

Fleto ve Bütün Olarak Dondurulmuş Gökkuşığı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W.) Muhafazası Süresince Yağ Asitleri Bileşimlerindeki Değişmelerin Araştırılması *

Muhammet Dönmez, Osman Tatar

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Bornova, İzmir, Türkiye

Abstract: *Investigation of the Changes in Fatty Acids Composition of Whole Frozen Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss W.) and Its Fillet During Storage:* In this research, changes in fatty acid composition of frozen rainbow trout were investigated. As a raw material, cultured rainbow trout produced by a private company was used. Rainbow trouts were frozen in two different forms which are fillets and as a whole. They are stored in (30)°C for one year and the changes in fat and fatty acids were screened by Gas Chromatography during this period. After the storage of rainbow trouts for one year, no important change in total fat content were found. But the effects of the processing methods (storage forms) and the storage period were found important on fatty acid composition. As a result, while the ratio of saturated fatty acids increasing, the ratio of unsaturated ones were decreased and the ratio of mono unsaturated fatty acids were not effected so much during one year storage. It is recommended to consume frozen rainbow trouts either as fillets or after removal of internal organs until the end of ninth month storage.

Key Words: Rainbow trout, fatty acids, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids.

Özet: Bu çalışmada dondurularak muhafaza edilen gökkuşığı alabalığının yağ asitlerindeki değişimler incelenmiştir. Özel bir işletmede kültür yoluyla üretilmiş olan Gökkuşığı Alabalığı çalışma materyali olarak kullanılmıştır. Gökkuşığı alabalıkları iki farklı şekilde (fleto ve bütün olarak) dondurularak -30°C'de depolanmış ve bir yıllık depolama süresi içerisinde yağ ve yağ asitlerindeki değişimler gaz kromatografik metot kullanılarak tespit edilmiştir. Gökkuşığı alabalığının bir yıllık muhafazası sonucu toplam yağ oranlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Yağ asitlerinde meydana gelen değişimlere ise işleme yöntemleri ve depolama süresinin etkisi olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak doymuş yağ asitleri oranı artarken, doymamış yağ asitleri oranı azalmıştır. Tekli doymamış yağ asitleri oranlarında ise bir yıllık depolama sonucunda fazlaca bir değişim görülmemiştir. Gökkuşığı alabalığının fleto edildikten sonra muhafaza edilmesi ve en geç dokuzuncu ayın sonuna kadar tüketilmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gökkuşığı alabalığı, yağ asitleri, doymuş yağ asitleri, çoklu doymamış yağ asitleri.

Giriş

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte, kalabalık toplumlar halinde yaşamak hastalık ve salgınları hızla arttırmış, büyük şehirlerde oturmak insan organizmasının enfeksiyonlara karşı olan direncini azaltmıştır. Bu nedendir ki

gelişmiş ülkelerde balık ve deniz ürünleri üzerinde büyük bir titizlikle durulmaktadır. Tatlı su ve deniz balıkları insanların beslenmesinde büyük önem taşımaktadır. Ülkemiz, coğrafi yapısı ve iklim koşulları dikkate alındığında, deniz ve iç sularımızda çeşitli su ürünlerinin yetiştirilmesine ve geliştirilmesine imkan

* Doktora tezinden alınmıştır.

verecek kaynaklara sahiptir. Ancak bu kaynaklardan yeterli düzeyde yararlanıldığı söylenemez. Ülkemizde su ürünlerinin soğuk muhafazası, taşınması ve depolanması yeterli düzeylerde olmadığı için üretilen su ürünlerinin büyük bir kısmı ancak üretim bölgelerinde tüketilebilmektedir.

Balık etinin kalitesini, özellikle lezzetli olmasını yapısında bulunan yağ asitleri sağlamaktadır. Balığın canlı ağırlığının %70-80'nini su, %17-20 protein, %2-10 oranını da yağlar oluşturmaktadır.

Doğada bulunan yağ asitleri bir kaç istisna ile yüksek, normal (dallanmamış), zincirli, çift karbon sayılı, substitue olmamış asitlerdir. Halbuki deniz ürünleri yağlan çift bağ sayısı daha çok olan doymamış polietilen asitleri ihtiva ederler (Keskin, 1981).

