

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BALIK YAĞI KALİTESİNİN DEPOLAMA SICAKLIĞINA VE
SÜRESİNE BAĞLI DEĞİŞİMİ

Gıda Müh. Gökhan BORAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Yüksek Lisans „ (Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği)
Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05.01.2004

Tezin Savunma Tarihi : 09.02.2004

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hikmet KARAÇAM

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Muhammet BORAN

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Saadettin GÜNER

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Yusuf AYVAZ

Trabzon 2004

156070

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı yüksek lisans programında yapılmıştır ve Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından 2002.117.1.1 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, balık yağının niceliği ve niteliği yönünden aydınlatılmasında büyük aşamalar kaydedilmesine olanak sağlamıştır. Özellikle insan beslenmesindeki önemi daha iyi anlaşılmış ve bu nedenle kalite ve kalitenin korunumu önem kazanmıştır. Günümüzde Avrupa ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri başta olmak üzere pek çok ülkede balık yağı üretilmekte ve işlenerek endüstriyel öneme sahip çeşitli ürünler elde edilmektedir. Ancak bugüne kadar ülkemizde, gerek endüstriyel alt yapının yeterli olmaması gerek hammadde olarak kullanılacak su ürünlerinin sürekli ve yeterli miktarda avlanamaması nedeniyle, bu ürünlerin üretimi mümkün olmamış sadece az miktarda balık yağı üretimi gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaygın olarak tüketilen beş balık türünden elde edilen yağlar depolanmış ve kalite düzeylerinin değişimi gözlenmiştir. Yağlarda kalite düzeyinin anlaşılmasında yararlanılan kimyasal parametreler balık yağı için kullanılarak kalite düzeyinin zamanla ve sıcaklığın etkisiyle değişimi izlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın gerçekleşmesinde desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Hikmet KARAÇAM 'a, çeşitli konularda bilgilerinden yararlandığım Doç. Dr. Muhammet BORAN 'a, Doç. Dr. Saadettin GÜNER 'e, Prof. Dr. İbrahim OKUMUŞ 'a, laboratuvar çalışmalarında yardımları olan laboratuvar teknisyeni ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve beni bu günlere getiren aileme teşekkür ederim.

Gökhan BORAN

Trabzon, 2004

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Balıklarda Biyokimyasal Bileşim.....	3
1.3. Balık Yağında Kalitenin Belirlenmesi.....	3
1.3.1. Duyusal Kalite Kriterleri	4
1.3.2. Fiziksel Kalite Kriterleri.....	4
1.3.3. Mikrobiyolojik Kalite Kriterleri.....	4
1.3.4. Kimyasal Kalite Kriterleri	4
1.3.4.1. İyot Sayısı.....	4
1.3.4.2. Sabunlaşma Sayısı.....	5
1.3.4.3. Sabunlaşmayan Madde Oranı.....	5
1.3.4.4. Peroksit Sayısı.....	6
1.3.4.5. Asit Sayısı.....	6
1.3.4.6. Ester Sayısı.....	6
1.3.4.7. TBA (Tiyobarbitürik Asit) Sayısı.....	7
1.3.4.8. Serbest Yağ Asitleri Oranı.....	7
1.4. Balık Yağı İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	7
1.5. Dünyada ve Ülkemizde Balık Yağı Üretimi.....	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	10
2.1. Materyal.....	10
2.2. Metot.....	10
2.2.1. Araştırma Planı.....	10

2.2.3.1. Su ve Kuru Madde.....	11
2.2.3.2. Ham Yağ.....	11
2.2.3.3. Ham Protein.....	12
2.2.3.4. Mineral Madde.....	13
2.2.3.5. Karbonhidrat Miktarının Hesaplanması.....	13
2.2.3.6. Enerji Miktarının Hesaplanması.....	14
2.2.3.7. İyot Sayısı.....	14
2.2.3.8. Sabunlaşma Sayısı.....	14
2.2.3.9. Sabunlaşmayan Madde Oranı.....	15
2.2.3.10. Peroksit Sayısı.....	15
2.2.3.11. Asit Sayısı.....	16
2.2.3.12. Ester Sayısı.....	16
2.2.3.13. TBA (Tiyobarbitürik Asit) Sayısı.....	17
2.2.3.14. Serbest Yağ Asitleri Oranı.....	17
2.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi.....	18
3. BULGULAR.....	19
3.1. Biyokimyasal Kompozisyon Verileri.....	19
3.1.1. Su ve Kuru Madde.....	19
3.1.2. Ham Yağ.....	21
3.1.3. Ham Protein.....	22
3.1.4. Mineral Madde.....	23
3.1.5. Karbonhidrat.....	25
3.1.6. Enerji Miktarı.....	26
3.2. Balık Yağında Kimyasal Kalite Parametrelerine Ait Veriler.....	27
3.2.1. İyot Sayısı.....	27
3.2.2. Sabunlaşma Sayısı.....	29
3.2.3. Sabunlaşmayan Madde Oranı.....	31
3.2.4. Peroksit Sayısı.....	33
3.2.5. Asit Sayısı.....	35
3.2.6. Ester Sayısı.....	37
3.2.7. TBA (Tiyobarbitürik Asit) Sayısı.....	39
3.2.8. Serbest Yağ Asitleri Oranı.....	41
4. TARTIŞMA.....	43

5. SONUÇLAR.....	49
6. ÖNERİLER.....	53
7. KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	58



ÖZET

Bu çalışmada; depolama sıcaklığı ve süresinin, balık yağı kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Balık yağı elde etmek üzere materyal olarak seçilen balık türleri, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bol miktarda avlanan hamsi (*Engraulis encrasicolus*, L., 1758), istavrit (*Trachurus trachurus*, L., 1758), tirsi (*Alosa fallax*, Lacepede, 1803), zargana (*Belone belone*, L., 1758) ve altınbaş kefal (*Mugil auratus*, Risso, 1810) 'dir.

Çözücü ekstraksiyonu ile elde edilen balık yağları, +4°C ve -18°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta depolanmış ve 150 gün boyunca kimyasal kalite parametreleri izlenmiştir. Her iki sıcaklıkta depolanan balık yağlarında da iyot sayısı ve ester sayısı haricindeki kalite parametreleri zamanla artmıştır. Buzdolabında (+4°C) depolanan bütün balık yağı örnekleri ancak 90 gün boyunca tüketilebilirlik özelliklerini koruyabilmiştir. Derin dondurucuda (-18°C) depolanan balık yağlarından hamsi ve tirsi dışındakiler 150 gün boyunca tüketilebilirlik özelliklerini korumuştur. Hamsi ve tirsi yağı ise -18°C'de ancak 120 gün boyunca oksidasyona dayanabilmiş ve tüketilebilirlik özelliklerini 120 gün boyunca koruyabilmiştir. Yağlar içinde en fazla oksidatif bozulma gösteren, hamsi yağı ile tirsi yağı olmuştur. Oksidasyona en dayanıklı olan balık yağı ise zargana yağıdır.

Elde edilen verilere göre, hem +4°C'de hem de -18°C'de depolanan balık yağlarında 150 gün boyunca meydana gelen oksidatif bozulma istatistiksel olarak önemli miktarda artış göstermiştir ($P < 0.05$). Ancak -18°C'de depolanan balık yağları tüketilebilirlik sınırını 150 gün boyunca aşmazken +4°C'de depolanan balık yağları 90 gün sonra tüketilebilirlik sınırını aşmıştır.

Anahtar Kelimeler: Balık Yağı, Yağ Kalitesi, Oksidasyon.

SUMMARY

Changes of Fish Oil Quality Due to Storage Temperature and Time

In this study, effects of storage temperature and time on fish oil quality were observed. Five different fish oils were extracted from anchovy (*Engraulis encrasicolus*, L., 1758), horse mackerel (*Trachurus trachurus*, L., 1758), twaite shad (*Alosa fallax*, Lacepede, 1803), garfish (*Belone belone*, L., 1758) and golden mullet (*Mugil auratus*, Risso, 1810) caught abundantly in the eastern Black Sea region.

Fish oils extracted by solvent extraction methods stored in two different temperature, +4°C and -18°C. In these fish oils, chemical quality parameters were examined for 150 days. All chemical quality parameters except iodine and ester value increased with time both in refrigerator (+4°C) and deep freezer (-18°C) samples.

All fish oil samples stored in refrigerator preserved properties of acceptability for only 90 days. However, acceptability tolerance was found 120 days for anchovy and shad oils and 150 days for golden mullet, garfish and horse mackerel oils stored in deep freezer. Most oxidative deterioration was found in anchovy and shad oils. Among all samples, garfish oil showed the most oxidative deterioration tolerance.

According to obtained data, oxidative deterioration in fish oil samples stored in refrigerator and deep freezer showed statistically important differences ($P < 0.05$). Generally, fish oils stored in deep freezer did not exceed limit of acceptability for 150 days. However, fish oils stored in refrigerator exceeded limit of acceptability after 90 days.

Keywords: Fish Oil, Oil Quality, Oxidation.

SEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Analiz edilen balık türlerinde su oranının aylara göre değişimi.....	20
Şekil 2. Analiz edilen balık türlerinde kuru madde oranının aylara göre değişimi.....	20
Şekil 3. Analiz edilen balık türlerinde ham yağ oranının aylara göre değişimi.....	22
Şekil 4. Analiz edilen balık türlerinde ham protein oranının aylara göre değişimi.....	23
Şekil 5. Analiz edilen balık türlerinde mineral madde oranının aylara göre değişimi.....	24
Şekil 6. Analiz edilen balık türlerinde karbonhidrat oranının aylara göre değişimi.....	25
Şekil 7. Analiz edilen balık türlerinde enerji miktarının aylara göre değişimi.....	26
Şekil 8. Buzdolabında depolanan balık yağlarında iyot sayısının değişimi.....	28
Şekil 9. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında iyot sayısının değişimi.....	28
Şekil 10. Buzdolabındaki balık yağlarında sabunlaşma sayısının değişimi.....	30
Şekil 11. Derin dondurucudaki balık yağlarında sabunlaşma sayısının değişimi.....	30
Şekil 12. Buzdolabında depolanan balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı.....	32
Şekil 13. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı.....	32
Şekil 14. Buzdolabında depolanan balık yağlarında peroksit sayısının değişimi.....	34
Şekil 15. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında peroksit sayısının değişimi.....	34
Şekil 16. Buzdolabında depolanan balık yağlarında asit sayısının değişimi.....	36
Şekil 17. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında asit sayısının değişimi.....	36
Şekil 18. Buzdolabında depolanan balık yağlarında ester sayısının değişimi.....	38
Şekil 19. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında ester sayısının değişimi.....	38
Şekil 20. Buzdolabında depolanan balık yağlarında TBA sayısının değişimi.....	40
Şekil 21. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında TBA sayısının değişimi.....	40
Şekil 22. Buzdolabında depolanan balık yağlarında SYAO 'nın değişimi.....	42
Şekil 23. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında SYAO 'nın değişimi.....	42

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Analiz edilen balıklarda su oranının aylara göre değişimi (%).....	19
Tablo 2. Analiz edilen balıklarda kuru madde oranının aylara göre değişimi (%).....	19
Tablo 3. Analiz edilen balıklarda ham yağ oranının aylara göre değişimi (%).....	21
Tablo 4. Analiz edilen balıklarda ham protein oranının aylara göre değişimi (%).....	22
Tablo 5. Analiz edilen balıklarda mineral madde oranının aylara göre değişimi (%).....	24
Tablo 6. Analiz edilen balıklarda karbonhidrat oranının aylara göre değişimi (%).....	25
Tablo 7. Analiz edilen balıklarda enerji miktarının aylara göre değişimi (kj/100g).....	26
Tablo 8. Buzdolabında depolanan balık yağlarında iyot sayısının değişimi.....	27
Tablo 9. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında iyot sayısının değişimi.....	27
Tablo 10. Buzdolabındaki balık yağlarında sabunlaşma sayısının değişimi.....	29
Tablo 11. Derin dondurucudaki balık yağlarında sabunlaşma sayısının değişimi.....	29
Tablo 12. Buzdolabındaki balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı (%).....	31
Tablo 13. Derin dondurucudaki balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı (%).....	31
Tablo 14. Buzdolabında depolanan balık yağlarında peroksit sayısının değişimi.....	33
Tablo 15. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında peroksit sayısının değişimi.....	33
Tablo 16. Buzdolabında depolanan balık yağlarında asit sayısının değişimi.....	35
Tablo 17. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında asit sayısının değişimi.....	35
Tablo 18. Buzdolabında depolanan balık yağlarında ester sayısının değişimi.....	37
Tablo 19. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında ester sayısının değişimi.....	37
Tablo 20. Buzdolabında depolanan balık yağlarında TBA sayısının değişimi.....	39
Tablo 21. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında TBA sayısının değişimi.....	39
Tablo 22. Buzdolabında depolanan balık yağlarında SYAO 'nın değişimi (%).....	41
Tablo 23. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında SYAO 'nın değişimi (%).....	41

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Su ürünleri, beslenme için oldukça önemli gıda kaynaklarıdır. Son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar, su ürünlerinin sağlıklı beslenme için gerekli besin elementlerini yeterli ve dengeli şekilde içerdiğini göstermiştir. Özellikle içerdikleri yağ ve proteinin niteliği yönünden sağlıklı beslenme bakımından büyük önem taşımaktadırlar.

