

## Bazı Tatlısu Balıklarının Sıcak Dumanlama Sonrası Lipidlerindeki Kimyasal Değişimler\*

Mustafa ÜNLÜSAYIN, Mehmet Yaşar AKSOYLAR, Hayri GÜLYAVUZ  
Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 27.01.2000

**Özet:** Bu araştırmada yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792), akarsulardan avlanan yılan balığı (*Anguilla anguilla* L. 1766) ve bazı içsularımızda bulunan sudak balıkları (*Sander lucioperca* L. Kottelat 1997)'nin dumanlama sonrası etlerindeki lipidlerin kimyasal değişimleri araştırılmıştır. Bu balıkların asit , sabunlaşma ve iyot sayılarının grup ortalamaları arasındaki farklılıklar önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur. Gaz kromatografik analizleri sonucunda; yılan balığı, gökkuşağı alabalığı ve sudak balığının dumanlama sonrası doymuş yağ asitlerinde artış, doymamışlarda ise azalış saptanmıştır. Ayrıca taze sudak balıklarının analizlerinde de doymuş yağ asitlerinin oranı yüksek bulunmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Sıcak Dumanlama, Kimyasal değişimler, Lipid, Gaz Kromatografi, Balık

### Chemical Changes of Lipids of Some Fresh water Fish After Hot Smoking

**Abstract :** In this study, the effects of hot smoking and some chemical changes of lipids in the flesh of fish such as rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792) that are cultured, eels (*Anguilla anguilla* L. 1766) caught from rivers, and pike perch (*Sander lucioperca* L. Kottelat 1997) in some inland bodies of water in Turkey were investigated. According to the results, significant ( $P<0.01$ ) differences were found the group averages of the free fatty acids' values, saponification values and iodine values of the fish. After gas chromatography analysis, an increase in the quantity of saturated fatty acids was observed along with a decrease in the unsaturated fatty acids after eel, rainbow trout and pike perch were smoked. In addition, in the fresh pike perch analysis, saturated fatty acids were found at a high rate.

**Key Words:** Hot Smoking, Chemical Changes, Lipid, Gas Chromatography, Fish

### Giriş

Suda yaşayanların etlerinde yağ oranları çok değişken olup, % 1-22 arasında değişmektedir. Yağ oranı canlının türüne, yaşına, cinsiyetine, mevsimine, çevre koşullarına ve beslenme durumuna göre değişir. Su ürünlerinin yağlarının yaklaşık % 20'si doymuş yağ asitlerinden, % 80'nin ise doymamış (mono, di ve poli) yağ asitlerinden oluştuğu, 18,20,22 karbonlu yağ asitlerinin ise çoğunlukta olduğu saptanmıştır. Balıklarda yağ, kaslarda, karın ve kuyruk bölgesinde, deri altında ve karaciğerde depolanır. Genelde balıkların kaslarında yağ oranı düşük olduğunda, yağın karaciğerde depolandığı görülür. Balıkların lipid bileşiminde fosfolipidler, glikolipidler ve lipoproteinlerin bulunduğu saptanmıştır (1,2,3,4,5).

Dumanlanmış balıkların lipidlerinin yapısında bazı değişimlerin olabileceği bildirilmektedir (6).

Aşırı doymamış yağ asitleri dikkate alındığında (20:5 n-3 ve 22:6 n-3) yağların oksidasyona daha duyarlı oldukları, balığın kurutulması ve dumanlanması sırasında, dumanlanmış-kurutulmuş ürünlerin depolanmasında oksidasyon şartlarına maruz kaldıklarında yavaş yavaş besinsel kalitelerini kaybettikleri saptanmıştır. Oksidasyon hızı sıcaklığa ve su oranına bağlı olup, yüksek sıcaklıkta su oranı arttıkça oksidasyonun da hızlandığı bildirilmektedir (6). Atlantik uskumrusunun aşırı doymamış yağ asitleri ve yağlarının stabilitesi ile ilgili olarak yağlı sonbahar uskumrusunun, daha az yağlı ilkbahar uskumrusuna göre dumanlamaya daha uygun olduğu bildirilmektedir (7,8).

\* Bu Araştırma Doktora Tezinin Bir Bölümü ve Süleyman Demirel Üniversitesi Araştırma Fonu (SDUAF-97 nolu proje)'nce Desteklenmiştir.

Doymuş tuz çözeltisi ile dondurulmuş balıkların tuzlanmasının, oksitlenmeyi hızlandırmasına rağmen su içerisindeki oksijenin çözünmesini engelleyerek, oksitlenmeyi yavaşlattığı bildirilmektedir (9). Dumanlanmış ürünlerde dumanın antioksidant etkisinin tuzun oksitleme etkisinden daha baskın olduğu bildirilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada da (10) tuzun oksidaz enzimlerinin aktivitesini arttırdığı gözlenmiştir.

