T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARINDA (*Oncorhyncus mykiss*) MUHAFAZA VE PİŞİRME İŞLEMLERİNİN YAĞ ASİDİ BİLEŞİMİNE ETKİSİ

Nihayet Fadime YALÇIN

DOKTORA TEZİ

BESİN HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ (VET) ANABİLİM DALI

Danışman
Prof. Dr. Suzan YALÇIN

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 07202021 proje numarası ile desteklenmiştir.

KONYA-2010

İİ. ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Yapılan araştırma ile gökkuşağı alabalığı *(Oncorhyncus mykiss)*'nda, muhafaza ve pişirme işlemlerinin yağ asidi bileşimine etkisi incelenmiştir. Çalışmada kullanılan 27 adet balık, Şanlıurfa İli Birecik İlçesinde kafes balıkçılığı yapan "Fırat Alabalık Üretme Çiftliği'nden temin edilmiştir. Bu balıklar tüketime sunulmaya hazır ve ağırlıkları açısından 200-250 g, 251-300 g ve 301-350 g olmak üzere titizlikle seçilmiş ve 3 gruba ayrılmışlardır.

Balıkların çalışma için hazırlanması, pişirilmesi ve ekstrakte edilmesi işlemleri, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Balıkların -18°C'de saklanmasında ise Şanlıurfa ilinde bulunan "Aslan Soğuk Hava Deposu" şartlarından yararlanılmıştır.

Doktora tezimin hazırlanması, tamamlanması esnasında bana yardımcı olan kurum, işletme ve kişiler ile manevi desteklerinden dolayı sevgili eşimle kızıma, özellikle laboratuar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Aslan Yusuf YÜKSEL' teşekkür ederim.

İİİ. İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI……..	**i**
ÖNSÖZ.....	**ii**
İÇİNDEKİLER……..……..	**iii**
SİMGELER ve KISALTMALAR……	**iv**
1.GİRİŞ…….…..	**1**
1.1. Alabalık Hakkında Genel Bilgi……	1
1.2. Balık Etinin Bileşimi……	3
1.3. Balık Yağının Bileşimi…….	4
1.4. Balık Yağlarının İnsan Sağlığı Açısından Önemi……	10
1.5. Balıklarının Muhafazası İle İlgili Çalışmalar……...	12
1.6. Balıkların Pişirilme Şekillerinin Yağ ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi….	18
2.GEREÇ ve YÖNTEM……..…….	**22**
2.1. Gereç…….	22
2.2. Yöntem…….……	22
2.2.1.Örneklerinin Alınması, Muhafaza ve Pişirme Yöntemi……..	22
2.2.2.Kuru Madde Tayini……..……	23
2.2.3.Yağ ve Yağ Asitleri Bileşiminin Belirlenmesi……	24
2.2.4.Gaz Kromatografın Koşulları……..	24
2.2.4. İstatistiksel Yöntem……	25
3.BULGULAR……	**26**
3.1. Balıklarda Ağırlık ve Boy Ölçümü ile Kuru Madde Ve Yağ Düzeyleri	26
3.2. Balıklarının Derili ve Derisiz Olarak İşlem Görmesinin Yağ Asidi Bileşimine Etkisi……..……	26
3.3. Çiğ ve Kuru Pişirme İşleminin Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi…….……	29
3.4. Muhafaza Koşullarının Balıklarda Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi…….	31
3.5. Balıklarda Cinsiyetin Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi…..	33
4.TARTIŞMA ……..	**35**
4.1.Balıklarda Ağırlık ve Boy Ölçümü İle Kuru Madde ve Yağ Düzeyleri	35
4.2.Balıklarının Derili ve Derisiz Olarak İşlem Görmesinin Yağ Asidi Bileşimine Etkisi……..…	35
4.3.Çiğ ve Kuru Pişirme İşleminin Balık Etlerinde Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi…….……	36
4.4. Muhafaza Koşullarının Balıklarda Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi……..……	37
4.5.Balıklarda Cinsiyetin Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi……	40
5.SONUÇ VE ÖNERİLER……...……	**42**
6.ÖZET……...……	**43**
7.SUMMARY…….……	**44**
8.KAYNAKLAR……	**45**
9.ÖZGEÇMİŞ……	**49**

İV.SİMGELER VE KISALTMALAR

∑ :Toplam

DHA :Dokosahekzaenoik asit

EPA :Eikosapentaenoik asit

UFA :Unsaturated fatty acids-(Doymamış yağ asitleri)

MUFA :Mono unsaturated fatty acids (Tekli doymamış yağ asitleri)

PUFA :Poly unsaturated fatty acids (Çoklu doymamış yağ asitleri)

SFA :Saturated fatty acids- (Doymuş yağ asitleri)

TBA :Tiyobarbiturik asit

TMA-N :Trimetilamin azot

TVB-N :Total volatil bazik azot

1. GİRİŞ

1.1. Alabalık Hakkında Genel Bilgi

Alabalıklar *Salmonidae* familyasının üyeleridir. Bu familyada yer alan balıklar aslında tatlı su kökenlidir. Ancak jeolojik devirler sırasında bir bölümü denizsel koşullara adapte olmuştur. Su sıcaklığının genellikle 20-21^{0}C'yi geçmediği soğuk, berrak, temiz ve bol oksijen içeren akarsular ve göllerde yaşarlar. Genellikle kırmızı etli balık olmalarına karşın, kültür yetiştiriciliğindeki rasyona bağlı olarak daha beyaz etli olanları da mevcuttur. Yağ oranı % 5–10 arasında değişkenlik gösterirken, protein oranı % 15–18 olan, eti lezzetli ve vücut üzerindeki renklerin harmonisinden dolayı çok sevilen balıklardır (Aydın 2007, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Tekelioğlu 2005). Alabalıklar çok dinamik olup, fazla hareket ettiklerinden dolayı çok yağlı değildirler. Beslenme yönünden karnivorlardırlar. Türlere göre değişen sayıda dişler bulunur. Vücudun üzerinde küçük ve değişik pullarla kaplı olduğu için benekli bir görünüme sahiptirler. Ancak en karakteristik özellikleri de, vücut yapılarının ince uzun ve iğ şeklinde olması, sırt yüzgeci ile kuyruk yüzgeci arasında bir de yağ yüzgeci taşımalarıdır (Özdemir 1996, Tekelioğlu 2005).

Alabalık türleri coğrafik kökenlerine göre, Avrupa kökenli ve Amerikan kökenli olmak üzere iki grupta incelenirler (Tekelioğlu 2005). Günümüzde yetiştiriciliği yapılan alabalıklar içersindeki en yaygın tür ise, Kuzey Amerika kökenli olan gökkuşağı alabalığıdır (Özdemir 1996, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Roberts ve Shepherd 2001, Aydın 2007). Önceleri *Salmo gairdnerii* olarak bilinen gökkuşağı alabalığının bilimsel adı son zamanlarda *Onchorynchus mykiss* olarak değişmiştir (Özdemir 1996, Roberts ve Shepherd 2001).

*Onchorynchus mykiss'*in, yaklaşık 120-130 yıldır dünyada yetiştiriciliği yapılmakta olup, ilk defa Amerika'da yapay üretime alınmıştır. Daha sonra hemen hemen her yerde yapay üretilerek, hem taze balık ihtiyacı için hem de suyu soğuk dere, deniz ve nehirlerin balıklandırılmasında kullanılmaya başlanmıştır (Özdemir 1996, Tekelioğlu 2005). Danimarkalılar insanların tüketime sunulması amacıyla, *Onchorynchus mykiss*'in yetiştiriciliğine öncülük etmişlerdir (Roberts ve Shepherd 2001).

Ülkemizde içsu kültür balıkçılığı faaliyetleri ise, 1967-1968 yıllarında *Oncorhynchus mykiss* yumurtalarının, Avrupa'dan ithali ve ardından da Marmara bölgesinde ilk özel çiftliğin kurulmasıyla başlamıştır (Memiş ve ark 2002, Aydın ve Köksal 2005, Tekelioğlu 2005). Önceleri küçük işletmeler tarafından gerçekleştirilen gökkuşağı alabalığı üretimi, 1990'lı yıllardan itibaren entegre üretim tesislerine dönüşmüştür. Hatta son günlerde ülkemiz gökkuşağı alabalığı üreticileri, Avrupa'ya füme halinde işlenmiş ürün ihraç eder duruma erişmişlerdir (Aydın 2007).

Gökkuşağı alabalığın gövdesi tıknaz yapıda, çok sayıda nokta ve benekleri oluşu ile yanal çizgisinin gökkuşağı rengindeki yapısından dolayı, diğer türlerden kolayca ayırt edilir. Bundan dolayı vücudu bir yıldız gibi parlar. Karın altı gümüşi beyaz ve parlaktır. Sırt rengi ise koyu yeşilden kahverengimsi yeşile kadar değişir. Hızla gelişen bir tür olduğu için 1 yılda tüketime sunulmaya uygun olan 250-300 grama ulaşır. Gökkuşağı alabalıklarında cinsel olgunluğa erişme yaşı erkeklerde 2, dişilerde ise 3'tür. Üreme dönemlerine geldiklerinde 1,5 - 2 kg'a ulaşırlar. Üreme dönemi ise Eylül-Mayıs arası gibi yaklaşık 8 aylık oldukça uzun bir periyoda yayılmıştır ki, bu da alabalık yetiştirciliğine ve birim alandan elde edilen ürün miktarına büyük katkı sağlamıştır. Doğal ortamda bırakıldığında bu balığın 12 yıl yaşadığı ve 150 cm boya ulaştığı bilinmektedir (Tekelioğlu 2005). Karadeniz alabalıklarının doğal ortamda beslenmeleri ile ilgili yapılan çalışmada 12 ay sonunda ortalama boyları 32.2 cm ve ortalama ağırlıkları da 400 g bulunmuştur (Aksungur ve ark 2005).

Gökkuşağı alabalığının yetiştirilmesinin yaygın oluşunun sebeblerinden bazıları;

-Daha yüksek ilkbahar sıcaklığında dere alabalığı ve kaynak alabalığı gibi diğer alabalık türlerine göre daha kısa süreli kuluçka dönemine sahip olması,

-Aktif yem alması nedeniyle yemlenmesinin kolay olması ve yemi değerlendirmesinin daha iyi olması yönünden de kısa sürede iyi bir büyüme göstermesi,

-Gökkuşağı alabalığının çevre koşullarına çok iyi uyum göstermesi yanında özellikle hemen hemen hiçbir alabalık türünün uyum göstermediği 20-25^{0}C gibi yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması sayılabilir (Tekelioğlu 2005).

1.2. Balık Etinin Bileşimi

İnsan beslenmesi için gerekli olan proteinler, yağlar, karbonhidratlar, vitaminler ve minerallerin gıdada bulunup şekillenen bileşimlerine ve sindirim kanalı enzimleriyle kolayca sindirilebilme derecelerine göre, gıdaların kalitesini belirlerler. Balıklar başta olmak üzere su ürünleri tüm bu özelliklere neredeyse tek başına sahip olan önemli besinlerdir (Metli 2006). Balık etinin biyokimyasal bileşimi çevre ve su sıcaklığına, cinsiyeti, boyu, yaşı ve olgunluk durumu gibi balıkların biyolojik ve gelişim durumuna, beslenme ve üreme gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Gökoğlu 2002, Uysal ve Çelik 2002). Balık etinin ana bileşenleri su, yağ ve proteinlerden oluşmaktadır (Türker 1997).

Balık eti, % 70–80 oranında su içermekte olup, türlere, cinsiyete ve yaşa göre oldukça büyük farklılıklar göstermektedir. Su oranı yağ oranı ile ters orantılıdır. Genellikle yağlı balıklarda su miktarı oldukça düşük olup, genç balıklarda daha yüksektir (Türker 1997, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Balıklarda protein oranı % 17–22 düzeyinde olup, türler arasında fazla değişim göstermez. Doğada bulunan hemen hemen tüm aminositleri, özellikle de insan organizması için esansiyel olan lizin, triptofan, fenilalanin, löysin, izolöysin, treonin, metiyonin, sistin, sistein ve valini yeterli miktarda içermelerinden dolayı da balıkların biyolojik değerleri oldukça yüksektir (Türker 1997, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Gökoğlu 2002).

Balıkların temel bileşenlerinden biri de yağlardır. Balıklar yağ oranlarına göre 3 ayrı grupta incelenebilir. Yağ oranı % 0–5 arasında olanlar yağsız balıklar, yağ oranı % 5–10 oranında olanlar yağlı balıklar, yağ oranı % 10'dan fazla olan balıklara da çok yağlı balıklar denir. Alabalık kırmızı etli ve yağlı balıklardandır (Gökoğlu 2002). Balıklarda yağ miktarı proteinlerde olduğu gibi sabit olmayıp çeşitli faktörlere bağlı olarak oldukça büyük değişkenlik göstermektedir. Balığın türüne, cinsiyetine,

yaşına, beslenme durumuna ve yaşadığı ortama bağlı olarak yağ oranı değişir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Gökoğlu 2002). Buna göre yavru ve genç balıklarda yağ oranı düşükken, yaş ilerledikçe yağ oranında artış olduğu gözlenir. Dişi balıklarda yumurtlama öncesinde yağ oranı yüksektir. Göç öncesinde çok yüksek olan yağ miktarı göç ve üreme sırasında büyük oranda yıkımlanarak azalır. Balık vücudunun her bölgesinde yağ oranı homojen değildir. Karın bölgesi genelde daha yağlıdır. Genellikle balıklardaki yağ kas içersinde, deri altında, karın bölgesinde ve karaciğerde depolanmıştır. (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Balık etinde inorganik madde % 1–2 civarında olup, beslenmede önemi büyük olan inorganik maddeleri içermektedirler. Bunların en önemlileri fosfor, kalsiyum, magnezyum, kükürt, potasyum, sodyum, iyot ve klorürdür. Minerallerin konsantrasyonları mevsim, biyolojik farklılık, beslenme, işleme yöntemi ve çevresel koşullara bağlı olarak farklılık göstermektedir. Balık vücudunda mineral maddelerin en fazla bulunduğu yer iskelet dokudur. Balık, kılçığıyla birlikte yendiğinde, kalsiyum ve fosfor da günlük ihtiyacı karşılayacak kadar alınmış olunur (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Balıklar önemli bir A, D ve E vitamini kaynağıdır. Özellikle balık karaciğer yağı A ve D vitamini bakımından zengindir. Suda eriyen vitaminlerden B_6 ve B_{12} de balık etlerinde önemli miktarlarda bulunur. Niasin yağlı balıklarda bulunurken, B_2 (riboflavin) özellikle yassı balıkların gözlü taraflarındaki sırt kısımlarındaki deride önemli ölçüde bulunur (Türker 1997, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Gökoğlu 2002).

Balık etinde % 1–3 arasında karbonhidrat bulunmaktadır ki, bu da glikojen formundadır. Glikojen genellikle balıkların karaciğerinde bulunmaktadır, oranı da kırmızı etli balıklarda daha çoktur (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

1.3. Balık Yağının Bileşimi

Balık etinin yağ içeriğini temel olarak trigliserit ve uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri oluşturur (Telefoncu 1993). Yağ asidi bileşimleri tür, mevsim, cinsiyet, yaş, coğrafik şartlar, çevre sıcaklığı, balığın besini, üreme durumu, suyun

sıcaklığı ve kirlilik durumu gibi faktörlerden dolayı büyük farklılıklar gösterebilmektedirler (Gökoğlu 2002).

Doğada bulunan ve yapıları bugüne değin açığa kavuşturulabilen yağ asitlerinin sayısı 200'den fazladır. Bu yağ asitlerinden en yaygın olanları da en az 2 en çok 26 karbon atomu içerir (Penfıeld ve Campbell 1990, Kayahan 1998, Gökoğlu 2002). Tek karbonlu yağ asitlerine ise su ürünlerinde önemli derecede rastlanmaktadır (Gözükara 2001). Yağ asitleri içerdikleri karbon atomlarının sayısı, zincir uzunlukları, karbon atomları arasındaki çift bağların sayıları ve doymamışlık derecelerine göre sınıflandırılırlar (Mayes 1993). Biyokimyacılar yağ asitlerini, karbon atomlarıyla bağlı zincirdeki ilk çift bağın durumuna göre ayırırlar. Bu durumda metil ($-CH_3$) grubundan itibaren üçüncü ve dördüncü karbon atomları arasında çift bağ içerenler, Omega–3 yada ω-3, (n–3), (linolenik tip), yağ asitleri olarak adlandırılırlar (Demirci 2001, Coşkun 2005, Göğüş ve Fadıloğlu 2006). Altıncı ve yedinci karbon atomları arasında çift bağ içerenler ise Omega–6 yada ω-6, (n–6,) (linoleik tip), ω-9 (oleik tip) yağ asitleri olarak adlandırılır (Belitz ve Grosch 1999, Aksoy 2000).

Balık etinin kalitesi özellikle de lezzetli olması, yapısında bulunan yağ asitlerinden kaynaklanmaktadır. Balık yağları % 15-20 doymuş ve % 80-85 doymamış yağ asitlerini içerir. Bu doymamış yağ asitlerinin büyük çoğunluğunu da çoklu doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. Doymuş yağ asitlerinden en yüksek düzeylerde bulunanları C 16:0 palmitik asit, C 14:0 miristik asit ve C 18:0 stearik asitlerdir. Doymamış yağ asitleri de tekli doymamış (tek çift bağ içerir) ve çoklu doymamış (birden fazla çift bağ içerir) yağ asitleri olarak iki gruba ayrılır. Doymamış yağ asitlerinden C 16:1 palmitoleik asit ve C 18:1 oleik asitleri tekli doymamış yağ asitleri olarak adlandırılırlar. Balık yağları 4, 5, 6 çift bağ içeren aşırı doymamış yağ asitlerini de içerirler (Penfıeld ve Campbell 1990, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Gökoğlu 2002). Bunların molekül dizilişlerinde karbon atomu sayısı 18-20 arasında ve 2-4 adet çift bağa sahip olan yağ asitlerine PUFA (polyunsaturated fatty acids, çoklu doymamış yağ asitleri) adı verilmektedir (Mayes 1993).

