

İÇERİK

SAYFA

TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ABSTRACT	vi
ÖZET	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİÇALIŞMALAR.....	2
2.1. Balık Etinin Kimyasal Yapısı.....	2
2.2. Su Ürünlerinde İşleme Teknolojileri Uygulamaları.....	5
2.3. Balıkta Yağlar ve Yağ Asitleri.....	7
2.4. Balık Yağı ve İnsan Sağlığına Etkileri.....	10
2.5. İşleme Teknolojilerinin Balık Etine ve Yağ Asitlerine Etkileri.....	11
3. MATERYAL VE METOT.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Araştırma Materyali.....	16
3.1.2. Ürünlerin İşlenmesi.....	19
3.1.2.1. Taze Balık.....	19
3.1.2.2. Dondurulmuş Balık.....	20
3.1.2.3. Marine Balık.....	20
3.1.2.4. Dumanlanmış Balık.....	21
3.1.3. Kimyasal Analizlerde Kullanılan Alet ve Malzemeler.....	21
3.1.4. 3.1.4. Yağ Asidi Analizlerinde Kullanılan Alet ve Malzemeler.....	22
3.2. Metot.....	22
3.2.1. Besin Kompozisyonu Analizleri.....	22
3.2.1.1. Nem Tayini.....	22
3.2.1.2. Protein Tayini.....	23

3.2.1.3. Ham Yağ Tayini.....	23
3.2.1.4. Ham Kül Tayini.....	24
3.2.2. Yağ Asitleri Analizi.....	25
3.2.3. Gaz Kromatografisinin Çalışma Koşulları.....	25
3.2.4. İstatistiki Analiz.....	26
4. BULGULAR.....	27
4.1. Taze ve İşlenmiş Ürünlerdeki Besin Kompozisyonuna Ait Bulgular.....	27
4.2. Taze ve İşlenmiş Ürünlerdeki Yağ Asidi Kompozisyonuna İlişkin Bulgular.....	29
4.2.1. Taze Ürünlerdeki Yağ Asidi Kompozisyonu Bulguları.....	29
4.2.2. Dondurulmuş Ürünlerdeki Yağ Asidi Kompozisyonu Bulguları.....	30
4.2.3. Dumanlanmış Ürünlerdeki Yağ Asidi Kompozisyonu Bulguları.....	34
4.2.4. Marine Edilmiş Ürünlerdeki Yağ Asidi Kompozisyonu Bulguları.....	35
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	38
6. KAYNAKLAR.....	46
Tablolar.....	I
Şekiller.....	II
Özgeçmiş.....	III

Çizelgeler

Çizelge 1. Balık Türlerine Göre Besin Kompozisyonları	3
Çizelge 2. Taze ve İşlenmiş Balıklardaki Besin Kompozisyonu Bulguları	28
Çizelge 3. Taze Balıklarda Yağ Asidi Kompozisyonu.....	30
Çizelge 4. Taze ve İşlenmiş Alabalıkta Yağ Asidi Kompozisyonu Değişimi.....	32
Çizelge 5. Taze ve İşlenmiş Sardalyada Yağ Asidi Kompozisyonu Değişimi.....	35
Çizelge 6. Taze ve İşlenmiş Vatozda Yağ Asidi Kompozisyonu Değişimi.....	37

Şekiller

Şekil 1: Doymuş yağ asitlerinden stearik asitin karbon zinciri.....	8
Şekil 2: Oleik asitin karbon zinciri.....	9
Şekil 3: Linoleik asitin karbon zinciri.....	9
Resim 1: Gökkuşığı Alabalığı(<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum 1792).....	17
Resim 2: Sardalya (<i>Sardina pilchardus</i> Walbaum 1792).....	17
Resim 3: Dikenli Vatoz (<i>Raja clavata</i> Linneaus 1758).....	18
Şekil 4: Vatoz Balığının Fleto Kesim Yöntemi.....	20
Şekil 5: İşleme teknolojileri uygulanan balıklarda omega 3 ve omega 6 yağ asitleri	33

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Hasan Basri ORMANCI

Doğum Yeri ve Yılı: Alaşehir/MANİSA – 1977

Adres: Esenler Mah. Şelale Sok. Esen Yapı Kop. G Blok. D:8 Çanakkale

Eğitim Durumu

1983–1988: Alaşehir İlkokulu

1988–1991: Alaşehir Ortaokulu

1991–1994: Alaşehir Lisesi

1995–1997: Ankara Üniversitesi Çankırı MYO İnşaat Programı (Önlisans)

1998–2003: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi (Lisans)

2003- : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi (Yüksek Lisans)

Staj ve Kurslar

01.07–29.08.1996: Aydın İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.

01.07–29.08.1997: Aydın İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.

01.07–27.08.2002: T.C Tarım ve Köyişleri Bakanlığı İzmir İl Kontrol Laboratuvar
Müdürlüğü

Mesleki Deneyim

2005- : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

Çalışma İlgili Alanları

Su Ürünleri İşleme Teknolojileri

Su Ürünleri Besin Kompozisyonları ve Yağ Asitleri

FARKLI İŞLEME TEKNİKLERİ UYGULANMIŞ BALIKLARDA LİPİD DEĞİŞİMİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

ÖZET

Bu çalışmada, işleme teknolojilerinin balıkların besin değerinde meydana getirdiği etkiler yağ asidi kompozisyonu açısından incelenerek, meydana gelen değişimin insan beslenmesi açısından önemi, vurgulanmaya çalışılmıştır. Araştırmada, ülkemizde ekonomik öneme sahip olan gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792), sardalya (*Sardina pilchardus* Walbaum 1792) ve dikenli vatoz (*Raja clavata* Linnaeus 1758) balıkları kullanılmış ve bu balıklara dondurma, dumanlama ve marinasyon teknolojileri uygulanmıştır. Hazırlanan ürünlerdeki yağ asidi içerikleri ve oranları GC-MS kullanılarak saptanmış ve sonuç olarak 5 tane doymuş yağ asidi, 15 tane ise doymamış yağ asitleri tespit edilmiştir. İşlenmiş ürünlerde ise genel olarak taze ürüne nazaran doymuş yağ asitlerinde bariz bir artış; doymamış yağ asitlerinde bariz bir azalış söz konusu olmuştur. Taze ve işlenmiş ürünler arasında meydana gelen bu değişim, istatistiki olarak da önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Balık, Yağ asidi, Dondurma, Dumanlama , Marinasyon

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

A STUDY ON CHANGED OF LIPID AT THE FISHES PRACTICED DIFFERENT PROCESS TECHNIQUES

ABSTRACT

In this research, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792), sardine(*Sardina pilchardus* Walbaum 1792), and thornback ray (*Raja clavata* Linnaeus 1758) are used and freze, smoked, and marination Technologies were carried out on this species which are important and economic in our country. Content of fatty acid of prepared products and their ratios were determined by using GC-MS. In conclusion, in fishes total twenty fatty acid were found. All of five saturated fatty acids, fifteen unsaturated fatty acids were determined. According to results; the most quantity of saturated fatty acids at thornback ray (31,13±0,46), the least quantity at rainbow trout (22,84±0,26) was determined. Unsaturated fatty acids in rainbow trout 77,16±0,26 with value the highest quantity, in thornback ray 68,87±0,46 with value the lowest quantity were found. In processed products saturated fatty acids clearly increasing, while unsaturated fatty acids clearly decreasing. Between variation of fresh and processed products was found important as statistical ($p < 0,05$).

Key Words : Fish, Fatty Acid, Freze, Smoke, Marination

1. GİRİŞ

Balık sadece lezzetli oluşu ile değil, kolay sindirilebilir proteini, doymamış yağ asitleri, iyot ve selenyum kaynağı olması nedeniyle insan beslenmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu özellikleri uzun zamandan beri bilinen ve geniş bir tüketici çevreye hitap eden balık etinin son yıllarda bazı özellikleri daha bilinir olmuş, yüksek oranda doymamış yağ asitleri (n-3), düşük oranda kolesterol, çok miktarda potasyum az miktarda sodyum içeriği, bunlara ilaveten sahip olduğu iz elementlerinin öğrenilmesi onun önemini arttırmıştır.

Dünya su ürünleri üretimi bugün yaklaşık 140 milyon ton civarındadır. Kişi başına düşen balık tüketim miktarı Avrupa ülkelerinde 28,3 kg kişi/yıl olarak verilmektedir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde ise kişi başına 6,7 kg balık tüketildiği tespit edilmiştir (FAO, 2002). İki tüketim arasındaki bu büyük farklılığın nedeni, ülkemizde balığın %70 oranında taze tüketilmesi ve taze ürünün ülkenin iç kısımlarına programlı bir şekilde nakledilememesi ve en önemlisi su ürünlerini dayanıklı hale sokan ve taşımacılığının kolay olduğu, işlenmiş su ürünlerinin halk tarafından bilinmemesi ve tercih edilmemesi olarak görülmektedir (Göktan, 1990; Kaya 2004). Oysaki işlenmiş su ürünleri de en az taze su ürünleri kadar besleyici ve lezzetlidir. Ekonomik sebeplerden dolayı dengeli ve sağlıklı beslenme imkanı bulamayan halkımıza, diğer etlerden daha ucuza mal edilebilen balık ve işlenmiş su ürünlerinin, tadı ve besin değerinin acilen her yönden anlatılması ve halkımızın tüketime özendirilmesi gerekmektedir.

Gelişmiş ülke statüsüne gelebilmek, her alanda olduğu gibi su ürünlerinde de eksiklerimize yönelik atılımları gerekli kılmaktadır. Konuya katkı olacağını düşündüğümüz bu çalışma ile, ülkemizde yoğun olarak tüketimi yapılan gökkuşuğu alabalığına, sardalya balığına ve potansiyel olarak ekonomik türler arasına girebilecek vatoz balığına işleme teknolojilerinden; dumanlama, dondurma ve marinasyon işlemleri uygulanmıştır. Hazırlanan ürünlerde bu teknolojilerin taze balık etindeki besin değerini nasıl etkilediği, özellikle insan beslenmesinde oldukça önem taşıyan yağ asit kompozisyonunda, nasıl bir değişikliğe neden olduğu araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. BALIK KASININ KİMYASAL YAPISI

Balık kası, çok sayıda sıkı paketlenmiş miyomer adı verilen kısımlardan oluşmaktadır. Miyomerler omur sayısı kadar olup, bağ doku yapısında olan miyoseptaller tarafından birbirinden ayrılırlar ve bu kısımlar pişirme sırasında birbirinden ayrılan çözülen kısımlardır. Balıklarda kas dokusu bir bütün olarak düşünüldüğünde sıcakkanlı hayvanlara göre; daha homojen dağıldığı görülmektedir (Bone, 1978; Watabe, 1988).

Balığın kası, doku tipine göre kırmızı ve beyaz kas olmak üzere ikiye ayrılır. Beyaz kas dokusu bütün vücutta bulunurken, kırmızı kas dokusu sadece yanal çizgi boyunca deri altında bulunur. Kırmızı kas dokusu daha fazla lipid, miyogloblin ve kılcal damar içermesine rağmen, beyaz kas dokusundan daha az protein içermektedir. Bunun yanı sıra özellikle yağlı balıkların kırmızı kaslarında yüksek konsantrasyonda yağ ve yağın içeriği olan vitaminler de bulunmaktadır. Kırmızı kas hücrelerinde kimyasal olaylar aerob, beyaz kas hücrelerinde ise anaerob olarak gerçekleşir. Bu nedenle beyaz kaslar daha çabuk yorulur. Bu iki kasın balıklardaki miktarı türlere göre değişiklik göstermektedir (Dunajski, 1979).

Balığın tüketilen kısmını oluşturan kas dokusu büyük oranda nem, protein ve yağdan meydana gelmektedir. Bunların yanında balık eti, karbonhidrat, mineral madde, vitaminler ve azotlu bileşikler de içermektedir (Ludorff ve Meyer, 1973; Tülsner, 1994). Balıklardaki besin kompozisyonunu oluşturan bileşenlerin miktarı; balık türüne, aynı türün bireylerine, balık vücudunun farklı kısımlarına, beslenme, üreme, büyüme, yaş ve çevreye bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bu farklılıklar en bariz şekilde, deniz ve tatlı su balıkları arasındaki yağ içeriklerinde görülebilmektedir (Tülsner, 1994). Bunların yanı sıra balık kasının yapısı ölümden sonra meydana gelen değişiklikler ve ete uygulanan işleme teknolojilerine göre de yeniden şekillenmektedir (Konagaya, 1992).

Çizelge 1: Balık Türlerine Göre Besin Kompozisyonları (%) (Tülsner, 1994).

Balık Türü	Su	Yağ	Protein
Gökkuşacağı Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	67-78	2,7-10,6	17,7-21,9
Sazan (<i>Cyprinus carpio</i>)	78-80	2,0-2,2	17,5-18,9
Yılan Balığı (<i>Anguilla anguilla</i>)	60-71	8,0-31,0	14,4
Somon (<i>Salmo salar</i>)	67-77	0,3-14,0	21,5
Sardalya (<i>Sardina pilchardus</i>)	60-80	2,0-18,0	17,0-20,0
Uskumru (<i>Scomber scombrus</i>)	60-74	1,0-23,5	16-20
Ringa (<i>Clupea harengus</i>)	60-80	0,4-22,0	16,0-19,0
Ton Balığı (<i>Thunnus thynnus</i>)	71	4-1	25,2
Vatoz (<i>Raja clavata</i>)	77-82	0-1-1-6	18,2-24,2
Köpek Balığı (<i>Mustelus mustelus</i>)	75	3,9-5,6	19,6

Nem;

Balık etinde genel olarak %60–85 oranında su bulunmaktadır. Su oranı arttıkça yağ oranı düşmekte, bundan dolayı da ton, somon, uskumru ve yılan balığı gibi yağ oranı yüksek balıklarda su oranının düşük olduğu; kalkan, pisi ve mezzgit gibi yağ oranı düşük balıklarda da su oranının yüksek olduğu bildirilmektedir (Tülsner, 1994).

Balık etinde su 3 şekilde bulunur;

- 1) Bağlı Su (Konjuge): Genellikle protein ve yağ moleküllerin bağlı olup, bu molekülleri kolloid taneciği halinde yüzdüren sudur. Isıtıldığı zaman eti terk etmesi zordur (Hamm, 1986).
- 2) Tutuklu Su (Kapılar Su): Genellikle gözeneklerde yoğunlaşmış halde bulunan ve içinde çeşitli maddelerin çözülmediği serbest sudur (Varlık ve diğ., 2004).
- 2) Aktif Su (A_w) : Serbest suda olarak nitelendirilen bu su ısıtıldığı zaman eti kolayca terk eder. Dondurma teknolojisinde ilk önce donan sudur. Bazı balıklarda aktif su; balık vücudundaki mevcut suyun % 98'ini oluşturur (Tülsner, 1994).

Proteinler;

Balık etinde protein miktarı %14–20 arasında değişiklik göstermektedir (Opstvedt, 1988). Esansiyel aminoasitler tarafından zengin olan balık eti proteini, bağ dokusu azlığı nedeniyle kolay sindirilebilme özelliğine sahiptir (Yücel, 1993).

Yapılarına göre proteinler üç gruba ayrılırlar.

1) *Stroma Proteinler*: Bağ doku proteini olarak da adlandırılır. Deri, iskelet, kemik, kıkırdak, pul gibi destek yapılarını oluşturur. Toplam proteinin % 3–5 ‘ini oluşturur. Nötral tuz solüsyonunda tamamen çözünebilmektedir (Mohr, 1971).

2) *Miyofibril Protein*: Toplam proteinin %70–80 ‘i miyofibril proteindir. Aktin ve miyosinden oluşur. Aktin; miyofibril proteinin % 20’sini oluşturur ve ince filamentlerde bulunur (O’Brien ve Dickens, 1983). Miyosin ise; kalın filamentlerde bulunur ve toplam miyofibril proteinin %50-60’ını oluşturur (Watabe, 1992). Balık etinin ısıtılması, soğutulması ve tuz solüsyonuna maruz bırakılması ile aktin ve miyosin jel oluşumunu sağlar (Suzuki, 1981).

