

FARKLI SICAKLIKLARDA DEPOLANAN SICAK DUMANLANMIŞ *Salmo trutta macrostigma*, Dumeril 1858'in KİMYASAL KOMPOZİSYONUNDAKİ DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

Şengül Bilgin^{1*}, Ö.Osman Ertan¹ ve Levent İzci¹

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta

Özet: Bu çalışmada ülkemiz içsularında bulunan *Salmo trutta macrostigma*, Dumeril 1858'nin sıcak dumanlama teknolojisine uygunluğunun yanı sıra farklı sıcaklıklarda depolamanın kimyasal bileşime etkileri araştırılmıştır. Balıklar sıcak dumanlama işlemine tabi tutulduktan sonra bir bölümü $4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 51 gün, bir bölümü $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 180 gün depolanmıştır. $4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmış örnekler 1, 7, 14, 21, 28, 36 ve 51. günlerde; diğer örnekler 1, 7, 14, 21, 28, 36, 60, 90, 120, 150 ve 180. günlerde analize alınmıştır. Her analizde örneklerin; su, toplam lipit, inorganik madde ve tuz tayini, toplam yağ asitleri, pH, TBA ve TVB-N analizleri ile yağ asitlerinin gaz kromatografik analizleri yapılmıştır. Taze ve sıcak dumanlanmış balık örneklerinin genel kimyasal bileşimleri de incelenmiştir. Toplam yağ asitleri değeri tüm gruplarda düzensiz değişim sergilemiş, TBA ve TVB-N bileşikleri tüm gruplarda depolama günlerine bağlı olarak artış göstermiştir. Gaz kromatografik analizler sonucunda taze *S. trutta macrostigma*'nın $316,3 \mu\text{g/g}$ miktarında doymamış yağ asitleri (ΣDmYA), $127,2 \mu\text{g/g}$ miktarında doymuş yağ asitleri (ΣDYA) içerdiği saptanmıştır. Sıcak dumanlanmış ürünlerin depolanması sırasında genel olarak doymuş yağ asitlerinde artış, doymamış yağ asitlerinde azalış tespit edilmiştir. ΣBDmYA içeriğindeki en yüksek azalış 51. güne kadar DS grubu örneklerde ($135,3 \mu\text{g/g}$), 180. güne kadar DF grubunda ($140,2 \mu\text{g/g}$) saptanmıştır. 51. güne kadar ΣADmYA değerindeki maksimum düşüş DS grubunda ($150,8 \mu\text{g/g}$) görülmüştür. *S. trutta macrostigma*'ya uygulanan sıcak dumanlama teknolojisi sonucu, örneklerin çalışma periyodu boyunca tüketilebilirlik özelliğini koruduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sıcak Dumanlama Teknolojisi, Kimyasal Bileşen, Depolama, Yağ asitleri

* **Correspondence to:** Dr. Şengül Bilgin, Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi ABD. Isparta-Eğirdir Tel :0 246 3133447 Fax: 0 246 3133452
E-mail: sbilgin@sdu.edu.tr

**Bu Çalışma SDUBAP destekli Doktora Tezinden özetlenmiştir.

Abstract: Investigation on changes in the chemical composition of hot smoked *Salmo trutta macrostigma*, Dumeril 1858, stored different temperatures

Effects on the chemical composition of different storage temperature of the *Salmo trutta macrostigma*, Dumeril 1858, living in our inland waters, were determined after applying hot smoking technologies to find out the suitability of these processing techniques for this species. Samples that were hot smoked and stored at $4.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ were analysed 1, 7, 14, 21, 28, 36 and 51 days after the experiments started, while all the other samples were analysed after 1, 7, 14, 21, 28, 36, 60, 90, 120, 150 and 180 days. At each analysis session, samples were analysed for their water, total lipid, inorganic matter and salt contents, total fatty acid, TBA and TBV-N contents and for their pH levels. Fatty acids were analysed gas chromatographically. General chemical compositions in fresh and hot samples were also studied. Total fatty acid levels changed irregularly in hot smoked fish samples. TBA and TVB-N compounds increased with increasing storage time at all groups. Results of the gas chromatographic analysis revealed that fresh *S. trutta macrostigma* contained 316.3 $\mu\text{g/g}$ unsaturated (ΣUFA) and 127.2 $\mu\text{g/g}$ saturated (ΣSFA). In general an increase in the quantity of saturated and a decrease in unsaturated fatty acids was observed during the storage of all the hot smoked products. Maximum decreases in ΣMUFA (Mono unsaturated fatty acids) content were determined in DS samples upto day 51 (135.3 $\mu\text{g/g}$) and in DF samples (hot smoked and stored at $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de) upto day 180 (140.2 $\mu\text{g/g}$). The maximum decrease in ΣPUFA (Poly unsaturated fatty acids) level was observed in DS group (150.8 $\mu\text{g/g}$). According to results of the present study it can be concluded that in this study the hot smoked samples could be stored safely during the study period.

Keywords: Hot smoking Technology, Chemical Contents, Storage, Fatty Acids

Giriş

Su ürünlerinin değerli gıdalar olduğu bilinen bir gerçektir. Özellikle vitamin, amino asit ve doymamış yağ asitlerini en uygun oranda bulundurması su ürünlerini değerli ve kaliteli besinler grubuna dahil etmektedir. Tüm bu özellikler balık ve diğer su ürünleri etlerine diyetetik değer kazandırmaktadır.

Kaliteli ve güvenli besin üretimi diğer alanlarda olduğu gibi su ürünlerinde de önem taşımaktadır. Su ürünlerinin diğer etlere oranla kolay bozulan bir ürün olması nedeniyle, balıkların avlanmasından tüketimine değin hızlı bir şekilde niteliğini yitirmeden tüketiciye ulaştırılması ve korunması gerekir. Balık yakalandığında uygun koşullarda korunmazsa birkaç saat içerisinde kokuşabilir. Bu nedenle su ürünleri avlandıktan hemen sonra uygun tekniklerle korunmalı, taşınmalı ve işlenmelidir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999).

Su ürünlerine uygulanan işleme teknolojilerinden biri dumanlama işlemidir. Dumanlama teknolojisi ve dumanlanmış ürün tüketimi Japonya ve diğer uzak doğu ülkeleri, Kanada, Avrupa Birliği (AB) ülkeleri ile İskandinav ülkelerinde gelişmiş ve yaygınlaşmıştır. Et, balık, midye, salam, sosis ve kalamar gibi birçok gıda maddesine dumanlama ile istenilen aroma ve lezzet kazandırılmaktadır. Ülkemizde ise dumanlanmış ürün tüketimi diğer ülkelere kıyasla çok daha az olup, bazı işleme tesisleri

bu teknolojiden yararlanarak dumanlama yapmakta ve bu ürünleri yurt dışına satmaktadır.

Balıklara uygulanan gerek dumanlama gerekse diğer işleme teknolojileri sonucu balıkların kimyasal bileşimlerini etkiler. Kimyasal bileşimi etkileyen diğer unsurlar beslenme şekli, balığın türü, mevsimler, balık büyüklüğü, eşey ve yaşadığı habitat olarak sıralanabilir (Göğüş ve Kolsarıcı,1992). Yapılan bir çalışmada pişirilmiş ve dumanlanmış *Sardinella*, *Tilapia* ve *Dentex* türlerinin yağ asidi bileşimlerinin değiştiği saptanmıştır (Steiner ve ark., 1991a; Steiner ve ark., 1991b). Dumanlanmış yılan balıklarının yağlarındaki değişimlerin araştırıldığı bir çalışmada yağların asit değerlerinin bir ölçüde arttığı, iyot değerinin azaldığı belirlenmiştir (Ünlüsayın ve ark., 1997). Dumanlanmış ürünlerde su oranının azaldığı, protein bileşenlerinde denatürasyon olabileceği bildirilmektedir (Ünal,1995).

Dumanlanmış balıklardaki değişimler, dumanlanan balığın türüne, yağ oranına, dumanlama yöntemine, dumanın içeriğine, dumanlama süresi ve sıcaklığına, dumanlama öncesi yapılan işlemlere ve tazeliğe göre farklılık gösterir.

Balıkların işlenmesi esnasındaki ısı işlemler özellikle protein ve yağlar başta olmak üzere bileşenler üzerinde etkilidir. Proteinlerin ısıtma ile denatürasyona uğradığı bilinen bir

gerçekdir. Denatürasyon sıcaklığının balık türüne, protein çeşidine ve balığın yaşadığı ortamın sıcaklığına bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir. Genellikle proteinlerin %90'ı 60-65°C'de denatüre olur. %10'u ise 100°C'ye kadar bozulmadan kalabilir. Protein denatürasyonu aynı zamanda düşük sıcaklıklarda uzun süreli depolama (dondurma teknolojisi) sırasında da görülebilir. Sıcaklığın 115°C'ye çıkmasıyla proteinlerin sindirilebilirliklerinin azaldığı belirlenmiştir (Opstvedt, 1988).

