

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH PAPER

Soğuk Depolama Sürecinde Gökkuşaağı Alabalığında (*Oncorhynchus Mykiss*, L. 1758) Meydana Gelen Fizikokimyasal Değişimlerin Gıda Güvenliği ve Besin Kalitesi Perspektifinden İncelenmesi ^[*]

Mustafa YILDIZ^{1*} Candan VARLIK²

^{1*}*İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Doğa Bilimleri ve Müh. Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Halkalı Kampüsü, K. Çekmece, İstanbul, Türkiye.*

²*İstanbul Aydın Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fak., Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Beş yol Mah. İnönü Cad. No:38, K.Çekmece, İstanbul, Türkiye.*

Geliş Tarihi: 09.04.2025

Kabul Tarihi: 09.05.2025

Basım Tarihi: 31.05.2025

Atf yapmak için: Yıldız, M., & Varlık, C. (2025). Soğuk Depolama Sürecinde Gökkuşaağı Alabalığında (*Oncorhynchus Mykiss*, L. 1758) Meydana Gelen Fizikokimyasal Değişimlerin Gıda Güvenliği ve Besin Kalitesi Perspektifinden İncelenmesi. *Anadolu Çev. Hay. Bil. Derg.*, 10(3), 309-320. <https://doi.org/10.35229/jaes.1673028>

How to cite: Yıldız, M., & Varlık, C. (2025). Investigation of Physico Chemical Changes in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*, L. 1758) During Cold Storage from the Perspective of Food Safety And Nutritional Quality. *J. Anatol. Env. Anim. Sci.*, 10(3), 309-320. <https://doi.org/10.35229/jaes.1673028>

 <https://orcid.org/0000-0002-8232-5655>
 <https://orcid.org/0000-0002-0045-1819>

***Sorumlu yazarın:**

Mustafa YILDIZ
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Doğa
Bilimleri ve Mühendislik Fakültesi, Gıda
Mühendisliği Bölümü, Halkalı Kampüsü, K.
Çekmece, İstanbul, Türkiye.
✉: m.yildiz@izu.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, Gökkuşaağı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, L. 1758) 4±1°C’de depolama sürecinde meydana gelen fiziksel, kimyasal, biyolojik değişimler incelenerek besin kalitesi ve gıda güvenliği bakımından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda ağırlık değişimi (g), % (nem , protein, yağ) değişimi, TBV-N (mg/100g), yağ asitleri ve aminoasit kompozisyonları incelenmiştir. Depolama süresinde ağırlık 110,95±0,55g –104,20±0,35g ve nem oranı %79,10±0,35–77,10±10 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Serbest yağ asitliği (FFA % oleik asit olarak) %1,5±0,05-% 4,50±0,10; peroksit değeri 6,30±0,2–14,50±070 meq/kg; TVB-N değeri 15,30±0,02–32,23±0,15 mg/100g arasında değiştiği ve depolama boyunca yükseldiği belirlenmiştir. Yağ asitleri kompozisyonunda ΣSFA (toplam doymuş yağ asitleri) %24,34±0,18; ΣMUFA (toplam tekli doymamış) %31,45±1,05; ΣPUFA (toplam çoklu doymamış) %47, 42±1,13; dokosaheksaenoik asit (DHA) (C22:6n-3) 10,63±0,18 - 8,97±0,15, eikopentaenoik asit (EPA) (C20:5, n-3) %10,05±0,13- 3,38±0,15 olarak tespit edilmiştir. Esansiyel aminoasitlerin esansiyel olmayan aminoasitlere oranı (ΣEAA/ Σ NEAA) 0,66 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, Gökkuşaağı alabalığının 4±1°C’de soğuk depolamanın 4’üncü gün de fizikokimyasal reaksiyonların FFA (%), peroksit (meq/kg), üst sınırı aşan değerler bulunmuştur. Kimyasal bozulma ve tazeliğin değerlendirilmesinde önemli bir indikatör olan TVB-N(mg/100g) uygun olmayan sınıra yakın değer tespit edilmiştir. Kimyasal bozulma parametrelerinde artış depolama süresince devam etmiştir. Bütüncül bir değerlendirme yapıldığında Gökkuşaağı alabalığının 4’üncü günden sonra besinsel kalite ve gıda güvenliği bakımından insan tüketimi için önerilemeyeceği belirlenmiştir. Bu veriler kapsamında 4±1°C’de soğuk depolamanın gökkuşaağı alabalığının muhafazasında çok sınırlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ancak besin kalitesi ve gıda güvenliği bakımından uzun süreli muhafaza için dondurarak muhafaza gibi daha etkin metotlarının kullanılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Aminoasit kompozisyonu, FFA, gökkuşaağı alabalığı, peroksit, soğuk depolama, TBV-N.

Investigation of Physico Chemical Changes in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*, L. 1758) During Cold Storage from the Perspective of Food Safety And Nutritional Quality ^[*]

Abstract: In this study, it was aimed to evaluate the physical, chemical and biological changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, L. 1758) during storage at 4±1°C in terms of food quality and food safety. In this context, weight change (g), % (moisture, protein, fat) change, TBV-N (mg/100g), fatty acids and amino acid compositions were analysed. It was determined that the weight ranged between 110,95±0,55g - 104,20±0,35g and moisture content ranged between 79,10±0,35-77,10±10% during the storage period. Free fatty acidity (FFA % oleic acid) ranged between 1,5±0,05%-4,50±0,10%; peroxide value ranged between 6,30±0,2-14,50±070 meq/kg; TVB-N value ranged between 15,30±0,02-32,23±0,15 mg/100g and increased during storage. In fatty acid composition, ΣSFA (total saturated fatty acids) were 24,34±0,18%; ΣMUFA (total monounsaturated) were 31,45±1,05%; ΣPUFA (total polyunsaturated) were 47, 42±1,13%; docosahexaenoic acid (DHA) (C22: 6n-3) was 10,63±0,18 - 8,97±0,15, eicopentaenoic acid and (EPA) (C20:5, n-3) was 10,05±0,13 - 3,38±0,15 %. The ratio of essential amino acids to non-essential amino acids (ΣEAA/ Σ NEAA) was 0.66. As a result, FFA (%), peroxide (meq/kg) and FFA (%) of physicochemical reactions of rainbow trout on the 4th day of cold storage at 4±1°C were found to exceed the upper limit. TVB-N (mg/100g), which is an important indicator in the evaluation of chemical spoilage and freshness, was found to be close to the limit. The increase in chemical spoilage parameters continued during storage. When a holistic evaluation was made, it was determined that rainbow trout could not be recommended for human consumption in terms of nutritional quality and food safety after the 4th day. Within the scope of these data, it was observed that cold storage at 4±1°C had a very limited effect on the preservation of rainbow trout. However, it is recommended to use more effective methods such as freezing for long-term preservation in terms of nutritional quality and food safety.

Key words: Amino acid composition, Fatty acid, Peroxide, Protein, Rainbow trout, TBV-N.

***Corresponding author’s:**

Mustafa YILDIZ
İstanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of
Natural Sciences and Engineering, Department
of Food Engineering, Halkalı Campus, K.
Çekmece, İstanbul, Türkiye.
✉: m.yildiz@izu.edu.tr

^[*] Bu makale Mustafa Yıldız’ın doktora çalışmasından üretilmiştir.

This manuscript was produced from Mustafa Yıldız’s doctoral thesis.

GİRİŞ

Su ürünleri besin bileşimleri bakımından sağlıklı beslenmenin vazgeçilmez en önemli kaynaklarından biridir. Balıkta bulunan elzem besin öğeleri ve yüksek kalitedeki protein, balığı çok kıymetli bir gıda haline getirmektedir. Balık sadece bir hayvansal protein kaynağı olarak kalmayıp bir porsiyon balık (150g) ergin bir bireyin günlük protein ihtiyacının yarısından fazlasını karşılamaktadır (Öksüz vd., 2018). Özellikle beslenme bilincinin artması ve gelişen refah düzeyi balık ve balık ürünlerine olan talebi arttırmıştır. Bu nedenle su ürünlerinin gelecekte sağlıklı beslenmedeki öneminin giderek artacağı öngörülmektedir (Lymbery, 2000). Balık, içerik olarak su, protein, yağ, vitamin ve minerallerden oluşmuş bir gıdadır. İyot, vitamin D, kalsiyum, fosfor, potasyum, selenyum ve folik asit gibi vitamin ve mineraller ile vücut için esansiyel olan omega yağ asitleri ve amino asitlerce zengin bir kaynaktır. Protein dahil tüm besin bileşenlerinin biyoyararlılığı yüksektir. Bununla birlikte balık yağının doymamış yağ asitleri oranının yüksek olması, esansiyel yağ asitleri oranı n-6/n-3 dengeli içermesi balık yağının sağlıklı beslenme bakımından değerli yapmaktadır. Dengeli bir esansiyel yağ asitleri oranı (n-6/n-3), balık yağında yüksek oranda bulunan omega bazlı uzun zincirli eicosapentaenoic acid (EPA) ve docosahexaenoic acid (DHA) gibi yağ asitleri besinsel olarak önemli oldukları kadar kardiyovasküler ve kanser gibi hastalıkların önlenmesinde etkili oldukları belirtilmiştir (Foran, vd., 2005; Marchioli vd., 2009).