3) *Sarkoplazmik Protein*: Toplam proteinin %15-25 ‘ini oluşturur. Çözünmüş halde bulunur ve yapısında enzimler ve kaslara renk verici madde olan miyogloblin ihtiva eder. Genellikle pelajik ve semipelajik balıklarda yüksek oranda bulunur (Okada, 1992).

Yağlar;

Balık etinde yağ miktarı %0,1–25 arasında değişiklik göstermektedir (Love, 1970). Balık yağları; dünyada üretilen toplam yağların %2 ‘sini oluşturmaktadır (Göğüş ve Kolsarıcı, 1992). Lipidleri adipoz dokusunda depo eden memelilerin aksine balıklar yağı, kas ve karaciğerlerinde depo ederler. Balıklarda yağların bu dağılımı balık türleri arasında farklılık gösterir. Özellikle; uzun mesafelerde ve süratli yüzen balıklarda lipidlerin büyük bir kısmı kas dokusunda; soğuk sularda yaşayan balıkların bir kısmı ile dip bölgede yaşayan balıklar ise yağlarını, karaciğerde depolarlar (Ackman, 1990). Üreme mevsimlerinde balıklarda, karaciğer ve kaslarda bulunan yağlar gonadların olgunlaşabilmesi için bu bölgelere taşınır ve yumurtlama ile yağ miktarında hızlı bir düşüş olur. Yumurtlama sonrası ise balık süratli bir şekilde beslenerek kaslarda ve karaciğerdeki yağ oranlarını tekrar artırır

(Villarreal ve Pozo, 1990). Kas dokusu içindeki yağın bulunma şekli, balığın dokusal özellikleri ile birebir olarak ilişkilidir. Kas içindeki yağ miktarının, etin gevrekliği ve yumuşaklığına olumlu etki yaptığı bildirilmektedir (Ludorff ve Meyer 1973; Kinsella, 1988).

Balıklar, bulundurdukları yağ miktarlarına göre genel olarak 3 gruba ayrılır;

1- Yağsız Balıklar: Yapılarında %0–1,5 oranında yağ bulundurmaktadır. Örnek olarak; Dil, Pisi, Mezgit, Sudak (Sikorski, 1989).

2- Orta Yağlı Balıklar: Yapılarında %1,5–10 oranında yağ bulunmaktadır. Örnek olarak; Alabalık, Sardalya, Sazan (Sikorski, 1989).

3- Yağlı Balıklar: Yapılarında %10 ve üzeri oranında yağ bulunduran balıklardır. Yılan balığı, Ton balığı bu gruba örnek olarak verilebilmektedir (Ackman, 1995).

2.2. SU ÜRÜNLERİNDE İŞLEME TEKNOLOJİLERİ UYGULAMALARI

Balık eti, bozulmaya karşı son derece hassas bir besin maddesidir. Bu nedenle avlandığı andan itibaren fiziksel ve çevresel faktörlerden süratle etkilenmektedir. Bu durumda ise ya avlanmadan sonra çok kısa bir süre içerisinde tüketilmeli, ya da tüketiminin mümkün olmadığı durumlarda uygun bir işleme tekniği ile muamele edilmelidir. Böylece ürünün korunması sağlanır. Bu amaçla geliştirilmiş işleme teknolojileri günümüzde çok çeşitlilik göstermektedir (Varlık ve Gökoğlu, 1992).

Su ürünlerinde kullanımı yaygın olan teknolojiler; kurutma, soğutma, dondurma, konserve, dumanlama, marinasyon ve imitat teknikleridir. Çok önceki çağlardan beri geleneksel olarak uygulanan bu teknolojilerden bazıları, günümüzde modifiye edilerek daha ileri bir duruma getirilmiştir. Teknolojinin kabul edilebilirliğinde, ürüne sağladığı dayanıklılık, farklı tatlar, uzak yerlere taşınmasına olanak sağlamanın yanı sıra uygulamadaki kolaylığı ve maliyeti de önemli olmaktadır (Gökoğlu, 2002). Özellikle dondurma, dumanlama ve marinasyon teknolojileri kolay uygulanabilirliği ve düşük maliyeti ile bu tanıma uymaktadır. Bu nedenlerden dolayı özellikle ülkemizde su ürünleri işlemeciliği, bu teknikler üzerine

yoğunlaşmakta ve dolayısıyla bu üç teknik diğer tekniklere nazaran tüketiciye daha fazla hitap etmektedir.

Dondurma teknolojisi; gıda maddelerinin endüstriyel anlamda dondurulması 19. yüzyılın ikinci yarısında başlamıştır. Özellikle İkinci Dünya Savaşını takip eden yıllarda yaşanan teknolojik gelişmelerle birlikte ülkelerin ekonomileri büyümüş ve neticesinde dondurulmuş gıdalara talep artmıştır (Dönmez, 1998). Dondurmada ürün 0°C altında bir sıcaklığa düşürülerek gıdada serbest halde bulunan suyun, bağlı su formuna geçmesi sağlanmaktadır. Dondurulmuş gıdalar, taze materyalin tüm özelliklerini içermekte ve bu özellikleri de uzun süre muhafaza edebilmektedirler (Gökoğlu, 2002). Dondurma teknolojisinin balığa etkisi, balığın sıcaklığını düşürerek mikroorganizmaların gelişmesini önlemek ve enzimlerin aktivitesini yavaşlatmak şeklinde olmaktadır. Dondurma teknolojisi ile su ürünlerinin besinsel içeriklerinde meydana gelebilecek bozulmalar uzun süre engellenerek, tüketiciye taze değerine yakın ürün sağlanabilmektedir. Dondurma teknolojisi, bütün taze su ürünlerine uygulanabilmesinin yanında, diğer teknolojik ürünlere de uygulanabilmektedir (Varlık ve diğ., 2004).

Marinasyon teknolojisi; gıda muhafazasında bilinen en eski yöntemlerdendir. 19. yüzyılda ringa balıklarının av veriminin çok yüksek olması ile başta Almanya olmak üzere bütün Avrupa ülkelerinde marine edilmiş su ürünleri üretimi yaygınlaşmıştır. Terim olarak Marinat ilk kez 1957 yılında Alman Su Ürünleri Endüstri Federal Birliği'nin Su Ürünlerini açıkladığı bildiriye tanımlanmıştır (Meyer, 1965; Aksu ve diğ., 1997; Baygar ve diğ., 2000). Marinat, balıkların sirke ve tuz çözeltisinde ısı işlem uygulanmaksızın enzimatik olarak olgunlaştırılması ve değişik tatlar kazandırmak amacıyla şeker, baharatlar, salamura, sos ve sebzelerin de ilave edilerek cam şişe veya plastik kaplar içerisinde paketlenen ürünlerdir. Marine ürünlerde tat ve aroma oluşumu; sirke ve tuz varlığında balığın içerdiği enzimlerle, ette mevcut protein ve yağların yıkımı ile meydana gelmekte (McLay, 1972).

Dumanlama teknolojisi; Arkeolojik bulgulara göre 90 000 yıl öncesine dayanan bu teknolojiye duman kullanılmaktadır (Toth ve Potthast, 1984). Modern anlamda

dumanlama işlemi Orta çağda ringa balıklarına uygulanmıştır. Belirli tekniklerle tuzlanmış taze balıkların, kışın yaprağını döken reçinesiz ağaçların odun veya talaşı ile elde edilen duman içerisinde bekletilmesiyle meydana gelen ürünlerdir (Göğüş ve Kolsarıcı, 1992). Dumanın bakterisit özelliği ile üründe koruyucu etki yapmasının yanında, tat-aroma ve görünüş üzerine de etki eder. Tüm bu etkiler dumanın bileşiminde bulunan 250 kadar bileşik tarafından gerçekleştirilmektedir (Gökalp ve diğ., 1994).

Dumanlama teknolojisinde sıcaklık derecesine göre iki farklı metotla ürün eldesi mümkündür. Bunlar soğuk ve sıcak dumanlamadır (Burges ve diğ.,1965; Girard, 1992).

1- Sıcak dumanlama: dumanlama sıcaklığının 30-50°C ‘ de başlayıp kademeli olarak 75-80°C ‘ye kadar çıkartıldığı dumanlama şeklidir (Müller, 1989).

2- Soğuk dumanlama: bu yöntemde ise dumanlama sıcaklığı 30°C ‘ın üzerine çıkmaz. Ancak sıcaklığın düşük olması sebebiyle hem tuzlama hem de dumanlama çok uzun süreler alabilmektedir (Schapitz, 1992).

2.3. BALIKTA YAĞLAR VE YAĞ ASİTLERİ

Lipidler; suda çözünmeyen fakat yağ çözücüleri olarak adlandırılan kloroform, benzen, eter vb. organik çözücülerde çözünen; bitkisel veya hayvansal organizmalarda bulunan ve bu organizmalar tarafından sentez edilen doğal ürünlerdir (Keskin, 1987). Lipidlerin yapıları karbon, hidrojen ve oksijen gibi farklı maddelerin bileşimlerinden oluşmaktadır (Ackman, 1989).

Lipidler genel olarak basit, bileşik ve konjuge lipid olmak üzere 3 gruba ayrılır (Lands 1986). Basit lipidlerden olan yağlar; yapılarından azot bulundurmuyarak, sadece karbon, hidrojen ve oksijenden meydana gelen saf kimyasal bileşiklerdir (Keskin, 1987).

Yağlar yağ asitleri ve gliserinden oluşmaktadırlar. Gliserin (gliserol) bir trialkoldür. Bir yağın yaklaşık %10 ‘u gliserindir (Berkay, 2001). Gliserinin, yağ

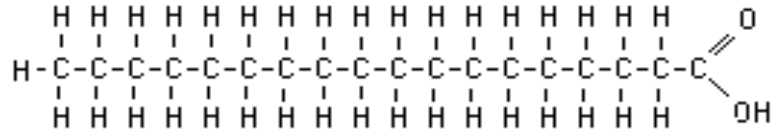
asitleri ile oluşturduğu ester sınıfı birleşiklere gliserid denir. 3 molekül yağ asidi ile 1 molekül gliserinin birleşmesi ile trigliserid meydana gelir (Lands, 1986).

Yağ asitleri; yapısında bulunan karbonların sayısına göre sınıflandırılmaktadır. Karbon sayısı 6'dan az ise kısa, 6–12 arasında ise orta, 14 ve daha büyük sayıda karbon içeriyorsa uzun zincirli yağ asitleri olarak adlandırılır (Norman, 1979).

Karbon sayılarının yanında yağ asitleri; zincir uzunlukları, karbon atomları arasındaki çift bağların sayısı ve doymamışlık derecelerine göre de sınıflandırılırlar. Karbon atomlarının arasındaki bağ sayısına göre yağ asitleri şu şekilde sınıflara ayrılır:

1-) Doymuş Yağ Asitleri:

Alkil gruplarındaki hidrokarbon zincirindeki karbonlar birbirlerine tek bağla bağlanmıştır. Örnek: Palmitik asit ve stearik asit (Ackman, 1989).

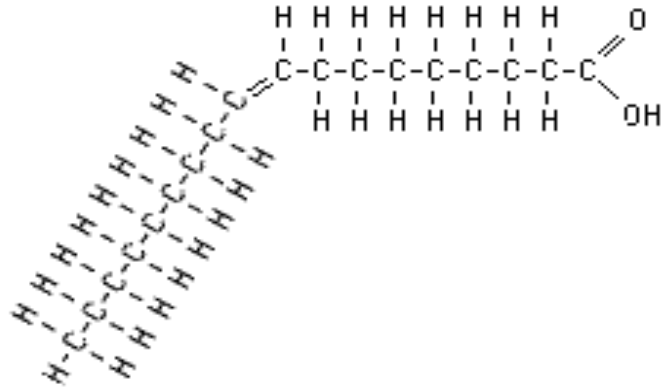


Şekil 1: Doymuş yağ asitlerinden stearik asidin karbon zinciri.

2-) Doymamış Yağ Asitleri:

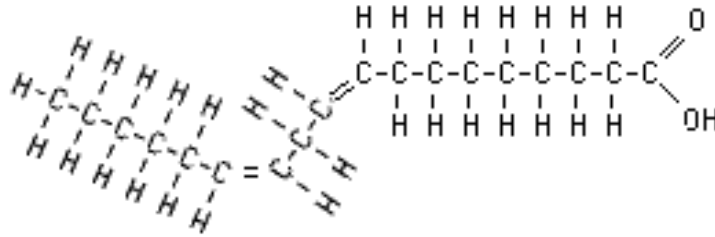
Karbonlar arasında çift bağ bulunmaktadır. Çift bağın her iki yanındaki karbon atomuna birer tane hidrojen bağlanmıştır. Bu yağ asitleri, çift bağ sayılarına göre tekli doymamış yağ asitleri ve çoklu doymamış yağ asitleri olmak üzere, ikiye ayrılmaktadır (Tato, 1993).

a) Tekli Doymamış Yağ Asitleri: Karbonlar arasında bir tane çift bağ bulunur.



Şekil 2: Oleik asitin karbon zinciri.

b) Çoklu Doymamış Yağ Asitleri: Karbonlar arasında birden fazla çift bağ içermektedir.



Şekil 3: Linoleik asitin karbon zinciri.

Doymamış yağ asitlerinde yağlar metil grubundan (CH₃) sayıldığında, ilk çift bağ 3. karbonların arasında bulunuyorsa omega 3 (linolenik), 6. karbonlar arasında bulunuyor ise omega 6 (linoleik) olarak adlandırılmaktadır.

Balık yağlarında bulunan yağ asitleri büyük ölçüde doymamış yağlardan oluşmaktadır. Doymamış yağların oranı %70–80 iken doymuş yağların oranı %20–30 civarında bulunmaktadır (Bligh ve diğ., 1988; Sukudottir ve diğ., 1990). Balık yağları içinde en fazla miktara sahip olan yağ asitleri ise bulunanları palmitik asit, oleik asit, ve dokosaheksaenoik asitin (DHA) dır (Ackman, 1990).

EPA ve DHA, diyetlerinde alg tüketen birçok balıkta en çok bulunan yağ asitleridir (Ackman, 1980; Pritchard, 1982). Linolenik asidin dışında omega 3 yağ asitlerinde Hekzadekatrionik Asit, Oktadekatetraenoik Asit (Stearidonic acid), Araşidonik Asit, Eikosapentaenoik Asit (EPA), Dokosaheksaenoik Asit (DHA) bulunurken; Hexadecadienoik Asit, Eikosadienoik Asit, Eikosatetraenoik Asit, Dekasopentanoik Asit omega 6 yağ asitleri grubuna girmektedir (Osman ve diğ. 2000).

2.4. BALIK YAĞI VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Günümüzde insanların karşılaştıkları birçok hastalığa besin maddelerinin ve beslenme alışkanlıklarının neden olduğu bildirilmektedir. Yüksek kolesterolden ileri gelen kalp ve damar hastalıklarının, önemli oranda kırmızı etten kaynaklandığı artık bütün insanlar tarafından bilinmektedir. Bunun için bilim adamları, insanların daha sağlıklı olan doymamış yağ asitleri yönünden zengin gıdalarla, beslenmeleri gerektiğini ifade etmektedirler (Gordon ve Ratliff, 1992; Kaya, 2004).

Yukarıda da bahsedildiği gibi, farklı yapıdaki yağ asitlerinin bir araya gelmesiyle yağlar oluşmaktadır. Bu yağ asitlerinin kompozisyonu da gıdadaki yağın kalitesini belirlemektedir (FAO, 1995). İnsan vücudu tarafından bazı yağ asitleri sentezlenebilirken, hayati fonksiyonların gerçekleşmesini sağlayan bazı doymamış yağ asitleri dışarıdan besinlerle alınmak zorundadır. Esansiyal yağ asitleri de denilen bu grup n-3 ve n-6 yağ asitlerinden oluşmaktadır. Bunlardan n-6 yağ asitlerinin önemi önceden beri bilinirken (Harrobin ve Manku 1990), n-3 yağ asitlerinin insan sağlığına olumlu yöndeki etkileri son on yılda anlaşılmıştır (Stansby, 1990a, 1990b).