Balık yağlarındaki çoklu doymamış yağ asitlerinin PUFA miktarı % 25-30'dur. Su ürünlerinin yağlarındaki PUFA'lar genellikle omega-3 şeklindedir

(Belitz ve Grosch 1999). Omega-3 yağ asitleri 18-22 karbon uzunluktaki yağ asitleridir (Coşkun 2005). Gökkuşağı alabalığındaki omega-3 yağ asitlerinden linoleik asit (C18:3) % 0,1, eikosapentaenoikasit (EPA) (C 20:5) % 0.1, dokosahekzaenoik asit (DHA) (C 22:6) % 0,4, toplam omega-3 ise % 0,6'dır (Sabry 1990, Spiller 1996). Balıklarda omega–3 serisinden olan C20:5 EPA ve C22:6 DHA oldukça yüksek yüzdede bulunmaktadırlar (Gökoğlu 2002). Balık yağlarının doğal bileşenlerinden olan EPA, memeliler için esansiyel olan linolenik asitin metabolitidir (Göğüş ve Fadıloğlu 2006). Balıklarda bol miktarda bulunan EPA ve DHA, ilk olarak deniz algleri tarafından sentezlenir, sonra da plankton ve diğer küçük deniz hayvanları tarafından tüketilerek onların bünyesine yerleşirler ve besin zinciri yoluyla deniz ürünlerinde birikmektedirler (Gordon ve Ratliff 1992, Akyurt 1993). Omega-3 çoklu-doymamış yağ asitleri esansiyel yağ asitleri olup, vücutta sentezlenmediği için mutlaka besinlerle dışarıdan alınmalıdır (Kayahan 1998, Mahan ve Escott Stump, 2005). Omega-3 hayvansal gıdalardan özellikle yağlı balıklarda (ringa,uskumru, sardalye, alabalık ve somon) ve az miktarda da yumurtada bulunur (Aksoy 2000). Omega–3, balık sıvı yağları içinde fazla miktarlarda bulunmaları nedeniyle balık yağı olarak da bilinmektedir (Penny 2002).

Haliloğlu (2001)'nun çalışmasında ise farklı işletmelerde yetiştirilen gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*)'nın kas ve adipoz dokuları ile karaciğer ve gonadlarındaki yağ asidi bileşimlerinin belirlenerek, aralarındaki ilişkiler üzerinde durulmuştur. Karaciğer en yüksek omega-3 oranına sahip olup, total çoklu doymamış yağ asitleri içersinde omega-6 oranının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kas dokusu karaciğere benzerlik göstermiş olup, çoğunlukla SFA oranları MUFA'dan yüksek çıkmıştır. DHA, örneklerin tümünde bulunurken, kas dokusu ile karaciğer ve gonadlarda yüksek miktarlarda tespit edilmiştir.

Kara (2001), *Chondrostoma regium*'un dişi ve erkek bireylerinin üreme durumlarının, kas dokusundaki yağ asitlerinin değişimine etkisini incelemiştir. Yağ asidi miktarlarında üreme sonrasında önemli miktarda azalma olduğu görülmüştür.

Cinsel olgunluğa erişmemiş dişi ve erkeklerin kimyasal yapısında önemli bir değişim yoktur. Ancak cinsi olgunluğa erişen dişi bireylerin yumurtalarını olgunlaştırmak ve yumurta bırakmak için büyük oranda enerji harcadıkları için,

üreme sonrasında etteki yağ oranında büyük bir azalma görülür. Erkeklerde görülse de dişilerdeki kadar büyük bir farklılık yaratmaz (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Sağlık ve İmre (2001)'nin yaptığı çalışmada, ülkemizdeki denizlerde yoğun olarak yaşayan balıklardaki yağ asidi bileşimi ve onların besleyici değerleri araştırılmıştır. Çünkü omega-3 PUFA'lardan olan EPA ve DHA'nın kardiovasküler hastalıklara olumlu etkisi olduğu bilinmektedir. Bu amaçla da toplam lipid miktarı ve çoğunlukla tüketilen 6 balık çeşidinin yağ miktarı bileşimi ve toplam lipid miktarı belirlenmiştir. Sonuçta palmitik ve oleik asidin baskın olduğu, doymamış yağ asitleri içersinde de DHA ve EPA'nın baskın olduğu görülmüştür. Çalışılan türler arasında da hamsi ve sardalya yüksek miktarda EPA ve DHA içermesinden dolayı, kardiovasküler hastalık riskini azaltıcısı etkisi olan omega-3 yağ asitlerinin kaynağı olarak belirlenmiştir.

Aras ve ark (2002) tarafından, yukarı Fırat (Karasu) havzası Yeşildere çayından yakalanan olgun dere alabalıkları (*Salmo trutta macrostigma*)'nda farklı dokulardaki yağ asidi bileşimleri araştırılmıştır. Adipoz, gonad, karaciğer ve kas dokusunda % olarak tekli doymamış yağ asitleri, çoklu doymamış yağ asitleri ile EPA ve DHA oranları arasındaki fark çok önemli, doymuş yağ asitlerinin ise dokular arasındaki farkı önemsiz bulunmuştur. SFA içerisinde bulunan en önemli yağ asitleri palmitik asit, stearik asit ve miristik asit olurken, MUFA'da 18:1 omega–9 ile 16:1 omega-7 yağ asitleri çıkmıştır. Tatlı su balıkları ile deniz balıklarının karakteristik özelliği olarak bilinen omega-3/omega-6 oranı deniz balıklarına yakın çıkmasına rağmen dokular arasında önemsiz bulunmuştur.

Haliloğlu ve ark (2003)'nın, gökkuşağı alabalığı (*O.mykiss*) yağ asidi bileşimindeki değişimler erken gelişme safhalarında incelenmiştir. Gelişme esnasında omega-6 çoklu doymamış yağ asiti miktarı % 16'dan % 12,9'a düşerken, en yüksek azalma % 33,89'dan % 23,41'e düşen tekli doymamış yağ asitlerinde gözlenmiştir. Yetişkin gökkuşağı alabalıklarında omega-3/omega-6 oranını 1'e yakın rapor etmişlerdir.

Konar ve Köprücü (2002)'nün yaptıkları çalışmada, ticari bir yemle 14,6 ^{o}C su sıcaklığında 5 ay süreyle beslenmiş olan gökkuşağı alabalıkları *(O. mykiss)*'nın

etindeki yağ asidi miktarları araştırılmıştır. Yağ asidi bileşenleri, yağ asidi metil esterleri olarak gaz kromatografisinde analiz edilmiştir. Çalışmada ortalama ağırlığı 248±3,5 g ve ortalama total boyu 27,7±0,8 cm olan gökkuşağı alabalıkları kullanılmıştır. Balık etindeki toplam yağ asitlerinin % 33,58'ini doymuş, % 32,63'ünü tekli doymamış ve % 32,75'ini çoklu doymamış yağ asitleri oluşturduğu görülmüştür. Balık etlerinin yağ asidi miktarları arasındaki farklılıklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Öztürk (2003)'ün çalışmasında, Beyşehir Gölü'ndeki kadife balığının (*Tinca tinca L),* total yağ asidi bileşiminin, mevsimsel değişimi incelenmiştir. Mevcut yağ asitlerinin karbon atomları 12–22 arasında değişmekte olup, toplam 25 değişik yağ asidi balığın total yağ asidi bileşimini oluşturmaktadır. Kışın düşük sıcaklığa bağlı olarak total doymamış ve aşırı doymamış yağ asidi yüzdeleri doymuş yağ asitlerine göre yüksek oranda bulunmuştur.

Belkuşaklı (2006)'nın çalışmasında da Mersin yöresinden alınan levrek balığının (*Dicentrarchus labrax)* total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi gaz kromatografi ile araştırılmıştır. *D. labrax*'ın bileşiminde 12 farklı yağ asidi belirlenmiştir. Yağ asitleri bileşimlerinin C 14 ile C 22 arasında olduğu görülmüştür. Dört mevsimde de doymamış ve aşırı doymamış yağ asitleri toplam yüzdeleri doymuş yağ asitleri yüzdelerinden daha yüksek oranda bulunmuştur. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde en yüksek yüzdeye sahip yağ asidi olarak oleik aside, kış ve yaz mevsimlerinde ise palmitik aside rastlanmıştır. Sonbahar ve kış mevsiminde omega–3 yağ asitleri yüzdeleri, ilkbahar ve yaz mevsiminde ise omega–6 yağ asitleri yüzdeleri yüksek olarak belirlenmiştir.

Şen (2006)'in çalışmasında ise, yine Mersin yöresinden alınan kefal balığının (*Mugil cephalus*) total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi gaz kromatografi ile araştırılmıştır. *M. cephalus'*un bileşimindeki farklı yağ asidi sayısı ve bileşimleri Belkuşaklı (2006)'nın çalışmasına benzerlik göstermekte olup, aynı şekilde dört mevsimdeki PUFA'ların toplam yüzdeleri de SFA yüzdelerinden daha yüksek oranda bulunmuştur. Ancak her mevsim için palmitik asit en yüksek yüzdeye sahip yağ asidi olarak bulunmuştur. Genel olarak omega-6 yağ asitleri yüzdeleri, omega-3 yağ asitleri yüzdelerinden daha yüksek belirlenmiştir.

İlhan ve ark (2006) Antalya Körfezi'nden avlanan *Sardinella aurita*'nın et verimi ve kimyasal bileşimini mevsimsel olarak incelemiştir. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde et veriminde bir azalma, yaz ve sonbahar mevsimlerinde bir artış görülmüştür. Su oranı yaz ve sonbahar mevsimlerinde azalmış, kış ve ilkbahar mevsimlerinde artmıştır. Yağ oranı ile su oranındaki değişimin ters orantılı olduğu görülmüş, yağ oranı yaz ve sonbahar mevsimlerinde artmış, kış ve ilkbahar mevsimlerinde bir azalma göstermiştir. Protein oranındaki değişim yağdaki değişime paralellik göstermiştir. Bu değişimlerin, yaz ve sonbahar aylarında su sıcaklığının yükselmesine bağlı olarak balığın beslenmesinin daha iyi olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Ayrıca, *Sardinella aurita*'nın diğer sardalya türlerine oranla az yağlı bir balık olduğu sonucuna varılmıştır.

Visentainer ve ark (2007) 2'si Doğu Antartika'dan ve diğerleri Güney Brezilya sahillerinde yakalanmış 15 tane deniz balığı türlerinin yağ asidi kompozisyonu ve yağ içeriğini araştırmışlardır. Balıkların çoğu, toplam ağırlıklarının % 10'undan daha az yağ içerir. SFA'ların toplam miktarlarının % 54-63'ünü palmitik asit oluşturmaktadır. Oleik asit ise MUFA'lar arasında en fazla olan yağ asididir. DHA, PUFA'lar içersinde en çok bulunur. PUFA'ların içersinde omega-3 % 31-84 arasında değişen miktarlarda bulunur. Antartika balıketlerinde, omega-3 PUFA'lar en yüksek düzeyde bulunurlar. Bu da toplam yağ asidi içeriğinin % 45'ini oluşturmaktadır. Bunların da özellikle EPA ve DHA'dan oluştuğu görülmüştür. Güney Brezilya sahillerindeki balık çeşitlerindeki EPA ve DHA'nın toplam değeri, Antartika'dakilerle benzerlik göstermektedir. Yapılan çalışma sonucunda n-3/n-6 oranı 3'ten fazla bulunmuştur. Bu nedenle beslenmede önemli yeri olan omega-3'ü, yüksek miktarda içermelerinden ve doymamış yağ asidi kaynağı olmaları açısından bu balıkların tercih edildiği belirtilmiştir.

1.4. Balık Yağlarının İnsan Sağlığı Açısından Önemi

Balığın değerli bir gıda maddesi olmasını sağlayan özelliklerinden biri de balık yağının bileşimidir (Metli 2006). Balık yağının bileşiminde bulunan karbon sayısı ve doymamışlık derecesi yüksek olan çoklu doymamış yağ asitleri özellikle EPA ve DHA, hücre zarlarının yapısında yer alarak hücre zarlarının akışkanlığı ve

dolayısıyla geçirgenliğinde rol oynarlar. Bunların aynı zamanda kolesterol metabolizmasında ve taşınmasında önemli görevleri vardır (Penny 2002). Bu nedenle diyette doymamış yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine göre yüksek miktarda bulunması, plazma kolesterol konsantrasyonunun düşük olmasını sağlar (Mayes 1993, Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Demirci 2003). Bu yağ asitleri arterioskleroziste ilgili bazı risk faktörlerini de azaltmaktadır (Calder 2004). EPA, sinir sistemi ve beyin işlevlerinin düzenlenmesinde de rol oynar (Göğüş ve Fadıloğlu 2006). Alfa linolenik asitten sentezlenen veya doğrudan doğruya balık yağlarından elde edilen DHA, hücre membranlarında, beyin ve retinada bulunur ve bu bölgelerin işlevi için gereklidir (Mayes 1993, Penny 2002). Özellikle serebral kortekste yüksek konsantrasyonda bulunur ve beynin gelişimi için ihtiyaç duyulur (Mayes 1993). DHA özellikle renal ve kardiyovasküler hastalıklar başta olmak üzere hiperlipidemi, inflammatuar ve otoimmün hastalıklar, respiratuar hastalıklar, onkolojik ve nörolojik hastalıklar ile psöriazis (sedef hastalığı) ve endokrinolojik bozukluklar üzerinde olumlu etkiye sahiptir (Penny 2002).

Omega-3 yağ asitleri prostoglandin sentezinde kullanılırlar (Aksoy 2000). Romatoid artrit olmak üzere birçok hastalıklara karşı, sağlığı koruyucu ve iyileştirici özelliği vardır (Mahan ve Escott Stump 2005). Ayrıca kalp hastalığının önlenmesinde önemli role sahip olup, antiinflamatuar ve antitrombosis etkilere sahiptir (Mayes 1993, Connor 2000, Geering ve Ratliff 2006). Omega-3 yağ asitleri içeren besinlerin düzenli tüketimi, kanser ve kardiyovasküler hastalıklardan korunma ve tedavide, gastrointestinal sistemin sağlığının korunmasında, menapoz semptomlarının hafifletilmesi, osteoporozun önlenmesi ve göz sağlığının korunmasında etkilidir (Coşkun 2005). Balık yağları bol miktarda vitamin de içermektedir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Mol (2008) makalesinde, diyetle birlikte alınan omega–3 yağ asitlerinin alınmasının insan beslenmesindeki önemi üzerinde durmuştur. Balık yağındaki omega–3 yağ asitleri EPA ve DHA'nın tek kaynağıdır. Diyetle birlikte omega-3 yağ asitlerini almanın, kadınlarda hamilelik kalitesini arttırdığı buna karşın, menstrual şikayetler ile menapoz etkilerini, kanser ve kalp-damar hastalığı risklerini, LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein- kötü huylu) kolesterolü ile eklem ve kas yangılarını azalttığı, aynı zamanda depresyon ve alzeimer risklerini düşürdüğü, hafızayı

güçlendirdiği ve şizofreni hastalarının da şikayetlerini azalttığı ve AIDS'in önlenmesinde de etkili olduğu belirtilmektedir. Yapılan çalışmalarda da diabetli hastalarda glisemik kontrolün sağlanması konusunda olumlu etkileri bulunduğu bildirilmektedir.

İnsanoğlunun daha anne karnında iken omega–3 yağ asitlerine ihtiyaç duyduğu ve hayatın her evresinde bu ihtiyacın artarak devam ettiği bildirilmiştir (Kaya ve ark 2004). Bu nedenle de sadece çocuk ve yaşlıların değil her yaş grubundaki insanların, özellikle de anne adaylarının haftada en az iki öğün balık yemeleri gerektiği belirtilmektedir. Çünkü günümüzde ölümlerin % 50'den fazlasının kalp krizi, damar tıkanıklığı, yüksek kolesterol ve kansere bağlı hastalıklardan kaynaklandığı ve depresyon, stres, şiddet, intihar vakalarının da çok fazla arttığı düşünülürse, balık tüketiminin önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

İnsanlardaki morbidite ve mortalitenin en önemli sebeplerinden biri de koroner arter hastalığı, miyokard infarktüsü, inme gibi ateroskleroz temelli hastalıklardır. Hiperlipidemi de aterosklerotik hastalıkların en fazla risk faktörlerindendir. Omega-3 yağ asitlerinin lipit bileşimi, inflamasyon ve kan basıncı üzerine olumlu etkilerinin olduğu ve kardiovasküler hastalıklara bağlı mortalite oranlarını azalttığı bilinmektedir. Bu nedenle de, Özkan ve Koca (2006) yaptıkları çalışmada, omega–3 yağ asidinin lipit bileşimi üzerine etkisini atorvastatin (antihiperlipidemik ilacın etken maddesi) ile karşılaştırarak araştırmayı amaçlamışlardır. Üç aylık çalışmada 41 hiperlipidemik hasta kullanılmıştır. Hastalar rastgele olarak iki gruba ayrılmıştır, birinci gruba balık yağı, ikinci gruba da atorvastatin verilerek tedavi edilmiştir. Tedavinin başlangıcında ve üçüncü aylarında serum lipit düzeylerine bakılıp karşılaştırıldığında atorvastatin, HDL (yüksek yoğunluklu lipoprotein-iyi huylu) düzeylerini etkilemezken, balık yağı tedavisi ile HDL düzeyinin arttığı gözlenmiştir. Her iki grubun tedavi sonucunda balık yağı grubunda daha fazla olmak üzere kan basınçlarının belirgin olarak gerilediği ve tedavinin etkisi bakımından istatistiksel bir fark görülmemiştir. Özkan ve Koca (2006) yaptıkları çalışmada omega–3 yağ asidinin, total kolesterol, LDL düzeylerini azaltmakta HDL düzeylerini de artırdığı sonucuna varmıştır.

1.5. Balıkların Muhafazası İle İlgili Çalışmalar

Su ürünlerinin değerli gıdalar olduğu bilinen bir gerçektir. Özellikle vitamin, aminoasit ve doymamış yağ asitlerinin düzeyde bulunması, balık ve diğer su ürünleri etlerine diyetetik değer kazandırmaktadır. Ancak, su ürünlerinin diğer etlere oranla kolay bozulan bir ürün olması nedeniyle, balıkların avlanmasından tüketimine değin hızlı bir şekilde niteliğini yitirmeden tüketiciye ulaştırılması ve korunması gerekir. Balık yakalandığında uygun koşullarda korunmazsa birkaç saat içerisinde kokuşabilir. Bu nedenle su ürünleri avlandıktan hemen sonra uygun tekniklerle korunmalı, taşınmalı ve işlenmelidir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin arttığı şu günlerde ürün fazlasının dondurularak muhafaza edilip tüketiciye kalite kaybı olmadan sunulması önemli bir konudur. Bu da ürünün buzlanması ve soğutulması ile mümkündür. Bu nedenle soğukta depolama süresince oluşabilecek yağ asitlerindeki değişimlerinin bilinmesi ve kalite konusunda üreticinin ve tüketicinin bilinçlendirilmesi gerekmektedir (Dönmez ve Tatar 2001).