Yağ asitleri içerdikleri karbon atomlarının sayısı, zincir uzunlukları, karbon atomları arasındaki çift bağların sayıları ve doymamışlık derecelerine göre sınıflandırılırlar. Doymamış yağ asitleri de tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri olmak üzere ikiye ayrılırlar. Çoklu doymamış yağ asitleri de (ÇDYA) kendi aralarında ikiye ayrılırlar bunlar omega-3 (n-3, ω3) ve omega-6 (n-6, ω6) yağ asitleridir. ω3 ve ω6'lar; alışılmışın dışında karboksil (-COOH) grubunun tersine metil (-CH₃) grubundan sayıldığı zaman 3.ve 6. karbon atomun da çift bağ içeren yağ asitleridir.Balık yağları % 20-30 oranında doymuş yağ asitlerini, % 70-80 oranında da doymamış yağ asitlerini içerir. Balık yağlarındaki çoklu doymamış yağ asitlerinin (Polyunsaturated fatty acids= PUFA) miktarı %25-30'dur.Su ürünlerinin yağlarındaki PUFA'lar genellikle omega-3 şeklindedir. Omega-6 yağ asitleri ise toplam yağ asitleri oranının % 1 ile 3'ünü oluşturmaktadır (Skorski, 1990; Weatherley ve Gill; 1989, Ackman, 1988).

Kalorik fonksiyonlarının yanında yağlar vücut yapısının gelişmesi için gerekli ve dışarıdan alınması zorunlu olan yağ asitlerini de İçerirler. Bazı yağlar vücutta sentezlenemeyen linoleik, lino-lenik ve araşidonik gibi esansiyel yağ asitleri bulunan gliseritleri de içerdiğinden, beslenme açısından değerleri daha yüksektir. Bu yağ asitlerinin vücuda dışarıdan alınması zorunludur. Aksi halde vücut fonksiyonlarında bozukluklara hatta ölüme bile sebep olabilen aksaklıklara yol açabilirler.

Su ürünlerindeki yağların yağ asitlerindeki kompozisyonların farklı olması bazı faktörlere bağlıdır. Bu faktörler beslenme şekli, coğrafik şartlar, çevre sıcaklığı, mevsimlere göre avlanma, vücut uzunluğu, cinsiyet, tür ve yağ içerikleri olarak sayılabilir. Tatlı su balıklarının yağ oranları kara hayvanları ve deniz hayvanları arasında kalmaktadır. Sıcak denizlerde yaşayan balıkların yağ asitlerinin doymamışlık oranları daha fazladır.

Deniz ürünlerindeki yağlar, bitki ve hayvan yağlarına göre daha kompleks yapıdadırlar. Karbon zinciri uzunluğu C: 14 ve C:24 arasındadır, hatta C: 12 ile C:26 bile bulunabilmektedir. C: 14 ile C: 16 tekli doymamış bağ içerirken C:20 ve C:22 yağ asitleri; dört, beş ve hatta 6 çift bağ içerirler (Keskin, 1981).

Dünyada kültür olarak üretilen su ürünlerinin başında Alabalık (*Salmo trutta*). Sazan (*Cyprinus carpio*) gibi tatlı su balıkları ve Çipura (*Sparus auratus*). Levrek (*Dicentrarchus labrax*) Salmon (*Salmo salar*). Kalkan (*Scophthalmus maeoticus*) gibi deniz balıkları gelmektedir.

Doymamış yağ asitlerince zengin olan balık bozulmaya karşı son derece hassas bir gıda maddesidir. Bu nedenle kültür yoluyla üretilen veya doğadan avlanan su ürünlerinin tüketiciye veya işleme tesislerine ulaştırılıncaya kadar

soğuk zincir içinde tutulmaları zorludur.

Soğuk zincir boyunca meydana gelebilecek değişimlerin bilinmesi ve ürünün raf ömrünün belirlenebilmesi için soğukta depolanan su ürünlerindeki kalite değerlerinin ve bu değerlere göre yapılmış kalite sınıflamasının bilinmesi gereklidir. Yapılan bu sınıflamalardan faydalanarak ürünün depolama sırasında hangi kalite düzeyinde olduğu belirlenebilmektedir.

Gökkuşluğu alabalığının yetiştiriciliği son yıllarda oldukça gelişmiş ve istenilen olumlu sonuçlar alınmaya başlanmıştır. Gökkuşluğu alabalığının fazlaca üretildiği dönemlerde kalite kaybına uğramadan ya da en az kayıpla tüketiciye ulaştırılması önemli bir konudur. Bu da ürünün buzlanması ve soğutulması ile mümkündür. Bu nedenle soğukta depolama süresince oluşabilecek yağ asitlerindeki değişimlerinin bilinmesi ve kalite konusunda üreticinin ve tüketicinin bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada gelecekte büyük bir ekonomik potansiyel oluşturacak olan gökkuşluğu alabalığı seçilerek depolanmış ve yağ asitlerindeki değişimler incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada materyal olarak ortalama ağırlıkları 280gr., total boy ortalamaları 27.75 cm. olan Gökkuşluğu Alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*. W.) kullanılmış olup, Mart 1997 yılında özel bir üretme çiftliğinden elde edilmiştir.