Dumanlamanın oksidasyona karşı bir koruma sağladığı, bundan da odundaki fenolik maddelerin sorumlu olduğu bildirilmiştir. Duman veren ağaçların antioksidant etkileri üzerine yapılan bir çalışmada (6), sardalya balığı 1 saat dumanlanarak 16 gün saklanmış ve bunun sonunda balık yağında oksidatif faaliyetlerin olmadığı ve ayrıca duman yoğunluğunun da antioksidant etki gösterdiği bildirilmiştir. Yapılan bir araştırmaya göre (11), yılan balıklarının küçük olanların su oranı fazla iken yağ oranının az olduğu, balık büyüklüğünün artışı ile su oranında azalış ve yağ oranında ise artış saptanmıştır. Dumanlanmış yılan balıkları üzerinde yapılan bir başka çalışmada (12), yağlarının yüksek oranda doymamış yağ asitlerinden ve büyük moleküllerden oluştuğu saptanmıştır. Taze ve dumanlanmış balık etlerinin yağlarının sabunlaşma ve peroksit sayılarının farklı olmadığı, asit sayısında çok az artış ve iyot sayılarında ise azalma olduğu saptanmıştır. Raf ömrünü tamamlamış dumanlanmış balık yağlarında ise büyük değişim olduğu, asit sayısının çok yükseldiği, iyot sayısının ise çok düştüğü ve büyük oranda oksitlendiği ayrıca peroksit testinde pozitif sonuç verdiği bildirilmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye'de yetiştiriciliği hızla artan gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792), Türkiye akarsularında avlanan yılan balığı (*Anguilla anguilla* L. 1766) ve bazı içsularımızda bulunan (sonradan bazı göllere aşılana) sudak balıkları (*Sander lucioperca* L. Kottelat 1997)'nin sıcak dumanlama sonrası lipidlerinin kimyasal değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Bu çalışmada Eğirdir Gölü'nden yakalanan 20-29 cm toplam boy ve 70-210 g ağırlığında 34 adet sudak (*Sander lucioperca* L. Kottelat 1997), Aşağı Gökdere'den elektroşok cihazı ile avlanan 37-57 cm toplam boy ve

100-400 g ağırlığında 14 adet yılan balığı (*Anguilla anguilla* L. 1766) ve yöredeki işletmelerden sağlanan 24-26 cm toplam boy ve 150-220 g ağırlığında 66 adet gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792) materyal olarak kullanılmıştır. Araştırma Ekim 97 - Eylül 98 ayları arasında iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın laboratuvar çalışmaları, balıkların dumanlanması, vakumlanması (paketleme), buzdolabı koşullarında (+4°C) saklanması, biyometrik ölçümlerin yapılması ve kimyasal analizleri S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Gıda Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Taze ve dumanlanmış balık yağlarının gaz kromatografisi ile yağ asitleri analizi HumberSide Üniversitesi, Uygulamalı Bilim ve Teknolojileri Okulu U.K., Gıda Analiz Laboratuvarında yapılmıştır.

### Metot

Taze ve dumanlandıktan sonra vakumlanmış olarak 1,7,14,21,28 gün +4°C de depolanmış olan balıklar analiz edilmek üzere  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  deki laboratuvar ortamında derisiz fletto işlemine tabi tutulmuştur. Tüm örneklerde iyod sayısı Wheeler yöntemine göre (13), asit ve sabunlaşma sayısı, KOH'in mg sayısı olarak tespit edilmiştir (14).

Taze, dumanlanan ve 1,7,14,21,28 gün +4°C de depolanan sudak, yılan balığı ve gökkuşacağı alabalığı etlerinin su oranı Türk Standartları Enstitüsü'nün 1743 sayılı yöntemine göre ( $110 \pm 1^\circ\text{C}$ ) (15); ham kül Türk Standartları Enstitüsü'nün 1746 sayılı yöntemine göre ( $550 \pm 1$ ) , (16); ham protein analizi "Kjeldahl Metodu" na göre (17), ham yağ analizi "Soxleth Metodu" na göre (14) ve karbonhidrat oranı matematiksel olarak hesaplanmıştır. Yağ asitlerinin metil esterleri 0,5 M metanolik NaOH- %12 boron trifloride karışımı kullanılarak elde edilmiştir (18). Yağ asidi metil esterleri HumberSide Üniversitesi, Uygulamalı Bilim ve Teknolojileri Okulu, Gıda Analiz Laboratuvarında (Perkin Elmer GC 8700 model) tayin edilmiştir.

Deneme süresince iki tekrardan elde edilen verilerin standart hatası ve aritmetik ortalamaları bilinen istatistikî yöntemlerle, iki grubun karşılaştırılması T Testi ile, Varyans analizinde F Testi kullanılarak önemli bulunan varyans kaynaklarına ait ortalamalar "Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi" ile kıyaslanmıştır (19). Bu hesaplamalarda önem seviyesi (P) 0.01 ve 0.05 olarak seçilmiştir.

## Bulgular

Balıkların türlerine göre yağ oranlarının çok değişken olduğu, buna göre az yağlı, yağlı ve çok yağlı balıklar olmak üzere 3 gruba ayrıldığı bilinmektedir. Bu araştırmada tatlısulara yaşayan, yukarıda belirtilen grupları temsilen çok yağlı olan yılan balığı (*A. anguilla*), normal yağlı olan gökkuşaağı alabalığı (*O. mykiss*) ve az yağlı olan sudak balığı (*S. lucioperca*) incelenmiştir. Örneklerin boy, ağırlık, temizleme ve dumanlama sonrası fire oranları Tablo 1'de verilmiştir.

Yılan balığı, gökkuşaağı alabalığı ve sudak balığının dumanlama öncesi ve dumanlama sonrası etlerinin kimyasal kompozisyonu Tablo 2'de verilmiştir.

Gökkuşaağı alabalığının dumanlama öncesi ve sonrası yağlarındaki değişimler incelendiğinde aralarındaki farkın önemli ( $P<0.05$ ) olduğu, buna karşın sudak balıklarında ise önemsiz ( $P>0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Yılan balıklarının dumanlama öncesi ve sonrası kül oranlarındaki değişimler önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Genel olarak yukarıdaki paragrafta verilen bulguların dışında yılan balığı, gökkuşaağı alabalığı ve sudak balıklarının dumanlama öncesi ve sonrası su, protein, yağ, kül ve karbonhidrat değişimleri arasındaki farkın önemli olduğu ( $P<0.01$ ) tespit edilmiştir.