Kolsarıcı ve Özkaya (1998)'nın yaptıkları araştırmada, 80° salinometrelik salamurada 4 saat tuzlandıktan sonra soğuk (28°C da 8 saat tütsülenerek) ve sıcak (30°C da 30 dk tütsülendikten sonra sıcaklık 50°C çıkarılarak 30 dk daha tütsülenmeye devam edilmiş ve sonra 80 °C'da 45 dk pişirilip) tütsülenerek vakum ambalajlanan gökkuşağı alabalıklarının +4±1°C ve -18±1°C'da depolanması koşulunda raf ömrünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Depolanan alabalıklar (+4 °C'de) tütsülemeyi takiben 4'er günlük periyotlarla tüketim özelliğini yitirene kadar, -18°C'da depolanan alabalıklar ise aylık periyotlarla 6 ay analize alınarak toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB), laktik asit bakteri (LAB) sayıları ile pH değerleri ve total uçucu baz azotu (TVB-N) düzeyleri belirlenmiş ve duyusal olarak değerlendirilmişlerdir. Araştırma bulgularına göre, sıcak tütsüleme işleminde uygulama sıcaklığının yüksekliği nedeniyle mikroorganizma gelişimini önleyici etki, soğuk tütsülemeye göre daha belirgin olmuştur. Bunun yanında soğuk tütsülenmiş alabalıkların duyusal beğeni puanları da düşük olmuş, fakat yine de pazarlanabilme olanağının iyi olduğu

görülmüştür. Sıcak ve soğuk tütsülenerek -18±1°C'da depolanmış alabalıklar 6 ay boyunca tüketim özelliğini yitirmemiştir. Sıcak tütsülenmiş +4±1°C'da depolanmış alabalıklarda ise 44. günde tadında yavanlaşma, duman kokusunda azalma ve eksime görülmüş 48. günde tüketim dışı kalmıştır. Soğuk tütsülenmiş alabalıklarda ise bu süre 16. gün olarak belirlenmiştir. Uzun raf ömrüne sahip tütsülenmiş balık üretimi için taze balık kullanılması, tütsüleme işleminin doğru süre ve sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi, tütsülenmiş balıkların vakum ambalajlandıktan sonra soğuk veya donmuş depolanması önerilmiştir.

Özen ve ark (1997) tarafından yapılan bir araştırmada, 250 g ağırlığındaki gökkuşağı alabalıklarının iç organları temizlendikten sonra kan, mukus vb artıkları su ile iyice yıkanarak, 0^0C'de ön soğutma yapılmış ve -30^0C'de hızlı bir şekilde dondurulmuştur. Dondurulan balıklar bir gün ve onbeş gün sonra suda, havada ve buzdolabında çözündürülmüştür. Uzun süreli saklamalarda oluşacak değişimlerin tespiti amacıyla yapılmış ve sonuçta her iki grup balıkların dokularında oluşan histolojik değişimler incelenmiştir. Depolama süresi uzadıkça deformasyon artmıştır. En hızlı çözündürme işlemi suda gerçekleşmiştir. Havada ve buzdolabında uzun süren çözdürme işlemlerinde ise doku ve hücre içinde büyük parçalanmalar meydana geldiği tespit edilmiştir.

Öksüz ve Garthwaite (1997) ise gökkuşağı alabalığının tat ve lezzet kalitesi üzerine depolama sıcaklığının etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla da balıklar 0^0C, 10^0C'ye 20^0C'de sırasıyla 9, 5, ve 2 günlük sürelerde depolanmıştır. Gökkuşağı alabalığının normal depolama ve soğuk şartlar altındaki depolanması karşılaştırıldığında, Adenozin Trifosfatın (ATP), hipoksantine indirgenmesinin çok hızlı gerçekleştiği ve 20^0C'de depolanan balıkların da duyusal olarak taze olmadığı görülmüştür.

Soyer ve Şahin (1999) tarafından yapılan bir araştırmada, yağlı bir balık türü olan kolyozun dondurularak depolanması sırasında (-18°C'de 10 aylık sürede), antioksidan çözeltileriyle (askorbik asit, bütillendirilmiş hidroksitoluen, bütillendirilmiş hidroksianizol karışımını içeren) ve su ile glazelemenin etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, yağlı ve kara etli bir balık olan kolyozda donmuş depolama sırasında kalite kaybına neden olan lipid oksidasyonunu geciktirmek

amacıyla uygulanan antioksidanlarla glazelemenin, lipid oksidasyonunu hem kimyasal, hem duyusal yönden geciktirmede etkili olduğu görülmüştür.

Yapar ve Erdöl (1999)'ün çalışmalarında ise, buzdolabı (4±1°C) ortamında muhafaza edilen mezgit (*Merlangius merlangus euxinus*) karaciğer yağının, iyot sayısı (IS), peroksit sayısı (POS) ve kırılma indisi (RI)'ndeki değişmeler ile bunların birbiriyle olan ilişkileri incelenmiştir. 9 hafta süreyle buzdolabında muhafaza edilen mezgit karaciğer yağının IS'deki azalmaya paralel olarak POS'da artış, RI'da ise azalma meydana gelmiştir. Yağlarda doymamışlığın bir göstergesi olan IS'nın bozulmasının, acılaşmanın göstergesi olan POS'a bağlı olarak değiştiği ve bunlara bağlı olarak da RI'nın değiştiği sonucuna varılmıştır.

Demirci ve Orak (1999)'ların yaptıkları araştırmada, istavrit balığının (*Trachurus trachurus*) farklı soğutma ortamlarında depolanması ile meydana gelen kalite değişimleri incelenmiş ve raf ömrünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada istavrit balığı, deniz ve çeşme suyundan elde edilen buzda –1°C'de; deniz suyu ve buzunda +1°C'de, çeşme suyu ve buzunda +1°C'de olmak üzere farklı soğutma ortamlarında muhafazası yanında, –12°C'de de dondurulmuştur. Balıklarda duyusal analiz ile birlikte pH, trimetilamin, toplam uçucu bazik azot, tiyobarbütirik asit sayısı, peroksit sayısı ve amonyak tayini yapılmıştır. Araştırmanın sonucuna göre balık yakalandıktan sonra, tazeliğin korunması amacıyla vakit kaybetmeden 0°C civarında soğutma yapılmalıdır. Dondurarak muhafaza balığın dayanıklılık süresini arttırmaktadır. Bu nedenle uzun süreli depolamalarda, balığın dondurularak muhafaza edilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Buzdolabı koşullarında depolanan ($+2^0$C - +4°C) istavrit balığının (*Trachurus trachurus*) tazeliğinin ve kimyasal bileşiminin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışma sonucunda (Şengör ve ark 2000), taze istavrit balığının maksimum 7 günlük depolama ömrüne sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca yakalanan balığın soğutulmuş depo koşullarında saklanmasının, kalitenin devamı açısından büyük önem taşıdığını belirtmişlerdir.

Özel bir işletmede kültür yoluyla üretilmiş olan gökkuşağı alabalıkları (*O. mykiss*), fileto ve bütün olarak dondurularak (-30°C'de) depolanmış ve bir yıllık

depolama süresi içerisinde yağ ve yağ asitlerindeki değişimler gaz kromatografık metot kullanılarak tespit edilmiştir (Dönmez ve Tatar 2001). Gökkuşağı alabalığının bir yıllık muhafazası sonucu toplam yağ oranlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Yağ asitlerinde meydana gelen değişimlere ise, işleme yöntemleri ve depolama süresinin etkisi olduğu tespit edilmiştir. Dondurarak muhafaza süresi içerisinde ilk 6. aya kadar fazlaca bir değişim göstermeyen fileto edilmiş olan alabalıklar, yağ asitleri yönünden fazlaca kayba uğramadıkları için tercih edilmiştir. Depolamanın ilerlediği 9. ve 12. aylar sonunda otooksidasyon ve hidroliz sebebiyle doymuş yağ asitleri oranı artarken, doymamış yağ asitleri oranı azalmıştır. Tekli doymamış yağ asitleri oranlarında ise bir yıllık depolama sonucunda fazlaca bir değişim görülmemiştir. Sonuç olarak gökkuşağı alabalığının iç organları temizlenip fileto edildikten sonra muhafaza edilmesi ve en geç dokuzuncu ayın sonuna kadar tüketilmesi önerilmiştir.

Ekinci ve Yapar (2004)'ın yaptıkları araştırmada, üç farklı (-30°C, -35°C ve -40°C) sıcaklıkta ve iki farklı (0 m/s, 2 m/s) hava sirkülasyonunda dondurulan alabalıkların (*O.mykiss*) donma ve çözünme zamanları deneysel olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, uygulanan dondurma sıcaklıkları ve hava sirkülasyonlarının ön soğutma ve donma zamanları üzerine önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ancak dondurma sıcaklıkları ve hava sirkülasyonlarının, çözünme zamanı üzerine etkisinin önemli olmadığı bulunmuştur. Araştırma sonucuna göre, düşük dondurma derecelerinde ve artan hava sirkülasyonunda, donma zamanının kısaldığı tespit edilmiştir. Dondurma amacıyla uygulanan sıcaklık ve hava sirkülasyonu ile çözünme zamanının değişmediği belirlenmiştir. Bu nedenle, balıkların dondurularak muhafazası sırasında kalite özelliklerini en iyi şekilde koruyacak dondurma ve muhafaza sıcaklığının seçilmesi gerektiği, bu sayede ürünün en ekonomik şekilde muhafazasının da sağlanmış olacağı belirtilmiştir.

Rasoarahona ve ark (2005) yaptıkları çalışmada, Madagaskar'daki 3 tilapia türlerinde (*Oreochromis niloticus, O. macrochir* ve *Tilapia rendalli)* mevsimin, yağ içeriği ve yağ asidi bileşimine etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla 3 mevsime göre 100–250 gr'lık balıklar seçilmiştir. Bu türlerde en yüksek oranda görülen yağ asitleri sırasıyla palmitik asit, stearik asit, oleik asit, palmitoleik asit, linoleik asit, PUFA'lar arasında da EPA, DHA ve araşidonik asittir. Bu asit miktarları tür ve mevsimlere

göre değişmiştir. Özellikle de *O.macrochir'*de, ilkbahar ve sonbahar arasındaki dönemde DHA oranı düşüktür. Omega–3/omega–6 oranı her bir tür için mevsimde farklılık göstermiştir. Genel olarak bu oran, sonbaharda düşük ve kışın da yüksek bulunmuştur. Yağ asidi bileşimi, türlerden çok mevsimler arasında farklılık göstermiştir. Bu balıkların besin değerlerinin iyi olmasının içerdikleri omega-3 den kaynaklandığı belirtilmektedir.

Erdem ve ark (2005)'nın yaptıkları çalışmada da, marinat (sade ve baharatlı) ve tuzlama yöntemleri ile işlenip muhafaza edilen istavrit balığının (*Trachurus mediterraneus*) bazı kalite değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma süresince örneklerde duyusal analizler ile birlikte, total uçucu bazik azot (TVB-N), trimetilamin azot (TMA-N), pH ve tiyobarbiturik asit (TBA) analizleri aylık ve üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Örnekler buzdolabında (4°C±1) 120 gün boyunca depolanmıştır. Yapılan duyusal, TVB-N, TBA, TMA ve pH analizlerine göre salamura, baharatlı ve marina edilmiş olarak hazırlanan ürünlerden salamura edilmiş ürünlerde raf ömrünün 30 gün, baharatlı ve marine edilmiş ürünlerde ise raf ömrünün 60 gün olduğu tespit edilmiş olup, baharatlı ürünlerin yeni bir ürün olarak ülkemiz halkının beğenisine sunulabileceği sonucuna varılmıştır.

Boran ve ark (2006)'nın çalışmasında ise, çeşitli balık türlerindeki yağın kalitesi üzerine depolama sıcaklığının etkisi incelenmiştir. İstavrit, tirsi balığı, turna balığı, altınbaş kefalden ekstrakte edilen balık yağları analize edilmiştir. Çözücü ekstraksiyon metodla toplanan ham balık yağları +4 °C ve −18 °C depolanmıştır. 150 günlük depolama süresi içerisinde de yağların kimyasal kaliteleri, iodin, ester, asit, sabunlama, peroksit ve TBA değerlerini kapsayan çeşitli parametrelerle değerlendirilmiştir. İodin ve ester dışındaki bütün kalite parametreleri, her iki sıcaklıktaki depolama süresince artmıştır. Oksidatif bozulma en fazla tırsi balığı yağında görülmüştür. Bütün örnekler içinde de turna balığı yağı, oksidayona karşı en fazla direnç göstermiştir.

Bilgin ve ark (2006) pişmiş ve çiğ olarak buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen kahverengi karides'in (*Crangon crangon),* kimyasal kalitesinde meydana gelen değişimlerini araştırmıştır. Pişmiş (100°C'de 15 dakika bekletilmiş) ve çiğ karides örnekleri buzdolabında (4±1°C) muhafaza edilmiştir. Yapılan duyusal,

kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre, pişmiş ve çiğ örneklerin muhafazanın 0. gününde çok iyi, 1. gününde iyi kalitede olduğu bulunmuştur. Çiğ ve pişmiş karideslerin sırasıyla, 2. ve 4. gün bozulmadan saklanabileceği belirlenmiştir. Her iki ürünün kalitesi arasında, duyusal açıdan istatistikî fark önemsiz, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan önemli bulunmuştur. Ancak, muhafaza süresi 5. günden itibaren göz önüne alındığında, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal değerler arasındaki istatistikî farkın önemli olduğu tespit edilmiştir.

Özyurt ve ark (2007)'nın çalışmasında, II. IV. ve VI. yaştaki incedudaklı kefalların yağ asidi bileşimi ve buzdolabında muhafazası sırasında lipit oksidasyonu araştırılmıştır. Tüm yaş gruplarında temel yağ asitlerinin palmitik asit, stearik asit, oleik asit, araşidonik asit, EPA ve DHA olduğu belirlenmiştir. Bu araştırma sonucunda, herhangi bir yaş grubundaki incedudaklı kefalın günde 100 g tüketilmesinin toplam EPA ve DHA yağ asitleri açısından insanların ihtiyacını karşılayabilmede yeterli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, duyusal değerlendirme sonuçlarına göre tüm yaş gruplarındaki incedudaklı kefalların buzdolabında depolanma süresi 7 gün olarak belirlenmiştir.

Bilgin ve ark (2007)'nın yaptığı bu araştırmada ülkemiz içsularında bulunan *Salmo trutta macrostigma*'nın sıcak dumanlama teknolojisine uygunluğunun yanı sıra farklı sıcaklıklarda depolamanın kimyasal bileşime etkileri araştırılmıştır. Balıklar sıcak dumanlama işlemine tabi tutulduktan sonra bir bölümü buzdolabı koşullarında (4±0.5^{o}C'de) 51 gün, bir bölümü derin dondurucu koşullarında (-18±1^{o}C'de) 180 gün depolanmıştır. Her analizde örneklerin su, toplam lipit, inorganik madde ve tuz tayini, toplam yağ asitleri, pH, TBA ve TVB-N analizleri ile yağ asitlerinin gaz kromatografik analizleri yapılmıştır. Taze ve sıcak dumanlanmış balık örneklerinin genel kimyasal bileşimleri de incelenmiştir. Toplam yağ asitleri değeri tüm gruplarda düzensiz değişim sergilemiş, TBA ve TVB-N bileşikleri tüm gruplarda depolama günlerine bağlı olarak artış göstermiştir. Sıcak dumanlanmış ürünlerin depolanması sırasında genel olarak doymuş yağ asitlerinde artış, doymamış yağ asitlerinde azalış tespit edilmiştir. Sonuç olarak, farklı depolama sıcaklıklarının sıcak dumanlanmış *S.trutta macrostigma*'nın kimyasal bileşimine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada buzdolabı koşullarında ürünün daha kısa sürede değişime uğradığı, derin dondurucu koşullarında daha uzun ömürlü olduğu saptanmıştır.

S. trutta macrostigma'ya uygulanan sıcak dumanlama teknolojisi sonucu, örneklerin çalışma periyodu boyunca tüketilebilirlik özelliğini koruduğu ortaya konulmuştur.

1.6 Balıkların Pişirilme Şekillerinin Yağ ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi

Gökoğlu ve ark (2004)'nın yaptıkları araştırmada, pişirme metotlarının gökkuşağı alabalığın (*O.mykiss),* mineral içeriği ve bileşenlerine etkisi incelenmiştir. Çiğ balık kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Kızartma, haşlama, fırında pişirme, ızgarada ve mikrodalga fırında pişirme şeklinde metotlar kullanılmıştır. Fırında pişirme işlemi 180°C'de 30 dk'da gerçekleştirilmiştir. Uygulanan tüm pişirme işleminden sonra alabalıkların deri ve kemikleri çıkarılarak, el karıştırıcısı vasıtasıyla analiz için homojen hale getirilmiştir. Araştırmanın sonucuna göre, çiğ haldeki alabalığın % 3,44 olan toplam yağ oranı, fırında pişirme ile %6,2'ye, yağda kızartıldıktan sonra % 12,70'e yükselmiştir. Yağda kızartma sonucundaki yağ oranındaki bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın haşlama, fırında pişirme, ızgarada ve mikrodalga fırında pişirme şekilleri gökkuşağı alabalığının toplam yağ düzeyini değiştirmemiştir.

Ötleş ve Şengör (2005)'ün yaptıkları çalışmada, çift kabuklular ile midyelerin yağ asidi bileşimine üretim teknolojilerinin etkileri incelenmiştir. Sonuçlara göre, tütsüleme ve farklı pişirme çeşitleri, yağ asidi bileşimlerinde önemli değişikliklere sebep olmuştur. Özellikle beslenmede önemli olan çoklu doymamış yağ asitlerinden olan DHA ve EPA'da bu değişiklikler daha fazla olmuştur. Genellikle üretim tekniklerine de bağlı olarak, EPA ve DHA'nın miktarlarında azalma olmuştur. En fazla düşüş kızartarak ve pişirerek üretilmiş midyelerde görülmüştür.

Oğuzhan ve ark (2006)'nın çalışmalarında, yaklaşık olarak 250 g ağırlıkta olan taze alabalıkları salamurada (100 ml suda 28 g tuz) 1 saat beklettikten sonra, tütsüleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Önce 20°C'de 30 dk, ardından da 80-90°C'de 3 saat süre ile tütsüleme yapılmıştır. Hem taze hem de tütsülenmiş balıkların kimyasal bileşimlerindeki değişimleri incelenmiştir. Taze gökkuşağı alabalığı filetolarında % 72.31 su, % 20.15 protein, % 1.29 kül ve % 4.61 yağ bulunurken, sıcak tütsüleme sonrası % 59.26 su, % 28.05 protein, % 2.02 kül ve % 9.51 yağ tespit edilmiştir. Böylece taze gökkuşağı alabalığı filetolarına göre, sıcak tütsülenmiş gökkuşağı

alabalığı filetolarının su kaybına bağlı olarak protein, kül ve yağ oranlarında artış belirlenmiştir.

Angiş ve ark (2006)'nın yaptıkları araştırmada, gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*), mangalda pişirilerek ve soğuk tütsüleme yöntemiyle tütsülenerek duyusal kalite bakımından karşılaştırılmıştır. Duyusal değerlendirmede görünüş, koku, çiğneme özelliği, lezzet, genel beğeni kriterleri esas alınmıştır. Buna göre soğuk tütsülenmiş alabalıkların, mangalda pişirilen alabalıklara göre görünüş, koku, lezzet, çiğneme özelliği ve genel beğeni bakımından daha yüksek puan aldığı gözlenmiştir.