Balık etinde %15-18 doymuş, %82-85 oranında doymamış yağ asidi bulunur. Bu yağlar genellikle sıvı yağlar olup, C 16 – C 26 arasında karbon bulunduran yağ asitlerini içerirler. Yüksek karbonlu, bir ve birden fazla çift bağ bulunduran yağ asitleri hızlı bozulma özelliğindedir. Balık yağlarında görülen bu bozulma olayında sıcaklık, ışık, tuz ve hava ile değişim gibi faktörler etkilidir (Halver, 1972; Ünlüsayın ve ark., 1997).

Bligh ve ark., (1988), dumanlanmış balıkların yağlarında değişimlerin olabileceğini bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar balık etine uygulanan ısı işlemlerin aşırı doymamış yağ asitlerinde (ADmYA) oksidasyona neden olabileceğini, bu yağ asitlerinden özellikle eikosapentaenoik asit, 22:5 n-3 ile dokosahekzaenoik asit, 22:6 n-3 yağ asitlerinin oksidasyona eğilimli olduklarını açıklamışlardır.

Salmo trutta macrostigma, Dumeril 1858 ülkemiz iç sularında bulunan, beğenilerek tüketilen eti lezzetli bir balıktır. Bu nedenle yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792)'na göre daha çok tercih edilmektedir. Lezzetli bir eti olan bu türün işlenmesine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada iki farklı sıcaklıkta depolanan sıcak dumanlanmış *S. trutta macrostigma*'nın raf ömrünün belirlenmesi ve bu depolama koşullarında bazı kimyasal parametrelerdeki değişimin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Method

Çalışmada ağırlıkları 205-220g arasında olan toplam 37 adet *S. trutta macrostigma* kullanılmıştır. Bu çalışmanın materyalini oluşturan *S. trutta macrostigma* örnekleri Fethiye (Muğla) Eşen Çayı (Ören Çay Gözü)'nden uzatma ağlarıyla aktif olarak avlanmıştır. Avlanan balıklar bekletilmeden buzlanarak arazi tipi soğutucu içerisinde S.D.Ü. Eğirdir Su

Ürünleri Fakültesi Gıda Laboratuvarına getirilmiştir.

Balık materyalleri sıcak dumanlama yöntemine (Ünlüsayın ve ark., 2001) göre dumanlandıktan sonra oda sıcaklığına (20 ±1°C) getirilmiş ve polietilen torbalarda vakumlanarak 2 gruba ayrılmıştır. I. grup tüketim özelliğini yitirene kadar 4 ±0.5°C'da 51 gün, II. grup ise -18 ±1°C'da 6 ay depolanmıştır. Çalışmada yapılan tüm analizler taze ve periyodik olarak örnekleri alınan dumanlanmış balıklarda gerçekleştirilmiştir. 4 ±0.5°C'da depolanmış balık örneklerinden 1, 7, 14, 21, 28, 36 ve 51. günlerde, -18 ±1°C'da depolanmış balık örneklerinden 1, 7, 14, 21, 28, 36, 60, 90, 120, 150 ve 180. günlerde örnekler alınarak analiz yapılmıştır.

Tüm balık örneklerinde su oranı "TS 1743" (110 ±1°C) (Anonim, 1974a)'e; inorganik madde (ham kül) "TS 1746" (550 ±1°C) (Anonim, 1974b)'ya; ham protein "Kjeldahl Yöntemi" (Nx6.25), (Anonim, 1983)'ne; ham yağ analizi "Soxhlet Yöntemi" (Keskin, 1975)'ne göre, tuz miktarı Mohr yöntemine göre (Altuğ vd., 1994) belirlenmiş, karbonhidrat içeriği Merril ve Watt (1973)'e göre yapılmıştır. pH ve Tiyobarbiturik asit (TBA) analizleri Varlık ve ark., 1993'nin bildirdiği yöntemle göre yapılmıştır. Bu analizde doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile mey-dana gelen malonaldehitin tiyobarbiturik asit ile ısıtılması sonucu kırmızı rengin meydana gelmesi esasına dayanan bir yöntem kullanılmıştır. TBA sayısı olarak belirtilen malon-aldehit miktarı, spektrofotometrik (538 nm dalga boyunda) olarak belirlenmiş ve sonuçlar mgMA/kg olarak verilmiştir (Varlık ve ark., 1993). Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) tayini Antonacopoulos tarafından modifiye edilmiş Lücke-Geidel yöntemine göre yapılmış ve sonuçlar mg N/100g olarak verilmiştir (İnal, 1992). Bu analizde su buharı distilasyonundan sonra 0,1 N HCl ile toplanan azotlu maddeler 0,1 N NaOH ile titrasyon yapılarak hesaplanmıştır. Tüm analizlerde verilerin ortalaması alınarak standart hatası ile birlikte verilmiştir.

Tüm örneklerin toplam lipit ekstraksiyonları Bligh ve Dyer (1959)'ın bildirdiği yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Yağ asitlerinin kalitatif ve kantitatif analizlerinde, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu – Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Nükleer Kimya

Bölümü'ndeki Varian Model 8100 otomatik örnek enjeksiyon sistemi bulunan Varian Model 3500 Kapiler Gaz Kromatograf cihazı kullanılmıştır. Ayırma işlemleri, film kalınlığı 0,23 µm, uzunluğu 30 m ve iç çapı 320 µm olan DB-FFAP kolon ile yapılmış ve kromatogramlar Varian Star Bilgisayar Programı ile değerlendirilmiştir.

Çözeltiler, GLC cihazına otomatik enjeksiyon sistemi ile enjekte edilmiş ve enjeksiyon sırasında enjektörün ucunun alt ve üst kısımlarında boşluk bırakılmak suretiyle (enjektör içindeki çözelti kısmının alt ve üst kısmında), çözelti kayıplarının en aza indirilmesi ve enjektöre çekilen çözeltinin tamamının kolona enjekte edilmesi sağlanmıştır. Örneklerin kromatogramlarında, yaklaşık olarak 60 civarında pik (yağ asidi metil esterleri ve safsızlıklara ait) gözlenmesine karşın, 13 adet metil esteri standardı sağlanabildiği için, standardı var olan yağ asitleri hesaplanmıştır.

Cihazın çalışma koşulları aşağıda verilmiştir:

Kolon sıcaklığı: Başlangıç; 140°C, 5 dakika bekletme, 4°C/dakika hızla 200°C'a ısıtma, 5 dakika bekletme, 3°C/dakika hızla 230°C'a ısıtma ve bu sıcaklıkta 5 dakika bekletme.

Split (bölme) oranı: 20

Taşıyıcı gaz : N₂

Akış hızı : 40 cm/s

Debi : 2.0 ml/dk

Detektör ve sıcaklığı: Alevde iyonlaşma detektörü (FID); 230°C

Enjeksiyon sıcaklığı: 220 °C

Deneylerde, Alltech, Sigma ve Varian firmalarından temin edilen yağ asidi metil esterleri standart olarak kullanılmıştır. Her yağ asidi metil esteri örneğinden 25.0 µl (veya 25 µg) alınmış ve 2.0 ml'ye seyreltilmiştir. Bu çözeltiden 50.0 µl alınmış ve 2.0 ml'ye seyreltilerek çalışma stok çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözelti, hekzan ile seyreltilerek GLC cihazına enjekte edilmiştir. GLC cihazının otomatik enjeksiyon sisteminin enjektör yıkama çözelti şişesi de aynı hekzan ile doldurulmuş ve bu suretle enjekte edilen standart ve örnek çözeltilerine yabancı maddelerin karışması önlenmiştir. Standart çözeltilerin kromatogramları alındık-

tan sonra, her bir yağ asidi metil esterinin alıkonma süreleri saptanmıştır. Örneklerin kromatogramlarındaki piklerin alıkonma süreleri yardımıyla pikler tanımlanmıştır. Pik tanımlamasındaki kesinliği artırmak için, farklı çalışma şartlarında (sıcaklık ve gaz debisi), örneklerle standart çözelti eklenerek piklerde bir yarılanmanın olup olmadığı incelenmiştir. Piklerde herhangi bir yarılanmanın olmadığı gözlemlendiği şartlar, hesaplamalar için esas alınmıştır. Her örnek için alınan kromatogramdaki bir yağ asidi metil esteri pikinin alanının karşılığı olan yağ asidi miktarı kalibrasyon eğrisinden bulunmuş ve toplam çözelti hacmiyle çarpılarak toplam örnekteki yağ asidi miktarı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır:

$$C = [(c' \times 2000)/m]/1000 \times 100$$

Burada;

C = Numunenin 100 g'ındaki yağ asidi miktarı, mg

c' = Numune kromatogramındaki pik alanının karşılığı olan ve kalibrasyon eğrisinden bulunan yağ asidi derişimi, µg/µl

m = Numunenin toplam kütlesi, g

1000 = µg'ı mg'a dönüştürme faktörü

100 = 1g için bulunan sonucu 100g'a dönüştürme faktörü'dür

Çalışmada elde edilen veriler, SPSS programı ile varyans analizine (F-testi) tabi tutulmuş, önemli bulunan varyans kaynaklarının ortalamaları Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır. Önem düzeyi P<0.05 olarak seçilmiştir (Özdamar, 2001).