Her üç balık türünün taze, dumanlanmış ve dumanlama sonrası saklama süresine bağlı olarak yağlarının asit, iyot, sabunlaşma sayılarındaki değişimler Tablo 3'de verilmiştir. Yılan balığı, gökkuşaağı alabalığı ve sudak balıklarının asit sayıları grup ortalamaları arasındaki farklılıklar önemlidir ( $P<0.01$ ).

Ancak yılan balıklarından dumanlanan ve 1, 7, 28 gün depolanan ( $Y_1, Y_2, Y_3$ ), gökkuşaağı alabalıklarından dumanlanan ve 1, 14 gün depolanan ( $A_1, A_3$ ), sudak balıklarından taze, dumanlanan ve 1, 7 gün depolanan ( $S_1, S_2$ ) grupları arasındaki değişim önemsiz ( $P>0.05$ ) dir. Sudak balıklarında dumanlanan ve 1-14, 7-14 gün depolananlar ( $S_1-S_3, S_2-S_3$ ) arasındaki farkın önemli ( $p<0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Yılan balığı, gökkuşaağı alabalığı ve sudak balıklarının sabunlaşma sayılarının grup ortalamaları arasındaki farklılıklar önemli ( $P<0.01$ ) dir. Yılan balıklarından dumanlanan ve 1-7 gün depolanan ( $Y_1-Y_2$ ) grupları ile gökkuşaağı alabalıklarından dumanlanan ve 1-21, 7-28 gün depolananlar ( $A_1-A_4, A_2-A_5$ ) arasındaki sabunlaşma sayılarının değişimi önemsiz ( $P>0.05$ ) bulunmuştur.

Yılan balığı, gökkuşaağı alabalığı ve sudak balıklarının iyot sayılarının grup ortalamaları arasındaki farklılıklar önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur.

Balığın Türü	Örnek Sayısı (n)	Toplam Boy (cm)	Toplam Ağırlık (g)	İç Organlar Tem. Sonu Fire (%)	Dumanlama Sonu Balık Fire (%)
Yılan Balığı	14	47,32±9,95	227,74±133,07	11,57±1,50	13,80±1,0
G. Alabalığı	66	25,03±1,16	173,41±26,99	16,38±1,20	17,56±1,0
Sudak Balığı	34	24,18±4,96	131,14±85,63	9,42±0,50	28,20 ±1,0

Tablo 1. Balıkların Ortalama Boy, Ağırlık, Temizleme ve Dumanlama Fireleri.

Tablo 2. Sıcak Dumanlama Öncesi ve Sonrası Yılan Balığı, Gökkuşaağı Alabalığı ve Sudak Balığı'nın Su, Protein, Yağ, Kül ve Karbonhidrat Miktarları.

Örnekler		Su (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Karbonhidrat (%)
Yılan B.	DÖ	65,25±0,09 <sup>†</sup>	15,16±0,07 <sup>†</sup>	16,82±0,14 <sup>†</sup>	1,25±0,21*	1,52±0,02 <sup>†</sup>
	DS	56,45±0,24 <sup>†</sup>	17,77±0,21 <sup>†</sup>	21,36±0,53 <sup>†</sup>	2,30±0,16*	2,12±0,02 <sup>†</sup>
G. Alabalığı	DÖ	74,86±0,55 <sup>†</sup>	16,45±0,18 <sup>†</sup>	4,46±0,46 *	1,80±0,14 <sup>†</sup>	2,43±0,28 <sup>†</sup>
	DS	61,20±0,11 <sup>†</sup>	22,21±0,02 <sup>†</sup>	7,42±0,33 *	3,52±0,11 <sup>†</sup>	5,65±0,28 <sup>†</sup>
Sudak B.	DÖ	78,16±0,79 <sup>†</sup>	16,25±0,09 <sup>†</sup>	1,72±0,74**	2,02±0,01 <sup>†</sup>	1,85±0,18 <sup>†</sup>
	DS	56,28±0,11 <sup>†</sup>	28,92±0,15 <sup>†</sup>	3,03±0,25**	4,47±0,21 <sup>†</sup>	7,3±0,21 <sup>†</sup>

\* :  $P<0.05$ , \*\* :  $P>0.05$ , <sup>†</sup> :  $P<0.01$

Tablo 3. Taze, Dumanlanmış ve Depolanmış Balık Yağlarının Asit Sayıları (KOH mg/ 1 g yağ), Sabunlaşma Sayıları (KOH mg/1 g yağ) ve İyot Sayıları (I g/ 100 g yağ).