Protein, aminoasit, yağ ve yağ asitleri kompozisyonu bakımından önemli bir besin kaynağı olan balık fizyolojik olarak diğer gıda kaynaklardan farklı olmasından dolayı hızla bozulabilmektedir. Balık kalitesi; balığın türü, avlama bölgesi, avlama teknikleri, avlanmadan sonra uygulanan muhafaza teknikleri, ön işlemler, personel hijyeni, işleme ve depolamaya kadar geçen süre gibi faktörler tarafından etkilenmektedir (Özden & Gökoğlu 1997). Balıklarda bozulma avlama sonrası başlayan kimyasal, biyokimyasal (enzimatik) ve mikrobiyal olarak gelişen karmaşık reaksiyonlar zincirinden meydana gelmektedir (Hisar vd, 2004). Balık kas dokusundaki makro besin bileşenleri; protein, yağ, karbonhidrat ve suya bağlı olarak meydana gelen oksidatif reaksiyonlar da balığın bozulmasında etkili olmaktadır. Depolama şartlarına bağlı olarak yağda meydana gelen hidroliz ve peroksidasyon yanında, protein oksidasyonunun da meydana gelmesi depolama sürecinde kalite kayıplarına neden olmaktadır (Çelik vd., 2008; Oğuzhan vd., 2006; Tunç, 1994; Şengör, 2020). Genellikle çiğ ve işlenmemiş yüksek protein içeren (%17-25) balık kas dokusunda protein oksidasyonu bozulma reaksiyonlarının gizli ve önemli nedenlerinden biri olduğu

belirtilmiştir (Pearce vd., 2011). Protein oksidasyonunun genellikle lipid oksidasyonu ve biyokimyasal (enzimatik) reaksiyonlar gibi diğer oksidatif reaksiyonlarla ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Soladoye, 2015). Su ürünlerinde fiziksel, mikrobiyolojik, biyokimyasal ve kimyasal bozulma reaksiyonlarının hızını azaltmak 'Su'dan – sofraya' gıda güvenliğini sağlamak soğuk zincir içerisinde muhafaza edilmeleri ile sağlanabilmektedir (Ertaş, 1978; Gökoğlu & Varlık, 1992). Su ürünlerin muhafaza edilmesinde yaygın olarak soğukta muhafaza, dondurarak muhafaza ve buzda saklama gibi soğutma teknikleri uygulanmaktadır. Balığın taze olarak hızlı tüketim zincirinde uygulanan en yaygın muhafaza tekniklerinden biri soğuk muhafazadır. Etkili bir soğuk muhafaza işleminin yapılması için; balığın avlandığı andaki mikrobiyolojik yükü, yaşadığı suyun sıcaklığı, depolama sürecine kadar geçen süre ve yapılan ön işlemler, depolama şartları (sıcak, bağıl nem, depo atmosferinin bileşimi) gibi parametrelerin kontrol altında tutulması önem taşımaktadır (Varlık vd., 2004).

Bu çalışmada; kültür balıkçılığında yaygın olarak yetiştirilen su ürünlerinden biri olan Gökkuşluğu Alabalığının hızlı tüketim zincirinde 4±1 °C soğukta depolama sürecinde meydana gelen fizikokimyasal ve biyolojik değişimlerin besin kalitesi ve gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal: Çalışmada kullanılan Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, L. 1758) İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Sabanca Balık üretme çiftliğinden temin edilmiştir. Çalışma kapsamına alınan balıkların aynı yaş grubuna ait olmaları, ortalama ağırlıklarının ve boylarının aynı olmasına özen gösterilmiştir. Balıkların önce iç organları temizlenmiş, yıkanıp kurulandıktan sonra eşit ağırlıkta olacak şekilde örnekler alüminyumla kaplanmış karton üzerine dörtlü gruplar halinde dizilerek streçle filmle kaplanmıştır. Başlangıç analizleri için (fiziksel, kimyasal) örnekler ayrılmış diğer örnekler 4 ±1 °C ve %95 nem ortamında soğuk depolamaya alınmıştır.

Metotlar

Ağırlık Değişimi: Depolama süresinde Gökkuşluğu alabalığından iki gün ara ile numune alınarak hassasa terazide (Sartorius, 1615MP) tartılarak yapılmıştır.

Nem Tayini: AOAC, (1990 a), Memmert UM400 model etüv (Nürnberg,, Almanya) ile tayin edilmiştir. Kıyılmış homojenize edilmiş balıktan hassas olarak sabit ağırlığa getirilmiş petri kapına 3,5 g örnek tartılmıştır. 105 °C'de ısıtılmış etüvde sabit tartıma ulaşıncaya kadar

kurutulmuş ve ürünün nem miktarı ağırlık kaybından hesaplanmıştır.

Toplam Yağ Tayini: AOAC, (1990b), toplam yağ içeriği asit hidroliz yöntemi ile belirlendi. Bir santrifüj tüpü içerisine kıyılmış örnekler (1,5 g) tartılmıştır. Tüp içerisine seyreltik hidroklorik asit (Merck, Almanya) (5 ml) ile ilave edilerek yaklaşık 45 dakika su banyosu üzerinde karıştırılarak ısıtılmıştır. Elde edilen karışım üzerine metanol (2,5 ml), dietil eter (7,5 ml) ve petrol eter (7,5 ml) ilave edilerek çözücü kombinasyona ile su banyosu üzerinde karıştırma ve ısıtma işlemi devam ettirilerek (30dakika) yağın eter fazına geçmesi sağlanmıştır. Daha sonra karışım santrifüj edilmiş, eter-yag (üst faz) karışımı önceden darası alınmış bir yağ balonuna aktarılmıştır. Geri soğutucuda eter buharlaştırıldı ve örnekdeki yağ içeriği hesaplanmıştır.

Protein Tayini: Protein içeriğinin hesaplanmasında kıyılmış hohojenize edilmiş balık eti örneği kullanılmıştır. Protein içeriği, Gerhardt yarı mikro Kjeldahl yöntemi AOAC, (1990c), ve yanma yöntemine dayalı Leco CHNS 932 aparatı kullanılarak, AOAC, (1990d) distilasyon ve titrasyon yapılarak azot miktarı tayin edilmiştir. ($N \times 6,25$) kullanılarak protein oranı hesaplanmıştır.

Peroksit değerini (PV): Peroksit değerini belirlemek için, Gökkuşuğu alabalığından elde edilmiş yağ ultra-turrax ile homojenize edilir, homojenize edilen yağdan bir erlene 5g tartılarak üzerine kloroform: asetik asit karışım çözeltisi (2:3) eklenerek 3 dakika çalkalanır. Üzerine 1,5 mL doymuş potasyum iyodür (KI) (Merck, Almanya) çözeltisi eklenir ve 1 dakika çalkalanır, karanlıkta 5 dakika bekledilir. Daha sonra, üzerine 30 mL distile su eklenerek bir dakika daha çalkalanır. Daha sonra karışımın üzerine %1'lik nişasta çözeltisinden 1 mL ilave edilerek, 0,1 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ($Na_2S_2O_3$) ile titre edilir. Bu işleme paralel olarak bir kör (örnek olmayan) titrasyon yapılır AOCS, (1994), Cd-5a-40). Titrasyonda harcanan sodyum tiyosülfat miktarı (mL) dikkate alınarak peroksit değeri meq/ kg olarak hesaplanır.

Serbest Yağ Asitliği (FFA% oleik asit): Serbest yağ asitliği AOCS, (1990), Ca-5a-40 standart titrasyon metoduna göre yapılmıştır. Erlen 2,5g balık yağı hassas olarak tartılır. Üzerine sıcak 50mL sıcak alkol ilav edilir, 2mL fenolfitalein(ff) indikatörü eklenerek 0,1N NaOH (Merck, Almanya) ile uçuk pembe renk verinceye kadar titre edilir. Harcanan NaOH miktarı (mL) dikkate alınarak serbest yağ asitliği hesaplanır.

Yağ Asitleri Kompozisyonu: IUPAC (1987), yağ asitleri kompozisyonu, International Union of Pure and Applied Chemistry Method 2. 301 talimatları izlenerek belirlenmiştir, 0.150- 0.200 g yağ örneği tartılarak üzerine 5 ml 0,5 N metanolik sodyum hidroksit (NaOH) (Merck - Almanya) çözeltisi eklenmiştir. Devamında 90 °C'de geri soğutucu altında su panyosu sabunlaştırma işlemi gerçekleştirilmiş, boron triflorür-|metanol kompleksi (BF₃)

(Sigma Aldrich 8.01663, Darmstadt, Germany) ile metilasyon sağlanmış ve yağ asidi metil esterleri n-heptan fazına alınarak gaz kromatografisi (GC) (Shimadzu 2010, Japonya) cihazına enjekte edilmiştir.

GC cihazının çalışma şartları;

Enjektör sıcaklığı: 220 °C,

Kolon sıcaklığı: (75 °C, den 4°C /dak, artırılarak 200 °C çıkarılmıştır)

Dedektör Flame Ionization Detector (FID) sıcaklığı: 250 °C

Taşıyıcı gaz olarak helyum (He) (akış 30mL/dk), Split 1: 25.

Kolon (Supelco silica capillary colon) (Uzunluk; 100m, film 0,20µm, yarı cap 0,25mm, Model SPTM-2380; Bellefonte, PA, USA).

Yağ asitlerinin tanımlanması ise, alıkonma zamanına göre yağ asidi metil esteri standartları kullanılarak yapılmıştır.

Toplam uçucu bazik azot (TVBN) tayini: Kimyasal analizlerden TVB-N (toplam uçucu bazik azot) analizi Antonocopoulos tarafından modifiye edilmiş, Lucke ve Giedel'e göre yapılmıştır (Schormuller, 1968).

Aminoasit Kompozisyonu: Örneğin hazırlanması; 0,1-1,0 g homojenize edilmiş örnek 50 ml'lik ağzı kapalı analiz şişesi içerisine alınır ve 6 N hidroklorik asit çözeltisinden 20 ml ilave edilir, şişe içine azot gazı verilerek ağzı sıkıca kapatılır ve 24 saat 110°C etüvde hidroliz edilir. Örnek, oda sıcaklığına getirilerek adi filtre kâğıdından süzülür. Süzüntüden 0,2 ml deney tüpüne alınarak azot gazı altında 50°C'de uçurulur ve üzerine 0,5 ml asetonitril konarak uçurma işlemi tekrarlanır. Tüp içindeki kalıntıya yaklaşık 0,5 ml asetonitril:metanol:triethylamin karışımı ve 0,1 ml türevlendirme çözeltisinden ilave edilerek 40°C etüvde 30 dakika süreyle türevlendirilir. Azot gazı altında 40°C'de uçurulduktan sonra üzerine 0,2 ml asetonitril ilave edilir ve azot gazı altında tekrar uçurulur. Üzerine 5 ml 0,02 M amonyum asetat çözeltisi ilave edilir. 0,2 µm filtreden süzülerek UFLC (Ultra hızlı likit kromatografi)'ye enjekte edilir (Dimova, (2003).

UFLC Çalışma koşulları:

Mobil Faz A: 1 L'lik balon jojeye 0,78 g sodyum dihidrojen fosfat dihidrat ve 0,88 g disodyum hidrojen fosfat dihidrat tartılır ve deiyonize su ile hacimine tamamlanır. Tampon çözeltisinin pH değeri 6,8-6,9 arasında olacak şekilde ayarlanır ve süzülür.