Gerek avcılığının gerekse yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapılması balıkların su ürünleri içindeki önemini artırmaktadır. Balıklar öldükten kısa bir süre sonra bozularak tüketilemeyecek duruma gelmektedir. Her organizma gibi balıklar da öldükten sonra fizyolojik olayların ve dış koşulların etkisiyle bozular. Bunun geciktirilmesi ve avlanan balığın tüketime uygun olarak saklanabilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Ancak bu yöntemlerin tek amacı balığın bozulmasını geciktirmek değildir. Çeşitli ürünlerin üretimi, tüketim şekillerini ve kullanım alanlarını tek düzelikten kurtarmak ta bu yöntemlerin amaçları arasında yer almaktadır [1, 2].

Balık yağı, balıklardan elde edilen ürünler içinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Türden türe değişmekle birlikte balıklar genel olarak %0.2-25 arasındaki oranlarda yağ içerir. Bunun dışında, %0.1 oranında yağ içeren balıklar olduğu gibi, %67 oranında yağ içeren balıklar da bulunmaktadır [3]. Başka bir kaynaktan ise; genel olarak su ürünlerindeki yağ miktarının %0.1-22 arasında değişim gösterdiği ifade edilmektedir [4]. Yağ, balıkların kas dokusunda yeknesak dağılım gösterdiği halde karaciğer gibi bazı organlarda yoğun miktarda bulunabilmektedir. Örneğin, köpek balıkları karaciğerlerinde bulunan yağ için avlanmaktadır [5]. Köpek balığının yanı sıra yunuslar da yağı için avlanan önemli deniz canlılarındandır. Ancak pek çok ülkede yunus avcılığı yasaklanmıştır. Balık yağı üretiminde en fazla kullanılan türler hamsi, çaça, sardalye, uskumru, ton, ringa, istavrit, köpekbalıkları ve yunuslardır [6]. Ülkemizde, daha çok taze tüketilemeyen ve altyapı eksikliği nedeniyle uzun süre muhafaza edilemeyen hamsi ve istavrit gibi küçük balık türleri, balık unu ve yağı fabrikalarında işlenmektedir.

Balık yağı diğer hayvansal ürünlere benzer bir bozulma sürecine maruz kalmaktadır. Bu süreç, koşulların kontrol altına alınması ve istenmeyen değişimlerin geciktirilmesi yoluyla uzatılabilir. Balık yağının kimyasal yapısı çeşitli faktörler tarafından

etkilenmektedir. Balık yağında bulunan yağ asitleri türden türe farklılık gösterdiği gibi, mevsime ve beslenmeye göre de çeşitlilik göstermektedir. Bu faktörler balık yağının yenilebilir yağ üretimi için mi yoksa endüstriyel uygulamalar için mi kullanılacağını belirlemede etkilidir. Balık yağının tek kullanım alanı gıda amaçlı tüketim olmayıp çeşitli kullanım alanları vardır. Bunların belki de en önemlisi beslenmeyi destekleyici preparatların üretimidir. Balık yağının önemli kullanım alanlarından bir diğeri ise ilaç üretimidir. Son yıllarda niteliğinin daha iyi anlaşılması nedeniyle balık yağının tedavi amacıyla kullanılması yaygınlaşmıştır. Günümüzde bir çok hastalığın tedavisinde, hazır tabletler şeklinde üretilen balık yağı fraksiyonları kullanılmaktadır. Balık yağı, özellikle içerdiği omega-3 yağ asitleri nedeniyle kolesterole bağlı kalp ve damar hastalıklarının ve beynin işlevlerini eskisi gibi yerine getiremediği Alzheimer gibi beyinsel hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır [6]. Balık yağı omega-3 yağ asitleri bakımından diğer hayvansal ve bitkisel yağlara göre zengin bir kaynaktır. En önemli omega-3 yağ asitlerinden olan dokosaheksaenoik asit (DHA) ve eikosapentaenoik asit (EPA), balık yağında yüksek miktarda bulunmaktadır. Balık ve balık yağı, DHA ve EPA içeren en önemli doğal besin kaynaklarıdır. Balıklardan başka omega-3 yağ asitlerince zengin olan pek az doğal besin kaynağı bulunmaktadır. DHA, beyin ve retina tabakasındaki en önemli yağ asididir ve nöronlardaki yapısal yağın %30'undan fazlasını oluşturur [43, 2002]. Balık yağının kullanım alanlarından biri de deri sanayidir. Özellikle yunustan elde edilen yağ, kolay donmadığı ve kolay erimeyeceği için, diğer bir deyişle donma noktası düşük erime noktası yüksek olduğu için deri sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Balık yağı ve unu, su ürünleri yetiştiriciliği başta olmak üzere hayvan yetiştiriciliğinde çok önemli bir yeri olan yem sanayinde kullanılmaktadır. Günümüzde su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemlerin üretiminde balık yağı kullanımı yaygınlaşmaktadır. Balık yağı ilave edilmiş yemlerle beslenen balıklar, doğal olarak beslenen balıklara göre doymamış yağ asitleri bakımından daha zengin oldukları ifade edilmektedir. [7, 8, 9].

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz'de yaygın olarak avlanan hamsi (*Engraulis encrasicolus*, L., 1758), istavrit (*Trachurus trachurus*, L., 1758), tirsi (*Alosa fallax*, Lacepede, 1803), zargana (*Belone belone*, L., 1758) ve altınbaş kefal (*Mugil auratus*, Risso, 1810) balıklarının kimyasal kompozisyonlarındaki aylık değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır [10, 11, 12]. Ayrıca bu balıklardan elde edilen yağlar +4°C ve -18°C sıcaklıkta 150 gün boyunca depolanarak kalitelerinin değişimi izlenmiştir.

1.2. Balıklarda Biyokimyasal Bileşim

Su ürünlerinin biyokimyasal bileşimi kara hayvanlarının biyokimyasal bileşimine çok benzemektedir. Balıkların genel biyokimyasal bileşimi 66-81 su, %16-21 protein, %0.2-25 yağ, %1.2-1.5 mineral madde şeklindedir [3]. Bir başka kaynakta su ürünlerinin genel biyokimyasal bileşimi; %66-84 su, %15-24 protein, %0.1-22 yağ ve %0.8-2 mineral madde şeklinde belirtilmiştir. Balıklar çok az miktarda karbonhidrat içermektedir. Su ürünlerinin biyokimyasal bileşimi türden türe farklılık gösterdiği gibi aynı türe ait bireyler arasında da yaşa, cinsiyete, mevsime ve avlama bölgesine göre farklılıklar göstermektedir. Balık etinin biyokimyasal bileşimi, tüketici açısından önemli olduğu kadar balığı hammadde olarak kullanan ve çeşitli ürünlere işleyen sanayici açısından da önemlidir. Mezgıt, barbunya, pisi balığı gibi beyaz etli balıklar ağırlıklarının %1'i kadar; uskumru, sardalye, som balığı, hamsi, istavrit, palamut, alabalık gibi yağlı balıklar ise %5-25 arasındaki oranlarda yağ içermektedir. Alabalık dışındaki tatlı su balıkları genellikle az yağlıdır. Balıklar yağ miktarlarına göre yağlı, yarı yağlı ve yağsız olmak üzere 3'e ayrılmaktadır [4].

1.3. Balık Yağında Kalitenin Belirlenmesi

Yağlar genel olarak iki şekilde bozulmaktadır. Bunlardan birincisi ve önemli olanı oksidatif bozulma veya oksidatif acılaşıma, ikincisi ise hidrolitik bozulma veya hidrolitik acılaşımadır. Oksidatif acılaşıma yağların esas bozulma şeklidir. Yağlarda zamanla oluşan oksidasyon ürünlerinin miktarının ölçülmesi ile oksidatif acılaşıma düzeyi belirlenebilmektedir. Doymamış yağ asitlerinde zengin yağlar oksidasyona çok dayanıksızdır. Doymamış yağların oksijenle bağ yapması sonucu oksidatif bozulma meydana gelir. Bu olay bir kez başladıktan sonra geri dönüşü olmayan bir olaydır. Ancak ortam koşullarının kontrol altına alınması ile bu reaksiyonun hızı yavaşlatılabilir [13].

Genel olarak bütün yağlar mikroorganizmalarla bozulabilmektedir. Mikroorganizmalar yağları üç şekilde bozabilmektedir. Bunlardan birincisi, sulu fazda bulunan protein ve karbonhidratlara etki ederek yağlı maddelerin tat ve kokusunu değiştirmeleridir. İkincisi, doğrudan yağlar üzerine etki ederek yağların hidrolizine neden olmalarıdır. Üçüncüsü ise, doymuş yağ asitlerinden hidrojen ayrılmasına böylelikle yağ asidinin doymamış hale gelmesine sonra su ve oksijenin etkisiyle keton oluşumuna neden

olmalarıdır [14]. Yağların bu şekilde bozulmalarına hidrolitik bozulma veya hidrolitik acılaşma denilmektedir. Bazı kimyasal parametreler hidrolitik bozulma hakkında fikir vermektedir. Örneğin ester sayısı, serbest yağ asitleri oranı ve asit sayısı; hidrolitik bozulmanın hızını ve düzeyini belirtmektedir. Yağlarda kalitenin belirlenmesi için duyuusal, fiziksel, mikrobiyolojik ve kimyasal analizler yapılabilmektedir. Bu çalışmada, sadece kimyasal kalite parametrelerinin değişimi izlenmeye çalışılmıştır.

1.3.1. Duyusal Kalite Kriterleri

Yağlarda kalitenin belirlenmesi için kullanılan bir diğer yöntem, yağların beş duyu organıyla değerlendirilmesidir. Yağlar deneyimli kişilerce renk, koku ve tat gibi beş duyu organıyla algılanabilen özellikleri bakımından değerlendirilir [15].

1.3.2. Fiziksel Kalite Kriterleri

Yağların fiziksel özelliklerini bilmek yağların tanınması ve saflığını tespit etmek açısından önemlidir. Bu nedenle yağlarda bazı fiziksel parametreler belirlenir. Bunlar; kırılma indisi, erime sıcaklığı, renk, özgül ağırlık ve viskozite gibi parametrelerdir [14].

1.3.3. Mikrobiyolojik Kalite Kriterleri

Yağlarda bulunabilen lipolitik karakterdeki mikroorganizmalar yağın hidroliz olmasına neden olacak enzimler üretmekte ve bozulmaya neden olmaktadır. Bu mikroorganizmaların sayısı, yağın bozulup bozulmadığı hakkında fikir vermektedir [15].

1.3.4. Kimyasal Kalite Kriterleri

1.3.4.1. İyot Sayısı

İyot sayısı, 1 gram yağın doyurulması için gereken iyot miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bu indeks, yağın doymamışlık derecesini belirten bir parametredir. İyot sayısı ne kadar yüksek ise yağın doymamışlık derecesi o kadar fazladır [16]. Bitkisel

kaynaklı yağların iyot sayısı genellikle 70-110 arasındadır. Hayvansal kaynaklı yağların iyot sayısı daha büyük bir aralıkta değişim gösterir. Hayvansal kaynaklı olan tereyağının iyot sayısı 26-45 arasında iken balık yağının iyot sayısı türden türe değişmekle birlikte 150-200 arasındadır [13]. Diğer hayvansal yağlara göre balık yağının doymamışlık derecesi fazla olduğu için iyot sayısı da daha yüksektir.

1.3.4.2. Sabunlaşma Sayısı

Sabunlaşma sayısı, 1 gram yağı sabunlaştırmak için gerekli olan potasyum hidroksitin miligram cinsinden miktarını ifade eder. Sabunlaşma sayısı, 1 gram yağda bulunan serbest yağ asitlerini ve gliserit halinde bulunan yağ asitlerini nötralize etmek için gerekli olan potasyum hidroksit miktarıdır. Sabunlaşma sayısı aynı zamanda yağın moleküler ağırlığını ifade eder [14]. Sabunlaşma sayısı tayininin prensibi, yağın alkolde çözüldürülen bir alkali ile ısıtıldıktan sonra hidroklorik asit ile titrasyon yapılması ve sarf edilen alkali miktarının tespit edilmesidir [16]. Sabunlaşma sayısı, yağların tanımlanması açısından iyot sayısı kadar önemli bir parametre değildir. Ancak yağın saflığının belirlenmesinde, cinsinin saptanmasında ve ortalama molekül ağırlığı hakkında fikir edinilmesinde sabunlaşma sayısından yararlanılmaktadır.

1.3.4.3. Sabunlaşmayan Madde Oranı

Sabunlaşmayan madde oranı, yağ çözücülerinde çözünebilen ancak alkali bileşiklerle sabunlaşmayan maddeler olarak tanımlanmaktadır [14]. Bu bileşikler yağ içinde bulunan, petrol eteri veya dietil eter içinde çözünen ancak, bir alkali ile sabunlaşmayan çeşitli alifatik alkoller, steroller, hidrokarbonları, karotenoidleri, ksantofilleri, yağda çözünen vitaminleri ve benzer organik bileşikler içerir [16, 17]. Sabunlaşmayan madde oranının zamanla artması beklenir. Balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı için kesin bir standart yoktur.

1.3.4.4. Peroksit Sayısı

Bir kilogram yağda peroksit şeklinde bağlanmış O_2 'in mili eşdeğer gram cinsinden miktarı peroksit sayısı olarak tanımlanmaktadır [14]. Yağların oksitlenmesi sonucu meydana gelen bozulmalarda O_2 , doymamış bağlara etki ederek peroksitler oluşturur. Bu şekilde meydana gelen tepkime bir zincir tepkimesidir. Peroksit sayısı tespitinin, yağın ve yağlı ürünlerin depolama zamanına bağlı olarak yapılması gereklidir. Çünkü peroksit sayısı, otooksidasyon reaksiyonları boyunca bir pik noktası gösterdikten sonra peroksitlerin kısa zincirli otooksidasyon ürünlerine oksitlenmesi sonucu ani ve hızlı bir düşüş gösterebilmektedir [15]. Peroksit sayısı, yağlara ilave edilen antioksidanların etkinliğinin belirlenmesi için de kullanılmaktadır. Genel olarak yağlarda peroksit sayısı için kabul edilebilir sınır değeri 8 meq O_2 / 1 kilogram yağdır [18].