Örnekler	Asit Sayısı (KOH mg / 1 g yağ)	Sabunlaşma Sayısı (KOH mg / 1 g yağ)	İyot Sayısı (I g / 100 g yağ)
Y <sub>K</sub>	0,64±0,31 <sup>†</sup>	195,15±1,12 <sup>†</sup>	110,25±0,63 <sup>†</sup>
Y <sub>1</sub>	1,47±0,23**	190,14±0,85**	91,82±0,58 <sup>†</sup>
Y <sub>2</sub>	1,34±0,12**	194,15±0,99**	90,71±0,27 <sup>†</sup>
Y <sub>3</sub>	2,17±0,14 <sup>†</sup>	190,83±1,11 <sup>†</sup>	89,12±0,74 <sup>†</sup>
Y <sub>1</sub>	1,04±0,19 <sup>†</sup>	193,18±1,24 <sup>†</sup>	84,05±0,57 <sup>†</sup>
1	1,48±0,25**	190,15±1,02 <sup>†</sup>	85,14±0,64 <sup>†</sup>
A <sub>K</sub>	1,03±0,14 <sup>†</sup>	201,52±0,89 <sup>†</sup>	95,06±0,34 <sup>†</sup>
A <sub>1</sub>	3,74±0,66**	199,46±0,77**	84,02±0,31 <sup>†</sup>
A <sub>2</sub>	7,85±0,13 <sup>†</sup>	197,17±0,85**	85,15±0,24 <sup>†</sup>
A <sub>3</sub>	9,26±0,25**	198,15±0,45 <sup>†</sup>	83,28±0,38 <sup>†</sup>
A <sub>4</sub>	3,63±0,14 <sup>†</sup>	199,45±1,05**	81,80±0,23 <sup>†</sup>
A <sub>5</sub>	4,99±0,32 <sup>†</sup>	197,16±0,65**	80,19±0,12 <sup>†</sup>
S <sub>K</sub>	2,24±0,44**	180,15±0,48 <sup>†</sup>	75,16±0,05 <sup>†</sup>
S <sub>1</sub>	2,53±0,19**	182,16±0,99 <sup>†</sup>	70,10±0,27 <sup>†</sup>
S <sub>2</sub>	2,70±0,17**	181,17±0,78 <sup>†</sup>	70,28±0,35 <sup>†</sup>
S <sub>3</sub>	3,19±0,35*	179,86±0,63 <sup>†</sup>	69,16±0,15 <sup>†</sup>
S <sub>4</sub>	1,50±0,52 <sup>†</sup>	178,14±0,54 <sup>†</sup>	66,26±0,33 <sup>†</sup>
S <sub>5</sub>	1,47±0,59 <sup>†</sup>	175,36±0,57 <sup>†</sup>	67,18±0,41 <sup>†</sup>

\* : P&lt;0.05, \*\*: P&gt;0.05, † : P&lt;0.01

Yılan balıkları yağlarının gaz kromatografisi analizleri sonucunda taze örneklerde % 16,09 doymuş, % 67,30 doymamış ve % 16,61 aşırı doymamış yağ asitlerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Dumanlama sonrası doymuş asitlerde bir artış, doymamış asitlerde ise bir azalış saptanmıştır (Tablo 4). Gaz kromatografisi sonucunda yapılan değerlendirmede çok sayıda küçük pikler görülmüştür. Bu piklerin yorumu tam olarak belirlenemediğinden tablo içerisinde diğerleri olarak verilmiştir.

Gökkuşluğu alabalıklarında yağ asitleri kompozisyonu taze örneklerde % 19,79 doymuş, % 57,77 doymamış, % 4,14 aşırı doymamış şeklinde belirlenmiştir. Dumanlama sonrası doymamış yağ asitlerinde bir azalma görülürken doymuşlarda nisbi bir artış saptanmıştır (Tablo 5). Ayrıca Gökkuşluğu alabalığının taze örneğine ait kromatografik analiz sonucunu gösteren kromatogram standardıyla birlikte Şekil 1a,b'de verilmiştir.

Taze sudak balıklarının gaz kromatografisi analizlerinde doymuş yağ asitlerinin oranı % 40,14 yüksek bulunmuş, doymamış yağ asitleri oranı da buna bağlı olarak % 41,31 ve aşırı doymamış yağ asitleri oranı ise % 17,97 olarak tespit edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 4. Yılan Balıklarının Yağ Asidi Metil Esterleri Kompozisyonu (%).

Yağ Asidi	Y <sub>K</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>5</sub>
Doymuş					
14:0	1,42	-	-	2,86	3,61
16:0	0,95	7,10	5,27	11,65	13,62
18:0	3,59	2,64	2,21	1,25	2,02
20:0	3,11	2,59	8,91	0,58	-
Diğer	7,02	12,32	11,27	11,05	10,60
Toplam	16,09	24,65	27,66	27,39	29,85
Doymamış					
12:1	2,63	1,50	-	-	-
14:1	13,42	11,76	-	-	1,41
16:1	6,68	3,43	9,63	7,51	6,29
18:1	27,76	13,94	18,04	18,77	30,45
20:1	2,77	2,57	-	3,78	8,91
Diğer	14,04	19,13	22,08	20,60	15,15
Toplam	67,30	52,33	49,75	50,66	62,21
Aşırı Doymamış					
18:2T	4,23	2,60	2,12	5,08	-
18:2C	-	11,37	8,72	4,63	-
20:2T	1,82	-	-	-	-
20:2C	1,58	-	-	-	-
Diğer	8,98	9,05	11,75	11,17	-
Toplam	16,61	23,02	22,59	20,88	-

T; Trans Form , C;Cis Form, Y; Yılan Balığı K; Taze 1,2,3,5; Dumanlanmış ve + 4 C 'de 1,7,14,28 gün depolanmış örnek

## Tartışma ve Sonuç

Bu araştırma Türkiye'nin tatlısularında yaşayan, ekonomik değeri yüksek yılan balığı, gökkuşluğu alabalığı ve sudak balıkları üzerinde yapılmıştır. Örneklemede bu balıkların en çok avlandığı ve tüketildiği canlı ağırlıklar göz önünde bulundurulmuştur.

Dumanlama öncesi iç organlar çıkarıldığında yılan balıklarının % 11,57±1,50, gökkuşluğu alabalığının % 16,38 ± 1,20, sudak balığının % 9,42 ± 0,50 oranında fire verdiği tespit edilmiştir (Tablo 1) . Bu değerlere göre özellikle yılan balığı ve sudak balığının et verimi çok

Tablo 5. Gökkuşluğu Alabalığının Yağ Asidi Metil Esterleri Kompozisyonu (%).

