

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DONDURULARAK DEPOLANAN FİLETO GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI
(*Oncorhynchus mykiss*) KALİTESİNE KİTOSAN İLE GLAZELEMENİN
ETKİSİ**

Mehser TURAN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2011**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Mehser TURAN tarafından hazırlanan “ **Dondurularak Depolanan Fileto Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Kalitesine Kitosan ile Glazelemenin Etkisi**” adlı tez çalışması 03.11.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ayla SOYER
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :

Başkan: Prof. Dr. Ayla SOYER
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof . Dr. Nuray KOLSARICI
Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Halil VURAL
Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Özer KOLSARICI
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DONDURULARAK DEPOLANAN FİLETO GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) KALİTESİNE KİTOSAN İLE GLAZELEMENİN ETKİSİ

Mehser TURAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayla SOYER

Dondurma ve donmuş depolama, su ürünlerinin raf ömrünü uzatmada en çok başvurulan muhafaza yöntemidir. Donmuş depolama sırasında balık kasında, lipidlerde ve proteinlerde oksidasyon ve proteinlerde denaturasyon gibi kalite kayıpları meydana gelmektedir. Donmuş depolanan balıklarda kalitenin uzun süre korunması amacıyla doğal bir polimer olan kitosan kullanımı dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, dondurularak depolanan gökkuşağı alabalık filetoalarının kalitesine kitosanla glazelemenin etkisi, 6 aylık donmuş depolama süresince incelenmiştir. Bu amaçla; kitosanla (KG, %1, w/w), asetik asitle (AG, %1, w/w) ve su ile (SG) glazeli ve glazesiz kontrol (K) grupları oluşturulmuş ve -18°C’de 6 ay depolanmıştır. Glazeli ve glazesiz filetolarda depolama boyunca meydana gelen kalite değişimini belirlemek için kullanılan başlıca kriterler; çözme kaybı, renk, pH değeri, toplam volatil baz nitrojeni (TVB-N) miktarı, tiyobarbitürik asit (TBA) değeri, peroksit değeri (PD), karbonil ve sülfidril miktarları, toplam psikrofilik aerob bakteri (TPAB) yükü ve duyuşal değeri değerlendirilmiştir.

Depolama boyunca çözme kaybı, SG, AG ve K örneklerinde artarken, KG örneklerde azalmıştır. Kitosanla glazeleme, tiyobarbitürik asit (TBA) ve peroksit değeri analizleri ile izlenen lipid oksidasyonu ile toplam sülfidril ve karbonil analizleriyle izlenen protein oksidasyonunu önemli derecede azaltmıştır (P<0.01). Depolama sonunda en yüksek TBA (7.19 mg MA/kg et) ve PD (11.74 meq/kg yağ), glazesiz kontrol grubunda belirlenmiş ve diğer gruplarla arasındaki fark önemli (P<0.01) bulunmuştur. Depolama sonunda TVB-N miktarı, en düşük KG ve AG örneklerinde (sırasıyla 23.28 ve 24.54 mg/100 g), en yüksek kontrol örneklerinde (32.53 mg/100 g) bulunmuştur. Depolama boyunca mikrobiyal yük tüm gruplarda önemli düzeyde (P<0.01) azalma göstermiştir. TPAB yükü en yüksek K grubunda bulunmuş ve diğer gruplarla arasındaki fark önemli olmuştur (P<0.01). Duyuşal değerlendirmede; ransit, yağsı, boya kokusu yönlerinden en yüksek puanlar kitosanla glazelenmiş örneklere verilirken, asidik koku yönünden kontrol ve SG örnekler beğenilmiştir.

Bu sonuçlar, kitosanla glazelemenin dondurularak depolanan gökkuşağı alabalık filetoalarının kalitesini korumada 6 ay etkili olduğunu göstermiştir.

Kasım 2011, 111 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kitosan, glaze, fileto balık, donmuş depolama, lipid oksidasyonu, TVB-N, mikrobiyal yük, duyuşal

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECTS OF CHITOSAN GLAZING ON THE QUALITY OF RAINBOW TROUT FILLETS (*Oncorhynchus mykiss*) DURING FROZEN STORAGE

Mehser TURAN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ayla SOYER

Freezing and frozen storage is an excellent option to increase the shelf life of fish and fish products. During frozen storage, fish muscle undergoes quality loss such as oxidation of lipids and proteins and denaturation of proteins. Chitosan as a natural polymer has been recommended to retain the good quality characteristics for long periods, and extend of shelf life during frozen storage of fish. In this study, the effect of chitosan glazing on quality of rainbow trout fillets during frozen storage were investigated. Fish fillets were glazed with aqueous solution of chitosan (CG, 1%, w/w), acetic acid (AG, 1%, w/w) and distilled water (DW). The control (unglazed) and the treated fish fillets were stored at -18°C for 6 months. Quality changes were examined monthly for microbiological (total viable count), physicochemical (thawing loss, colour), chemical (pH, TBA, TVB-N, PV, sulphhydryls, carbonyls) and sensory characteristics.

Thawing loss decreased in CG fillets during storage while it increased in DW and AG and control fillets. Chitosan glazing significantly ($P<0.01$) reduced lipid oxidation as displayed in TBA and PD and protein oxidation as displayed in total sulphhydryls and carbonyls. Unglazed control samples exhibited significantly ($P<0.01$) higher TBA (7.19 mg MA/kg muscle) and PV (11.74 meq/kg oil) than all glazed samples after six months of frozen storage. CG and AG samples had lower TVB-N contents (23.28 and 24.54 mg/100 g, respectively) than unglazed control samples (32.53 mg/100 g). Microbial load in all samples significantly ($P<0.01$) reduced during frozen storage. Moreover, control samples had significantly ($P<0.01$) higher total viable count than the glazed samples at the end of storage. In sensory evaluation, all fish samples were considered to be acceptable for consumption after 6 months of storage. CG samples had the highest scores in terms of rancid, oily and painty odours whereas control and DW samples had the highest scores in term of acidic odour.

The results indicated that glazing with chitosan retained their good quality characteristics of rainbow trout fillets during six months of frozen storage.

November 2011, 111 pages

Key Words: Chitosan, glazing, fish fillets, frozen storage, lipid oxidation, TVB-N, microbial load, sensory

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca tüm bilgi ve deneyimi ile yanımda olan, desteğini ve tecrübelerini benden esirgemeyen, çok değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayla SOYER'e (Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), analizlerimde laboratuvar olanaklarından yararlandığım Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Mehmet ÖZKAN'a, renk cihazı için Sayın Prof. Dr. Nevzat ARTIK'a, istatistik analizlerimi yapan ve laboratuvar tecrübesinden yararlandığım Gıda. Yük. Müh. Berna ÖZALP ÖZEN'e, tecrübelerinden yararlandığım Araş. Gör. İlker AKOĞLU'na, Araş. Gör. Eda DEMİROK'a, tez çalışmamdaki yardımlarından dolayı Gıda. Müh. Hazret ÖZDEMİR'e, Gıda. Yük. Müh. Gökhan ÖZEN'e, Gıda Yük. Müh. Seyfullah İŞIKSAL'a, Gıda Müh. Meltem TÜRKYILMAZ'a, Gıda. Müh. Betül ERKAN KOÇ'a, aynı laboratuvar ortamını paylaştığım arkadaşlarım Gıda. Müh. Mesut EKMEKÇİ'ye, Gıda. Müh. Ece KIZILKAYA'ya,

Hayatımın her anında olduğu gibi, bu zorlu çalışmada da benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, beni bu günlere taşıyan çok değerli annem Serpil TURAN'a, babam Mehmet TURAN'a, kardeşim Alihan TURAN'a teşekkür ederim.

Mehser TURAN

Ankara, Kasım 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	29
3.1 Materyal.....	29
3.1.1 Balık.....	29
3.1.2 Kitosan	29
3.2 Yöntem	29
3.2.1 Balık filetolarının hazırlanması ve deneme planı.....	29
3.2.2 Glaze çözeltilerinin hazırlanması.....	30
3.2.3 Balık filetolarının dondurulması ve glaze oluşturma	30
3.3 Analiz Yöntemleri	31
3.3.1 Glaze veriminin belirlenmesi	31
3.3.2 Çözme kaybının belirlenmesi.....	31
3.3.3 Renk değerlerinin belirlenmesi.....	32
3.3.4 pH değerinin belirlenmesi	32
3.3.5 Nem miktarının belirlenmesi	32
3.3.6 Kül miktarının belirlenmesi.....	32
3.3.7 Yağ miktarının belirlenmesi	33
3.3.8 Protein miktarının belirlenmesi.....	33
3.3.9 Toplam volatil baz nitrojeni miktarının belirlenmesi	33
3.3.10 Tiyobarbitürik asit değerinin belirlenmesi.....	34
3.3.11 Peroksit değerinin belirlenmesi	34
3.3.12 Sülfidril miktarının belirlenmesi	35
3.3.13 Karbonil miktarının belirlenmesi.....	35

3.3.14 Toplam psikrofilik aerob bakteri yükünün belirlenmesi	36
3.3.15 Duyusal analiz	36
3.3.16 İstatistik analiz	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	38
4.1 Glaze Verimi	38
4.2 Çözme Kaybı	40
4.3 Renk Değerleri.....	42
4.4 pH Değeri	47
4.5 Nem Miktarı	50
4.6 Kül Miktarı	52
4.7 Yağ Miktarı	53
4.8 Protein Miktarı.....	55
4.9 Toplam Volatil Baz Nitrojeni Miktarı	56
4.10 Tiyobarbitürik Asit Değeri.....	59
4.11 Peroksit Değeri	62
4.12 Sülfidril Miktarı	64
4.13 Karbonil Miktarı.....	67
4.14 Toplam Psikrofilik Aerob Bakteri Yüğü	69
4.15 Duyusal Değerlendirme	72
5. SONUÇ.....	80
KAYNAKLAR	81
EKLER.....	89
Ek 1 Duyusal Değerlendirme Formu.....	90
Ek 2 Araştırma verilerinin varyans analizi ve duncan sonuçları.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	111

KISALTMALAR DİZİNİ

K	Kontrol grubu
SG	Su ile glazeli grup
AG	Asetik asit ile glazeli grup
KG	Kitosan ile glazeli grup
DD	Deasetilasyon derecesi
TBA	Tiyobarbitürik asit
TVB-N	Toplam uçucu baz nitrojeni
TMA-N	Trimetil amin nitrojeni
TPAB	Toplam psikrofilik aerob bakteri
TMAB	Toplam mezofilik aerob bakteri
ÇDYA	Çok doymamış yağ asitleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Balık yetiştiriciliğinin toplam üretimdeki payı	5
Şekil 2.2 Yetiştiricilik yapılan türler	6
Şekil 2.3 Gökkuşığı alabalığının (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) dış anatomisi	7
Şekil 2.4 Asetillenmiş kitinin, kitosanın ve selülozun kimyasal yapıları	14
Şekil 2.5 Kabuklu atıklarından kitin, kitosan ve onların monomer ve oligomerlerinin elde edilmesi	16
Şekil 2.6 Kitinin deasetilasyonu	17
Şekil 4.1 Gökkuşığı alabalık filetolarının glaze verimi.....	39
Şekil 4.2 Gökkuşığı alabalık filetolarının çözme kaybı sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	41
Şekil 4.3 Gökkuşığı alabalık filetolarının L* değeri sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	44
Şekil 4.4 Gökkuşığı alabalık filetolarının a* değeri sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	45
Şekil 4.5 Gökkuşığı alabalık filetolarının b* değeri sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	46
Şekil 4.6 Gökkuşığı alabalık filetolarının pH değerlerine glazelemenin ve depolama süresinin etkisi	48
Şekil 4.7 Gökkuşığı alabalık filetolarının nem miktarlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	51
Şekil 4.8 Gökkuşığı alabalık filetolarının kül miktarlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	53
Şekil 4.9 Gökkuşığı alabalık filetolarının yağ miktarlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	55
Şekil 4.10 Gökkuşığı alabalık filetolarının protein miktarlarına sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	56
Şekil 4.11 Gökkuşığı alabalık filetolarının toplam volatil baz nitrojeni sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	58
Şekil 4.12 Gökkuşığı alabalık filetolarının tiyobarbiturik asit sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	60

Şekil 4.13 Gökkuşığı alabalık filetolarının peroksit değeri sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	63
Şekil 4.14 Gökkuşığı alabalık filetolarının toplam sülfidril miktarı sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	66
Şekil 4.15 Gökkuşığı alabalık filetolarının toplam karbonil miktarı sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	68
Şekil 4.16 Gökkuşığı alabalık filetolarının toplam psikrofilik aerob bakteri yükleri sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi	70
Şekil 4.17 Gökkuşığı alabalık filetolarının ransit koku sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	77
Şekil 4.18 Gökkuşığı alabalık filetolarının yağsı koku sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	77
Şekil 4.19 Gökkuşığı alabalık filetolarının asidik koku sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	78
Şekil 4.20 Gökkuşığı alabalık filetolarının boya kokusu sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	78
Şekil 4.21 Gökkuşığı alabalık filetolarının renk sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi.....	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 2000-2010 yılları arasında Türkiye'deki su ürünleri üretim, tüketim ve pazarlama durumu.....	2
Çizelge 2.1 Kitosanın teknik üretim koşulları	15
Çizelge 2.2 Kitosanın çeşitli organik asitler içinde çözünebilirlik durumu	19
Çizelge 4.1 Fileto gökkuşuğu alabalığı bileşimi ve pH değeri	38
Çizelge 4.2 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında çözme kaybında meydana gelen değişimler	40
Çizelge 4.3 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında L* değerlerinde meydana gelen değişimler	42
Çizelge 4.4 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında a* değerlerinde meydana gelen değişimler	43
Çizelge 4.5 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında b* değerlerinde meydana gelen değişimler	43
Çizelge 4.6 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında pH değerlerinde meydana gelen değişimler	48
Çizelge 4.7 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında nem miktarlarında meydana gelen değişimler	50
Çizelge 4.8 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında kül miktarlarında meydana gelen değişimler	53
Çizelge 4.9 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında yağ miktarlarında meydana gelen değişimler	54

Çizelge 4.10 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında protein miktarlarında meydana gelen değişmeler	56
Çizelge 4.11 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında toplam volatil baz nitrojeni miktarlarında meydana gelen değişmeler	57
Çizelge 4.12 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında tiyobarbiturik asit değerlerinde meydana gelen değişmeler	59
Çizelge 4.13 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında peroksit değerlerinde meydana gelen değişmeler	63
Çizelge 4.14 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında toplam sülfidril miktarlarında meydana gelen değişmeler	65
Çizelge 4.15 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında toplam karbonil miktarlarında meydana gelen değişmeler	67
Çizelge 4.16 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında toplam psikrofilik aerob bakteri yüklerinde meydana gelen değişmeler	70
Çizelge 4.17 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında ransit koku değerlerinde meydana gelen değişmeler	73
Çizelge 4.18 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında yağsı koku değerlerinde meydana gelen değişmeler	73
Çizelge 4.19 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında asidik koku değerlerinde meydana gelen değişmeler	74

Çizelge 4.20 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşığı alabalık filetolarında depolama sırasında boya kokusu değerlerinde meydana gelen değişmeler	74
Çizelge 4.21 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşığı alabalık filetolarında depolama sırasında renk değerlerinde meydana gelen değişmeler	75

1. GİRİŞ

Su ürünleri içerisinde yer alan balık, besin değeri yüksek bir gıdadır ve genel diyet önerileri içerisinde yerini daima korumaktadır. Balık eti, biyolojik değeri yüksek protein ve fazla miktarda doymamış yağ asitleri içermesi nedeniyle önemli bir gıdadır. Balık proteinleri, esansiyel bir amino asit olan lisini fazla içermesinden dolayı bir çok ülkede karbonhidrat ağırlıklı diyetlerin zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır. Öte yandan balık, diğer önemli bir bileşeni olan lipidlerin doymamış n-3 serisindeki yağ asitlerini, kalsiyum, fosfor ve demir gibi mineralleri, A, D, B₁ ve B₂ vitaminlerini ve diğer mikro elementleri önemli düzeylerde içermesi nedeniyle önemlidir.

Balık eti, özellikle yetersiz ve dengesiz beslenme bozukluğu görülen çocuklara verilen diyet reçetelerinin önemli bir kısmını oluşturmakta olup, büyüme çağındaki çocukların, hamile ve emzikli kadınların, kalp ve damar rahatsızlığı ve kırmızı et tüketmesi sakıncalı olanların güvenle tüketebileceği bir gıdadır (Sikorski 1990, Anonymous 1991).

Ülkemizdeki balık üretimi ve ithalat-ihracatımıza yönelik rakamlar değerlendirildiğinde; 2003 yılında denizlerden 463.074 ton, içsulardan 44.698 ton balık avlanmıştır. Aynı yıl 79.943 ton balık yetiştirilmiştir. İç su ve denizlerimizde yetiştirilen balık miktarı 2000 yılına kadar artış, sonraki yıllar ise azalma eğilimi göstermiştir. Avcılık yoluyla üretilen balık miktarı da yıllara göre dalgalanma göstermiştir. Türkiye işlenmemiş balık ithal ederken işlenmiş balık, yumuşakçalar ve kabuklular ihraç etmektedir. İhracatımızın %70-80'i AB ülkelerine (Fransa, Almanya ve Belçika), %20-30'u ise Japonya'ya yapılmaktadır. Son yıllarda Çin'e de ihracatımız artmaktadır. Ancak, deniz ve içsu potansiyelimizi değerlendirebilmek için başta çevre kirliliğini ve balık stoklarının azalmasını önlemek üzere tedbirler almak gerekmektedir (Karakaş ve Türkoğlu 2005).

İnsan gıdası olarak su ürünleri taze, soğutulmuş, dondurulmuş, konserve vb. şekillerde değerlendirilmektedir. Türkiye'de kişi başına su ürünleri tüketimi 1991'de 5.4 kg iken

bu rakam artarak 1995'te 9.75 kg'a ulaşmıştır. İşlenmemiş su ürünlerinin 1987 yılı ihracatı 25.116 ton iken 1995'te 14.000 ton'dur. 7149 ton olan 1987 yılı ithalatı 1995 yılında 30.639 ton'a ulaşmıştır. Su ürünlerinin beslenmemizdeki önemi anlaşıldıktan sonra üretim ve avcılığının artırılmasının yeterli olmayacağı, bu ürünlerin işlenerek muhafazası ve tüketim için satışa sunulması veya taşımacılığı esnasında dondurularak muhafazasına dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Su ürünleri işleme teknolojisinin en önemli sektörü olan dondurulmuş su ürünlerinin payı dünyada %21 iken, ülkemizde %7-8 civarındadır (Çelik vd. 2002). Çizelge 1.1'de 2000-2010 yılları arasında Türkiye'deki su ürünleri üretim, tüketim ve pazarlama durumu (ton/yıl) verilmiştir.

Çizelge 1.1 2000-2010 yılları arasında Türkiye'deki su ürünleri üretim, tüketim ve pazarlama durumu (ton/yıl) (Anonim 2011)

Yıllar	Üretim	İç tüketim	İşlenen(balık un/yağ)	Değerlendirilemeyen	İhracat	İthalat	Kişi başına tüketim
2000	582376	538764	71000	2309	14533	44230	8.0
2001	594977	517832	62755	8383	18978	12971	7.5
2002	627847	466289	156000	1230	26860	22532	6.7
2003	587715	470131	120000	13253	29937	45606	6.6
2004	644492	555859	105000	8523	32804	57694	7.8
2005	544773	520985	30000	3809	37655	47676	7.2
2006	661991	597738	60000	15843	41973	53563	8.2
2007	772323	604695	170000	8436	47214	58022	8.6
2008	646310	555275	95742	3989	54526	63222	7.8
2009	622962	545368	90212	5715	54354	72686	7.6
2010	653080	505059	168073	5565	55109	80726	6.9

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de amaç, daha fazla balığın işlenerek dayanıklılığının artırılması ve böylece ülkenin her bölgesinde balık yeme şansı ve alışkanlığının kazandırılması yönünde olmalıdır.

Su ürünleri, soğuk koşullarda muhafaza edilmeleri halinde bile çok süratle kalite kayıplarına uğramaktadırlar. Genellikle arzu edilen, su ürünlerinin avlanır avlanmaz tüketilmeleridir, fakat bu her zaman mümkün olmamaktadır. Balıktaki kalite kayıplarından biri, balığın bağırsaklarında ve etinde mevcut enzimlerin faaliyeti sonucu oluşan otolitik bozulmadır. Bu olayı balık yüzeyindeki mikroorganizma faaliyeti izlemektedir. Bu durum balık yüzeyinde kaygan bir tabaka oluşturmaktadır. Daha sonra, balığın iç kısımlarına bakterilerin yayılmasıyla dokularda parçalanma olmakta ve sonuç olarak ürün bozulmaktadır. Balıktaki bu otolitik ve mikrobiyal bozulma hızı ortamın sıcaklığına bağlıdır. Ortam sıcaklığı düşürülerek, bozulma engellenmekte veya geciktirilebilmektedir (Garthwaite 1992).

Ortam sıcaklığının düşürülmesi ile oluşturulan depolama şekillerinden biri olan dondurma ve donmuş depolama, uzun süreli saklama yöntemlerinden birisidir. Dondurma ve donmuş depolama, gıdaların tat, lezzet ve besin içeriği yönünden özelliklerini azami düzeyde muhafaza ederek, uzun süre korunmasını sağlar (Cemeroğlu ve Soyer 2005). Bununla birlikte dondurularak depolanan su ürünlerinde depolama sırasında kalite kayıpları meydana gelmektedir. Dondurularak depolanan balıklarda meydana gelen başlıca kalite kayıpları, nem kaybına bağlı olarak lipidlerde ve proteinlerde meydana gelen değişimlerden kaynaklanmaktadır. Depolama sırasında balıklarda kalite kaybına neden olan parametreleri kontrol altına almak veya geciktirmek amacıyla değişik yöntemler uygulanmaktadır. Bunlar, ortamdaki oksijeni uzaklaştırmak amacıyla glazeleme, vakum paketleme ve antioksidan maddelerin kullanımınıdır. Bu yöntemlerin tek tek veya birlikte kullanılması suretiyle, dondurularak depolama süresince balıklarda nem kaybı, oksidatif değişimler ve protein denaturasyonu önemli düzeyde kontrol altına alınabilmekte ve geciktirilebilmektedir (Deng vd. 1977, Santos ve Regenstein 1990, Soyer ve Şahin 1999).

Dondurulmuş balıklarda oksidatif değişimleri geciktirmede en etkili ve en çok başvurulan yöntemlerden biri glazelemedir. Glazeleme veya glaze işlemi, bütün veya fileto haldeki balığın ince bir buz tabakası ile kaplanması işlemidir (Freeman 1992). Dondurularak depolanan balıklarda glaze, ürünü oksidasyona karşı korumasının yanı sıra, üründen su kaybını (dehidrasyonu) da azaltır. Glaze işlemi, glaze çözeltisine

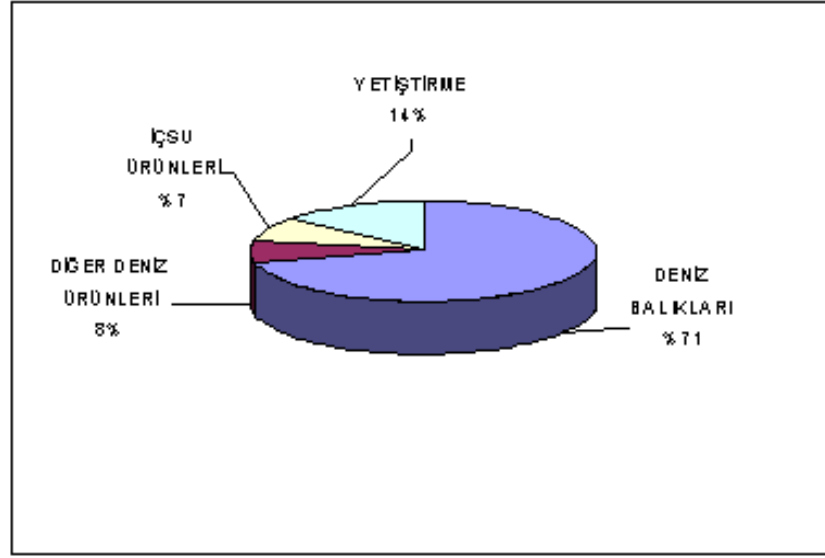
antioksidan etkisi bilinen maddeler karıştırılarak yapıldığında ve vakum paketleme ile kombine edildiğinde lipid oksidasyonunun daha etkili bir şekilde geciktirilebildiği ortaya konmuştur (Kundakçı 1979, Soyer ve Şahin 1999, Sathivel vd. 2007).

Kitosan, kabuklu su ürünleri atıklarından üretilen doğal bir biyopolimerdir ve antioksidan ve antimikrobiyal etkileri nedeniyle bir çok gıdanın korunması amacıyla üzerinde çalışılan bir katkı maddesidir. Bu özellikleri nedeniyle dondurularak depolanan balıklarda kalite özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla kitosan kullanımı ilgi çekmektedir.

Bu çalışmada amaç, dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının kalitesine kitosanla glazelemenin etkisini -18°C'de 6 ay depolama sırasında fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal yönden belirlemektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Dünyada balık yetiştiriciliğindeki gelişmeye paralel olarak 80'li yıllardan itibaren Türkiye'de de kültür balıkçılığında önemli gelişmeler olmuştur. Ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliği bakımından önemli bir payı %70'lik oranla alabalık oluşturmaktadır (Kolsarıcı ve Özkaya 1998). Ülkemizde balık yetiştiriciliğinin toplam üretimdeki payı şekil 2.1'de, yetiştiriciliği yapılan başlıca türler ise şekil 2.2'de verilmiştir (Anonim 2004).

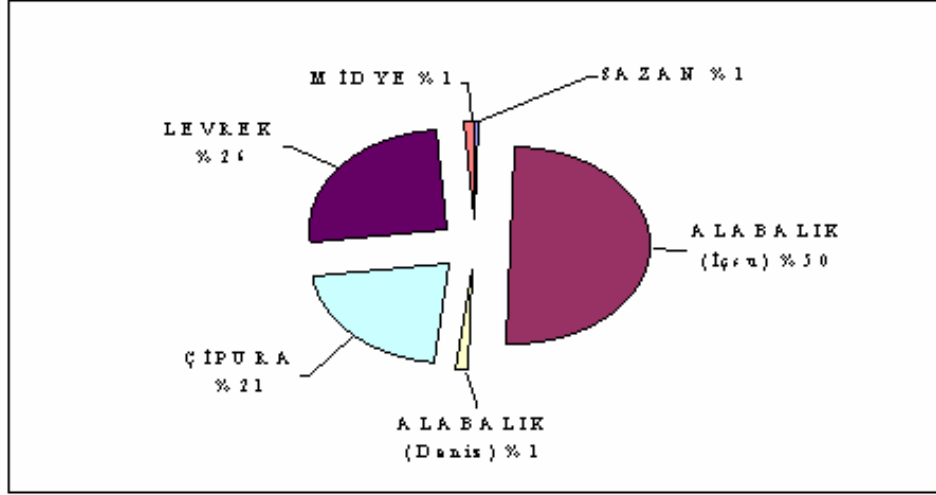


Şekil 2.1 Balık yetiştiriciliğinin toplam üretimdeki payı (Anonim 2004)

Ülkemizde gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), 1967 yılından beri baskın tür olarak yetiştirilmektedir. 2002 yılında derlenen bilgilere göre, çoğu 30 ton/yıl kapasitesi olan projeli işletme sayısı 1302 adet, 2001 yılı alabalık üretimi ise 38.067 ton/yıl olarak bildirilmiştir (Karakaş ve Türkoğlu 2005).

Gökkuşaağı alabalığı, Kuzey Amerika'nın önemli bir alabalık türüdür ve buradan birçok kıtaya yayılmıştır. Avrupa'ya 1880, ülkemize ise 1970'li yıllarda getirilmiştir. Denize göçen alttürleri vardır. Gökkuşaağının taksonomik sınıflandırılması ile ilgili olarak

30'dan fazla tür ismi tanımlanmıştır. Uzun yıllar *Salmo gairdneri* R. ismiyle bilinmiştir. Ancak 1988'de Amerika Balıkçılık Derneği Balık İsimlendirme Komitesi, bütün Pasifik

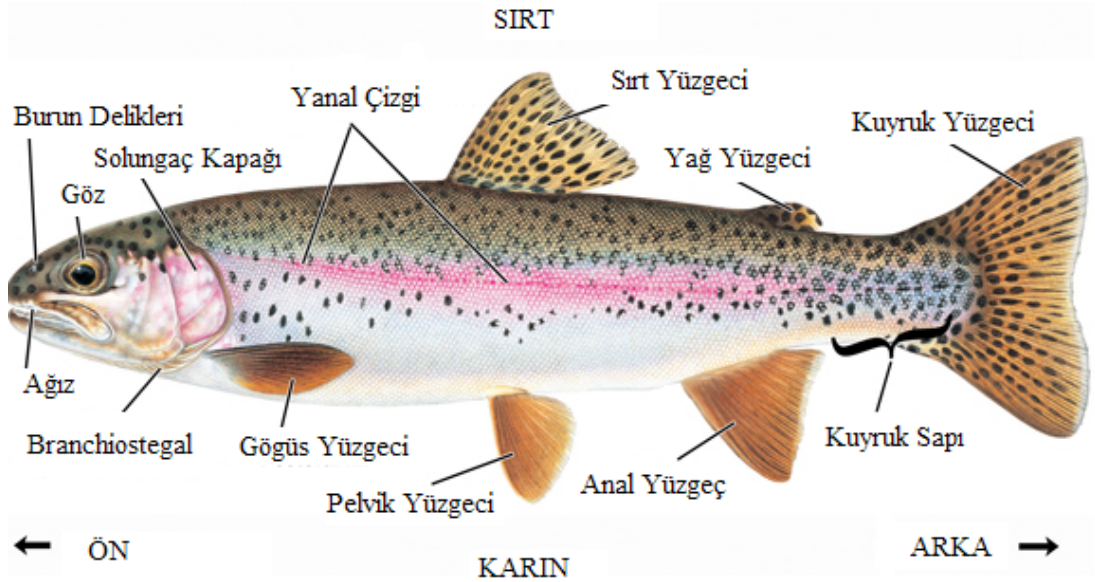


Şekil 2.2 Yetiştiricilik yapılan türler (Anonim 2004)

alabalık ve somonlar için *Oncorhynchus*'un cins ismi olarak kullanılmasını ve böylelikle, Atlantik alabalık ve somonlardan ayırt edilmesini kararlaştırmıştır. Böylece gökkuşağının tür ismi olarak bilinen "*Salmo gairdneri*" yerine "*Oncorhynchus mykiss*" kullanılmaya başlanmıştır. Bu isim değişikliği uluslararası düzeyde de kabul görmüştür (Emre ve Kürüm 1998).

Atlantik somon, pasifik somon ve gökkuşağı alabalığı genel olarak salmonidler ya da alabalıkgiller olarak isimlendirilmektedir. Bu balıklar dünyada kültürü en fazla yapılan karnivor balıklardır. Gökkuşağı alabalığı, pasifik somon cinsine tabidir ve salmonidae familyasında yer alır. Şekil 2.3'de gökkuşağı alabalığının dış anatomik yapısı görülmektedir. Gökkuşağı alabalığı, kuzey Pasifik okyanusu civarı bölgelerde güney Kaliforniya'dan Alaska'ya kadar doğal olarak bulunmaktadır. Genellikle tatlı sularda yaşamaktadırlar ve dünyada yüzlerce yıldır kültürü yapılan en yaygın alabalıktırlar. Geniş sıcaklık derecelerini tolere ederler ve su kalitesi bakımından yüksek derecede oksijenli su isterler ve en iyi 13-18°C sıcaklık aralığında büyürler. Gıda olarak eti

oldukça kalitelidir ve et rengi, yem içeriğine bağlı olarak kırmızı (pigmentli) veya beyaz (pigmentsiz) olabilir (Yanık 2009).



Şekil 2.3 Gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) dış anatomisi (Anonymous 2011)

Ülkemizde yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan gökkuşağı alabalığı genellikle taze olarak tüketilmektedir. Gerek avlanma gerekse yetiştiricilik yoluyla sahip olduğumuz balık potansiyelimizden azami düzeyde faydalanabilmek için işlenmiş balık tüketiminin artırılması gereklidir. Bu amaçla gökkuşağı alabalığının farklı işleme yöntemleriyle daha dayanıklı ürünlere işlenmesi önem taşımaktadır. Dondurma ve dondurarak depolama, su ürünlerinin başlangıç kalitesini uzun süre korumasını sağlayan muhafaza yöntemidir. Taze olarak oldukça kısa raf ömrüne sahip gökkuşağı alabalığının raf ömrünün uzatılarak değerlendirilmesi, ekonomik yönden büyük önem taşımaktadır.

Su ürünleri protein, çok doymamış yağ asitleri, vitamin ve mineral madde açısından önemli gıda kaynaklarıdır. Diğer yandan, su ürünleri kolay bozulabilen gıdalardandır. Besin değeri yüksek bu ürünlerin, sağlıklı, kaliteli ve güvenilir olarak iç ve dış pazara sunulması gerekmektedir. Bu ise su ürünlerinin iyi koşullarda avlanması, taşınması, işlenmesi ve değerlendirilmesi ile mümkün olmaktadır (Anonim 2000). Balığın çabuk

bozulmasını önlemek için dikkat edilmesi gereken en önemli iki husus, temizlik ve soğutmadır. Balık yakalandıktan hemen sonra, çabuk ve hijyenik koşullarda soğutulduğunda ve soğukta muhafaza edildiğinde bozulma etkin bir şekilde geciktirilebilmektedir.