Doymamış yağ asitleri ve özellikle esansiyal olanlar kalp – damar sağlığı, beyin ve hücre gelişiminde oldukça etkilidirler. Araştırmacılar Omega 3 yağ asitleri ile zenginleştirilmiş bebek gıdaları ile beslenen bebeklerin daha hızlı öğrendiklerini ve daha iyi gördüklerini tespit etmişlerdir. Çocuklarda yağ asidi sentezi için aktif olmayan enzim sistemi nedeniyle Omega 3 yağ asitlerinin dışarıdan alınması gerekmektedir. Hamile ve emziren kadınlar da yeterli miktarda Omega 3 yağ asidinin besinlerle dışarıdan alınması gerekmektedir. Hamile kadınlarda bulunan DHA'nın %

0,5 'i direkt doğacak olan bebeğe transfer edilerek onun sinirsel gelişimi tamamlanır. (Anonim, 2002).

Balık yağlarının, bağışıklık sisteminde olumlu etkilerinin bulunduğu ve hastalıklara karşı vücudun direnç kazanmasına da yardımcı olduğu bilim adamları tarafından ortaya konmuştur. Yüksek düzeyde balık etinin tüketilmesi ile hücre duvarının sağlamlaştığı görülmüştür. Günde ortalama 120–180 gr. civarında balık tüketmek bu etkiyi artırmaktadır (Stone, 1996). Yetişkin insanda doymamış yağ asitlerinin belli dozlarda periyodik olarak alınması, özellikle yaşlılarda Kalp-damar ve dolaşım bozukluğu hastalıklarının tedavisinde veya kısmen iyileştirmede etkili olmaktadır. Ayrıca Omega 3 yağ asitleri kan basıncını düşürmekte ve damar içindeki lipoprotein yoğunluk miktarını azaltarak, kan damarındaki daralmaları önlemektedir (Herold ve Kinsella, 1986, Lands 1986, Singer 1994). Bunun yanı sıra yangı hastalıkları ile astım gibi hastalıklarda da profilaksi ve iyileştirme etkisi gösterebilmektedirler.

2.5. İŞLEME TEKNOLOJİLERİNİN BALIK ETİNE VE YAĞ ASİTLERİNE ETKİLERİ

Balık eti diğer hayvansal etlere göre daha kolay bozulabilir bir yapıya sahiptir. Normal şartlar altında ölüm sonrasında balık eti, çevresel koşullardan çok kolay etkilenir ve bu etkileşme sonucu yapısında bir dizi reaksiyonlar oluşur. Enzimatik ve mikrobiyal kaynaklı olabilen bu faaliyetler, proteinler ve yağları bazı değişimlere uğratar. Ölüm sonrası ilk değişimler, asidik ortamda otolitik enzimler aracılığı ile, proteinlerin yıkımı ile olmaktadır. Bu olay, pH değerinin 7 ve üzerinde nötral ortam oluşuncaya kadar sürer. Yüksek polimer yapıda olan proteinler çevresel koşullardan kolay bir şekilde etkilendikleri için ilk önce aminoasitleri bir arada tutan peptit bağlarına; asitler, alkali maddeler veya enzimlerle hidrolize olurlar. Eğer hidroliz hafif olursa büyük polipeptidlerin heterojen karışımlarının oluşmasıyla yalnızca birkaç bağ yıkılır (Varlık, 2002). Hidroliz sırasında balık etinin merkez sıcaklığı yükselir ve bunun sonucunda proteinleri tutan ikinci bağlarda bozularak denatürasyon meydana gelir. Koşulların oksidasyona uygunluğundan ötürü

proteinlerin serbest amino grupları, lipidler ile reaksiyona girerek kahverengi renk oluşur. Bu reaksiyona enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu (maillard reaksiyon) denmektedir (Ovayolu, 1997).

Balıklarda ölüm sonrası yağlarda meydana gelen değişimler ise; oksidasyon ve hidroliz şeklinde olmaktadır (FAO, 1995). Hidroliz; su ve enzimlerin etkisiyle yağların parçalanması sonucunda yağ asitlerinin oluşmasıdır. Hidroliz sonucunda oluşan yağ asitleri ile yağın asitlik derecesi artmakta; koku ve tatta çok belirgin olmayan değişiklik meydana gelmektedir. Buna karşın yağlarda meydana gelen en önemli değişim oksidatif değişimlerdir (Varlık, 2002). Balık yağı, doymamış yağ asitlerini yüksek oranda bulundurmasından dolayı yapısındaki yağlar havanın oksijeni ile reaksiyona girerek oksidasyona uğrarlar ve bozulurlar. Bu bozulma, vitaminleri etkilediği gibi proteinleri de etkilemektedir. Bu sebeple yağlardaki oksitlenmenin, balıkta tat ve aroma değişikliğine, kalite ve beslenme değerinde azalmaya neden olduğu bildirilmektedir (Beltran ve Moral, 1990).

Balık etinde enzimatik, mikrobiyal ve enzimatik olmayan kimyasal faaliyetler nedeniyle meydana gelen değişimlerinin yanı sıra, uygulanan işleme teknolojilerinin de balık etinin yapısına etkileri olabilmektedir. Bu etkiler, balık etinde bazı kimyasal ve mikrobiyolojik reaksiyonların oluşumlarını engelleyerek etin bozulmasını önlemek şeklinde olabildiği gibi, etin besin yapısında kayıplar şeklinde de kendini gösterebilmektedir. Özellikle işleme teknolojilerinden dondurma, dumanlama ve marinat değişik etki mekanizmaları sayesinde, ette kimyasal anlamda çok çeşitli etkiler yapabilmektedirler (Huss, 1980).

Dondurulmuş ürünlerde, dondurma sırasında balıkta bulunan enzimatik ve mikrobiyal faaliyetlerin oluşumunu sağlayan su, kristal hale gelerek ürünün taze formuna yakın bir şekilde muhafaza edilmesi sağlanır. Ancak donmuş balık etinde uzun süreli depolamalar sonucu, inozin 5 monofosfat nükleotiti, enzimatik olarak yıkılır ve bu nedenle taze balığa özgü aroma kaybolur. Bunun sonucunda da hipoksantin miktarı yükselerek balık eti acı bir tat alır. Ayrıca; proteinler denatüre olabilir ve su bağlama güçlerinin büyük bir kısmını kaybedebilir. Bunun sonucu da

tat değişime uğramaktadır. Özellikle kas etinin sertliğinde ve yapışkanlığında artış görülerek koku ve istenilmeyen kıvam değişikliklerinin oluştuğu bildirilmektedir (Varlık ve diğ., 2004).

Dondurulmuş balıkta, kas etinde bulunan kırmızı pigment maddesi olan miyoglobin metmiyoglobine dönüşerek renk hoşta gitmeyen soluk kahve rengini almaktadır. Bununla beraber donmuş balık eti taze balık etinden çok ta farklı olmayan bir değişim geçirmektedir. Her iki et grubunda da doymamış yağ asitleri, depolama sırasında havadaki oksijenle oksidasyona uğramaktadır. Bunun yanı sıra fosfolipid ve nötral lipid fraksiyonlarında meydana gelen hidroliz nedeniyle açığa çıkan yağ asitleri, serbest yağ asitleri fraksiyonunda birikerek serbest yağ asitlerinin balık etindeki oranlarının artmasına neden olmaktadır (Kundakçı ve Çolakoğlu, 1984). İşleme tekniklerinin balık yağlarına etkisini araştırmak amacıyla, kefal ve sazan balıkları ile yapılan bir çalışmada, araştırmacı donmuş balık eti ile taze balık eti arasında yağ asitleri oranında bir değişimin olduğunu, dondurulmuş balıktaki doymuş yağ asitleri oranının taze balığa göre yüksek olduğunu tespit etmiştir (Kundakçı, 1991). Bir başka araştırmacı ise donmuş balıklarda depolamanın yağ asitlerine etkisini araştırmış ve gökkuşaağı alabalığını -30°C 'de dondurarak, yağ asitlerinde meydana gelen değişimi incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, ilk altı ayda önemli bir değişim olmadığını, ancak daha sonraki sürelerde doymuş yağ asitlerinde artma, çoklu doymamış yağ asitlerinde ise azalma olduğunu tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışmada, tekli doymamış yağ asitlerinde önemli bir değişimin olmadığı da saptanmıştır (Dönmez, 1998).

Marinasyon teknolojisinde, kullanılan sirke sayesinde balık etinin pH oranı düşmekte ve böylece mikroorganizma faaliyetleri azalırken; bazı enzimlerin faaliyetlerinde artış görülmektedir. Bunun sonucunda proteinler, peptidaz, amidaz, ve imidaz gibi enzimlerle parçalanmaktadır. Parçalanma ürünleri mikrobiyolojik aktivite ile birlikte depolamanın ileri aşamalarında daha fazla ortaya çıkmaktadır. Bu ürünler azotlu maddelerin parçalanması sonucu açığa çıkan uçucu bazlar (TVB-N), amonyak, mono, di ve trimetilamin (MMA, DMA, TMA), uçucu asitler, hipoksantin ve malondialdehit gibi redüktan maddelerdir. Ayrıca, proteinlerin parçalanması

sonucu, özellikle kırmızı etli balıklarda görülen histamin gibi biyojen aminlerde oluşmaktadır (McLay, 1972).

Marinasyon teknolojisinde balıkta görülen en önemli değişimler proteinlerin yanı sıra yağlarda da meydana gelir. Ancak marinasyon teknolojisinin yağlara olan artı etkisi saptanamamıştır. Marine üründe yağlar, taze balık etinde olduğu gibi bir değişim göstermektedir. Özellikle yağlı balıklarda oksidatif ve hidrolitik acılaşıma şeklinde bilinen bu değişimler, lezzet koku değişimi, asitlik değişimi, peroksit oluşumu, aldehit oluşumu ve keton oluşumu şeklinde sıralanabilir (Bakıcı, 1981). Ovayolu (1997)'nin da hamsi marinatları üzerine yapmış olduğu çalışmada, taze hamsinin yağ asidi kompozisyonları ile marine hamsilerin yağ asidi kompozisyonları arasında önemli bir değişimin olmadığını saptanmıştır.

Dumanlama teknolojisinde balıklar tuzlama ve dumanlama sırasında, su kaybederler. Bunun sonucunda ürün ağırlık kaybına uğrarken, düşük su içeriği üründe yüksek koruma sağlar. Ancak ürünün eti sertleşmiş olur. Sıcak dumanlamada, ısının etkisi ile etin su oranının azaldığı, proteinlerinin ise koagüle olduğu görülür. Balık etinde yağlar dumanlama işlemleri sırasında kısmen oksitlenir de, dumanlama sırasında ve dumanlama sonrası oksitlenme görülmemektedir (Ünlüsayın, 1999). Bligh ve arkadaşları (1988), yaptıkları çalışmada, balıkların yapısındaki aşırı doymamış yağ asitleri (20:5 n-3 ve 22:6 n-3) nedeni ile yağların oksidasyona daha eğilimli olduğunu, balığın kurutulması ve dumanlanması sırasında, oksidasyon şartlarına maruz kaldıklarında besinsel kalitesini yavaş yavaş yitirdiklerini saptamışlardır. Bhuiyan ve arkadaşları (1986) ise, tütsüleme teknolojisi uygulanmış Atlantik uskumrusu (*Scomber scombrus*) 'nda lipid ve çoklu doymamış yağ asidi oranı üzerine yaptıkları çalışmada, ham ve tütsülenmiş balık etini karşılaştırmış ve tütsüleme sonrası fosfolipid ve trigliserid oranlarında çok önemli bir değişiklik olmadığını, genel yağ asitleri kompozisyonunun da değişmeden kaldığını belirtmişlerdir. Ancak bir başka araştırmacı da yaptığı çalışmada, balık etinde dumanlama teknolojisinin ürünün yağ kompozisyonunda bariz bir değişim meydana getirdiğini bildirmiştir (Ünlüsayın, 1999). Yine Ünlüsayın (1999) yılan balığı ve gökkuşuğu alabalığının dumanlama öncesi ve dumanlama sonrası yağ ve

proteinlerdeki değişimlerini incelediği araştırmasında; her iki balık türünün de dumanlama sonrası doymuş yağ asitlerinde bir artış, doymamış yağ asitlerinde bir azalış olduğunu ortaya çıkarmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Materyali

Bu araştırmada materyal olarak gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792), sardalya (*Sardina pilchardus*, Walbaum 1792) ve dikenli vatoz (*Raja clavata*, Linneaus 1758) kullanılmıştır. Balıklar Mayıs-Haziran 2006 döneminde örneklenmiş olup; sardalya ve gökkuşağı alabalığı Çanakkale'deki balık marketlerden; dikenli vatoz ise Çanakkale yöresinde trol avcılığı yapan balıkçılardan temin edilmiştir. Toplam olarak 12 adet alabalık, 36 adet sardalya ve 12 adet vatoz balığı kullanılmıştır. Materyal olarak kullanılan balıklardan alabalıklar ortalama olarak 31,39 cm. boy ve 494,46 gr. ağırlıkta; sardalya balığı 14,03 cm. boy ve 19,57 gr. ağırlıkta; vatoz balığında ise 54,5 cm uzunlukta ve 1216 gr. ağırlıkta bireyler kullanılmıştır.

GöKKUşAğI ALABALIğI (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792)

Salmonidae familyasının *Salmo* genusuna ait bu türün kökeni aslında Pasifik Okyanusunun doğu kısımlarıdır. Yüksek adaptasyon ve yemden yararlanma kabiliyeti nedeniyle dünyanın birçok bölgesine yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır.

Vücut, uzamış ve az basık olup, sırtta bir yağ yüzgeci mevcuttur. Erkekler 2, dişileri 3 yılda olgunlaşır.

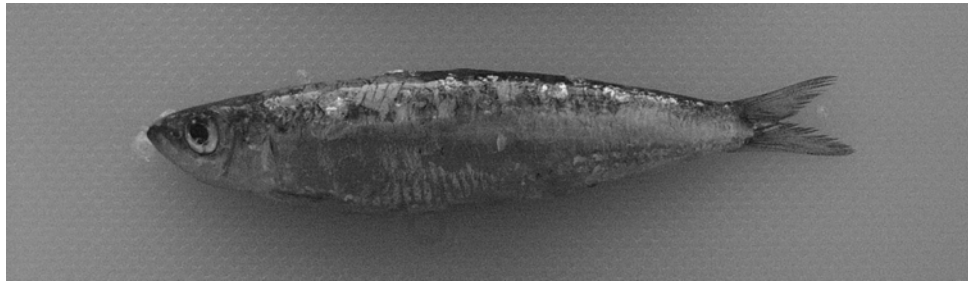


Resim 1. Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792)

Ülkemizde de 1967'den beri soğuksu balıkları yetiştiriciliğinde baskın tür olarak kullanılan alabalığın, eti çok lezzetlidir. Taze tüketiminin yanında dondurulmuş ve dumanlanmış olarak da tüketime sunulmaktadır. Dumanlanmış gökkuşuğu alabalığının son yıllarda üretimi çok hızlı bir şekilde artış göstermekte hem yurt içinde hem de yurt dışına ihraç edilerek tüketime sunulmaktadır.

SARDALYA (*Sardina pilchardus*, Walbaum 1792)

Clupeidae familyasının *Sardina* genusuna ait olan bu tür, denizlerin az soğuk ve ılıman bölgelerinde; büyük sürüler oluşturan pelajik balıklardır. Ülkemizde genellikle Ege ve Marmara Denizlerinde bulunurlar.