Dondurarak Depolama: Elde edilen gökkuşluğu alabalıkları 2 farklı yöntemle dondurularak depolanmıştır:

- Hiç bir işlem görmeden bütün olarak,
- Fleto yapıldıktan sonra,

-30°C'ye ayarlı bir derin dondurucuda dondurulmuşlar ve balıklar üçlü gruplar halinde aliminyumla kaplanmış karton

üzerine dizilerek ve daha sonra streç filmle kaplanarak ambalajlandıktan sonra 30±1°C'de depolanmışlardır.

Hamyag eldesi: Alabalıklardan yağın ayrılması (2:1) kloroform+metanol karışımı ile sağlanmıştır, 10 gr parçalanmış örnek 100 ml kloroform+metanol (2+1) karışımı ile blender de 3 dakika karıştırılır. Filtre edilen ekstrat ayırma hunisine alınır, üzerine % 0.4 lük CaCl₂ çözeltisinden 20 ml eklenir, çalkalanır. Kloroform fazı Vakumlu Döner Buharlaştırıcı ile uçurularak yağda kalan az miktardaki çözücü kuru azotla uçurularak yağ elde edilir (Flynn ve Vianna, 1975).

Metillendirme: Alabalık yağlarının metillendirilmesi AOAC (1992) ye göre yapılmıştır. Bir cam tüp içerisindeki 25 mg yağ örneği üzerine 1.5 ml 0.5 N metanolik NaOH ilave edilir. Cam tüpe azot gazı doldurularak ağız alevde kapatılır ve karıştırılır. 100 °C'de 5 dakika ısıtılır, soğutulur ve üzerine 2 ml BF₃ çözeltisi (%12 lik metanolde) ilave edilir. Tekrar azot gazı doldurularak ağız alevde tekrar kapatılır ve karıştırılır. 100°C de 30 dakika ısıtılır. Tüp soğutulur ve 1 ml izooktan eklenir 30 sn kuvvetlice çalkalanır. 5 ml doymuş NaCl çözeltisi ilave edilir ve muhteviyat ayırma hunisine alınarak fazlar ayrılır. İzooktan fazından Gaz Kromatografisine verilir.

Gaz Kromatografın Koşulları: Cihaz (Gaz Kromatografisi HP 5890 Series II), Dedektör (Alev İyonizasyon Dedektörü), Kolon (Sp 2560, Kapiler, 100 m uzunluk, 0.25 mm iç çap, Film kalınlığı 0.2µm, Enjeksiyon hacmi 1 µl, Enjeksiyon bloku sıcaklığı 220°C, Dedektör sıcaklığı 220°C, İlk fırın sıcaklığı 170°C, Sıcaklık artışı 1°C/dak., Son fırın sıcaklığı 220°C, Süre 60 dakika, Split oranı 1/50, Taşıyıcı gaz H₂:1 ml/dak.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada 2 değişik yöntemle dondurulmuş (bütün, fleto) olan gökkuşağı alabalığının yağ ve yağ asitlerindeki değişimler incelenmiştir.

Toplam Yağ Oranındaki Değişmeler: Taze iken yağ oranı % 4.07 olan gökkuşağı alabalığında 12 aylık depolama sonunda meydana gelen değişimler Tablo I'de verilmiştir. Her bir yağ analizi 3'er defa tekrarlanmış ve ortalamaları alınmıştır.

Balık etinin temel öğelerinden biri olan yağ oranı; mevsim, coğrafik bölge, yaş, cinsi olgunluk ve beslenme gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Yağ türlerine göre farklılık gösterdiği gibi, aynı türün yaş, biyolojik durum, beslenme şekli, üreme, gelişim durumu ve suyun sıcaklığı da yağ oranının değişiminde etkili olmaktadır. Yağın vücut yapısındaki dağılım oranları aynı olmayıp değişken olabilmektedir (Lohs and Kompke, 1980; Rahman ve diğ., 1995; Yılmaz ve diğ., 1996).

Tablo I. Gökkuşağı alabalığının dondurularak depolanması sırasında yağ oranlarındaki değişimler (%)*

Aylar	Bütün	Fleto
1	4.00	3.96
3	4.06	4.10
6	4.10	4.00
9	4.08	4.00
12	4.03	3.95

* %'ler 3 değişik analizin ortalamasını içermektedir.

Simopoulos (1991) tarafından gökkuşağı alabalığının yağ oranı % 3.4 olarak bildirilmiştir. Souci ve diğ. (1981) gökkuşağı alabalığının yağ oranının % 1.9 ile % 4.55 arasında değişebileceğini saptamışlardır. Holland ve diğ. (1993) gökkuşağı alabalığının yağ oranını %4.5 bulmuşlardır. Yıldız'a (1995) göre ise