Castro ve ark (2006) sazan *(Cyprinus carpio*), tilapia (*Oreochromis niloticus*), kırmızı piranha (*Colossoma macropomum*), piranha (*Piaractus mesopotamicus*) balık türlerinde gaz kromatografi ile yağ analizi yapmışlardır. Balıklar sırasıyla 0.,15., 30. ve 45. günlerde -20^{0}C de depo edilmiş ve sonrada çiğ, fırında ve buğulama işlemlerine derili ve derisiz olarak tabi tutulmuştur. Derisiz olanların derili olanlara göre toplam yağ içeriğinde azalma olmuştur. Yağ asidi bileşimlerinde ise, depolama süresi ve hazırlamaya göre fazla bir değişiklik bulunmamıştır. Sonuç olarak, depolama ve pişirme metotları yağ asidi bileşimini fazla etkilememiştir.

Yanar ve ark (2007) deniz levreği filetosuna uygulanan farklı pişirme metotlarının yağ asidi bileşimine etkisini incelemiştir. Seçilen balıkların ağırlıkları 259±24 g'dır. Her bir grupta 2 kg olacak şekilde 3 gruba ayrılan balıklardan ilki çiğ olarak işleme tabi tutulmuştur. Diğer 2 grup ise ızgara ve kızartma ile fırında ve mikrodalga fırında pişirme şeklinde uygulanmıştır. Levrek filetolarına uygulana fırında 180°C'de 20 dk fırında pişirilme işlemi uygulanmış olup, 30 adet yağ asidi analiz edilmiştir. Toplam yağ oranı, kızartılmış ve mikrodalga fırında pişirilmiş olan balıklarda % 5,23'den % 12,98'e kadar yükselmiştir. Ancak elektrikli ızgara ve fırında pişirilen balıklarda ise toplam yağ oranında bir değişim gözlenmemiştir. Yapılan çalışma sonucunda kızartma hariç, ızgara, fırında ve mikro dalgada pişirme yöntemlerinin yağ asidi bileşiminde önemli bir değişiklik yapmadığı görülmüştür. Kızartılmış olan balıklarda ∑SFA değerinde azalma, ∑PUFA değerinde ise artma görülmüştür. Ayçiçeği yağında kızartılmış olan balıklarda ise, yağdan absorbe ettikleri C18:1 (n-9) ve C18:2 (n-6) olan çoklu doymamış yağ asitleri ve SFA tespit

edilmiştir. Izgara, fırında ve mikrodalga fırında pişirilen levreğin, bilimsel olarak kanıtlanmış kardiovasküler rahatsızlıkların düzeltilmesi konusunda önemli olan PUFA yağ asitlerinden olan omega-3/omega-6 oranı kızartma işlemi hariç, çiğ balıkta olduğu gibi 1,33'tür. Ancak balığa uygulanan kızartma işlemi sonrasında bu oranın düştüğü görülmüştür.

Ferreira ve ark (2007)'nın yaptıkları çalışmada, Nil'de yetişen tilapia balığı (*Oreochromis niloticus)* filetolarına uygulanan farklı pişirme metotlarının, toplam yağ asidi, kolesterol ve kimyasal bileşime etkisi araştırılmıştır. Pişirme metotları olarak, suda haşlama, soya yağında kızartma, elektrikli fırında (150°C'de 20 dk) ve mikrodalgada pişirme uygulanmıştır. Kontrol grubu olarak da çiğ balıklar kullanılmıştır. Bu deneydeki örnekler tamamen rastgele seçilmiştir. Balık deneysel bir ünite olarak düşünülmüştür. Her uygulamada 7 tane deneysel birim kullanılmıştır. Balıklar -20°C'de muhafaza edilmişlerdir. Pişirilmiş filetoda kuru madde miktarı artmıştır. Toplam yağ oranı, soya yağı ile kızartılmış olan balıkların filetolarında diğerlerinden daha fazladır. Çiğ balıkla karşılaştırıldığında kolesterol miktarı tüm pişirmelerde yüksek çıkmıştır. Diğer uygulamalarla karşılaştırıldığında, fırınlanmış balık filetolarındaki MUFA ve SFA miktarı düşük, buna karşın PUFA yüksek oranda bulunmuştur. Ayrıca SFA, MUFA ve PUFA değerleri arasında da çiğ balığa göre soya yağında kızartılmış balık dışındakilerde değişim önemli bulunmamıştır.

Ünüsan (2007)'ın yaptığı çalışmada, çiftlikte yetiştirilen ve ticari önemi olan gökkuşağı alabalığının *(O.mykiss)*, aminoasit ve yağ asidi bileşimin, mikrodalga ve geleneksel pişirme sonrasındaki değişiklikleri analiz edilmiştir. Mikrodalga fırınlarda pişirilen alabalıkların istatistiksel olarak toplam protein, yağ ve kül miktarları, fırında pişirilen örneklerden daha fazla bulunmuştur. Her iki pişirme metodunda esansiyel ve esansiyel olmayan aminoasitler arasında farklılık olmamakla birlikte çiğ ve pişirilmiş örnekler arasındaki fark önem olarak belirtilmiştir. Her iki farklı pişirme yöntemleri arasında ∑SFA ile ∑MUFA için istatistiksel fark önemli değilken, çiğ ve pişirilmiş örneklerde ise önemli bulunmuştur. Çiğ ve pişirilmiş olan filetolardaki omega–3 ve omega–6 yağ asidi içeriklerindeki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Tokur (2007) tarafından, gökkuşağı alabalığına (*O. mykiss*) uygulanan kızartma, fırında pişirme, barbekü ve tütsüleme işlemlerinin yaklaşık yağ bileşim değeri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bütün pişirme metotlarında nem oranı azalırken yağ içeriği artmıştır. Kuru maddedeki protein içeriği, kızartma ve fırında pişirmede değişmezken barbekü ve tütsülemede azalmıştır. Serbest yağ asitleri, peroksit değerleri, TBA yağ kalitesini etkilediğinden dolayı analiz edilmiştir. Peroksit miktarlarında tütsüleme örneklerinde azalma görülürken, diğer pişirme yöntemlerinde önemli bir artış olmuştur. Bütün pişirme metotlarında TBA'da artış görülmüştür. Ayrıca, balıklara uygulanan pişirme işlemleri lipid oksidasyonunu hızlandırmıştır.

2. GEREÇ ve YÖNTEM

2.1. Gereç

Çalışmamızda, Şanlıurfa İli Birecik İlçesinde kafes balıkçılığı yapan "Fırat Alabalık Üretme Çiftliği'nden" temin edilen ve tüketime hazır hale gelen 10'u erkek, 17'si dişi olan toplam 27 adet, ağırlıkları 200–350 gr arasında değişen, aynı döneme ait ve aynı gün seçilen gökkuşağı alabalıkları (*Onchorynchus mykiss*) kullanılmıştır. Alınan materyaller 0., 15., ve 30. günlerde işlenmek üzere 3 gruba ayrılmıştır. İlk grup kontrol grubu olarak değerlendirmeye alınmıştır. Diğer iki grup ise 15. gün ve 30. günde işlenmek üzere -18°C'de dondurularak muhafaza edilmiştir. Her grup kendi arasında 200-250 g, 251-300 g ve 301-350 g olacak şekilde 3'erli ayrılmıştır. Böylece her çalışma gününe ait 9'ar adet balık ile çalışılmış olup, her bir balık üzerinde derili-derisiz, çiğ ve pişirme yöntemleri kullanılmıştır.

Diğer iki grup ise -18°C'de, 15 ve 30 gün muhafaza edilmiştir. Süre bitiminde de 0. günde yapılan işlemler uygulanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda,108 adet numunede 30 adet yağ asidi analize edilmiştir. Bunlar, kaproik asit, kaprilik asit, kaprik asit, laurik asit, tridekanoik asit, miristik asit, pentadekanoik asit, palmitik asit, heptadekanoik asit, stearik asit, andekanoik asit, behenik asit, trikosanoik asit, miristeloik asit, palmiteloik asit (C:16:1 cis7), palmiteloik asit (C:16:1 cis 9), heptadekanoik asit, oleik asit, eikosanoik asit, erusik asit, nervonik asit, linoleik asit, linolenik asit, α- linolenik asit, eikosadienoik asit, eikotrienoik asit (C:20:3 cis11-14-17), eikotrienoik asit (C:20:3 cis 8-11-14), araşidonik asit, eikosapentaenoik asit, dokosaheksaenoik asit'tir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Örneklerinin Alınması, Muhafaza ve Pişirme Yöntemi

Aynı döneme ait ve aynı gün seçilmiş alabalıklar çalışmamızda kullanılmıştır. İkiye ayrılan balıkların bir tarafı çiğ diğer tarafı ise fırında pişirilerek, her bir parçası derili ve derisiz olarak değerlendirmeye alınmıştır. Numunelerde kullanılan kesitler balığın kas dokusundan ve derisinden temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılacak her bir balık, hassas terazi ile tartılarak ağırlıkları belirlenmiş ve boyları cetvel ile burun ucundan kuyruk yüzgecinin en uzun lobu arasındaki mesafesi ölçülerek total boyu hesaplanmıştır. Materyallerden iki grubu daha sonra yağ ekstraksiyonu ve yağ asitleri analizlerinin yapılması amacıyla -18°C'ye ayarlı bir derin dondurucuda dondurulmuşlardır. Balıklar tek tek alüminyum folyo ile sarıldıktan sonra, yine alüminyum ile kaplanmış karton üzerine dizilmiştir. İki grup olacak şekilde de streç filmle kaplanıp ambalajlandıktan sonra -18±l°C'de depolanmışlardır. Derin dondurucuda bir grup 15 gün ve diğer grup da 30 gün muhafaza edilmiştir.

Çalışmada kullanılan her bir balığın karın bölgesi makasla anüsten girilerek açılmış, iç organları temizlendikten sonra, bir yüzeyindeki sırt yüzgeçleri ile yan hat (linea lateral) arasındaki bölgeden yeterli miktarda derili ve derisiz kas dokusu alınmıştır. Diğer yüzeyi ise alüminyum folyolara sarılmak suretiyle elektrikli fırında 180ºC'de 25 dk'lık kuru pişirme uygulandıktan sonra aynı işlemlerden geçirilmiştir. Pişirme sırasında tuz ve yağ katılmamıştır. Pişirildikten sonra da derili kas dokusu ve derisiz kas dokusundan analizler için örnekler alınmıştır. Alınan her bir örnek kuru madde tayini, yağ ekstraksiyonu ve yağ asitleri analizlerinin yapılması işlemlerine tabi tutulmuştur.

2.2.2. Kuru Madde Tayini

Kurutma kabı ve kapağı 130^{o}C'ta önceden ısıtılmış etüvde kurutulup, desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulup tartılarak kurutma kabının darası alınmıştır. Kurutma kabına homojen hale getirilmiş çiğ derili ve derisiz ile pişmiş derili ve derisiz balık örneklerinden konulmuştur. Kurutma kabının kapağı kapatılıp, tartılarak örneğin ağırlığı kaydedildikten sonra, 130^{o}C'ta ısıtılmış etüve kurutma kabı kapağı açık olarak yerleştirilmiştir. Kurutma işlemine 1,5 saat devam edildikten sonra da kurutma kabının kapağı kapatılarak desikatöre konulup, oda sıcaklığına geldikten sonra da tartılmıştır (AOAC 2000).

2.2.3. Yağ ve Yağ Asitleri Bileşiminin Belirlenmesi

Balık yağı asitlerinin metilleştirilmesi, Sasser (2001)'in önerdiği şekilde ekstrakte edilmiştir. Alınan kas dokularından yaklaşık 0,5 g ağırlığındaki numuneler test tüplerine alınmıştır. Numunelerin üzerine 45 g sodyum hidroksit, 150 ml metil alkol ve 150 ml saf su karışımından oluşan çözeltiden 1 ml ilave edilmiştir. Çözelti ilavesinden sonra tüpler 5–10 sn vortekste çalkalanmış ve 100 ºC'lik su banyosunda 25 dk inkübasyona bırakılmıştır. Bu aşamada dokulardaki hücre çeperleri parçalanarak yağ asitlerinin serbest kalması sağlanmıştır. Bu işlemi takiben tekrar 325 ml HCl ve 275 ml metil alkol karışımından 2 ml ilave edilerek 80ºC'lık su banyosunda 10 dk tutulmuştur. Su banyosundan çıkarılan örnekler buz içerisinde hızlı soğutmaya bırakılmış, bu uygulama ile serbest yağ asitlerine ester bağları ile metil eklenmiştir.

Hızlı soğutmanın ardından metillenmiş yağ asitleri üzerine 200 ml hegzan ve 200 ml metiltert butil eter karışımından 3 ml eklenerek 10 dk süreyle çalkalanmıştır. Böylece alt kısımda asidik, üst kısımda ise organik faz oluşumu sağlanmıştır. Bir pastör pipeti vasıtasıyla alt kısımdaki asidik faz atılarak üst kısımdaki organik faz tüp içerisinde muhafaza edilmiş, şayet faz oluşumu tam olarak teşekkül etmediyse numuneler santrifüjlenerek faz ayırımı yapılmış ve daha sonra asidik faz pastör pipetiyle uzaklaştırılmıştır.

En son aşamada her tüpe 10,8 g sodyum hidroksit ve 900 ml saf su karışımından oluşan çözeltiden 3 ml ilave edilip 5dk süreyle çalkalandıktan sonra 10 dk oda sıcaklığında bekletilmiş, takiben tüp içerisinde ayrışan üst fazdan 0,2–0,3 ml alınarak gaz kromatografisi tüplerine transfer edilmiştir (Haliloğlu 2001). Kurutulmuş balık numunelerinde tekrar kuru madde analizi yapılarak balık numunelerinin kuru maddesi belirlenmiş olup, balık numunelerinde yağ analizi de AOAC (2000) yöntemine göre yapılmıştır.

2.2.4.Gaz Kromatografın Koşulları

Elde edilen yağ asidi metil esterleri, HP-88 kolonu (100 m x 250 µm x 0.25 µm) (Agilent, USA) kullanılarak Gaz Kromatografisinde (HP 6890, Agilent, USA) analiz edilmiştir. Gaz Kromatografisinin şartları; enjeksiyon sıcaklığı 250^0C,

detektör sıcaklığı 280^0C , taşıyıcı gaz H_2, split oranı 1/100-1/50, sıcaklık programı 120^0C 1dk, dakikada 10^0C arttırılarak 175^0C'ye çıkartılmış ve 175^0C'de 10 dk bekletilmiştir. Dakikada 5^0C arttırılarak 210^0C'ye çıkartılmış, 210^0C'de 15 dk bekletilmiş, sonra sıcaklık dakikada 5^0C arttırılarak 230^0C'ye çıkartılmış, 230^0C'de 5dk bekletilmiştir. Retensiyon zamanları yağ asidi metil esterleri mix-37 standartları (Supelco, Bellfonte, PA, USA) ve yağ asidi metil esterleri mix-C8-C24 standartlarınkilerle (Supelco, Bellfonte, PA, USA) karşılaştırılarak pikler belirlenmiştir. 4:0 ve 24:1 arasındaki yağ asitlerini kapsayan pikler hesaplanmıştır. Yağ asitleri miktarı, toplam yağ asitleri metil esterlerinin yüzdesi olarak (g/100g) belirlenmiştir.

2.2.5. İstatistiksel Yöntem

Gruplara ait istatistiksel hesaplamalar SPSS programı (SPSSINC, Chicago, II, USA) kullanılarak yapılmıştır. Veri dağılımının normalitesi Kolmogorov- Smirnov testi kullanılarak kontrol edilmiştir. Çiğ-pişmiş ve derili-derisiz gruplar arasındaki farklılığı incelemek için Student t testi kullanılmıştır. Dönemler arasındaki farklılığın (0., 15. ve 30. gün) incelemesinde tek yönlü Varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve alt grup analizleri Duncan testi ile incelenmiştir. Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Önemlilik düzeyi $p<0,05$ olarak alınmıştır (Dawson ve Trap 2001).

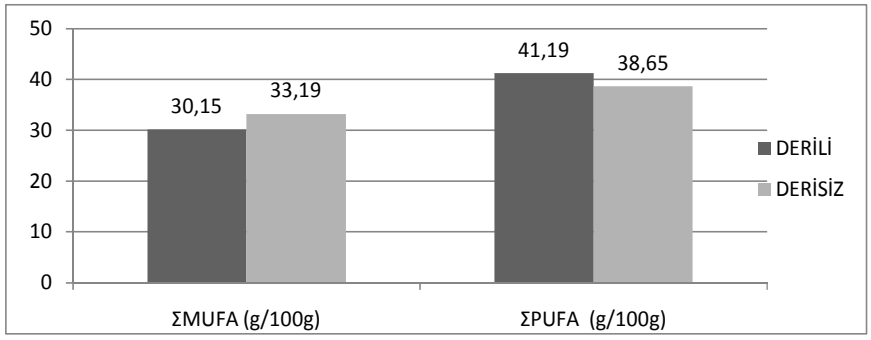
3. BULGULAR

3.1. Balıklarda Ağırlık ve Boy Ölçümü ile Kuru madde ve Yağ Düzeyleri

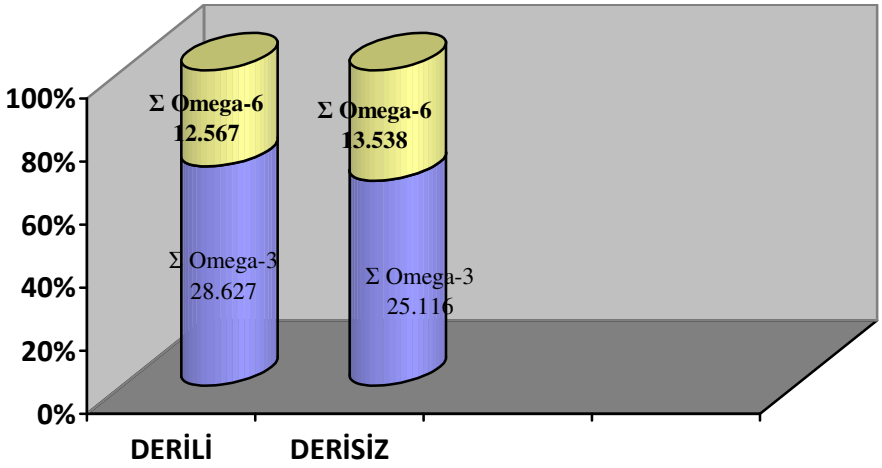
Yaptığımız çalışmada kullanılan 27 adet gökkuşağı alabalığının (*Onchorynchus mykiss*) ağırlığı ortalama 262,9±10,6 g, boyu 27,3±0,4 cm olarak bulunmuştur. Kullanılan alabalığın 12 aylık 10 adeti erkek, 17 adeti dişi olup, derisiyle ve derisi çıkartılmak suretiyle, çiğ ve fırında kuru pişirme yöntemi (180 °C 'de 25 dk) uygulanarak, 0. gün ve -18°C'de de 15 ile 30 gün muhafaza edildikten sonraki yağ ve yağ asidi bileşimindeki değişimleri incelenmiştir. İşleme girmemiş balıklarda kuru madde düzeyi ortalama 29.479±0.206, toplam yağ düzeyi ise ortalama 4.326±0.160 olarak bulunmuştur (Tablo 3.2).