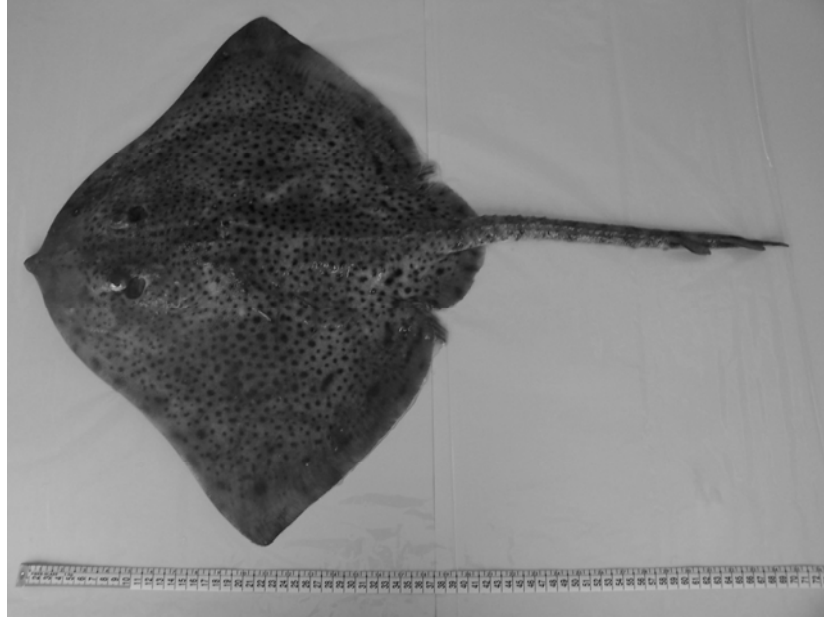
Resim 2. Sardalya (*Sardina pilchardus* Walbaum 1792)

Vücut uzun ve lateralinden yassılaştırmıştır. Yaşam süreleri maksimum beş yıl olan bu balıkların, üremeleri bir yaşında ve genellikle sonbaharda gerçekleşir (Mater ve ark., 1989). Balık yavrularını ve planktonları yiyerek yaşamlarını sürdürürler.

Avcılığı gırgır ve galsama ağları ile yapılmaktadır (Kara ve Özekinci, 2002). Mayıs-eylül ayları arasında etleri yağlanan sardalya balığının eti oldukça lezzetlidir. Bu mevsimde tüketimi daha yoğun olmaktadır. Ülkemizde çoğunlukla taze tüketilmekle birlikte donmuş, marine ve konserve olarak da tüketilmekte, ayrıca işlenmiş olarak bu formlarda yurt dışına da ihraç edilmektedir.

DİKENLİ VATOZ (*Raja clavata*, Linneaus 1758)

Rajidae familyasının *Raja* genusuna ait olan vatoz balıkları, genellikle sahillerin kumlu ve çamurlu olan dip kısımlarında yaşayan demersal balıklardır. Ülkemizde Karadeniz’de oldukça yaygın olan bu tür tüm denizlerimizde bulunmaktadır.



Resim 3. Dikenli Vatoz (*Raja clavata* Linneaus 1758)

Vücut dorsa ventral yassılaşımıştır. Baş ve pektoral yüzgeçler birleşiktir. Üremeleri Nisan-Temmuz ayları arasındadır. Yumurta miktarı 10–20 adet olup, her yumurta boynuz şeklinde çıkıntısı olan 4 köşe kapsül şeklindedir. Başlıca besinlerini çeşitli küçük balıklar, crustace ve molluscalar oluşturur.

Ülkemizde tüketimi bulunmayan vatoz balığının başta Yunanistan olmak üzere Avrupa ülkelerine donmuş olarak ihracatı yapılmaktadır. Yabancılar tarafından tüketimi, çeşitli soslar ile çeşnilendirildikten sonra kızartılarak yapılmaktadır. Ayrıca karaciğerinin yağlı ve A vitamini yönünden zengin olması sebebi ile kozmetik sanayinde kullanılmaktadır.

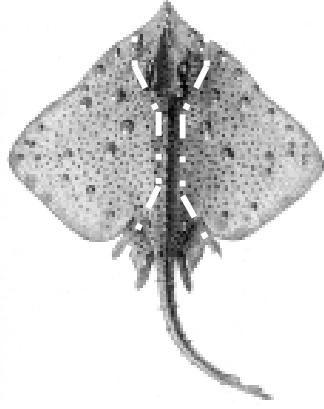
3.1.2. Ürünlerin İşlenmesi

Araştırmada kullanılan işlenmiş ürün çeşitleri, piyasada en çok tüketimi yapılan ürünlere göre seçilmiştir. Bu nedenle çalışma da materyal olarak taze, donmuş, dumanlanmış ve marine balıklar kullanılmıştır. Araştırma materyallerine ön işlemler ve teknoloji uygulamaları Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Teknolojisi laboratuvarında yapılmıştır. Teknoloji uygulamalarında her teknoloji için 3 er adet alabalık, 9 ar adet sardalya balığı ve 3 er adet vatoz balığı kullanılmıştır.

3.1.2.1. Taze Balık

Taze Balık; Yakalandıktan sonra soğutma teknolojisi dışında herhangi bir muameleden geçmemiş yada sadece temizlenerek içi alınmış balık yada balık parçalarıdır (Leitsaetze, 1994).

Materyal olarak kullanılan balıklar, laboratuara getirildikten sonra, temizlenerek iç organlarından arındırılmış, alabalık ve vatozlarda fileto kesimler yapılmış, sardalya balıklarının ise omurgaları çıkarılarak kelebek fileto haline getirilmiştir.



Şekil 4: Vatoz Balığının Fleto Kesim Yöntemi.

3.1.2.2. Dondurulmuş Balık

Dondurulmuş Balık; İç sıcaklığı -18°C veya daha düşük sıcaklığa düşürülmüş olan etlere denir. Bu tür muamele görmüş balıklara da donmuş balık denir (Sağlam, 2000).

Dondurma teknolojisinde hammadde olarak ayıklanarak yıkanmış taze balıklar kullanılmıştır. Temizlenerek yıkanan balıklar ön soğutma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra da -40°C 'de şoklanarak dondurulmuştur. Bu şekilde dondurulan balıklar 1 gün -18°C 'de depolanmışlardır.

3.1.2.3. Marine Balık

Marine Balık; Taze, donmuş balık veya balık parçalarının ısı etkisi olmaksızın, sirke, tuz ve çeşitli baharatlar yanında enzimatik olarak olgunlaştırılmasıyla elde edilen ürünlerdir (Leitsaetze, 1994).

Marinat yapımı için fileto edilmiş taze balıklar kullanılmıştır. Vatoz ve alabalık fileto edildikten sonra (derisi alınmış) küçük parçalara (3–4 cm) ayrılarak, sardalya balıkları ise kelebek fileto halinde marine edilmişlerdir. Balıkların etinin kandan ve mukustan iyice arınmasını sağlamak için, parçalanmış balık eti %10 tuz salamurasında 1 saat süre ile bekletilmiştir. Daha sonra buradan alınan balık %7

sirke, %14 tuz içeren salamuraya konulmuş, +4°C 'de olgunlaşmaya bırakılmıştır. Balıkların olgunlaşması 2 gün sonra tamamlanmıştır.

3.1.2.4. Dumanlanmış Balık

Dumanlanmış Balık; Taze veya donmuş balık yada balık parçalarının, ön tuzlamadan geçirilerek taze üretilen odun dumanı ile muamele edilmesi ile hazırlanan üründür (Leitsaetze, 1994).

Dumanlama işlemi için kullanılan balıklar; fileto veya bütün balık olarak alınmışlar ve dumanlama öncesi %20 'lik tuz çözeltisinde, vatoz 10, alabalık 12 ve sardalya ise 4 saat tutulmuşlardır. Daha sonra salamuradan çıkarılarak süzdürülen balıklar dumanlama fırınına yerleştirilmişlerdir. Balıkların yüzeyleri kuruyana kadar bekletilmişlerdir.

Dumanlama işlemi, mekanik olarak yapılmıştır. Fırın içinde duman sağlayıcı olarak, kavak ve meşe ağaçlarının karışımından elde edilen ince testere talaşı kullanılmıştır. Dumanlama 50°C sıcaklıkta başlayıp 90°C 'ye kadar yükseltilmiş olup periyodik olarak her bir saatte 10°C artacak şekilde yapılmıştır.

3.1.3. Kimyasal Analizlerde Kullanılan Alet ve Malzemeler

Araştırmada besin kompozisyonu analizlerinde kullanılan aletler; Etüv (P Selecta), kjeldahl distilasyon ünitesi (Gerhardt, WD20)- yağ yakma ünitesi (InKjelM), hassas terazi (0.1 mg.), soxhelet ekstrasyon cihazı (Şimsek Labortechnik, Pl-400), kül fırını (Nüve, MF120) dır.

Besin kompozisyonu analizlerinde kullanılan kimyasal malzemeler ise; kjeldahl tableti (Merck), hidroklorik Asit (0,1N HCl, Merck), borik asit (H₃BO₃, Merck), metilen kırmızı (Merck), sülfürik Asit (H₂SO₄, Merck), eter (Merck) dir.

3.1.4. Yağ Asidi Analizlerinde Kullanılan Alet ve Malzemeler

Yağ asidi analizleri Thermo marka GS-MS 'de yapılmış olup kullanılan kimyasal malzemeler ise boron tri florür (BF₃, Merck), metanolik sodyum hidroksit (0,5N NaOH, Merck), doymuş sodyum klorür (NaCl, Merck), heptan (C₇H₁₆, Merck), anhidrik sodyum sülfat (Na₂SO₄, Merck) dır.

3.2. Metot

3.2.1. Besin Kompozisyonu Analizleri

Taze ve işleme teknolojileri uygulanmış balıklara, besin kompozisyonu analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dardanos laboratuvarında yapılmıştır. Analizler paralelli olarak çalışılmıştır. Taze ve işlenmiş balık örnekleri besin kompozisyonu analizleri yapılmadan önce homojenize edilmiştir.

3.2.1.1. Nem Tayini

Analiz öncesi petri kabı 105°C 'deki etüvde kurutulmuş ve sonra 0,1 mg. hassasiyetli terazide darası alınmıştır. Homojenize edilmiş balık örneklerinden 2 gr. tartılmış ve 102°C 'deki etüvde 18 saat kurutulmuştur. Kurutma işlemi, petri kabının tartımlarda ağırlığı sabit kalana kadar devam etmiştir. Etüvden çıkarılan petri kabı desikatörde soğutulduktan sonra hassas terazide tartılmıştır (AOAC, 2000).

Hesaplama işlemi aşağıdaki formüle göre yapılmıştır.

$$\text{Nem Miktarı (gr/100gr)} = \frac{(T_1 - T_0)}{m} \times 100$$

T₁: Son Tartım

T₀: İlk Tartım

m: Numunenin Ağırlığı

3.2.1.2. Protein Tayini

Protein tayini Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır. Homojenize edilen numuneden 0,5 gr. tartılan örnek distilasyon tüpleri içine konulmuş ve üzerine 15 ml. sülfürik asit ve 1 adet Kjeldahl tableti ilave edilmiştir. Tüpler yağ yakma ünitesine yerleştirilmiş ve 102°C de yakma yapılmıştır. Distilasyon esnasında ortamda bulunan azotu ölçmek için bir tane de kör örnek hazırlanmıştır.

25 ml. doymuş borik asit çözeltisi bulunan erlenmayere 3-4 damla indikatör damlatılarak distilasyon cihazına yerleştirilmiştir. Yaklaşık 5 dakika süren distilasyon sonucu 100 ml. destilat elde edilmiştir. Elde edilen destilat 0,1 N HCl ile rengi pembeye dönene kadar titre edilmiştir (AOAC, 2000).

Protein oranı hesaplamasında aşağıdaki formül uygulanmıştır.

$$\text{Ham Protein(gr/100gr)} = \frac{(T_t - T_b) \times 14,007 \times 6,25}{m} \times 100$$

T_t: Titrasyonda Harcanan Miktar

T_b: Kör Örneğin Titrasyonunda Harcanan Miktar

m: Örnek Ağırlığı

3.2.1.3. Ham Yağ Tayini

Yağ tayini Soxhelet ekstrasyon cihazı ve çözücü olarak petrol eteri kullanılarak yapılmıştır. 3 gr. tartılan örnek kartuş içerisine konulduktan sonra üzeri pamukla kapatılarak ve ekstraktöre yerleştirilmiştir. 150 ml. petrol eteri konularak Soxhelet ünitesi çalıştırılmıştır. Ekstraksiyon yaklaşık 4 saat sürmüştür. Balon üniteden

çıkarılarak içindeki çözücünün tamamı uçana kadar 103°C 'deki etüvde bekletilmiştir. Bu süre sonunda desikatörde soğutulan balon 0,1 mg. hassasiyetli terazide tartılmıştır (AOAC, 2000).

Sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Yağ Miktarı (gr/100gr)} = \frac{(T_1 - T_0)}{m} \times 100$$

T₁: Son Tartım

T₀: İlk Tartım

m: Numunenin Ağırlığı

3.2.1.4. Ham Kül Tayini

Analizden önce kül tayini için kullanılan porselen krezeler 550°C 'de 1 saat süre ile bekletildikten sonra desikatörde soğutulmuş ve 0,1 mg. hassasiyetli terazide daraları alınmıştır. Analiz için 3 gr. balık örneği tartılarak kül fırınında 550°C 'de sigara külü rengine dönüşüncüye kadar yakılmıştır. Desikatörde soğutulduktan sonra tekrar tartım yapılmıştır (AOAC, 2000).

Hesaplama işlemi için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Kül Miktarı (gr/100gr)} = \frac{(T_1 - T_0)}{m} \times 100$$

T₁: Son Tartım

T₀: İlk Tartım

m: Numunenin Ağırlığı

3.2.2. Yağ Asitleri Analizi

Yağ asidi analizlerinde 3.2.1.3. de belirtilen metoda göre elde edilen ham yağ materyal olarak kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen ham yağın öncelikle esterleşmesi yapılmıştır. Bunun için 0,150 gr. ham yağ numunesi balonda tartılmış ve 5 ml. metanolik 0,5 N NaOH ilave edilmiştir. Kaynama taşı atılarak soğutucu bağlanmış ve su banyosunda 15 dakika kaynatılarak sabunlaştırılmıştır. Soğutucunun üzerinden 5 ml BF₃ reaktifi akıtıldıktan sonra 5 dakika daha kaynatılmıştır. 2 ml heptan ilave edilmiş ve 1 dakika daha kaynatılmıştır. Soğutucu çıkarılmış ve örnek hassas olarak 25 ml 'lik balon jøjeye alınmıştır. Balon doymuş NaCl ile çalkalanarak bu çalkantı ilave edilmiştir. Üstteki heptan fazından mikro pipetle 1-2 ml. alınarak bir test tüpe veya cam şişeye aktarılmıştır. İçine birkaç kristal anhidrik Na₂SO₄ atılmıştır. Enjektörle bu solüsyondan çekilerek gaz kromatografisine enjekte edilmiştir (IUPAC, 1987).

Gaz kromatografisinde okunan numune değerleri, cihazın konfigürasyonu için kullanılan Xcalibur adlı programda sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.2.3. Gaz Kromatografisinin Koşulları

Kromatografi Aygıtı: Thermo GS-MS Finnigan Trace DSQ

Dedektör: MS

Kolon: ZB-WAX, 30 m. uzunluk, 0,25 mm ID, 0,25 mm film+thickness

Enjeksiyon Hacmi: 2,0 µl

Enjeksiyon Bloğu Sıcaklığı: 200°C

Dedektör Sıcaklığı: 200°C

İlk Fırın Sıcaklığı: 100°C

Sıcaklık Artışı: 1°C / dakika

Süre: 55 dakika

Split Oranı: 1/50

Taşıyıcı Gaz: H₂

3.2.4. İstatistiki Analiz

Taze ve işlenmiş ürünler arasındaki doymuş yağ asitleri, doymamış yağ asitleri ile omega 3 ve omega 6 yağ asitleri arasında meydana gelen etkileşimler; Microsoft Office Excel 2003 programında Dunnett testi ve Anova analiz yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Zar, 1999).

