolay bozulabilen bir gıda ürünüdür. Bu bozulmada bileşimindeki protein ve lipidlerin yapısı önemlidir. Bununla birlikte; biyojen aminlerin ve hipoksantin oluşumunun, otoliz, enzimatik ve bakteriyel aktivitelerin de bozulmada etkili olduğu belirtilmiştir (Tahergorabi vd., 2015). Bu bozulmalar balığın duyu kalitesinin ve besin değerinin kaybolmasına sebep olur. Yenilebilir filmler ve kaplamalar gıdalarda fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal bozulmaların önüne geçilmesinde kullanılabilen ve balıklarda da uygulanabilen yöntemlerdendir. Aynı zamanda yenilebilir, biyolojik olarak uyumlu, güvenli olmalarıyla da bariyer ve katkı maddelerinin taşıyıcısı olarak da kullanılabilirler.

Yenilebilir kaplamalar ve filmler üretildikleri malzemenin türüne göre kategorize edilebilirler. Polisakkaritler, proteinler ve lipitler, bu amaçla kullanılan başlıca üç materyal grubudur. Polisakkaritler yaygın olarak bulunurlar ve genellikle uygun maliyetli olup bazıları negatif yüklü olsalar da çoğu nötrdür. Yapılarında çok sayıdaki hidroksil ve diğer polar grupların bulunması dolayısıyla hidrojen bağları filmde, film oluşumu ve son ürün karakteristikleri için çok önemli bir işleve sahiptir. Alginat, pektin ve karboksimetil selüloz gibi negatif yüklü gamların pH'a bağlı olarak farklı özelliklere sahip olma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir (Dehghani vd., 2018).

Film oluşturan proteinler hayvansal (örneğin kazein, peynir altı suyu proteini konsantresi ve izolatu, kollajen, jelatin ve yumurta albümini gibi) veya bitkisel (örneğin mısır, soya fasulyesi, buğday, pamuk tohumu, yer fıstığı ve pirinç gibi) kökenli olabilir. Protein kaynaklı filmlerin ana oluşum mekanizmasını ısı, çözücüler ya da pH'ta bir değişiklik ile başlatılan proteinlerin denatürasyonu ve bunu izleyen yeni peptit zincirlerinin moleküller arası etkileşimlerini içerdiği belirtilmiştir (Dehghani vd., 2018). Protein bazlı filmlerin etin hidrofobik yüzeyine yapışarak oksijen ve karbondioksit difüzyonunu engellerken su çıkışını durdurduğu rapor edilmiştir (Rodriguez-Turienzo vd., 2011; Sánchez-Ortega vd., 2014).

Proteinlerin kaplama materyali olarak, petrol bazlı sentetik ürünlere karşı kullanılabilirlikleri etkili olmuştur. Kazein, peyniraltı suyu (Rodriguez-Turienzo vd., 2011; Motalebi ve Seyfzadeh 2012; Rodriguez-Turienzo vd., 2012; Seyfzadeh vd., 2013), soya (Rodriguez-Turienzo vd., 2011; Motalebi ve Seyfzadeh 2012; Rodriguez-Turienzo

vd., 2012), mısır zeini (Kilinceker vd., 2009; Lin vd., 2011), kollajen, buğday gluteni (Dursun ve Erkan, 2014), jelatin (Gómez-Estaca vd., 2007; Gómez-Estaca vd., 2010; Ahmad vd., 2012; Nowzari vd., 2013; Arfat vd., 2015;), keratin ve yumurta albüminleri (Kilinceker vd., 2009) gibi biyolojik olarak parçalanabilir kaynaklar bu amaçla kullanılmaktadır. Bu konuda özellikle bu kaynakların yan ürünlerinin ve atıklarının kullanılmasının ilgi çekici olduğu bildirilmiştir (Embuscado ve Huber, 2009).

Lipitlerin, polisakkaritler ve proteinlerin aksine, biyopolimer olmamaları ve yapışkan film oluşturamamaları sebebiyle ürünlerde kaplama materyali ya da biyopolimerlere dahil edilerek kullanımlarının söz konusu olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte düşük polariteleri nedeniyle diğer iki gruba göre daha iyi su buharı bariyeri özelliğiyle kompozit filmler oluşturdukları bildirilmiştir (Dehghani vd., 2018).

Su ürünlerinin muhafazasında nem ve oksijen göçüne ve mikrobiyal bulaşılara karşı bir bariyer oluşturabilecek filmler ve kaplamaların faydalı olduğu bildirilmektedir (Arfat vd., 2015; Li vd., 2015).

Su ürünleri endüstrisinde kullanılacak film ve kaplama materyallerinin sayısı sınırlıdır. Materyaller film tabakası oluştururken aynı zamanda kullanılan antioksidan, antimikrobiyal ajanlar ve plastikleştiricilerle de uyumlu, çözücü içerisinde dağılabilen ve çözülebilen bir yapıya sahip olması gerektiği bildirilmiştir. Gıdalarda potansiyel materyaller arasında lipitler (açılglicerol, yağlı asitler ve mumlar), hidrokolloitler (polisakkaritler, proteinler), alginatlar ve kompozitler (Donhowe ve Fennema, 1993) sayılabilir.

Polisakkarit bazlı yenilebilir film ve kaplamaların hazırlanmasında selüloz, nişasta, pektin ürünleri, su yosunu ekstraktları (Song vd., 2011; Hamzeh ve Rezaei, 2012), sakızlar (Cai vd., 2014;) ve kitosan (Aider, 2010) kullanılabilir.

Balık atıklarının hidrolizatından elde edilen yenilebilir protein film ve kaplamalar diğer protein filmleriyle karşılaştırıldığında daha az taşıma kapasitesine (su buharı geçirgenliği) sahip ve daha esnek olduğu bildirilmiştir (Dursun ve Erkan, 2009). Bu ürünler doğrudan balık eti ve balık yan ürünlerinden üretilebildikleri gibi surimi yıkama

suyu içerisindeki suda çözünür proteinlerden de üretilbildikleri belirlenmiştir (Shiku vd., 2004).

1.8. İşlenmiş Su Ürünleri ve Muhafazası

Günümüzde tüketicilerin bilinçlenmesi, fonksiyonel nitelik taşıyan gıda maddelerinin, özellikle su ürünlerinin tüketimine olan ilginin artmasına neden olmuştur. Bu da endüstriyel üretimde, tüketime sunulacak gıdaların kalitesini bozmadan, duyuşal özelliklerini koruyarak raf ömrünü uzatmak, renk ve tekstür özelliklerinin iyileştirmek, lezzet ve besin değerini arttırmak için güvenli işleme ve muhafaza yöntemlerinin kullanımını gerekli kılmaktadır. Son yıllarda gıdalarda mümkün olduğunca doğal ve doğala yakın formlarda katkı maddelerinin kullanılması yönünde bir eğilim söz konusudur. Sağlıklı ve güvenli ürünlere olan taleplerin karşılanmasına yönelik doğal hammaddeler kullanılarak alternatif üretim modellerinin geliştirilmesi ile ürün eldesine yönelik çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

Balık tüketiminin insan sağlığı üzerindeki yararları temel olarak balıkların yüksek ve kaliteli proteinleri, omega-3 yağ asitleri, vitaminleri ve diğer temel besinleri içermesine bağlıdır. Özellikle yağlı balıklar yüksek miktarlarda uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerini (ÇDYA) ve özellikle omega-3 yağ asitlerini içerir. Hücre zarlarının ana bileşenleri olarak yapısal bir role sahip olan bu yağ asitleri çeşitli zar fonksiyonlarına katkıda bulunurlar (Lee ve Lip, 2003). Omega-3 yağ asitlerinin başta kalp damar hastalıkları olmak üzere birçok hastalıktan korunmada etkili olduğu bilinmektedir. Genel olarak, tüketicilere haftada iki üç kez balık tüketmeleri tavsiye edilmektedir (Maehre vd., 2015). Bununla birlikte yüksek ÇDYA içeriğinden dolayı su ürünleri diğer gıda maddelerine oranla lipit oksidasyonuna karşı daha duyarlıdır (Kołakowska vd., 2003). Su ürünlerindeki lipitlerin bozulması doğrudan kötü koku oluşumu ve ürünlerin besin değerini düşüren ve dolayısıyla raf ömrünü kısaltan bir dizi diğer reaksiyonların meydana gelmesi ile ortaya çıkar. Su ürünlerinde doymamış yağ asitlerinin veya trigliseridlerin oksidasyonu, serbest radikallerin ve hidroperoksitlerin oluşumuna sebep olur. Keton aldehitleri ve epoksitler gibi bileşikler doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sırasında oluşur. Lipit oksidasyonu taze ve dondurulmuş deniz ürünlerinde gerçekleşir. Okside olmuş doymamış lipitler proteinlere bağlanır ve lipit-protein karışımlarını

oluştururlar. Bunlarla birlikte su ürünlerindeki temel bozulma sebepleri mikrobiyal gelişimdir. Bakteriler, küf ve mayalar mikrobiyal bozulmalara sebep olmaktadır (Olafsdóttir vd., 1997; Aras Hisar vd., 2004).

Taze balıklar buzdolabı koşullarında depolandıklarında 1-2 gün içerisinde tüketilmelidirler. Ticari olarak bu sürenin uzatılması ve kalitenin belirli bir süre korunabilmesi için uygun işleme teknolojileri ve uygun paketlenme yöntemlerinin birlikte kullanılması gerekmektedir. Dondurma ve donmuş muhafaza, su ürünlerinin duyu ve besinsel özelliklerinin korunmasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. İşlenmiş su ürünlerinin büyük bir kısmını dondurulmuş su ürünleri oluşturmaktadır (2010 yılında tüketilen toplam su ürünlerinin %55'i dondurulmuş olarak işlenmiştir, FAO, 2014).

Dondurarak muhafaza, su ürünlerinin depolanması için etkili bir koruma aracı olup, taze balıkta istenmeyen kimyasal değişiklikleri önler veya en aza indirir. Dondurma yöntemiyle mikrobiyal bozulmanın önüne geçilebilse de donmuş depolama esnasında fiziksel ve biyokimyasal değişimlere ve tekrarlayan donma-çözülme işlemlerinden kaynaklanan sıcaklık dalgalanmalarına bağlı olarak kas dokudaki suyun dağılımı ve su tutma kapasitesi etkilenmektedir (Shenouda, 1980). Kas dokudaki suyun dağılımındaki değişimler temel olarak protein denatürasyonu sonucu meydana gelmektedir. Bu da protein çözünürlüğünde düşüşe ve su tutma kapasitesi gibi fonksiyonel özelliklerde kayba sebep olmaktadır (Andersen ve Jørgensen, 2004).

Donmuş deniz ürünlerinin kalitesini korumak amacıyla birçok kaplama materyali deneyerek test edilmiştir. Glazeleme nem kaybını ve lipit oksidasyonunu geciktirmek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Khayat ve Schwall, 1983). Fakat süblimleşme sonucu ortaya çıkan kayıpların önlenmesi için balıkların donmuş depolamada periyodik olarak yeniden glazelenmesi gerekir (Wheaton ve Lawson, 1985). Dondurulmuş balıklarda, yenilebilir kaplamalar nem kontrolü, oksijen geçirgenliğinin önlenmesi, uçucu aroma ve lezzet kayıplarını önlenmesi gibi özellikleriyle kalite kayıplarını azaltabilir ve ürünlerin raf ömrünü uzatabilir (Kester ve Fennema, 1986).

Balıkların uzun süre muhafaza edilmesi ve farklı ürünlere işlenmesi amacıyla kurutma, tütsüleme, tuzlama ve marinasyon gibi teknolojik işlemler uygulanmaktadır.

Dünyada üretilen balığın büyük bir kısmı işlenerek tüketime sunulmakta, böylece balığın hem raf ömrü uzatılmakta, hem de piyasaya farklı tat ve aromada ürün sağlanarak ürün çeşitliliği sağlanmaktadır. Bu işleme yöntemlerinden biri de balıkların değişik şekillerde tütsülenmesidir (Kolsarıcı ve Özkaya, 1998). Tütsüleme işleminde hem uygulanan salamuradaki tuzun etkisi hem de tütsü bileşimindeki antibakteriyel ve antioksidan özellikte bileşiklerin etkisi ile ürünün korunduğu ve tütsülenmemiş ürünlere göre raf ömrünün uzadığı bildirilmiştir (Gökoğlu, 2002). Aynı zamanda tütsüleme işlemi esnasında uygulanan sıcaklığın da mikroorganizmaların gelişmesi için gerekli olan suyun yüzeyden uzaklaşmasında etkili olduğu toplamda tuz, dehidrasyon ve tütsü bileşiklerinin kombine etkileri sonucu korumanın sağlandığı bildirilmiştir (Kolsarıcı ve Özkaya, 1998).

Tütsülenmiş balıklar yarı korunmuş ürünler arasında yer alıp kalite güvenliği açısından her zaman bir risk taşımaktadırlar (Kramarenko vd., 2016). Son yıllarda bu tür ürünlerin muhafazasında tokoferoller, askorbik asit, bitki ekstraktları gibi belirli doğal moleküllerin kullanımı büyük bir potansiyel oluşturmaktadır.

Ülkemizde büyük bir ekonomik değere sahip su ürünlerinin tazeliğini uzun süre koruması mümkün olmadığı için raf ömrünü uzatacak yöntemlere ihtiyaç duyulmakta ve sürekli yeni uygulamalar denenmektedir. Taze tüketim ilk sırada yer almasına rağmen dondurma, tuzlama, tütsüleme, marinasyon gibi yüksek kaliteli işlenmiş ürünlerin üretilmesi de söz konusudur. Günümüzde bu ürünlerin muhafazasında çeşitli ambalajlama teknolojilerinden faydalanılmaktadır.

1.9. Çalışmada Kullanılan Balıklar Hakkında Genel Bilgiler

1.9.1. Gökkuşluğu Alabalığı

Aile : Salmonidae

Cins : *Oncorhynchus*

Tür : *Oncorhynchus mykiss* (W., 1792)

Şekil 2’de Gökkuşığı alabalığı gösterilmiştir. Türkiye’de denizlerde ve içsularda yetiştiricilik yoluyla üretilen Gökkuşığı alabalığı miktarlarının yıllara göre değişimi Tablo 1’de sunulmuştur.



Şekil 2. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792).

Tablo 1. Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan Gökkuşığı Alabalığının yıllara göre üretimi (TÜİK, 2018).

Yıllar	İç Su Üretimi (ton)	Deniz Üretimi (ton)	Toplam Üretim (ton)
2010	78.165	7.079	85.244
2011	100.239	7.697	107.936
2012	111.335	3.234	114.569
2013	122.873,3	5.186,2	128.059
2014	107.533	4.812	112.345
2015	100.411	6.187	106.598
2016	99.712	4.643	104.355
2017	101.761	4.972	106.733

Gökkuşığı Alabalığı Kuzey Pasifik Okyanusunda Güney Kaliforniya’dan Alaska’ya kadar doğal olarak bulunmaktadır. Gökkuşığı alabalığı genellikle soğuk, temiz tatlı sularda yaşamaktadır, fakat anadrom stokları da mevcuttur (Polat vd., 2011). Yaşam evrelerine bağlı olarak plankton, küçük böcekler, kabuklular, balık yumurtaları ve küçük balıklar beslendiği canlılar arasındadır (Staley ve Mueller, 2000). Gökkuşığı alabalığı dünyada yüzlerce yıldır kültürü yapılan en yaygın alabalıktır. Bu balık çok geniş sıcaklık derecelerini tolere etmektedir. Su kalitesi bakımından yüksek derecede oksijenli sularda ve en iyi 13-18 °C’ler arasında büyür.

Alabalık eti gıda olarak oldukça kaliteli olup, etinin rengi balığın diyetine bağlı olarak kırmızı (pigmentli) veya beyaz (pigmentsiz) olabilir. Gökkuşığı alabalığı göllerde,

nehirlerde ve derelerde yaşamaktadır. Yumurtlaması bulunduğu yetiştirme suyu sıcaklık şartlarına bağılı olarak farklı zamanlara denk gelse de genellikle su sıcaklığına bağılı olarak doğal ortamlarında ilkbaharda olmaktadır. Dişilerin kumlu ve çakıllı yerlere yaptıkları yuvalarına 500-2500 iri yumurta (50-150 mg yumurta/L) bıraktığı, erkekleri ise bu yumurtaları hemen dölediği bildirilmektedir. Yumurtaların gelişmeleri ve açılmaları için gerekli süre çevre suyu sıcaklığıyla doğrudan ilişkilidir. Gökkuşuğı alabalığı 4,5 °C de 80 günde, 10 °C'de 31 günde ve 15 °C'de ise sadece 19 günde açılmaktadır (Leitritz ve Lewis, 1980).

1.9.2. Palamut Balığı

Aile: Scombridae

Cins: *Sarda*

Tür: *Sarda sarda* (Bloch, 1793)

Palamut balığı, Atlantik Okyanusunun tropikal ve ılıman kıyılarından Meksika Körfezi, Akdeniz ve Karadeniz'e kadar dağılım gösterir (Şekil 3). Bu balık epipelajik, neritik ve sürü oluşturarak, çevresel değışikliklere dereceli olarak adaptasyon gösterir ve 12-27 °C arasındaki sıcaklıklarla ‰14-39 tuzluluklarda, 80 ila 200 m arasındaki derinliklerde yaşayabilen bir balıktır (Valeiras ve Abad, 2006; Zaboukas ve Megalofonou, 2007).



Şekil 3. Palamut balığı (*Sarda sarda* Bloch, 1793).

Ülkemiz denizlerinde bulunan palamut balığının yılın belli aylarında Karadeniz'den Marmara'ya ve kısmen de Ege'ye geçişine iniş, Ege ve Marmara'dan Karadeniz'e geçişine çıkış denir. Ege ve Marmara'da kışlayan palamut balığı, ilkbaharda İstanbul Boğazı'ndan Karadeniz'e geçmeye başlar. Geçiş mayıs ayında maksimum olmak üzere nisan ayından ağustos ayına kadar devam eder. Karadeniz'e geçen palamut sürüleri kısa bir müddet boğaz önünde kaldıktan sonra Kırım ve Kafkasya kıyılarındaki yaz beslenme bölgelerine doğru hareket eder. Bazı sürüler ise Karadeniz'in batı kıyılarını takip ederek Kuzey-batı Karadeniz'deki sığ sulara girer. Palamut yavruları 12 cm boy uzunluğuna kadar zooplanktonlarla beslenir. Ergin palamutlar ise karnivor olup sürü oluşturan sardalya, hamsi, uskumru ve diğer küçük pelajik türler üzerinden beslenir. Türk balıkçılığında önemli bir rol oynayan palamut balığı Karadeniz ve Marmara'nın en ünlü balıklarından biridir. Avlanma Karadeniz'de, genellikle Ağustos Şubat ayları arasında olup, maksimum değerlere Eylül-Ekim aylarında ulaşır. Avlanmada uzatma, çevirme ve gırgır ağları kullanılır (Zengin ve Dinçer, 2006). TÜİK (2018) verilerine göre yıllar içerisinde dalgalanmalı bir av veren palamut balığının; 2008 yılında toplam 6 448,0 ton, 2010 yılında 9 401,0 ton, 2013 yılında 13 157,6 ton ve 2017 yılında 7577,6 ton avı gerçekleştirilmiştir.

1.10. Literatür Özeti

Balık proteinlerinin fonksiyonel özellikleri dolayısıyla et ürünlerinde kullanıldığı bilinmektedir. Kristinsson ve Rasco (2000a) çalışmalarında somon protein hidrolizatının dondurulan somon köftesinde sızıntıyı azalttığını ortaya koymuşlardır. Sardalya balığından elde edilen protein hidrolizatının hamburgerlerde pişirme verimini geliştirdiği belirlenmiştir (Vareltzis vd., 1990).

Alabalığın fileto halde gerek soğuk ve donmuş muhafazasında gerekse balık kıyması veya surimi gibi farklı ürünlere işlenmek üzere hammadde olarak hazırlanması ve depolanması esnasında çeşitli koruyucu metotlar kullanılarak ürünlerin raf ömrünün uzatılmasını hedefleyen çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Taşkaya vd., 2003; Tokur vd., 2006; Berik vd., 2011). Özyurt vd. (2015b) balık protein tozlarıyla hazırladıkları kaplama materyali ile kapladıkları alabalık filetolarının soğutulmuş ve dondurularak muhafazaları esnasında bozulmalarında gecikme olduğunu bildirmişlerdir. Alp Erbay vd. (2017) gökkuşağı alabalıklarını, elektrospun Poly (ϵ -caprolactone) ve *Urtica dioica* L., nanolifi içeren peynir altı suyu protein izolatu ile hazırladıkları kaplama materyaline daldırarak soğuk ortamda depolamışlardır. Araştırmacılar kullanılan aktif kaplama materyalinin antimikrobiyal ve antioksidan olarak çok etkili olduğunu, soğutulmuş balık filetolarının raf ömrünü 15 güne kadar uzatabildiğini tespit etmişlerdir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde su ürünlerinin muhafazasında sentetik ve doğal katkı maddelerinin kullanımına yönelik çeşitli araştırmalar yapıldığı görülmektedir.

Aubourg vd. (2004) ayıklanmamış ve fileto edilmiş istavrit balıklarının (*Trachurus trachurus*) otooksidasyonu üzerine sitrik asit ve askorbik asitin etkisini incelemişlerdir. Serdaroğlu ve Felekoğlu (2005) sardalya balığının (*Sardina pilchardus*) kalitesine soğan suyu ve biberiye ekstraktının etkisini, Salas vd. (2007) istavrit balığında (*Trachurus trachurus*) lipid oksidasyonuna farklı sentetik antioksidanların etkisini, Sánchez-Alonso vd. (2007) kıyılmış ve dondurulmuş balıkta lipid oksidasyonuna üzüm çekirdeği ekstraktının etkisini araştırmışlardır. Lugasi vd. (2007) -20 °C'de 12 ay dondurularak depolanmış istavrit balığının lipid oksidasyonuna melisa (*Melisa officinalis*), yara otu (*Prunelle vulgaris*), çördük otu (*Hysoppus officinalis*) ve biberiye (*Rosmerinus*

officinalis) ekstraktlarının antioksidan etkisini incelemişlerdir. Yavaşer (2011) “Doğal ve sentetik antioksidan bileşiklerin antioksidan kapasitelerinin karşılaştırılması” adlı çalışmada besinlere koruyucu ve katkı maddesi olarak ilave edilen sentetik antioksidanların yerine aynı düzeyde aktivite gösteren luteolin, kuersetin, karnosol, gallik asit ve fisetin gibi doğal antioksidanların kullanımının iyi birer alternatif olabileceği sonucuna varmıştır. Bilen (2009) ekstrakte edilmiş defne, kekik, biberiye, çörekotu, adaçayı, üzüm çekirdeği, keten tohumu ve limon esansiyel yağlarının -20 °C’de dondurulmuş kolyoz (*Scomber japonicus*) balığının lipit oksidasyonu ve diğer bazı kalite özelliklerine etkisini incelemiştir. Araştırmacı, duyu analizi sonuçlarına göre kontrol grubuna ait örneklerin 11 aylık depolama süresince 5 ay tüketilebilir kaliteyi koruduğunu ve bundan sonra bozulduğunu tespit etmiştir. Çalışmada kekik, biberiye, çörekotu, adaçayı ve limon esansiyel yağları ile muamele edilmiş örneklerin 6 ay, defne, üzüm çekirdeği ve keten tohumu yağı uygulanmış örneklerin de 7 ay tüketilebilir kaliteyi koruduğu belirlenmiştir.

Balık protein hidrolizatlarının üretimi, antioksidan kapasitesi ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapılan birçok araştırma mevcuttur.

Kristinsson ve Rasco (2000a) yaptıkları çalışmalarında farklı yöntemlerle BPH üreterek bu hidrolizatların biyokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada asit, endojen enzimler ve bakteriyel ya da sindirimi kolaylaştıran proteazlar kullanılarak BPH’larının çeşitli üretim teknolojileri tanımlanıp biyokimyasal ve kimyasal karakteristikleri tartışılmıştır. Sonuç olarak BPH için yeni işlem metotları geliştirilip kullanılmış ve diğer üretim metotları ile karşılaştırılmıştır.

Mendis vd. (2005) BPH’larının gelişmiş antioksidan ve antihipertansiyon etkileri ile doğal antioksidan olarak kullanılabilmesi dolayısıyla sentetik ve yan etkiye sahip ürünlere alternatif olarak kullanılabilmesinden bahsetmiştir.

Thiansilakul vd. (2007) yağı alınmış *Decapterus maruadsi* türü balık kıymasından flavourzim kullanarak elde ettikleri BPH’nın kimyasal kompozisyonunu, fonksiyonel özelliklerini ve antioksidan aktivite özelliklerini ortaya koymuşlardır. Bu çalışma ile elde edilen sonuçlara göre bu balıktan elde edilen BPH’nın iyi bir peptit ve amino asit kaynağı

olduğu, emülsifiye edici ve köpürme ajanı olarak kullanılabilceği vurgulanarak 25 °C ve 4 °C’de oldukça stabil şekilde depolanabilen doğal bir katkı maddesi olduğu belirtilmiştir.

Damodaran (2007) BPH’larının yüksek oranda hidrofobik amino asit içerdiğini dolayısıyla su tutma özellikleriyle suyun buz kristallerine dönüşmesini azaltıcı etkiye sahip olabileceklerini ifade etmiştir.

Pacheco-Aguilar vd. (2008) Pasifik mezgiti (*Merluccius productus*) etinden alkalaz enzimi kullanarak farklı hidroliz derecelerine bağlı olarak (%10, %15 ve %20) elde ettikleri BPH’nın fonksiyonel özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, elde edilen BPH’nın gıda katkı maddesi olarak istenen belirli bir karakteristiği tutturma, depolama stabilitesini artırma, emülsifiye edici özellikleri ile sosis, mayonez, salata sosları ve kremalarda kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Muzaiifa vd. (2012) yaptıkları bir çalışmada balık yan ürünlerinden alkalaz ve flavourzim kullanarak BPH üretmişlerdir. Sonuçlar, alkalaz kullanarak elde ettikleri üründe protein oranının (%82,66) flavourzim kullanarak elde ettikleri üründeki protein oranına göre daha yüksek (%73,51) olduğunu ortaya koymuştur. Aynı zamanda alkalaz enzimi ile üretilen üründe çözünürlük, emülsifiye özelliği ve köpürme özelliklerini de daha yüksek bulmuşlardır. Çalışma sonunda araştırmacılar balık yan ürünlerinden elde edilen BPH’nın iyi bir protein kaynağı olduğunu, emülsifiye edici ve köpürme ajanı olarak kullanılabilceğini vurgulamışlardır.

Ovissipour vd. (2013) bütün haldeki hamsi (*Clupeonella engrauliformis*) balığından BPH üretiminde farklı enzimlerin (alkalaz, flavourzim, protameks, papain, bromelain, promod) kullanımının etkisini incelemişlerdir. Çalışmada en yüksek verim ve yağ geri kazanımını alkalaz ve bromalinde tespit etmişlerdir. En düşük antioksidan aktivite, hidroliz derecesi ve protein geri kazanımını otoliz ve flavourzimde saptamışlardır. Hamsi protein hidrolizatlarının yüksek protein içeriği, antioksidan aktivitesi ve amino asit kompozisyonu ile gıdalarda besinsel özellikleri geliştirici katkı maddesi olarak kullanılabilceğini belirlemişlerdir.

Koç (2016) “Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) işleme atıklarından elde edilen BPH’nın besleyici, fonksiyonel ve biyoaktif özelliklerinin araştırılması” adlı

çalışmasında hamsi işleme atıklarından üretilerek kurutulan hidrolizatın %75 protein içerdiğini ve bu proteinlerin %46'sının esansiyel amino asitlerden oluşturduğunu tespit etmiştir. Çalışmada besleyici özelliğinin yanı sıra atık hidrolizatlarının emülsifiye edici, köpük oluşturucu, su ve yağ tutucu özellikleri ile gıda katkı maddesi olarak kullanılma potansiyeli bulunduğu belirlenmiştir. Biyoaktif özellikler açısından atıklardan elde edilen hidrolizatların 1 mg/ml konsantrasyonda; %60 ACE inhibisyonu, %21 DPPH temizleme ve %59 Fe⁺² şelatlama aktivitesi gösterdiği tespit edilmiştir. Bu özelliklerle, farmakolojik alanda da yüksek seviyede kullanım potansiyelinin bulunduğu görülmüştür.

Farklı ürünlerden elde edilen protein hidrolizatlarının su ürünlerinin muhafazasında kullanımı ile ilgili olarak da birçok çalışma mevcuttur.

Xiong vd. (2009) yaptıkları çalışmada, -18 °C'de dondurarak depolama süresince ot sazanı (*Ctenopharyngodon idella*)'nin miyofibriler proteini üzerine konjuge glukomannan (KGM)'in 5 farklı dozunun (%0, %0,5, %1, %1,5 ve %2) koruyucu etkisini incelemişlerdir. Aynı zamanda ot sazanı surimi jelinin beyazlık, su tutma kapasitesi ve tekstür özelliklerini incelemişlerdir. Yeni bir kriyoprotektan olan KGM'nin dondurularak depolama süresince tuzda ekstrakte edilen protein, Ca⁺²-ATPase aktivitesi, toplam sülfidril ve miyofibriler proteinlerin aktif sülfidril içeriğinde önemli derecede azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Yüzde 1 oranındaki KGM'nin, geleneksel olarak kullanılan kriyoprotektan (%10 sukroz-sorbitol; 1:1, w/w) ile aynı derecede kriyoprotektif etki gösterdiği saptanmıştır. KGM'nin kullanım düzeyleri arttıkça, ot sazanı surimisinin kırılma gücü ve deformasyonun önemli derecede arttığı tespit edilmiştir. KGM'nin eklenmesi ile surimi jelinin su tutma özelliklerinin arttığı ve geliştiği, ancak beyazlığın azaldığı ve rengin daha koyu hale geldiği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda KGM'nin optimum eklenme dozu %1 olarak önerilmiştir.

Arslan (2006) yaptığı çalışmasında farklı kriyoprotektan maddeler (ham surimi: kriyoprotektan yok; 1. grup: %8 maltodekstrin; 2. grup: %4 sukroz + %4 sorbitol + %0,2-0,3 polifosfat) ilave ederek hazırladığı siraz balığı (*Capoeta capoeta*) surimisini, hava (kontrol) ve vakumda ambalajlayarak, farklı sıcaklıklarda (4 °C ve -18 °C) depolamıştır. Çalışmada surimilerin hepsinde *Enterobacteriaceae*, TAMB ve TAPB sayılarına, depolama süresinin ve ambalajlamanın istatistiki olarak önemli (P<0,01) derecede etki

ettiği tespit edilmiştir. +4 °C’de en yüksek TBARS değeri 2. grupta belirlenmiş, pH bakımından ise depolama süresi ve muamelenin etkisinin tüm gruplarda önemli olduğu bulunmuştur (P<0,01). -18 °C’de ise TBARS ve pH değerlerinde depolama süresinin ve ambalajlamanın etkisinin önemli (P<0,01) olduğu belirlenmiştir. +4 °C’de depolama süresi sonunda (11. gün) TVB-N değerinin kabul edilebilir (30-35 mg/100 g) sınırı aştığı, -18 °C’de ise TVB-N değerinin kabul edilebilir sınırın altında kaldığı tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, surimilerin -18 °C’de uzun süre saklanabileceği, ilave kimyasalların surimi kalitesi üzerine etki yapmadığı tespit edilmiştir.

Nieto vd. (2009) patates proteinlerinden alkalaz yardımı ile antioksidan özelliğe sahip hidrolizat üretimi gerçekleştirmişlerdir. Yüzde (%) 1,5 tuz ve %5 protein hidrolizatı ile formüle edilmiş pişmiş sığır eti köftelerinin, 4 °C’de 7 gün depolama sonunda güçlü radikal temizleme ve metal iyonu bağlama potansiyeli gösterdiği, lipid peroksit ve TBA oluşumunda %80-90 azalma olduğu gözlenmiştir. %2,5 antioksidan patates proteini hidrolizatı ilave edilen, %15 ve %30 yağ içeren ve nitrit içermeyen pişirilmiş frankfurterlerde, emülsiyon kararlılığında önemli derecede atış görülürken, pişirme kayıplarının azaldığı ve lipid oksidasyonunun belirgin bir düzeyde geciktiği bildirilmiştir. Bu sonuçlar antioksidan ve emülsifiye edici özellikler taşıyan protein hidrolizatlarının emülsifiye et ürünlerinde potansiyel kullanım imkanlarına sahip olduklarını ortaya koymuştur.

BPH’larının biyokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin ortaya konulmasının yanısıra bu ürünlerin farklı gıda maddelerinde koruyucu ve iyileştirici özelliklerinin denenmesi amacıyla katkı maddesi olarak kullanımlarına yönelik çalışmalar da yürütülmüştür.

Birçok protein hidrolizatı antioksidan aktivite göstermektedir. BPH ve peptitlerin su ürünlerinde antioksidan ve kriyoprotektan olarak alternatif olabileceği konusunda çalışmalar yapılmıştır.

Cheung vd. (2009) BPH’ni balık kıymasında karbonhidrat bazlı kriyoprotektanlara alternatif olarak kullandıkları çalışmada farklı enzimlerle hazırlanmış BPH’ların ticari kriyoprotektanlara oranla daha iyi koruyucu etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma sonunda farklı BPH'nın sahip olduğu farklı amino asit kompozisyonlarının ve peptit yapıların kriyoprotektan olarak kullanımının etkinliğinin ve mekanizmasının ortaya konulacağı yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir.

Pires vd. (2013) berlam balığı (*Merluccius merluccius*) yan ürünlerinden alkalaz enzimi kullanarak üç farklı metotla (A; homojenize edilmiş hammadde üzerinde, B; çözünebilir proteinler üzerinde pH 11'de ve C; alkali yardımcı pH ayarlama işlemi ile geri kazanılan proteinler üzerinde) ürettikleri protein hidrolizatlarının fonksiyonel ve antioksidatif özelliklerini araştırmışlardır. Tüm örneklerde BPH'nın protein içeriği 807-860 g/kg aralığında ve hidroliz derecesi %19 ila %22 arasında bulunmuştur. Maksimum verim (%71,9) metot B ile elde edilmiş, ancak hidrolizat rengi daha koyu bulunmuştur. Tüm BPH'larının peptit yapılarının birbiriyle oldukça büyük bir benzerlik gösterdiği bildirilmiştir. C metoduyla hazırlanan BPH'nın, emülsiyon oluşturma aktivite endeksi önemli derecede yüksek ve B yöntemiyle hazırlanan BPH'nın en yüksek köpük kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. BPH'nın çözünürlüğü %71-76 aralığında bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre hazırlanan BPH'nın özelliklerinin, özellikle su tutma kapasitesini arttırmak için gıda sistemlerinde doğal katkı maddeleri olarak kullanılabilmesi vurgulanmıştır.

Taheri vd. (2013) kanatlı yan ürünleri ile alabalık iç organlarının gıda sanayiinde bol miktarda açığa çıktığını dolayısıyla bu iki hammaddenin protein hidrolizatı üretmek için oldukça uygun kaynaklar olduğu hipoteziyle ürettikleri tavuk ve alabalık yan ürünleri protein hidrolizatlarının fonksiyonel özelliklerini karşılaştırmışlardır.

Li vd. (2015) ot sazani (*Ctenopharyngodon idellus*)'ndan elde ettikleri protein hidrolizatını balık kıymasında dondurma ve çözündürme sırasında sızıntı suyundan kaynaklanan kayıplara karşı koruyucu olarak kullanmışlar ve protein hidrolizatının kayıpları önemli derecede önlediğini bildirmişlerdir. Sonuçlara göre, ot sazani protein hidrolizatının antioksidan aktivitesinin gıdaların işlenmesi süresince dengeli olduğunu ve kas içeren gıdaların depolanmasında doğal bir antioksidan olarak kullanılabilmesini belirtmişlerdir.

Erdilal (2014) yaptığı çalışmada levrek işleme atıklarından elde ettiği protein hidrolizatlarını ilave ettiği alabalık köftelerinin biyokimyasal ve kalite analizlerini yapmıştır. Sonuç olarak %10 oranında protein hidrolizati ilave edilen gruplarda raf ömrünün buzdolabı koşullarında 3 haftaya kadar uzadığını belirtmiştir.

Özyurt vd. (2015a) bütün haldeki eksi balığı (*Equulites klunzingeri*)'ndan elde ettikleri asit ve alkali protein izolatları ile hazırlanan yenilebilir kaplamaların gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın soğuk ve dondurarak depolanması süresince kalitesine ve raf ömrüne etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda proteine dayalı kaplamanın gökkuşuğu alabalığı filetoalarının kalitesi üzerinde pozitif bir etki gösterdiğini ve ıskarta balıklardan yenilebilir kaplamaların hazırlanabileceğini saptamışlardır. Yine bu tür kaplamaların, balık filetoalarının kalitelerinin korunmasında gelecek vaadeden alternatif bir yöntem olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Intarasirisawat vd. (2014) yayın balığı (*Clarias macrocephalus*)'ndan hazırlanan sosislere tuna balığı yumurta protein hidrolizatının farklı oranlarda (0–3 g/100 g) ilave edilmesinin etkilerini incelemişlerdir. Tuna balığı yumurta protein hidrolizati ilavesinin sosisin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirdiğini belirlemişlerdir. Bununla birlikte, balık emülsiyon sosislere Tuna balığı yumurta protein hidrolizati ilave edilmesinin lipit oksidasyonunu geciktirdiğini ve 12 günlük depolama süresince acılaşmanın gelişimini önleyebileceğini tespit etmişlerdir.

Nikoo vd. (2014) mersin balığı deri hidrolizatından izole ettikleri tetrapeptitlerin tekrarlayan dondurma-çözdürme işlemleri esnasında miyosin ve aktinlerin bozulmasına engel olabileceğini vurgulamışlardır.

Karnjanapratum ve Benjakul (2015) köpekbalığı derisinden elde edilen jelatin hidrolizatının yıkanmış balık kıymasında antioksidan ve kryoprotektan etki gösterdiğini belirlemişlerdir.

Nikoo vd. (2015) yıkanmamış balık kıymasında jelatin hidrolizatının antioksidan ve kryoprotektan etkisini araştırmıştır. Araştırmacı jelatin hidrolizatının farklı bölümlerdeki su molekülleri arasında yer değiştirme faaliyetini önlediğini, yıkanmamış

balık kıymasında donma-çözdürme işlemleri esnasında suyun durağan halde kaldığını gözlemlemiştir. Aynı zamanda lipid oksidasyonunu önlemede etkili olan protein hidrolizatının fonksiyonel katkı maddesi olarak su ürünlerinin kalitesini koruduğunu belirtmiştir. Çalışmanın sonunda araştırmacı balık protein hidrolizatlarının kriyoprotektan etkilerinin ortaya konulacağı yeni araştırmalara ihtiyaç olduğuna da vurgu yapmıştır.

Shaviklo vd. (2016) kırmızı/koyu renkli etten izole edilmiş orkinos balığı proteininin gümüş sazan burgerinin ürün tasarımı ve geliştirilmesi ile depolanma stabilitesi üzerine etkisini incelemiştir. Orkinos balığı protein izolatlarının ve gümüş sazan kıymalarının farklı karışımlarının etkilerini ve prototiplerin duyuusal ve depolama stabilitesine etkilerini araştırmak için D-Optimal Mixture Design modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak çalışılan ürün ve kullanılan katkı maddelerine bağlı olarak farklı oranlardaki katkı maddelerinin ürünün duyuusal kalitesi ve raf ömrünü etkilediği ortaya konulmuştur.

Arslan (2016)'ın yürüttüğü "Alabalık atıklarından elde edilen toz protein hidrolizati ile kaplanmış alabalık filetolarının soğukta depolanması esnasındaki bazı kalite değişimlerinin belirlenmesi" adlı yüksek lisans çalışmasında yenilebilir kaplama haline getirilen hidrolizatın aynı alabalıkların filetolarına daldırma yöntemiyle kaplanması sonucu, filetolarda günlere bağlı olarak kalite değişimleri gözlenmiştir. Çalışmada yapılan biyokimyasal mikrobiyolojik kalite ve duyuusal analizler değerlendirildiğinde kontrol grubunun raf ömrü 3 gün, kaplama uygulanmış grubun ise raf ömrü 7 gün olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre alabalığın yan ürünlerinden elde edilen protein hidrolizati ile yapılan yenilebilir kaplamanın alabalık filetolarının raf ömrünü yaklaşık 2 kat arttırdığı tespit edilmiştir.

Balık protein hidrolizatlarının farklı ürünlere işlenmesine yönelik çalışmalar yürütülmüştür.

Shaviklo vd. (2011) yaptıkları çalışmalarında öğütülmüş mısır içerisine kömür balığı (*Pollachius virens*) surimisinden hazırladıkları balık protein tozlarını farklı oranlarda (%3, %5, %7 ve %9) ilave ederek hazırladıkları mısır çerezlerinin kalite özelliklerini ve tüketici beğenilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda %7'lik balık

protein tozu ile güçlendirilmiş mısır çerezlerinin uzman panelistler tarafından daha fazla beğenildiğini belirlemişlerdir. Kullanılan balık protein tozu oranları içerisinde duyuşal özellikler bakımından %9'luk grup en az beğenilen grup olarak tespit edilmiştir. Ayrıca balık protein tozu ile piyasadaki normal mısır çerezlerine göre, besleyici özellikleri güçlendirilmiş mısır ekstrüzyonlarının üretilebileceğini saptamışlardır. Böylece balık tüketiminin artırılması ve balıktan daha çok yararlanılmasına olanak sağlanabileceği konularına dikkat çekmişlerdir.

Khan vd. (2012) karides atıklarından hazırladıkları karides kabuk proteini tozunu farklı oranlarda kullanarak (%5, %10 ve %20) hazırladıkları zenginleştirilmiş krakerin kalitesini ve raf ömrünü incelemişlerdir. Araştırmacılar çalışma sonucunda %10 oranında protein tozu ilave edilen grubun panelistler tarafından tat, tekstür ve genel beğeni yönünden en fazla kabul edilebilir grup olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca karides protein tozunun; bol ve düşük maliyetli, yüksek protein içeriğine sahip olması nedeni ile diğer gıdalarda da katkı maddesi olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Shaviklo ve Rafipour (2014) balık kıymasını dolgu maddesi olarak kullanarak strudel üretimi ve ürün optimizasyonu çalışmalarında karbonhidrat ağırlıklı diyetlerde eksikliği çekilen protein ihtiyacının karşılanmasında balık kaynaklı proteinlerden faydalanılabilme olanaklarını, geliştirilecek yeni ürünlerde tüketilmeyen/az tüketilen veya yan ürünlerden elde edilebilecek farklı balık proteinleri kullanarak besin değeri geliştirilmiş ürünler elde edilebileceğine vurgu yapmışlardır.

Nasri vd. (2013) yaptıkları çalışmalarında kayabalığı (*Zosterisessor ophiocephalus*)'ndan elde edilen protein hidrolizatının hindi etinden hazırlanan sosislerde lipid peroksidasyonunu geciktirdiğini belirlemişlerdir.

Jeyakumari vd. (2016) karides protein hidrolizatı ve karides tozu ekledikleri extrude atıştırmalıkların fizikokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda %5-7,5 arası oranlardaki katkı maddelerinin, ürünün duyuşal özelliklerini kaybetmeden proteince zenginleştirilmiş extrude ürünlerde kullanılabilceğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda ürünlerin protein oranının da %13,47 ila %14,87 arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır.

Ultrasonun gıda sektöründe farklı protein kaynaklarında, özellikle proteinlerin yapısını modifiye ederek fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesine yönelik kullanımına dair çeşitli çalışmalar başlatılmıştır. Ancak ultrason uygulamalarının BPH'larının antioksidan, kriyoprotektan, antimikrobiyal ve fonksiyonel özelliklerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalara çok sınırlı kalmıştır. Bu konudaki yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

Su ürünlerinde ultrason destekli BPH üretimi üzerine yapılan ilk çalışma Kangsanant vd. (2014) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar ultrason ön uygulama ve ultrason destekli enzimatik hidroliz ile tilapya balığı (*Oreochromis niloticus*) etinden ürettikleri protein hidrolizatında ultrasonun, antioksidan ve nitrik oksit inhibitör aktivitelerine etkilerini araştırmışlardır. Ultrason destekli hidroliz işleminde hidroliz derecesinde geleneksel yöntemle yapılan enzimatik hidrolize göre düşüş gözlenmiştir. Çalışmada DPPH, ABTS, metal şelatlama aktivitesi ve indirgeme gücü gibi farklı yöntemler kullanılarak BPH'nın antioksidan aktivitesi araştırılmış, ultrason uygulamanın bu aktiviteye etkisi ölçülmüştür. Buna göre 70 W'luk ultrason destekli hidroliz işleminin DPPH ve ABTS radikal süpürme aktivitelerini arttırdığı belirlenmiştir.

Ultrason uygulamalarına yönelik, daha çok farklı ürün bazında protein hidrolizatları üretimi ve farklı ürünlerde katkı maddesi olarak kullanımı üzerine yapılmış bazı çalışmalar mevcuttur;

Gulseren vd. (2007) yüksek yoğunluklu ultrasonun, sıvı sığır serum albümin solüsyonlarının fonksiyonel ve yapısal özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada +2 °C sıcaklıkta kontrol altında tuttukları deneme ünitesine 20 W güçte prob tipi ultrason uygulamanın Sığır serum albüminin fonksiyonel özelliklerini değiştirdiğini, minimal değişimin proteinlerin küresel yapısında gerçekleşirken yüzey yükü, yüzey aktivitesi ve hidrofobiklikte önemli artış olduğu vurgulanmıştır. Araştırmacılar proteinlerde oluşan yapısal ve fonksiyonel değişikliklerin büyüklüğünün değişen sonikasyon süresi ile kontrol edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonunda öneri olarak ultrasonun, proteinlerin biyolojik, kimyasal ve fiziksel işlevlerini değiştirmek için bir araç olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ancak yalnızca bir fraksiyonun veya tüm protein moleküllerinin benzer şekilde yüksek yoğunluklu ultrason ile değiştirilip değiştirilmediği sorusunun hala cevaplanması gereken bir konu olduğu belirtilmiştir. Gelecekte

yapılabilecek potansiyel uygulamalar arasında, protein-fosfolipid ve protein-protein etkileşimlerinin hücre ve hücre membranlarında manipülasyonu ve emülsiyonlar, köpükler ve jellerdeki lipit ve gaz ara yüzeylerinin stabilizasyonu gibi fonksiyonel özelliklerin değiştirilmesi üzerine çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulduğunu rapor etmişlerdir.

Jambrak vd. (2009) ultrason uygulamasının soya proteinlerinin fiziksel özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada soya protein izolatu ve konsantrisine 20 kHz'lik problu ve 40 ve 500 kHz'lik ultrason banyo sistemleri uygulamışlardır. Ultrason uygulamanın tekstür üzerinde önemli ölçüde değişim meydana getirdiği belirlenmiştir. On beş dakika boyunca uygulanan 20 ve 40 kHz'lik sonikasyon sonunda soya protein konsantrisinde jelleşme, iletkenlikte değişim ve çözünürlükte ve emülsiyon aktivite indeksinde önemli artışlar gözlenmiştir. Araştırmacılar elde ettikleri bulgular doğrultusunda ultrason uygulamanın soya ürünleri ve kremli ürünlerin üretiminde uygulanabilir bir metot olduğunu, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, bu yöntem ile üretimde daha uygun maliyet ve zaman tasarrufu sağlanabileceği, ultrason uygulama esnasında dikkat edilmesi gereken temel noktanın ise işlem yürütülürken sıcaklık kontrolünün yapılmasının gerekliliği belirtilmiştir.

Rodriquez Turienzo vd. (2012) ultrason uygulanmış peynir altı suyu proteinleri ile kaplanarak dondurulan Atlantik somon balığının kalite değişimlerini inceledikleri çalışmada ultrasonun verim, sızıntı kaybı ve renk parametrelerinde etkili olmadığı, bununla birlikte kaplanmayan örneklere nazaran kaplanmış tüm ürünlerde kaplama materyalinin lipit oksidasyonunu geciktirdiği ve özellikle ultrason uygulanan örneklerde önemli derecede etkili olduğu ortaya konulmuştur. Sonuç olarak ultrason uygulanmış peynir altı suyu hidrolizatları ile kaplanan balıkların herhangi bir kimyasal katkı maddesi kullanılmadan donmuş depolama süresince lipit oksidasyonunu geciktirebileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte ultrasonun protein bazlı kaplama materyallerinin antioksidan kapasitesini ne şekilde arttırdığına dair çalışmalara ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.

Zhang vd. (2013) ultrason uygulamanın fıstık protein hidrolizatının yapısal ve emülsiyon özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Fıstık protein hidrolizatlarına

farklı güçlerde (0, 120, 300, 480, 660, 840, 1020 W), farklı sıcaklıklarda (0, 15, 25, 35, 45, 55, 65 ve 75 °C) ve farklı sürelerde (0, 1, 3, 5, 10, 20, 30 dakika) ultrason ön uygulaması yapılmıştır. Yapılan araştırmada fıstık protein hidrolizatının emülsifiye özelliklerinin ultrason uygulamasına bağlı olarak arttığı ortaya konmuştur. Protein elektroforetik profili (SDS-PAGE), dairesel dikroizm spektra (CD) ve floresans spektroskopisi uygulanarak gelişmiş emülsifiye özelliklerinin olası sebepleri araştırılmıştır. Buna göre proteinlerdeki primer ve sekonder yapıların değil de üçüncül yapıların emülsifiye özelliklerini etkilediği ortaya konmuştur.

Huang vd. (2015) mısır proteinine prob tipi ultrason, süpürme frekanslı düz plakalı ultrason (1.) ve sabit frekanslı düz plakalı ultrason (2.) olmak üzere üç farklı tip ultrason ön uygulamalar yaparak hazırladıkları hidrolizatların antioksidan aktivite ve peptit kompozisyonlarını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda tüm metotların mısır proteininin hidroliz derecesini arttırdığı, aynı koşullarda (600 W ve 20 dakika) uygulanan 1. ve 2. ön uygulamanın mısır protein hidrolizatlarının antioksidan aktivitelerinin artırılmasında daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma ile 1. ve 2. uygulama kapsamında elde edilen mısır protein hidrolizatının gıda sistemlerinde antioksidan özelliklere sahip doğal katkı maddeleri olarak kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Böylece temiz, doğayla dost bir yöntem ile doğal, işlevsel gıdalara olan talebin karşılanmasında sektöre yeni bir alternatif önerilebileceği bildirilmiştir.

Zhang vd. (2015) proteinlerin ultrasonla ön işleme tabi tutulmasının, enzim ve substrat yapısını değiştirerek hidrolizatların ACE önleyici aktivitesini arttırabileceğini ortaya koymuşlardır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM), atom kuvveti mikroskopisi (AFM) ve fourier transform infrared spektrum (FTIR) ile ölçülen buğday gluteninin mikroyapısı, nano-mekanik özellikleri ve ikinci yapıları araştırılmıştır. Kontrol ile karşılaştırıldığında, ultrason ön-muamelesinin önemli derecede ($P<0,05$) etkili olduğunu, ACE inhibitör aktivitesinin %29,8 arttığını ve IC_{50} değerinin %36,92 oranında azaldığını göstermiştir.

Jiang ve Xiong (2016) pişirilmiş ve işlenmiş et ürünlerinde ortam sıcaklığı, pH, tuz konsantrasyonu, ortamda doymamış lipitler ve indirgen şekerlerin bulunması gibi etkenlerin, kullanılan doğal antioksidanların etkinliğini oldukça ciddi bir şekilde

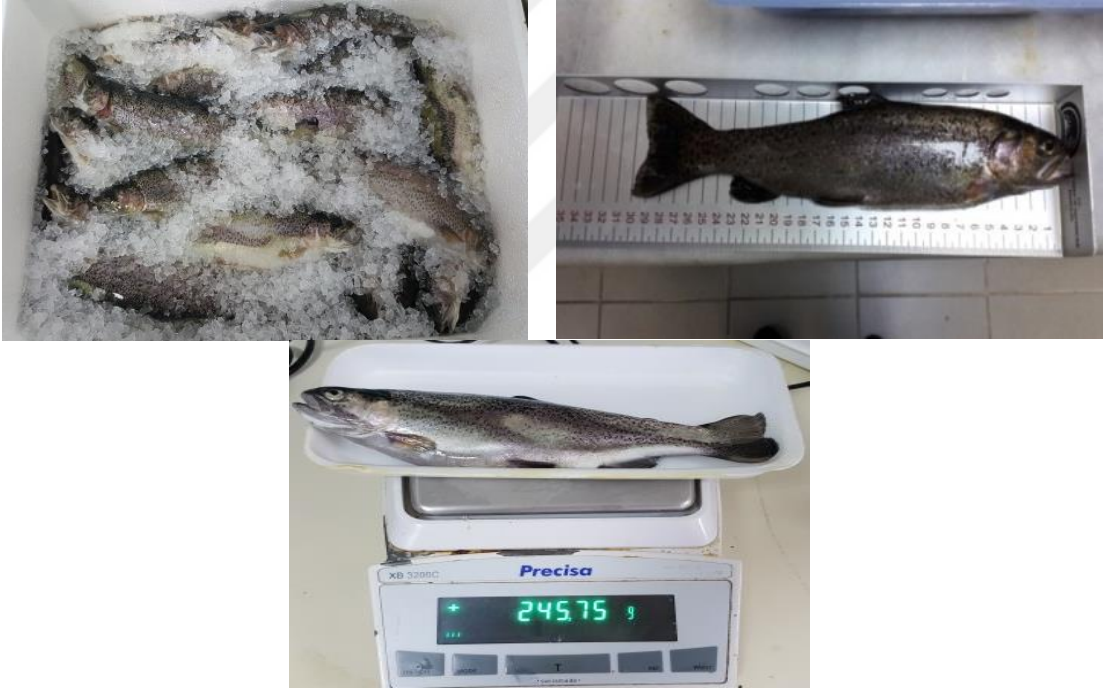
etkileyebileceklerini belirterek üretilen her yeni ürünün kendine has koşullarının son ürünlerdeki etkisini ortaya koymanın oldukça önemli olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar gıda üretiminde gerekli formülasyonun içeriğine ve her ürün için özel işleme aşamalarına dayalı olarak, zararlı bileşiklerin oluşumunu anlamlı ölçüde azaltmak veya inhibe etmek için kullanılması gereken doğal katkı maddelerinin miktarını ve türünü belirlemek için daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç olduğuna vurgu yapmışlardır.

Higuera-Barraza vd. (2017) 20 kHz, ve %40 amplitütde darbeli ultrason uygulamanın kalamar manto proteininin fizikokimyasal ve emülsifiye edici özelliklerine etkisini incelemiştir. Otuz, 60 ve 90 saniyelik sonikasyonlar sonucunda yüzey hidrofobiklik ve emülsifiye özelliklerinde önemli artışlar gözlemlendiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ön muamele olarak kullanılan darbeli ultrasonun kalamar manto proteinlerinde konformasyonel değişikliklere neden olduğu ve bunun da protein-yağ fazları arasındaki arayüzey ilişkisini geliştirdiği, böylece emülsiyon özelliklerinin geliştirilmesine katkıda bulunduğu bildirilmiştir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Özel bir alabalık üretim çiftliğinden sağlanan 12 kg ağırlığında toplam 45 adet porsiyonluk Gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) buzlu strafor kutu içerisinde Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Laboratuvarı'na getirilmiştir. Öncelikle alıkların boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır (ortalama $29,36 \pm 1,72$ cm ve $264,83 \pm 53,42$ g) (Şekil 4). Daha sonra iç organları ayrılmış, temizlenmiş ve filetoları çıkarılarak baş, deri, yüzgeçler omurga ve kuyruk kısımları protein hidrolizati üretiminde kullanılmak üzere alınmıştır (Şekil 5).

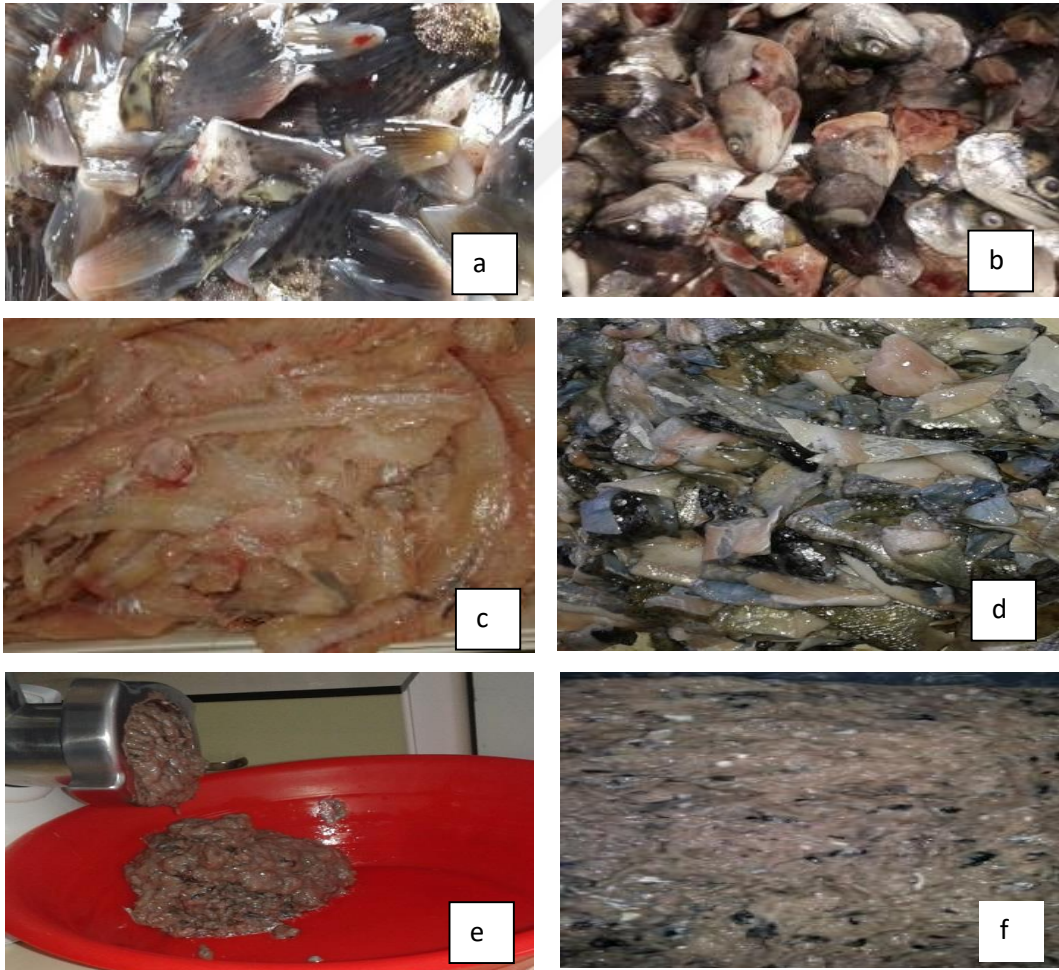


Şekil 4. Çalışmada kullanılan gökkuşaağı alabalıkları.

Gökkuşığı alabalığından elde edilen yan ürünlerin ayrı ayrı miktarları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Gökkuşığı alabalığının yan ürünleri ve miktarları.

Balık kısımları	Ağırlık (g)
Toplam Balık Ağırlığı	12.000,00
Baş	2.074,10
Kuyruk ve Omurga	1.226,11
Yüzgeçler ve Deri	1.298,93
İç organlar	2.194,51
TOPLAM	6.793,65
İç organlar hariç çalışmada kullanılan kısım	4.599,14



Şekil 5. Alabalık yan ürünlerinin kıyma haline getirilerek hidrolizat üretimi için hazırlanması (a:yüzgeçler; b:kafa; c:omurga; d: deri; e ve f: yan ürünlerden elde edilen kıyma).

Hidrolizat üretiminde alkalaz 2.4 (AU/kg Sigma Aldrich, Novozymes, Bagswaerd, Denmark, Food grade) enzimi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan diğer tüm kimyasallar da Analitik grade olarak temin edilmiştir.

2.2. Metot

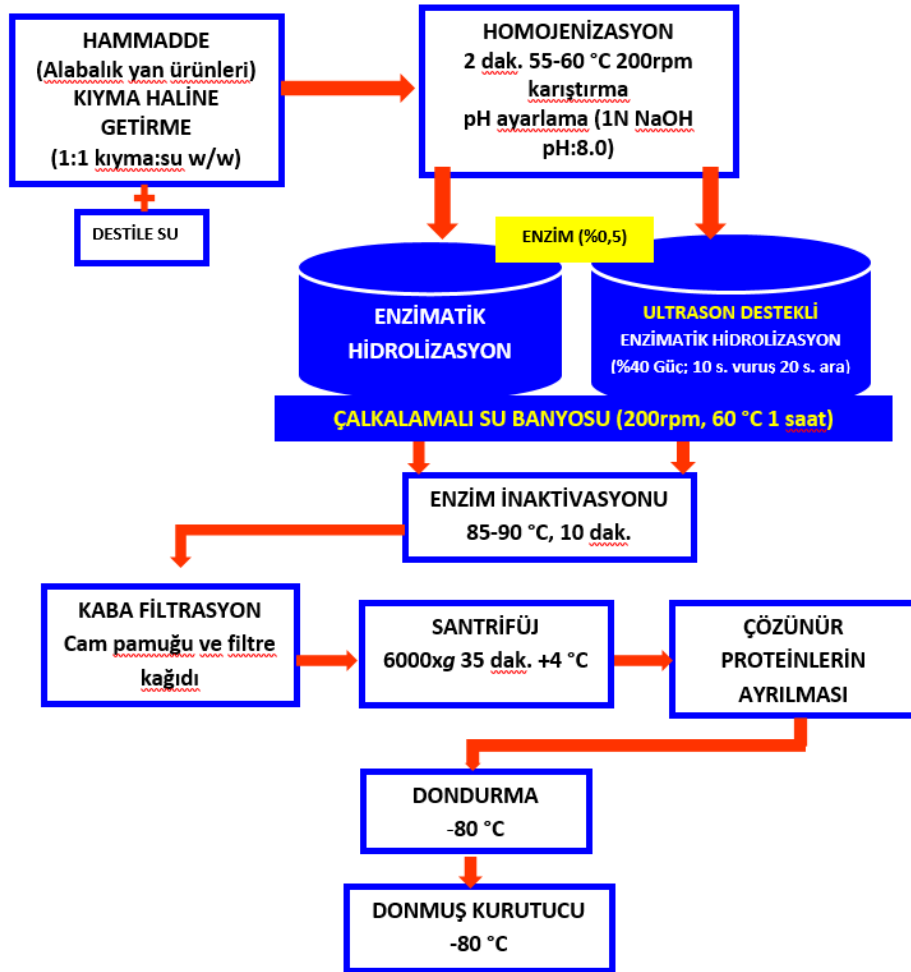
2.2.1. Alabalık Yan Ürünlerinden Geleneksel ve Ultrason Destekli Hidrolizat Üretimi

Alabalık yan ürünlerinin hidroliz işlemi Sathivel vd. (2003) ve Kangsanant vd. (2014)'nin kullandıkları metotlara göre yapılmıştır (Şekil 5). Baş, deri, omurga, yüzgeçler ve kuyruktan oluşan alabalık yan ürünleri kıyma makinasından (Super meat grinder) geçirilerek kıyma haline getirilmiş ve 1:1 (w/v) oranında saf su ile karıştırılmıştır. Karışım 200 rpm de çalışan homojenizatörde (WiseTis-HG-15D) 2 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Elde edilen yaklaşık 9200 ml homojenat iki cam deneme ünitesine eşit şekilde (4600-4600 ml) koyulmuş ve çalkalamalı su banyosunda 200 rpm'de çalkalanarak sıcaklığın 60 °C'ye çıkması sağlanmıştır. Her iki deneme ünitesinde de pH sürekli ölçülerek 1 N sodyum hidroksit (NaOH) ilavesi ile 8'e ayarlanmıştır. Sıcaklık ve pH sabit hale geldiğinde deneme ünitelerinden birinde enzimatik hidroliz diğerinde ise ultrason destekli enzimatik hidroliz işlemine başlamak için her iki üniteye de %0,5 oranında alkalaz enzimi ilave edilerek 1 saat boyunca hidrolizat işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu süre içerisinde de NaOH ilavesi ile pH'ın 8'de kontrol altına alınmıştır. Bir saatlik süre dolduğunda enzim inaktivasyonu için sıcaklık 85 °C'ye çıkarılarak 10 dakika tutulmuştur.

Ultrason destekli hidroliz üretimi için problu (Sonic vibra-cell) ultrason cihazı kullanılmıştır (prob; paslanmaz çelik 142 x 6 mm). Ultrason destekli hidrolizat için homojenatların sıcaklığı 60 °C'ye ulaştığında deneme ünitelerinden birinin içerisine ultrason probu yerleştirilmiştir, ultrason 1 saat boyunca %40 pulse;10 saniye ara ile 10 saniye vuruş şeklinde uygulanmıştır (Kangsanant vd., 2014).