depolama süresince gökkuşağı alabalığının yağ oranı % 3.8 ile %3.65 arasında değişim göstermektedir. Bütün bu bilgiler ışığında bu çalışmada başlangıçta taze örnekte %4.07 olarak bulunan yağ oranı literatür bilgileriyle uyum sağlamaktadır. Nair ve diğ. (1976), uskumru balıklarını -18°C'de dondurarak saklamışlar ve lipidlerdeki hidrolitik değişimleri incelemişlerdir. Uskumruda başlangıçta %1.49 olan ortalama lipid oranını 5 aylık depolama sonunda %1.43 olarak bulmuşlardır. Kundakçı (1979) Haskefal ve Sazan balığını dondurarak depolamış ve 12 ay sonunda toplam lipid oranlarında önemli bir değişim olmadığını tespit etmiştir. Yine Kundakçı (1984) Haskefal ve Lüfer üzerine yaptığı çalışmada 1 yıl depolama sonunda toplam lipid oranlarının değişimi üzerine dondurarak depolamanın fazla bir etkisinin olmadığını vurgulamıştır. Kerevitlerin dondurularak depolanması üzerine yapılan çalışmada, 1 yıllık depolama süresince yağ oranında önemli bir değişim olmadığı rapor edilmiştir (Şahin ve Seyrekoğlu, 1988). Seyrekoğlu ve Şahin (1991) vakumlu ambalajlanmış ve askorbik asitle glaze edilmiş derili ve derisiz sudak fletolarını dondurarak depolamışlar ve bir yıl sonunda önemli oranda bir lipid değişimi olmadığını tespit etmişlerdir. Bütün olarak dondurulup depolanmış olan gökkuşağı alabalığının yağ oranı 12. ayın sonunda %4.07den % 4.03'e düşerken, bu oran fleto edilmişlerde %3.95'e düşmüştür. Yağlarda meydana gelen hidroliz ve otooksidasyondan dolayı depolama süresince yağlarda artış ve azalışlar olabilmektedir. Fleto edilmiş alabalıkların yağ oranlarında işleme şekliyle kaynaklanan bir azalma söz konusudur. Fakat bütün olarak dondurulmuş alabalıkların yağ oranlarında fazlaca bir değişim görülmemiştir.

Yağ Asitlerindeki Değişmeler: Gökkuşağı alabalığının yağ asitleri kompozisyonunu belirlemek için kullanılan stan-

dartlar ve gaz kromatografisinden çıkış sırası aşağıda verilmiştir. Tablo 2.'de verilen standartların kromatogramı Şekil 1'de görülmektedir. Elde edilen bu kromatogram sayesinde yağ asitlerinin yerleri belirlenerek analiz sonuçları değerlendirilmiştir. 12 aylık depolama sonucu gökkuşığı alabalığının yağ asitlerinde meydana gelen değişimler Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir. Tablolarda verilen %'ler Gökkuşığı Alabalığı yağındaki %de yağ asitleri cinsinden verilmiştir. Gökkuşığı alabalığı yağı taze iken toplam

% 30.04 doymuş yağ asitlerini, % 28.44 tekli doymamış yağ asitleri ve % 29.99'da çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFA) içerdiği tespit edilmiştir. Wang ve diğ. (1990) göl alabalıkları üzerine yaptıkları çalışmada alabalıklarda bulunan yağlarda çoklu doymamış yağ asitleri miktarının % 29.7 oranında olduğunu tespit etmişlerdir. Lee ve diğ. (1985) PUFA' ların toplam yağ içerisindeki miktarı % 15-30 arasında değişmekle beraber bu yağ asitlerinin miktarı bazen % 10'dan daha aşağı, bazen de % 55 civarında olabilmektedir.

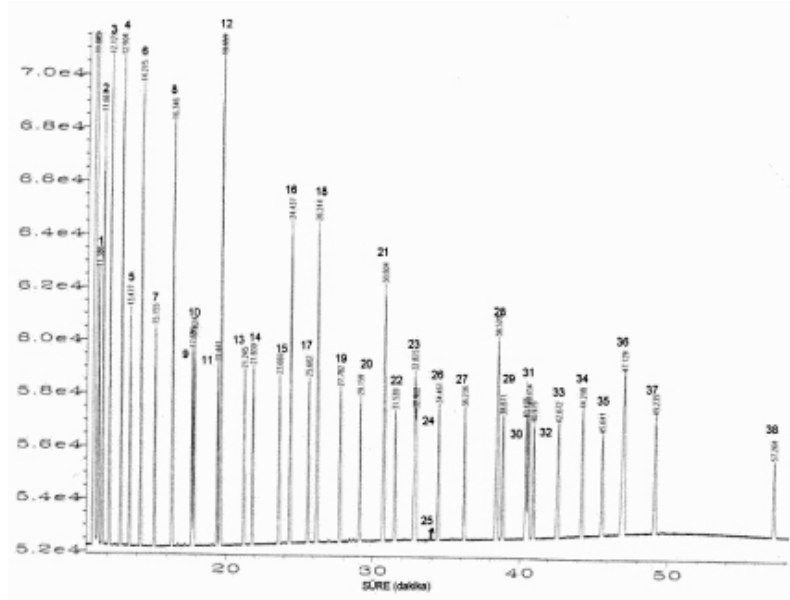
Tablo 2. Yağ asitleri kompozisyonunu belirlemek için kullanılan standartlar.