3.2. Balıklarının Derili ve Derisiz Olarak İşlem Görmesinin Yağ Asidi Bileşimine Etkisi

Balığın derili ve derisiz olarak işlem görmesinin yağ asidi bileşimine etkisi Tablo 3.1'de gösterilmektedir. Balığın derili ve derisiz olması, ΣSFA ve ΣUFA düzeylerinde istatistik olarak önemli değişiklik oluşturmamıştır ($p>0,05$). Balıkların derili olarak işlem görmesi ΣPUFA ve Σomega-3 yağ asitleri düzeyinde artış ($p<0.001$), ΣMUFA ve Σomega-6 yağ asitleri düzeyleri ile Σomega-6 yağ asitleri/ Σomega-3 yağ asitleri oranında azalma ($p<0.001$) kaydedilmiştir (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).

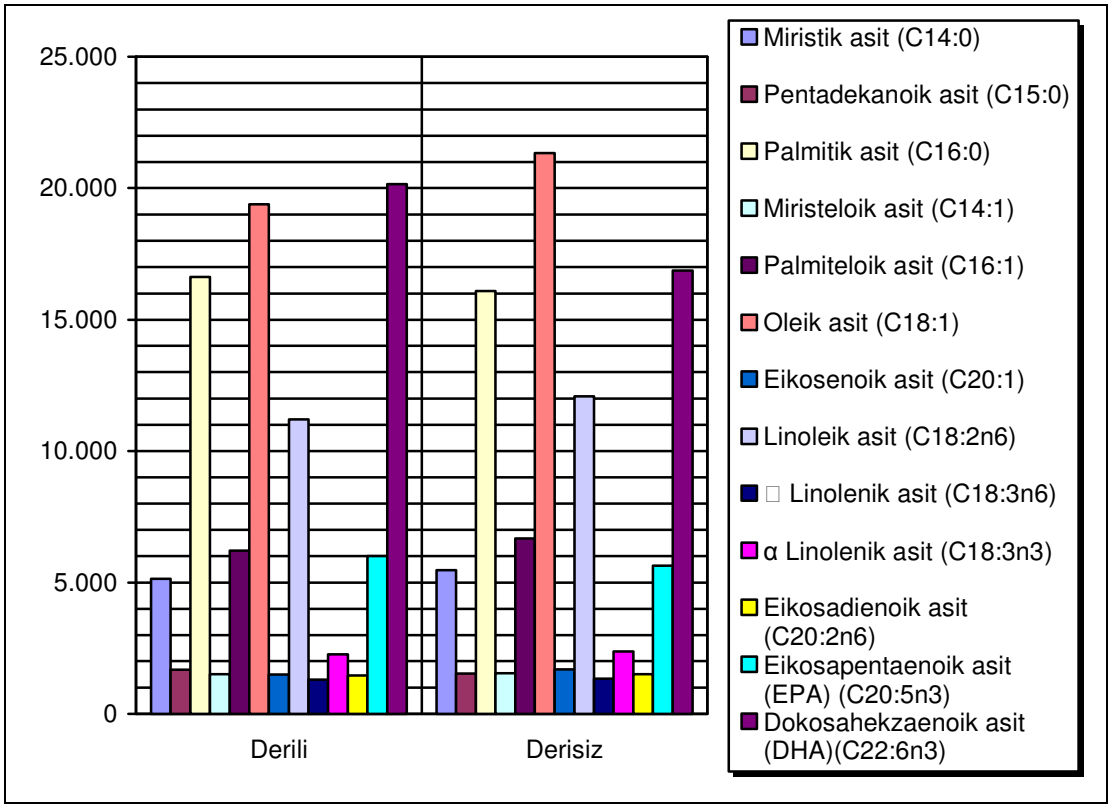


Şekil 3.1.Derili ve derisiz olarak işlem görmüş balıkların ΣMUFA ve ΣPUFA düzeylerine etkisi.



Şekil 3.2.Derili ve derisiz olarak işlem görmüş balıkların Σomega-3 ve Σ omega-6 düzeylerine etkisi.

Balığın derili olarak işlem görmesi pentadekanoik asit, palmitik asit, EPA ve DHA düzeylerinde artış ($p<0.05$), miristik asit, miristeloik asit, palmiteloik asit, oleik asit, eikosenoik asit, linoleik asit, γ-linolenik asit, α-linolenik asit, eikosadienoik asit düzeylerinde azalmanın ($p<0.05$) olduğu kaydedilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Derili ve derisiz balıklarda yağ asidi bileşimindeki değişim.

Tablo 3.1.Gökkuşağı alabalıklarının derili derisiz olmalarına göre yağ asidi bileşimlerine etkisi (toplam yağ asitleri metil esterlerinin yüzdesi olarak, g/100g).

	Derili (n=54)	Derisiz (n=54)	P
Kaproik asit (C6:0)	0.019±0.001	0.022±0.002	0.178
Kaprilik asit (C8:0)	0.013±0.001	0.016±0.002	0.065
Kaprik asit (C10:0)	0.018±0.002	0.018±0.002	0.763
Andekanoik asit (C11:0)	1.323±0.030	1.375±0.029	0.212
Laurik asit (C12:0)	0.092±0.003	0.097±0.003	0.326
Tridekanoik asit (C13:0)	0.071±0.007	0.084±0.009	0.264
Miristik asit (C14:0)	5.141±0.114[b]	5.465±0.116[a]	0.049
Pentadekanoik asit (C15:0)	0.678±0.027[a]	0.534±0.030[b]	0.001
Palmitik asit (C16:0)	16.621±0.115[a]	16.090±0.110[b]	0.001
Heptadekanoik asit (C17:0)	0.274±0.004	0.285±0.005	0.107
Stearik asit (C18:0)	3.282±0.052	3.280±0.058	0.987
Behenik asit (C22:0)	0.027±0.003	0.025±0.003	0.643
Trikosanoik asit (C23:0)	0.835±0.019	0.856±0.011	0.327
ΣSFA	**28.391±0.148**	**28.147±0.171**	**0.284**
Miristeloik asit (C14:1)	0.504±0.007[b]	0.541±0.008[a]	0.001
Palmiteloik asit (C16:1)	6.205±0.102[b]	6.675±0.103[a]	0.002
Cis-10 Heptadesenoik asit (C17:1)	0.729±0.021	0.759±0.023	0.330
Oleik asit (C18:1)	19.383±0.260[b]	21.340±0.192[a]	<0.001
Eikosenoik asit (C20:1)	1.491±0.043[b]	1.685±0.050[a]	0.004
Erüsik asit (C22:1)	1.876±0.044	1.946±0.044	0.265
Nervonik asit (C24:1)	0.228±0.015	0.254±0.010	0.163
ΣMUFA	**30.416±0.347[b]**	**33.199±0.218[a]**	**<0.001**
Linoleik asit (C18:2n6)	11.204±0.155[b]	12.085±0.128[a]	<0.001
γ Linolenik asit (C18:3n6)	0.300±0.007[b]	0.334±0.008[a]	0.003
α Linolenik asit (C18:3n3)	2.257±0.034[b]	2.378±0.032[a]	0.011
Eikosadienoik asit (C20:2n6)	0.454±0.012[b]	0.501±0.014[a]	0.009
Homo-γ linolenik asit (C20:3n6)	0.273±0.008	0.282±0.008	0.401
Eikosatrienoik asit (ETE) (C20:3n3)	0.222±0.004	0.225±0.004	0.601
Araşidonik asit (C20:4n6)	0.337±0.009	0.337±0.010	0.968
Eikosapentaenoik asit (EPA) (C20:5n3)	6.004±0.075[a]	5.639±0.071[b]	0.001
Dokosahekzaenoik asit (DHA)(C22:6n3)	20.145±0.470[a]	16.874±0.233[b]	<0.001
ΣPUFA	**41.194±0.364[a]**	**38.654±0.243[b]**	**<0.001**
ΣUFA	**71.611±0.148**	**71.853±0.171**	**0.287**
Σ Omega-3	**28.627±0.472[a]**	**25.116±0.241[b]**	**<0.001**
Σ Omega-6	**12.567±0.162[b]**	**13.538±0.131[a]**	**<0.001**
Omega 6 / Omega 3	**0.449±0.012[b]**	**0.542±0.008[a]**	**<0.001**

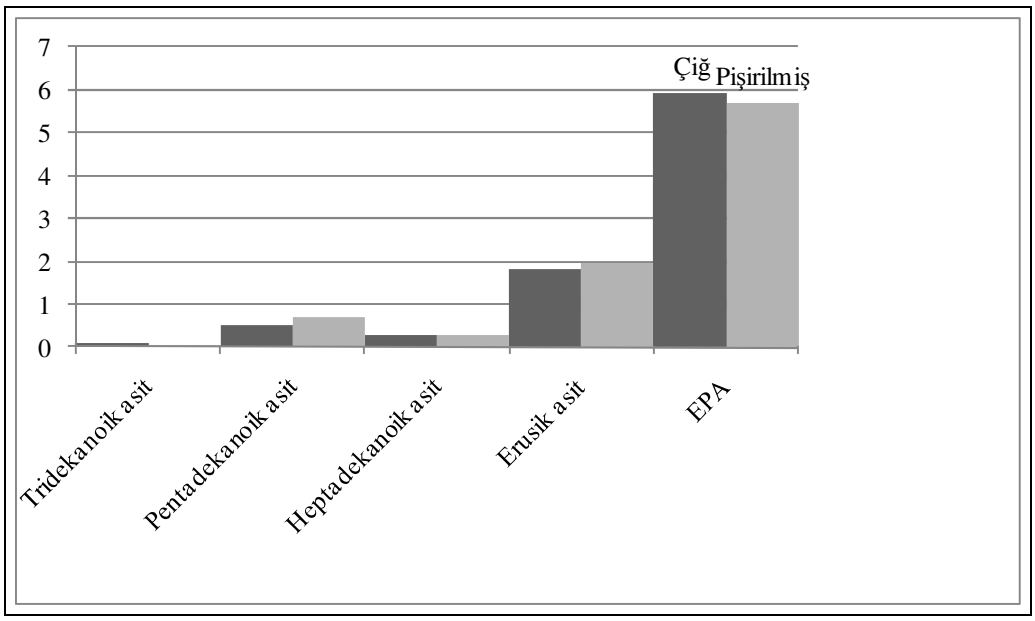
Ortalama±SH

a,b: Aynı sırada farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistik bakımdan önemlidir.

3.3. Çiğ ve Kuru Pişirme İşleminin Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi

Yapılan çalışmalarda, çiğ ve 180^0C'de 25 dk'lık kuru pişirme yönteminin uygulandığı alabalıklardaki toplam yağ düzeyi ve yağ asitlerindeki değişim Tablo 3.2'de gösterilmiştir. Toplam yağ düzeyi pişmiş balık numunesinde, çiğ balık numunesine kıyasla önemli derecede ($p<0.001$) yüksek bulunmuştur. Çiğ ve pişirme yöntemi uygulanan alabalıklarda ΣSFA, ΣUFA, ΣMUFA, ΣPUFA, Σomega-3 yağ asidi, Σomega-6 yağ asidi düzeyleri ile Σomega-6 yağ asidi/ Σomega-3 yağ asidi oranı bakımından farklılık istatistik açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Balıklara 180^0C'de 25 dk'lık kuru pişirme yöntemi uygulanması ile tridekanoik asit ve eikosapentaenoik asit düzeylerinde azalma ($p<0.05$), pentadekanoik asit, heptadekanoik asit ve erüsik asit düzeylerinde ise artış ($p<0.05$) saptanmıştır. Bu yağ asitlerindeki değişim Şekil 3.4'de de gözlenmektedir.



Şekil 3.4. Çiğ balık ile kuru pişirme işlemi uygulanan balıklardaki yağ asidi değişimi (g/100 g toplam FAME).

Tablo 3.2. Gökkuşağı alabalıklarına uygulanan çiğ ve kuru pişirme yöntemlerinin

toplam yağ düzeyi ve yağ asidi bileşimlerine etkisi (toplam yağ asitleri metil esterlerinin yüzdesi olarak, g/100g).

	Çiğ (n=54)	Pişmiş(n=54)	P
Kuru madde, %	29.479±0.206[b]	37.975±0.458[a]	<0.001
Toplam Yağ, % KM'de	4.326±0.160[b]	6.544±0.191[a]	<0.001
Kaproik asit (C6:0)	0.022±0.002	0.019±0.001	0.178
Kaprilik asit (C8:0)	0.016±0.002	0.013±0.001	0.101
Kaprik asit (C10:0)	0.019±0.002	0.017±0.002	0.450
Andekanoik asit (C11:0)	1.353±0.034	1.345±0.024	0.847
Laurik asit (C12:0)	0.091±0.004	0.098±0.003	0.106
Tridekanoik asit (C13:0)	0.089±0.008[a]	0.065±0.008[b]	0.030
Miristik asit (C14:0)	5.376±0.138	5.229±0.091	0.376
Pentadekanoik asit (C15:0)	0.495±0.026[b]	0.717±0.026[a]	<0.001
Palmitik asit (C16:0)	16.303±0.123	16.408±0.113	0.532
Heptadekanoik asit (C17:0)	0.270±0.004[b]	0.289±0.006[a]	0.005
Stearik asit (C18:0)	3.210±0.060	3.352±0.047	0.065
Behenik asit (C22:0)	0.029±0.003	0.023±0.003	0.162
Trikosanoik asit (C23:0)	0.851±0.020	0.840±0.009	0.601
ΣSFA	**28.124±0.163**	**28.415±0.156**	**0.200**
Miristeloik asit (C14:1)	0.531±0.009	0.514±0.006	0.111
Palmiteloik asit (C16:1)	6.484±0.119	6.396±0.095	0.564
Cis-10 Heptadesenoik asit (C17:1)	0.745±0.020	0.744±0.023	0.971
Oleik asit (C18:1)	20.322±0.298	20.400±0.228	0.835
Eikosenoik asit (C20:1)	1.596±0.055	1.579±0.040	0.805
Erüsik asit (C22:1)	1.843±0.039[b]	1.978±0.047[a]	0.030
Nervonik asit (C24:1)	0.233±0.015	0.249±0.010	0.375
ΣMUFA	**31.755±0.384**	**31.861±0.305**	**0.829**
Linoleik asit (C18:2n6)	11.543±0.169	11.746±0.136	0.355
γ Linolenik asit (C18:3n6)	0.318±0.007	0.316±0.009	0.860
α Linolenik asit (C18:3n3)	2.306±0.038	2.329±0.029	0.643
Eikosadienoik asit (C20:2n6)	0.468±0.015	0.487±0.010	0.297
Homo-γ linolenik asit (C20:3n6)	0.272±0.007	0.282±0.009	0.383
Eikosatrienoik asit (ETE) (C20:3n3)	0.224±0.004	0.223±0.004	0.845
Araşidonik asit (C20:4n6)	0.325±0.008	0.349±0.011	0.083
Eikosapentaenoik asit (EPA) (C20:5n3)	5.935±0.078[a]	5.708±0.074[b]	0.037
Dokosahekzaenoik asit (DHA)(C22:6n3)	18.731±0.477	18.288±0.382	0.471
ΣPUFA	**40.121±0.374**	**39.727±0.334**	**0.433**
ΣUFA	**71.876±0.163**	**71.587±0.155**	**0.203**
Σ Omega-3	**27.195±0.487**	**26.548±0.394**	**0.304**
Σ Omega-6	**12.926±0.178**	**13.179±0.142**	**0.269**
Omega 6 / Omega 3	**0.487±0.014**	**0.504±0.010**	**0.345**

Ortalama±SH a,b: Aynı sırada farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistik bakımdan önemlidir.

3.4. Muhafaza Koşullarının Balıklarda Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimlerine Etkisi

Balıkların -18°C'de 15 ve 30 gün muhafaza süresinin kuru madde üzerine etkisi görülmemiştir (Tablo 3.3). Balıkların 15 günlük muhafazasında yağ düzeyi etkilenmezken 30 günlük muhafaza sonunda önemli düzeyde artmıştır ($p<0.05$).

Gökkuşağı alabalıklarının (*O.mykiss*), 0. gün, 15. ve 30. gün (-18°C'de) muhafaza edilmelerinin yağ asidi bileşimine etkisi (Tablo 3.3) incelendiğinde, toplam doymuş yağ asitlerinde (ΣSFA) 15 günlük muhafaza sonunda artış ($p<0.001$) gözlenirken 30 günlük muhafaza sonunda azalma ($p<0.001$) tesbit edilmiştir. Ancak balıkların 15 ve 30 gün muhafaza edilmesi toplam tekli doymamış yağ asitleri (ΣMUFA) ve toplam çoklu doymamış yağ asitleri (ΣPUFA) düzeylerini etkilememiştir. Balıkların -18^{0}C'de 15 ve 30 gün muhafaza edilmesinin yağ asitleri düzeylerine etkisi Şekil 3.5'de de gözlenmektedir.

Balıkların -18^{0}C'de 15 gün muhafaza edilmesi andekanoik asit, pentadekanoik asit ve miristeloik asit düzeylerinde artış ($p<0.05$), tridekanoik asit ve behenik asit düzeylerinde ise azalma ($p<0.05$) kaydedilmiştir.