Tüm canlılarda olduğu gibi balık dokusundaki hayati faaliyet sona erdiğinde doku enzimleri hızla hücreleri tahrip ederek etin yumuşamasına neden olmaktadır. Kasaplık hayvanlarda olgunlaşma olarak adlandırılan bu olay, et kalitesi açısından tercih edilen bir durum olmakla birlikte, balıklarda istenmemektedir. Balık ve diğer deniz ürünleri otolize, oksidasyona, yağların hidrolizine ve mikrobiyal bozulmaya karşı diğer etlere göre daha hassastır. Bunun nedeni balık enzimlerinin daha hızlı otolize uğraması ve balık etindeki asit reaksiyonlarının daha az olmasıdır. Deniz ürünleri buzda muhafaza edilse bile, bozulma ve tazeliğin kaybında zaman faktörü birinci derecede rol oynar. Bu nedenle günlerce buzda depolanmış balıklar taze haldeki lezzeti ve kendine özgü balıksı kokuyu koruyamazlar (Şengör vd. 2000).

Balık etindeki bozulmanın temel nedenleri; su ürünlerinin yağ doku yönünden fakir olması, doymamış yağ asitleri ve serbest amino asitler bakımından zengin olmaları, yüksek pH ve su içeriğine sahip olmaları ve diğer etlerdeki gibi pH düşüşü ile sonuçlanan bir olgunlaşma evresi geçirmemeleridir (Sikorski 1990).

Su ürünlerinin bozulma sürecini yavaşlatıp tüketimini devamlı kılmak amacı ile soğutma, dondurma, tuzlama, kurutma, tütsüleme (dumanlama), konserveleme ve marinasyon gibi muhafaza yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde düşük sıcaklık uygulaması, bir taraftan mikroorganizmaların çoğalma ve faaliyetlerini yavaşlatarak, diğer taraftan kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların hızlarını sınırlayarak su ürünlerinin bozulmasını geciktirebilmektedir. Dondurarak muhafaza yönteminde mikrobiyal faaliyet tamamen engellenebilmektedir ve soğukta muhafaza yönteminden daha uzun bir raf ömrü elde edilebilmektedir. Dondurarak muhafazada gıda önce dondurulmakta ve ilke olarak mutlaka -10°C 'nin altında; fakat genellikle -

18°C ile -20°C'de donmuş halde, herhangi bir mikrobiyolojik bozulma olmaksızın aylarca depolanmaktadır (Cemeroğlu ve Soyer 2005).

Su ürünlerinin dondurularak muhafaza edilmesi çok yaygın kullanılan bir yöntemdir. Dondurma işlemi, balıkta depolama sırasında meydana gelen biyokimyasal reaksiyonların hızını yavaşlatarak, kalitenin daha uzun süre korunmasını sağlar ve daha uzun raf ömrü elde edilir (Soyer ve Şahin 1999, Kjærsgård vd. 2006, Sathivel vd. 2007). Bununla birlikte, donmuş depolama kimyasal reaksiyonların tamamen sona ermesini sağlayamaz ve belirli bir süreden sonra balıkta kalite kayıpları meydana gelir. Kalitede meydana gelen değişimlerin düzeyi donma hızından, depolama sıcaklığından, depolama sıcaklığındaki dalgalanmalardan ve balığın başlangıç kalitesinden etkilenmektedir (Barbut ve Mittal 1990, Baron vd. 2007, Soyer vd. 2010). Donma işlemi ve uzun süreli donmuş depolama sırasında balıkta gözlenen başlıca değişimler; yağlarda ve proteinlerde meydana gelen oksidatif reaksiyonlar, proteinlerde denaturasyon ve çözünürlük kaybıdır (Benjakul ve Bauer 2000, Sarma vd. 2000, Saeed ve Howell 2002).

Dondurulmuş gıdaların taşıma, depolama ve satış esnasındaki değişen şartları nem, vitamin, protein gibi tazelik kriterlerinde önemli değişikliklerin olmasına ve mikrobiyal yükte artışa sebep olarak gıdaların tazelik özelliklerini yitirmelerine yol açabilir. Su ürünleri kolay bozulabilen gıda maddelerindedir. Avlama sonrası su ürünlerinde görülen mikrobiyal ve enzimatik değişimlerin hızı ortam sıcaklığı ve oksijenin varlığında artar. Avlanma sonrası balıkların nakledilmeleri sırasında iyi olmayan hijyen uygulamaları sonucu mikroorganizma faaliyetleri artarak bozulmalara neden olmaktadır (Kundakçı 1979, Varlık 1988, Serdaroğlu ve Deniz 2001, Çelik vd. 2002). Dondurularak muhafaza edilen balıklarda kalite kaybına neden olan en önemli faktör oksidasyon olup, oksidasyona balığın kimyasal bileşimi, avlama mevsimi, işleme yöntemleri ve depolama koşulları etki etmektedir. Balık ve diğer su ürünleri içerdikleri lipidlerde mevcut değişik yapıda ve fazla miktardaki çok doymamış yağ asitleri nedeniyle oksidatif bozulmalara diğer gıdalardan daha çok maruz kalmaktadırlar.

Lipid, balığın temel bileşenlerinden biridir ve miktarı protein, su ve mineral madde miktarlarına kıyasla oldukça değişkendir. Balık lipidlerinin miktarındaki değişim, lipidlerin içerdiği çok doymamış yağ asitleri miktarlarında ve bileşiminde de değişmelere yol açmaktadır. Dolayısı ile balığın bileşimini ve oksidatif bozulmalara karşı hassasiyetini, balığın yaşadığı coğrafik bölge, avlanma şekli, mevsim, tür, cinsiyet, yaş ve beslenme gibi faktörler etkilemektedir (Clucas 1981, Kinsella 1987, Love 1992). Lipidler balığın tüm dokularında yer almakla birlikte, yağlı balıklarda özellikle deri altında, yağsız balıklarda ise karaciğerde, kas dokuda ve olgunlaşmamış yumurtalarında fazla miktarda bulunurlar (Sikorski 1990). Balığın yenilebilir dokusundaki lipid miktarı, %0.5 ile %25 arasında değişmektedir. İçerdiği yağ oranına göre balıklar, %5'den az olanlar az yağlı, %5-15 arasında olanlar orta yağlı ve %15'in üzerinde olanlar ise çok yağlı balıklar olarak sınıflandırılırlar (Stansby 1982).

Dondurularak depolanan balıklarda kalite kaybına neden olan lipidlerdeki değişim; lipoliz, lipid oksidasyonu ve bu reaksiyonlar sonucu oluşan ürünlerle, lipid olmayan bileşiklerin reaksiyonunu kapsamaktadır (Labuza 1971, Gibson ve Worthington 1977, Sikorski 1990, Santos ve Regenstein 1990).

Balıklarda dondurularak depolama sırasında kalite kaybına neden olan lipid oksidasyonu, özellikle yağlı balık türlerinde gerçekleşmektedir. Yağlı olan balık türleri, lipidleri ve lipidlerinde yer alan doymamış yağ asitleri ve koyu renkli kasları fazla içermelerinden dolayı oksidasyona beyaz etli, yağsız balıklardan daha duyarlıdırlar. Yağlı balıklarda özellikle deri altında yoğunlaşan yağlar ve deri yağları atmosferik oksijenle yakın temas halindedir ve içermiş oldukları lipoksigenaz enziminin faaliyete geçmesiyle birlikte kolayca okside olabilmektedirler. Bunun yanı sıra koyu renkli kaslarda bulunan miyogloblin ve hemogloblin gibi heme pigmentleri, oksidasyonu arttırıcı (prooksidan) etki göstermektedir (Khayat ve Schwall 1983).

Öte yandan balıkta bulunan metal iyonları da lipid oksidasyonunu katalize etmektedir (Labuza 1971, Khayat ve Schwall 1983, Sikorski 1990). Özellikle Fe^{+2} ve Cu^{+2} gibi metal iyonlarının uskumruda lipid oksidasyonunu hızlandırdığı bilinmektedir (Ke ve

Ackman 1976, Yong ve Karel 1978). Bu metal prooksidanlar, hidroperoksitlerin parçalanmasına sebep olarak yeni radikallerin meydana gelmesine yardım etmektedirler (Fennema 1976).

Doymamış yağ asitlerini içeren lipidlerdeki oksidasyon sonucu, balıklarda istenmeyen tat ve koku oluşumunun yanında okside olan lipidlerin ette mevcut proteinlerle, karbonhidratlarla ve vitaminlerle reaksiyona girmesiyle ürünün besin kalitesi de azalmaktadır (Labuza 1971). Bunun yanı sıra oksidasyon, karsinojenik ve mutajenik maddelerin ve çok doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu meydana gelen malonaldehitin oluşmasına neden olarak gıdanın güvenilirliğini de etkilemektedir (Sikorski 1990).

Lipid oksidasyonunda tepkimenin başlangıç aşamasında çift bağa komşu karbon atomuna bağlı kararsız yapıdaki (H)'i içeren doymamış yağ asidi, ortamda bulunan oksijenin, ışığın, sıcaklığın ve ağır metallerin etkisiyle kararsız (H)'in uzaklaşması sonucu alkil ve hidroksil radikallerine parçalamaktadır. Gelişme aşamasında, başlangıç aşamasında oluşan serbest radikaller, oksijenle reaksiyona girerek hidroperoksitleri oluşturmaktadırlar. Bundan sonraki reaksiyonlar, oluşacak ürünün niteliğini ve reaksiyon hızını belirlemektedir. Kararlı bileşikler olmayan hidroperoksitler, pigment ve vitaminlerin oksidasyonuna neden olmakta ve polimerizasyonla koyu renkli organik polimerler oluşturmaktadırlar. Oksidasyonun devam etmesiyle üründe kötü tat ve kokuya neden olan aldehitler, ketonlar, alkoller, asitler, hidrokarbonlar gibi oksidasyon ürünleri oluşmaktadır (Gray 1978, Khayat ve Schwall 1983). Lipid oksidasyonun hızı başta lipiddeki yağ asidi dağılımına bağlıdır. Bunun yanı sıra yağ asidindeki çift bağ sayısı arttıkça, lipid oksidasyonu için indüksiyon süresi kısaltmakta ve bağlı oksidasyon hızı artmaktadır. İndüksiyon süresi sonunda, yağ tarafından harcanan oksijen miktarı sürekli artarken, oluşan peroksit miktarı, belli bir noktaya kadar artmakta ve daha sonra azalmaktadır. Bu yüzden peroksit değeri, yağda oksidasyon derecesinin belirlenmesinde tek başına yetersiz kalmaktadır. Ancak uçucu bileşiklerin (karbonil) miktarı artmaya başladığında, bu bileşiklerin konsantrasyonunu yansıtan TBA sayısı gibi değerlerin belirlenmesi, analitik açıdan daha doğru sonuçlar vermektedir (Gray 1978, Belitz ve Grosch 1982).

Donmuş muhafaza edilen balıkta meydana gelen diğer bir oksidasyon proteinlerde gözlenmektedir. Kas hücreleri oksidasyon reaksiyonlarından etkilenen çok sayıda protein içermektedirler. Proteinlerde meydana gelen oksidasyon, amino asit zincirlerindeki değişimler, protein polimerlerinin oluşması, çözünürlük kayıpları, karbonil gruplarının artması gibi bir çok değişime neden olmaktadır (Levine vd. 1990, Xiong 2000). Protein çözünürlüğü, proteinlerin parçalanması ya da birleşmesi gibi kimyasal değişimler, protein oksidasyonu sırasında oluşan reaktif oksijen türleri tarafından meydana gelmektedir. Serbest radikaller, protein yan zincirleriyle etkileşerek peroksi radikalleri oluşturmaktadırlar ve sonrasında protein hidroperoksitleri karbonilleri ayrıştırabilmektedir (Xiong 2000). Sülfidril gruplarındaki oksidasyon, protein molekülünde ya da proteinler arasında disülfidlerin çapraz bağlanmasına veya sistein, glutation ya da düşük moleküllü merkaptanlarla birleşerek, karmaşık disülfid gruplarının oluşmasına neden olmaktadır (Stadtman vd. 1990, Soyer vd. 2010).

Kas proteinlerindeki reaktif oksijen türleri sülfidril gruplarının azalmasına ve karbonil gruplarının artmasına neden olmaktadır. Bu süreç genellikle kastaki protein fonksiyonlarının azalmasına, su kaybının artmasına, düşük stabilitede emülsiyonlara ve zayıf protein jeli oluşmasına yol açmaktadır (Xiong 2000). Protein oksidasyonu karbonil gruplarında meydana gelen artış ve sülfidril gruplarında meydana gelen azalışla izlenebilmektedir (Stadtman vd. 1990).

Dondurulmuş balıklarda oksidatif değişimleri geciktirmede en etkili ve en çok başvurulan yöntemlerden biri glazelemedir. Glazeleme veya glaze işlemi, bütün veya fileto haldeki balığın ince bir buz tabakası ile kaplanması işlemidir (Freeman 1992). Dondurularak depolanan balıklarda glaze, ürünü oksidasyona karşı korumasının yanı sıra, üründen su kaybını (dehidrasyonu) da azaltır. Glaze işlemi, glaze çözeltisine antioksidan etkisi bilinen maddeler karıştırılarak yapıldığında ve vakum paketlenme ile kombine edildiğinde lipid oksidasyonunun daha etkili bir şekilde geciktirebildiği ortaya konmuştur (Kundakçı 1979, Soyer ve Şahin 1999, Sathivel vd. 2007).

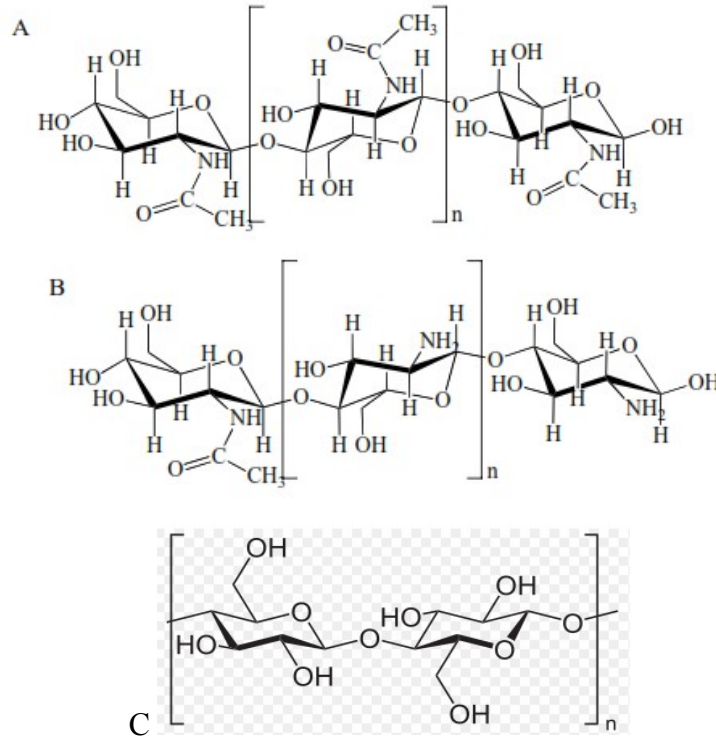
Nitekim, haskefal ve sazan balıklarının -20°C 'de 18 ay depolanması sırasında meydana gelen lipid oksidasyonunu geciktirmede, glazelemenin ve vakum paketlemenin etkili olduğu ortaya konmuştur (Kundakçı 1979). Başka bir çalışmada ise, yağlı bir balık türü olan kolyozun -18°C 'de dondurularak aynı sıcaklıkta 10 ay depolanması sırasında meydana gelen lipid oksidasyonuna antioksidan çözeltileriyle ve su ile glazelemenin etkisinin araştırıldığı çalışmada glazelemenin lipid oksidasyonunu etkili bir şekilde geciktirdiği belirtilmiştir. Çalışmada lipid oksidasyonunu geciktirmede, antioksidan çözeltileri ile yapılan glazelemenin, su ile glazelemeden daha etkili olduğu ortaya konulmuştur (Soyer ve Şahin 1999).

Son yıllarda sentetik kimyasalların sağlık üzerine olumsuz etkilerinin olduğunun ortaya konması ve gıdalara ilave edilmesine karşı gelişen olumsuz tüketici tepkileri, araştırmacıları doğal katkı maddelerinin kullanımına yöneltmiştir. Bu arayış, biyolojik olarak parçalanabilen polisakkaritlerin ve proteinlerin kullanımını öne çıkarmıştır (Debeaufort vd. 1998). Kitosan, doğal bir biyopolimer ve antioksidan ve antimikrobiyal etkileri ispatlanmış bir katkı maddesi olarak gıdalarda kullanımı dikkat çekmektedir.

Kitosan, kabuklu su ürünlerinin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklarından üretilen kitinin deasetilasyonu ile elde edilen bir biyopolimerdir. Kitin selülozdan sonra doğada en fazla bulunan ikinci polisakkarittir ve böcekler ile yengeç, karides, istakoz gibi kabukluların dış kabuklarında ve bazı mantarların hücre duvarlarında bulunur (Ockerman ve Hansen 1988, Jeon vd. 2002, No vd. 2007). Kabuklular ağırlıklarının yaklaşık %65-85'i kadar kabuk içerirler ve bu kabuk kısmı %3-6 oranında kitin içerir (Ockerman 1992). Dünyada yıllık kitin üretiminin yaklaşık 150.000 ton civarında olduğu belirtilmektedir. Bunun 56.000 tonu karidesten, 39.000 tonu çeşitli deniz kabuklularından, 32.000 tonu mantarlardan ve 23.000 tonu istiridyelerden elde edilmektedir. Böcek kabuklarında yaklaşık %23.5 oranında kitin bulunurken, bu oran yengeç ve karideste sırasıyla %17 ile %32 arasında değişmektedir (Demir ve Seventekin 2009).

Bir biyopolimer olan kitin, esas olarak poli-[β -(1,4)-2-asetamid-2-deoksi- β -D-glukopiranoz] yapısında olup çok düşük oranda 2-amino-2-deoksi- β -glukopiranoz monomerlerini de içermektedir. Şekil 2.4’de kitosanın, kitinin ve selülozun kimyasal yapıları görülmektedir. Kitosanın kimyasal yapısı, poli-[β -(1,4)-2-amino-2-deoksi- β -D-glukopiranoz] şeklindedir. Kitin ve kitosan polisakaritleri, kimyasal olarak selüloza benzemekle birlikte kendi aralarında birtakım farklılıklar göstermektedir. Selülozda, ikinci karbon atomuna bağlı hidroksil (-OH) grubu bulunurken, kitinde asetamid (-NHCOCH₃), kitosanda ise amin (-NH₂) grubu bulunmaktadır (Aranaz vd. 2009, Demir ve Seventekin 2009).

Doğal ve toksik olmayan biyopolimerler kitin ve kitosan, çoğunlukla yengeç ve karides kabuklarından üretilmektedir. Bu iki fonksiyonel polimerden özellikle kitosan; biyomedikal, gıda, tekstil, kimya endüstrileri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Kitosan kitinin asitlendirilmiş formu için kullanılmakta ve 2-amino-2-deoxy- β -D-glukoz, glukozaminden ibaret (1 \rightarrow 4)-2-amino-2-deoxy-D-glukoz olarak bilinmektedir.



Şekil 2.4 A. Asetillenmiş kitinin, B. Kitosanın, C. Selülozun kimyasal yapıları (Aranaz vd. 2009)

Kabuklu atıklarından kitin eldesi üç basamaktan oluşmaktadır; deproteinizasyon (proteinlerin uzaklaştırılması), demineralizasyon (kalsiyum karbonat ve kalsiyum fosfatın uzaklaştırılması) ve dekolorizasyon (rengin ağartılması) (Ockerman 1992). Çizelge 2.1’de de kitosanın teknik üretim koşulları, şekil 2.5’de kabuklu atıklarından kitin, kitosan ve bunların monomer ve oligomerlerinin elde edilme aşamaları görülmektedir.

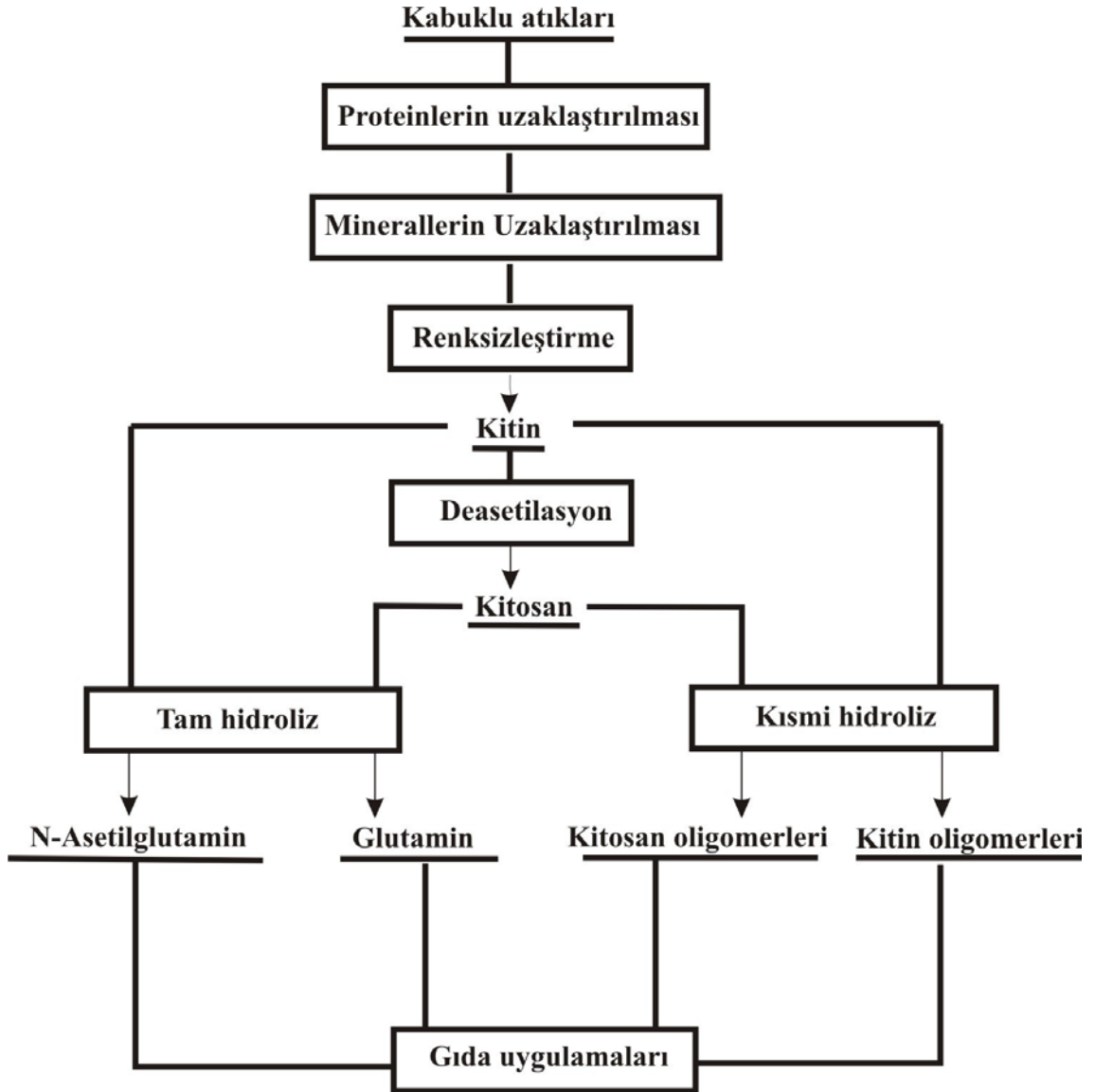
Deproteinizasyon için NaOH, Na₂CO₃, NaHCO₃, KOH, K₂CO₃, Ca(OH)₂, Na₂SO₃, NaHSO₃, Ca(HSO₃)₂, Na₃PO₄ ve Na₂S gibi çeşitli kimyasal maddeler denenmiştir. Ancak yapılan araştırmalar sonucunda en uygun olan maddenin NaOH olduğu görülmüştür. Bu amaçla deasetilasyon işleminde 1M NaOH çözeltisi kullanılmaktadır.

Çizelge 2.1 Kitosanın teknik üretim koşulları (Lim 2002 (Demir ve Seventekin (2009)’den alınmıştır)

Adım	Kimyasal Madde	Sıcaklık (°C)	Süre
Deproteinizasyon	% 0.5-15 NaOH	25-100	0.5-72 saat
Demineralizasyon	% 2-8 HCl	15-30	0.5-48 saat
Dekolorizasyon	Çeşitli organik çözümler (NaOCl, H ₂ O ₂)	20-30	Yıkama, 60 dakika
Deasetilasyon	% 39-60 NaOH	60-150	0.5-144 saat

NaOH, kitinin kısmen asetil gruplarının uzaklaştırılması ve biyopolimerin hidrolize olması sonucu molekül ağırlığının azalmasına neden olmaktadır. İşlem herhangi bir sorun olmaksızın yerine getirildiği takdirde kitinin protein içeriği %1 civarında kalmaktadır.

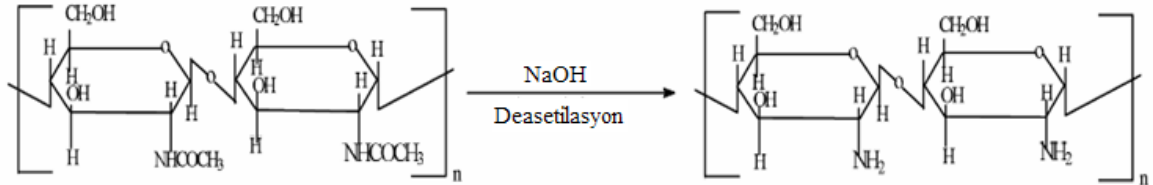
Ayrıca, pepsin, papain, tripsin ve proteaz gibi proteolitik enzimler de proteinlerin uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 2.5 Kabuklu atıklarından kitin, kitosan ve bunların monomer ve oligomerlerinin elde edilmesi (Çaklı ve Kılınç 2004)

Sonrasında minerallerin uzaklaştırılması işlemi olan demineralizasyon ve ardından dekolorizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Deproteinizasyon, aynı zamanda kitine belli bir kalite de kazandırmaktadır. Son olarak kitosan %2'lik asetik asit çözeltisi ile ekstrakte edilip ardından filtre edilmekte, destile suda çöktürülüp kurutulmakta ve depolanmaktadır (Demir ve Seventekin 2009).

Kitinin azot içeriği, deasetilasyon derecesine göre %5-8 (genellikle %6.9) arasında değişmektedir. Azot içeriği selüloza göre yüksek olan kitin ve kitosan (selülozda azot miktarı %1.25 civarında) özellikle atık sularda metal bağlayıcı (kelat yapıcı) olarak büyük avantaj sağlamaktadır.



Şekil 2.6 Kitinin deasetilasyonu (Demir ve Seventekin 2009)

Kitin ve kitosan arasındaki temel farklılık, yapılarındaki asetil içeriğinden kaynaklanmaktadır. Kitin molekülündeki aminoasetil gruplarından asetil grubunun uzaklaştırılması işlemine deasetilasyon adı verilmektedir. Kitinin yapısında bulunan aminoasetil gruplarından asetil grubunun uzaklaştırılma düzeyine “Deasetilasyon Derecesi (DD)” denir. Kitinden asetil grubu uzaklaştırıldığında geride sadece amin grubu kalmaktadır. Kitin ve kitosan arasındaki temel farkı oluşturan da budur. Kitosanın deasetilasyon derecesi, başta çözünme düzeyi olmak üzere birçok parametreyi etkilemektedir. Buna göre, kitinin belli derecede deasetillenmesi (%60 ve üzeri) sonucunda “kitosan” elde edilmektedir. Deniz kabuklularının cinsine ve üretim yöntemine göre kitosanın deasetilasyon derecesi, %56-99 arasında değişebilmektedir (Knaul vd. 1999). Kitosan ticari olarak en çok yengeç ve karides kabuklarından ve diğer atıklarından, farklı molekül ağırlıklarında (viskozitelerde) ve farklı deasetilasyon derecelerinde üretilmektedir. Kitosanın özelliklerine molekül ağırlığı ve deasetilasyon derecesi etki etmektedir (No ve Meyers 1995, Cho vd. 1998).

Kitosanın su tutma özelliği, yağ bağlama kapasitesi, bioaktivitesi, indirgenabilir olması, düşük toksisiteye sahip olması, sindirilebilir olması, yağ ve kolesterolü düşürücü etkisi, bu selüloz benzeri biyopolimerin gıdalarda kullanılabilme potansiyelini oluşturmaktadır.

Kitin ve kitosanın fizikokimyasal özellikleri, kabuklu türüne ve hazırlama yöntemine göre farklılık göstermektedir. Kitin ve kitosanın oligomerlerinin fonksiyonel özellikleri ve fizyolojik aktivitelerinin çoğu, moleküler ağırlıklarına ve zincir uzunluklarına bağlıdır. Kitinaz ve kitosamaz enzimlerinin insan barsak sisteminde bulunmaması nedeniyle, kitin ve kitosan indirgenemez. Bu nedenle kitin ve kitosanın oligomerleri, kitin ve kitosandan daha avantajlıdır. Elde edilen kitosanın özelliklerini deasetilasyon derecesi, molekül ağırlığı, viskozitesi, çözünürlüğü ve rengi etkilemektedir. (Shahidi vd. 1999).

Kitosanın kitine göre iki büyük avantajı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi kitini çözmek için lityum klorür ve dimetilasetamin gibi toksik özellikte olabilen çözümler kullanılmasına karşın kitosanın seyreltik asetik asit içinde kolayca çözünebilmesidir. İkinci avantajı ise birçok kimyasal reaksiyon için aktif kısım olan serbest amin gruplarına sahip olmasıdır (Demir ve Seventekin 2009).

Kitin ve kitosanın molekül ağırlığı, elde edildiği kaynağa ve özellikle deasetilasyon koşullarına (sıcaklık, zaman ve NaOH konsantrasyonu) bağlı olarak değişmektedir. Ortamda çözülmüş oksijen bulunması, kitosanın parçalanmasına neden olmakta ve düşük molekül ağırlığında kitosan elde edilmektedir. Diğer yandan, çok yüksek sıcaklıklar da kitosanın molekül ağırlığına olumsuz etki etmektedir. Örneğin 280°C ve üzerindeki sıcaklıklarda kitosan parçalanmaya başlamakta, polimer zinciri kopmakta ve böylece düşük molekül ağırlıklı kitosan oluşmaktadır. Gıdaların raf ömrünü uzatmada molekül ağırlığı düşük veya orta (5-80 kDa) olan kitosanların etkili oldukları ifade edilmektedir (Aranaz vd. 2009). Sıcaklık, viskozite, deasetilasyon ve pH derecesi gibi parametreler kitosanın özelliklerine etki etmektedir. Viskozite, demineralizasyon süresinin artması ile düşmektedir. Yaklaşık 4°C'de depolanan kitosan çözeltisinin viskozite açısından en iyi stabiliteyi gösterdiği görülmüştür (Demir vd. 2009).

Yapılan çalışmalar deasetilasyon derecesi %85 ve üstü olan kitosanların gıdaların raf ömrünü uzatmada etkili olduklarını göstermektedir (Aranaz vd. 2009).

Kitin molekül içerisinde ve moleküller arasında çok miktarda hidrojen bağı içermesi nedeniyle seyreltik asitlerde ve birçok organik çözücülerde çözünmemektedir. Buna karşın, kitosan sahip olduğu katyonik yapı nedeniyle organik asitlerde çözünebilmektedir. Kitosan asetik asit, formik asit ve laktik asit gibi organik asitlerde kolayca çözünebilmektedir ve toz halinde elde edilen kitosanın gıdalara uygulanmasında çözücü ortam olarak yukarıda sayılan organik asitlerden yararlanılmaktadır. Bunlar içerisinde asetik asit, kitosanın çözündürülmesinde en çok kullanılan asittir (Aranaz vd. 2009). Çizelge 2.2’de kitosanın çeşitli organik asitler içinde çözünebilirlik durumu gösterilmiştir (Demir ve Seventekin 2009).

Çizelge 2.2 Kitosanın çeşitli organik asitler içinde çözünebilirlik durumu (Demir ve Seventekin 2009)

Asit	Kitosan Konsantrasyonu				
	%1	%5	%10	%50	> % 50
Asetik	+	+	+		
Sitrik	-	+	+		
Formik	+	+	+	+	+
Laktik	+	+	+		
Malik	+	+	+		
Malonik	+	+	+		
Tartarik	-	-	+		

(+): çözünebilir, (-) çözünemez

Kitosanın çözünürlüğünü sıcaklık, çözgen konsantrasyonu, DD ve partikül büyüklüğü gibi birçok faktör etkilemektedir. Kitosanın en az %75-80 deasetilasyon derecesinde olması çözünürlüğünü arttıran bir faktördür. Asidik ortamda NH_2 grubu $-\text{NH}_3^+$ şeklinde bulunmakta ve ortamdaki anyonik gruplarla elektrostatik olarak etkileşime girmektedir. Kitosan protonlandığında katyonik polielektrolit davranışı göstermekte, viskoz çözeltiler oluşturmakta ve zıt yüklü molekül ve yüzeylerle etkileşime girebilmektedir. Kitosanın çözünürlüğü, kimyasal modifikasyonları, film veya lif oluşumu gibi kullanımları açısından da oldukça önemli bir parametredir.

Kitosan sahip olduğu özellikler nedeniyle gıda, eczacılık, medikal, kozmetik, biyoteknoloji, tekstil, ziraat ve veterinerlik gibi çok değişik alanlarda kullanılmaktadır.

Kitosanı son yıllarda önemli hale getiren bir çok özelliği vardır. Bu özelliklerinden bir kaç; doğal bir üründür, biyolojik olarak parçalanabilmektedir, biyo-uyumludur, biyoaktif bir bileşiktir ve toksik değildir.

Kitosan ve türevleri Japonya’da 1983 yılından, Kore’de ise 1995 yılından beri fonksiyonel gıda ingrediyesi olarak kullanılmaktadır (No vd. 2007). Kitosan gıdalarda kullanılmak üzere, 2005 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde FDA tarafından “GRAS” olarak kabul edilmiş, fakat daha sonra bu karar bekleme alınmıştır. Kodeks Alimentarius Komisyonu 2003 yılında, kitin ve kitosanın gıda katkı maddeleri listesinde yer almasını değerlendirmiş ve çalışmaların devamına karar verilmiştir (Aranaz vd. 2009). Kitosanın gıdalarda kullanımının sağladığı yararlar konusunda hala bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun nedenlerine aşağıda değinilmiştir.