Mobil Faz B: Asetonitril

Kolon Sıcaklığı: 40°C

Dedektör: UV

Dalga Boyu: 254 nm

Enjeksiyon Hacmi: 10 µl

Akış Hızı: 1 ml/dakika

Kolon: Agilent, Eclipse XDB-C18,5 µm, 4x6x150 mm

İstatistik Analiz: Bu çalışmada 4 depolanan Gökkuşluğu alabalığının farklı günlerde ölçülen fiziksel, kimyasal parametrelerin ve kalite özelliklerinin zamana bağlı değişimini değerlendirmek için istatistiksel analiz yapılmıştır. Parametrelerin günler arasındaki farklılığını belirlemek için varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve anlamlılık düzeyi %95 güven aralığında ($p < 0,05$) değerlendirilmiştir. Anlamlı farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için LSD testi uygulanmış, sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Tüm analizler, IBM SPSS 26 yazılım programı kullanılarak 3 tekerrürlü ($n:3$) yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Balıkların depolanma sürecini etkileyen önemli parametrelerin başında kas dokusunda bulunan nem ve yağ, protein, karbonhidrat gibi makro besin bileşenleridir. Nem; kimyasal, enzimatik reaksiyonların ve mikrobiyolojik

bozulmanın meydana gelmesinde önemli bir indikatördür. Balıkta'da nem üç farklı şekilde bulunmakdadır; makromolekül bileşikleriyle yakın ilişkili olarak bulunan bağlı su, organize protein yapıları içinde yer alan immobilize su ve ekstra-miyofibriller içinde bulunan serbest su şeklinde bulunur (Pearce, vd., 2011). Sun vd., (2018) tarafından yapılan çalışmada balığın 4 ± 1 °C soğuk depolama sırasında protein ve su etkileşimi nedeniyle depolamanın erken aşamasında bağlı su ve serbest su arasında belirgin geçişler gözlenmiştir (Wang vd., 2018). Wang vd., (2019) yapılan çalışmada 4 ± 1 °C'de somon balığında depolama süresinin uzamasıyla birlikte kas dokusundaki bağlı su oranının da azalma olurken serbest su oranında artış meydana geldiği bunun kas dokusunda yumuşamaya ve kas proteinlerinde kayıplara neden olduğu ifade edilmiştir. Nem kaybının ayrıca kas dokusunun fiziksel özelliklerini olumsuz etkilediği, proteinlerde kısmi denatürasyona ve kas dokusunun su tutma kapasitesinin azalmasına neden olduğu belirtilmiştir (Hultmann & Rustad, 2002).

Tablo 1. Gökkuşluğu alabalığının soğukta depolama ($+4 \pm 1$ °C) sürecinde (gün) meydana gelen, Ağırlık değişimi(g), % (nem, protein, yağ, serbest yağ asitliği), peroksit meq/kg, TVB-N mg/100g fizikokimyasal değişimler.

Değişkenler	0	2(gün)	4(gün)	7(gün)	10(gün)	12(gün)	14(gün)	17 (gün)	F	p
Ağırlık değişimi	110,95 $\pm$ 0,55 ^a	109,80 $\pm$ 0,60 ^{ab}	109,00 $\pm$ 0,20 ^{ab}	107,35 $\pm$ 0,75 ^b	105,80 $\pm$ 0,20 ^c	105,10 $\pm$ 0,30 ^{cd}	104,60 $\pm$ 0,05 ^d	104,20 $\pm$ 0,35 ^d	99,215	0,000*
Nem (%)	79,10 $\pm$ 0,35 ^a	78,70 $\pm$ 0,10 ^a	78,40 $\pm$ 0,05 ^{ab}	78,60 $\pm$ 0,57 ^a	77,80 $\pm$ 0,05 ^b	77,35 $\pm$ 0,05 ^c	77,25 $\pm$ 0,05 ^d	77,10 $\pm$ 0,05 ^d	27,280	0,000*
Protein(%)	21,13 $\pm$ 0,21 ^a	20,15 $\pm$ 0,05 ^b	19,15 $\pm$ 0,90 ^b	19,33 $\pm$ 0,49 ^b	18,95 $\pm$ 0,05 ^c	18,92 $\pm$ 0,03 ^c	18,60 $\pm$ 0,20 ^d	18,60 $\pm$ 0,10 ^d	14,731	0,000*
Yağ(%)	3,80 $\pm$ 0,10	3,75 $\pm$ 0,15	3,75 $\pm$ 0,05	3,70 $\pm$ 0,20	3,75 $\pm$ 0,05	3,80 $\pm$ 0,10	3,72 $\pm$ 0,10	3,70 $\pm$ 0,10	0,346	0,919
Serbest yağ asitliği	1,15 $\pm$ 0,05 ^c	1,60 $\pm$ 0,10 ^c	4,10 $\pm$ 0,10 ^a	3,30 $\pm$ 0,20 ^b	3,60 $\pm$ 0,10 ^b	4,25 $\pm$ 0,25 ^a	4,15 $\pm$ 0,15 ^a	4,50 $\pm$ 0,10 ^a	439,178	0,000*
Peroksit (meq/kg	6,30 $\pm$ 0,20 ^f	10,85 $\pm$ 0,65 ^e	17,60 $\pm$ 0,40 ^e	10,30 $\pm$ 0,25 ^e	11,85 $\pm$ 0,35 ^d	16,80 $\pm$ 0,30 ^b	17,20 $\pm$ 0,20 ^a	14,50 $\pm$ 0,70 ^c	276,021	0,000*
TVB-N (mg/kg)	15,30 $\pm$ 0,02 ^e	14,85 $\pm$ 0,15 ^e	20,10 $\pm$ 0,30 ^d	12,30 $\pm$ 6,32 ^f	21,75 $\pm$ 0,25 ^c	24,98 $\pm$ 0,03 ^b	25,10 $\pm$ 0,10 ^b	32,23 $\pm$ 0,15 ^a	25,282	0,000*

$P < 0,05$; sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma($n:3$) olarak verilmiş olup; aynı satırda farklı harfleri (a, b, c, d, e, f) taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemli dir.

Tablo. 1'de Gökkuşluğu alabalığının makro besin bileşenlerinde meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimler verilmiştir. Ağırlık değişimi; 2,10 ve 12, nem; 2, 7, 10, 12, serbest yağ asitliği; 2, 4, 7, 12, peroksit değeri; 2, 4, 7, 10 ve 12, protein; 2, 10, 12 ve 14, TVB-N değeri; 4, 7, 10, 12 ve 17 günleri arasında meydana gelen değişimler istatistiksel olarak ($P < 0,05$) göre önemli olduğu belirlenmiştir.

Ağırlık değişimi: Örneklerde 17'nci gün sonunda en düşük ağırlık % 104,20 $\pm$ 0,35 (g) olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). Örneklerdeki ilk ağırlığa göre 110,95 $\pm$ 0,55; F = 99,215, ($p = 0,000$), 17 günlük depolama sonunda toplam ağırlık kaybının 6,75 $\pm$ 0,20 g olduğu tespit edilmiştir.

Nem (su) kaybı: Balıkların kas dokusunun nem tutma kapasitesi etin sertliği, yumuşaklığı, çözünme sırasında damlama ve depolama ve taşıma sırasında ağırlık kaybını etkilemesinden dolayı önemli bir kalite parametresidir. Nem tutma kapasitesi ve nem kaybındaki değişkenlik balık dokusunu olumsuz etkilemekte ve kalite kaybına neden olmaktadır (Duun & Rustad, 2007; Davson, vd. 2018).

Çalışmamızda nem oranlarındaki değişim ise; depolama başlangıcında nem oranı %79,10 $\pm$ 0,35 olduğu 17. Gün sonunda %77,10 $\pm$ 0,05 düştüğü belirlenmiştir.

Nem kaybı balığın tazeliği hakkında karar verilmesinde önemli bir parametre olması yanında kimyasal bozulmaların da tamamlayıcısı olarak da değerlendirilmektedir (Tunç, 1994). Özden (2005); Çelik & Küçükgülmez (2008) tarafından yapılan çalışmalarda taze gökkuşluğu alabalığında nem oranları sırasıyla %76,23 $\pm$ 2,02 ve %71,65 $\pm$ 0,076 olarak belirlemiştir. Bulgularımız her iki çalışmada bulunan nem oranlarının bir miktar (%79,10 $\pm$ 0,35) üzerinde bulunmuştur.

Yağ Oranında değişim: Birçok çalışmada balıkların dondurarak depolanması sırasında yağ içeriğinin azaldığını belirtmiştir (Omotoshio & Olu, 1995). Arannilewa, vd, (2005) tarafından yapılan çalışmada Tilapia balığının toplam yağ içeriğinin 60 günlük dondurulmuş depolama sırasında %9,72'den %7,20'ye düştüğünü tespit etmişlerdir. Gökkuşluğu alabalığının soğuk depolama sürecinde yağ oranında anlamlı bir değişiklik olmamıştır ($P < 0,05$). Ancak kısmi bir azalma meydana gelmiştir. (%3,80 $\pm$ 0,10- 3,70 $\pm$ 0,10). Ellahamy vd., (2023), tarafından yapılan çalışmada Gümüş ve Sazan balıklarında depolama sırasında toplam yağ oranlarında çok az bir azalma olduğunu bunun hidroliz ve oksidasyon reaksiyonları sonucu parçalanmadan ileri geldiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda gökkuşluğu alabalığında

depolama sürecinde yağ oranında meydana gelen azalmanın aynı nedenlerden ileri geldiği düşünülmektedir.

Serbest yağ asitliğinde değişim (FFA%): Balık yağları yüksek oranda doymamış yağ asitleri içermeleri nedeniyle hidroliz ve oksidasyon reaksiyonlarına karşı aşırı hassastırlar. Yağda meydana gelen oksidasyon ve hidroliz reaksiyonları sonucu oluşan, aldehid ve ketonlar gibi bileşikler istenmeyen tat ve koku oluşmasına, besin değerinin düşmesine ve depolama süresinin kısalmasına neden olurlar (Boran vd., 2006). Secci ve Parisi, (2016) tarafından yapılan çalışmada taze yağlı balıkların buzda depolanması sırasında, yağlarda meydana gelen oksidasyon reaksiyonlarının ağırlıklı olarak kimyasal bozulmayı etkilediği, buzdolabı koşullarında depolanan balıklarda ise mikrobiyolojik (bakteriyel) bozulmanın hidrolitik reaksiyonları etkilediği belirtilmiştir. Özyurt, vd., (2007), tarafından kefal balığının +4 °C buzdolabında depolanmasında serbest yağ asitliğinin 7'nci günde %5.26 yükseldiği belirtilmiştir. Tablo. 1'de Gökkuşluğu alabalığında depolama başlangıcında serbest yağ asitliğinin (FFA) %1,15 ±0,05 tespit edilmiş olup, 4. Gün sonunda %4,10±0,10' yükselmiştir. Depolamanın 17.gün sonunda FFA %4,50±0.10 yükseldiği belirlenmiştir.