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada -18 ±1°C'da depolanan sıcak dumanlanmış (DF grubu) örneklerin pH değerinin 4 ±0.5°C'da depolanan DS grubunun pH değerinden daha yüksek olduğu ve 180. günde nötre yaklaştığı belirlenmiştir. Balıklarda bozulmanın göstergelerinden olan TBA ve TVB-N değerleri uygulanan sıcak dumanlama işlemi sonrası ve depolama süresince her iki grupta artış göstermiştir. Depolamanın 1. gününde TBA değeri 1.087 ±0.020 (mgMA/kg) iken 51. günde 8.063 ±0.010 (mgMA/kg) değerine, TVB-N ise 19.403 ±0.503 değerinden (1. gün) 34.378 ±0.432 (mg N/100g)'ye yükselmiştir (Tablo 1. ve 2.)

Tablo 1. 4 ±0.5°C’de depolanan sıcak dumanlanmış balıklardaki değişimler (N=2)($\bar{X} \pm S\bar{X}$).
Table 1. Changes in the hot smoked fish samples, stored at 4 ±0.5°C (N=2)($\bar{X} \pm S\bar{X}$).

	Su (%)	T.Lipit (%)	TYA (%)	İ.Madde (%)	Tuz (%)	pH	TBA (mgMA/kg)	TVB-N (mg N/100g)
K	78.901 ±1.001 ^a	2.551 ±0.157 ^e	80.178 ±0.235 ^{ab}	1.330 ±0.020 ^f	0.830 ±0.020 ^e	6.605 ±0.005 ^a	0.452 ±0.100 ^f	13.968 ±1.936 ^f
DO	60.171 ±0.001 ^b	5.180 ±0.070 ^c	75.409 ±2.452 ^{bc}	3.363 ±0.003 ^{bc}	1.923 ±0.010 ^d	6.520 ±0.010 ^{ab}	0.177 ±0.002 ^g	17.977 ±0.008 ^e
1	50.862 ±0.994 ^d	5.255 ±0.020 ^c	64.193 ±0.007 ^{de}	2.010 ±0.050 ^e	1.950 ±0.009 ^d	6.425 ±0.005 ^b	1.087 ±0.020 ^e	19.403 ±0.503 ^e
7	50.813 ±0.095 ^d	5.599 ±0.202 ^c	55.139 ±0.268 ^f	2.682 ±0.253 ^d	2.409 ±0.100 ^{cd}	6.500 ±0.050 ^{ab}	1.557 ±0.006 ^d	21.924 ±0.075 ^d
14	51.421 ±0.111 ^d	5.710 ±0.185 ^c	76.880 ±6.582 ^{abc}	3.389 ±0.010 ^b	2.576 ±0.433 ^{ab}	6.495 ±0.005 ^{ab}	3.290 ±0.005 ^c	23.354 ±0.249 ^d
21	51.087 ±0.095 ^d	8.800 ±0.070 ^a	84.576 ±2.007 ^a	2.940 ±0.020 ^{cd}	2.175 ±0.025 ^{cd}	6.460 ±0.010 ^b	7.353 ±0.103 ^b	26.988 ±0.011 ^c
28	53.755 ±0.247 ^c	9.550 ±0.110 ^a	68.825 ±2.521 ^{cd}	2.803 ±0.279 ^d	2.149 ±0.020 ^{cd}	6.510 ±0.010 ^{ab}	7.535 ±0.090 ^b	27.751 ±0.101 ^c
36	53.677 ±0.286 ^c	6.860 ±0.755 ^b	77.474 ±0.987 ^{abc}	3.972 ±0.004 ^a	2.908 ±0.090 ^a	6.500 ±0.100 ^{ab}	8.021 ±0.010 ^a	30.463 ±0.541 ^b
51	53.702 ±0.294 ^c	4.105 ±0.030 ^d	56.874 ±0.374 ^{ef}	3.314 ±0.010 ^{bc}	2.846 ±0.116 ^a	6.290 ±0.010 ^c	8.063 ±0.010 ^a	34.378 ±0.432 ^a

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen veriler arasında (P <0.05) düzeyinde istatistiki ayrım vardır.
(K: Kontrol grubu, **DO:** Sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekler, **TYA:** Toplam yağ asitleri)

Taze *S. trutta macrostigma*’da %78.901 ±1.001 olan su değeri sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış balıklarda %60.171’e düşmüş ve bu azalma bir süre devam etmiş, 7. günde %50.813 ±0.095’e düşmüş, daha sonra hafif bir yükselme göstermiştir. -18 ±1°C’de depolanan sıcak dumanlanmış ürünlerde depolamanın sonlarına doğru su içeriğinde artış meydana gelmiş ve tekrar azalmıştır. Başlangıçta %78.901 ±1.001 (K) olan bu değer DF grubunda depolama süresinin sonunda %70.100 ±0.017 değerine düşmüştür. Toplam lipit oranı %2.551 ±0.157 (K)’den %5.180 ±0.070 (DO)’e yükselmiş, sıcak dumanlanan ve 4 ±0.5°C’de depolanan balıklarda depolama süresince 28. güne kadar artmıştır. 28. günden sonra tekrar azalma görülmüştür. Örneklerin toplam lipit içeriği dumanlama öncesi tuzlanmış (DO) örneklerde yükselmiş (%5.180 ±0.070), depolamanın 60. gününe kadar azalma göstermiş ve 150. günde %6.460 ±0.315 değerine çıkmıştır. 180. günde ise tekrar %5.555 ±0.978’e düşmüştür. Toplam yağ asitleri 7. güne kadar azalmış, 14. günden sonra düzensiz bir değişim göstererek 51. günde yeniden düşmüştür. DF grubunda ise toplam yağ asidi değerlerinin düzenli bir şekilde değişmediği, depolama sonunda azalma gösterdiği (%71.009 ±1.738) belirlenmiştir (Tablo 1. ve 2.).

İşlenmemiş balıklarda inorganik madde ve tuz oranı sırasıyla %1.330 ±0.020 ve %0.830 ±0.020 iken, dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerde bu değerler %3.363 ±0.003 ve %1.923 ±0.010 olarak bulunmuştur. DS grubunda inorganik madde 51.günde artış göstererek %3.314 ±0.010’a yükselmiştir. Tuz oranı da 36. güne kadar düşük değerlerde artış göstermiştir (%2.908 ±0.090). DF grubunda depolama süresince birbirine koşut bir şekilde değişmiş, her iki parametrede de artış görülmüştür (Tablo 1. ve 2.).

Taze, sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış ve sıcak dumanlanmış *S. trutta macrostigma*’nın su, protein, lipit, inorganik madde ile karbohidrat analizleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 3’te verilmiştir. Her analiz iki tekrarlı yapılmış olup ortalamalar alınarak standart hatalarla birlikte aynı tablo’da gösterilmiştir. Tablo 3’te de görüldüğü gibi dumanlama işlemi sonucu balıkların su içeriği azalma göstermiştir. Türün protein içeriği %16.218 ±0.012 iken dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerde (DO) %28.884 ±0.141’e, sıcak dumanlanmış örneklerde %35.266 ±0.004’e yükselmiştir. Taze balıklarda %2.551 ±0.157 oranında bulunan lipit içeriği dumanlanmış ürünlerde artış göstermiştir. Benzer artışlar diğer bileşenlerde de görülmüştür (Tablo 3).