Dünyada doğal ürünlere olan talebin giderek artması, kitosanın gıdalarda kullanımına olan ilgiyi arttırmıştır. Kitosanın sahip olduğu özellikler, iyi bir gıda katkı maddesi olmasının nedenleridir. Bu özelliklerden başlıcaları; sindirilememesi, biyolojik olarak parçalanabilmesi ve nötr bir tada sahip olmasıdır. Kitosanın lipidlere bağlanması, düşük kalorili ürünlerin hazırlanmasında önemli hale gelmesine neden olmuştur. Japonya’da kitosan katkılı diyet nodüller ve kurabiyeler üretilmekte ve bunların hipolipidemik ve hipokolestolemik etkileri olduğu belirtilmiştir (Furda 1980, Nauss vd. 1983, Muzarelli 1996).

Kitosanın fonksiyonel özellikleri nedeniyle gıda alanında kullanımı ilgi çekmektedir. Bu özelliklerden başlıcaları antimikrobiyal (Sudarshan vd. 1992, No ve Meyers 2000, Juneja vd. 2006), antioksidan (Xie vd. 2001, Kamil vd. 2002, Kim ve Thomas 2007), jel ve emülsiyon oluşturma (Jeon vd. 2002, No vd. 2007) sayılabilir. Kitosan toksik olmayan yapısı, biyolojik olarak parçalanabilirliği gibi özellikleri nedeniyle ayırıcı madde, adsorbent, meyve sularında berraklaştırıcı ve diyet lifi olarak kullanılmaktadır (Knorr 1991, Pinotti vd. 1997). Kitosan film oluşturma özelliği, su alarak viskozitesinin artması, oksijen için bariyer oluşturma özellikleri nedeniyle yenilebilir film materyali olarak son derece uygun bir kaplama maddesidir (Butler vd. 1996, Tual vd. 2000).

Kitosanın lipidlere bağlanması, düşük kalorili ürünlerin hazırlanmasında önemli hale gelmesine neden olmuştur (Furda 1980, Naus vd. 1983, Muzarelli 1996).

Kitosanın gıda muhafazasında etkin bir antimikrobiyal madde olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Bu çalışmaların sonuçları, yüksek DD'ne sahip (%85-98), düşük (5-27 kDa) ve orta (48-78 kDa) molekül ağırlıklarındaki kitosanların hem gram-pozitif hem de gram-negatif bakterilerin gelişimini engellediğini göstermiştir (Gerasimenko vd. 2004, Qin vd. 2006). Kitosanın bakterisidal ve bakteriostatik etkisine yönelik mekanizmanın, bakteri hücre membranı yüzeyinde kitosanın pozitif yüklü amino ($-NH_3^+$) gruplarının negatif yüklü karboksil ($-COO^-$) gruplarına bağlanmasıyla açıklanmaktadır (Juneja vd. 2006). Elektronların bu şekilde bakteri hücre membranı üzerinde kimyasal bağlanması, pozitif ve negatif yüklerin dağılımını değiştirmektedir. Dağılımdaki bu değişme bakteri hücre membranının zayıflamasına ve zarar görmesine neden olmakta ve hücre içi bileşenler hücre dışına sızmaktadır.

Kitosanın ve kitosan türevlerinin antioksidan aktivitesi son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Suda çözünür kitosan türevleri, oksidasyon reaksiyonları sonucu oluşan hidroksil radikallerini bağlayarak antioksidan aktivite göstermektedirler (Xie vd. 2001). Somon balığına ilave edilen farklı molekül ağırlıklarına sahip kitosanların gösterdikleri antioksidatif etkinin, bunların metalleri bağlama kapasiteleri ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Balıkta proteinlere bağlı bir çok demir kaynağı bulunmaktadır. Miyogloblin, hemogloblin, ferritin ve transferrin bunlardan bir kaçını oluşturmaktadırlar. Balık gibi gıdaların depolanması sırasında proteinlere bağlı demir serbest kalmaktadır ve oksijeni aktif hale getirerek lipid oksidasyonunu başlatmaktadır (St. Angelo 1996).

Xue vd. (1998), suda çözünür kitosanın metallerle kelat oluşturduğunu veya lipidlerle birleşerek antioksidan etki yaptığını belirlemişlerdir. Yine kitosanın ortamda bulunan demir ile kelat oluşturarak demirin ferrik demire dönüşmesini engellediği ve böylece lipid oksidasyonunu geciktirdiği ortaya konmuştur (Winterowd ve Sandford 1995, Peng vd. 1998). Kitosandaki amino grupların metal iyonlarının kelat yapma işlemine katıldıkları belirtilmiştir. Ringa etinde lipid oksidasyonunu önlemede, farklı viskoziteye

sahip kitosanlardan düşük viskoziteli olanın (14 cP), daha yüksek viskoziteye sahip kitosanlardan daha etkili olduğu bulunmuştur (Kamil vd. 2002).

Kamil vd. (2002), farklı viskozitedeki (14 cP, 57 cP ve 360 cP) kitosanların antioksidan etkilerini kıyma haline getirilmiş, pişirilmiş ve 4°C'de 12 gün depolanmış ringa balıklarında izlemişlerdir. Araştırmacılar, düşük viskoziteye sahip kitosanın (14 cP) lipid oksidasyonunu diğer viskozitedeki kitosanlardan daha fazla geciktirdiğini belirlemişlerdir. Bu sonucu, düşük viskoziteli kitosanların metallerle daha kolay kelat oluşturmalarına ve bu şekilde metallerin lipid oksidasyonunu katalize etme işlevlerinin engellenmesine bağlamışlardır. Yüksek viskoziteye (molekül ağırlığına) sahip kitosanların metallerle kelat oluşturamadıkları belirtilmektedir.

Kitosanın antioksidan etkisi, farklı bir çok radikali bağlama özelliğinden kaynaklanmaktadır. Bu mekanizma kitosan molekülündeki amonyum iyonlarından (NH_3^+) gelen hidrojen iyonu ile serbest radikallerin reaksiyona girmesiyle stabil bir molekül oluşturması ile açıklanmaktadır (Xie vd. 2001). DD arttıkça (%50'den %90'a), kitosanın antioksidan etkisinin arttığı belirtilmiştir (Park vd. 2004, Kim ve Thomas 2007). Diğer yandan düşük viskoziteye (düşük molekül ağırlığına) sahip kitosanın daha iyi antioksidan etki gösterdiği, bunun da düşük viskozitede kitosanın molekül içi ve moleküller arası etkileşiminin daha iyi olmasıyla ilişkili olduğu ileri sürülmüştür. Antioksidan aktivite, 120 kDa molekül ağırlığına sahip kitosanda gözlenmemiştir ve bu durum, yüksek molekül ağırlıklı kitosanda molekül içi ve moleküller arası hareketliliğin azlığına bağlanmıştır. Yüksek molekül ağırlıklı kitosandaki amin gruplarının radikal yeme aktivitesi düşük olmuştur (Kim ve Thomas 2007).

Somon balığı üzerine yapılan bir çalışmada, farklı molekül ağırlığına sahip kitosanların (30, 90, 120 kDa) antioksidan etkileri araştırılmıştır. Genel olarak kitosan içeren örneklerin hepsinde kitosanın, antioksidan etkisi gözlenmiştir ve 7 günlük depolamanın sonunda kitosan lipid oksidasyonunu azaltmıştır. TBA değeri kitosan içeren balık örneklerinde, kontrol grubuna göre önemli ölçüde düşük bulunmuştur. %0.2 (w/v)'lik ve %0.5 (w/v)'lik konsantrasyonlardaki kitosanla muamele edilmiş balık örneklerinde,

15 günlük soğuk depolama (4°C'de) sırasında, TBA değeri sırasıyla %75 ve %45 oranında azalırken %1 (w/v)'lik kitosan konsantrasyonunda ise TBA değeri %32 oranında azalma göstermiştir. Molekül ağırlığı 90 kDa olan kitosan konsantrasyonu arttıkça (%0.2'den 1'e) antioksidan aktivite de artmıştır. Molekül ağırlığı 30 kDa olan, %0.7 \geq (w/v)'lik kitosan konsantrasyonunda ise en fazla antioksidan aktivite belirlenmiştir (Kim ve Thomas 2007).

Jeon vd. (2002), yağlı ringa ve yağsız morina balıklarını farklı viskozitede kitosanlarla kaplamanın TBA sayısına etkilerini belirledikleri çalışmalarında, kaplama yapılan hem yağlı hem yağsız balıkların depolama sırasında malonaldehit miktarlarının kaplama yapılmayan kontrol örneklerinden önemli derecede daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Yağlı balıkların TBA sayısı yağsız balıklardan daha yüksek olmuştur. Bunun olası nedeni, ringa balığının yağ miktarının (%12.4) ve PUFA yağ asitleri miktarının (%48.77), morina balığının yağ miktarından (%1.2) ve PUFA yağ asitleri miktarından (%40.24) yüksek olmasıdır. Test edilen farklı viskoziteli kitosanolardan 360 cP olanı, malonaldehit oluşumunu geciktirmede en etkili bulunmuştur. Bunun nedeni, yüksek viskoziteli kitosanda iyonik fonksiyonel grupların sayıca fazla miktarda olması ve bunların güçlü polimer etkileşimleri oluşturmasıdır. Yüksek viskozitede zincir hareketi engellenmekte ve iyi oksijen bariyeri özelliği göstermektedir.

Kitosan, biberiye ve alfa-tokoferol gibi ekstraktların ayrı ayrı ya da kombinasyonlar halinde et burgerlere eklenilmesi ve -18°C'de 180 gün dondurularak depolanmanın lipid oksidasyonuna ve renk stabilitesine olan etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonunda en iyi antioksidan etkiyi kitosan-biberiye kombinasyonu gösterirken, kitosanın tek başına ya da alfa-tokoferol veya biberiye ile kombine edilmiş halde kullanılması, kontrol grubu ile kıyaslandığında kırmızı renk stabilitesi açısından önemli ölçüde etkili olmuştur (Georgantelis vd. 2007).

Sardalya balığı (*Sardinella longiceps*) filetolarının yenilebilir kaplama olarak kitosanla kaplanması ve 12 gün soğukta depolanması sonucunda kitosanın, oksidasyon ürünlerini azalttığı belirtilmiştir (Mohan vd. 2011).

Soğuk dumanlanmış sardalyaların (*Sardina pilchardus*) raf ömrünü uzatmak için yüksek basınç (300 MPa/20°C/15 dk) ve kekik otu ekstraktı veya biberiye ya da kitosan eklenerek zenginleştirilen jelatin bazlı fonksiyonel yenilebilir filmler tek başına ya da kombinasyon halinde uygulanmıştır. Kaplanmayan balıklar dumanlanma sırasında açığa çıkan fenoller sayesinde antioksidan etki göstermektedir. Kekik otu veya biberiye ekstraktıyla zenginleştirilen filmlerle kaplanan balıklar fenol içeriğini ve antioksidan gücünü artırmaktadır. Bitki ekstraktları eklenen yenilebilir filmler oksidasyon düzeyini ve mikrobiyal çoğalmayı azaltmıştır. Jelatin-kitosan filmi mikrobiyal gelişmeyi azaltmada en etkili olmuştur. Yüksek basınç ve yenilebilir film kombinasyonu hem oksidasyonu geciktirmede hem de mikrobiyal çoğalmayı inhibe etme açısından en iyi sonucu göstermiştir (Gomez-Esteca vd. 2007).

Kitosanla glazelenmiş derisiz somon filetolarının 8 ay dondurularak depolanması sonucunda, kitosanla glazelenmiş örneklerin destile su ile glazeli ve laktik asit ile glazeli örneklere kıyasla lipid oksidasyonunu geciktirdiği bildirilmiştir (Sathivel vd. 2007).

Gökkuşığı alabalığı filetolarının tarçın yağı ile zenginleştirilmiş kitosan ile kaplanması ve 16 gün boyunca 4°C'de depolanması sonucunda, tarçın yağı ile zenginleştirilen kitosanla kaplı grupların TBA miktarlarının, kontrol gruplarına ve sadece kitosanla kaplanmış gruplara göre daha düşük olduğu bulunmuştur (Ojagh vd. 2010).

Balıklarda en önemli bozulma nedeni, bakteriyel faaliyetidir. Balık yüzeyinde, solungaçlarında, mide ve bağırsak sisteminde milyonlarca mikroorganizma bulunmaktadır. Avlama sonrasında bakteriler, solungaçlardan ve karın bölgesinden, kan damarları yolu ile balık etine ulaşarak balıgımsı kokunun oluşmasına neden olurlar. Balık kasına ait enzimler de, balıklarda bozulmaya neden olan bir başka etkidir. Bu proteolitik enzimler, balıkta kas dokuyu parçalayarak dokuda yumuşamaya neden olmaktadır. Ayrıca ilerleyen bozulma ile birlikte bakteriyel enzimler de devreye girmektedir. Havadaki O₂, balık yağlarını okside ederek acılaşılmaya neden olur, bu

durum somon ve uskumru gibi yağlı balıklarda daha yoğun gözlenmektedir (Martin vd. 1978).

Kitosan toksik ve esansiyel metal iyonlarıyla güçlü kelat bileşikler yapmaktadır (Jeon ve Park 2005). Kitosan, bakterilerin çoğalmaları için ihtiyaç duyduğu demir ve çinko gibi iz metalleri bağlayarak antimikrobiyal etki yapmaktadır (Rabea vd. 2003). Kitosanın faaliyetini sürdürdüğü mikro çevrenin pH'sını, protonlanmış ve protonlanmamış amino grupların konsantrasyonları belirlemektedir. Buna göre;



Kitosan 6'dan daha düşük pH'larda daha iyi antimikrobiyal etki göstermektedir. Protonlanmış kitosan moleküllerinde pH da düşük olmakta ve kitosanın çözünürlüğü iyi olmaktadır. Bu durumun aksine kitosanın protonlanmamış formları metal iyonlarıyla kelat oluşturabilmektedir. Bu durum pH'ya bağlı olarak farklı gıdalarda farklı mekanizmaların rol oynadığını göstermektedir. Etin başlangıç pH'sı ne kadar düşükse, kitosanın antimikrobiyal aktivitesi o kadar artar (Juneja vd. 2006).

Sardalya balığında yapılan bir çalışmada kitosanın, %1'lik ve %2'lik çözeltileriyle muamele edilerek kaplanan balık filetolarındaki etkileri incelenmiştir. Kitosanın, bakteriyel gelişmeyi ve oksidasyon ürünlerini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Kitosana kaplanmış örneklerin su tutma kapasitesi artmış, teksürel özellikleri kaplanmayanlara göre daha iyi olmuştur. Raf ömürleri ise %1'lik ve %2'lik kitosanlarla kaplanmış filetolar için sırasıyla, 8 ve 10 gün olarak belirlenirken, kaplanmayan filetolar için ise 5 gün ile sınırlı kalmıştır (Mohan vd. 2011).

Dondurularak depolanan karideslerde patojenleri öldürmek için kullanılan en yaygın yöntemin klorlama olduğu ve klorun en yaygın dekontaminasyon ajanı olduğu bilinmektedir. Fakat uzun süreli temaslarda klorun ciddi solunum rahatsızlıklarına neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle klora alternatif olarak kitosanın patojen ajanı olarak etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada, klorun ve kitosanın karidesten *Vibrio*

parahaemolyticus'u elemine etme düzeyleri karşılaştırılmıştır. Kitosan, laboratuvar ortamında kontamine edilen karidesten *Vibrio parahaemolyticus*'u, %90'dan fazla elemine ederken, klor tamamını yok etmiştir. Doğal olarak kontamine olmuş karidesten ise *Vibrio parahaemolyticus*, kitosan tarafından %60'dan daha fazla düzeyde elemine edilmiştir. Bu sonuç su ürünlerinde kitosanın dekontaminasyon ajanı olarak bakterilere karşı kullanılabileceğini göstermekte ve aynı zamanda çalışanlar açısından herhangi bir sağlık sorunu yaratmamaktadır (Chaiyakosa vd. 2006). Kitin ve kitosanın beyaz karides (*Litopenaeus vannamei*)'te *Vibrio alginolyticus*'a karşı koruyucu etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada da, *Vibrio alginolyticus*'u inhibe ettiği belirtilmiştir (Wang ve Chen 2005).

Duan ve arkadaşları, %3'lük kitosan çözeltisini, %10'luk balık yağı ile karıştırmışlar ve %0.8'lik E vitamini ekleyerek bir çözelti hazırlamışlardır. Bu karışımı bir morina türü olan *Ophiodon elongates* filetolarına emdirdikten sonra, 15 dakika kurutarak, 2°C'de 3 hafta ve -20°C'de 3 ay olmak üzere depolamışlar ve mikrobiyal ve fizikokimyasal değişimleri incelemişlerdir. Taze ve dondurulmuş olarak depolanan her iki örnekte TBA değerleri azalmış ve dondurulmuş örneklerde %14.1-27.6 oranında daha az fire tespit edilmiştir. Kitosan kaplamalı soğukta ve dondurularak depolanan balık filetolarında toplam mezofil aerob bakteri ve psikrotrof bakteri yüklerinde sırasıyla 0.37-1.19 ve 0.27-1.55 log kob /g düzeylerinde azalma gerçekleştiği belirtilmiştir. Sonuç olarak kitosanlı balık yağı, kaplama olarak kullanıldığı takdirde balığın hem raf ömrü artmakta, hem de omega-3 yağ asidi miktarı muhafaza edilebilmektedir (Duan vd. 2010).

Pasifik istiridyelerinin raf ömrünü arttırmaya yönelik yapılan bir çalışmada, istiridyeler üzerine ozonlu suyun ve kitosanın etkileri araştırılmıştır. İstiridyeler 5±1°C'de depolanmıştır. Ozonlu suyun istiridyedeki toplam bakteriyel yükü 10 kat kadar azalttığı, kitosanın ise 5.0 g/l olması halinde geniş spektrumlu antimikrobiyal etki gösterdiği belirlenmiştir. İstiridye gibi kısa süreli raf ömrüne sahip olan su ürünlerinin raf ömürlerini uzatmak adına yapılan iyileştirmeler, bu tarz ürünlerin uzak mesafelerdeki marketlere taşınmasını, kayıpların azalmasını sağlayarak ekonomik katkı sağlamaktadırlar (Rong vd. 2009).

Dondurularak depolanmış gümüş sazanının kitosanla kaplanmasının kalite üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, 1.6×10^5 molekül ağırlığına ve %85 deasetilasyon derecesine sahip kitosan kullanılmıştır. Balık örnekleri %2'lik kitosan çözeltisine 2 dakika daldırılarak, -3°C 'de 30 gün depolanmıştır. Kontrol gruplarına ve balık örneklerine düzenli olarak, mikrobiyolojik, kimyasal ve duyu analizler uygulanmıştır. Sonuç olarak kitosan kaplamanın, gümüş sazanının kalitesini korumasında ve raf ömrünü arttırmada etkili olduğu belirtilmiştir (Fan vd. 2009).

Morina balığına kitosan, jelatin çözeltisi şeklinde kaplanmış ve morina balığından yapılmış köftelerin içerisine kitosan toz halinde katılmıştır. Her iki şekilde de kitosanın morina balığı kalitesine etkileri incelenmiştir. Kitosanla kaplanmış olan köfteler elastikiyet kazanmanın yanı sıra, toplam volatil baz nitrojeni (TVB-N) miktarını, mikroorganizma yükünü, gram negatif bakteri yükünü azaltmada etkili olmuştur. Diğer taraftan raf ömrünün artmasında kitosanın en etkili ilave şeklinin, toz olarak köfteye katılması halinde elde edilebileceği belirtilmiştir. Morina balığından hazırlanan köftelerin, kitosan jelatin çözeltisiyle kaplanması, balık köftesinin kalitesini korumada bir alternatif olarak gösterilmektedir (Lopez-Caballero vd. 2005).

Kitosanın balıklarda kimyasal bozulma kriterleri olan TVB-N, TMA-N ve hipoksantin miktarlarının oluşumunu azalttığı belirtilmektedir. Jeon vd. (2002), farklı molekül ağırlıklarındaki kitosanlarla kaplanan morina (yağsız) ve ringa (yağlı) balıklarında 4°C 'de depolama sırasında kontrol gruplarından daha düşük TVB-N, TMA-N ve hipoksantin miktarları belirlenmiştir. Düşük molekül ağırlıklı (düşük viskoziteli) kitosanlarla muamele edilen balıklarda daha düşük TVB-N, TMA-N ve hipoksantin miktarları belirlenmiştir. Araştırmacılar, 4°C 'de depolama sırasında TMA-N oluşumunun en fazla morinada olduğunu, bunun nedenin ise, gadoid balıklarda ozmoregülatör işlevi olan TMAO'nun fazla miktarda bulunmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Farklı viskozitede kitosanla kaplanan morina balığında 4°C 'de 12 gün depolama sonunda TVB-N miktarı kontrol gruplarından daha düşük kalmıştır. Yağlı balıklarda (ringa) TVB-N miktarı yağsız balıklardan daha düşük olmuştur. Bunun nedeni yağsız balıkların ozmoregülatör işlevi olan TMAO'yu fazla miktarda içermesine bağlanmıştır. Viskozite arttıkça, oluşan TVB-N miktarı azalmıştır. Depolama sırasında TVB-N miktarındaki

artış, balıkta gözlenen enzimatik reaksiyonlara bağlanmaktadır. Bunlar serbest amino asitlerden aminlerin ayrılması, nükleotidlerin parçalanması, aminlerin oksidasyonu gibi reaksiyonlardır (Gill 1990).

Kitosanın gıda sektöründeki en önemli kullanım şekillerinden biri de yenilebilir film oluşturması nedeniyle kaplama malzemesi olarak yararlanılmasıdır. Özellikle sebze ve meyvelerin kalitelerinin korunmasında ve depolama sürelerinin arttırılmasında kitosan film etkili bulunmuştur. Yarı geçirgen özellikteki kitosan filminin sert, dayanıklı, esnek ve kolayca yırtılmayan bir materyal olması önemli avantajları olarak değerlendirilmektedir ve bu özelliklerin çoğu ticari polimerlerle yarışabilir niteliktedir. Gıdaların kitosan film ile kaplanması ambalaj içindeki kısmi oksijen basıncını azaltmakta, gıda ile çevresi arasındaki nem transferi ile sıcaklığı kontrol altında tutmakta, su kaybını azaltmakta, meyvelerde enzimatik kahverengileşmeyi geciktirmekte, solunumu kontrol etmektedir. Bunlara ilave olarak doğal aromanın arttırılması, teksürün ayarlanması, emülsifiye edici etkinin arttırılması, rengin stabilizasyonu gibi konularda da kitosandan yararlanılmaktadır. Kitosan filmleri et ve su ürünlerinin güvenliğini sağlamada da kaplama materyali olarak başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Crackel vd. 1988, Shahidi vd. 2002, Lopez-Caballero vd. 2005, Sathivel 2005, Gomez-Esteca vd. 2007, Kim ve Thomas 2007).

Sarımsak yağı içeren ve kitosan filmle kaplanan karideslerde yapılan bir çalışmada, TMAB, TPAB yüklerinin ve kimyasal kalite kriterleri olan TVB-N ve TMA-N miktarlarının kontrol gruplarından daha düşük olduğu bulunmuştur. Ancak, bu çalışmada kontrol grubu ile kitosan kaplı gruplar arasında TBA-sayısına kitosanın olumlu bir etkisi belirlenememiştir. Bu sonucun, kullanılan kitosanın molekül ağırlığından ve uygulama şeklinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Aşık 2009).

Ülkemiz için ticari önemi olan ve fazla miktarda yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında dondurularak depolama sırasında meydana gelen kalite kayıplarını azaltmak amacıyla kitosanla glazelemenin etkisinin araştırılması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Balık

Çalışmada kullanılan gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çifteler Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama İşletmesi'nden temin edilmiştir. Çalışma için, birbirine yakın ağırlığa sahip ortalama 230 g ağırlığındaki balıklar yakalanmış, çok kısa sürede ölmeleri sağlanmış ve bekletilmeksizin buz kutusunda laboratuvara getirilmiştir.

3.1.2 Kitosan

Çalışmada yengeç kabuklarından elde edilen, orta düzeyde molekül ağırlığına sahip (340 g/mol), deasetilasyon derecesi %75-85 arasında ve viskozitesi 200-800 cP (%1'lik asetik asitte %1 kitosan içeren çözeltide) olan kitosan kullanılmıştır (Sigma-Aldrich, Co., St. Luis, MO, USA).

3.2 Yöntem

3.2.1 Balık filetolarının hazırlanması ve deneme planı

Balıklar, solungaçları, iç organları ve kılçıkları çıkarıldıktan sonra yıkanmış ve derisi uzaklaştırılarak filetoları elde edilmiştir. Filetolar dört gruba ayrılmış ve birbirine değmeyecek şekilde, dondurulmak üzere paslanmaz çelik tepsilere yerleştirilmiştir.

Kitosanla glazelemenin dondurularak depolanan gökkuşığı alabalık filetolarının kalitesine etkisini belirlemek üzere, kitosan çözücüsü olarak glasiel asetik asit ve su kullanılmıştır. Bu nedenle, kitosanla glazelemenin etkisini belirlemek üzere, kitosanla

glazeli (KG), asetik asit ile glazeli (AG) ve su ile glazeli (SG) ve glazelemenin etkisini belirlemek üzere de glazesiz kontrol (K) olmak üzere dört grup oluşturulmuştur. Deneme iki tekerrür olarak planlanmıştır. Bu amaçla bir hafta arayla iki kez balık alınmış ve işlenmiştir.

3.2.2 Glaze çözeltilerinin hazırlanması

Kitosan içeren glaze çözeltisi hazırlamak için, %1 kitosan çözeltisi (w/w) ve çözücü olarak %1 glasiel asetik asit kullanılmıştır. Bu amaçla, 10 gram kitosan, 980 gram destile su ile 10 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra 10 gram glasiel asetik asit eklenmiş ve 2 saat daha karıştırılmıştır. Çözelti sekiz kat tülbent bezden süzölmüş ve kullanılacağı zamana kadar (yaklaşık 24 saat) 4°C’de depolanmıştır.

Asetik asit çözeltisi (w/w), 990 gram destile suya 10 gram glasiel asetik asit ilave edilerek ve karıştırılarak hazırlanmıştır. Su ile glazeli gruplar sadece destile suya daldırılarak glaze oluşturulmuştur. Tüm çözeltiler, glaze oluşumu için 4°C’ye soğutulmuşlardır.

3.2.3 Balık filetolarının dondurulması ve glaze oluşturma

Balık filetoları birbirine değmeyecek şekilde, paslanmaz çelik tepsilere yerleştirilmiştir. Dondurma, hava akımlı mobil dondurucuda (Frigoscandia LaboFreeze, İsveç) yapılmıştır. Dondurma işlemi, -35°C kabin sıcaklığında ve sabit hava hızında (2.5 m/s) gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık değişimi bir filetoya yerleştirilen bakır uçlu thermo-couple ile izlenmiştir. Glaze oluşturulacak filetolar (KG, AG ve SG), ayrı ayrı olmak üzere -25°C yüzey sıcaklığına ulaştığında dondurucudan çıkarılmış, 4°C’deki glaze çözeltisine 30 saniye süreyle daldırılmış ve 30 saniye süzdürölerek glaze oluşturulmuştur. Filetolar tekrar tepsilere yerleştirilmiş ve dondurucuda -18±2°C’ye dondurulmuştur. Dondurulmuş filetolar 6 ay depolanmak üzere karton kutularda -18°C’deki dondurucuya (Uğur Soğutma Mak. San. ve Tic. A.Ş., Aydın) yerleştirilmiştir. Glazesiz kontrol grubu, doğrudan -18±2°C’ye dondurulmuş ve aynı sıcaklıkta 6 ay depolanmıştır.

3.3 Analiz Yöntemleri

3.3.1 Glaze veriminin belirlenmesi

Glaze verimi, sadece glaze oluşturulan gruplarda (KG, AG ve SG), çalışma başlangıcında bir kez belirlenmiş ve glazeli filetolarda meydana gelen % ağırlık artışı olarak hesaplanmıştır. Bu amaçla, işaretlenen beş fileto, glaze çözeltisine daldırılmadan önce ve daldırıldıktan (glaze oluşumundan) sonra tartılmış ve aşağıdaki formülle glaze verimi hesaplanmıştır (Sathivel vd. 2007).

$$\text{Glaze Verimi (\%)} = \frac{\text{Glazelenmiş fileto ağırlığı}}{\text{Glazelenmeden önceki fileto ağırlığı}} \cdot 100$$

3.3.2 Çözme kaybının belirlenmesi

Çözme kaybı, tüm gruplarda depolama süresince izlenmiştir. Her bir gruptan üçer adet fileto alınmış ve tartılmıştır. Daha sonra filetolar 4°C’de 16 saat çözündürülmüş ve sızan su sızdırılarak tekrar tartılmıştır. Çözme kaybı % olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Sathivel vd. 2007).

$$\text{Çözme Kaybı (\%)} = \frac{(\text{Ç.Ö. ağırlık}) - (\text{Ç.S. ağırlık})}{\text{Çözündürülmeden önceki fileto ağırlığı}} \cdot 100$$

Ç. Ö : Çözündürülmeden önceki fileto ağırlığı

Ç. S : Çözündürüldükten sonraki fileto ağırlığı

3.3.3 Renk değerlerinin belirlenmesi

Örnekle rin yüzey renk değerleri (L^* parlaklık, a^* kırmızılık ve b^* sarılık), reflektans kolorimetre cihazı (Minolta CR-300, Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Renk ölçümü, fileto yüzeyinde dört farklı noktada yapılan ölçümlerin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

3.3.4 pH değerinin belirlenmesi

Fileto örneklerde 10 g tartılmış ve 100 ml destile su kullanılarak yüksek hızlı homojenizatörde (Ultra Turrax, IKA T25, Almanya) 1 dakika karıştırılmış ve pH değeri pH metre cihazında (Hanna H1 221, İtalya) ölçülmüştür. Okumalardan önce pH metre, 4 ve 7 tampon çözeltileriyle kalibre edilmiştir (Cemeroğlu 2010).

3.3.5 Nem miktarının belirlenmesi

Nem miktarı analizi için, daha önce 105°C 'de sabit ağırlığa getirilen ve darası alınan cam kuru madde kaplarına yaklaşık 5 gram örnek tartılmış ve 105°C 'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Meydana gelen ağırlık farkından % nem miktarı hesaplanmıştır (Anonymous 2000).

3.3.6 Kül miktarının belirlenmesi

Kül miktarının belirlenmesi için, sabit ağırlığa getirilmiş kül krozelerine yaklaşık 3 gram örnek tartılmış ve 105°C 'deki kurutma dolabında 10-12 saat kurutulmuştur. Daha sonra, kül fırınında kademeli olarak yakılmış ve 550°C 'de tamamen kül haline getirilmiştir. Meydana gelen ağırlık farkından % kül miktarı hesaplanmıştır (Anonymous 2000).

3.3.7 Yağ miktarının belirlenmesi

Yağ miktarı, Lee vd. (1996)'nın önerdiği soğuk ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Balık örneğinden 5 gram, 250 ml'lik paslanmaz çelik Eberbach homojenizatörüne (EF22337B 8581, USA) tartılmıştır. Üzerine 50 ml 2:1 oranında kloroform/metanol çözeltisi eklenmiştir. Kapak kapatıldıktan sonra 1.5 dakika süre ile Waring blender'de karıştırılmıştır. Homojenat yüksek hızlı filtre kağıdından (Whatman no. 4, 12.5 mm çapında) ayırma hunisine süzümüştür. Üstteki kısım, tekrar 50 ml'lik kloroform/metanol çözeltisi ile aynı şekilde karıştırılmış ve filtre edilmiştir. İki fazı ayırmak için 20 ml %0.5'lik NaCl çözeltisi ilave edilmiş ve karışım alt üst edildikten sonra 12 saat bekletilmiştir. Kloroform fazı ölçülü balona dikkatli bir şekilde aktarılmış ve hacmi kaydedilmiştir. Yağ miktarını belirlemek için 10 ml kloroform fazı, önceden darası alınmış 25 ml'lik behere pipetlenmiştir. Düşük ayardaki ısıtıcı üzerinde beher ara sıra karıştırılarak yaklaşık 30 dakikada kloroform uçurulmuştur. Beher daha sonra oda sıcaklığına soğutulmuş ve tartılmıştır. Toplam yağ miktarı aşağıdaki formülden hesaplanmıştır.

$$\text{Yağ Miktarı (\%)} = \frac{\text{Ekstrakte Edilen Yağ (g)}}{\text{Örnek Miktarı (g)}} \cdot \frac{\text{Kloroform Hacmi (mL)}}{5 \text{ mL}} \cdot 100$$

3.3.8 Protein miktarının belirlenmesi

Ham protein miktarı (%), Kjeldahl yöntemine göre örneklerin önce % azot (N) miktarı belirlenerek ve elde edilen % N miktarı 6,25 faktörü ile çarpılarak hesaplanmıştır (Anonymous 2000).

3.3.9 Toplam volatil baz nitrojeni (TVB-N) miktarının belirlenmesi

Toplam volatil baz nitrojeni (TVB-N) miktarı, Goulas ve Kontominas (2005) tarafından önerilen yönteme göre belirlenmiştir. Örnekten 10 g tartılmış, 50 ml destile su eklenerek

Ultra Turrax'da homojenize edilmiştir. Karışım, 200 ml destile su eşliğinde Kjeldahl balonuna aktarılmıştır. Balona 2 g MgO ve 1-2 damla silikon yağı ilave edilmiştir. Destilasyon ünitesinin çıkış borusuna, içerisinde 25 ml %3'lük borik asit ve 0.04 ml metil kırmızısı/metilen mavisi indikatörü bulunan 250 ml'lik erlenmayer yerleştirilmiştir. Balon destilasyon ünitesine yerleştirilmiş ve desilasyon, erlenmayerde yaklaşık 125 ml destilat toplanana kadar devam ettirilmiştir. Erlenmayerdeki içerik, 0.1 N HCl çözeltisi ile titre edilmiş ve destilat pembe renge döndüğünde titrasyona son verilmiştir. Örnekteki TVB-N miktarı, 100 g örnekte mg olarak hesaplanmıştır.