4. BULGULAR

4.1. Taze ve İşlenmiş Ürünlerdeki Besin Kompozisyonuna Ait Bulgular

Araştırmada taze ve işlenmiş balıkların besin kompozisyonu analizleri sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 2' de özetlenmiştir.

Balıkların nem içeriği, türler dikkate alındığında farklılıklar göstermiştir. Analizler sonucunda en düşük nem içeriği sardalya balığında %70,43±0,13 oranında, en yüksek nem içeriği ise Vatoz balığında %76,14±0,20 oranında tespit edilmiştir. Taze balık etindeki bu tespit edilen nem içerikleri, işleme teknolojilerinin etkisi ile değişiklik göstermiş, en bariz değişim dumanlanmış balıklarda (%62,21±0,79-65,45±0,98) gözlenmiştir. Donmuş balıklarda nem içeriği, taze forma yakın bir değerde bulunmuş (%71-75), marine ürünlerde ise bu değişim %63,29±0,45-72,04±0,86 arasında tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Protein oranı, taze balıklarda %13,17±0,07 – 19,94±0,04 arasında tespit edilmiş, en düşük değer alabalıkta (%13,17±0,07) ile en yüksek ise vatozda (%19,94±0,04) saptanmıştır. Taze ete kıyasla işlenmiş ürünlerdeki protein içerikleri, bariz farklılıklar göstermiş ve daha yüksek miktarlarda (%14,13±0,04-31,43±0,40) tespit edilmiştir. İşlenmiş ürünlerin protein oranlarında, nem içeriği bulgularında olduğu gibi, en bariz değişim dumanlanmış balıklarda (%22,62±0,54-31,43±0,40) tespit edilmiştir. Marine ürünlerde protein oranı %22,29±0,11-22,43±0,18 arasında ve donmuş ürünlerde ise %14,13±0,04-20,03±0,11 arasında tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Taze ve İşlenmiş Balıklardaki Besin Kompozisyonu Bulguları (%)

	Balık Türü	İşleme Teknolojileri			
		<i>Taze</i>	<i>Dondurulmuş</i>	<i>Marine</i>	<i>Dumanlanmış</i>
Nem	Alabalık	72,48±0,06	71,95±0,67	63,29±0,45	65,45±0,98
	Sardalya	70,43±0,13	70,33±0,32	67,4±0,53	65,78±0,64
	Vatoz	76,14±0,20	75,85±0,24	72,04±0,86	62,21±0,79
Protein	Alabalık	13,17±0,07	14,13±0,04	22,29±0,11	22,62±0,54
	Sardalya	15,4±0,09	15,66±0,06	22,67±0,33	23,21±0,23
	Vatoz	19,94±0,04	20,03±0,11	22,43±0,18	31,43±0,40
Yağ	Alabalık	12,07±0,05	11,68±0,26	10,98±0,20	7,12±0,41
	Sardalya	12,61±0,17	12,44±0,08	6,89±0,56	7,81±0,75
	Vatoz	1,89±0,21	1,45±0,19	0,81±0,63	0,74±0,51
Kül	Alabalık	1,36±0,67	1,29±0,87	3,03±0,24	3,97±0,23
	Sardalya	1,35±0,44	1,26±0,29	3,02±0,67	3,07±0,01
	Vatoz	1,61±0,32	1,76±0,17	3,87±0,22	4,32±0,51

Yağ içeriği ise taze balıklarda %1,89±0,21–12,61±0,17 arasında tespit edilmiştir. En yüksek yağ içeriği sardalya balığında (%12,61±0,17), en düşük yağ içeriği ise vatoz balığında (%1,89±0,21) bulunmuştur. İşlenmiş ürünler arasında yağ içeriği değerleri donmuş ürünlerde %1,45±0,19–12,44±0,08 arasında taze etteki yağ içeriğine yakın oranda tespit edilirken, dumanlanmış (%0,74±0,51–7,81±0,75) ve marine (%0,81±0,63–10,98±0,20) ürünlerde yağ içeriğinde bariz düşüşler saptanmıştır (Çizelge 2).

Balık türleri arasında kül oranı %1,35±0,44–1,61±0,32 arasında saptanmış, en yüksek kül oranı Vatoz balığında (%1,61±0,32) bulunmuştur. Ürünler dikkate alındığında dumanlanmış (%3,07±0,01–4,32±0,51) ve marine (%3,02±0,67–3,87±0,22) balıkların kül içeriklerinde taze ete oranla, bariz bir artış görülmüştür (Çizelge 2). Donmuş balıklarda ise, diğer besin bileşenlerinde olduğu gibi, taze etteki orana yakın miktarda, kül içeriği (%1,26±0,29–1,76±0,17) tespit edilmiştir.

4.2. Taze ve İşlenmiş Ürünlerdeki Yağ Asidi Kompozisyonuna İlişkin Bulgular

4.2.1. Taze Ürünlerdeki Yağ Asidi Kompozisyonu Bulguları

Araştırmada kullanılan taze balıkların yağ asidi kompozisyonları Çizelge 3 'de özetlenmiştir. Kullanılan tüm balık türlerinde, doymuş ve doymamış yağ asidi kompozisyonlarının toplam değerleri birbirlerine yakın bulunmuş, bununla beraber doymamış yağ asitlerinin miktarı, doymuş yağ asidi miktarından daha fazla tespit edilmiştir.

Taze balıklarda doymuş yağ asidi içeriği bütün balıklarda %22 civarındadır. En yüksek değer vatoz balığında (%31,13±0,46) tespit edilmiş, en düşük değer ise (%22,84±0,26) alabalıkta saptanmıştır. Sardalya balığının doymuş yağ asidi oranı ise % 30,14±0,35 olarak bulunmuştur (Çizelge 3). Toplam doymamış yağ asidi miktarına bakıldığında, en yüksek doymuş yağ asidi değerine sahip olan vatozun, dikkat çekici şekilde, %68,87±0,46 değeri ile en düşük doymamış yağ asidi içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Doymamış yağ asitlerindeki en yüksek değer %77,16±0,26 değeri ile alabalıkta bulunmuş, sardalyanın ise bu değere yakın (%69,86±0,35) miktarda doymamış yağ asidi içerdiği saptanmıştır.

Taze balıktaki yağ asidi kompozisyonları incelendiğinde, doymuş yağ asitlerinden palmitik asit (%13,89±0,23–16,20±0,22), tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asit (%12,48±0,09–24,37±0,22) ve çoklu doymamış yağ asitlerinden ise dokosaheksaenoik asitin (DHA=omega 3) (%11,81±0,16–15,32±0,48), gruplarında ilk sırada yer aldıkları tespit edilmiştir. Palmitik asidi, miristik asit ve stearik asit izlerken, oleik asidi, palmitoleik asit ve eikosenoik asit; DHA 'i linoleik asit ve eikosapentaenoik (EPA) asit takip etmektedir. Bunun yanında alabalıkta diğer balıklara nazaran linoleik asit oranı (%9,86±0,31) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 3).

İnsan besini için önem arz eden, omega 3 ve omega 6 yağ asitleri adı altında toplanan yağ asitlerinin miktarı ise alabalıkta sırasıyla, %21,93, %12,71, sardalya

balığında %30,33, %5,14 ve vatoz balığında %23,61, %7,47 olarak saptanmıştır (Şekil 7).

Çizelge 3. Taze Balıklarda Yağ Asidi Kompozisyonu (%).

<i>Doymuş Yağ Asitleri</i>	Alabalık	Sardalya	Vatoz
C14:0 Miristik Asit	4,17±0,05	5,76±0,16	7,17±0,13
C15:0 Pentadecanoik Asit	1,20±0,04	1,73±0,09	1,39±0,13
C16:0 Palmitik Asit	13,89±0,23	15,53±0,19	16,20±0,22
C17:0 Margarik Asit	-	2,66±0,13	-
C18:0 Steraik Asit	3,58±0,09	4,48±0,04	6,37±0,06
Toplam	22,84±0,26	30,14±0,35	31,13±0,46
<i>Doymamış Yağ Asitleri</i>			
Tekli Doymamış Yağ Asitleri			
C16:1 Palmitoleik Asit	7,59±0,31	7,72±0,07	8,59±0,07
C17:1 Heptadecenoik Asit	1,50±0,00	-	1,81±0,08
C18:1 Oleik Asit	24,37±0,22	12,48±0,09	17,26±0,10
C20:1 Eikosenoik Asit	5,37±0,33	6,36±0,14	5,23±0,13
C22:1 Dokosaenoik Asit	3,69±0,16	7,84±0,08	4,89±0,08
Çoklu Doymamış Yağ Asitleri			
C16:2 Hexadecadienoik Asit	1,07±0,07	-	2,82±0,06
C18:2 9-12 Linoleik Asit	9,86±0,31	2,60±0,17	1,81±0,04
C20:2 Eikosadienoik Asit	1,00±0,04	0,72±0,23	1,44±0,11
C16:3 Hekzadekatrionik Asit	-	0,71±0,03	-
C18:3 9-12-15 α Linolenik Asit	2,03±0,02	1,44±0,07	0,64±0,17
C18:4 Stearidonic acid	1,59±0,11	0,96±0,09	1,32±0,08
C20:4 Eikosatetranoik	0,78±0,02	1,82±0,14	1,40±0,10
C20:4 Araşidonik Asit	0,97±0,07	0,97±0,36	0,92±0,02
C20:5 Eikosapentaenoik Asit	5,51±0,02	10,92±0,27	6,23±0,13
C22:6 Dokosaheksaenoik Asit	11,81±0,16	15,32±0,48	14,50±0,23
Toplam	77,16±0,26	69,86±0,35	68,87±0,46

4.2.2. Dondurulmuş Ürünlerdeki Yağ Asidi Kompozisyonu Bulguları

Dondurulmuş balıklarda yağ asit kompozisyonu taze balığa nazaran oldukça farklılık göstermektedir (Çizelge 4,5,6). Taze ette doymuş yağ asitleri, düşük (%22,84±0,26–31,13±0,46) doymamış yağ asitleri yüksek (%68,87±0,46–77,16±0,26) olmasına rağmen donmuş ürünlerde doymuş yağ asitleri oranı yüksek

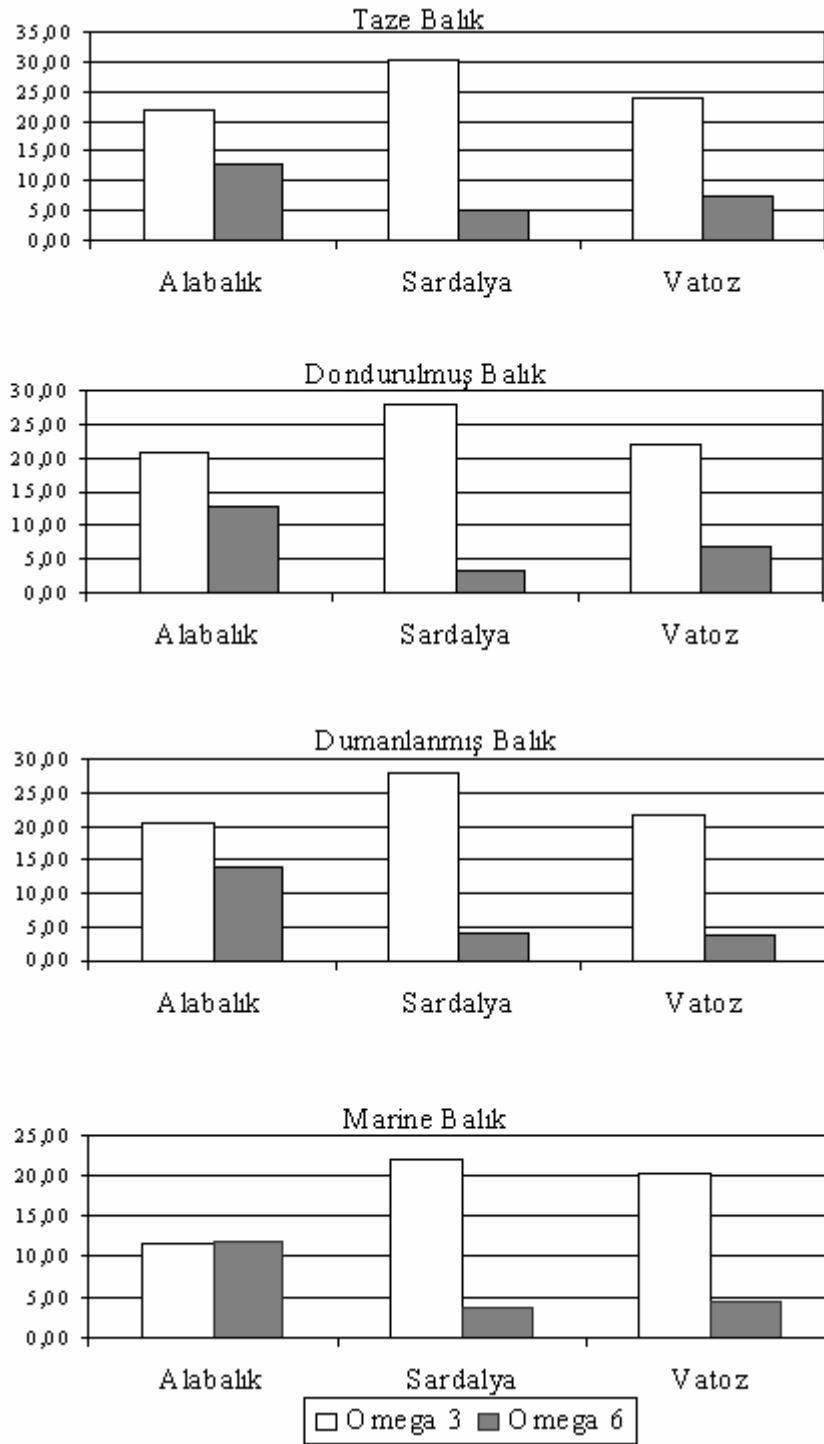
(%23,78±0,27–35,15±0,08) doymamış yağ asitleri oranı düşük (%64,85±0,08–76,22±0,27) tespit edilmiştir. Dondurulmuş balıklarda en yüksek doymuş yağ asit oranı %35,15±0,08 değeri ile sardalya balığında, en düşük değer ise %23,78±0,27 değeri ile alabalıkta tespit edilmiştir. Taze alabalıkta %22,84±0,26 olarak tespit edilen doymuş yağ asitleri, dondurulmuş alabalıkta diğer balık türlerinden daha düşük oranda (%23,78±0,27) tespit edilmiştir. Doymamış yağ asidi içeriği ise en yüksek %76,22±0,27 değeri ile alabalıkta, en düşük değer ise %64,85±0,08 değeri ile sardalya balığında bulunmuştur (Çizelge 4,5,6).

Dondurulmuş balıklarda, yağ asidi kompozisyonu içinde en yüksek değeri yine sırasıyla, doymuş yağ asitlerinden palmitik asidin (%14,78±0,30–17,28±0,22), tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asidin (%13,56±0,18–26,06±0,31) ve çoklu doymamış yağ asitlerinden DHA 'in (%12,26±0,48–14,19±0,01) aldığı gözlenmiştir. Taze formda olduğu gibi donmuş balıklarda da doymuş yağ asitlerinde palmitik asidi, miristik asit ve stearik asit tekli doymuş yağ asitlerinde oleik asidi, palmitoleik asit ve eikosenoik asit ve çoklu doymamış yağ asitlerinde DHA 'i linoleik asit ve eikosapentaenoik asit izlemektedir (Çizelge 4,5,6).

Donmuş ürünlerde omega 3 ve omega 6 değerlerine bakıldığında ise, alabalıkta bu yağ asitlerinin sırasıyla %20,78, %12,60, sardalya balığında %28,08, %3,22 ve vatoz balığında ise %22,13, %6,87 olduğu görülmüştür (Şekil 7).