1.3.4.5. Asit Sayısı

Bir gram yağda bulunan serbest yağ asitlerini nötralize etmek için gerekli olan potasyum hidroksitin miligram cinsinden miktarına asit sayısı denir. Yağlarda asit sayısının zamanla artması beklenir. Yağlar, enzimlerin etkisiyle hidrolize uğrar ve bağlı halde bulunan yağ asidi miktarı düşerken serbest halde bulunan yağ asidi miktarı artar. Asit sayısı serbest yağ asitleri oranı (SYAO) ile doğru orantılı olarak değişme gösterir [19].

1.3.4.6. Ester Sayısı

Bir gram yağda bulunan yağ asitlerini sabunlaştırmak için gerekli potasyum hidroksitin miligram cinsinden miktarına ester sayısı denir. Yağın tamamen hidroliz edilmesi sonucu serbest hale geçen asitlerin nötr hale getirilmesi ve sarf edilen potasyum hidroksit miktarının belirlenmesi ile bulunur. Hidroliz işleminden önce serbest halde bulunan yağ asitleri nötralize edilir. Daha sonra bağlı halde bulunan yağ asitleri serbest hale getirilerek miktarları bulunur [19]. Yağlarda ester sayısının zamanla düşmesi beklenir. Çünkü hidroliz sonucu, yağların serbest yağ asidi miktarı artmaktadır. Buna bağlı olarak gliserin ile ester halindeki yağ asidi miktarı azalır.

1.3.4.7. TBA (Tiyobarbitürük Asit) Sayısı

Yağ içeren gıdalarda, yağda bulunan doymamış yağ asitlerindeki çift bağların, havada bulunan serbest oksijenle oksitlenmesi sonucu kısa karbon zincirli ürünler oluşmaktadır. Bu ürünler, gıdada acı bir tadın oluşmasına, kalitenin önemli ölçüde düşmesine ve ürünün tüketilemeyecek duruma gelmesine neden olabilmektedir. Bu olay, oksidasyon olarak adlandırılmaktadır. Yağlarda, oksidasyonun derecesini belirlemek için kullanılan en önemli parametreler peroksit sayısı ve TBA sayısıdır. TBA sayısı, yağ ve yağlı gıdalarda otooksidasyon sonucu oluşan acılaştırmanın derecesini belirlemek için kullanılan bir kriterdir. Balık yağında TBA sayısının kabul edilebilir değeri 1-2 μmol malonaldehit / 1 gram yağdır [3]. Bu değer, etler için verilen kabul edilebilir TBA sayısı ile yaklaşık olarak aynıdır. Et ve et ürünleri için belirtilen TBA sayısının kabul edilebilir değeri 7-8 miligram malonaldehit / 1 kilogram ettir [15, 18].

1.3.4.8. Serbest Yağ Asitleri Oranı

Yağlarda bulunan yağ asitleri toplamı oleik asit yüzdesi olarak belirtilmektedir. Serbest yağ asitleri oranı (SYAO) aynı zamanda 1 gram yağın nötr hale getirilebilmesi için gerekli olan potasyum hidroksitin miligram cinsinden ağırlığı olarak ifade edilmektedir [16, 17]. Yağ, doğal bir çözücüde çözündürülür ve standart alkali bir çözelti ile titre edilerek SYAO belirlenir. Elde edilen değer, hidrolitik bozulma sonucu oluşan yağ asitlerinin miktarını ifade eder [20, 21].

1.4. Balık Yağı İle İlgili Yapılan Çalışmalar

1999 yılında, balık yağı ile ilgili İtalya'da yapılan çalışmalarda, önemli sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmada, kalp krizi geçirmiş olan 11 000 kişiden fazla denek üzerinde inceleme yapılmıştır. Hastaların diyetlerine günde 1 g balık yağı (580 mg EPA ve 290 mg DHA) eklenmiştir. Sadece üç aylık süre sonunda, diyetlerine balık yağı eklenen grubun ölüm oranının %1.1, balık yağı eklenmeyen grubun ölüm oranının ise %1.6 olduğu saptanmıştır. Çalışma 3.5 yıl sürmüştür. Araştırmacılar çalışmanın sonunda, diyetlerine balık yağı eklenen grubun ölüm oranını %5.5, balık yağı eklenmeyen grubun ölüm oranını

ise %6.5 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmalar sonucunda, balık yağının insanlarda kalp krizi riskini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır [22, 23, 24].

Boston'da yapılan bir araştırmada; yağ miktarı yüksek balıklarla düzenli olarak beslenen kalp hastalarının diğer hastalara göre ani kalp krizi ile ölüm oranlarının %81 daha az olduğunu belirlenmiştir. Araştırmacılar, yaşları 40-82 arasında değişen 15 000 kalp hastası üzerinde 17 yıl boyunca yaptıkları çalışma sonucunda, balık ve balık yağının ani kalp krizinden ölüm riskini önemli oranda azalttığını bulmuştur [25, 26].

Yine Boston'da yapılan bir araştırmada; yaş ortalaması 75 olan toplam 1 188 kişilik erkek denek üzerinde çalışılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; Alzheimer hastalarının kanlarındaki DHA miktarının bu hastalığa yakalanmamış olanların kanlarındaki DHA miktarına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada, kanlarındaki DHA miktarı düşük olan deneklerin Alzheimer hastalığına yakalanma riskinin çok daha fazla olduğu saptanmıştır [27].

Danimarka'da yapılan bir araştırmada; haftada en az bir kez, balık veya diğer su ürünlerini tüketen kadınların hiç tüketmeyenlere göre 3.6 kez daha az erken doğum veya düşük yapma riski taşıdığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, 9000 hamile kadın üzerinde anket çalışması yapmıştır. Çalışma sonunda araştırmacılar; hamileliklerinin ilk 16 haftası boyunca, günlük 15 gramdan az balık veya 150 miligramdan az balık yağı tüketen kadınların diğer kadınlara göre düşük veya erken doğum yapma olasılıklarının daha fazla olduğu sonucuna ulaşmıştır [28].

2001 yılında yayınlanan bir araştırmada; keten tohumu yağında yüksek miktarda bulunan α -linolenik asidin insan metabolizmasında, DHA ve EPA esansiyel yağ asitlerine dönüşümü araştırılmıştır. Bu araştırmaya göre, α -linolenik asidin, balık yağının ana bileşenleri olan EPA ve DHA yağ asitlerinin yerini alamadığı saptanmıştır. Dolayısıyla balık yağının insan beslenmesindeki önemini koruduğu anlaşılmıştır [29].

İngiltere'de yapılan bir çalışmada; standart antidepresan tedavisine cevap alınamayan 70 depresif hasta, 12 hafta boyunca balık yağı ilave edilen diyetlerle beslenmiştir. Araştırmanın sonunda, diyetlerine balık yağı ilave edilen hastaların %69'unda, depresif belirtilerin %50 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar, depresyon hastalarının, düzenli olarak balık veya balık yağı preparatlarını tüketmeleri durumunda, önemli oranda iyileşebileceklerini belirtmişlerdir [44, 2003].

Son yirmi yıldır yapılan çalışmalar DHA ve EPA gibi omega-3 yağ asitlerinin insan beslenmesi için esansiyel nitelikte olduğunu açıkça göstermiştir: Omega-3 yağ asitleri

yönünden en zengin balık uskumrudur. 100 g yenilebilir uskumru etinde yaklaşık 2.5 g omega-3 yağ asidi bulunur. Sardalye 1.7 g, alabalık 0.5-1.6 g, som balığı 1.2-1.4 g, ton balığı ise 0.5-1.3 g omega-3 yağ asidi içerir [4]. Omega-3 yağ asitleri (EPA ve DHA) balık eti dışında balık yağı preparatları ile de alınabilir. Fakat, bu preparatlar fazla miktarda A ve D vitamini içerdikleri için güvenle kullanılacakları miktar sınırlıdır [17]. DHA ve EPA yağlı balıklarda ve balık yağında bol miktarda bulunmaktadır. DHA insan vücudunun tüm hücre zarlarında bulunan fosfolipitlerin ana bileşenidir. Beyin, retina ve spermde de yoğun miktarda bulunur [4]. Balık yağı; kalp-damar hastalıklarının, kalp krizinin, bazı çocuk hastalıklarının, yüksek tansiyonun, eklem romatizmalarının, akciğer kanserinin, bağırsak kanserinin ve prostat kanserinin ve kalpte aritminin önlenmesine yardımcı olmaktadır. Balık yağının özellikle aritminin ve ani kalp krizinin önlenmesinde etkili olduğu belirlenmiştir. Araştırmalar, haftada en az bir kez balık tüketen insanların kalp krizi riskinin %50-70 oranında azaldığını göstermektedir [43, 2002].

Bu çalışmalara benzer binlerce çalışma vardır ve bu çalışmaların tümü son 25 yılda yapılmıştır. Artık günümüzde, balık yağının beslenmemizdeki önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Ancak balık yağının kalite düzeyinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada, ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen balık yağlarının kalitelerinin, genel olarak yağlar için kabul edilen kalite kriterlerine göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca balık yağı elde etmek üzere kullanılan balıkların kimyasal kompozisyonlarının aylara göre değişimi izlenmiştir.

1.5. Dünyada ve Ülkemizde Balık Yağı Üretimi

Dünyada, 2000 yılındaki balık yağı üretimi 1 milyon tondan fazla olmuştur. Balık yağı üretimi 2001 yılında 721 000 ton ve 2002 yılında tahmini olarak 750 000 ton civarında gerçekleşmiştir [45, 2003]. Türkiye dünyanın önemli balık yağı üreticileri arasında yer almamaktadır. Türkiye’de, 2001 yılında yaklaşık 60 000 ton balık, balık unu ve yağı fabrikalarında işlenmiştir. Ülkemizde, balık unu ve yağı fabrikalarında en fazla hamsi işlenmektedir [30].

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Çalışmada, deney materyali olarak Doğu Karadeniz’de yaygın olarak avlanan hamsi, istavrit, tirsi, zargana ve altınbaş kefal balıkları kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Araştırma Planı

Araştırma, Ekim 2002 ile Mayıs 2003 ayları arasında yürütülmüştür. Araştırma süresince aylık periyotlarla Trabzon Balık Hali’nden satın alınan balıklar laboratuvara getirildikten sonra baş ve iç organları ayrılarak fileto yapılmıştır. Örnekleme her ay, kefal ve tirsi türlerinden en az 5’er adet; zargana balığından en az 10 adet; hamsi ve istavrit türlerinden en az 20’şer adet alınarak yapılmıştır. Fileto haline getirilen balıklar paçal yapıldıktan sonra 72 saat içinde biyokimyasal kompozisyon analizleri tamamlanmıştır. Bütün analizler iki paralel olarak yapılmıştır. Bu süre içinde balıklar buzdolabında bekletilerek kimyasal bileşimlerinde meydana gelebilecek değişimlerin azaltılması amaçlanmıştır.

Ayrıca çalışmada kullanılan balıklardan ekstraksiyon yöntemi ile 200’er ml civarında ham balık yağı elde edilmiştir. Elde edilen balık yağlarında kimyasal kalite parametreleri belirlenmiş ve daha sonra bu yağlar ikiye ayrılarak buzdolabında ($+4\pm 1^{\circ}\text{C}$) ve derin dondurucuda ($-18\pm 1^{\circ}\text{C}$) depolanmak üzere renkli şişelere doldurulmuştur. Depolama süresince 15., 30., 60., 90., 120. ve 150. günlerde kimyasal analizler yapılarak yağlarda oluşan kalite değişimleri izlenmiştir.

2.2.2. Balık ve Balık Yağı Örneklerinin Analizler İçin Hazırlanması

Uygun koşullarda laboratuara getirilen balıklar hemen yıkanmış, başları ve iç organları çıkarılmıştır. Balıklar fileto haline getirildikten sonra parçalayıcı yardımı ile

homojenize edilmiştir. Partikül büyüklüğü 4 mm'den küçük olacak şekilde kıyılan balıklar hava geçirmeyen poşetlere doldurulmuş ve poşetlerin ağzı, içinde hava kalmayacak şekilde plastik kelepçe ile bağlanmıştır. Balık örnekleri analiz edilinceye kadar buzdolabında +4°C'de depolanmış ve 72 saat içinde kimyasal kompozisyon analizleri tamamlanmıştır.

Ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen balık yağları ilk deneyler yapıldıktan sonra iki kısma ayrılmıştır. Daha sonra derin dondurucu (-18±1°C) ve buzdolabı (+4±1°C) sıcaklıklarında depolanmak üzere renkli şişelere konulmuştur.