Sıcak dumanlama sonrası $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de depolanan DS grubu örneklerde doymuş yağ asitlerinden palmitik ve stearik asitte dolayısıyla **ΣDYA (toplam Doymuş Yağ Asitleri)** değerinde artış olduğu saptanmıştır. İlk 36 günde DS grubu örneklerin ΣDYA içeriği DF grubundan daha yüksek, taze dondurulmuş ürünlerin DYA içeriğinden düşük; 1, 7 ve 14.

günlerde tuzlanmış örneklerin DYA değerinden düşük; 28. ve 36. günlerde daha yüksek bulunmuştur. Sıcak dumanlanmış ve $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 180 gün depolanmış örneklerin (DF) ΣDYA içeriği; İlk 36 gün boyunca DS'nin ΣDYA içeriğinden az 120 ve 180. günler dışında tüm günlerde ΣDYA değeri DF grubunda daha düşük belirlenmiştir (Tablo 4. ve 5.).

Tablo 2. $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de depolanan sıcak dumanlanmış balıklardaki değişimler (N=2) ($\bar{X} \pm \text{S}\bar{X}$)

Table 2. Changes in the hot smoked fish samples, stored at $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ (N=2) ($\bar{X} \pm \text{S}\bar{X}$).

	Su (%)	T.Lipit (%)	TYA (%)	İ.Madde (%)	Tuz (%)	pH	TBA (mgMA/kg)	TVB-N (mg N/100g)
K	78.901 $\pm 1.001^a$	2.551 $\pm 0.157^f$	80.178 $\pm 0.235^b$	1.330 $\pm 0.020^j$	0.830 $\pm 0.020^e$	6.605 $\pm 0.005^c$	0.452 $\pm 0.100^g$	13.968 $\pm 1.936^g$
DO	60.171 $\pm 0.001^d$	5.180 $\pm 0.070^{bcd}$	75.409 $\pm 2.452^c$	3.363 $\pm 0.003^e$	1.923 $\pm 0.010^d$	6.520 $\pm 0.010^{de}$	0.177 $\pm 0.002^h$	17.977 $\pm 0.008^f$
1	50.253 $\pm 0.030^i$	5.015 $\pm 0.005^{bcd}$	55.960 $\pm 1.870^g$	3.476 $\pm 0.020^d$	2.083 $\pm 0.030^{cd}$	6.600 $\pm 0.020^{cd}$	0.203 $\pm 0.020^h$	18.283 $\pm 0.010^{ef}$
7	50.412 $\pm 0.111^{hi}$	4.828 $\pm 0.030^{cd}$	65.614 $\pm 1.735^{ef}$	3.249 $\pm 0.102^f$	2.595 $\pm 0.003^{ab}$	6.620 $\pm 0.010^{cd}$	0.220 $\pm 0.005^h$	18.262 $\pm 0.004^{ef}$
14	52.954 $\pm 0.231^f$	4.655 $\pm 0.240^{cde}$	64.087 $\pm 0.307^f$	3.302 $\pm 0.030^{ef}$	1.985 $\pm 0.005^d$	6.405 $\pm 0.005^{ef}$	0.437 $\pm 0.040^g$	20.267 $\pm 0.999^{de}$
21	52.204 $\pm 0.103^{fg}$	4.175 $\pm 0.040^{de}$	64.004 $\pm 0.739^f$	3.625 $\pm 0.004^{bc}$	2.482 $\pm 0.060^{abc}$	6.330 $\pm 0.010^f$	0.654 $\pm 0.060^f$	21.758 $\pm 0.139^d$
28	51.550 $\pm 0.100^{gh}$	4.200 $\pm 0.060^{de}$	71.503 $\pm 0.279^{cd}$	3.562 $\pm 0.006^{cd}$	2.881 $\pm 0.050^a$	6.840 $\pm 0.170^{ab}$	1.050 $\pm 0.080^e$	21.585 $\pm 0.039^d$
36	53.385 $\pm 0.310^f$	4.522 $\pm 0.259^{cde}$	69.231 $\pm 0.539^{de}$	3.695 $\pm 0.020^b$	2.962 $\pm 0.040^a$	6.575 $\pm 0.060^{cd}$	1.603 $\pm 0.030^d$	22.315 $\pm 0.002^{cd}$
60	55.597 $\pm 0.506^e$	3.778 $\pm 0.020^e$	69.484 $\pm 1.115^{de}$	4.746 $\pm 0.003^a$	2.726 $\pm 0.229^{ab}$	6.570 $\pm 0.010^{cd}$	1.951 $\pm 0.010^c$	24.150 $\pm 0.151^{bc}$
90	56.415 $\pm 0.423^e$	4.579 $\pm 0.030^{cde}$	87.671 $\pm 2.130^a$	2.594 $\pm 0.020^i$	2.242 $\pm 0.004^{bcd}$	6.705 $\pm 0.005^{bc}$	1.975 $\pm 0.020^c$	24.912 $\pm 0.505^b$
120	62.790 $\pm 0.022^c$	5.925 $\pm 0.080^{ab}$	62.096 $\pm 1.071^f$	3.135 $\pm 0.004^g$	2.573 $\pm 0.009^{ab}$	6.810 $\pm 0.010^{ab}$	1.665 $\pm 0.007^d$	25.269 $\pm 0.009^b$
150	70.555 $\pm 0.553^b$	6.460 $\pm 0.315^a$	73.261 $\pm 0.275^{cd}$	3.291 $\pm 0.005^{ef}$	2.636 $\pm 0.008^{ab}$	6.850 $\pm 0.010^{ab}$	2.923 $\pm 0.060^b$	25.311 $\pm 0.248^b$
180	70.100 $\pm 0.017^b$	5.555 $\pm 0.978^{abc}$	71.009 $\pm 1.738^{cd}$	3.013 $\pm 0.004^h$	2.474 $\pm 0.455^{abc}$	6.920 $\pm 0.020^a$	3.543 $\pm 0.030^a$	30.003 $\pm 0.696^a$

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen veriler arasında ($P < 0.05$) düzeyinde istatistiksel ayırım vardır.

(**K**: Kontrol grubu, **DO**: Sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekler, **TYA**: Toplam yağ asitleri)

Bir çift bağlı doymamış yağ asitleri (BDmYA) sıcak dumanlanmış ve $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de 51 gün depolanan *S. trutta macrostigma* örneklerinde genellikle azalış göstermiş olup bu yağ asitlerinden oleik asit ($\text{C}_{18:1} \omega-9$) ve gadoleik asit ($\text{C}_{20:1}$) 14. güne kadar artış, daha sonra azalış göstermiştir. ΣBDmYA 28 ve 36. günlerde daha düşük oranda DS grubu örneklerde bulunmuştur. Bir çift bağ içeren doymamış yağ asitleri, DF grubunda genel bir azalış göstermiştir. ΣBDmYA değeri depolamanın 36. gününde küçük bir artış göstermesine karşın 1-180. günler arasında genellikle bu değerde azalış belirlenmiştir. Oleik asit ve

gadoleik asitte depolamanın ilk günlerinde artış, daha sonra azalış, erusik asitte de sürekli bir azalışın olduğu Tablo 4. ve 5.'te görülmektedir.

DS grubunda **aşırı doymamış yağ asitleri (ADmYA)** 51 günlük depolanma süresince genel olarak azalma göstermekle birlikte dokosapentaenoik asit ($\text{C}_{22:5} \omega-6$) artmıştır. ΣADmYA değerinde 51. güne kadar düşüş görülmüştür. Balık örneklerine uygulanan dumanlama işlemi sonucu ΣADmYA değeri 51 günlük depolama süresince DS grubu örneklerde daha düşük bulunduğu görülmüştür. Aşırı

doymamış yağ asitlerinden dokosapentaenoik (C_{22:5} ω-6) dışındaki diğer tüm yağ asitleri dumanlanarak dondurulmuş balıkların depo-

lanması sırasında azalış göstermiştir (Çizelge 4,5).

Tablo 3. Taze ve sıcak dumanlanmış *S. trutta macrostigma*'nın bazı kimyasal bileşenleri (N=2) ($\bar{X} \pm S\bar{X}$).

Table 3. Chemical composition of fresh and hot smoked *S.trutta macrostigma* (N=2) ($\bar{X} \pm S\bar{X}$).

(%)	K	DO	DS
Su	78.901 ±1.001 ^a	60.171 ±0.001 ^b	50.862 ±0.994 ^c
Protein	16.218 ±0.012 ^c	28.884 ±0.141 ^b	35.266 ±0.004 ^a
Lipit	2.551 ±0.157 ^b	5.180 ±0.070 ^a	5.255 ±0.020 ^a
İnorganik Madde	1.330 ±0.020 ^c	3.363 ±0.003 ^a	2.010 ±0.050 ^b
Karbonhidrat	1.001 ±0.001 ^c	2.402 ±0.006 ^b	6.607 ±0.006 ^a

Ortalamalar üzerindeki üst simge ile gösterilen harfler sütunlar arasındaki istatistiksel farkın karşılaştırmalarını göstermektedir. Farklı harfleri gösteren ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P< 0.05).