Hidroliz işlemi tamamladığında su banyosundan çıkarılan deneme ünitelerinde altta kılçıkları içeren kahverengi katı bir tabaka, ortada parlak koyu sarı renkte sıvı tabaka ve

üstte yine kahverengi ince mil şeklinde yoğun bir tabaka gözlenmiştir. Elde edilen bu materyal kaba filtre kâğıdından erlenlere süzölmüştür. Santrifüj işlemi için 50 ml hacimli falkon tüplere alınan süzöntü santrifüjde (Universal 320 R) 6000 devirde +4 °C’de 30 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Tüplerde dipte çözünmez proteinleri içeren katı tabaka, ortada çözünür proteinlerin bulunduğu sıvı tabaka ve üstte yağ tabakası olmak üzere 3 faz oluşmuştur. En üst kısımdaki yağ tabakası ayrılmış, kalan sıvı kısım ayırma hunisinde 15 dakika bekletildikten sonra ve kalan yağ tabakası da karışımından ayrılmıştır. Cam petri kaplarına aktarılan sıvı hidrolizat -80 °C’de 1 gün süre ile dondurulmuştur. Dondurucudan alınan petri kapları Labconco Freezone 2.5 Benchtop Freeze Dryer marka donmuş kurutucuda 48 saat boyunca vakum altında toz haline getirilmiştir. Elde edilen toz protein hidrolizatı 50’şer g’lık paketler halinde vakum paketlenildikten sonra -80 °C’deki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Geleneksel enzimatik ve ultrason destekli enzimatik balık protein hidrolizatı üretimi akış şeması.

2.2.2. Palamut Balıklarından Fileto Çıkarılarak Kaplanmaya Hazırlanması

Çalışma için kasım ayında balık mezatından satın alınan 30 adet palamut balığı (*Sarda sarda*), buz destekli strafor kutularda laboratuvara getirilmiştir. Öncelikle balıkların boy ve ağırlıkları ölçülmüştür (ortalama 41,04±1,19 cm ve 817,77±88,21 g) Daha sonra baş, iç organlar, yüzgeçler ve kuyrukları ayrılarak filetoları çıkartılmıştır. Yıkanan balıklar bir süre su içerisinde bekletilmiş ve kanlı sularını atmaları sağlanmıştır (Şekil 7).

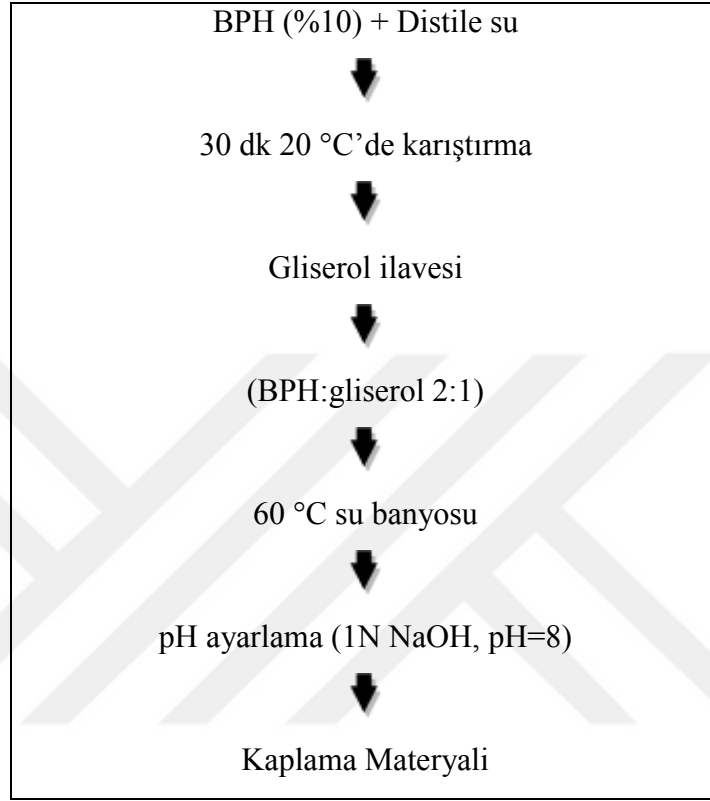


Şekil 7. Palamut balıklarının fileto çıkarılarak hazırlanması.

2.2.3. Kaplama Materyalinin Hazırlanması

Biyokimyasal analiz sonuçlarına göre protein miktarı belirlenen balık protein hidrolizatının kaplama materyali içerisindeki protein oranının %8-10 olması için öncelikle ön denemeler yapılmıştır. Bunun için BPH farklı oranlarda gliserol ve su ile karıştırılarak esas çalışmada kullanılacak BPH/gliserol/su oranları belirlenmiştir. Buna göre su ile hazırlanan kontrol grubu ve çalışmada üretilen her bir grup BPH'ı için (GH ve UH) %10 oranında protein içeren şekilde BPH, 30 dakika boyunca 20 °C'de distile su ile karıştırılmıştır. Karışıma protein/gliserol oranı 2:1 olacak şekilde gliserol ilave edilerek

60 °C’de su banyosunda 15 dakika karıştırılmıştır. Bu esnada karışımın pH 1N NaOH ile 8’e ayarlanmıştır. Bu işlem sonunda kaplama materyali hazır hale gelmiştir. Kaplama materyalinin hazırlanması Şekil 8 ve Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 8. Protein Hidrolizatından kaplama materyalinin hazırlanma şeması.

2.2.4. Palamut Filetolarının Kaplanarak Soğuk (+4±1 °C) ve Donmuş (-18±1 °C) Muhafaza Koşullarında Depolanması

Kaplama işlemi daldırma yöntemi ile yapılmıştır. Süzülen filetolar kaplama materyalleri içerisine daldırılarak 5 dakika bekletildikten sonra 3 dakika süzülme üzere ızgaralar üzerine alınmıştır. Bu süre sonunda filetolar tek tek strafor kaplara yerleştirilerek üzerleri streç filmle kapatıldıktan sonra bir kısmı +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Dondurularak depolanacak grup ise öncelikle -40 °C’de 48 saat boyunca şoklandıktan sonra -18 °C’de depolanarak analizler için saklanmıştır (Şekil 9).

2.2.5. Palamut Filetolarının Tütsülenmesi, Kaplanması ve Soğuk (+4±1 °C) Muhafaza Koşullarında Depolanması

Tütsüleme çalışması için 30 adet palamut balığı kullanılmıştır. Salamura, Rize ilinde ticari olarak satılan ince tuz ile hazırlanmıştır. Diğer gruplarda olduğu gibi balıklar temizlenip yıkandıktan sonra fileto haline getirilmiş, %10 oranında hazırlanan salamura içerisinde 1 saat süre ile bekletilmiştir. Daha sonra süzdürülen filetolar tütsüleme kabınınin ızgaraları üzerine dizilmiştir.



Şekil 9. Protein hidrolizatından kaplama materyalinin hazırlanması.

Tütsüleme fırını 120 cm yüksekliğinde 80 cm genişliğinde ve 80 cm derinliğinde çift kat ve arasında yalıtım malzemesi bulunan paslanmaz kromdan yapılmıştır. Üzerine monteli elektronik termostat (0-260 °C'ye ayarlanabilen) ve nemölçer (%0-100) cihazları bulunmaktadır. Fırının ısıtması için iki katın arasına gizli rezistans yerleştirilmiş olup 220 V elektrikle çalışmaktadır. Duman üretimi için ayrı bir fırın kullanılmış ve 13 cm çapında krom boru ile fırına monte edilmiştir. Bu fırın 50 cm boyunda, 50 cm eninde ve 50 cm derinliğinde olup üzerinde talaşı yakmak için boru rezistansı ve dumanın fırın içerisine gönderilmesi için bir fan sistemi mevcuttur (Şekil 10).

Tütsü fırınının ızgaralarına yerleştirilen filetolara sıcak tütsü işlemi uygulanmıştır. Çalışmada tütsü materyali olarak kayın ağacı talaşı kullanılmıştır. Filetolar 30 °C’de tütsü fırınında 30 dakika bekletildikten sonra fırın sıcaklığı 60 °C’ye yükseltilerek 45 dakika bu ısıda işleme devam edilmiştir. Bu süre sonunda sıcaklığın 90 °C’ye ulaşması sağlanmış ve filetolar bu sıcaklıkta 30 dakika daha bekletilmiştir. Tütsüleme işlemi bu süre sonunda tamamlanıp filetoların oda sıcaklığında soğumaları sağlanmıştır (Koral, 2006).



Şekil 10. Palamut filetolarını tütsüleme işlemi.

Tütsülenmiş palamut filetolarının kaplanmasında diğer gruplar için uygulanan işlemlerle kaplama materyali hazırlanmıştır. Kaplama materyali balığın bir yüzüne silikon fırça ile uygulandıktan sonra 5 dakika bekletilmiş daha sonra diğer yüzü için de aynı işlem tekrarlanmıştır. İşlem tamamlandıktan sonra filetolar tek tek strafor kaplara yerleştirilmiş, streç filmle kapatılmış ve +4 °C’de analizlerin yapılacağı zamana kadar depolanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Tütsülenmiş palamutların kaplanarak +4 °C’de depolanması.

2.2.6. Analiz Metotları

Denemeler 3 tekerrür şeklinde kurulmuş olup; analizler 2 paralelli olarak yapılmıştır. Çalışmada hidrolizat ham materyalini oluşturan alabalık yan ürünlerinde verim, biyokimyasal kompozisyon ve amino asit analizleri yapılmıştır. Protein hidrolizatlarında (GH ve UH) hidrolizat verimi, hidrolizatın protein verimi, renk, biyokimyasal kompozisyon, pH, hidroliz derecesi, protein çözünürlüğü, fonksiyonel özellikler (köpürme kapasitesi ve stabilitesi, su tutma kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi,), antioksidan aktivite, SEM ile görüntüleme ve moleküler ağırlık (SDS-PAGE) analizleri yapılmıştır.

Her iki yöntem ile elde edilen BPH’ları kaplama materyali olarak kullanılmış ve K (kontrol), NH (Geleneksel yöntemle üretilmiş hidrolizat ile kaplanmış) ve UH (Ultrason destekli olarak üretilmiş hidrolizat ile kaplanmış) grupları oluşturulmuştur. Bu gruplarda; taze (+4 °C), dondurulmuş (-18 °C) ve tütsülenmiş (+4 °C), olarak depolanan palamut filetolarının; su aktivitesi, pH, renk, toplam uçucu bazik azot (TVB-N), tiyobarbütirik asit (TBA), trimetilamin (TMA), duyu ve mikrobiyolojik analizler (toplam bakteri koliform ve küf-maya sayımı) yapılmıştır.

2.2.6.1. Yan Ürünler ve Hidrolizat Verimi

Alabalık yan ürünlerinin verim analizleri için, toplam 45 adet abalık kullanılmıştır. Bütün balıklar ve çalışmada kullanılacak olan yan ürünler tartıldıktan sonra toplam yan ürün ağırlığı bütün balık ağırlığına bölünerek yan ürün verimi tespit edilmiştir. Tartım için 0,001 g hassasiyetli analitik terazi kullanılmıştır. Yan ürün verimi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, İlhan ve Gülyavuz, 2004).

$$\text{Yan Ürünlerinin Verimi (\%)} = \frac{\text{Yan ürün ağırlığı (g)}}{\text{Toplam Ağırlık (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Hidrolizat verimi İlhan ve Gülyavuz (2004)'un kullandığı metoda göre hesaplanmıştır.

$$\text{BPH verimi (\%)} = [\text{BPH ağırlığı (g)}/\text{yan ürünlerin ağırlığı (g)}] \times 100 \quad (2)$$

2.2.6.2. Hidrolizatta Protein Verimi

Hidrolizatta protein verimi Pires vd. (2013)'nin kullandığı formüle göre belirlenmiştir;

$$\text{Protein verimi (\%)} = [(\text{wf} \times \text{Pf})/(\text{wi} \times \text{Pi})] \times 100 \quad (3)$$

Wf, BPH'nın ağırlığı (g), Pf, BPH'nın protein içeriği (%), wi; yan ürünlerin ağırlığı (g) ve Pi; yan ürünlerin protein içeriği (%).

2.2.6.3. Fiziksel Analizler

2.2.6.3.1. Renk Analizi (L*, a*, b*)

Renk analizi için homojen hale getirilen örneklerin L*, a* ve b* değerleri Konica Minolta (CR 10, Japan) cihazı ile ölçülmüş ve CIE renk tablosuna göre değerlendirilmiştir. L* değeri 0 (siyah) ve 100 (beyaz) aydınlık derecesini; a* (+) kırmızılık; (-) yeşillik, b* (+) sarılık; (-) mavilik) derecesini temsil etmektedir. Renk

değerlerinden faydalanılarak W (beyazlık), c (chroma) ve h (ton açısı/doygunluk derecesi) hesaplanmıştır (Pires vd., 2013).

$$W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (4)$$

$$\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (5)$$

$$h = b^*/a^* \quad (6)$$

2.2.6.3.2. Su Aktivitesi (a_w) Analizi

Su aktivitesi Aqualab 3TE (0.100- 1.000 \pm 0.003, Aqualab, USA) marka cihaz ile ölçülmüştür. Cihazın ölçüm kaplarına koyulan örneklerdeki su aktivitesi miktarı cihazın talimatlarına uygun şekilde tayin edilmiştir.

2.2.6.3.3. pH Tayini

Alınan 5 g örnek 10 ml saf suda homojenize edildikten sonra içerisine pH probu daldırılan bir pH metre (Mettler-Toledo AG, Seven Compact pH meter, 8603 N, İsviçre) ile ölçüm yapılmıştır (Koral, 2012).

2.2.6.4. Biyokimyasal Kompozisyon ve Amino Asit Analiz Metotları

2.2.6.4.1. Ham Protein Analizi

Hassas terazide tartılan yaklaşık $1 \pm 0,1$ g örnek ve 1 adet katalizör tablet kjeldal tüpüne yerleştirildikten sonra üzerine 15 ml derişik sülfirik asit (H_2SO_4) eklenmiştir. Tüplerin içindeki örnekte yeşil saydam renk oluşuncaya kadar 420 °C'de yaş yakma ünitesinde yakma işlemi yapılmıştır. Yakma işleminden sonra oda sıcaklığında soğutulan tüplere 60 ml saf su eklenerek distilasyon ünitesine yerleştirilmiştir. 70 ml %35'lik NaOH çözeltisinden kjeldahl tüplerine çektirilerek, 25 ml %4'lük borik asit içeren ve distilasyon ünitesinin çıkışına yerleştirilen dereceli bir erlen içerisine yaklaşık 5 dakika destilat toplanması sağlanmıştır. Erlen içerisindeki destilatın rengi, yeşil renkten nötral gri renge

dönüşünceye kadar 0,1 N hidrojen klorür (HCl) ile titre edilmiş, titrasyonda harcanan HCl miktarı kullanılarak örneğin %N miktarı hesaplanmıştır. Ham protein miktarı ise, elde edilen %N miktarının 6,25 faktörüyle çarpımıyla hesaplanmıştır (AOAC, 1995).

$$\%N = 1,401 \times V \times N / M \quad (7)$$

$$\%Ham \text{ Protein} = \%N \times 6,25 \quad (8)$$

V= Titrasyonda harcanan 0.2 M HCl hacmi (ml),

N= Kullanılan HCl'nin normalitesi,

M= Kullanılan örnek miktarını (g) göstermektedir.

2.2.6.4.2. Ham Yağ Tayini

Sokslet metoduna göre yapılan ham yağ analizi için örneklerden 5 g tartılarak ekstraksiyon kartuşuna alınmıştır. 103-105 °C'deki etüvde 2 saat bekletilen kartuşlar etüvden çıkartıldıktan sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Tüpler Sokslet cihazının ekstraksiyon tüpüne, ekstraksiyon balonları ekstraksiyon tüpünün altına yerleştirildikten sonra ekstraksiyon tüpleri içine bir kere sifon yapacak ve tekrar yarıya kadar dolduracak şekilde dietil eter [(C₂H₅)₂O] koyulmuştur. Ekstraksiyon işlemi yaklaşık 5 saat sürmüştür. Ekstraksiyon tamamlandıktan sonra çözücü sifon yapıp balona ulaşmadan ekstraksiyon cihazının tüpü çıkarılarak çözücü uzaklaştırılmıştır. Ekstraksiyon balonu 103-105 °C'deki etüvde 1 saat kurutulup desikatörde oda sıcaklığında soğutulduktan sonra tartım yapılmıştır. Ham yağ miktarı % olarak aşağıdaki formülle bulunmuştur (AOAC, 1995).

$$\% \text{ Ham Yağ} = ((\text{Balon} + \text{Lipit}) - (\text{Balonun Darası})) / \text{Örnek Miktarı} \times 100 \quad (9)$$

2.2.6.4.3. Kuru Madde Tayini

Kuru madde tayini Norwitz (1970)'e göre yapılmıştır. Sabit tartıma getirilerek daraları alınan krozelerin içerisine homojen örneklerden 3-5 g koyulmuştur. Örnekler 12-24 saat 105 °C'de sabit tartım sağlanana kadar etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler

oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutulmuştur. Soğuyan krozeler tekrar tartıldıktan sonra kuru madde oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Kuru Madde (\%)} = ((\text{Dara} + \text{Kuru Madde}) - \text{Dara}) / (\text{Örnek Miktarı} \times 100) \quad (10)$$

2.2.6.4.4. Ham Kül Tayini

Kül tayininde kullanılacak porselen krozeler sabit tartıma gelene kadar kül fırınında 550 °C’de bekletilip desikatörde soğutulmuştur ve sabit tartıma geldiğinde hassas terazide tartılmıştır (W1). Bu krozelerin içine ortalama 1-1,5 g örnek ilave edilmiş tekrar tartılmıştır (W2). 550 °C sıcaklıktaki kül fırınına konulan krozeler, örneğin rengi gri beyaz olunca çıkarılarak 30 dakika süre ile desikatörde soğumaları sağlanmıştır. Soğuyan krozeler tartılarak (W3) kül miktarı aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (AOAC 2005);

$$\text{İnorganik Madde (\%)} = \frac{W3 - W1}{W2} \times 100 \quad (11)$$

2.2.6.4.5. Amino Asit Analizi

Çalışmada protein hidrolizatlarının toplam amino asit analizi İstanbul ilinde akredite bir laboratuvar olan Kazlıçeşme Ar-Ge Test Laboratuvarında (AB-0513-T) gerçekleştirilmiştir. Yüksek basınç sıvı kromatografisi (HPLC) (Agilent 1260 Infinity) cihazı ile kolon öncesi türevlendirme yapıldıktan sonra FLD/DAD detektörler ile Agilent Eclipse AAA metodu modifiye edilerek laboratuvara ait işletme içi metot ile belirlenmiştir. Örneklerden toplam amino asit analizi için 0,2 g tartılarak 5 ml 6 N HCl asit ile 24 saat geri soğutucuda bekletilmiş ve 100 ml’lik balon jöjelere örneklerden amino asit miktarına bağlı olarak 0,6 g ile 2 g aktarılmış ve 5 ml norvalin standardı eklendikten sonra 100 ml’ye tamamlanmıştır. Filtre edilen örneklerden 0,5 µL cihaza enjekte edilerek analiz edilmiştir. Çalışmada OPA (Orto fitalaldehit), FMOC (Florenil metiloksi kloroformat) ve Borat türevlendirici olarak kullanılmıştır.

HPLC’de kullanılan mobil faz A; 40 mM Na₂HPO₄ (pH:7,8) ve Mobil Faz B;

Asetonitril/Methanol/Su (45/45/10) ve akış hızı 2 ml/dakika'dır. Kolon olarak ZORBAX Eclipse-AAA 4,6*150 mm (3,5 µm) kullanılmıştır. Kolon sıcaklığı 40 °C olarak ayarlanmıştır. Örneklerin enjeksiyon hacmi 0,5 µL'dir. DAD dedektörde dalga boyları 338 nm, 10 nm bw; Ref:390 nm, 20 nm bw (OPA-Amino asit için) ve 262 nm, 16 nm bw; Ref:324 nm, 8 nm bw (FMOC-Amino asit) olarak kullanılmıştır. Çalışmada OPA, FMOC ve Borat türevlendirici olarak kullanılmıştır.

2.2.6.5. Hidroliz Derecesi (HD) ve Peptit Zincir Uzunluğu (PZU) Tespiti

Protein hidrolizatlarının hidroliz dereceleri pH stat metoduna göre belirlenmiştir. Bu metoda göre, 10 g protein hidrolizatı tartılmış ve başta belirlenen hidrolizasyon koşulları sırasıyla uygulanmıştır. Çözelti, manyetik karıştırıcı (Ika, RCT basic, Almanya) üzerinde sürekli karıştırılırken, çözeltinin pH'ı 0,1 N NaOH ile sürekli olarak 8'de sabit tutulmuştur. Altmış dakika boyunca her 5 dakikada bir NaOH sarfiyatı kaydedilmiştir. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Wrolstad vd., 2005).

$$HD (\%) = B \times Nb \times 1/\alpha \times 1/Mp \times 1/htot \times 100 \quad (12)$$

B: Kullanılan alkali miktarı (ml)

Nb: Alkalinin normalitesi; 0.5 N (= 0.5 mmol/ml)

Mp: Sustratın kütle transferi (protein (g), %N ×6,25)

1/α: pH-stat için kalibrasyon faktörü

htot: Peptit bağları içeriği.

Adler-Nissen (1986) balıklar için htot değerini 8,6 mmol⁻¹ protein ve α değerini 1 olarak kabul etmiştir.

Hidroliz derecesine bağlı olarak ortalama PCL değeri Adler-Nissen (1979) tarafından belirlenen formüle göre belirlenmiştir;

$$PZU = 100/DH\% \quad (13)$$

2.2.6.6. Protein Çözünürlüğü Tespiti

Protein çözünürlüğü, Diniz ve Martin (1997)'in yöntemine göre belirlenmiştir. Örnekler 10 g/l olacak şekilde suya eklenmiş ve çözeltinin pH'ı 0,5 N HCl ya da 0,5 N NaOH ile 45 dakika boyunca devamlı karıştırılarak sırasıyla 3, 5, 7 ve 9'a ayarlanmıştır. Daha sonra çözeltinin 25 ml'si 2800 g devirde 30 dakika santrifüj edilmiştir. Supernatantın 15 ml'sinde bulunan N içeriği Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

2.2.6.7. Köpürme Kapasitesi ve Stabilitesi Tespiti

Üç gram toz protein hidrolizatı tartılarak 100 ml distile su ile karıştırılmıştır. Karışım 9500 rpm'de homojenizatörde (Wisetis HG 15 D) 1 dakika homojenize edildikten hemen sonra 250 ml'lik dereceli silindire aktarılmıştır. Hacim 0., 1., 5., 10., 40. ve 60. dakikalarda ölçülmüştür. Köpürme kapasitesi homojenizasyondan sonraki hacim artışı (%KK) ve köpük stabilitesi 0., 1., 5., 10., 40. ve 60. dakika sonrasında ölçülen köpük miktarı (%KS) olarak ifade edilmiştir. Metot Wilde ve Clark (1996) ile Shahidi vd. (1995)'den modifiye edilmiştir.

2.2.6.8. Su Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi

Su tutma kapasitesi Diniz ve Martin (1997)'in uyguladığı santrifüj metoduna göre yapılmıştır. Buna göre toz haldeki protein hidrolizatından 0,5 g tartılarak santrifüj tüpüne konmuştur, üzerine 20 ml distile su ilave edilerek karışım 30 s vortekslenmiştir. Vortekslenen karışım 6 saat boyunca oda sıcaklığında bekletildikten sonra 2800 g'de 30 dakika santrifüjlenmiştir (Hettich Üniversal 320 R Soğutmalı Santrifüj). Elde edilen süpernant Whatman No:1 kâğıdından filtrelenerek sıvı kısmın hacmi ölçülmüştür. Su tutma kapasitesi başlangıçta kullanılan su hacminden elde edilen filtratın hacminin çıkarılarak örnek miktarına bölünmesiyle hesaplanmıştır. Sonuçlar ml/g cinsinden verilmiştir.

2.2.6.9. Yağ Bağlama Kapasitesinin Belirlenmesi

Beş yüz mg hidrolizat bir santrifüj tüpü içine alınmış ve içerisine 10 ml ayçiçeği yağı ilave edilmiştir. Bir dakika boyunca iyice vortekslendikten sonra 4 °C’de 30 dakika süreyle 4500 g’de santrifüj edilmiştir. Bu işlem sonunda bağlanmamış yağ boşaltılmıştır. Yağ tutma kapasitesi, hidrolizat numunelerinin ağırlık farkından belirlenerek g numune başına bağlı yağ g olarak ifade edilmiştir (g yağ/g) (Shahidi vd., 1995).

2.2.6.10. Taramalı Elektron Mikroskobu ile görüntüleme, (SEM)

Hidrolizatın yüzey morfolojisi, 20 kV hızlanma voltajıyla çalıştırılan bir enerji dağılımlı X-ışını (EDX) analiz cihazı ile donatılmış JSM-6610 (JEOL) SEM kullanılarak görüntülenmiştir. İncelenen örnekler gözlem öncesinde yaklaşık 250 angstrom altın ile QUORUM-SC7620 sputter kaplayıcı ile kaplanmıştır.

2.2.6.11. Moleküler Ağırlık Analizi (SDS-PAGE)

SDS-PAGE analizi için protein hidrolizatlarının konsantrasyonu hesaplandıktan sonra, bu protein hidrolizatlardan uygun miktarlarda (40 µg) alınarak bu hidrolizatlara eşit hacimde muamele tamponu (0,15 M TRIS-HCl, pH 6,8, %4 SDS, %20 gliserol, %6 β-merkaptoetanol) ilave edilmiştir. Sonrasında 95 °C’de 5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra Laemmli (1970) tarafından tanımlanan %12’lik sodyum dodesil sülfat-poliakrilamid jeline (SDS-PAGE) yüklenerek ve 50 mA akım uygulanarak ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Ayırma işlemi tamamlandıktan sonra, jel Coomassie Brilliant Blue (%0,125 Coomassie Brilliant Blue R-250, %50 metanol, %10 asetik asit) boyası ile 2-4 saat boyanmıştır. Boyama işleminin ardından jel yıkama-I (%50 metanol, %10 asetik asit) solüsyonunda 1 saat bekletildikten sonra Yıkama-II (%7 asetik asit, %5 metanol) solüsyonuna aktarılarak ve 3-4 saatlik inkübasyon sonrası bir jel görüntüsü bilgisayar tarayıcısı ile fotoğraflanmıştır.

2.2.6.12. Antioksidan Aktivite Analizleri

GH ve UH gruplarının radikal temizleme aktiviteleri ise ABTS^{•+} (2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) radikal temizleme metodu kullanılarak incelenmiştir. Grupların antioksidan kapasitelerini değerlendirmek amacıyla; bakır (II) iyonu indirgeyici antioksidan kapasite (CUPRAC) ve demir (II) iyonu indirgeme (FRAP) antioksidant güç yöntemleri kullanılmıştır.

2.2.6.13. ABTS^{•+} Radikal Katyon Renk Kırma Analizi

Sentezlenen bileşiklerin ABTS^{•+} radikalini tutma kabiliyeti Mentеше vd. (2015), Yılmaz vd. (2017) ve Re vd. (1999)'e göre belirlenmiştir. ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)) suda 7 mM konsantrasyona kadar çözülmüş ve kullanımdan önce 734 nm'de 0,700±0,020 absorbans elde etmek için seyreltilmiştir. Karanlıkta oda sıcaklığında 5 dakika sonra, 200 µL grup çözeltisi ve 1800 µL ABTS^{•+} çözeltisi içeren reaksiyon karışımının absorbansındaki azalma ölçülmüştür. SC₅₀ (mg/ml) değeri, absorbans değerlerinden çizilen eğrilerden hesaplanmıştır; SC₅₀ değerleri, radikallerin %50'sini inhibe etmek için gerekli olan grubun konsantrasyonunu (mg/ml) temsil etmektedir. Tüm analizler üç kez gerçekleştirilmiş ve sonuçlar, ABTS^{•+} radikalinin % tutulması olarak ifade edilmiştir, tutma yüzdesi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır;

$$\% \text{ Süpürme} = ((\text{OD}_{\text{kontrol}} - \text{OD}_{\text{test}}) / (\text{OD}_{\text{kontrol}})) \times 100 \quad (16)$$

2.2.6.13.1. ABTS^{•+} Katyonik Radikal Temizleme Analizi

Grupların ABTS^{•+} (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit)) radikal temizleme aktivitesi Re vd. (1999) ve Yılmaz vd. (2017) tarafından bildirilen metotlara göre çalışılmıştır. ABTS'nin su içerisinde 7 mM'lık çözeltisi hazırlanmış ve bu çözeltinin 10 ml'si 2,45 mM 5 ml potasyum persülfat çözeltisi ile karıştırılmış ve ABTS^{•+} katyonik radikal oluşumu için 18 saat oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Oluşan radikal çözeltisi 734 nm'de 0,700±0,020 absorbans verecek şekilde, pH'ı 7,4 fosfat tamponu ile seyreltilmiştir. 200 µL test bileşiği dimetil sülfoksit (DMSO içerisinde çözülmüş) 1800 µL radikal çözeltisine eklenmiş, vortekslenmiş ve 5 dakika sonra UV-Visible

spektrofotometrede (1601UV-Shimadzu, Australia) 734 nm dalga boyunda absorbanları okunmuştur. Grupların radikal temizleme (scavenge) değeri aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Radikal Süpürme} = [(OD_{\text{kontrol}} - OD_{\text{test}}) / (OD_{\text{kontrol}})] \times 100 \quad (17)$$

2.2.6.13.2. Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite Analizi (CUPRAC)

Metot, bakır(II)-neokuproin kompleksinin ortama antioksidan çözeltisi ilave edilmesi sonucunda bakır(I)-neokuproine indirgenmesi esasına dayanmaktadır (Apak vd., 2004; Menteşe vd., 2015). Deney tüpü içerisine, 10 mM Cu(II) klorür (Sigma Chemical Co, USA), 7,5 mM neokuproin (Sigma Chemical Co, USA), ve 1 M pH'ı 7,0 olan amonyum asetat tamponu çözeltilerinin her birinden 1'er ml pipetlenmiştir. Her bir örnek çözeltisinden kendi deney tüpüne 20 µL ilave edilerek vortekslenmiştir. Son hacmi 4,1 ml'ye tamamlamak için 1080 µL saf su ilave edilerek tekrar vortekslenmiştir. Aynı işlemler Trolox® standardı için de gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 50 dakika inkübasyona bırakılan deney tüplerinin absorbanı 450 nm'de (1601UV-Shimadzu, Australia) okunmuştur. Standart Trolox® eğrisinden (8 – 4 – 2 – 1 – 0,5 – 0,25 – 0,125 – 0,0625 mM Trolox®, ($r^2=0,999$)) her bir madde için mg madde başına düşen mM Trolox® eşdeğeri olarak antioksidan kapasite (mM TEAC/mg madde) belirlenmiştir.

2.2.6.13.3. Demir (III) İyonu İndirgeme Antioksidan Güç Analizi (FRAP)

Yöntemin esası spektrofotometrede 593 nm'de Fe²⁺ – TPTZ kompleksinin oluşturduğu absorbanın ölçülmesi esasına dayanmaktadır (Benzie ve Strain, 1999; Can ve Baltas, 2016). Demir (III) iyonu indirgeme antioksidan güç tayini yöntemi total antioksidan kapasitenin belirlenmesinde sıkça kullanılan bir metottur. Öncelikle, 300 mM ve pH'ı 3,6 olan asetat tamponu, 40 mM HCl içerisinde çözünmüş 10 mM TPTZ (2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine) ve 20 mM FeCl₃.6H₂O çözeltileri hazırlanmıştır. Taze olarak hazırlanan bu çözeltiler 10:1:1 oranında karıştırılarak FRAP reaktifi elde edilmiştir. Deney tüplerine örneklerden 100'er µL aktararak her bir örnek tüpüne 3000 µL FRAP reaktifi ilave edilmiş ve vortekslenmiştir. Oda sıcaklığında 5 dakika inkübe edilen reaksiyon karışımlarının 593 nm'de absorbanları okunmuştur. Aynı işlemler 15,63 –

31,25 – 62,50 – 125 – 250 – 500 – 1000 µM konsantrasyonlarda hazırlanan FeSO₄.7H₂O standardı (r²=0,999) için de gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığında 5 dakika inkübasyona bırakılan deney tüplerinin absorbanı 593 nm’de (1601UV-Shimadzu, Australia) ölçülerek, standart FeSO₄.7H₂O eğrisinden her bir madde için mg madde başına düşen mM FeSO₄.7H₂O eşdeğeri antioksidan kapasite (mM FeSO₄.7H₂O / mg madde) hesaplanmıştır.

2.2.6.14. Kimyasal Kalite Analizleri

2.2.6.14.1. Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) Tayini

Balık örneklerinde TVB-N analizi Lücke-Geidel (1935) metoduna göre yapılmıştır. Homojenize balık örneklerinden 10 g tartılarak balon içerisine alınmıştır. Köpürmeyi önlemek için birkaç damla silikon yağı ve yaklaşık 1 g magnezyum oksit (MgO) ile bir miktar saf su ilave edilmiştir. 500 ml’lik erlenmayer içerisine %3’lük borik asitten (H₃BO₃) 10 ml ve tashiro indikatör karışımından 8 damla ilave edildikten sonra üzerine yaklaşık 100 ml saf su konulmuştur. Balonlar ve erlenmayerler distilasyon ünitesine yerleştirilerek yaklaşık 15-20 dakika distilasyona tabi tutulmuştur. Erlenmayerde toplanan destilat, 0,1 N HCl ile titre edilmiştir. TVB-N miktarı aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (İnal, 1992; Varlık vd., 1993).

$$\text{TVB-N(mg/100g)} = (\text{Sarfiyat HCl} \times 0,0014008 \times 100 \times 1000) / (\text{Örnek miktarı (g)}) \quad (18)$$

2.2.6.14.2. Tiyobarbitürik Asit (TBA) Tayini

TBA tayininde Tarladgis vd. (1960)’in kullandığı yöntem kullanılmıştır. Yönteme göre homojenize 10 g örnek, 50 ml saf su ile Waring blender’da 2 dakika homojenize edildikten sonra 47,5 ml distile su kullanılarak Kjeldahal balonuna aktarılmış ve üzerine 2,5 ml 4 N HCl ilave edilmiştir. Balon ve erlenmayerler distilasyon ünitesine yerleştirildikten sonra ile distilasyon başlatılmıştır. Erlenmayer içerisine 50 ml destilat toplanıncaya kadar, yaklaşık 10 dakika işleme devam edilmiştir. İşlem sonunda destilattan 5 ml alınarak ağzı kapaklı tüplere 5’er ml koyulmuştur. Tüplere %90’lık glasiyal asetik asitle hazırlanmış 0,02 M TBA ayırıcından 5 ml ilave edilerek, 35 dakika

kaynar su banyosunda bekletilmiştir. Bu süre sonunda tüpler musluk suyu altında soğutulduktan sonra sıvıların absorbansı 538 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Shimadzu UV-vis 1800, Japonya) okunmuştur. Okunan absorbans değeri, 1 kg örneğin yapısında bulunan malonaldehitin mg cinsinden ifadesi olarak alınmıştır (Smith vd., 1992; Varlık vd., 1993) ve aşağıdaki formülde yerine konulmuştur.

$$\text{TBA malonaldehit (mg/kg)} = \text{OD} \times 7,8 \quad (19)$$

OD = spektrofotometrede okunan değer

2.2.6.14.3. Trimetilamin (TMA) Tayini

TMA analizi Boland ve Paige (1971)'e göre yapılmıştır. Buna göre balık örneklerinden 10 g tartılarak 90 ml %10'luk triklor asetik asit ile stomakır poşetlerinde stomakırda (Interscience, 400P, Fransa) 2 dakika boyunca karıştırılmıştır. Elde edilen çözelti süzgeç kâğıdından erlenlere süzölmüştür. Süzöntüden 4 ml alınarak kapaklı plastik tüplere aktarılmıştır. Tüplerin içine 1 ml %20'lik formaldehit, 10 ml toluol ve 3 ml %50'lik potasyum hidroksit (KOH) ilave edildikten sonra tüpler vortekslenerek çözeltinin karışması sağlanmıştır. Çözelti 10 dakika bekletilerek faz oluşumu sağlanmış oluşan toluol fazından 5 ml alınarak cam tüpler içine aktarılmış ve üzerine 5 ml %0,02'lik pikrik asit ilave edilmiştir. Standart çözelti için biri kör diğerleri 1, 2, 3 ml TMA standart çözeltilerinden ilave edilen tüpler saf su ile 4 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan tüplerden cam küvetlere alınan çözelti örneklerinin absorbansı 460 nm dalga boyunda spektrofotometrede köre karşı okunmuştur. Örneklerin TMA konsantrasyonları, aynı işlemlerden geçirildikten sonra absorbansları okunan standartların konsantrasyonlarına göre belirlenmiştir. TMA sonuçları mg/100 g şeklinde verilmiştir (Schormüller 1968);

$$\text{TMA (mg/100g)} = \frac{\text{Standart eğriden okunan TMA değeri} \times \text{dilüsyon faktörü/örnek ağırlığı}}{\quad} \quad (20)$$

2.2.6.14.4. Tuz Analizi

Tuz miktarı Mohr metodu ile belirlenmiştir. İlk olarak 10 g örneğe 25 ml saf su ilave edilerek blenderda iyice homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenat bir balonda 500 ml'ye tamamlanmış ve tuzların erimesi için yarım saat sıcak su banyosunda bekletilmiştir. Daha sonra süzülen homojenattan 50 ml alınarak üzerine 1 ml nötür potasyum kromat indikatörü ilave edilmiştir. Ardından 0,1 N gümüş nitrat ile titre edilmiş ve tuz miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Keskin, 1982).

$$\text{NaCl \%} = \frac{(A \times 0,00585 \times 100 \times 500)}{\text{Alınan örnek}} \times 50 \quad (21)$$

A: gümüş nitrat sarfiyatı (ml)

2.2.6.14.5. Mikrobiyolojik Analizler

Çalışmada kullanılan tüm örneklerden ilk seyreltme oranı 1:10 olacak şekilde aseptik koşullarda alınan 25 g örnek stomakır poşetleri içerisine alındıktan sonra üzerine steril %8,5 fizyolojik tuzlu sudan (FTS) 225 ml eklenmiş ve stomakırda (Mayo, HG 400 V, İtalya) 4 dakika boyunca yüksek hızda homojenize edilmiştir. Ekimlerin yapılması için içerisinde 9 ml peptonlu su bulunan tüpler steril edilmiş ve dilisyonlar bu tüplere yapılmıştır. Her dilisyonun iki paralel olarak besiyerlerine yüzey ekimleri yapılmıştır.

2.2.6.14.6. Toplam Aerobik Mezofilik ve Psikrofilik Bakteri Sayımı

Hazırlanan örneklerde toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) ve toplam aerobik psikrofilik bakteri (TAPB) sayımları için petrilere Standart Plate Count Agar (PCA, Kat. No: 105463, Merck, Darmstadt, Almanya) dökülerek besiyerleri hazırlanmıştır. Ekimler ise aseptik koşullarda kabin içerisinde hazırlanan örneklerden besiyeri üzerine 0,1 ml alınarak yayma plak yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Daha sonra TAMB sayımı için petrilere 37±2 °C'de 24 saat veya 48 saat boyunca inkübe edilmiştir. TAPB sayımı için ise petrilere 4-6 °C'de 7-10 gün boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi tamamlanan petrilere elle sayım yapılmıştır. Otuz-300 koloni içerenler petrilere TAMB ve TAPB sayıları hesaplanmıştır (Bell vd., 2005).

2.2.6.14.7. Toplam Koliform Sayımı

Violet red bile agar (Kat. No: 1.01406.0500, Merck, Darmstadt, Almanya) besiyeri kullanılarak 0,1 ml örnek kullanılarak yayma plak yöntemiyle ekim yapılmıştır. Petrilere 25 °C’de 5-7 gün aerobik inkübasyon uygulanmıştır (Bell vd., 2005).

2.2.6.14.8. Toplam Maya-Küf Sayımı

Potato dextrose agar (Kat. No: 1.10130.500, Merck, Darmstadt, Almanya) besiyeri kullanılarak yayma plak yöntemiyle 0,1 ml ekim yapılmıştır. Petrilere 25 °C’de 5-7 gün aerobik inkübasyona bırakılmıştır (Bell vd., 2005).

2.2.6.14.9. Duyusal Analizler

Palamut filetolarının depolanması esnasında duyuşal değişimlerin belirlenebilmesi için altı panelist görev almıştır. Panelistler koku, doku, görünüş ve tat kriterlerine göre 10 üzerinden puanlar vermiştir (Tablo 3). 10-9 mükemmel, 8-7 iyi, 6-5 orta, 4 kabul edilebilirlik sınırı, 3,9-1 kabul edilemez olarak belirlenmiştir. +4 ve -18 °C’de depolanan gruplarda tat değerlendirilmemesine rağmen tütsülü balıklarda tat kriteri de kullanılmıştır. Duyusal parametreler ülkemiz “Su Ürünleri Yönetmeliği” (URL-2) ve Varlık vd. (1993)’e göre belirlenmiştir.

2.2.6.15. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada elde edilen veriler, sonuçların paralellerinin (n:2-3) ortalaması \pm standart sapma olarak verilmiştir. Elde edilen verilere göre gruplara ve zamana bağlı olarak elde edilen farkı saptamak amacı ile varyansları homojen bulunan grupların önemlilik testi için “one way ANOVA” ve “Tukey testi” uygulanmış, önem derecesi $P < 0,05$ olarak kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen gruplara ise “Kruskal Wallis” ve “Mann Whitney U” testleri uygulanmıştır (Sokal ve Rohlf, 1987; Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 2002). İstatistikî analizde JMP 5.0.1. SAS (SAS Institute Inc, NC, ABD) paket programı kullanılmıştır. Tüm grafikler Graphpad Prism 6 programıyla çizilmiştir (Graphpad Software Inc., CA, ABD).

Tablo 3. Tütsülenmiş palamut balıklarında duyuşal panel için kullanılan puanlama tablosu (URL-2; Varlık vd., 1993).

Puan Kriterleri	Puanlamada kullanılacak tavsiye edilen genel özellikler	Puan
Tat (Lezzet) Doku (Tekstür) Koku Görünüş	Orijinal tütsü balık tadına sahip. Acılaşma belirtisi yok. Sıkı bir doku Orijinal tütsü ve duman kokusu Parlak et rengi (orijinal rengi) koruyor. Matlaşma yok	10
Tat (Lezzet) Doku (Tekstür) Koku Görünüş	Orijinal tütsü balık tadına sahip. Acılaşma belirtisi yok. Sıkı bir doku Orijinal tütsü ve duman kokusu Parlak et rengi (orijinal rengi) koruyor. Hafif matlaşma var.	9
Tat (Lezzet) Doku (Tekstür) Koku Görünüş	Orijinal tütsü balık tadında hafif kayıp ancak acılaşma belirtisi yok. Sıkı bir doku veya hafif bir gevşeme var. Orijinal tütsü ve duman kokusunda çok az bir kayıp olabilir. Parlak et renginde (orijinal rengi) hafif matlaşma var. Orijinal tütsü balık tadında hafif kayıp ancak acılaşma belirtisi yok.	8
Tat (Lezzet) Doku (Tekstür) Koku Görünüş	Orijinal tütsü balık tadında hafif kayıp ancak acılaşma belirtisi yok. Sıkı doku yapısında gevşeme var. Orijinal tütsü ve duman kokusunda kayıp var. Parlak et renginde (orijinal rengi) matlaşma belirgin ancak et üzerinde sulanma ve sarımsı nokta şeklindeki lekeler oluşmamış	7
Tat (Lezzet) Doku (Tekstür) Koku Görünüş	Orijinal tütsü balık tadında belirgin kayıp ve hafif acılaşma belirtisi Doku yapısında gevşeme var. Sulanma belirtisi mevcut. Orijinal tütsü ve duman kokusunda belirgin kayıp var. Parlak et renginde matlaşma belirgin ve et üzerinde hafif sulanma var ancak sarımsı nokta şeklindeki lekeler oluşmamış.	6
Tat (Lezzet) Doku (Tekstür) Koku Görünüş	Orijinal tütsü balık tadında belirgin kayıp ve acılaşma artmış ancak hala yenilecek durumda. Doku yapısında gevşemede artış olmuş. Sulanma belirtisi mevcut. Duman kokusunda belirgin kayıp var. Çok hafif bozuk balık kokusu var. Parlak et renginde matlaşma belirgin ve et üzerinde hafif sulanma var ancak sarımsı nokta şeklindeki lekeler oluşmamış.	5
Tat (Lezzet) Doku (Tekstür) Koku Görünüş	Orijinal tütsü balık tadında belirgin kayıp ve acılaşma çok artmış ve tadı yenmeyecek durumda. Doku yapısında gevşemede artış olmuş. Sulanma belirtisi mevcut. Orijinal tütsü ve duman kokusunda belirgin kayıp var. Belirgin bozuk balık eti kokusu var. Parlak et renginde (orijinal rengi) matlaşma belirgin ve et üzerinde hafif sulanma ve sarımsı nokta şeklindeki lekeler oluşmuş.	4
Tat (Lezzet) Doku (Tekstür) Koku Görünüş	Tadı yenmeyecek durumda. Sulu, gevşek. Doku yapısında gevşemede artış çok olmuş. Sulanma artmış Belirgin bozuk balık eti kokusu var. Et üzerinde sulanma ve sarımsı nokta şeklindeki lekeler çok artmış.	3
Tat (Lezzet) Doku (Tekstür) Koku Görünüş	Tadı yenmeyecek durumda. Sulu ve gevşek ve dağılmaya başlamış. Belirgin bozuk balık eti kokusu var. Amonyak kokusu. Et üzerinde sulanma ve sarımsı nokta şeklindeki lekeler çok artmış.	2
Tat (Lezzet) Doku (Tekstür) Koku Görünüş	Tadı yenmeyecek durumda. Sulu ve dağılmış. Sıvılaşmış ve çürümüş et görüntüsü Amonyak kokusu. Et üzerinde sulanma çok fazla ve sarımsı nokta şeklindeki lekeler çok artmış.	1

3. BULGULAR

Bu çalışmada Gökkuşuğu alabalığından fileto çıkarma işlemi esnasında açığa çıkan yan ürünlerden (baş, omurga, kuyruk, yüzgeçler ve deri) enzimatik geleneksel (GH) ve ultrason destekli (UH) protein hidrolizatı üretimi gerçekleştirilerek hidrolizatların biyokimyasal, fiziksel, fonksiyonel ve antioksidan özellikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca elde edilen bu hidrolizatlar soğutulmuş (+4 °C), dondurulmuş (-18 °C) ve tütsülenmiş (+4 °C) palamut filetolarında kaplama materyali olarak kullanılarak filetoların kalite parametreleri, dolayısıyla raf ömürleri üzerine etkileri incelenmiştir.

3.1. Yan Ürünler ve Protein Hidrolizatlarına Ait Verim Bulguları

Alabalıklardan fileto çıkarma işlemi sonucunda elde edilen atıklardan iç organlar ayrıldıktan sonra kalan yan ürünlerin ağırlıkları Tablo 2’de verilmiştir. Bu veriler kullanılarak yan ürün verimi %38,05 olarak hesaplanmıştır.

Benzer şekilde hidrolizatların verimleri de %9,82 (GH) ve %10,54 (UH) olarak tespit edilmiştir. Her iki grubun verimleri arasında istatistiki açıdan önemli bir fark gözlenmemiştir ($P < 0,05$). Hidrolizatların protein verimleri ise %57,13 (GH) ve 61,76 (UH) olarak belirlenmiştir.

3.2. Balık Protein Hidrolizatlarına Ait Analiz Bulguları

3.2.1. Fiziksel Analiz Bulguları

Hidroliz işlemi sonlandırıldığında deneme ünitelerinde sarımsı- kahverengi renkte 3 katmandan oluşan sıvılar elde edilmiştir. Dipte kahverengi katman içerisinde beyaz renkte kılçık yapıları mevcut; ortada koyu sarımsı-kahverengi parlak sıvı katman ve üstte yoğun kahverengi mil şeklinde bir katman oluşmuştur. Filtre edildikten sonra santrifüj işlemine tabi tutulan sıvı kısım parlak koyu sarı renkte elde edilmiştir. Donmuş kurutucuda kurutulduktan sonra toz formdaki ürünün rengi ise çok açık krem rengi olarak gözlenmiştir. Elde edilen tozlara ait L^* , a^* , b^* ve W , c , h değerleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. GH ve UH için L*, a* ve b* renk ve W, c, h değerleri.

	L*	a*	b*	W	c	h
GH	85,80±0,84 ^a	2,90±0,51 ^a	22,60±1,35 ^a	73,15±0,78 ^a	22,79±0,48 ^a	7,80±0,46 ^a
UH	83,90±0,60 ^a	3,50±0,30 ^a	24,30±0,30 ^a	71,10±0,56 ^a	24,10±0,30 ^a	6,80±0,34 ^a

GH: Geleneksel enzimatik hidrolizat, UH: Ultrason destekli enzimatik hidrolizat, ± SD: n: 10, Farklı harfler (a,b,c,...) gruplar arasındaki istatistiki farkı göstermektedir (P<0,05).

Balık protein hidrolizatlarının rengi kullanılan hammadde ve enzim gibi girdilerle ve hidrolizasyon işlem koşulları ile bağlantılı olarak farklılık göstermektedir. L*, a* ve b* değerleri kullanılarak hesaplanan beyazlık değerleri (W), GH ve UH için sırasıyla 73,15 ve 71,1 olarak hesaplanmıştır. Buna göre GH, UH'dan daha fazla beyaza yakındır. Kroma değerleri (c), GH ve UH için sırasıyla 22,79 ve 24,1 olarak bulunurken h değerleri GH ve UH için sırasıyla 7,8 ve 6,8 olarak belirlenmiştir. Her iki gruba ait değerlerde kendi aralarında istatistiki olarak herhangi bir farklılık gözlenmemiştir (p>0,05).

Çalışmada elde edilen hidrolizatlarda ölçülen pH değerleri GH ve UH için sırasıyla 7,14 ve 7,18 olarak ölçülmüştür. Değerler arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (P>0,05).

3.2.2. Biyokimyasal Kompozisyon ve Amino Asit Bulguları

3.2.2.1. Biyokimyasal Kompozisyon Bulguları

Alabalık yan ürünleri ve bunlardan elde edilen protein hidrolizatlarının (GH) ve (UH) biyokimyasal analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Yan ürünlere ait biyokimyasal besin elementlerinin değerleri hidrolizat gruplarına oranla istatistiki açıdan önemli farklılıklar göstermiştir (P<0,05). Hidrolizat gruplarının protein, lipid ve kül değerleri benzer bulunurken UH'ın nem değeri GH'a oranla daha yüksek çıkmıştır ve bu farklılık istatistiki olarak önemlidir (P<0,05).

Tablo 5. Alabalık yan ürünleri ve GH ve UH'larının biyokimyasal kompozisyonları.

	Ham Protein (%)	Ham Yağ (%)	Nem (%)	Ham Kül (%)
Yan ürünler	14,82±0,18 ^a	6,45±0,48 ^a	72,19±1,38 ^a	3,54±0,24 ^a
GH	86,40±0,32 ^b	0,05±0,01 ^b	1,36±0,08 ^b	6,25±0,40 ^b
UH	86,75±0,28 ^b	0,05±0,01 ^b	2,10±0,18 ^c	5,95±0,32 ^b

GH: Geleneksel enzimatik hidrolizat, UH: Ultrason destekli enzimatik hidrolizat, ± SD: n: 3, Farklı harfler (a,b,c,...) gruplar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (P<0,05).

3.2.2.2. Amino Asit Analiz Bulguları

Hidrolizatların fonksiyonel farklılıkları yapılarında bulunan amino asit grupları ile yakından ilgilidir. Bu sebeple hidrolizatların amino asitleri miktarları belirlenmiştir. Alabalık yan ürünlerinden elde edilen protein hidrolizatlarına ait toplam amino asit değerleri Tablo 6'da sunulmuştur. Buna göre yan ürünlere ait amino asit değerleri hidrolizat gruplarından düşük (P<0,05) her iki grup hidrolizatta (GH ve UH) elde edilen bulgular ise birbirine yakındır ve aralarındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli değildir. Toplam amino asit miktarları yan ürünler için 2,01 g/100 g iken GH için 80,54 g/100 g ve UH için 82,65 g/100 g olarak hesaplanmıştır. Yan ürünlere ait toplam esansiyel amino asit oranı %0,85 iken bu değer GH için 29,82 g/100 g ve UH için 31,01 g/100 g olarak belirlenmiştir. Hidrofobik amino asitler alanin, valin, metiyonin, lösin, isolösin, fenilalanin ve prolindir. Bu amino asitler arasında en yüksek değer lösin (5,83 g/100 g GH ve 5,89 g/100 g UH) en düşük değer ise metiyonine aittir (1,65 g/100 g GH ve 1,74 g/100 g UH). Antioksidan aktivite özelliklerini arttırdığı belirtilen hidrofobik amino asitlerin toplamı GH için 22,98 g/100 g ve UH için 23,72 g/100 g olarak hesaplanmıştır.

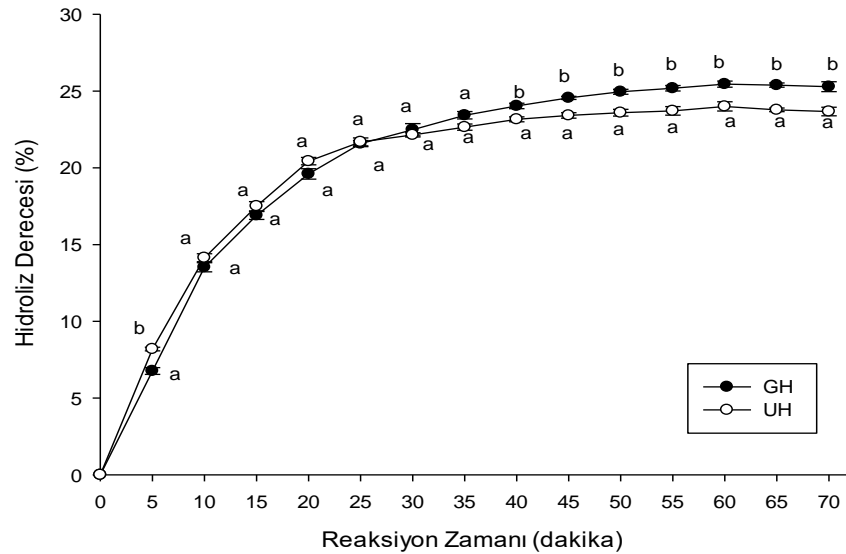
3.2.3. Hidroliz Derecesi (HD) ve Peptit Zincir Uzunluğu (PZU) Bulguları

Bu çalışmada GH ve UH için yapılan hidroliz derecesi analiz bulguları Şekil 12' de gösterilmiştir. Prosesin başlangıcından itibaren 20. dakika'ya kadar her iki grubun (GH ve UH) hidroliz derecelerinde hızlı bir artış gözlenmiştir. Bu dakikadan sonra her iki grubun hidroliz derecelerinde belirli bir düşüş ile birlikte 20. dakikadan itibaren reaksiyon hızında azalma gözlenmiştir. Grupların hidroliz dereceleri 10. dakikadan 35. dakikaya kadar istatistiksel olarak benzerlik göstermekle birlikte hidrolizasyonun diğer aşamalarında GH'a ait hidroliz derecesi UH'a oranla daha yüksek bulunmuştur (P<0,05).

Tablo 6. Alabalık yan ürünleri, GH ve UH'a ait amino asit değerleri (g/100 g).

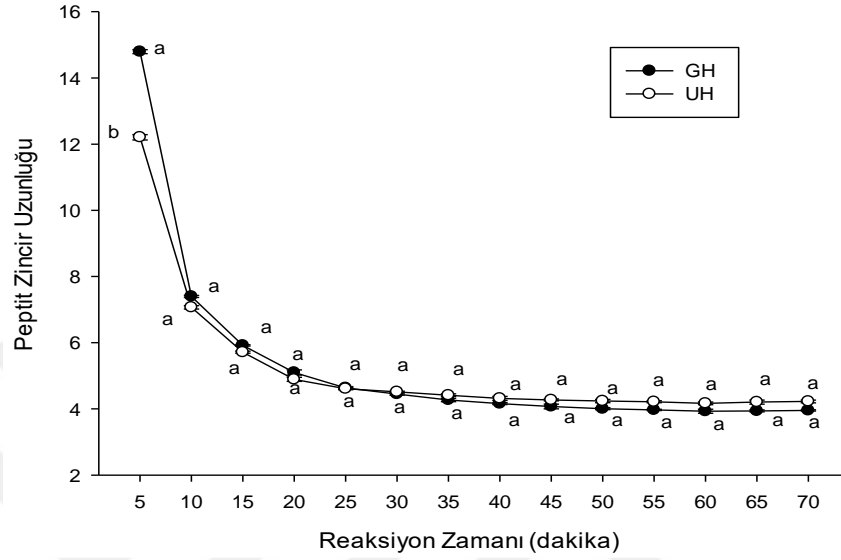
Amino Türü	Asit (g/100 g)	Yan ürünler (g/100 g)	GH (g/100 g)	UH (g/100 g)
Sistin*	0,00±0,00	1,81±0,25 ^b	1,94±0,01 ^b	
Aspartat	0,12±0,01	6,80±0,06 ^b	7,10±0,13 ^b	
Glutamat	0,09±0,01	10,98±0,11 ^b	11,45±0,2	
Aspargin	ND	ND	ND	
Serin	0,11±0,01	3,19±0,01 ^b	3,24±0,17 ^b	
Glutamin	ND	ND	ND	
Histidin*	0,06±0,01	1,93±0,00 ^b	1,90±0,04 ^b	
Glisin	0,36±0,01	12,05±0,16 ^b	12,06±0,3	
Treonin*	0,11±0,01	3,00±0,01 ^b	3,08±0,15 ^b	
Arjinin	0,09±0,01	5,59±0,06 ^b	5,75±0,20 ^b	
Alanin	0,14±0,01	5,70±0,06 ^b	5,88±0,17 ^b	
Tirosin*	0,12±0,01	1,95±0,05 ^b	2,08±0,06 ^b	
Valin*	0,14±0,01	3,06±0,02 ^b	3,21±0,03 ^c	
Metiyonin*	0,11±0,01	1,65±0,04 ^b	1,74±0,02 ^b	
Norvalin	0,02±0,00	0,01±0,01 ^a	0,02±0,01 ^a	
Triptofan	0,06±0,01	0,33±0,06 ^b	0,34±0,06 ^b	
Fenilalanin*	0,08±0,00	3,84±0,05 ^b	3,99±0,11 ^b	
İsolösin*	0,07±0,01	1,91±0,04 ^b	2,05±0,08 ^b	
Lösin*	0,07±0,01	4,84±0,04 ^b	5,13±0,11 ^b	
Lisin*	0,09±0,01	5,83±0,13 ^b	5,89±0,08 ^b	
Hidroksiprolin	0,13±0,01	2,28±0,08 ^b	2,07±0,16 ^b	
Sarkosin	ND	ND	ND	
Prolin	0,11±0,01	3,89±0,05 ^b	3,77±0,08 ^b	
Toplam	2,01±0,04	80,54±0,75^b	82,65±0,6	

GH: Geleneksel enzimatik hidrolizat, UH: Ultrason destekli enzimatik hidrolizat, ± SD: n: 3, *EEA: Esansiyel amino asitler (FAO, 1986), Farklı harfler (a,b,c,...) gruplar arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (p<0,05).



Şekil 12. GH ve UH için zamana karşı HD değişimi.

Grupların (GH ve UH) HD değerlerine bağlı olarak hesaplanan PZU değerleri Şekil 13’de verilmiştir. Buna göre başlangıç hariç tüm işlem esnasında elde edilen PZU değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Tüm değerler 20’nin altında tespit edilmiştir.

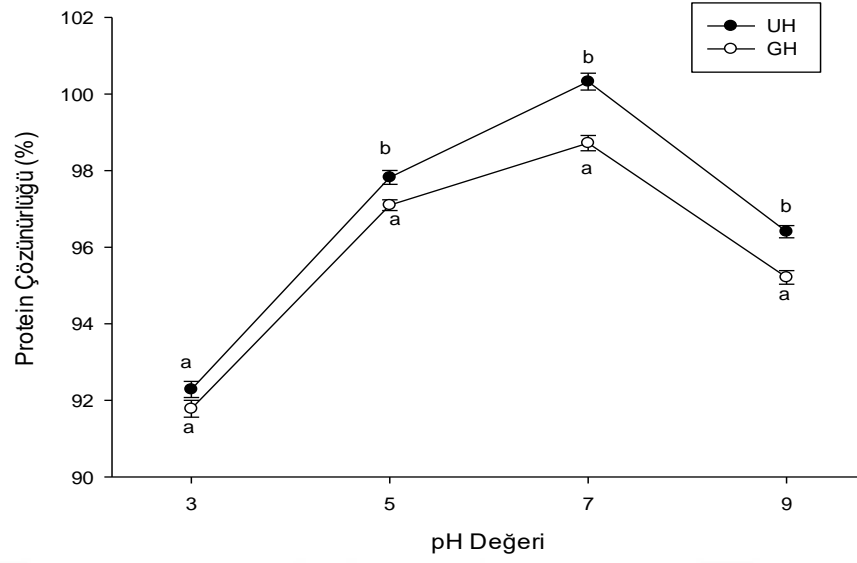


Şekil 13. GH ve UH için zamana karşı PZU değerlerinin değişimi.

3.2.4. Protein Hidrolizatlarının Fonksiyonel Özellik Bulguları

3.2.4.1. Protein Çözünürlüğü

Çalışmada GH ve UH’a ait protein çözünürlük değerleri 4 farklı pH derecesinde (3, 5, 7 ve 9) incelenmiş ve Şekil 14’de sunulmuştur. Buna göre her iki gruba ait çözünürlük asidik pH’ta minimum iken (GH için %91,78 ve UH için %92,29) pH arttıkça dereceli olarak artarak nötral pH’ta maksimuma ulaşmış, bu değerler (GH için %98,72 ve UH için %100,32) pH 9’da tekrar düşme göstermiştir. Gruplar arasında pH 3’te elde edilen değerler dışındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir ($P < 0,05$). Şekil 14’de de görüldüğü gibi ultrason uygulaması protein çözünürlüğünü arttırmıştır.



Şekil 14. GH ve UH için protein çözünürlüğü.

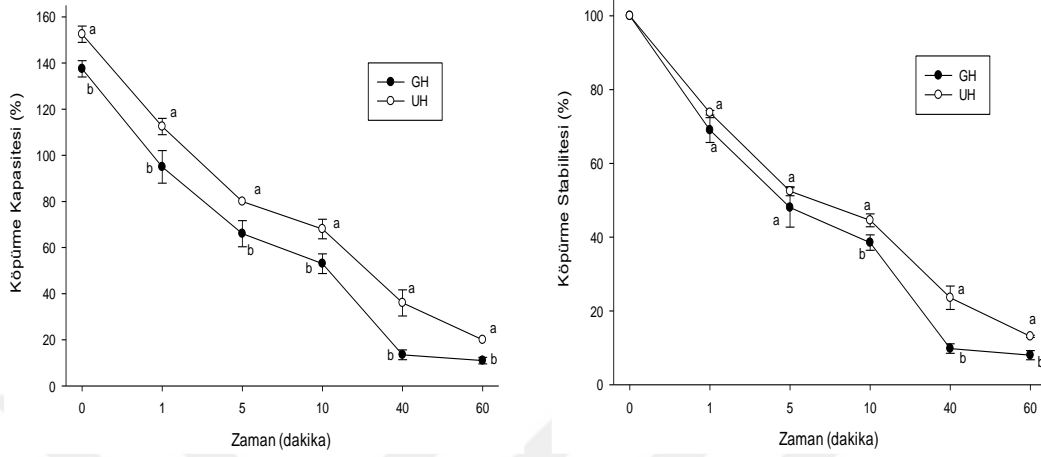
3.2.4.2. Köpürme Kapasitesi ve Stabilitesi

GH ve UH yoluyla elde edilen protein hidrolizatlarının köpürme özelliklerinin belirlendiği çalışmaya ait köpürme kapasitesi ve köpürme stabilitesine ait bulgular Şekil 15(a ve b)'de verilmiştir. Distile su ile homojenize edilerek hazırlanan çözeltilerin köpürme kapasitesi ve stabilitesi 60 dakika boyunca belirli aralıklarla ölçülerek tespit edilmiştir. GH ve UH için ölçülen maksimum köpürme kapasiteleri sırasıyla %137,5 ve %152,5 iken bu değerler 60 dakika sonunda %11,0 ve %20,0'a düşmüştür. Her iki grubun köpürme kapasiteleri istatistiki olarak önemli ölçüde birbirinden farklılık göstermiştir ($P<0,05$). Öte yandan her iki grupta başlangıçta %100 olan köpürme stabilitesi 60 dakikalık süre sonunda GH ve UH için sırasıyla %8,02 ve %13,2 olarak ölçülmüştür. Grupların köpürme stabilite değerleri arasında ilk 5 dakikada önemli bir fark gözlenmezken 5. dakikadan sonra UH'ın köpürme stabilitesi GH'ın köpürme stabilitesinden önemli ölçüde yüksek çıkmaya başlamış ve bu artış işlem sonuna kadar devam etmiştir ($P<0,05$).