Pik No	Karbon ve Çift Bağ	Yağ Asiti
1	C _{4:0}	Butirik asit
2	C _{6:0}	Kaproik asit
3	C _{8:0}	Kaprilik asit
4	C _{10:0}	Kaprik asit
5	C _{11:0}	Andekanoik asit
6	C _{12:0}	Laurik asit
7	C _{13:0}	Tridekanoik asit
8	C _{14:0}	Miristik asit
9	C _{14:1}	Miristeloik asit
10	C _{15:0}	Pentadekanoik asit
11	C _{15:1} Cis-10	Pentadekanoik asit
12	C _{16:0}	Palmitik asit
13	C _{16:1}	Palmiteloik asit
14	C _{17:0}	Heptadekanoik asit
15	C _{17:1} Cis-10	Heptadekanoik asit
16	C _{18:0}	Stearik asit
17	C _{18:1} trans9	Elaidik asit
18	C _{18:1} cis9	Oleik asit
19	C _{18:2} trans 9-12	Linolelaidik asit
20	C _{18:2} Cis 9-12	Linoleik asit
21	C _{20:0}	Araşidik asit
22	C _{20:1}	Eikosanoik asit
23	C _{18:3} Cis 6-9-12	Linolenik asit
24	C _{18:3} 9-12-15	α Linolenik asit
25	C _{18:4}	Oktadekatetraenoikasit
26	C _{21:0}	
27	C _{20:2}	Eikosadienoik asit
28	C _{22:0}	Behenik asit
29	C _{22:1}	Eruşik asit
30	C _{22:1}	Dokosadienoik asit
31	C _{20:3} Cis 11-14-17	Eikosatrienoik asit
32	C _{20:3} Cis 8-11-14	Eikosatrienoik asit
33	C _{23:0}	Trikosanoik asit
34	C _{20:4}	Araşidonik asit
35	C _{20:5}	Eikosapentaenoik asit
36	C _{24:0}	Lignoserik asit
37	C _{24:1}	Nervonik asit
38	C _{22:6}	Dokosaheksaenoik asit

Tablo 3. Bütün olarak dondurulup depolanan gökkuşuğu alabalığının yağ asitlerindeki değişimler (%)*

Yağ Asitleri	0. Ay	1. Ay	3. Ay	6. Ay	9. Ay	12. Ay
C _{14:0}	4.25	4.01	4.24	4.40	4.77	4.94
C _{15:0}	0.49	0.45	0.49	0.50	0.54	0.52
C _{16:0}	19.08	18.80	21.73	22.79	23.00	22.5
C _{17:0}	0.46	0.40	0.44	0.49	0.51	0.53
C _{18:0}	5.06	6.26	5.97	5.51	5.39	5.38
C _{20:0}	0.33	0.30	0.26	0.33	0.31	0.32
C _{24:0}	0.37	0.35	0.37	0.36	0.39	0.37
Σ Doymuş	30.04	30.57	33.50	34.38	34.91	34.56
C _{16:1}	6.03	5.00	5.85	6.30	6.12	6.97
C _{18:1}	21.76	19.97	21.01	20.19	20.02	21.03
C _{20:1}	iz	-	-	-	-	-
C _{22:1}	0.27	0.25	0.26	0.27	0.25	0.19
C _{24:1}	0.38	0.20	0.26	0.20	0.21	0.16
Σ Tekli Doymamış	28.44	26.46	26.34	26.96	26.6	28.35
C _{18:2}	6.85	7.00	6.07	6.08	6.10	6.00
C _{18:3 (n-3)}	0.76	0.80	0.85	0.84	0.83	0.77
C _{18:4 (n-3)}	0.53	0.70	0.57	0.51	0.57	0.38
C _{20:2}	0.59	0.60	0.49	0.38	0.45	0.48
C _{20:3 (n-3)}	0.87	0.90	1.00	1.03	0.90	0.61
C _{20:5 (n-3)}	4.00	4.50	4.07	4.24	3.87	3.20
C _{22:5 (n-3)}	1.64	1.55	1.29	1.38	1.40	1.38
C _{22:6 (n-3)}	14.75	17.00	15.00	14.05	14.30	14.08
Σ Çoklu Doymamış	29.99	33.05	29.34	28.50	28.42	26.90

* Her bir analiz iki defa tekrarlanmış ve elde edilen değerlerin ortalama %'leri verilmiştir.