3.3.10 Tiyobarbitürik asit (TBA) değerinin belirlenmesi

Tiyobarbitürik asit (TBA) değeri, McDonald vd. (1987) tarafından önerilen yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. Balık örneğinden 0.5 g, 20 ml destile su eklenerek Ultra Turrax ile homojenize edilmiştir. Homojenattan 1 ml, içerisinde 2 ml TBA-TCA-HCl çözeltisi (%0.375 TBA ayırıcı, %15 TCA, 0.25 N HCl çözeltisi ve 3 ml %2 alkolde hazırlanmış BHT çözeltisi) bulunan vidalı kapaklı cam test tüplerine alınmış, vortex'de (IKA MS3 Basic, Almanya) karıştırılmıştır. Tüp kapakları kapatıldıktan sonra kaynar su banyosunda 15 dakika renk gelişimi için inkübe edilmiştir. Oda sıcaklığına soğutulan tüpler, 3000 g'de 10 dakika santrifüjlendikten sonra üstteki berrak kısmın absorbansı, UV spektrofotometrede (Labomed UVD-3200, Labomed Inc., Culver City, CA, USA), 532 nm dalga boyunda okunmuştur. Molar ekstinksiyon sabiti $1.56 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ kullanılarak, örneğin malonaldehit miktarı mg MA/kg örnek olarak hesaplanmıştır.

3.3.11 Peroksit değeri (PD)'nin belirlenmesi

Peroksit değeri (PD) Shantha ve Decker (1994) tarafından belirlenen yöntemle yapılmıştır. Oksidasyon derecesine göre cam test tüpüne 0.02-0.05 g yağ örneği tartılmış, üzerine 9.8 ml diklorometan/metanol (2:1) çözeltisi eklenmiş ve vortekste 2-4 saniye karıştırılmıştır. Ardından sırasıyla 50µl amonyum tiyosiyonat çözeltisi eklenip 2-4 saniye vortekste karıştırılmış ve son olarak 50 µl Fe(II) klorür çözeltisi eklenmiş ve tekrar 2-4 saniye vortekste karıştırılmıştır. Renk gelişimi için karanlıkta 5 dakika

bekletildikten sonra 500 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede (Labomed UVD-3200, Labomed Inc., Culver City, CA, USA) köre karşı okunmuştur. Hazırlanan standart kurveden peroksit miktarı miliekivalan/kg yağ olarak hesaplanmıştır.

3.3.12 Sülfidril miktarının belirlenmesi

Sülfidril miktarının belirlenmesinde Srinivasan ve Hultin (1997) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla, 1 g et örneği 50 ml soğuk destile su ile homojenize edilmiştir. Homojenatın 10 ml'si 10 ml üre buffer (1/1) ile karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım referans ve örnek olmak üzere iki ayrı spektro küvetine 1'er ml pipetlenmiştir. Referans küvetlere 1 ml, örneğin üzerine, 2 ml 0.1 M potasyum fosfat buffer ve 0.5 ml üre buffer eklenip karıştırılmış, referans şahit ise 3 ml 0.1 M fosfat buffer ve 0.5 ml üre buffer eklenip karıştırılarak hazırlanmıştır. Örnek küvetlere, 1 ml örnek pipetlenmiş ve sonrasında üzerine 2 ml 0.1 M potasyum fosfat buffer, 0.5 ml 5,5-dithio-bis (2-nitrobenzoic acid) (DNPH), eklenip karıştırılmış, örnek şahit ise 3 ml 0.1 M potasyum fosfat buffer ve 0.5 ml DNPH eklenip karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Hazırlanan referans ve örnek küvetler 37°C'de 15 dakika su banyosunda tutulmuştur. Referans ve örneklerin absorban değerleri 412 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede (Labomed UVD-3200, Labomed Inc., Culver City, CA, USA) şahit çözeltilere karşı okunmuştur. Toplam sülfidril miktarı molar ekstinksiyon sabiti 11400 M⁻¹cm⁻¹ kullanılarak hesaplanmış, sonuçlar nmol sülfidril/mg protein olarak ifade edilmiştir.

3.3.13 Karbonil miktarının belirlenmesi

Karbonil miktarı, Oliver vd. (1987) tarafından önerilen ve Vuorela vd. (2005) tarafından modifiye edilen yöntemle göre yapılmıştır. Karbonil miktarının belirlenmesi için, 2 g örnek tartılmış ve üzerine 20 ml 0.15 M KCl buffer eklenerek 60 saniye Ultra Turrax ile homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenattan 0.045 ml, 2 ml'lik iki adet Eppendorf tüplerine aktarılmış ve üzerlerine 1 ml %10'luk triklorasetik asit (TCA) eklenmiştir. Tüpler 5000 g'de 5 dakika santrifüjlenmiş ve süpernatant uzaklaştırılmıştır. Tüplerin birine, %0.2'lik 2,4-dinitrofenil hidrazin (DNPH) içeren 2 M HCl çözeltisinden 1 ml

eklenmiştir. Diğer tüpe ise 1 ml 2 M HCl çözeltisi eklenmiştir. Tüpler, oda sıcaklığında her 20 dakikada bir karıştırılarak 1 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra, tüplere 1 ml %10'luk TCA çözeltisi eklenmiş ve 30 saniye vortekste karıştırıldıktan sonra 5 dakika, 5000 g'de santrifüjlenmiştir. Süpernatant dikkatli bir şekilde uzaklaştırıldıktan sonra, pellet üzerine 1 ml etanol/etilasetat çözeltisi ilave edilmiş, vortekste karıştırıldıktan sonra 10000 g'de 5 dakika santrifüjlenmiştir. Bu işlem üç kez tekrarlanmıştır. Elde edilen pellet azot gazı altında kurutulmuş ve üzerine 1.5 ml 20 mM fosfat bufferda hazırlanmış 6 M guanidin hidroklorür çözeltisi ilave edilmiştir. Tüpler karıştırılmış ve 5000 g'de 2 dakika santrifüjlenmiştir. Örneklerin absorbanansı 370 nm'ye ayarlı spektrofotometrede (Labomed UVD-3200, Labomed Inc., Culver City, CA, USA), okunmuştur. Karbonil miktarı, DNPH ile muamele edilen örnekler üzerinden ve $21.0 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ekstinksiyon sabiti kullanılarak hesaplanmış ve nmol DNPH/mg protein olarak ifade edilmiştir (Zakrys vd. 2008).

3.3.14 Toplam psikrofilik aerob bakteri (TPAB) yükünün belirlenmesi

Toplam psikrofilik aerob bakteri (TPAB) yükünün belirlenmesi için, fileto balık örneğinden aseptik koşullarda 10 gram, steril Stomacher poşetine tartılmış, üzerine 90 ml %1.0 pepton ve %0.5 NaCl su içeren çözelti eklenerek Stomacher'da (Seward Inc., USA) 2.5 dakika homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenattan uygun dilüsyonlar hazırlanarak, steril petri kutularına ekim yapılmıştır. TPAB yükünü belirlemek üzere Plate Count Agar (PCA, Merck, Almanya) besiyeri dökülmüş ve plaklar 4°C'de 10 gün inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda 15-300 arasında koloni içeren plaklar sayılmıştır. Sayım sonucu bulunan değer (adet/g), logaritması alınmış ve sonuçlar $\log_{10}\text{KOB/g}$ olarak belirtilmiştir (Tağı 2010).

3.3.15 Duyusal analiz

Dondurularak depolanan gökkuşağı alabalık filetoları aylık dönemlerde renk ve koku yönlerinden değerlendirilmişlerdir. Panelist grup 5 kişiden oluşmuş ve panelistler değerlendirecekleri kriterler yönünden önceden bilgilendirilmişlerdir. Duyusal

değerlendirme için kapaklı plastik kaplar kullanılmıştır. Bütün bir parça fileto, örneği kaba alınmış ve ağzı kapatılarak oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Örnekler iyice havalandırılmış duyu analizi laboratuvarında, sarı ışık altında panelistlere sunulmuş, renk ve koku yönlerinden 10 puan üzerinden değerlendirme yapmaları istenmiştir. Koku olarak panelistler ransit (acılaşma kokusu), yağsı, boya ve asidik koku yönlerinden örnekleri değerlendirmişlerdir (Eymard vd. 2009). Değerlendirmede 10 puanlık skala kullanılmış, 10 özelliğin en beğenildiği, 0 hiç beğenilmediği puan olarak kabul edilmiştir.

3.3.16 İstatistik analiz

Farklı maddelerle glazelenen (KG, SG ve AG) ve glazesiz grupların ve -18°C'de 6 ay depolamanın gökkuşağı alabalık filetolarının kalitesindeki değişmelere etkisi incelenmiştir. Çalışma iki tekerrür yapılmış ve her tekerrürde her bir analiz aksi belirtilmedikçe iki paralel yapılmıştır. İstatistik analizde, tekerrür ortalamaları kullanılmıştır. Aylık dönemlerde yapılan çözme kaybı, renk, pH değeri, nem, kül, yağ ve protein miktarları, TBA-değeri, PD, sülfidril miktarı, karbonil miktarı, TPAB ve duyu değişkenleri bakımından elde edilen tekerrür ortalamaları ikili faktöriyel düzende varyans analiz tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Gerekli olduğunda Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak, önem düzeyi (%1 veya %5) belirlenmiştir. İstatistik analizler için "Minitab for Windows) (ver. 15.1)" ve "MSTAT" paket programları kullanılmıştır (Anonymous 2000).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada gökkuşuğu alabalığından (*Oncorhynchus mykiss*) elde edilen filetolar kullanılmıştır. Dondurulmadan ve glazelenmeden önce fileto balık etinde belirlenen nem, protein, yağ, kül ve pH değeri sonuçları çizelge 4.1’de verilmiştir. Fileto örneklerde nem, protein, yağ ve kül miktarları ile pH değeri sırasıyla %71.83, %18.48, %6.93, %1.24 ve % 6.26 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Fileto gökkuşuğu alabalığı bileşimi ve pH değeri*

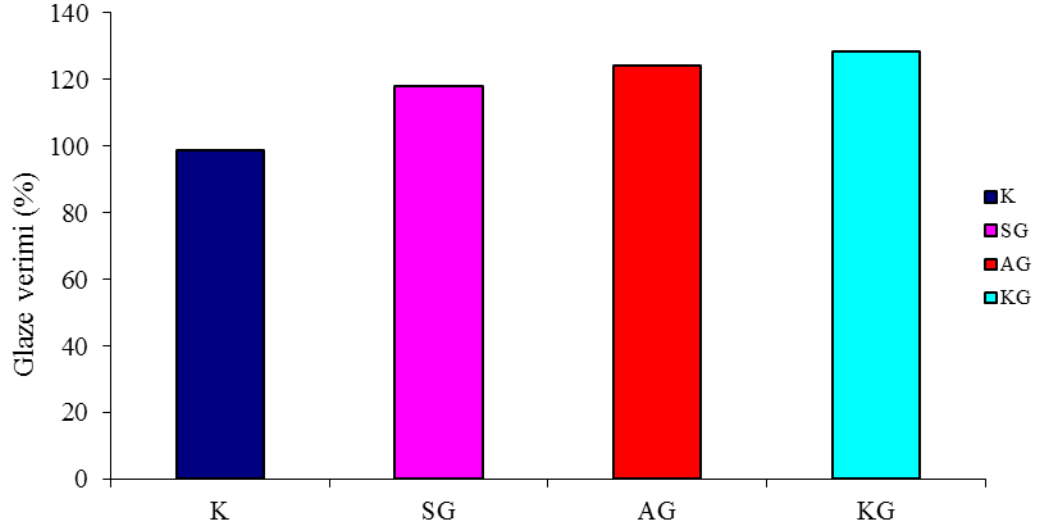
Nem, %	71.83±0.16
Protein, %	18.48±1.25
Yağ, %	6.93±0.33
Kül, %	1.24±0.04
pH	6.26±0.20

*Sonuçlar, dört tekrarın ortalaması ± standart sapmasıdır.

4.1 Glaze Verimi

Gökkuşuğu alabalığı filetolarının glaze verimi, dondurma işleminden sonra glaze çözeltisine daldırılan filetoların ne kadar glaze çözeltisini adsorbe ettiğini göstermektedir. Bu amaçla dondurucuda belirli bir süre dondurulan fileto balıklar, glaze çözeltisine daldırılmadan önce ve daldırıldıktan sonra tartılarak, meydana gelen ağırlık artışı hesaplanmıştır. Glaze verimine ait sonuçlar şekil 4.1’de görülmektedir. Glaze verimi SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla %118, %124 ve %128 olmuştur. En fazla verim %128 ile kitosanla glazelenen filetolarda, en düşük ise %118 ile su ile glazelenen filetolarda belirlenmiştir. Kitosan çözeltisi viskoz yapısı nedeniyle fileto balık tarafından daha fazla adsorbe edilmiştir. Glaze verimini etkileyen başlıca faktörler balık ve glaze çözeltisi sıcaklıkları, daldırma süresi ve çözeltinin niteliğidir. Balık ile glaze çözeltisi arasındaki sıcaklık farkı arttıkça, balık tarafından adsorbe edilen su miktarı yani glaze verimi de artmaktadır. Çalışmamızda tüm gruplarda aynı sıcaklık

koşullarında glaze işlemi yapıldığından, glaze verimini etkileyen faktör, glaze çözeltisinin niteliği olmuştur. Kitosan içeren glaze çözeltisi, viskoz yapısı ve iyonik yapısı nedeniyle fileto tarafından daha fazla tutulmuş ve en yüksek glaze verimine neden olmuştur.



Şekil 4.1 Gökkuşuğu alabalık filetolarının glaze verimi

Somon filetolarıyla yapılan bir çalışmada, filetolar ayrı ayrı kitosan, laktik asit ve destile su ile glazelenmişler ve 8 ay -35°C 'de depolanmışlardır. Burada laktik asit, kitosan çözücüsü olarak kullanılmıştır. Glaze verimi en yüksek %120 ile kitosanla glazelenen filetolarda, en düşük %107 ile su ile glazelenen filetolarda saptanmıştır (Sathivel vd. 2007). Bu bulgular ile çalışmamızda elde edilen bulgular benzerlik göstermiştir. Bu sonuçlara göre kitosanla glazeleme daha kalın bir buz tabakası oluşturması nedeniyle, donmuş depolamada daha iyi bir koruyucu etki sağlamaktadır.

4.2 Çözme Kaybı

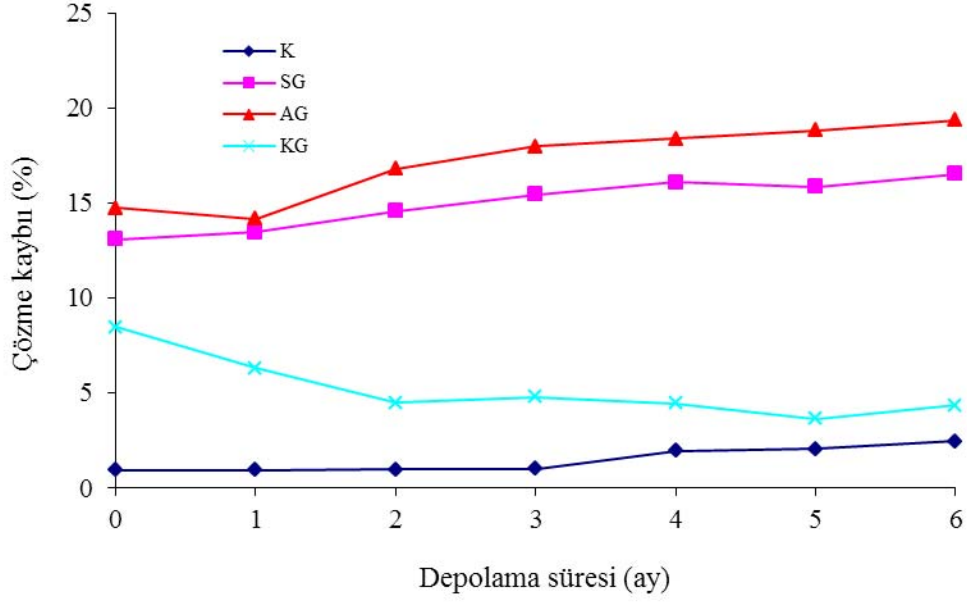
Dondurularak ve glazelenerek -18°C 'de depolanan gökkuşağı alabalık filetolarında belirlenen çözme kaybı sonuçları çizelge 4.2'de topluca verilmiştir. Depolama başlangıcında en düşük çözme kaybı %0.94 ile glazesiz örneklerde belirlenmiş, depolama boyunca çözme kaybı giderek artmış ve 6. ayda %2.44'e ulaşmıştır. Glazeli örneklerde ise, çözme sırasında glaze tabakasının uzaklaşması sonucu daha fazla ağırlık kaybı meydana gelmiş ve daha yüksek başlangıç değerleri elde edilmiştir. Çözme kaybı sonuçları, başlangıçta SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla %13.09, %14.75 ve %8.45 iken 6 aylık depolama sonunda sırasıyla %16.53, %19.37 ve %4.33 bulunmuştur. Çözme kaybı en fazla AG ve SG örneklerde olmuştur. Glazelenen gruplar arasında en düşük çözme kaybının KG örneklerde olduğu saptanmıştır. Diğer yandan kitosanla glazeleme depolama boyunca çözme kaybının düşmesine neden olmuştur.

Çizelge 4.2 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında çözme kaybında meydana gelen değişimler (%)*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	0.94±0.10	0.93±0.02	0.97±0.01	1.00±0.08	1.94±0.83	2.04±0.11	2.44±0.35
SG	13.09±3.76	13.44±1.25	14.57±2.77	15.45±1.84	16.10±0.83	15.84±2.51	16.53±0.00
AG	14.75±0.54	14.15±4.76	16.79±6.29	17.99±0.88	18.38±1.44	18.82±2.71	19.37±3.98
KG	8.45±2.05	6.30±0.06	4.48±0.16	4.78±1.56	4.45±0.83	3.65±0.88	4.33±0.50

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Glazelemenin ve depolama süresinin etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonucuna göre, glazelemenin etkisi önemli ($P<0.01$), depolama süresinin etkisi ise önemsiz ($P>0.01$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.1). Çözme kaybına kitosanla glazelemenin etkisi önemli ($P<0.01$) olurken, SG ve AG örneklerde çözme kaybı değerleri arasındaki fark önemli olmamıştır ($P>0.01$) (Çizelge EK 2.2). Bu sonuçlara göre, glazeleme verimi en yüksek olan kitosanla glazeli örneklerde çözme kaybı da en düşük olmuştur. Bu durum kitosan çözeltisinin çözülme sırasında fileto tarafından tutulduğunu göstermektedir.



Şekil 4.2 Gökkuşığı alabalık filetolarının çözme kaybı sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi

Yayın balığından elde edilen filetoların balık yağı ve E vitamini ile zenginleştirilmiş kitosan çözeltisi ile kaplanarak -20°C 'de 3 ay depolandığı bir çalışmada, kaplanan ve kaplanmayan fileto örneklerindeki çözme kaybının depolama süresince arttığı bildirilmiştir (Duan vd. 2010). Somon balığının kitosarla, su ile ve laktik asitle glazelenerek -35°C 'de 9 ay depolandığı bir çalışmada ise, çözme kaybının en düşük kontrol örneklerinde, daha sonra ise destile su ile glazelenmiş gruplarda olduğu ve bunu sırasıyla kitosarla glazeli, laktik asitle glazeli grupların izlediği belirtilmiştir (Sathivel vd. 2007). Mackie (1993), balık filetolarının dondurularak depolanması sırasında miyosinlerin bir araya yığılmasıyla çözme kaybının meydana geldiğini ve böylece kasın sertleştiğini veya açıldığını belirtmiştir. Bunun yanı sıra çözme kaybının farklı sıcaklık derecelerine göre farklılık gösterdiği, 5°C 'deki yavaş çözünmenin 25°C 'deki suda hızlı çözünmeden daha yüksek sıvı kaybına neden olduğu belirtilmiştir (Bilinski vd. 1977).

4.3 Renk Değerleri

Glazesiz ve SG, AG ve KG filetoların -18°C’de 6 ay depolanması sırasında belirlenen CIE L* (parlaklık), a* (kırmızılık) ve b*(sarılık) değerlerindeki değişim sırasıyla çizelge 4.3, 4.4 ve 4.5’de verilmiştir.

Parlaklık derecesi olarak tanımlanan L* değerlerinde başlangıç ve 6. aydaki değişim incelendiğinde, K örneklerinde 47.78’den 44.23’e, SG örneklerde 47.78’den 46.49’a, AG örneklerde 54.97’den 47.98’e ve KG örneklerde 52.12’den 51.97’e azalma olduğu görülmüştür. Depolama sonunda tüm örneklerde azalma olduğu görülmektedir, fakat KG’li örnekler en yüksek L* değerleri ile diğer gruplardan farklı olmuştur. Glazeli örneklerin L* değerlerinin K örneklerinden daha yüksek olması, parlaklığın daha iyi korunduğunu göstermektedir. KG örneklerin L* değerinde depolama boyunca önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Çizelge 4.3 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında L* değerlerinde meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	47.78±0.36	47.43±2.34	52.46±7.07	50.41±4.51	52.03±13.10	41.13±3.07	44.23±1.75
SG	47.78±1.98	53.33±3.02	56.52±3.79	50.21±0.10	42.70±3.52	41.27±0.16	46.49±3.56
AG	54.97±10,01	53.09±5.50	59.99±5.29	48.44±0.98	45.35±4.03	44.91±0.86	47.98±0.54
KG	52.12±5.98	57.48±8.88	55.68±0.10	53.07±5.01	55.05±5.26	50.55±4.14	51.97±1.16

*Sonaçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Dondurularak depolanan gökkuşağı alabalık filetolarında belirlenen kırmızılık (a*) değerleri incelendiğinde; K, SG, AG ve KG örneklerde başlangıç a* değerleri sırasıyla -0.43, -0.22, -1.15 ve -2.20, 6 aylık depolama sonunda ise -0.65, 0.31, 0.17 ve 1.55 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Pozitif a* değerleri kırmızı, negatif a* değerleri ise, yeşil rengi göstermektedir. Buna göre başlangıçta elde edilen – değerler, yeşil rengin baskın olduğunu, fakat depolama ile K örnekleri dışında glazeli örneklerde kırmızılığın arttığını işaret etmektedir.

Depolama boyunca belirlenen sarılık (b^*) değerleri; K, SG, AG ve KG örneklerde başlangıç değerleri sırasıyla 11.70, 9.23, 13.12 ve 9.62, 6 aylık depolama sonunda ise 7.62, 8.13, 9.56 ve 10.87 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Başlangıç değerleriyle

Çizelge 4.4 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında a^* değerlerinde meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	-0.43±1.11	0.49±1.08	-1.23±0.59	1.58±0.56	1.02±1.31	-0.49±0.06	-0.65±0.18
SG	-0.22±0.98	-0.41±1.61	0.02±3.64	1.77±0.06	2.55±0.28	0.65±0.02	0.31±0.12
AG	-1.15±1.05	-1.99±1.15	-1.39±1.69	3.14±1.27	1.66±0.70	1.22±1.19	0.17±0.78
KG	-2.20±2.54	0.11±0.71	-1.04±0.19	1.17±1.87	3.05±0.04	1.83±0.61	1.55±0.27

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

karşılaştırıldığında depolama, tüm örneklerin b^* değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Sarılık değerlerinde en fazla düşüş K grubundaki örneklerde, en az düşüş KG örneklerde izlenmiştir.

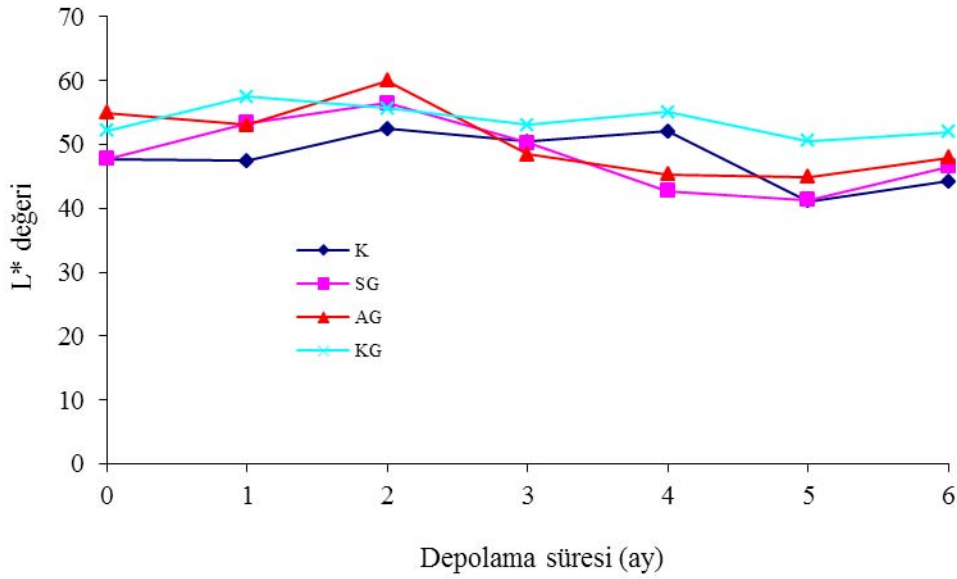
Çizelge 4.5 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında b^* değerlerinde meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	11.70±1.21	11.93±2.47	12.15±5.32	11.24±2.81	9.36±5.15	7.36±0.62	7.62±0.62
SG	9.23±6.24	9.65±1.80	13.28±4.48	6.43±1.50	6.90±2.74	7.27±2.85	8.13±1.56
AG	13.12±0.12	12.18±4.94	14.71±4.43	7.85±2.28	6.76±0.82	7.88±0.09	9.56±0.08
KG	9.62±5.06	15.90±6.84	14.54±2.82	8.63±1.58	11.99±2.26	10.54±0.59	10.87±0.25

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Depolama boyunca L^* değerlerindeki değişim şekil 4.3'de görülmektedir. Başlangıç L^* değerleri depolama sonunda tüm örneklerde düşüş göstermiştir. L^* değerinde depolama süresince meydana gelen bu düşüşün oksidatif ve mikrobiyal değişimler sonucunda balık etinin yapısında meydana gelen renk değişimlerinden kaynaklandığı

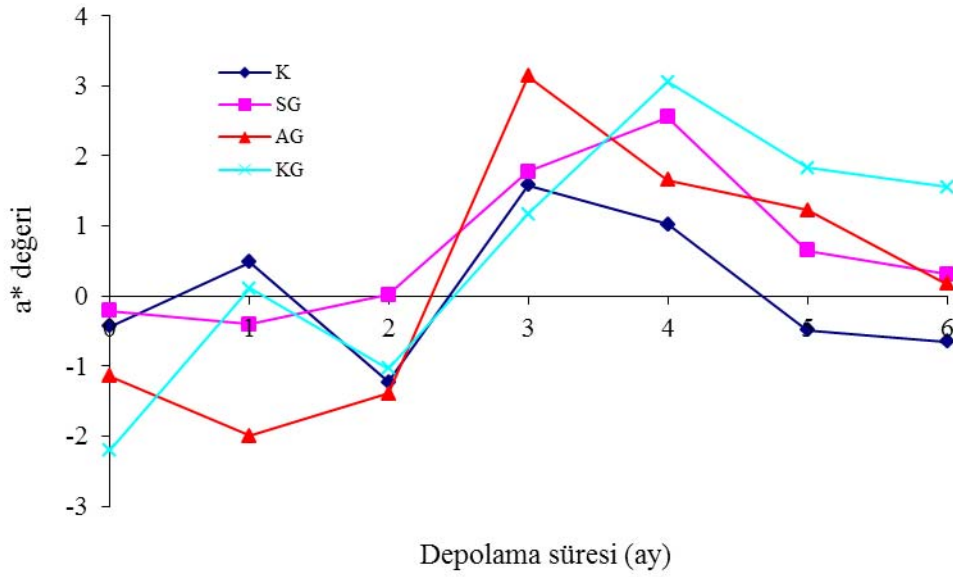
düşünülmektedir. Depolama süresince L^* değerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini belirlemek üzere uygulanan varyans analizi sonucu, depolama süresinin %1 düzeyinde, glazelemenin ise %5 düzeyinde önemli olduğunu göstermiştir (Çizelge EK 2.3). Glazelemenin etkisi, KG örneklerle K ve SG örnekler arasında önemli ($P<0.05$), KG ve AG örnekler arasında önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.4).



Şekil 4.3 Gökkuşığı alabalık filetoalarının L^* değeri sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi

Şekil 4.4'de görüldüğü gibi, depolama boyunca a^* değerleri özellikle 2. ve 3. ayların sonunda artmış, 4. aydan itibaren ise azalmaya başlamıştır. En fazla düşüş kontrol örneklerinde belirlenirken, en az düşüş ise KG örneklerde belirlenmiştir. Bununla birlikte yapılan varyans analizi sonuçları a^* değerine glazelemenin etkisinin önemli olmadığını ($P>0.01$), depolama süresinin etkisinin ise önemli olduğunu ($P<0.01$), göstermiştir (Çizelge EK 2.5). Depolama süresi arttıkça a^* değeri artış göstermiştir ve özellikle 3. aya kadar olan sürede a^* değerindeki değişim önemli olmazken ($P>0.01$), 3. aydan sonra önemli düzeyde ($P<0.01$) artış gözlenmiştir (Çizelge EK 2.6).

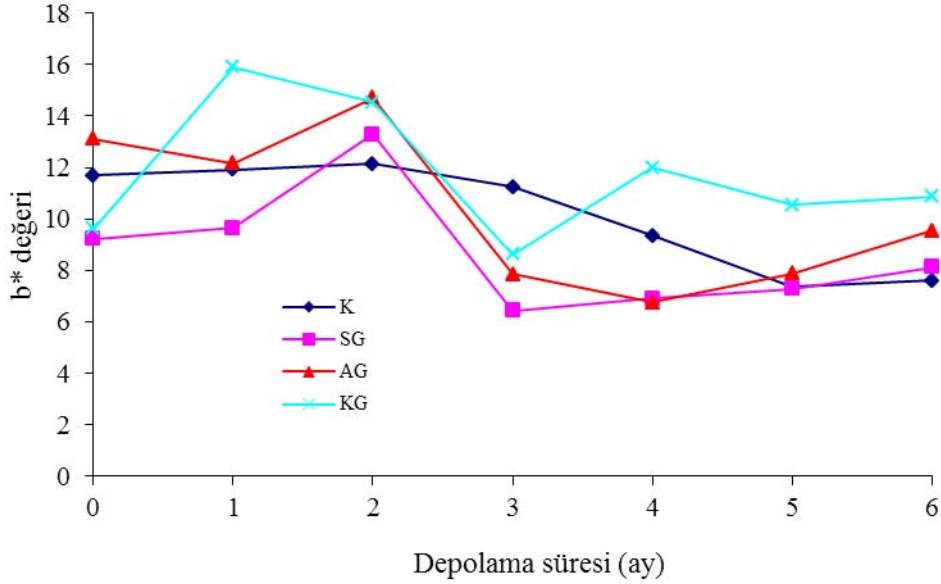
Şekil 4.5’de b* değerinde depolama sırasında meydana gelen değişim görülmektedir. Fileto örneklerinin b* değerlerinde 3. ayda tüm gruplarda artış, 6. ayda ise azalış gözlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçları, glazelemenin etkisinin önemli olmadığını ($P>0.01$), depolama süresinin etkisinin önemli olduğunu ($P<0.01$) göstermiştir (Çizelge EK 2.7). Depolama süresinin etkisi 2. ay ile 3., 4., 5. ve 6. ay değerleri arasında önemli bulunmuştur ($P<0.01$) (Çizelge EK 2.8).



Şekil 4.4 Gökkuşluğu alabalık filetolarının a* değeri sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi

Farklı balık türlerinin dondurularak ve soğukta depolanması sırasında L^* , a^* ve b^* değerlerinde değişimler meydana geldiği diğer araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Hamre vd. 2003, Sánchez-Alonso vd. 2008, Özen vd. 2011). Tironi vd. (2010), -11°C 'de 8 ay depoladıkları somon balığında a^* değerinde depolama boyunca gözlenen azalma ile artan lipid oksidasyonu arasında ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Ringa balığından elde edilen filetoların askorbik asit ile muamele edilerek -30°C 'de 30 hafta boyunca dondurularak depolanmasının lipid oksidasyonu ve et rengine olan etkilerinin incelendiği çalışmada, başlangıçta fileto örneklerinin renklerinin ön bölgelerinin en parlak ve sarımsı renge hakim olduğu belirtilmiştir. Filetoların dondurmadan önceki

renklerinin ise ön bölümlerinin arka bölümlerinden daha kırmızı olduğu fakat dondurma işleminden sonra kuyruk bölümlerinin daha kırmızı olduğu belirtilmiştir.



Şekil 4.5 Gökkuşuğu alabalık filetolarının b* değeri sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi

L* değerine askorbik asitle muamelenin bir etkisinin olmadığı belirtilirken, b* değerine az ama önemli ölçüde etki gösterdiği ve diğer gruplara göre daha az sarımsı renk oluşumuna sebep olduğu belirtilmiştir. Askorbik asitle muamele edilmeyen filetoların a* değerlerinin, muameleli filetolara göre daha düşük olduğu belirtilmiştir. Kırmızı rengin yoğunluğunun 10. haftaya kadar arttığı ifade edilmiştir. Sarılık yoğunluğunun ise 2 haftalık depolamaya kadar arttığı ve sonra sabit kaldığı belirtilmiştir (Hamre vd. 2003).