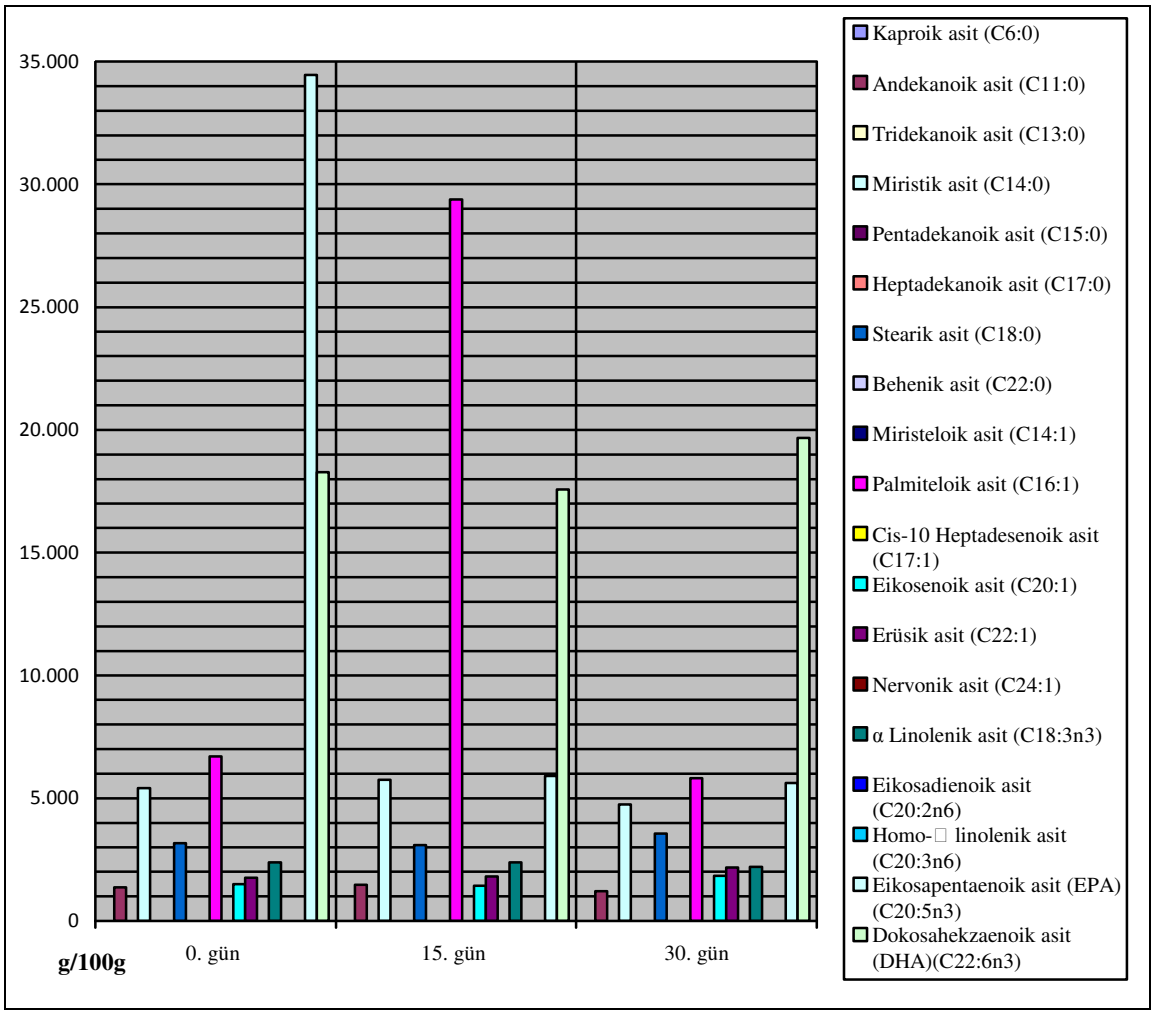
Balıkların -18^{0}C'de 30 gün muhafaza edilmesi ile andekanoik asit, miristik asit, behenik asit, palmiteloik asit, cis-10 heptadesenoik asit, α-linolenik asit ve EPA düzeylerinde istatistik açıdan önemli azalma ($p<0.05$) tesbit edilmiştir. Buna karşılık heptadekanoik asit, stearik asit, eikosenoik asit, erüsik asit, nervonik asit, eikosadienoik asit, homo-γ-linolenik asit düzeylerinde ise önemli artışlar ($p<0.05$) saptanmıştır.

Balık eti yağındaki omega-3 ve omega-6 yağ asitleri ile omega-6/omega-3 yağ asitleri oranı muhafaza koşullarından etkilenmemiştir.

Tablo 3.3. Gökkuşağı alabalıklarının muhafaza edilme süresinin toplam yağ düzeyi ve yağ asidi bileşimlerine etkisi (toplam yağ asitleri metil esterlerinin yüzdesi olarak, g/100g).

	0.gün(n=36)	15. gün(n=36)	30. gün(n=36)	P
Kuru madde, %	33.918 ±0.757	33.001±0.692	34.262±1.022	0.546
Toplam Yağ, % KM'de	5.002±0.302^{b}	5.311±0.223^{ab}	5.993±0.300^{a}	0.039
Kaproik asit (C6:0)	0.015±0.001^{b}	0.024±0.003^{a}	0.022±0.002^{a}	0.004
Kaprilik asit (C8:0)	0.014±0.001	0.013±0.001	0.016±0.002	0.469
Kaprik asit (C10:0)	0.017±0.002	0.019±0.002	0.018±0.002	0.744
Andekanoik asit (C11:0)	1.366±0.029^{b}	1.473±0.040^{a}	1.209±0.024^{c}	<0.001
Laurik asit (C12:0)	0.089±0.003	0.098±0.005	0.096±0.003	0.285
Tridekanoik asit (C13:0)	0.094±0.010^{a}	0.055±0.004^{b}	0.083±0.012^{a}	0.015
Miristik asit (C14:0)	5.409±0.112^{a}	5.750±0.166^{a}	4.749±0.087^{b}	<0.001
Pentadekanoik asit (C15:0)	0.516±0.031^{b}	0.700±0.038^{a}	0.602±0.035^{b}	0.001
Palmitik asit (C16:0)	16.416±0.131	16.539±0.178	16.112±0.109	0.096
Heptadekanoik asit (C17:0)	0.269±0.003^{b}	0.271±0.005^{b}	0.299±0.007^{a}	<0.001
Stearik asit (C18:0)	3.181±0.058^{b}	3.101±0.072^{b}	3.561±0.042^{a}	<0.001
Behenik asit (C22:0)	0.046±0.003^{a}	0.022±0.004^{b}	0.010±0.001^{c}	<0.001
Trikosanoik asit (C23:0)	0.862±0.011	0.810±0.027	0.865±0.012	0.066
ΣSFA	**28.293±0.162^{b}**	**28.874±0.210^{a}**	**27.641±0.159^{c}**	**<0.001**
Miristeloik asit (C14:1)	0.533±0.008^{b}	0.552±0.011^{a}	0.484±0.006^{b}	<0.001
Palmiteloik asit (C16:1)	6.704±0.124^{a}	6.805±0.123^{a}	5.811±0.070^{b}	<0.001
Heptadesenoik asit (C17:1)	0.839±0.014^{a}	0.826±0.021^{a}	0.567±0.014^{b}	<0.001
Oleik asit (C18:1)	20.308±0.302	20.153±0.318	20.623±0.351	0.581
Eikosenoik asit (C20:1)	1.493±0.032^{b}	1.436±0.055^{b}	1.834±0.062^{a}	<0.001
Erüsik asit (C22:1)	1.753±0.027^{b}	1.809±0.048^{b}	2.170±0.054^{a}	<0.001
Nervonik asit (C24:1)	0.233±0.008^{b}	0.211±0.023^{b}	0.279±0.011^{a}	0.007
ΣMUFA	**31.863±0.430**	**31.792±0.406**	**31.768±0.443**	**0.987**
Linoleik asit (C18:2n6)	11.704±0.204	11.909±0.178	11.319±0.173	0.078
γ Linolenik asit (C18:3n6)	0.315±0.008	0.318±0.008	0.317±0.013	0.972
α Linolenik asit (C18:3n3)	2.376±0.043^{a}	2.375±0.039^{a}	2.201±0.037^{b}	0.002
Eikosadienoik asit (C20:2n6)	0.446±0.016^{b}	0.447±0.014^{b}	0.538±0.012^{a}	<0.001
Homo-γ linolenik asit (C20:3n6)	0.244±0.005^{b}	0.245±0.005^{b}	0.343±0.007^{a}	<0.001
Eikosatrienoik asit (ETE)	0.218±0.004	0.223±0.006	0.228±0.004	0.373
Araşidonik asit (C20:4n6)	0.325±0.007	0.332±0.016	0.355±0.010	0.171
Eikosapentaenoik asit (EPA)	5.940±0.076^{a}	5.904±0.111^{a}	5.621±0.086^{b}	0.031
Dokosahekzaenoik asit (DHA)	18.277±0.586^{ab}	17.583±0.440^{b}	19.669±0.502^{a}	0.016
ΣPUFA	**39.845±0.451**	**39.336±0.423**	**40.591±0.411**	**0.120**
ΣUFA	**71.708±0.162^{b}**	**71.128±0.209^{a}**	**72.3590.159c**	**<0.001**
Σ Omega-3	**26.811±0.585**	**26.085±0.476**	**27.719±0.543**	**0.102**
Σ Omega-6	**13.034±0.213**	**13.251±0.197**	**12.872±0.180**	**0.398**
Omega 6 / Omega 3	**0.498±0.016**	**0.516±0.014**	**0.473±0.014**	**0.131**

Ortalama±SH a,b,c: Aynı sırada farklı harf taşıyan ortalama değerler arasındaki fark istatistik bakımdan önemlidir.



Şekil 3.5.Yağ asitlerinin -18^0 C'de 0., 15. ve 30. gün muhafazası sonrasında yağ asitlerindeki değişimleri (toplam FAME yüzdesi olarak).

3.5. Balıklarda Cinsiyetin Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi

Balıklarda cinsiyetin kuru madde, yağ düzeyi ve yağ asidi bileşimi üzerine etkisi görülmemiştir (Tablo 3.4). Balık eti yağında sırasıyla oleik asik, DHA, palmitik asit ve linoleik asit yüksek düzeylerde bulunmaktadır. Yağ asitleri metil esterleri cinsinden balık etinde doymamış yağ asidi dişi ve erkeklerde sırasıyla %71.785 ve %71.642 olarak saptanmıştır. Omega 6 yağ asitlerinin Omega 3 yağ asitlerine oranı ise dişi balıklarda 0,500, erkek balıklarda ise 0,487 olarak bulunmuştur.

Tablo 3.4. Gökkuşağı alabalıklarında cinsiyetin yağ asidi bileşimlerine etkisi (toplam yağ asitleri metil esterlerinin yüzdesi olarak, g/100g).

	Dişi (n=68)	Erkek (n=40)	p
Kuru madde, %	33.916±0.625	33.406±0.752	0.611
Toplam Yağ, % KM'de	5.468±0.207	5.379±0.270	0.796
Kaproik asit (C6:0)	0.020±0.001	0.022±0.002	0.314
Kaprilik asit (C8:0)	0.014±0.001	0.015±0.001	0.839
Kaprik asit (C10:0)	0.018±0.002	0.018±0.002	0.858
Andekanoik asit (C11:0)	1.331±0.022	1.380±0.042	0.310
Laurik asit (C12:0)	0.093±0.003	0.096±0.003	0.593
Tridekanoik asit (C13:0)	0.078±0.007	0.075±0.010	0.802
Miristik asit (C14:0)	5.233±0.094	5.422±0.155	0.270
Pentadekanoik asit (C15:0)	0.596±0.026	0.622±0.035	0.556
Palmitik asit (C16:0)	16.434±0.111	16.222±0.119	0.218
Heptadekanoik asit (C17:0)	0.275±0.004	0.287±0.006	0.104
Stearik asit (C18:0)	3.266±0.051	3.306±0.058	0.623
Behenik asit (C22:0)	0.027±0.003	0.024±0.003	0.522
Trikosanoik asit (C23:0)	0.830±0.016	0.873±0.011	0.056
ΣSFA	**28.215±0.129**	**28.361±0.214**	**0.538**
Miristeloik asit (C14:1)	0.524±0.007	0.521±0.010	0.763
Palmiteloik asit (C16:1)	6.480±0.093	6.372±0.131	0.491
Cis-10 Heptadesenoik asit (C17:1)	0.742±0.018	0.748±0.028	0.855
Oleik asit (C18:1)	20.442±0.247	20.224±0.280	0.576
Eikosenoik asit (C20:1)	1.596±0.046	1.574±0.047	0.759
Erüsik asit (C22:1)	1.921±0.044	1.894±0.038	0.676
Nervonik asit (C24:1)	0.233±0.009	0.255±0.019	0.239
ΣMUFA	**31.937±0.323**	**31.587±0.367**	**0.491**
Linoleik asit (C18:2n6)	11.693±0.146	11.561±0.158	0.560
γ Linolenik asit (C18:3n6)	0.323±0.007	0.307±0.009	0.180
α Linolenik asit (C18:3n3)	2.328±0.027	2.300±0.046	0.577
Eikosadienoik asit (C20:2n6)	0.481±0.012	0.470±0.014	0.563
Homo-γ linolenik asit (C20:3n6)	0.269±0.006	0.292±0.011	0.080
Eikosatrienoik asit (ETE) (C20:3n3)	0.223±0.004	0.223±0.004	0.914
Araşidonik asit (C20:4n6)	0.336±0.009	0.339±0.010	0.812
Eikosapentaenoik asit (EPA) (C20:5n3)	5.792±0.069	5.871±0.088	0.488
Dokosahekzaenoik asit (DHA)(C22:6n3)	18.402±0.378	18.693±0.521	0.647
ΣPUFA	**39.847±0.314**	**40.055±0.418**	**0.691**
ΣUFA	**71.785±0.129**	**71.642±0.214**	**0.544**
ΣOmega-3	**26.745±0.397**	**27.086±0.515**	**0.602**
Σ Omega-6	**13.102±0.154**	**12.969±0.163**	**0.574**
Omega 6 / Omega 3	**0.500±0.012**	**0.487±0.012**	**0.465**

Ortalama±SH Gruplar arasındaki fark önemsizdir.

4. TARTIŞMA

4.1. Balıklarda Ağırlık ve Boy Ölçümü ile Kuru Madde ve Yağ Düzeyleri

Gökkuşağı alabalığının (*Onchorynchus mykiss*) total boyları ortalaması 27,3 cm ve ortalama ağırlıkları da 263 g olarak bulunmuştur. Alabalıklar üzerinde çalışma yapan Aksungur ve ark (2005)'nın yaptıkları araştırmalar ile uygunluk göstermektedir.

Yapılan çalışmaya göre taze gökkuşağı alabalığı kas dokularında kuru madde % 29.48, yağ ise % 4.33 düzeyinde bulunmuş olup, diğer çalışmalarla sonuçlar benzerlik göstermektedir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Dönmez ve Tatar 2001, Gökoğlu ve ark 2004, Tekelioğlu 2005, Oğuzhan ve ark 2006, Aydın 2007).

4.2. Balıklarının Derili ve Derisiz Olarak İşlem Görmesinin Yağ Asidi Bileşimine Etkisi

Balığın derili ve derisiz olması kuru maddede, toplam yağ düzeyinde, omega-3/omega-6 oranında, ΣSFA ve ΣUFA'larda oluşan değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ancak ΣUFA'lar incelendiğinde derisiz olanlarda ΣMUFA değeri ve omega-6 yağ asitlerinde, derili olanlarda ise omega-6 ile ΣPUFA değerlerindeki artış, istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) bulunmuştur. Derisiz pişirilen balıklarda PUFA'lardan da α-linolenik asit, eikosadienoik asit, linoleik asit ve linolenik asitlerde artış gözlenirken, derili olarak pişirilen balıklarda EPA (C20:5) ve DHA (C22:6)'daki artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Benzer bir çalışmada Castro ve ark (2006) tarafından, sazan, tilapia ve pirana balık türlerinde yapılan çalışmada 0.,15., 30. ve 45. günlerde -20^{0}C de depo edilmiş ve sonrada çiğ, fırında kızartma, buharda pişirme işlemlerine derili ve derisiz olarak tabi tutulan balık yağında yağ asidi bileşimindeki değişimleri incelenmiştir. Derisiz olanların derili olanlara göre toplam yağ içeriğinde azalma olmuştur. Fakat bu değişim piranada istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Çalışılan balık türlerinde derisiz balıklarda ∑PUFA içeriği artarken, ∑MUFA içeriğinde azalma görülmüştür. Çalışmalar arasında toplam yağ düzeylerindeki değişimlerde paralellik

görülmektedir. Toplam tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri arasındaki farklılığın ise çalışan balık türünden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3. Çiğ ve Kuru Pişirme İşleminin Balık Etlerinde Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi

Yapılan çalışma sonucunda, gökkuşağı alabalığındaki toplam yağ oranı çiğ balıkta % 4,33 iken, fırında kuru pişirme işlemi uygulanmış olanlarda % 6,54'a yükselmiştir ($p<0,001$). Benzer şekilde Ünüsan (2007)'ın fırın ve mikrodalga fırında pişirme yöntemlerini kullanarak gökkuşağı alabalıklarının kas dokusundaki yağ asidi içeriğindeki değişimlerini incelediği çalışma sonucunda da toplam yağ oranının, fırında pişirme işlemi sonrasında arttığı görülmüştür. Aynı şekilde, Oğuzhan ve ark (2006)'nın yaptığı çalışmada da, gökkuşağı alabalığı filetolarında sıcak tütsülenme sonrasında su kaybına bağlı olarak toplam yağ oranlarında artış olduğu belirtilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada Tokur (2007), gökkuşağı alabalığına (*O. mykiss*) uyguladığı kızartma, fırında pişirme, barbekü ve tütsüleme işlemleri sonrasında, nem oranı azalrken yağ içeriğinin arttırdığını saptamıştır. Aynı şekilde Yanar ve ark (2007)'ları tarafından yapılan araştırmada, fırında ve elektrikli ızgarada pişirme metotları uygulanan deniz levreği filetosunun toplam yağ oranının çiğ balıktakine benzer olduğu göülmüştür. Oysa kızartılmış ve mikrodalgada pişirilen levreklerdeki yağ oranının % 5,23'den % 12,98'e kadar yükseldiği gözlemlenmiştir.

Gökoğlu ve ark (2004)'nın çalışmasında da gökkuşağı alabalığına uygulanan yağda kızartma, haşlama, fırında ve mikrodalga fırında pişirme ile ızgara metotların yağ oranına etkisi incelendiğinde, yağda kızartılmış balığın toplam yağ oranında artma görülmüştür. Çiğ haldeki alabalığın % 3,44 olan toplam yağ oranı, yağda kızartıldıktan sonra % 12,70'e yükselmiştir. Yağ oranındaki bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna karşın haşlama, fırında pişirme, ızgarada ve mikrodalga fırında pişirme şekilleri gökkuşağı alabalığının toplam yağ oranını değiştirmemiştir. Ferreaira ve ark (2007)'nın yaptığı çalışmada, sadece soya yağında kızartılan balıklarda toplam yağ oranındaki artış önemli bulunmuş olup, elektrikli fırında ızgara, haşlama ve mikrodalga fırında pişirme uygulanan balıkların yağ oranlarında istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Çalışma bulguları ile diğer çalışma bulguları paralellik göstermektedir.