Yağ Asidi	Y <sub>K</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>5</sub>
			Doymuş		
10:0	2,11	-	-	-	-
12:0	0,25	-	-	-	-
14:0	-	-	-	2,56	4,59
16:0	0,37	0,23	3,38	10,07	17,21
18:0	1,80	2,15	5,15	1,11	1,46
20:0	1,26	1,21	1,55	-	-
24:0	1,16	-	-	-	1,47
Diğer	12,84	15,02	8,41	7,10	5,68
Toplam	19,79	18,61	18,49	20,84	30,41
			Doymamış		
12:1	1,94	3,15	-	-	1,27
14:1	6,74	7,85	-	-	1,26
16:1	2,78	7,7	-	3,57	5,62
18:1	10,52	8,07	5,46	11,37	5,53
20:1	-	-	3,35	2,58	2,55
22:1	-	0,78	3,35	3,40	4,32
24:1	5,64	4,48	-	-	13,04
Diğer	30,15	27,28	28,08	27,06	16,45
Toplam	57,77	59,31	40,24	47,98	50,04
			Aşırı Doymamış		
18:2T	4,14	2,86	-	2,62	16,17
18:2C	-	-	3,33	-	3,38
22:2T	-	-	-	2,06	-
Diğer	-	-	-	14,06	-
Toplam	4,14	2,86	3,33	18,74	19,55

T; Trans Form , C;Cis Form, A; Alabalık K; Taze 1,2,3,5; Dumanlanmış ve + 4 C 'de 1,7,14,28 gün depolanmış örnek

Tablo 6. Sudak Balıklarının Yağ Asidi Metil Esterleri Kompozisyonu (%).

Yağ Asidi	S <sub>K</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>5</sub>
			Doymuş		
8:0	-	-	11,59	-	-
10:0	2,83	-	6,99	-	-
12:0	4,56	-	-	-	-
14:0	0,32	1,34	-	2,96	2,02
16:0	13,91	16,83	-	17,91	16,42
18:0	2,83	0,94	-	1,48	0,29
20:0	3,51	0,83	1,99	0,91	0,26
24:0	-	-	2,30	-	-
Diğer	12,18	20,74	18,60	14,07	20,72
Toplam	40,14	40,68	41,47	37,33	39,71
			Doymamış		
12:1	2,83	-	-	-	-
14:1	2,83	-	-	3,06	-
16:1	6,64	5,72	-	3,89	1,57
18:1	3,92	8,27	-	15,09	17,65
20:1	5,64	2,40	1,81	2,18	2,73
Diğer	19,45	21,48	-	17,02	19,74
Toplam	41,31	37,87	1,81	41,24	41,69
			Aşırı Doymamış		
16:2T	-	-	-	1,27	-
16:2C	-	-	-	1,43	-
18:2T	2,83	3,34	3,33	5,13	2,82
18:2C	6,35	5,79	-	2,84	3,03
20:2T	-	1,66	2,53	-	-
Diğer	8,79	7,95	12,65	8,74	11,88
Toplam	17,97	18,74	18,51	19,41	17,73

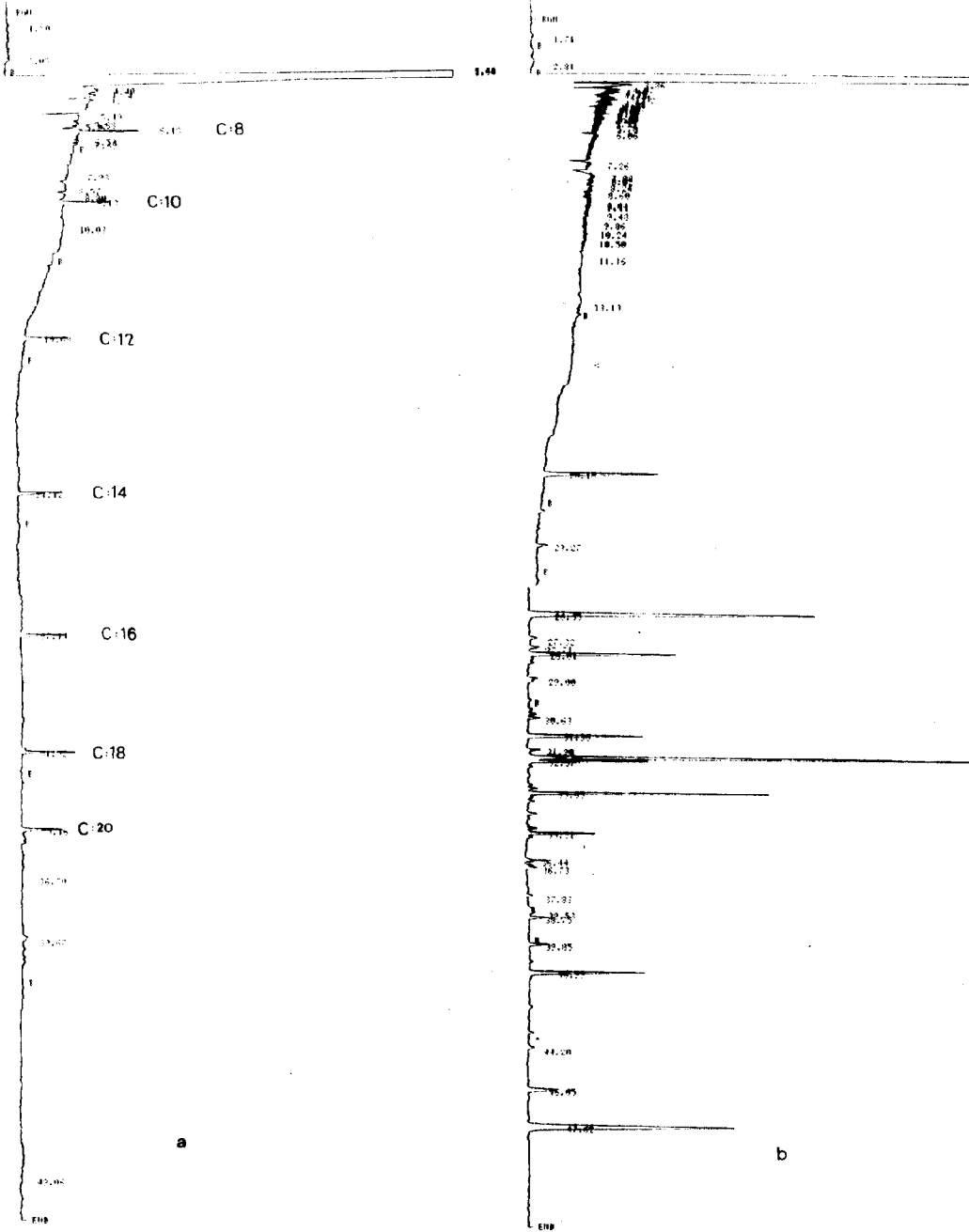
T; Trans Form , C;Cis Form, S; Sudak Balığı K; Taze 1,2,3,5; Dumanlanmış ve + 4 C 'de 1,7,14,28 gün depolanmış örnek