Dondurularak depolanan somon balığı üzerine yapılan çalışmada, balık örnekleri kitosanla kaplanarak 3 ay boyunca dondurularak depolanmış ve kitosanla kaplamanın lipid oksidasyonuna etkileri incelenmiştir. Depolama boyunca kitosanla kaplamanın L*, a* ve b* değerleri üzerine herhangi bir etkisi olmadığı belirtilmiştir (Sathivel 2005). Beyaz üzümde elde edilen antioksidan özellikteki liflerin, istavrit balığından elde

edilen kıymaya katılması ve 6 ay boyunca -20°C 'de dondurularak depolanması sonucunda, depolama boyunca a^* değerlerinde azalma ve b^* değerlerinde artma gözlenmiştir. Araştırmacılar, a^* değerinde en fazla azalmanın (7.9'dan 3.7'ye) ve b^* değerinde en fazla artışın (10.2'den 13.2'ye) kontrol örneklerinde meydana geldiğini belirlemişlerdir. Kırmızılık değerindeki azalma ve sarılık değerindeki artış, lipid oksidasyonundaki artıştan ve oksidasyonla birlikte parlak renkte olan heme proteinlerinin oksidasyon rengi olan kahverenkli met-heme proteinlere dönüşmesinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir (Sanchez-Alonso vd. 2008). Yayın balığının, %3'lük kitosan, %10 balık yağı ve E vitamini ile zenginleştirilen çözeltiye daldırılarak ve %10 balık yağı ile hazırlanmış kitosan çözeltisi ile kaplanması ve -20°C 'de dondurularak depolanması üzerine yapılan bir çalışmada, E vitamini içeren ve içermeyen her iki kitosanlı grubun, L^* , a^* ve b^* değerlerinde bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. Dondurularak depolanmış olan örneklerin a^* ve b^* değerlerinde depolama süresi boyunca bir değişiklik olmadığı belirtilirken, L^* değerinin ise, 1. ayda 65.6-68.9 değerlerinden 3. ayda 58.1-63.9 değerlerine düştüğü ve buna bağlı olarak balık rengindeki koyulaşmanın arttığı belirtilmiştir. Renkteki bu değişimin, depolama sırasında hücre zarına mekanik olarak zarar veren ve tıpkı protein oksidasyonu gibi hücresel bozulmalara yol açan buz kristallerden ileri gelebileceği belirtilmiştir (Duan vd. 2010).

4.4 pH Değeri

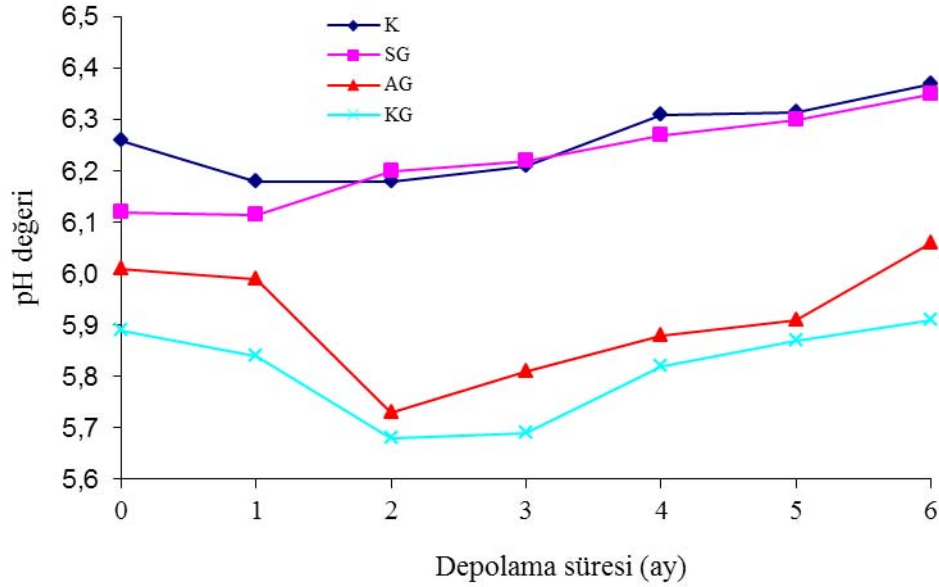
Glazeli ve glazesiz olarak dondurulan ve depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında belirlenen pH değerleri çizelge 4.6'da topluca verilmiştir. Başlangıç pH değerleri K, SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla 6.26, 6.12, 6.01 ve 5.89, depolama sonunda ise sırasıyla 6.37, 6.35, 6.06 ve 5.91 bulunmuştur. Depolama sırasında pH değerinde meydana gelen değişim şekil 4.6'da görülmektedir. Depolamanın ilk iki ayı dışında pH değeri tüm gruplarda depolama boyunca artmıştır. En yüksek pH değeri K ve SG örneklerde belirlenirken, kitosan çözücüsü olarak kullanılan ve %1 asetik asit içeren örnekler düşük pH değerleri göstermişlerdir. Glazelemenin ve depolama süresinin etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonuçları, pH değerine hem

glazelenin ($P<0.01$) hem de depolama süresinin ($P<0.05$) etkisi olduğunu göstermiştir (Çizelge EK 2.9). Glazelenin etkisi K ve SG örnekler arasında ve AG ve KG örnekler arasında önemsiz ($P>0.01$) bulunurken, K ve SG örneklerinin pH değerleri ile AG ve KG örneklerin pH değerleri arasındaki fark önemli ($P<0.01$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.10).

Çizelge 4.6 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında pH değerlerinde meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)							
	0	1	2	3	4	5	6	
K	6.26±0.20	6.18±0.06	6.18±0.17	6.21±0.10	6.31±0.18	6.32±0.20	6.37±0.17	
SG	6.12±0.03	6.12±0.16	6.20±0.00	6.22±0.03	6.27±0.06	6.30±0.06	6.35±0.08	
AG	6.01±0.14	5.99±0.13	5.73±0.17	5.81±0.16	5.88±0.08	5.91±0.07	6.06±0.10	
KG	5.89±0.30	5.84±0.01	5.68±0.08	5.69±0.10	5.82±0.07	5.87±0.08	5.91±0.10	

*Sonaçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.



Şekil 4.6 Gökkuşağı alabalık filetolarının pH değerlerine glazelenin ve depolama süresinin etkisi

Dondurma ve çözme işlemlerinin balık kas pH'sında değişmelere neden olabileceği diğer çalışmalarda da bildirilmektedir. Fan vd. (2009), kitosan çözeltisine daldırılarak -3°C 'de 30 gün depoladıkları sazan balığında başlangıç pH değerini 6.0 bulmuşlardır. Depolamanın başında pH değerinde bir azalma, daha sonra ise bir artış gözlenmiştir. pH değerinde depolama başlangıcında gözlenen azalış, balık etindeki karbondioksitin çözünmesine, ilerleyen günlerde gözlenen artış ise endojen veya mikrobiyal enzimler tarafından oluşturulan amonyak ve trimetil amin gibi volatil bazların miktarının artışına bağlanmıştır (Manat vd. 2005, Ruiz-Capillas ve Moral 2001). Benzer sonuçlar, çalışmamızda da gözlenmiştir. Kitosan çözeltisine daldırılan balıklarla, asetik asit çözeltisine daldırılan balıklarda pH değerindeki değişim benzer şekilde olmuştur. Fakat pH değerindeki artış, asetik asite daldırılan balıklarda daha hızlı olmuştur. Başka bir deyişle kitosanla muamele edilen balıklarda depolama sonunda daha düşük pH elde edilmiştir. Sathivel vd. (2007), kitosan çözeltisi ile glazelenen ve -35°C 'de 8 ay depolanan somon filetolarında pH değerini 6.4 olarak belirlemişlerdir. Depolama başlangıcında glazelenmemiş filetoda ise pH değeri 6.6 bulunmuştur. Araştırmacılar, 9 aylık depolama sonunda, pH değerlerini su ile glazelenen örneklerde 6.5, glazesiz kontrol örneklerde 6.6 bulurken, laktik asitle muamele edilen örneklerde 6.3 ve kitosanla muamele edilen örneklerde 6.4 bulmuşlardır. Araştırmacılar, kitosanlı örneklerdeki düşük pH'nın mikrobiyal inhibisyonu teşvik ettiği ve kitosanın endojen proteazların aktivitesini inhibe ederek balık örneklerinin korunmasını sağladığı sonucuna varmışlardır.

Kitosanın antimikrobiyal aktivitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri pH'dır. Antimikrobiyal aktivitenin en fazla pH 5 civarında gözlendiği, pH arttıkça aktivitenin azaldığı ve pH 9'da hemen hemen hiç aktivite gözlenmediği bildirilmiştir (Aranaz vd. 2009). Bazı araştırmacılar da, kitosanın amino gruplarının deproteinizasyonu ve suda çok az miktardaki çözünürlüğü nedeniyle pH 7'de herhangi bir antimikrobiyal aktivitesi olmadığını ifade etmektedir. Bu durumun kitosanın katyonik özelliğinden ileri geldiği belirtilmektedir (Demir ve Seventekin 2009).

4.5 Nem Miktarı

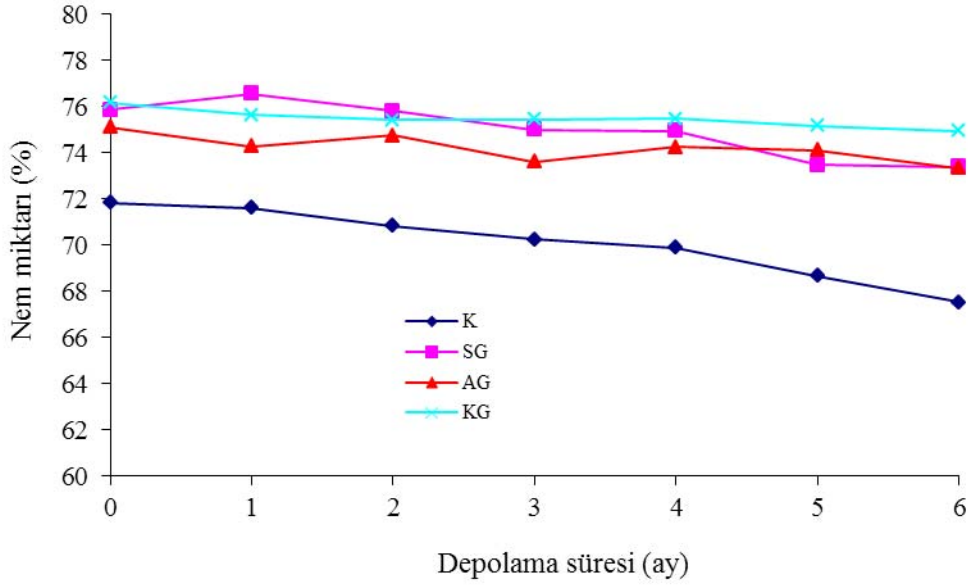
Dondurularak, glazelenerek ve glazelenmeden depolanan balık filetolarında nem miktarlarındaki değişim çizelge 4.7’de ve şekil 4.7’de verilmiştir. Depolama başlangıcında en düşük nem miktarı, %71.83 ile glazesiz örneklerde bulunmuştur. Glazeli örneklerin nem miktarları sırasıyla SG’de %75.86, AG’de %75.11 ve KG’de %76.15 olmuştur. Depolama boyunca en fazla nem kaybı, kontrol örneklerinde olmuş ve 6. ayda %67.53 ile en düşük nem miktarı belirlenmiştir. Glazeli örnekler içerisinde en fazla nem miktarı depolama sonunda kitosanla glazeli örneklerde %74.93 olarak belirlenmiştir. Su ile ve asetik asitle glazeli örneklerde nem miktarları 6. ayda sırasıyla %73.40’a ve %73.34’e düşmüştür. Glazelemenin nem miktarını korumada etkili olduğu, glaze örnekleri içerisinde de kitosanın en fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir. Zira başlangıç nem miktarları karşılaştırıldığında; en fazla nem kaybı, %5.99 ile glazesiz örneklerde olurken glazeli örneklerde SG’de %3.24, AG’de %2.36 ve KG’de %1.60 nem kaybı olmuştur.

Çizelge 4.7 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşaağı alabalık filetolarında depolama sırasında nem miktarlarında meydana gelen değişimler (%)*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	71.83±0.16	71.61±1.38	70.83±0.92	70.25±1.11	69.89±0.45	68.67±2.70	67.53±1.72
SG	75.86±0.87	76.55±0.91	75.81±2.23	74.99±2.75	74.94±1.16	73.46±1.16	73.40±0.44
AG	75.11±0.60	74.27±0.44	74.76±1.44	73.60±1.05	74.24±1.15	74.11±0.59	73.34±0.27
KG	76.15±3.03	75.64±1.26	75.42±2.07	75.44±3.33	75.46±0.58	75.16±1.69	74.93±0.34

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Varyans analizi sonuçları, nem miktarına glazelemenin etkisinin önemli olduğunu ($P<0.01$) göstermiştir (Çizelge EK 2.11). Bu etki glazeli örnekler arasında önemsiz ($P>0.01$), glazeli örneklerle kontrol örnekleri arasında ise önemli ($P<0.01$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.12).



Şekil 4.7 Gökkuşuğu alabalık filetoalarının nem miktarlarına glazelenin ve depolama süresinin etkisi

Pembe somon balığından elde edilen filetoaların kitosan çözeltisiyle (destile su ve laktik asit içeren) glazelenmesi ve 8 ay boyunca dondurularak depolanması üzerine yapılan bir çalışmada, glazelenmiş örneklerin nem miktarlarının glazelenmemiş örneklerden önemli düzeyde yüksek oldukları belirtilmiştir. Depolama sonunda glazesiz kontrol gruplarındaki %2.7 düzeyinde nem kaybı olduğu, kitosanla glazeli gruplarda %1.2, laktik asitle glazeli gruplarda %0.1 ve destile suyla glazeli gruplarda ise %1.1 düzeylerinde nem kaybı olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar glazeleme işleminin nem kaybını engellemede başlıbaşına etkin bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Fakat kitosanla glazelenmenin nem kaybını azaltmada diğer glazeli örneklere göre önemli bir etkisi bulunmamıştır. Araştırmacılar bu durumu, su geçirgenliğinin karbonhidrat polimerlerinin polaritesine bağlı olmasına dayandırmışlardır (Sathivel vd. 2007)

Kitosan çözeltisiyle kaplanmış balık filetoalarının dondurularak depolanması üzerine yapılan bir çalışmada, depolama boyunca kaplamalı örneklerin nem miktarlarının, kaplamasız örneklerden daha düşük olduğu belirtilmiştir. Bunun nedeninin kaplama çözeltisinin balık filetoalarına vakum yardımıyla emdirildikten sonra oda sıcaklığında

yaklaşık 30 dakika kurutulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra depolama süresi boyunca nem kaybında bir değişiklik gözlenmezken, pembe somon balığının dondurularak depolanması üzerine araştırma yapan Sathivel (2005), 3 aylık depolama sonunda %4.1'lik bir nem kaybı meydana geldiğini belirtmiştir. Bunun sebebinin ise farklı türlerdeki balıklardan ve kaplama şeklinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Duan vd. 2010). Soyer ve Şahin (1999), kolyoz balığında donmuş depolama sırasında meydana gelen lipid oksidasyonunu geciktirmek amacıyla, değişik antioksidan çözeltilerine daldırılarak glazelemenin nem kaybını önlemede etkili olduğunu bildirmişlerdir.

4.6 Kül Miktarı

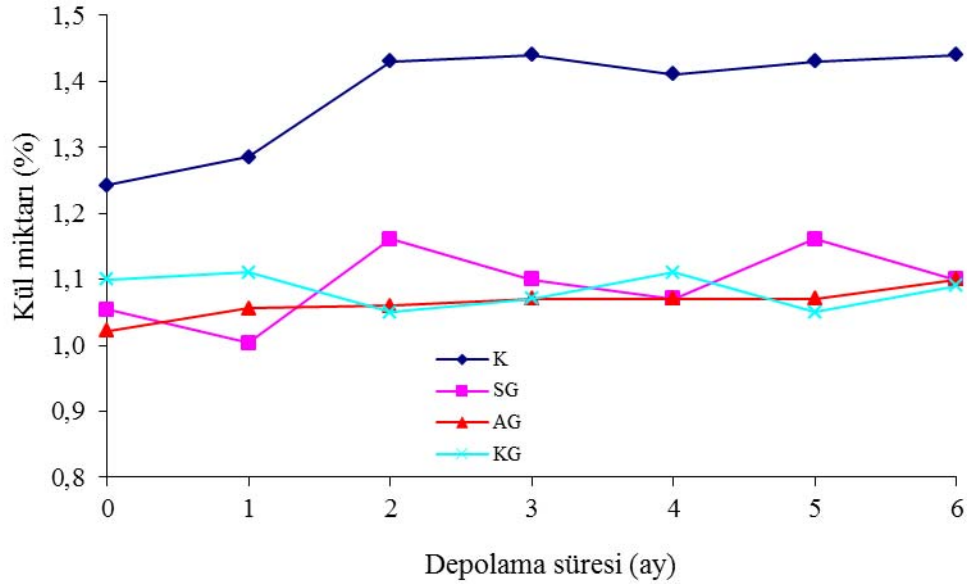
Dondurularak, glazelenerek ve glazelenmeden depolanan balık filetolarında kül miktarlarındaki değişim çizelge 4.8'de ve şekil 4.8'de verilmiştir. Depolama başlangıcında kül miktarları K, SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla %1.24, %1.05, %1.02 ve %1.10 olmuştur. Depolama sonunda kül miktarları K, SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla %1.44, %1.10, %1.10 ve %1.09 olmuştur. Depolama sırasında kül miktarı en fazla kontrol grubunda artış göstermiştir. Bu artış nem kaybına bağlı olarak meydana gelen bir artıştır. Glazeli gruplarda kül miktarları birbirine yakın düzeylerde olmuş ve depolama sırasında önemli bir değişim göstermemiştir.

Glazelemenin ve depolama süresinin etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonuçları glazelemenin etkili olduğunu ($P<0.01$) göstermiştir (Çizelge EK 2.13). Bu etki K örnekleri ile glazeli örnekler arasında önemli ($P<0.01$), glazeli gruplar arasında ise önemsiz ($P>0.01$) olmuştur (Çizelge EK 2.14).

Çizelge 4.8 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında kül miktarlarında meydana gelen değişimler (%)*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	1.24±0.05	1.28±0.08	1.43±0.35	1.44±0.09	1.41±0.07	1.43±0.08	1.44±0.05
SG	1.05±0.15	1.00±0.07	1.16±0.16	1.10±0.04	1.07±0.02	1.16±0.00	1.10±0.01
AG	1.02±0.04	1.06±0.04	1.06±0.10	1.07±0.14	1.07±0.00	1.07±0.05	1.10±0.04
KG	1.10±0.06	0.96±0.04	1.05±0.05	1.07±0.14	0.96±0.02	1.05±0.01	1.09±0.14

*Sonaçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.



Şekil 4.8 Gökkuşuğu alabalık filetolarının kül miktarlarına glazemenin ve depolama süresinin etkisi

4.7 Yağ Miktarı

Gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama boyunca belirlenen yağ miktarları çizelge 4.9'da topluca verilmiştir. Depolama başlangıcında yağ miktarları K örneklerde %8.93 ve glazeli örneklerde %5.67 bulunmuştur. Depolama boyunca nem kaybına bağlı olarak K örneklerinde yağ miktarı da artmış ve 6. ay sonunda %10.12 olmuştur. Glazeli örneklerde yağ miktarındaki değişim, K örneklerden daha az olmuş ve SG, AG ve KG

örneklerde sırasıyla %6.18, %7.79 ve %6.03 olarak belirlenmiştir. Glazelemenin nem kaybını engellemesi, yağ miktarındaki değişimi çok az etkilemiştir (Şekil 4.9).

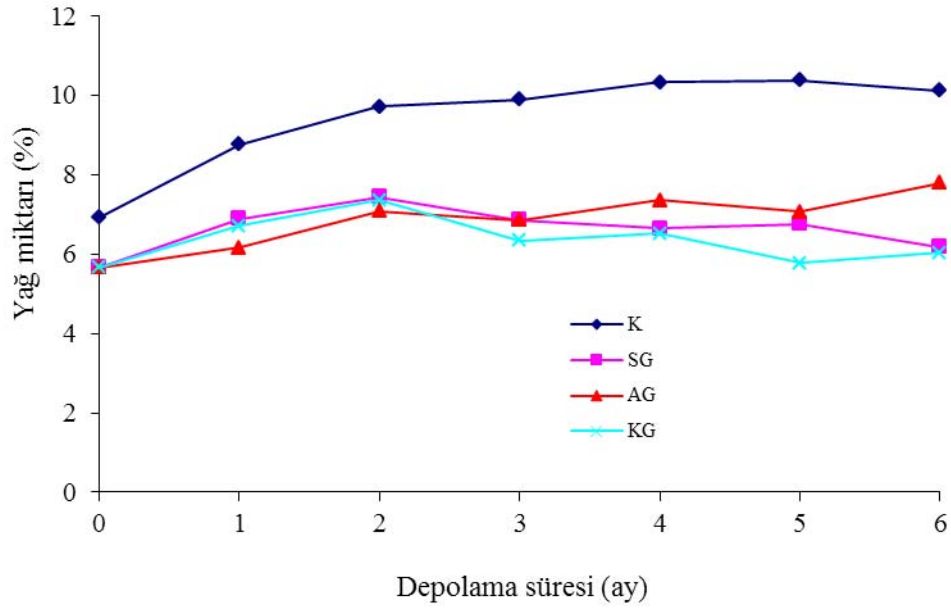
Glazelemenin ve depolama süresinin etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonuçları yağ miktarına hem glazelemenin hem de depolama süresinin etkili ($P<0.01$) olduğunu göstermiştir (Çizelge EK 2.15). Glazelemenin etkisi glazesiz K örnekleriyle glazeli örnekler arasında önemli ($P<0.01$), glazeli örnekler arasında önemsiz ($P>0.01$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.16). Depolama süresinin etkisi ise başlangıç yağ miktarlarıyla diğer süreler arasında önemli olmuştur ($P<0.01$).

Çizelge 4.9 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşacağı alabalık filetolarında depolama sırasında yağ miktarlarında meydana gelen değişimler (%)*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	8.93±0.33	9.59±0.82	9.72±0.84	9.90±0.13	9.33±1.58	10.38±1.48	10.12±0.62
SG	5.67±0.51	7.60±0.54	7.94±0.35	7.34±1.39	6.64±0.45	6.76±0.54	6.18±0.59
AG	5.67±0.51	6.79±0.68	8.09±0.71	6.85±0.81	7.36±0.54	7.07±1.29	7.79±1.20
KG	5.67±0.51	7.71±1.12	7.36±1.07	6.34±0.25	6.52±0.05	5.77±0.38	6.03±0.27

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Yağlı bir tür olan kolyoz balığında donmuş depolama sırasında meydana gelen lipid oksidasyonunu geciktirmek amacıyla, değişik antioksidan çözeltilerine daldırılarak glazelemenin etkisi 10 ay boyunca -18°C 'de depolanarak incelenmiştir. Kolyoz balığının yağ miktarının %5.06 ile %6.62 arasında değiştiği belirtilmiştir (Soyer ve Şahin 1999).



Şekil 4.9 Gökkuşacağı alabalık filetoalarının yağ miktarlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi

4.8 Protein Miktarı

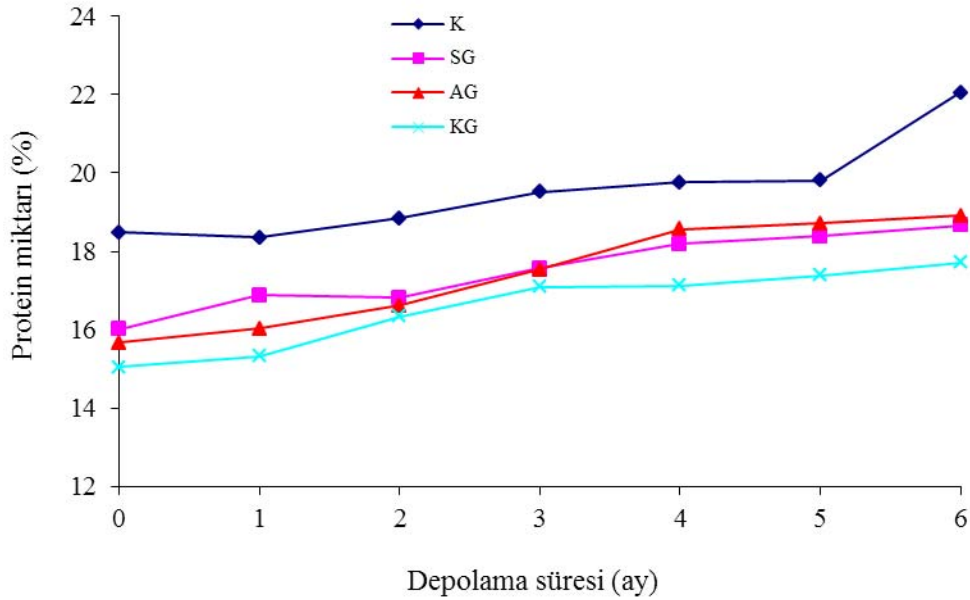
Dondurularak, glazelenerek ve glazelenmeden depolanan gökkuşacağı alabalık filetoalarında depolama sırasında protein miktarında meydana gelen değişim çizelge 4.10’da topluca görülmektedir. Depolama başlangıcında K, SG, AG ve KG örneklerde % protein miktarları sırasıyla 17.48, 16.01, 15.68 ve 15.05, depolama sonunda ise sırasıyla 22.05, 18.67, 18.91 ve 17.72 bulunmuştur. Protein miktarındaki değişim incelendiğinde, depolama boyunca nem kaybına bağlı olarak protein miktarında en fazla artış K örneklerinde gözlenmiştir (Şekil 4.10).

Yapılan varyans analizi sonuçları protein miktarına glazeleminin ve depolama süresinin etkili olduğunu göstermiştir (Çizelge EK 2.17). Glazeleminin etkisi K örnekleriyle glazeli örnekler arasında önemli ($P < 0.01$), glazeli örnekler arasında ise kitosanlı örneklerde SG ve AG örnekleri arasında önemli ($P < 0.01$), SG ve AG örnekler arasında ise önemsiz ($P > 0.01$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.18).

Çizelge 4.10 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında protein miktarlarında meydana gelen değişimler (%)*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	17.48±0.71	18.35±0.72	18.85±0.25	19.52±0.83	19.76±0.64	19.81±0.27	22.05±0.25
SG	16.01±1.80	17.23±0.74	17.85±0.93	18.17±0.24	18.18±0.06	18.38±0.66	18.67±0.12
AG	15.68±0.74	16.02±0.25	16.63±0.08	17.53±0.34	18.56±0.30	18.71±0.13	18.91±1.21
KG	15.05±1.20	15.33±1.64	16.34±1.07	17.09±0.45	17.12±0.25	17.39±0.06	17.72±0.43

*Sonnular, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.



Şekil 4.10 Gökkuşuğu alabalık filetolarının protein miktarlarına sonuçlarına glazelenenin ve depolama süresinin etkisi

4.9 Toplam Volatil Baz Nitrojeni (TVB-N) Miktarı

Farklı şekillerde glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan ve depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında toplam volatil baz nitrojeni (TVB-N) miktarlarında meydana gelen değişimler çizelge 4.11’de görülmektedir. Depolama başlangıcında fileto örneklerde belirlenen TVB-N miktarları ortalama 7.65 mg/100 g et, depolama sırasında artarak 6. ayda K, SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla 32.53, 28.31,

24.54 ve 23.28 mg/100 g et düzeylerine ulaşmıştır. Depolama sonunda glazesiz kontrol örneklerinin TVB-N miktarı en yüksek olurken, glazeli örnekler içerisinde kitosanlı örneklerin TVB-N miktarları en düşük olmuştur. Depolama sırasında TVB-N miktarlarında tüm örneklerde artış gözlenmiştir (Şekil 4.11).

Çizelge 4.11 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında toplam volatil baz nitrojeni miktarlarında (mg TVB-N/100 g et) meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	7.52±0.39	11.28±2.65	20.24±5.80	20.76±1.57	21.06±0.84	27.53±0.16	32.53±1.62
SG	7.52±1.18	10.23±0.46	18.59±2.71	17.67±0.10	17.70±0.42	24.59±4.28	28.31±1.38
AG	8.06±0.41	9.97±0.02	18.29±3.89	17.74±0.32	19.74±2.84	22.52±0.80	24.54±1.73
KG	7.51±0.41	8.54±0.36	16.91±1.11	16.31±0.39	16.85±0.47	19.59±3.36	23.28±0.92

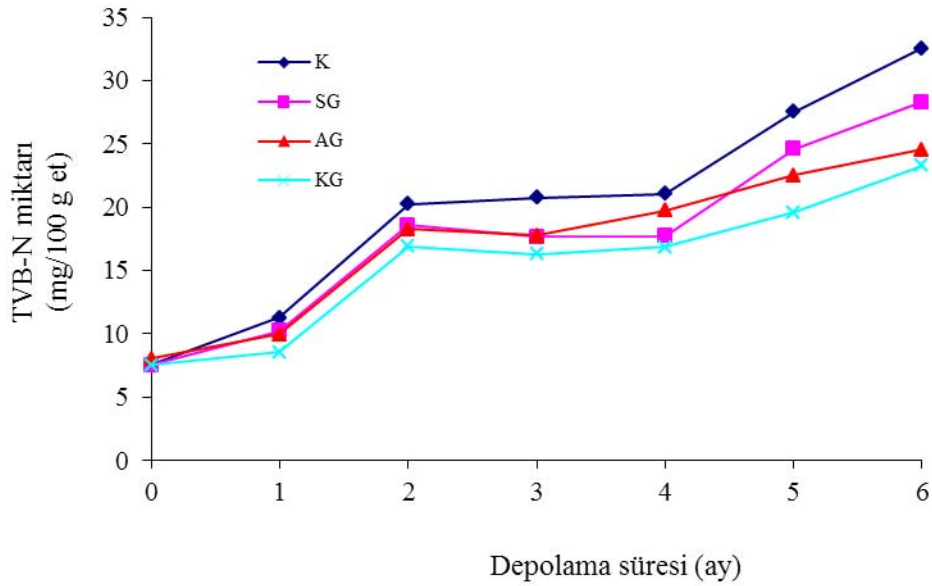
*Sonnular, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Glazelemenin ve depolama süresinin etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonuçları hem glazelemenin hem de depolama süresinin TVB-N miktarını etkilediğini göstermiştir (Çizelge EK 2.19).

Glazelemenin etkisi, glazesiz K örnekleriyle glazeli örnekler arasında önemli ($P<0.01$) olurken, depolama süresinin etkisi 0. ve 1. aylar ile 2., 3. ve 4. aylar arasında önemsiz ($P>0.01$), bu aylarla diğer aylar arasında ise önemli ($P<0.01$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.20). Kitosanla glazelenen örnekler en düşük TVB-N miktarlarına sahip olurken, SG ve AG örneklerinin TVB-N miktarları ile aralarındaki fark önemli ($P<0.01$) olmuştur.

TVB-N, esas olarak amonyaktan ve birincil, ikincil ve üçüncül aminlerden oluşmaktadır ve balıklarda tazelik kriteri olarak kullanılmaktadır. Balıklarda depolama sırasında TVB-N miktarındaki artış serbest amino asitlerin deaminasyonuna, nükleotitlerin parçalanmasına ve aminlerin oksidasyonuna neden olan enzimatik proseslerden kaynaklanmaktadır (Gill 1990). Balıkta meydana gelen mikrobiyal ve enzimatik faaliyetler sonucu TVB-N miktarı artmaktadır. Artış miktarı bakteriyel faaliyetlerle ve

endojen enzimlerle bağlantılıdır (Kyrana vd. 1997, Varelzis vd. 1997). Genellikle TVB-N miktarı 100 g ette 35-40 mg düzeylerine ulaştığında balığın bozulduğu kabul edilmektedir. Diğer yandan bazı araştırmacılar bu limiti 35 mg/100 g et olarak bildirmektedirler (Fagan vd. 2003). Çalışmamızda 6 aylık depolama sonunda en yüksek TVB-N miktarına sahip olan K örnekler bile bozulma sınırına ulaşmamışlardır.



Şekil 4.11 Gökkuşuğu alabalık filetolarının toplam volatil baz nitrojeni sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi

Sazan balığının %2'lik kitosan çözeltisi (asetik asit ve destile su içeren) ve asetik asit ile muamele edilmesi ve -3°C'de 30 gün dondurularak depolanması sonucu, kitosanla muamele edilen örneklerin asetik asitle muamele edilen örneklerden daha düşük TVB-N miktarına sahip olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, balık örneklerinde başlangıç TVB-N miktarının 7.3 mg/100 g olduğunu, fakat depolama ile giderek arttığını ve kitosanlı örneklerde 18.8, asetik asitli örneklerde 30.3 mg/100 g düzeylerine ulaştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, kitosanın ya bakteri popülasyonunda hızlı azalmaya neden olarak ya da bakterilerin protein olmayan azot bileşiklerini oksidatif deaminasyona uğratma kapasitesini azaltması nedeniyle TVB-N oluşumunu azalttığını ifade etmişlerdir (Fan vd. 2009).

Uskumru, mezgit ve somon balıkları üzerine yapılan bir çalışmada TVB-N miktarı hem soğukta depolanan hem de dondurularak depolanan örnekler üzerinde çalışılmıştır. Dondurularak depolanan örneklerdeki TVB-N miktarının soğukta depolamaya göre çok daha düşük olduğu belirtilmiştir (Fagan vd. 2003). Jeon vd. (2002), farklı viskoziteye sahip kitosan çözeltileriyle kaplayarak 4°C’de 12 gün depoladıkları morina ve ringa filetolarında TVB-N oluşumunu kitosanla muamelenin önemli düzeyde azalttığını bulmuşlardır. Araştırmacılar kitosan viskozitesi arttıkça TVB-N oluşumunun azaldığını belirtmişlerdir.