Peroksit değerinde (meq/kg) değişim: Yağlarda meydana gelen oksidasyonun belirlenmesinde önemli parametrelerden biri de peroksit değeridir. Balık yağının yüksek oranda uzun zincirli yağ asitlerini içermesi oksidasyon eğilimini artırmaktadır. Oksidasyon çoklu doymamış yağ asitlerinde gelişerek balığın besin kalitesi ve raf ömrünü olumsuz etkilemektedir (Chakrabarty, 2003; Taheri, vd. 2012). Balıkta bulunan uzun zincirli aşırı doymamış eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5ω-3), dokosaheksaenoik asit (DHA, 22:6ω3) ve PUFA gibi yağ asitlerinin oksidasyona karşı aşırı duyarlılık göstermeleri sonucu oluşan oksidasyon ürünleri (aldehitler, ketonlar , karbonil bileşikler) balık'da metalik ve acımsı tatların gelişmesine neden olmaları sonucu balığın besinsel kalitesinin bozulduğu ifade edilmiştir (Wen vd., 2023). Boran vd., (2006) tarafından farklı balık türlerinin yağ kalitesi üzerinde depolama sıcaklığının etkileri incelemiş sıcaklığın balık yağının depolama süresi üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Özyurt vd., (2007) farklı yaş gruplarında kefal balığının (+4°C'de) depolanması sonucu balığın peroksit değerini 17.26 meq/kg – 19.73 meq/kg arasında değiştiği ve tazeliğini kaybettiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda peroksit değeri başlangıçtan itibaren sürekli artış göstermiş olduğu 4'üncü günde (17,60 ± 0.40 meq/kg) düzeyine yükseltiği tespit edilmiştir.

Proteinlerde meydana gelen değişimler: Proteinler balık kas dokusunda bulunan önemli organik bileşiklerden biridir. Depolama sırasında bu bileşikler hem endojen hem de mikrobiyal enzimlerin etkisi ile

parçalanması sonucu kas dokusunun su tutma kabiliyetinin bozulmasına ve kalite kaybına neden oldukları belirtilmiştir (Benjakul vd., 1997; Zhuang, vd, 2023). Su ürünlerinde soğuk depolama sırasında meydana gelen enzimatik reaksiyonlar ve bakteriyolojik faaliyetler sonucu protein içeriğinde ve kalitesinde düşümeye neden olduğu belirtilmektedir (Fallah vd., 2015; Wu & Bechtel, 2008). Çalışmamızda gökkuşluğu alabalığının soğuk depolama sürecinde protein değerleri taze örnekte %21.13±0.21 ve 17 gün sonunda %18,60±0,10 olarak belirlenmiştir. (F = 14.731, p = 0.000) göre önemli bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 2, 10, 12 ve 14. günleri arasında protein değerlerinde istatistiki olarak p<0, 05 düzeyinde önemli bir değişiklik (azalma) tespit edilmiştir. Gökkuşluğu alabalığında depolama sürecinde proteinlerde meydana gelen değişimlerin kısmen kas dokusundaki serbest su oranındaki artıştan ve enzimatik, bakteriyolojik faaliyetten kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Toplam uçucu bazik azot (TVBN) meydana gelen değişim: TVB-N, balık ve balık ürünlerinin kalitesini ve raf ömrünün belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir parametredir (Fernández, vd. 1997; Fernandez-Segovia vd. 2012; Rizo vd. 2015). Trimetilamin, amonyak ve dimetilamin gibi uçucu bileşikler ve mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu oluşan toplam uçucu bazik azot (TVB-N) olarak tanımlanır. Deniz ürünlerinin kalitesini ve gıda güvenliğini izlemek için kullanılan en önemli indikatörlerden biridir (Özoğul & Özoğul, 2000). Ayrıca TVB-N değerinin balık ürünlerinde tazeliğinin ve tüketim için uygunluğun belirlenmesinde kimyasal yöntemlerin en önemlilerinden biridir (Lang, 1979; Gökoğlu & Varlık, 1992; Fatih & Yeşim, 2000). Soğuk depolama sırasında TVB-N değerindeki artış, esas olarak enzimatik reaksiyonlar ve mikrobiyal aktivite ile proteinlerin parçalanması sonucu oluşan alkali özellikteki (amonyak, trimetilamin, dimetilamin ve diğer uçucu bazik azotlu) maddelerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Otero, 2019). TVB-N parametresi, balıkların tazeliğini etkileyen proteinlerin bozulma düzeyini değerlendirilmesinde kritik öneme sahiptir (Chu vd., 2023; Karsli vd., 2021). Farklı ambalaj tipleri ile ambalajlanan sazan balığı filatoları nın +4 °C soğuk depolaması sırasında elde edilen TVB-N sonuçları, farklı ambalaj tipleri, depolama süresi ve protein oksidasyonu arasındaki ilişkiyi göstermesi bakımından önemli olduğunu belirtilmiştir (Ramadhan vd., 2025). Aynı çalışmada, açık atmosferik ambalajlarda mikroorganizma faaliyetlerinin yüksek olması nedeniyle proteinlerin amino asitler ve diğer polipeptitleri parçalanma oranının da yüksek olduğu buna bağlı olarak TVB-N değerinde yüksek olduğu belirtilmiştir.

TVB-N değeri taze balıklarda 5-20 mg /100 g arasında, buzda saklanan balıklar için TVB-N değerinin

30-35 mg /100 g arasında olması kabul edilebilir sınır değeri olduğu belirtilmiştir (Connell, 1995). Özoğul & Özoğul (2000) tarafından gökkuşağı alabalığında TVB-N değeri 9 günde 40mg/100g, Özden vd, (2007), tarafından levrek balığının +4 °C de depolanması sırasında TVB-N değerinin 7'nci günde 27,54 mg / 100g yükselttiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızda Gökkuşağı alabalığının başlangıç TVB-N değeri 15.30±0.02 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Depolama sürecinde 4, 7, 10, 12, ve 17. günlerde değişim (p<0.05) önemli bulunmuştur. TVB-N değeri 17'nci gün'de 32.23±0.15 mg/100 g'a yükseldiği tespit edilmiştir. Metin & Varlık, (1997), tarafından yapılan çalışmada soğukta depolanan alabalıklar için TVB-N değeri 25 mg/100 g üst sınır olarak kabul edilebileceği belirtmişlerdir. Bu değerlendirmeye göre çalışmamızda gökkuşağı alabalığının soğuk depolama sürecinde TVB-N

değerleri bakımından 12/14 günlerde ileri düzde bozulmuş oldukları ve TVB-N değeri bakımından üst sınırı aşmış olduğu tespit edilmiştir.

Bilgin vd., (2006) tarafından yapılan çalışmada pişmiş ve çiğ olarak +4±1 °C muhafaza edilen karideslerin duyuusal, kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre, çiğ karideslerin 2 gün, pişmiş karideslerin 4. gün bozulmadan saklanabildiğini, 5'inci gününden itibaren kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuusal olarak bozulmanın olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda 4 'üncü günde FFA, peroksit, TVB-N değerleri birlikte değerlendirildiğinde oksidasyonun başladığı ve kritik seviyeye geldiği belirlenmiştir. Depolama sürecinde bu değerlerde artış devam etmiş ve istatistiksel p<0.05 olarak bu artışlar önemli bulunmuştur.

Tablo 2. Gökkuşağı Alabalığının Soğuk Depolama Sürecinde (+ 4 °C) Yağ Asitleri Kompozisyonunda Meydana Gelen Değişimler (%).

Table 2. Changes in Fatty Acid Composition (%) of Rainbow Trout during Cold Storage (+ 4 °C).

Parametreler	0	2	4	7	10	12	14	17	F	p
Miristik (C14:0)	3,60 ^a ±0,05	3,38 ^c ±0,16	4,25 ^b ±0,10	4,65 ^a ±0,26	4,77 ^a ±0,13	4,13 ^b ±0,06	4,47 ^a ±0,32	4,95 ^a ±0,13	27,901	0,000*
Palmitik (C16:0)	14,88 ^b ±0,20	14,85 ^b ±0,13	15,42 ^{ab} ±0,20	15,65 ^a ±0,13	15,50 ^a ±0,30	15,43 ^a ±0,31	16,00 ^a ±0,26	16,93 ^a ±0,15	26,606	0,000*
Stearik (C18:0)	5,97 ^c ±0,21	5,60 ^c ±0,26	5,52 ^c ±0,10	5,77 ^c ±0,15	5,57 ^c ±0,37	5,78 ^c ±0,08	6,57 ^b ±0,42	7,27 ^a ±0,15	18,253	0,000*
ΣSFA	24,34 ^a ±0,18	23,83 ^a ±0,36	25,18 ^a ±0,15	26,06 ^a ±0,07	25,83 ^a ±0,45	25,34 ^a ±0,30	27,03 ^b ±0,49	29,15 ^a ±0,23	110,178	0,000*
Miristoleik (C14:1, n-7)	0,53 ^c ±0,10	0,73 ^b ±0,10	0,77 ^b ±0,15	0,83 ^a ±0,08	0,93 ^a ±0,15	0,75 ^b ±0,14	0,60 ^c ±0,05	0,53 ^c ±0,06	6,580	0,001*
Palmitoleik (C16:1, n-7)	5,95 ^a ±0,23	5,33 ^b ±0,10	4,72 ^a ±0,08	5,43 ^b ±0,15	5,23 ^b ±0,08	5,20 ^b ±0,10	4,78 ^c ±0,13	4,78 ^c ±0,18	25,672	0,000*
Oleik (C18:1, n-9)	19,37 ^a ±0,74	20,67 ^b ±0,31	20,97 ^{ab} ±0,21	21,18 ^a ±0,23	21,35 ^a ±0,40	21,27 ^a ±0,32	21,40 ^a ±0,36	21,15 ^a ±0,59	7,979	0,001*
Eikosaenoik asit (C20:1, n-9)	3,68 ^a ±0,13	3,07 ^b ±0,15	2,60 ^c ±0,26	2,47 ^c ±0,15	2,35 ^c ±0,15	2,35 ^c ±0,22	3,25 ^{ab} ±0,31	2,93 ^b ±0,15	15,728	0,000*
Dekasenoik asit (C22:1, n-11)	1,93 ^a ±0,13	1,70 ^a ±0,10	1,95 ^a ±0,10	1,47 ^a ±0,18	2,27 ^a ±0,68	1,8 ^a ±0,10	1,75 ^a ±0,15	1,87 ^a ±0,03	2,382	0,079
ΣMUFA	31,45±1,05	31,50±0,09	31±0,22	31,53±0,63	31,97±0,83	31,37±0,46	31,65±0,71	31,27±0,55	0,682	0,686
Linoleik (C18:2, n-6)	18,38 ^a ±0,71	18,18 ^a ±0,10	18,25 ^a ±0,05	17,68 ^b ±0,23	18,72 ^a ±0,13	17,65 ^b ±0,05	17,57 ^a ±0,28	16,90 ^b ±0,20	10,904	0,000*
Linolenik (C18:3, n-6)	5,35±0,23	5,40±0,05	5,18±0,10	5,32±0,08	5,20±0,10	5,25±0,15	5,22±0,13	5,10±0,17	1,364	0,293
Stearidonic asit (C18:4, n-3)	2,10 ^c ±0,20	2,55 ^a ±0,15	2,32 ^b ±0,13	2,03 ^c ±0,13	2,48 ^a ±0,16	2,53 ^a ±0,1	1,85 ^d ±0,28	2,42 ^b ±0,18	6,025	0,002*
Eikopentaenoik (C20:5, n-3)	3,05 ^c ±0,13	3,45 ^b ±0,13	2,97 ^c ±0,21	4,15 ^a ±0,23	4,05 ^a ±0,18	3,90 ^a ±0,18	3,43 ^b ±0,08	3,38 ^b ±0,15	19,466	0,000*
Dokosapentaenoik (C22:5, n-3) (EPA)	2,28 ^a ±0,20	2,02 ^a ±0,10	1,92 ^{ab} ±0,08	1,82 ^b ±0,10	1,77 ^b ±0,10	1,68 ^b ±0,08	1,63 ^c ±0,08	1,52 ^d ±0,13	13,825	0,000*
Dokosaheksaenoik (C22:6, n-3) (DHA)	10,63 ^a ±0,18	10,43 ^a ±0,13	10,13 ^b ±0,08	9,78 ^b ±0,16	9,60 ^b ±0,23	9,32 ^c ±0,18	9,20 ^c ±0,26	8,97 ^c ±0,15	52,198	0,000*
ΣPUFA	47,42±1,13	46,80±0,23	45,32±0,56	44,72 ^{bc} ±0,45	46,43±0,67	44,48±0,38	43,90±1,18	43,08±0,29	12,506	0,000*
Σn-3	22,65±0,88	23,85±0,43	22,52±0,16	23,10±0,35	23,10±0,25	22,68±0,33	21,33±0,49	21,38±0,35	9,510	0,000*
Σn-3/ Σn-6	1,27±0,03	1,31±0,03	1,23±0,01	1,30±0,04	1,23±0,02	1,28±0,03	1,21±0,02	1,26±0,04	5,130	0,005*
ΣPUFA/ ΣSFA	1,94±0,04	1,96±0,03	1,80±0,02	1,73±0,03	1,79±0,04	1,75±0,01	1,62±0,07	1,47±0,02	62,152	0,000*