2.2.3. Analiz Yöntemleri

2.2.3.1. Su ve Kuru Madde

Temiz petri kapları kurutma dolabında 103±2°C'de sabit tartım elde edilinceye kadar kurutulmuş, desikatörde soğutulmuş ve daraları alındıktan sonra içlerine yaklaşık 5 g balık eti tartılmıştır. Petri kapları etüve konularak 103±2°C'de sabit tartım elde edilinceye kadar kurutulmuştur. Nem miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [19, 31].

$$\text{Su (\%)} = [(M_1 - M_2) / M_0] \times 100 \quad (1)$$

M_0 = örnek ağırlığı (g)

M_1 = kap + örnek (kurutmadan önce) (g)

M_2 = kap + örnek (kurutmadan sonra) (g)

Hesaplanan su miktarı 100'den çıkarılarak yüzde olarak kuru madde miktarı bulunmuştur.

$$\text{Kuru madde (\%)} = 100 - \% \text{ Su} \quad (2)$$

2.2.3.2. Ham Yağ

Ham yağ miktarı, ekstraksiyon yöntemiyle belirlenmiştir. Birkaç kaynama taşı içeren ekstraksiyon balonu sabit tartım elde edilinceye kadar kurutma dolabında

kurutulmuş, desikatörde oda sıcaklığına getirilerek tartılmıştır. Analizler için hazırlanan balık örneklerinden 5'er g alınmış ve kartuşa konulmuştur. Çözücü olarak n-hekzan kullanılmıştır. Saniyede 5-6 damla çözücü akacak şekilde ısıtma yapılmış ve 5-6 saat boyunca işleme devam edilmiştir. Ekstraksiyon işleminin sonunda, balon 1 saat boyunca $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de kurutma dolabında kurutulmuş ve desikatörde oda sıcaklığına getirildikten sonra tartılmıştır. İlk tartım ile son tartım arasındaki farktan yararlanılarak aşağıdaki formüle göre ham yağ miktarı hesaplanmıştır [19, 31].

$$\text{Ham yağ (\%)} = (M_2 - M_1) \times 100 / M_0 \quad (3)$$

M_0 = örnek ağırlığı (g)

M_1 = ekstraksiyon balonu + kaynama taşları (g)

M_2 = ekstraksiyon balonu + kaynama taşları + yağ (g)

2.2.3.3. Ham Protein

Analiz için hazırlanmış balık örneklerinden tartılarak 2'şer g alınmıştır. Örnekler kjeldahl balonuna konulmuş ve her bir kjeldahl balonuna 2'şer adet kjeltab ilave edilmiştir. Her bir kjeldahl balonunun üzerine 20 ml %98'lik H_2SO_4 eklenmiştir. Yakma ünitesinin sıcaklığı önce 160°C olarak ayarlanmış ve bu sıcaklıkta 15 dakika yakma yapıldıktan sonra sıcaklık 320°C 'ye çıkarılmıştır. Berrak sıvı elde edilinceye kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Bu işlem devam ederken her örnek için bir erlende 50'şer ml brom kresol metil kırmızısı indikatör karışımı içeren %3'lük borik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Yakma işlemi bittikten sonra destilasyon işlemine geçilmiştir. Hazırlanan çözeltiler destilasyon ünitesinin destilat toplama kısmına yerleştirilmiş ve yakma ünitesinden alınan kjeldahl balonları da destilasyon ünitesine yerleştirilmiştir. Destilasyon ünitesi ayarları; H_2O 60 ml, NaOH 60 ml, bekleme 5 saniye, destilasyon 5 dakika olarak ayarlanmış ve destilasyona başlanmıştır. Destilasyondan sonra 0.1 N H_2SO_4 ile açık pembe renk oluşuncaya kadar titrasyon yapılmıştır. Sonuç aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [7, 19].

$$\text{Ham protein (\%)} = 0.1 \text{ N } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (ml)} \times 0.0014 \times 6.25 \times 100 / \text{örnek (g)} \quad (4)$$

2.2.3.4. Mineral Madde

Balık etinde mineral madde miktarı, balık örneklerinin kül fırınında 550-600°C'de yakılması ile belirlenmiştir. Temiz krozeler bir saat boyunca 550-600°C'de yakılmış, desikatörde soğutulmuş ve sonra her bir krozenin içine yaklaşık 2 g balık eti konulmuştur. Yakma işlemine yardımcı olması için magnezyum asetat çözeltisi kullanılmıştır. Magnezyum asetat çözeltisi, 5 g magnezyum oksit ile 15 ml glasiyel asetik asit karıştırılarak ve destile su ile 100 ml'ye tamamlanarak hazırlanmıştır. Magnezyum asetat çözeltisinden pipetle 1'er ml alınmış ve krozelerdeki örneği ıslatacak şekilde ilave edilmiştir. Darası alınan boş bir krozeye 1 ml magnezyum asetat çözeltisi konulmuştur. Krozeler, etüvde önce 100°C'de sonra 150°C'de 15'er dakika ısıtıldıktan sonra kül fırınına yerleştirilmiş ve 550-600°C'de yaklaşık 3 saat yakma işlemi yapılmıştır. Krozeler sabit tartıma gelinceye kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Yakma işleminden sonra krozeler tartılarak aşağıdaki formüle göre mineral madde miktarı hesaplanmıştır [19, 31].

$$\text{Mineral madde (\%)} = [(M_2 - M_0 - M_3) / (M_1 - M_0)] \times 100 \quad (5)$$

M_0 = krozenin ağırlığı (g)

M_1 = kroze + örnek (g) (yakma işleminden önce)

M_2 = kroze + örnek (g) (yakma işleminden sonra)

M_3 = magnezyum asetat çözeltisi (g) (yakma işleminden sonra)

M_3 = Darası alınan boş bir krozeye 1 ml magnezyum asetat çözeltisi konulur ve yakma işleminden sonra tekrar tartılarak örneklerde magnezyum oksit çözeltisinden kaynaklanan fark belirlenir ve hesaplama katılır.

2.2.3.5. Karbonhidrat Miktarının Hesaplanması

Balık eti örneklerindeki karbonhidrat miktarlarının tayini için ayrıca deneysel çalışma yapılmamıştır. Hesaplanan ham yağ miktarı, ham protein miktarı, ham kül miktarı toplanmış ve kuru madde miktarından çıkarılarak yüzde karbonhidrat miktarı hesaplanmıştır [31].

2.2.3.6. Enerji Miktarının Hesaplanması

Balık örneklerinin enerji miktarları; ham yağ, ham protein ve karbonhidrat miktarlarının sırasıyla 37, 17 ve 16 faktörleri ile çarpılarak kj / g cinsinden hesaplanmıştır [32].

2.2.3.7. İyot Sayısı

İyot sayısı Hanus yöntemine göre belirlenmiştir. Bu amaçla 0.5 g örnek alınarak üzerine 10 ml CCl₄ ve 25 ml hanus çözeltisi eklenmiştir. Karanlıkta 1 saat bekletildikten sonra 20 ml %10'luk KI çözeltisi ilave edilmiştir. Üzerine 100 ml destile su eklendikten sonra 0.1 N Na₂S₂O₃ çözeltisi ile renk kahverengiden sarıya dönünceye kadar titrasyon yapılmıştır. Daha sonra nişasta çözeltisi eklenmiş ve mavi renk elde edilinceye kadar titrasyon sürdürülmüştür [14, 19].

$$\text{İyot sayısı} = 1.269 \times (B-A) / \text{örnek (g)} \quad (6)$$

A = örnek için yapılan 0.1 N Na₂S₂O₃ sarfiyatı (ml)

B = kör için yapılan 0.1 N Na₂S₂O₃ sarfiyatı (ml)

2.2.3.8. Sabunlaşma Sayısı

Sabunlaşma sayısı analizi için, 250 ml'lik rodajlı balona 2 g yağ konulmuştur. Bunun üzerine 25 ml 0.5 N alkolle hazırlanmış KOH çözeltisi eklenmiş ve geri soğutucuya bağlanarak bir saat kaynatılmıştır. Kaynatmadan sonra 0.5 ml fenolfitaleyn indikatör çözeltisi eklenen çözelti 0.5 N HCl ile titre edilmiştir. Aynı işlemler kör deneme için de yapılmıştır. Sabunlaşma sayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [16, 19].

$$\text{Sabunlaşma sayısı} = (B-A) \times 28.05 / \text{örnek (g)} \quad (7)$$

A = Örnek için yapılan HCl sarfiyatı (ml)

B = Kör için yapılan HCl sarfiyatı (ml)

2.2.3.9. Sabunlaşmayan Madde Oranı

Analiz için, rodajlı bir balon sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuş ve tartılmıştır. Kurutulmuş yağ örneğinden tartılarak 1-2 g alınmıştır. Üzerine 50 ml 2 N etanolde hazırlanmış KOH ilave edilmiştir. Balon geri soğutucuya bağlanmış ve bir saat süresince kaynatılmıştır. 50 ml saf su ilave edildikten sonra soğumuş deney çözeltisi 500 ml'lik ayırma hunisine aktarılmıştır. Toplam 50 ml dietil eter ile balon yıkanarak balonun içeriği ayırma hunisine aktarılmıştır. Huni uygun bir düzeneğe yerleştirilmiş ve üstteki eter fazının alttaki su ve sabun fazından tamamen ayrılması için en az 15 dakika beklenmiştir. Daha sonra huninin altında oluşan sabun fazı alınmıştır. Sonra en az 3 defa, her defasında 50 ml dietil eter kullanılarak ekstraksiyon yapılmıştır. Dietil eter ekstraktı 500 ml'lik ayırma hunisine aktarılmış ve 50 ml %25'lik etanol ile yıkanmıştır. İyice yıkanmış eter ekstraktı kurutulmuş ve darası alınmış 250 ml'lik behere aktarılmıştır. Huni çok az dietil eter ile yıkanarak behere aktarılmış ve beher su banyosunda ısıtılarak çözücü buharlaştırılmıştır. Beherdeki kalıntı etüvde 15 dakika süreyle kurutulmuş ve desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuştur. Kalıntı içerisindeki serbest yağ asitlerinin ağırlığını belirlemek için kalıntı 50°C sıcaklıktaki 50 ml %95'lik etanol içerisinde çözülmüştür. Etanol içerisinde 2 damla fenol fitaleyn konulmuştur. Etanol daha önce fenol fitaleyn indikatörünün son noktası olan açık pembe renge kadar nötrale edilmiştir. Bu çözelti 0.02 N NaOH ile titre edilmiştir [16, 19].

$$\text{Sabunlaşmayan madde oranı (\%)} = \frac{\text{kalıntı (g)} - A \times 100}{\text{yağ (g)}} \quad (8)$$

A = Kalıntı içerisindeki serbest yağ asidi miktarı (g)

2.2.3.10. Peroksit Sayısı

Peroksit sayısı tayininde, bir erlen içine 2 g örnek tartılmıştır. 30 ml asetik asit-kloroform çözeltisi eklenerek (3 asetik asit + 2 kloroform) örnek çözelti içinde çözünenek karıştırılmıştır. Üzerine 0.5 ml doymuş potasyum iyodür eklenmiş ve karıştırılmıştır. 30 ml destile su katılmış ve 0.1 N sodyum tiyo sülfat ile titrasyon yapılmıştır. Sarı renk oluşuncaya dek titrasyona devam edilmiştir. 0.5 ml %1'lik nişasta indikatör çözeltisi

eklenmiş ve bütün iyot kloroform tabakasından ayrılıncaya kadar titrasyona devam edilmiştir. Mavi renk kayboluncaya kadar sodyum tiyo sülfat eklenmiş, aynı işlemler kör deneme için de yapılmıştır [14, 17].

$$\text{Peroksit sayısı (meq peroksit / 1000 g yağ)} = (S-B) \times N \times 1000 / \text{örnek (g)} \quad (9)$$

B = Örnek için yapılan 0.1 N Na₂S₂O₃ sarfiyatı (ml)

S = Kör için yapılan 0.1 N Na₂S₂O₃ sarfiyatı (ml)

N = Na₂S₂O₃'ün normalitesi

2.2.3.11. Asit Sayısı

Yağ örneğinden uygun bir miktar tartılıp erlene konulmuştur. 5 ml etanol ve 0.2 ml fenolfitaleyn indikatör çözeltisi ilave edildikten sonra 0.1 ml etanolik potasyum hidroksit ile titrasyon yapılmıştır [15, 17].

$$\text{Asit sayısı} = 5.61 \times V / M \quad (10)$$

V = 0.1 M etanolik KOH sarfiyatı (ml)

M = örnek miktarı (g)

2.2.3.12. Ester Sayısı

Kör deneme için; 5 ml etanol, 25 ml 0.5 N etanolik KOH ve 0.2 ml fenolfitaleyn indikatör çözeltisi geri soğutucu altında 1 saat kaynatılmış, soğutulmuş ve 20 ml su ilave edilmiştir. Tekrar 0.5 ml fenolfitaleyn çözeltisi eklenmiş ve 0.5 N HCl ile titrasyon yapılmıştır. Erlene örnekten uygun miktarda tartılmış ve üzerine 5 ml etanol, 0.2 ml fenolfitaleyn indikatör çözeltisi konulmuştur. 0.1 N etanolik KOH ile titrasyon yapılmıştır. Nötr hale getirilen sıvıya 25 ml 0.5 N etanolik KOH eklenmiş ve geri soğutucu altında 1 saat kaynatılarak, soğutulmuştur. Üzerine 20 ml su ve 0.5 ml fenolfitaleyn indikatör çözeltisi eklenmiş ve 0.5 N HCl ile titrasyon yapılmıştır [17, 19].

$$\text{Ester sayısı} = 28.05 \times (B-V) / M \quad (11)$$

B = kör için yapılan 0.5 N etanolik KOH sarfiyatı (ml)

V = 0.5 N etanolik KOH (hidroliz sonrası oluşan asitliği nötralize etmek için, ml)

M = yağ örneği (g)