4.10 Tiyobarbitürik Asit (TBA) Değeri

Glazeli ve glazesiz olarak dondurulan ve depolanan gökkuşığı alabalık filetolarında depolama sırasında tiyobarbitürik asit (TBA) değerlerinde meydana gelen değişimler çizelge 4.12’de görülmektedir. Depolama başlangıcında belirlenen TBA değerleri mg MA/kg et olarak ve K, SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla 1.46, 1.43, 1.29 ve 1.07 iken depolama sırasında giderek artmış ve 6. ayda sırasıyla 7.19, 4.70, 5.26 ve 3.98 değerlerine ulaşmıştır. Şekil 4.12 incelendiğinde TBA değerinde en fazla artışın glazesiz

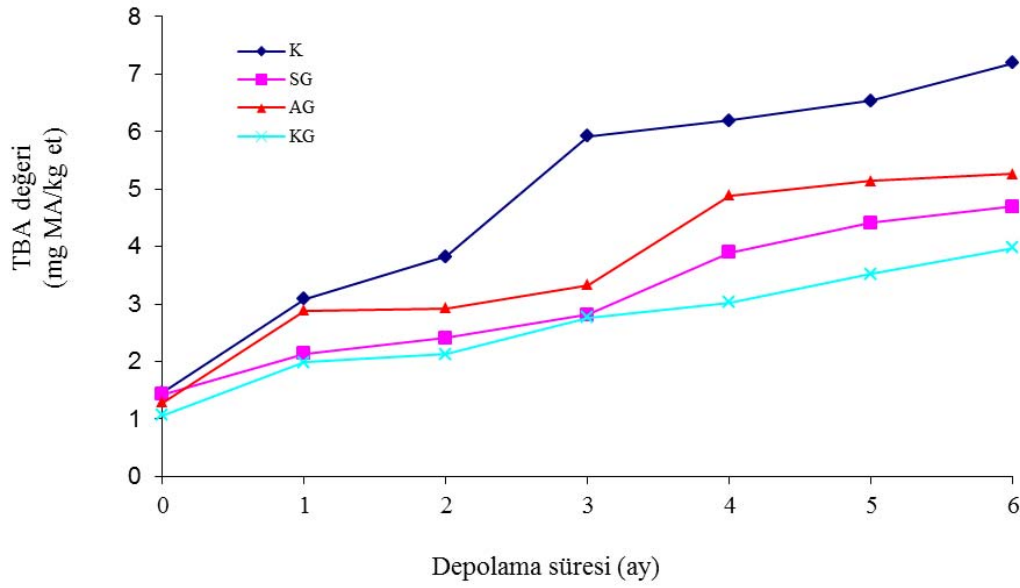
Çizelge 4.12 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşığı alabalık filetolarında depolama sırasında tiyobarbitürik asit değerlerinde (mg MA/kg et) meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	1.46±0.02	3.08±0.17	3.83±0.96	5.92±1.14	6.19±0.91	6.54±0.34	7.19±0.99
SG	1.43±0.65	2.13±0.05	2.41±0.16	2.82±0.09	3.89±0.39	4.41±0.00	4.70±0.47
AG	1.29±0.41	2.89±0.46	2.93±0.45	3.33±0.41	4.89±0.66	5.14±0.02	5.26±0.38
KG	1.07±0.02	1.99±0.01	2.12±0.00	2.76±0.25	3.03±0.70	3.52±0.05	3.98±0.62

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

örneklerde olduğu görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonuçları TBA değerine glazelenmenin, depolama süresinin ve glazeleme x süre interaksiyonunun etkisini göstermiştir (Çizelge EK 2.21). Glazeleme işlemi lipid oksidasyonunu geciktirmede

başlı başına etkili olmuştur. Tüm grupların TBA değerleri arasındaki fark önemli düzeylerde olurken ($P<0.01$), en düşük TBA değeri KG örneklerde, en yüksek ise K örneklerde belirlenmiştir. Glazeli örnekler arasında da TBA değerleri yönünden farklılık belirlenmiştir (Çizelge EK 2.22). Fakat kitosanla glazeleme SG ve AG örneklerden daha etkin bir gecikme sağlamıştır. Kontrol örneklerde depolamanın 2. ayından itibaren TBA değerlerinde hızlı bir artış görülmüştür. Diğer gruplarda ise 3. aydan itibaren artış hızlanmıştır.



Şekil 4.12 Gökkuşluğu alabalık filetolarının tiyobarbiturik asit sonuçlarına glazeleminin ve depolama süresinin etkisi

TBA değeri, lipid oksidasyonu sonucu meydana gelen malonaldehitin miktarını veren oksidasyonun önemli bir göstergesidir (Fan vd. 2009, Özen vd. 2011). Sazan balığının %2'lik kitosan ve asetik asit çözeltilerine daldırılarak -3°C 'de 30 gün boyunca depolanması sırasında TBA değerinde artış olduğu ve kitosanla muamele edilen balıkta lipid oksidasyonunu geciktirmede etkili olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada başlangıç TBA değeri 0.38 mg MDA/kg'dan depolama sonunda asetik asitle muamele edilen örneklerde 3.2'ye artarken, kitosanlı örneklerde 0.83'e artmıştır (Fan vd. 2009).

Sazan balıklarından hazırlanan köftelerin -18°C'de 5 ay dondurulması üzerine yapılan bir çalışmada, hazırlanan köfteler iki gruba ayrılmış ve gruplardan biri yosun kokusunun azalması amacıyla soğuk su ile (2°C) yıkanmış ve süzölmüş, diğler grup ise yıkanmamıştır. TBA değeri nin mg MDA/kg olarak, 5 aylık depolamanın sonunda yıkanan ve yıkanmayan balık köfte örne klerinde sırasıyla 0.20'den 0.25'e ve 0.17'den 0.27'ye yükseldiği belirtilmiştir (Tokur vd. 2006).

Kolyoz balığının dondurularak depolanması sırasında meydana gelen lipid oksidasyonuna askorbik asitle (AA), butillendirilmiş hidroksitoluenle (BHT), butillendirilmiş hidrok dianizolle (BHA) ve BHA/BHT karışımı içeren çözeltilerle ve su ile glazelemenin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, glazelemenin lipid oksidasyonunu geciktirmede etkili olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, lipid oksidasyonunu geciktirmede -18°C'de 10 aylık depolama süresince antioksidanlarla glazelemenin, su ile glazelemeden daha etkili olduğunu bulmuşlardır (Soyer ve Şahin 1999).

Kitosan çözeltilisiyle (laktik asit ve destile su içeren), laktik asit çözeltilisiyle ve su ile glazelenerek -35°C'de 8 ay depolanan somon fileto larında TBA değeri üzerine kitosanla glazelemenin önemli etkisi olduğu bildirilmiştir. Çalışmada, depolama sonunda en yüksek TBA değeri nin 7.4 MDA/kg et ile glazesiz kontrol örne klerinde, en düşük ise 1.3 MDA/kg et ile kitosanla glazelenen örne klerde belirlendiği ifade edilmiştir. Araştırmacılar, genel olarak glazelemenin (su, laktik asit ve kitosan) lipid oksidasyonunu geciktirmede etkili olduğunu, glazelenmiş fileto ların yüzeyindeki ince buz tabakasının oksijenin difüzyonunu engelleyerek lipid oksidasyonunu geciktirdiğini belirtmişlerdir (Sathivel vd. 2007). Kitosanın lipid oksidasyonunu engellediği başka çalışmalarda da ortaya konmuştur (Shahidi vd. 1999, Jeon vd. 2002, Duan vd. 2010). Kitosanın antioksidan mekanizması, sahip olduğu amino gruplarının oksidasyonla meydana gelen malondialdehit gibi uçucu aldehitlerle stabil bileşikler oluşturmaya bağlanmaktadır (Weist ve Karel 1992). Buna ilaveten, kitosanın oluşturduğu tabaka oksijen geçirgenliğine karşı iyi bir bariyer oluşturmaktadır ve bu şekilde oksijenin oksidasyon reaksiyonlarına katılması engellenmektedir (Butler vd. 1996, Sathivel vd. 2007). Sathivel vd. (2007), kitosan çözeltilisinin viskoelastik özellikleri nedeniyle fileto larda

uniform bir glaze tabakası oluşturduğunu ve dondurma işlemi sırasında katılarak glazenin zarar görmesini önlediğini belirtmişlerdir. Duan vd. (2010) da, kitosan çözeltisiyle muamele edilerek dondurulan morina balığında depolama sırasında lipid oksidasyonunu geciktirmede kitosanın, malonaldehit oluşumunu önemli ölçüde engellediğini ortaya koymuşlardır.

4.11 Peroksit Değeri (PD)

Glazeli ve glazesiz dondurulan ve depolanan fileto balıklarda depolama sırasında peroksit değerinde (PD) meydana gelen değişimler çizelge 4.13'de verilmiştir. Depolama başlangıcında elde edilen PD sonuçları meq O₂/kg yağ olarak ortalama 1.56 iken depolama süresi uzadıkça artmıştır. Depolama sonunda K, SG, AG ve KG örneklerde elde edilen PD sonuçları sırasıyla 11.74, 7.98, 8.79 ve 6.00 olmuştur. Glazesiz kontrol örnekleri en yüksek PD göstermişlerdir. Glazeli örnekler içerisinde en düşük PD, KG örneklerde saptanmıştır. Depolama sırasında PD tüm gruplarda artış göstermiştir (Şekil 4.13). Yapılan varyans analizi sonucu glazelemenin ve depolama süresinin peroksit oluşumunu önemli düzeyde (P<0.01) etkilediğini göstermiştir (Çizelge EK 2.23). Glazeleme işlemi peroksit oluşumunu önemli düzeyde (P<0.01) yavaşlatmıştır. Peroksit oluşumunu yavaşlatmada kitosanla glazeleme en etkili olurken (P<0.01), SG ve AG örneklerin peroksit miktarları arasındaki fark önemli bulunmamıştır (P>0.01). Buna karşın glazeli örneklerin tümü ile kontrol örnekleri arasındaki fark önemli (P<0.01) bulunmuştur. Depolama süresinin etkisi 1. ve 2. aylar ile 3., 4. ve 5. aylar arasında önemsiz (P>0.01), diğer aylar arasında ise önemli (P<0.01) olmuştur (Çizelge EK 2.24).

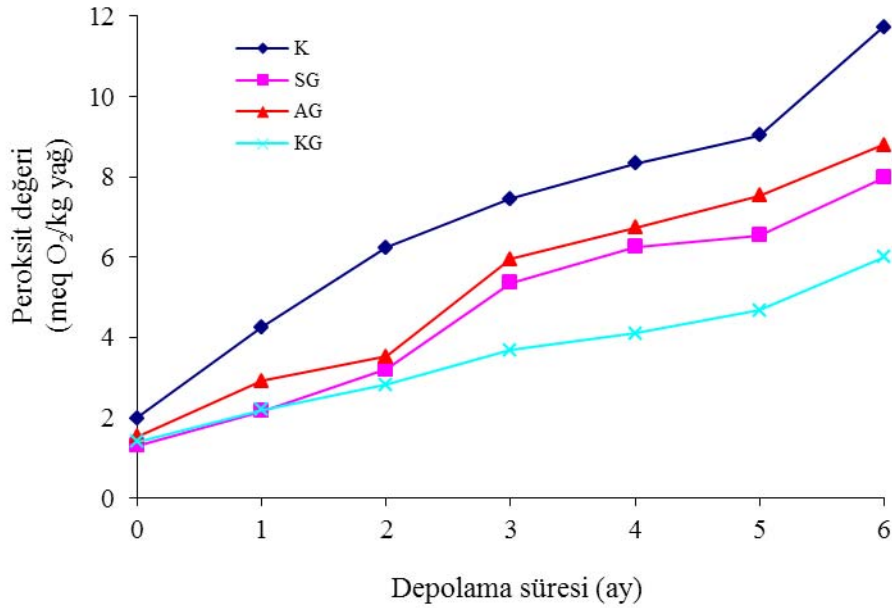
Lipid oksidasyonunda doymamış yağ asitlerinin parçalanmasıyla meydana gelen birincil oksidasyon ürünleri peroksitlerdir. Bu bakımdan acılaştırmanın başlangıç aşamasında oluşan peroksitlerin saptanması çoğu zaman kalite göstergesi olarak kullanılmaktadır. Yağlarda oksidasyonun bir göstergesi olan peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının bir ölçüsü olup, 1 kg yağda bulunan peroksit oksijeninin miliekivalan

olarak miktarıdır. Balık yağları ÇDYA bakımından zengin olduklarından kolayca oksidasyon reaksiyonlarına maruz kalmaktadırlar (Baron vd. 2007).

Çizelge 4.13 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında peroksit değerlerinde (meq O₂/kg yağ) meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	1.99±0.17	4.26±0.40	6.24±0.78	7.46±2.22	8.34±1.38	9.04±0.22	11.74±1.58
SG	1.31±0.51	2.17±0.36	3.21±0.63	5.37±0.54	6.26±1.36	6.55±0.80	7.98±0.15
AG	1.53±0.28	2.92±0.18	3.53±0.37	5.95±1.75	6.74±1.50	7.54±1.49	8.79±0.11
KG	1.40±0.44	2.20±0.35	2.82±0.56	3.69±0.24	4.11±1.07	4.68±0.72	6.00±0.52

*Sonuçlar, iki tekrür ortalaması=standart sapma olarak verilmiştir.



Şekil 4.13 Gökkuşağı alabalık filetolarının peroksit değeri sonuçlarına glazeleme ve depolama süresinin etkisi

Peroksit oluşumunda ortamdaki oksijen önemli bir faktördür. Bu nedenle, antioksidan içeren çözeltilerle glazeleme balığın ortamdaki oksijenle temasını keserek lipid oksidasyonunu geciktirmede etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir (Soyer ve Şahin 1999). Soyer ve Şahin (1999), antioksidanlarla ve su ile glazeleme dondurularak

depolanan kolyoz balığında peroksit oluşumunu önemli düzeyde geciktirdiğini, glazeli örnekler arasında ise antioksidanlarla glazelemenin su ile glazelemeden daha etkin olduğunu bulmuşlardır. Atlantik uskumrusundan elde edilen köftelerin antioksidan eklenerek -10 ve -80°C’de, 26 hafta depolanmasının, peroksit oluşumuna etkisi incelenmiş ve depolama sıcaklığının ve antioksidan ilavesinin peroksit oluşumunu önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Çalışmada, -10°C’de ve antioksidansız örneklerde peroksit oluşumunun daha fazla olduğu ortaya konmuştur (Alghazeer vd. 2008).

4.12 Sülfidril Miktarı

Kitosan, asetik asit ve su ile glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan ve depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama boyunca belirlenen toplam sülfidril miktarları çizelge 4.14’de verilmiştir. Başlangıç Sülfidril miktarları nmol/mg protein olarak K, SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla 90.36, 102.08, 100.64 ve 99.28 iken depolama ile azalmış ve 6. ayda sırasıyla 65.90, 82.27, 79.87 ve 91.62 düzeylerine ulaşmıştır. Depolama sırasında sülfidril miktarlarında 1. aydan itibaren bir azalma gözlenmiştir (Şekil 4.14). Yapılan varyans analizi sonuçları, sülfidril miktarlarına gerek glazelemenin gerekse depolama süresinin etkisini ($P<0.01$) göstermiştir (Çizelge EK 2.25). Glazelemenin etkisi, glazesiz örneklerle glazeli örnekler arasında önemli ($P>0.01$), glazeli örnekler arasında ise SG ve AG örnekler arasındaki fark önemsiz ($P>0.01$) fakat KG örneklerle bu gruplar arasındaki fark önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Sülfidril miktarına depolama süresinin etkisi 3 ile 6. aylar arasında önemsiz ($P>0.01$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.26).

Proteinlerin okside olması ile sülfidril grupları molekül içerisinde veya moleküller arasında disülfidit bağları oluşturmaktadırlar ve sülfidril gruplarının miktarı oksidasyonun ilerlemesine bağlı olarak giderek azalmaktadır. Bu nedenle gıdalarda toplam sülfidril miktarının belirlenmesi, proteinlerde meydana gelen oksidasyonun düzeyini anlamada yararlı olmaktadır (Soyer vd. 2010).

Balık filetolarında donmuş depolama sırasında toplam sülfidril miktarlarındaki değişim incelendiğinde, glazesiz kontrol örneklerinde depolama süresinin uzamasıyla en fazla azalmanın meydana geldiği görülmektedir (Şekil 4.14). Glazelemenin sülfidril miktarındaki azalmayı etkilediği ve bu etkinin en fazla KG’li örneklerde olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, balık proteinlerinin depolama sırasında oksidasyona uğradığını, glazelemenin bu oksidasyonu geciktirmede etkili olduğunu ve kitosanla glazelemenin bu etkiyi daha da arttırdığını göstermiştir.

Çizelge 4.14 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında toplam sülfidril miktarlarında (nmol/mg protein) meydana gelen değişimler*

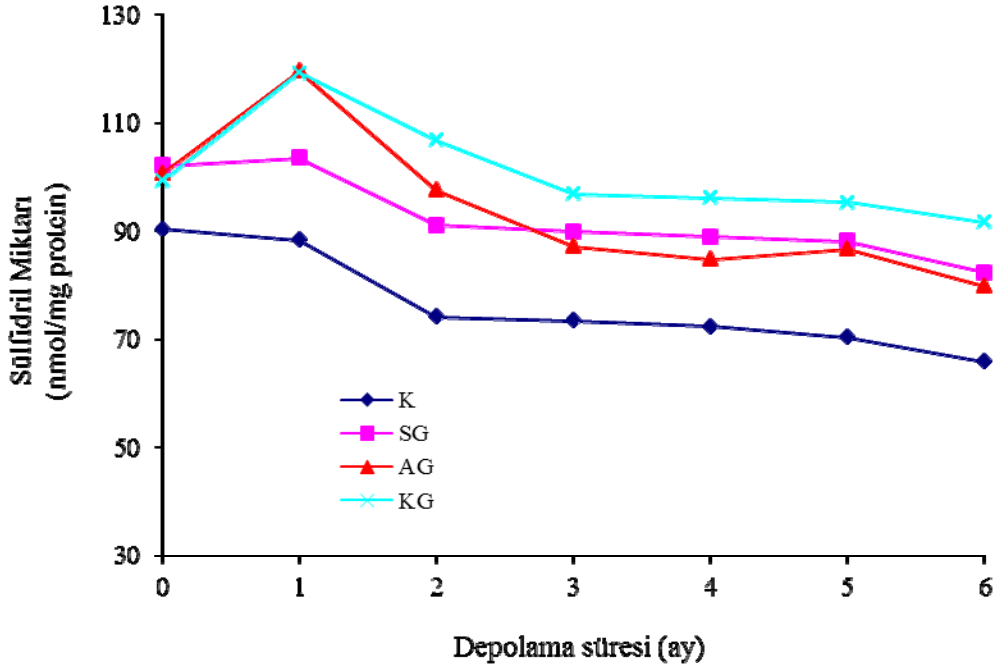
Gruplar	Depolama süresi (ay)*						
	0	1	2	3	4	5	6
K	90.36±8.94	88.33±0.88	74.13±2.34	73.44±2.11	72.37±3.13	70.38±2.50	65.90±2.78
SG	102.08±5.84	103.54±3.21	91.09±7.93	89.85±1.13	88.98±5.66	88.08±1.16	82.27±5.93
AG	100.64±4.58	119.63±1.26	97.52±3.47	87.21±2.95	84.75±2.44	86.67±1.85	79.87±5.20
KG	99.28±0.79	119.30±6.26	106.78±4.60	96.92±3.07	96.13±1.91	95.33±3.77	91.62±4.63

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Sülfidril gruplarındaki oksidasyon, proteinler içi ya da proteinler arası disülfidlerin çapraz bağlanmasına veya sistein, glutatyon ya da düşük moleküllü merkaptanlarla birleşerek, karmaşık disülfid gruplarının oluşmasına neden olmaktadır (Soyer ve Hultin 2000, Batifoulier vd. 2002, Soyer vd. 2010).

Uskumru balığından elde edilen kıymalar genellikle surimi üretiminde kullanılan yıkama yöntemindeki gibi yıkanan ve yıkanmayan kıymalar üzerinde çalışılmış ve 5°C’de 96 saat depolanarak lipid ve protein oksidasyonu üzerine yıkamanın etkisi incelenmiştir. Çalışmada gruplar yıkanmayan kıyma grubu, bir defa, iki defa ve üç defa yıkanan kıyma grubu olmak üzere ayrılmıştır. Depolama boyunca kıyma örneklerin sülfidril miktarları azalma göstermiş yani disülfid bağları oluşmuştur. Sülfidril miktarında en çok azalma, 24 saat sonunda hiç yıkanmayan kıyma örneklerinde gözlenmiştir. Depolama sonunda (96.saat) yıkanmayan ve bir kez yıkanan kıyma örneklerinin sülfidril miktarları başlangıç miktarlarından sırasıyla %37 ve %50

düzeylerinde azalmıştır. İki defa yıkanmış kıyma örneklerinin sülfidril miktarlarında depolama boyunca çok az azalma izlenirken, üç defa yıkanan kıyma örneklerindeki sülfidril miktarında en belirgin azalmanın 12 ve 24 saat aralığında olduğu ifade edilmiştir (Eymard vd. 2009).



Şekil 4.14 Gökkuşağı alabalık filetolarının toplam sülfidril miktarı sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi

Tavuk but ve göğüs etlerinde meydana gelen lipid ve protein oksidasyonuna farklı donma sıcaklıklarının (-7°C , -12°C ve -18°C) etkisinin incelendiği bir çalışmada, depolama boyunca sülfidril miktarında azalmalar olduğu gözlenmiştir. Göğüs etlerinde sülfidril miktarındaki azalmaya donma sıcaklıklarının önemli bir etkisinin olmadığı, but etlerinde ise -7°C 'de dondurma ile en fazla azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir (Soyer vd. 2010).

4.13 Karbonil Miktarı

Kitosan, asetik asit ve su ile glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan ve depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama boyunca belirlenen karbonil miktarları çizelge 4.15’de verilmiştir. Başlangıç karbonil miktarları nmol/mg protein olarak K, SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla 1.86, 1.79, 1.41 ve 1.48 iken 6. ayda sırasıyla 4.85, 2.47, 2.36 ve 2.15 düzeylerine artmıştır.

Çizelge 4.15 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında toplam karbonil miktarlarında (nmol/mg protein) meydana gelen değişimler*

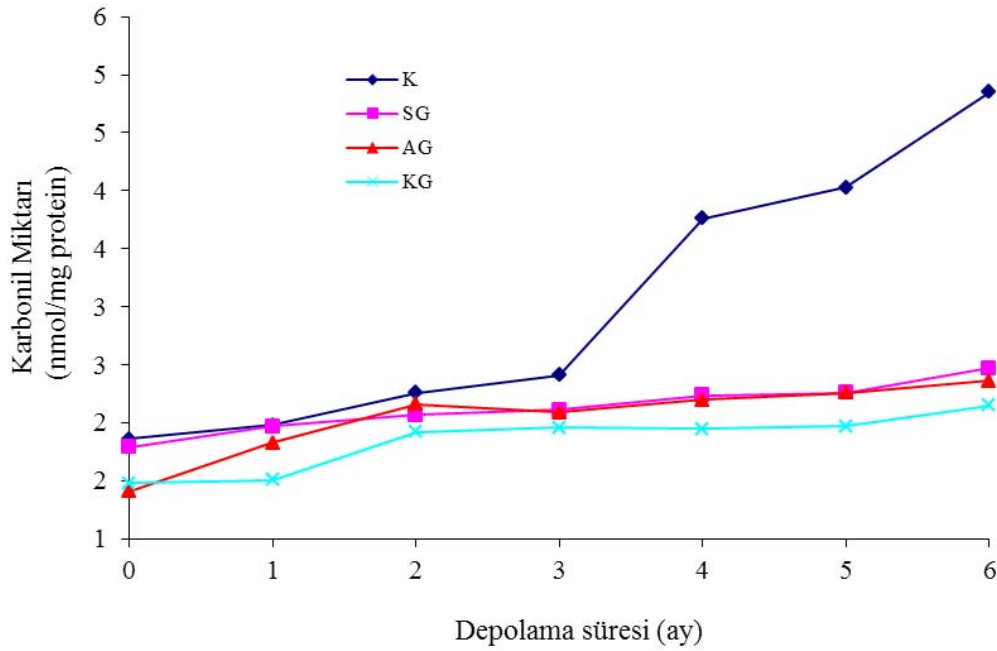
Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	1.86±1.04	1.98±0.02	2.26±0.40	2.41±0.27	3.76±0.35	4.03±0.10	4.85±0.68
SG	1.79±0.06	1.97±0.58	2.07±0.52	2.11±0.11	2.24±0.07	2.26±0.17	2.47±0.06
AG	1.41±0.33	1.83±0.25	2.16±0.48	2.09±0.33	2.20±0.03	2.26±0.26	2.36±0.28
KG	1.48±0.54	1.51±0.06	1.92±0.35	1.96±0.11	1.95±0.30	1.97±0.13	2.15±0.42

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Depolama sırasında K örneklerinin karbonil miktarları giderek artmıştır (Şekil 4.15). Buna karşın glazelenen örneklerde bu artış çok az düzeylerde olmuştur. Yapılan varyans analizi sonuçları, balık örneklerinin karbonil miktarına glazelemenin, depolama süresinin ve glazeleme x depolama süresi interaksyonunun etkili olduğunu göstermiştir (Çizelge EK 2.27). Glazelemenin etkisi glazesiz K örneklerle SG, AG ve KG örnekler arasında önemli ($P<0.01$), glazeli örnekler arasında ise önemsiz ($P>0.01$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.28). Glazeleme x depolama süresi interaksyonunun etkisi, 1., 2., 3., 4., 5. ve 6. aylarda KG örneklerle diğer örnekler arasında önemli olurken ($P<0.01$), depolama boyunca her bir gruptaki artış K grubunda önemli ($P<0.01$) diğer gruplarda ise önemsiz ($P>0.01$) bulunmuştur.

Et ve et ürünlerindeki birçok özellik, lipidlerin ve proteinlerin etkileşime girmelerine neden olur. Oksitleyici lipidlerin varlığı, aynı lipid oksidasyonunda olduğu gibi serbest

radikaller protein oksidasyonuna da neden olmaktadır. Reaktif oksijenlerin kas proteinlerindeki amino asitleri parçalaması sonucu karbonil bileşikleri ortaya çıkar. Protein oksidasyonunun en belirgin özelliği, oksidasyonla birlikte karbonil bileşiklerinin oluşmasıdır. Bu nedenle karbonil gruplarının miktarı protein oksidasyonunu gösteren bir parametre olarak kabul edilmektedir (Levine vd. 1990, Eymard vd. 2009, Soyer vd. 2010).



Şekil 4.15 Gökkuşığı alabalık filetolarının toplam karbonil miktarı sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi

Uskumru balığından elde edilen kıymalar farklı sayılarda yıkanarak ve yıkanmayarak gruplar oluşturulmuş ve 5°C'de 96 saat depolanarak lipid ve protein oksidasyonu üzerine yıkamanın etkisi incelenmiştir. Çalışmada gruplar yıkanmayan kıyma, bir defa, iki defa ve üç defa yıkanan kıymalar olmak üzere ayrılmıştır. Depolama süresince en düşük karbonil içeriği yıkanmayan kıyma örneklerinde bulunurken, en yüksek karbonil miktarı 12 saatlik depolama sonunda belirlenmiştir (Eymard vd. 2009). Diğer yandan, farklı dondurma sıcaklıklarında (-20°C, -30°C ve -80°C) depolanan gökkuşığı alabalıklarında protein karbonillerinin oluşumuna depolama sıcaklığının etkisinin

olduğu ve yüksek depolama sıcaklıklarında daha fazla karbonil olduğu ortaya konmuştur (Kjærsgård vd. 2006). Gökkuşuğı alabalıklarıyla yapılan başka bir çalışmada da, karbonil oluşumuna donmuş depolama sıcaklığının ve depolama süresinin etkili olduğu, -20°C’de karbonil oluşumunun -30°C ve -80°C’de depolamadan daha hızlı olduğu ve depolama ilerledikçe karbonil miktarlarının yüksek depolama sıcaklığında daha fazla arttığı ifade edilmiştir (Baron vd. 2007). Farklı donma sıcaklıklarına (-7°C, -12°C ve -18°C) dondurulan ve -18°C ‘de 6 ay depolanan tavuk but ve göğüs etlerinde depolama boyunca karbonil miktarlarının arttığı, en fazla artışın -7°C’de depolanan örneklerde belirlendiği bulunmuştur. Araştırmacılar, tavuk but etlerinin göğüs etlerinden daha fazla lipid ve protein oksidasyonuna uğradığını belirlemişlerdir (Soyer vd. 2010). Dondurularak depolanan balık ve tavuk etlerinde depolama boyunca karbonil miktarının arttığına ilişkin sonuçlarla çalışmamızda elde edilen sonuçlar uyumlu olmuştur.

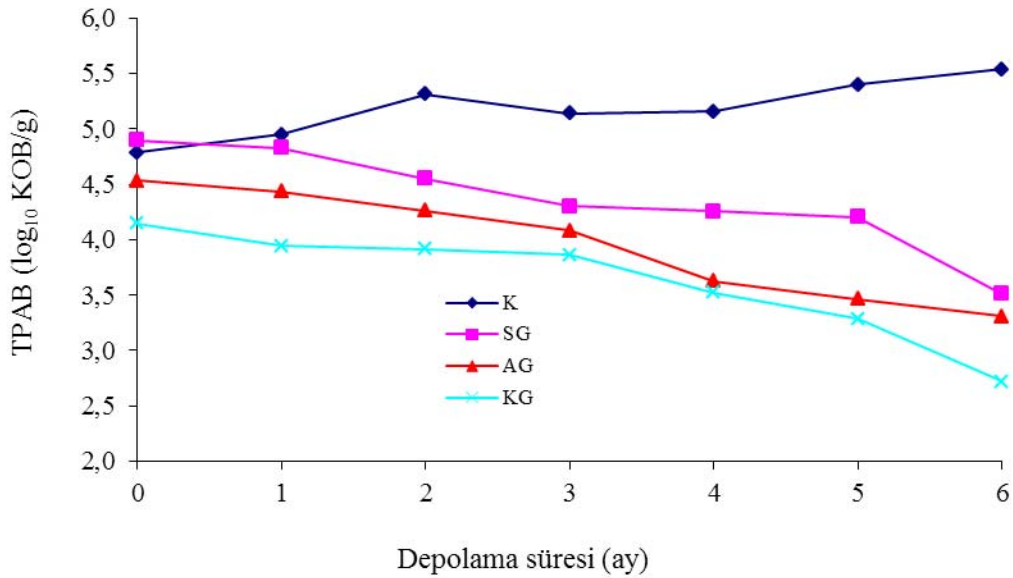
4.14 Toplam Psikrofilik Aerob Bakteri (TPAB)

Glazeli ve glazesiz dondurulan ve -18°C’de 6 ay depolanan gökkuşuğı alabalık filetolarında TPAB yüklerinde meydana gelen değişmeler \log_{10} KOB/g olarak çizelge 4.16’da verilmiştir. Fileto balıkların başlangıç TPAB yükleri 4.15-4.90 \log_{10} KOB/g arasında değişmiştir. Donmuş depolama glazeli grupların TPAB yüklerinde azalmaya, glazesiz örneklerde ise çok az artışa neden olmuştur. Glazesiz K örneklerde depolama sonunda TPAB yükü 5.54 \log_{10} KOB/g’e artarken, glazeli SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla 3.51 \log_{10} KOB/g’a, 3.31 \log_{10} KOB/g’e ve 2.72 \log_{10} KOB/g’ye azalmıştır. Glazelemin TPAB yükünde azalmaya neden olduğu ve glazeli örnekler içerisinde en fazla azalmaya kitosanın neden olduğu görülmektedir (Şekil 4.16). Dondurma işlemi sırasında bakterilerin hücre zarlarına buz kristallerinin zarar vermesinden dolayı, dondurarak depolamada psikrofilik bakteri sayısı azalmaktadır (Uljas ve Ingham 1999). Balıkta izin verilen maksimum mikrobiyal yük 7.0 \log_{10} KOB/g’dır (Anonymous 1986). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar bu sınırın oldukça altındadır. Yani dondurarak depolama TPAB yükünü etkin bir şekilde azaltmaktadır.

Çizelge 4.16 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında toplam psikrofilik aerob bakteri yüklerinde meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	4.79±0.22	4.95±0.06	5.31±0.09	5.14±0.03	5.16±0.07	5.40±0.06	5.54±0.04
SG	4.90±0.12	4.83±0.13	4.55±0.13	4.30±0.02	4.26±0.18	4.20±0.04	3.51±0.72
AG	4.54±0.19	4.44±0.37	4.26±0.03	4.08±0.30	3.62±0.04	3.47±0.02	3.31±0.98
KG	4.15±0.27	3.95±0.52	3.92±0.44	3.86±0.45	3.52±0.31	3.28±0.02	2.72±1.02

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.