DO: Dum. öncesi tuzlanmış örnek, **DS:** Sıcak dumanlanmış örnek

Tablo 4. Sıcak dumanlanmış, 4 ±0.5°C'da depolanan örneklerin yağ asidi bileşimleri (µg/g).

Table 4. The fatty acid contents of hot smoked fish samples, stored at 4 ±0.5°C (µg/g).

Yağ asidi	K	DO	1	7	14	21	28	36	51
C _{16:0}	102.1	101.0	101.5	103.1	105.2	107.4	109.0	111.1	112.0
C _{18:0}	25.18	25.27	25.44	26.42	27.81	27.52	27.50	29.51	29.95
Σ DYA	127.2	126.2	126.9	129.5	133.0	134.9	136.5	140.6	141.9
C _{18:1} ω-9	122.1	122.4	122.2	122.4	123.8	120.8	118.3	117.5	114.2
C _{20:1}	18.87	19.05	20.00	20.63	20.90	20.84	19.03	17.32	14.43
C _{22:1}	12.97	12.66	12.79	10.78	10.68	10.47	9.293	8.000	6.733
Σ BDmYA	153.9	154.1	154.9	153.8	155.3	152.1	146.6	142.8	135.3
C _{18:2} ω-6	7.161	7.210	7.284	6.335	6.381	6.351	6.513	6.447	6.199
C _{18:3} ω-3	5.654	5.659	5.635	5.681	5.693	5.638	5.519	5.503	4.484
C _{20:4} ω-6	3.212	3.001	3.184	2.618	2.412	2.083	1.802	1.777	1.757
C _{22:4} ω-6	2.060	2.073	2.084	2.107	2.134	2.173	2.218	1.265	1.264
C _{20:5} ω-3	70.96	70.55	70.11	68.12	67.96	67.64	67.17	65.09	65.05
C _{22:5} ω-6	10.43	10.50	10.63	10.94	11.20	11.73	12.09	12.64	12.87
C _{22:5} ω-3	11.74	11.78	11.79	11.64	11.57	11.58	11.49	11.49	11.49
C _{22:6} ω-3	51.23	50.99	51.14	49.65	49.26	48.94	48.51	48.05	47.69
Σ ADmYA	162.4	161.7	161.8	157.0	156.6	156.1	155.3	152.2	150.8

K: Kontrol grubu,

DO: Sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekler

Tablo 5. Sıcak dumanlanmış, $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'da depolanan örneklerin yağ asidi bileşimleri ($\mu\text{g/g}$).**Table 5.** The fatty acid contents of hot smoked fish samples, stored at $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ ($\mu\text{g/g}$).

Yağ asidi	K	DO	1	7	14	21	28	36	60	90	120	150	180
C _{16:0}	102,1	101,0	101,4	101,9	101,8	102,4	104,3	106,2	106,9	106,8	107,0	107,3	107,8
C _{18:0}	25,18	25,27	25,29	26,41	27,02	27,12	26,79	26,80	26,68	28,80	29,50	29,15	29,0
Σ DYA	127,2	126,2	126,6	128,3	128,8	129,5	131,0	133,0	133,5	135,6	136,5	136,4	136,8
C _{18:1 ω-9}	122,1	122,4	122,3	122,4	122,8	121,9	121,0	124,1	122,0	120,4	120,1	119,2	117,5
C _{20:1}	18,87	19,05	19,49	19,57	19,87	20,11	20,01	19,66	18,37	18,24	17,99	16,53	15,38
C _{22:1}	12,97	12,66	11,78	11,76	10,72	10,68	10,35	10,02	9,837	9,530	9,350	9,000	7,373
Σ BDmYA	153,9	154,1	153,5	153,7	153,3	152,6	151,3	153,7	150,2	148,1	147,4	144,7	140,2
C _{18:2 ω-6}	7,161	7,210	7,392	7,238	7,923	7,718	7,736	7,632	7,435	7,450	7,394	6,345	6,107
C _{18:3 ω-3}	5,654	5,659	5,666	5,686	5,681	5,678	5,649	5,617	5,593	5,543	5,559	5,531	5,500
C _{20:4 ω-6}	3,212	3,001	3,132	2,795	2,653	2,299	2,026	1,871	1,780	1,495	1,441	1,214	1,108
C _{22:4 ω-6}	2,060	2,073	2,075	2,104	2,152	2,176	2,157	2,116	2,118	2,111	2,006	2,220	1,208
C _{20:5 ω-3}	70,96	70,55	70,39	70,83	70,29	70,82	69,62	70,25	69,19	69,20	68,91	68,88	68,79
C _{22:5 ω-6}	10,43	10,50	10,62	11,00	11,18	11,54	11,95	12,49	12,61	12,18	11,61	11,47	11,32
C _{22:5 ω-3}	11,74	11,78	11,78	11,74	11,65	11,51	11,51	11,48	11,49	11,47	11,31	11,29	11,31
C _{22:6 ω-3}	51,23	50,99	51,19	51,07	49,79	49,42	49,01	48,65	48,08	47,91	47,85	47,58	47,51
Σ ADmYA	162,4	161,7	162,2	162,4	161,3	161,1	159,6	160,1	158,2	157,3	156,0	154,5	152,8

K: Kontrol grubu, DO:Sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış örnekler

S. trutta macrostigma'nın sıcak dumanlanmış ve $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de depolanan örneklerinde (DS) pH değerinin 51. günde 6.290 ± 0.010 olduğu belirlenirken $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de depolananlarda (DF) ise daha yüksek değerler sergilediği ve depolamanın 180 gününde nötr değere yaklaştığı tespit edilmiştir (Tablo 1. ve 2.). pH değerindeki bu değişimin, DS grubu örneklerde 51 günlük depolama süresince genelde önemli olmadığı ($P > 0,05$), DF grubunda ise 1-180. günler arasında farkın önemli ($P < 0,05$) olduğu belirlenmiştir. pH değeri bakımından DS ve DF karşılaştırıldığında, 1, 14 ve 21. günlerdeki farklar önemliyken ($P < 0,05$); 7, 28 ve 36. günlerdeki farkların önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1. ve 2.).

Balıklarda bozulma parametrelerinden olan pH değerinde, konuyla ilgili yapılan bir çalışmada ilk 28 gün süresince, bulgularımızdaki gibi azalma olduğu belirlenmiştir (Ünlüsayın, 1999). Kolsarıcı ve Özkaya (1998), gökkuşuğu alabalıklarının raf ömrüne dumanlama yöntemlerinin ve depolama sıcaklığının etkisini incelemişler ve elde ettikleri ürünleri $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 48 gün, $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 6 ay depolamışlardır. Taze balıkta 6, 12 olarak tespit edilen pH her iki depolama sıcaklığında farklı değer-

ler sergilemiş, $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de depolanan örneklerde pH değerindeki değişimlerin önemli düzeyde olduğu bildirilmiştir. *S. trutta macrostigma* ile yapılan çalışmada da $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de depolanan örneklerde de aynı sonuç bulunmuştur (Tablo 2.). $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de depolanan örneklerin pH değerinde, aynı sıcaklıkta depolanan *S. trutta macrostigma*'nın pH değerleriyle biraz farklılık görülmüştür. Bu farklılık çalışma şartları, balığın türü vb. nedenlerden olabilir. Ünal (1995), dumanlanmış gökkuşuğu alabalıklarıyla yaptığı çalışmasında, buzdolabı koşullarında depoladığı örneklerde pH değerinin 6.05–6.26 aralığında değiştiğini tespit etmiştir. Bu değerler de, $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de depolanan *S. trutta macrostigma* örneklerinin pH değerlerindeki değişimin önemli olmadığını doğrulamaktadır.

TBA ve TVB-N, taze ve işlenmiş su ürünlerinde kalitenin belirlenmesinde kullanılan önemli bileşiklerdendir. Bozulma göstergesi olarak da değerlendirilen TBA ve TVB-N sayıları, *S. trutta macrostigma*'nın sıcak dumanlanan örneklerinde artış göstermiştir. Taze balıklarda 0.452 ± 0.100 mg MA/kg olan TBA değeri, $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de 51 gün depolanan örneklerde (DS) 8.063 ± 0.010 mg MA/kg (51. gün) değerine, $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de depolanan örneklerde de 3.543 ± 0.030 mg MA/kg'a

(180. gün) ulaşmıştır. TVB-N değeri taze *S. trutta macrostigma*'da $13,968 \pm 1.936$ mg/100g iken 51. günde 34.378 ± 0.432 mg/100g' a (DS), 180. günde ise 30.003 ± 0.696 mg/100g (DF) değerine yükselmiştir (Tablo 2.). Sıcak dumanlama sonrası TBA ve TVB-N değerindeki değişimler, her iki depolama sıcaklığında bekletilen örneklerde tüm depolama boyunca genellikle önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Depolama sıcaklığına göre DF –DS arasında TBA değerlerindeki fark 36. güne kadar tüm günlerde, TVB-N değerlerinde ise genellikle önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur (Tablo 1. ve 2.).