2.2.3.13. TBA (Tiyobarbitürik Asit) Sayısı

Homojen yağ örneğinden yaklaşık 1 g tartılmış ve behere konmuştur. Üzerine 50 ml destile su ilave edilmiş ve 2 dakika karıştırılarak kjeldahl balonuna aktarılmıştır. Beher 47.5 ml destile su ile yıkanarak yıkama suyu kjeldahl balonuna ilave edilmiştir. Balona yaklaşık 2.5 ml 4 N HCl çözeltisi ilave edilerek pH 1.5'e ayarlanmış ve destilasyon işlemine geçilmiştir. Kaynama başladıktan sonra, 10 dakika içinde 50 ml destilat toplanacak şekilde ısıtma yapılmıştır. 10 dakika sonunda destilat karıştırılarak 5 ml'si 20 ml'lik cam kapaklı deney tüpüne konmuştur. Üzerine 5 ml TBA reaktifi ilave edilerek tüpün kapağı kapatılmış ve karıştırılmıştır. Kör için başka bir deney tüpüne 5 ml TBA reaktifi ve 5 ml destile su konmuş ve karıştırılmıştır. Tüpler kaynayan su banyosunda 35 dakika kadar tutulduktan sonra soğutulmuştur. Spektrofotometre tüplerine aktararak 538 nm dalga boyunda optik yoğunluk okunmuştur [18].

$$\text{TBA sayısı (mg malonaldehit / 1000 g örnek)} = \text{OD} \times 7.8 \quad (12)$$

OD = spektrofotometrede okunan absorbans değeri

2.2.3.14. Serbest Yağ Asitleri Oranı

20 ml %95'lik etil alkol, 20 ml dietileter ve 1 ml (%1, etil alkolde) fenolfitaleyn indikatör çözeltisi karıştırmıştır. Büretten 0.1 N NaOH eklenerek bu karışım nötralize edilmiştir. Erlene 2 g örnek tartılmış ve hazırlanan çözücü yağa eklenerek karıştırılmıştır. 0.1 N NaOH ile titrasyon yapılmıştır. 30 saniye boyunca sabit pembe renk oluşuncaya dek titrasyona devam edilmiştir [14, 16, 17].

$$\% \text{ Serbest yağ asitleri oranı} = V \times 28.2 \times N / \text{örnek (g)} \quad (13)$$

V = harcanan 0.1 N NaOH (ml)

N = NaOH 'in normalitesi

2.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Verilerin zamana bağlı değişimlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi amacıyla ANOVA testi yapılmıştır. Verilerdeki değişimlerin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı Tukey testi ile %95 güvenlik sınırları için belirlenmiştir [33]. Bu amaçla MINTAB istatistik programı kullanılmıştır.



3. BULGULAR

Elde edilen bütün veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve zamana bağlı değişimlerinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı tablolarda üs olarak yazılan harflerle belirtilmiştir. İstatistiksel olarak aynı olan değerleri, aynı harfler ifade etmektedir.

3.1. Biyokimyasal Kompozisyon Verileri

3.1.1. Su ve Kuru Madde

İncelenen balıkların aylara göre su ve kuru madde oranları Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Analiz edilen balıklarda su oranının aylara göre değişimi (%)

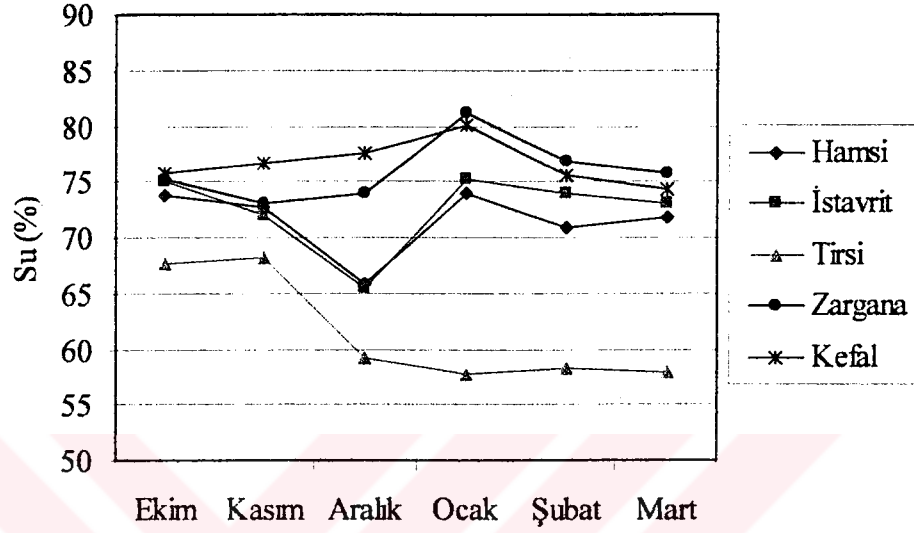
Balık Türü	Aylar					
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Hamsi	73.86 ^a	72.61 ^b	65.90 ^c	74.01 ^a	70.99 ^d	71.78 ^c
İstavrit	75.01 ^a	72.03 ^b	65.56 ^c	75.25 ^a	73.99 ^d	73.14 ^c
Tirsi	67.71 ^a	68.13 ^a	59.28 ^b	57.81 ^c	58.23 ^c	57.98 ^c
Zargana	75.18 ^a	73.01 ^b	74.01 ^c	81.24 ^d	76.79 ^c	75.68 ^a
Kefal	75.77 ^a	76.69 ^b	77.55 ^c	80.11 ^d	75.57 ^a	74.30 ^e

Tablo 2. Analiz edilen balıklarda kuru madde oranının aylara göre değişimi (%)

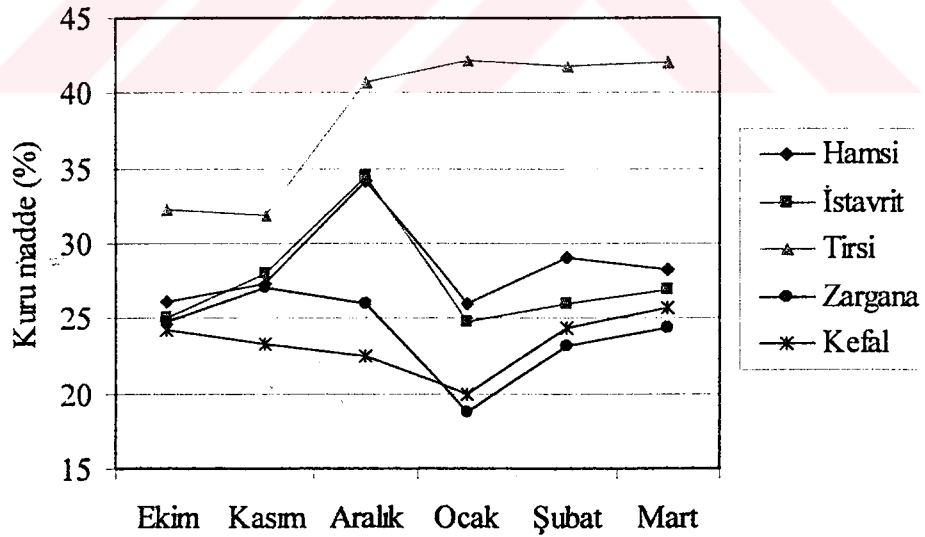
Balık Türü	Aylar					
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Hamsi	26.14 ^a	27.39 ^b	34.10 ^c	25.99 ^a	29.01 ^d	28.22 ^c
İstavrit	24.99 ^a	27.97 ^b	34.44 ^c	24.75 ^a	26.01 ^d	26.86 ^c
Tirsi	32.29 ^a	31.87 ^a	40.72 ^b	42.19 ^c	41.77 ^c	42.02 ^c
Zargana	24.82 ^a	26.99 ^b	25.99 ^c	18.76 ^d	23.21 ^e	24.32 ^a
Kefal	24.23 ^a	23.31 ^b	22.45 ^c	19.89 ^d	24.43 ^a	25.70 ^e

Yukarıdaki veriler incelendiğinde, analiz edilen balık türleri içinde tirsinin, su oranı bakımından diğer dört türden ayrıldığı fark edilmektedir. Tirside en yüksek su oranı %68.13 ile Kasım ayında gerçekleşmiştir. Kefal ve zargananın su oranı Ocak ayında

belirgin bir artış göstermiş ve sırasıyla %80.11 ve %81.24 olarak gerçekleşmiştir. İncelenen beş balık türünde su ve kuru madde oranlarının aylara göre değişimi Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Analiz edilen balık türlerinde su oranının aylara göre değişimi



Şekil 2. Analiz edilen balık türlerinde kuru madde oranının aylara göre değişimi

Şekil 2'de görüldüğü gibi, tirsinin kuru madde oranı Aralık ayından itibaren %40'ın üzerine çıkmış ve Mart ayına kadar hemen hemen aynı düzeyde kalmıştır. Hamsi ve istavritin kuru madde oranları Aralık ayında en yüksek düzeye ulaşmıştır. Zargana ve kefalın kuru madde oranları Ocak ayında en düşük düzeyde gerçekleşmiştir.

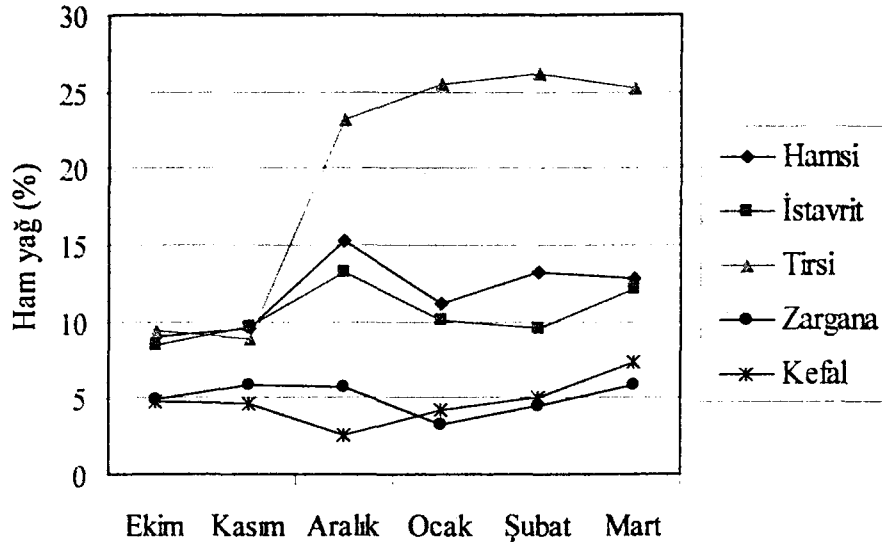
3.1.2. Ham Yağ

Balıkların ham yağ oranları, çalışma periyodu boyunca önemli değişim göstermiştir. Belirlenen ham yağ oranları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Analiz edilen balıklarda ham yağ oranlarının aylara göre değişimi (%)

Balık Türü	Aylar					
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Hamsi	8.96 ^a	9.59 ^a	15.33 ^b	11.18 ^c	13.25 ^d	12.79 ^d
İstavrit	8.42 ^a	9.64 ^b	13.26 ^c	10.06 ^b	9.55 ^b	12.15 ^d
Tirsi	9.34 ^a	8.80 ^a	23.23 ^b	25.45 ^c	26.16 ^{cd}	25.24 ^d
Zargana	4.95 ^a	5.90 ^b	5.70 ^c	3.21 ^d	4.55 ^e	5.91 ^b
Kefal	4.81 ^a	4.65 ^a	2.62 ^b	4.19 ^a	5.06 ^a	7.33 ^c

Analiz edilen balık türlerinden hamsi ve istavritin ham yağ miktarı artarak Aralık ayında en yüksek değerlerine ulaşmış ve sırasıyla %15.33 ve %13.26 olarak gerçekleşmiştir. Tirsi balığında da benzer bir artış söz konusu olmuş ancak artışın daha fazla olduğu ve çalışma süresince devam ettiği gözlenmiştir. Tirsinin ham yağ oranı Aralık ayında %23.23 oranına ulaşmıştır. Ocak ve Şubat aylarında da artış devam etmiş ve ham yağ oranı sırasıyla %25.45 ve %26.16 olarak gerçekleşmiştir. Zargana balığının ham yağ içeriği ise çalışma periyodu boyunca çok fazla değişim göstermemiştir. Ocak ayında bir düşme söz konusu olmuş ve ham yağ oranı %3.21 olarak bulunmuştur. Kefal balığında ise Aralık ayında düşme, Mart ayında ise yükselme gerçekleşmiş ve bu aylarda ham yağ oranı sırasıyla %2.62 ve %7.33 olarak ölçülmüştür. Analiz edilen beş balık türünde ham yağ oranının aylara göre değişimi Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Analiz edilen balık türlerinde ham yağ oranının aylara göre değişimi

Şekil 3'te de görüldüğü gibi, kefal ve zargananın ham yağ oranları, analiz edilen diğer üç balık türüne göre daha düşüktür. Tırsinin ham yağ oranı Aralık ayından itibaren %20'nin üzerine çıkmıştır. Hamsi ve istavritin ham yağ oranları ise çok fazla değişim göstermemiş ve %10-15 arasında seyretmiştir.