Çizelge 4. Taze ve İşlenmiş Alabalıkta Yağ Asidi Kompozisyonu Değişimi (%).

<i>Doymuş Yağ Asitleri</i>	Taze	Dondurulmuş	Dumanlanmış	Marine
C14:0 Miristik Asit	4,17±0,05	3,95±0,04	3,97±0,05	3,99±0,04
C15:0 Pentadecanoik Asit	1,20±0,04	1,07±0,11	0,72±0,06	0,59±0,03
C16:0 Palmitik Asit	13,89±0,23	14,78±0,30	12,60±0,07	14,99±0,07
C18:0 Steraik Asit	3,58±0,09	3,99±0,10	3,97±0,03	4,53±0,12
Toplam	22,84±0,26	23,78±0,27	21,27±0,10	24,10±0,06
<i>Doymamış Yağ Asitleri</i>				
<i>Tekli Doymamış Yağ Asitleri</i>				
C16:1 Palmitoleik Asit	7,59±0,31	7,23±0,03	6,54±0,16	7,23±0,18
C17:1 Heptadecenoik Asit	1,50±0,00	1,27±0,09	0,76±0,02	0,21±0,02
C18:1 Oleik Asit	24,37±0,22	26,06±0,31	26,42±0,04	30,07±0,06
C20:1 Eikosenoik Asit	5,37±0,33	5,18±0,22	6,02±0,13	8,19±0,06
C22:1 Dokosaenoik Asit	3,69±0,16	3,09±0,14	4,52±0,06	6,98±0,11
<i>Çoklu Doymamış Yağ Asitleri</i>				
C16:2 Hexadecadienoik Asit	1,07±0,07	0,75±0,02	1,06±0,06	0,83±0,06
C18:2 9-12 Linoleik Asit	9,86±0,31	10,23±0,16	10,76±0,05	9,14±0,05
C20:2 Eikosadienoik Asit	1,00±0,04	0,84±0,01	0,96±0,06	0,80±0,01
C18:3 9-12-15 α Linolenik Asit	2,03±0,02	1,60±0,07	2,18±0,02	1,04±0,04
C18:4 Stearidonic acid	1,59±0,11	1,31±0,03	1,93±0,09	0,55±0,01
C20:4 Eikosatetranoik	0,78±0,02	0,77±0,02	1,15±0,12	0,90±0,04
C20:4 Araşidonik Asit	0,97±0,07	0,70±0,11	1,10±0,03	1,10±0,02
C20:5 Eikosapentaenoik Asit	5,51±0,02	4,90±0,13	4,62±0,10	2,82±0,06
C22:6 Dokosaheksaenoik Asit	11,81±0,16	12,26±0,48	10,72±0,10	6,04±0,07
Toplam	77,16±0,26	76,22±0,27	78,73±0,10	75,90±0,06



Şekil 7: İşleme teknolojileri uygulanan balıklarda omega 3 ve omega 6 yağ asitleri

4.2.3. Dumanlanmış Ürünlerdeki Yağ Asidi Kompozisyonu Bulguları

Isı ve duman uygulaması ile hazırlanan dumanlanmış balıklardaki yağ asidi kompozisyon bulguları Çizelge 4,5,6 'da, verilmektedir. Dumanlanmış balıklarda alabalık dışındaki sardalya ($31,66 \pm 0,46$) ve vatoz ($41,10 \pm 0,49$) balıklarının doymuş yağ asidi içeriğinin yüksek, doymamış yağ asidi içeriğinin ise (sardalya $68,34 \pm 0,46$, vatoz $58,90 \pm 0,49$) düşük olduğu tespit edilmiştir. Dumanlanmış alabalıkta doymuş yağ asidi oranı $21,27 \pm 0,10$, doymamış yağ oranı ise $78,73 \pm 0,10$ olarak bulunmuştur.

Yağ asidi kompozisyonunda en fazla miktara sahip olan asitler yine, DHA ($10,72 \pm 0,10$ – $14,49 \pm 0,13$), palmitik asit ($12,60 \pm 0,07$ – $18,71 \pm 0,74$) ve oleik asit ($16,37 \pm 0,19$ – $26,42 \pm 0,04$) olarak belirlenmiştir. Alabalıkta taze üründe olduğu gibi linoleik asit, sardalya ve vatoz balığına ($2,33 \pm 0,27$ - $1,21 \pm 0,14$) nazaran daha yüksek miktarda ($10,76 \pm 0,05$) tespit edilmiştir. Dumanlanmış ürünlerde palmitik asitten sonra stearik ve miristik asit; oleik asitten sonra palmitoleik ve eikosenoik asit; DHA 'dan sonrada linoleik asit ve eikosapentaenoik yüksek oranlarda saptanmıştır (Çizelge 4,5,6).

Omega 3 ve omega 6 yağ asitlerinin miktarı dumanlanmış balıklardan alabalıkta sırasıyla, $20,55$, $13,93$, sardalya balığında $27,86$, $4,08$ ve vatoz balığında ise $3,65$, ve $21,73$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 7).

Çizelge 5. Taze ve İşlenmiş Sardalyada Yağ Asidi Kompozisyonu Değişimi (%).

<i>Doymuş Yağ Asitleri</i>	Taze	Dondurulmuş	Dumanlanmış	Marine
C14:0 Miristik Asit	5,76±0,16	6,03±0,01	6,56±0,15	6,66±0,06
C15:0 Pentadecanoik Asit	1,73±0,09	1,62±0,03	2,04±0,14	2,31±0,09
C16:0 Palmitik Asit	15,53±0,19	17,28±0,22	17,98±0,21	17,68±0,31
C17:0 Margarik Asit	2,66±0,13	4,67±0,19	-	3,23±0,11
C18:0 Steraik Asit	4,48±0,04	5,55±0,12	5,08±0,04	4,77±0,24
Toplam	30,14±0,35	35,15±0,08	31,66±0,46	34,64±0,61
<i>Doymamış Yağ Asitleri</i>				
<i>Tekli Doymamış Yağ Asitleri</i>				
C16:1 Palmitoleik Asit	7,72±0,07	7,62±0,21	7,24±0,07	7,46±0,14
C18:1 Oleik Asit	12,48±0,09	13,56±0,18	18,52±0,55	17,73±0,26
C20:1 Eikosenoik Asit	6,36±0,14	5,46±0,15	4,94±0,15	8,84±0,11
C22:1 Dokosaenoik Asit	7,84±0,08	6,90±0,18	5,78±0,07	5,70±0,07
<i>Çoklu Doymamış Yağ Asitleri</i>				
C18:2 9-12 Linoleik Asit	2,60±0,17	2,24±0,10	2,33±0,27	2,20±0,14
C20:2 Eikosadienoik Asit	0,72±0,23	0,93±0,03	0,97±0,04	1,48±0,08
C16:3 Hekzadekatrionik Asit	0,71±0,03	-	0,49±0,02	-
C18:3 9-12-15 α Linolenik Asit	1,44±0,07	1,36±0,08	2,33±0,17	-
C18:4 Stearidonic acid	0,96±0,09	1,36±0,06	0,02±0,01	0,48±0,10
C20:4 Eikosatetranoik	1,82±0,14	0,05±0,00	0,77±0,13	-
C20:4 Araşidonik Asit	0,97±0,36	0,28±0,09	0,69±0,15	-
C20:5 Eikosapentaenoik Asit	10,92±0,27	10,28±0,08	9,84±0,14	8,87±0,22
C22:6 Dokosaheksaenoik Asit	15,32±0,48	14,80±0,01	14,49±0,13	12,60±0,29
Toplam	69,86±0,35	64,85±0,08	68,34±0,46	65,36±0,61

4.2.4. Marine Ürünlerdeki Yağ Asidi Kompozisyonu Bulguları

Marine balıklarda yağ asidi kompozisyonu bulguları Çizelge 4,5,6 'da özetlenmiştir. Doymuş yağ asitleri dumanlanmış alabalıkta olduğu gibi düşük oranda tespit edilmiş (%24,10±0,06), doymamış yağ asitleri oranı ise diğer balıklardan yüksek oranda (%75,90±0,06) bulunmuştur. Diğer balıklarda en yüksek doymuş yağ asitleri miktarı %41,20±0,20 oranında vatoz balığında, %34,64±0,61 oranında ise sardalya balığında saptanmıştır.

Doymamış yağ asitlerinde ise en yüksek değer alabalıktan (%75,90±0,06) sonra %65,36±0,61 oranında sardalya balığında görülmüş, vatoz balığında ise doymamış yağ asitleri oranı %58,80±0,20 değeri ile tespit edilmiştir.

Yağ asitleri kompozisyonuna bakıldığında ise diğer ürünlerde olduğu gibi, marine ürünlerde de en yüksek içeriklere sahip üç yağ asidi diğer ürünlerde olduğu gibi, palmitik asit (%14,99±0,07–20,36±0,08), oleik asit (%16,96±0,06–30,07±0,06), DHA (%6,04±0,07–13,62±0,07), olarak tespit edilmiştir.

Marine ürünlerde linoleik asit, tüm balık türlerinde bariz bir azalma göstermiş, en düşük sardalya balığında %1,65±0,06 değeri ile; ve en yüksek alabalıkta %9,14±0,05 olarak tespit edilmiştir. Marine balıklarda taze balıklara benzer bir şekilde palmitik asidi, stearik asit ve miristik asit; oleik asidi, palmitoleik asit ve eikosenoik asit; DHA 'i linoleik asit ve eikosapentaenoik asit takip etmektedir (Çizelge 4,5,6).

Marine alabalıklarda omega 3 (%11,68) ve omega 6 (%11,54) değerleri birbirin yakın oranlarda tespit edilmiştir. Bu oran sardalya balığında sırasıyla %3,68, %21,95 ve vatoz balığında ise %4,28, %20,21 olarak bulunmuştur (Şekil 7).

Çizelge 6. Taze ve İşlenmiş Vatozda Yağ Asidi Kompozisyonu Değişimi (%).

<i>Doymuş Yağ Asitleri</i>	Taze	Dondurulmuş	Dumanlanmış	Marine
C14:0 Miristik Asit	7,17±0,13	8,32±0,23	8,78±0,17	8,32±0,05
C15:0 Pentadecanoik Asit	1,39±0,13	1,87±0,04	4,13±0,13	3,87±0,17
C16:0 Palmitik Asit	16,20±0,22	16,88±0,32	18,71±0,74	20,36±0,08
C18:0 Stearik Asit	6,37±0,06	8,01±0,12	9,49±0,19	8,64±0,14
Toplam	31,13±0,46	35,08±0,46	41,10±0,49	41,20±0,20
<i>Doymamış Yağ Asitleri</i>				
Tekli Doymamış Yağ Asitleri				
C16:1 Palmitoleik Asit	8,59±0,07	8,13±0,19	8,34±0,08	8,39±0,03
C17:1 Heptadecenoik Asit	1,81±0,08	1,38±0,12	-	-
C18:1 Oleik Asit	17,26±0,10	16,93±0,07	16,37±0,19	16,96±0,06
C20:1 Eikosenoik Asit	5,23±0,13	4,97±0,11	4,55±0,03	4,45±0,08
C22:1 Dokosaenoik Asit	4,89±0,08	4,51±0,14	4,26±0,34	4,51±0,16
Çoklu Doymamış Yağ Asitleri				
C16:2 Hexadecadienoik Asit	2,82±0,06	2,76±0,08	-	-
C18:2 9-12 Linoleik Asit	1,81±0,04	1,73±0,10	1,21±0,14	1,65±0,06
C20:2 Eikosadienoik Asit	1,44±0,11	1,22±0,03	1,25±0,13	1,28±0,02
C18:3 9-12-15 α Linolenik Asit	0,64±0,17	0,50±0,13	0,60±0,05	-
C18:4 Stearidonic acid	1,32±0,08	1,22±0,10	1,17±0,04	1,12±0,05
C20:4 Eikosatetranoik	1,40±0,10	1,17±0,04	1,18±0,06	1,36±0,06
C20:4 Araşidonik Asit	0,92±0,02	0,62±0,13	0,59±0,13	-
C20:5 Eikosapentaenoik Asit	6,23±0,13	5,59±0,16	5,63±0,16	5,47±0,16
C22:6 Dokosaheksaenoik Asit	14,50±0,23	14,19±0,01	13,73±0,07	13,62±0,07
Toplam	68,87±0,46	64,92±0,46	58,90±0,49	58,80±0,20

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Balık etinin insan beslenmesindeki öneminin yüksek olması sağlıklı beslenme açısından gerekli maddeleri istenilen düzeyde bulundurmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle yapısındaki yağların yüksek oranda çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşması balık etini tüketilmesi zorunlu gıdalar arasına sokmakta, sağlıklı beslenme için balık eti önde gelen gıdalar arasında değerlendirilmektedir.

Ülkemizde elde edilen su ürünleri kaynaklarının %70'i taze olarak tüketilmektedir. Taze tüketim, balığın piyasadaki ömrünü kısıtlayarak, tüketimini belli zaman ve mekanlarla sınırlamaktadır. Özellikle iç bölgelerde tüketimi mümkün kılan, ancak pahalı bir teknoloji olan soğuk taşımacılığın olmadığı durumlarda su ürünleri, piyasaya girememektedir. Oysaki işlenmiş ürünler çok daha kolay nakledilebilmekte ve uzun sürelerde tüketime sunulabilmektedir. Ancak işlenmiş ürünlerin de halk tarafından yeterince tanınmaması ve bu gibi ürünlerin besin değerinin düşük olabileceği inancı bu ürünlerin piyasada talep oluşturmasını engellemektedir. Bu durum, büyük ekonomik kayıplarla taze olarak tüketime sunulan su ürünlerinin büyük kısmının, ya balık unu fabrikalarına gönderilmesine veya gübre olarak kullanılmasına neden olmaktadır. İşleme teknolojilerinin balık etinin kimyasal yapısını değiştirdiği inkâr edilemez bir gerçektir. Ancak etkisinin ne derece ve ne yönde olduğuna dair çalışmalar çok az olduğundan, tüketici bu konuda bilinçlenememektedir. İşlenmiş balık etinin taze etten ne derece farklılık arz ettiğini tüketiciye anlatmak amacıyla yapılan bu çalışmada, işlenmiş balık etinde besin bileşenlerinin düzeyleri araştırılmış ve yağ asitleri penceresinden taze et içeriği ile kıyaslanmıştır. Çalışmada kullanılan balıklar, ülkemiz açısından ekonomik potansiyel taşıyan alabalık, sardalya ve vatoz balıkları olup, bu balıklara uygulanan işleme teknolojileri ise, yine ülkemizde en çok rağbet edilen ürün teknolojilerinden, dondurma, dumanlama ve marinat teknolojileri, olarak belirlenmiştir.

Balıklarda besin kompozisyon öğeleri, türler arasında farklılıklar göstermektedir (Ackman, 1990; Tülsner, 1994). Bu çalışmada yapılan analizler sonucunda da balık türleri arasında, besin kompozisyonu açısından farklı sonuçlar tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan balıklardan, dip balığı olan Vatoz balığının

en yüksek nem içeriğine (% 76,14±0,20) sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 2). İşlenmiş ürünler açısından nem değerleri incelendiğinde ise, beklenildiği şekilde, dumanlanmış ve marine balıklarda nem içeriklerinde düşüş görülmüştür. Bunun sebebinin dumanlama teknolojisinde sıcaklık, marinasyon teknolojisi uygulamasında ise sirke ve tuz nedeniyle etin su kaybetmesinden kaynaklandığı bildirilmektedir (Tülsner, 1994).