Balık yağlarında acılaşıma parametrelerinden birinin TBA bileşiği olduğu bildirilmektedir (Bligh ve ark., 1988; Ünal, 1995). Sıcak dumanlanmış ve 4°C 'de 28 gün depolanmış *C. auratus* balıklarında TBA değerinin artış gösterdiği ve bunun sonucunda örneklerin tazeliklerini zamanla kaybettikleri bildirilmiştir (Ünlüsayın ve ark., 2003). Elde edilen sonuçlarla *S. trutta macrostigma*'nın aynı değere ilişkin bulguları benzeşmektedir. Yılan balıkları (*A. vulgaris*)'yla yapılan bir çalışmada, %7.5 ve %15 oranlarında iki farklı tuz derişimi kullanılmış. Dumanlama ve depolama sırasındaki değişimler incelenmiştir (Salama ve Khalafalla, 1993). TBA değerinin düzensiz değişim gösterdiği bu çalışmada tuz oranı yüksek olan örneklerde daha az bozulma meydana geldiği belirlenmiştir.

Balıklarda, gerek taze iken gerekse işlenmiş ürünlerin kalitesinin belirlenmesinde kullanılan parametrelerden bir diğeri de TVB-N olup, depolama sırasında artış göstermektedir. Gökoğlu ve Varlık (1992)'ın dumanlanmış gökkuşağı alabalıklarının 60 gün buzdolabı koşullarında depolamaları sonucunda TVB-N değeri artış göstermiştir. Bu araştırmacılar taze balıklarda bile TVB-N bulunabileceğini, belirtirlerken bu durumun tatlısu balıklarında çok az oranda bulunan TMA nedeniyle meydana gelebileceğini bildirmişlerdir. Dumanlanmış gökkuşağı alabalıklarının $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ve $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de iki farklı sıcaklıkta depolandığı çalışmada TVB-N değerinin her iki depolama sıcaklığında arttığı, $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örneklerde bu oran daha düşük olduğu saptanmıştır (Kolsarıcı ve Özkaya, 1998).

Dumanlanmış ürünlerle yapılan başka bir çalışmada gökkuşağı alabalığı, dumanlandıktan sonra -33°C 'de 1 yıl ve buzdolabı koşullarında

87 gün depolanmış, her iki depolama sıcaklığında TVB-N değerinde artış olduğu bildirilmiştir (Ünal, 1995). *C. auratus*'un sıcak dumanlama işlemine tabi tutulduğu çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur (Ünlüsayın ve ark., 2003). TVB-N değerine ilişkin verilen tüm bu araştırma bulguları, *S. trutta macrostigma* ile yapılan bu çalışmada elde edilen verilerle benzerlik göstermektedir. Gerek bu çalışmada gerekse diğeri çalışma sonuçlarından da görüldüğü gibi dumanlanmış balıkların TVB-N içeriği; materyalin kalitesine, depolama koşullarına, tuz derişimine ve dumanlama koşullarına göre değişmektedir.

Analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre; sıcak dumanlanmış ürünlerde su kaybının meydana geldiği, toplam lipit değerindeki en yüksek oranın DS grubunda görüldüğü, uygulanan teknoloji sonucu toplam yağ asitlerinin düzensiz değiştiği, bozulma bileşiklerinden TBA ve TVB-N değerlerinin, balıklara uygulanan sıcak dumanlama işlemi sonucu, depolamaya bağlı olarak artış gösterdiği Sıcak dumanlanan ve 2 farklı sıcaklıkta depolanan örnekleri kendi içinde değerlendirdiğimizde $4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan sıcak dumanlanmış (DS) örneklerin bozulma parametrelerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Depolamaya bağlı kimyasal bileşenlerdeki değişimler incelenecek olursa taze örneklerin su oranı 78.901 ± 1.001 iken sıcak dumanlama öncesi tuzlanmış balıklarda 60.171 ± 0.001 'e düşmüş ve DS grubu örneklerde 7. güne kadar azalma devam etmiş, daha sonra çok az bir yükselme göstermiştir. DF grubunda da depolamanın sonlarına doğru su içeriğinde bir artış olmuş, sonra yeniden azalmıştır. DS grubunda bu değer 51. günde 53.702 ± 0.294 'e, DF grubunda 180. günde 70.100 ± 0.017 değerine düşmüştür. Her iki şekilde depolanan sıcak dumanlanmış örneklerin su içeriğindeki azalma, taze ve dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerle karşılaştırıldığında istatistikî olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Sıcak dumanlanan ve $4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de 51 gün depolanan örnekler (DS) ile $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 180 gün depolanan örneklerin (DF) 1, 7 ve 36. günlere ait su değerleri arasında depolama yöntemleri bakımından önemli bir fark yokken ($P > 0.05$), diğeri günlerde önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur (Tablo 1. ve 2.).

Sıcak dumanlanmış *S. trutta macrostigma*'nın su içeriğinde görülen azalma diğeri

araştırmalarda çeşitli türdeki dumanlanmış balıklarda da görülmüştür. Sıcak dumanlama uygulanan gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*), yılan balığı (*A. anguilla*) ve sudak balığı (*S. lucioperca*)'nda su oranının azaldığı Ünlüsayın ve ark., (2001) tarafından bulunmuştur. Bir başka sıcak dumanlama çalışmasında Bilgin ve ark., (2001), kara yayın balığı (*C. gariepinus*)'nın dumanlanması sonucunda su içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir. Sıcak dumanlanmış *S. trutta macrostigma*'nın su içeriğinde görülen azalmadan sonra tekrar artış göstermesi, hidroliz olayından, başka bir anlatımla hücredeki bağlı suların hücre dışına çıkmasından kaynaklanabilir. Bir başka neden üründe, depolamanın son günlerinde TBA ve TVB-N gibi bazı bileşiklerin su değerine koşut bir şekilde artması ve bunların da su gibi değerlendirilmesi olabilir (kimyasal reaksiyon sonucu açığa çıkan su). Bu çalışmada TBA ve TVB-N değerindeki artış da bu tahminimizi desteklemektedir.

Atlantik salmon balıklarıyla yapılan çalışmada taze örneklerde %68 bulunan su değerinin dumanlanmış örneklerde %64.9'a düştüğü belirlenmiştir (Holland ve ark., 1991). Kolsarıcı ve Özkaya (1998), gökkuşağı alabalığı (*S. gairdneri*)'nın raf ömrüne, tütsüleme yöntemlerinin etkisini araştırmış ve dumanlanmış ürünlerde kuru madde miktarının yükseldiğini dolayısıyla su içeriğinin azaldığını kaydetmişlerdir. Yılan balıkları (*A. vulgaris*)'nın dumanlama işlemine tabi tutulduğu bir çalışmada da 6 haftalık depolama boyunca su içeriğinde azalma meydana geldiği saptanmıştır (Salama ve Khalafalla, 1993). Dumanlanmış ürünlerin su içeriğine ilişkin bulunan tüm sonuçlar bulgularımızla uyumluluk içindedir (Tablo 1. ve 2.). Dumanlama işlemi sonucu ısının ve tuzun etkisiyle balıkta su içeriğinin azaldığı diğer araştırmacılarca da vurgulanmaktadır (Motohiro, 1988; Ünal, 1995; Sigurgisladottir ve ark., 2000).

Toplam lipit içeriği dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerde ve sıcak dumanlama işleminin uygulandığı, $4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan *S. trutta macrostigma* örneklerinde (DS), 28. güne kadar artış göstermiş, depolamanın 51. gününe kadar yeniden azalmıştır (Tablo 1). Dumanlandıktan sonra $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 180 gün depolanan örneklerde (DF) de lipit içeriği depolamanın 60. gününe kadar azalma göstermiş, 150. günde $\%6.460 \pm 0.315$ değerine

yükselmiştir. 180. günde yeniden $\%5.555 \pm 0.978$ 'e düşmüştür (Tablo 2). Lipit değerindeki değişim DS grubu dikkate alındığında; Dumanlama öncesi tuzlanmış örnekler (DO) ile 1, 7, 14. günler arasında ve depolamanın 21. günü ile 28. günü arasında önemsiz ($P>0.05$), diğer depolama günlerinde ise önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Tablo 1.). DF grubu dikkate alındığında da 180 günlük depolamanın sonucunda toplam lipit içeriğinin önemli ($P<0.05$) değişimler gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 2.).