3.2.4.3. Su Tutma ve Yağ Bağlama Kapasiteleri

Çalışmada GH ve UH için elde edilen yağ bağlama ve su tutma kapasite değerleri Tablo 7'de sunulmuştur. Buna göre UH'a ait yağ bağlama kapasitesi GH'a oranla önemli düzeyde yüksektir ($P<0,05$). Buna karşılık su tutma kapasitesi GH'ta daha yüksek

olmasına rağmen bu farklılık istatistiki olarak önemli değildir. Elde edilen sonuçlar her bir ml suyu bağlayan 1 g protein olarak verilmiştir.



Şekil 15. GH ve UH için köpürme kapasitesi (a) ve stabilitesi (b). GH: Geleneksel enzimatik hidrolizat, UH: Ultrason destekli enzimatik hidrolizat, \pm SD: n: 3, Farklı harfler (a,b) gruplar arasındaki istatistiki farkı göstermektedir ($P < 0,05$).

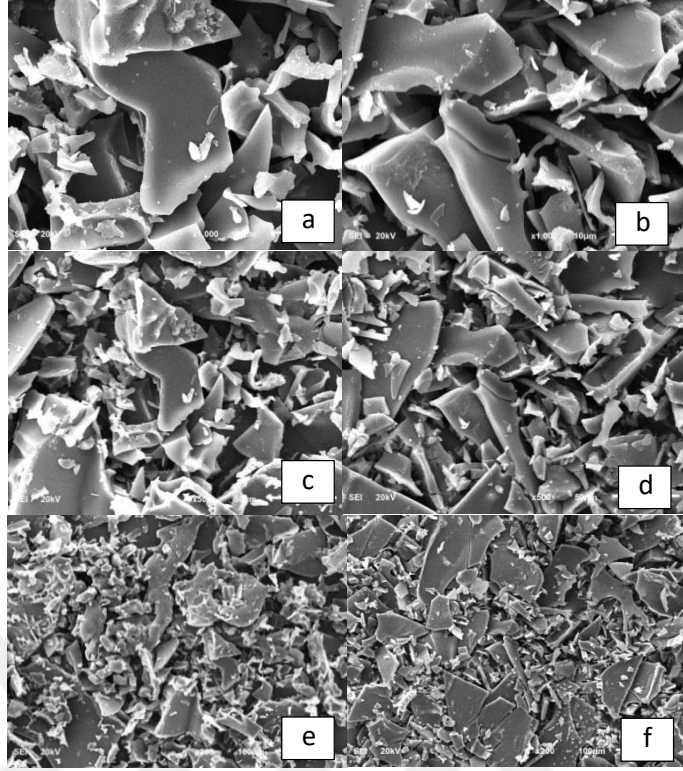
Tablo 7. GH ve UH için yağ bağlama ve su tutma kapasiteleri.

	GH	UH
Yağ bağlama kapasitesi (g/g yağ)	4,47 \pm 0,23 ^a	6,36 \pm 0,40 ^b
Su tutma kapasitesi (ml/g)	5,40 \pm 0,57 ^a	4,70 \pm 0,14 ^a

GH: Geleneksel enzimatik hidrolizat, UH: Ultrason destekli enzimatik hidrolizat, \pm SD: n: 3, Farklı harfler (a,b,c,...) gruplar arasındaki istatistiki farkı göstermektedir ($P < 0,05$).

3.2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Görüntüleme (SEM)

GH ve UH'a ait yüzey morfolojileri, 20 kV hızlanma voltajıyla çalıştırılan bir enerji dağılımlı X-ışını (EDX) analiz cihazı ile donatılmış JSM-6610 (JEOL) taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak görüntülenmiştir. Farklı büyütme düzeylerinde incelenen yüzey morfolojisine ait görüntüler Şekil 16'da sunulmuştur.

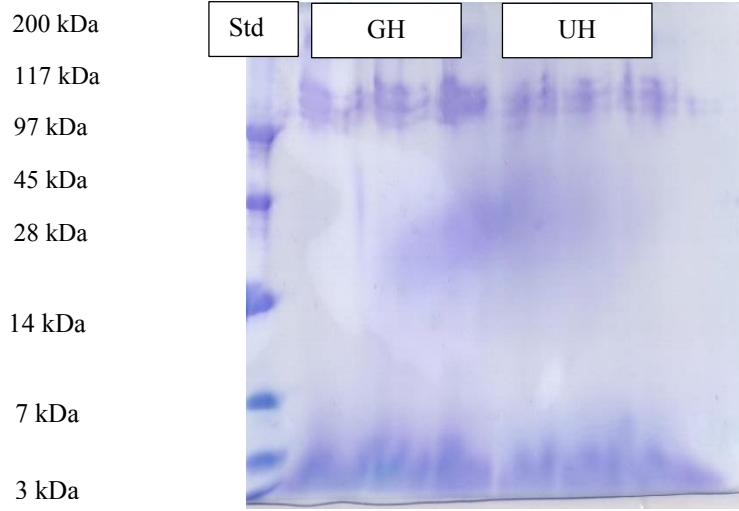


Şekil 16. SEM analizi ile GH (a,b,c) ve UH'a (d,e,f) ait görüntüler.

Şekil 16'da da görüldüğü gibi GH ve UH'ta farklı mikroyapılar elde edilmiştir. UH geniş topaklanmalarla plaka şeklinde morfoloji ve düzgün yüzey şekillerine sahipken, GH daha küçük topaklanmalarla plaka ve yuvarlak şekilli morfoloji göstermektedir.

3.2.6. Moleküler Ağırlık Analiz Bulguları (SDS-PAGE)

Çalışmada GH ve UH'a ait moleküler ağırlık analizi sonucu elde edilen elektroforetik profilleri Şekil 17'de verilmiştir. Balık yan ürünleri yapısal kas proteinleri, bağ doku proteinleri ve sarkoplazmik proteinler gibi farklı protein gruplarını içermektedir. Buna göre 200, 117 ve 97 kDa gibi yüksek molekül ağırlıkları miyosin ağır zincirinden veya yan ürünlerdeki kolajen ve jel yapılardan gelen miyosin bozulma ürünlerine veya peptitlere ait olabileceği düşünülmektedir. Öte yandan 3 kDa ve 7 kDa molekül ağırlıklı bantların metabolik enzimleri de kapsayan sarkoplazmik proteinlere ait olduğu söylenebilir. SDS-PAGE görüntüleri, ultrason uygulamanın çalışmada elde edilen protein hidrolizatlarının moleküler ağırlıkları üzerine önemli etki etmediğini göstermiştir.



Şekil 17. GH ve UH gruplarına ait moleküler ağırlıklarının elektroforetik profilleri.

3.2.7. Antioksidan Aktivite Analiz Bulguları

GH ve UH'a ait antioksidan aktivite kapasitesinin belirlenmesinde ABTS radikal süpürme, CUPRAC ve FRAP aktiviteleri belirleme metotları kullanılmıştır.

3.2.7.1. ABTS^{•+} Radikal Süpürme(tutma-temizleme) Aktivitesi Bulguları

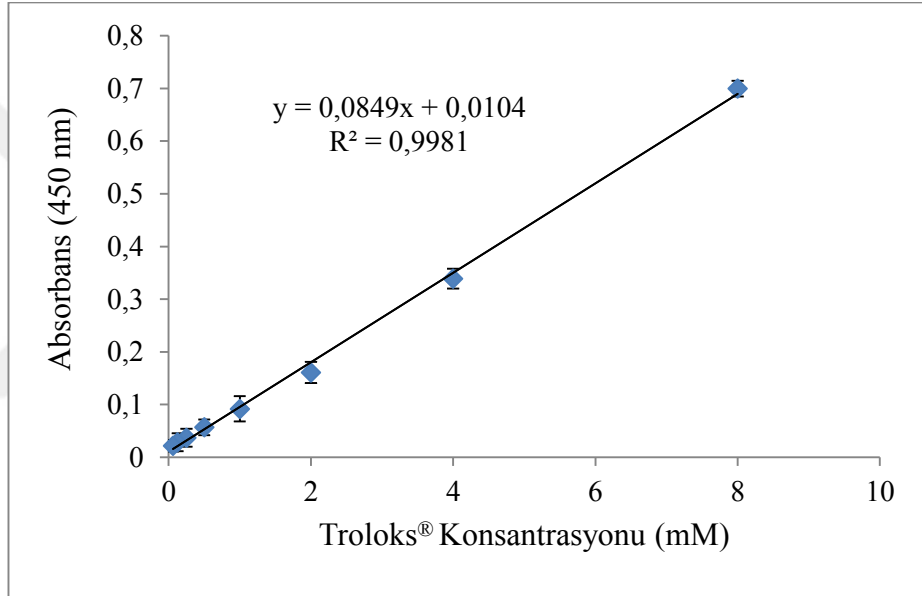
GH ve UH'a ait toplam radikal süpürme kapasitesi, ABTS^{•+} radikal süpürme testi kullanılarak belirlenmiştir. GH ve UH'ta ABTS^{•+} radikal süpürme aktiviteleri için SC₅₀ değerleri Tablo 8'de sunulmuştur. Tablo 8'de görüldüğü gibi, GH son konsantrasyonlarda UH'a göre daha etkili radikal süpürme aktivitesi sergilemiştir (P<0,05). Bu çalışmada, grupların düşük SC₅₀ değerleri, daha yüksek bir radikal temizleme etkinliği sergilemektedir. GH ve UH'ın ABTS^{•+} yöntemi için SC₅₀ değerleri sırasıyla 160,0 ve 180,10 µg/ml olarak bulunmuştur (P<0,05) (Tablo 8).

Tablo 8. Farklı son konsantrasyonlarda % ABTS•+ radikal süpürme aktiviteleri ve SC₅₀ değerleri.

Bileşenler	Radikal temizleme (%)						SC ₅₀ Değerleri (µg/ml)
	1000 µg/ml	500 µg/ml	250µg/ml	125µg/ml	62,5µg/ml	31,25µg/ml	
UH	86,15±1,12 ^a	77,54±0,72 ^a	61,85±0,48 ^a	36,62±0,30 ^a	19,62±0,22 ^a	6,92±0,12 ^a	180,10±0,68 ^a
GH	87,08±0,90 ^a	79,08±0,50 ^a	64,31±0,56 ^a	42,58±0,42 ^b	24,46±0,28 ^b	9,85±0,08 ^b	160,00±0,45 ^b

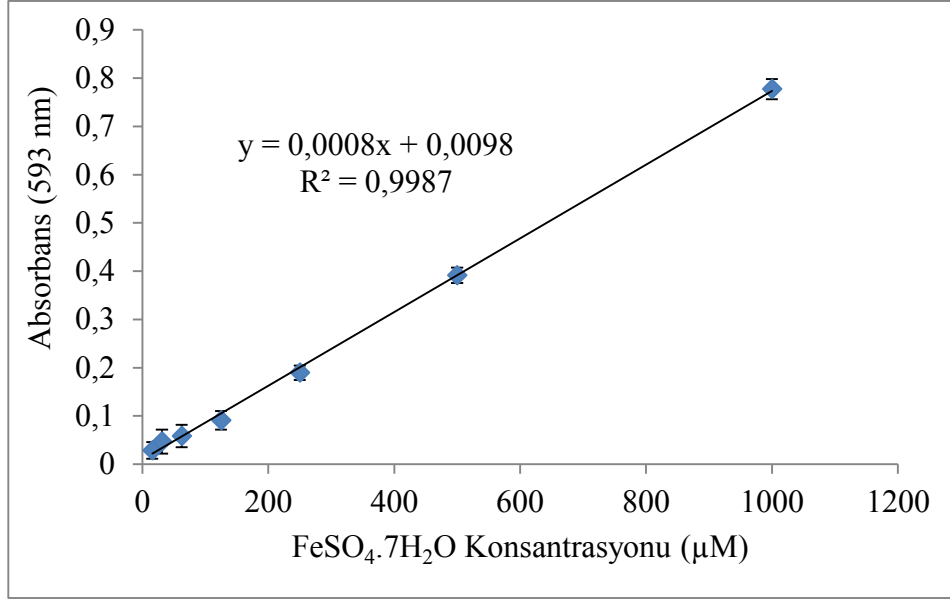
3.2.7.2. Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite (CUPRAC) ve Demir (III) İyonu İndirgeme Antioksidan Güç (FRAP) Antioksidan Aktivite Bulguları

GH ve UH için CUPRAC ve FRAP yöntemleri kullanılarak elde edilen antioksidan aktivite bulguları Tablo 9’da verilmiştir. CUPRAC yöntemine göre grupların Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) değerleri Troloks® standart grafiği üzerinden hesaplanmıştır (Şekil 18). UH ve GH için TEAC değerleri sırasıyla $244,89 \pm 0,020$ ve $230,23 \pm 0,017$ μM Trolox/mg karışım olarak belirlenmiştir ($P < 0,05$) (Tablo 9).



Şekil 18. Troloks® standart grafiği.

FRAP yönteminde GH ve UH’a ait demir (III)’ü demir (II)’ye indirgeme aktiviteleri, reaksiyon ortamında oluşan TPTZ–Fe⁺² kompleksinin 593 nm’de oluşturduğu absorbans kullanılarak FeSO₄.7H₂O standart grafiği üzerinden (Şekil 19) μM FeSO₄.7H₂O eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.



Şekil 19. FeSO₄.7H₂O standart grafiği.

FRAP metoduna göre GH ve UH için FRAP değerleri 12,161±0,003 ve 13,175±0,009 µM FeSO₄.7H₂O/mg madde olarak bulunmuştur (Tablo 9).

Tablo 9. GH ve UH Gruplarının CUPRAC (mM Troloks/mg bileşik) ve FRAP (mM FeSO₄.7H₂O/mg bileşik) yöntemleri kullanılarak elde edilen antioksidan aktivite bulguları.

Bileşikler	TEAC değerleri (µM Troloks®/mg karışımı)	FRAP değerleri (µM FeSO ₄ .7H ₂ O/mg karışımı)
UH	244,89±0,020 ^a	13,175±0,009 ^a
GH	230,23±0,017 ^b	12,161±0,003 ^b

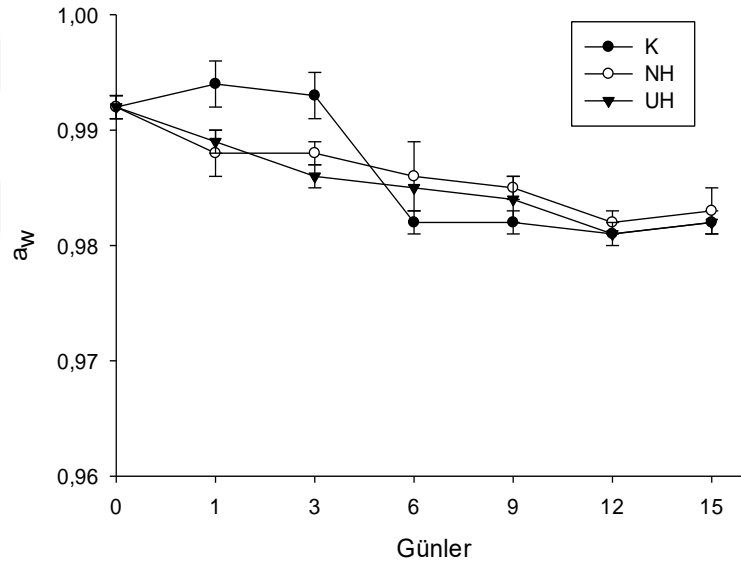
3.3. Kaplanmış Ürünlerde Yapılan Analiz Bulguları

3.3.1. GH ve UH ile Kaplanmış ve Soğuk Muhafaza (+4±1 °C) Koşullarında Depolanmış Palamut Filetolarında Yapılan Analiz Bulguları

3.3.1.1. a_w, pH ve Renk (L*, a*, b*) Değerlerindeki Değişimler

Çalışmada 1., 3., 6., 9., 12. ve 15. günler a_w, pH, ve renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubu ve protein hidrolizati kaplanmış palamut filetolarında depolama süresince meydana gelen a_w değişimleri Tablo 10 ve Şekil 20’de verilmiştir.

Taze palamut filetolarının başlangıç a_w miktarları $0,992\pm0,001$ olarak belirlenmiştir. Kontrol grubunun 1. gündeki a_w miktarı $0,994\pm0,002$ iken, NH grubunda bu değer $0,988\pm0,002$, UH grubunda ise $0,989\pm0,001$ olarak saptanmıştır. Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemsizdir ($P>0,05$). Depolamanın 6. gününe kadar tüm gruplarda meydana gelen farklılıklar hem kendi aralarında hem de günler arasında istatistiki olarak önem arz etmemiştir ($P>0,05$). Altıncı günde K grubu a_w değeri ($0,982\pm0,001$) diğer günlerden istatistiki olarak önemli derecede düşük bulunmuştur ($P<0,05$). Bu değer 15. güne kadar benzer şekilde kalmıştır. Kaplanmış gruplarda ise 12. günden itibaren a_w değerlerinde düşüşler olmuş ve bu düşüşler diğer günlerden istatistiki olarak farklılık göstermiştir ($P<0,05$). On ikinci ve 15. günlerde tüm gruplar arasındaki farklılıklar ise istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.



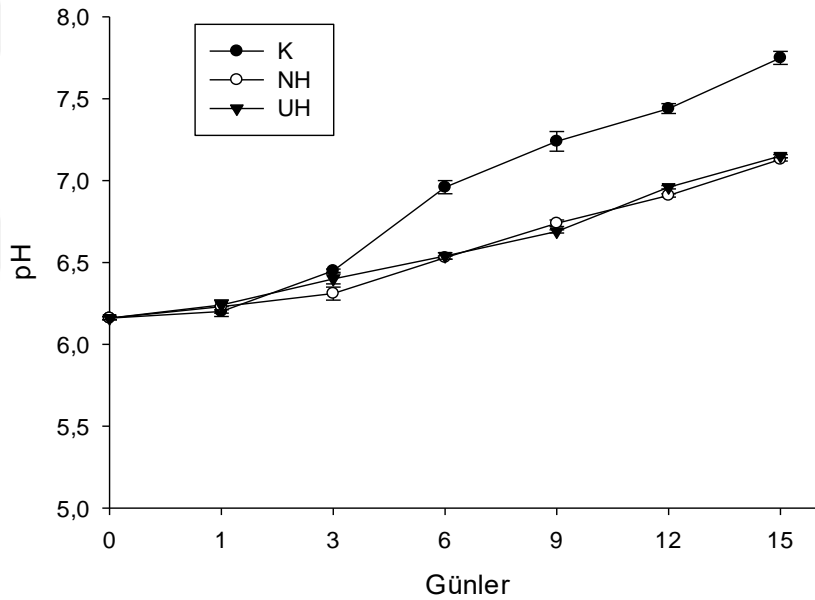
Şekil 20. Kaplanarak buzdolabı koşullarında ($+4\pm1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a_w , değerlerindeki değişimler.

Tablo 10. Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut balığının a_w , pH ve renk (L^* , a^* , b^*) değerlerindeki değişimleri.

Günler	Örnek Cinsi	a_w	pH	L^*	a^*	b^*
0	Taze Palamut	0,992±0,001	6,16±0,01	46,48±1,13	7,80±0,88	11,06±0,63
1	K	0,994±0,002 ^a _A	6,20±0,03 ^a _A	43,50±0,25 ^a _A	5,17±0,31 ^a _A	11,37±0,17 ^a _A
	NH	0,988±0,002 ^a _A	6,23±0,04 ^a _A	50,90±1,65 ^b _A	5,70±0,21 ^b _A	12,00±0,20 ^a _A
	UH	0,989±0,001 ^a _A	6,24±0,03 ^a _A	49,97±0,81 ^b _A	3,07±0,51 ^c _A	11,23±0,10 ^a _A
3	K	0,993±0,002 ^a _A	6,45±0,01 ^a _B	44,93±0,16 ^a _B	3,20±0,20 ^a _B	12,00±0,15 ^a _B
	NH	0,988±0,001 ^a _A	6,31±0,04 ^b _B	50,46±1,35 ^b _A	3,26±0,15 ^a _B	12,63±0,11 ^a _B
	UH	0,986±0,001 ^a _A	6,40±0,03 ^b _B	50,20±0,70 ^b _A	3,48±0,22 ^a _B	12,57±0,28 ^a _B
6	K	0,982±0,001 ^a _B	6,96±0,04 ^a _C	45,75±0,20 ^a _C	3,03±0,21 ^a _C	13,33±0,13 ^a _C
	NH	0,986±0,003 ^a _A	6,53±0,01 ^b _C	50,27±1,01 ^b _A	2,87±0,08 ^b _C	12,70±0,16 ^b _B
	UH	0,985±0,000 ^a _A	6,54±0,02 ^b _C	50,10±1,21 ^b _A	2,53±0,15 ^b _C	13,23±0,16 ^a _C
9	K	0,982±0,001 ^a _B	7,24±0,06 ^a _D	46,48±0,17 ^a _D	1,88±0,03 ^a _D	15,83±0,10 ^a _D
	NH	0,985±0,001 ^a _A	6,74±0,02 ^b _D	51,48±0,10 ^b _B	2,78±0,18 ^b _C	14,45±0,14 ^b _C
	UH	0,984±0,002 ^a _A	6,69±0,01 ^b _D	51,28±0,31 ^b _B	2,55±0,20 ^b _C	14,23±0,15 ^b _D
12	K	0,981±0,000 ^a _B	7,44±0,03 ^a _E	46,20±0,12 ^a _D	1,73±0,15 ^a _D	17,30±0,12 ^a _E
	NH	0,982±0,001 ^a _B	6,91±0,01 ^b _E	52,50±0,17 ^b _C	2,80±0,04 ^b _C	15,60±0,06 ^b _D
	UH	0,981±0,001 ^a _B	6,96±0,01 ^b _E	52,50±0,17 ^b _C	2,73±0,05 ^b _D	15,93±0,16 ^b _E
15	K	0,982±0,001 ^a _B	7,75±0,04 ^a _F	48,93±0,27 ^a _E	1,50±0,10 ^a _E	19,27±0,11 ^a _F
	NH	0,983±0,002 ^a _B	7,13±0,01 ^b _F	53,80±0,20 ^b _D	2,67±0,05 ^b _D	18,67±0,06 ^b _E
	UH	0,982±0,000 ^a _B	7,15±0,01 ^b _F	53,47±0,23 ^b _D	2,63±0,03 ^b _D	18,67±0,06 ^b _F

Aynı sütundaki farklı küçük harfler (a,b,c..) aynı gündeki gruplar arasındaki farkı belirtir ($p < 0,05$). Aynı sütundaki farklı büyük harfler (A,B,C,D,..) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir ($P < 0,05$). n: 3, K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidrolizat ile kaplanmış grup

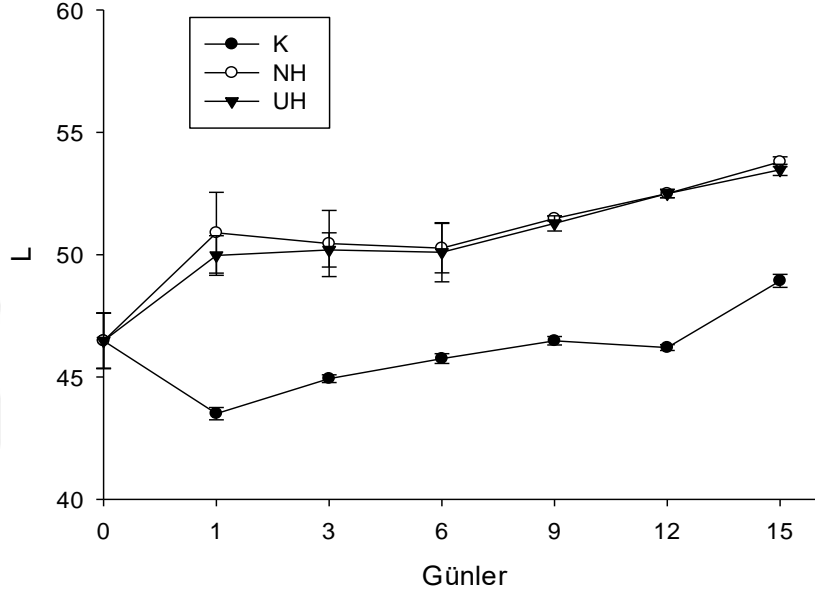
Kontrol, NH ve UH grubu palamut filetolarında depolama süresince meydana gelen pH değişimleri Tablo 10 ve Şekil 21’de verilmiştir. Taze palamut filetolarının başlangıç pH değeri $6,16 \pm 0,01$ olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın 1. gününde K grubunda pH değeri $6,20 \pm 0,03$ iken, NH grubunda $6,23 \pm 0,04$ ve UH grubunda ise $6,24 \pm 0,03$ olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki bu değerlerdeki farklılıklar istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Depolamanın 3. gününde her üç grupta da bu değerler artarak K grubunda $6,45 \pm 0,01$; NH grubunda $6,31 \pm 0,04$ ve UH grubunda $6,40 \pm 0,03$ ’e ulaşmıştır. Kaplanmış gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz iken K grubunun pH değerinde istatistiki açıdan kaplanmış gruplardan önemli derecede farklılık gösterdiği saptanmıştır ($P < 0,05$). Bundan sonraki günlerde de pH değerleri benzer bir eğilimle sürekli artış göstermiştir. Tüm günler arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir ($P < 0,05$).



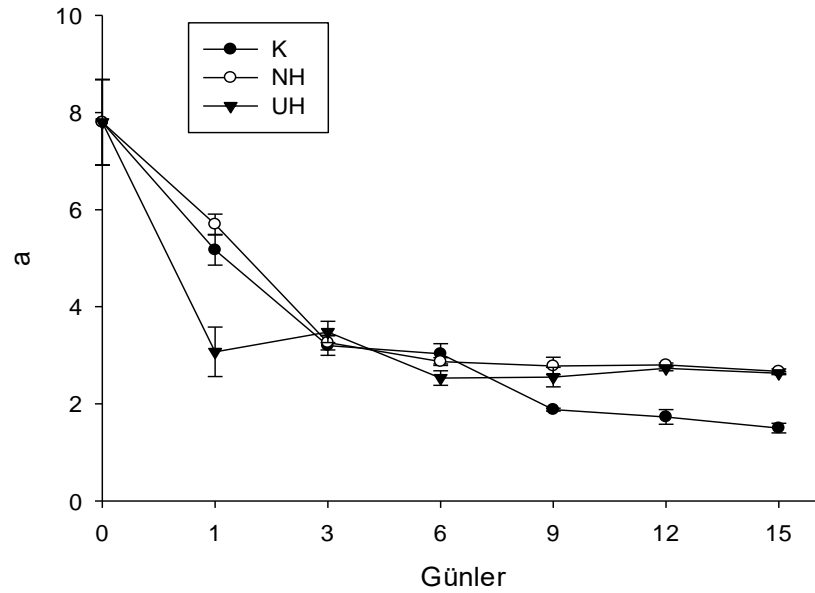
Şekil 21. Kaplanarak soğuk muhafaza koşullarında ($+4 \pm 1$ °C) depolanan palamut filetolarının pH değerlerindeki değişimler.

Kontrol, NH ve UH grubu palamut filetolarının $+4$ °C’de depolaması süresince belirlenen renk (L^* , a^* , b^*) değerlerindeki değişimler Tablo 10 ve Şekil 22, 23 ve 24’de sunulmuştur. Taze palamuta ait L^* , a^* , b^* değerleri sırasıyla $46,48 \pm 1,13$; $7,80 \pm 0,88$ ve $11,06 \pm 0,63$ olarak belirlenmiştir. Depolamanın 1. gününde K, NH ve UH gruplarına ait L^* değerleri sırasıyla $43,50 \pm 0,25$, $50,90 \pm 1,65$ ve $49,97 \pm 0,81$ olarak ölçülmüştür. Kaplanmış gruplar benzerlik gösterirken K grubundaki farklılık istatistiki olarak önemlidir ($P < 0,05$). Aynı gün tüm grupların a^* değerlerindeki farklılıklar istatistiki olarak

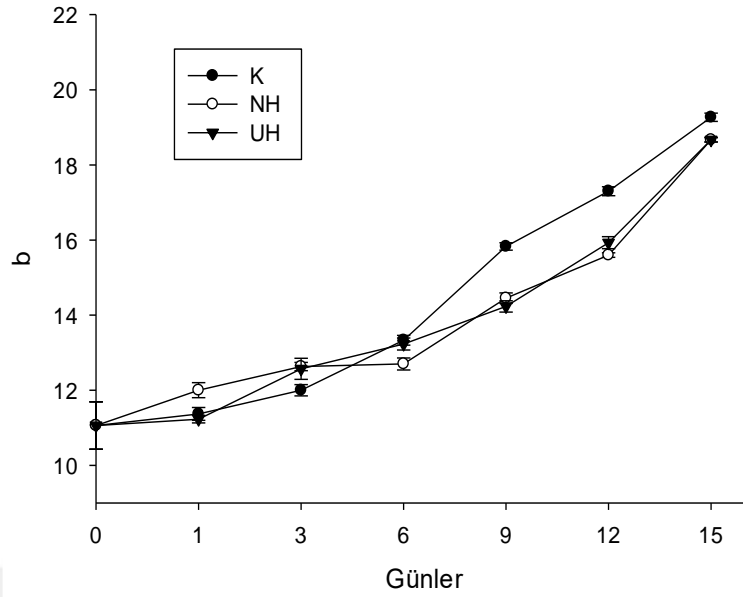
önemli iken ($P<0,05$); b^* değerleri arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur. Tüm depolama süresince aynı günlerde K grubunun L^* değerleri kaplamalı gruplardan istatistiki olarak farklılık göstermiş ($P<0,05$), kaplamalı gruplar arasındaki farklılıklar ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 22. Kaplanarak buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının L^* değerlerindeki değişimler.



Şekil 23. Kaplanarak buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının a^* değerlerindeki değişimler.



Şekil 24. Kaplanarak buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının b^* değerlerindeki değişimler.

Kontrol grubunun L^* değeri depolama süresince sürekli bir artış eğilimi göstermiştir; bu artış depolamanın 9. ve 12. günleri arasında istatistiki olarak önemsiz iken diğer günlerde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Kontrol grubuna ait L^* değeri aynı günlerde gruplar arasında kaplamalı gruplardan istatistiki olarak da farklılık göstermiştir ($P<0,05$). Kontrol grubunun a^* değerleri ise tüm depolama boyunca düşüş eğilimi göstermiştir; L^* değerleri ile benzer şekilde depolamanın 9. ve 12. günlerinde düşüşler arasındaki farklılıklar önemli bulunmazken diğer günlerde bu düşüş istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Kontrol grubunu b^* değerleri depolama süresince artış göstermiş ve bu artışta tüm günler arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). NH grubunun L^* değerleri sürekli artış eğilimindedir. Bu değer 9. güne kadar artış göstermekle birlikte günler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Dokuzuncu günden sonra ise 15. güne kadar devam eden artışlar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). NH grubuna ait a^* değerleri de K grubu a^* değerleri ile paralelik içerisinde düşüş eğiliminde olmuştur. Bu değerdeki düşüş 6. güne kadar istatistiki açıdan önemli olmuş ($P<0,05$) bundan sonra 6., 9. ve 12. günlerde önemsiz ve 15. günde tekrar önemli derecede düşüş meydana gelmiştir ($P<0,05$). NH grubuna ait b^* değerleri depolama süresince artış göstermiştir; bu artış 3. ve 6. günlerde istatistiki olarak önemsiz diğer günlerde ise istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$). UH grubuna ait L^* değerleri 9. güne kadar istatistiki olarak önemsiz artışlar göstermiştir. 9. günden itibaren ise bu artışlar

istatistiki olarak önemli olmuş ve 15. güne kadar devam etmiştir ($P<0,05$). Bu grubun a^* değerleri ise 3. güne kadar artmış, bu artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Altıncı ve 9. günlerde benzer bir artışla seyrettikten sonra 12. günde düşüşe geçmiş ve 15. günde de 12. günle benzer şekilde bir düşüş görülmüştür. UH grubunun b^* değerleri tüm aylar arasında istatistiki farklılıklarla sürekli bir artış göstermiştir ($P<0,05$).

3.3.1.2. TVB-N, TBA ve TMA Değerlerindeki Değişimler

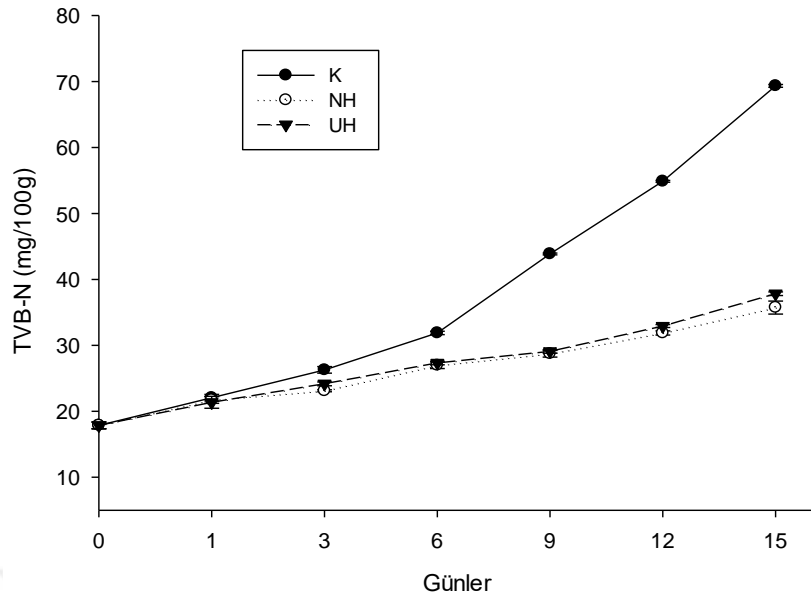
Kaplanarak $+4$ °C’de depolanan palamut filetolarının TVB-N, TBA ve TMA değerlerindeki değişimler Tablo 11’de verilmiştir.

Şekil 25’de kaplanarak ($+4\pm 1$ °C) depolanan palamut filetolarının TVB-N değerindeki değişimleri sunulmuştur. Taze palamut filetolarının TVB-N değeri $17,86\pm 0,50$ mg/100 g olarak belirlenmiştir. Bu değer depolamanın 1. gününden başlayarak çalışmanın son gününe kadar tüm gruplarda artış göstermiştir ($P<0,05$). Depolamanın 1. gününde tüm gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemsizken diğer günlerde K grubu, kaplamalı gruplardan önemli derecede farklılık göstermiştir ($P<0,05$). Kontrol grubuna ait TVB-N değeri Şekil 21’de de görüldüğü gibi depolamanın 6. gününden itibaren hızlı bir artış ile depolamanın 9. gününde tüketilebilir değerlerin üzerine çıkarak $43,87\pm 0,32$ mg/100 g’a ulaşmıştır. NH ve UH gruplarının TVB-N değerleri ise depolamanın 15. gününde sırasıyla $35,72\pm 0,28$ mg/100 g ve $37,82\pm 0,32$ mg/100 g olarak belirlenmiştir.

Tablo 11. Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TVB-N, TBA ve TMA parametrelerindeki değişimler.

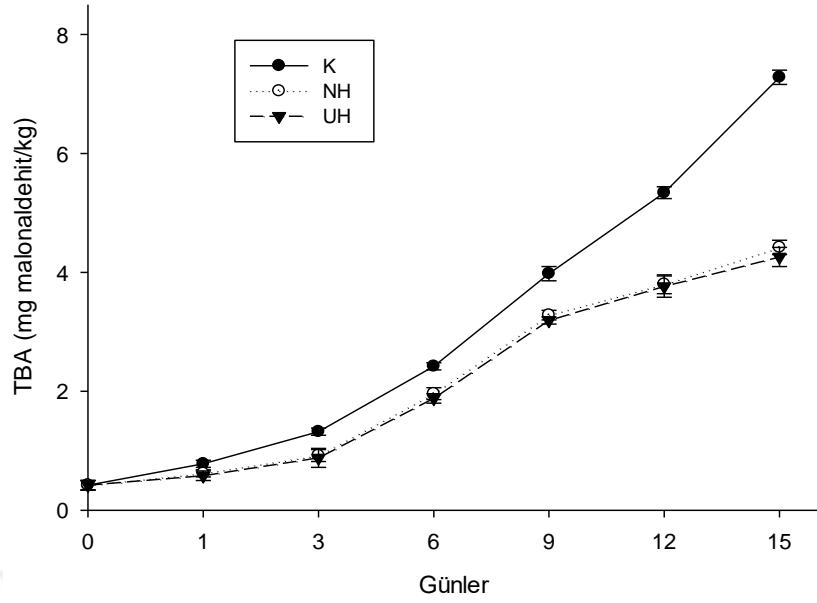
Günler	Örnek Cinsi	TVB-N (mg/100 g)	TBA (mg MA/kg)	TMA (mg/100 g)
0	Taze Palamut	17,86±0,50	0,42±0,08	0,62±0,06
1	K	22,06±0,50 ^a _A	0,78±0,06 ^a _A	0,84±0,08 ^a _A
	NH	21,71±0,39 ^a _A	0,62±0,06 ^b _A	0,70±0,06 ^b _A
	UH	21,36±0,50 ^a _A	0,58±0,08 ^b _A	0,69±0,04 ^b _A
3	K	26,27±0,15 ^a _B	1,32±0,06 ^a _B	1,18±0,07 ^a _B
	NH	23,11±0,29 ^b _B	0,92±0,10 ^b _B	0,82±0,04 ^b _B
	UH	24,16±0,25 ^b _B	0,88±0,16 ^b _B	0,84±0,06 ^b _B
6	K	31,87±0,50 ^a _C	2,42±0,06 ^a _C	1,42±0,10 ^a _C
	NH	26,97±0,27 ^b _C	1,96±0,10 ^b _C	1,02±0,04 ^b _C
	UH	27,32±0,14 ^b _C	1,88±0,08 ^b _C	0,98±0,08 ^b _C
9	K	43,87±0,32 ^a _D	3,98±0,12 ^a _D	2,08±0,08 ^a _D
	NH	28,72±0,22 ^b _D	3,28±0,08 ^b _D	1,38±0,04 ^b _D
	UH	29,07±0,18 ^b _D	3,19±0,06 ^b _D	1,39±0,06 ^b _D
12	K	54,88±0,50 ^a _E	5,34±0,10 ^a _E	2,38±0,10 ^a _E
	NH	31,87±0,19 ^b _E	3,80±0,16 ^b _E	1,92±0,06 ^b _E
	UH	32,92±0,22 ^b _E	3,76±0,18 ^b _E	1,80±0,08 ^b _E
15	K	69,34±0,99 ^a _F	7,28±0,12 ^a _F	2,72±0,12 ^a _F
	NH	35,72±0,28 ^b _F	4,42±0,12 ^b _F	2,22±0,08 ^b _F
	UH	37,82±0,32 ^b _F	4,26±0,16 ^b _F	2,20±0,06 ^b _F

Aynı sütundaki farklı küçük harfler (a,b,c) aynı gündeki gruplar arasındaki farkı belirtir (P<0,05). Aynı sütundaki farklı büyük harfler (A,B,C,D) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir (P<0,05). K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidrolizat ile kaplanmış grup n: 3



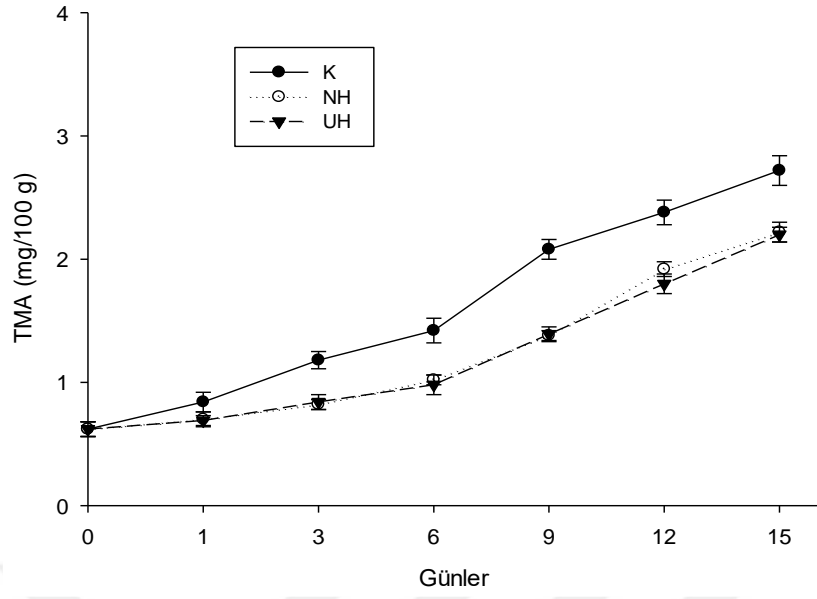
Şekil 25. Kaplanarak buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının TVB-N değerlerindeki değişimler.

Taze palamut filetoalarına ait TBA değeri $0,42\pm 0,08$ mg malonaldehit/kg olarak tespit edilmiştir. Tüm grupların TBA değerlerinde depolama süresince istatistiki olarak önemli artışlar meydana gelmiştir ($P<0,05$). Depolamanın 1. gününden itibaren aynı günlerde K grubu kaplamalı gruplardan istatistiki olarak daha yüksek değerler almıştır ($P<0,05$). K grubuna ait TBA değeri depolamanın 1. gününde $0,78\pm 0,06$ mg malonaldehit/kg iken 12. günde $5,34\pm 0,10$ mg malonaldehit/kg ve 15. günde $7,28\pm 0,12$ mg malonaldehit/kg ile tüketilebilir sınırların içerisinde kalmıştır. Kaplamalı gruplarda ise bu değer 15. günde NH ve UH grupları için sırasıyla $4,42\pm 0,12$ mg malonaldehit/kg ve $4,26\pm 0,16$ mg malonaldehit/kg olup bu değerler açısından değerlendirildiğinde bu durum ürünlerin tüketilebilirlik açısından K grubuna göre çok daha iyi durumda olduklarına işaret etmektedir. Kaplanarak $+4$ °C’de depolanan palamut filetoalarına ait TBA değerlerindeki değişimler Şekil 26’da sunulmuştur.



Şekil 26. Kaplanarak buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının TBA değerlerindeki değişimler.

Taze palamut filetoalarına ait TMA değeri $0,62\pm 0,06$ mg/100 g olarak belirlenmiştir. Onbeş günlük depolama süresince tüm grupların TMA değerlerinde günler arasında önemli artışlar meydana gelmiştir ($P<0,05$). Aynı günlerde ise kaplamalı grupların TMA değerlerinde benzerlik görülürken K grubu değerleri kaplamalı gruplardan istatistiki açıdan önemli derecede fazla artış göstermiştir ($P<0,05$). Depolama süresince tüm grupların TMA değerleri tüketilebilirlik sınırları içerisinde kalmıştır. Buna göre depolamanın 15. gününde K, NH ve UH için TMA değerleri sırasıyla $2,72\pm 0,12$ mg/100 g, $2,22\pm 0,08$ mg/100 g ve $2,20\pm 0,06$ mg/100 g olarak kaydedilmiştir. Şekil 27’de kaplanarak $+4$ °C’de depolanan palamut filetoalarına ait TMA değerlerindeki değişimler sunulmuştur.



Şekil 27. Kaplanarak buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TMA değerlerindeki değişimler.

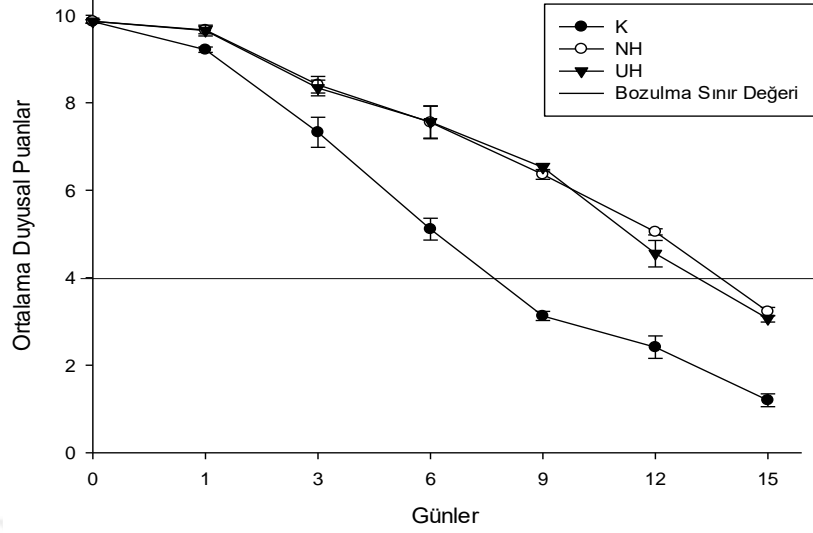
3.3.1.3. Duyusal Kriterlere Ait Değişimler

Kaplanarak buzdolabı koşullarında ($+4$ °C) depolanan palamut filetolarında 1., 3., 6. 12. ve 15. günlerde yapılan duyu analiz panellerinde elde edilen sonuçlar Tablo 12 ve Şekil 28'de verilmiştir. Örneklerde görünüş, doku, koku ve parlaklık kriterlerine göre değerlendirmeler yapılmış ve buna göre elde edilen değerlerin ortalamaları hesaplanmıştır.

Tablo 12. Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının duysal parametrelerinin puansal değişimleri.

Günler	Örnek Cinsi	Görünüş	Doku	Koku	Parlaklık	Ortalama
0	Taze Palamut	9,87±0,24	9,80±0,18	9,90±0,27	9,85±0,13	9,86±0,04
1	K	9,15±0,24 ^a _A	9,20±0,22 ^a _A	9,30±0,14 ^a _A	9,20±0,07 ^a _A	9,21±0,06 ^a _A
	NH	9,70±0,14 ^b _A	9,55±0,21 ^b _A	9,65±0,07 ^a _A	9,75±0,21 ^b _A	9,66±0,09 ^b _A
	UH	9,65±0,21 ^b _A	9,65±0,07 ^b _A	9,50±0,14 ^a _A	9,80±0,14 ^b _A	9,65±0,12 ^b _A
3	K	7,80±0,12 ^a _B	7,10±0,57 ^a _B	7,35±0,15 ^a	7,05±0,18 ^a _B	7,33±0,34 ^a _B
	NH	8,60±0,20 ^b _B	8,25±0,28 ^b _B	8,55±0,17 ^b _B	8,25±0,20 ^b _B	8,41±0,19 ^b _B
	UH	8,30±0,25 ^b _B	8,25±0,18 ^b _B	8,60±0,10 ^b _B	8,20±0,20 ^b _B	8,34±0,18 ^b _B
6	K	5,15±0,35 ^a _C	5,25±0,07 ^a _C	5,30±0,14 ^a _C	4,75±0,78 ^a _C	5,11±0,25 ^a _C
	NH	7,50±0,20 ^b _C	8,05±0,24 ^b _C	7,50±0,20 ^b _C	7,15±0,12 ^b _C	7,55±0,37 ^b _C
	UH	7,60±0,15 ^b _C	8,00±0,12 ^b _C	7,55±0,17 ^b _C	7,10±0,15 ^b _C	7,56±0,37 ^b _C
9	K	3,00±0,14 ^a _D	3,10±0,20 ^a _D	3,25±0,35 ^a _D	3,15±0,21 ^a _D	3,13±0,10 ^a _D
	NH	6,45±0,07 ^b _D	6,20±0,10 ^b _D	6,40±0,14 ^b _D	6,40±0,17 ^b _D	6,36±0,11 ^b _D
	UH	6,50±0,14 ^b _D	6,50±0,14 ^b _D	6,45±0,07 ^b _D	6,65±0,07 ^b _D	6,53±0,09 ^b _D
12	K	2,05±0,07 ^a _E	2,50±0,30 ^a _E	2,45±0,07 ^a _E	2,65±0,21 ^a _E	2,41±0,26 ^a _E
	NH	5,05±0,07 ^b _E	5,00±0,00 ^b _E	5,15±0,07 ^b _E	5,00±0,18 ^b _E	5,05±0,07 ^b _E
	UH	4,65±0,07 ^c _E	4,55±0,07 ^c _E	4,20±0,14 ^c _E	4,40±0,14 ^c _E	4,45±0,20 ^c _E
15	K	1,35±0,20 ^a _F	1,10±0,20 ^a _F	1,30±0,10 ^a _F	1,05±0,17 ^a _F	1,20±0,15 ^a _F
	NH	3,20±0,07 ^b _F	3,10±0,10 ^b _F	3,30±0,07 ^b _F	3,30±0,12 ^b _F	3,23±0,10 ^b _F
	UH	3,00±0,18 ^b _F	3,10±0,18 ^b _F	3,00±0,14 ^b _F	3,15±0,19 ^b _F	3,06±0,08 ^b _F

Aynı sütundaki farklı küçük harfler (a,b,c..) aynı gündeki gruplar arasındaki farklı belirtir (P<0,05). Aynı sütundaki farklı büyük harfler (A,B,C,D,..) farklı günde aynı grup içindeki farklı belirtir (P<0,05). K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat ile kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidrolizat ile kaplanmış grup



Şekil 28. Kaplanarak buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının ortalama duyuşsal puanlarının değişimi.

Yapılan panelist değerlendirmelerine göre ilk 6 gün tüm gruplar kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür. Depolamanın 9. gününde kontrol grubu filetoalarının renklerinde kararmalar gözlenmiş; karın bölgelerinde yeşillenmeler meydana gelmiştir. NH grubu filetoaların renkleri açık ve normal parlaklıkta iken UH grubu filetoaların renkleri normal ve parlak görünümlerini korumuştur. Grupların dokularını incelendiğinde kontrol grubuna ait filetoaların dokularında sulanma gözlenmiş ve bozulmanın başladığı görülmüştür. NH grubu filetoalarda dokuda hafif sulanma görülmüştür. UH grubu filetoaların dokularında da hafif sulanma gözlenirken dokuların daha sıkı olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubu filetoalarının kokusunda da belirli bir bozulma hissedilirken kaplanmış grupların kokuları normal bulunmuştur. Kontrol grubu duyuşsal parametrelerin tümünde kabul edilebilirlik sınır olan 4,00 puanın altına düşerek ortalama değeri $3,13\pm 0,10$ olarak hesaplanmıştır. Aynı gün kaplanmış gruplardan NH ortalama $6,36\pm 0,11$ ve UH $6,53\pm 0,09$ olup bu gruplar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Kaplamalı grupların her ikisinde de depolamanın 15. gününde filetoaların görünüşlerinde bozulma ve parlaklıklarında azalma meydana gelmiştir. UH grubu filetoaların üzerinde mikrobiyal oluşumlar gözlenmiştir. Dokularda yumuşama, kokuda hissedilir bozulmalar meydana gelmiştir. Aynı gün NH grubunun duyuşsal puanların ortalaması $3,23\pm 0,10$ ve UH grubunda ise duyuşsal puanların ortalaması $3,06\pm 0,08$ olarak verilmiştir. Bu gruplar arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir. Buna göre NH ve UH gruplarının $+4\pm 1$ °C’de raf ömrü duyuşsal olarak 12 gün olarak

tespit edilmiştir. On ikinci günde NH ve UH gruplarının duyuşal parametreleri arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0,05$). Depolama süresince aynı günlerde NH ve UH gruplarının tüm duyuşal parametreleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan benzer bulunurken (12. gün hariç), kontrol grubu ile farklılıkları önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Tüm grupların duyuşal parametrelerindeki değişimleri günler arasında istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($P<0,05$).

3.3.1.4. Mikrobiyolojik Değişimlere Ait Bulgular

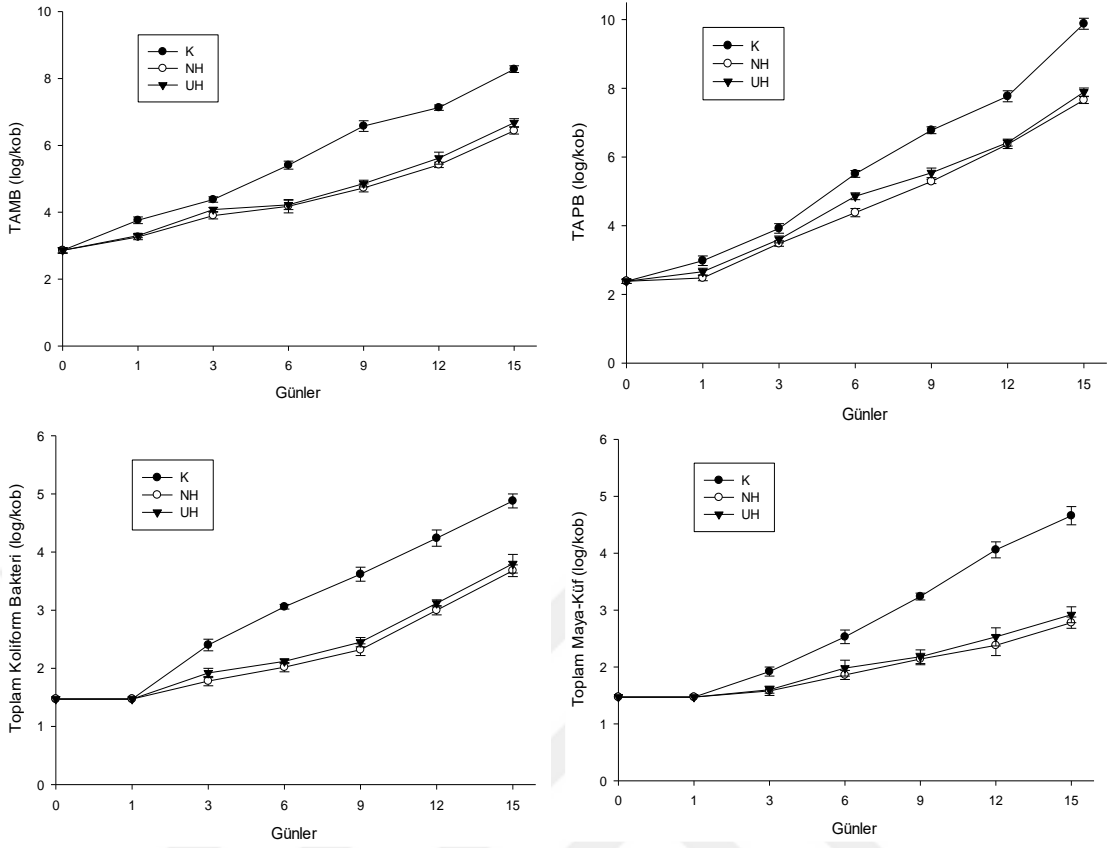
Tablo 13 ve Şekil 29’da protein hidrolizatları ile kaplandıktan sonra +4 °C’de depolanmış palamut filetolarının toplam aerobik bakteri, koliform bakteri, maya ve küf sayılarındaki değişimleri sunulmuştur. Taze palamuta ait örneklerde TAMB ve TAPB yükleri sırasıyla $2,86\pm 0,08$ log kob/g ve $2,38\pm 0,06$ log kob/g olarak belirlenmiştir. Aynı örneklerin toplam koliform bakteri yükleri ile toplam maya küf yükleri de 1,47’ log kob/g’den düşük çıkmıştır. Depolamanın ilk gününden itibaren tüm gruplarda TAMB ve TAPB değerlerinde istatistiki olarak önemli artışlar olmaya başlamıştır ($P<0,05$). K grubuna ait toplam aerobik bakteri yükleri NH ve UH gruplarına ait değerlerden istatistiki açıdan yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Depolamanın 12. gününde K grubuna ait TAMB yükü kabul edilebilir üst limiti 7 log kob/g değerini aşarak $7,13\pm 0,08$ log kob/g’a ulaşmıştır. NH ve UH gruplarında ise TAMB yükleri depolamanın 15. gününde sırasıyla $6,44\pm 0,10$ log kob/g ve $6,68\pm 0,12$ log kob/g olarak belirlenmiştir. Bu iki deney grubunun TAMB yüklerinde depolamaya bağlı olarak istatistiki açıdan önemli artışlar olmasına rağmen ($P<0,05$) depolama süresince aynı günlerde birbirleri arasındaki değerlerde istatistiki açıdan önem farklılıklara rastlanmamıştır. TAPB sayıları TAMB sayılarından daha düşük olmakla birlikte tüm gruplarda depolama süresince istatistiki olarak önemli artışlar gözlenmiştir ($P<0,05$). K grubundaki artış kaplamalı gruplardan daha hızlı ve istatistiki olarak farklı olmuştur ($P<0,05$). Bu grup için depolamanın ilk gününde $2,98\pm 0,14$ log kob/g olan TAPB yükü, 9. günde $6,78\pm 0,10$ log kob/g değeri ile izin verilen limite yaklaşmıştır. NH ve UH gruplarının TAPB yükleri ise depolamanın 12. gününde sırasıyla $6,37\pm 0,12$ log kob/g ve $6,42\pm 0,10$ log kob/g olarak belirlenmiştir. Tüm depolama süresince aynı günlerde NH ve UH grupları arasındaki farklılıklar ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Depolamanın tüm günleri istatistiki olarak birbirinden farklılık göstermiştir ($P<0,05$). Toplam koliform bakteri sayıları depolamanın 3.

gününden itibaren istatistiki açıdan artış göstermeye başlamış olup ($P<0,05$) K, NH ve UH grupları için sırasıyla $2,40\pm 0,10$ log kob/g, $1,78\pm 0,08$ log kob/g ve $1,92\pm 0,08$ log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 15. gününde ise sırasıyla $4,88\pm 0,12$ log kob/g, $3,68\pm 0,10$ log kob/g ve $3,80\pm 0,16$ log kob/g olarak kaydedilmiştir. Depolama süresince aynı günlerde K grubuna ait toplam koliform bakteri yükü NH ve UH gruplarından istatistiki olarak farklı çıkmıştır ($P<0,05$). Farklı günlere ait değerlerdeki farklılıkların da istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Toplam maya ve küf sayıları ise depolamanın 3. gününde K, NH ve UH grupları için sırasıyla $1,92\pm 0,08$ log kob/g, $1,58\pm 0,08$ log kob/g ve $1,60\pm 0,06$ log kob/g olarak belirlenmiştir. On beşinci günde ise sırasıyla $4,66\pm 0,16$ log kob/g, $2,78\pm 0,10$ log kob/g ve $2,92\pm 0,14$ log kob/g olarak tespit edilmiştir.

Tablo 13. Kaplanarak buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının mikrobiyal parametrelerindeki değişimler.

Gün	Örnek Cinsi	Toplam Aerobik Bakteri (log kob/g)			
		Mezofil	Psikrofil	Koliform Bakteri	Maya ve Küf
0	Taze Palamut	2,86±0,08	2,38±0,06	<1,47	<1,47
1	K	3,76±0,10 ^a _A	2,98±0,14 ^a _A	<1,47	<1,47
	NH	3,26±0,08 ^b _A	2,48±0,08 ^b _A	<1,47	<1,47
	UH	3,30±0,06 ^b _A	2,66±0,10 ^b _A	<1,47	<1,47
3	K	4,38±0,08 ^a _B	3,92±0,14 ^a _B	2,40±0,10 ^a _A	1,92±0,08 ^a _A
	NH	3,90±0,10 ^b _B	3,48±0,08 ^b _B	1,78±0,08 ^b _A	1,58±0,08 ^b _A
	UH	4,08±0,06 ^b _B	3,60±0,10 ^c _B	1,92±0,08 ^b _A	1,60±0,06 ^b _A
6	K	5,41±0,12 ^a _C	5,51±0,10 ^a _C	3,06±0,04 ^a _B	2,53±0,12 ^a _B
	NH	4,18±0,20 ^b _C	4,38±0,12 ^b _C	2,02±0,08 ^b _B	1,86±0,08 ^b _B
	UH	4,22±0,14 ^b _C	4,86±0,10 ^c _C	2,12±0,04 ^b _B	1,98±0,14 ^b _B
9	K	6,58±0,16 ^a _D	6,78±0,10 ^a _D	3,62±0,12 ^a _C	3,24±0,06 ^a _C
	NH	4,73±0,12 ^b _D	5,29±0,06 ^b _D	2,32±0,10 ^b _C	2,14±0,10 ^b _C
	UH	4,86±0,10 ^b _D	5,54±0,14 ^c _D	2,45±0,08 ^b _C	2,18±0,12 ^b _C
12	K	7,13±0,08 ^a _E	7,77±0,16 ^a _E	4,24±0,14 ^a _D	4,06±0,14 ^a _D
	NH	5,42±0,08 ^b _E	6,37±0,12 ^b _E	3,00±0,08 ^b _D	2,38±0,18 ^b _D
	UH	5,62±0,18 ^b _E	6,42±0,10 ^b _E	3,12±0,06 ^b _D	2,53±0,16 ^b _D
15	K	8,28±0,10 ^a _F	9,88±0,16 ^a _F	4,88±0,12 ^a _E	4,66±0,16 ^a _E
	NH	6,44±0,10 ^b _F	7,66±0,10 ^b _F	3,68±0,10 ^b _E	2,78±0,10 ^b _E
	UH	6,68±0,12 ^b _F	7,89±0,12 ^b _F	3,80±0,16 ^b _E	2,92±0,14 ^b _E

Aynı sütundaki farklı küçük harfler (a,b,c,,) aynı gündeki gruplar arasındaki farkı belirtir (P<0,05), Aynı sütundaki farklı büyük harfler (A,B,C,D,E) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir (P<0,05), K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat ile kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidrolizat ile kaplanmış grup



Şekil 29. Kaplanarak buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TAMB, TAPB, toplam koliform bakteri ve toplam maya küf parametrelerindeki değişimler.

3.3.2. GH ve UH ile Kaplanmış ve Donmuş (-18 ± 1 °C) Muhafaza Koşullarında Depolanmış Palamut Filetolarında Yapılan Analiz Bulguları

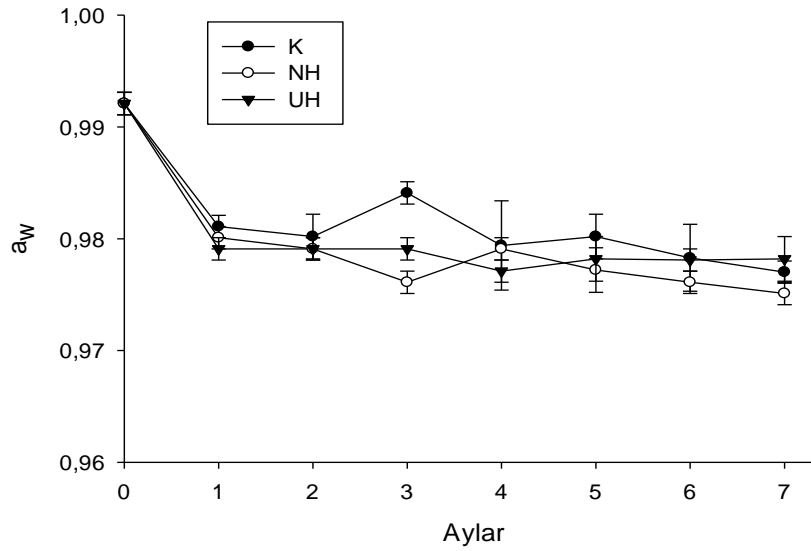
3.3.2.1. a_w , pH ve Renk (L^* , a^* ve b^*) Değerlerindeki Değişimler

Kontrol, NH ve UH gruplarında -18 °C’de depolama süresince meydana gelen a_w , pH ve renk (L^* , a^* ve b^*) değişimleri Tablo 14’de verilmiştir. Taze palamut filetolarının a_w değeri $0,992\pm 0,001$ iken depolamanın ilk günü K, NH ve UH gruplarında sırasıyla $0,981\pm 0,001$; $0,980\pm 0,001$ ve $0,979\pm 0,001$ olarak belirlenmiştir (Şekil 30). Tüm depolama boyunca bu değerler istatistiki olarak incelendiğinde çalışmanın 3. günü hariç tüm gruplarda ve günlerdeki farklılıklar önemli değildir.

Tablo 14. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a_w , pH ve renk (L^* , a^* , b^*) değerlerindeki değişimleri.