Balıklardaki protein içeriğine bakıldığında ise, nem içeriğinde olduğu gibi yine en yüksek değer Vatoz balığında, %19,94±0,04 olarak, tespit edilmiştir. Araştırmacılar balıklarda protein içeriğinin %14–20 arasında olduğunu bildirmektedirler (Opstvedt, 1988). İşlenmiş ürünlerde uygulanan teknolojiler nedeniyle protein değerleri, taze balıklara göre artış göstermiştir. Bu artışın nispi bir artış olduğu ve işleme teknolojileri uygulamalarında su oranının azalmasından ileri geldiği düşünülmektedir (Ünlüsayın, 1999).

Balıklarda mevsimlere göre bariz olarak farklılık gösteren yağ içeriği ise, % 0,5-20 arasında değişiklik göstermektedir (Kumagaya, 1985; Ackman 1995). Bu çalışmada balıkların yağ oranları ortalama, alabalıkta %12,07±0,05, sardalya balığında %12,61±0,17 ve vatoz balığında ise % 1,89±0,21 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre alabalık ve sardalya yağlı balıklar; vatoz ise yağsız balık olarak nitelendirilmektedir (Ackman, 1990; Tülsner, 1994). İşleme teknolojileri uygulandığında, taze balıklara kıyasla dondurulmuş balıklarda yağ oranı çok az bir azalma (0,17–0,44 birim) göstermiş, buna karşın dumanlanmış ve marine edilmiş balıklarda bariz bir düşüş (1,08–4,95 birim) tespit edilmiştir. Bunun sebebinin ete uygulanan teknolojiler sırasında yağın, gerek ısı ve gerekse enzimatik etkilerle yıkıma uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak Ünlüsayın (1999) yılan balıkları ile yapmış olduğu çalışmada, farklı bir sonuç elde etmiş, dumanlanmış yılan balığında yağ oranının taze balığa oranla arttığını saptamıştır. Bu farklılık, yılan balığının aşırı yağlı bir balık olmasından kaynaklanmaktadır. Bu balıkta çoklu doymamış yağ asitlerinden daha az reaktif olan tekli doymamış ve doymuş yağ asitleri içeriği, diğer balıklara nazaran daha fazla bulunmaktadır (Ünlüsayın, 1999).

İnsan beslenmesinde oldukça önemli bir role sahip yağ asitleri, balıklarda büyük ölçüde doymamış yağ asitlerinden (balıktaki toplam yağ üzerinden %70-80) oluşmaktadır. Araştırmacılar bugüne kadar balık etinde, toplam 8 adet doymuş yağ asidi, 28 adet ise doymamış yağ asidi tespit etmişlerdir (Ackman ve McLeod, 1988; Bligh ve diğ., 1988; Sukudottir ve diğ., 1990; Osman ve diğ., 2000) Bu yağ asitlerinden en çok bulunanları, türe göre değişmekle beraber genellikle, palmitik asit, oleik asit, ve DHA' dır (Ackman, 1990). Özellikle DHA ve EPA esansiyel yağ asitleri olarak bilinen ve diyetlerde olması istenen yağ asitleridir (Lands 1986; Ackman 1990; Stansby, 1990a, 1990b). Yapılan bu çalışmada yağ asitlerinin genele uyum gösterdiği, balıkların %22,84±0,26–31,13±0,46 arasında doymuş, %68,87±0,46–77,16±0,26 arasında ise doymamış yağ asitleri içerdiği tespit edilmiştir. Bu yağ asitlerinin toplam 20 adet yağ asidinden oluştuğu, bunlardan 5'inin doymuş, 15'nin ise doymamış yağ asidi sınıfına girdiği saptanmıştır. Bununla beraber tespit edilen yağ asitlerinin bulunuşu, her balık türünde farklılıklar göstermiş, sardalya balığında doymuş yağ asitlerinden margarik asit (%2,66±0,13) ve doymamış yağ asitlerinden heksadekatrionik asit (%0,71±0,03) alabalık ve vatoz balığında saptanamamıştır. Doymamış yağ asitlerinden ise, heptadecenoik asit ve hexadecadienoik asit alabalık (%1,50±0,00; 1,07±0,07) ve vatozda (%1,81±0,08; 2,82±0,06) bulunmasına karşın, sardalyada tespit edilememiştir. Bu asitlerin tespit edilememe sebebi olarak, türler arasında yağ asidi kompozisyonu farklılığı (Horrobin ve Manku, 1990) yada bu yağ asitlerinin balıklarda çok düşük oranlarda bulunduğundan GC-MS tarafından tespit edilemediği düşünülmektedir

Bu çalışmada, doymuş yağ asitleri içerisinde ilk sırayı palmitik asidin (%13,89±0,23–16,20±0,22) aldığı görülmüştür. Palmitik asidi, türlere göre farklı olmak kaydıyla genellikle, miristik asit (%4,17±0,05–7,17±0,13) veya stearik asit (%3,58±0,09–6,37±0,06) izlemektedir (Çizelge 3). Deniz, tatlı su balığı ve kabuklularla çalışan diğer araştırmacılar da, balıklarda palmitik asitin en çok bulunan doymuş yağ asidi olduğu, miristik asit ve stearik asitin de türlere göre değişmekle birlikte en çok bulunan doymuş yağ asitleri olduğunu tespit etmişlerdir (Gruger ve diğ., 1964; Ackman, 1989; Tato, 1993). Yine Rao ve Gedan (1985) sardalya balığı

ile yaptıkları çalışmada, doymuş yağ asitlerinden en yüksek oranda palmitik asidin bulunduğunu bunu miristik asit ve stearik asidin izlediğini bildirmişlerdir.

Türler arasında doymamış yağ asidi miktarlarına bakıldığında, en yüksek oranın alabalıkta ($77,16 \pm 0,26$) ve en düşük oranın ise vatoz balığında ($68,87 \pm 0,46$) bulunduğu görülmüştür. Araştırmacılar doymamış yağ asidi ve özellikle esansiyel yağ asitleri miktarının deniz balıklarında, tatlı su balıklarından daha yüksek olduğunu ifade etmektedirler (Ackman 1990; Tato 1993), ancak bu çalışmada doymamış yağ asitleri içeriğinin en yüksek alabalıkta tespit edilmesi bu ifadeye uymamaktadır. Bunun nedeninin, çalışmada kullanılan alabalığın doğal alabalık olmayıp kültür balığı olması görülmektedir. Balığın beslenmesinde kullanılan yem formülasyonunun yüksek miktarda bitkisel yağları içermesi, bu çalışmada olduğu gibi (Çizelge 3) balık yapısındaki doymamış yağ asitlerinden oleik asit ve linoleik asit miktarlarını artırmaktadır (Kiessling ve diğ., 2000). Bununla beraber esansiyel yağ asitlerinden EPA ($5,51 \pm 0,02 - 10,92 \pm 0,27$) ve DHA'nın ($11,81 \pm 0,16 - 15,32 \pm 0,48$) miktarının, sardalya ve vatoz balığında daha yüksek oranda bulunması yukarıdaki ifade ile örtüşmektedir. Zlatanov ve Sagredos (1993) da yaptıkları çalışmada, sardalya balığında DHA'ı yüksek oranda tespit etmişlerdir.

İnsan vücudu tarafından bazı yağ asitleri sentezlenebilirken, hayati fonksiyonların gerçekleşmesini sağlayan bazı doymamış yağ asitleri dışarıdan besinlerle alınmak zorundadır. Esansiyel yağ asitleri de denilen bu grup n-3 ve n-6 yağ asitlerinden oluşmaktadır Yapılan çalışmada elde edilen bulgularda omega 3 ve omega 6 oranları, alabalıkta % 21,93, %12,71, sardalya balığında %30,33, %5,14, vatoz balığında ise %23,61, %7,47 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular Steffens ve Wirth (1995)'nin belirttiği, deniz balıklarında omega 3, tatlı su balıklarında ise omega 6 yağ asitlerinin daha fazla bulunduğu ifadesi bu çalışma sonuçları ile desteklenmektedir. Ancak, şekil 7 de de görüldüğü gibi taze ette çok daha yüksek oranda bulunan omega 3 ve omega 6 yağ asitlerinin, işlenmiş balık etinde azalarak değiştiği saptanmıştır.

Yapılan çalışmada, işlenmiş balıklarda yağ asitlerinin teknolojilerden ne derece etkilendiği de açık bir şekilde tespit edilmiştir. Donmuş balık yağı, yağ asit kompozisyonu açısından değerlendirildiğinde, taze sardalya balığında bulunan hegzadekatrioneik asit'in donmuş sardalyada saptanamadığı, diğer yağ asitlerinin ise tüm balıkların donmuş ürünlerinde tamamıyla tespit edildiği görülmüştür.

Dondurulmuş balıklarda her 3 türde de taze forma nazaran doymuş yağ asidi oranlarının ($23,78 \pm 0,27 - 35,15 \pm 0,08$) arttığı, doymamış yağ asidi ($64,85 \pm 0,08 - 76,22 \pm 0,27$) oranlarının ise azaldığı saptanmıştır. Bu değişim alabalıkta çok düşük oranlarda (0,94 birim) görünmesine karşın sardalya (5,01 birim) ve vatozda (3,95 birim) çok daha yüksek miktarlarda görülmüştür. İstatiksel olarak taze balıktaki doymuş ve doymamış yağ asitlerinin oranları ile işlenmiş ürünlerdeki aynı gurup yağ asitleri karşılaştırılmıştır. Yapılan analize göre her üç balık etinde; tazeiken mevcut olan doymuş ve doymamış yağ asitlerine, dondurma teknolojisinin önemli derecede etki ettiği tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Beltran ve Moral (1990) da balığın 18°C 'de 180 gün depolama sonunda çoklu doymamış yağ asitlerinde önemli oranda azalma olduğunu saptamışlar, ve balık yağının oksitlenmesinin de daha çok bu yağ asitlerinde (%70-80) meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Donmuş balık etinde doymuş ve doymamış yağ asitlerinde görülen değişimin tersi bir durum omega 3 ve omega 6 yağ asitlerinde görülmüştür. Dondurulmuş üründe omega 3 ve omega 6 yağ asitlerinin miktarı taze balığa nazaran; özellikle sardalya balığında (2,25 birim, 1,92 birim), olmak üzere, alabalıkta (1,15 birim, 0,11 birim) ve vatoz balığında (1,48 birim, 0,6 birim) azaldığı görülmüş (Şekil 7), istatiksel açıdan da meydana gelen bu değişimin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Ancak omega 6 yağ asitlerinin, alabalık ve vatozda, dondurma teknolojisinden etkilenmediği ve donmuş ürünün omega 6 yağ asidi kompozisyonunun, taze balığa nazaran değişmeden kaldığı saptanmıştır ($p > 0,05$).

Dumanlama teknolojisi sıcaklık ve duman uygulaması ile balığa lezzet veren bir işleme teknolojisidir. Bu uygulamada sıcaklık faktörü nedeniyle, eğer balık yağlı değil ise ürünün lezzeti istenilen seviyeyi yakalayamamaktadır. Bu nedenle %

1,89±0,21 yağ içeriği ile vatoz balığı, yağsız balık sınıfına girmekte ve sıcak dumanlamaya uygun bir materyal olmamaktadır. Alabalık ve sardalya ise orta yağlı olduklarından sıcak dumanlamaya uygun olarak nitelendirilmektedirler (Anonim 1988; Staff ve diğ, 1995).

Yapılan çalışmada dumanlama teknolojisinin, taze ve işlenmiş ürün arasındaki yağ asitlerinde kompozisyon farklılığına neden olmadığı saptanmıştır. Buna konuda yapılan bir çalışmada Bhuiyan ve arkadaşları (1986) da buna benzer sonuçlar bulmuşlardır. Araştırmacılar, dumanlama teknolojisi uygulanmış Atlantik uskumrusu (*Scomber scombrus*) 'nda lipid ve çok doymamış yağ asitlerini inceleyerek, ham ve tütsülenmiş balık etininde tütsüleme sonrası fosfolipid ve trigliserid oranlarında çok önemli bir değişiklik olmadığını; genel yağ asitleri kompozisyonunun ise değişmeden kaldığını belirtmişlerdir. Bligh ve arkadaşları (1988), ise aşırı doymamış yağ asitlerinin kurutulması ve dumanlanması sırasında azaldığını ve depolanması sırasında ise oksidasyona maruz kaldıklarını tespit etmişlerdir.

Yağ asidi kompozisyonu yanı sıra miktarlara bakıldığında, dumanlanmış ürünlerde yağ asitleri miktarında taze ete oranla bir değişim gözlenmiş, özellikle sardalya balığında alabalığa nazaran, doymuş yağ asitlerinin oranı artarken doymamış yağ asitleri oranının azaldığı tespit edilmiştir. Ancak sardalya balığındaki doymuş ve doymamış yağ asitlerinde görülen bu değişimin, önemsiz ($p>0,05$) olduğu saptanmıştır. Alabalıkta ise sardalyanın tersine doymuş yağ asitlerinde azalma, doymamış yağ asitlerinde artma söz konusu olmuş, doymuş ve doymamış yağ asitlerinde görülen bu değişim önemli olduğu ($p<0,05$) bulunmuştur. Alabalıkta, sardalya balığından farklı olarak meydana gelen bu değişimin yukarıda da söylendiği gibi, yetiştiricilik ürünü olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir

Dumanlama teknolojisi balıklarda özellikle, omega 3 ve omega 6 yağ asitlerine etkide bulunmuş; dumanlanmış balıklarda hem omega 3 hem de omega 6 yağ asitlerinin oranlarında bariz düşüşler görülmüştür. Bu değerler, alabalıkta %20,55, %13,93, sardalyada %27,86, %4,08, Vatoz balığında ise %21,73, %3,65 şeklinde tespit edilmiştir (Şekil 7). Değerlerden de görüldüğü üzere meydana gelen bariz

düşmeler, yapılan istatistiksel analizlerde de önemli olarak bulunmuştur ($p<0,05$). Sadece dumanlama teknolojisinin sardalya balığındaki omega 6 yağ asitlerine önemli bir etkisi ($p>0,05$) olmadığı saptanmıştır.

Marinat teknolojisi sirke ve tuz salamurası yanında etin enzimatik olarak olgunlaştırılması esasına dayanan bir teknolojidir. Ortamın asidik olması enzimatik olayların hız kazanmasına neden olur ve bu sayede moleküller çeşitli reaksiyonlara girerek form değiştirirler. Yağ asitleri açısından bakıldığında, marine edilmiş tüm balıklarda taze ete oranla doymuş yağ asitlerinde artış, doymamış yağ asitlerinde azalma görülmüştür. En fazla değişim vatoz balığında saptanmış, bu balıkta doymuş yağ asitlerinin miktarı 10,07 birim azalmıştır. Sardalya ve alabalıkta ise bu azalma, küçük oranlarda gerçekleşmiştir. Marinasyon teknolojisinin tüm balıkların doymuş ve doymamış yağ asitlerinde önemli değişimlere neden olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Düşük yağ içeriğine ($\%1,89\pm0,21$) sahip olan vatoz balığında meydana gelen bu çarpıcı değişimin nedeni, marinasyon sonrasında yağında bulunan doymamış yağ asitlerinden bir kaçının (heptadecenoik asit, hegzadecadienoik asit, linolenik asit, araşidonik asit) form değiştirerek doymuş hale dönüşmesi, ve bunun da zaten az olan miktar üzerinden orana yüksek yansımaya, şeklinde düşünülmektedir. Diğer balıklarda yağ oranının yüksek olması meydana gelen değişimin, daha az bir şekilde orana yansımaya sağlamakta bu da doğal olarak, vatoz balığında olduğu kadar dikkat çekmemektedir. Marine hamsilerde yağ asidi çalışan Ovayolu (1997) ise, taze ve marine balıklar arasında yağ asidi içeriğinde önemli bir değişim olmadığını tespit etmiştir.