Dumanlanmış balıklardaki çalışmalarda yağların bozulma gösterebileceği araştırmacılarca belirtilmektedir (Halver, 1972; Bligh ve ark., 1988). $7 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 6 hafta depolanan dumanlanmış yılan balıkları (*A. vulgaris*)'nın lipit içeriğinde az oranda artış olduğu saptanmıştır (Salama ve Khalafalla, 1993). *S. trutta macrostigma* ile yaptığımız çalışmada her iki şekilde depolanan gruplarda, dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerde artış başlamış ve DS grubunda 4. haftanın sonuna kadar devam etmiştir. Bu yönleriyle sonuçlarımız Salama ve Khalafalla (1993)'nin sonuçlarına benzerlik gösterirken, DF grubunda lipit içeriğinde görülen azalma yönüyle farklıdır. Bu farklılık depolama sıcaklığından kaynaklanabilir. Zira bu grup $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmıştır. *S. gairdneri*, *C. gariepinus*, *C. auratus* balıklarının sıcak dumanlanması sonucu yağ içeriklerinin artış gösterdiği yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Kolsarıcı ve Özkaya, 1998; Bilgin ve ark., 2001; Ünlüsayın ve ark., 2003).

DS grubunda toplam yağ asitleri 7. güne kadar azalmış, 14. günden sonra düzensiz değişim göstermiştir (Tablo 2). DF grubunun toplam yağ asitleri değerinde de değişimin düzensiz olduğu belirlenmiştir. Gerek DF gerek DS'nin toplam yağ asitleri değerindeki değişim genellikle önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Tablo 1. ve 2.). Dumanlanmış örneklerde toplam yağ asitleri değerine ilişkin çalışmalar bulunamadığından karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak toplam yağ asidi değerlerinin toplam lipite koşut bir şekilde değişmediği görülmüştür.

Taze balıklarda $\%1.330 \pm 0.020$ olarak bulunan inorganik maddenin dumanlama öncesi tuzlanmış örneklerde $\%3.363 \pm 0.003$ 'e yükseldiği, depolamanın ($4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$) sonlarına doğru tekrar arttığı görülmüştür (Tablo 1.). -18

$\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örneklerde ise genellikle artış belirlenmiştir. Tuz içeriği taze balıklarda 0.830 ± 0.020 iken dumanlama öncesi tuzlanmış grupta 1.923 ± 0.010 değerine yükseldikten sonra DS ve DF gruplarında artışlar depolama sonuna doğru devam etmiştir. Tuz oranı, inorganik madde oranına bağlı olarak değişmiştir. Depolama sırasında tuz ve inorganik madde içeriğindeki değişimin genel olarak önemli olduğu ($P < 0.05$) belirlenmiştir (Tablo 1. ve 2.).

Kolsarıcı ve Özkaya (1998), gökkuşuğu alabalıklarının tuzlanması ve dumanlaması konulu çalışmalarında, dumanlanmış balıklarda tuz ve inorganik madde içeriğinin arttığını belirtmişler ve bu iki bileşenin yaptıkları çalışma sonunda istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) artışlar gösterdiğini saptamışlardır. Bu çalışmada taze balıkların inorganik madde içeriği 1.31 ± 0.11 ve tuz içeriği 0.10 ± 0.04 iken, sıcak dumanlanan örneklerde bu değerler sırasıyla 4.70 ± 0.10 ve 3.68 ± 0.05 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar hem değer olarak hem de depolamada gösterdiği değişim bakımından bulgularımızla benzerlik göstermektedir (Tablo 1. ve 2.). *S. trutta macrostigma*'nın sıcak dumanlanmış örneklerinin depolanması sırasında tuz ve inorganik madde içeriğindeki değişimler de önemli bulunmuştur. Sıcak dumanlanmış balıkların inorganik madde içeriğindeki benzer bir artış Bilgin ve ark., (2001) ve Ünlüsayın ve ark., (2001) tarafından da tespit edilmiştir. Ayrıca Salama ve Khalafalla (1993), dumanlama ve depolama sırasında, yılan balığı (*A. vulgaris*)'ndaki değişimleri incelerken depolama sırasında tuz içeriğinin arttığını saptamışlardır.

Yapılan bir çalışmada 60 gün $5-6^{\circ}\text{C}$ 'de depolama sırasında, dumanlanmış gökkuşuğu alabalıkları (*O. mykiss*)'nin tuz içeriğinde önemli artışların olmadığı bildirilmiştir (Gökoğlu ve Varlık, 1992). Çalışmamızda tuz oranındaki artışların önemli bulunması ve bu yönüyle Gökoğlu ve Varlık (1992)'in sonuçlarıyla farklılık göstermesi tuz oranına bağlanabilir. Bu araştırmacılar %10 oranında tuz kullanarak balıkları dumanlamışlardır. Çalışmamızda %20 oranında tuz kullanılmıştır.

Ünal, (1995)'in dumanlanmış gökkuşuğu alabalıklarıyla yapılan çalışmada, %22 oranında tuz kullandığı balıklarda %3.76 oranında kül ve %4.21 oranında tuz tespit etmiştir. Taze örneklerde %1.43 kül ve %0.468

oranında tuz içeren gökkuşuğu alabalığıyla yapılan bu çalışma sonuçlarının da bulgularımıza yakınlık gösterdiği görülmektedir (Tablo 1. ve 2.).

Taze ve dumanlanmış örneklerin kimyasal içerikleri incelendiğinde su içeriğinin sıcak dumanlanmış ürünlerde azalma gösterdiği, bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu ($P < 0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 3). Protein oranı taze balıklarda 16.218 ± 0.012 olarak belirlenirken dumanlama öncesi tuzlanmış grupta 28.884 ± 0.141 , sıcak dumanlananlarda 35.266 ± 0.004 olarak bulunmuştur. Taze, dumanlama öncesi tuzlanmış (DO) ve sıcak dumanlanmış örnekler (DS) arasındaki değişimlerin ise önemli olduğu ($P < 0.05$) belirlenmiştir. Uygulanan dumanlama işlemi sonucu taze balıkların lipit, inorganik madde ve karbohidrat miktarlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Yapılan dumanlama teknolojisine göre lipit içeriğinde görülen değişimlerin istatistiki olarak DO-DS arasında önemsiz ($P > 0.05$), taze örneklerle (K) DO-DS grupları arasında önemli olduğu ($P < 0.05$); inorganik madde ve karbohidrat içeriği yönünden de tüm gruplar arasında önemli ($P < 0.05$) olduğu saptanmıştır (Tablo 3.).

Çeşitli tatlısu balıklarına sıcak dumanlama uygulanan bir çalışmada gökkuşuğu alabalığının su içeriğindeki azalmaya karşın, protein, yağ, kül ve karbohidrat içeriğinde artış meydana geldiği ve sıcak dumanlanmış ürünlerdeki bu değişimin önemli ($P < 0.05$) olduğu bulunmuştur (Ünlüsayın, 1999). Dumanlanmış ürünlerin genel kimyasal bileşimlerinde değişimler oluştuğunu vurgulayan bu araştırma sonuçları konuya ilişkin bulgularımızı desteklemektedir.

Çalışmada gaz kromatografik analizler sonucunda taze *S. trutta macrostigma*'nin toplam yağ asidi içeriğine göre ($\Sigma 443.5 \mu\text{g/g}$) % 71.31 oranında doymamış yağ asitleri ($\Sigma \text{DmYA } 316.3 \mu\text{g/g}$), %28.68 oranında doymuş yağ asitleri ($\Sigma \text{DYA } 127.2 \mu\text{g/g}$) içerdiği tespit edilmiştir. Doymamış yağ asitlerinin çoğunluğunu aşırı doymamış yağ asitlerinin oluşturduğu belirlenmiştir. Balıklara uygulanan tüm teknolojilerde depolama boyunca genel olarak doymuş yağ asitlerinde artış, doymamış yağ asitlerinde azalış saptanmıştır. Yağ asitlerindeki bu değişimlerin oranları uygulanan teknolojiye göre depolamanın 51. gününe kadar ΣBDmYA içeriğindeki en

yüksek azalış DS grubunda, 180. gününe kadar DF grubu örneklerde görülmüştür (Tablo 4. ve 5.).