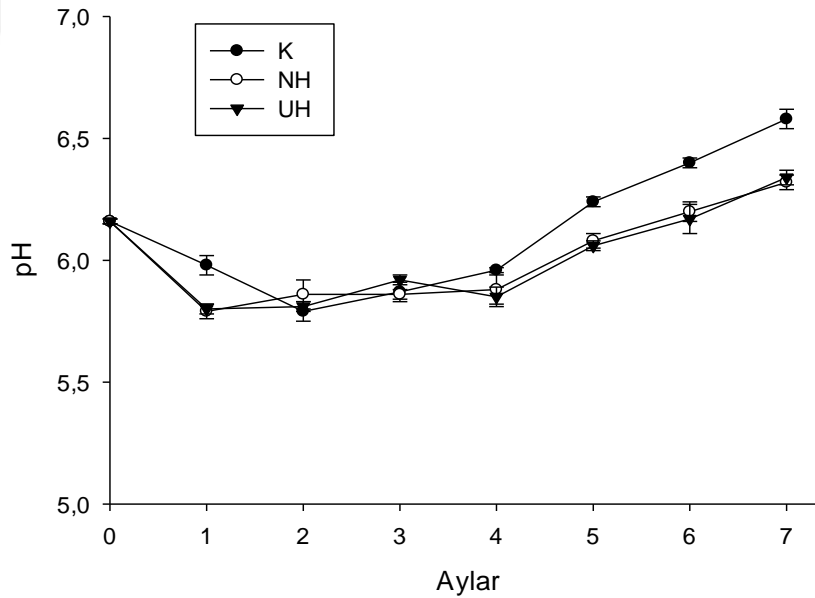
Aylar	Örnek Cinsi		pH	L^*	a^*	b^*
0	Taze Palamut	92±0,001	6,16±0,01	46,48±1,13	7,80±0,88	11,06±0,63
1	K	81±0,001 ^a _A	5,98±0,04 ^a _A	51,42±0,24 ^a _A	4,94±0,05 ^a _A	12,00±0,08 ^a _A
	NH	80±0,001 ^a _A	5,79±0,03 ^b _A	51,90±0,47 ^a _A	4,85±0,06 ^a _A	12,90±0,08 ^b _A
	UH	79±0,001 ^a _A	5,80±0,02 ^b _A	52,13±0,13 ^a _A	4,75±0,17 ^a _A	12,78±0,13 ^b _A
2	K	80±0,002 ^a _A	5,79±0,04 ^a _B	52,32±0,33 ^a _B	5,25±0,05 ^a _B	15,70±0,09 ^a _B
	NH	79±0,001 ^a _A	5,86±0,06 ^a _A	53,60±0,18 ^b _B	5,25±0,17 ^a _B	15,93±0,09 ^b _B
	UH	79±0,001 ^a _A	5,81±0,02 ^a _A	53,08±0,21 ^b _B	5,48±0,10 ^b _B	16,13±0,05 ^b _B
3	K	84±0,001 ^a _A	5,87±0,04 ^a _A	52,58±0,38 ^a _B	5,45±0,27 ^a _B	15,53±0,11 ^a _B
	NH	76±0,001 ^b _A	5,86±0,02 ^a _A	52,25±0,60 ^a _A	5,60±0,19 ^a _C	15,85±0,17 ^b _B
	UH	79±0,002 ^b _A	5,92±0,02 ^a _B	52,60±0,42 ^a _A	5,73±0,08 ^b _C	15,55±0,17 ^b _B
4	K	79±0,004 ^a _A	5,96±0,01 ^a _A	52,30±0,28 ^a _B	5,78±0,19 ^a _C	16,90±0,14 ^a _C
	NH	79±0,001 ^a _A	5,88±0,06 ^a _A	51,98±0,37 ^a _A	5,50±0,33 ^b _C	16,53±0,12 ^a _C
	UH	77±0,001 ^a _A	5,86±0,04 ^a _A	52,05±0,57 ^a _A	5,28±0,24 ^c _B	16,88±0,10 ^a _C
5	K	80±0,002 ^a _A	6,24±0,02 ^a _C	51,70±0,78 ^a _A	6,00±0,12 ^a _D	16,60±0,19 ^a _C
	NH	77±0,002 ^a _A	6,08±0,03 ^b _B	52,60±0,32 ^a _A	5,75±0,17 ^b _C	16,20±0,16 ^b _C
	UH	78±0,002 ^a _A	6,06±0,02 ^b _C	53,10±0,51 ^a _B	5,48±0,25 ^c _B	16,13±0,10 ^b _C
6	K	78±0,003 ^a _A	6,40±0,02 ^a _D	54,56±0,27 ^a _C	6,23±0,06 ^a _E	17,06±0,14 ^a _D
	NH	76±0,001 ^a _A	6,20±0,04 ^b _C	53,74±0,23 ^a _B	6,03±0,14 ^b _D	17,03±0,18 ^a _D
	UH	78±0,001 ^a _A	6,17±0,06 ^b _D	54,83±1,26 ^a _C	6,10±0,45 ^b _D	17,13±0,09 ^a _D
7	K	77±0,001 ^a _A	6,58±0,04 ^a _E	52,20±0,80 ^a _B	6,86±0,42 ^a _F	17,86±0,07 ^a _E
	NH	75±0,001 ^a _A	6,32±0,03 ^b _D	53,48±0,14 ^a _B	6,20±0,19 ^b _D	17,46±0,06 ^b _E
	UH	78±0,002 ^a _A	6,34±0,03 ^b _E	54,77±0,23 ^b _C	6,34±0,13 ^b _D	17,50±0,08 ^b _E

Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,..) aynı gündeki gruplar arasındaki farkı belirtir ($p < 0,05$). Aynı sütündeki farklı büyük harfler (A,B,C,D,..) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir ($P < 0,05$). K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat ile kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidrolizat ile kaplanmış grup



Şekil 30. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ± 1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a_w değerlerindeki değişimler.

Donmuş muhafaza koşullarında depolanan palamut filetolarının pH değerleri Şekil 31’de görüldüğü gibi inişli ve çıkışlı bir seyir izlemiştir.

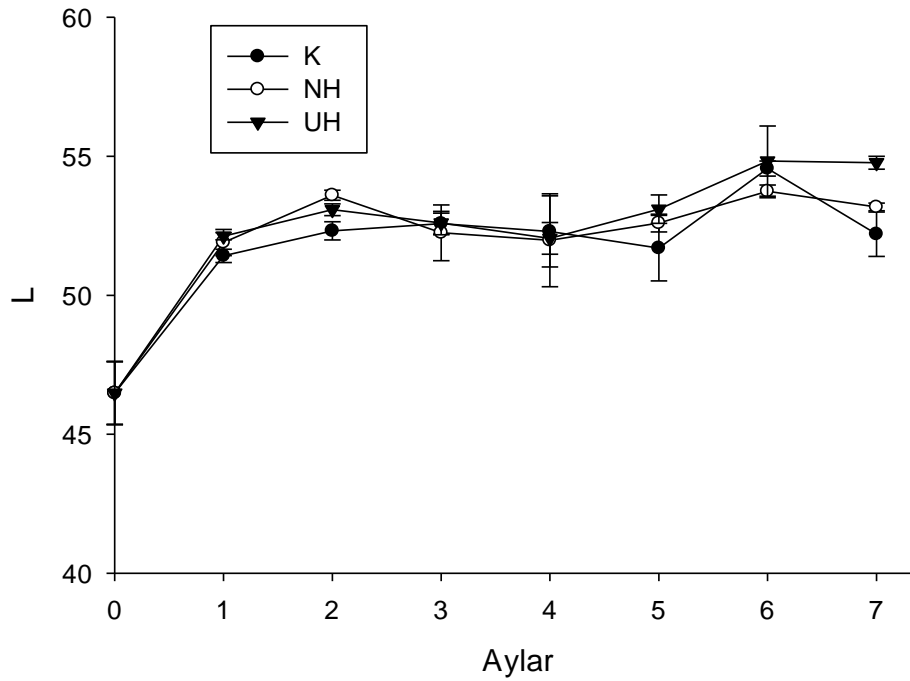


Şekil 31. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ± 1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının pH değerlerindeki değişimler.

Kontrol grubu 2. gün önemli bir düşüş gösterdikten sonra sürekli bir artışla depolamanın son ayı olan 7. ayda $6,58\pm 0,04$ ’e ulaşmıştır. Bu grup için 2. 3. ve 4. aylarda NH ve UH gruplarında benzer değerler elde edilmiştir. Kontrol grubu pH değerleri

depolama süresince 1., 3. ve 4. aylar hariç istatistiki açıdan önemli değişimler göstermiştir ($P<0,05$). NH grubunun pH değerleri 2. ay önemli bir artış ($P<0,05$) gösterdikten sonra pH değerlerinde 5. ay hariç önemli bir artış gözlenmemiştir. Depolama sonunda pH değeri $6,32\pm 0,03$ olarak tespit edilmiştir. UH grubunun pH değerlerinde ise ilk 2 aydan sonra istatistiki açıdan önemli iniş ve çıkışlara rastlanmıştır ($P<0,05$). Depolamanın sonunda UH grubuna ait pH değeri $6,34\pm 0,03$ olarak ölçülmüştür.

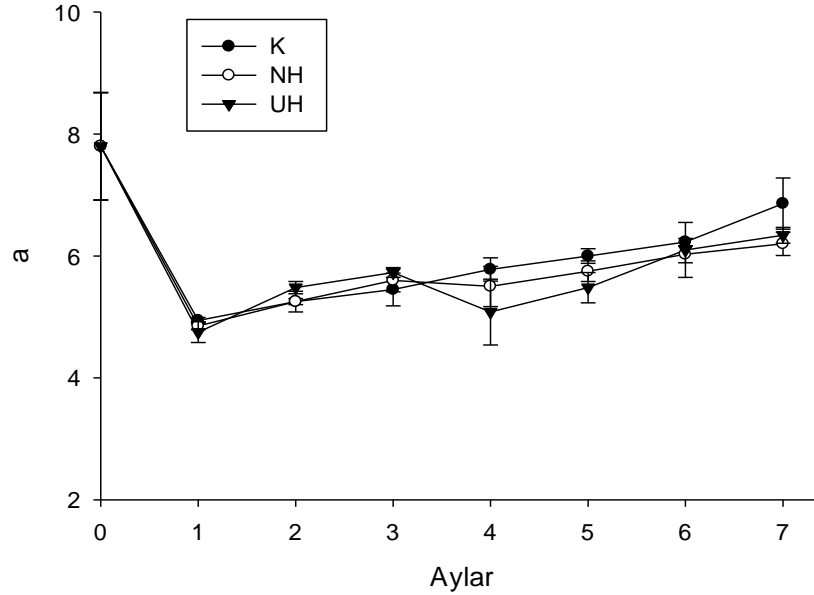
Dondurularak depolanan palamutların renk değişimleri Tablo 14 ile Şekil 32 (L^* değeri), Şekil 33 (a) ve Şekil 34 (b)'de sunulmuştur.



Şekil 32. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ± 1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının L^* değerlerindeki değişimler.

Taze palamut filetolarının renk parametrelerinden L^* değeri $46,48\pm 1,13$ iken depolamanın 1. gününde tüm gruplar için istatistiki olarak önemli bir artış olup K, NH ve UH grupları için sırasıyla $51,42\pm 0,24$; $51,90\pm 0,47$ ve $52,13\pm 0,13$ olarak ölçülmüştür. Değerler arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır ($P>0,05$). İkinci aydan itibaren K grubunda 5. ve 6. aylar hariç istatistiki açıdan önemli bir değişim gözlenmezken diğer gruplardan UH için benzerlik 5. aya kadar, NH için 6. aya kadar devam etmiştir. Tüm grupların L^* değerleri 2. ve 7. aylar hariç kendi aralarında istatistiki olarak benzerlik göstermiştir. Tüm grupların L^* değeri 6. ayda maksimuma ulaşmış ve K, NH ve UH

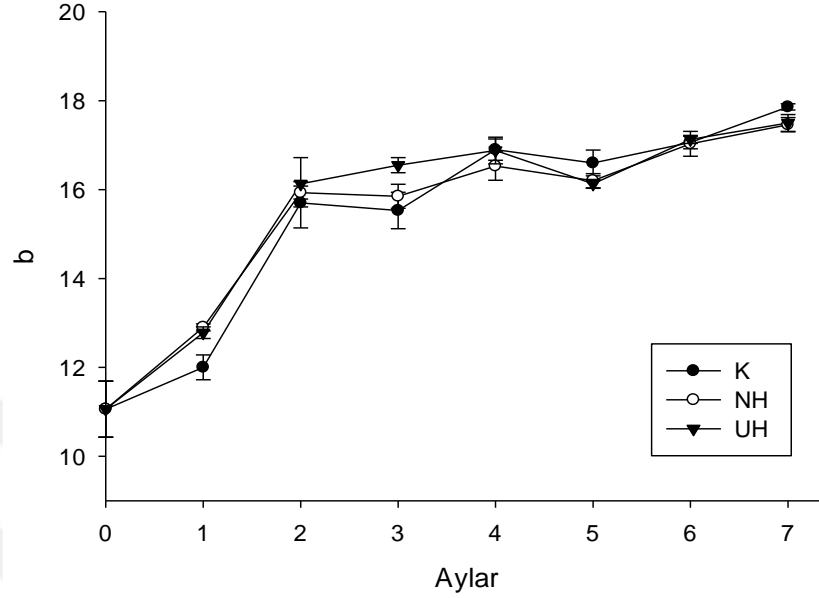
grupları için sırasıyla $54,56 \pm 0,27$; $53,74 \pm 0,23$ ve $54,83 \pm 1,26$ olarak belirlenmiştir. Taze palamut filetolarının a^* değeri $7,80 \pm 0,88$ iken 1. ay K, NH ve UH grupları için sırasıyla $4,94 \pm 0,05$; $4,85 \pm 0,06$ ve $4,75 \pm 0,17$ 'ye düşmüştür. Bu aydan itibaren K grubu değerleri sürekli artış göstermiş olup 2. ve 3. aylar hariç istatistiki açıdan farklılık göstermiştir ($P < 0,05$). NH grubunda 1. aydan başlayarak 5. aya kadar istatistiki olarak artış ve sonrasında düşüşe rastlanmıştır ($P < 0,05$). Ancak bu farklılık 4, 6. ve 7. aylarda istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. UH grubu a^* değerleri NH grubu ile benzer bir artış azalış eğilimi göstermiştir. En yüksek a^* değerine tüm gruplarda depolamanın sonunda rastlanmış olup bu değerler K, NH ve UH grupları için sırasıyla $6,86 \pm 0,42$, $6,20 \pm 0,19$ ve $6,34 \pm 0,13$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 33. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ± 1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a^* değerlerinin puansal değişimleri.

Taze palamut filetolarının b^* değeri $11,06 \pm 0,63$ olarak belirlenmiştir. Bu değer 1. ayda tüm gruplarda artış göstermiş olup K, NH ve UH grupları için sırasıyla $12,00 \pm 0,08$; $12,90 \pm 0,08$ ve $12,78 \pm 0,13$ olarak ölçülmüştür. Birinci, 2., 3., 5. ve 7. aylarda K grubu b^* değerindeki değişimler kaplamalı gruplara ait değerlerden 4. ve 6. aylar hariç istatistiki olarak farklılık göstermiştir ($P < 0,05$). Tüm gruplarda depolamanın 2. ve 3. ayları ile 4. ve 5. aylarına ait değerler kendi aralarında istatistiki benzerlik göstermiştir. Tüm grupların b^* değerlerinde depolamanın ilk 2 ayında istatistiki açıdan hızlı bir artış gözlemlendikten sonra değerler inişli ve çıkışlı bir şekilde artmaya devam ederek depolamanın sonunda

maksimum değerlerine ulaşmıştır. Depolamanın sonunda b* değerleri K, NH ve UH grupları için sırasıyla $17,86 \pm 0,07$; $17,46 \pm 0,06$ ve $17,50 \pm 0,08$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 34. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ± 1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının b* değerlerindeki değişimler.

3.3.2.2. TVB-N, TBA ve TMA Değerlerindeki Değişimler

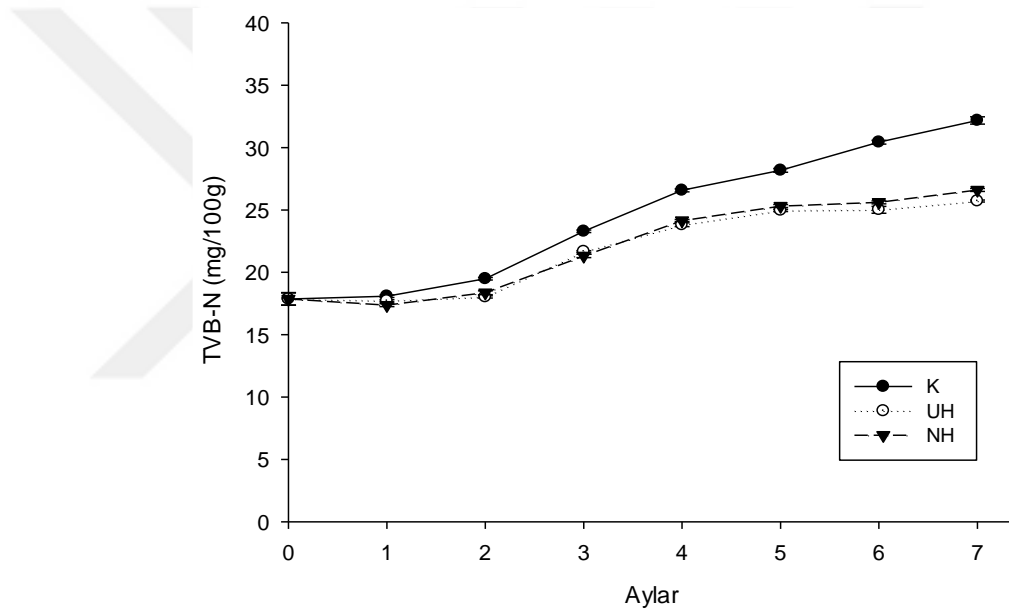
Kaplanarak -18 °C'de depolanan palamut filetolarının TVB-N, TBA ve TMA değerlerindeki değişimler Tablo 15'da verilmiştir. Ayrıca Şekil 35'de bu filetoların TVB-N değerlerindeki değişimler sunulmuştur.

Tablo 15. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının TVB-N, TBA ve TMA parametrelerinin değişimleri.

Aylar	Örnek Cinsi	TVB-N (mg/100 g)	TBA (mg MA/ kg)	TMA (mg/100 g)
0	Taze Palamut	17,86±0,50	0,42±0,08	0,62±0,06
1	K	18,08±0,10 ^a _A	1,18±0,08 ^a _A	0,88±0,06 ^a _A
	NH	17,71±0,09 ^a _A	0,88±0,04 ^b _A	0,71±0,04 ^b _A
	UH	17,36±0,12 ^a _A	0,82±0,06 ^b _A	0,73±0,02 ^b _A
2	K	19,48±0,10 ^a _B	1,87±0,08 ^a _B	0,96±0,03 ^a _B
	NH	18,36±0,15 ^b _B	1,08±0,16 ^b _B	0,86±0,02 ^b _B
	UH	18,02±0,09 ^b _B	1,02±0,04 ^b _B	0,82±0,04 ^b _B
3	K	23,37±0,10 ^a _C	3,12±0,10 ^a _C	1,42±0,06 ^a _C
	NH	21,32±0,14 ^b _C	1,84±0,08 ^b _C	1,14±0,06 ^b _C
	UH	21,67±0,07 ^b _C	1,76±0,06 ^b _C	1,08±0,02 ^b _C
4	K	26,58±0,12 ^a _D	4,02±0,10 ^a _D	1,76±0,02 ^a _D
	NH	24,16±0,08 ^b _D	2,76±0,06 ^b _D	1,31±0,04 ^b _D
	UH	23,82±0,15 ^c _D	2,58±0,08 ^c _D	1,26±0,04 ^b _D
5	K	28,18±0,15 ^a _E	5,74±0,10 ^a _E	2,08±0,06 ^a _E
	NH	25,32±0,12 ^b _E	3,56±0,08 ^b _E	1,70±0,04 ^b _E
	UH	24,97±0,09 ^c _E	3,28±0,06 ^c _E	1,62±0,06 ^b _E
6	K	30,44±0,15 ^a _F	6,42±0,06 ^a _F	2,32±0,02 ^a _F
	NH	25,62±0,12 ^b _F	4,29±0,06 ^b _F	1,94±0,08 ^b _F
	UH	25,02±0,28 ^c _F	4,05±0,08 ^c _F	1,82±0,06 ^b _F
7	K	32,18±0,29 ^a _G	7,53±0,02 ^a _G	2,56±0,04 ^a _G
	NH	26,61±0,12 ^b _G	4,88±0,06 ^b _G	2,16±0,06 ^b _G
	UH	25,72±0,08 ^c _G	4,61±0,04 ^c _G	2,12±0,04 ^b _G

Aynı sütundaki farklı küçük harfler (a,b,c...) aynı gündeki gruplar arasındaki farklı belirtir (P<0,05). Aynı sütundaki farklı büyük harfler (A,B,C,D,...) farklı günde aynı grup içindeki farklı belirtir (P<0,05). K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat ile kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidrolizat ile kaplanmış grup

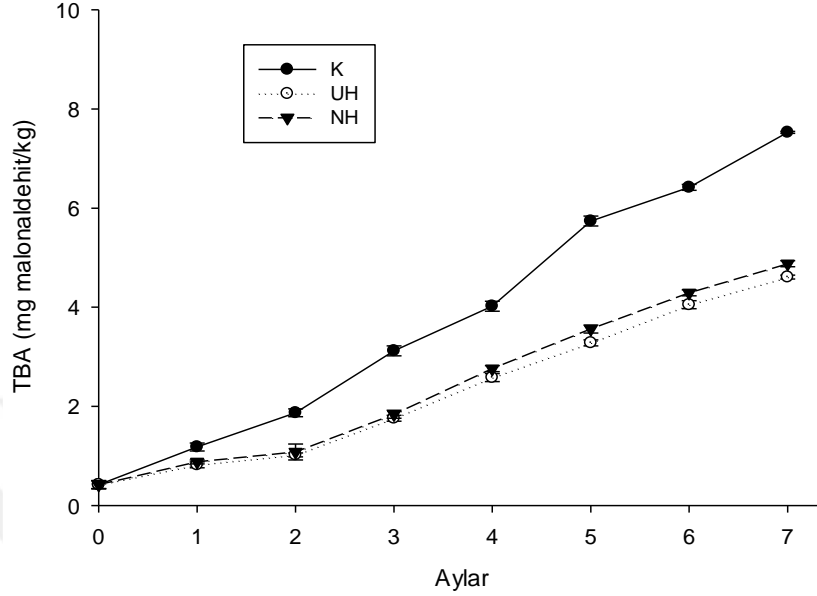
Tablo 15 ve Şekil 35'e göre TVB-N değerleri her üç grup için de depolamanın başlangıcından itibaren tüm aylarda istatistiki olarak önemli bir artış göstermiştir ($P<0,05$). Depolamanın 1. ayında K, NH ve UH grupları için sırasıyla $18,08\pm 0,10$ mg/100 g $17,71\pm 0,09$ mg/100 g ve $17,36\pm 0,12$ mg/100 g olan TVB-N değerleri, 7 aylık depolamanın sonunda yine aynı gruplar için sırasıyla $32,18\pm 0,29$ mg/100 g $26,61\pm 0,12$ mg/100 g ve $25,72\pm 0,08$ mg/100 g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 1. ayında K, NH ve UH grupları arasında istatistiki açıdan önemli farklılık bulunmazken; 2., 3., ve 4. aylarda K grubunun; 5., 6., ve 7. aylarda ise tüm grupların TVB-N değerleri istatistiki olarak birbirinden farklılık göstermiştir ($P<0,05$).



Şekil 35. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ± 1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının TVB-N değerlerindeki değişimler.

Tablo 15 ile Şekil 36'da kaplanarak -18 °C'de depolanan palamut filetoalarına ait TBA değerlerindeki değişimler sunulmuştur. TVB-N değerlerine benzer şekilde depolama boyunca tüm grupların TBA değerleri her üç grup için de depolamanın başlangıcından itibaren tüm aylarda istatistiki olarak önemli artışlar göstermiştir ($P<0,05$). Bu artışlar K grubunda kaplamalı gruplara oranla daha yüksek olmuştur. İlk 4 ay boyunca NH ve UH gruplarının TBA değerleri kendi aralarında istatistiki olarak benzerlik gösterirken K grubu farklılık göstermiştir ($P<0,05$). Son 3 ay süresince ise her üç grubun da TBA değerleri birbirinden farklılık göstermiş; en yüksek değer K grubunda bulunurken en düşük değer UH grubunda elde edilmiştir. Yedinci aya ait değerler K, NH

ve UH grupları için sırasıyla $7,53\pm 0,02$, $4,88\pm 0,06$ ve $4,61\pm 0,04$ mg malonaldehit/kg olarak kaydedilmiştir.

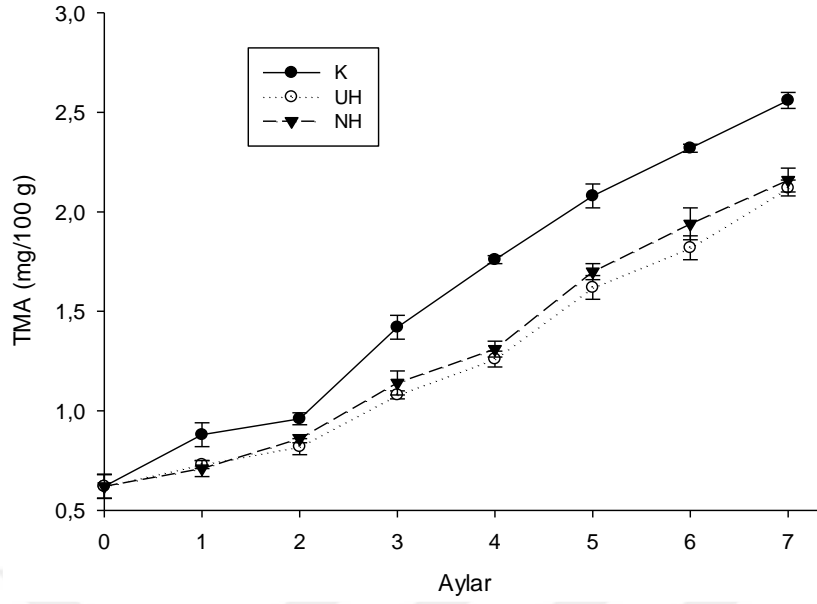


Şekil 36. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ± 1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TBA değerlerindeki değişimler.

Yedi aylık depolama süresince tüm grupların TMA değerlerinde aylar arasında önemli artışlar meydana gelmiştir ($P<0,05$). Aynı aylarda kaplamalı grupların TMA değerleri arasında benzerlik tespit edilirken, K grubu değerleri kaplamalı gruplardan istatistiki açıdan önemli derecede fazla artış göstermiştir ($P<0,05$). Depolama süresince tüm grupların TMA değerleri tüketilebilirlik sınırları içerisinde kalmıştır. Buna göre depolamanın 7. ayında K, NH ve UH grupları için TMA değerleri sırasıyla $2,56\pm 0,04$ mg/100 g, $2,12\pm 0,04$ mg/100 g ve $2,16\pm 0,06$ mg/100 g olarak bulunmuştur. Şekil 7'de depolanarak -18 °C'de depolanan palamut filetolarına ait TMA değerlerindeki değişimler sunulmuştur.

3.3.2.3. Duyusal Kriterlerdeki Değişimler

Kaplanarak -18 °C'de depolanan palamut filetolarında 7 ay boyunca aylık olarak yapılan duyusal analiz panellerinde elde edilen sonuçlar Tablo 16 ve ortalama değerlere ait veriler Şekil 38'de sunulmuştur. Örneklerde görünüş, koku doku ve parlaklık, kriterlerine göre değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 37. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ± 1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının TMA değerlerindeki değişimler.

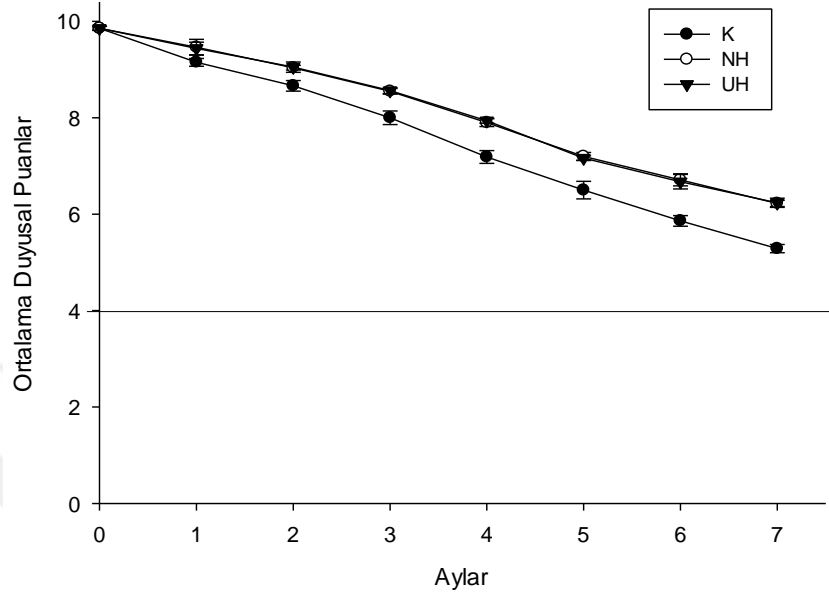
Duyusal parametrelerde en büyük düşüş oranı K grubunda olmak üzere tüm gruplarda istatistiki açıdan önemli düşüşler meydana gelmiştir ($P<0,05$). Depolama süresince tüm grupların duyusal parametreleri kabul edilebilirlik sınırlar içerisinde kalmıştır. Depolamanın 1. ayında duyusal parametrelerin ortalama değerleri K, NH ve UH grupları için sırasıyla $9,15\pm 0,08$, $9,51\pm 0,12$ ve $9,46\pm 0,13$ iken depolamanın sonunda yine aynı gruplar için sırasıyla $5,29\pm 0,09$, $6,23\pm 0,06$ ve $6,24\pm 0,09$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 16. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının duyuşal puanlarının değişimleri.

Aylar	Örnek Cinsi	Görünüş	Doku	Koku	Parlaklık	Ortalama Puanlar
0	Taze Palamut	9,87±0,24	9,80±0,18	9,90±0,27	9,85±0,13	9,86±0,04
1	K	9,05±0,07 ^a _A	9,25±0,14 ^a _A	9,15±0,07 ^a _A	9,15±0,07 ^a _A	9,15±0,08 ^a _A
	NH	9,65±0,08 ^b _A	9,55±0,12 ^b _A	9,50±0,08 ^b _A	9,35±0,11 ^b _A	9,51±0,12 ^b _A
	UH	9,55±0,21 ^b _A	9,50±0,18 ^b _A	9,45±0,11 ^b _A	9,35±0,07 ^b _A	9,46±0,13 ^b _A
2	K	8,70±0,12 ^a _B	8,60±0,18 ^a _B	8,55±0,07 ^a _B	8,70±0,10 ^a _B	8,63±0,11 ^a _B
	NH	9,05±0,07 ^b _B	9,10±0,14 ^b _B	9,00±0,14 ^b _B	9,00±0,07 ^b _B	9,04±0,05 ^b _B
	UH	9,15±0,10 ^b _B	9,10±0,12 ^b _B	9,05±0,07 ^b _B	8,90±0,12 ^b _B	9,05±0,11 ^b _B
3	K	8,00±0,14 ^a _C	7,90±0,12 ^a _C	7,90±0,15 ^a _C	8,20±0,11 ^a _C	8,00±0,14 ^a _C
	NH	8,50±0,11 ^b _C	8,60±0,16 ^b _C	8,50±0,14 ^b _C	8,60±0,12 ^b _C	8,55±0,06 ^b _C
	UH	8,65±0,15 ^b _C	8,55±0,15 ^b _C	8,55±0,19 ^b _C	8,50±0,18 ^b _C	8,56±0,06 ^b _C
4	K	7,25±0,14 ^a _D	7,00±0,11 ^a _D	7,30±0,12 ^a _D	7,20±0,08 ^a _D	7,19±0,13 ^a _D
	NH	8,00±0,07 ^b _D	7,90±0,12 ^b _D	7,90±0,10 ^b _D	7,80±0,10 ^b _D	7,90±0,08 ^b _D
	UH	7,90±0,12 ^b _D	8,00±0,18 ^b _D	7,95±0,12 ^b _D	7,90±0,12 ^b _D	7,94±0,05 ^b _D
5	K	6,60±0,07 ^a _E	6,70±0,14 ^a _E	6,40±0,07 ^a _E	6,30±0,08 ^a _E	6,50±0,18 ^a _E
	NH	7,20±0,12 ^b _E	7,30±0,10 ^b _E	7,20±0,15 ^b _E	7,10±0,12 ^b _E	7,20±0,08 ^b _E
	UH	7,10±0,18 ^b _E	7,20±0,12 ^b _E	7,15±0,07 ^b _E	7,20±0,14 ^b _E	7,16±0,05 ^b _E
6	K	6,00±0,14 ^a _F	5,90±0,12 ^a _F	5,75±0,08 ^a _F	5,80±0,10 ^a _F	5,86±0,11 ^a _F
	NH	6,55±0,08 ^b _F	6,70±0,14 ^b _F	6,85±0,14 ^b _F	6,75±0,12 ^b _F	6,71±0,12 ^b _F
	UH	6,50±0,12 ^b _F	6,60±0,13 ^b _F	6,80±0,08 ^b _F	6,80±0,10 ^b _F	6,68±0,10 ^b _F
7	K	5,40±0,08 ^a _G	5,30±0,18 ^a _G	5,25±0,09 ^a _G	5,20±0,20 ^a _G	5,29±0,09 ^a _G
	NH	6,30±0,12 ^b _G	6,20±0,14 ^b _G	6,15±0,14 ^b _G	6,25±0,10 ^b _G	6,23±0,06 ^b _G
	UH	6,10±0,10 ^b _G	6,30±0,20 ^b _G	6,25±0,07 ^b _G	6,30±0,12 ^b _G	6,24±0,09 ^b _G

Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c..) aynı gündeki gruplar arasındaki farklı belirtir (P<0.05). Aynı sütündeki farklı büyük harfler (A,B,C,D,..) farklı günde aynı grup içindeki farklı belirtir (P<0.05). '≤4.0' Kabul edilemez sınır değeri. K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat ile kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidroliz ile kaplanmış grup

Depolama süresince K grubunun tüm duyuşal parametreleri NH ve UH gruplarından istatistiki olarak farklılık göstermiş ($P<0,05$); kaplanmış gruplar ise kendi aralarında benzerlik göstermiştir.



Şekil 38. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ± 1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının duyuşal değeriendirme puanlarındaki değerişimler.

3.3.2.4. Mikrobiyolojik Kriterlerdeki Değerişimler

Kaplanarak -18 °C’de depolanan palamut filetoalarının mikrobiyolojik kalite değerişimleri Tablo 17’de sunulmuştur. Buna göre taze palamuta ait TAMB sayısı $2,86\pm 0,08$ log kob/g iken, depolamanın 1. ayında bu değeri K, NH ve UH grupları için sırasıyla $2,56\pm 0,06$ log kob/g, $2,26\pm 0,04$ log kob/g ve $2,18\pm 0,04$ log kob/g’a düşmüştür. Kontrol grubu örneklerinde bu değeri önemli düşüşler meydana gelmiş olmasına rağmen bu değerişimin 4. aya kadar istatistiki açıdan önemli olmadığı görülmüştür. Beşinci aydan itibaren ise TAMB sayısında istatistiki açıdan önemli artışlar olmaya başlamış olup ($P<0,05$) depolamanın sonunda $2,62\pm 0,04$ log kob/g’a olarak belirlenmiştir.

Tablo 17. Kaplanarak donmuş muhafaza koşullarında (-18 ±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının mikrobiyal kriterlerdeki değişimler.

Aylar	Örnek Cinsi	Toplam Aerobik Bakteri (log kob/g)			
		Mezofil	Psikrofil	Koliform Bakteri	Maya ve Küf
0	Taze Palamut	2,86±0,08	2,38±0,06	<1,47	<1,47
1	K	2,56±0,06 ^a _A	2,50±0,04 ^a _A	<1,47	<1,47
	NH	2,26±0,04 ^b _A	2,28±0,08 ^b _A	<1,47	<1,47
	UH	2,18±0,04 ^b _A	2,24±0,06 ^b _A	<1,47	<1,47
2	K	2,18±0,04 ^a _B	2,82±0,04 ^a _B	<1,47	<1,47
	NH	1,90±0,06 ^b _B	2,44±0,08 ^b _B	<1,47	<1,47
	UH	1,88±0,05 ^b _B	2,50±0,02 ^b _B	<1,47	<1,47
3	K	2,10±0,10 ^a _B	2,96±0,06 ^a _C	<1,47	<1,47
	NH	1,84±0,04 ^b _B	2,49±0,04 ^b _B	<1,47	<1,47
	UH	1,82±0,04 ^b _B	2,56±0,08 ^b _B	<1,47	<1,47
4	K	2,14±0,05 ^a _B	2,98±0,10 ^a _C	<1,47	<1,47
	NH	1,90±0,06 ^b _B	2,49±0,06 ^b _B	<1,47	<1,47
	UH	1,88±0,04 ^b _B	2,54±0,04 ^b _B	<1,47	<1,47
5	K	2,20±0,04 ^a _C	2,96±0,06 ^a _C	<1,47	<1,47
	NH	1,90±0,06 ^b _B	2,67±0,02 ^b _C	<1,47	<1,47
	UH	1,86±0,08 ^b _B	2,62±0,02 ^b _D	<1,47	<1,47
6	K	2,34±0,10 ^a _D	3,18±0,16 ^a _D	<1,47	<1,47
	NH	1,98±0,10 ^b _B	2,86±0,10 ^b _D	<1,47	<1,47
	UH	1,80±0,12 ^b _B	2,79±0,02 ^b _E	<1,47	<1,47
7	K	2,62±0,04 ^a _E	3,32±0,06 ^a _E	<1,47	<1,47
	NH	1,88±0,06 ^b _B	2,98±0,04 ^b _E	<1,47	<1,47
	UH	1,82±0,04 ^b _B	2,92±0,08 ^b _F	<1,47	<1,47

Aynı sütundaki farklı küçük harfler (a,b,c,,) aynı gündeki gruplar arasındaki farkı belirtir (P<0,05), Aynı sütundaki farklı büyük harfler (A,B,C,D,E) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir (P<0,05), K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat ile kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidrolizat ile kaplanmış grup

NH grubuna ait TAMB sayımlarında 1. aydan sonra düşüş gerçekleşmesine rağmen tüm aylarda meydana gelen değişimler istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Depolamanın son ayında TAMB sayısı $1,88 \pm 0,06$ log kob/g olarak tespit edilmiştir. UH grubuna ait TAMB sayıları tüm depolama süresince NH grubu ile istatistiki olarak benzerlik göstermiş ve depolamanın son ayında $1,82 \pm 0,04$ log kob/g değeri elde edilmiştir. Depolamanın 1. ayı hariç tüm aylarda NH ve UH gruplarının TAMB sayıları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunurken bu değerler K grubundan önemli derecede düşük çıkmıştır ($P < 0,05$). Ancak tüm depolama süresince tüm gruplar tüketilebilirlik sınırı olan 7 log kob/g'ın oldukça altında kalmıştır.

TAPB sayıları ise başlangıçta $2,38 \pm 0,06$ log kob/g iken depolamanın ilk ayında K, NH ve UH için sırasıyla $2,50 \pm 0,04$ log kob/g; $2,28 \pm 0,08$ log kob/g ve $2,24 \pm 0,06$ log kob/g olarak belirlenmiştir. K grubu örneklerindeki artışta 3. aya kadar, aylar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli olurken ($P < 0,05$), 3., 4. ve 5. aylardaki artışlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Değerler 6. aydan itibaren önemli artışlar gerçekleşerek depolamanın sonunda $3,32 \pm 0,06$ log kob/g değerine yükselmiştir. NH grubunun TAPB sayıları 1. aydan sonra istatistiki olarak önemli bir şekilde artmıştır ($P < 0,05$). İkinci aydan sonra istatistiki açıdan önemli bir değişim gözlenmezken 5. aydan itibaren değerlerde istatistiki açıdan önemli değişimler gözlenmiştir ($P < 0,05$). UH grubundaki TAPB sayılarındaki artış NH ile benzer şekilde gerçekleşmiştir. Depolama süresince tüm grupların TAPB sayılarındaki artışlar NH ve UH gruplarında benzer K grubunda ise bu gruplardan istatistiki olarak önemli derecede yüksek olmuştur ($P < 0,05$). Ancak mikrobiyolojik olarak hiçbir grup tüketilebilirlik sınırını aşmadığı belirlenmiştir. Tüm grupların toplam koliform bakteri yükü ile toplam maya ve küf sayıları $1,47$ log kob/g'ın altında kalmıştır.

3.3.3. Tütsülendikten Sonra Kaplanarak Soğuk ($+4 \pm 1$ °C) Muhafaza Koşullarında Depolanan Palamut Filetolarında Yapılan Analiz Bulguları

Çalışmada 1., 6., 12., 16., 21., 33., 39., 50. ve 60. günlerde a_w , pH, ve renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tütsüleme başlangıcında grupların tuz değerleride analiz edilmiş ve K grubunda $\% 6,45 \pm 0,12$, NH grubunda $7,60 \pm 0,08$ ve UH grubunda ise $7,88 \pm 0,10$ olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubu örnekleri depolamanın 39. gününde

duyusal olarak tüketilemeyecek duruma geldiği için bu grubun analizlerine bu günden sonra devam edilmemiştir.

3.3.3.1. a_w , pH ve Renk (L^* , a^* , b^*) Değerlerindeki Değişimler

Tütsülendikten sonra kaplanarak $-18\text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolanan palamut filetolarında depolama süresince a_w , pH ve renk (L^* , a^* ve b^*) değerlerinde meydana gelen değişimler Tablo 18 ve Şekil 39-43'de gösterilmiştir. Tütsüleme işleminin yapıldığı 0. günde a_w değeri 0,993 iken depolamanın 1. gününde bu değerde düşüşe rastlanmış olup K, NH ve UH grupları için sırasıyla $0,980\pm 0,001$, $0,977\pm 0,000$ ve $0,977\pm 0,002$ olarak ölçülmüştür. Bu değerler arasındaki farklılıklar her üç grup için de istatistiki olarak önemsizdir. K grubu örneklerinin a_w değerleri 6. günden 33. güne kadar dalgalanmalar şeklinde düşüş ve artışlar göstermiştir. On altıncı, 21. ve 33. günlerde bu değerler birbiri ile benzer iken 39. günde önemli bir düşüş ile $0,972\pm 0,001$ değerine ulaşmıştır ($P<0,05$). Depolamanın 50. ve 60. günlerinde duyusal olarak tüketilebilirlik sınırlarını aşmasından dolayı K grubu analizlerine son 39. günden sonra devam edilmemiştir. NH grubunda 21. ve 60. günler hariç, tüm depolama boyunca dalgalanmalar olmakla birlikte günler arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur. UH grubunun a_w değerlerinde de tüm depolama boyunca düşüş ve artışlar gerçekleşmiştir. NH ve UH gruplarının a_w değerleri 21. günden 60. güne kadar istatistiki olarak benzerlik göstermiştir. Şekil 40'da tütsülendikten sonra kaplanarak $+4\text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolanan palamut balıklarının a_w değişimleri sunulmuştur.

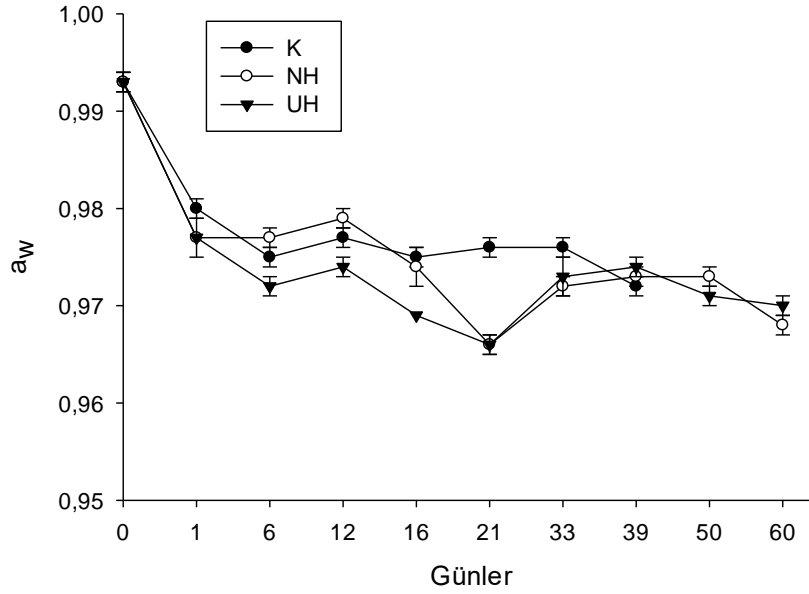
Tablo 18. Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a_w , pH ve renk (L^* , a^* , b^*) değerlerinin değişimleri.

Günler	Örnek Cinsi	a_w	pH	L^*	a^*	b^*
0	Taze Palamut	0,993±0,001	6,21±0,03	45,08±0,32	11,09±0,28	21,10±0,23
1	K	0,980±0,001 ^a _A	5,43±0,03 ^a _A	45,10±0,22 ^a _A	13,40±0,08 ^a _A	24,75±0,13 ^a _A
	NH	0,977±0,000 ^a _A	5,45±0,01 ^a _A	45,93±0,21 ^b _A	12,23±0,05 ^b _A	23,68±0,16 ^b _A
	UH	0,977±0,002 ^a _A	5,39±0,04 ^a _A	46,28±0,13 ^b _A	12,28±0,22 ^b _A	23,50±0,08 ^b _A
6	K	0,975±0,001 ^a _B	5,31±0,02 ^a _B	42,93±0,13 ^a _B	14,23±0,15 ^a _B	24,48±0,14 ^a _A
	NH	0,977±0,001 ^a _A	5,64±0,01 ^b _B	46,15±0,24 ^b _A	13,90±0,14 ^b _B	23,18±0,18 ^b _B
	UH	0,972±0,001 ^b _B	5,69±0,01 ^c _B	47,15±0,10 ^c _B	12,73±0,10 ^b _B	22,20±0,12 ^b _B
12	K	0,977±0,001 ^a _C	5,42±0,01 ^a _A	42,97±0,25 ^a _B	14,87±0,15 ^a _C	24,07±0,06 ^a _B
	NH	0,979±0,001 ^a _A	5,53±0,01 ^b _C	45,23±0,06 ^b _B	13,83±0,06 ^b _B	23,02±0,15 ^b _B
	UH	0,974±0,001 ^b _A	5,51±0,06 ^b _C	47,10±0,06 ^a _B	13,20±0,17 ^c _C	21,47±0,12 ^c _C
16	K	0,975±0,001 ^a _B	5,26±0,01 ^a _C	42,23±0,15 ^a _C	15,20±0,10 ^a _D	23,83±0,29 ^a _C
	NH	0,974±0,002 ^b _A	5,39±0,03 ^b _D	44,53±0,29 ^b _C	13,30±0,34 ^b _C	22,47±0,06 ^b _C
	UH	0,969±0,000 ^c _C	5,35±0,02 ^b _A	45,27±0,23 ^c _C	12,87±0,42 ^b _B	21,23±0,15 ^c _C
21	K	0,976±0,001 ^a _{BC}	4,91±0,04 ^a _D	41,65±0,17 ^a _D	15,48±0,18 ^c _E	23,45±0,08 ^a _D
	NH	0,966±0,001 ^b _B	4,76±0,06 ^b _E	44,28±0,08 ^b _D	14,00±0,14 ^b _B	22,95±0,06 ^b _B
	UH	0,966±0,001 ^b _D	4,80±0,02 ^b _D	45,15±0,06 ^c _C	13,45±0,06 ^a _C	22,63±0,16 ^c _D

Tablo 18 (devam). Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a_w , pH ve renk (L^* , a^* , b^*) değerlerinin değişimleri.

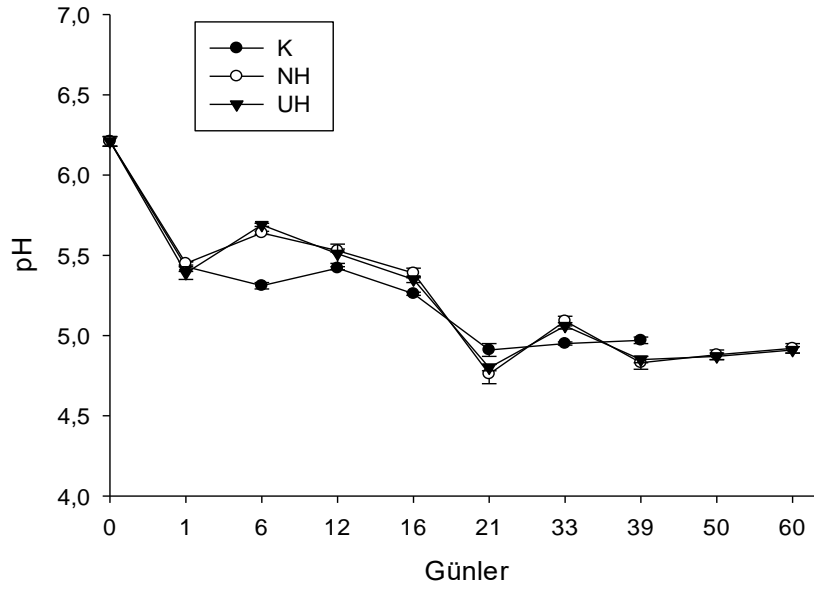
33	K	0,976±0,001 ^a _{BC}	4,95±0,01 ^a _D	41,28±0,10 ^a _E	16,53±0,10 ^a _F	23,65±0,31 ^a _E
	NH	0,972±0,001 ^b _A	5,09±0,03 ^b _F	44,18±0,19 ^b _E	14,30±0,08 ^b _D	22,35±0,10 ^b _C
	UH	0,973±0,002 ^b _{AB}	5,06±0,02 ^b _E	44,88±0,13 ^c _D	14,25±0,06 ^b _D	22,02±0,19 ^c _B
39	K	0,972±0,001 ^a _D	4,97±0,02 ^a _D	41,03±0,11 ^a _F	16,68±0,19 ^a _F	23,88±0,13 ^a _C
	NH	0,973±0,001 ^a _A	4,83±0,04 ^b _E	43,63±0,29 ^b _F	14,73±0,13 ^b _E	22,10±0,14 ^b _D
	UH	0,974±0,001 ^a _A	4,85±0,02 ^b _D	44,45±0,18 ^c _E	14,45±0,13 ^b _E	22,75±0,15 ^c _D
50	K	*	*	*	*	*
	NH	0,973±0,001 ^a _A	4,88±0,03 ^a _E	43,17±0,13 ^a _F	15,23±0,06 ^a _F	21,63±0,06 ^a _E
	UH	0,971±0,001 ^a _A	4,87±0,02 ^a _D	44,00±0,10 ^b _F	15,07±0,15 ^b _F	21,13±0,12 ^b _E
60	K	*	*	*	*	*
	NH	0,968±0,001 ^a _B	4,92±0,03 ^a _E	43,02±0,14 ^a _F	15,58±0,14 ^a _G	21,78±0,13 ^a _E
	UH	0,970±0,001 ^a _A	4,91±0,02 ^a _D	43,88±0,13 ^b _G	15,30±0,10 ^b _G	21,34±0,16 ^b _E

Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c..) aynı gündeki gruplar arasındaki farkı belirtir ($P<0,05$). Aynı sütündeki farklı büyük harfler (A,B,C,D,..) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir ($P<0,05$). *: Analiz yapılmadı, K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat ile kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidrolizat ile kaplanmış grup



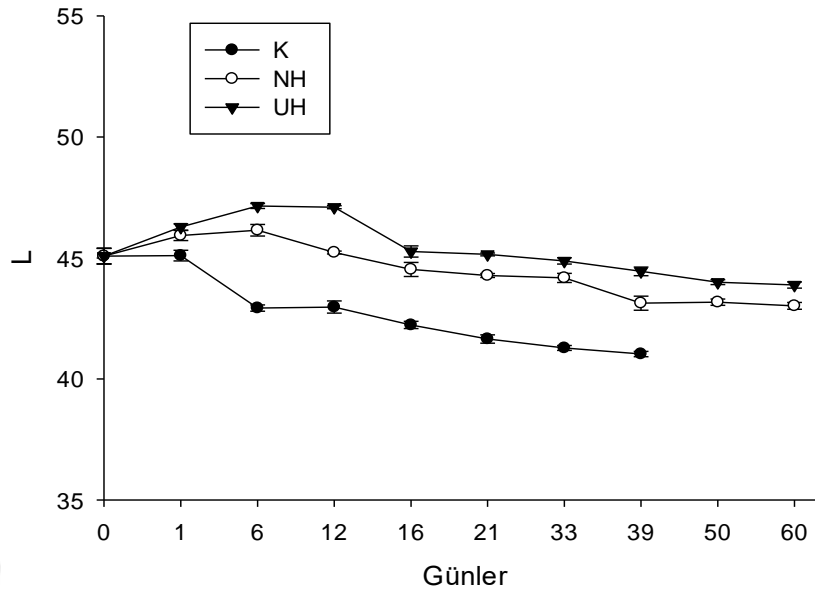
Şekil 39. Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a_w değerlerindeki değişimler.

Çalışmanın başlangıcında palamut filetolarının pH değeri $6,21\pm 0,03$ olarak ölçülmüştür. Depolamanın 1. günü ise bu değer her üç grup için de düşüş göstermiş ve K, NH ve UH için sırasıyla $5,43\pm 0,03$, $5,45\pm 0,01$ ve $5,39\pm 0,04$ olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. K grubu örneklerinin pH değerleri 16. güne kadar düşüş ve artışlar gösterdikten sonra 21. günden 39. güne kadar sürekli düşüş eğilimine geçmiştir ancak değerler arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önem arz etmemiştir. NH grubunun pH değerlerinde 33. güne kadar dalgalanmalar olmuş ve günler arasındaki istatistiki olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P<0,05$). Otuz dokuzuncu günden itibaren depolamanın son günü olan 60. güne kadar ise benzer pH değerleri ölçülmüştür. UH ile kaplanmış grubun pH değerleri de tüm depolama boyunca dalgalanmalar göstermiştir. Değerler depolamanın 1. ve 16. günleri kendi aralarında; 39., 50. ve 60. günler de kendi aralarında istatistiki olarak benzerlik göstermiştir. NH ve UH gruplarının pH değerleri 6. gün hariç tüm depolama boyunca istatistiki olarak benzerlik göstermiştir. Şekil 40'da tütsülendikten sonra kaplanarak $+4$ °C'de depolanan palamut filetolarının pH değişimleri sunulmuştur.



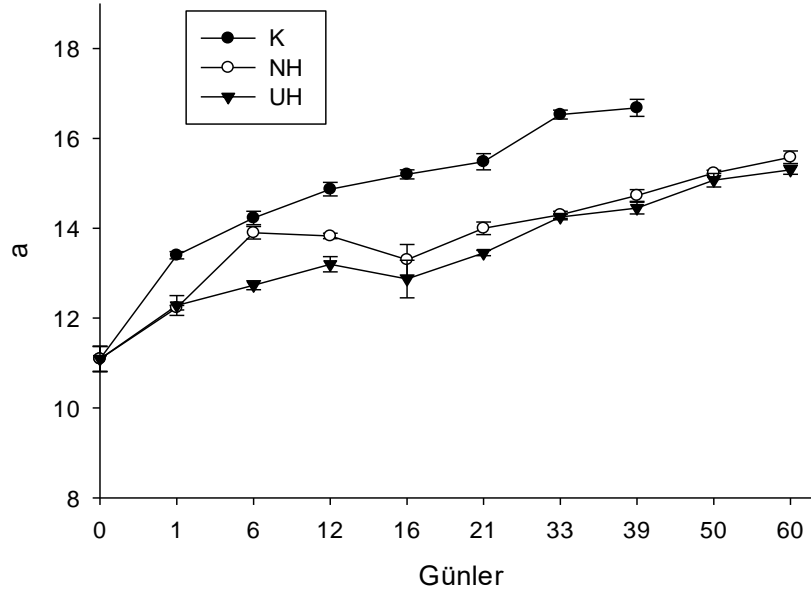
Şekil 40. Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının pH değerlerindeki değişimler.

Tablo 18’de de görüldüğü gibi çalışmanın başlangıcında filetoların renk parametrelerinden L^* değeri $45,08\pm 0,32$ olarak belirlenmiştir. Bu değer depolamanın ilk gününde K, NH ve UH grupları için sırasıyla $45,10\pm 0,22$; $45,93\pm 0,21$ ve $46,28\pm 0,13$ olarak ölçülmüştür, K grubu değerleri NH ve UH gruplarından istatistiki olarak farklı çıkmıştır ($P<0,05$). K grubunun L^* değerlerinde depolama boyunca (39. güne kadar) düşüşlerle gözlenmiştir. Değerler depolamanın 6. ve 12. günler hariç depolama süresince farklılık göstermiştir ($P<0,05$). NH grubunun L^* değerleri depolamanın 1. ve 6. günleri benzer şekilde arttıktan sonra düşüşe geçmiş ve 33. güne kadar değerlerde farklılıklar gözlenmiştir ($P<0,05$). Otuz dokuzuncu günden itibaren 60. güne kadar düşüşler arasındaki farklılıklar ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. UH ile kaplanmış grupların L^* değerleri incelendiğinde diğer iki gruba benzer şekilde artışlar ve düşüşler söz konusu olmuştur. Depolamanın 1. günü hariç (NH ve UH benzer değerler almış) tüm günlerinde K, NH ve UH gruplarının L^* değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Şekil 41’de tütsüledikten sonra kaplanarak $+4$ °C’de depolanan palamut filetolarının L^* değişimleri sunulmuştur.



Şekil 41. Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının L* değerlerindeki değişimler.

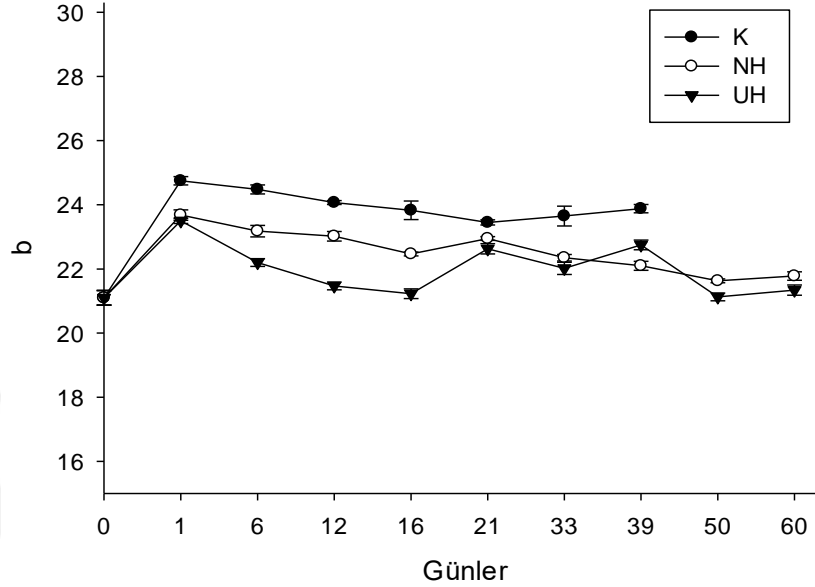
Başlangıçta palamut filetoalarının a* değeri $11,09\pm 0,28$ iken 1. gün K, NH ve UH grupları için sırasıyla $13,40\pm 0,08$, $12,23\pm 0,05$ ve $12,28\pm 0,22$ 'e çıkmıştır. İlk gün kaplamalı gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. K grubu için a* değeri depolamanın sonuna kadar artış göstermiştir, değerler 33. ve 39. günler hariç istatistiki olarak farklılıklar gözlenmiştir ($P<0,05$). NH grubunun a* değeri 1. günden itibaren yükselmiş, bundan sonraki günlerde istatistiki olarak önemli artış ve düşüşlerle dalgalanmalı bir durum izlemiştir. Değerler depolama boyunca 6. 12. ve 21. günler istatistiki olarak benzerlik diğer günler ise istatistiki olarak farklılıklar göstermiştir ($P<0,05$). UH grubunun ise a* değeri depolamanın 1. gününden itibaren yükselmiş 16. gün düşüştükten sonra depolamanın sonuna kadar yükselmiştir. Şekil 42'de tütsüledikten sonra kaplanarak $+4$ °C'de depolanan palamut filetoalarının a* değişimleri sunulmuştur.



Şekil 42. Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının a^* değerlerindeki değişimler.

Başlangıçta palamut filetolarının b^* değeri $21,10\pm 0,23$ iken depolamanın 1. gününde K, NH ve UH için sırasıyla $24,75\pm 0,13$, $23,68\pm 0,26$ ve $23,50\pm 0,08$ olarak belirlenmiştir. Kaplamalı gruplar arasında istatistiki olarak farklılık bulunmamıştır. K grubunda 1. ve 6. günler hariç 21. güne kadar istatistiki olarak önemli düşüşler gerçekleşmiştir ($P<0,05$). Değerler 33. günde artmaya başlamış 39. güne kadar devam etmiştir ($P<0,05$). NH grubunun b^* değerinde 16. güne kadar düşüş meydana gelmiştir. 21. günde artış olduktan sonra tekrar düşüşler olmuştur. Depolamanın 6. 12. ve 21. günleri; 16. ve 33. günleri ile 50. ve 60. günleri kendi aralarında istatistiki olarak benzerlik göstermiştir. UH grubunun b^* değerleri 16. güne kadar düşmüş, 21. günde arttıktan sonra artış ve düşümlerle dalgalanmalı bir eğilim göstermiştir.

Şekil 43’de tütsüledikten sonra kaplanarak +4 °C’de depolanan palamut filetolarının b* değerlerindeki değişimler sunulmuştur.



Şekil 43. Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının b* değerlerindeki değişimler.

3.3.3.2. TVB-N, TBA ve TMA Değerlerindeki Değişimler

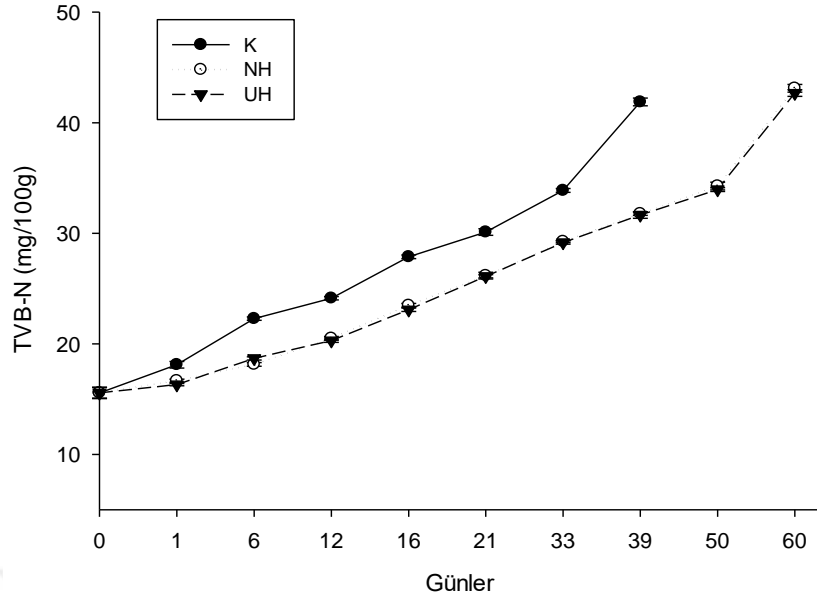
Tütsüledikten sonra kaplanarak +4 °C’de depolanan palamut filetolarının TVB-N, TBA ve TMA değerlerindeki değişimler Tablo 19 ile Şekil 44-46’da gösterilmiştir

Taze tütsülenmiş palamut filetolarının TVB-N değeri 15,56±0,50 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Bu değer depolamanın 1. gününden itibaren tüm gruplarda istatistiki olarak artışlar göstermiştir (P<0,05). Kontrol grubundaki artışlar NH ve UH gruplarından istatistiki açıdan önemli derecede fazla olmuştur (P<0,05). TVB-N değerleri depolamanın 1. gününde K, NH ve UH grupları için sırasıyla 18,11±0,30 mg/100 g, 16,66±0,15 mg/100 g ve 16,31±0,10 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Bu değerler K grubunda depolamanın 39. gününde 41,88±0,35 mg/100 g, NH ve UH grupları için ise depolamanın 60. gününde sırasıyla 43,12±0,35 mg/100 g ve 42,68±0,30 mg/100 g’ a ulaşarak kabul edilebilirlik sınırını aşmıştır. Depolamanın 6. günü hariç tüm günlerde NH ve UH gruplarının TVB-N değerlerinde meydana gelen farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Tablo 19. Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TVB-N, TBA ve TMA değerlerindeki değişimleri.