Yapılan çalışma sonucunda, fırında pişirildikten sonra yağ asidi bileşimi açısından bakıldığında, PUFA'lardan EPA'da, SFA'lardan tridekanoik asit değerlerinde azalma, SFA'lardan pentadekanoik asit ve heptadekanoik asit ile MUFA'lardan erusik asit düzeylerinde ise artış görülmüştür. Ötleş ve Şengör (2005) tarafından yapılan araştırmada da pişirilen ve kızartılan çift kabuklular ile midyelerdeki EPA ve DHA'nın miktarlarında azalma olması, yaptığımız çalışmayı desteklemektedir.

Gökkuşağı alabalığının fırında pişirme yöntemlerinin uygulanması sonucunda elde edilen ΣSFA, ΣUFA, ΣMUFA ve ΣPUFA düzeylerindeki fark, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu konuda diğer araştırmacıların yaptıkları çalışmalardan Ünüsan (2007)'ın yaptığı araştırmada, SFA fırında pişirme işleminden sonra azalırken, MUFA değerlerinde artış göstermektedir. PUFA'lardaki değişimler ise önemli bulunmamıştır. Aynı şekilde Ferreaira ve ark (2007)'nın yaptıkları çalışmalarında da, çiğ balığa göre haşlama, elektrikli fırında ızgara ve mikrodalga fırında pişirme sonrasında SFA, MUFA ve PUFA değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Yanar ve ark (2007) tarafından deniz levreğinde yapılan araştırmada, kızartma hariç, ızgara, fırında ve mikro dalgada pişirme yöntemlerinin yağ asidi bileşiminde önemli bir değişiklik yapmadığı görülmüştür. Castro ve ark (2006) yaptıkları araştırmada, derili ve derisiz olarak sazan, tilapia, piranha balık türlerine, fırında pişirme ve buğulama metotlarını uygulamışlardır. Bunun sonucunda, yağ asidi bileşimlerinde, pişirme metotlarına göre önemli bir değişiklik bulunmamıştır. Bu durumda yapılan çalışma ile diğer araştırma sonuçlarının birbirleriyle uyumlu olduğu görülmektedir.

4.4. Muhafaza Koşullarının Balıklarda Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimlerine Etkisi

Dönmez ve Tatar (2001)'ın yaptığı araştırmada, gökkuşağı alabalığının bütün olarak dondurularak (-30°C'de) bir yıllık muhafazası sonucu toplam yağ oranlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir. Yapılan çalışmada ise toplam yağ oranında ilk gün % 5,00 ±1,8 olan değer 30 günlük muhafaza sonrasında % 5,99±1,80 olarak bulunmuştur. Böylece balığın yağ oranında muhafaza süresine bağlı olarak artış görülmektedir. Bulunan sonuçlardaki fark, uygulanan dondurma sıcaklığı ve

süresindeki değişikliklerden kaynaklanabilmektedir. Yağlarda meydana gelen hidroliz ve otooksidasyondan dolayı depolama süresince yağlarda artış ve azalışlar olabilmektedir (Dönmez ve Tatar 2001).

Balıklar kolay bozulan ürün olmaları nedeniyle, avlandıktan hemen sonra uygun tekniklerle muhafaza edilip korunmalı, taşınmalı ve işlenmelidir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999, Dönmez ve Tatar 2001). Bazı araştırmacılar, balıkların saklama sürelerini arttırmak ve balık tüketimini yaygınlaştırmak amacıyla sıcak ve soğuk tütsüleme çalışmaları yapmışlardır (Kolsarıcı ve Özkaya 1998, Angiş ve ark 2006). Bazı araştırmacılar ise ön soğutma ve hemen ardından da dondurma işlemini uygulamışlardır. Ancak depolama süresi uzadıkça histolojik olarak deformasyonlarda artış görülmüştür (Özen ve ark 1997). Öksüz ve Garthwaite (1997) tarafından yapılan çalışmada ise 0^0C, 10^0C ve 20^0C'de 9, 5, ve 2 günlük sürelerdeki depolama sonrası değişiklikler gözlenmiştir. 20^0C'de depolanan balıkların duyusal olarak taze olmadığı saptanmıştır. Bilgin ve ark (2006) tarafından, buzdolabı sıcaklığında (4±1°C) muhafaza edilen çiğ ve pişmiş karideslerin sırasıyla, 2. ve 4. gün bozulmadan saklanabileceği belirlenmiştir. Özyurt ve ark (2007), duyusal değerlendirme sonuçlarına göre tüm yaş gruplarındaki ince dudaklı kefalların buzdolabında depolanma süresini 7 gün olarak belirlemişlerdir. Erdem ve ark (2005)'nın yaptıkları çalışmada, marinat (sade ve baharatlı) ve tuzlama yöntemleri ile bu süre 8 haftaya kadar çıkartılmıştır. Yapar ve Erdöl (1999)'ün yaptığı çalışmada ise, 9. haftadan itibaren buzdolabı şartlarında saklanan balıkta bozulmaların görüldüğü belirtilmiştir.

Bilgin ve ark (2007)'nın yaptığı araştırmada sıcak dumanlanmış balıkların buzdolabı koşullarında daha kısa sürede değişime uğradığı, derin dondurucu koşullarında daha uzun ömürlü olduğu saptanmıştır. Dondurarak muhafaza balığın dayanıklılık süresini arttırmakla birlikte balıkların kalite özelliklerini en iyi şekilde koruyacak dondurma ve muhafaza sıcaklığının seçilmesi gerektiği belirtilmiştir (Demirci ve Orak 1999, Soyer ve Şahin 1999, Şengör ve ark 2000, Ekinci ve Yapar 2004, Boran ve ark 2006).

Yapılan çalışmada gökkuşağı alabalığı taze iken, yağında % 28,29 ΣSFA, % 31,86 ΣMUFA ve % 39,85 ΣPUFA içerdiği tespit edilmiştir. Gökkuşağı

alabalıklarının 15. ve 30. günlerde muhafaza edildikleri sürelerine göre incelendiğinde, ΣSFA 15. günde % 28,87 ile artış, 30. günde ise ilk güne göre % 27,64 ile azalma göstermiştir. Konar ve Köprücü (2002)'nün gökkuşağı alabalıklarında yaptıkları çalışmada, balık eti yağındaki toplam yağ asitleri metil esterlerinin % 33,58 ΣSFA, % 32,63 ΣMUFA ve % 32,75 ΣPUFA içerdiğini tespit etmişlerdir. Dönmez ve Tatar (2001) gökkuşağı alabalıkları üzerinde yaptıkları çalışmada, balıktaki yağ asitlerinin % 30,04 ΣSFA, % 28,44 ΣMUFA ve % 29,99 ΣPUFA oranında olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalarında 12 aylık depolama süresi boyunca ΣSFA'da % 4,52'lik bir artış gözlenmiştir. Bu süre içerisindeki değişimler, aylara göre değişkenlik göstermiş olup, 9. ayda azalma ve 12. ayda artma şeklindedir. Doymamış yağ asitlerinde de yine muhafaza sürelerine göre değişkenlik gösteren artış ve azalmalar dikkat çekicidir. Dondurularak muhafaza edilen alabalıkların fosfolipidlerindeki hidroliz ve otooksidasyonları bir arada olmaktadır. Bu nedenle de doymamış yağ asitlerinin otooksidasyonundan kaynaklanan bir azalma doğrudan doymuş yağ asitlerinin artış oranına yansımaktadır. Muhafaza edilen günlerde tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinde değişkenlik gösteren azalma ve artışlar yaptığımız çalışmada da görülmekle birlikte farklar, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu nedenle yapılan çalışmalar birbirine paralellik gösterse de, aradaki farklılığın muhafaza edilen sürenin 30 gün ile sınırlı kalmasından kaynaklanabilir.

Yapılan çalışmada analiz edilen yağ asitleri arasında da -18^0C'de 30 gün muhafaza edilen SFA'lardan heptadekanoik asit (C17:0) ve stearik asitte (C18:0) artış tespit edilmiştir. Dönmez ve Tatar (2001) tarafından yapılan çalışmada da aynı yağ asitlerinde artış görülmüştür. Yapılan çalışmada, MUFA'dan 30. günlük muhafaza süresi sonunda, heptadesenoik asitte (C17:1 cis10) ve palmiteloik asitte (C16:1 cis 9) azalma, eikosanoik asit (C20:1), erusik asit (C22:1) ve nervonik asitte (C24:1) ise artma tespit edilmiştir. Ancak 15 günlük depolamada bu yağ asitlerinde 0. güne göre değişim gözlenmemiştir. Dönmez ve Tatar (2001)'ın yaptığı araştırmada, ilk 1 ve 3 aylarda MUFA değerlerinde azalmanın oksidasyondan kaynaklandığını belirtmiştir. Kalp ve damar sağlığı ve vücudun hayati fonksiyonlarını devam ettirebilmesi için oldukça önemli bir yeri olan PUFA'ların azalması istenmeyen bir durumdur. Yapılan çalışmada PUFA'lar arasında ise 30 günlük depolama sonrasında eikosadienoik asit (C20:2) ve homo-γ linolenik asit

(C20:3)'de artış, α-linolenik asit (C18:3)'te ise azalma tespit edilmiştir. Dönmez ve Tatar (2001)'ın çalışmasına göre ise, linolenik asit (C18:3) dışındaki diğer çoklu doymamış yağ asitlerinde azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Gökkuşağı alabalığına uygulanan muhafaza koşullarının -30°C'de 12 aylık bir sürede gerçekleştirilmesi, bizim çalışmanın da -18°C'de 1 ay ile sınırlı kalması, çalışma sonuçlarında farklılıklara neden olmaktadır.

Castro ve ark (2006) yaptıkları araştırmada, sazan, pirana ve tilapia balık türlerinde -20°C'de, 15, 30 ve 45 gün muhafaza etme işlemininin yağ asidi bileşiminde önemli bir değişiklik olmadığını belitmişlerdir, bu da yapılan çalışmayı desteklemektedir.

4.5. Balıklarda Cinsiyetin Yağ Düzeyi ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi

Yapılan çalışmada kullanılan 27 adet alabalığın 10 adeti erkek, 17 adeti dişidir. Bunlara ait toplam yağ oranları dişilerde % 5,47±1,70, erkeklerde ise % 5,38±1,71 olup, farklılık önemli bulunmamıştır.

Gökkuşağı alabalıklarında cinsel olgunluğa erişme yaşı erkeklerde 2, dişilerde ise 3'tür. Üreme dönemlerine geldiklerinde 1,5 - 2 kg'a ulaşırlar (Tekelioğlu 2005). Cinsel olgunluğa erişmemiş dişi ve erkeklerin kimyasal yapısında önemli bir değişim yoktur. Dişi balıklarda üreme sonrasında etteki yağ oranında büyük bir azalma görülür (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999). Ayrıca Kara (2001) tarafından yapılan çalışmada da kas dokusundaki yağ asitlerinin üreme sonrasında önemli miktarda azaldığını göstermektedir. Çalışmada, cinsi olgunluğa erişmemiş 12 aylık, tüketime yönelik yetiştirilen (200-350g) dişi ve erkek balıklar kullanıldığı için, toplma yağ oranları ve yağ asidi bileşimlerinde farklılık görülmemiştir ki bu durum, literatür bilgilerini desteklemektedir.

Su ürünlerinin yağlarındaki PUFA'lar genellikle omega-3 şeklindedir (Belitz ve Grosch 1999). Yapılan çalışmada da omega-3 düzeyi dişilerde % 26,75, erkeklerde % 27,09, omega-6 düzeyleri ise dişilerde % 13,10, erkeklerde ise % 12,97 bulunup literatür bilgisiyle uyumludur. Özellikle omega-3 olarak bilinen EPA ve DHA'dan zengin su ürünleri gerek beslenme amaçlı gerekse özellikle kardioasküler

hastalıklara olumlu etkilerinden dolayı tedavi amaçlı olarak kullanılmaktadır (Sağlık ve İmre 2001, Visentainer ve ark 2007).

Yapılan çalışmanın sonucunda alabalığın kas dokusunda bulunan PUFA'ların önemli bölümünü DHA, linoleik asit ve EPA oluşturmuştur. MUFA'ların büyük bir bölümünü ise oleik asit ve palmitoleik asit oluşturmaktadır. SFA'lar içersinde en fazla oranda palmitik asit bulunmaktadır. Aras ve ark (2002) da gökkuşağı alabalığında yaptıkları çalışmada, kas dokusundan analiz ettikleri yağda % 12,95'ü EPA ve % 16,07'sini DHA olarak tespit etmişler. Dönmez ve Tatar (2001)'ın yaptıkları araştırmalarında, balık yağında % 4,00'ını EPA ve % 14,77'sini DHA olarak tespit etmişler. MUFA'ların ise çoğunluğunu oleik asit ve palmitoleik asit oluştuğunu belirtmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına benzer olarak Visentainer ve ark (2007)'nın 15 değişik türdeki deniz balıkları ile ilgili yaptıkları çalışmada, SFA'lar içersinde en fazla miktarda palmitik asit, MUFA'lar arasında en fazla oleik asit, PUFA'lar içersinde de DHA'yı tespit etmişlerdir.

İnsan sağlığı açısından büyük önem taşıyan, kaynağı balık olan omega-3 yağ asitlerinin, omege-6/omega-3 oranı, derili olanlarda derisiz olanlara oranla daha düşük bulunmuş olup, çiğ ve kuru pişirme ile derin dondurucuda 0., 15. ve 30. gün muhafaza edilmeleri sırasında meydana gelen değişikler istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu konu ile ilgili başka çalışma olmadığından karşılaştırma yapılamamıştır.

Gökkuşağı alabalıklarıyla yaptığımız çalışmada omege3/omega6 oranı 2 dolayında bulunmuştur. Visentainer ve ark (2007) deniz balıkları ile ilgili yaptıkları çalışmada bu oranı 3 olarak tespit etmiştir. Yanar ve ark (2007) ise, çiğ levrekte bu oranı 1,33 olarak bulmuşlardır. Rasoarahona ve ark (2005) yaptıkları çalışmada, omege3/omega6 oranının her bir tür için mevsimlere göre farklılık gösterdiğini kaydetmişlerdir. Genel olarak bu oran, sonbaharda düşük ve kışın da yüksek bulunmuştur. Sonuçta çalışmalar arasındaki oranların değişik çıkması, balık türlerindeki ve yağ asidi bileşimlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Gökkuşağı alabalığındaki toplam yağ asitlerinin % 70-72'sinin doymamış yağ asitlerden oluşması, insan sağlığı açısından önemli yeri olan omega-3 yağ asitlerinden DHA ve EPA'nın yüksek oranda bulunması, esansiyel yağ asidi olan linoleik asit ile linolenik asit bakımından da zengin bir gıda olması tüketilmesini gerekli ve önemli kılmaktadır.

Muhafaza edilen alabalıklarda (18^0C'de 30 gün), omega-3 yağ asitlerinden olan EPA'da çiğ balığa göre bir azalma görülmekle birlikte, toplam tekli ve çoklu doymamış yağ asidi bileşiminde ve omega-3/omega-6 oranında anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır. Yapılan muhafazanın gökkuşağı alabalığının yağ asidi bileşimini olumsuz etkilemediği görülmektedir. Bundan dolayı balık yağ asidi bileşimi açısından gökkuşağı alabalığının -18^0C'de 30 güne kadar muhafaza edilmesinde bir sakınca olmadığı düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda ısıl işlem görmemiş çiğ alabalığın toplam yağ düzeyi kuru pişirmeden sonra artış göstermektedir. Ancak balıktaki toplam yağ asidi bileşiminin, fırında 180^0C'te 25 dk'lık bir ısıl işleme tabi tutulduktan sonra bir değişiklik göstermemesi, balıkta önem taşıyan yağ asitlerinde bir kayba sebep olmadığını göstermektedir. Bu nedenle fırında pişirilmiş balığın tüketilmesinin sağlığımız açısından daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Balığın derili veya derisiz tüketilmesi konusunda ise yapılan çalışmaya göre toplam doymuş yağ asitleri ve doymamış yağ asitlerinde önemli bir değişim görülmemiştir Ancak balığın derisiz olarak işlem görmesi MUFA'da artışa ($p<0,001$), PUFA'da ise azalmaya ($p<0,001$) yol açmıştır. Balıkların derili olarak işlem görmesi derisize kıyasla DHA ve EPA'da artış sağlamıştır. Sonuç olarak bu durumda omega-3 destekli beslenmelerin tercih edilmesinde balığın derisi ile işlenmesinin daha uygun olacağı görüşüne varılmıştır.

6.ÖZET

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Gökkuşağı Alabalıklarında (*Oncorhyncus mykiss*) Muhafaza ve Pişirme İşlemlerinin Yağ Asidi Bileşimine Etkisi

Nihayet Fadime YALÇIN

Besin Hijyeni ve Teknolojisi (Vet) Anabilim Dalı

DOKTORA TEZİ / KONYA-2010

Bu çalışmada, Şanlıurfa ilinde özel bir alabalık üretim tesisinden temin edilen gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhyncus mykiss*), farklı muhafaza ve pişirme işleminin yağ asidi bileşimine etkisi araştırılmıştır. Temin edilen 27 adet alabalık 3 gruba ayrılmıştır. İlk grup 0. gün işleme alınmış olup kontrol grubu olarak değerlendirmelerde kullanılmıştır. Diğer iki grup ise, -18°C'de 15 ve 30 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Çalışmada kullanılan alabalıklar ortadan ikiye ayrılmış, yarısı çiğ olarak ve diğer yarısı da 180°C'de 25 dk fırında pişirilmiştir. Balıkların cinsiyeti kesimde tespit edilmiştir. Çiğ ve pişirilmiş olan alabalıkların kas dokusundan derili ve derisiz örnekler alınarak her bir örnekte kuru madde, toplam yağ ve yağ asitleri analizleri yapılmıştır.

Çiğ gökkuşağı alabalığında toplam yağ oranı % 4,33 iken, fırında pişirdikten sonra % 6,54'e yükselmiştir. Balığın derili ve derisiz olması, toplam yağ oranında istatistiksel olarak bir değişim yapmamıştır. Balıkların derili olarak işlem görmesi ΣPUFA ve Σomega-3 yağ asitleri düzeylerinin yükselmesini sağlamıştır. Fırında pişirme yönteminin uygulanması sonucunda ΣSFA, ΣUFA, ΣMUFA, ΣPUFA ve Σomega-3 ile Σomega-6 yağ asitleri düzeylerindeki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Alabalıklarda yağ düzeyi -18°C'de 15 ve 30 gün muhafaza edildiğinde sırasıyla % 5,31 ve % 5,99 bulunmuştur ($p<0,05$). Balıklarda ΣSFA düzeyleri -18°C'de 30 gün muhafaza edilmesiyle azaldığı görülmüştür. Cinsiyet ise balıkta yağ ve yağ asitleri düzeylerini etkilememiştir.