**Şekil 1.** Yağ asitlerinin standart kromatogramları.

Tablo 4. Fleto edilerek, dondurulup depolanan gökkuşuğu alabalığının yağ asitlerindeki değişimler (%)

Yağ Asitleri	0. Ay	1. Ay	3. Ay	6. Ay	9. Ay	12. Ay
C _{14:0}	4.25	4.48	4.96	4.71	4.75	4.70
C _{15:0}	0.49	0.51	0.57	0.54	0.52	0.54
C _{16:0}	19.08	20.02	21.02	23.0	21.71	22.05
C _{17:0}	0.46	0.50	0.49	0.51	0.46	0.5
C _{18:0}	5.06	5.30	5.59	5.62	5.16	5.45
C _{20:0}	0.33	0.31	0.28	0.30	0.29	0.31
C _{24:0}	0.37	0.45	0.52	0.42	0.41	0.45
Σ Doymuş	30,04	31.57	33.43	35.1	33.3	34.00
C _{16:1}	6.03	5.43	5.02	5.75	6.58	6.30
C _{18:1}	21.76	19.52	22	20.45	21.7	22.00
C _{20:1}	iz	-	-	-	-	-
C _{22:1}	0.27	0.26	0.29	0.25	0.21	0.23
C _{24:1}	0.38	0.25	0.30	0.28	0.24	0.29
Σ Tekli Doymamış	28.44	25.46	27.61	26.73	28.73	28.82
C _{18:2}	6.85	6.09	5.55	6.07	6.00	5.89
C _{18:3 (n-3)}	0.76	0.83	0.82	0.77	0.76	0.73
C _{18:4 (n-3)}	0.53	0.49	0.45	0.52	0.43	0.40
C _{20:2}	0.59	0.19	0.29	0.20	0.25	0.21
C _{20:3 (n-3)}	0.87	0.87	0.80	0.75	0.82	0.81
C _{20:5 (n-3)}	4.00	4.01	3.75	3.97	3.90	3.81
C _{22:5 (n-3)}	1.64	1.48	1.50	1.54	1.52	1.50
C _{22:6 (n-3)}	1.75	14.00	14.05	13.75	14.14	13.71
Σ Çoklu Doymamış	29.99	27.96	27.21	27.57	27.82	27.06

Nair ve Gopakumar (1978) tropikal bölgelerde yaşayan 15 adet balık türü üzerine yaptıkları çalışmada PUFA oranının %19 ile %32.49 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Yılmaz ve diğ. (1996) bir balık türünün vücut kaslarının yağları ile diğer organlarının yağları arasında kimyasal yapı farklılıkları olduğunu bulmuşlardır.

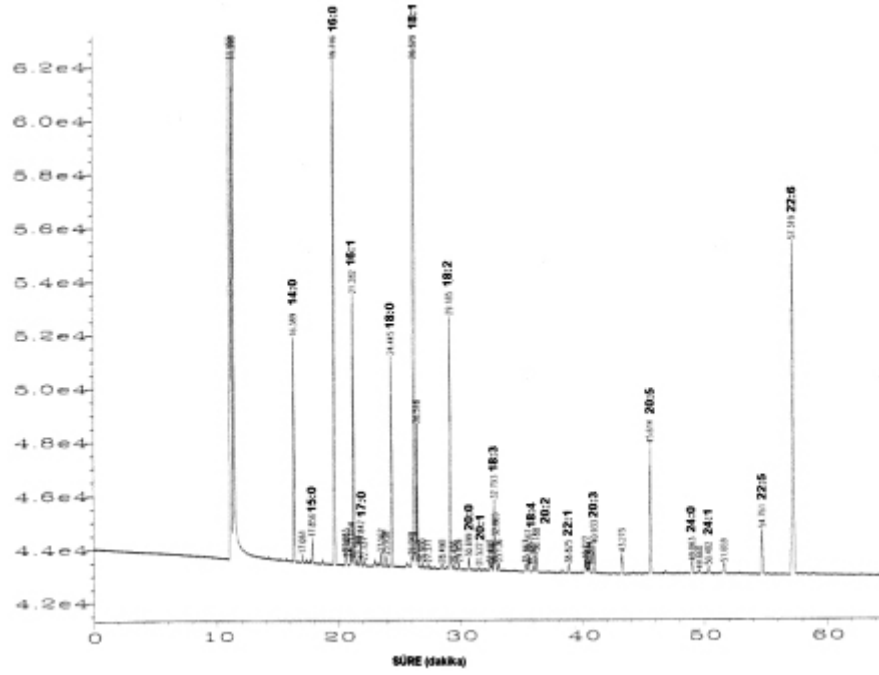
Doymuş Yağ Asitlerindeki Değişmeler: Başlangıçta %30.04 olan toplam doymuş yağ asitleri(DYA) oranı 12 aylık depolama sonucu, bütün olarak dondurularak depolanan alabalıklarda %4.52 artışla %34.56'ya, fletolarda %3.96'lık artışla %34'e yükselmiştir. Dondurularak depolanan alabalıkların fosfolipidlerindeki hidroliz ve otooksidasyonları bir arada olmaktadır. Bu nedenle doymamış yağ asitlerinin otooksidasyonundan kaynak-