Şekil 4.16 Gökkuşağı alabalık filetolarının toplam psikrofilik aerob bakteri yükü sonuçlarına glazeleme ve depolama süresinin etkisi

Yapılan varyans analizi sonuçları, TPAB yüküne glazeleme ve sürenin %1 düzeyinde, glazeleme x süre interaksyonunun ise %5 düzeyinde etkili olduğunu göstermiştir (Çizelge EK 2.29). Glazeleme etkisi KG ve AG örnekleri arasında önemsiz ($P>0.01$), bu örneklerle K ve SG örnekleri arasında ise önemli ($P<0.01$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.30). Muamele x süre interaksyonu incelendiğinde, birinci aydan itibaren glazesiz K grubu ile diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Fan vd. (2009), kitosan çözeltisine daldırılarak -3°C'de 30 gün depoladıkları sazan balığında başlangıç mikrobiyal yükün 2.9 log₁₀KOB/g olduğunu, 30 gün sonra ise kitosanlı balık örneklerinde 6.9 log₁₀KOB/g'a, asetik asit çözeltisine daldırılan balıklarda ise 8.6 log₁₀KOB/g'a ulaştığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, %2'lik kitosan çözeltisine daldırılan balıklarda -3°C'de depolama ömrünün etkin bir şekilde uzatılabildiğini ve bu etkinin kitosanın bozulma yapan bakteriler üzerine inhibitör etkisinden kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Jeon vd. (2002) ise, farklı viskoziteye sahip kitosan çözeltilerine daldırarak film oluşturdukları ve 4°C'de 12 gün depoladıkları morina ve ringa balıklarının toplam aerobik psikrotrofik bakteri yükünü, kitosan kaplanmamış ve kitosan çözücüsü olan glasiel asetik asitle muamele edilmiş balıkların yükü ile karşılaştırmışlardır. Morina ve ringa balıklarının başlangıç TPAB yüklerini 3-3.7 log₁₀KOB/g arasında belirlemişlerdir. Kitosan kaplanmış morina balığında TPAB yükü tüm depolama süresince 10⁶'nın aşağısında kalmışken, kaplanmamış örneklerde 6 gün sonra, asetik asitle muamele edilmiş örneklerde 10 gün sonra bu sınırı aşmıştır. Araştırmacılar kitosanın TPAB yükünü azaltıcı etkisi olduğu sonucuna varmışlardır. Morina balıkları üzerinde yapılan başka bir çalışmada, kitosan çözeltisi, %10'luk balık yağı (w/w kitosan, %91.2 EPA, ve DHA içeren) veya %0.8'lik E vitamini eklenerek veya eklenmeden hazırlanmış ve -20°C'de 3 aylık süre ile dondurularak depolanmıştır. Psikrofilik bakteri sayısı kontrol gruplarına ait örneklerde 0. gün 5.31 log₁₀ KOB/g iken 3 aylık dondurarak depolanmanın sonunda 4.55 log₁₀ KOB/g'a düştüğü belirtilmiştir. Kitosanla kaplanmış örneklerin psikrofilik bakteri yükü kontrol örneklerinden önemli derecede daha düşük bulunmuştur (Duan vd. 2010). Sardalya balıkları üzerine yapılan bir çalışmada, balıklar %0, %1 ve %2 kitosan içeren çözeltilerle kaplanmış ve 11 gün boyunca 1-2°C'de depolanmıştır. Araştırmacılar depolama sonunda en fazla TMAB yükünü K örneklerinde, en düşük %2 kitosan çözeltisiyle kaplanan örneklerde belirlemişlerdir (Mohan vd. 2011). Sarımsak yağı içeren kitosanlarla kaplanan ve soğukta depolanan karideslerde TMAB ve TPAB yüklerinin ve kimyasal kalite kriterleri olan TVB-N ve TMA-N miktarlarının kontrol gruplarından daha düşük olduğu bulunmuştur (Aşık 2009).

Kitosanın antimikrobiyal özelliği, sahip olduğu pozitif yüklerin, mikroorganizmanın hücre proteinlerinden ya da hücre içi bileşenlerinden gelen negatif yüklerle etkileşime

girmesinden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda kitosanın metallerle kelat oluşturarak mikrobiyal çoğalmayı azalttığı ileri sürülmektedir (Shadidi vd. 1999, Devlieghere vd. 2004).

4.15 Duyusal Değerlendirme

Glazeli ve glazesiz dondurularak depolanan fileto örnekler aylık dönemlerde duyusal koku ve renk yönünden incelenmiştir. Koku özelliği; ransit, yağsı, asidik ve boya kokusu yönlerinden değerlendirilmiştir. Ransit koku puanlarına ait ortalama değerler çizelge 4.17’de verilmiştir. Depolama boyunca örnekler ransit koku yönünden giderek daha düşük puanlar almıştır. En düşük puan ortalaması depolamanın 6. ayında 7.30 ile K örneklerine verilirken, en yüksek puan ortalaması KG’li örnekler verilmiştir. Bununla birlikte SG (8.80) ve AG (8.10) örnekleri de depolama sonunda yüksek ransit koku puanlarına sahip olmuşlardır. Buna göre glazeleme işleminin ransit kokunun oluşumunu azalttığı söylenebilir.

Depolama süresince balık örneklerinin yağsı koku yönünden aldıkları puan ortalamaları çizelge 4.18’de görülmektedir. Depolama başlangıcında (0. ay) yağsı koku puan ortalamaları K örneklerde 9.20 ve glazeli örneklerde 9.80’dir. Depolama sonunda yağsı kokunun en fazla algılandığı örnekler en düşük puanın verildiği K örnekleri olmuştur. KG’li örnekler 9.00 puan ortalaması ile en az yağsı kokunun algılandığı örnekler olmuştur.

Glazeli ve glazesiz dondurularak depolanan balık örneklerine verilen asidik koku puanları çizelge 4.19’da verilmiştir. Asidik koku, kitosan çözücüsü olarak kullanılan asetik asidin balık etinde duyusal yönden algılanıp algılanamayacağını ortaya koymak için değerlendirilmiştir. Depolama başlangıcında asetik asit içermeyen K ve SG örnekler 10 puan alırken, glaze çözeltisi asetik asit içeren AG ve KG örneklerinden AG 8.30 puan ile çok az da olsa asidik kokunun algılandığı grubu oluşturmuştur. Buna karşın KG örnekler tam puan verilmiştir. Depolama boyunca da en yüksek puanlar asetik asit içermeyen K ve SG örneklerine verilmiştir. Depolama sonunda (6. ay); K,

SG, AG ve KG örneklerin asidik koku puan ortalamaları sırasıyla 8.73, 8.75, 7.24 ve 8.03'tür.

Çizelge 4.17 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında ransit koku değerlerinde meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	9.70±0.14	9.48±0.32	8.20±0.28	8.90±0.14	7.60±0.85	7.70±0.14	7.30±0.14
SG	10.00±0.00	9.63±0.53	8.60±0.00	8.70±0.42	9.00±0.28	8.92±0.17	8.80±0.00
AG	9.40±0.85	9.33±0.11	8.70±0.42	8.50±0.42	8.40±0.28	8.30±0.14	8.10±0.42
KG	10.00±0.00	9.75±0.35	8.80±0.00	8.28±0.74	8.40±0.28	8.70±0.42	9.00±0.28

*Sonnular, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 4.18 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşağı alabalık filetolarında depolama sırasında yağsı koku değerlerinde meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	9.20±1.13	9.38±0.88	8.30±0.14	8.00±0.85	7.10±1.56	7.20±1.13	7.30±0.57
SG	9.80±0.28	9.75±0.35	8.20±0.57	8.30±0.71	8.50±1.14	8.55±0.07	8.80±0.28
AG	9.80±0.00	9.50±0.35	9.10±0.14	7.90±0.99	8.20±0.28	8.00±0.28	8.10±0.00
KG	9.80±0.00	9.25±0.35	8.80±0.28	8.20±0.57	7.80±0.28	8.30±0.42	9.00±0.14

*Sonnular, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Balık örneklerine verilen boya kokusu puanları çizelge 4.20'de topluca görölmektedir. Boya kokusu oksidasyonla birlikte algılanan bir kokudur. Bu nedenle oksidasyonun düzeyini belirlemek üzere boya kokusu yönünden değerlendirme de yapılmıştır. Depolama başlangıcında boya kokusu hiç algılanmadığında tüm gruplara verilen puan ortalamaları 9.70-10.0 arasında değişmiştir. Depolama süresince boya kokusu yönünden verilen puan ortalamalarının hepsi sınır değeri olan 5'in üzerinde kalmıştır. Depolama sonunda K, SG, AG ve KG örneklerinin boya kokusu yönünden aldıkları puan ortalamaları sırasıyla 7.00, 8.00, 7.80 ve 8.10 olmuştur. Kontrol örnekleri boya kokusu yönünden en düşük puanı almıştır.

Çizelge 4.19 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında asidik koku değerlerinde meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	10.00±0.00	9.75±0.35	8.77±0.60	8.64±0.51	8.87±0.75	8.48±0.17	8.73±0.39
SG	10.00±0.00	9.88±0.18	8.94±0.09	8.45±0.78	8.81±0.58	9.04±0.51	8.75±0.06
AG	8.30±1.27	8.38±0.18	7.88±0.12	7.44±0.05	7.86±0.37	7.39±0.55	7.24±1.18
KG	10.00±0.00	8.88±0.53	8.34±0.09	8.40±0.00	8.59±0.01	7.92±0.40	8.03±0.04

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge 4.20 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında boya kokusu değerlerinde meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	9.70±0.42	9.63±0.53	8.60±1.13	8.30±0.42	8.10±0.42	7.80±0.28	7.00±0.28
SG	10.00±0.00	9.63±0.53	9.00±0.57	8.40±0.85	8.40±1.41	8.60±0.28	8.00±0.42
AG	10.00±0.00	9.75±0.35	8.90±0.42	8.60±0.57	9.10±0.42	8.50±0.14	7.80±0.28
KG	10.00±0.00	9.50±0.35	8.60±0.85	8.50±0.14	8.50±1.27	8.00±0.00	8.10±0.42

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Depolama boyunca renk yönünden verilen puan ortalamaları çizelge 4.21'de görülmektedir. Depolama başlangıcında verilen puan ortalamaları K SG, AG ve KG örneklerde sırasıyla 7.60, 9.20, 9.40 ve 9.20, depolama sonunda ise 7.00, 7.60, 7.10 ve 8.00'dır.

Depolama sırasında ransit koku puanları K örneklerinde giderek azalırken, SG ve KG örneklerde çok az değişmiştir (Şekil 4.17). Yapılan varyans analizi sonuçları, ransit koku üzerine glazelemenin ve depolama süresinin etkili olduğunu ($P<0.01$) göstermiştir (Çizelge EK 2.31). Glazelemenin etkisi SG ve KG ile K ve AG grupları arasında önemsiz ($P<0.01$), depolama süresinin etkisi ilk iki ay arasında önemsiz ($P>0.01$), sonraki aylarla önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge EK 2.32).

Çizelge 4.21 Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan gökkuşuğu alabalık filetolarında depolama sırasında renk değerlerinde meydana gelen değişimler*

Gruplar	Depolama süresi (ay)						
	0	1	2	3	4	5	6
K	7.60±0.00	8.73±0.67	8.40±0.57	8.19±0.27	6.70±0.42	5.80±0.57	7.00±0.28
SG	9.20±0.00	9.35±0.21	8.80±0.00	8.74±0.19	8.30±0.14	8.30±0.71	7.60±0.00
AG	9.40±0.00	8.13±1.24	8.20±0.00	7.95±0.22	7.50±0.99	7.30±1.27	7.10±0.42
KG	9.20±0.00	8.18±2.02	8.00±0.00	8.38±0.31	7.70±0.42	7.90±0.42	8.00±0.00

*Sonuçlar, iki tekerrür ortalaması±standart sapma olarak verilmiştir.

Depolama sırasında verilen yağsı koku puan ortalamaları incelendiğinde de K gruplarına verilen puanların depolama ilerledikçe düştüğü gözlenmiştir (Şekil 4.18). Yapılan varyans analizi sonucu, yağsı kokuya depolama süresinin %1 düzeyinde, glazelemenin ise %5 düzeyinde önemli olduğunu göstermiştir (Çizelge EK 2.33). Glazelemenin etkisi K grubu ile glazeli gruplar arasında önemli bulunmuştur (Çizelge EK 2.34). K grubuna verilen düşük puanlar oksidasyonla yağsı kokunun daha fazla hissedildiğini göstermiştir.

Depolama sırasında asidik koku puanları AG örneklerde giderek azalırken, K, SG ve KG örneklerde çok az değişmiştir (Şekil 4.19). Yapılan varyans analizi sonuçları, asidik koku üzerine glazelemenin ve depolama süresinin etkili olduğunu ($P<0.01$) göstermiştir (Çizelge EK 2.35). Glazelemenin etkisi en düşük puan alan AG örneklerle diğer gruplar arasında önemli ($P<0.01$) bulunmuştur (Çizelge EK 2.36).

Depolama boyunca fileto örneklere verilen boya kokusu puanlarındaki değişim Şekil 4.20'de görülmektedir. Yapılan varyans analizi sonuçları boya kokusuna depolama süresinin etkili olduğunu ($P<0.01$), glazelemenin etkisinin ise önemsiz olduğunu ($P>0.01$) göstermiştir (Çizelge EK 2.37 ve Çizelge EK 2.38).

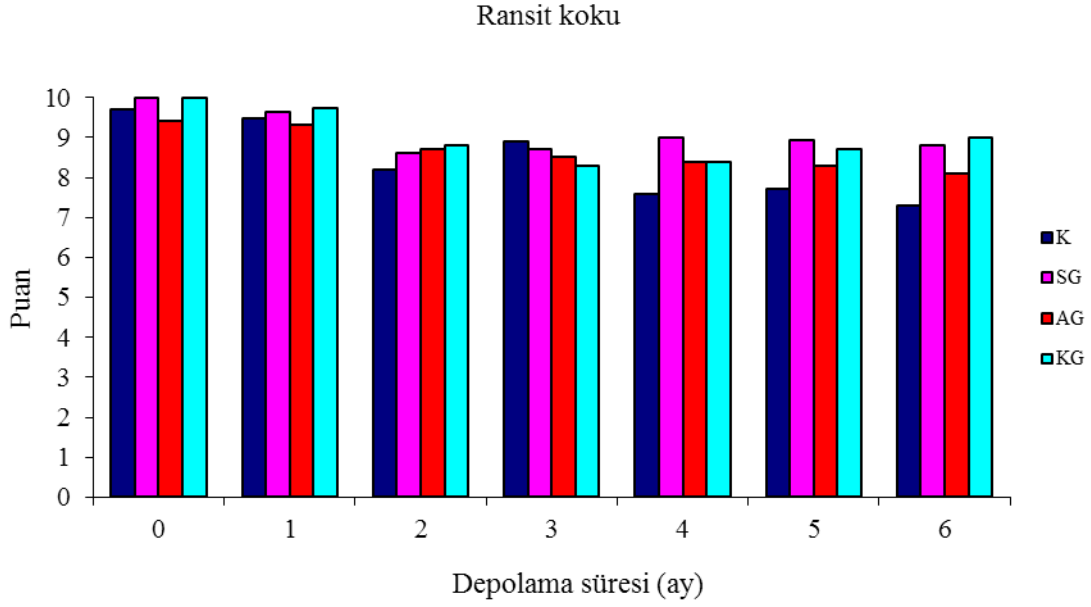
Glazelenerek ve glazelenmeden dondurulan ve depolanan balık filetolarına verilen renk puanlarındaki değişim çizelge 4.21'de görülmektedir. Fileto balıkların rengi üzerine

glazelenenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları hem glazelenenin hem de depolama süresinin önemli etkisi ($P<0.01$) olduğunu göstermiştir (Çizelge EK 2.39). En düşük renk puanları K grubuna verilmiş ve diğer gruplarla arasındaki fark önemli ($P<0.01$) olmuştur. Depolama süresinin etkisi ise ilk üç ay ile son üç ay arasında önemli ($P<0.01$) olmuştur (Çizelge EK 2.40).

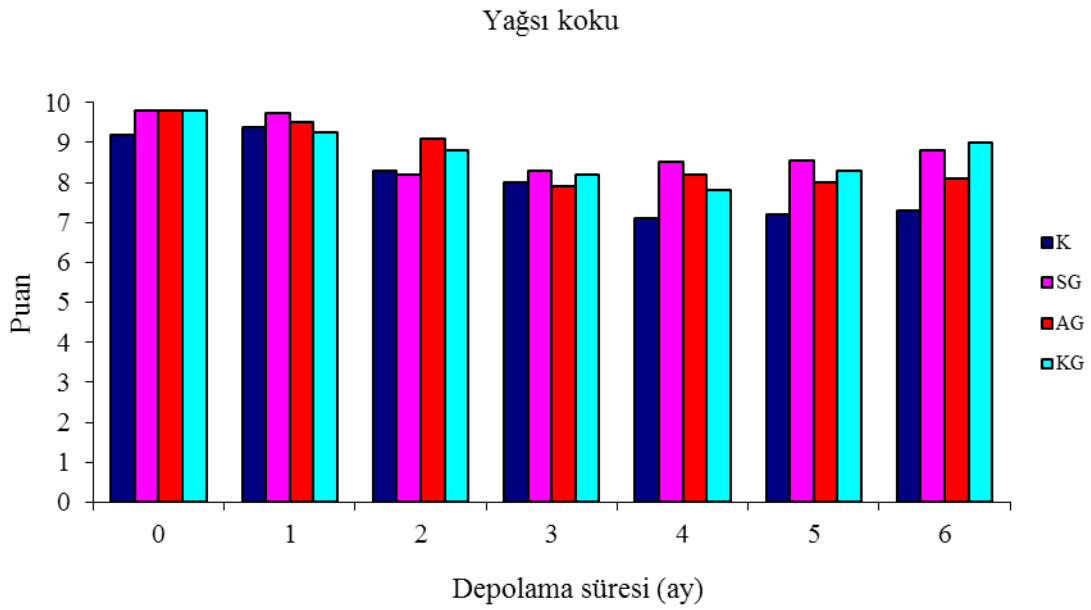
Kitosanla ve asetik asitle muamele edilen sazan balıkları üzerine yapılan bir çalışmada, balıklar kitosanla ve kitosan çözücüsü olarak kullanılan asetik asit içeren çözeltilere daldırılarak -3°C 'de 30 gün boyunca dondurularak depolanmışlardır. Balık örneklerindeki duyu kalite, renk, koku, lezzet, genel beğeni ve yapısal olarak 1'den 9'a kadar olan puanlarla belirlenmiştir. Duyusal sonuçlarına göre puanların depolama süresince önemli ölçüde azaldığı ve kitosanlı örneklerin en yüksek puanı aldıkları belirtilmiştir. Asetik asit ile muamele edilen balık örnekleri 25 güne kadar kabul edilebilirken kitosanla muamele edilen balık örneklerinin 30 gün boyunca kabul edilebilirliklerinde sorun gözlenmemiştir. Bunun nedeninin kitosanın antioksidan, antimikrobiyal ve iyi bir oksijen bariyer özelliklerine sahip olmasından kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Fan vd. 2009).

Kolyoz balığının çeşitli antioksidanlar, askorbik asit ve su ile glazelenerek -18°C 'de 10 ay dondurularak depolanması üzerine yapılan çalışmada, pişmiş balık örneklerinin duyu özelliklerine lezzet ve genel beğenirlik yönünden değerlendirilmiştir. Depolama süresine bağlı olarak lezzet için verilen puanlar, her grup balık için giderek azalmıştır. Kontrol grubu 4. aya kadar en beğenilen grup olurken bu aydan itibaren beğenisi giderek azalmıştır. Lezzet ve beğeni yönlerinden antioksidanlarla glazelenen örneklerde depolamanın ilk dönemlerinde antioksidan kokusu hissedildiği belirtilirken ileriki dönemlerde bu kokunun hissedilmediği panalistlerce ifade edilmiştir. Antioksidan çözeltilisine daldırılarak dondurulan balıklarda antioksidanların duyu yönden koruyucu etkileri olduğu ve kimyasal analiz sonuçlarıyla duyu değerlendirme sonuçlarının paralellik gösterdiği fakat geçici bir koku veya tada neden olarak duyu beğeniyi etkiledikleri belirtilmiştir. Su ile glazeli örneklerin ise 10. ayda hala

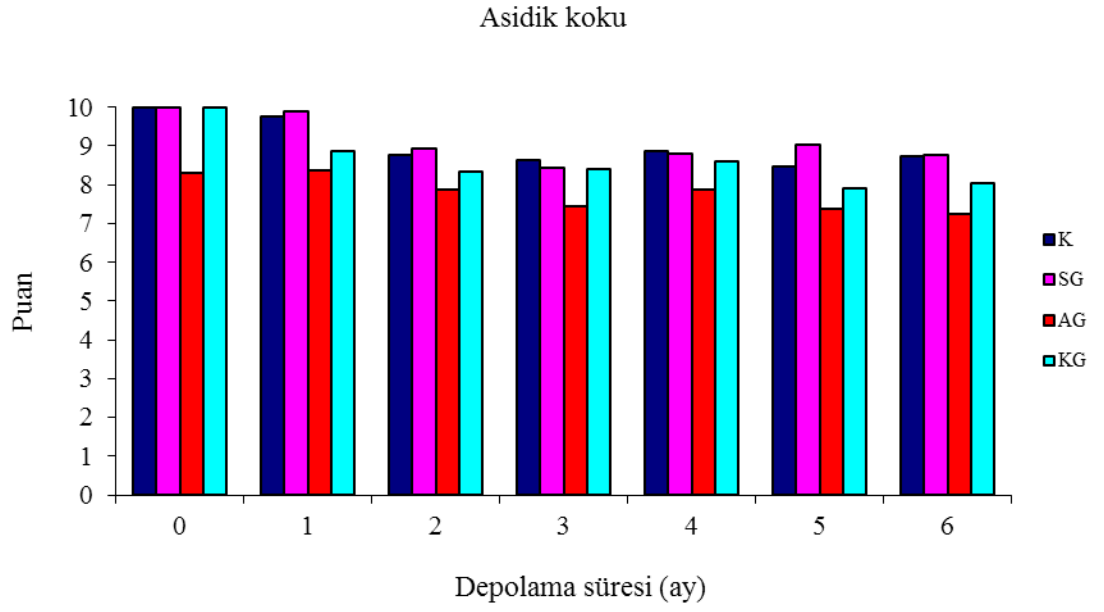
beğenildiği fakat buna karşın oksidatif analiz değerlerinin antioksidanlarla glazeli örneklerden daha ileri durumda oldukları belirtilmiştir (Soyer ve Şahin 1999).



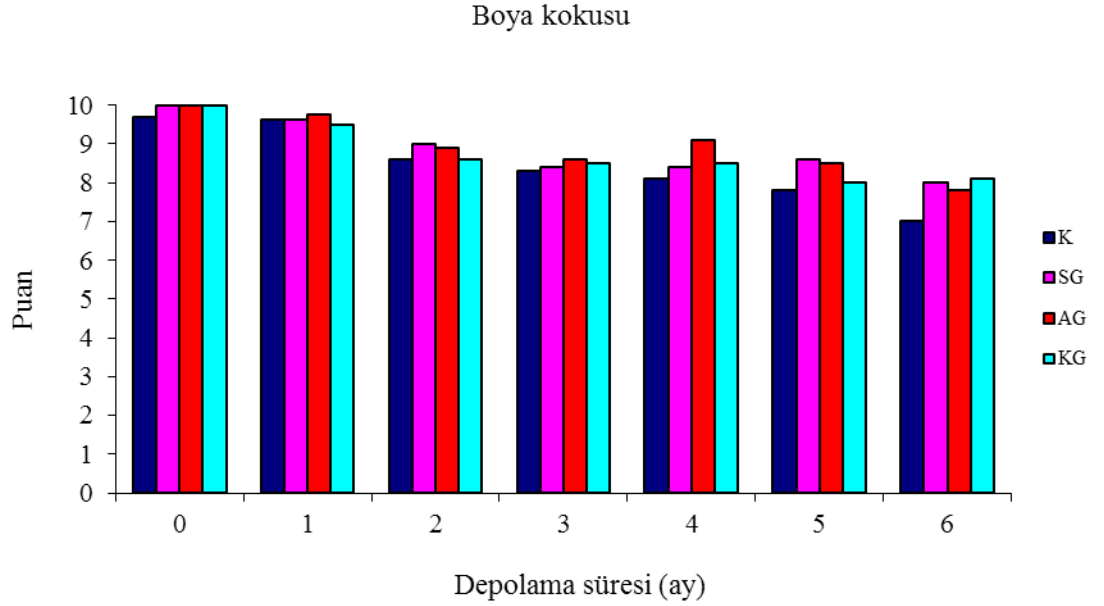
Şekil 4.17 Gökkuşığı alabalık filetolarının ransit koku sonuçlarına glazeleme ve depolama süresinin etkisi



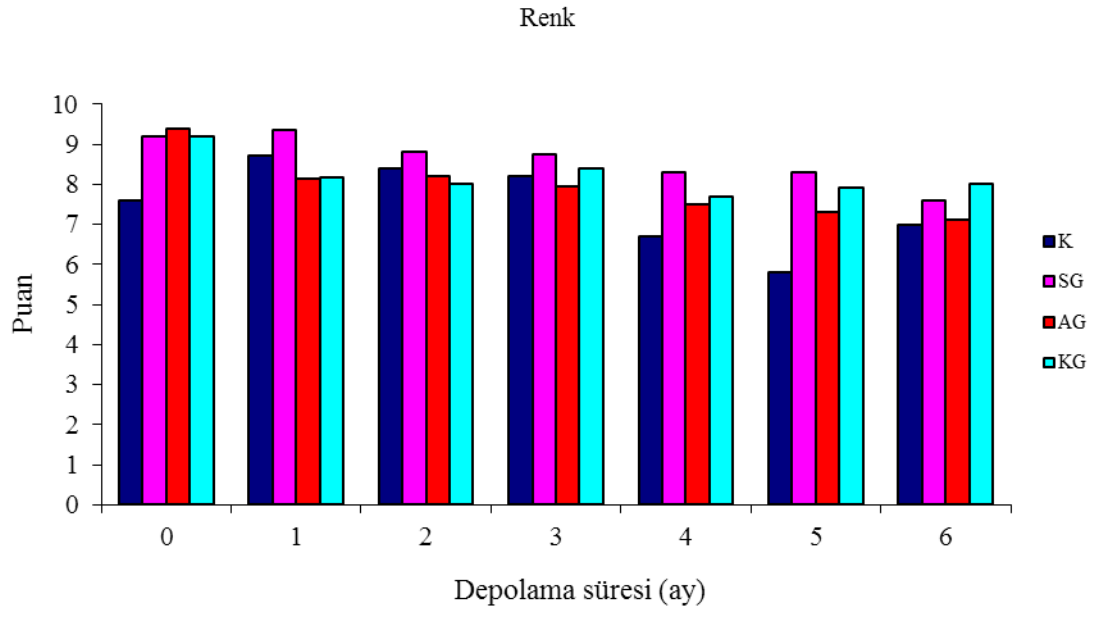
Şekil 4.18 Gökkuşığı alabalık filetolarının yağsı koku sonuçlarına glazeleme ve depolama süresinin etkisi



Şekil 4.19 Gökkuşığı alabalık filetolarının asidik koku sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi



Şekil 4.20 Gökkuşığı alabalık filetolarının boya kokusu sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi



Şekil 4.21 Gökkuşağı alabalık filetolarının renk sonuçlarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisi

5. SONUÇ

Kitosanla glazeleme daha kalın glaze tabakası oluşumuna ve daha az çözme kaybına neden olmuştur. Bu yönlerden kitosanla glazeleme nem kaybını/ağırlık kaybını önlemede etkili olurken, daha iyi bir oksijen bariyeri olmuştur. Glazesiz K örneklerinde çözme kaybı doğrudan fileto etten olurken, glazeli örneklerde büyük ölçüde glaze tabakasından olmuştur. Kitosan içeren glaze, örnek tarafından daha iyi tutulmuş ve su kaybını önlemede etkili olmuştur.

Glazeleme L* parlaklık değerini etkilemiştir. En büyük L* değeri KG örneklerde belirlenirken, glazesiz örneklerde düşük L* değeri oksidasyona karşı yetersiz koruma olduğunu düşündürmektedir. K grubunda depolama boyunca a* değerinin azalması ve glazeli örneklerde artması, oksidasyon reaksiyonlarının K örneklerde daha şiddetli olduğunun göstergesidir.

Lipid hidroperoksitleri ve malonaldehit oluşumu glazeleme ile önemli düzeyde azalmış ve kitosanla glazelenen filetolar en düşük değerlere sahip olmuşlardır. Protein oksidasyonunun göstergesi kabul edilen karbonil değeri, glazeli filetoların hepsinde kontrol grubundan daha düşük bulunmuş ve depolama sırasında en düşük karbonil değeri, kitosanla glazelenen filetolarda belirlenmiştir. Yine protein oksidasyonunun göstergesinden biri olan sülfidril miktarındaki en az azalmanın kitosanla glazeli örneklerde görüldüğü, en fazla azalmanın ise kontrol örneklerinde görüldüğü belirlenmiştir.

Dondurularak depolama mikrobiyal yükün giderek azalmasına neden olmuştur. Kitosanla glazelenen filetolar TPAB yükünü önemli düzeyde azaltmıştır.

Sonuç olarak, dondurularak depolanan gökkuşağı alabalık filetolarında lipid ve protein oksidasyonu glazeleme ile geciktirilebilmektedir. Kitosanla glazeleme ise balık filetolarının kalitesini önemli düzeyde koruyabilmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonymous. 1986. ICMSF. Microorganisms in Foods 2: Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications; International Commission on of the Microbiological Specifications for Foods International Union of Microbiological Societies; University of Toronto Press: Toronto, Canada.
- Anonymous. 1991. Fish for food and devolapment. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Strategy and Programmes for Fisheries, Rome.
- Anonymous. 2000. Computer program, MINITAB release 15.1 for Windows. Minitab Inc., USA.
- Anonymous. 2000. Official methods of Analysis. Horwitz, W. (Ed), 17th ed., Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD.
- Anonymous. 2011. Web sitesi: <http://aquaticpath.phhp.ufl.edu/lesionguide/>, Erişim Tarihi: 6.10.2011.
- Anonim. 2000. Su ürünleri kalite kontrol el kitabı. T.C. Tarım Köyişleri Bakanlığı Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim. 2004. Su Ürünleri İstatistikleri. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü verileri, Ankara. (Yayınlanmamıştır).
- Anonim. 2011. Web sitesi: <http://www.tuik.gov.tr>, Erişim Tarihi: 15 Kasım 2011.
- Aranaz, I., Mengibar, M., Harris, R., Panos, I., Miralles, B., Acosta, N., Galed, G. and Heras, A. 2009. Functional characterization of chitin and chitosan. *Current Chemical Biology*, 3, 203-230.
- Aşık, E. 2009. Sarımsak yağı içeren kitozan kaplamalarının karideslerin kalite özellikleri üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 74 s., Ankara.
- Alghazeer, R., Saeed, S. and Howell, N.K. 2008. Aldehyde formation in frozen mackerel (*Scomber scombrus*) in the presence and absence of instant green tea. *Food Chemistry* 108: 801-810.
- Barbut, S. and Mittal, G. S. 1990. Influence of the freezing rate on the rheological and gelation properties of dark poultry meat. *Poultry Science*, 69, 827–832.
- Baron, C. P., Kjærsgård, I. V. H., Jessen, F. and Jacobsen, C. 2007. Protein and lipid oxidation during frozen storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 8118–8125.
- Benjakul, S. and Bauer, F. 2000. Physicochemical and enzymatic changes of cod muscle proteins subjected to different freze-thaw cycles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1143-1150.
- Belitz, H.D. and Grosch, W. 1982. *W Lehrbuch der Lebensmittelchemie* Springer-Verlag, Berlin.
- Bilinski, E., Jonas, R.E.E., Lau, Y.C. and Gibbard, G. 1977. Treatments before storage affecting thaw drip formation in Pasific salmon. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 43, 1431-1434.
- Batifoulier, F., Mercier, Y., Gatellier, P. and Renerre, M. 2002. Infuence of vitamin E on lipid and protein oxidation induced by H₂O₂-activated MetMb in microsomal membranes from turkey muscle. *Meat Science*, 61: 389–395.
- Butler, B.L., Vergano, P.J., Testin, R.F., Bunn, J.M. and Wiles, J.L. 1996. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. *Journal of Food Science*, 61: 953-955.

- Cemeroğlu, B. 2010. Gıda Analizleri. B. Cemeroğlu (Ed.), 2. baskı, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, Ankara.
- Cemeroğlu, B. ve Soyer, A. 2005. Soğutma ve Dondurma. Gıda Mühendisliğinde Temel İşlemler Kitabı. B. Cemeroğlu (ed.), s. 1-357 Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No: 29, Ankara.
- Chaiyakosa, S., Charernjiratragul, W., Umsakul, K. and Vuddhakul, V. 2006. Comparing the efficiency of chitosan with chlorine for reducing *Vibrio parahaemolyticus* in shrimp. Food Control, 18, 1031-1035.
- Cho, Y.I., No, H.K. and Meyers, S.P. 1998. Physicochemical characteristics and functional properties of various commercial chitin and chitosan products. Journal of Agricultural Food Chemistry, 46, 3839-3843.
- Clucas, I.J. 1981. Fish Handling. Preservation and Processing in the Tropics: Part I. Tropical Products Institute, 56/62, Gray's Inn Road, London WCLx8LV.
- Crackel, R.L., Gray, J.F., Booren, A.M., Pearson, A.M. and Buckley, D.J. 1988. Effect of antioxidants on lipid stability in restuctured beef steaks. Journal of Food Science, 53(2), 655-657.
- Çaklı, Ş. ve Kılınç, B. 2004. Kabuklu su ürünleri işleme atıklarının endüstriyel alanda değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 21(1-2), 145-152.
- Çelik, U., Çaklı, Ş. ve Taşkaya, L. 2002. Bir süpermarkette tüketime sunulan dondurulmuş su ürünlerinin biyokimyasal kompozisyonu, fiziksel ve kimyasal kalite kontrolü. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 19(1-2), 85-96.
- 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.
- Demir, A., ve Seventekin, N. 2009. Kitin, kitosan ve genel kullanım alanları. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3(2), 92-103.
- Deng, J.C., Matthews, R.F. ve Watson, C.M. 1977. Effect of chemical and physical treatments on rancidity development of frozen mullet (*Mugil cephalus*) fillets. Journal of Food Science, 42, 344-347.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A. ve Debevere, J. 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. Food Microbiology, 703-714.
- Duan, J., Cherian, G. ve 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.
- Emre, Y. ve Kürüm, V. 1998. Havuz ve Ağ kafeslerde Alabalık Yetiştiricilik Teknikleri. Ankara.
- Eymard, S., Baron, C.P. and Jacobsen, C. 2009. Oxidation of lipid and protein in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) mince and washed minces during processing and storage. Food Chemistry, 114, 57-65.
- Fan, W., Sun, J., Chen, Y., Qui, 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, 66-70.
- Fagan, J.D., Gormley, T.R. and Mhuircheartaigh, 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. LWT-Food science and Technology, 36(7), 647-655.