(P<0.05) güven aralığında sonuçlar; ortalama± standart sapma(n:3) olarak verilmiş olup; aynı satırda farklı harfleri (a, b, c, d,) taşıyan ortalamalar arasındaki farklar önemlidir. Not: SFA: doymuş yağ asitleri; MUFA: tekli doymamış yağ asitleri; PUFA: çoklu doymamış yağ asitleri; EPA: Eikosapentaenoik asit; DHA: dokosaheksaenoik asit

Yağ asitleri kompozisyonunda meydana gelen oksidasyon ve değişimler: Balık yağının yağ asitleri kompozisyonu ağırlıklı olarak uzun zincirli ve çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. Yağ asitleri kompozisyonu beslenme, mevsimsel değişim, su sıcaklığı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Williams & Hazel, 1992; Biderre, vd. 2000). Ayrıca tatlı su balıkları, deniz balıklarından daha fazla n-6 yağ asiti içermekte, buna karşılık daha az n-3 yağ asidi içermektedirler. Bununla birlikte su ürünleri yetiştiriciliğinde elde edilen balıkların n-6 yağ asiti içeriği balıkçılıkla elde edilenden daha yüksektir (Kocatepe & Turan, 2018). Balık yağı sağlıklı beslenme için vazgeçilmez önemli olan n-6, n -3 ve DHA (dokosaheksaenoik asit), EPA (Eikopentaenoik asit) gibi yağ asitlerinin doğal kaynağı durumundadır (Konar& Köprücü, 2002; Bayraklı vd., 2019). Özellikle çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) insanlar üzerindeki farmakolojik ve fizyolojik etkileri bilinmektedir (Singer & Calder, 2023; Duyar & Bayraklı, 2023).

Balık yağlarında doymuş yağ asitleri oranı oldukça düşüktür ve birçok çalışmada balık yağlarında doymuş yağ asitlerinin (SFA) palmitik (C16:0), stearik (C18:0), miristik (C14:0) asitlerden oluştuğu belirtilmiştir (Karslı, 2021; Bayraklı, 2023).

Tablo 2'de Gökkuşağı alabalığında soğuk depolama sürecinde yağ asitleri kompozisyonunda meydana gelen değişimler (p <0.05) güven aralığında değerlendirilmiştir. Taze durumda yapılan yağ asitleri kompozisyonu, ΣSFA (toplam doymuş yağ asitleri) %24,34±0,18, ΣMUFA (toplam tekli doymamış) %31,45±1,05, ΣPUFA (toplam çoklu doymamış) %47,42±1,13 olarak tespit edilmiştir. Depolama süresinde doymuş yağ asitleri %24,34±0,18 'den % 29,15±0,23 (p<0.05) göre anlamlı artış olduğu tespit edilmiştir. ΣMUFA değişim ise %31,45±1,05' den %31,27±0,55 p<0.05 göre önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. ΣPUFA %47,42±1,13'den % 43,08±0,29 azalma olduğu bulunmuştur. Kardiyovasküler hastalıklardan korunmak için ΣPUFA/ ΣSFA oranı minimum 0.45 olması

önerilmektedir (HMSO, 1994; Harper vd., 2005). Tablo 2’de gökkuşağı alabalığında Σ PUFA/ Σ SFA oranı depolama süresince $1,94 \pm 0,04 - 1,47 \pm 0,02$ olduğu ve referans değerin çok üzerinde (3, 4 katı) olduğu belirlenmiştir. Bu verile ışığında gökkuşağı alabalığının kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde önemli etkiye sahip olduğunu söylenebilir. Çalışmamızda Σ PUFA yağ asitlerinde meydana gelen azalmanın oksidasyona hassas olmaları nedeniyle parçalanmaları ve kısmen doymuş yağ asitlerine dönüşmeleri sonucu olduğu öngörülmektedir. Balıkların depolanması ile ilgili yapılan bir çalışmada balıklarda bulunan eikosanoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik (DHA) gibi yüksek doymamış yağ asitlerinin depolama süresine ve sıcaklığına bağlı olarak azalma görüldüğü belirtilmiştir (Chaijan vd., 2006; Tenyanga vd., 2017). Çalışmamızda Gökkuşağı alabalığının soğuk depolama sürecinde yağ asitleri kompozisyonundaki değişimlerin literatür bulguları ile uyumlu oldukları görülmüştür.

Aminoasitlerde meydana gelen değişimler:

Gökkuşağı alabalığı birçok esansiyel aminoasitin kaynağı durumundadır (Wesselinova 2000; Li, vd.2009). Amino asitler geleneksel beslenme bakımından esansiyel aminoasitler (EAA) ve esansiyel olmayan (NEAA) aminoasitler olarak sınıflandırılmıştır (Wu, 2010). Arginin, sistin, histidin, lösin, lizin, metiyonin, treonin, triptofan, tirozin ve valin EAA’ lerdir. Aspartik asit, serin ve alanin NEAA’ lerdir. Esansiyel amino asitler diyetdeki proteinlerden elde edilir ve diyet proteininin kalitesi bu proteinlerin varlığına ve bulunma oranına göre

değerlendirilir. Bu nedenle, gıdaların besinsel kalitesinin belirlenmesinde yapılarındaki proteinin esansiyel amino asit (EAA) oranı önemli indikatördür (Young & Pellett, 1984). Gıdaların amino asit bileşiminin bilinmesi, potansiyel besin değerlerinin belirlenmesinde önemli bir parametredirler. Ayrıca, gıdaların hazırlanması, işlenmesi ve depolanması sırasında ortaya çıkabilecek besin değerindeki değişikliklerin ortaya konulmasına da imkân sağlayabilirler (Williams, 2005). Son yıllarda yapılan çalışmalarda fonksiyonel amino asit (FAA) kavramı ortaya konulmuştur. Arginin, sistin, lösin, metiyonin, triptofan, tirozin, aspartat, glutamik asit, glisin, prolin ve taurin insan beslenmesi için FAA olarak sınıflandırılmışlardır. FAA su ürünlerinde besin kalitesi ve lezzetin yanı sıra depolama sırasında tazeliğin karakterize edilmesinde de önemli rol oynadıkları belirtilmiştir (Wu, 2013). Alvarez, vd (1999), tarafından dondurulmuş depolamanın balıkların amino asit üzerindeki etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada 4 ay boyunca -12°C ’de depolanan Hake balığında (Merluccius sp.) lizin aminoasitinde azalma tespit edilmiştir.

Gökkuşağı alabalığı FAA olarak tanımlanan aminoasitlerin büyük bir bölümünü yapısında bulundurmaktadır. Iwasaki & Harada (1985) tarafından yapılan çalışmada alabalıkta aspartik asit, glutamik asit ve lizin aminoasitinin başlıca kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca alabalıklarda avlanma zamanı ve yaşam bölgesi aminoasit kompozisyonu üzerinde etkili olduğu belirtmiştir (Wesselinova 2000).

Tablo 3. Gökkuşağı alabalığının soğuk depolama ($+4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) sürecinde aminoasit kompozisyonu değişim (mg/100 g)

Table 3. Changes of amino acid composition (mg/100 g) of rainbow trout during cold storage ($+4 \pm 1^{\circ}\text{C}$).