yüksek olduğu söylenebilir. Gökkuşluğu alabalığında, bu değer yemleme ile ilgili olarak değişmekle birlikte et verimi çok yüksektir. Yapılan bir çalışmada (20) pullu sazının net et verimi % 37,28 olarak bulunmuştur. Deniz balıkları üzerinde yapılan bir başka çalışmada (21) ise, et verimini hamsi için % 71,95, istavrit için % 64,06, palamut için % 70,35 ve mezgit için % 59,97 olarak tespit edilmiştir.

Dumanlama sırasında yapılan tuzlama ve ısıtma işleminin etkisiyle dumanlanan yılan balıkları % 13,8 ± 1, gökkuşluğu alabalığı % 17,56 ± 1, sudak balığı % 28,2 ± 1 oranında su kaybetmiştir. Brüt ağırlık üzerinden verim, yılan balıkları için % 78, gökkuşluğu alabalığı için % 75, sudak balıkları için % 65 oranında bulunmuştur (Tablo 2). Bu değerler incelendiğinde her üç tür balıkta et

veriminin yüksek olmasına karşın dumanlama veriminin yılan balığı ve gökkuşluğu alabalığında yüksek, sudak balığında ise düşük olduğu görülecektir. Sudak balığının düşük verimli ve aynı zamanda çok az yağlı (%1,72±0,74) bir balık olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlerin ışığında yılan balığı ve gökkuşluğu alabalığının iyi bir dumanlama materyali olmasına karşın sudak balığının dumanlamaya uygun bir balık olmadığı sonucuna varılmıştır. Gerek tuzla, gerekse ısıtma işlemler sonucunda balıklardaki kurumanın yağ oranına bağlı olduğu ve yağ oranı yüksek balıkların daha zor ve az su kaybettikleri bildirilmiştir (10,13). Yılan balığı ve sudak için bulunan değerlerin bu görüşe uyumlu olduğu saptanmıştır.

Taze yılan balıklarının yağ oranı % 16,82 ± 0,14 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Yılan balıkları üzerinde



Şekil 1. a. Standarda ait kromatogram b. Gökkuşağı alabalığı taze örneğinin analiz sonucu oluşan kromatogramı.

yapılan bir araştırmada (11) balıkların yağ oranları büyüklüklerine göre % 6,1- 22 arasında tespit edilmiş ve bunlar çok yağlı balıklar olarak nitelendirilmiştir. Araştırmada bulunan bu yağ oranları yukarıda adı geçen çalışmadaki sonuçlara uyum göstermektedir. Dumanlama sonrası yağ oranı %  $21,36 \pm 0,53$  olarak bulunmuş ve

kurumadan ileri gelen, nisbi bir artış olarak kabul edilmiştir.

Gökkuşağı alabalıklarının taze örneklerinde yağ oranı %  $4,46 \pm 0,46$  olarak bulunmuştur (Tablo 2). Yapılan bir araştırmada (22) Gökkuşağı alabalığının yağ oranını % 3,62 olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Diğer bir

araştırmaya (10) göre gökkuşacağı alabalığında yağ oranını beslemeye ve büyüklüğe bağlı olarak % 3-8 arasında değişebileceği ve bu balıkların normal yağlı balıklar sınıfına girebileceği bildirilmiştir. Araştırmada gökkuşacağı alabalığı için bulunan değerler, bildirilen görüşe paralel bulunmuştur.

Sudak balıklarında yağ oranı %  $1,72 \pm 0,74$  olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Bu değer sudak balığının az yağlı balıklar grubuna girdiğini göstermektedir. Az yağlı balıkların dumanlama için iyi bir hammadde olmadığı, bu balıklardan elde edilen ürünlerin kuru, lezzetsiz ve veriminin düşük olacağı bildirilmiştir (10). Dumanlama sonrası sudak balıklarında yapılan organoleptik analizde etin kuru, verimin düşük, etin sert ve lezzetin iyi olmadığı görülmüştür. Dumanlama sonrası yağ oranındaki nispi artışın yüksek olması da su kaybının fazla olmasından ileri geldiği sonucuna varılmıştır.

Asit sayısı taze örneklerde çok düşüktür. Tuzlama ve dumanlama işlemi sırasında bir kısım yağın hidrolize uğradığı ve asit sayısının yükseldiği görülmektedir. Bu değişim yılan balığında ve sudak balığında az, alabalıkta ise fazladır.