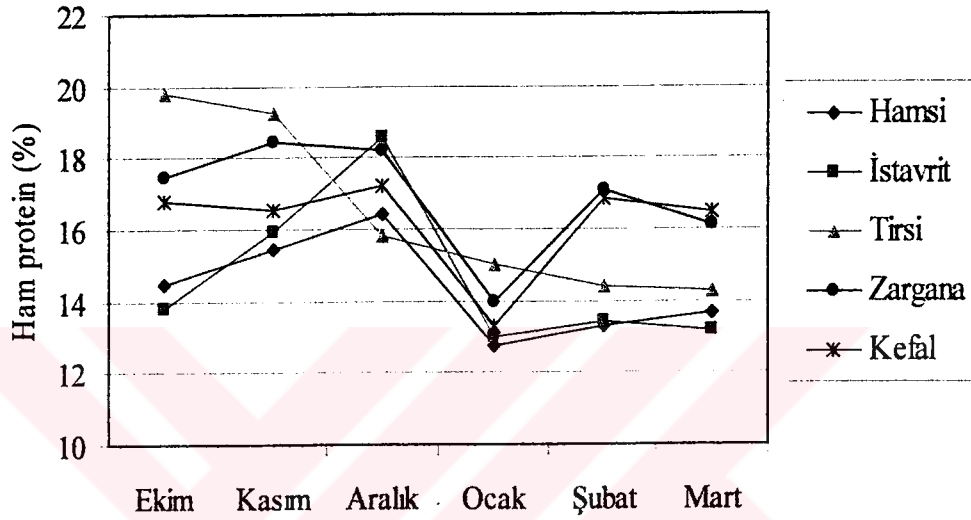
3.1.3. Ham Protein

Analiz edilen balık türlerinin ham protein oranları 6 ay süreyle izlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Analiz edilen balıklarda ham protein oranının aylara göre değişimi (%)

Balık Türü	Aylar					
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Hamsi	14.49 ^a	15.44 ^b	16.42 ^c	12.76 ^d	13.33 ^{de}	13.65 ^e
İstavrit	13.78 ^a	15.93 ^b	18.60 ^c	13.01 ^d	13.45 ^{ad}	13.19 ^{ad}
Tırsi	19.80 ^a	19.25 ^b	15.81 ^c	15.00 ^d	14.43 ^e	14.30 ^e
Zargana	17.47 ^a	18.45 ^b	18.20 ^b	13.99 ^c	17.08 ^d	16.15 ^c
Kefal	16.77 ^{ab}	16.55 ^{ab}	17.20 ^b	13.31 ^c	16.86 ^{ab}	16.47 ^a

İncelenen balık türlerinden hamsi, istavrit ve kefalın Aralık ayındaki ham protein oranları sırasıyla %16.42, %18.60 ve %17.20'dir. Tirsinin ham protein oranının Ekim ayında en yüksek seviyede olduğu gözlenmiştir. Zargananın ham protein oranı Kasım ayında en yüksek değerine ulaşmış ve %18.45 olarak gerçekleşmiştir. İncelenen beş balık türünün ham protein miktarlarının aylara göre değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Analiz edilen balık türlerinde ham protein oranının aylara göre değişimi

Şekil 4'te görüldüğü gibi, hamsi, istavrit ve kefalın ham protein oranları Aralık ayında en yüksek değerlerine ulaşmakta ancak Ocak ayında en düşük değerlerini almaktadır. Tirsinin ham protein oranı Ekim ayında en yüksek değerine ulaşmıştır. Zargana ise en yüksek ham protein oranına Kasım ayında ulaşmaktadır.

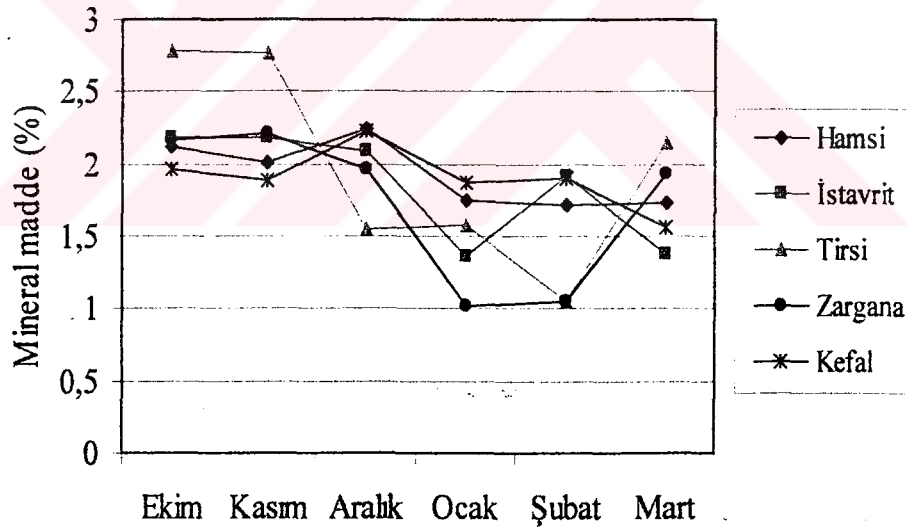
3.1.4. Mineral Madde

Biyokimyasal kompozisyonları incelenen balık türlerinin mineral madde oranları çok fazla değişim göstermemiştir. Balıkların aylara göre mineral madde oranları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Analiz edilen balıklarda mineral madde oranının aylara göre değişimi (%)

Balık Türü	Aylar					
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Hamsi	2.12 ^{ac}	2.01 ^{abc}	2.24 ^c	1.75 ^{ab}	1.72 ^b	1.73 ^b
İstavrit	2.19 ^a	2.18 ^a	2.09 ^{ab}	1.36 ^c	1.92 ^{ac}	1.04 ^{bc}
Tirsi	2.79 ^a	2.77 ^b	1.54 ^{ac}	1.58 ^c	1.06 ^c	2.15 ^d
Zargana	2.17 ^a	2.21 ^a	1.96 ^b	1.02 ^c	1.06 ^c	1.93 ^b
Kefal	1.96 ^{ab}	1.88 ^{ab}	2.23 ^a	1.87 ^{ab}	1.91 ^{ab}	1.57 ^b

Analiz edilen balıklar arasında, hamsi ve kefalın mineral madde oranı Aralık ayında en yüksek değere ulaşmış ve sırasıyla %2.24 ve %2.23 olarak gerçekleşmiştir. İstavrit ve tirsinin mineral madde oranları Ekim ayında en yüksek değere ulaşmış ve sırasıyla %2.19 ve %2.79 olarak gerçekleşmiştir. Zargananın mineral madde oranı %2.21 ile Kasım ayında en yüksek değerine ulaşmıştır. İncelenen beş balık türünde mineral madde oranının aylara göre değişimi Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Analiz edilen balık türlerinde mineral madde oranının aylara göre değişimi

Şekil 5'te görüldüğü gibi, tirsinin mineral madde miktarı Şubat ayına kadar azalmış Mart ayında tekrar artmıştır.

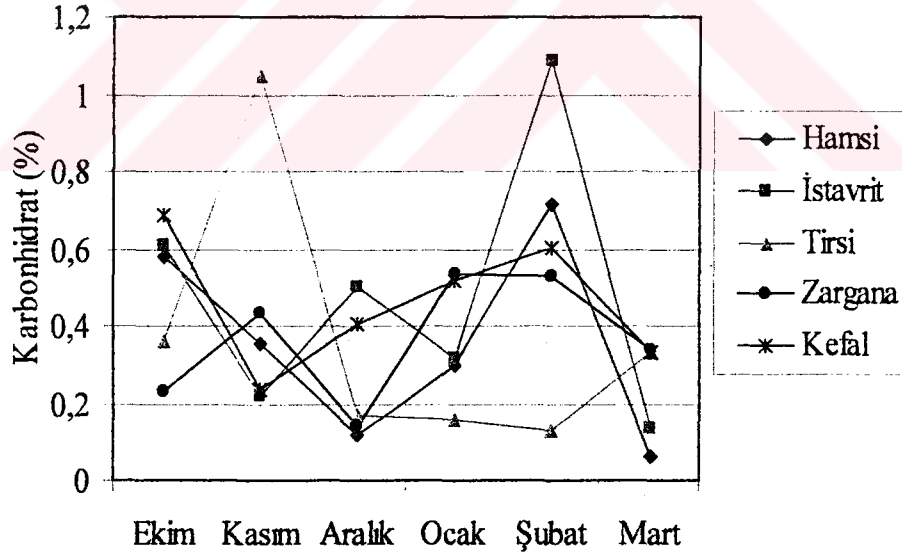
3.1.5. Karbonhidrat

İncelenen balık türlerinin aylara göre karbonhidrat oranları Tablo 6 ve Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Analiz edilen balıklarda karbonhidrat oranının aylara göre değişimi (%)

Balık Türü	Aylar					
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Hamsi	0.58 ^a	0.36 ^a	0.12 ^a	0.30 ^a	0.72 ^a	0.06 ^a
İstavrit	0.61 ^{ab}	0.22 ^b	0.50 ^{ab}	0.32 ^{ab}	1.09 ^a	0.14 ^b
Tirsi	0.36 ^{ab}	1.05 ^a	0.17 ^{ab}	0.16 ^{ab}	0.13 ^b	0.33 ^{ab}
Zargana	0.23 ^a	0.43 ^a	0.14 ^a	0.54 ^a	0.53 ^a	0.34 ^a
Kefal	0.69 ^a	0.23 ^a	0.41 ^a	0.52 ^a	0.60 ^a	0.33 ^a

Şubat ayında istavritte ve Kasım ayında tirside karbonhidrat oranı %1'in üzerine çıkmış ve sırasıyla %1.09 ve %1.05 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 6. Analiz edilen balık türlerinde karbonhidrat oranının aylara göre değişimi

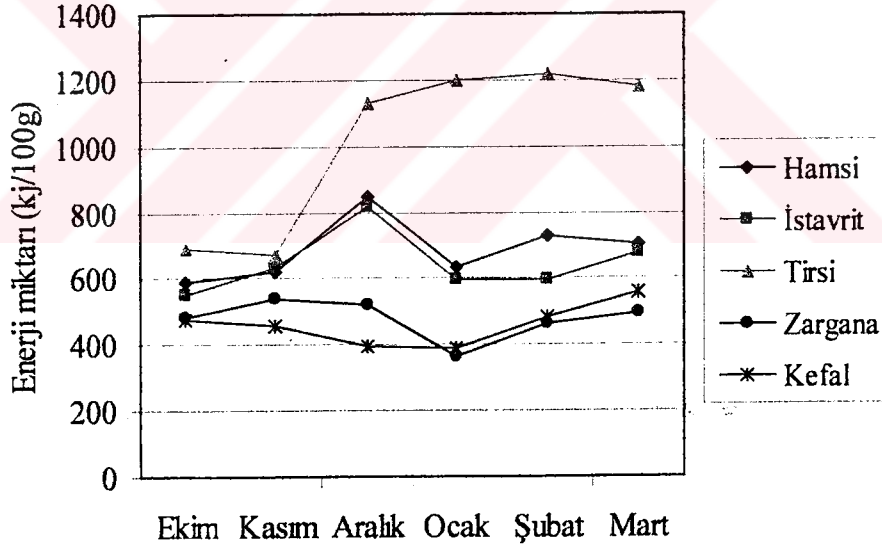
Şekilde de görüldüğü gibi, Kasım ayında tirsinin karbonhidrat miktarı %1.049, Şubat ayında istavritin karbonhidrat miktarı %1.089 olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler çalışma periyodu boyunca tespit edilen en yüksek karbonhidrat miktarlarıdır.

3.1.6. Enerji Miktarı

İncelenen balık türlerinin aylara göre enerji miktarları Tablo 7 ve Şekil 7'de belirtilmiştir.

Tablo 7. Analiz edilen balıklarda enerji miktarının aylara göre değişimi (kj/100g)

Balık Türü	Aylar					
	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Hamsi	587.0 ^a	622.9 ^b	848.3 ^c	635.3 ^b	728.2 ^d	706.2 ^c
İstavrit	555.5 ^a	631.0 ^b	814.7 ^c	598.7 ^d	599.5 ^d	676.0 ^c
Tirsi	687.9 ^a	669.8 ^a	1130.8 ^b	1199.3 ^c	1215.3 ^c	1182.1 ^c
Zargana	483.9 ^a	538.8 ^b	522.6 ^c	365.4 ^d	467.2 ^c	498.4 ^f
Kefal	474.0 ^a	457.0 ^a	395.6 ^b	389.7 ^c	483.5 ^a	556.6 ^d



Şekil 7. Analiz edilen balık türlerinde enerji miktarının aylara göre değişimi

Şekil 7'de görüldüğü gibi, tirsi en yüksek enerji miktarına sahip balıktır. Hamsi ve istavritin enerji miktarları birbirlerine yakın düzeylerde seyretmektedir. Zargana ve kefal de kendi aralarında birbirlerine yakın düzeylerde enerji miktarlarına sahiptir.