Değişkenler	0. gün	2. gün	4. gün	7. gün	10. gün	12. gün	14. gün	17. gün	F	p
Alanin	1115.00 $\pm$ 5.00 ^a	1155.00 $\pm$ 5.00 ^b	1240.00 $\pm$ 10.00 ^a	1130.00 $\pm$ 5.00 ^d	1190.00 $\pm$ 5.00 ^c	1215.00 $\pm$ 5.00 ^b	1190.00 $\pm$ 10.00 ^c	1205.00 $\pm$ 5.00 ^b	164.211	0.000**
Arginin	1020.00 $\pm$ 20.00 ^b	1020.00 $\pm$ 10.00 ^b	1175.00 $\pm$ 5.00 ^a	1030.00 $\pm$ 30.00 ^b	1050.00 $\pm$ 10.00 ^b	1040.00 $\pm$ 10.00 ^b	1040.00 $\pm$ 10.00 ^b	993.33 $\pm$ 15.28 ^c	32.882	0.000*
Aspartik asit	1780.00 $\pm$ 5.00 ^c	1880.00 $\pm$ 5.00 ^b	2025.00 $\pm$ 10.00 ^a	1865.00 $\pm$ 5.00 ^b	1865.00 $\pm$ 20.00 ^b	1860.00 $\pm$ 10.00 ^b	1870.00 $\pm$ 10.00 ^b	1855.00 $\pm$ 15.00 ^b	106.521	0.000*
Fenilalanin	705.00 $\pm$ 5.00 ^c	703.33 $\pm$ 7.64 ^c	780.00 $\pm$ 10.00 ^a	730.00 $\pm$ 20.00 ^b	720.00 $\pm$ 10.00 ^b	700.00 $\pm$ 5.00 ^b	715.00 $\pm$ 5.00 ^b	715.00 $\pm$ 15.00 ^b	14.845	0.000*
Glisin	930.00 $\pm$ 10.00 ^d	985.00 $\pm$ 5.00 ^c	1165.00 $\pm$ 5.00 ^a	895.00 $\pm$ 5.00 ^c	1085.00 $\pm$ 5.00 ^b	1075.00 $\pm$ 5.00 ^b	990.00 $\pm$ 5.00 ^c	905.00 $\pm$ 5.00 ^c	719.862	0.000*
Glutamik	3130.00 $\pm$ 10.00 ^b	3265.00 $\pm$ 5.00 ^d	3604.00 $\pm$ 4.00 ^a	3320.00 $\pm$ 10.00 ^b	3335.00 $\pm$ 10.00 ^b	3320.00 $\pm$ 5.00 ^b	3245.00 $\pm$ 5.00 ^d	3295.00 $\pm$ 5.00 ^c	1098.763	0.000*
Histidin	535.00 $\pm$ 5.00 ^b	545.00 $\pm$ 5.00 ^b	615.00 $\pm$ 15.00 ^a	590.00 $\pm$ 10.00 ^a	605.00 $\pm$ 5.00 ^a	550.00 $\pm$ 10.00 ^{ab}	550.00 $\pm$ 20.00 ^{ab}	520.00 $\pm$ 20.00 ^b	19.729	0.000*
Lizin	1725.00 $\pm$ 5.00 ^c	1715.00 $\pm$ 15.00 ^c	1915.00 $\pm$ 15.00 ^a	1780.00 $\pm$ 10.00 ^b	1815.00 $\pm$ 15.00 ^b	1770.00 $\pm$ 10.00 ^b	1785.00 $\pm$ 5.00 ^b	1740.00 $\pm$ 20.00 ^c	65.747	0.000*
Losin	1305.00 $\pm$ 5.00 ^c	1276.67 $\pm$ 66.58 ^{abc}	1420.00 $\pm$ 20.00 ^a	1345.00 $\pm$ 5.00 ^b	1310.00 $\pm$ 10.00 ^c	1325.00 $\pm$ 5.00 ^c	1330.00 $\pm$ 5.00 ^c	1365.00 $\pm$ 5.00 ^{bc}	8.085	0.001*
Metionin	440.00 $\pm$ 10.00 ^c	455.00 $\pm$ 5.00 ^c	520.00 $\pm$ 10.00 ^a	520.00 $\pm$ 20.00 ^a	510.00 $\pm$ 10.00 ^c	490.00 $\pm$ 10.00 ^b	540.00 $\pm$ 10.00 ^a	515.00 $\pm$ 5.00 ^b	27	0.000*
Prolin	3150.00 $\pm$ 10.00 ^a	1395.00 $\pm$ 5.00 ^d	1390.00 $\pm$ 5.00 ^d	1040.00 $\pm$ 5.00 ^c	1445.00 $\pm$ 5.00 ^c	1630.00 $\pm$ 10.00 ^b	1590.00 $\pm$ 10.00 ^b	1625.00 $\pm$ 5.00 ^b	19917.13	0.000*
Serin	413.33 $\pm$ 297.38	630.00 $\pm$ 10.00	700.00 $\pm$ 10.00	600.00 $\pm$ 15.00	650.00 $\pm$ 50.00	650.00 $\pm$ 25.00	595.00 $\pm$ 5.00	595.00 $\pm$ 5.00	1.902	0.145
Treonin	750.00 $\pm$ 10.00 ^c	810.00 $\pm$ 10.00 ^b	895.00 $\pm$ 5.00 ^a	800.00 $\pm$ 10.00 ^b	810.00 $\pm$ 5.00 ^b	820.00 $\pm$ 10.00 ^b	800.00 $\pm$ 5.00 ^b	770.00 $\pm$ 5.00 ^c	77.827	0.000*
Tirozin	420.00 $\pm$ 10.00 ^c	425.00 $\pm$ 5.00 ^c	470.00 $\pm$ 10.00 ^{bb}	445.00 $\pm$ 5.00 ^b	440.00 $\pm$ 10.00 ^b	450.00 $\pm$ 10.00 ^{bc}	515.00 $\pm$ 5.00 ^a	440.00 $\pm$ 20.00 ^c	22.91	0.000*
Valin	990.00 $\pm$ 5.00 ^b	1025.00 $\pm$ 5.00 ^a	1133.33 $\pm$ 44.81 ^a	1035.00 $\pm$ 5.00 ^a	995.00 $\pm$ 5.00 ^b	980.00 $\pm$ 5.00 ^b	1038.33 $\pm$ 62.12 ^a	985.00 $\pm$ 5.00 ^b	9.558	0.000*
İzolosin	740.00 $\pm$ 10.00 ^b	730.00 $\pm$ 5.00 ^b	790.00 $\pm$ 10.00 ^a	740.00 $\pm$ 10.00 ^b	710.00 $\pm$ 10.00 ^b	760.00 $\pm$ 10.00 ^{ab}	765.00 $\pm$ 5.00 ^b	795.00 $\pm$ 5.00 ^a	31.672	0.000*

*Aynı satırda farklı harfleri (a,b,c) taşıyan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

(P<0.05) güven aralığında sonuçlar; ortalama $\pm$ standart sapma(n:3) olarak verilmiş olup; aynı satırda farklı harfleri (a, b, c, d,) taşıyan ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Tablo 3’te Gökkuşağı alabalığında $+4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ soğuk depolama sırasında aminoasit kompozisyonunda verilmiştir. Özellikle alanin, arginin, aspartik, glutamik ve fenilalanin gibi amino asitlerin depolama sürecinde değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Gökkuşağı alabalığında taze olarak yapılan aminoasit analizlerinde esansiyel amino asitler; losin 1305.00 $\pm$ 5.00 mg/100 g, tronin 750.00 $\pm$ 10.00 mg/100g, metionin 440.00 $\pm$ 10.00 mg/100 g, lizin 1725.00 $\pm$ 5.00 mg/100 g, valin, 990.00 $\pm$ 5.00 mg/100 g, histitin, 535.00 $\pm$ 5.00 mg/100 g,

fenilalanin 705.00 $\pm$ 5.00mg/ 100 g olduğu tespit edilmiştir. Gökkuşağı alabalığında esansiyel olmayan amino asitlerin esansiyel amino asitlere oranı $\Sigma\text{EAA} / \Sigma\text{NEAA}$: 0.66 olarak tespit edilmiştir. Sabetian, vd. (2012) tarafından alabalığın aminoasitleri üzerinde yaptığı çalışmada bu oran vd. 0.73 olarak bulunmuştur. Depolama süresi boyunca arginin 1020.00 $\pm$ 20.00 mg/100g - 993.33 $\pm$ 15.28 mg/100 g, parolin 3150.00 $\pm$ 10.00 mg/100 g - 1625.00 $\pm$ 5.00 mg/100 g, histitin 535.00 $\pm$ 5.00mg/100- 520.00 $\pm$ 20.00mg/100g, glisin 930.00 $\pm$ 10.00 mg/100 g-905.00 $\pm$ 5.00 mg/100 g

arasın da değiştiği bu değişimlerin $p < 0.05$ göre önemli olduğu belirlenmiştir. Bazı aminoasitlerde görülen azalmanın protein oksidasyonuna karşı hassasiyet göstermelerinden ileri geldiği öngörülmektedir. Castrillón vd., (1996) tarafından yapılan çalışmada Sardalya'nın (*Clupea pilchardus*) amino asit bileşiminin -20°C 'de dondurulmuş depolama sırasında bile değiştiğini, özellikle; kükürt içeren amino asitlerinin (histidin, tirozin, lösin, lizin ve fenilalaninin) depolama sırasında azaldığını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada donmuş depolama sırasında amino asitlerde gözlemlenen değişimlerin, oksidasyon, de aminasyon yoluyla bir amino asitten diğerine geçişinden kaynaklanıyor olabileceğini ifade edilmiştir. Çalışmamızda $+4^{\circ}\text{C}$ soğuk depolama sürecinde aminoasit kompozisyonunda meydana gelen değişimlerin literatür verileri ile uyumlu oldukarı bulunmuştur.

SONUÇ

Sonuç olarak, verilerin birlikte değerlendirilmesi durumunda soğuk depolamanın ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de) Gökkuşuğu alabalığının muhafazasında çok sınırlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Soğuk depolama sürecinde 4'üncü günün sonunda fizikokimyasal parametrelerde % FFA%, peroksit (meq/kg), için üst sınırı aşan değerler bulunmuştur. Tazelik ve kimyasal bozulmanın önemli bir indikatörü olan TVB-N (mg/100g) üst sınır değerine çok yakı olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince fiziksel kimyasal bozulma parametrelerinde artışının devam etmiştir. Tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde 4.'üncü günden sonra Gökkuşuğu alabalığının besinsel kalite ve gıda güvenliği bakımından insan tüketim için önerilemeyeceği gözlemlenmiştir. Soğuk muhafaza ($+4^{\circ}\text{C} \pm 1$) enzim aktivitesi ve mikroorganizma gelişimini kısmen yavaşlatması bakımından hızlı tüketim için ucuz ve kolay uygulanabilir bir yöntem olduğu için tercih edilebileceği, ancak uzun süreli gıda güvenliği ve besinsel kalitenin korunması bakımından uygun olmadığı, bunun yerine donmuş muhafaza gibi daha etkin yöntemlerin uygulanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Álvarez, C., Huidobro, A., Tejada, M., Vázquez, I., De Miguel, E., & Gómez de Segura, I. A. (1999). Consequences of frozen storage for nutritional value of hake/Consecuencias del almacenamiento en congelación en el valor nutricional de merluza. *Food Science and Technology International*, 5(6), 493-499. DOI: [10.1177/108201329900500607](https://doi.org/10.1177/108201329900500607)

AOAC, (1990a). Method No. 950. 46, Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. No. AOAC, Arlington.