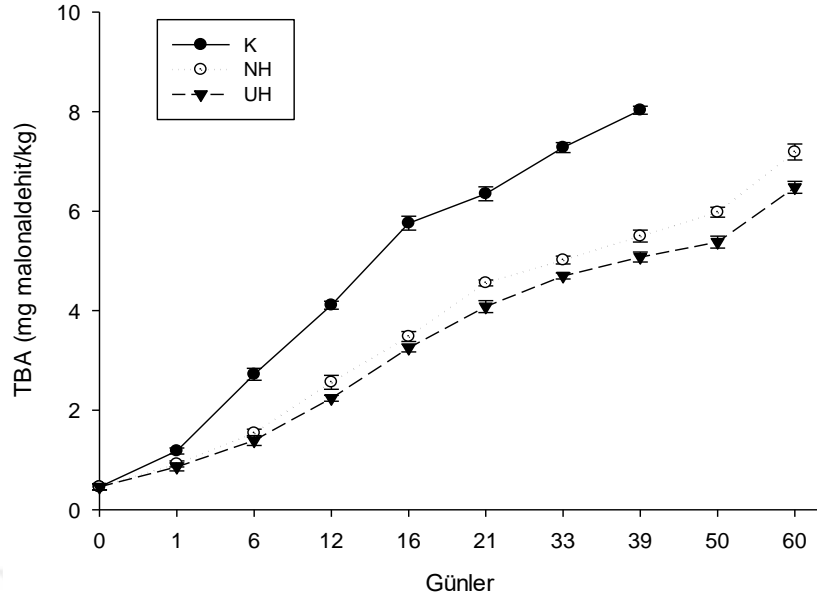
Günler	Örnek Cinsi	TVB-N (mg/100g)	TBA (mg MA/kg)	TMA (mg/100g)
0	Taze Palamut	15,56±0,50	0,46±0,06	0,48±0,06
1	K	18,11±0,30 ^a _A	1,18±0,06 ^a _A	0,68±0,06 ^a _A
	NH	16,66±0,15 ^b _A	0,92±0,06 ^b _A	0,56±0,04 ^b _A
	UH	16,31±0,10 ^b _A	0,86±0,08 ^b _A	0,54±0,04 ^b _A
6	K	22,28±0,15 ^a _B	2,72±0,12 ^a _B	0,89±0,05 ^a _B
	NH	18,14±0,17 ^b _B	1,54±0,08 ^b _B	0,66±0,06 ^b _A
	UH	18,68±0,15 ^c _B	1,39±0,10 ^c _B	0,60±0,04 ^b _A
12	K	24,12±0,15 ^a _C	4,11±0,08 ^a _C	1,02±0,10 ^a _C
	NH	20,50±0,17 ^b _C	2,56±0,14 ^b _C	0,86±0,04 ^b _B
	UH	20,28±0,15 ^b _C	2,24±0,06 ^c _C	0,78±0,08 ^b _B
16	K	27,88±0,17 ^a _D	5,76±0,14 ^a _D	1,68±0,06 ^a _D
	NH	23,48±0,17 ^b _D	3,48±0,10 ^b _D	1,18±0,06 ^b _C
	UH	23,08±0,15 ^b _D	3,25±0,08 ^c _D	1,09±0,04 ^b _C
21	K	30,12±0,30 ^a _E	6,35±0,14 ^a _E	2,08±0,10 ^a _E
	NH	26,18±0,30 ^b _E	4,56±0,06 ^b _E	1,52±0,08 ^b _D
	UH	26,12±0,15 ^b _E	4,08±0,12 ^c _E	1,38±0,10 ^b _D
33	K	33,88±0,17 ^a _F	7,28±0,10 ^a _F	2,72±0,06 ^a _F
	NH	29,26±0,10 ^b _F	5,02±0,08 ^b _F	1,82±0,10 ^b _E
	UH	29,18±0,15 ^b _F	4,70±0,06 ^c _F	1,66±0,08 ^b _E
39	K	41,88±0,35 ^a _G	8,03±0,08 ^a _G	3,62±0,08 ^a _G
	NH	31,78±0,15 ^b _G	5,50±0,12 ^b _G	2,24±0,06 ^b _F
	UH	31,66±0,30 ^b _G	5,08±0,10 ^c _G	2,16±0,10 ^B _F
50	K	*	*	*
	NH	34,28±0,35 ^a _H	5,98±0,10 ^a _H	2,64±0,06 ^a _G
	UH	33,96±0,17 ^a _H	5,38±0,12 ^b _H	2,56±0,10 ^a _G
60	K	*	*	*
	NH	43,12±0,35 ^a _I	7,19±0,16 ^a _I	3,06±0,08 ^a _H
	UH	42,68±0,30 ^a _I	6,48±0,12 ^b _I	2,88±0,10 ^a _H

Aynı sütundaki farklı küçük harfler (a,b,c..) aynı gündeki gruplar arasındaki farkı belirtir (P<0,05). Aynı sütundaki farklı büyük harfler (A,B,C,D,..) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir (P<0,05). *: Analiz yapılmadı, K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat ile kaplanmış grup



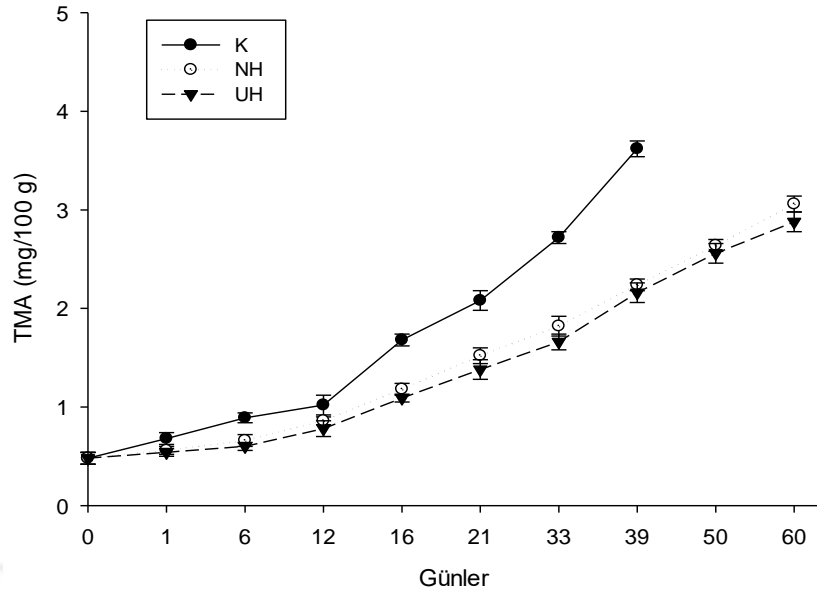
Şekil 44. Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TVB-N değerlerindeki değişimleri.

Tablo 19 ve Şekil 45’de görüldüğü gibi tütsülenmiş palamut filetolarının başlangıç TBA değeri $0,46\pm 0,06$ mg malonaldehit/kg olarak belirlenmiştir. Bu değer depolamanın ilk gününden başlayarak depolamanın sonuna kadar tüm gruplarda istatistiki olarak önemli artışlar göstermiştir ($P<0,05$). TBA değerindeki bu artışlar K grubunda kaplamalı gruplara oranla daha hızlı olup, depolamanın 33. gününde $7,28\pm 0,10$ mg malonaldehit/kg ve 39. gününde de $8,03\pm 0,08$ mg malonaldehit/kg ile kabul edilebilirlik sınırlarını aşmıştır. NH ve UH gruplarında ise TBA değerleri depolamanın 60. gününde sırasıyla $7,19\pm 0,16$ mg malonaldehit/kg ve $6,48\pm 0,12$ mg malonaldehit/kg olarak belirlenmiştir. Depolamanın 1. günü hariç tüm diğer günlerde kaplamalı grupların TBA değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).



Şekil 45. Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TBA değerlerindeki değişimleri.

Tütsüledikten sonra kaplanarak $+4$ °C'de depolanan palamut filetolarının TMA değerleri Tablo 19 ve Şekil 46'da sunulmuştur. Buna göre başlangıçta TMA değeri $0,48\pm 0,06$ mg/100 g iken bu değer tüm depolama boyunca K, NH ve UH gruplarında istatistiki açıdan önemli artışlar göstermiştir ($P<0,05$). Kaplanmış gruplar arasında istatistiki olarak benzerlik görülürken K grubu ile kaplanmış grupların TMA değerleri arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklara rastlanmıştır ($P<0,05$). Depolamanın 39. gününde K grubu için TMA değeri $3,62\pm 0,08$ mg/100 g ile en yüksek değerine ulaşmıştır. NH ve UH gruplarında ise en yüksek TMA değerlerine depolamanın son gününde rastlanmış olup, sırasıyla $3,06\pm 0,08$ ve $2,88\pm 0,10$ mg/100 g olarak belirlenmiştir.



Şekil 46. Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının TMA değerlerindeki değişimleri.

3.3.3.3. Duyusal Kriterlerdeki Değişimler

Tütsüledikten sonra K, NH ve UH gruplarına ait filetoalar strafor paketlere yerleştirilerek streç filmle kaplandıktan sonra buzdolabı koşullarında muhafaza edilmiştir. Depolamanın 1., 6., 12., 16., 21., 33., 39., 50. ve 60. günlerinde yapılan duyusal analiz sonuçlarının ortalamaları Tablo 20 ve Şekil 47’de verilmiştir.

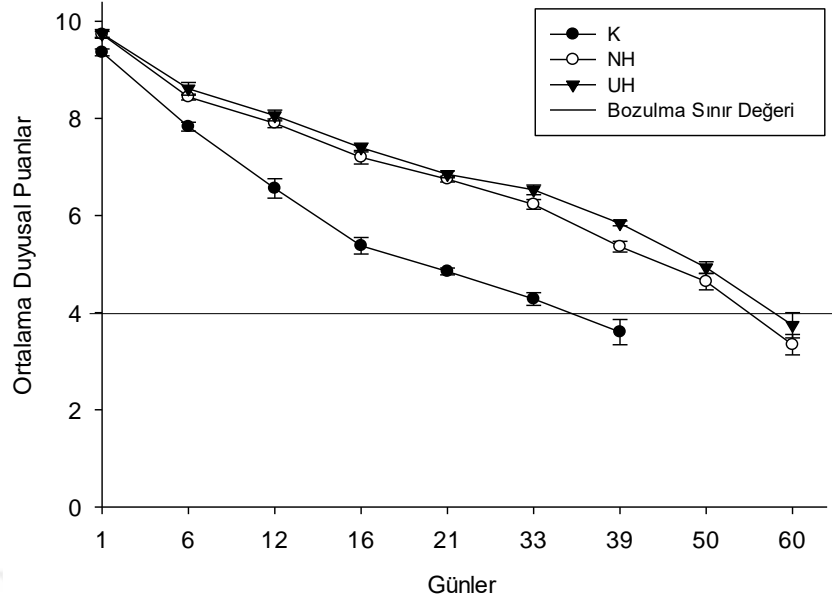
Tablo 20. Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının duyuusal parametrelerindeki puansal değişimler.

Günler	Örnek Cinsi	Görünüş	Doku	Koku	Tat	Ortalama
1	K	9,45±0,14 ^a _A	9,30±0,12 ^a _A	9,30±0,14 ^a _A	9,40±0,17 ^a _A	9,36±0,07 ^a _A
	NH	9,70±0,14 ^b _A	9,75±0,21 ^b _A	9,65±0,07 ^b _A	9,80±0,21 ^b _A	9,73±0,06 ^b _A
	UH	9,75±0,10 ^b _A	9,80±0,17 ^b _A	9,60±0,14 ^b _A	9,80±0,16 ^b _A	9,74±0,09 ^b _A
6	K	7,90±0,12 ^a _B	7,70±0,17 ^a _B	7,85±0,15 ^a _B	7,85±0,14 ^a _B	7,83±0,09 ^a _B
	NH	8,50±0,14 ^b _B	8,45±0,18 ^b _B	8,35±0,15 ^b _B	8,45±0,10 ^b _B	8,44±0,06 ^b _B
	UH	8,80±0,15 ^b _B	8,55±0,08 ^b _B	8,60±0,10 ^b _B	8,50±0,10 ^b _B	8,61±0,13 ^b _B
12	K	6,45±0,15 ^a _C	6,25±0,17 ^a _C	6,80±0,16 ^a _C	6,75±0,18 ^a _C	6,56±0,20 ^a _C
	NH	7,95±0,20 ^b _C	8,00±0,14 ^b _C	7,80±0,10 ^b _C	7,85±0,16 ^b _C	7,90±0,09 ^b _C
	UH	8,10±0,10 ^b _C	8,20±0,12 ^b _C	7,95±0,17 ^b _C	8,00±0,15 ^b _C	8,06±0,11 ^b _C
16	K	5,40±0,16 ^a _D	5,60±0,18 ^a _D	5,25±0,15 ^a _D	5,25±0,20 ^a _D	5,38±0,17 ^a _D
	NH	7,40±0,07 ^b _D	7,20±0,10 ^b _D	7,10±0,14 ^b _D	7,10±0,07 ^b _D	7,20±0,14 ^b _D
	UH	7,50±0,14 ^b _D	7,30±0,14 ^b _D	7,35±0,07 ^b _D	7,45±0,07 ^c _D	7,40±0,09 ^b _D
21	K	4,90±0,14 ^a _E	4,80±0,16 ^a _E	4,80±0,15 ^a _E	4,90±0,10 ^a _E	4,85±0,07 ^a _E
	NH	6,80±0,17 ^b _E	6,70±0,12 ^b _E	6,80±0,14 ^b _E	6,70±0,07 ^b _E	6,75±0,06 ^b _E
	UH	7,00±0,14 ^b _E	6,90±0,14 ^b _E	6,90±0,07 ^b _E	6,75±0,07 ^b _E	6,85±0,07 ^b _E
33	K	4,15±0,17 ^a _F	4,20±0,10 ^a _F	4,30±0,07 ^a _F	4,45±0,21 ^a _F	4,28±0,13 ^a _F
	NH	6,20±0,17 ^b _F	6,10±0,10 ^b _F	6,30±0,07 ^b _F	6,30±0,12 ^b _F	6,23±0,10 ^b _F
	UH	6,65±0,09 ^c _F	6,55±0,07 ^c _F	6,40±0,10 ^b _F	6,50±0,12 ^b _F	6,53±0,10 ^c _F

Tablo 20 (devam). Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetolarının duyusal parametrelerindeki puansal değişimler.

39	K	3,50±0,10 ^a _G	3,30±0,14 ^a _G	3,70±0,20 ^a _G	3,90±0,18 ^a _G	3,60±0,26 ^a _G
	NH	5,50±0,07 ^b _G	5,40±0,10 ^b _G	5,30±0,07 ^b _G	5,25±0,12 ^b _G	5,36±0,11 ^b _G
	UH	5,85±0,08 ^c _G	5,80±0,10 ^c _G	5,80±0,14 ^c _G	5,90±0,09 ^c _G	5,84±0,05 ^c _G
50	K	*	*	*	*	*
	NH	4,65±0,12 ^a _H	4,40±0,10 ^a _H	4,75±0,17 ^a _H	4,75±0,12 ^a _H	4,64±0,17 ^a _H
	UH	4,90±0,18 ^a _H	4,80±0,08 ^b _H	5,00±0,14 ^a _H	5,00±0,19 ^a _H	4,93±0,12 ^a _H
60	K	*	*	*	*	*
	NH	3,60±0,12 ^a _I	3,40±0,10 ^a _I	3,25±0,07 ^a _I	3,10±0,12 ^a _I	3,34±0,21 ^a _I
	UH	4,10±0,08 ^b _I	3,50±0,18 ^a _I	3,60±0,14 ^b _I	3,75±0,19 ^b _I	3,74±0,26 ^a _I

Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c..) aynı gündeki gruplar arasındaki farkı belirtir (P<0,05). Aynı sütündeki farklı büyük harfler (A,B,C,D,..) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir (P<0,05). '≤4.0' Kabul edilemez sınır değeri. K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat ile kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidrolizat ile kaplanmış grup



Şekil 47. Tütsüledikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının duyu parametrelerindeki puan değişimleri.

Depolamanın 1. gün analizlerinde tüm grupların renkleri kızıl kahverengi olup K grubu örneklerinin kaplamalı gruplara oranla daha soluk görüldüğü belirlenmiştir. Kontrol grubu filetoları yoğun isli kokuya sahipken, diğer grupların daha hafif bir kokuya sahip olduğu tespit edilmiştir. Filetoların dokuları sıkı olarak belirlenmiştir. İlk gün analizlerine göre K, NH ve UH gruplarının aldığı ortalama değerler sırasıyla $9,36\pm 0,07$; $9,73\pm 0,06$ ve $9,74\pm 0,09$ iken depolama boyunca tüm değerlerde istatistik açıdan önemli düşüşler meydana gelmiştir ($P < 0,05$). Otuz dokuzuncu güne kadar tüm değerler kabul edilebilir puan olan 4,00'in üzerinde iken 39. günde bu değer K grubunda $3,60\pm 0,26$ ile bu sınırın altına düşmüştür. Aynı gün NH ve UH grupları için ortalama değerler sırasıyla $5,36\pm 0,11$ $5,84\pm 0,05$ ile kabul edilebilirlik sınırının üzerinde kalmıştır. Ellinci gün bir önceki analizde kontrol grubu filetolarında bozulmalar görüldüğü için bu gruba ait veriler tekrar toplanmamıştır. Bugünde NH ve UH gruplarının duyu analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre renkler her iki grupta da soluk, kokularda hafif ağırlaşma söz konusu olup dokularda kuruma ve çatlak görüntüleri oluşmuştur. Altmışıncı gün analizleri verilerine göre NH ve UH gruplarında renklerdeki solgunluk daha da artmış olup kokularda hafif ağırlaşma, dokularda kuruma ve çatlaklar gelişmiştir. Bu nedenle filetolar görsel olarak yenilemez duruma gelmiştir. Bu günde NH ve UH gruplarının panelistlerden aldığı ortalama puanlar 4,00'in altında bulunmuş olup her iki grup için sırasıyla $3,34\pm 0,21$ ve $3,74\pm 0,26$ olarak belirlenmiştir.

Tüm aylarda tüm duyuşal parametreler istatistiki olarak birbirinden farklı olup, K grubu değerleri diğer gruplara oranla istatistiki olarak dūşük çıkmıştır ($P<0,05$).

3.3.3.4. Mikrobiyal Kriterlerdeki Değişimler

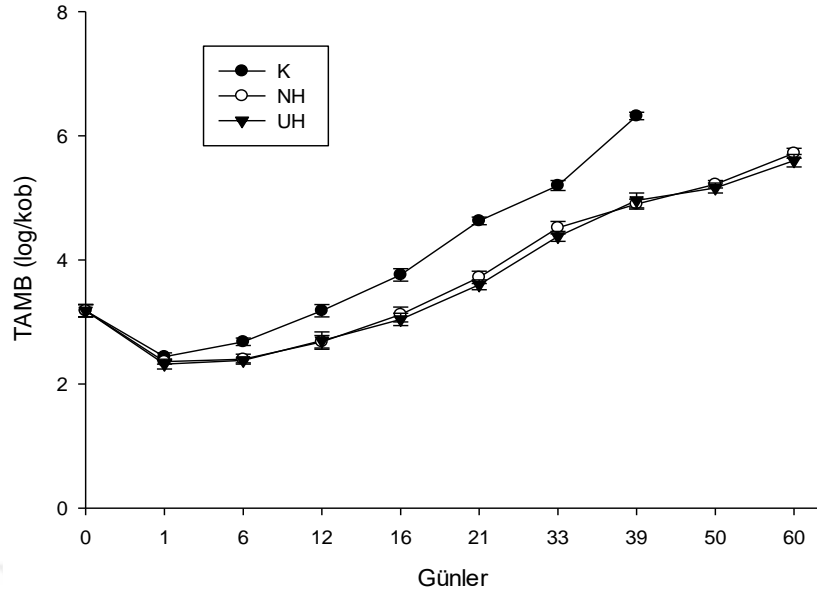
Tütsüledikten sonra kaplanarak +4 °C'de depolanan palamut fileolarına ait TAMB, TAPB, toplam koliform ile toplam küf ve maya sayılarındaki değişim değerleri Tablo 21'de sunulmuştur.

Tütsülemenin başlangıcında taze örneklerin TAMP ve TAPB sayıları sırasıyla $3,18\pm 0,10$ log kob/g ve $2,94\pm 0,08$ log kob/g; toplam koliform ile toplam küf ve maya sayıları $<1,47$ log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın 1. gününden itibaren tüm grupların TAMB ve TAPB sayılarında istatistiki açıdan önemli artışlar gerçekleşmiştir ($P<0,05$). Depolamanın 1. günü hariç K grubuna ait toplam aerobik bakteri sayıları NH ve UH gruplarına oranla istatistiki açıdan önemli ölçüde daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,05$). Buna rağmen tüm depolama süresince K grubu dahil tüm grupların TAMB sayıları kabul edilebilirlik sınırları içerisinde kalmıştır. Kontrol grubunun en yüksek TAMB değerine depolamanın 39. gününde rastlanmış olup bu değer $6,32\pm 0,06$ log kob/g olarak belirlenmiştir. NH ve UH gruplarına ait TAMB değerlerinde 33. gün hariç depolama süresince aynı günler arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklara rastlanmamıştır. NH ve UH gruplarına ait en yüksek TAMB değerleri depolamanın son günü olan 60. gününde tespit edilmiştir. Tütsüledikten sonra kaplanarak buzdolabı koşullarında depolanan palamut fileolarına ait TAMB değişimleri Şekil 48'de sunulmuştur.

Tablo 21. Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında (+4±1 °C) muhafaza edilen palamut filetoalarının mikrobiyal değerlerindeki değişimleri.

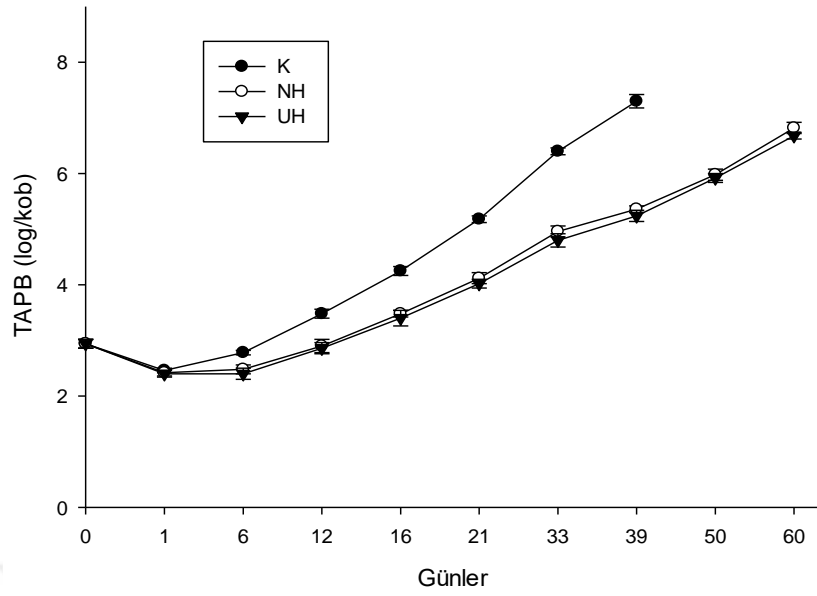
Gün	Örnek Cinsi	Toplam Aerobik Bakteri (log kob/g)			
		Mezofil	Psikrofil	Koliform Bakteri	Maya ve Küf
0	Taze Palamut	3,18±0,10	2,94±0,08	<1,47	<1,47
1	K	2,44±0,06 ^a _A	2,46±0,04 ^a _A	<1,47	<1,47
	NH	2,36±0,04 ^a _A	2,42±0,06 ^a _A	<1,47	<1,47
	UH	2,32±0,08 ^a _A	2,40±0,06 ^a _A	<1,47	<1,47
6	K	2,68±0,06 ^a _B	2,78±0,04 ^a _B	<1,47	<1,47
	NH	2,40±0,08 ^b _A	2,48±0,08 ^b _A	<1,47	<1,47
	UH	2,38±0,04 ^b _A	2,40±0,10 ^b _A	<1,47	<1,47
12	K	3,18±0,10 ^a _C	3,48±0,08 ^a _C	<1,47	1,58±0,06 _A
	NH	2,68±0,10 ^b _B	2,90±0,12 ^b _B	<1,47	<1,47
	UH	2,70±0,14 ^b _B	2,86±0,10 ^b _B	<1,47	<1,47
16	K	3,76±0,10 ^a _D	4,25±0,08 ^a _D	1,62±0,12 _A	1,98±0,08 _B
	NH	3,12±0,12 ^b _C	3,48±0,06 ^b _C	<1,47	<1,47
	UH	3,04±0,10 ^b _C	3,40±0,14 ^b _C	<1,47	<1,47
21	K	4,63±0,06 ^a _E	5,18±0,06 ^a _E	1,98±0,04 _B	2,38±0,10 _D
	NH	3,72±0,10 ^b _D	4,12±0,10 ^b _D	<1,47	<1,47
	UH	3,60±0,08 ^b _D	4,02±0,08 ^b _D	<1,47	<1,47
33	K	5,20±0,08 ^a _F	6,40±0,06 ^a _F	2,28±0,06 ^a _C	2,88±0,06 ^a _E
	NH	4,52±0,10 ^b _E	4,96±0,10 ^b _E	1,62±0,04 ^b _A	1,52±0,04 ^b _A
	UH	4,38±0,08 ^c _E	4,80±0,12 ^b _E	1,58±0,08 ^b _A	1,50±0,02 ^b _A
39	K	6,32±0,06 ^a _G	7,30±0,12 ^a _D	2,82±0,10 ^a _D	3,26±0,12 ^a _F
	NH	4,90±0,08 ^b _F	5,36±0,06 ^b _F	1,88±0,08 ^b _B	1,72±0,06 ^b _B
	UH	4,96±0,12 ^b _F	5,24±0,10 ^b _F	1,80±0,06 ^b _B	1,70±0,08 ^b _B
50	K	*	*	*	*
	NH	5,22±0,06 ^a _G	5,98±0,10 ^a _G	2,18±0,06 ^a _C	1,98±0,04 ^a _C
	UH	5,16±0,08 ^a _G	5,92±0,08 ^a _G	2,12±0,08 ^a _C	1,90±0,06 ^a _C
60	K	*	*	*	*
	NH	5,72±0,08 ^a _H	6,82±0,10 ^a _H	2,42±0,06 ^a _C	2,22±0,06 ^a _D
	UH	5,60±0,10 ^a _H	6,68±0,06 ^a _H	2,36±0,04 ^a _C	2,16±0,08 ^a _D

Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,..) aynı gündeki gruplar arasındaki farkı belirtir (P<0,05), Aynı sütündeki farklı büyük harfler (A,B,C,D,E) farklı günde aynı grup içindeki farkı belirtir (P<0,05), K: Kontrol, NH: Geleneksel hidrolizat ile kaplanmış grup, UH: Ultrason destekli hidrolizat ile kaplanmış grup



Şekil 48. Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TAMB değerlerindeki değişimleri.

Tüm grupların TAPB sayıları da TAMB sayılarında olduğu gibi depolamanın başlangıcında düşüş gösterdikten sonra artmaya başlamıştır. Depolamanın 1. gününde tüm gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmazken diğer günlerde K grubunda NH ve UH gruplarına göre istatistiki açıdan önemli ölçüde yüksek bulunmuştur ($P < 0,05$). Depolamanın 33. gününde K grubu TAPB sayısı $6,40 \pm 0,06$ log kob/g olmuştur. NH ve UH gruplarının TAPB sayılarında gruplar arasında istatistiki olarak benzerlik, günler arasında ise istatistiki farklılıklar tespit edilmiştir ($P < 0,05$). Depolamanın son gününde her iki grubun maksimum TAPB sayıları NH ve UH grupları için sırasıyla $6,82 \pm 0,01$ log kob/g ve $6,68 \pm 0,06$ log kob/g olarak belirlenmiştir. Tütsülendikten sonra kaplanarak buzdolabı koşullarında depolanan palamut filetolarına ait TAPB değişimleri Şekil 49’da sunulmuştur.



Şekil 49. Tütsülendikten sonra buzdolabı koşullarında ($+4\pm 1$ °C) muhafaza edilen palamut filetolarının TAPB değerlerindeki değişimleri.

Koliform bakteri sayıları K grubu için 16. güne kadar $1,47$ 'den düşük iken 16. günde $1,62\pm 0,12$ log kob/g'a yükselmiş ve bu artış 39. güne kadar devam ederek 39. günde $2,82\pm 0,10$ log kob/g olarak belirlenmiştir. Günler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir ($P<0,05$). NH ve UH gruplarında ise 21. gün dahil $1,47$ log kob/g'dan düşük iken 33. günden itibaren artmaya başlamış ve depolamanın son günü bu gruplar için sırasıyla $2,42\pm 0,06$ log kob/g ve $2,36\pm 0,04$ log kob/g değerlerine ulaşmıştır. Kaplamalı grupların koliform bakteri sayıları için gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmazken, günler arasındaki farklılıklar önemli olmuştur ($P<0,05$). Maya ve küf sayıları depolamanın ilk 6 günü tüm gruplar için $1,47$ log kob/g'm altında iken bu değer K grubu için depolamanın 12. gününden itibaren; NH ve UH grupları için ise 33. gününden itibaren artmaya başlamıştır. Bu artış K grubunda kaplamalı gruplara göre daha fazla olurken ($P<0,05$), kaplamalı gruplarda benzerlik göstermiştir. Tüm gruplar için günler arasındaki farklılıkların ise istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$).

4. TARTIŞMA

Alabalık yan ürünlerinden elde edilen GH ve UH verimleri sırasıyla %9,82 ve %10,54 olarak hesaplanmıştır. UH veriminin daha yüksek oranda bulunması ultrason uygulamasının alkalaz aktivitesini pozitif yönde etkilemesiyle açıklanabilir. McClements (1995) ultrasonun moleküler topaklanmaları parçalayarak enzimin daha yüksek aktivite göstermesi ve işlev görmesine olanak sağladığını açıklamıştır. Ma vd. (2011) proteaz enzimi üzerine ultrasonik etkinin mekanizmasını araştırdıkları çalışma sonuçlarına göre ultrasonun alkalaz aktivitesini artırıcı yönde etki ettiğini ortaya koymuşlardır.

Hidrolizatların protein verimleri ise GH için %57,13 ve UH için %61,76 olarak belirlenmiştir. Ultrason etkisiyle hidrolizat işlemi esnasında ortamda alkalazın daha etkin çalıştığı ve daha yüksek oranda protein elde edildiği düşünülmektedir. Çeşitli araştırmacılar mekanik etkiye sahip metotlardan mikrodalga ve ultra ince öğütmede olduğu gibi ultrason uygulamanın da hidroliz ve hidrolizat proteini verimini arttırdığını belirtmişlerdir (Pramanik vd. 2002; Zhang vd. 2013). Liast vd. (2000) Atlantik somon balıkları atıklarından (baş hariç) protein hidrolizatı üretmişler ve hidrolizatın protein oranını %61,8 olarak belirlemişlerdir. Patel (2014) Nil levrek balığı yan ürünlerinden farklı enzimler/enzim oranları kullanarak farklı sürelerde elde ettiği protein hidrolizatlarının protein verimlerini %33,8 ile %68,2 arasında hesaplamıştır. Bu oranlardan %0,5 alkalaz kullanarak 1 saat sürdürdüğü işlem sonucunda elde ettiği protein verimini %44,8 olarak tespit etmiştir. İşlem parametrelerinin mevcut çalışmada kullanılan parametrelerle aynı olmasına karşın hammaddenin farklı olmasının elde edilen ürünün veriminde farklılık bulunmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Renk analizlerinde elde edilen L*, a* ve b* değerlerinden L* değeri 0 (siyah) ve 100 (beyaz) aydınlık derecesini; a* değeri (+) kırmızılık; (-) yeşillik ve b* değeri (+) sarılık; (-) mavilik) derecesini temsil etmektedir. GH ve UH için belirlenen renk değerlerine göre elde edilen tozların renkleri oldukça açık ve parlak olarak belirlenmiştir. Her iki hidrolizatın da renklerinin oldukça açık, beyaza yakın olması gıdalarda kaplama veya katkı maddesi olarak kullanımları esnasında kaplama materyalinin renginden kaynaklanabilecek olumsuzlukları minimize edebileceği, renklerin açık ve parlak görünümde olması ürünlerin kabul edilebilirliklerini arttırabileceği düşünülmektedir.

Arason vd. (2009) morina omurgasından ürettikleri BPH'nın açık sarı bir renk aldığını belirlemişlerdir. Birçok araştırmacı BPH'larının renklerinin birbirine yakın olmakla birlikte sarının farklı tonlarını sergilediğine ve elde edilen tüm BPH'larının renklerinin diğer bitkisel ve hayvansal protein tozu kaynaklarına benzer şekilde ve kabul edilebilir olduğuna vurgu yapmışlardır (Kristinsson ve Rasco, 2000a; He vd., 2012; Demirtaş vd., 2017).

Balık protein hidrolizatlarında yapılan biyokimyasal analiz sonuçlarına göre GH ve UH'a ait protein değerleri yüksek oranda ve birbirine oldukça yakın bulunmuştur (Tablo 5). Yüksek oranda protein içeriğinin hidroliz işleminin karakteristik özelliği sonucu olarak elde edildiği söylenebilir. Chalamaiah vd. (2010) hidroliz işlemi boyunca proteinlerin büyük bir kısmının çözüldüğünü ve çözünmeyen kısımların da santrifüj işlemi esnasında ayrı bir tabaka olarak ayrıldığını bildirmişlerdir. Ham yağ içerikleri ise her iki grupta da aynı olup oldukça düşük bulunmuştur. Düşük yağ oranı da yine hidroliz işlem başamaklarındaki santrifüj ve yağ tabakasını ayırma işlemlerine bağlanabilir. Shahidi vd. (1995) hidroliz esnasında lipitlerin baloncuklar halinde toplanarak çözünmez bir yapı haline gelerek santrifüj aşamasında farklı bir tabaka şeklinde ortamdaki uzaklaştırılmalarının son üründe oldukça az lipit içeriğine sebep olduğunu ortaya koymuşlardır. Protein hidrolizatlarının düşük seviyede lipit içermesi istenen bir özelliktir (URL-1). Mevcut çalışmada her iki grubun kül içerikleri birbirine yakın çıkmıştır. Çalışmada kullanılan hammaddenin içeriğinden dolayı yüksek çıkan kül miktarlarına aynı zamanda hidroliz işleminde pH'ı 8'de sabit tutmak için ortama ilave edilen alkaliden gelen tuzların etkisinin de sebep olabileceği söylenebilir (Shahidi vd., 1995; Benjakul ve Morrissey, 1997). Hidroliz işlemi sonunda donmuş kurutucuda kurutulan örneklerin nem oranları da doğal olarak son ürünün formu gereği oldukça düşük seviyede hesaplanmıştır. Ultrason uygulamanın biyokimyasal kompozisyon üzerinde önemli bir değişiklik meydana getirmediği belirlenmiştir.

Hidroliz işlemi ile elde edilen protein hidrolizatları amino asitler ve kısa zincirli peptitlerden oluşurlar. Hidrolizatlar profilleriyle eczacılıkta ve gıdalarda fonksiyonel özelliklerinden dolayı yüksek rağbet görmektedirler. Herhangi bir gıda proteininin amino asit kompozisyonunun, insan vücudunun çeşitli fizyolojik faaliyetlerinde önemli bir role sahip olduğu ve sağlıklı kalmayı doğrudan ya da dolaylı olarak etkilediği ortaya

konulmuştur. Amino asitlerin; vücutta oksijen, vitaminler, CO₂ ve enzimler gibi önemli işlevleri olan çok çeşitli bileşenin sentezi için gerekli olduğu tespit edilmiştir. Amino asit kompozisyonunun, BPH'larının besin değeri ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi nedeniyle önemli olduğu belirtilmiştir (da Silva Santos vd., 2011). Balık etlerinden elde edilen BPH'ların önemli derecede esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitleri bünyesinde bulundurduğu, balık etlerinin yanı sıra baş, deri ve iç organlara ait hidrolizatların da tüm esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitleri içerdiği de bildirilmiştir. Dolayısıyla, balıkların farklı bölgelerinden üretilen protein hidrolizatlarının, esansiyel amino asitler için iyi birer kaynak olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir (Sathivel vd., 2004; Bhaskar vd., 2008; Giménez vd., 2009; Ovissipour vd., 2009; Yin vd., 2010).

Çalışmada kullanılan yan ürünler ile GH ve UH'a ait toplam amino asit miktarları analiz edilmiş ve yan ürünlerde toplam amino asit miktarı 2,01 g/100 g olarak hesaplanırken bu değer GH için 80,54 g/100 g ve UH için 82,65 g/100 g olarak tespit edilmiştir. Genel olarak UH'a ait amino asit değerleri GH'a oranla daha yüksek olmakla birlikte aralarındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($P < 0,05$). Tüm sonuçlar incelendiğinde glisin her üç grupta da en yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Glisini GH ve UH'da sırasıyla glutamat ve aspartat izlemiştir. Her iki hidrolizat da önemli miktarda esansiyel amino asit içermektedir ki bu da elde edilen GH ve UH'ın gıdalarda amino asit katkısı olarak kullanım imkanını arttırabilir. Nikoo vd. (2015) bir tür mersin balığının derisinden elde ettikleri jelatin hidrolizatında en yüksek amino asit grubunun glisin olduğunu belirlemiştir. Ancak glisin miktar olarak mevcut çalışmada bulunan miktarlardan oldukça fazla çıkmıştır. Ayrıca diğer amino asitlerin de oranları da farklılıklar göstermiştir. Ovissipour vd. (2009) BPH'nın amino asit kompozisyonlarında farklılıklar gözlemlendiğini ortaya koymuşlardır. Farklı BPH'larının amino asit kompozisyonlarındaki değişimlerin, esas olarak hammadde, enzim kaynağı ve hidroliz koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğu bildirilmiştir (Klompong vd., 2009a; Klompong vd., 2009b). Mevcut çalışmada toplam hidrofobik amino asitlerin (alanin, valin, methionin, lösin, izölösün, fenilalanin triptofan ve prolin) toplam amino asitler içerisindeki oranı UH'da daha yüksek bulunmuş olup bu değer GH için %31,31 ve UH için %31,60 olarak hesaplanmıştır. Ancak değerler arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli olmamıştır. Yüksek hidrofobik amino asit varlığında antioksidan özelliklerin

arttığı bildirilmiştir (Foh vd., 2010). Alkalaz ile yapılan enzimatik hidrolizlerde bu enzimin hidrolizatta C formdaki hidrofobik amino asitlerce (alanin, valin, metiyonin, lösin, izölösün, fenilalanin ve triptofan) zengin yapı sağladığı bildirilmiştir (Lourenço da Costa vd., 2007; Ahn vd., 2012). Huang vd. (2015) mısır gluteni hidrolizatı üretiminde farklı ultrasonik uygulamalar yapmışlar ve ultrason uygulanan grupların tamamında kontrol grubuna göre daha yüksek hidrofobik amino asit değerleri ve dolayısıyla daha yüksek antioksidan aktivite elde etmişlerdir. Ultrasonun moleküler topakları kırarak enzim yüzeyinde triptofan birimlerinde bir artış meydana getirdiği bunun da enzimin aktif merkeze ulaşımını kolaylaştırdığı, ve daha fazla substrata ulaşılabilirliği sağladığı bildirilmiştir (Ma vd., 2011).

Şekil 12’de GH ve UH için hidroliz dereceleri gösterilmektedir. Buna göre hidroliz işleminin başlangıcından yaklaşık 35. dakikaya kadar her iki grupta da hızlı bir artış gözlenmiştir. Ortamda çok miktarda peptit bağının bulunması hidroliz ile parçalanacak madde miktarının çokluğunu ifade etmektedir ki bu hızlı artış, hidroliz işleminde doğal bir süreç olarak değerlendirilebilir. Bu aşamaya kadar ultrason uygulamasının istatistiki olarak önemli bir etkisi olmamıştır. Bu süre sonrasında ortamda daha az miktarda peptit bağı kaldığından hidroliz derecesinin artışında yavaşlama gözlenmiştir. Otuzbeş ila 40. dakikalardan sonra UH’a ait hidroliz derecesinde GH’a oranla biraz düşüş meydana gelmiştir ($P<0,05$). Kangsanant vd. (2014) Nil tilapya balıklarından ultrason destekli hidroliz işlemi esnasında hidroliz derecesinin düştüğünü gözlemişler ancak bu düşüşün önemli olmadığını belirtmişlerdir. BPH üzerine ultrason uygulamanın etkisinin araştırıldığı bu çalışma mevcut çalışma ile benzerlik göstermiştir. Buna karşın Huang vd. (2015) mısır protein hidrolizatı üretiminde ultrason uyguladığı grubun hidroliz derecesini kontrol grubuna göre önemli düzeyde arttırdığını bildirmiştir. Farklı çalışmalarda da araştırmacılar farklı protein kaynaklarından ürettikleri protein hidrolizatlarında ultrason uygulanan gruplarda hidroliz derecesinin arttığını bildirmişlerdir (Zhang vd., 2015; Parvathy vd., 2016). Kangsanant vd. (2014)’in çalışması ile benzerlik göstermesine karşın diğer kaynaklardan üretilen hidrolizatlarda uygulanan ultrasonların yoğunluklarındaki farklılıkların, işlem öncesi ön uygulama şeklinde uygulanmasının ve belki de en önemlisi kullanılan hammaddenin hidroliz derecesi üzerinde farklılık yaratmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Mevcut çalışmada hidroliz derecesi her iki grupta da % 20’nin üzerinde belirlenmiştir. Bu da ortamda kısa peptit zincirlerinin bulunduğu bir göstergesi olarak

açıklanabilir. Şekil 13 peptit zincir uzunluklarını göstermektedir. Buna göre hidroliz derecesi ve peptit zincir uzunlukları arasında ters bir orantı görülmektedir. Adler-Nissen (1986) de peptit zincir uzunluğu ile hidroliz derecesi arasında ters bir orantı olduğunu bildirmiştir. Araştırmacı aynı zamanda peptit zincir uzunluklarının protein hidrolizatlarının fonksiyonel özelliklerinin değerlendirilmesinde önemli bir faktör olduğunu da belirtmiştir. Protein hidrolizatlarının yüksek fonksiyonellikte olması bu hidrolizatların fonksiyonel katkı maddesi olarak kullanılmasında istenilen bir özelliktir. Kısa peptit zincirlerinin uzun peptit zincirlerine kıyasla daha yüksek antioksidan ve antihipertansif özellik gösterdiği tespit edilmiştir (Contreras vd., 2009; Di Pierro vd., 2014).

Gıdalarda besinsel değerleri açısından son derece önemli olmakla birlikte, fizikokimyasal karakteristikleri ve diğer bileşenlerle olan etkileşimleri, proteinlerin yararlılığını ve gıda sistemlerinde katkı olarak kullanımlarındaki etkinliklerini son derece arttırmaktadır. Tüm bu özelliklerin proteinlerin fonksiyonel karakteristiklerinden kaynaklandığı ve gıdaların işlenmesi, yeni formülasyonların hazırlanması ve kalitenin korunması açılarından oldukça önemli olduğu bildirilmiştir (Kinsella, 1978). Proteinlerin ana özelliklerini; amino asit içeriği ve dispozyonu, moleküler yapısı, şekli, konformasyonu, net yükü ve protein-protein etkileşimleri belirler. Ancak tek bir bileşen bile büyük önem taşır ve bu bileşenin gıda sistemleri içerisinde su, proteinler ve lipitlerle olan etkileşimi sonuçta proteinlerin fonksiyonelliğini ve uygulamalardaki başarısını ortaya koyar. Sonuç olarak gıda sistemlerinde genel davranış ve nihai kalite nitelikleri birçok farklı bileşen arasındaki etkileşimin sonucu elde edilir. Proteinlerin ana özellikleri ile ortamdaki pH, iyon vb. etkenler birleştiğinde emülsiyonlarda protein, su ve lipitler, köpükte su ve hava etkileşimleri meydana gelir. Proteinlerde çözünürlüğün belirlenmesi, protein denatürasyonunun ve topaklanmanın ölçüldüğü en pratik yöntemdir, dolayısıyla proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesinde iyi bir indekstir. Protein çözünürlüğünde meydana gelen en küçük bir gelişme dahi fonksiyonel özelliklerin de gelişmesi anlamına gelir (Arzeni vd., 2012). Proteinlerin çözünürlüğü yüzey hidrofobik (protein-protein) ve hidrofilik (protein-çözücü) etkileşimleri ile ilgilidir. Yüksek çözünürlük genellikle daha iyi jelleşme, emülsiyon ve köpük özelliklerini işaret eder (Kinsella, 1981; Damodaran, 1997; Pelegrine ve Gasparetto, 2005). Gıda sanayiinde ultrason uygulamalarının çözünürlüğü arttırdığı dolayısıyla, emülsüfiye etme, yağ tutma,

köpürme gibi fonksiyonel özelliklerin de geliştirilmesine katkı sağladığı bildirilmektedir (Mason, 1998; Bryant ve McClements, 1999). Ancak uygulanan ultrasonun çalışma şartları ve kullanılan hammaddenin reolojik ve termo-fiziksel özelliklerinin de proteinlerin fonksiyonel özellikleri üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Awad vd., 2012).

Gruplara ait (GH ve UH) çözünürlük değerleri Şekil 14’de görülmektedir. Her iki gruba ait çözünürlük değerleri asidik ortamda düşük iken, pH’ın artmasıyla artmış ve nötr pH seviyesinden sonra pH 9 seviyesinde tekrar düşüş göstermiştir. En yüksek değerler pH 7’de, en düşük değerler de pH 3’de elde edilmiştir. UH için çözünürlük değerlerinin daha yüksek olması ultrason uygulamasının protein çözünürlüğünü geliştirme yönünde etkili olduğunu göstermiştir. pH 3 hariç diğer pH değerlerinde her iki grup arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). SDS-PAGE profilinde GH ve UH’a ait molekül ağırlıklarının benzer olduğu görülmektedir. Bu da UH’a ait çözünürlük değerindeki artışın peptit bağlarının hidrolizi ile ilgili olmadığını göstermektedir. Jambrak vd. (2009) çalışmalarında ultrason uygulamanın çözünürlüğü arttırmasının açıklamasını SDS-PAGE profillerindeki benzerlikten yola çıkarak yapmıştır. Araştırmacılara göre ultrason uygulamanın protein moleküllerinin peptit bağları üzerinde farklı bir etki gerçekleştirmediği, proteinleri konformasyonel ve yapısal olarak değiştirerek hidrofilik amino asit residülerinin suya doğru hareket ederek çözünürlüğü arttırdığını belirtmişlerdir. Hu vd. (2013) soya proteini izolatu ile yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Bu araştırmacılar da ultrason uygulanan ve uygulanmayan gruplarda benzer SDS-PAGE profilleri elde etmişler ancak ultrason uygulanan gruplardaki çözünürlük değerleri daha yüksek bulunmuştur. Farklı araştırmacılar da ultrason uygulamanın çözünürlük üzerindeki etkisini Jambrak vd. (2009)’nin yaptığı açıklama ile benzer şekilde izah etmişlerdir (Moulton ve Wang, 1982; Morel vd., 2000; Arzeni vd., 2012). Protein çözünürlüğündeki artış ürünün fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi için potansiyel oluşturmaktadır (Pelegri ve Gasparetto, 2005). Dolayısıyla mevcut çalışmada ultrason uygulamanın çözünürlüğü arttırdığı ve devamında da fonksiyonel özellikleri olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Yu vd. (2016) ultrason ön uygulamanın jelatin hidrolizinin kinetiği üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, protein çözünürlüğünün pH 7 ve pH 9’da diğer pH gruplarına oranla daha yüksek değerlere ulaştığını ortaya koymuşlardır. Yanjun vd. (2014) farklı protein kaynakları üzerinde denedikleri ultrason uygulamalarının protein çözünürlüklerini

arttırdığını gözlemlemişlerdir. Diğer birçok araştırmacı da ultrason uygulamasının farklı protein kaynaklarında protein çözünürlüklerini arttırdığını belirtmişlerdir (Jambrak vd., 2009; Karki vd., 2009; Chen vd., 2011).

Proteinler, köpük oluşturma ve oluşan köpükte stabilizasyon sağlamaları bakımından çok çeşitlidir. Bu da proteinlerin köpürme için gereken işlevleri yerine getirme kapasitelerini belirleyen farklı fiziksel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu özellikler; çözünürlük, hidrofobiklik, peptitlerin konformasyonu, oryantasyonu ve bileşimi gibi özelliklerdir. Proteinler bu özelliklerine bağlı olarak hızlı emilim ve yüzey basıncı oluşturarak büyük hacimlerde köpük oluşumunu sağlarlar. Köpürme kapasitesi önemli olduğu kadar proteinlerin köpürme stabilitesini sağlaması da oldukça kritiktir. Köpürme stabilitesi bakımından da proteinler farklı özellikler gösterir. Isıl yolla globular proteinlerin açılımı, ortamdaki hidrofobik gruplar ve bunların etkileşimi, konformasyonel yapı köpürme özelliklerini etkileyen faktörler arasındadır (Kinsella, 1981).

GH ve UH'ın köpürme kapasitesi ve stabilitesi analiz sonuçlarında UH'ın köpürme kapasitesi GH'inkinden daha yüksektir. Protein temelli köpük oluşumunda, çözünebilir proteinlerin yayılımının, hızlı konformasyonel değişimin ve moleküllerin hava-su arayüzünde yeniden düzenlenmesinin gerekliliği bildirilmiştir (Kinsella, 1981; Nalinanon vd., 2011). Buna göre, UH köpürme özelliklerinin yüksek değerleri, moleküllerde konformasyonel değişiklikler yapan ultrasonik işleme açıklanabilir. Köpürme kapasitesine paralel olarak, UH'ın köpürme stabilitesi de GH'dan daha yüksektir. Protein çözünürlüğünün, protein hidrolizatlarının fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, köpürme kapasitesi ve stabilitesi, çözünürlük değerleri ile uyumlu bulunmuştur. Çözünürlük değeri ultrasonla muamele ile arttıkça köpürme kapasitesi ve stabilitesi de artmıştır. Köpürme kapasitesinin yüksek oluşunun sebeplerinden biri de ultrasonun daha homojen ürün elde edilmesini sağlaması ile açıklanabilir. Ultrasonun genellikle protein ve yağ parçacıklarını ürün içersinde daha eşit bir şekilde dağıttığı ve köpürme kapasitesini arttırdığı bildirilmiştir (Knorr vd. 2011). Mevcut çalışmada SEM analizi sonuçları da bu hipotezi doğrulayacak şekilde elde edilmiştir (Şekil 16). Farklı çalışmalarda farklı protein kaynaklarında ultrasonun etkisiyle daha yüksek çözünürlük özelliklerine ulaşıldığı bildirilmiştir (Singh ve Singh 1991; Soria-Hernandez vd., 2015). Jambrak vd. (2009) ultrason uygulamasının soya

proteinlerinin fiziksel özelliklerini iyileştirmede etkili bir yol olduğunu göstermiştir. Öte yandan HD'nin köpürme özellikleri ile ters bir eğilime sahip olduğu bildirilmiştir; düşük bir HD'nin sıklıkla yüksek köpürme kapasitesine neden olduğu, yüksek bir HD'nin ise genellikle daha düşük köpürme özelliklerine neden olduğu tespit edilmiştir (Jideani, 2011). Ochoa-Rivas vd. (2016) alkali koşullar altında yerfıstığı unundan elde edilen protein ekstraksiyonu üzerine ultrason etkisini gözlemledikleri çalışmada benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Lomakina ve Mikova (2006) yumurta akının köpürme özelliklerine etki eden faktörleri araştırdıkları çalışmada yüksek basınç uygulaması yapılan örneklerle nazaran yüksek basınç ile kombineli olarak ultrason uygulamasının yapıldığı örneklerde köpürmenin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Su tutma kapasitesi; protein jelleri veya sığır eti ve balık kası gibi bir protein matriksi içinde suyun emilmesini ve yer çekim kuvvetine karşı tutma kabiliyetini ifade eder. Kas dokusuna eklenen proteinlerin su tutma kapasitesi gıda endüstrisi için büyük önem taşır. Çünkü bir gıda matriksinde su tutulması sıklıkla dokuyu geliştirir ve ortamdaki proteinlerin fonksiyonel özellikleri kısmen su-protein etkileşimine bağlıdır ve nihai sonuç, proteinin bir gıda matriksine ne kadar iyi bağlandığı ve suyun tutulduğuna bağlıdır. Enzimatik hidroliz sırasında artan COOH ve NH₂ gibi polar grupların varlığı, elde edilen ürünün su tutma kapasitesi üzerinde önemli bir etki yapmaktadır. BPH'larının mükemmel bir su tutma kapasitesi olduğu ve bu nedenle bazı gıda formülasyonları için kullanılacakları belirtilmiştir (Kristinsson, 1998). Zayas (1997) hidrofobik proteinlerin yüksek yağ tutma kapasitesinde etkili olduğunu belirtmiştir. Çalışma bulgularında görüldüğü gibi UH'a ait su tutma kapasitesi GH'a ait su tutma kapasitesinden önemli derecede düşük, yağ tutma kapasitesi ise GH'a ait yağ tutma kapasitesinden önemli derecede yüksek bulunmuştur. Phillips ve Beuchat (1981) hidrofilik gruplarla su arasında, hidrofobik gruplarla da yağ arasında bir interaksiyon meydana geldiğini belirterek ultrason uygulamanın konformasyonel değişimlere sebep olduğu ve bunun da hidrofobik grupları artırarak su tutma kapasitesini düşürdüğünü buna karşın yağ tutma kapasitesini desteklediğini açıklamışlardır. Kristinsson ve Rasco (2000a) hidroliz işleminin, polar grupların konsantrasyonunu arttırarak proteinlerin su tutma kapasitesini modifiye ettiğini belirtmişlerdir.

Katı materyallerin yüzeyine uygulanan taramalı elektron mikroskobu ile elektron-örnek etkileşimlerinden elde edilen sinyaller, dış morfoloji (doku), kimyasal bileşim ve numuneyi oluşturan kristal yapı ve oryantasyon gibi örnek özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Ultrason işleminin BPH yapısı üzerine etkisini belirlemek amacıyla liyofilize GH ve UH'ın mikroyapısı SEM ile farklı büyütme değerleri altında izlenmiştir. Şekil 16'da görüldüğü gibi, GH ve UH'ta farklı mikroyapılar elde edilmiştir. UH daha büyük topaklanmalar ile levha şekilli morfolojiye ve pürüzsüz bir yüzey yapısına sahipken GH, hem yuvarlak yapılara hem de plaka şekilli morfolojiye ve diğer gruba nazaran daha küçük topaklanmalara sahiptir. Ultrason uygulamasının UH moleküllerinin açılmasına ve moleküllerin yüzeyinde daha yüksek hidrofobik grupların oluşumuna neden olduğu, oluşan büyük yapıların hidrofobik grupların birbirleri ile etkileşiminden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Hu vd. (2013) soya protein izolatu dispersiyonlarının yapısı üzerinde farklı frekans ve sürelerde denedikleri ultrason uygulaması ile örneklerde daha büyük ve daha heterojen yapılar oluştuğunu, ultrason süresinin uzamasına bağlı olarak da daha büyük yapılar oluşmuş olabileceğini bildirmişlerdir. Zhou vd. (2017) mısır gluteni unu hidrolizatında ısı, ultrason ve ultrason/ısı kombinasyonlarının etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında kontrol grubunun büyük doku yapısında olmasına karşın ultrason ön muamelesinden geçirilen örneklerin yüzeylerinin daha yoğun, sıkışmış ve gözenekli bir yapı aldığını gözlemlemişlerdir. Gulseren vd. (2007) bovin serum albümin solüsyonunda ultrason uygulaması sonunda daha büyük parçacık büyüklüğü elde etmişlerdir. Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar literatür verileriyle uyumluluk göstermektedir. Farklı araştırma sonuçlarında elde edilen yapısal değişikliklerin öncelikle kullanılan hammaddeden kaynaklandığı ayrıca uygulanan ultrasonik şartların (ön uygulama, süre, yoğunluk, güç gibi) farklılığına da bağlı olarak farklılık gösterdiği düşünülmektedir.

Balık yan ürünleri; yapısal kas proteinleri, bağ doku proteinleri ve sarkoplazmik proteinleri de içermek üzere çok sayıda farklı protein yapısını kapsayan karmaşık maddelerdir (FAO, 2006). Her iki hidrolizattaki protein yapılarının çok yüksek bir oranda bozulduğu gözlenmiştir. Örneklerde bulunan en yüksek moleküler ağırlıklı peptit 97 kDa civarındadır. SDS-PAGE profillerinde miyosin ağır zinciri gibi yüksek molekül ağırlıklı yapılara rastlanmaması, hidroliz işleminin efektif bir şekilde gerçekleştiğini, enzim olarak seçilen alkalazın uygun bir seçim olduğunu göstermektedir. Buna karşın gözlenen düşük molekül ağırlıklı bantların çoğunlukla metabolik enzimleri de içeren sarkoplazmik

proteinlere tekabül edebilecek yapılar olduğu söylenebilir. Khantaphant vd. (2011) çalışmaları BPH'ında molekül ağırlıklarının 20 kDa'dan düşük olduğunu belirtmişlerdir. Mevcut çalışmada, ultrason uygulamasının elektroforetik profillerde büyük değişiklikler oluşturmadığı, yani proteinlerin primer yapılarında değişiklik meydana getirmediği gözlenmiştir. Benzer şekilde Krise (2011) ultrason uygulanmamış ve uygulanmış yumurta beyazı hidrolizatlarının molekül ağırlık profillerinde hiçbir fark gözlemediklerini bildirmiştir. O'Sullivan vd. (2014) üç farklı süt ürününün yapısal ve fiziksel özelliklerine ultrasonun etkisini araştırmışlar; ultrason uygulanmamış veya uygulanmış gruplar arasında hiçbir protein fraksiyonu gözlemlenmemişlerdir. Benzer şekilde, Gulseren vd. (2007) muamele edilmemiş ve ultrasonla muamele edilmiş sığır serum albüminin moleküler ağırlıklarında herhangi bir fark bulamamışlardır. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar, farklı ürünlerde ultrason uygulamalarının etkilerinin araştırıldığı diğer elektroforez çalışmalarıyla (Chen vd., 2011; Hu vd., 2013; Higuera-Barraza vd., 2017) da benzerlik göstermektedir. Buna rağmen Jambrak vd. (2014) ultrasona tabi tuttuğu peyniraltı suyu konsantresi ve izolatinin molekül ağırlıklarında düşüş gözlendiğini bildirmişlerdir. Bu araştırmacıların çalışmalarında kullandıkları ultrason kaynağında kullandıkları güç, süre ve yoğunluğun farklı olması sonuçların farklı elde edilmesine sebep olmuş olabilir.

Çalışmada GH ve UH'a ait antioksidan aktivite kapasitesinin belirlenmesinde CUPRAC, FRAP ile TEAC ve ABTS radikal süpürme aktiviteleri kullanılmıştır. Protein hidrolizatlarının; peptit yapılar ve küçük protein fraksiyonlarından oluştuğu, ki bunların hidrojen vererek radikallerle reaksiyona girdiği onları daha kararlı ürünlere dönüştürdüğü, radikal reaksiyon göstererek antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirtilmiştir (Kittiphattanabawon vd., 2012).

GH ve UH'ın toplam radikal süpürme kapasitesi, ABTS^{•+} radikal süpürme analizi kullanılarak belirlenmiştir. ABTS^{•+}'nin, ABTS'nin potasyum persülfat ile oksitlenmesiyle üretildiği ve hidrojen veya bir elektron verici antioksidan varlığında indirgenmediği bildirilmiştir (Binsan vd., 2008). GH, UH ile karşılaştırıldığında, tüm nihai konsantrasyonlarda etkili radikal süpürme aktivitesi Tablo 9'da gösterilmiştir. Artan bileşik konsantrasyonlarının radikal temizleme kabiliyetinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Önceki bazı çalışmalar, ABTS temizleme aktivitesinin artan

konsantrasyonlarda arttığını bildirmektedir (Chalamaiah vd., 2013; Intarasirisawat vd., 2014). Chalamaiah vd. (2015) histidin, metiyonin, sistin, fenilalanin ve tirozin gibi bazı amino asitlerin ABTS⁺ radikallerini atma aktivitelerini arttırmada etkili olduğunu belirtmişlerdir. Mevcut araştırmada bu amino asitlerin toplam miktarı GH ve UH'ta benzer bulunmuştur. Histidinin, bir elektron vererek ve imidazol halkasının şelatlama ve lipit yakalama yoluyla lipit oksidasyonunu inhibe ederek serbest radikalleri dengeleyen yetenekler gösterdiği savunulmaktadır. Mevcut çalışmada histidin, GH'da UH'dan daha yüksek bulunmuştur. Düşük SC₅₀ değerleri, daha yüksek bir radikal temizleme etkinliği sergilemektedir. GH ve UH için ABTS⁺ yönteminde SC₅₀ değerleri sırasıyla 160,0 µg/mL ve 180,10 µg/mL olarak tespit edilmiştir. Yang vd. (2016) çalışmalarında, sazan hidrolizatında ABTS temizleme aktivitesini, kontrol ve ultrasonla ön işleme tabi tutulmuş örneklerde %91,2 ve %92,7 olarak bulmuşlardır.

CUPRAC yönteminin hem hidrofilik hem de lipofilik antioksidanların toplam antioksidan kapasitelerinin ölçülmesinde kolaylıkla kullanıldığı belirtilmiştir (Yavaşer, 2011). Grupların (CUPRAC yöntemine göre) troloks eşdeğer antioksidan kapasitesi (TEAC) değerleri, Troloks® standart grafiğinde verilmiştir. TEAC yönteminin, troloks eşdeğer antioksidan kapasitesi gibi elektron transferi üzerine kurulduğu bildirilmiştir (Sarmadi ve Ismail, 2010). FRAP yönteminde UH ve GH'ın demir (III) ve demir (II)'ye indirgenme aktiviteleri FeSO₄.7H₂O standart grafiği üzerinden (Şekil 18) FeTe-Fe²⁺ kompleksi reaksiyon ortamında 593 nm'de oluşturulmuştur. Her iki yöntemde de, UH örneklerinin daha yüksek antioksidan aktivitelerinin, ultrason etkisi ile fraksiyonların yapılarındaki değişikliğe bağlı olarak oluştuğu düşünülmektedir. Jiang vd. (2014) ultrasonik muamelenin, moleküllerin içine gömülmüş moleküllerin yüzeyine maruz bırakılan hidrofobik proteinlerin yüksek etkileşimine neden olduğunu belirtmiştir.

Balık kasındaki bağ doku yapısının zayıf olmasının, yüksek enzim aktivitesinin, pH değerinin ve su içeriğinin balık etini bozulmaya karşı hassas kıldığı bildirilmiştir (Özden ve Gökoğlu 1997). Varlık (1994) balık etinin bozulmasının otolitik, oksidatif ve bakteriyel yollarla gerçekleştiğini, balıklarda duyuşal, mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal yöntemlerle saptanabilen, kalite değişimlerine yol açan faktörlerin, endojen (balık dokusu enzimleri) ve eksojen (çevre etkileri, mikroorganizmalar) olmak üzere iki gurup altında toplanabileceğini belirtmiştir.

Balıklarda depolama şartlarına bağılı olarak genelde 0-4 °C'de, bakteriyel aktiviteler, kimyasal ve fiziksel değişimler kısmen de olsa devam etmektedir. Bu depolama sıcaklıklarında su ürünlerinde 2-3 gün içerisinde duyuşsal değişimler oluşmakta ve bozulmayı takiben taze balığa has koku yerini, amonyaklı bileşiklerin artmasıyla amonyak kokusuna bırakmaktadır. Diğer bozulma ürünlerinden kaynaklanan kötü koku ve tat bileşikleri ortaya çıkmaktadır. Chomnawang vd. (2007) kültür ve avlanmış hibrit kedi balıkları filetoalarını (*Clarias macrocephalus* ve *Clarias gariepinus*) +4 °C'de depolayarak 3 günde bir analize almışlar ve kalite değişimlerini takip etmişlerdir. pH, TVB-N ve otolitik yıkım ürünleri bulgularına dayanarak 6 gün süresince balıkların iyi kalite özelliklerini koruduğunu, ancak 9 gün içerisinde tüketilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Su ürünlerinin hızla bozulmasının önüne geçebilmek amacıyla birçok araştırmacı doğal ya da sentetik koruyucu katkıları ilave ederek, farklı kaplama veya paketleme yöntemleri uygulayarak, yeni teknolojiler geliştirerek bu olumsuzlukların önüne geçmeye çalışmaktadır.

Su aktivitesi (a_w), gıdadaki suyun basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun basıncına oranıdır. "Tehlike Analizleri ve Kritik Kontrol Noktaları" programının uygulandığı birçok durumda bu kriterin belirleyici olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Abbas vd., 2009). Scott (1957) bakteriyel gelişimin nem ile değil su aktivitesi ile bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur. Taze et ve et ürünleri başta olmak üzere, hayvansal gıdaların çoğunun a_w değeri 0,99 civarındadır. Bu değer bozulmaya neden olabilecekler de dahil, birçok mikroorganizmanın gelişmesi için idealdir. Balpetek Külcü (2017) temizleyerek +4 °C'de depoladığı palamut balıklarının başlangıç a_w değerini 0,992 olarak belirlemiş, 7 günlük depolama sonunda ise bu değerin 0,982'ye düştüğünü bildirmiştir.

Çalışmada soğuk muhafazada depolanan K, NH ve UH grubu palamut filetoalarının tüm gruplarında a_w değerleri 0,97'nin üzerinde ölçülmüştür. Yüksek a_w değerinin ortamda birçok mikroorganizmanın gelişebilmesine imkan sağlayan bir durumu işaret etmesiyle birlikte ürün kalitesinin belirlenmesinde tek başına değerlendirilmesinin sağlıklı olmadığına vurgu yapılmıştır (Karaçalı, 2002). Mevcut çalışmada ürünün pH'ı, sıcaklık ve kaplama materyallerinin etkisi gibi faktörler de değerlendirilerek sonuçlar ortaya

konulmuştur. Ultrason uygulanmış kaplama materyalinin ürünün a_w değerine önemli bir etki yapmadığı belirlenmiştir. Arslan (2016) alabalık atıklarından elde ettiği hidrolizatla kapladığı alabalık filetoalarını 9 gün boyunca +4 °C’de depolamıştır. Çalışmanın son gününde kontrol grubunun a_w değeri 0,997 iken, aynı değer hidrolizat kaplamalı grupta da benzerlik göstererek 0,996 olarak tespit edilmiştir.