3.2. Balık Yağında Kimyasal Kalite Parametrelerine Ait Veriler

3.2.1. İyot Sayısı

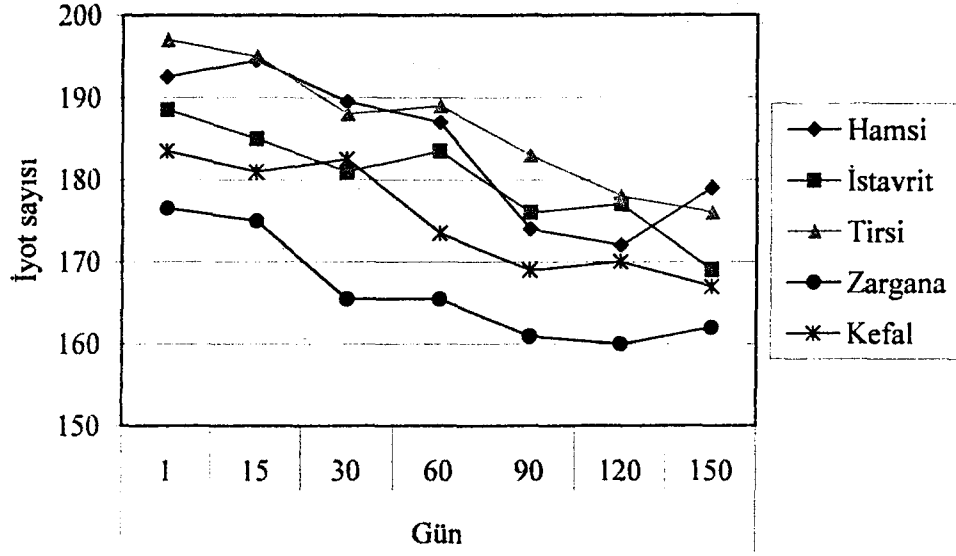
İncelenen balık türlerinde iyot sayısının zamana bağlı değişimi izlenmiştir. Elde edilen analiz verileri Tablo 8 ve Tablo 9'da belirtilmiştir.

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	193 ^a	195 ^a	190 ^{ab}	187 ^b	174 ^c	172 ^c	179 ^d
İstavrit	189 ^a	185 ^b	181 ^c	184 ^b	176 ^d	177 ^d	169 ^e
Tirsi	197 ^a	195 ^b	188 ^c	189 ^d	183 ^e	178 ^f	176 ^g
Zargana	177 ^a	175 ^a	166 ^b	166 ^b	161 ^c	160 ^c	162 ^c
Kefal	184 ^a	181 ^a	183 ^a	174 ^b	169 ^c	170 ^{bc}	167 ^c

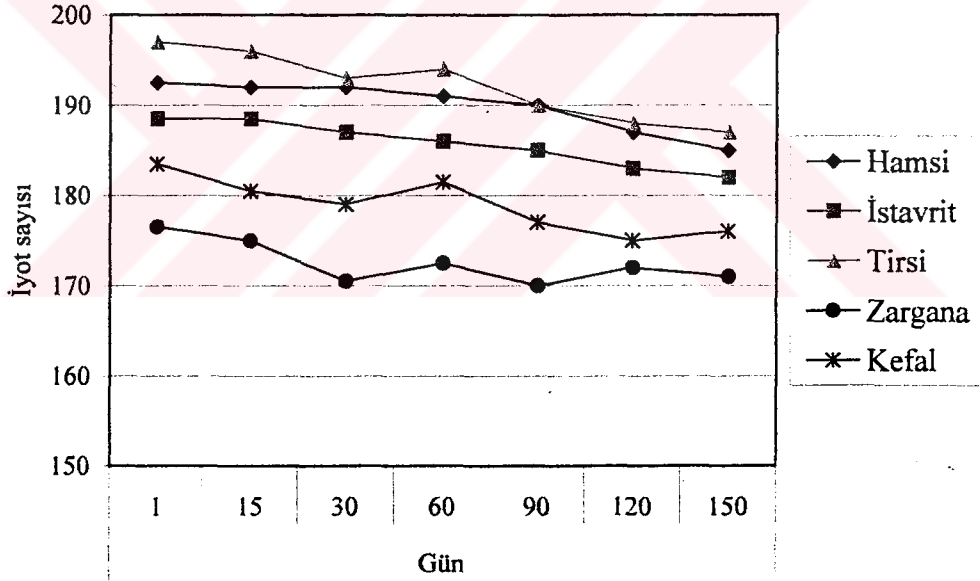
Tablo 9. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında iyot sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	193 ^a	192 ^{ab}	192 ^{ab}	191 ^{ab}	190 ^b	187 ^c	185 ^c
İstavrit	189 ^a	189 ^a	187 ^{ab}	186 ^{bc}	185 ^b	183 ^{bc}	182 ^b
Tirsi	197 ^a	196 ^b	193 ^c	194 ^d	190 ^c	188 ^f	187 ^g
Zargana	177 ^a	175 ^{ab}	171 ^c	173 ^{bc}	170 ^c	172 ^{bc}	171 ^c
Kefal	184 ^a	181 ^{ab}	179 ^{bc}	182 ^b	177 ^{cd}	175 ^d	176 ^{cd}

Derin dondurucu ve buzdolabı sıcaklığında depolanan balık yağlarında elde edilen veriler birleştirilmiş ve istatistiksel olarak iki sıcaklık arasında önemli bir fark olup olmadığı tespit edilmiştir. Buna göre; istavrit ve zargana yağında, iyot sayısının değişimi bakımından iki sıcaklık arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P < 0.05$). İyot sayısının zamana göre değişimi Şekil 8 ve Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 8. Buzdolabında depolanan balık yağlarında iyot sayısının değişimi



Şekil 9. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında iyot sayısının değişimi

Şekil 8 ve Şekil 9'da görüldüğü gibi, buzdolabı sıcaklığında depolanan balık yağlarının iyot sayısı daha fazla azalmıştır.

3.2.2. Sabunlaşma Sayısı

Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında sabunlaşma sayısının değişimi Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir.

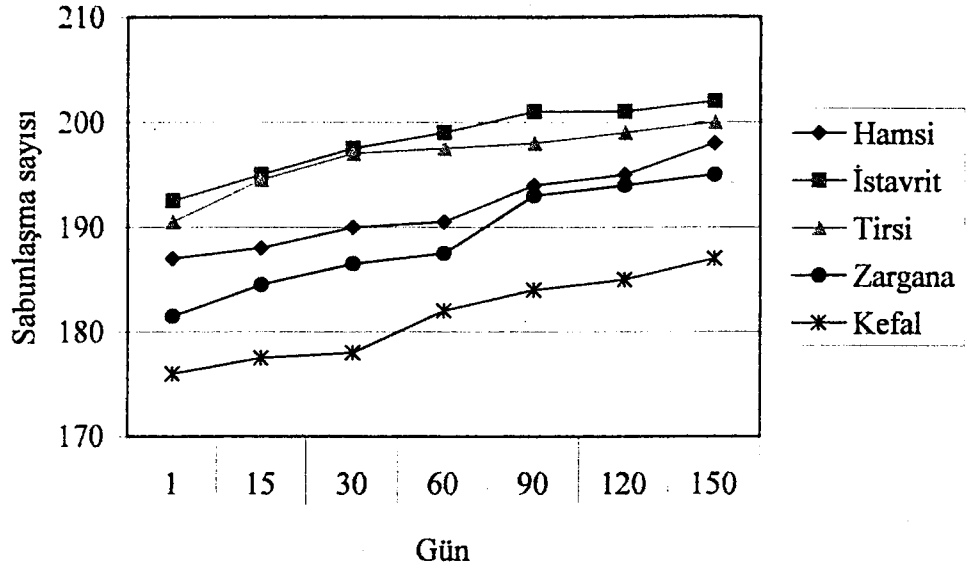
Tablo 10. Buzdolabındaki balık yağlarında sabunlaşma sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	187 ^a	188 ^a	190 ^b	191 ^b	194 ^c	195 ^c	198 ^d
İstavrit	193 ^a	195 ^b	198 ^c	199 ^{cd}	201 ^{de}	201 ^e	202 ^e
Tirsi	191 ^a	195 ^b	197 ^{bc}	198 ^{bc}	198 ^{bc}	199 ^c	200 ^c
Zargana	182 ^a	185 ^{ab}	187 ^b	188 ^b	193 ^c	194 ^c	195 ^c
Kefal	176 ^a	178 ^{ab}	178 ^b	182 ^c	184 ^{cd}	185 ^{de}	187 ^e

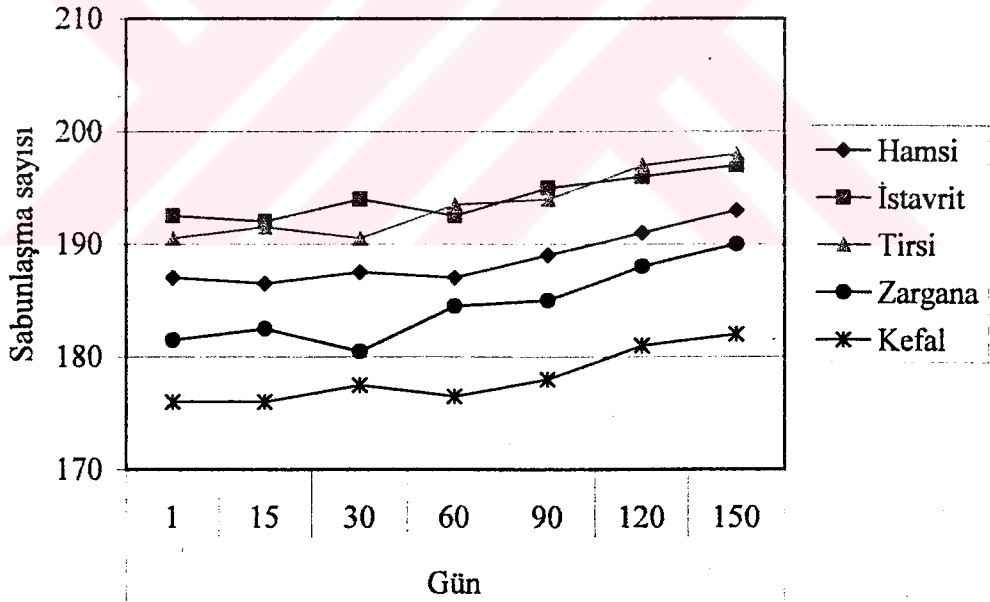
Tablo 11. Derin dondurucudaki balık yağlarında sabunlaşma sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	187 ^a	187 ^a	188 ^a	187 ^a	189 ^{ab}	191 ^b	193 ^c
İstavrit	193 ^a	192 ^a	194 ^{ab}	193 ^{ab}	195 ^{ab}	196 ^b	197 ^b
Tirsi	191 ^a	192 ^a	191 ^a	194 ^{ab}	194 ^{abc}	197 ^{bc}	198 ^c
Zargana	182 ^{ab}	183 ^{ab}	181 ^a	185 ^{bc}	185 ^b	188 ^c	190 ^c
Kefal	176 ^a	176 ^a	178 ^a	177 ^a	178 ^{ab}	181 ^{bc}	182 ^c

Derin dondurucu ve buzdolabı sıcaklığında depolanan balık yağlarında, elde edilen veriler birleştirilmiş ve istatistiksel olarak iki sıcaklık arasında önemli bir fark olup olmadığı tespit edilmiştir. Buna göre; hamsi, istavrit, zargana ve tirsi yağında sabunlaşma sayısının değişimi bakımından iki sıcaklık arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0.05$). Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan beş tür balık yağında sabunlaşma sayısının zamana göre değişimi Şekil 10 ve Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 10. Buzdolabındaki balık yağlarında sabunlaşma sayısının değişimi



Şekil 11. Derin dondurucudaki balık yağlarında sabunlaşma sayısının değişimi

Şekillerde de görüldüğü gibi, balık yağlarının sabunlaşma sayısı zamanla artmaktadır. Bu da zamanla yağın molekül ağırlığının azaldığına ifade etmektedir.

3.2.3. Sabunlaşmayan Madde Oranı

Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı verileri Tablo 12 ve Tablo 13'te verilmiştir.

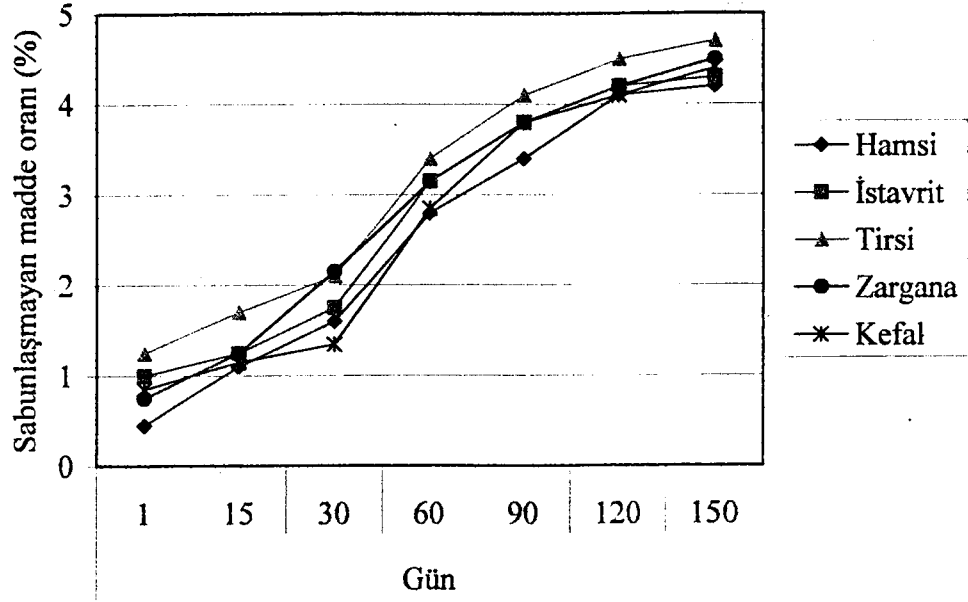
Tablo 12. Buzdolabındaki balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı (%)