AOAC, (1990b). Method No.948.15, Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC

AOAC, (1990c). Kjeldahl Method No. 979.08, Official Methods of Analysis of AOAC International, 15th Edition, Gaithersburg.

AOAC, (1990d). Kjeldahl Method No. 990.03, Official Methods of Analysis of AOAC International, 15th Edition, Gaithersburg.

AOCS, (1990). Method (Ca 5a-40). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, III. AOCS In. Eds, 5th edn.: Champaign.

AOCS, (1994). Method (Cd 5a-40). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, III. AOCS In. Eds, 5th edn.: Champaign.

Arannilewa, S. T., Salawu, S. O., Sorungbe, A. A., & Ola-Salawu, B. B. (2005). Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensory quality of frozen tilapia fish (*Sarotherodon galienus*). *African Journal of Biotechnology*, 4(8), 852-855. DOI: [10.1177/0260106006018002](https://doi.org/10.1177/0260106006018002)

Bayraklı, B. (2023). A study on fatty acid composition and quality indicators of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) oils from different factories. *Mar. Sci. Tech. Bull.*, 12(4), 522-529. DOI: [10.33714/masteb.1356285](https://doi.org/10.33714/masteb.1356285)

Bayraklı, B., Özdemir, S., & Duyar, H. A. (2019). A study on fishing and fish meal-oil processing technology of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and European sprat (*Sprattus sprattus*) in the Black Sea. *Menba Journal of Fisheries Faculty*, 5(2), 9-16.

Benjakul, S., Seymour, T. A., Morrissey, M. T., & An, H. (1997). Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage. *Journal of Food Science*, 62, 729-733. DOI: [10.1111/j.1365-2621.1997.tb15445.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb15445.x)

Biderre, C., Babin, F., Vivares, C.P., (2000). Fatty acid composition of four microsporidian species compared to that of their host fishes, *J. Eukaryot. Microbiol.*, 47(1), 7-10. DOI: [10.1111/j.1550-7408.2000.tb00002.x](https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2000.tb00002.x)

Bilgin, S., Erdem, M. E., & Duyar, H. A. (2006). Pişmiş ve çiğ olarak buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen kahverengi karides' in, Crangon crangon (Linnaeus, 1758), kimyasal kalite değişimleri. *Fırat Üniv Fen ve Müh Bil Der*, 18(2), 171-179.

Boran, G., Karaçam, H., & Boran, M. (2006). Changes in the quality of fish oils due to storage temperature and time. *Food chemistry*, 98(4), 693-698. DOI: [10.1016/j.foodchem.2005.06.041](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.06.041)

- Castrillón, A.M., Alvarez-Pontes, E., Arias, M.T.G., & Navarro, P. (1996).** Influence of Frozen Storage and Defrosting on the Chemical and Nutritional Quality of Sardine (*Clupea pilchardus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70(1), 29-34. DOI: [10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199601\)70:1<29::AID-JSFA461>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199601)70:1<29::AID-JSFA461>3.0.CO;2-2)
- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Faustman, C. (2006).** Changes of lipids in sardine (*Sardinella gibbosa*) muscle during iced storage. *Food chemistry*, 99(1), 83-91. DOI: [10.1016/j.foodchem.2005.07.022](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.022)
- Chakrabarty, M.M. (2003).** *Chemistry and technology of oils & fats* (Vol. 1). Allied Publishers. <http://www.alliedpublishers.com/BookDetails.aspx?BookId=228> (22.04.2025).
- Connell, J.J. (1995).** *Control of fish quality* (Vol. 179). London: Fishing News Books.
- Çelik, M., & Küçükgülmez, A. (2008).** *Taze Balıkta Kalite ve Kalite Değişimleri*. Ankara: Nobel Publishing.
- Çelik, M., Gökçe, M., Başusta, N., Küçükgülmez, A., Taşbozan, Ö., & Tabakoğlu, S. (2008).** Türkiye’de Atatürk Baraj Gölü’nden avlanan gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) besin kalitesi. *Journal of Muscle Foods*, 19(1), 50-61.
- Chu, Y., Ding, Z., Wang, J., Xie, J., & Ding, Y. (2023).** Factors affecting the quality of frozen large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) in cold chain logistics: Retention time and temperature fluctuation. *Food Chemistry: X*, 18. DOI: [10.1016/j.fochx.2023.100742](https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100742)
- Davson, P.L., Al-Jeddavi, W., & Remington, N. (2018).** Effect of Freezing on the Shelf Life of Salmon. *International Journal of Food Science*, (340), 1-12.
- Dimova, N. (2003).** RP-HPLC analysis of amino acids with UV-detection. *Bulg. Acad. Sci.*, 56, 75-78.
- Duun, A.S., & Rustad, T. (2007).** Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets. *Food Chemistry*, 105(3), 1067-1075. DOI: [10.1016/j.foodchem.2007.05.020](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.020)
- Duyar, H.A., & Bayraklı, B. (2023).** Fatty acid profiles of fish oil derived by different techniques from by-products of cultured Black Sea salmon, *Oncorhynchus mykiss*. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 833-841. DOI: [10.15832/ankutbd.1187017](https://doi.org/10.15832/ankutbd.1187017)
- Ellahamy, A.A., Amin, H.F., Mohamed, H.R., Khalil, K.I., Mahmud, A.A., Roby, M.H.H., El-Sherif, S.A., & Mohamed, A.S. (2023).** Effect of frozen storage on fish quality and fishery products: A Review. *Mediterranean Aquaculture Journal*, 10(2), 25-35. DOI: [10.21608/maj.2024.334695](https://doi.org/10.21608/maj.2024.334695)
- Erdem, M., Baki, B., & Samsun, S. (2009).** Fatty acid and amino acid compositions of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1785) from different regions in Turkey. *Anim. Vet. Advan.*, 8(10), 1959-1963.
- Ertaş, H. (1978).** Balıkların Soğutma-Dondurma ve Salamura Metotları ile Muhafazası. *Gıda*, 3(6), 237-246.
- Fatih, O., & Yesim, O. (2000).** Comparison of methods used for determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkey Journal of Zoology*, 24, 113-120.
- Fallah, F., Ebrahimnezhad, Y., Maheri-Sis, N., & Ghasemi-Sadabadi, M. (2016).** The effect of different levels of diet total volatile nitrogen on performance, carcass characteristics and meat total volatile nitrogen in broiler chickens. *Arch. Anim. Breed*, 59, 191-9.
- Fernández-Segovia, I., Fuentes, A., Aliño, M., Masot, R., Alcañiz, M., & Barat, J.M. (2012).** Detection of frozen-thawed salmon (*Salmo salar*) by a rapid low-cost method. *Journal of Food Engineering*, 113(2), 210-216. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2012.06.003](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.06.003)
- Fernández, J., Pérez-Álvarez, J.A., & Fernández-López, J.A. (1997).** Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, 59(3), 345-353. DOI: [10.1016/S0308-8146\(96\)00114-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00114-8)
- Foran, J.A., Good, D.H., Carpenter, D.O., Hamilton, M.C., Knuth, B.A., & Schwager, S.J. (2005).** Quantitative analysis of the benefits and risks of consuming farmed and wild salmon. *The Journal of Nutrition*, 135(11), 2639-2643. DOI: [10.1093/jn/135.11.2639](https://doi.org/10.1093/jn/135.11.2639)
- Gökoğlu, N. & Varlık, C. (1992).** Dumanlanmış Gökkuşağı Alabalığının (*Salmo gairdneri* R. 1836) Raf Ömrü Üzerine Araştırma. *Gıda*, 17(1), 61- 65.
- Harper, C. R., & Jacobson, T. A. (2005).** Usefulness of omega-3 fatty acids and the prevention of coronary heart disease. *The American Journal of Cardiology*, 96(11), 1521-1529. DOI: [10.1016/j.amjcard.2005.07.071](https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2005.07.071)
- Hazra, A.K., Ghosh, S., Banerjee, S., & Mukherjee, B. (1998).** Studies on lipid and fatty acid composition of puffer livers from Indian coastal waters with seasonal variation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(11), 1673-1678. DOI: [10.1007/s11746-998-0110-z](https://doi.org/10.1007/s11746-998-0110-z)
- Hisar, Ş.A., Hisar, O., & Yanık, T. (2004).** Balıklarda mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal

- bozulmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **35**(3-4), 261-265.
- HMSO. (1994).** *Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease: Report on Health and Social Subjects.* Committee of Medical Aspects of Food Policy.
- Hultmann, L., & Rustad, T. (2002).** Textural changes during iced storage of salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **11**(3-4), 105-123. DOI: [10.1300/J030v11n03_09](https://doi.org/10.1300/J030v11n03_09)
- IUPAC. (1979a).** Standart Methods No. 2,205 for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives. 6th Edition, Kenneth Arlington, Virginia, USA.
- IUPAC. (1987).** Standard Method 2.301, Preparation of Fatty Acid Methyl Ester, in Standard Methods for Analysis of Oils, Fats and Derivatives. *International Union Pure and Applied Chemistry Division Commission on Oils, Fats and Derivatives*. 7th Edition, Blackwell, Oxford.
- Iwasaki, M., & Harada, R. (1985).** Proximate and amino acid composition of the roe and muscle of selected marine species. *Journal of Food Science*, **50**(6), 1585-1587.
- Karsli, B. (2021).** Comparative analysis of the fatty acid composition of commercially available fish oil supplements in Turkey: Public health risks and benefits. *Journal of Food Composition and Analysis*, **103**, 104105. DOI: [10.1016/j.jfca.2021.104105](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104105)
- Karsli, B., Caglak, E., & Prinyawiwatukul, W. (2021).** Effect of high molecular weight chitosan coating on quality and shelf life of refrigerated channel catfish fillets. *LWT*, **142**. DOI: [10.1016/j.lwt.2021.111034](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111034)
- Kocatepe, D., & Turan, H. (2018).** Fish oils, DHA, EPA and health. *Türkiye Klinikleri J. Public Health-Special Topics*, **4**(1), 62-67.
- Konar, V., & Köprücü, K. (2002).** Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1972) Etindeki Yağ Asidi Miktarlarının Araştırılması. *F.Ü. Fen ve Mühendislik bilimleri dergisi*, **14**(1), 73-78.
- Lang, K. (1979).** Der flüchtige Basenstickstoff (TVB-N) bei im Binnenland in der. Verkehr gebrachten frischen Seefischen. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, **30**, 215-217.
- Li, P., Mai, K., Trushenski, J., & Wu, G. (2009).** New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids*, **37**(1), 43-53. DOI: [10.1007/s00726-008-0171-1](https://doi.org/10.1007/s00726-008-0171-1)
- Lymbery, A.J., (2000).** Genetic Improvement in the Australian Aquaculture Industry. *Aquaculture Research*, **31**, 145- 149. DOI: [10.1046/j.1365-2109.2000.00435.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2000.00435.x)
- Marchioli, R., Silletta, M., Levantesi, G., & Pioggiarella, R. (2009).** Omega-3 fatty acids and heart failure. *Curr. Atheros Rep.*, **11**, 440-447.
- Metin, S., & Varlık, C. (1997).** Taze ve Soğukta Depolanan Gökkuşluğu Alabalığının Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin İncelenmesi. II. Soğukta Depolanan Gökkuşluğu Alabalığının Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin Belirlenmesi. *Gıda ve Teknoloji*, **2**, 5-10.
- Omotosho, J.S., & Olu, O.O. (1995).** The effect of food and frozen storage on the nutrient composition of some Mrican fishes. *Revista de Biología Tropical*, **43**(1-3), 289-295.
- Oğuzhan, P. Y., Angış, S., Haliloğlu, İ.H., & Atanalp, M. (2006).** Chemical composition changes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets after hot smoked. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, **23**, Ek/Suppl. (1/3), 465-466.
- Otero, L., Pérez-Mateos, M., Holgado, F., Márquez-Ruiz, G., & López-Caballero, M.E. (2019).** Hyperbaric cold storage: Pressure as an effective tool for extending the shelf-life of refrigerated mackerel (*Scomber scombrus*, L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **51**, 41-50. DOI: [10.1016/j.ifset.2018.05.003](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.05.003)
- Öksüz, A., Alkan, Ş.B, Taşkın, H., & Ayrancı, M. (2018).** Yaşam boyu sağlıklı ve dengeli beslenme için balık tüketiminin önemi. *Food and Health*, **4**(1), 43-62.
- Özden, Ö. (2005).** Changes in amino acid and fatty acid composition during shelf-life of marinated fish. *J. Sci. Food Agr.*, **85**, 2015-2020. DOI: [10.1002/jsfa.2207](https://doi.org/10.1002/jsfa.2207)
- Özden, Ö., İnuğur, M., & Erkan N. (2007).** Effect of Different Dose Gamma Radiation and Refrigeration on the Chemical and Sensory Properties and Microbiological Status of Aqua Cultured Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Radiation Physics and Chemistry* **76**, 1169-1178. DOI: [10.1016/j.radphyschem.2006.11.010](https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2006.11.010)
- Özden, Ö., & Gökoğlu, N. (1997).** Sardalya Balığının (*Sardina pilchardus* (W.1792) Soğukta Depolanması Sırasında Yağında Oluşan Değişimlerin İncelenmesi. *Gıda*, **22**(4), 309-313.
- Özoğul, F., & Özoğul, Y. (2000).** Comparison of methods used for determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Zoology*, **24**(1), 113-120.
- Özyurt, G., Tokur, B., Özoğul, Y., Korkmaz, K., & Polat, A. (2007).** Fatty acid composition and lipid

- oxidation during refrigerated storage (4°C) of thinlip grey mullet (*Liza ramada*). *Journal of Fisheries Sciences.com*, **1**(4), 160-167.
- Pearce, K.L., Rosenvold, K., Andersen, H.J., & Hopkins, D.L. (2011).** Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes-A review. *Meat science*, **89**(2), 111-124. DOI: [10.1016/j.meatsci.2011.04.007](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.007)
- Ramadhan, A. H., Dawei, Y., Hlaing, K.S., Qixing, J., Yanshun, X., & Wenshui, X. (2025).** Effects of Packaging and Storage Time on Lipid and Protein Oxidation and Modifications in Texture Characteristics of Refrigerated Grass Carp (*Ctenopharyngodon Idellus*) Fish Muscles. *International Journal of Food Science and Technology*, DOI: [10.1093/ijfood/vvaf082](https://doi.org/10.1093/ijfood/vvaf082)
- Rizo A, Manˆes V, Fuentes A, Fernˆandez-Segovia, I., & Barat, J.M. (2015).** Physicochemical and microbial changes during storage of smoke-flavoured salmon obtained by a new method. *Food Control*, **56**, 195-201. DOI: [10.1016/j.foodcont.2015.03.030](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.030)
- Sabetian, M., Delshad, S.T., Moini, S. & Motallebi, A. (2012).** Identification of Fatty Acid Content, Amino Acid Profile and Proximate Composition in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of American Science*, **8**(4), 670-677.
- Schormüller, J. (1968).** Handbuch der Lebensmittel chemic Band III/2 Teil Springer Verlag Berlin. Hamburg-Newyork, 1482- 1537.
- Secci, G., & Parisi, G. (2016).** From farm to fork: lipid oxidation in fish products. A review. *Italian Journal of Animal Science*, **15**(1), 124-136. DOI: [10.1080/1828051X](https://doi.org/10.1080/1828051X)
- Singer, P., & Calder, P.C. (2023).** The role of omega-3 polyunsaturated fatty acids in the intensive care unit. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, **26**(2), 129-137. DOI: [10.1097/MCO.0000000000000896](https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000896)
- Soladoye, O.P., Juárez, M.L., Aalhus, J.L., Shand, P., & Estévez, M. (2015).** Protein oxidation in processed meat: Mechanisms and potential implications on human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **14**(2), 106-122. DOI: [10.1111/1541-4337.12127](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12127)
- Sun, Y., Ma, L., Ma, M., Zheng, H., Zhang, X., Cai, L., ... & Zhang, Y. (2018).** Texture characteristics of chilled prepared Mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) during storage. *International Journal of Food Properties*, **21**(1), 242-254. DOI: [10.1080/10942912.2018.1451343](https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1451343)
- Şengör, G.F.Ü., Ceylan, Z., Yardımcı, R.E., & Özturan, S. (2020).** İstavrit balığında ayıklama işlemi: Kalite, gıda güvenliği ve halk sağlığı ilişkisi. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences (EgeJFAS)/Su Ürünleri Dergisi*, **37**(1), 85-91. DOI: [10.12714/egejfas.37.1.10](https://doi.org/10.12714/egejfas.37.1.10)
- Taheri, S., Motallebi, A.A., Fazlari, A., Aftabsavar, Y., & Aubourg, S.P. (2012).** Influence of vacuum packaging and long term storage on some quality parameters of cobia (*Rachycentron canadum*) fillets during frozen storage. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, **12**(4), 541-547.
- Tenyang, N., Womeni, H.M., Tiencheu, B., Villeneuve, P., & Linder, M. (2017).** Effect of refrigeration time on the lipid oxidation and fatty acid profiles of catfish (*Arius maculatus*) commercialized in Cameroon. *Grasas y Aceites*, **68**(1), e177-e177. DOI: [10.3989/gya.0335161](https://doi.org/10.3989/gya.0335161)
- Tunç, A. (1994).** Farklı Ambalaj Materyali ile Paketlenmiş Alabalığın [*Oncorhynchus mykiss* (WALBAUM 1792)] Soğukta Depolanması. Yüksek Lisans Tezi T.C. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Varlık, C. (1993).** Su ürünlerinde kalite kontrol ilke ve yöntemleri. *Gıda Teknolojisi Derneği*, **17**, 16-17.
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., Baygar, T. (2004).** Su ürünleri işleme teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayın No:4465.
- Wang, S., Xiang, W., Fan, H., Xie, J., & Qian, Y. F. (2018).** Study on the mobility of water and its correlation with the spoilage process of salmon (*Salmo solar*) stored at 0 and 4 C by low-field nuclear magnetic resonance (LF NMR 1 H). *Journal of Food Science and Technology*, **55**, 173-182.
- Wang, X.Y., & Xie, J. (2019).** Evaluation of water dynamics and protein changes in bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during cold storage. *LWT*, **108**, 289-296. DOI: [10.1016/j.lwt.2019.03.076](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.076)
- Wen, Y.Q., Xue, C.H., Zhang, H.W., Xu, L.L., Wang, X.H., Bi, S.J., ... & Jiang, X.M. (2023).** Concomitant oxidation of fatty acids other than DHA and EPA plays a role in the characteristic off-odor of fish oil. *Food Chemistry*, **404**, 134724. DOI: [10.1016/j.foodchem.2022.134724](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134724)
- Wesselinova, D. (2000).** Amino acid composition of fish meat after different frozen storage periods. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **9**(4), 41-48. DOI: [10.1300/J030v09n04_05](https://doi.org/10.1300/J030v09n04_05)
- Williams, E.E., & Hazel, J.R. (1992).** The role of docosahexaenoic acid-containing molecular species of phospholipids in the thermal adaptation

of biological membranes in essential fatty acids and eicosanoids. *Edited by A. Sinclair and R. Gibson. Am. Oil Chemists' Society, Champaign, Illinois*, 128-133.

- Williams, M. (2005).** Dietary supplements and sports performance: amino acids. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2(2), 63. DOI: [10.1186/1550-2783-2-2-63](https://doi.org/10.1186/1550-2783-2-2-63)
- Wu, T.H., & Bechtel, P.J (2008).** Ammonia, dimethylamine, trimethylamine, and trimethylamine oxide from raw and processed fish by-products. *J. Aquat. Food Prod Technol.*, 17, 27-38.
- Wu, G. (2010).** Functional amino acids in growth, reproduction, and health. *Advances in Nutrition*, 1(1), 31-37. DOI: [10.3945/an.110.1008](https://doi.org/10.3945/an.110.1008)
- Wu, G. (2013).** Functional amino acids in nutrition and health. *Amino Acids*, 45, 407-411. DOI: [10.1007/s00726-013-1500-6](https://doi.org/10.1007/s00726-013-1500-6)
- Young, V.R., & Pellett, P.L. (1984).** Amino acid composition in relation to protein nutritional quality of meat and poultry products. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 40(3), 737-742. DOI: [10.1093/ajcn/40.3.737](https://doi.org/10.1093/ajcn/40.3.737)
- Zhuang, S., Liu, Y., Gao, S., Tan, Y., Hong, H., & Luo, Y. (2023).** Mechanisms of fish protein degradation caused by grass carp spoilage bacteria: A bottom-up exploration from the molecular level, muscle microstructure level, to related quality changes. *Food Chemistry*, 403, 134309. DOI: [10.1016/j.foodchem.2022.134309](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134309)