Balığın ölümünü takip eden sürede glikojenin laktik aside dönüşmesinin balık etinde pH’ın düşmesine; bozulmaya sebep olan bakterilerin amino asitler gibi düşük moleküllü bileşenleri kullanarak alkali amonyak bileşenlerinin ortamda birikiminin arttırmasını sebep olması ise pH’ın artmasına sebep olduğu belirtilmiştir (Cai vd., 2014). pH değerinin türe, çevresel faktörlere, balığa uygulanan işlemlere bağlı olarak da değişebildiği bildirilmiştir (Campos vd., 2005). pH’daki artışın depolama süresince kalite üzerinde etkilere sebep olduğu, bu etkilerin özellikle ürünün koku, renk, tekstür gibi duyuşal özelliklerinin negatif yönde etkilenmesi şeklinde geliştiği ortaya konmuştur (Karaduman, 2018). Taze balıklarda pH değerinin 6,0 ile 6,5 arasında olduğu bildirilmekle birlikte bu değer yakalama sonrasında azalma ve depolama sırasında artış göstermektedir. Kabul edilebilir pH seviyelerin 6,8 ile 7,0 arasında olduğu, pH 7’nin üzerinin ise kabul edilemez olduğu bildirilmektedir (Nettleton, 2000; Ruiz-Capillas ve Moral 2001).

Erdem vd. (2009) +4 °C’de depoladıkları palamut balıklarının başlangıç pH değerlerini ortalama 5,61 olarak belirlemişlerdir. Kaba vd. (2013) taze palamut balığında pH değerini 6,09 olarak tespit etmiştir.

Genel olarak etlerde pH’ın, ortamda bulunan proteolitik bakterilerin ve otolitik enzimlerin faaliyetlerine bağlı olarak arttığı bildirilmiştir (Kılınccer vd., 2009). Mevcut çalışmada 15. günde tüm grupların pH değerleri maksimuma ulaşmıştır. Elde edilen verilere göre depolanması esnasında NH ve UH gruplarının pH değerlerinde istatistiki olarak herhangi bir farklılık meydana gelmemiştir. BPH üretimi sırasında pH değerleri 8’de sabit tutulduğundan kaplama materyalinden kaynaklı herhangi bir değişim beklenmemekteydi. Ölçüm sonuçları da bu beklentiye karşılayacak şekilde elde edilmiştir. Cai vd. (2014) Ergothioneine (bir tür amino asit türevi) ile zenginleştirilmiş kitosan ile kapladıkları Japon levrek balıklarında yaptıkları pH ölçümlerine göre bu değer ilk 8 gün boyunca dereceli olarak düşüşe geçmiş, kontrol grubu ve kaplanmış örnekler

arasında önemli bir fark olmadığı halde kaplanmış örneklerin pH değerleri daha düşük bulunmuştur. Araştırmacılar düşük pH'ın sebebini kullanılan daldırma solüsyonu ve balık etinde bulunan glikojenden kaynaklanan laktik asit oluşumuna bağlamışlardır. Çalışmalarında 8. günden itibaren tüm grupların pH'ında artış olmuş, bu artış kaplanmış gruplarda oldukça düşük, kontrol grubunda ise daha yüksek bulunmuştur. En düşük pH değerleri çalışmanın son gününde kaydedilmiştir. Araştırma esnasındaki pH değerlerindeki artışın (tüm gruplarda yaklaşık 7,4 civarında) esas olarak balık etinin mikrobiyal bozulmasından kaynaklı amonyum ve trimetilamin gibi alkali bileşiklerin oluşumuna bağlı olduğu belirtilmiştir. Özyurt vd. (2012) biberiye ekstraktı uygulayarak soğukta muhafaza ettikleri sardalya balıklarının pH değerlerinde sürekli bir artış gözlemlemişlerdir. Souza vd. (2010) kitosan film kaplayarak 0 °C'de 6 gün depoladıkları somon filetolarının pH değerlerinde artış gözlemlerken, kitosan kaplamalı filetoların kontrol grubuna göre önemli derecede daha düşük pH'a sahip olduğunu belirlemişlerdir. Can ve Patır (2012) kitosan ile kaplanan alabalık filetolarının soğuk muhafazası sırasında meydana gelen değişimleri incelemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada kitosan ile muamele edilen gruplarda pH değerinin kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Dekkers vd. (2011) tilapya balığı protein hidrolizatına daldırılmış mahi mahi (*Coryphaena hippurus*) balıklarının kırmızı kasının oksidatif stabilitesini araştırdıkları çalışmalarında +4 °C'de depolama süresince pH'ta düşüşler gözlemlemişlerdir. Çalışmayı 85 saat sonunda mikrobiyal üreme nedeniyle durdurmuş olsalar da pH izlemeye devam etmişler ve 85. saatten sonra 145. saate kadar bir artış gözlendiğini bu artışın da mikrobiyal üreme döneminde uçucu baz bileşenlerinin oluşumuna bağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Mevcut çalışma sonuçları genel olarak literatür bilgileri ile uyumaktadır; depolama süresince pH değerlerinde artış meydana gelmesine karşın bu artış kaplamalı gruplarda K grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Depolamanın 9. gününde K grubunun pH değeri $7,24 \pm 0,06$ ile kabul edilebilir seviyenin üzerine çıkmıştır. Kaplamalı gruplarda ise pH açısından kabul edilebilirlik sınırı 15. günde aşılmıştır.

Renk; gıda ürünlerinin görünümü, kabul edilebilirliği ve tercihi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, renk, satış noktasında ürünün kalitesi değerlendirilirken belirleyici bir rol oynamaktadır. Rengin, hem kas yapısı özellikleri hem de pigment

konsantrasyonları tarafından etkilendiği bildirilmiştir (Gines vd., 2004). Ete rengini veren pigment miyoglobindir. Miyoglobin, globin içeren protein ve demir atomu (Fe^{2+}) taşıyan heme molekülü olmak üzere iki kısımdan oluşmuştur. Eten rengi oksidasyon durumuna bağlı olarak miyoglobinin belirli dalga boyundaki ışığı absorbe etme ve yansıtmasından kaynaklanır. Balık ve su ürünlerinde ayıklama işleminden hemen sonra etin rengi koyu kırmızı iken atmosferik basınçta oksijenin etkisiyle kısa bir sürede miyoglobin oksimiyoglobine dönüşmekte ve et parlak kırmızı bir renk almaktadır. Taze ette rengin, miyoglobin ve oksimiyoglobin miktarına bağlı olarak değişmekte olduğu, oksidasyonun ilerlemesi ile metmyoglobin miktarının artarak rengin koyulaştığı belirtilmiştir (Yağız vd., 2007).

Soğuk muhafaza boyunca tüm grupların L^* ve b^* değerlerinde artış; a^* değerlerinde de düşüş meydana geldiği belirlenmiştir. Ancak NH ve UH grubu palamut filetolarına ait L^* değerleri K grubuna göre daha yüksek bulunmuştur, bu da kaplama materyalinin renk üzerinde önemli etkiler yaptığını göstermektedir ($P<0,05$). Depolamadan hemen sonra önemli artış gösteren K grubuna karşın kaplamalı grupların L^* değeri bir süre sabit değere yakın değerlerde kalmıştır.

Pozitif değeri kırmızılığı temsil eden a^* değerindeki düşüş depolama süresince ürünün sahip olduğu kırmızı renk pigmentlerinin azalmasına bağlı olarak gerçekleşmiştir. NH ve UH grubu palamut filetolarına ait a^* değerleri depolama süresince düşüş göstermekle birlikte bu değer depolamanın sonunda K grubuna göre daha yüksektir. UH grubu ürünlerde depolama boyunca meydana gelen değişikliklerin NH grubundan farklı olmadığı, dolayısıyla ultrason uygulamanın kaplanmış ürünlerin renklerine önemli bir etkisi olmadığı ortaya konmuştur. GH ve UH gruplarına ait renk ölçümlerinde de her iki grup arasında renk açısından önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

Mevcut çalışma sonuçları Alp Erbay vd. (2017)'nin çalışmaları ile uyum içerisindedir. Araştırmacılar da çalışmalarında peynir altı suyu izolatu ile kapladıkları alabalık filetolarını $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 15 gün depolayarak kaplama materyalinin kalite parametrelerine etkilerini araştırmışlardır. Ürünlerde renk parametrelerinden L^* değerlerinin kaplamalı örneklerde kontrol grubu örneklerine göre önemli farklılıklar gösterdiği, örneklerin a^* değerlerindeki düşüşlerin ise kontrol grubunda kaplamalı gruplara oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışma bu anlamda mevcut

çalışmada elde edilen değerlerle benzer eğilim göstermiştir. Özyurt vd. (2015a) soğuk ve donmuş depolama boyunca L*, a* ve b* değerlerinde kaplama materyaline bağlı olarak önemli bir farklılığın meydana gelmediğini belirtmişlerdir.

Mevcut çalışma renk açısından değerlendirildiğinde; kaplanmış palamut filetolarının kontrol grubuna göre daha açık renkte ve parlak görünüme sahip olmalarının satın alma aşamasında tercih edilme açısından bu ürünlerde avantaj sağlayabileceği söylenebilir.

Balık etinin kimyasal yapısı tazeliğin kaybedilmesi ile birlikte değişim gösterir. Taze et bileşimindeki bazı bileşenlerde azalma olurken bazı diğer bileşenlerde ise artma olur. Araştırmacılar çözünebilir azotlu bileşiklerin, serbest amino asit ve peptitlere bağlı aroma maddelerinin, azotlu maddelerin parçalanması sonucu açığa çıkan uçucu bazların, amonyak, mono, di ve trimetilamin, uçucu asitler, hipoksantin ve malonaldehit gibi indirgen maddelerin bozulma ürünlerini oluşturduğunu ifade etmişlerdir (Özden ve Baygar, 2003; Al-Bandak vd., 2009). Çalışmada depolama süresince balık filetolarında meydana gelen bozulmanın ölçümünde TVB-N, TBA ve TMA analizleri yapılmıştır.

Su ürünlerinde bakteriyel ve enzimatik bozulma ile birlikte TVB-N değeri depolama boyunca zaman ve sıcaklık gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu değişim artış olarak kendini gösterir. TVB-N'nin yüksek değerleri, proteolitik bakterilerce üretilen azotlu materyallerin varlığını gösterdikleri için, istenmemektedir (Gram ve Huss, 1996; Feng vd., 2016; Nilsuwan vd., 2016). TVB-N analizinin balıklarda tazeliğin ölçümünde en çok kullanılan yöntemlerden biri olduğu bildirilmiştir (Ruiz-Capillas ve Moral, 2001). Avrupa Birliği kararlarına göre TVB-N limit değeri *Sebastes* spp., *Helicolenus dactylopterus*, *Sebastichthys capensis* türleri için 25 mg/100 g, *Pleuronectidae* familyasına ait türler için 30 mg/100 g, *Salmo salar*, Merlucciidae ve Gadidae familyasına ait türler için 35 mg/100 g olarak belirlenmiştir (EU, 1995). Öte yandan bazı araştırmacılar tarafından TVB-N değerleri genel olarak balıklar için 25 mg/100 g altında çok iyi, 30 mg/100 g iyi, 30-35 mg/100 g pazarlanabilir, 35 mg/100 g'dan yüksek ise bozulmuş olarak kabul edilmiştir (Huss, 1988; Varlık vd., 1993). Koral (2006) buzdolabı koşullarında muhafaza ettiği palamut balıklarının TVB-N değerini depolamanın 5. gününde 35,37 mg/100 g olarak tespit ederek tüketilebilirlik sınırını

aştığını belirtmiştir. Balıkların muhafazası esnasında kısa sürede meydana gelen bozulmaların önüne geçilmesi için uygulanan yöntemlerden biri olan yenilebilir film ve kaplama uygulamaları çeşitli araştırmacılarca denenmiş ve günümüzde gıda sanayiinde de kullanılan yöntemler arasına girmiştir.

Mevcut çalışmada K grubu TVB-N değeri hızlı bir artışla depolamanın 9. gününde bozulma sınırını aşmıştır. Buna karşılık kaplanmış grupların TVB-N değerlerindeki artışlar daha yavaş gerçekleşmiş ve 15. günde 35 mg/100 g'ın üzerine çıkmıştır. Buna göre GH ve UH kaplamanın, proteinlerin ve diğer azot içeren bileşiklerin mikrobiyal bozunmasını etkili bir şekilde geciktirebileceği ve böylece, taze palamut filetolarının TVB-N değerlerini kontrol edebildiği söylenebilir. Alp Erbay vd. (2017) peynir altı suyu izolatu ile kaplayarak +4 °C'de depoladıkları alabalıkların TVB-N değerlerinin kontrol grubuna göre daha yavaş artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Hu vd. (2012) gümüşü sazan balıklarının deri ve kas dokularından elde ettikleri protein hidrolizatları ile kapladıkları sazan balıklarının +4 °C'de 18 gün boyunca depolanması sonunda kalite değişimlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar TVB-N'in başlangıç değerinin 7,04 mg/100 g olduğunu, tüm gruplarda düzenli olarak artış gösterdiğini ve kontrol grubunda 6. günde yaklaşık 13,0 mg/100 g'a kadar ulaştığını bildirmişlerdir. Deri kaynaklı hidrolizat ve kitosanla kaplanmış filetolarda 10. ve 14. günlerde bu değer in altında kaldığını, 16. günde ise bu gruplarda TVB-N değerlerinin sırasıyla 14,3 ve 19,0 mg/100 g olarak ölçüldüğünü bildirmişlerdir.

Yağlı ve çoklu doymamış yağ asitlerince zengin balık türlerinde erken bozulmaya sebep olan nedenlerden biri lipit oksidasyonudur. Bileşimlerinde bulunan lipitler ve doymamış yağ asitleri ile koyu renkli kasların fazla oluşu bu balıkları oksidasyona karşı beyaz etli yağsız balıklardan daha hassas kılmaktadır. Yağlı balıklarda özellikle deri altında yoğunlaşan yağlar atmosferik oksijenle yakın temas halindedir ve içerdikleri lipoksigenaz enziminin faaliyeti ile birlikte kolayca okside olabilmektedirler. Koyu renkli kaslarda bulunan miyoglobin ve hemoglobin gibi heme pigmentleri, prooksidan (oksidasyonu artırıcı) etki göstermektedirler. Diğer yandan balıktaki metal iyonları da lipit oksidasyonunu katalize etmektedir. Özellikle demir ve bakır gibi metal iyonlarının yağlı balıklarda lipit oksidasyonunu hızlandırdığı bildirilmektedir (Khayat ve Schwal, 1983; Sikorski 1990; Hultin, 1994).

Lipit oksidasyonunun belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan metotlardan biri TBA analizidir. Varlık (1994) çok taze bir balıkta TBA miktarının 3 mg malonaldehit/kg'dan az; iyi bir balıkta 5 mg malonaldehit/kg'dan çok olmaması gerektiğini, tüketilebilirlik limitlerinin ise 7 ila 8 mg malonaldehit/kg arasında olduğunu; bu değer üzerinde balığın bozulmuş olarak kabul edildiğini bildirmiştir. Protein bazlı yenilebilir filmler ve kaplamaların, O₂ geçirgenliği için iyi bir bariyer olduğu bildirilmiştir (Debeaufort vd., 1998). Mevcut çalışmada kullanılan palamut balığı yağlı balıklar grubundan olup yağ içeriği mevsimsel değişimle birlikte çalışmanın yapıldığı kasım ayında ortalama %8,4 civarındadır. Benzer şekilde bulundurduğu yüksek orandaki tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri (Balcik Misir vd., 2014) zamanla oksidasyona uğrayarak ürünün bozulmasına sebep olacak etkenlerin önde gelen sebeplerindedir. Dolayısıyla depolama esnasında lipitlerin bozulmasını önleyecek önlemlerin alınması adına kaplama materyallerinin kullanılması son yıllarda denenilen yöntemlerden biridir. Mevcut çalışmada GH ve UH için yapılan antioksidan aktivite özellik analizlerinde her iki kaplama materyalinin de iyi birer antioksidan olduğu ortaya konulmuştur. GH ve UH'ın demir ve bakır iyonlarını indirgeme yoluyla da oksidasyonu geciktirdiği göz önüne alındığında elde edilen TBA değerlerine göre GH ve UH'ın kaplama materyali olarak palamut filetolarında depolama süresince lipit oksidasyonunu bir dereceye kadar kontrol etmiş olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, Sathivel (2005) soya protein konsantresi ile kaplı donmuş pembe somon filetolarının da lipit oksidasyonuna karşı korunduğunu bildirmiştir. Nguyen vd. (2017) alabalık yan ürünlerinden enzimatik yolla elde ettikleri protein hidrolizatının iyi bir antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir. TBA değeri açısından bakıldığında, K grubu depolamanın 12. gününde 5,34 mg malonaldehit/kg ve 15. gününde 7,28 mg malonaldehit/kg değerine ulaşırken, bu değer kaplamalı gruplardan NH için depolamanın 15. gününde 4,42 mg malonaldehit/kg ve UH için 4,26 mg malonaldehit/kg olarak belirlenmiştir.

Deniz balıklarının osmoregülasyon sisteminin bir parçası olan TMAO'nun pelajik balıklarda çok az miktarda bulunduğu tespit edilmiştir (Huss, 1988). Varlık vd. (1994) TMAO'nun mikrobiyal aktivite veya trimetilaminoksidaz enzimi ile indirgenmesi ile trimetilamin (TMA) oluşumuna neden olduğunu ifade etmişlerdir. Balık kalitesini değerlendirmek için kullanılan en yaygın kimyasal yöntemlerden biri de TMA analizidir. Bu analiz doğrudan erken otolitik değişimler veya tazelik hakkında bilgi vermediği

sadece daha sonraki geç bakteriyel değişimler veya bozulma derecesi hakkında bilgi verdiği bildirilmiştir. Deniz balıklarında TMA miktarındaki artış oranı türden türe oldukça farklılık gösterir. Bununla birlikte balıkların içerdęi TMA miktarının, balığın avlandığı mevsim ve bölgeye, kas tipi ve işleme tekniklerine bağlı olarak değişmekte olduğu belirtilmiştir (Varlık, 1994). Varlık vd. (1993) tüketime uygun su ürünlerinde TMA değerinin 12 mg/100 g'dan düşük olması gerektiğini, bu değerin üzerindeki su ürünlerinin ise bozulmuş kabul edildiğini bildirmiştir. Mevcut çalışmada taze palamut filetolarının TMA değeri 0,62 olarak belirlenmiştir. Aynı değer Yerlikaya ve Gökoğlu (2010) tarafından 0,72 mg/100 g ve Alak vd. (2010) tarafından 0,85 mg/100 g olarak bulunmuştur. Çalışmada tüm depolama süresince K grubu ve NH ve UH gruplarında TMA değerleri tüketilebilirlik sınırlarının oldukça altında tespit edilmiştir. Ancak TMA değerindeki artış kaplamalı gruplarda K grubuna göre önemli düzeyde yavaş olmuştur. Bu da kullanılan kaplama materyallerinin ürünlerde TMAO'nun TMA'ya indirgenmesinde aktif olan bakteriyel bozulmayı geciktirdiği ve TMA birikimini belirli bir düzeye kadar engellediği şeklinde açıklanabilir. Bu sonuç, Yu vd. (2018)'nin çalışmaları ile uyum göstermektedir. Bu araştırmacılar kitosan bazlı kaplama materyali ile kapladıkları sazan balıklarını buzdolabı koşullarında depolayarak kalite parametrelerine etkilerini incelemişlerdir. Örneklerinde TMA değerleri tüm çalışma boyunca tüketilebilir değerlerin sınırları içerisinde bulunmuştur. Benzer sonuçlar Souza vd. (2010)'nin kitosan bazlı kaplamalarla işlenmiş ve +4 °C'de muhafaza edilmiş somon (*Salmo salar*) balıkları ile yaptıkları çalışmada da ortaya konulmuştur. Gram ve Dalgaard (2002) balıklarda TMA üretiminin esas olarak *Shewanella putrefaciens* ve *Aeromonas* spp. gibi bozulma organizmalarından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Kaplanmış palamut filetolarında TMA değerinin düşük çıkması, balık protein hidrolizatlarından elde edilen kaplamaların bakterileri inhibe etmelerinin bir sonucu olarak değerlendirilebilir (Samaranayaka vd., 2010; Morales-Medina vd., 2016). Koral (2006) tütsülenmiş palamut balıklarını +4 °C'de depolayarak kalite değişimlerini analiz ettiği çalışmada, taze örneklerin TMA değerini 3. günde 3,34 mg/100 g olarak belirlemiştir. Mevcut çalışmada depolamanın son günü olan 15. günde tüm grupların TMA değerleri kabul edilebilirlik sınırlarının içinde kalmıştır. Ancak NH ve UH gruplarının TMA değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır.

Çalışmada depolama süresi arttıkça panelistlerin duyuşsal beğeni değerlerinde düşüşler meydana gelmiştir. Ancak her üç grup arasındaki düşüş oranları arasında farklılıklar oluşmuştur. Kontrol grubunda depolamanın 9. gününde tüm duyuşsal kriterler 4,00 puanın altına düşmesine karşın NH ve UH gruplarının görünüş, doku, koku ve parlaklık değerleri ortalama 6,00 civarında olup ürünler duyuşsal olarak iyi durumda bulunmuştur. Et ürünlerinde koku, renk, doku, tat ve görünüşteki değişikliklerle kendini gösteren bozulmalar sonucu üründe acılaşma oluştuğu bildirilmiştir. Aynı zamanda gıdalardaki lipitlerin oksidasyonunun vücutta serbest radikallerin üretimi ile sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına sebep olduğu bildirilerek, bu durumda lipit oksidasyonunun önüne geçilmesinin hayati önem taşıdığına vurgu yapılmıştır (Hayes vd., 2011). Çalışmada kullanılan kaplama materyallerinin lipit oksidasyonunu bir düzeye kadar engelleyerek ürünlerin duyuşsal kalitesinin koruduğu, acılaşmanın gecikmesini sağladığını görülmüştür. Kullanılan her iki kaplama materyali de doğal antioksidatif özellik göstermiş ve ürünleri lipit oksidasyonundan korumuştur. Duyusal puanlar NH ve UH grubunda depolamanın 15. gününde kabul edilebilirlik sınırlarının altına düşmüştür. Renk analizleri ve kalite analizleri sonuçları ile karşılaştırıldığında K grubuna göre kaplamalı grupların renk parametrelerinden L* değerlerinin yüksek çıkması duyuşsal değerlendirme de de kendini göstermiş; ürünler panelistlerce parlaklık ve genel görünüş açılarından daha yüksek puanlar almıştır. Öte yandan TBA değerlerinin kaplamalı gruplarda K grubuna göre daha düşük çıkması da ürünlerde acılaşmaya bağlı keskin koku oluşumunu ve oksidasyondan kaynaklanabilecek kararmaları geciktirerek duyuşsal değerlendirmelerde daha iyi puanlar alınmasını sağlamıştır.

Intarasirisawat vd. (2014) tuna balığı (*Thunnus thynnus*) yumurtası lipitleri ile zenginleştirilmiş yayın balığı (*Clarias macrocephalus*)’dan elde edilen emülsiyon sosisine farklı oranlarda yazılı orkinos gonad protein hidrolizatı ilave ederek hidrolizatın ürünün genel özellikleri ve oksidatif stabilitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Buna göre çalışmada kontrol grubu ile karşılaştırıldığında hidrolizat katkılı örneklerde lipit oksidasyonunun 12. güne kadar ertelendiği, katkı maddesinin duyuşsal beğeniye etkilememesine rağmen acılaşmayı engellediği ortaya konulmuştur. Sonuç olarak araştırmacılar protein hidrolizatının doğal antioksidan olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Guohua vd. (2016) kitosanı farklı konsantrasyonlarda nisin ile kombine ederek *Pseudosciaena crocea* türü balıklara kapladıktan sonra +4 °C’de 8 gün süre ile

depolayarak kalite parametrelerine etkilerini araştırmışlardır. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre kontrol grubu örnekleri depolamanın 6. gününde kaplamalı gruplar ise 8. gününde kabul edilebilirlik sınırlarının altına düşmüştür.

Buzda muhafaza edilmiş palamutun (*Sarda chiliensis*) raf ömrünün 5 gün olduğu rapor edilmiştir (Love, 1996). Cosansu vd. (2011) limon suyunun sous vide paketli palamut balığının duyusal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerindeki etkilerini incelediği çalışmalarında panelistlerce değerlendirilen sous vide paketli örneklerin 35 gün; limon suyu ile muamele edilerek sous vide paketlenen örneklerin ise 49 gün kabul edilebilir olduklarını ortaya koymuşlardır. Koral (2012) doktora tezinde buzsuz olarak +4 C’de depoladıkları palamut filetolarının, depolamanın 10. gününde duyusal olarak bozulduğunu bildirmiştir.

Taze balıklar biyolojik bileşimleri nedeniyle çabuk bozulabilir ürünlerdir. Normal soğutulmuş depolama koşullarında, bu ürünlerin raf ömrü, enzimatik ve mikrobiyolojik bozulma ile sınırlıdır. Balık kalitesini sınırlayan faktörlerden biri olan mikrobiyal aktiviteye bağlı bozulmaların değerlendirilmesinde kullanılan indikatörlerden biri TAMB sayımıdır. Taze balıklarda bulunan bakteri yükünün avlanma sahası, av araçları ve avlama metodu, uygulanan işleme metodu ve depolama şartlarına bağlı olarak değişim gösterebildiği bildirilmiştir (Günlü ve Koyun, 2013). Varlık vd. (1993) kaliteli bir balıkta toplam bakteri sayısının 5 log kob/g’ın altında olması gerektiğini bildirmiştir. Bununla birlikte Uluslararası Gıdalarda Mikrobiyolojik Spesifikasyon Komisyonu (ICMSF, 1986) taze balıklarda toplam canlı bakteri sayımının st kabul edilebilirlik limitini, 7 log₁₀ kob/g balık eti olarak belirlemiştir.

Çalışmanın başlangıcında taze palamutların TAMB ve TAPB yükleri sırasıyla 2,86 log kob/g ve 2,38 log kob/g olarak belirlenmiştir. Mol vd. (2012) Karadeniz’den ekim ayında örnekledikleri palamut balıklarının başlangıç TAMB ve TAPB sayılarını sırasıyla 3,46 log₁₀ kob/g ve 2,72 log kob/g olarak belirlemişlerdir. Cosansu vd. (2011) benzer sonuçlar elde etmiştir. Depolama boyunca K grubuna ait TAMB ve TAPB sayıları NH ve UH gruplarına oranla daha hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Kontrol grubu örnekleri toplam aerobik bakteri yükü açısından depolamanın 9. gününde kabul edilebilirlik limitini aşmıştır. Kaplamalı grupların ise TAMB yükleri depolama sonuna kadar kabul

edilebilirlik sınırları içerisinde olmakla birlikte depolamanın 15. gününde TAPB yükleri kabul edilebilirlik sınırlarının üzerine çıkmıştır.

Koliform bakteriler Enterobacteriaceae familyasına bağlı 35-37 °C'de 48 saat içinde laktozdan gaz ve asit oluşturan bakterilerdir. Gıdalarda mikrobiyolojik kalite indikatörü olarak kullanılan koliform bakterilerin işlenmemiş gıdalarda ve hayvansal üründe bulunabildiği ifade edilmiştir (Patır vd., 2010). Mevcut çalışmada taze palamutların toplam koliform bakteri sayısı 1,47 den düşük çıkmıştır. Kaba (2010) taze palamutta toplam koliform bakteri sayısını 2,40 log kob/g olarak bulmuştur. Depolamanın 3. gününden itibaren tüm grupların koliform bakteri sayılarında da artış gözlenmiştir. Kaplamalı grupların koliform bakteri sayıları birbirine benzer bulunurken, K grubuna ait örneklerin koliform bakteri sayıları kaplamalı gruplardan daha yüksek ve istatistiki olarak da farklı çıkmıştır ($P<0,05$). Tüm depolama boyunca günler arasında da istatistiki açıdan önemli farklılıklar gözlenmiştir ($P<0,05$). Depolamanın 3. gününden itibaren tüm grupların maya ve küf sayılarında da artış gözlenmiştir. Gruplar arasındaki koliform bakteri sayıları benzer eğilim göstermiştir. Kaplama materyallerinin balık yüzeyini kaplayarak fileto ile dış ortam arasında bariyer oluşturduğu, oksijen geçişinin engellendiği bu ortamda mikroorganizmaların gelişimini de engellediği düşünülmektedir. Cheng vd. (2013) peptitlerde hidrofobiklik arttıkça hücre içine nüfuz etmede artış olduğunu, pozitif yüklü yapıların negatif yüklü bakteri yüzeyleri ile karşılaştığını ve üremelerini yavaşlattığını bildirmiştir. Yüksek hidrofobik gruplar içeren peptitlerin yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Robert vd., 2015; Wald vd., 2016). Yenilebilir kaplamalardan kitosanın somon (Vásconez vd., 2009), gümüşü sazan balığı (Fan vd., 2009), gökkuşağı alabalığı (Ojagh vd., 2010; Ghasem ve Masoud, 2011; Wang vd., 2017), levrek balığı (Günlü ve Koyun, 2013) gibi su ürünlerinde mikrobiyal gelişimi inhibe ettiğini bildiren bir çok çalışma yapılmıştır. Buna karşın Hu vd. (2013) balık deri hidrolizatından elde ettikleri kaplama materyalini kitosanla karşılaştırdıklarında BPH'nın önemli düzeyde daha etkili antimikrobiyal aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir. Yine bazı araştırmacılar BPH'larının antimikrobiyal özelliklerinden bahsetmiştir (Fujita and Yoshikawa 1999; Alasalvar vd., 2002; Samaranayaka vd., 2010; Patel, 2014). Shokri vd. (2014) laktoperoksidaz ve peynir altı suyu kombinasyonundan elde ettikleri yenilikçi kaplama materyalinin göstermiş olduğu antimikrobiyal aktivite ile alabalık filetolarının +4 °C'de 16 gün boyunca mikrobiyal açıdan kontrol grubuna oranla korunmuş olduğunu

göstermişlerdir. Araştırmacılar kullandıkları kaplama materyali sayesinde filetoların raf ömrünün 12 günden 16 güne uzadığını, dolayısıyla bu kaplamanın buzdolabı koşullarında saklanan balık filetolarında antimikrobiyal aktiviteli bir muhafaza aracı olabileceğine vurgu yapmışlardır. Li vd. (2016) balık kaynaklı 2 tür doğal antimikrobiyal solüsyon-protamin ve kedi balığı epidermal mukus ekstraktını (CEME) kaplama materyali olarak kullanmış ve bu solüsyonlara daldırdıkları sazan balığı filetolarını +4 °C’de depolayarak kaplama materyallerinin etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada kontrol grubu örneklerinin toplam aerobik bakteri sayısının 9. günde 7,4 log kob/g’ a ulaştığını, CEME grubu ve protamin gruplarının kabul edilebilirlik sınırını 12. günde aştığını belirtmişlerdir. Ancak 9. günden 12. güne kadar protamin grubu bakteri sayısının keskin bir artış göstermesi çalışma sonunda araştırmacıların, erken dönemde protaminin daha etkili olmasına karşın CEME’nin etkisinin daha uzun süreli olduğu kanaatine varmalarına sebep olmuştur. Özyurt vd. (2015a) çalışmalarında +2 °C’de muhafaza ettikleri kontrol grubu örneklerinin balık proteini tozuyla kapladıkları gruplara oranla mikrobiyal olarak daha kısa sürede bozulduğunu bildirmişlerdir. Buna göre balık proteini bazlı kaplama materyallerinin soğuk muhafaza esnasında balık filetolarında TAMB ve TAPB’lerin inhibe edilmesinde etkili bir kaplama materyali olabileceğini bildirmişlerdir.

Mevcut çalışmanın sonuçları literatürle uyumluluk göstermektedir. Çalışmada K grubuna göre daha düşük oranda bakteri yükü; kaplanmış ürünlerde kaplama materyallerinin dış ortam ile ürün arasında bariyer oluşturarak oksijen geçişini önlediğini ve oksidasyonu engelleyerek renk ve kokuda bozulmaları geciktirdiğini, antimikrobiyal özellikleri ile de ürünlerin yine mikrobiyal bozulmalarını geciktirdiğini ortaya koymuştur. Ancak NH ve UH gruplarının mikrobiyal yükleri açısından istatistiki farklılıkların olmaması ultrason uygulamanın hidrolizatta antimikrobiyal etki üzerine ekstra bir etki yapmadığına işaret etmektedir. Bu anlamda protein hidrolizati üretiminde ultrason uygulamasının farklı koşullarda (güç, frekans, süre vs.) veya üretimin farklı aşamalarında (ön işlem veya son işlem gibi) denenmesi önerilebilir.

Su ürünlerinde dondurma ve donmuş muhafaza ürünün duyu ve besinsel özelliklerinin korunmasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Dondurma işlemi sayesinde mikrobiyal bozulmanın büyük ölçüde önüne geçilebilse de donmuş depolama esnasında fiziksel ve biyokimyasal değişimlere ve tekrarlayan donma-çözülme

işlemlerinden kaynaklanan sıcaklık dalgalanmalarına bağlı olarak kas dokusundaki suyun dağılımının ve su tutma kapasitesinin etkilendiği tespit edilmiştir (Shenouda, 1980). Kas dokusundaki suyun dağılımındaki değişimlerin temel olarak protein denatürasyonu sonucu meydana geldiği, bunun da protein çözünürlüğünde düşüşe ve su tutma kapasitesi gibi fonksiyonel özelliklerde kayba sebep olduğu ifade edilmiştir (Andersen ve Jørgensen, 2004). Son yıllarda BPH'nın ve peptitlerin dondurulmuş gıdalarda donmuş muhafaza süresince kalite kayıplarının önlenmesinde antioksidan ve antimikrobiyal ajan olarak alternatif olabileceği konusunda çalışmalar yapılmıştır (Samaranayaka ve Li-Chan, 2011; Karnjanapratum ve Benjakul, 2015; Nikoo vd., 2014).

Kaplanarak -18 °C'de 7 ay boyunca depolanan tüm grupların a_w değerleri 0,97'nin üzerinde ölçülmüş ve soğuk muhafazada depolanan palamut filetoları ile benzer şekilde ultrason uygulanmış kaplama materyalinin ürünün a_w değerine önemli bir etki yapmadığı belirlenmiştir.

Depolama boyunca ve tüm gruplarda palamut filetolarına ait pH değerlerinde belirli artış ve düşüşler meydana gelmekle birlikte değerler kabul edilebilirlik sınırları içerisinde kalmıştır. Kontrol grubu ve kaplamalı grupların pH'larındaki artış ve azalış eğilimleri paralellik göstermesine karşın kaplamalı gruplardaki değişimler daha yavaş gerçekleşmiştir. pH değerindeki düşüşün balık örneklerinde CO₂'nin çözünmesine bağlı olabileceği daha sonraki artışın ise ortamda üretilen amonyak ve trimetilamin gibi uçucu baz bileşenlerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Fan vd. (2009) kitosan kaplamanın -3 °C'de depolama esnasında gümüşi sazan balıklarının kalite ve raf ömrü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Balık örneklerini, %2 sulu kitosan çözeltisi ile muamele etmiş ve daha sonra 30 gün boyunca depolamışlardır. Başlangıçta 6,0 olan pH değeri önce düşmüş daha sonra da artmıştır. pH'değerindeki değişimlerin kontrol ve kaplanmış örneklerde paralel bir eğilim gösterdiği ancak kaplanmış örneklerdeki artışın kontrol grubuna oranla daha yavaş olduğu belirtilerek, kullanılan kaplama materyalinin mikrobiyal üremeyi geciktirdiğinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Kitosan kaplama, balıkların muhafazasında kullanılacak bir materyal olarak önerilmiştir. Souza vd. (2010) kitosan film kaplı somon (*Salmo salar*) filetolarını 0 °C'de 6 gün depoladıkları çalışmada pH değerlerinde artış gözlemlerken, kitosan kaplamalı filetoların kontrol grubuna göre önemli derecede daha düşük pH değerine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Özyurt vd. (2015a) yürüttükleri çalışmada depolama süresince bazı önemli değişiklikler olmasına karşın dondurularak muhafaza edilen tüm gruplarda pH'daki artışın yavaş olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum büyük bir olasılıkla düşük sıcaklığın etkisiyle mikroorganizma faaliyetlerinin inhibe edilmesine bağlanmıştır. Donmuş depolamanın 2. ve 3. aylarında kaplanmamış gruba ait pH değerleri kaplanmış grupların pH değerlerine oranla daha yüksek kaydedilmiştir. Araştırmacılar bu sonucun kaplama materyalinden kaynaklanmış olabileceğini, kontrol grubuna ait pH değerindeki artışın (3. ayda 6,65 ile maksimum değer) ise esas olarak balık etinin mikrobiyal bozulmasından kaynaklı amonyum ve trimetilamin gibi alkali bileşiklerin oluşumuna bağlı olabileceğini belirtmişlerdir. Morachis-Valdez vd. (2017) kitosan ile kapladıkları sazan balığı filetoalarını -18 °C'de depolayarak biyokimyasal, fizikokimyasal, tekstürel, mikrobiyolojik ve besinsel karakteristiklerindeki değişimlerini izlemişlerdir. Araştırmacılar kaplamasız bir kontrol grubu ve kitosanla kaplı bir grup ile çalışmışlardır. Beş aylık depolamanın yapıldığı çalışmada 2. aya kadar kaplanmış grubun ve kontrol grubunun pH değerlerinde önemli düşüşler gözlenmiştir. Araştırmacılar bu düşüşü anaerobik glikoliz esnasındaki laktik asit oluşumu ve ATP yıkımının bir ürünü olan inorganik fosfatın serbest bırakılmasına bağlamışlardır. Daha sonraki aylarda her iki gruba ait pH değerlerinde artışlar meydana gelmiştir. İkinci ayda kontrol grubunun 3. ayda ise kaplamalı grubun pH değerlerinde artış meydana gelmiştir. Meydana gelen artışın sebebini otolitik ve mikrobiyal reaksiyonlara bağlı amonyak ve trimetilamin gibi bazik bileşenlerin birikimine bağlayan araştırmacılar iki grup arasındaki önemli farkı ise kaplanmış grubun mikrobiyal aktivitesinin düşük olması dolayısıyla pH değerinde daha az artışa sebep olmasıyla açıklamışlardır. Yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında mevcut çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Donmuş muhafaza başlı başına bir koruma mekanizması olmakla birlikte çalışmada kullanılan kaplama materyalleri filetoalar üzerinde ek bir koruma etkisi göstermiş ve pH'daki değişikliklerin daha yavaş gelişmesine sebep olmuştur. Diğer değerlerde olduğu gibi ultrason destekli kaplama grubunun pH değerlerinin diğer gruba (NH) ait değerler arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılığın olmaması ultrason uygulamanın ürünlerin pH değerinin korunmasında önemli bir fonksiyonu olmadığına işaret etmiştir. Khan vd. (2015) *Labeo rohita* türü balık filetoalarını peynir altı suyu sorbitol ve gliserol karışımı ile kaplayıp -18 °C'de 40 gün depolayarak kaplama materyalinin ürünün oksidatif stabilitesine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında kaplama materyalinin pH üzerinde önemli etkilere sebep olduğunu ortaya

koymuşlardır. pH değeri örneklerde depolamanın başlangıcında düşüş ve daha sonrasında artış göstermiştir. En yüksek artış kontrol grubunda elde edilmiştir. Rodriguez-Turienzo vd. (2012) farklı sürelerde ultrason uyguladıkları peynir altı suyu protein konsantresi ve izolatu ile kapladıkları Atlantik somon balıklarını -10 °C’de dondurup saklayarak kalite değişimlerini incelemişlerdir. Kaplanmamış ürünlerin pH değerleri daha yüksek, kaplanmış ürünlerin pH değerleri ise daha düşük bulunmuştur. Farklı sürelerde ultrason uygulanmış protein konsantreleri ile kaplanmış gruplar arasında farklılık gözlenmezken izolatlarda arasında pH değerleri açısından farklılıklar gözlenmiştir.

Dondurulmuş palamut filetolarının renk değişimleri incelendiğinde de L* değerlerinin depolama süresince çoğunlukla birbiriyle benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Tüm gruplarda artış ve azalışlarda dalgalanmalar gözlenmiş, özellikle 6. ve 7. aylarda meydana gelen artışlar geçmiş aylardan istatistiki olarak önemli derecede ayrılmıştır. Sathivel (2005) kitosan ve farklı protein kaynaklı kaplama materyalleri ile kaplanmış olduğu alabalıkları dondurarak 3 ay depoladıktan sonra renk ölçümleri sonuçlarında önemli farklılıkların meydana gelmediğini ortaya koymuştur. Rodriguez-Turienzo vd. (2012)’nin çalışmalarında dondurulmuş ürünlerinin renk parametrelerinden L*, a* ve b* değerlerine ultrasonla muamele edilmiş kaplama materyallerinin önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Özyurt vd. (2015b) asit ve alkali yardımıyla ekstrakte ettikleri protein tozu ile kapladıkları alabalıkların soğuk ve donmuş depolama boyunca L*, a* ve b* değerlerinde kaplama materyaline bağlı olarak önemli bir farklılığın meydana gelmediğini belirtmişlerdir. Önceki çalışmalar incelendiğinde mevcut çalışma ile benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Kullanılan kaplama materyallerinin filetoların renk parametreleri üzerinde büyük ölçüde çok önemli değişikliklere sebep olmadığı söylenebilir. Parvathy vd. (2018) tuna balığının kırmızı etinden elde ettikleri protein hidrolizatu ile kaplayarak buzda sakladıkları sardalya balıklarının renk parametrelerinden L* değerlerinin depolama ilerledikçe düştüğünü ve balık renginin koyulaştığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar benzer şekilde a* değerlerindeki düşüşlerin de lipit oksidasyonunu işaret ettiğini vurgulamışlardır. Önceki araştırmalarla benzerlik göstermekle birlikte mevcut çalışma, Parvathy ve arkadaşlarının 2018’de yaptığı çalışmadan farklılık göstermektedir. Bu farklılığın sebebi farklı depolama koşullarından kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca elde edilen protein hidrolizatlarının fonksiyonel özelliklerinin farklılıkları da üründe yaptığı etkilerin farklı olmasını açıklayabilir. Aynı

zamanda kullanılan sardalya balıklarının hijyenik koşulları, buz miktarı veya hijyeni de elde edilen sonuçlarda etkili olduğu düşünülebilir.

Dondurulmuş ürünlerde mikroorganizmaların ve enzimlerin faaliyetleri ya tamamen durdurulmuş ya da yavaşlatılmış olduğundan TVB-N değerlerindeki artış soğutulmuş ürünlere göre daha yavaş olduğu bildirilmiştir (Simeonidou vd., 1997; Fagan vd., 2003). Yapılan çalışmada depolamanın başlangıcından itibaren belirli bir artış göstermekle birlikte (Tablo 15, Şekil 35) 7 ay boyunca K, NH ve UH gruplarının TVB-N değerleri 35 mg/100g'ın altında kalmıştır. En yüksek artış K grubuna aittir. Kaplamalı gruplarda 25 mg/100 g civarındaki TVB-N değerleri ürünlerin oldukça iyi durumda olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar GH ve UH ile hazırlanan kaplama materyallerinin, proteinler ve diğer azotlu bileşiklerin mikrobiyal bozunmasının gecikmesinde etkili olabileceğini, dolayısıyla dondurarak depolama esnasında sıcaklığın yanısıra kullanılan kaplama materyalinin de palamut filetolarının TVB-N değerlerini kontrol altında tutmada etkili olabileceğini göstermektedir. Soares vd. (2014) glazelenerek ve kitosan bazlı kaplı somon balıklarının 6 aylık donmuş muhafaza süresince kalite değişimlerini izlemişlerdir. Başlangıçta kaplanmamış örneklerde TVB-N değeri 6,96 mg N/100 g örnek iken 13. ve 69. günlerden sonra hafif bir düşüş dışında önemli bir değişim olmadığı, 188. günden sonra tüm örneklerde artış olduğu belirtilmiştir. Fan vd. (2009) çalışmalarında kontrol grubu ve kaplanmış filetoların dondurularak depolanması esnasında TVB-N değerlerinin artış göstermesine karşın bu artışın kontrol grubunda daha yüksek oranda gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Bilen (2009) yaptığı doktora çalışmasında gerek kontrol grubu örneklerinin gerekse farklı esansiyel yağlarla muamele ederek dondurduğu kolyoz balığı örneklerinin 11 aylık depolama süresince TVB-N değerlerinin bozulma sınırlarına ulaşmadığını tespit etmişlerdir. Özyurt vd. (2015a) araştırmalarında kontrol grubu TVB-N değerinin hızlı artış gösterdiğini, istatistiki olarak da kaplamalı gruplardan ayrıldığını bildirerek asit ve alkali yöntemlerle elde edilen protein bazlı kaplamaların balık filetolarının muhafazasında etkili bir yöntem olabileceğine vurgu yapmışlardır. Luo vd. (2018) nisin, kitosan ve fitik asit ile muamele ettikleri uskumru balıklarını -18 °C'de 1 yıl süre ile depolayarak kaplama materyallerinin balıkların raf ömrüne etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda kaplanmış grupların TVB-N değerlerinde meydana gelen artışların kontrol grubu ile karşılaştırıldığında daha düşük ve depolama süresince kabul edilebilirlik sınırlarının içerisinde kaldığını belirtmişlerdir.

Balıklarda donmuş depolama sırasında kalite kaybına neden olan lipit oksidasyonu, özellikle yağlı balık türlerinde fazla miktardaki lipit ve doymamış yağ asitleri ile koyu renkli kaslardan kaynaklanan oksidasyon beyaz etli, yağsız balıklara nazaran daha fazla yüksek seviyededir. Yağlı balıkların dondurularak depolanması esnasında meydana gelen problemlerden bir lipit oksidasyonuna bağlı acılaştırma. Lipitlerde oksidasyona sebep olan lipaz enziminin dondurmaya karşı dayanıklı olduğundan donmuş ürünlerde aktivitesine devam ettiği ve donmuş depolamada raf ömrünün genellikle üründe acılaştırmanın oluşmasıyla sona erdiği bildirilmiştir (Parvathy vd., 2016). Diğer yandan balıktaki metal iyonlarının da lipit oksidasyonunu katalize ettiği, özellikle demir ve bakır gibi metal iyonlarının yağlı balıkta lipit oksidasyonunu hızlandırdığı bildirilmiştir (Khayat ve Schwal, 1983; Sikorski, 1990; Hultin, 1994).

Kester ve Fennema (1986) yenilebilir kaplamaların nem kontrolü, oksijen geçirgenliği ile uçucu aroma ve lezzet kayıplarının önlenmesi gibi özellikleriyle dondurulmuş balıklarda kalite kayıplarını azaltarak ürünlerin raf ömrünü uzatabileceğini bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada depolamanın 7. ayında K grubu örneklerinin TBA değeri 7,53 mg malonaldehit/kg ile kabul edilebilirlik sınırının üzerine çıkmasına rağmen. kaplamalı palamut filetoalarının depolamanın son ayına kadar TBA değerleri açısından tüketilebilirlik sınırlarının altında olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre bu çalışmada kullanılan kaplama materyallerinin donmuş muhafazada antioksidan olma özelliği göstererek ürünleri oksidasyona karşı koruduğu söylenebilir. Depolamanın son 3 ayında UH grubunun TBA değerleri NH grubuna göre daha düşük çıkmış olup iki grubun deperleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Bu nedenle ultrason uygulamasının kaplama materyalinin antioksidan etkisini artırdığı sonucuna varılabilir. Benzer şekilde Rodriguez-Turienzo vd. (2012) ultrason uygulanmış protein bazlı kaplama materyallerinin balık filetoalarını ultrason uygulanmamış kaplama materyallerine oranla daha iyi muhafaza ettiğini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar ultrason uygulanmış grupların TBA değerlerinin anlamlı şekilde diğer gruplardan daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Ultrason uygulamanın protein hidrolizatlarının peptit dizilişlerinde farklılık yarattığı, dolayısıyla antioksidan aktivitesi yüksek amino asitlerin ön plana çıkabildiği bildirilmektedir (Elias vd., 2005; Marchioni vd., 2009). Parvathy vd. (2018)'nin çalışmasında kontrol grubuna ait TBA değerinin depolamanın 5. gününde 5,14 mg monolaldehite/kg'a ulaştığını bildirmişlerdir. Ancak kaplamalı gruplarda ürünlerdeki

TBA değerindeki artışların kontrol grubuna göre önemli düzeyde az olduğu ve 11. güne kadar tüketilebilir limitlerin içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Dey ve Dora (2014) da karides atıklarından elde edilen hidrolizatın kroaker etinde etkili antioksidatif etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Sathivel vd. (2008) glazelemeden sonra balığın yüzeyinde oluşan kurumuş buzun dış ortam arasında bir bariyer görevi görerek fileto yüzeyine oksijenin difüzyonunu yavaşlattığını ve böylece lipit oksidasyonunu geciktirdiğini bildirmişlerdir. Aynı yazarlar pembe somon filetolarının protein hidrolizatı ile kaplanarak lipit oksidasyonunu düşürülebileceğini bildirmişlerdir. Rodriguez-Turienzo vd. (2011) peyniraltı suyu proteini bazlı kaplama materyali ile kapladıkları somon filetolarında lipit oksidasyonunun geciktiğini, filetoların duysal özelliklerinin kontrol grubuna göre daha uzun süre korunduğunu bildirmişlerdir. Khantaphant vd. (2011) protein hidrolizatlarının antioksidan özellikleri ile serbest radikalleri temizleme ve metal iyonlarını şelatlama özellikleri ile ürünü kalitesinin korunabileceğini tespit etmişlerdir. Heydari vd. (2015) kaplanmış ürünlerin TBA değerlerinin kontrol gruplarına oranla daha düşük çıktığını belirterek kaplama materyalinin bu konudaki avantajına vurgu yapmışlardır.

Balıkların donmuş depolama esnasında, mikrobiyal aktivitenin engellenmesi nedeniyle TMA oluşumunun gecikmekte olduğu veya tamamen önlendiği bildirilmiştir. Ancak bu koşullarda, enzimatik yolla daha sonra DMA ve formaldehit oluşması nedeniyle donmuş balıklarda TMA'nın tek başına geçerli bir bozulma indeksi olarak kabul edilmediği belirtilmiştir (Hebard vd., 1982). Çalışmada donmuş muhafaza esnasında sıcaklığın etkisiyle mikroorganizmaların gelişiminin engellenmesi bu değerlerin düşük çıkmasında etkili olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca K grubunda meydana gelen artışlar NH ve UH gruplarından önemli biçimde farklılık göstermiştir. Protein hidrolizatlarının antimikrobiyal ve antioksidan özellikler göstermesi dolayısıyla bakterileri inaktive ettiği ve dolayısıyla TMA oluşumunu sınırladığı söylenebilir. Raeisi vd. (2016) gökkuşuğı alabalığının TMA içeriğinin, antimikrobiyal ve antioksidan özelliği sergileyen meyve ve tohum özleri varlığında daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Badii ve Howell (2002) donmuş morina balıklarının depolanması sırasında antioksidanların varlığının formaldehit oluşumunu arttırdığını göstermişlerdir. Araştırmacılar bu durumun mikrobiyal TMA oluşumunu azalttığını ve daha düşük TMA değerlerini açıkladığını bildirmişlerdir. Aref vd. (2018) transglutaminaz enzimi, kitosan ve biberiye ekstraktı ile bunların farklı kombinasyonlarının kedi balığından üretilen balık fingerlerin donmuş

depolanmasındaki kalite parametrelerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada tüm gruplarda depolama sırasında TMA değerlerinde artış olmasına karşın kaplamalı grupların tümünde TMA değerlerinin kontrol grubuna oranla daha düşük çıktığı ortaya koyulmuştur. Ayrıca kaplamalı gruplardaki artış oranı da kontrol grubuna göre oldukça düşük bulunmuştur. Gund (2017) kitosan ile kapladığı uskumru balıklarını -18  C'de 3 ay depolamış ve TMA değerleri için benzer sonuçlar elde etmiştir.

Donmuş depolama, mikroorganizmaların ve bozulma reaksiyonlarının neden olduğu istenmeyen duyuşal ve kimyasal unsurlardan gıda maddelerini korur, ancak tamamen engelleyemez. Özellikle proteinlerde ve lipitlerde meydana gelen reaksiyonlar duyuşal özellikleri etkiler ve hoş olmayan koku, tat, doku ve renk değişikliklerine neden olur. Araştırmacılar duyuşal parametrelerin, gıdaların depolanmasında ürünün kalitesini belirleyen en önemli parametreler olduğunu ve duyuşal olarak kabul edilemeyen bir ürünün tüketime sunulamayacağını bildirmişlerdir (Erkan ve Gökoglu, 1999).

Mevcut çalışmada panelistlerce K, NH ve UH gruplarına ait dondurulmuş palamut filetolarının duyuşal kalite parametrelerine verilen puanlara göre tüm depolama süresince her üç grup da kabul edilebilirlik sınırları içerisinde kalmış ancak K grubu değerleri kaplamalı gruplardan daha düşük çıkmıştır. Dolayısıyla kaplama materyallerinin dış ortam ile filetolar arasında oksijen geçişine karşı bir bariyer oluşturarak oksidasyona bağlı acılaşma sonucu açığa çıkan koku ve renk gibi parametrelerin stabilitesine etki ettiği ve bu sayede depolama sürelerinin uzamasına katkıda bulunduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca antimikrobiyal etki göstererek mikrobiyal bozulmaya bağlı dokusal bozulmaları engellemiş ve buna bağlı olarak da balık dokusunun daha sıkı ve genel görünüşün de daha düzgün olmasına katkıda bulunmuş olabileceği düşünülmüştür. Duyusal puanlara paralel olarak dondurularak muhfaza edilen palamut balıklarının gerek fiziksel gerekse kimyasal kalite değerleri de tüm depolama süresince tketebilirlik sınırları içerisinde kalmıştır. Bu değerler bize dondurulmuş palamut filetolarında rengin, kokunun ve dokunun uzun bir süre korunduğunu göstermiş olup duyuşal puanları doğrulamaktadır.

Lehmann ve Aubourg (2008) -20  C'de depolanan fileto istavrit balıklarının kalitesini 5 ay koruduğunu ve 7. ayda tketelemez hale geldiğini bildirmişlerdir. Bilen (2009) defne, kekik, biberiye, çörekotu, adaçayı, üzüm çekirdeği, keten tohumu ve limon esansiyel yağları ile muamele ettiği dondurulmuş kolyoz balıklarını -20  C'de 11 ay

depolamışlar ve bu ekstraktların balıkların lipit oksidasyonu ve diğer bazı kalite özelliklerine etkisini incelemiştirlerdir. Araştırmacılar kimyasal analiz sonuçlarına paralel olarak duyusal analiz sonuçlarına göre kontrol grubu örneklerinin 11 aylık depolama süresince 5 ay tüketilebilir kaliteyi koruduğunu ve bundan sonra bozulduğunu tespit etmişlerdir. Kekik, biberiye, çörekotu, adaçayı ve limon esansiyel yağları ile muamele edilmiş örneklerin 6 ay, defne, üzüm çekirdeği ve keten tohumu yağı uygulanmış örneklerin de 7 ay tüketilebilir kaliteyi koruduğunu belirlemişlerdir. Fan vd. (2009) kitosanla kapladıkları balıkların -3 °C'de 30 gün boyunca iyi durumda ve tüketilebilir şartlarda olduğunu, buna karşın kontrol grubunun 25. günde tüketilebilirlik sınırını aştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu kitosanın antioksidan, antimikrobiyal ve oksijen bariyer özellikleri sayesinde ürünü korumasına bağlamışlardır. Depolama sıcaklığı farklı olduğundan bu çalışma süresi mevcut çalışma süresinden oldukça düşük bulunmuştur. Ancak kaplamalı grupların daha uzun raf ömrüne sahip olması anlamında çalışmalar benzerlik göstermektedir. Rodriguez-Turienzo vd. (2011) araştırmalarında kaplama materyallerinin balığın özellikle lipit oksidasyonunu geciktirdiğini, dolayısıyla acılaşma, koku, renk gibi özelliklerinde kendini gösterdiğini bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar bir sonraki yılda yaptıkları çalışmada da kaplama materyallerinin ürünlerde diğer etkilerinin yanında en fazla lipit oksidasyonunu geciktirdiğini tespit etmişlerdir (Rodriguez-Turienzo vd., 2012). Araştırmacılar protein bazlı kaplama materyallerine uyguladıkları ultrasonun ise ürünlerde benzer sonuçlar verdiğini; kaplamalı gruplardaki duyusal parametrelerin kontrol grubundan önemli düzeyde farklılık göstermediğini ve duyusal anlamda negatif bir etki yapmadığını da ortaya koymuşlardır. Mevcut çalışmada ise K grubu değerleri kaplamalı gruplardan daha düşük olmakla birlikte ultrason uygulamanın kaplama materyaline bu anlamda önemli bir üstünlük sağlamadığı gözlenmiştir.

Donmuş muhafaza esnasında sıcaklığın etkisiyle mikroorganizmaların gelişimi engellenmektedir. Donmuş balıklarda dondurma işlemi esnasında oluşan buz kristallerinin psikrofil bakterilerin stoplazmik zarlarında geri dönüşümsüz hasarlara sebep olmasından kaynaklı, bakteri sayılarında düşüşler gerçekleştiği bildirilmiştir. Ancak bu inaktivasyon işleminin sınırlı olduğu bildirilmiştir (Geiges, 1996). Hancock ve Scott (2000) protein hidrolizatlarında hidrofobik grupların mikroorganizmaların hücre zarlarından geçerek hücre sel su dengelerini bozduğunu dolayısıyla üremelerine etki

ettiğini bildirmiştir. Mevcut çalışmada 7 ay süren tüm depolama boyunca mezofil ve psikrofil bakteri yüklerinin K, NH ve UH gruplarında tüketilebilirlik sınırlarının altında kalmış olması donmuş muhafazanın gerektirdiği sıcaklık değerlerinden kaynaklandığı sonucuna varılabilir. Tüm depolama boyunca koliform bakteri, maya ve küf sayıları 1,47 log kob/g'ın altında kalmıştır. Berizi vd. (2018) kitosan ve nar suyu ekstraktı ile kapladıkları alabalıkların 6 aylık donmuş depolama süresince küf sayılarında azalma olduğunu aynı zamanda kaplamalı grupların değerlerinin kontrol grubuna oranla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Mevcut çalışmada GH ve UH ile kaplanmış gruplarda elde edilen mikroorganizma sayılarının K grubuna oranla daha düşük bulunması, kaplama materyallerinin yapılarında bulunan ve antioksidan aktiviteyi arttırdığı bildirilen amino asitlerden hidrofobik amino asitlerin düzeylerinin yüksek olmasına bağlanabilir. Kaplama materyalleri ürünlerin yüzeyini kaplayarak dış ortama yani O₂ ve nem geçişine engel olarak O₂'li ortamda gelişmesi beklenen mikroorganizmaların yüksek sayılarda üremesine engel olduğu sonucuna varılabilir. Ancak UH ile hazırlanmış kaplama materyalinin GH'a göre istatistiki anlamda bir farklılığı ve üstünlüğü belirlenememiştir.

Motalebi vd. (2012) kilka (*Clupeonella delitula*) balıklarını farklı oranlarda (%3, %7, %10 ve %13) peynir altı suyu ile kaplayarak 4 ay boyunca -18 °C'de depolamışlardır. Araştırmacılar, balıklardaki mikrobiyal değişimi izledikleri çalışmada başlangıçta 2,31 log kob/g olan toplam mikrobiyal bakteri sayısının kontrol grubunda 1., 2., 3 ve 4. aylarda artarak sırasıyla 2,46 log kob/g, 2,87 log kob/g, 3,80 log kob/g ve 5,08 log kob/g değerlerine ulaştığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde kaplanmış gruplarda da artışların gözlendiğini ancak değerlerdeki farklılıkların istatistiki olarak önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar kontrol grubu ile kaplanmış gruplar arasında mikrobiyal açıdan istatistiki farklılığın olmamasını kilka balığının içerdiği yüksek nem miktarının kaplama materyalinin antioksidan özelliklerini negatif yönde etkilemesine bağlamışlardır. Duan vd. (2010) kitosan, balık yağı ve E vitamini karışımlarından oluşan solüsyonla kapladıkları balıkları -20 °C'de dondurarak 3 ay depolamışlardır. Depolamanın başlangıcında kontrol grubu örneklerinin toplam plaka sayımlarının 3,28 log kob/g'dan 2. ayda 4,33 log kob/g'a yükseldiğini, 3. ayın sonunda ise tekrar 3,88 log kob/g'a düştüğünü bildirmişlerdir. Kitosan ile kaplı gruplarda ise toplam plaka

sayımlarında 0,27 ila 1,55 log kob/g arasında düşüşler olduğu, 2. ve 3. aylarda bakteri sayıları kontrol grubundan daha düşük çıktığını ortaya koymuşlardır. Psikrotrofik bakteri sayılarının ise kontrol grubuna ait örneklerde başlangıçta 5,31 log kob/g'dan yavaş bir düşüşle 3 aylık süre sonunda 4,55 log kob/g'a ulaştığını bildirmişlerdir. Duan vd. (2010)'ın çalışmalarında 3 farklı üründen oluşan kombinasyon kullanıldığından kaplama materyalinin, mevcut çalışmaya göre daha etkili olduğu görülmektedir. Soares vd. (2014) kitosanla kaplayarak -5 °C'de depoladıkları alabalıklarda tüm depolama boyunca toplam bakteri sayısında düşük miktarlarda değişimlerin meydana geldiğini ve bu sayının tüketilebilirlik sınırlarının üzerine çıkmadığını bildirmişlerdir. Özyurt vd. (2015a) balık proteini bazlı kaplama materyali ile kapladıkları alabalıklarda yaptıkları mikrobiyolojik değerlendirme sonuçlarına göre kontrol grubu örneklerinde kaplamalı gruplara göre daha fazla sayıda toplam bakteri ve toplam psikrofil bakteri ürediğini bildirmişlerdir. Berizi vd. (2018) tüm depolama süresince psikrofil bakteri sayılarının kontrol grubuna göre düşük çıktığını bildirmişlerdir. Mevcut çalışma literatürdeki çalışmalarla genel anlamda uyumluluk göstermektedir. Çalışmada yapılan duyuşal değerlendirme sonuçları da mikrobiyolojik değerlendirme sonuçlarını doğrular şekildedir.

Doe vd. (1998) tütülenmiş su ürünlerinin, tütüleme işleminden doğan, kendine has tat ve aromaya sahip olduğunu bildirmiştir. Aynı zamanda formaldehit, karboksilik asitler ve fenoller gibi çeşitli duman bileşenlerinin etkisiyle oluşan dehidrasyon, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerin ürüne kazandırdığı uzun raf ömrü nedeniyle bu ürünlerin oldukça yüksek oranda kabul gördüğünü bildirmiştir. Tütüleme teknolojisi gereği uygulanan tuzlama ve kurutma işlemleri ile ürünün su aktivitesi düşerken tütünün yapısında yer alan maddelerin de mikroorganizmaların faaliyetlerini engelleyici ve mikroorganizmaları öldürücü etkiler gösterdiği belirtilmiştir (Sikorski, 1990). Ancak tütülenmiş ürünlerin kalitesinin tam olarak korunması için hammadde kalitesi, kullanılan tuz konsantrasyonu, nihai ürünün su aktivitesi, tütüleme süreci boyunca sıcaklık, duman miktarı, ambalajlama yöntemleri, hijyen koşulları ve depolama koşullarının uygunluğu gibi faktörlerin de büyük önem taşıdığı bildirilmiştir (Kaya ve Erkoyuncu, 1999).

Taze palamut filetolarının başlangıç a_w değeri 0,993 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde Koral ve Köse (2018) taze palamut balığının a_w değerini 0,994 olarak bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada depolama boyunca dalgalanmalar gerçekleşmekle

birlikte genel olarak a_w değerinde düşüşler tespit edilmiştir. Bu durum tütsüleme teknolojisi gereği uygulanan tuzlama ve kurutma işlemlerinin bir sonucu olarak gerçekleşmiştir.