Yağ asitleri değerleri incelendiğinde, sıcak dumanlanmış ürünlerde doymuş yağ asitlerinde (DYA) artış görülürken, bir çift bağ içeren doymamış yağ asitleri (BDmYA) ve aşırı doymamış yağ asitlerinde (ADmYA) azalış tespit edilmiştir (Tablo 4. ve 5.). *S. trutta macrostigma*'nın yağ asidi analizleri sonucunda Σ BDmYA ve Σ ADmYA değerlerindeki azalmalar bir kısım yağ asitlerinin ısı işlem nedeniyle oksidasyona uğraması sonucu oluşmuş olabilir. Konuyla ilgili olarak Bligh ve ark. (1988), dumanlanmış balıkların yağlarında bulunan özellikle aşırı doymamış yağ asitlerinin oksidasyona uğrayabileceğini bildirmiştir. Ayrıca diğer araştırmalarda balık yağlarındaki bozulma olaylarından sıcaklık, ışık, tuz ve hava ile temas gibi faktörlerin sorumlu olabileceği belirtilmektedir (Halver, 1972; Ünlüsayın ve ark., 1997). Gökkuşluğu alabalığı (*O. mykiss*)'na uygulanan dumanlama işlemi sonrası doymuş yağ asitlerinde artış, doymamış yağ asitlerinde azalış belirlenmiş olup, bu çalışmada doymamış yağ asitlerinin oksidasyona daha duyarlı olduğu vurgulanmıştır (Ünlüsayın ve ark., 2001). Dumanlanmış balıkların yağ asidi değişimlerine ilişkin verilen bu bilgiler bulgularımızı desteklemektedir.

Sonuç

Sonuç olarak, farklı depolama sıcaklıklarının sıcak dumanlanmış *S. trutta macrostigma*'nın kimyasal kompozisyonuna etkisinin araştırıldığı bu çalışmada buzdolabı koşullarında ($4 \pm 0.5^\circ\text{C}$) ürünün daha kısa sürede değişime uğradığı, derin dondurucu koşullarında ($-18 \pm 1^\circ\text{C}$) daha uzun ömürlü olduğu saptanmış, sıcak dumanlama yapılan ve $4 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 'de depolanan örneklerin 51 gün, $-18 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de depolanan diğer örneklerin 180 gün tüketilebilir özelliklerini korudukları sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda elde edilen bulgular ışığında; beğenilerek tüketilen *S. trutta macrostigma*'nın doymamış yağ asitleri bakımından zengin bir tür, sıcak dumanlama teknolojisine uygun bir materyal olduğu tespit edilmiştir.

Kaynaklar

Altuğ, T., Demirağ, K., Kurtcan, Ü., İçbal, N., (1994). Food Quality Control. Ege Üniv. Müh. Fak. Çoğaltma Yay. No: 85, İzmir.

Anonim, (1974a). TS 1743, Et ve Et Mamulleri Rutubet Miktarı Tayini, *Türk Standartları*, Ankara.

Anonim, (1974b). TS 1746, Et ve Et Mamulleri Kül Tayini, *Türk Standartları*, Ankara.

Anonim, (1983). 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.

Bilgin, Ş., Ünlüsayın, M., Gülyavuz, H., (2001). *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)'un Farklı İşleme Yöntemlerine Göre Değerlendirilmesi ve Kimyasal Bileşenlerinin Tespiti. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* **25**: 309-312.

Göğüş, A.K., Kolsarıcı, N., (1992). Su Ürünleri Teknolojisi, A.Ü. Ziraat Fak.Yay.: 1243, Ders Kitabı:358, Ankara.

Gökoğlu, N., Varlık, C., (1992). Dumanlanmış Gökkuşluğu Alabalığının (*Salmo gairdneri* R. 1836) Raf Ömrü Üzerine Araştırma. *Gıda Dergisi*, **17**(1): 61-65.

Gülyavuz, H., Ünlüsayın, M. (1999). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, S.D.Ü. Eğirdir su Ürünleri Fak. Ders Kitabı, Şahin Matbaası, ISBN: 975-96897-0-7, Ankara.

Halver, J.E., 1972. Fish Nutrition. Academic Pres, Inc. Orlando, Florida 32887.

Henderson, R.J., Tocher, D.R., (1987). The Lipid Composition and Biochemistry of Freshwater Fish. *Journal of Prog Lipid Research*, **26**: 281-347.

Holland, B., Welch, A., Unwin, I.D., Buss, D.H., Paul, A.A., Southgate, A.T., (1991). The Composition of Foods. Section 2.6. Fish and Fish Products. Fifth revised and Extended Edition. Royal Society of Chemistry. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.

İnal, T., (1992). Besin Hijyeni. Hayvansal Gıdaların Sağlık Kontrolü. Final Ofset. Genişletilmiş 2. Baskı İstanbul.

Keskin, H., (1975). Gıda Kimyası, İst. Üniv. Yay. Sayı 1980, Kimya Fak., No:21, İstanbul.

Kolsarıcı, N., Özkaya, Ö., (1998). Gökkuşluğu Alabalığı (*Salmo gairdneri*)'nın Raf Ömrü Üzerine Tütsüleme Yöntemleri ve Depolama Sıcaklığının Etkisi. *Turkish Jour-*

- nal of Veterinary and Animal Science* **22**: 273-284.
- Merrill, A.L. and Watt, B.K. (1973). *Energy value of Foods, ...basis and derivation*. Agriculture research service. United States Department of Agriculture. *Agriculture handbook* No:74, p 2., Washington.
- Motohiro, T., (1988). Effect of Smoking and Drying on The Nutritive Value of Fish: A Review of Japanese Studies. *Burt, J.R., -eds.* 91-120 pp, Elsevier Applied Science Publishers LTD., London and New York.
- Opstvedt, J., (1988). Influence of Drying and Smoking on Protein Quality. Fish Smoking and Drying, *Burt, J.R.- eds.*, 41-53pp, Elsevier Applied Science Publishers LTD., London and New York.
- Özdamar, K., (2001). SPSS ile Biyoistatistik. Kaan Kitabevi, ISBN 978-6787-03-1, Eskişehir.
- Salama, N.A., Khalafalla, G.M., (1993). Chemical, Bacteriological and Sensory Changes in Eel Fish (*Anguilla vulgaris*) During Smoking and Storage. *Archiv für Lebensmittelhygiene* **44**: 1-24.
- Sigurgisladottir, S., Sigurdardottir, M.S., Torrisen O., Vallet, J.L., Hafsteinsson, H., (2000). Effects of Different Salting and Smoking Process on the Microstructure, the Texture and Yield of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fillets. *Food Research International*. **33**: 847-855.
- Steiner, M., Julsham, K., Lie, O., (1991a). Effects of Local Processing Methods (Cooking, Frying and Smoking) on Three Fish Species from Ghana. Part I. Prox. Composition Fatty Acids, Mineral Trace Elements and Vitamins. *Food Chemistry* **40**: 309-321.
- Steiner, M., Asiedu, D. Andnjaa, L.R., (1991b). Effects of Local Processing Methods (Cooking, Frying and smoking) on Three Fish Species from Ghana. Part II. Amino Acids and Protein Quality. *Food Chemistry* **41**: 227-236.
- Ünal, G., (1995). Gökkuşluğu Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W.) Tütsülenmesi ve Bazı Kalite Kriterlerinin Tespiti Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege. Üniv. Fen. Bil. Enst. Su Ürünleri Avl. ve İşl. Tekn. A.B.D. İzmir.
- Ünlüsayın, M., Ateş, Ş., Gülyavuz, H., (1997). Dumanlanmış Yılan Balıklarının (*Anguilla anguilla* L., 1766) Yağlarında Fiziksel ve Kimyasal Değişimler, *Akdeniz Balıkçılık Kongresi*, 9-11 Nisan, İzmir, 209-214.
- Ünlüsayın, M., (1999). Yılan Balığı (*Anguilla anguilla* Linnaeus, 1766), Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792) ve Sudak balığı (*Stizostedion lucioperca* Linnaeus 1758)'nin Sıcak Dumanlama Sonrası Lipid ve Protein Bileşimleri, *Doktora Tezi*, Danışman Aksoylar, Y., S.D.Ü. Fen Bil. Enst. Isparta.
- Ünlüsayın, M., Aksoylar, M.Y., Gülyavuz, H., (2001). Bazı Tatlısu Balıklarının Sıcak Dumanlama Sonrası Lipitlerindeki Kimyasal Değişimler. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* **25**: 341-348.
- Ünlüsayın, M., Bilgin, Ş., İzci, L., (2003). Havuz Balığı (*Carassius auratus* L. 1758)'nin Et verimi, Sıcak Dumanlama Sonrası Kimyasal Bileşenleri ve 4 °C'deki Raf Ömrünün Tespiti. *S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi* **8**: 62-70.
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N., Gün, H., (1993). Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği. Yayın No: 17, Ankara.