Sonuç olarak dondurularak muhafaza edilen alabalıkların fırında, derili veya derisiz olmadan kuru pişirme işleminden geçirilmesi sonucunda, toplam yağ oranında artış görülse de, insan sağlığı ve özellikle kalp damar hastalıklarında koruyucu olan PUFA'larda önemli bir değişime sebep olmadığı görülmüştür. Omega-3 destekli beslemenin tercih edilmesinde balığın derisi ile işlenmesinin daha uygun olacağı kanısına varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çiğ balık; gökkuşağı alabalığı; fırında pişirme; yağ asidi; muhafaza

7.SUMMARY

Effects of Storage and Cooking Processes on Fatty Acid Composition of Rainbow Trout *(Oncorhyncus mykiss)*

In this study, the effects of different storage and cooking processes on the fatty acid profile of rainbow trouts (*Oncorhyncus mykiss)* obtained from the special fish culture manufacturing plant in Şanlıurfa were investigated. 27 rainbow trouts were divided into 3 groups. The first group as control group was processed on 0^{th} day. Other two groups have been stored at -18°C for 15 and 30 days. Fish samples first divided into two parts, one half was used as raw, other half was cooked in the oven at 180°C for 25 minutes. Sex of trouts was determined after cutting. Muscle tissue specimens with and without skin have been taken for the analysis of dry matter, total fat and fatty acid profile in the raw and cooked trouts.

The total fat of the raw rainbow trout was found to be 4.33%, but after cooking in the oven increased to 6.54%. There are no statistically differences in total fat content among fish samples with and without skin. The levels of ΣPUFA and Σω-3 fatty acids were higher in cooked trouts with skin. Oven cooking didn't affect the levels of ΣSFA, ΣUFA, ΣMUFA, ΣPUFA, Σω-3 fatty acids and Σω-6 fatty acids. Total fat content in trout samples it was 5.31% and 5.99% after storage at -18°C for 15 and 30 days, respectively ($p<0.05$). The levels of ΣSFA were reduced after the storage at -18°C for 30 days. Total fat content and fatty acid profile were not affected from the sex significantly.

As a result, total fat content increased after oven cooking fish samples with and without skin under frozen storage but the levels of PUFA which is important for human health and especially for protective effect on cardiovascular diseases were not affected. It is also concluded that the processing of rainbow trout with skin is important for the nutrition of Σω-3 fatty acids.

Keywords: raw fish; rainbow trout; oven cooking; fatty acid; storage.

8.KAYNAKLAR

1. Aksoy M. Beslenme Biyokimyası. Hatiboğlu Basım ve Yayın, Ankara, 2000; 115-130.

2. Aksungur M, Yılmaz C, Tabak İ, Aksungur N, Mısır DS. Karadeniz alabalığı (Salmo trutta labrax; PALLAS, 1811)'nın Kültür Şartlarına Adaptasyonu.F.Ü.Fen ve Müh. Bil. Derg, 2005; 17 (2): 349-359.

3. Akyurt İ. Fish feeding technology (in Turkish). Atatürk Üniv Zir Fak ders kitabı, Erzurum, yayın no: 156, 1993; 75.

4. Angiş S, Oğuzhan P, Atamanalp M. Soğuk tütsülenmiş ve mangalda pişirilmiş gökkuşağı alabalığı (*Onchorynchus mykiss*)'nda duyusal kalite kriterlerinin karşılaştırılması. Ege Üniv Su Ürün Derg, 2006; 23(1/3): 337–338.

5. AOAC: Official Methods of Analysis. Maryland, 17th edn. AOAC International, 2000.

6. Aras NM, Haliloğlu Hİ, Bayır A, Atamanalp M, Sirkecioğlu AN. Karasu havzası yeşildere çayı olgun dere alabalıkları (*Salmo trutta macrostigma, Dumeril, 1858*)'nda farklı dokuların yağ asidi kompozisyonlarının karşılaştırılması. A.Ü. Ziraat Fak Su Ürünleri, Turk J Vet Anim Sci, 2002; 27: 887-892.

7. Aydın F, Köksal G. Su ürünleri yetiştiriciliği ve politikalar, 2005; http://www.zmo.org.tr/etkinikler/6tk05/039fikriaydin.pdf

8. Aydın F. Alabalık biyolojisi ve yetiştirme teknikleri, 2007, http://aydintarim.gov .tr/ yetiştiricilik.

9. Belitz HD, Grosch W. Lipids. In. Belitz HD and Grosch W, Eds, Food Chemistry, 2nd, Berlin, Germany: Springer-Verla,, 1999; 152–157.

10. Belkuşaklı A. Levrek balığı, *Dicentrarchus labrax L. 1758 (Osteıchthyes Moronıdae)*'nın total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi, Selçuk Üni Fen Bil Ens Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi, 2006.

11. Bilgin S, Erdem ME, Duyar HA. Pişmiş ve çiğ olarak buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen kahverengi karides'in, *Crangon crangon (Linnaeus, 1758*), kimyasal kalite değişimleri. Science and Eng. J of Fırat Univ, 2006; 18 (2): 171-179.

12. Bilgin Ş, Ertan ÖO, İzci L. Farklı sıcaklıklarda depolanan sıcak dumanlanmış (*Salmo trutta macrostigma, dumeril 1858*)'in kimyasal kompozisyonundaki değişimlerin incelenmesi. Jour. of Fisheries sciences.com, 2007; 1(2): 68–80.

13. Boran G, Karaçam H, Boran M. Changes in the quality of fish oils due to storage temperature and time. Food Chemistry, 2006; 98: 693–698.

14. Calder PC. Long chain n–3 fatty acids and cardiovascular disease: further evidence and insights. Nutrition Research, 2004; 24: 761–772.

15. Castro FAF, Sant'Ana HMP, Campos FM, Costa NMB, Silva MTC, Salaro AL, Franceschini SCC. Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. Food Chemistry, 2006; 1–11.

16. Connor WE. İmportance of n-3fatty acidin health and disease. American Journal of Clinical Nutrition, 2000; 71: 171–175.

17.Coşkun T. Nutrition and metabolism unit, department of pediatrics, Hacettepe University Faculty of Medicine, Health benefits of functional foods, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 2005; 48: 69–84.

18.Dawson B., Trap R.G.: Basic and Clinical Biostatistics.3 rd edn. Lange Medical Books/McGraw- Hill Medical Publishing Division, New York 2001.

19.Demirci M, Orak HH. Farklı soğutma ortamları ve -12^{o}c de depolanan istavrit balığında (*Trachuurus tracurus*) meydana gelen kalite değişimleri. Tr J. Agric. And Forestry, 1999; 23: 143–150.

20.Demirci M. Gıda kimyası. Trakya Üniv. Zir Fak. Gıda Müh Böl. Birinci baskı. 2001; 41–61.

21.Demirci M. Beslenme. Trakya Üniv. Zir Fak. Gıda Müh Böl, 2003; 79–91.

22.Dönmez M, Tatar O. Fileto ve bütün olarak dondurulmuş gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss W.*) muhafazası süresince yağ asitleri bileşimlerindeki değişmelerin araştırılması. E.Ü, Su Ürünleri Dergisi, 2001; 18(1/2): 125-134.

23.Ekinci R, Yapar A. Alabalıkların (*O. mykiss W, 1792*) donma ve çözünme süreleri üzerine dondurma sıcaklığı ve hava sirkülasyonunun etkileri. Fırat Üniv Fen ve Muh Bil Derg, 2004; 16(1): 61-68.

24.Erdem E, Bilgin S, Çağlak E. Tuzlama ve marinasyon yöntemleri ile işlenmiş istavrit balığının (*Trachurus mediterraneus, Steindachner, 1868*) muhafazası sırasındaki kalite değişimleri. OMÜ Zir Fak Derg, 2005; 20(3):1-6.

25.Ferreira MW, Bressan MC, Souza XRD. Vieira jo, faria pb, andrade pl. efeıto dos métodos de cocção sobre a composıção químıca e perfıl lıpídıco de fılés de tılápıa do nılo (*Oreochromis Niloticus Linnaeus 1757*). Fillets. Ciênc. Agrotec., Lavras, 2007; 31(3): 798-803.

26.Geering R, Engelke C, Chandler T. Polyunsaturated fatty acid. Nutraceuticals, 2006;21-24.

27.Gordon, DT, Ratliff V. The implications of omega-3fatty acits in human healty, Advances in Seafood Biochemistry Composition and Quality, Ed. By George L. Flick, 1992; 406.

28.Göğüş F, Fadıloğlu S. Lipids. Food Chemistry. 1. Baskı, Nobel yayınları.2006;98–107.

29.Gökoğlu N. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. A.Ü. Zir. Fak. Gıda Muh. Bölümü. Su vakfı yayınları. 2002;ISBN:975–9703–48–3.

30.Gökoğlu N, Yerlikaya P, Cengiz E. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chemistry, 2004;84:19-22.

31.Gözükara EM. Biyokimya. 4. Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri, 2001;1: 244–248.

32.Gülyavuz H, Ünlüsayın M. Su ürünleri işleme teknolojisi. Süley Dem Üniv Eğirdir Su Ürün Fak, Ders kitabı, 1999.

33.Haliloğlu Hİ. Farklı işletmelerde yetiştirilen gökkuşağı alabalığı (*Onchornychus mykiss*)'nın kas ve adipoz dokuları ile karaciğer ve gonadlarındaki yağ asidi

profillerinin belirlenmesi. Atatürk Üni Fen Bil Ens Su Ürünleri ABD, Doktora tezi, 2001.

34. Haliloğlu Hİ, Aras M, Yanık T, Atamanalp E, Kocaman EM. Investigation of changes in fatty acid composition at early development stages of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Turk J Vet Anim Sci, 2003; 27: 1105–1109.

35. İlhan R, İkiz R, Gülyavuz H. Antalya körfezinden avlanan *Sardinella aurita'*nı (*Valenciennes,1847*) et kompozisyonun mevsimsel değişimi. Ege Üniv Su Ürün. Derg, 2006; 23 (1/3): 439-442.

36. Kara C. Sır baraj gölü (Kahramanmaraş)'nde yaşayan *Chondrostoma regium (henkel,1843)'*un dişi ve erkek bireylerinin kas doku yağ asitlerinin değişimi. Fen Müh Bil Derg, 2001; 4(1): 74-78.

37. Kaya Y, Duyar HA, Erdem ME. Balık yağ asitlerinin insan sağlığı içi önemi. Ege Üniv Su Ürün Derg, 2004; 21(3/4): 365-370.

38. Kayahan M. Gıda Kimyası. İn:Saldamlı İ. Edi. HÜ Yayın. Ankara, 1998;107-193.

39. Kolsarıcı N, Özkaya Ö. Gökkusağı alabalığı (*Salmo gairdneri*)'nın raf ömrü üzerine tütsüleme yöntemleri ve depolama sıcaklığının etkisi. Tr. J. of Veterinary and Animal Sicences, 1998; 22: 273-284.

40. Konar V, Köprücü K. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) etindeki yağ asidi miktarlarının araştırılması. Fırat Üniv Fen Müh Bil Derg, 2002; 14:73-78.

41. Mahan LK, Escott- Stump S. Krause aliömentos, nıutriçia and dietoterapia, 11 th ed Sao Paulo, 2005; 1280.

42. Mayes PA. Lipidlerin fizyolojik önemi ve doymamış yağ asitlerinin ve eikozanoidlerin metabolizması. In:Murray RK, Granner PA, Rodwell VW, editors. Harper'ın Biyokimyası, İstanbul, 23. Baskı, Bariş Kitabevi,1993;264-271.

43. Memiş D, Demir N, Eroldoğan OT, Küçük S. Aquaculture In Turkey. The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh, 2002; 54(1): 34-40.

44. Metli M. Bursa ili bazı semt pazarları ve marketlerinde satışa sunulan bazı balık türlerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi. UÜ Vet Fak Besin Hij ve Tekn ABD, Doktora tezi, 2006.

45. Mol S. Balık yağı tüketimi ve insan sağlığı üzerine etkileri. Journal of fisheries Sciences.com. 2008, Issn 1307-234.DOI: 10.3153/jfscom.2008023.

46. Oğuzhan P, Angıç S, Haliloğlu Hİ, Atamanalp M. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında sıcak tütsüleme sonrası kimyasal kompozisyon değişimleri. E.U. Journal of Fisheries Aquatic Sciences, 2006; 23 (1/3): 465-466.

47. Öksüz A, Garthwaite T. The effect of storage temperature on k value in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). IX. Ulusal Su Üürnleri sempozyumu: 695-704, Eğirdir/Isparta, 1997.

48. Ötleş S, Şengör G. Effect of various technological processes on the fatty acid composition of mussel (*Mytilus galloprovincialis, L*). International Journal of Food Engineering, 2005; 1(3/5): 1-7.

49. Özdemir N. Alabalık yetiştirciliği. Hasad Yayın Rek Tar San Tic Ltd Şti, 1996;9-16.

50.Özen MR, Ünlüsayın M, Gülyavuz H, Yıldırım MZ. Dondurulmuş gökkuşağı alabalıklarında (*O. mykiss walbaum*) dondurma süresi ve defrost şekline göre meydana gelen değişimlerin histolojisi üzerine bir araştırma. IX. Ulusal Su Ürünleri sempozyumu: 683-694, Eğirdir/Isparta, 1997.

51.Özkan Y, Koca SS. Hiperlipidemi tedavisinde omega-3 yağ asitinin (balık yağı) etkinliği. Fırat Tıp Dergisi, 2006; 11(1): 40-44.

52.Öztürk K. Beyşehir gölü'ndeki kadife balığı, *Tinca tinca L. (Osteichthyes: Cyprınıdae*)'nın total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi. Selçuk Üni Fen Bil Ens Biyo. ABD, Doktora tezi, 2003.

53.Özyurt G, Tokur B, Özoğul Y, Korkmaz K, Polat A. İnce dudaklı kefal (*Liza ramada*)'in yağ asidi kompozisyonu ve buzdolabında muhafazası (4^0 C) sırasında lipit oksidasyonu. Journal of Fisheries Sciences.com, 2007; 1307-2340.

54.Penfıeld, MP, Campbell AM. Experimental food science.3. baskı. Academic Pres. The University of Tennesse, Knoxville -University of Nebraska, 1990;333-386.

55.Penny M, Etherton K, Harris WS, Appel LJ. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and Cardiovasculer Disease. Circulation, 2002; 106: 2747-2757.

56.Rasoarahona JRE, Barnathan G, Bianchini, JP, Gaydou EM. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus, O. macrochir and Tilapia rendalli*) from Madagascar. Food Chemistry, 2005; 91: 683–694.

57.Roberts RJ, Shepherd C J. Alabalık ve Salmon Hastalikları, 1. baskı, Ankara, 2001; 1-5.

58.Sabry, JH. Nutritional aspects of fish consumption. A report prepared for the National Institute of Nutrition. Ottawa, Canada. 1990.

59.Sağlık S, Imre S. Ω3-fatty acids in some fish species from Turkey. Journal of Food Science, 2001; 66 (2): 210–212.

60.Sasser, M. Identification of Bacteria by Gas Chromotography of Cellular Fatty Acids. February 2001,Technical Note 101 Revised,1990;1-6.

61.Spiller GA. Lipid in Human Nutrition Handbook, Mannuals, etc. CRS Press, İnc, 2000 Corporate Blvd, NW, Boca Raton, FL 33431, 1996; 54.

62.Soyer A, Şahin ME. Dondurulmuş kolyoz (*Scomber japonicus*) balıklarındaki lipid oksidasyonuna glazemenin ve depolama süresinin etkisi. Turk J Vet Anim Sci, 1999; 23: 575–584.

63.Şen S. Kefal balığı *Mugil cephalus L. 1758 (Osteıchthyes: Mugılıdae*)'nın total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi. Selçuk Üni Fen Bil Ens, Yüksek lisans tezi, 2006.

64.Şengör G, Çelik U, Akkuş S. Buzdolabı koşullarında depolanan İstavrit balığının (*Trachurus trachurus, L.1758*)'nın tazeliğinin ve kimyasal bileşiminin belirlenmesi. Turk J Vet Anim Sci, 2000; 24: 187-193.

65.Tekelioğlu N. İç su balıkları yetiştiriciliği bölüm, Alabalık yetiştiriciliği, Adana, 2005;1-68.

66.Telefoncu A. Besin kimyası. Ege Üniv. FenFak. Yayınları:No:149, 1993; 90-97.

67. Tokur B. The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). International Journal of Food Science & Technology, 2007; 42 (7): 874–879.

68. Türker S. Hayvansal gıdalarda kalite kontrolü. Tamer matbaacılık, Ankara, 1997, 103–111.

69. Uysal İ, Çaklı Ş, Çelik U. Kültür şartlarında extruder pelet yemle beslenen abant alabalığı (*Salmo trutta abanticus T, 1954*) ile gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss W, 1792*)'nın biyokimyasal komposizyonları. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 2002; 19 (3–4): 447 – 454.

70. Ünüsan N. Change in proximate, amino acid and fatty acid contents in muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after cooking. International Journal of Food Science & Technology, 2007; 42 (9) : 1087–1093.

71. Visentainer JV, Noffs MD, Carvalho PO, Almeida VV, Oliveria CC, Souza NV. Lipid content and fatty acid composition of 15 marine fish species from the southeast coast of Brazil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2007; 84(6): 543–547.

72. Yanar Y, Küçükgülmez A, Ersoy B, Çelik M. Cookıng effects on fatty acıd composıtıon of cultured sea bass *(Dıcentrarchus labrax)* fıllets. Journal of Muscle Foods, 2007; 18 (1) : 88–94.

73. Yapar A, Erdöl M. Buzdolabında muhafaza edilen mezgit *(Merlangius merlangus euxinus nord.,1840)* karaciğer yağının bazı özelliklerinde meydana gelen değişmeler. Turk J Vet Anim Sci, 1999; 23: 333–336.

9. ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Kahramanmaraş'ın Elbistan ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Sinop'un Gerze İlçesinde, liseyi Bursa Atatürk Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 1994 yılında Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi'nden mezun oldu. 1994-1997 yılları arasında, yönetici asistanlığı, tıbbi mümessil ve planlama şefi olarak İzmir'de görev yaptı. 1997-2002 yılları arasında Şanlıurfa'da öğretmen olarak, 2002 yılından itibaren de Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Şanlıurfa Tarım İl Müdürlüğü'nde gıda kontrolörü olarak çalıştı. TS-EN ISO 9000:2000 Kalite Yönetim Sistemi, AB mevzuatı ve HACCP eğiticilerinin eğitimini aldı. HACCP ve Gıda Güvenliği Sistemleri ile ilgili kurum içi eğitimler verdi. Gıda hijyeni, gıdaya bulaşan mikotoksinler, et ve et ürünleri tesislerinin ruhsatlandırılması ve denetlenmesi, et ve süt ürünleri işletmelerinde HACCP uygulamalarının denetlenmesi ve işletmelerde uygulanması ile ilgili kurslara katıldı. 2009 yılında Şanlıurfa Tarım il Müdürlüğünde Hayvan Sağlığı Şubesine müdür olarak atandı. Halen aynı göreve devam etmektedir.