Sabunlaşma sayısı ile yağın kalitesi arasında bir ilişkinin bulunmadığı, sabunlaşma sayısının düşük olduğu ve yağı oluşturan yağ asitlerinin büyük moleküllü yapılardan meydana geldiği ayrıca sabunlaşmayan madde miktarının fazla olduğu bildirilmiştir (14). Bu araştırmada yılan balıklarında sabunlaşma sayısı 190-195, gökkuşacağı alabalığında 197-201, sudak balığında ise 175-180 arasında değiştiği ve bu değişimin önemli ( $P < 0,01$ ) olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan balıkların yağlarını oluşturan yağ asitlerinin daha büyük molekül yapıları yağ asitlerinden oluştuğu sonucuna varılmıştır. Sudak balığında sabunlaşma sayısının diğer balıklara oranla daha düşük olması da sabunlaşmayan madde miktarının (eterde çözünen diğer maddeler) daha fazla olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmada taze yılan balıklarında iyot sayısı 110,25 bulunmuş ve dumanlanmış örneklerde ise bu sayısının 91-85 arasında değiştiği saptanmıştır (Tablo 3). Bu değişimin önemli ( $P < 0,01$ ) olduğu sonucuna varılmıştır. Örneklerin iyot sayısındaki düşüşün dumanlama sırasında bazı çift bağların oksitlenerek veya duman bileşeniyle doymasından kaynaklandığı söylenebilir. Gökkuşacağı alabalığında iyot sayısı taze 95, dumanlanmışında ise 80-85 arasında bulunmuştur. Yılan balığındaki değişimin benzeri gökkuşacağı alabalığında da önemli ( $p < 0,01$ ) görülmüştür.

Sudak balığının taze örnekleri üzerinde iyot sayısı 75, dumanlanmışta ise 66-70 arasında bulunmuştur. Sudak balığının iyot sayısı araştırmada kullanılan diğer balıklardan ve literatürlerde belirtilen iyot sayısından daha düşük olması, bu balığın yağında doymuş yağ asitlerinin daha fazla olabileceğini göstermektedir. Bu sonuç, daha önceki araştırmalarda tespit edilen yağ asitleri kompozisyonları ile de paralellik göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada (1), Ringa balıklarının yağ asitleri kompozisyonları araştırılmış ve % 17,2 doymuş, % 69,9 doymamış (bir çift bağlı), % 2,3 iki çift bağlı, % 1,4 üç çift bağlı yağ asitlerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Aynı araştırmacılar; kalkan balığında da (*Schopthalmus maximus*) % 20,7 doymuş ve % 70 doymamış yağ asitlerini içerdiğini saptamışlardır (1).

Mersin balıklarının (*Acipenser oxyrinchus*) yağ kompozisyonları üzerine yapılan bir araştırmada (2) toplam doymuş yağ asitlerinin oranı % 25,3, doymamış yağ asitleri oranı % 31,9 ve aşırı doymamış yağ asitlerinin oranı ise % 42,8 olarak bulunmuştur.

Yılan balıklarının yağ asitleri kompozisyonu incelendiğinde (Tablo 4), taze iken % 16,09 doymuş, % 67,30 doymamış (bir çift bağlı), % 16,61 aşırı doymamış (çok çift bağlı) şekli ile dağılım gösterdiği saptanmıştır. Dumanlama sonrası doymuş yağ asitlerinde artış (% 24,65), doymamışlarda (bir çift bağlı) azalış (% 52,33) gözlenmiştir. Bu değişim, tuzlama ve dumanlama işlemleri sırasında bir kısım doymamış yağ asitlerinin doyduğunu ve bir kısmının da yıkıma uğradığını göstermektedir. Dumanlama sonrası iyot sayısındaki azalma da bu görüşü doğrulamaktadır.

Gökkuşacağı alabalıklarında taze iken doymuş yağ asidi oranı % 19,79, doymamış yağ asidi oranı % 57,77, aşırı doymamış yağ asidi oranı ise % 4,14 olarak hesaplanmıştır. Gökkuşacağı alabalığında doymuş yağ asidi oranı yılan balığındakine oranla daha yüksek bulunmuştur. Bu değer iyot sayısı ile de desteklenmiştir.

Sudak balığında yağ asitleri dağılımı, taze iken doymuşlar için % 40,14, doymamışlar için % 41,31, aşırı doymamışlar için % 17,97 olarak bulunmuştur. Bu değerler sudak balığında doymuş yağ asidi oranının çok yüksek olduğunu göstermektedir. İyot sayısının düşük olması da bu görüşü doğrulamaktadır.

Literatür bilgileri ve çalışma sonuçlarına göre balıkların yağ asidi kompozisyonlarının birbirinden farklı olduğu görülmekle birlikte balık yağlarının % 20 civarında doymuş ve % 80 civarında doymamış ve aşırı

doymamış yağ asidi içerdiği görüşü ile de uyuşmaktadır (1,2,6,10,23).

Yılan balığı, gökkuşaağı alabalığı ve sudak balığının yağ asidi kompozisyonları incelendiğinde (Tablo 4,5,6 ) 18, 20, 22 karbonlu doymuş ve doymamış yağ asitlerinin daha çok bulunduğu, 24 karbondan daha yüksek karbonlu yağ asitlerine rastlanmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Atlantik salmonu (24), kalkan ve ringa balıkları ile yapılan çalışma sonuçlarına (1,2) paralellik göstermektedir.

Bu çalışma ile Türkiye'de avcılığı, yetiştiriciliği ve işleme yapılan balık türlerinden yılan balığı, gökkuşaağı alabalığı ve sudak balığı etlerinin sıcak dumanlama sonrası yağlarında meydana gelen değişim incelenmiş ve dumanlama işleminin tuz ve ısıtma işlemi ile birlikte yağların oksidasyonunu artırıcı etkisi analiz bulguları ışığında ortaya konmuştur. Bununla birlikte çalışmada, yılan balığı, gökkuşaağı alabalığı ve sudak balığının yağ asitleri kompozisyonları ile doymuşluk ve doymamışlık özellikleri de incelenmiştir.