Tütsülenmiş balıklarda pH değerinin 5,4 ile 6,9 arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir (Özgür, 2005). Yapılan çalışmada tütsülenen palamut filetoalarının başlangıç pH değeri 6,21 olarak belirlenmiştir. Çalışmada her üç grubun pH değerleri de a_w değerlerinde olduğu gibi genel anlamda düşüş eğiliminde olmuştur. Ancak kaplanarak +4 °C’de ve -18 °C’de depolanmış palamut filetoaları ile karşılaştırıldığında soğuk muhafazadaki örneklerin pH değerinde bir artış ve -18 °C’de depolanan örneklerde ise önce bir düşüş sonra artış olduğu görülmüştür. Bu durumda tütsülenmiş palamutların depolama boyunca düşük pH değerlerinin kullanılan tütsü materyali, tuzlama, dumanlama yöntemi ve sıcaklığın etkisiyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Kaplama materyalleri arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklar olmadığı belirtilmiştir. Kullanılan balığın özellikleri ile tütsüleme materyali, muhafaza yöntemi gibi etkenlerin de pH değerini etkilediği belirtilmiştir (González-Rodríguez vd., 2002; Goulas ve Kontaminas, 2005). Duman ve Patır (2007) sıcak dumanladıktan sonra vakumla paketleyerek buzdolabı koşullarında depoladıkları aynalı sazan (*Cyprinus carpio*) filetoalarının başlangıçtaki pH değerini 5,55; kimyasal olarak bozulmuş kabul edildikleri depolamanın 84. günündeki pH değerini ise 5,45 olarak tespit etmişlerdir. Stohr vd. (2001) ise çalışmalarında soğuk dumanlanmış somon balığının pH değerlerindeki düşüşü mikrobiyal yükte bulunan ve asit üreten bakterilerin yoğunluğuna bağlamışlardır. Ünlüsayın (1999)’ın gerçekleştirdiği bir çalışmada ilk 28 gün süresince balıklardaki pH değerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Kaya vd. (2006) sıcak dumanlanmış palamut balıklarının pH değerini ilk gün 5,71 ve 15. gün 5,97 olarak tespit etmişlerdir. Dursun Oğur (2012) doktora çalışmasında alabalıkları tütsüleyerek izolat veya konsantre haldeki protein kaynakları soya protein izolatı, konsantre peynir altı suyu proteini, yumurta akı tozu proteini, buğday proteini, mısır proteini, jelatin, kollajen ve laboratuvarında hazırlanmış alabalık proteini ve uskumru proteini kullanarak üretilen yenilebilir filmlerle kaplamış ve sonrasında +2 °C’de 8 hafta süre ile depolamıştır. Depolamanın başlangıcında yenilebilir kaplama uygulanmış grupların pH’ını 4,24-6,82 arasında belirlerken; kontrol grubunda bu değeri 6,32 olarak tespit etmiştir. Sekiz haftalık depolama süresince bütün grupların pH değerlerinin düzensiz değişimler gösterdiğini

bildirmiştir. Araştırmacı başlangıçta belirlenen pH değerlerine göre asitliği yüksek çıkan gruplarda bu durumun film solüsyonlarının hazırlanmasında kullanılan asetik asitten kaynaklandığını ifade etmiştir. Farklı protein kaynakları arasında en düşük pH değerine alabalık proteininin kullanıldığı örneklerde rastlandığını belirtmiştir. Erkan (2012) sıcak tütülenmiş ve vakumla ambalajlanmış gökkuşacağı alabalık filetolarına ayrı ayrı kekik yağı ve sarımsak yağı ilave ederek +2 °C’de muhafaza etmiştir. Yedi haftalık depolama süresi sonunda pH değerlerini, kontrol grubunda 5,58, kekik yağı ilave edilen örneklerde 5,91 ve sarımsak yağı ilave edilen örneklerde 5,48 olarak tespit etmiştir. da Silva Santos vd. (2017) sıvı tütüsü ile tütüledikten sonra kitosanla kapladıkları Nil tilapya filetolarını +4 °C’de 30 gün boyunca depolamışlardır. Araştırmacılar kontrol grubunun pH değerini 6,57, tütülenen ve tütülenerek kitosanla kaplanan grupların pH değerlerini ise birbirine çok yakın ve sırasıyla 6,14 ve 6,18 olarak kaydetmiştir. Araştırmacılar tütülenmiş ve kaplanmış ürünlerin düşük pH değerinin tütüsü materyalinin asidik içeriğinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar kontrol grubunun pH değerinin 15 gün boyunca sabit kaldığını ancak daha sonra analizlerin son gününe kadar artarak depolamanın son günü olan 30. günde 7,47’ye ulaştığını bildirmişlerdir. Tütülenen ve tütülenerek kitosanla kaplanan gruplarda ise depolama süresi boyunca pH değerinin düşük seviyelerde seyrettiği tespit edilmiştir (sırasıyla 6,56 ve 6,60). Kontrol grubundaki artışı bakteriyel çoğalma ile açıklamaya çalışmışlardır. Mevcut çalışma, pH değerlerinde düşüş eğilimi açısından yapılan birçok çalışma ile uyumluluk göstermekle birlikte değerler oldukça düşük çıkmıştır. Öte yandan Kılıç (2005) soğuk dumanlanmış vakumla paketlenmiş *Oncorhynchus mykiss*’e eklenen farklı antioksidan ve antimikrobiyal ajanların etkisini belirlemek için yürüttüğü çalışmada depolamanın başlangıcındaki pH değerinin 6,03 olduğunu; depolamanın 20. gününde ise 6,45’e yükseldiğini bildirmiştir.

Horner (1997) tütüleme işlemi ile farklı aromada ürünler elde etmek amacıyla çok farklı ağaç türlerinin talaşının kullanılabilirdiğini, bu farklı talaşların da tütülenmiş ürünün rengini etkilediğini bildirmiştir. Buna göre kayın ağacının açık sarı, gürgen ağacının kırmızı, meşe ağacının koyu sarımsı kahverengi ve kızıl ağacının ise kırmızımsı kahverengi bir renk verdiği belirtmiştir. Kobajashi vd. (2012) farklı ticari firmalardan sağladığı tuna balıklarının renk parametrelerinden L* değerlerinin 40,40 ile 45,38 arasında; a* değerlerinin 11,93 ile 13,42 arasında ve b* değerlerinin de 14,10 ile 17,65 arasında değiştiğini bildirmiştir. Araştırmacılar tütümlü balıklarda elde edilen farklı renk değerlerinin farklı tütüsü kompozisyonları, tütüsü bileşenlerinin oksidasyon ve

polimerizasyonu ve tütüsü bileşenleri ile balıklardaki proteinlerin reaksiyonundan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Tütüledikten sonra palamut filetolarının L* değerlerinde artış meydana gelmiştir. Ancak NH ve UH grupları K grubuna göre daha yüksek L* değerlerine sahiptir. Duyusal değerlendirmede de bu sonuçlara paralel olarak tütülenen filetoların yüzeyleri parlak bir görünüm almıştır. Depolama boyunca K grubu L* değerleri düşüş göstermiş duyusal olarak tüketilebilirlik sınırının altına düştüğü depolamanın 39. gününde bu değer 41,03 olarak ölçülmüştür. Kaplamalı grupların da L* değerleri depolamanın ilk günlerinde artış ve sonrasında düşüş göstermiştir. Zaman içerisinde filetoların L* değerlerindeki düşüşler filetoların solgunlaştığını ve koyulaştığını göstermektedir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre de düşen puanlar da bu sonuçları doğrulamaktadır. Ancak kaplama materyallerinin dış ortama karşı oluşturduğu O₂, diğer gazlar ve nem bariyeri K grubuna karşı kaplamalı ürünlerin renginin korunmasında etkili olmuştur. Dursun Oğur (2012) doktora çalışmasındaki renk ölçümlerinde L* değerinin soya protein izolatu, jelatin, kollajen ve alabalık proteini ile kaplanmış gruplarda yükseldiğini diğer gruplarda ise depolama süresince düştüğünü bildirmiştir. Caklı vd. (2006) ve Kılıç (2005) tarafından yürütülen çalışmalarda da L* değeri depolama süresince artış göstermiştir. Bu çalışmalarla karşılaştırıldığında genel olarak kullanılan hammadde, tütüleme materyali, sıcaklık gibi faktörlerin renk oluşumu üzerinde farklı etkiler yapabileceği görülmektedir. Mevcut çalışmada K grubunun a* değeri depolama boyunca artış göstererek ürünün duyusal olarak tüketilebilirlik sınırının altına düştüğü depolamanın 39. gününde 16,68 ile maksimum değere ulaştığı görülmüştür. Kaplamalı grupların da a* değerleri artış eğiliminde olmakla birlikte K grubuna göre daha düşük çıkmıştır. Filetoların a* değerlerinin artması kırmızılıkta artış olarak değerlendirilmektedir. Duyusal raf ömrünün tamamlandığı haftalarda kaplamalı gruplara ait a* değerinin artması Dursun Oğur (2012), Caklı vd. (2006) ve Kılıç (2005)'in gerçekleştirdiği çalışmalarla benzerlik göstermiştir. Bu durum genel olarak sıcak tütülenmiş balık filetolarının yüzeyindeki kırmızı tonunun arttığını göstermektedir. Ultrason destekli balık protein hidrolizatlarının balık filetolarına kaplama materyali olarak uygulanarak renk değerlerinin araştırıldığı bir çalışma olmadığından mevcut çalışma bu tür bir karşılaştırmaya tabi tutulamamıştır. Ancak yapılan çalışmada UH grubuna ait L*, a* ve b* değerlerinin farklı günlerde diğer gruplardan istatistiki olarak farklı çıkması, ürünlerin renk değerlerinin daha uzun süre daha iyi düzeyde tutulmasına katkıda bulunduğunu göstermiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre de

tüketilebilirlik sınırlarının aşılmadığı 33. ve 39. günlerde UH grubu NH grubuna göre daha yüksek puanlar almıştır.

Bilgin vd (2007) tütülenmiş ürünlerde TVB-N değerinin kullanılan hammadde kalitesine, salamura derişimine, tütüleme teknolojisine, elde edilen ürünün paketleme şekline ve depolama koşullarına göre değişebileceğini bildirmişlerdir. Tütüleme işlemi ardından oluşan uçucu amin bileşikleri ve bakteriler tarafından gerçekleştirilen otolitik bozulmanın genel olarak TVB-N değerinin artmasına sebep olduğu belirtilmiştir (Koral vd. 2009). Mevcut çalışmada taze tütülenmiş palamut filetolarının TVB-N değeri 15,56 mg/100g olarak bulunmuştur. Kontrol grubu örnekleri depolamanın başlangıcından itibaren hızla artmaya başlamış ve depolamanın 39. gününde tüketilebilirlik sınırını aşmıştır. Kaya ve Erkoyuncu (1999) sıcak tütülenmiş palamut balıklarının +4 °C’de depolanmanın 13. gününde TVB-N değerinin 32,9 mg/100 g’ın üzerine çıktığını bildirmişlerdir. Kaya vd. (2006) başlangıç değeri 11,21 mg/100 g olan TVB-N miktarının depolama süresi boyunca sürekli artarak 36,33 mg/100 g’a ulaştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar TVB-N artışının depolama başlangıcında hızlı daha sonraki günlerde yavaş olduğunu gözlemlediklerini ifade etmişlerdir.

Kutlu vd. (2016) yaptıkları çalışmada tütülenerek +4 °C’de depolanan palamut balıklarının TVB-N değerlerinin 30 gün boyunca tüketilebilirlik sınırları içerisinde kaldığını bildirmişlerdir. Yapılan önceki çalışmaların bu değerleri mevcut çalışmayı destekler olduğu görülmüştür. Koral (2006)’ın yürüttüğü çalışmada taze ve tütülenmiş palamut balıklarının TVB-N değerleri sürekli artış göstermekle birlikte taze balıklarda 5. günde kabul edilebilirlik değerin üzerine çıktığı, tütülenmiş örneklerde ise 11. günde 35,32 mg/100 g’a ulaştığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar mevcut çalışmaya göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın her iki çalışmada uygulanan farklı salamura konsantresi, sıcaklık, süre gibi değişkenlere bağlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Mevcut çalışmada NH ve UH gruplarının TVB-N değerleri K grubuna oranla oldukça yavaş artış göstermiştir. Kontrol grubunun tüketilebilirlik sınırını aştığı 39. günde bu gruplardaki TVB-N değerleri tüketilebilirlik sınırının altında iken depolamanın 60. gününde bu sınırı aşmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen soğutulmuş palamut filetoları ile karşılaştırıldığında tütüleme işleminin balıkların muhafazasında oldukça etkili bir

yöntem olduğu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte kontrol grubu değerlerinin kaplanmış gruplardan oldukça yüksek çıkması da kaplama materyallerinin etkinliğini ortaya koymaktadır. Kaplama materyallerinin, kullanılan tütsü materyalindeki etken maddelerle birlikte artan koruyucu etkisine ek olarak ürünlerde mikrobiyal bozulma ve oksidasyon gibi aktiviteleri geciktirmekteki katkısının kontrol grubuna nazaran daha uzun saklama süresi sağlayacağı sonucuna varılmıştır. Dursun Oğur 2012’de yaptığı çalışmada TVB-N için 25 mg/100 g sınır değeri olarak kabul ederek buğday proteini, alabalık ve uskumru proteinleri ile kaplı ürünlerin 8 haftalık depolama süresince bu sınırın aşılmadığını bildirmiştir. Yeşiltaş (2012) sıcak tütsülemeyi takiben farklı konsantrasyonlarda sodyum alginat ve kekik yağı ilave ettiği kaplama solüsyonlarına daldırdığı alabalık fileto larını +2 °C’de depolamış ve kaplama materyallerinin balığın kalitesi ve raf ömrüne etkisini araştırmıştır. Bu çalışma sonunda, uygulanan kaplama materyallerinin ürünlerde mikroorganizma üremesini engelleyerek TVB-N değerlerinin artışını yavaşlattığını bildirmiştir. Tütsülenmiş alabalık için TVB-N sınır değerini 25 mg/100 g kabul ederek yaptığı değerlendirme sonuçlarına göre kontrol grubu örneklerinin 4. haftada 28,26 mg/100 g’a ulaşarak sınırı aştığını, yüksek konsantrasyon ve kekik katkılı kaplamalı gruplarda depolama süresinin 7 haftaya kadar çıktığını bildirmiştir. Literatürden de görülmektedir ki kaplama materyalleri tütsülenmiş balıklarda bozulmaları geciktirerek raf ömrünü uzatmaktadır. Ancak mevcut çalışmada TVB-N değeri açısından UH grubu NH grubundan istatistiki olarak farklılık göstermemiştir.

Tütsüleme işlemi sonrasında TBA değerindeki artışın tütsüleme esnasında balığın kısmi olarak su kaybetmesine ve yüksek sıcaklığın da etkisiyle doymamış yağ asitlerinde meydana gelen oksidasyonun artışına bağlı olduğu bildirilmiştir (Goulas ve Kontominas, 2005; Koral vd., 2009). Mevcut çalışmada tütsülenmiş palamut fileto larının TBA değerleri K grubunda depolamanın 33. gününde tüketilebilirlik sınırını aşmasına karşın NH ve UH gruplarında bu sınır 60. günde aşılmıştır. Lipit oksidasyonu sonucunda meydana gelen acılaşıma ile kendini gösteren TBA değerinin artışında kaplama materyallerinin antioksidan aktivite özelliği ile önemli önleyici etkisi diğer soğutulmuş ve dondurulmuş gruplarda olduğu gibi tütsülenmiş grupta da kendisini göstermiştir. Duyusal değerlendirme sonuçları ile karşılaştırıldığında K grubu örneklerinin koku ve ortalama değerlerinin 33. günde 4,00 puanın altına düştüğü görülmüştür. Kaplamalı gruplarda ise duyusal olarak tütsülenmiş palamut fileto ları 50. güne kadar 4,00 puanın

üzerinde iken 60. günde bu puanın altına düşmüştür. UH grubu zaman zaman daha üstün kalite özellikleri göstermekle birlikte genel olarak NH ile grubyla benzer değerler almıştır. Koral (2006) çalışmasında taze ve tütsülenmiş palamutlarda, ilk günden itibaren sürekli artış gösteren TBA değerini taze balıklarda 3. günde 0,84 mg malonaldehit/kg olarak hesaplarken tütsülenmiş balıklarda 0,60 mg malonaldehit/kg olarak belirlemiştir. Tütsülenmiş palamut balıklarının 13 günlük depolanması sonucunda bu değer 1,50 mg malonaldehit/kg olarak tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar diğer tütsüleme çalışmalarında elde edilmiştir (Koral vd., 2009; Koral vd. 2010). Kyung ve Thomas (2007) farklı molekül ağırlıklarında kitosan ile kapladıkları somon balıklarında kitosan ilavesinin 7 günlük depolama süresinde lipit oksidasyon seviyesini sınırladığını ve kaplanmış grupların TBA değerlerinin kontrol grubundan daha düşük hızla değiştiğini bildirmişlerdir. Gómez-Estaca vd. (2007) yüksek basınç, kekik, biberiye veya kitosan ilaveli jelatin kaplamaların soğuk dumanlanmış sardalya balıklarının raf ömrüne etkisini araştırdıkları çalışmalarında kaplama materyallerinin antioksidan aktiviteleri sayesinde üründe lipit oksidasyonunu geciktirdiğini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar kontrol grubunda tütsüleme esnasında açığa çıkan fenollerin antioksidan etki gösterdiğini; kekik veya biberiye ilaveli filmlerle kaplanan balıkların hem fenol içeriklerinin hem de antioksidan gücünün arttığını bildirmişlerdir. Yeşiltaş (2012) çalışmasında kaplamalı grupların TBA değerlerinin kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde ($P<0,05$) düşük olduğunu belirtmiştir.

Tütsülendikten sonra kaplanarak depolanan palamut filetolarının TMA değerleri tüm depolama boyunca tüketilebilirlik sınırlarının oldukça altında bulunmuştur. Bu durum hem tütsüleme işleminin doğası gereği kullanılan salamura işleminin hem de tütsüleme esnasında uygulanan sıcaklıkla birlikte tütsü materyalinin antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Tuz ve sıcaklığın etkisiyle ürün neminde meydana gelen düşüş mikroorganizmaların üremelerini kısıtlamaktadır. Ayrıca kaplamalı grupların TMA değerlerinin K grubundan daha düşük olması ortamda kaplama materyallerinin de olumlu etki ettiğine işaret etmektedir. Ürünlerin yüzeyinde oluşturdukları koruyucu tabaka sayesinde nem, gaz ve mikroorganizma geçişleri engellenerek ürünlerin korunması sağlanmıştır. Koral (2006) çalışmasında taze palamut örneklerinin TMA değerini 3. günde 3,34 mg/100 g, tütsülenmiş örneklerde 3,65 mg/100 g olarak hesaplamıştır. Tütsülenmiş palamut balıklarının 13 günlük depolanması sonucunda TMA değeri ise 11,19 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Kaya vd. (2006)

çalışmalarının başında 1,19 mgN/100 g olan TMA miktarının depolama süresince başlangıçta hızlı, daha sonra yavaş bir şekilde artarak 18,71 mgN/100 g'a ulaştığını bildirmişlerdir. Goulas ve Kontominas (2005) sıcak dumanladıktan sonra +2 °C'de sakladıkları uskumru balıklarında TMA miktarında depolama süresince çok önemli artışların olmadığını ortaya koymuşlardır. Öte yandan Erkan vd. (2011) vakumla paketledikleri tütsülenmiş alabalıklarda çeşitli bitki ekstraktlarının etkisi ile kontrol grubunun başlangıç TMA-N değerinin 0,96 mg/100 g'dan depolamanın 5. haftasında 2,19 mg/100g'a ulaştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar kaplamalı gruplardan defne yaprağı yağı ile kaplanan grupta TMA-N değerini 6. haftada 1,76 mg N/100 g, biberiye yağı ve kimyon tohumu yağı ile kaplanan gruplarda 5. haftada 2,05–2,13 mg N/100 g, ve limon yağı ile kaplanan grupta 7. haftada 2,21 mg N/100 g olarak belirlemişlerdir. El-Obeid vd. (2018) kitosan ve kekik yağı ve bunların kombinasyonu ile kapladıkları tütsülenmiş yılan balığı filetoalarını vakumla paketleyerek +4 °C'de depolamışlardır. Bu çalışmada başlangıçta 0,15 mg N/100 g olan TMA-N değerinin depolamanın 35. gününde kontrol grubunda 10,5 mg N/100 g'a yükseldiğini, depolamanın 49. gününde kaplanan gruplarda ortalama 1,5 mg N/100 g olarak analiz edildiğini bildirmişlerdir. Literatürden de görüldüğü gibi gerek bitkisel gerekse hayvansal kaynaklı yenilebilir kaplama materyalleri tütsülenmiş balık türlerinde antioksidan, antimikrobiyal olarak koruyucu etkiler göstermekte ve ürünlerin raf ömrünü kontrol grubuna göre oldukça uzun süreler uzatmaktadır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar da önceki çalışmaları destekler durumdadır.

Koral vd. (2010) sıcak tütsülenerek +4 °C'de depolanan palamut balıklarının duyu analizi sonuçlarına göre balıkların 10 günlük raf ömrüne sahip olduklarını bildirmişlerdir. Yanar vd. (2006) farklı tuz konsantrasyonları kullanarak tütsüledikleri tilapia balıklarını +4 °C'de depolamışlar ve %5, %10 ve %15 tuz konsantrasyonlarında salamura edildikten sonra tütsülenmiş balıkların 21. güne kadar, tuzlanmamış balıkların ise 14. güne kadar duyu açıdan çok iyi durumda olduğunu belirterek ortalama olarak tütsülenmiş tilapia balıklarının buzdolabı koşullarında 35 günün üzerinde güvenle muhafaza edilebildiklerini tespit etmişlerdir.

Yapılan çalışmada tütsüledikten sonra K ve GH ve UH ile kaplanarak +4 °C'de depolanan palamut filetoalarının duyu kalite parametrelerine panelistlerce verilen

puanlara göre K grubu 39. günde ve NH ve UH gruplarında 60. günde tüketilmez hale gelmiştir. Çalışmadaki soğutulmuş palamut filetoları ile karşılaştırıldığında tütüleme işleminin ürünlerin korunmasında oldukça etkili olduğu görülmüştür. Soğutulmuş gruptaki K grubu örnekleri 9. günde tüketilemez hale gelmişken tütülenmiş gruptaki K grubu örnekleri 33 gün tüketilebilirliğini korumuştur; kaplamalı gruplarda ise soğutulmuş örnekler 15. günde bozulurken tütülenmiş ürünler 50 gün tüketilebilirliğini korumuştur. Tütüleme işlemine ilaveten kaplama materyallerinin etkisi de duyuşal parametreler üzerinde oldukça etkili olmuş ve NH ve UH grupları K grubuna göre 17 gün daha fazla tüketilebilir özelliklerini korumuşlardır. Çalışmada kullanılan kaplama materyallerinin, yapılan renk ölçümleriyle de uyumlu bir şekilde palamut filetolarının genel görünüş, doku, koku ve tatları üzerinde olumlu etkiler yaptığı görülmüştür. Kaplanmış gruplarda ürün yüzeyini kaplayarak dış ortama karşı bariyer oluşturan GH ve UH kaplamalar antioksidan özellikleri ile ürünlerin oksidasyona uğrayarak renklerinin bozulmasını, lipid oksidasyonu sonucu oluşan acılaşmayı, antimikrobiyal özellikleri ile de mikrobiyal bozulmalara bağılı koku, doku, görünüş özelliklerini uzun bir süre daha korumalarını sağlamıştır. UH ile kaplanan grubun duyuşal parametrelerinin özellikle 33. ve 39. günlerde GH ile kaplanan gruptan daha iyi durumda olduğu ancak 50. günden itibaren her iki grubun benzer değerler aldığı görülmüştür. Pankyamma vd. (2016) zerdeçal muamelesinin yanı sıra tütüleme süresinin, pişirmeye hazır yayın balığı filetosunun soğuk depolanması esnasında kalite özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Zerdaçalla muamele edilmiş örneklerde genel duyuşal kabul edilebilirlik skorları daha yüksek, kontrol grubunda ise daha düşük çıkmıştır. Ürünlerin raf ömrü en yüksek 21 gün ile zerdaçalla muamele edilmiş ve 2 saat tütülenen gruba ait iken en düşük 7 gün ile 1 saat tütülenmiş kontrol grubuna ait olarak belirlenmiştir.

Tütüleme sırasında uygulanan yüksek sıcaklık tütülenmiş balıkların içerdiği mikroorganizma sayısını oldukça azaltmaktadır. Ancak tütüleme sırasında yeterli sıcaklığa ulaşılmadığında bazı mezofilik hatta psikrofilik bakterilerin yaşayabileceğı mümkün olduğu gibi, bakterisit etkisi olan dumanın fırın içinde yeterli derecede sirküle olamaması patojen mikroorganizmaların sporlarla yaşamasına ve dolayısıyla bozulmanın hızlanmasına neden olur (Rørvik, 2000; Varlık vd., 2007). Tütülenmiş ürünlerde tütüleme metoduna bağılı olarak uygulanan sıcaklık ve süre ile kullanılan ham materyalin başlangıç kalitesine göre mikrobiyal yükün değışiklik gösterebileceğı ve mikrobiyolojik

raf ömrünü belirlemede depolama sıcaklığının, uygulanan muhafaza yöntemi ve ambalajın önemli bir etken olduğu belirtilmiştir (Kolsarıcı ve Özkaya, 1998). Mevcut çalışmada başlangıçtaki TAMB ve TAPB sayıları depolamanın 1. gününde tütsüleme işleminin etkisiyle düşüş göstermiş, daha sonra ise artmaya başlamıştır. K grubu örnekleri depolamanın TAMB yükü açısından 39. gününde tüketilemez duruma gelirken NH ve UH gruplarında depolama süresinin sonuna kadar tüketilebilirlik sınırları içinde kalmıştır.

TAPB yükleri de TAMB yükleri ile benzer eğilim göstermiştir. Öncelikle bakteri sayılarında belirli bir düşüş ve daha sonrasında artışlar olmuştur. Kontrol grubu örneklerinde depolamanın 39. gününde TAPB yükü bakımından tüketilemez duruma gelmiştir. Kaplamalı grupların TAPB yükleri ise depolamanın 60. gününde tüketilebilirlik sınırlarını aşmıştır. Tüm gruplar için toplam aerobik bakteri yükleri TBA değerleri ile uyumlu iken duyuşal değerlendirmede K grubu değerleri depolamanın 33. gününde de kabul edilebilir puanlar olarak farklılık göstermiştir. Depolamanın 6. gününden itibaren K grubu örneklerinin TAMB ve TAMB sayılarının NH ve UH gruplarının bakteri sayılarına oranla önemli derecede farklı artışı kaplama materyallerinin de tütsüleme işlemi ile birlikte ürünlerin mikrobiyal korunmasında etkili olduğuna işaret etmektedir. Ancak GH ve UH kaplama arasında ürünlerin raf ömrüne etki etmesi açısından önemli bir farklılık oluşmamıştır. Depolamanın 16. gününde K grubu örneklerinde koliform bakteri sayısında artış gerçekleşmiştir. Başlangıçta çok düşük olmasına karşın zamanla koliform bakterilerin depolama esnasında veya analizler için yapılan uygulamalar sırasında bulaşmaya bağlı olarak artmış olabileceği düşünülmektedir. Çolakoğlu (2004) dumanlanmış balığın mikroflorasının uygulanan işlemlere bağlı olarak azaldığını tespit etmiştir. Ancak, daha sonra yapılan işlemler sırasında yeniden bulaşma ile ürünün mikroorganizma sayısı artabileceğini bildirmiştir. Diler vd. (2002) sıcak dumanlanmış eğrez balıklarının (*Vimba vimba tenella*) mikrobiyolojik analizleri sonunda benzer eğilimde sonuçlar elde etmişlerdir. Kontrol grubunun küf ve maya sayıları da 12. günde artmasına karşın, bu sayılar NH ve UH gruplarında depolamanın 33. gününde artmaya başlamıştır. Maya ve küfler, balıklarda normal flora içerisinde bulunmazlar. Bu mikroorganizmaların genellikle toprak orijinli olduğu, balıkların avlandığı anda sudan veya avlanma sonrası kullanılan alet ve malzemelerden bulaştığı bildirilmiştir (Gökten, 1990). Mevcut çalışmada küf ve maya sayılarının artmasının da koliform bakteriler gibi sonradan bulaşmış olabileceği düşünülmektedir. Diğer mikroorganizmalara karşı

koruyucu özellik gösteren kaplama materyallerinin benzer şekilde ürünleri koliform bakteri, küf ve mayaya karşı da K grubuna göre belirli bir süre daha koruduğu görülmüştür. Patır ve Duman (2006) tütülenmiş ürünlerde, tütüldükten sonra maya ve küf sayılarında düşüş görüldüğünü, depolama süresince ise tekrar arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar maya ve küf sayılarında meydana gelen düşüşün tuzlama işlemi ile tütüleme esnasında uygulanan sıcaklığa bağlı olarak mikroorganizmaların gelişimine engel ortam sağlanmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Literatür incelendiğinde ürünlere uygulanan protein bazlı yenilebilir filmlerin mikrobiyal gelişimi baskılayarak ürünün raf ömrünü uzattığı ortaya konulmuştur. Jenssen vd. (2006) peptitlerin esnek hidrofobik yapılarının mikrobiyal zarlarla etkileşime girmesi sonucu hücre içine nüfuz ederek hücrelerin stres sonucu ölmesini peptitlerin antimikrobiyal ajan özelliklerini açıkladığını vurgulamıştır. Malanovic ve Lohner (2016) peptitlerin aniyonik kalıntılarının mikroorganizmaların yüklü lipit yüzeyleriyle elektrostatik etkileşiminin de mikroorganizmaların gelişimini inhibe ettiğini bildirmiştir. Dursun Oğur (2012) çalışmasında soya protein izolatı, buğday ve mısır protein ile alabalık ve uskumru protein kaplı grupların mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre 8 hafta süresince 7 log kob/g değerine ulaşmadığını belirlemiştir. Kaya vd. (2006)'nin çalışmasında 15 günlük depolama sonunda mikrobiyolojik analizlerde TAMB sayısı $3,8 \times 10^3$ kob/g; maya sayısı $3,5 \times 10^3$ kob/g, küf sayısı $2,1 \times 10^2$ kob/g ve TAPB sayısı $< 10^1$ olarak tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca koliform üremediği bildirilmiştir. Akçay (2012) yüksek lisans tezinde, %1 w/w karanfil, %1 sarımsak ve %1 kekik yağı ile hazırlanmış gluten kaplamaların vakumla paketlenmiş sıcak dumanlanmış alabalık filetoalarının duyusal, mikrobiyolojik ve kimyasal kalite parametreleri üzerine etkisini 8 hafta süreyle incelemiştir. Başlangıçta tüm gruplarda 1,00 log kob/g'dan düşük olarak tespit ettiği maya küf yükünü, depolamanın 2. haftasında kontrol grubunda 6,17 log kob/g'a ulaştığını belirlemiştir. Buna karşın gluten ve antimikrobiyal katkılı gluten kaplama uygulanan örneklerde kontrol grubuna kıyasla oldukça düşük mikrobiyal yük tespit etmiştir. Sekiz haftalık depolama boyunca kontrol grubunda maya-küf değeri artmış ve depolama sonunda 6,48 log kob/g olarak bulmuştur. Gluten kaplama uygulaması yapılmayan gruplarda maya küf değeri depolama boyunca 1 log kob/g 'ın altında bulunmuştur. Mikrobiyolojik analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde kontrol grubu örneklerinin raf ömrü 2 hafta, gluten ve antimikrobiyal katkılı gluten kaplama uygulanan örneklerin raf ömrü 8 hafta olarak belirlenmiştir. Mevcut çalışmada sıcak dumanlanmış palamut filetoalarına

uygulanan GH ve UH kaplamalar mikroorganizmaların ürünlerin iç kısmına nüfuzunu önleyen bir bariyer görevi yaparak mikroorganizmaların gelişimini engellediği düşünülmektedir. Benzer şekilde Gómez-Estaca vd. (2007a) soğuk dumanlanmış sardalya (*Sardina pilchardus*) balıklarını bitki ekstraktları ve kitosan ekledikleri yenilebilir jelatin ile kaplayarak raf ömrüne etkisini araştırdıkları çalışmada kaplama materyalinin oksidasyon seviyesini ve mikrobiyal gelişmeyi azalttığını bildirmişlerdir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yürütülen çalışma sonuçlarına göre; yan ürün biyokimyasal kompozisyonu hidrolizatların biyokimyasal kompozisyonları ile karşılaştırıldığında protein oranı hidrolizatlarda önemli oranda artmıştır; GH için %86,40 ve UH için %86,75'tir. Yan ürünlerin yağ oranı %6,45 iken hidrolizatların yağ oranları ise her iki grup için 0,05 civarında bulunmuş olup bu değer iyi bir hidrolizatta istenen değerler aralığındadır. Bu özellikleri ile karbonhidrat ağırlıklı diyetlerde eksikliği çekilen protein ihtiyacının karşılanmasında balık kaynaklı proteinlerden faydalanılabilme noktasında alabalık atıklarından elde edilen protein hidrolizatının doğal bir protein katkısı olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Ancak çalışmada hidrolizat üretimi esnasında uygulanan ultrasonun elde edilen ürünün biyokimyasal kompozisyonunda önemli bir gelişme sağlamadığı belirlenmiştir. Bu anlamda farklı güç, süre, ön veya son uygulama gibi farklı koşullarda ultrason uygulamalarının denenerek ürüne etkileri araştırılmalıdır.

Yan ürün ve hidrolizatların amino asit değerleri karşılaştırıldığında hidroliz işlemi doğası gereği proteinlerin parçalanarak amino asitlere dönüşmesi ve peptit bağlarının kırılması ile hidrolizatların amino asit düzeylerinin yan ürünlere oranla önemli düzeyde yüksek çıktığı görülmüştür. Ultrason uygulaması substratın yüzeyinin açılması ve enzim aktivitesini desteklemesi şeklinde olmaktadır. Ancak ultrasonun proteinlerin yapılarını bozmadan yalnız konfigürasyonunu değiştirmesi sebebiyle her iki grup (GH ve UH) hidrolizatın amino asit oranları benzer çıkmıştır. Amino asitler arasında en yüksek değer glisin (12,05g/100 g GH ve 12,06 g/100 g UH), en düşük değer ise norvaline aittir (0,01 g/100 g GH ve 0,02 g/100 g UH). Çalışmada toplam hidrofobik amino asitlerin (alanin, valin, methionin, lösin, izolösin, fenilalanin triptofan ve prolin) toplam amino asitler içerisindeki oranı GH için %31,31 ve UH için %31,60 olarak hesaplanmıştır. Yüksek hidrofobik amino asitler ürünlerde antioksidan aktiviteyi geliştirmiştir.

Çalışmada hesaplanan hidroliz derecesi her iki hidrolizat grubunda da %20'nin üzerindedir ki bu da ortamda kısa peptit zincirleri bulunduğunun bir göstergesidir. Peptit zincir uzunlukları ile elde edilen protein hidrolizatlarının yüksek fonksiyonel özelliklere ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Çalışmada elde edilen bulgular irdelendiğinde ultrason uygulamanın protein hidrolizatlarında özellikle protein çözünürlüğünü arttırarak antioksidan aktivite ve fonksiyonel özellikleri geliştirdiği belirlenmiştir. Bu özellikleri ile elde edilen protein hidrolizatları gıda sanayiinde yağlı ürünlerde lipit oksidasyonuna karşı koruyucu, emülsiyon türü ürünlerde emülsifiye edici, köpürme kapasitesi ve stabilitesini artırıcı, yağ tutucu katkı maddesi olarak kullanılma potansiyeli taşımaktadır. Özellikle bu amaçla kullanımları için üretim esnasında uygulanacak ultrasonun son ürünün fonksiyonel özellikleri geliştirmesi dolayısıyla tercih edilmesi tavsiye edilebilir.

Böylece gıda üretiminde kullanılan sentetik katkı maddeleri yerine geçebilecek alternatif yenilikçi teknolojilerle üretilen doğal, fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş ürünlerin işlenmiş gıda sektörü için katkı maddesi olarak değerlendirilebilecek bir ürün geliştirilmiştir.

Balık yan ürünleri, insan tüketimi için büyük potansiyele sahip değerli kaynaklardır. Gıdalar için BPH üretimi, bu kaynakların iyileştirilmiş ve ekonomik kullanımı için umut verici bir alternatiftir. Bu tür uygulamalar ayrıca küresel su ürünleri yetiştiriciliğinin ve balıkçılık endüstrisinin sürdürülebilirliğini destekleyecek ve geliştirecektir. Bu çalışmada alabalık yan ürünleri kullanılmıştır. Ancak kullanılan hammadde, enzim ve üretim şartlarının değişmesiyle elde edilen ürünün kalite ve fonksiyonel özellikleri farklılık göstermektedir. Dolayısıyla diğer deniz canlılarından ve yan ürünlerden de BPH üretimi yapılmalıdır. BPH üretiminde suda çözünebilen bir protein faz ile birlikte lipitler, kemikler ve çözünmemiş proteinler ortaya çıkmaktadır. Bunlar ayrıca, yüksek değerli ürünler içinde potansiyel olabilir ve gelecekte yapılacak araştırmalar, deniz kaynaklarının sürdürülebilir ve ekonomik bir şekilde kullanılmasını sağlamak için bu kesimlere daha fazla odaklanmalıdır.

Ultrason uygulama BPH'nın özellikle antioksidan ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmektedir. Farklı yan ürünlerde, moleküler bileşimin ve BPH'nın biyokimyasal, beslenme ve duyuşal özelliklerinin ortaya konmasına odaklanılmalıdır. BPH'nın potansiyel biyoaktif özellikleri, olası sağlık faydalarını değerlendirmek için klinik öncesi çalışmalar ile değerlendirilmelidir.

Balık yan ürünlerinden üretilen protein hidrolizatlarının kaplama materyali olarak su ürünlerinde kullanılması ile ürünlerin mikrobiyolojik ve kimyasal olarak etkin şekilde korunabileceği düşünülmektedir. Ancak çalışmada UH'ın GH'a oranla daha üstün özelliklere sahip olabileceği beklentisi karşılanamamıştır. BPH kaplama materyali olarak kullanılacak ise çalışmadaki koşullarda kullanılan ultrason uygulamanın gereksiz olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak yapılan fonksiyon özellik analizlerinde UH'nın özellikle daha üstün ve fonksiyon özellikler göstermesi UH'ın emülsiyon formdaki su ürünlerinde ürünün fonksiyonel özelliklerini geliştirici olarak kullanımı önerilebilir. Bununla ilgili çalışmaların yapılması gereklidir.

Kaplama materyalinin soğutulmuş ve dondurulmuş palamut filetolarının a_w değerlerine önemli bir etki yapmadığı görülürken, tütsülenmiş palamut filetolarının ise a_w değerlerinde meydana gelen düşüşün büyük ölçüde kullanılan tuz ve sıcaklığın etkisi ile gerçekleştiği düşünülmektedir. Çalışma boyunca K grubunun a_w değeri kaplamalı gruplarla benzerlik gösterdiğinden ultrason uygulamanın a_w değerine önemli bir katkı yapmadığı belirlenmiştir.

Kaplama materyalleri soğutulmuş palamut filetolarının pH değerlerine etki etmiştir. Depolamanın 9. gününde K grubunun pH değeri $7,24 \pm 0,06$ ile kabul edilebilir seviyenin üzerine çıkarken kaplamalı gruplarda pH açısından kabul edilebilirlik sınırı 15. günde aşılmıştır. Dondurulmuş filetolarda ise tüm gruplarda 7 ay boyunca pH 7'nin altında kalmakla birlikte kaplamalı grupların değeri K grubundan önemli derecede daha düşük çıkmıştır. Tütsülenmiş grupta ise pH değerleri oldukça düşük bulunmuştur. Bu nedenle ultrason uygulamanın pH değerine önemli bir katkı yapmadığı belirlenmiştir.

Soğuk depolamada kaplanmış palamut filetolarına ait L^* ve a^* değerleri K grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durumda kaplama materyalinin renk üzerinde önemli etkiler yaptığını ancak ultrason uygulamanın renk üzerinde önemli bir etki yapmadığını ortaya koymuştur. Ancak dondurulmuş palamut filetolarının renk parametrelerinden L^* değerlerinde genel olarak gruplar arasında önemli bir farklılık gerçekleşmemiştir. Tütsülenmiş grupta ise UH ile kaplanmış grup duyusal değerlendirmelere paralel olarak diğer gruplardan daha parlaktır ve daha uzun süre rengini korumuştur.

Soğuk depoda muhafaza edilen palamut filetoalarının K grubu TVB-N değeri hızlı bir atışla depolamanın 9. günde bozulma sınırını aşmıştır. Buna karşılık kaplanmış grupların TVB-N değerlerindeki artışlar daha yavaş geręekleřmiř ve 15. günde 35 mg/100 g'ın üzerine çıkmıştır. Buna göre GH ve UH kaplamanın, proteinlerin ve diğer azot içeren bileşiklerin mikrobiyal bozulmasını etkili bir şekilde geciktirebileceği ve boylce, taze palamut filetoalarının TVB-N değerlerini kontrol edebileceğini göstermektedir. Dondurulmuş gruplarda ise depolama boyunca TVB-N değerleri tketebilirlik sınırını aşmamıştır. Ancak kaplama materyallerinin etkisi ile kaplamalı grupların K grubuna oranla daha iyi durumda olduğu görülmüştür. Ultrason uygulamanın uzun vadede TVB-N değerinin korunmasında etkili olduğu görülmüştür.

Çalışmada GH ve UH için yapılan antioksidan aktivite özellik analizlerinde her iki kaplama materyalinin de iyi birer antioksidan olduğu ortaya konulmuştur. Bu zellikleri ile GH ve UH'ın kaplama materyali olarak balık filetoalarında soğuk ve dondurulmuş depolama süresince lipit oksidasyonunu bir dereceye kadar kontrol edebildiği görülmüştür. TBA değeri açısından bakıldığında K grubu soğuk depolamanın 12. günde 5,34±0,10 mg malonaldehit/kg ve 15. günde 7,28±0,12 mg malonaldehit/kg değerine ulaşırken bu değer kaplamalı gruplardan NH için depolamanın 15. günde 4,42±0,12 mg malonaldehit/kg ve UH için 4,26±0,16 mg malonaldehit/kg olarak belirlenmiştir. Dondurulmuş grupta ise çalışmada depolamanın 7. ayında K grubu rnekleri TBA değeri 7,53±0,02 mg malonaldehit/kg ile kabul edilebilirlik sınırının üzerine çıkmasına karşın kaplamalı palamut filetoalarının depolamanın son ayına kadar TBA değerleri açısından tketebilirlik sınırlarının altında olduğu görülmüştür.

Çalışmada tüm depolama süresince soğuk muhafaza edilen ve dondurulan palamut filetoalarının tüm gruplarında TMA değerleri tketebilirlik sınırlarının oldukça altında bulunmuştur. TMA değerlerindeki artışlar kaplamalı gruplarda K grubuna göre önemli düzeyde yavaş olmuştur. Bu da kullanılan kaplama materyallerinin ürünlerde TMAO nun TMA'ya indirgenmesini geciktirdiğini ve TMA birikimini belirli bir düzeyde kadar engellediğini işaret etmektedir.

Soğutularak depolanan palamut filetoalarının K grubunda depolamanın 9. günde tüm duyuusal kriterler 4,00 puanın altına düşmesine karşın NH ve UH gruplarının görünüş,

doku, koku ve parlaklık değerleri ortalama 6,00 civarında olup ürünler duyuşal olarak iyi durumlarını muhafaza etmiştir. NH grubunda depolamanın 15. gününde ortalama $3,23 \pm 0,10$ ile UH grubunda ise depolamanın 12. gününde $4,45 \pm 0,20$ ile kabul edilebilirlik sınırlarının altına düşmüştür. Duyusal değerlendirmede elde edilen sonuçlar analiz edilen TVB-N değerleriyle paralellik göstermiştir. Dondurularak depolanan palamut filetolarının duyuşal kalite parametrelerine verilen puanlara göre 7 ay boyunca her üç grup da kabul edilebilirlik sınırları içerisinde kalmış ancak K grubu değerleri kaplamalı gruplardan daha düşük çıkmıştır. Çalışmada kullanılan kaplama materyallerinin lipit oksidasyonunu bir düzeye kadar engelleyerek ürünlerin duyuşal kalitesini koruduğu, acılaşmanın gecikmesini sağladığını göstermiştir. Kullanılan her iki kaplama materyali de doğal antioksidatif özellik göstermiş ve ürünleri lipit oksidasyonundan koruduğu söylenebilir.

Soğuk depolama süresince K grubuna ait mezofil ve psikrofil bakteri sayıları NH ve UH gruplarına oranla daha hızlı bir şekilde artış göstermiştir. K grubu örnekleri toplam aerobik bakteri yükü açısından depolamanın 9. gününde kabul edilebilirlik limitini aşmıştır. Kaplamalı gruplar ise mezofil bakteri yükleri depolama sonuna kadar kabul edilebilirlik sınırları içerisinde kalmakla birlikte depolamanın 12. gününde psikrofil bakteri yükleri kabul edilebilirlik sınırını aşmıştır. Çalışmada K grubuna göre daha düşük oranda bakteri yükü kaplanmış ürünlerde kaplama materyallerinin dış ortam ile ürün arasında bariyer oluşturarak oksijen geçişini önlediği ve ürünü koruduğu ve antimikrobiyal özellikleri ile de göstererek ürünleri koruduğu şeklinde açıklanabilir. Dondurulmuş filetoların 7 ay süren tüm depolaması boyunca mezofil ve psikrofil bakteri yükleri K, NH ve UH gruplarında tüketilebilir sınırların altında kalmış olması dondurularak muhafazanın gerektirdiği sıcaklık değerlerinden kaynaklanmıştır. Ancak GH ve UH gruplarının mikrobiyal yükleri açısından istatistiki farklılıkların olmaması ultrason uygulamanın hidrolizatta antimikrobiyal etki üzerine ekstra bir etki yapmadığına işaret etmektedir. Tütsüledikten sonra kaplanarak $+4 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolanan palamut filetolarının K grubu mezofil bakteri bakımından çalışmanın 39. günü, psikrofil bakteri sayısı bakımından ise 33. günü sınır değerleri aşmıştır. Buna karşın NH ve UH grupları mezofil bakteri bakımından çalışma sonuna kadar güvenli iken psikrofil bakteri bakımından depolamanın 60. günü tüketilemez duruma ulaşmıştır. Bu durum tütsülenmiş ürünlerin

diğer analiz sonuçları ile uyumlu olup, tütülenmiş ürün depolama süresinin 50 gün olması gerektiği sonucunu ortaya koymaktadır.

Soğutulmuş grupta K grubunda depolamanın 9. gününde tüm duyuşal kriterler 4,00 puanın altına düşmüş, kaplamalı gruplarda ise depolamanın 12. gününde kabul edilebilirlik puanının üstünde değerler almıştır. Dondurularak depolanmış palamut filetoalarının duyuşal kalite parametrelerine verilen puanlara göre tüm depolama süresince her üç grup da kabul edilebilirlik sınırları içerisinde kalmış ancak K grubu değerleri kaplamalı gruplardan daha düşük çıkmıştır. Tütüldükten sonra K ve GH ve UH ile kaplanarak +4 °C'de depolanan palamut filetoalarının duyuşal kalite parametrelerine panelistlerce verilen puanlara göre K grubu ortalama değerleri 39. günde ve NH ve UH gruplarında 60. günde tüketilmez hale gelmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre su ürünlerinin muhafazasında antioksidan ativite özellikleri ile alabalık atıklarından elde edilen protein hidrolizati kaplama materyali olarak kullanılabilir. UH grubu bazı değerler açısından NH grubundan farklılık göstermemiştir. Literatürde özellikle balık protein hidrolizatlarında ultrason uygulamanın oldukça sınırlı olması yapılan çalışmada ultrason etkisinin yeterince karşılaştırılamamasına sebep olmuştur. Protein hidrolizati üretiminde ultrason uygulamasının farklı koşullarda (güç, frekans, süre vs.) veya üretimin farklı aşamalarında (ön işlem veya son işlem gibi) denenmesi ile farklı özelliklerde ürün elde edilebileceği dolayısıyla bu tür araştırmaların yapılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Aaslyng, M.D., Martens, M., Poll, L., Nielsen, P.M., Flyge, H. and Larsen L.M., 1998.** Chemical and sensory characterization of hydrolyzed vegetable protein, a savory flavoring. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46, 2, 481-489. DOI: 10.1021/jf970556e
- Abbas, K.A., Saleh, A.M., Mohamed, A. and Lasekan, O., 2009.** The relationship between water activity and fish spoilage during cold storage: A review. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 7, 3-4, 86-90.
- Abbey, L., Glover-Amengor, M., Atikpo, M.O., Atter, A. and Toppe, J., 2017.** Nutrient content of fish powder from low value fish and fish byproducts. *Food Science and Nutrition*, 5, 3, 374-379. DOI:10.1002/fsn3.402
- Adler-Niessen, J., 1979.** Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolysates by trinitrobenzenesulfonic acid. *Agricultural Food Chemistry*, 27, 1256-1262.
- Adler-Nissen, J., 1986.** Enzymic hydrolysis of food proteins. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 427 s.
- Adler-Nissen, J., 1993.** Proteases. In *Enzymes in food processing*, Nagodawithana, T., Reed, G. (Eds.), Academic Press, San Diego, 480 s., 159-203.
- Ahmad, M., Benjakul, S., Sumpavapol, P. and Nirmal, N.P., 2012.** Quality changes of sea bass slices wrapped with gelatin film incorporated with lemongrass essential oil. *International Journal of Food Microbiology*, 155, 3, 171-178. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.01.027
- Ahn, C.B., Jeon, Y.J., Kim, Y.T. and Je, J.Y., 2012.** Angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from salmon byproduct protein hydrolysate by Alcalase hydrolysis. *Process Biochemistry*, 47, 12, 2240-2245. DOI: 10.1016/j.procbio.2012.08.019.
- Aider, M., 2010.** Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. *LWT- Food Science and Technology*, 43, 6, 837-842. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.01.021
- Akçay, S., 2012.** Antimikrobiyal Madde İçeren Yenilebilir Filmlerin Dumanlanmış Balığın Kalitesine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, 96 s., 49-62.
- Alak, G., Hisar, Ş.A., Hisar, O., Kaban, G. and Kaya, M., 2010.** Microbiological and chemical properties of bonito fish (*Sarda sarda*) fillets packaged with chitosan film, modified atmosphere and vacuum. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16, 73-80.

- Alasalvar, C., Shahidi, F. and Quantick, P., 2002.** Food and health applications of marine nutraceuticals: a review. In C. Alasalvar and Taylor T. (Eds.), *Seafoods-quality, technology and nutraceutical applications*. Springer, Newyork, 224 s., 175-204,
- Al-Bandak, G., Tsironi, T., Taoukis, P. and Oreopoulou, V., 2009.** Antimicrobial and antioxidant activity of *Majorana syriaca* in yellowfin tuna. *International Journal of Food Science & Technology*, 44, 373-379. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2008.01775.x
- Alp Erbay, E., Dağtekin, B.B.G., Türe, M., Yeşilsu, A.F. and Torres-Giner, S., 2017.** Quality improvement of rainbow trout fillets by whey protein isolate coatings containing electrospun poly (ϵ -caprolactone) nanofibers with *Urtica dioica* L. extract during storage. *LWT-Food Science and Technology*, 78, 340-351. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.01.002
- Andersen, C.M. and Jørgensen, B.M., 2004.** On the relation between water pools and water-holding capacity in cod muscle. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 13, 13-23. DOI: 10.1300/J030v13n01_03
- Apak, R., Guclu, K., Ozyurek, M. and Karademir, S.E., 2004.** Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 52, 26, 7970-7981. DOI: 10.1021/jf048741x
- Aras Hisar, Ş., Hisar, O. ve Yanık, T., 2004.** Balıklarda mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal bozulmalar. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35, 3-4, 261-265.
- Arason, A., Karlsdottir, M., Valsdottir, T., Slizyte, R., Rustad, T., Falch, E., Eysturskard, J. and Jakobsen, G., 2009.** Maximum resource utilisation- value added fish by-products. *Nordic Innovation Centre, Project no: 04275*, 35-46.
- Aref, S., Morsy, N., Habiba R.A. and Zayat F.M., 2018.** Effect of transglutaminase enzyme, chitosan and rosemary extract on some quality characteristics of ready to eat fish fingers made from catfish (*Clarias gariepinus*) during frozen storage. *EC Nutrition*, 716-731.
- Arfat, Y.A., Benjakul, S., Vongkamjan, K., Sumpavapol, P. and Yarnpakdee, S., 2015.** Shelf life extension of refrigerated sea bass slices wrapped with fish protein isolate/fish skin gelatin ZnO nanocomposite film incorporated with basil leaf essential oil. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 10, DOI: 6182-6193. 10.1007/s13197-014-1706-y.
- Arslan, H., 2006.** Siraz (*Capoeta capoeta*)’dan Elde Edilen Suriminin Farklı Depolama Sıcaklıklarında Çeşitli Kryopropektantlar Kullanılarak Raf Ömrünün Tespiti. *Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye*, 97 s.

- Arslan, E., 2016.** Alabalık Atıklarından Elde Edilen Toz Protein Hidrolizatı İle Kaplanmış Alabalık Filetolarının Soğukta Depolanması Esnasındaki Bazı Kalite Değişimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 80 s., 70, 71, 72.
- Arzeni, C., Martinez, K., Zema, P., Arias, A., Perez, O.E. and Pilosof, A.M.R., 2012.** Comparative study of high intensity ultrasound effects on food proteins functionality. *Journal of Food Engineering*, 108, 463-472. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.08.018
- AOAC, 1995.** Official Method 985.14: Moisture in Meat and Poultry Products In Official Methods of Analysis of AOAC International; Cunniff, P. (Ed.), AOAC International, Arlington, VA.
- AOAC, 2005.** Official method 983.23. Fat in foods. Gaithersburg, Md., AOAC International.
- Aubourg, S.P., Pérez-Alonso, F. and Gallardo, J.M., 2004.** Studies on rancidity inhibition in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*) by citric and ascorbic acids. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106, 232-240. DOI: 10.1002/ejlt.200400937
- Awad, T.S., Moharram, H.A., Shaltout, O.E., Asker, D. and Youssef, M.M., 2012.** Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48, 2, 410-427. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.05.004
- Badii, F. and Howell, N.K., 2002.** A comparison of biochemical changes in cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) fillets during frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 87-97.
- Balcik Misir, G., Tufan, B. and Köse, S., 2014.** Monthly variation of total lipid and fatty acid contents of Atlantic bonito, *Sarda sarda* (Bloch, 1793) of Black Sea. *International Journal of Food Science & Technology*, 49, 2668-2677. DOI: 10.1111/ijfs.12578.
- Balpetek Külcü, D., 2017.** Farklı sıcaklıklarda muhafaza edilen palamut (*Sarda sarda*) balığının bazı kimyasal kalite niteliklerinin belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, DOI: 10.16984/saufenbilder.298978.
- Barbana, C. and Boye, J.I., 2011.** Angiotensin I-converting enzyme inhibitory properties of lentil protein hydrolysates: Determination of the kinetics of inhibition. *Food Chemistry*, 127, 1, 94-101.
- Beaulieu, L., Thibodeau, J., Bryl, P. and Carbonneau, M.E., 2009.** Proteolytic processing of herring (*Clupea harengus*): Biochemical and nutritional characterisation of hydrolysates. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 2113-2119.

- Bell, C., Neaves, P. and Willams, A.P., 2005.** Food Microbiology and Laboratory Practice. Blackwell, Oxford, UK, 324 s.
- Benjakul, S. and Morrissey, M.T., 1997.** Protein hydrolysates from Pacific whiting solid wastes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 9, 3423-3430. DOI: 10.1021/jf970294g
- Benzie, I.F.F. and Strain, J.J., 1999.** Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. Methods in Enzymology, 299, 15-27. DOI: 10.1016/S0076-6879(99)99005-5
- Bergmeyer, H.U., 1979.** Enzyme Nomenclature 1978. International Union of Biochemistry, Academic Press, 612 s., 6-26.
- Berik, N., Çankırılıgil, C. ve Kahraman, D., 2011.** Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetosundan kroket yapımı ve kalite niteliklerinin belirlenmesi. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 17, 5, 735-740.
- Berizi, E., Hosseinzadeh, S., Shekarforoush, S.S. and Barbieri, G., 2018.** Microbial, chemical, textural and sensory properties of coated rainbow trout by chitosan combined with pomegranate peel extract during frozen storage. International Journal of Biological Macromolecules, 106, 1004-1013. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.08.099
- Bhaskar, N., Benila, T., Radha, C. and Lalitha, R.G., 2008.** Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of catla (*Catla catla*) for preparing protein hydrolysate using a commercial protease. Bioresource Technology, 99, 335-343.
- Bilen, G., 2009.** Dondurulmuş balığın kalitesinde doğal antioksidanların etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 111 s., 73-75.
- Bilgin, Ş., Ertan, O. ve İzci, L., 2007.** Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak dumanlanmış *Salmo trutta macrostigma*, Dumeril 1858'in kimyasal kompozisyonundaki değişimlerin incelenmesi. Journal of FisheriesSciences.com 1, 2, 68, 80.
- Binsan, W., Benjakul, S., Visessanguan, W., Roytrakul, S., Tanaka, M. and Hideki, K., 2008.** Antioxidative activity of mungoong, an extract paste, from the cephalothorax of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Food Chemistry, 106, 1, 185-193, DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.05.065.
- Boland, F.E. and Paige, D.D., 1971.** Collaborative study of a method for the determination of trimethylamine nitrogen in fish (Division of Food Chemistry and Technology, Food and Drug Administration). Journal of AOAC, 54, 725-727.

- Boland, M.J., Rae, A.N., Vereijken, J.M., Meuwissen, M.P.M., Fischer, A.R.H., Van-Boekel, M.A.J.S., Rutherford, S.M., Gruppen, H., Moughan, P.J. and Hendriks, W.H., 2013.** The future supply of animal-derived protein for human consumption. *Trends Food Science and Technology*, 29, 1, 62-73. DOI: 10.1016/j.tifs.2012.07.002
- Bourtoom, T., 2008.** Edible films and coatings: characteristics and properties, Review Article. *International Food Research Journal*, 15, 3, 237-248.
- Bryant, C.M. and McClements, D.J., 1999.** Ultrasonic spectrometry study of the influence of temperature on whey protein aggregation. *Food Hydrocolloids*, 13, 6, 439-444.
- Cai, L., Wu, X., Dong, Z., Li, X., Yi, S. and Li, J., 2014.** Physicochemical responses and quality changes of red sea bream (*Pagrosomus major*) to gum arabic coating enriched with ergothioneine treatment during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 160, 82-89.
- Caklı, S., Kilinc, B., Dincer, T. and Tolasa, S., 2006.** Comparison of the shelf lives of map and vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *European Food Research and Technology*, 224, 1, 19-26.
- Caklı, S., Kilinc, B., Dincer, T. and Tolasa, S., 2008.** Shelf life of new culture species (*Diplodus puntazzo*) in refrigerator. *Journal of Muscle Foods*, 19, 315-332. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2008.00121.x
- Campos, C.A., Rodri'guez, O', Losada, V., Aubourg, S.P. and Barros-Vela'zquez, J., 2005.** Effects of storage in ozonised slurry ice on the sensory and microbial quality of sardine (*Sardina pilchardus*). *International Journal of Food Microbiology*, 103, 121-130.
- Can, Z. and Baltas, N., 2016.** Bioactivity and enzyme inhibition properties of *Stevia rebaudiana*. *Current Enzyme Inhibition*, 12, 188-194.
- Can, Ö.P. and Patır, B., 2012.** Kitosan kaplamanın gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) filetolarının raf ömrü üzerine etkisi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 42, 4, 148-154. DOI: 10.5222/TMCD.2012.148.
- Chalamaiah, M., Narsing, R.G., Rao, D.G. and Jyothirmayi, T., 2010.** Protein hydrolysates from meriga (*Cirrhinus mrigala*) egg and evaluation of their functional properties. *Food Chemistry*, 120, 652-657.
- Chalamaiah, M., Jyothirmayi, T., Bhaskarachary, K., Vajreswari, A., Hemalatha, R., Kumar, D.B., 2013.** Chemical composition, molecular mass distribution and antioxidant capacity of rohu (*Labeo rohita*) roe (egg) protein hydrolysates prepared by gastrointestinal proteases. *Food Research International*, 52, 1, 221-229. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.03.020.

- Chalamaiah, M., Jyothirmayi, T., Diwan, P.V. and Kumar B.D., 2015.** Antioxidant activity and functional properties of enzymatic protein hydrolysates from common carp (*Cyprinus carpio*) roe (egg). *Journal of Food Science and Technology*, 52, 9, 5817-5825. DOI: 10.1007/s13197-015-1714-6
- Chemat, F., Zille, H. and Khan, M.K., 2011.** Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 4, 813-835. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2010.11.023
- Chen, L., Chen, J., Ren, J. and Zhao, M., 2011.** Effects of ultrasound pretreatment on the enzymatic hydrolysis of soy protein isolates and on the emulsifying properties of hydrolysates. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59, 2600-2609. DOI: 10.1021/jf103771x
- Cheng, X., Tang, X., Wang, Q. and Mao, X.Y., 2013.** Antibacterial effect and hydrophobicity of yak κ -casein hydrolysate and its fractions. *International Dairy Journal*, 31, 111-116.
- Cheung, I.W.Y., Liceaga, A.M. and Li Chan E.C.Y., 2009.** Pacific hake (*Merluccius productus*) hydrolysates as cryoprotective agents in frozen pacific cod fillet mince. *Journal of Food Science*, 74, 8, 588-594. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01307.x
- Chi, C.F., Wang, B., Hu, F.Y., Wang, Y.M., Zhang, B., Deng, S.G. and Wu, C.W., 2015.** Purification and identification of three novel antioxidant peptides from protein hydrolysate of bluefin leatherjacket (*Navodon septentrionalis*) skin. *Food Research International*, 73, 124-129. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.08.038
- Chomnawang, C., Nantachai, K., Yongsawatdigul, J., Thawornchinsombut, S. and Tungkawachara, S., 2007.** Chemical and biochemical changes of hybrid catfish fillet stored at 4 °C and its gel properties. *Food Chemistry*, 103, 2, 420-427. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.039
- Contreras, M.R. Carrón, M.J. Ramos, M.M. and Recio, I., 2009.** Novel casein-derived peptides with antihypertensive activity. *International Dairy Journal*, 19, 10, 566-573. DOI: 10.1016/j.idairyj.2009.05.004
- Cosansu, S., Mol, S., Alakavuk, D.U. and Özturan, S., 2011.** The effect of lemon juice on bonito (*Sarda sarda*, Block, 1793) by sous vide packaging. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 395-401. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2010.02507.x
- Çolakoğlu, F.A., 2004.** Farklı işleme teknolojilerinin kızılgöz (*Rutilus rutilus*) ve beyaz balık (*Coregenus* sp.) mikroflorası üzerine etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 28, 239-247.
- da Silva Santos, S.D., Martins, V.G. and Salas-Mellado, M., 2011.** Evaluation of functional properties in protein hydrolysates from bluewing searobin (*Prionotus punctatus*) obtained with different microbial enzymes. *Food Bioprocess Technology*, 4, 8, 1399-1406. DOI: 10.1007/s11947-009-0301-0

- da Silva Santos, F.M., da Silva, A.I.M., Vieira, C.B., de Araujo, M.H., da Silva, A.L.C., das GC-dC, M., de Souza, B.W.S. and de Souza Bezerra, R., 2017.** Use of chitosan coating in increasing the shelf life of liquid smoked Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillet. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 1304-1311. DOI: 10.1007/s13197-017-2570-3
- Damodaran, S., 1997.** Food proteins: an overview. In: Damodaran, S. and Paraf, A., Eds. *Food Proteins and Their Applications*. Marcel Dekker, Inc., New York, 1997, 618 s., 1-24.
- Damodaran, S., 2007.** Inhibition of ice crystal growth in ice cream mix by gelatin hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 26, 10918-10923. DOI: 10.1021/jf0724670
- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.A. and Voilley, A., 1998.** Edible films and coatings: Tomorrow's packagings: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38, 299-313.
- Dehghani, S., Hosseini, S.V. and Regenstein, J.M., 2018.** Edible films and coatings in seafood preservation: A review. *Food Chemistry*, 240, 505-513. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.07.034
- Dekkers, E., Raghavan, S., Kristinsson, H.G. and Marshall, M.R., 2011.** Oxidative stability of mahi mahi red muscle dipped in tilapia protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 124, 2, 640-645. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.088
- Demirtaş, N., Erdem, Ö.A. and Çaklı, Ş., 2017.** Stability of fish protein hydrolysate from heads of gilthead sea bream (*Sparus aurata*), european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during storage. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34, 3, 327-336. DOI: 10.12714/egejfas.2017.34.3.12
- Detkamhaeng, N., Warawattanamateekul, W. and Hinsui, J., 2016.** Production of protein hydrolysate from yellowfin (*Thunnus albacares*) skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) viscera. *Kasetsart University, Fisheries Research Bulletin*, 40, 2, 52.
- Dey, S.S. and Dora, K.C., 2014.** Optimization of the production of shrimp waste protein hydrolysate using microbial proteases adopting response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 16-24. DOI: 10.1007/s13197-011-0455-4
- Di Pierro, G., O'Keeffe, M.B. Poyarkov, A., Lomolino, G., Richard, J. and Gerald, F., 2014.** Antioxidant activity of bovine casein hydrolysates produced by *Ficus carica* L.-derived proteinase. *Food Chemistry*, 156, 305-311. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.01.080

- Diler, A., Işıklı, B.I., Güner, A. ve Doğruer, Y., 2002.** Sıcak dumanlamanın eğrez balığının (*Vimba vimba tenella*) kalitesine etkisi. Veteriner Bilimleri Dergisi, 18, 3-4, 24.
- Diniz, F.M. and Martin, A.M., 1997.** Effects of the extend of enzymatic hydrolysis on the functional properties of shark protein hydrolysate. LWT-Food Science and Technology, 30, 3, 266-272. DOI: 10.1006/fstl.1996.0184
- Disney, J.G., Tatterson, I.N. and Oley, J., 1977.** Recent development in fish silage. Conference on the Handling, Processing and Marketing of Tropical Fish. London, 5-7 June 1976, 273- 275.
- Doe, P.E., Yean, Y.S., Pruthiarenun, R., Motohiro, T. and Gopakumar, K., 1998.** Dried and smoked fish products, Fish Drying & Smoking: Production and Quality, Technomic Publishing Company, Inc, Doe P.E. (Ed.), CRC Press, Boca Raton, Filorida, ISBN: 1-56676-668-0, 250 s., 47-87.
- Donhowe, I.G. and Fennema, O.R., 1993.** The effects of plasticizers on crystallinity, permeability, and mechanical properties of methylcellulose films. Journal of Food Processing and Preservation, 17, 247-257.
- Duan, J., Cherian, G. and Zhao, Y., 2010.** Quality enhancement in fresh and frozen lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets by employment of fish oil incorporated chitosan coatings. Food Chemistry, 119, 524-532.
- Duman, M. ve Patır, B., 2007.** Tütsülenmiş aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L.) filetolarının bazı kimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi. Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19, 4, 463-472.
- Dursun, S. ve Erkan, N., 2009.** Yenilebilir protein filmler ve su ürünlerinde kullanımı. Journal of Fisheries Sciences, 3, 4, 352-373.
- Dursun Oğur, S., 2012.** Dumanlanmış Balıkların Kalite ve Raf Ömrü Üzerine Yenilebilir Protein Film Kaplamanın Etkisi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye 237 s., 127-191.
- Dursun, S. ve Erkan, N., 2014.** The effect of edible coating on the quality of smoked fish. Italian Journal of Food Science, 26, 4, 370-382.
- Elias, R.J., McClements, D.J. and Decker, E.A., 2005.** Antioxidant activity of cysteine, tryptophan, and methionine residues in continuous phase β -lactoglobulin in oil- in-water emulsions. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53, 10248-10253.
- El-Obeid, T., Hany, M. Yehia-Hercules, S., Louisa, L., Maria, I., Tsiraki, I. and Savvaidis, N., 2018.** Shelf-life of smoked eel fillets treated with chitosan or thyme oil. Biological Macromolecules, DOI: 10.1016/ j.ijbiomac.2018.03.125
- Embuscado, M.E. and Huber, K.C., 2009.** Edible films and coatings for food applications. Springer, New York, DOI: 10.1007/978-0-387-92824-1

- Erdem, M.E., Kalaycı, F., Duyar, H.A. and Samsun, S., 2009.** Shelf life and biochemical composition of bonito fish (*Sarda Sarda*, Bloch, 1758) stored at 4 °C and fishing with different fishing tools. *Journal of Muscle Foods*, 20, 242-253. DOI: 10.1111/J.1745-4573.2009.00148.X
- Erdilal, R., 2014.** İşleme Yan Ürünlerinden Hidrolize Balık Proteini Eldesi Ve Gıda Katkı Maddesi Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, Türkiye, 159 s.
- Erkan, N. und Gökoglu, N., 1999.** Haltbarkeit gefriergelagerter küchenfertiger Miesmuscheln. *Information für die Fischwirtschaft aus der Fischereiforschung*, 46, 4, 44-47.
- Erkan, N., Ulusoy, Ş., Tosun, Y., Şengör, G.F. and Çelik, U., 2011.** Effect of combined application of plant extract and vacuum packaged treatment on the quality of hot smoked rainbow trout. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 6, 419-426.
- Erkan, N., 2012.** The effect of thyme and garlic oil on the preservation of vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food and Bioprocess Technology*, 5, 4, 1246-1254. DOI: 10.1007/s11947-010-0412-7
- Esteban, M.B., García, A.J., Ramos, P. and Márquez, M.C., 2007.** Evaluation of fruit-vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diet. *Waste Management*, 27, 2, 193-200. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.01.004
- EU, 1995.** Commission decision 95/149/EC. *Official Journal European Communities*, 8 March 1995, Aberdeen, United Kingdom, L 97, 84-87.
- Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qiu, J., Zhang, Y. and Chi, Y., 2009.** Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage. *Food Chemistry*, 115, 1, 66-70. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.11.060
- Fagan, J.D., Gormley, T.R. and Mhurcheartaigh, M.U., 2003.** Effect of freeze-chilling, in comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology*, 36, 647-655.
- FAO, 1986.** Food and Nutrition Paper Manuals of Food Quality Control Food Analysis: Quality, Adulteration, and Tests of Identity, Rome, Italy. 325 s.
- FAO, 2006.** Fish protein concentrate, fish flour, fish hydrolyzate, animal feed resource information system, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 215 s.
- FAO, 2014.** The state of world fisheries and aquaculture opportunities and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 223 s.