- Fenname, O.R. 1976. Principles of Food Science Part I. Food Chemistry. Department of Food Science, University of Wisconsin, Modisa, 417-426.
- Freeman, K. 1992. Frozen seafood. Meat and Poultry. March, 14-17.
- Furda, I. 1980. Nonabsorbable lipid binder. U.S. Patent 4, 223,023.
- Garcia, F. T. and Sobral, P. J. A. 2005. Effect of the thermal treatment of the filmogenic solution on the mechanical properties, color and opacity of films based on muscle proteins of two varieties of Tilapia. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 38, 289-296.
- Garthwaite, G.A. 1992. Chilling and Freezing of Fish. Fish Processing Technology. Food Engineering and Biotechnology Group University of Technology Loughborough. VCH Publishers, Inc., New York.
- Georgantelis, D., Blekas, G., Katikou, P., Ambrosiadis, I. and Fletouris, D.J. 2007. Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. *Meat Science*, 75, 256-264.
- Gerasimenko, D.V., Avdienko, I.D., Bannikova, G.E., Zueva, O.Y. and Varlamov, V.P. 2004. Antibacterial effects of water-soluble low-molecular-weight chitosans on different microorganisms. *Applied Biochemical Microbiology*, 40(3), 253-257.
- Gibson, T.A. and Worthington, R.E. 1977. Lipid changes in frozen stored channel catfish grown by tank culture: Effects of dietary fat, freezing method, and storage temperature. *Journal of Food Science*, 42, 355-358.
- Gill, T.A. 1990. Objective analysis of seafood quality. *Food Reviews International*, 6, 681-714.
- Gomez-Estaca, J., Montero, P., Gimenez, B. and Gomez-Guillen, 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, 511-520.
- Goulas, A.E. and M.G. Kontominas. 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber Japonicus*): Biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry*, 93: 511–520
- Gray, J.I. 1978. Measurement of lipid oxidation. *Journal of American Oil Chemist Society*, 55, 539-546.
- Hamre, K., Øfsti, A., Næss, T., Nortvedt, R. and Holm, J.C. 2003. Macronutrient composition in formulated diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus, L.*) juveniles. *Aquaculture* 227, 233-244.
- Jeon, Y.J., Kamil, J.Y.V.A. and Shahidi, F. 2002. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5167-5178.
- Jeon, C. and Park, K.H. 2005. Adsorption and desorption characteristics of mercury(II) ions using aminated chitosan bead. *Water Research*, 39, 3938–3944.
- Jensen, C., Birk, E., Jokumsen, A., Skibsted, L.H. and Bertelsen, G. 1998. Effect of dietary levels of fat, α -tocopherol and astaxanthin on colour and lipid oxidation during storage of frozen rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and during chill storage of smoked trout. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung. Abbreviation*, 207: 189-196.

- Juneja, V.K, Thippareddi, H., Bari, L., Inatsu, Y. and Kawamoto, S. 2006. Chitosan protects cooked ground beef and turkey against *Clostridium perfringens* spores during chilling. *Journal of Food Science*, 71, M236-M240.
- Kamil, J.Y.V.A., Jeon, Y.J. and Shahidi, F. 2002. Antioxidative activity of chitosan of different viscosity in cooked comminuted flesh of herring (*Clupea harengus*). *Food Chemistry*, 79, 69-77.
- Karakaş, H. ve Türkoğlu, H. 2005. Su Ürünlerinin Dünya ve Türkiye'deki Durumu. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(3),21-28.
- Ke, P.J. and Ackman, R.G. 1976. Metal-catalyzed oxidation in mackerel skin and meat lipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 53, 636-640.
- Khayat, A. and Schwall, D. 1983. Lipid oxidation in seafood. *Food Technology*, 7, 130-140.
- Kim, K. W. and Thomas, R. W. 2007. Antioxidative activity of chitosans with varying molecular weights. *Food Chemistry*, 101, 308-313.
- Kinsella, J.E. 1987. *Sea Foods and Fish Oils in Human Health and Disease*. Marcel Dekker, Inc. New York: 231-236.
- Kjærsgård, I.V.H., Norrelykke, M.R., Baron, C.P. and Jessen, F. 2006. Identification of carbonylated protein in frozen rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets and development of protein oxidation during frozen storage. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54, 9437-9446.
- Knaul, J. Z., Hudson, S. M. and Creber, K. A. M. 1999. Crosslinking of chitosan fibers with dialdehydes: Proposal of a new reaction mechanism. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 37:1079-1094.
- Knorr, D. 1991. Recovery and Utilization of Chitin and Chitosan in Food Processing Waste Management. *Food Technology*. January, 114-122.
- Kolsarıcı, N. ve Özkaya, Ö. 1998. Gökkuşluğu alabalığı (*Salmo gairdneri*)'nin raf ömrü üzerine tütsüleme yöntemleri ve depolama sıcaklığının etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 22, 273-284.
- Kundakçı, A. 1979. Haskefal (*Mugil cephalus L.*) ve sazan (*Cyprinus carpio L.*) balıklarının dondurularak saklanması sırasında lipidlerdeki değişimler. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Bornova, İzmir.
- Kyranas, W.R., Laugovois, V.P. and Valsamis, D.S. 1997. Assessment of shelf-life of maricultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice. *International Journal of Food Science and Technology*, 32: 339-347.
- Labuza, T.P. 1971. Kinetics of lipid oxidation in foods. *CRC Critical Reviews in Food Technology*, 2, 365.
- Levine, R.L., Garland, D., Oliver, C.N., Amici, A., Climent, I., Lenz, A.G., Ahn, B.W., Shaltiel, S. and Stadtman, E.R. 1990. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods Enzymology*, 186, 464-478.
- Lee, C.M., Trevino, B. and Chaiyawat, M. 1996. A simple and rapid solvent extraction method for determining total lipids in fish tissue. *J. AOAC International*, 79(2), 487-492.
- Lim, S.H. 2002. Synthesis of a fiber-reactive chitosan derivative and its application to cotton fabric as an antimicrobial finish and a dyeing-improving agent. Demir, A., Seventekin, N. 2009. Kitin, kitosan ve genel kullanım alanları. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(2), 92-103.

- Lopez- Caballero, M.E., Gomez-Guillen, M.C., Perez-Mateos, M. and Montero, P. 2004. A chitosan-gelatin blend as a coating for fish patties. *Food Hydrocolloids*, 19, 303-311.
- Love, R.M. 1992. Biochemical Dynamics and the quality of fresh and frozen fish. In: *Fish Processing Technology*. G.M. Hall (Ed.), Blackie Academic and Professional Glasgow G 64 2 NZ,UK.
- Mackie, I.M. 1993. The effects of freezing on flesh proteins. *Food Reviews International*, 9, 575-610.
- Manat, C., Soottawat, B., Wonnop, V. and Cameron, F. 2005. Changes of pigments and colour in sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) muscle during iced storage. *Food Chemistry*, 93, 607–617.
- Martin, R.E., Rodney, J.H. and Pierson, M.D. 1978. Quality assessment of fresh fish and the role of the naturally occurring microflora. *Food Technology*, 188-192.
- Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V. and Srinivasa Gopal, T.K. 2011. Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil Sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage, *Food Hydrocolloids*, 26(1), 167-174 .
- McDonald, R.E. and Hultin, H.O. 1987. Some characteristics of the enzymic lipid peroxidation system in the microsomal fraction of flounder skeleton muscle. *Journal of Food Science*, 52:15-21.
- Muzarelli, R. A. A. 1996. Chitosan-based dietary foods. *Carbohydrate Polymers*, 29, 309-316.
- Nauss, J.L., Thompson, J.L. and Nagyvary, J. 1983. The binding of micellar lipids to chitosan. *Lipids*, 18, 714-719.
- No, H.K. and Meyers, S.P. 1995. Preparation and characterization of chitin and chitosan-a review. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 4, 27-52.
- No, H.K., Lee, K.S. and Meyers, S.P. 2000. Correlation between physicochemical characteristics and binding capacities of chitosan products. *Journal of Food Science*. 65, 1134-1137.
- No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W. and Xu, Z. 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *Journal of Food Science*, 72(5), R87-R100.
- Ockerman, H.W.. 1992. *Fishery by-Products*. In: *Fish Processing Technology*. G.M. Hall (Ed.), Blackie Academic and Professional, New York.
- Ockerman, H.W. and Hansen, C.L. 1988. Edible tissue from bone. In *Animal By-Product Processing*. Ed. Ockerman H.W. and Hansen C.L. Ellis Harwood Ltd., Chichester, England. p: 158-175.
- 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, 193–198.
- Oliver, C. N., Ahn, B.-W., Moerman, E. J., Goldstein, S. and Stadtman, E. R. 1987. Age-related changes in oxidized proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 262, 5488–5491.
- Özen, Ö.B., Eren, M., Pala, A. and Soyer, A. 2011. Effect of plant extracts on lipid oxidation during frozen storage of minced fish muscle. *International Journal of Food Science and Technology*, Volume 46, Issue 4, pages 724–731.

- Park, P.J., Je, J.Y. and Kim, S.W. 2004. Free radical scavenging activities of different deacetylated chitosans using an ESR spectrometer. *Carbohydrate Polymers* 55: 17-22.
- Pinotti, A., Bevilacqua, A. and Zaritzky, N. 1997. Optimization of the flocculation state in model system of a food emulsion waste using chitosan and polyelectrolyte. *Journal of Food Engineering*, 32, 69–81.
- Peng, C., Wang, Y. and Tang, Y. 1998. Synthesis of crosslinked chitosan-crown ethers and evaluation of these products as adsorbents for metal ions. *Journal of Applied Polymer Science*, 70, 501-506.
- Qin, C., Li, H., Xiao, Q., Liu, Y., Zhu, J. and Du, Y. 2006. Water-solubility of chitosan and its antimicrobial activity. *Carbohydrate Polymers*, 63(3), 367-374.
- Rabea, E.I., Badawy, M.E., Stevens, C.V., Smagghe, G. and Steurbaut, W. 2003. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules* 4, 1457–1465.
- Rong, C., Qi, L., Bang-zhong, Y. and Lan-lan, Z. 2009. Combined effect of ozonated water and chitosan on the shelf-life of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). *Inovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 108-112.
- Ruiz-Capillas, C. and Moral, A. 2001. Residual effect of CO₂ on hake (*Merluccius merluccius* L.) stored in modified and controlled atmospheres. *European Food Research and Technology*, 212, 413-420.
- Santos, E.E.M. and Regenstein, J.M. 1990. Effects of vacuum packing, glazing, and erythorbic acid on the shelf-life of frozen white hake and mackerel. *Journal of Food Science*, 55, 64-70.
- Sarma, J., Vidya Sagar Reddy, G. and Srikar, L. N. 2000. Effect of frozen storage on lipids and functional properties of proteins of dressed Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*). *Food Research International*, 33, 815-820.
- 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(8), 455-459.
- Sathivel, S., Liu, Q., Huang, J. and Prinyawiwatkul, W. 2007. The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 83, 366–373.
- Sanchez-Alonso, I., Jimenez-Escrig, A., Saura-Calixto, F. and Borderias, A.J. 2008. Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage. *LWT-Food Science and Technology*, 41(1), 42-50.
- Serdaroğlu, M. ve Deniz, E.E. 2001. Balıklarda ve bazı su ürünlerinde trimetilamin (TMA) ve dimetilamin (DMA) oluşumunu etkileyen koşullar. *E.Ü. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, (3-4), 575-581.
- Saeed, S. and Howell, N. K. 2002. Effect of lipid oxidation and frozen storage on muscle proteins of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 579–586.
- Shahidi, F., Arachchi, J.K.V. and Jeon, Y-J. 1999. Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science and Technology*, 10, 37-51.
- Shahidi, F., Kamil, J., Jeon, Y. J. and Kim, S. K. 2002. Antioxidant role of chitosan in cooked Cod (*Gadus morhua*) model system. *Journal of Food Lipids*, 9(1), 57-64.

- Shantha, N.C. and Decker, E.A. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids, *Journal of AOAC International*, 77(2), 421-424.
- Stansby, M. E. 1982. Properties of Fish Oils and Their Application to Handling of Fish and to Nutritional and Industrial Use, In R. E Martin, G.J Flick, C.E. Hebard and D.R Ward, eds, *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products*, 75-92. Avi Publishing Wesport, Connecticut.
- Stadtman, E.R., Berlett, B.S. and Chock, P.B. 1990. Manganese-dependent disproportionation of hydrogen peroxide in bicarbonate buffer. *Proceedings of the National Academy of Sciences . USA* 87, 384-388.
- Sikorski, Z.E. 1990. *Seafood: Resources, Nutritional composition and preservation*. CRC Press, Inc., Boca Raton, 288, Florida.
- Soyer, A. ve Şahin, M.E. 1999. Dondurulmuş Kolyoz (*Scomber japonicus*) Balıktaki lipid oksidasyonuna glazemenin ve depolama süresinin etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 23, 575-584.
- Soyer, A. and Hultin, H. O. 2000. Kinetics of oxidation of the lipids and proteins of cod sarcoplasmic reticulum. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (6): 2127-2134.
- Soyer, A., Özalp, B., Dalmiş, Ü. and Bilgin, V. 2010. Effects of freezing temperatures and frozen storage time on lipid and protein oxidation in chicken meats. *Food Chemistry*, 120, 1025-1030.
- St. Angelo, A.J. 1996. Lipid oxidation in foods. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36, 175-224.
- Sudarshan, N.R., Hoover, D.G. and Knorr, D. 1992. Antibacterial action of chitosan. *Food Biotechnology*, 6,257-72.
- Srinivasan, S. and Hultin, H. O. 1997. Chemical, physical and functional properties of cod proteins modified by a nonenzymic free-radical-generating system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 310-320.
- Şengör, G., Çelik, U. ve Akkuş, S. 2000. Buzdolabı koşullarında depolanan istavrit balığı (*Trachurus trachurus*, L.1758)'nın tazeliğinin ve kimyasal bileşiminin belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24, 187-193.
- Tağı, Ş. 2010. Mikrobiyolojik Analiz Yöntemleri. Gıda Analizleri Kitabı. B. Cemeroğlu (Ed.), 2. Baskı, s.443-524, Gıda Teknolojisi Dergi Yayınları, No:34, Ankara.
- Tokur, B., Ozkütük, S., Atici, E., Ozyurt, G. and Ozyurt, C.E. 2006. Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) during frozen storage (-18°C). *Food Chemistry*, 99, 335-341.
- Tironi, V.A., Tomás, M.C. and Añón, M.C. 2010. Quality loss during the frozen storage of sea salmon (*Pseudoperca semifasciata*). Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract. *Food Science and Technology*, 43, 263-272.
- Tual, C., Espuche, E., Escoubes, M. and Domard, A. 2000. Transport properties of chitosan membranes: Influences of cross linking. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 38, 1521-1529.

- Uljas, H.E. and Ingham, S.C. 1999. Combination of intervention treatments resulting in 5-log₁₀-unit reductions in numbers of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhimurium DT104 organisms in apple cider. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(5): 1924-1929.
- Varlık, C. 1988. Su Ürünlerinde İşleme ve Muhafaza Teknikleri. Su Ürünleri Semineri, İstanbul Ticaret Odası Yayın No: 1988 – 21; 107 – 117.
- Vuorela, S., Salminen, H., Makela, M., Kivikari, R., Karonen, M. and Heinonen, M. 2005. Effect of plant phenolics on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8402-8497.
- Wang, S-H. and Chen, J-C. 2005. The protective effect of chitin and chitosan against *Vibrio alginolyticus* in white shrimp *Litopenaeus vannamei*, *Fish and Shellfish Immunology*, 19, 191-204.
- Weist, J. L. and Karel, M. 1992. Development of a fluorescence sensor to monitor lipid oxidation. 1. Fluorescence spectra of chitosan powder and polyamide powder after exposure to volatile lipid oxidation products. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 40, 1158–1162.
- Winterowd, J.G. and Sandford, P.A. 1995. Chitin and chitosan. In: *Food polysaccharides and their applications*. A.M. Stephen (Ed.), Marcell Dekker Inc., New York.
- Xie, W., Xu, P. and Liu, Q. 2001. Antioxidant activity of water-soluble chitosan derivatives. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 11, 1699-1701.
- Xiong, Y. L. 2000. Protein oxidation and implications for muscle foods quality. In: *Antioxidants in muscle foods*. E. A. Decker, C. Faustman, C. J. Lopez-Bote (Eds.), pp. 85–111, Wiley, New York.
- Xue, C., Yu, G.T., Hirata, J., Terao, J. and Lin, H. 1998. Antioxidative activities of several marine polysaccharides evaluated in a phosphatidylcholine-liposomal suspension and organic solvents. *Bioscience Biotechnology Biochemistry*, 62, 206-209.
- Yanık, T. 2009. Gökkuşacağı Alabalığı ve Alabalıkların Morfolojik Özellikleri Arazi çalışmaları, Doğal Alabalık Çalıştayı: Sürdürülebilir Yetiştiricilik, Koruma ve Balıklandırma, Trabzon.
- Yong, S. H. and Karel, M. 1978. Reaction of histidine with methyl linoleate: Characterization of the histidine degradation product. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 5, 352-356.
- Zakrys, P.I., Hogan, S.A., O'Sullivan, M.G., Allen, P. and Kerry, J.P. 2008. Effects of oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere. *Meat Science*, 79, 648-655.

EKLER

EK 1 Duyusal değerlendirme formu

EK 2 Araştırma verilerinin varyans analizi ve Duncan sonuçları

EK 1 Duyusal Değerlendirme Formu

DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Adı-Soyadı : _____ Tarih : _____

* Koku özelliği için; şişe kapaklarını açıp, örnekleri koklayarak değerlendirme yapınız ve örnekler arasında su ve kahve koklayarak, bir önceki örneğin etkisini gideriniz.

RENK (10 😊 , 0 😞 , 5 kabul sınırı)

ÖRNEK KODU	DUYUSAL ÖLÇEK		
1 _____	10 _____	5 _____	0 _____
2 _____	10 _____	5 _____	0 _____
3 _____	10 _____	5 _____	0 _____
4 _____	10 _____	5 _____	0 _____

KOKU-ransit (acılaşma kokusu, 10 hiç koku yok 😊 , 0 çok yoğun 😞 , 5 kabul sınırı)

ÖRNEK KODU	DUYUSAL ÖLÇEK		
1 _____	10 _____	5 _____	0 _____
2 _____	10 _____	5 _____	0 _____
3 _____	10 _____	5 _____	0 _____
4 _____	10 _____	5 _____	0 _____

KOKU-yağsı (10 hiç koku yok 😊 , 0 çok yoğun 😞 , 5 kabul sınırı)

ÖRNEK KODU	DUYUSAL ÖLÇEK		
1 _____	10 _____	5 _____	0 _____
2 _____	10 _____	5 _____	0 _____
3 _____	10 _____	5 _____	0 _____
4 _____	10 _____	5 _____	0 _____

KOKU-boya (10 hiç koku yok 😊 , 0 çok yoğun 😞 , 5 kabul sınırı)

ÖRNEK KODU	DUYUSAL ÖLÇEK		
1 _____	10 _____	5 _____	0 _____
2 _____	10 _____	5 _____	0 _____
3 _____	10 _____	5 _____	0 _____
4 _____	10 _____	5 _____	0 _____

KOKU-asidik (10 hiç koku yok 😊 , 0 çok yoğun 😞 , 5 kabul sınırı)

ÖRNEK KODU	DUYUSAL ÖLÇEK		
1 _____	10 _____	5 _____	0 _____
2 _____	10 _____	5 _____	0 _____
3 _____	10 _____	5 _____	0 _____
4 _____	10 _____	5 _____	0 _____

EK 2 Araştırma verilerinin varyans analizi ve duncan sonuçları

Çizelge EK 2.1 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının çözme kaybında meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	0.78	0.594
Muamele (M)	3	170.68	0.000**
SxM	18	1.02	0.469
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.2 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının çözme kaybına glazelemenin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Muamele grupları	n	Ortalama ^{1,2}
K	14	1.47±0.18c
SG	14	15.00±0.55a
AG	14	17.18±0.87a
KG	14	5.21±0.47b

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.3 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının L* değerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	6.78	0.000**
Muamele (M)	3	3.06	0.045*
SxM	18	0.63	0.846
Hata	28		
Toplam	55		

*P<0.05 düzeyinde, **P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.4 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının L* değerine glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	48.38±6.47b
SG	14	48.81±5.73b
AG	14	50.68±6.48ab
KG	14	53.42±5.63a
Süre ³		
0	8	51.51±5.25ab
1	8	52.83±5.68ab
2	8	57.73±4.07a
3	8	50.53±3.12ab
4	8	48.78±7.79bc
5	8	43.22±2.93c
6	8	47.67±3.40bc

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05).

³Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.5 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının a* değerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	9.44	0.000**
Muamele (M)	3	0.98	0.417
SxM	18	1.17	0.348
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.6 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının a* değerine depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Süre	n	Ortalama ^{1,2}
0	8	-1.37±1.37c
1	8	-0.45±1.23bc
2	8	-0.59±1.68bc
3	8	1.91±1.18a
4	8	2.07±1.01a
5	8	0.80±1.04ab
6	8	0.35±0.90abc

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.7 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının b* değerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	4.07	0.005**
Muamele (M)	3	2.26	0.103
SxM	18	0.45	0.958
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.8 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının b* değerine depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Süre	n	Ortalama ^{1,2}
0	8	10.92±3.51ab
1	8	12.42±4.15ab
2	8	14.50±3.40a
3	8	8.54±2.46b
4	8	8.75±3.30b
5	8	8.76±1.93b
6	8	9.05±1.50b

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.9 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının pH değerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	2.73	0.033*
Muamele (M)	3	42.62	0.000**
SxM	18	0.53	0.916
Hata	28		
Toplam	55		

*P<0.05 düzeyinde, **P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.10 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının pH değerine glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	6.26±0.14a
SG	14	6.23±0.10a
AG	14	5.91±0.15b
KG	14	5.81±0.13b
Süre ³		
0	8	6.07±0.21abc
1	8	6.03±0.16abc
2	8	5.95±0.28c
3	8	5.98±0.27bc
4	8	6.07±0.25abc
5	8	6.10±0.24ab
6	8	6.17±0.22a

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

³Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05).

Çizelge EK 2.11 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının nem miktarında meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	1.87	0.121
Muamele (M)	3	39.84	0.000**
SxM	18	0.77	0.715
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.12 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının nem miktarına glazelemenin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Muamele grupları	n	Ortalama ^{1,2}
K	14	70.09±1.83c
SG	14	75.06±1.70ab
AG	14	74.21±0.88b
KG	14	75.97±1.62b

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.13 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının kül miktarında meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	2.13	0.081
Muamele (M)	3	35.99	0.000**
SxM	18	0.27	0.998
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.14 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının kül miktarına glazelemenin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Muamele grupları	n	Ortalama ^{1,2}
K	14	1.38±1.13a
SG	14	1.10±0.08b
AG	14	1.06±0.06b
KG	14	1.03±0.09b

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.15 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının yağ miktarında meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	6.41	0.000**
Muamele (M)	3	40.54	0.000**
SxM	18	1.57	0.137
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.16 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının yağ miktarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	9.42±1.32a
SG	14	6.88±0.93b
AG	14	7.09±0.99b
KG	14	6.31±1.09b
Süre ²		
0	8	5.99±0.68b
1	8	7.92±1.26a
2	8	8.28±1.11a
3	8	7.61±1.59a
4	8	7.46±1.37a
5	8	7.50±2.01a
6	8	7.21±2.19a

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.17 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının protein miktarında meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	18.50	0.000**
Muamele (M)	3	34.85	0.000**
SxM	18	0.75	0.735
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.18 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının protein miktarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	19.40±1.44a
SG	14	17.79±1.07b
AG	14	17.44±1.36b
KG	14	16.60±1.20c
Süre ²		
0	8	16.06±1.31e
1	8	16.74±1.44de
2	8	17.46±1.17cd
3	8	18.08±1.06bc
4	8	18.40±1.05abc
5	8	18.57±0.96ab
6	8	19.34±1.81a

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.19 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının TVB-N miktarlarında meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	91.03	0.000**
Muamele (M)	3	11.86	0.000**
SxM	18	1.13	0.380
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.20 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının TVB-N miktarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	20.13±8.51a
SG	14	17.80±7.18b
AG	14	17.26±6.07b
KG	14	15.57±5.56b
Süre ²		
0	8	7.65±0.58d
1	8	10.00±1.47d
2	8	18.51±3.13c
3	8	18.12±1.85c
4	8	18.84±2.11c
5	8	23.55±3.74b
6	8	27.16±4.01a

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.21 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının TBA değerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	63.50	0.000**
Muamele (M)	3	46.20	0.000**
SxM	18	3.23	0.003**
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.22 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının TBA değerine glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	4.89±2.11a
SG	14	2.99±1.11c
AG	14	3.57±1.37b
KG	14	2.87±1.32c
Süre ²		
0	8	1.31±0.34e
1	8	2.52±0.54d
2	8	2.82±0.80d
3	8	3.71±1.46c
4	8	4.50±1.36b
5	8	4.90±1.19ab
6	8	5.28±1.37a

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.23 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının TBA değerine SxM interaksyonunun etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Muamele grupları			
		K	SG	AG	KG
Süre					
0	2	1.46±0.02aC	1.43±0.66aD	1.29±0.41aD	1.07±0.02D
1	2	3.08±0.16aB	2.14±0.05aCD	2.89±0.46aC	1.99±0.01aCD
2	2	3.83±0.96aB	2.41±0.16abBCD	2.93±0.45abC	2.13±0.01bCD
3	2	5.92±1.15aA	2.82±0.08bBCD	3.33±0.42bBC	2.76±0.26bBC
4	2	6.19±0.91aA	3.90±0.39bcAB	4.89±0.66abA	3.03±0.69cBC
5	2	6.54±0.35aA	3.53±0.01cABC	4.41±0.02bcAB	5.14±0.06abA
6	2	7.19±0.98aA	4.70±0.46bA	5.27±0.36bA	3.98±0.62bAB

a-c: Her bir satırda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05)

A-D: Her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05)

Çizelge EK 2.24 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının peroksit değerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	56.12	0.000**
Muamele (M)	3	33.53	0.000**
SxM	18	1.32	0.247
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.25 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının peroksit değerine glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	7.01±3.21a
SG	14	5.28±2.62b
AG	14	4.69±2.51b
KG	14	3.57±1.56c
Süre ²		
0	8	1.56±0.40d
1	8	2.89±0.94c
2	8	3.95±1.51c
3	8	5.61±1.81b
4	8	6.36±1.91b
5	8	6.95±1.83b
6	8	8.63±0.30a

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.26 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının sülfidril miktarında meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	22.54	0.000**
Muamele (M)	3	46.76	0.000**
SxM	18	1.27	0.279
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.27 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının sülfidril miktarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	76.42±9.37c
SG	14	92.27±9.03b
AG	14	93.76±3.71b
KG	14	100.77±9.78a
Süre ²		
0	8	98.09±6.58b
1	8	107.70±4.90a
2	8	92.38±4.18bc
3	8	86.85±9.29cd
4	8	85.56±9.62cd
5	8	85.12±9.93cd
6	8	79.92±10.96d

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.28 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının karbonil miktarında meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	14.73	0.000**
Muamele (M)	3	39.12	0.000**
SxM	18	4.07	0.279**
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.29 Dondurularak depolanan gökkuşağı alabalık filetoalarının karbonil miktarına glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	3.08±1.11ac
SG	14	2.13±0.31b
AG	14	2.04±0.38b
KG	14	1.85±0.34b
Süre ²		
0	8	1.74±0.47c
1	8	1.82±0.32c
2	8	2.10±0.36bc
3	8	2.14±0.25bc
4	8	2.54±0.78ab
5	8	2.63±0.88a
6	8	2.96±1.22a

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.30 Dondurularak depolanan gökkuşağı alabalık filetoalarının karbonil miktarına SxM interaksiyonunun etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Muamele grupları			
		K	SG	AG	KG
Süre					
0	2	2.29±0.42aC	1.79±0.06aA	1.42±0.33aA	1.48±0.54aA
1	2	1.98±0.02aC	1.97±0.58aA	1.83±0.25aA	1.51±0.06aA
2	2	2.26±0.40aC	2.07±0.52aA	2.16±0.48aA	1.92±0.35aA
3	2	2.41±0.27aC	2.11±0.11aA	2.09±0.33aA	1.96±0.11aA
4	2	3.76±0.35aB	2.24±0.07bA	2.20±0.03bA	1.95±0.30bA
5	2	4.03±0.10aAB	2.26±0.17bA	2.26±0.26bA	1.97±0.13bA
6	2	4.85±0.68aA	2.47±0.06aA	2.36±0.28aA	2.15±0.42aA

a-b: Her bir satırda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01)

A-c: Her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01)

Çizelge EK 2.31 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının TPAB yüklerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	7.13	0.000**
Muamele (M)	3	48.67	0.000**
SxM	18	2.44	0.017*
Hata	28		
Toplam	55		

*P<0.05 düzeyinde, **P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.32 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının TPAB yüklerine glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	5.18±0.26a
SG	14	4.36±0.50b
AG	14	3.85±0.72c
KG	14	3.65±0.60c
Süre ²		
0	8	4.59±0.35a
1	8	4.54±0.49a
2	8	4.51±0.58a
3	8	4.35±0.56a
4	8	4.14±0.71a
5	8	4.09±0.89ab
6	8	3.61±1.37b

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.33 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının TPAB yüklerine SxM interaksiyonunun etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Muamele grupları			
		K	SG	AG	KG
Süre					
0	2	4.79±0.22aA	4.90±0.12aA	4.54±0.19aA	4.15±0.28aA
1	2	4.95±0.06aA	4.84±0.13aA	4.44±0.36abAB	3.95±0.52bA
2	2	5.31±0.08aA	4.55±0.13bA	4.26±0.03bAB	3.92±0.44bA
3	2	5.14±0.04aA	4.30±0.01bAB	4.09±0.30bAB	3.86±0.45bA
4	2	5.16±0.07aA	4.23±0.18bAB	3.63±0.04bBC	3.52±0.31bA
5	2	5.40±0.06aA	4.21±0.04bAB	3.29±0.02cCD	3.47±0.02cAB
6	2	5.54±0.04aA	3.51±0.72bB	2.69±0.98cD	2.72±1.09cB

a-c: Her bir satırda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05)

A-D: Her bir sütunda aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05)

Çizelge EK 2.34 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının ransit koku değerlerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	20.90	0.000**
Muamele (M)	3	9.56	0.000**
SxM	18	1.88	0.064
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.35 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının ransit koku değerlerine glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	8.41±0.96b
SG	14	9.09±0.54a
AG	14	8.68±0.58b
KG	14	8.99±0.69a
Süre ²		
0	8	9.78±0.42a
1	8	9.54±0.32a
2	8	8.58±0.31b
3	8	8.59±0.44b
4	8	8.35±0.64b
5	8	8.41±0.53b
6	8	8.30±0.74b

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.36 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetolarının yağsı koku değerlerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	13.49	0.000**
Muamele (M)	3	3.93	0.018*
SxM	18	0.56	0.898
Hata	28		
Toplam	55		

*P<0.05 düzeyinde, **P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.37 Dondurularak depolanan gökkuşığı alabalık filetoalarının yağsı koku değeriğine glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	8.02±1.19b
SG	14	8.73±0.77a
AG	14	8.61±0.86a
KG	14	8.61±0.73a
Süre ³		
0	8	9.65±0.52a
1	8	9.47±0.45a
2	8	8.60±0.47b
3	8	8.10±0.62c
4	8	7.90±0.83c
5	8	8.01±0.72c
6	8	7.72±0.52c

¹Sonuçlar ortalama değeri±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05).

³Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.38 Dondurularak depolanan gökkuşığı alabalık filetoalarının asidik koku değeriğinde meydana gelen değışmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	10.08	0.000**
Muamele (M)	3	21.93	0.000**
SxM	18	0.50	0.935
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.39 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının asidik koku değerlerine glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	9.03±0.66a
SG	14	9.12±0.64a
AG	14	7.78±0.68c
KG	14	8.59±0.70b
Süre ²		
0	8	9.58±0.92a
1	8	9.22±0.71a
2	8	8.48±0.50b
3	8	8.23±0.61b
4	8	8.54±0.58b
5	8	8.20±0.73b
6	8	8.19±0.81b

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.40 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının boya kokusu değerlerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	11.24	0.000**
Muamele (M)	3	1.27	0.304
SxM	18	0.57	0.895
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.41 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının boya kokusu değerlerine glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Süre ²		
0	8	9.93±0.21a
1	8	9.63±0.35a
2	8	8.78±0.63b
3	8	8.20±0.57bc
4	8	8.53±0.85b
5	8	8.22±0.39bc
6	8	8.45±0.51b

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

Çizelge EK 2.42 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının renk değerlerinde meydana gelen değişmelere glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	DF	F	P
Depolama süresi (S)	6	7.74	0.000**
Muamele (M)	3	7.95	0.000**
SxM	18	1.34	0.239
Hata	28		
Toplam	55		

**P<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge EK 2.43 Dondurularak depolanan gökkuşuğu alabalık filetoalarının renk değerlerine glazelemenin ve depolama süresinin etkisini gösteren Duncan sonuçları

Faktör	n	Ortalama ¹
Muamele ²		
K	14	7.49±1.06c
SG	14	8.61±0.62a
AG	14	7.94±0.94b
KG	14	8.19±0.76ab
Süre ²		
0	8	8.85±0.78a
1	8	8.59±1.07a
2	8	8.35±0.38ab
3	8	8.32±0.36ab
4	8	7.55±0.75c
5	8	7.33±1.19c
6	8	7.43±0.47c

¹Sonuçlar ortalama değer±standart hata olarak verilmiştir.

²Aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.01).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehser TURAN

Doğum Yeri : Edremit

Doğum Tarihi: 07.05.1985

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu: (Kurum ve Yıl)

Lise : Ayrancı Anadolu Lisesi, Ankara (1999-2003)

Lisans : Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İzmir (2004-2009)

Erasmus : Universidade de Évora Portekizce Dil Eğitimi, Portekiz/ Évora (01.02.2008–29.02.2008)

Universidade do Algarve Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Portekiz/Faro (03.03.2008–30.06.2008)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara (Eylül 2009-Kasım 2011)

Sempozyum Katılımı : 16. Su Ürünleri Sempozyumu Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Antalya, Sözlü Sunum (25-27 Ekim 2011)