Marine balıklarda dumanlama teknolojisinde olduğu gibi, omega 3 ve omega 6 yağ asidi oranlarında azalmalar görülmüştür. Buda özellikle oleik asit, EPA ve DHA da meydana gelen azalmalardan kaynaklanmaktadır. Özellikle marine alabalıkta esansiyel omega 3 yağlarından olan DHA; taze balığa ($\%11,81\pm0,16$ - $\%6,04\pm0,07$) göre bariz bir düşüş göstermiştir. Omega 3 ve omega 6 yağ asitleri marinat teknolojisinde kullanılan sirke ve tuzun fonksiyonlarından oldukça fazla etkilenmekte ($p<0,05$) balık etinde meydana gelen enzimatik olgunlaşmadan dolayı, bu yağ asitlerinin yıkıma uğradıkları düşünülmektedir (Tülsner, 1994).

Sonuç olarak; yapmış olduğumuz bu çalışmada dondurma, dumanlama ve marinasyon teknolojilerinin, balık etinin kimyasal yapısında ve yağ asidi kompozisyonunda değişime neden olduğu saptanmıştır. Uygulanan bu üç işleme teknolojisi genel anlamda; doymuş yağ asitleri oranında artışa, doymamış yağ asidi oranında ise azalmaya neden olmuştur. Bunun, teknoloji etkisi ile, doymamış yağ asitlerinin bir kısmının yıkıma uğramasından, diğer bir kısmının ise doymuş forma dönüşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Ünlüsayın, 1999). Verilerin ışığında yapılan istatistiksel analizlerde göstermiştir ki; işlenmiş ürünler arasında taze etteki yağ asidi kompozisyonuna en yakın form donmuş balıkta bulunmakta, en fazla kaybın olduğu ürün ise, marine balık olarak görülmektedir.

6. KAYNAKLAR

Ackman, R.G. 1980. Fish Lipids. Part 1 in Advances in Fish Science and Technology. Fishing News Books. Crc Press. 86–102.

Ackman, R.G. ve McLeod, C. 1988. Total Lipids and Nutritionally Important Fatty Acids of Nove Scotia Fish and Shellfish Food Products. Canadian Institute of Food Science and Tecnology Journal 21, 390–398.

Ackman, R.G. 1989. Fatty Acids. Edited by Ackman R.G. Crc Pres. 103–139.

Ackman, R.G. 1990. Seafood Lipids and Fatty Acids. Food Previews International. 617–646.

Ackman, R.G. 1995. Composition and Nutritive Value of Fish and Shellfish Lipids. Fish and Fishery Products. Ed. by A. Ruiter. Wallingford, U.K. 117–156

Aksu, H., Erkan, N., Çolak, H., Varlık, C., Gökoğlu, N., Uğur, M.1997. Farklı Asit-Tuz Konsantrasyonlarıyla Hamsi Marinatı Üretimi Esnasında Oluşan Bazı Değişiklikler ve Raf Ömrünün Belirlenmesi.Y.Y.Ü. Vet. Fak. Derg., 8(1-2): 86-90.

Anonim, 2002 Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Info-Blatt: Roher Fisch und Schwangerschaft. Beratungspraxis Juli.

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 17 th Edition Vol II. Assoc. Off. Anal. Chem., Wash. D.C., USA.

Bakıcı, İ. 1981. İstavritlerde Soğuk Muhafaza Süresince Meydana Gelen Sensorial Değişiklikler (Uzmanlık Tezi). Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi.

Baygar, T., Özden, Ö., Sağlam, E. 2000. Su Ürünleri Marinat Teknolojisi. Su Ürünleri Dergisi, 7 (95–96) Haziran/Temmuz.

Beltran, A. ve Moral, A. 1990. Gas Chromatographic Estimation of Oxidative Deterioration in Sardina During Frozen Storage. *Lebensm-Wissu Technology*. (23): 499-504.

Berkay, F. 2001. Bazı Ticari Balık Yağı Tabletlerinin Yağ Asidi Kompozisyonları (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 86s.

Bhuiyan, A.K.M.A., Ratnayake, W.M.N., Ackman, R.G., 1986. Stability of Lipids and Polyunsaturated Fatty Acids During Smoking of Atlantic Mackerel (*Scomber scombrus* L.). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 63, no. 3, 324–327.

Bligh, E.D., Shaw, S.J. ve Woyewoda, A.D. 1988. The Effects of Drying and Smoking on Lipids of Fish. *Fish Smoking and Drying* (Ed. by J.R Burt). Elsevier Applied Science Publishers LTD., London ve New York, 41-53.

Bone, Q. 1978. Fish Physiology. *Academic Pres, Vol. 7*: 361–424.

Burges, G.H.O., Cutting, C.L., Lovern, J.A. ve Waterman, J.J. 1965. Fish Handling & Processing. Her Majesty's Stationary Office, 389 s. Edinburg.

Deutsches Lebensmittelbuch-Leitsaetze 1994. Bundesanzeiger Verlag, mbH, Köln.

Dönmez, M. 1998. Dondurulmuş Gökkuşığı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, W.) Muhafazası Süresince Yağ Asitleri Bileşimlerindeki Değişmelerin Araştırılması (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi.

Dunajski, 1979. Texture of Fish Muscle. *J. Texture Stud.* 10, 301.

FAO, 1995. Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper. Ed. by H.H.Huss. Danish Ministry of Agriculture and Fisheries, Technical University, Denmark. 195 s.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2002. The state of the world fisheries and aquaculture 2002. FAO Fisheries Publication, Rome, Italy, 168 s.

Girard, J.P. 1992. Tecnology of Meat and Meat Products. Printed and Bound in Great Britain by Redwood Pres. 272 s. Meksham.

Gordon, D. T., V. Ratliff, 1992. The implications of Omega-3 Fatty Acits in Human Healty, Advances in Seafood Biochemistry Composition and Quality, Ed. By George L. Flick, 406 s.

Gruger, E.H., Nelson, R.W. ve Saisby, M.E. 1964. Fatty Acid Composition 21 Species of Marine Fish and Shellfish. Journal of the American Oil Chemists' Society 41(4), 662–665.

Gögüş, K. ve Kolsarıcı, N. 1992. Su Ürünleri Teknolojisi. Ziraat Fakültesi Yayınları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü. Ankara 19–21.

Gökalp, H.Y., Kaya, M. ve Zorba, Ö. 1994. Et Ürünleri İşlem Mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:786, 561 s.

Gökoğlu, N. 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları. 157 s.

Göktan, D. 1990. Gıdaların Mikrobiyal Ekolojisi. Et Mikrobiyolojisi Cilt 1. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:21, İzmir 292 s.

Hamm, R. 1986. Functional Properties of Myofibrillar System and Their Measurements. Academic Press. In: Bechtel, P.J. (Hrsg): Muscle as Food, New York. 135–192.

Harrobin, D.F. ve Manku, M.S. 1990. Clinical Biochemistry of Essential Fatty Acids. In: Harrobin. D.F. (Hrsg.). Omega-6 Essential Fatty Acids. Pathophysiology and Clinical Medicine. Wiley-Liss, New York. 21–53.

Herold, P.M ve Kinsella, J.E. 1986. Fish Oil Consumption and Decreased Risk of Cardiovascular disease: A Comparison of Findings from Animal and Human Feeding Trials. American Journal of Clinical Nutrition 43: 566–598.

Huss, H. 1980. Fresh Fish Quality and Quality Changes. Technical Laboratory, Ministry of Fisheries Technical University, Copenhagen Denmark.

IUPAC, 1987. Standart Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives, 6th Edition (Fifth Edition Method II.D. 19) 96-102 Pergamon Press, Oxford.

Kara, A. ve Özekinci, U. 2002. İzmir Körfezi'nde Sardalya (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) Balığı Avcılığında Kullanılan Galsama Ağlarının Seçiciliği. E.U. Journal of Fisheries&Aquatic Science. Vol: 19 (3–4): 465–472.

Kaya Y., Duyar H.A. ve Erdem M.E. 2004. Balık Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı İçin Önemi. E.U. Journal of Fisheries&Aquatic Science. Vol: 21 (3-4): 365-370

Kiessling, A., Pickova, J., Johansson, L., Asgard, T., Storebakken, T., Kiessling, K-H. 2000. Changes in Fatty Acid Composition in Muscle and Adipose Tissue of Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Relation to Ration and age. Journal of Food Chemistry. 73 (2001) 271–284.

Kinsella, E.J. 1988. Fish and Seafoods Nutritional Implications and Quality Issues. Food Technology, Nr: 5. 146–150.

Keskin, H. 1987. Besin Kimyası. İstanbul Üniversitesi Kimya Fakültesi, 5. Baskı, Cilt:1, 70–195.

Konagaya, S. 1990. Keeping Freshness of Wet Fish. Science of Processing Marine Food Products, Vol.1:1–15: 16–26.

Kumagaya, M. 1985. In “Muscle lipids of aquatic animals” (ed. by M. Kayama), Koseisya Koseikaku, Tokyo, 143 s.

Kundakçı, A., Çolakoğlu, M. 1984. Hydrolytic and Oxidative Deterioration in Lipids of Stored Frozen Mullet (*Mugil Cephalus* L.) Sixth World Congress of Food Sci. and Tech, Dublin-Ireland, Res. In Food Sci. AND Nut. Vol. 1, 76-77 s

Kundakçı, A. 1991. Marmara Gölü Sazanlarının (*Cyprinus carpio* L.) Dondurularak Saklama Sırasında Lipitlerinin Hidrolizi ve Lipid Fraksiyonlarının Yağ Asitlerindeki Değişimi Üzerine Araştırmalar. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 8, 532–564.

Lands, E.M.W. 1986. Fish and Human Health. Academic Press. Chambridge 20–136.

Love, R.M. 1970. The Chemical Biology of Fishes. Academic Press Vol.2, London.

Ludorff, F. ve Meyer, V. 1973. Fische und Fischerzeugnisse. Z. Auflage. Verlag Paul Parey In Berlin und Hamburg, 209–210.

Mater, S., Uçal, O. ve Kaya, M. 1989. Türkiye Deniz Balıkları Atlası. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir. No:123, 94 s.

McLay, R. 1972. Marinades Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Torry Research Station. Torry Advisory Note. No:56.

Meyer, V. 1965. Marinades in Fish as Food, Vol. 3. Borgstrom, G., Ed., Academic Pres, New York.

Mohr, V. 1971. On the Constitution and Physical-Chemical Properties of the Connective Tissue of Mammalian and Fish Skeletal Muscle. Ph. D. Thesis (Doktora Tezi) University of Aberdeen.

Müller, W. D. 1989. Erhitzen und Rauchern von Kochwurst und Kochpökelware. Fleischwirtschaft, 69(3): 305–321

Norman, O.V.S. 1979. Structure and Composition fat and oil, and oils. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Edited by Daniel Swern, Fourth Edition. Vol. 1, 4–98.

O'Brien, E.J. ve Dickens, M.J. 1983. Electron Microscopy of Proteins. Academic Pres, Vol. 4:1-95.

Okada, M. 1992. Fish as Raw Food Material. Science of Processing Marine Food Products, Vol. 1:1–15.

Opstvedt, J. Influence and Smoking on Protein Quality. Fish Smoking and Drying, The Effect of Smoking and Drying on the Nutritional Properties of Fish. Edit. J.R. Burt, Chapter 2, Elsevier Applied Sci., London and New York, 1988.

Osman, H., Suriah, A.R. ve Law, E.C. 2000. Fatty Acid Composition and Cholesterol Content of Selected Marine Fish in Malaysian Waters. Journal of Food Chemistry. 73 (2001) 55-60.

Ovayolu, H. 1997. Marine Edilmiş Hamsilerde Depolama Süresince Yağ Asitleri Değişimlerinin İncelenmesi (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 71s.

Pritchard, J.L.R. 1982. Analysis of Oilseeds, Fats and Fatty Acids. Edited by Rossell, J. B. Elsevier Applied Science. London and New York. 367–385.

Rao, M.V. ve Gedan, P.H 1985. Observations on Component Fatty Acids of Indian Sardine Oils and HS Samples. Fette. Seifen. Anstrichmittel 87 Jahrgang Nr:1, 32-34.

Sağlam, Ö. F. 2000. Türk Gıda Mevzuatı. Semih Ofset, 2. baskı. Ankara.

Schapitz, E. 1992. Fleisch und Fleischwaren. Das Rauchern unter besonderer Berücksichtigung des Immissionsschutzes. Fleischwirtschaft, 72(3): 228-232.

Sikorski, Z.E. 1989. The Nutritive Composition of The Major Groups of Marine Food Organisms, Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation, CRC Pres, Inc. Boca Raton Florida, 248 s.

Singer, P.1994. Was Sind, Wie Wirken Omega-3-Fettsauren? Umschau-Verlag, Frankfurt am Main.

Staff, M. Sc.,Tom, P., 1995. Smoking Fish. Food Science & Technology.

Stansby, M.E. 1990a. Nutritional Properties of Fish Oil for Human Consumption-Early Developments. In: Stansby, M.E. (Hrsg.): Fish Oils in Nutrition: 268–288. Van Nostrand Reinhold, New York.

Stansby, M.E. 1990a. Nutritional Properties of Fish Oil for Human Consumption-Modern Aspects. In: Stansby, M.E. (Hrsg.): Fish Oils in Nutrition: 289–308. Van Nostrand Reinhold, New York.

Steffens, W. ve Wirth, M. 1995. Süßwasserfische Als Quelle Essentieller Fettsäuren Für Die Menschliche Ernährung.Arbeiten Des Deutschen Fischerei Verbandes. Heft 62, Hamburg. 88–111.

Stone, J. N., 1996. Fish consumption, fish oil, lipids and coronary heart disease, America Heart Association, 94:2337-2340.

Sukudttir, G.V., Schiath, H.B., Gudmundsottir, E., Richards, B., Gardarsson, F., ve Jonsson, L., 1990. Fatty Acid Composition of Muscle, Heart and Liver Lipids in Atlantic Salmon, *Salmo salar*, at Extremely Low Environmental Temperature Aquaculture, 84, 71-80.

Suzuki, T. 1981. Fish and Krill Protein: Processing Technology. Applied Science Pub., Ltd., London 1-147.

Tato, A. 1993. Concerns for Utilization of Marine Lipids and Oils. Food technology, (5): 151-155.

Toth, L. ve Potthast, T. 1984 Chemical Aspect of the Smoking of Meat and Meat Products. Advances in Food Research, 29–87.

Tülsner, M. 1994. Fischverarbeitung, Band I, Rohstoffeigenschaften von Fisch und Grundlagen der Verarbeitungsprozesse. Behr's Verlag, Hamburg. 1–224

Ünlüsayın, M., 1999. Yılan Balığı (*Anguilla anguilla* L. 1766), Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W. 1792) ve Sudak Balığı (*Stizostedion lucioperca* L. 1758) 'nın Sıcak Dumanlama Sonrası Lipid Ve Protein Bileşimleri. Süleyman Demirel Üniv. Eğirdir Su Ürün. Temel Bilim. A.B.D Doktora Tezi, 57 s. Eğirdir.

Varlık, C. ve Gökoğlu, N. 1992. Balıkların Soğutulması. Su Ürünleri Dergisi. 3: 25–31.

Varlık, C. 2002. Su Ürünleri Besin Kimyası. Su Ürünleri Fakültesi Ders Notları. Kısım I. İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi 128 s.

Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S. ve Baygar, T. 2004. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4465, 490 s.

Villarreal, B.P. ve Pozo, R. 1990. Chemical Composition and Ice Spoilage of Albacore (*Thunnus alalunga*). Journal of Food Science. 55(3): 678–682.

Watabe, S. 1988. In “Special Food Science” (ed. by A. Okitani ve S. Honma), Asakura Shoten, Tokyo, s: 93–119.

Watabe, S. 1992. The Chemistry of Proteins from Marine Animals. Science of Processing Marine Food Products, Vol. 1:123–141.

Yücel, A. 1993. Su Ürünleri Teknolojisi. Et ve Et Ürünleri Teknolojisi, U.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notları, No: 47, 95–122.

Zlatonos, S. ve Segredos, A.N. 1993. The Fatty Composition of Some Important Mediterranean Fish Species, Fat Science Technology No: 2, 2–66.

Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. Fourth Edition. Department of Biological Sciences Northern Illinois University.