- FAO, 2017.** Committee on fisheries, sub-committee on fish trade, Sixteenth Session Busan, Republic of Korea, 4-8 September, 2017, Reduction of Fish Food Loss and Waste.
- Forghani, B., Ebrahimpour, A., Bakar, J., Abdul-Hamid, A., Hassan, Z. and Saari, N., 2012.** Enzyme hydrolysates from *stichopus horrens* as a new source for angiotensin-converting enzyme inhibitory peptides. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 9, 21-24.
- Feng, X., Bansal, N. and Yang, H., 2016.** Fish gelatin combined with chitosan coating inhibits myofibril degradation of golden pomfret (*Trachinotus blochii*) fillet during cold storage. *Food Chemistry*, 200, 283-292. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.030
- Friedman, M., 1978.** Inhibition of lysinoalanine synthesis by protein acylation. In: *Nutritional Improvement of Food and Feed Proteins* vol. 105, Friedman, M. (Ed.), Plenum Press, New York, ISBN: 978-1-4684-3366-1, 865 s., 613-648.
- Foh, M.B.K., Amadou, I., Foh, B.M., Kamara, M.T. and Xia, W., 2010.** Functionality and antioxidant properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) as influenced by the degree of hydrolysis. *International Journal of Molecular Science*, 11, 1851-1869. DOI: 10.3390/ijms11041851
- Fujita, I. and Yoshikawa, M., 1999.** LKPNM: a prodrug-type ACE-inhibitory peptide derived from fish protein. *Immunopharmacology*, 44, 1-2, 123-127. DOI: 10.1016/S0162-3109(99)00118-6.
- Gallego-Juarez, J.A., 2010.** High-power ultrasonic processing: Recent developments and prospective advances. *Physics Procedia*, 3, 1, 35-47. DOI: 10.1016/j.phpro.2010.01.006
- Geiges, O., 1996.** Microbial processes in frozen food. *Advances in Space Research*, 18, 12, 109-118. DOI: 10.1016/0273-1177(96)00006-3.
- Ghasem, T.A. and Masoud, R., 2011.** Effect of gelatin coating incorporated with cinnamon oil on the quality of fresh rainbow trout in cold storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 2305-2311. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2011.02750.x
- Giménez, B., Gómez-Estaca, J., Alemán, A., Gómez-Guillén, M.C. and Montero, P., 2009.** Physico-chemical and film forming properties of giant squid (*Dosidicus gigas*) gelatin. *Food Hydrocolloids*, 23, 585-592.
- Gines, R., Valdimarsdottir, T., Sveinsdottir, K. and Thorarensen, H., 2004.** Effects of rearing temperature and strain on sensory characteristics, texture, colour and fat of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Food Quality and Preference*, 15, 177-185. DOI: 10.1016/S0950-3293(03)00056-9

- Gogate, P.R., Tayal, R.K. and Pandit, A.B., 2006.** Cavitation: A technology on the horizon. *Current Science*, 91, 1, 35-46.
- Gómez-Estaca, J., Montero, P., Giménez, B. and Gómez-Guillén, M.C., 2007.** Effect of functional edible films and high pressure processing on microbial and oxidative spoilage in cold smoked sardine (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, 105, 2, 511-520. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.04.006
- Gómez-Estaca, J., de Lacey, A.L., López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M.C. and Montero, P., 2010.** Biodegradable gelatin–chitosan films incorporated with essential oils as antimicrobial agents for fish preservation. *Food Microbiology*, 27, 7, 889-896. DOI: 10.1016/j.fm.2010.05.012
- Goulas, A.E. and Kontominas, M.G., 2005.** Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 93, 3, 511-520. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.09.040.
- Gram, L. and Huss, H.H., 1996.** Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33, 121-137.
- Gram, L. and Dalgaard, P., 2002.** Fish spoilage bacteria-problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology*, 13, 3, 262-266, DOI: 10.1016/S0958-1669(02)00309-9.
- Grossbier, D., Minneapolis, M.N., Bermea, M., Claremont, M.N., Rao, S. and Omaha, C.** Low sodium salt composition. United States Patent Application, US 8,802,181 B2, 2014.
- González-Rodríguez M.N., Sanz, J.J., Santos, J.Á., Otero, A. and García-López, M.L., 2002.** Numbers and types of microorganisms in vacuum-packed cold-smoked freshwater fish at the retail level. *International Journal of Food Microbiology*, 77, 1-2, 161-168. DOI: 10.1016/S0168-1605(02)00048-X.
- Gökoğlu, N., 2002.** Su ürünleri işleme teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, ISBN:975-9703-48-3, 157 s. 87-115.
- Göktan, D., 1990.** Gıdaların mikrobiyal ekolojisi. Cilt 1, Et Mikrobiyolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 292 s., 51-195.
- Gu, R.Z., Li, C.Y., Liu, W.Y., Yi, W.X. and Cai, M.Y., 2011.** Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of low-molecular-weight peptides from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) skin. *Food Research International*, 44, 5, 1536-1540. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.04.006
- Gulseren, I., Guzey, D., Bruce, B.D. and Weiss, J., 2007.** Structural and functional changes in ultrasonicated bovine serum albumin solutions. *Ultrason Sonochemistry*, 14, 173-183.

- Gund, D.P., 2017.** Effect of Chitosan Coating on Frozen Stored Indian Mackarel, *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1816). MSc Thesis. Dr. Balasaheb Sawant Konkan Krishi Vidyapeeth, Dapoli, College of Fisheries Shirgoan Natragiri, 415629, Maharashtra State, India, 92 s., 44-52.
- Guohua, H., Wei, L., Hailin, F., Jian, L. and Yuanyuan, G., 2016.** Effects of chitosan combined with nisin treatment on storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). Food Chemistry, 203, 276-282. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.122
- Gülyavuz, H. ve Ünlüsayın, M., 1999.** Su ürünleri işleme teknolojisi. Şahin Matbaası, ISBN: 975-96897-0-7, Ankara, 366 s.
- Günlü, A. and Koyun, E., 2013.** Effects of vacuum packaging and wrapping with chitosan-based edible film on the extension of the shelf life of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets in cold. Food Bioprocess Technology, 6, 7, 1713–1719. DOI: 10.1007/s11947-012-0833-6
- Hamzeh, A. and Rezaei, M., 2012.** The effects of sodium alginate on quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets stored at 4±2 °C. Journal of Aquatic Food Product Technology, 21, 14-21.
- Hancock, R.E.W. and Scott, M.G., 2000.** The role of antimicrobial peptides in animal defenses. National Academy of Sciences, 16, 8856-8861. DOI: 10.1073/pnas.97.16.8856
- Hanmoungjai, P., Pyle, D.L. and Niranjana, K., 2002.** Enzyme-assisted water extraction of oil and protein from rice bran. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 77, 7, 771-776. DOI: 10.1002/jctb.635
- Harald, H. and Kjartan, S.** Process for improvement of meat quality in fish, protein hydrolysate and method of producing a protein hydrolysate. Norway Patent Application, WO/2004/071202, 2004.
- Haque, Z.U. and Mozaffar, Z., 1992.** Casein hydrolysate II. functional properties of peptides. Journal of Food Hydrocolloids, 5, 559-571.
- Hayes, J.E., Stepanyan, V., Allen, P., O’Grady, M.N. and Kerry, J.P., 2011.** Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. LWT - Food Science and Technology, 44, 1, 164-172. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.05.020
- He, S., Franco, C. and Zhang, W., 2012.** Process optimisation and physicochemical characterisation of enzymatic hydrolysates of proteins from co-products of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). International Journal of Food Science and Technology, 47, 2397-2404. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03115.x

- Hebard, C.E., Flick, G.J. and Martin, R.E. 1982.** Occurance and significance of trimethylamine oxide and its derivatives in fish and shellfish. In R.E. Martin, G.J. Flick, C.E. Hebard, D.R. (Eds.), 149-176
- Helfman, G., Collette, B.B., Facey, D.E. and Bowen, B.W., 2009.** Functional morphology of locomotion and feeding (2nd Ed.). In *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology*. Wiley-Blackwell. 111-127.
- Herpandi, N.H., Rosma, A. and Wan Nadiyah, W.A., 2011.** The tuna fishing industry: a new outlook on fish protein hydrolysates. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, 195-207. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2011.00155.x
- Heydari, R., Bavandi S. and Javadian, S.R., 2015.** Effect of sodium alginate coating enriched with horsemint (*Mentha longifolia*) essential oil on the quality of bighead carp fillets during storage at 4 °C. *Food Science & Nutrition*, 3, 3, 188-194. DOI: 10.1002/fsn3.202
- Higaki, K., Ueno, S., Koyano, T. and Sato, K., 2001.** Effects of ultrasonic irradiation on crystallization behavior of tripalmitoylglycerol and cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78, 5, 513-518. DOI: 10.1007/s11746-001-0295-y
- Higuera-Barraza, O.A., Torres-Arreola, W., Ezquerria-Brauer, J.M., Cinco-Moroyoqui, F.J., Rodríguez-Figueroa, J. and Marquez-Ríos, C.E., 2017.** Effect of pulsed ultrasound on the physicochemical characteristics and emulsifying properties of squid (*Dosidicus gigas*) mantle proteins. *Ultrasonography Sonochemistry*, 38, 829-834. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2017.01.008
- Hjelmeland, K., 1983.** Proteinase inhibitors in the muscle and serum of cod (*Gadus morhua*). Isolation and characterization. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 76, 365-372.
- Horner, W.F.A., 1997.** Preservation of fish by curing (drying, salting and smoking). *Fish Processing Technology*. In Hall G.M. (Ed.), Second Edition. Blackie Academic and Professional, VCH Publishers, New York. ISBN: 0-7514-0280-X (HB) 1-56081-562-2 (USA). 289 s., 32-73.
- Hsu, K., 2010.** Purification of antioxidative peptides prepared from enzymatic hydrolysates of tuna dark muscle by-product. *Food Chemistry*, 122, 42-48.
- Hu, H., Wu, J., Li-Chan, E.C.Y., Zhu, L., Zhang, F., Xu, X. and Pan, S., 2013.** Effects of ultrasound on structural and physical properties of soy protein isolate (SPI) dispersions. *Food Hydrocolloids*, 30, 2, 647-655. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.08.001

- Hu, S., Luo, Y., Cui, J., Lu, W., Wang, H., You, J. and Shen, H., 2013.** Effect of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) muscle hydrolysates and fish skin hydrolysates on the quality of common carp (*Cyprinus carpio*) during 4 °C storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 187-194. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2012.03176.x
- Huang, L., Dai, C., Li, Z. and Ma, H., 2015.** Antioxidative activities and peptide compositions of corn protein hydrolysates pretreated by different ultrasonic methods. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3, 7, 415-421. DOI: 10.12691/jfnr-3-7-2
- Hultin, H.O., 1994.** Oxidation of lipids in seafoods. In: Shahidi F., Botta J.R. (eds) *Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality*. Chapman & Hall, Boston, MA, 335 s., 49-74.
- Huss, H.H., 1988.** Fresh fish quality and quality changes. *FAO Fisheries Series*, No. 29, Rome.
- ICMSF, 1986.** Sampling plans for fish and shellfish, In: ICMSF (International Commission On Microbiological Specifications for Foods), *Microorganisms in foods, Sampling for microbiological analysis: Principles and scientific applications*, Vol. 2. 2nd Edition, University of Toronto Press, Toronto, Canada, 181–196.
- Intarasirisawat, R., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Wu, J., 2014.** Effects of skipjack roe protein hydrolysate on properties and oxidative stability of fish emulsion sausage. *LWT- Food Science and Technology*, 58, 1, 280-286. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.02.036
- Ishak, N.H. and Sarbon, N.M., 2017.** Optimization of the enzymatic hydrolysis conditions of waste from shortfin scad (*Decapterus macrosoma*) for the production of angiotensin-I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides using response surface methodology. *International Food Resources*, 24, 1735-1743.
- İlhan, R. and Gülyavuz, H., 2004.** The comparison of the chemical compositions of some bivalvia species caught in Çanakkale. *Turkish Journal of Aquatic Life*, Ege University 1st National Malacology Congress, 2, 2, 199-204.
- İnal, T., 1992.** Besin hijyeni. In: *Hayvansal Gıdaların Sağlık Kontrolü*. Final Ofset. Genişletilmiş 2. Baskı, İstanbul.
- Jambrak, A.R., Lelas, V., Mason, T.J., Krešić, G. and Badanjak, M., 2009.** Physical properties of ultrasound treated soy proteins. *Journal of Food Engineering*, 93, 4, 386-393. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.02.001
- Jambrak, A.R., Mason, T.J., Lelas, V., Paniwnyk, L. and Herceg, Z., 2014.** Effect of ultrasound treatment on particle size and molecular weight of whey proteins. *Journal of Food Engineering*, 121, 15-23. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.08.012

- Je, J., Lee, Y.K.H., Lee, M.H. and Ahn, C.B., 2009.** Antioxidant and antihypertensive protein hydrolysates produced from tuna liver by enzymatic hydrolysis. *Food Research International*, 42, 9, 1266-1272.
- Jenssen, H., Hamill, P. and Hancock, R.E., 2006.** Peptide antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 19, 491-511. DOI: 10.1128/CMR.00056-05
- Jeyakumari, A., Rahul-Das, M.S., Bindu, J., Joshy, C.G. and Zynudheen, A.A., 2016.** Optimisation and comparative study on the addition of shrimp protein hydrolysate and shrimp powder on physicochemical properties of extruded snack. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 1578-1585. DOI: 10.1111/ijfs.13127
- Jiang, L., Wang, J., Li, Y., Wang, Z., Liang, J., Wang, R., Chen, Y., Ma, W., Qi, B. and Zhang, M., 2014.** Effects of ultrasound on the structure and physical properties of black bean protein isolates. *Food Reserach International*, 62, 595-601.
- Jiang, J. and Xiong, Y.L., 2016.** Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Science*, 120, 107-117. DOI: 10.1016/j.meatsci.2016.04.005
- Jideani, V.A., 2011.** Functional properties of soybean food ingredients in food systems. In Ng, T. (Ed.). *Soybean: biochemistry, chemistry and physiology* (pp. 345-366). Shanghai, China: Intech.
- Jumeri, SM., 2011.** Antioxidant and anticancer activities of enzymatic hydrolysates of solitary tunicate (*Styela clava*). *Food Science and Biotechnology*, 20, 4, 1075-85.
- Kaba, N., Corapci, B., Eryasar, K. and Karabek, H.N., 2013.** Sensory, chemical and microbiological characteristics of canned-smoked whittings roe pate. *Gıda*, 38, 5, 259-266.
- Kangsanant, S., Murkovic, M. and Thongraung, C., 2014.** Antioxidant and nitric oxide inhibitory activities of tilapia (*Oreochromis niloticus*) protein hydrolysate: effect of ultrasonic pretreatment and ultrasonic-assisted enzymatic hydrolysis. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 8, 1932-1938. DOI: 10.1111/ijfs.12551
- Karaçalı, İ., 2002.** Meyve ve sebze değerlendirme. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 19, Ofset Basımevi, İzmir.
- Karaduman, A.T., 2018.** Kuru Olgunlaştırma Yönteminin Taze Sığır Etlerinin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik Ve Duyusal Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye, 60 s.
- Karki, B., Lamsal, B., Grewell, D., Pometto, A. L., Van Leeuwen, J., Khanal, S. K., and Jung, S., 2009.** Functional properties of soy protein isolates produced from ultrasonicated defatted soy flakes. *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86, 10, 1021–1028. DOI: 10.1007/s11746-009-1433-0.

- Karnjanapratum, S. and Benjakul, S., 2015.** Cryoprotective and antioxidative effects of gelatin hydrolysate from unicorn leatherjacket skin. *International Journal of Refrigeration*, 49, 69 -78. DOI: 10.1016/j.ijrefrig.2014.09.016
- Kaya, Y. ve Erkoyuncu, İ., 1999.** Değişik dumanlama metotlarının balık türlerinin kaliteleri üzerine etkisi. *On dokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14, 93-105.
- Kaya, Y., Turan, H., Erkoyuncu, İ. ve Sönmez, G., 2006.** Sıcak dumanlanmış palamut (*Sarda sarda* Bloch, 1793) balığının buzdolabı koşullarında muhafazası. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23, Ek (1/3), 457-460.
- Keskin, H., 1982.** *Besin Kimyası*, Cilt 2, Fatih Yayınevi, İstanbul, 558 s.
- Kester, J.J. and Fennema, O., 1986.** Edible films and coatings: A review. *Food Technology*, 40, 12, 47-59.
- Khiari, Z., Rico, D., Martin-Diana, A.B. and Barry-Ryan, C., 2015.** Valorization of fish by-products: rheological, textural and microstructural properties of mackerel skin gelatins. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19, 1, 180-191. DOI: 10.1007/s10163-015-0399-2
- Khan, M., Rahman, M.L., Ali, M.K. and Alam, A.K.M.N., 2012.** Development of protein enriched shrimp crackers from shrimp shell wastes. In Ahmed, K., Naser, N.M. Zafar, S.M.B., Rahman, M.A.R. and Hossain, A. (Eds.), *Abstract Book, 4th Fisheries Conference and Research Fair 2010*, Dhaka, Bangladesh, 104.
- Khan, M.I., Adrees, M.N., Arshad, M.S., Anjum, F.M., Jo, C. and Sameen A., 2015.** Oxidative stability and quality characteristics of whey protein coated rohu (*Labeo rohita*) fillets. *Lipids in Health and Disease*, DOI: 10.1186/s12944-015-0060-z
- Khantaphant, S., Benjakul, S. and Kishimura, H., 2011.** Antioxidative and ACE inhibitory activities of protein hydrolysates from the muscle of brownstripe red snapper prepared using pyloric caeca and commercial proteases. *Process Biochemistry*, 46, 318-327.
- Khayat, A. and Schwall, D., 1983.** Lipid oxidation in seafood. *Food Technology*, 37, 130.
- Kılıç, A., 2005.** Dumanlanmış gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üretiminde antimikrobiyal ve antioksidan maddeler kullanımı, Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kilinceker, O., Dogan, I.S. and Kucukoner, E., 2009.** Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets. *LWT- Food Science and Technology*, 42, 2, 868-873. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.11.003

- Kim, S.K., Byun, H.G., Park, P.J. and Shahidi, F., 2001.** Angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides purified from bovine skin gelatin hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2992-2997.
- Kim, S.K. and Mendis, E., 2006.** Bioactive compounds from marine processing byproducts-a review. *Food Research International*, 39, 4, 383-93. DOI: 10.1016/j.foodres.2005.10.010
- Kinsella, J.E., 1978.** Texturized proteins: fabrication, flavoring, and nutrition. *Critical Review. Food Science and Nutrition*, 10, 147.
- Kinsella, J.E., 1981.** Functional properties of proteins: Possible relationships between structure and function in foams. *Food Chemistry*, 7, 4, 273-288. DOI: 10.1016/0308-8146(81)90033-9.
- Kittiphattanabawon, P., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Shahidi, F., 2012.** Gelatin hydrolysate from blacktip shark skin prepared using papaya latex enzyme: Antioxidant activity and its potential in model systems. *Food Chemistry*, 135, 3, 1118-1126. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.05.080.
- Koşakowska, A., 2003.** Lipid oxidation in food systems. In Sikorski, Z.E. and Koşakowska, A. (Eds.), *Chemical and functional properties of food lipids*. Boca Raton, London, New York, Washington, DC., CRC Press, 133-166.
- Klompong, V., Benjakul, S., Yachai, M., Visessanguan, W., Shahidi, F. and Hayes, K., 2009a.** Amino acid composition and antioxidative peptides from protein hydrolysates of yellow stripe trevally (*Selaroides leptolepis*). *Journal of Food Science*, 74, 126-133. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01047.x
- Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D. and Shahidi, F., 2009b.** Characteristics and use of yellow stripe trevally hydrolysate as culture media. *Journal of Food Science*, 74, 219-S225. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01213.x
- Knorr, D., Froehling, A., Jaeger, H., Reineke, K., Schlueter, O. and Schoessler, K., 2011.** Emerging technologies in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2, 203-235. DOI:10.1146/annurev.food.102308.124129
- Koç, S., 2016.** Hamsi (*Engraulis Encrasicolus*) ve İşleme Atıklarından Elde Edilen Protein Hidrolizatlarının Besleyici, Fonksiyonel Ve Biyoaktif Özelliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye, 138 s., 65-70-85-86-87-89-90.
- Kolsarıcı, N. ve Özkaya, Ö., 1998.** Gökkuşığı alabalığının raf ömrü üzerine tütsüleme yöntemleri ve depolama sıcaklığının etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 22, 273-284.

- Koral, S., 2006.** Taze ve Tütsülenmiş Kefal (*Mugil so-İuy*, Basilewski,1855) ve Palamut (*Sarda sarda*, Bloch, 1838) Balıklarının Oda ve Buzdolabı Koşullarındaki Kalite Değişimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilileri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 76 s., 41, 42
- Koral, S., Köse, S. and Tufan, B. 2009.** Investigating the quality changes of raw and hot smoked garfish (*Belone belone euxini*, Günther, 1866) at ambient and refrigerated temperatures. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 9, 53-58.
- Koral, S., Köse, S. and Tufan, B., 2010.** The effect of storage temperature on the chemical and sensorial quality of hot smoked Atlantic Bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1838) packed in aluminium foil. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10, 439-443.
- Koral, S., 2012.** Türkiye’de Geleneksel Yöntemlerle İşlenmiş Balık Ürünlerinde Biyojenik Amin Miktarlarının Tespiti ve Oluşumuna Neden olan Faktörlerin İncelenmesi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilileri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 231 s., 47, 48, 56, 89, 90, 93-95.
- Koral, S. and Köse S., 2018.** The effect of using frozen raw material and different salt ratios on the quality changes of dry salted Atlantic bonito (lakerda) at two storage conditions. Food and Health, 4, 4, 213-230. DOI: 10.3153/FH18022
- Kramarenko, T., Roasto, M., Keto-Timonen, R., Mäesaar, M., Meremäe, K., Kuningas, M., Horman, A. and Korkeala, H., 2016.** *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat vacuum and modified atmosphere packaged meat and fish products of Estonian origin at retail level. Food Control, 67, 48-52. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.02.034
- Krise, K.M., 2011.** The Effects of Microviscosity, Bound Water And Protein Mobility on The Radiolysis and Sonolysis of Hen Egg White. PhD Thesis. The Pennsylvania State University, The Graduate School Eberly, College of Science, Pennsylvania, US., 138 s.
- Kristinsson, H.G. and Rasco, B.A., 2000a.** Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 40, 1, 43-81. DOI: 10.1080/10408690091189266
- Kristinsson, H.G. and Rasco, B.A., 2000b.** Biochemical and functional properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle protein hydrolyzed with various alkaline proteases. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 48, 657-666. DOI: 10.1021/jf990447v
- Kobajashi, T., Purnomo, I., Sudarminto, H. and Yuwono, S., 2012.** Physical, chemical and organoleptic characteristics of smoked skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) produced in Kendari-South East Sulawesi. African Journal of Biotechnology, 11, 91, 15819-15822. DOI: 10.5897/AJB12.1958

- Kutlu, S., Yeşilsu, A.F., Erteken, A., Balçık Mısır, G., Alp Erbay, E., Türe, M. ve Dağtekin, M., 2016.** Doğu Karadenizde avlanan ve yetiştirilen bazı balıkların tükülenmesinde tüketici kabulünün ve depolama stabilizesinin belirlenmesi. Araştırma Geliştirme Destekleri Proje Sonuç Raporu, TAGEM/HAYSÜD/2013/A11/P-04/1 38 s. 11-13.
- Kyung, W.K. and Thomas, R.L., 2007.** Antioxidative activity of chitosans with varying molecular weights. *Food Chemistry*, 101, 1, 308-313. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.01.038.
- Laemmli, U.K., 1970.** Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680-685.
- Lee, K.W. and Lip, G.Y., 2003.** The role of omega-3 fatty acids in the secondary prevention of cardiovascular disease. *QJM-An International Journal of Medicine*, 96, 465-80.
- Lee, B., Lopez-Ferrer, D., Kim, B.C., Na, H.B., Park, Y.I., Weitz, K.K., Warner, M.G., Hyeon, T., Lee, S., Smith, R.D. and Kim, J., 2011.** Rapid and efficient protein digestion using trypsin-coated magnetic nanoparticles under pressure cycles. *Proteomics*, 11, 309-318. DOI: 10.1002/pmic.201000378
- Lehmann, I. and Aubourg, S.P., 2008.** Effect of previous gutting on rancidity development in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) during frozen storage at- 20 °C. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 2, 270-275. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01429.x
- Leitritz, E. and R.C. Lewis, 1980.** Trout and Salmon Culture and Development of Trout. California, 201 s., 73-75.
- Leonhardt, C.G. and Morabito, J.A.** Wine aging method and system. United State Patent, US 7220439 B2, 2007.
- Li, X., Luo, Y., You, J. and Shen, H., 2015.** Stability of papain-treated grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) protein hydrolysate during food processing and its ability to inhibit lipid oxidation in frozen fish mince. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 1, 542-548. DOI: 10.1007/s13197-013-1031-x
- Li, T., Jiang, Y., Jin, G., Zhao, Q. and Li, J., 2016.** effects of fish-derived biological preservatives on cold storage of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets. *Journal of Food Protection*, 79, 10, 1707-1716. Doi: 10.4315/0362-028X.JFP-15-571
- Liaset, B., Lied, E. and Espe, M., 2000.** Enzymatic hydrolysis of by-products from the fish-filleting industry; chemical characterisation and nutritional evaluation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 581-589. DOI:10.1002/(SICI)1097-0010(200004)80:5<581::AID-JSFA578>3.0.CO;2-I

- Lin, L., Wang, B. and Weng, Y., 2011.** Quality preservation of commercial fish balls with antimicrobial zein coatings. *Journal of Food Quality*, 34, 81-87. DOI: 10.1111/j.1745-4557.2011.00370.x
- Lomakina, K., and Mikova, K., 2006.** A study of the factors affecting the foaming properties of egg white – A review. *Czech Journal of Food Sciences*, 24, 3, 110-118.
- Lourenço da Costa, E., Antonio da Rocha Gontijo, J. and Netto, F.M., 2007.** Effect of heat and enzymatic treatment on the antihypertensive activity of whey protein hydrolysates. *International Dairy Journal*, 17, 6, 632-640. DOI: 10.1016/j.idairyj.2006.09.003
- Love, M., 1996.** Probably more than you want to know about the fishes of the Pacific Coast, CA, Really Big press, Santa Barbara, California, USA.
- Lugasi, A., Losada, V., Hovari, J., Lebovics, V., Jakoczi, I. and Aubourg, S., 2007.** Effect of pre-soaking whole pelagic fish in a plant extract on sensory and biochemical changes during subsequent frozen storage. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 5, 930-936. DOI: 10.1016/j.lwt.2005.09.021
- Luo, H., Wang, W., Chen, W., Tang, H., Jiang, L. and Yu, Z., 2018.** Effect of incorporation of natural chemicals in water ice-glazing on freshness and shelf-life of Pacific saury (*Cololabis saira*) during -18 °C frozen storage. *Journal of Science and Food Agriculture*, 98, 3309-3314. DOI:10.1002/jsfa.8834
- Lücke, F. and Geidel, W., 1935.** Determination of volatile basic nitrogen in fish as a measure of their freshness. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 70, 441-458.
- Ma, H., Huang, L., Jia, J., He, R., Luo, L. and Zhu, W., 2011.** Effect of energy-gathered ultrasound on alcalase. *Ultrason, Sonochemistry*, 18, 419-424. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2010.07.014.
- Malanovic, N. and Lohner, K., 2016.** Antimicrobial peptides targeting gram-positive bacteria. *Pharmaceutics*, 9, 3, 59. DOI: 10.3390/ph9030059
- Marchioni, C., Riccardi, E., Spinelli, S., Dell'Unto, F., Grimaldi, P., Bedini, A., Giliberti, C., Giuliani, L., Palomba, R. and Congiu-Castellano, A., 2009.** Structural changes induced in protein by therapeutic ultrasounds. *Ultrasonics*, 49, 6-7, 569-576. DOI: 10.1016/j.ultras.2009.02.003
- Marchbank, T., Limdi, J.K., Mahmood, A., Elia, G. and Playford, R.J., 2008.** Clinical trial: protective effect of a commercial fish protein hydrolysate against indomethacin (nsaid)-induced small intestinal injury, alimentary pharmacology and therapeutics. *Journal of Compilation Aliment Pharmacology and Therapeutics*, 28, 799-804. DOI: 10.1111/j.1365-2036.2008.03783.x

- Mason, T.J., 1998.** Power ultrasound in food processing-the way forward. In Povey, M.J.W. and Mason, T.J. (Eds.), *Ultrasound in food processing*. Glasgow, UK, Blackie Academic & Professional, 282 s., 104-124.
- Mason, J., Chemat, F. and Vinatoru, M., 2011.** The extraction of natural products using ultrasound or microwaves. *Current Organic Chemistry*, 15, 2, 237-247. DOI: 10.2174/138527211793979871
- McClements, D.J., 1995.** Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science and Technology*, 6, 293-299.
- Maehre, H., Jensen, I.J., Elvevoll, E. and Eilertsen, K.E., 2015.** ω -3 fatty acids and cardiovascular diseases: effects, mechanisms and dietary relevance. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 22636-61. DOI: 10.3390/ijms160922636
- Mendis, E., Rajapakse, N. and Kim, S.K., 2005.** Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 3, 581-587. DOI: 10.1021/jf048877v
- Menteşe, E., Yılmaz, F., Baltaş, N., Bekircan, O. and Kahveci, B., 2015.** Synthesis and antioxidant activities of some new triheterocyclic compounds containing benzimidazole, thiophene, and 1,2,4-triazole rings. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 30, 3, 435-441. DOI: 10.3109/14756366.2014.943203
- Mol, S., Ozturan, S. and Cosansu, S., 2012.** Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) stored at 4 and 12 °C. *Journal of Food Quality*, 35, 137-143. DOI: 10.1111/J.1745-4557.2011.00430.X
- Morachis-Valdez, A.G., Gómez-Oliván, L.M., García-Argueta, I., Hernández-Navarro, M.D., Díaz-Bandera, D. and Dublán-García, O., 2017.** Effect of chitosan edible coating on the biochemical and physical characteristics of carp fillet (*Cyprinus carpio*) stored at -18 °C. *International Journal of Food Science*, 10, 281-2483. DOI: 10.1155/2017/2812483.
- Morales-Medina, R., Tamm, F., Guadix, A.M., Guadix, E.M. and Drusch, S., 2016.** Functional and antioxidant properties of hydrolysates of sardine (*S. pilchardus*) and horse mackerel (*T. mediterraneus*) for the microencapsulation of fish oil by spray-drying. *Food Chemistry*, 194, 1208-1216. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.08.122
- Morel, M., Dehlon, P., Autran, J.C., Leygue, J.P. and Bar-L'Helgouac'h, C., 2000.** Effects of temperature, sonication time, and power settings on size distribution and extractability of total wheat flour proteins as determined by size-exclusion high-performance liquid chromatography. *Cereal Chemistry*, 77, 685-691. DOI: 10.1094/CCHEM.2000.77.5.685
- Moreno, M.M.C. and Cuadrado, F.V., 1993.** Enzymatic hydrolysis of vegetable proteins: mechanism and kinetics. *Process Biochemistry*, 28, 481-90.

- Motalebi, A.A. and Seyfzadeh, M., 2012.** Effects of whey protein edible coating on bacterial, chemical and sensory characteristics of frozen common killa (*Clupeonella delitula*). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 11, 1, 132-144.
- Moulton, K.J. and Wang, L.C., 1982.** A pilot-plant study of continuous ultrasonic extraction of soybean protein. Journal of Food Science, 47, 1127-1129. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1982.tb07632.x
- Muzaifa, M., Safriani, N. and Zakaria, F., 2012.** Production of protein hydrolysates from fish by-product prepared by enzymatic hydrolysis. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation, 5, 1, 36-39.
- Nalinanon, S., Benjakul, S., Kishimura, H. and Shahidi, F., 2011.** Functionalities and antioxidant properties of protein hydrolysates from the muscle of ornate threadfin bream treated with pepsin from skipjack tuna. Food Chemistry, 124, 4, 1354-1362. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.07.089
- Nasri, R., Younes, I., Jridi, M., Trigui, M., Bougatef, A., Nedjar-Arroume, N., Dhulster, P., Nasri, M. and Karra-Châabouni, M., 2013.** ACE inhibitory and antioxidative activities of goby (*Zosterisessor ophiocephalus*) fish protein hydrolysates: effect on meat lipid oxidation. Food Research International, 54, 1, 552-610. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.07.001
- Nesse, K.O., Nagalakshmi, A.P., Marimuthu, P. and Singh, M., 2011.** Efficacy of a fish protein hydrolysate in malnourished children. Indian Journal of Clinical Biochemistry, 26, 4, 360-365. DOI: 10.1007/s12291-011-0145-z
- Nettleton, J.A., 2000.** Seafood nutrition in the 1990s, issues for the consumer. In Bligh, E.G. (Ed.), Seafood Science and Technology Canadian Institute of Fish Technology, Fishing News Books, Oxford, 406 s., 32-39,
- Ngo, D.H., Vo, T.S., Ngo, D.N., Wijesekara, I. and Kim, S.K., 2012.** Biological activities and potential health benefits of bioactive peptides derived from marine organisms. International Journal of Biological Macromolecules, 51, 4, 378-383. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2012.06.001
- Nieto, G., Castillo, M., Xiong, Y.L., Álvarez, D., Payne, F.A. and Garrido, M.D., 2009.** Antioxidant and emulsifying properties of alcalase-hydrolyzed potato proteins in meat emulsions with different fat concentrations. Meat Science, 83, 1, 24-30. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.03.005
- Nilsuwan, K., Benjakul, S. and Prodpran, T., 2016.** Emulsion stability and properties of fish gelatin-based films as affected by palm oil and surfactants. Journal of Science of Food and Agriculture, 96, 2504-2513. DOI: 10.1002/jsfa.7371
- Nikoo, M., Benjakul, S., Ehsani, A., Jing, L., Wu, F.F., Yang, N., Xu, B., Jin, Z. and Xu, X., 2014.** Antioxidant and cryoprotective effects of a tetrapeptide isolated from Amur sturgeon skin gelatin. Journal of Functional Foods, 7, 609-620.

- Nikoo, M., Benjakul, S. and Xu, X., 2015.** Antioxidant and cryoprotective effects of Amur sturgeon skin gelatin hydrolysate in unwashed fish mince. *Food Chemistry*, 181, 295-303.
- Norwitz, W., 1970.** Drained weight determination of frozen glazed fish and other marine products. *Method of Analysis of the AOAC*, 339 s.
- Nowzari, F., Shábanpour, B. and Ojagh, S.M., 2013.** Comparison of chitosan-gelatin composite and bilayer coating and film effect on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 141, 1667-1672.
- Ochoa-Rivas, A., Nava-Valdez, Y., Serna-Saldívar, S.O. and Chuck-Hernández, C., 2016.** Microwave and ultrasound to enhance protein extraction from peanut flour under alkaline conditions: effects in yield and functional properties of protein isolates. *Food and Bioprocess Technology*, 10, 3, 543-555. DOI: 10.1007/s11947-016-1838-3
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. and Hosseini, S.M.H., 2010.** Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120, 1, 193-198. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.10.006
- Olafsdóttir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I.M., Henehan, G., Nielsen, J. and Nilsen, H., 1997.** Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food Science & Technology*, 8, 8, 258-265. DOI: 10.1016/S0924-2244(97)01049-2.
- Olsen, R.L., Toppe, J. and Karunasagar, I., 2014.** Challenges and realistic opportunities in the use of by-products from processing of fish and shellfish. *Trends in Food Science & Technology*, 36, 2, 144–151. DOI: 10.1016/j.tifs.2014.01.007
- O'Meara, G.M. and Munro, P.A., 1984.** Effects of reaction variables on the hydrolysis of lean beef tissue by alcalase. *Meat Science*, 11, 3, 227-38. DOI: 10.1016/0309-1740(84)90039-1.
- O'Sullivan, J., Arellano, M., Pichot, R. and Norton, I., 2014.** The effect of ultrasound treatment on the structural, physical and emulsifying properties of dairy proteins. *Food Hydrocolloids*, 42, 3, 386-396. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.05.011.
- Ovissipour, M., Abedian, A., Motamedzadegan, A., Rasco, B., Safari, R. and Shahiri, H., 2009.** The effect of enzymatic hydrolysis time and temperature on the properties of protein hydrolysates from Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) viscera. *Food Chemistry*, 115, 238-242. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.12.013.
- Ovissipour, M., Rasco, B., Shihoodi, S.G., Modanlow, M., Gholamid, S. and Nematie, M., 2013.** Antioxidant activity of protein hydrolysates from whole anchovy sprat (*clupeonella engrauliformis*) prepared using endogenous enzymes and commercial proteases. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 7, 1718-1726. DOI: 10.1002/jsfa.5957

- Özden, Ö. ve Gökoğlu, N., 1997.** Sardalya balığının, (*Sardina pilchardus* (W. 1792)) soğukta depolanması sırasında yağında oluşan değişimlerin incelenmesi. *Gıda*, 22, 4, 309-313.
- Özden, Ö. ve Baygar, T., 2003.** Farklı paketlenme yöntemlerinin marine edilmiş balıkların bazı kalite kriterleri üzerine etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 27, 4899-906.
- Özgür, N., 2005.** Kurbağa (*Rana spp.*) bacağıının füme olarak değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 95 s., 62, 63.
- Özyurt, G., Kuley, E., Balıkçı, E. Kaçar, Ç., Gökdoğan, S., Etyemez, M. and Özoğul, F., 2012.** Effect of the icing with rosemary extract on the oxidative stability and biogenic amine formation in sardine (*Sardinella aurita*) during chilled storage. *Food Bioprocess Technology*, 5, 2777-2786. DOI: 10.1007/s11947-011-0586-7
- Özyurt, G., Özkütük, A.S., Şimşek, A., Yeşilsu A.F. and Ergüven, M., 2015a.** Quality and shelf life of cold and frozen rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*) fillets: effects of fish protein-based biodegradable coatings. *International Journal of Food Properties*, 18, 9, 1876-1887. DOI: 10.1080/10942912.2014.971182
- Özyurt, G., Şimşek, A., Karakaya, B.T., Aksun, E.T. and Yeşilsu, A.F., 2015b.** Properties of fish proteins extracted by the ph shifting method. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 1934-1943. DOI: 10.1111/jfpp.12432
- Xiong, G., Cheng, W., Ye, L., Du, X., Zhou, M., Lin, R., Geng, S., Chen, M., Corke, H. and Cai, Y.Z., 2009.** Effects of konjac glucomannan on physicochemical properties of myofibrillar protein and surimi gels from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Food Chemistry*, 116, 2, 413-418. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.02.056
- Pacheco-Aguilar, R., Mazorra-Manzano, M.A. and Ramirez-Suarez, J.C., 2008.** Functional properties of fish protein hydrolysates from Pacific whiting (*Merluccius productus*) muscle produced by a commercial protease. *Food Chemistry*, 109, 782–789
- Pankyamma, V., Somarajan, T., Ninan, G., Kuttanpillay-Velayudhanelayodam, L., Abubacker-Aliyamveetil, Z. and Puthanpurackal-Kizhakkathil, B., 2016.** Turmeric-treated and smoked sutchi catfish fillets. *Journal of Food Process Engineering*, 39, 472-483. DOI: 10.1111/jfpe.12238
- Pal, G.K. and Suresh, P.V., 2016.** Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen- based novel functional food ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, 201-215.

- Parvathy, U., Nizam, K., Zynudheen, A., George, N. and Satyen, P., 2016.** Preparation and characterization of fish protein hydrolysate from red meat of *Euthynnus affinis* and its application as an anti-oxidant. *Journal of Food Processing and Preservation*, 77, 1-28.
- Parvathy, U., Nizam, K.M., Zynudheen, A.A., Ninan, G., Panda, SK. and Ravishankar, C.N., 2018.** Characterization of fish protein hydrolysate from red meat of *Euthynnus affinis* and its Application as an antioxidant in iced sardine. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 77, 111-119.
- Patel, S.R.J., 2014.** Optimisation For Production of Fish Protein Hydrolysate from Nile Perch (*Lates niloticus*) By-Products. MSc Thesis. University of Nairobi, Centre for Biotechnology and Bioinformatics, Nairobi, Kenya, 71 s., 41-43.
- Patır, B. ve Duman, M., 2006.** Tütsülenmiş aynalı sazan (*Cyprinus carpio* L.) filetolarının muhafazası sırasında oluşan fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerin belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18, 2,189-195.
- Patır, B., Özpolat, E., Şeker, P. ve Yalçın, H., 2010.** Vakum ambalajlı gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) havyarının üretimi ve muhafazası sırasında mikrobiyolojik kalitesinde meydana gelen değişimler. *Fırat Üniversitesi, Salık Bilimleri ve Veterinerlik Dergisi*, 25, 1, 31-36
- Pelegrine, D.H.G. and Gasparetto, C.A., 2005.** Whey proteins solubility as function of temperature and pH. *LWT-Food Science and Technology*, 38, 77–80. DOI: 10.1016/j.lwt.2004.03.013
- Phillips, R.D. and Beuchat, L.R., 1981.** Enzyme modification of proteins. In Cherry, J.P. (Ed.), *Protein Functionality in Foods*, American Chemistry Society, Washington DC., 332 s., 275-289.
- Pires, C., Clemente, T., and Batista, I., 2013.** Functional and antioxidative properties of protein hydrolysates from Cape hake by-products prepared by three different methodologies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93, 4, 771-780. DOI: 10.1002/jsfa.5796
- Pramanik, B.N., Mirza, U.A., Hain, Y., Liu, Y.H., Bartner, P.L., Weber, P.C. and Bose, A.K., 2002.** Microwave-enhanced enzyme reaction for protein mapping by mass spectrometry: A new approach to protein digestion in minutes. *Protein Science*, 11, 2676-2687.
- Polat, N., Uğurlu, S. ve Kandemir, Ş., 2011.** Türkiye'nin Endemik ve Egzotik Alabalıkları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 1-9.

- Raeisi, S., Sharifi-Rad, M., Quek, S.Y., Shabanpour, B. and Sharifi-Rad, J., 2016.** Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of shallot (*Allium ascalonicum* L.) fruit and ajwain (*Trachyspermum ammi* (L.) Sprague) seed extracts in semi-fried coated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets for shelf-life extension. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 112-121, DOI: 10.1016/j.lwt.2015.07.064.
- Raghavan, S., Kristinsson, H.G. and Leeuwenburgh, C., 2008.** Radical scavenging and reducing ability of tilapia (*Oreochromis niloticus*) protein hydrolysates. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56, 21, 10359–10367. DOI: 10.1021/jf8017194
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C., 1999.** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medical*, 26, 9-10, 1231-1237. DOI: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Robert, M., Zatylny-Gaudin, C., Fournier, V., Corre, E., Le Corguillé, G., Bernay, B. and Henry, J., 2015.** Molecular characterization of peptide fractions of a tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product hydrolysate and in vitro evaluation of antibacterial activity. *Process Biochemistry*, 50, 487-492.
- Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Moreno, V., Caride, A., Vieites, J.M. and Diaz, O., 2011.** Whey protein-based coatings on frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*): Influence of the plasticiser and the moment of coating on quality preservation. *Food Chemistry*, 128, 187-194.
- Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A. and Diaz, O., 2012.** Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 14, 92-98.
- Rørvik, L.M., 2000.** *Listeria monocytogenes* in the smoked salmon industry. *International Journal of Food Microbiology*, 62, 183-190.
- Roslan, J., Yunos, K.F.M., Abdullah, N. and Kamal, S.M.M., 2014.** Characterization of fish protein hydrolysate from tilapia (*Oreochromis Niloticus*) by-product. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 312-319. DOI: 10.1016/j.aaspro.2014.11.044.
- Ruiz-Capillas, C. and Moral, A., 2001.** Correlation between biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice. *Food Research International*, 34, 5, 441-447.
- Sajas, J.F., and Gorbatow, W.M., 1978.** Use of ultrasound in meat technology. *Fleischwirtschaft*, 58, 6, 1009-1021.
- Salas, A.M., Barriga, S.M., Castro, R.V. and Albrecht-Ruiz, M., 2007.** Effects of antioxidants on the chemical and sensorial stability of minced jack mackerel in frozen storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 15, 4, 95-106. DOI: 10.1300/J030v15n04_07

- Samaranayaka, A.G.P. Kitts D.D. and Li-Chan, E.C.Y., 2010.** Antioxidative and angiotensin-1-converting enzyme inhibitory potential of a Pacific hake (*Merluccius productus*) fish protein hydrolysate subjected to simulated gastrointestinal digestion and caco-2 cell permeation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 58, 3, 1535-1542 DOI: 10.1021/jf9033199
- Samaranayaka, A.G.P. and Li-Chan, E.C.Y., 2011.** Food-derived peptidic antioxidants: a review of their production, assessment, and potential applications. *Journal of Functional Foods*, 34, 229-254. DOI: 10.1016/j.jff.2011.05.006
- Sánchez-Alonso, I., Jiménez-Escrig, A., Saura-Calixto, F. and Borderias, A.J., 2007.** Effect of grape antioxidant dietary fibre on the prevention of lipid oxidation in minced fish: Evaluation by different methodologies. *Food Chemistry*, 101, 372-378.
- Sánchez-Ortega, I., García-Almendárez, B.E., Santos-López, E.M., Amaro-Reyes, A., Barboza-Corona, J.E. and Regalado, C., 2014.** Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-18.
- Sarmadi, B.H. and Ismail, A., 2010.** Antioxidative peptides from food proteins: A review. *Peptides*, 31, 10, 1949-1956. DOI: 10.1016/j.peptides.2010.06.020.
- Sathivel, S., Bechtel, P.J., Crapo, S., Reppond, K.D. and Prinnyawatkul, W., 2003.** Biochemical and functional properties of herring (*Clupea haregus*). *Journal of Food Science*, 68, 2196-2200.
- Sathivel, S., Bechtel, P.J., Babbitt, J., Prinyawiwatkul, W., Negulescu, I.I. and Reppond, K.D., 2004.** Properties of protein powders from Arrowtooth flounder (*Atheresthes stomias*) and herring (*Clupea harengus*) by-products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 5040-5046. DOI: 10.1021/jf0351422
- Sathivel, S., 2005.** Chitosan and protein coatings affect yield, moisture loss, and lipid oxidation of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage. *Journal of Food Science*, 70, 455-459. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb11514.x
- Sathivel, S., Huang, J. and Bechtel, P.J., 2008.** Properties of pollock (*Theragra chalcogramma*) skin hydrolysates and effects on lipid oxidation of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during 4 months of frozen storage. *Journal of Food Biochemistry*, 32, 247-263.
- Schormüller, J., 1968.** *Handbuch der Lebensmittelchemie (Band III/2). Triesrische Lebensmittel Eier, Fleisch, Fisch, Buttermich*, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, Germany/New York, NY. 1584 s.
- Scott, W.J., 1957.** Water relations of food spoilage microorganisms. Water activity and its estimation in food systems. In Rockland, L.B. and Stewart, G.F. (Eds), *Water Activity: Influences on Food Quality*, Academic Press, New York, 1-61.

- Serdaroğlu, M. and Felekoglu, E., 2005.** Effects of using rosemary extract and onion juice on oxidative stability of sardine (*Sardina pilchardus*) mince. *Journal of Food Quality*, 28, 109-120.
- Seyfzadeh, M., Motalebi, A.A., Kakoolaki, S. and Gholipour, H., 2013.** Chemical, microbiological and sensory evaluation of gutted kilka coated with whey protein based edible film incorporated with sodium alginate during frozen storage. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12, 140-153.
- Shahidi, F., Han X.Q. and Syniowiecki, J., 1995.** Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chemistry*, 53, 285-293. DOI: 10.1016/0308-8146(95)93934-J
- Shaviklo, G.R., Thorkelsson, G., Rafipour, F. and Sigurgisladottir, S., 2011.** Quality and storage of extruded puffed corn-snacks during 6-month storage at ambient temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 886-893. DOI: 10.1002/jsfa.4261
- Shaviklo, A.R. and Rafipour, F., 2014.** Consumer-based development and optimization of fish strudel using d-optimal mixture design. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 845-855. DOI: 10.1111/jfpp.12039
- Shaviklo, A.R., Moradinezhad N., Abolghasemi, S.J., Motamedzadegan A., Kamali-Damavandi N. and Rafipour, F., 2016.** Product optimization of fish burger containing tuna protein isolates for better sensory quality and frozen storage stability. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16, 923-933. DOI: 10.4194/1303-2712-v16_4_20
- Shiku, Y., Hamaguchi, P.Y., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Tanaka, M., 2004.** Effect of surimi quality on properties of edible films based on Alaska pollack. *Food Chemistry*, 86, 493-499.
- Shirai, K. and Ramirez-Ramirez, J.C., 2011.** Utilization of fish processing by-products for bioactive compounds, In: Hall, G.M., Ed. *Fish Processing-Sustainability and New Opportunities*. Wiley-Blackwell, Preston, 312 s., 236-258.
- Shenouda, S.Y.K., 1980.** Theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh. *Advances in Food Research*, 26, 275-311.
- Sikorski, Z.E., 1990.** *Seafood: resources, nutritional composition, and preservation*, CRC Press, Boca Raton, FL. 248 s.
- Singh, B. and Singh, U., 1991.** Peanut as a source of protein for human foods. *Plant Food Human Nutrition*, 41, 165. DOI: 10.1007/BF02194085
- Simeonidou, S., Govaris, A. and Vareltzis, K., 1997.** Effect of frozen storage on the quality of whole fish and fillets of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) and mediterranean hake (*Merluccius mediterraneus*). *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung A*, 204, 405-410.

- Smith, G., Hole, M. and Hanson, S.W., 1992.** Assessment of lipid oxidation in Indonesian salted-dried marine catfish (*Arius thalassinus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 51, 193-205.
- Soares, N.M., Mendes, T.S., and Vicente, A.A., 2014.** Effect of chitosan-based solutions applied as edible coatings and water glazing on frozen salmon preservation—A pilot-scale study. *Journal of Food Engineering*, 119, 316-323.
- Sokal, R.R. and Rohlf, J., 1987.** Introduction to biostatistics, New York, Freeman, 2nd Ed. 363 p.
- Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J. and Luo, Y., 2011.** Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22, 608-615.
- Souza, B.W., Cerqueira, M.A., Ruiz, HA., Martins, J.T., Casariego, A. and Teixeira, J.A., 2010.** Effect of chitosan-based coatings on the shelf life of salmon (*Salmo salar*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 11456-11462.
- Staley, K. and Mueller, J., 2000.** Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). United States Department of Agriculture. Retrieved from <https://www.fws.gov/northeast/wssnfh/pdfs/RAINBOW1.pdf>. 12.10.2017.
- Stohr, V., Joffraud, J.J., Cardinal, M. and Leroi, F., 2001.** Spoilage potential and sensory profile associated with bacteria isolated from cold-smoked salmon. *Food Research International*, 34, 797-806.
- Suslick, K.S., 1989.** The chemical effects of ultrasound. *Scientific American*, 260, 80-86.
- Sümbüloğlu, K. ve Sümbüloğlu, V., 2002.** Biyoistatistik. 10. Baskı, Hatipoğlu Basım ve Yayım Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi. ISBN: 975-7527-12-2. Ankara, 275 s.
- Tarladgis, B.G., Watts, B.M., Younathan, M.T. and Dugan, J.R., 1960.** A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in racid foods. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 37, 44-48.
- Tahergorabi, R., Matak, K.E. and Jaczynski, J., 2015.** Fish protein isolate: Development of functional foods with nutraceutical ingredients. *Journal of Functional Foods*, 18, 746–756. DOI: 10.1016/j.jff.2014.05.006
- Taşkaya, L., Çaklı, Ş., Kışla, D. and Kılınç, B., 2003.** Quality changes of fish burger from rainbow trout during refrigerated storage. *Ege University, Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 20, 1-2, 147-154.
- Taheri, A.1., Anvar, S.A.A., Ahari H. and Fogliano, V., 2013.** Comparison the functional properties of protein Hydrolysates from poultry byproducts and rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) viscera, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12, 1, 154-169.

- Thiansilakul, Y., Benjakul, S. and Shahidi, F., 2007.** Antioxidative activity of protein hydrolysates from round scad muscle using alcalase and flavourzyme. *Journal of Food Biochemistry*, 31, 2, 266-287. DOI: 10.1111/j.1745-4514.2007.00111.x
- Tokur, B., Çaklı, Ş. and Polat, A., 2006.** The quality changes of trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) with a vegetable topping during frozen storage (-18 °C). *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23, 3-4, 345-350.
- TÜİK, 2018.** Türkiye İstatistik Kurumu, Su Ürünleri İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr>.
- URL-1, 2018.** <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=172.385> (24 Mayıs 2018).
- URL-2, 2010.** <https://www.tarimorman.gov.tr/Mevzuat/Turk-Gida-Kodeksi> (10 Eylül 2016).
- Ünlüsayın, M., 1999.** Yılan balığı (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1766), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) ve sudak balığı (*Stizostedion lucioperca* Linnaeus, 1758)'nin sıcak dumanlama sonrası lipid ve protein bileşimleri. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, 57 s.
- Vareltzis, K., Soultos, N., Zetou, F. and Tsiaras, I., 1990.** Proximate composition and quality of a hamburger type product made from minced beef and fish protein concentrate. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 23, 2, 112-116.
- Vásconez, M.B., Flores, S.K., Campos, C.A., Alvarado, J. and Gerschenson, L.N., 2009.** Antimicrobial activity and physical properties of chitosan–tapioca starch based edible films and coatings. *Food Research International*, 42, 7, 762-769.
- Valeiras, X. and Abad, E., 2006.** *Bullet Tuna: ICCAT Manual*, International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna. Available from web site: www.iccat.int/Documents/SCRS/Manual/CH2/2_1_11_2_BLT_ENG.pdf.
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N. ve Gün, H., 1993.** Su ürünlerinde kalite kontrol ilke ve yöntemleri. *Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No:17*, İstanbul, 174.
- Varlık, C., 1994.** Soğukta depolanan sardalyalarda histamin düzeyinin belirlenmesi. *Gıda Teknolojisi*, 19, 119-124.
- Varlık, C., Özden, Ö., Erkan, N. ve Alakavuk, D.Ü., 2007.** Su Ürünlerinde Temel Kalite Kontrol. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4662. Fakülte Yayın No:8, İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü, İstanbul. 202 s.
- Venugopal, V., 2009.** Seafood proteins: nutritional value, bioactive peptides, marine and coldadapted enzymes. In: Venugopal V, ed. *Marine products for healthcare*. London, CRC Press, pp 103–42.

- Wald, M., Schwarz, K., Rehbein, H., Bußmann, B. and Beermann, C., 2016.** Detection of antibacterial activity of an enzymatic hydrolysate generated by processing rainbow trout by-products with trout pepsin. *Food Chemistry*, 205, 221-228.
- Wang, Z., Shuaifeng, H., Gao, Y., Chen, Y. and Wang, H., 2017.** Effect of collagen-lysozyme coating on fresh-salmon fillets preservation. *LWT - Food Science and Technology*, 75, 59-64. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.08.032
- Wilde, P.J. and Clark, D.C., 1996.** Foam formation and stability. In Hall, G.M. (Ed.), *Methods for Testing Protein Functionality*. Blackie Academic and Professional, London, England, 110-148
- Wheaton, F.W. and Lawson, T.B., 1985.** Processing aquatic food products. USA, John Wiley & Sons, ISBN: 04-710-97365, 518 s.
- Wrolstad, R.E., Acree, T.E., Decker, E.A., Penner M.H., Reid, D.S., Schwartz, S.J., Shoemaker, C.F., Smith, D.M. and Sporns, P., 2005.** Handbook of food analytical chemistry. Wiley - Interscience, Hoboken, N.J. 768 s.
- Wu, H.C., Chen, H.M. and Shiau, C.Y., 2003.** Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*). *Food Research International*, 36, 9, 949-957. DOI: 10.1016/S0963-9969(03)00104-2.
- Yağız, Y., Kristinsson, H.G., Balaban, M.O. and Marshall, M.R., 2007.** Effect of high pressure treatment on the quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and mahi mahi (*Coryphaena hippurus*). *Journal of Food Science*, 72, 9, 509-515.
- Yanar, Y., Çelik, M., and Akamca, E., 2006.** Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4 °C. *Food Chemistry*, 97, 2, 244-247. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.03.043
- Yang, F., Hu, F., Jiang, Q., Xu, Y. and Xia, W., 2016.** Effect of pretreatments on hydrolysis efficiency and antioxidative activity of hydrolysates produced from bighead carp (*Aristichthys nobilis*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25, 6, 916-927. DOI: 10.1080/10498850.2014.968819
- Yavaşer, R., 2011.** Doğal ve Sentetik Antioksidan Bileşiklerin Antioksidan Kapasitelerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye, 124 s.,
- Yerlikaya, P. and Gökoğlu, N., 2010.** Inhibition effects of green tea and grape seed extracts on lipid oxidation in bonito fillets during frozen storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 252-257.
- Yeşiltaş, M., 2012.** Dumanlanmış Balığın Kalitesinde Aljinat Kaplamanın Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 115 s., 31, 62, 65.

- Yılmaz, F., Mentеше, E. and Baltas, N., 2017.** Synthesis and antioxidant evaluation of some novel benzimidazole derivatives containing a triazole nucleus. *Letters in Drug Design & Discovery*, 14, 201-208.
- Yin, H., Pu, J., Wan, Y., Xiang, B., Bechtel, P.J. and Sathivel, S., 2010.** Rheological and functional properties of catfish skin protein hydrolysates. *Journal of Food Science*, 75, 11-17.
- Yıldız S., 2007.** Enzimler. Fakülte Kitabevi Yayınları, 1. Baskı, Isparta, 200 s.
- Yu, H.L., Zeng, W.C., Zhang, W.H., Liao, X.P. and Shi, B., 2016.** Effect of ultrasonic pretreatment on kinetics of gelatin hydrolysis by collagenase and its mechanism. *Ultrasonics Sonochemistry*, 29, 495-501. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2015.11.004
- Yu, D., Xu, Y., Regenstein, J.M., Xia, W., Yang, F., Jiang, Q. and Wang, B., 2018.** The effects of edible chitosan-based coatings on flavor quality of raw grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 242, 412-420. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.09.037.
- Yanjun, S., Jianhang, C., Shuwen, Z., Hongjuan, L., Jing, L., Lu, L., Uluko, H. and Yanling, S., 2014.** Effect of power ultrasound pre-treatment on the physical and functional properties of reconstituted milk protein concentrate. *Journal of Food Engineering*, 124, 11-18.
- Zaboukas, N. and Megalofonou, P., 2007.** Age estimation of the Atlantic bonito in the eastern Mediterranean Sea using dorsal spines and validation of the method. *Scientia Marina*, 71, 691-698
- Zayas, J.F., 1997.** Solubility of proteins. In: *Functionality of Proteins in Food*. Springer, Berlin, Heidelberg DOI: 10.1007/978-3-642-59116-7_2
- Zengin, M. and Dincer, A.C., 2006.** Distribution and seasonal movement of Atlantic bonito (*Sarda sarda*) populations in the southern Black Sea coasts. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 6, 57-62.
- Zhang, Y., Olsen, K., Grossi, A. and Otte, J., 2013.** Effect of pretreatment on enzymatic hydrolysis of bovine collagen and formation of ACE-inhibitory peptides. *Food Chemistry*, 141, 2343-2354.
- Zhang, Y., Ma, H., Wang, B., Qu, W., Li, Y., He, R. and Wali, A. 2015.** Effects of ultrasound pretreatment on the enzymolysis and structural characterization of wheat gluten. *Food Biophysics*, 10, 4, 385-395. DOI: 10.1007/s11483-015-9393-4
- Zhou, C., Hu, J., Yu, X., Yagoub, A.E.A., Zhang, Y., Ma, H., Gao, X. and Otu, P.N.Y., 2017.** Heat and/or ultrasound pretreatments motivated enzymolysis of corn gluten meal: Hydrolysis kinetics and protein structure. *LWT - Food Science and Technology*, 77, 488-496. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.06.048

ÖZGEÇMİŞ

Gülsüm BALÇIK MISIR, 29/10/1971 tarihinde Ankara'da doğdu. İlköğretimini 1978 yılında Erzincan ilinde/Merkez İlçesinde 27 Mayıs İlkokulunda ve Ortaöğretimini 1984 yılında Trabzon ilinde/Merkez ilçesinde Fatih Lisesi'nde tamamladı. Eylül 1989 tarihinde başladığı lisans eğitimini 02/09/1994 tarihinde Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Fakültesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans eğitime başladı ve 2010 yılında Onur Öğrencisi olarak eğitimini tamamladı. 2014 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Ana Bilim Dalı'nda başladığı doktora öğrenimini halen devam ettirmektedir. 1997 yılında Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde çalışmaya başlamıştır. Aynı enstitüde halen Araştırmacı Mühendis olarak görev yapmaktadır. İyi derecede İngilizce bilen Gülsüm BALÇIK MISIR, evli ve 2 çocuk annesidir.

Bilimsel Çalışmaları ve Yayınları;

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler (SCI, SCI-expanded, SCI ve E-SCI):

- 1- Balcik Misir, G. and Koral, S., 2019.** Effects of ultrasound treatment on biochemical, structural, functional properties and antioxidant activity of protein hydrolysate of rainbow trout(*oncorhynchus mykiss*) by-products. Italian Journal of Food Science, 31, 2, DOI: 10.14674/IJFS-1218 (In Press).