## Kaynaklar

1. Ackman, R.G., Eaton, C.A and Ke, P.J.: Canadian Marine Oils of Low Iodine Value: Fatty Acid Composition of Oils from Newfoundland Turbot (Greenland Halibut), Certain Atlantic Herring and A Sablefish. J. Fish Res. Bd. Canada, 1967; 24, 2563-2572.
2. Ackman, R.G., Eaton, C.A. and Linke, B.A.: Differentiation of Freshwater Characteristics of Fatty Acids in Marine Specimens of the Atlantic Sturgeon, *Acipenser oxyrinchus*. Fish. Bull., 1975; 73, 838-845.
3. Batta, J.R., Richards, J.R. and Tomlinson, N.: Flesh Concentration of Various Long Chain Free Fatty Acids of Pacific Halibut (*Hippoglossus stenolepis*) and Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) Frozen at Sea. J. Fish Res. Bd. Canada, 1972; 30, 79-82.
4. Childs, E.A.: Interaction of Free Fatty Acids with Fish Muscle In Vitro. J. Fish. Res. Bd. Canada, 1974; 31, 11-113.
5. Dimici, L., Wada, S.: Lipid Changes in Bonito Meat in the Katsuboshi Processing and Quality Assessment of the Commercial Product Based on Lipid Composition. J. of the Japan Oil Chem. Society 1994; 43, 470-477.
6. Bligh, E.G., Shaw, S.J., and Woyewoda, A.D.: The Effects of Drying and Smoking on Lipids of Fish. Fish Smoking and Drying (Burt, J.R., ed) Elsevier Applied Science Publishers LTD., London and New York, 41-53, 1988.
7. Opstvedt, J.: Influence of Drying and Smoking on Protein Quality. Fish Smoking and Drying (Burt, J.R., ed), Elsevier Applied Science Publishers LTD., London and New York., 23-41, 1988.
8. Bhuiyan, A.K.M., Ratnayake W.M.N. and Ackman, R.G.: Effect of Smoking on the Proximate Composition of Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus*). Journal of Food Sci. 1986; 51, 327-29.
9. Cutting, C., Fish Saving, Leonard Hill (Book) Ltd., London, 372 p., 1955.
10. Gülyavuz, H., Ünlüsayın, M., Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, Şahin Matbası, Ankara, 366 s., 1999 (ISBN: 975-96897-0-7).
11. İkiz, R., Gülyavuz, H., Küçük F.: Dumanlanmış Yılan Balıkları (*Anguilla anguilla* L. 1758) Etlerinin Kimyasal Yapısı Üzerine Bir Araştırma. Trakya Üniv. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Edirne, 6-8 Temmuz 1994, 13 s.
12. Ünlüsayın, M., Ateş, Ş., Gülyavuz, H., Dumanlanmış Yılan Balıklarının (*Anguilla anguilla*) Yağlarında Fiziksel ve Kimyasal Değişimler, Akdeniz Balıkçılık Kongresi İzmir, 9-11 Nisan 1997, 10 s.
13. Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., Gün, H., Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri, Gıda Teknolojisi Demeği Yayınları No: 17, Ayrıntı Matbaası Ankara., 174 s., 1993.
14. Keskin, H., Gıda Kimyası, İstanbul Üniv. Yay. Sayı: 1980. Kimya Fak. No: 21, İstanbul, 1046 s. 1975.
15. Anon., Et ve Et Mamülleri Rutubet Miktarı Tayini TS 1743. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1974.
16. Anon., Et ve Et Mamülleri Kül Tayini TS 1746. Türk Standartları Enstitüsü Ankara, 1974.
17. Anon., Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Yöntemleri Kitabı. T.C. T.O.K.B Gıda İşleri Genel Müd. Yay. No 65, Özel Yayın No: 62-105. Ankara, 796s., 1983.
18. Morrison, W.R. and Smith, L.M.: Preparation of Fatty Acids Methyl Esters and Dimethyl Acetates from Lipids with Boron - Fluoride - Methanol. J. Lipid Res., 1964; 5:600-608.
19. Düzgüneş, O., Kesici, T., Gürbüz, F., Kavuncu, O., Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları II). A.Ü. Zir. Fak. Yay: 1021 Ders Kitabı: 295, A.Ü. Basımevi, Ankara, 381 s. 1987.
20. Gülyavuz, H., Timur, M., Balık Etinden Sosis Yapım Teknolojisi, Ege Üniv. Su Ürün. Fak. Su Ürünleri Sempozyumu, İzmir, 12-14 Kasım, 286-300 s., 1991.
21. Anıl, N., Nizamioğlu, M., Doğruer, Y.: Balıklarda Grading Sisteminin Geliştirilmesi ve Kalite Faktörlerinin Tespiti Üzerine Araştırmalar. Selçuk Üniv. Vet. Fak. Dergisi 4, A. Ü. Basımevi, Ankara, 1988; 239-249.
22. Ünal, G., Gökkuşaağı Alabalığı'nın (*Oncorhynchus mykiss*, W.) Tütsülenmesi ve Bazı Kalite Kriterlerinin Tespiti Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniv. Fen Bil. Enst. Su Ürün. Av. ve İşl. Tek. Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Bornova-İzmir, 120 s. 1995.
23. Whyte, J.N.C.: Fatty Acid Profiles from Direct Methanolysis of Lipid in Tissue of Cultured Species. Aquaculture, 1988; 75, 193-203.
24. Anon., Fatty Acid Composition of Various Oil. USDA Nutrient Database of For Standard Reference USA, 1-4 p. 1997.