lanan bir azalma doğrudan doymuş yağ asitlerinin artış oranına yansımaktadır. Kundakçı (1979) kefallerde başlangıçta %31.75 olan toplam DYA oranının, 18 aylık depolanması sonucunda %37.48'e, sazanlarda ise %31.25'den %33.03 yükseldiğini gözlemlemiştir. Yine Kundakçı (1984)'ya göre Tomasyon, Spratları 1 yıl süreyle donmuş koşullarda depolamış ve toplam DYA'da artış olduğunu vurgulamıştır. Suda dondurulmuş bütün kerevitlerin 12 ay depolanması sonucu DYA oranı % 26.78'den % 27.47'ye yükselmiştir (Şahin ve Seyrekoğlu, 1988).

Tekli Doymamış Yağ Asitlerindeki Değişmeler: Tekli doymamış yağ asitlerinin (t DmYA) büyük bir bölümünü % 21.76 ile C_{18:1} (oleik) ve % 6.03 ile de C_{16:1} (palmitoleik) asit oluşturmaktadır.

Yıldız'a (1995) göre bu oranlar % 19.1 ve % 5.9'dur. Gökkuşuğu alabalıklarının taze iken % 28.44 olan toplam t DmYA'de meydana gelen değişimler ilk 1 ve 3

aylarda yağ asitlerinde oksidasyondan kaynaklanan düşüşler olmuş ve 6 aydan sonra 9. ve 12. aylarda daha kararlı bir yapı oluşturmuşlardır.



Şekil 2. Gökkuşuğu alabalığının yağ asitleri kromatogramları

Çoklu Doymamış Yağ Asitlerindeki Değişmeler: Gökkuşuğu alabalığı Omega-3 ve Omega-6 yağ asitleri yönünden iyi bir kaynak olarak sayılabilir. Çünkü yapısında % 14.75 DHA (deksaheksa-enoik asit) ve % 4 EPA (eikosapenta-enoik asit) omega-3 yağ asitlerinden içerdiği görülmektedir. Başlangıçta %29.99 olan toplam çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) oranı bütün olarak dondurulup depolanmış alabalıklarda 1. ayda artış göstermiş ve daha sonraki aylarda sürekli düşme gözlenmiştir. Fleto olanlarda ise düşme 1. aydan itibaren başlamış ve düzenli olarak devam etmiştir. Bünyelerinde birden fazla çift bağ olması sebebiyle oksidasyona daha çok maruz kalarak parçalanmış PUFA'lar

peroksit ve karbonil bileşiklere dönüşerek yok olmaktadır.

Bir yıllık depolama sonucunda bütün olarak dondurulanlarda % 3.09 ve fletolarda % 2.93 azalma görülmüştür. Fleto edilmiş alabalıklardaki azalmalar en az düzeydedir. Beltran ve Moral (1990) yaptıkları çalışmada, balıkların -18°C'de 180 gün depolanması sonunda EPA ve DHA'da önemli azalışlar olduğunu vurgulamışlardır. Yağ asitlerinin oranı azalırken oksidasyon oranı artmaktadır. Balığın oksidasyona uğramasında bu yağ asitlerinin % 70-80 oranında etkili olduğu belirlenmiştir.

Kalp, damar sağlığı ve vücudun hayati fonksiyonlarını devam ettirebilmesi için oldukça önemli bir yeri olan

PUFA'ların, azalma göstermesi istenmeyen bir durumdur Dondurarak depolama süresi içinde PUFA'larda 6. aydan sonra azalmalar başlamakta ve oksidasyon 9. ve 12. ayın sonuna kadar devam etmektedir. Omega-3 yağ asitlerinden EPA ve DHA da önemli ölçüde azalmalar kaydedilmiştir. Omega-3 yağ asitlerindeki azalmalara yöntem ve sürenin etkili olduğu tesbit edilmiştir.

Gökkuşluğu alabalığı yetiştiriciliğinin arttığı şu günlerde ürün fazlasının dondurularak muhafaza edilip tüketiciye kalite kaybı olmadan sunulması önemli bir konudur. Bu nedenle bu çalışmada kalite kriterlerinden biri olan yağ asitleri üzerinde çalışılarak değişimleri incelenmiştir. Dondurarak muhafaza süresi içerisinde ilk 6. aya kadar fazlaca bir değişim göstermeyen fletto edilmiş olan alabalıklar yağ asitleri yönünden fazlaca kayba uğramadıkları için tercih edilmelidir. Depolamanın ilerlediği 9. ve 12. aylar sonunda otooksidasyon ve hidroliz sebebiyle azalış ve artışlar olmaktadır. Bu yüzden dondurularak muhafaza edilen gökkuşluğu alabalığının iç organları temizlendikten sonra fletto halinde depolanması ve en geç 6. ve 9. aylar arasında tüketilmesi önerilmektedir. Bu çalışmada başlangıçta taze gökkuşluğu alabalığından elde edilen kromatogramlardan bir tanesi Şekil 2 de verilmiştir.

Kaynakça

- Ackman, R.G., 1988. Concerns for utilization of marine lipids and oils, Food Technology; 151-160.
- AOAC, 1992. Fatty acids in encapsulated fish oils and fish oil methyl esters, J. AOAC, 72, (488): 140-142.
- Beltran, A., Moral, A., 1990. Gas chromatographic estimation of oxidative deterioration in sardina during frozen storage. Lebensm-Wissu Technol (23): 499-504.
- Flynn, A.W., Bramblet, V.D., 1975. Effect of frozen storage, cooking method and muscle quality on attributes of porklions, Journal of Food Science, 40(3): 631-633.
- Holland, B., Welch, A.A., Unvvin, I.D., Buss, D.H., Paul, A.A., Soutgate, D.A.T., 1993. The composition of foods, Fisheries and Foods, The Royal Society of Chemistry and Agriculture, 210-211.
- Keskin, H., 1981. Besin Kimyası, İst. Ün. Yayınlan Cilt I, 163-164s.
- Kundakçı, A., 1979. Haskefal ve Sazan Balıklarının Dondurularak Saklanması Sırasında Lipidlerdeki Değişmeler, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bornova-İZMİR.
- Kundakçı, A., 1984. Dondurma Öncesi Süre-Sıcaklık İlişkilerinin Donmuş Haskefal ve Lüfer Kalitesine Etkileri. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 7, Bornova, İzmir.
- Lee, T.H., Richard, L.H., John, D.W., Richard, I.S., Joseph, R., Bemd, W.S., Dwight, R.R., Corey F.J., Robert, A.L., Frank, A., 1985. Effect of dietary enrichment with EPA and DHA on in neutroph and monocyte leukotrienc generation and neutrophil function. The New England Journal of Medicine, 312 (19): 1217-1
- Lohs, P., Kompke, G., 1980. Bertrag zur histamin problematik bei fischen und fischerzeugnissen unte Besonderar, Berücksichtigung Weniger Bekonnter Fisharten Nahrung, 24(3): 255-264.
- Nair, P.G.V., Gopakımar, K., Nair, N.R., 1976. Lipid hydrolysis in mackerel during frozen storage. Fishery Technology. 13(2): 111-114.
- Nair, P.G.V., Gopakumar, K., 1978. Fatty acid composition of 15 spesles of fish from tropical waters, Journal of Food Science, 43: 1162-1164.
- Nastorg, E., 1997. Bridging the GAP Food Enrichment with Omega-3, The Sixth International Congres on Food Industry, Kuşadası-Turkey, 316-328p.
- Rahman, S.A., Tehsing, B., Osman, B., Nik, M.D., 1995. Fatty acid composition of some malaysian fresh water fish, Food Chemistry, 54: 45-49.
- Seyrekoğlu, H.F., Şahin, A., 1991. Fletto olarak işlenen sudakların depolama sürecinde

- kalitesinde meydana gelen değişmeler, Gıda-Yem Dergisi, 46-48.
- Simopoulos, A.P., 1991. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development, American Journal Clinical Nutrition, (54): 438-463.
- Skorski, Z., 1990. Sea Food, Resources, Nutritional Composition and Preservation. Crc.Press.Inc. Boca Rota, Florida, 41-44 p.
- Souci, S.W., Fachmann, W., Kraut, H., 1981. Food Composition and Nutrition Tables, Wissenschaftler Verlagsgesellschaft m.b.H , Stuttgart, 560-61p.
- Şahin, A., Seyrekoğlu, H.F., 1988. Dondurulmuş Kerevitlerde İşleme Yöntemi ve Depolama Süresinin Kaliteye Etkilerinin Araştırılması, Isparta İl Kontrol Laboratuvarı Yayın No:1.
- Yıldız, M., 1995. Soğuk Depolamanın Gökkuşluğu Alabalığının Protein ve Yağ Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, İst. Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, Ö., Konar, V., Çelik, S., 1996. Elazığ keban baraj gölünde yaşayan *Capoeta capoeta umbla* ve *Capoeta trutta*'nın toplam lipid ve yağ asiti bileşimi, Gıda Dergisi, 21(6): 477-483.
- Wang, Y.J., Miller, L.A., Perren, M., Addis, P.B., 1990. Omega-3 fatty acids in lake superior fish. J. of Food Science, 55, (19): 71-73.
- Weatherley, A.H., Gill, H.S., 1989. The Biology of Fish Growth, Academic Press, London, 442p.