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	0.45 ^a	1.10 ^b	1.60 ^c	2.80 ^d	3.40 ^e	4.10 ^f	4.20 ^f
İstavrit	1.00 ^a	1.25 ^a	1.75 ^b	3.15 ^c	3.80 ^d	4.20 ^d	4.30 ^d
Tirsi	1.25 ^a	1.70 ^b	2.10 ^c	3.40 ^d	4.10 ^e	4.50 ^f	4.70 ^f
Zargana	0.75 ^a	1.25 ^b	2.15 ^c	3.15 ^d	3.80 ^{ef}	4.20 ^{fg}	4.50 ^g
Kefal	0.85 ^a	1.15 ^{ab}	1.35 ^b	2.85 ^c	3.80 ^d	4.10 ^{de}	4.40 ^e

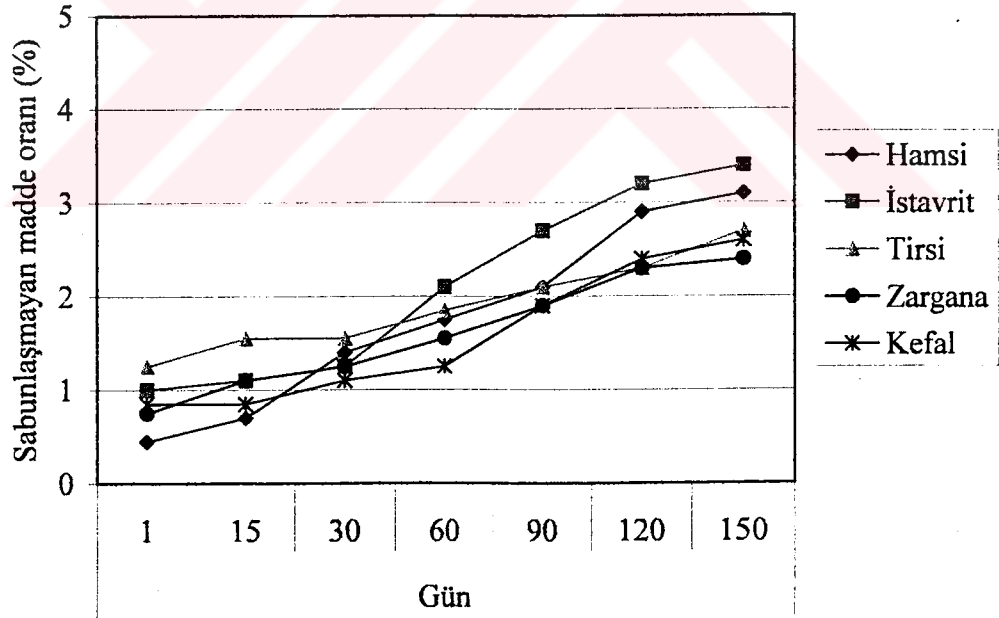
Tablo 13. Derin dondurucudaki balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı (%)

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	0.45 ^a	0.70 ^b	1.40 ^c	1.75 ^d	2.10 ^e	2.90 ^f	3.10 ^f
İstavrit	1.00 ^a	1.10 ^a	1.25 ^a	2.10 ^b	2.70 ^c	3.20 ^{cd}	3.40 ^d
Tirsi	1.25 ^a	1.55 ^{ab}	1.55 ^{ab}	1.85 ^{bc}	2.10 ^{cd}	2.30 ^{de}	2.70 ^e
Zargana	0.75 ^a	1.10 ^b	1.25 ^{bc}	1.55 ^{cd}	1.90 ^{de}	2.30 ^{ef}	2.40 ^f
Kefal	0.85 ^a	0.85 ^a	1.10 ^{ab}	1.25 ^b	1.90 ^c	2.40 ^d	2.60 ^d

İncelenen balık yağlarında, elde edilen veriler birleştirilmiş ve istatistiksel olarak iki sıcaklık arasında önemli bir fark olup olmadığı tespit edilmiştir. Buna göre; tirsi ve zargana yağında sabunlaşmayan madde oranının değişimi bakımından iki sıcaklık arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P < 0.05$). Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarının sabunlaşmayan madde oranlarının zamana bağlı değişimi Şekil 12 ve Şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 12. Buzdolabında depolanan balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı



Şekil 13. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı

Sabunlaşmayan madde verileri incelendiğinde, beş tür balık yağının da birbirine yakın oranlarda sabunlaşmayan madde içerdikleri ve sabunlaşmayan madde oranlarının zamanla neredeyse aynı miktarlarda arttığı görülmektedir.

3.2.4. Peroksit Sayısı

Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarının peroksit sayısı (meq O₂ / 1000 g yağ) değerleri Tablo 14 ve Tablo 15'te verilmiştir.

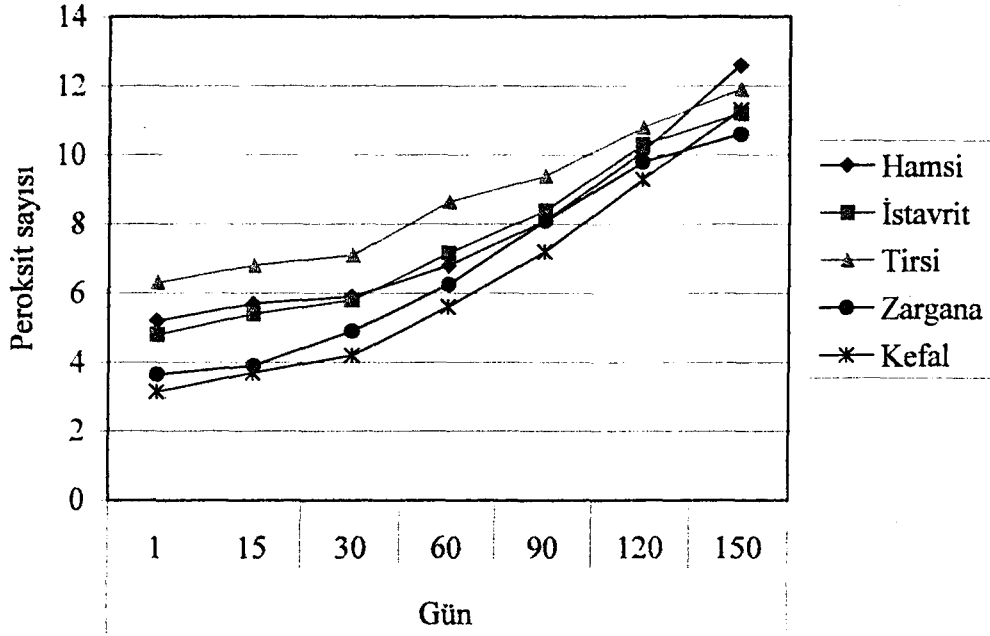
Tablo 14. Buzdolabında depolanan balık yağlarında peroksit sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	5.20 ^a	5.70 ^b	5.90 ^c	6.80 ^d	8.10 ^e	10.10 ^f	12.60 ^g
İstavrit	4.80 ^a	5.40 ^b	5.80 ^b	7.15 ^c	8.40 ^d	10.30 ^e	11.20 ^f
Tirsi	6.30 ^a	6.80 ^{ab}	7.10 ^b	8.65 ^c	9.40 ^d	10.80 ^e	11.90 ^f
Zargana	3.65 ^a	3.90 ^b	4.90 ^c	6.25 ^d	8.10 ^e	9.80 ^f	10.60 ^g
Kefal	3.15 ^a	3.70 ^b	4.20 ^c	5.60 ^d	7.20 ^e	9.30 ^f	11.30 ^g

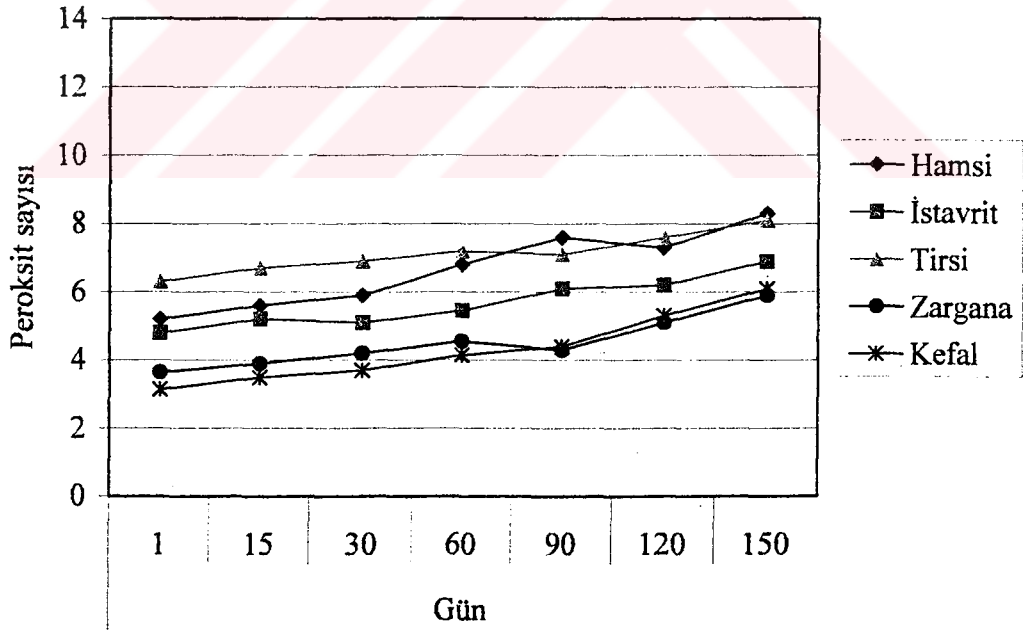
Tablo 15. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında peroksit sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	5.20 ^a	5.60 ^b	5.90 ^b	6.80 ^c	7.60 ^d	7.30 ^d	8.30 ^e
İstavrit	4.80 ^a	5.20 ^b	5.10 ^{ab}	5.45 ^b	6.10 ^c	6.20 ^c	6.90 ^d
Tirsi	6.30 ^a	6.70 ^b	6.90 ^{bc}	7.20 ^{cd}	7.10 ^{bd}	7.60 ^d	8.10 ^e
Zargana	3.65 ^a	3.90 ^{ab}	4.20 ^{bc}	4.55 ^c	4.30 ^{bc}	5.10 ^d	5.90 ^e
Kefal	3.15 ^a	3.50 ^{ab}	3.70 ^b	4.15 ^d	4.40 ^d	5.30 ^e	6.10 ^f

Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında, elde edilen peroksit sayısı verileri iki sıcaklık için birleştirilerek sıcaklık farkının peroksit sayısının değişimi üzerine etkisi olup olmadığı istatistiksel olarak belirlenmiştir. Buna göre, buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolamanın, istavrit ve zargana yağında, peroksit sayısının değişimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında peroksit sayısının zamana göre değişimi Şekil 14 ve Şekil 15'te gösterilmiştir.



Şekil 14. Buzdolabında depolanan balık yağlarında peroksit sayısının değişimi



Şekil 15. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında peroksit sayısının değişimi

Peroksit sayısı, zamanla artış göstermekte ancak sıcaklığın düşürülmesi ile bu azaltılabilmektedir. Şekil 14 ve Şekil 15 incelendiğinde, sıcaklığın bu etkisi açıkça görülmektedir.

3.2.5. Asit Sayısı

Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında asit sayısının zamanla değişimine ait veriler Tablo 16 ve Tablo 17’de verilmiştir.

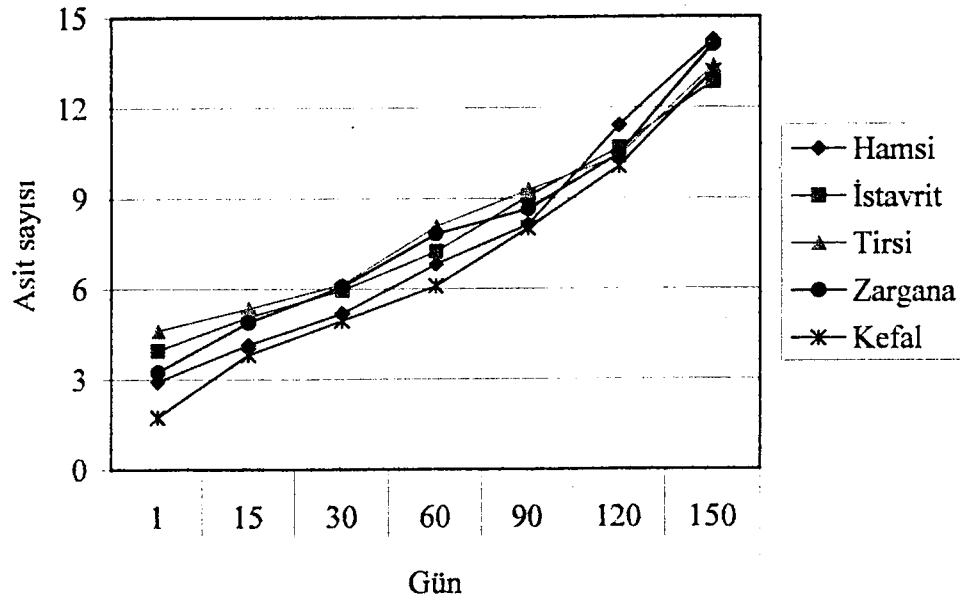
Tablo 16. Buzdolabında depolanan balık yağlarında asit sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	2.93 ^a	4.16 ^b	5.19 ^c	6.81 ^d	8.13 ^e	11.41 ^f	14.23 ^g
İstavrit	3.97 ^a	5.08 ^b	5.96 ^c	7.24 ^d	9.07 ^e	10.68 ^f	12.84 ^g
Tirsi	4.63 ^a	5.35 ^b	6.15 ^c	8.07 ^d	9.28 ^e	10.39 ^f	13.37 ^g
Zargana	3.25 ^a	4.90 ^b	6.08 ^c	7.83 ^d	8.65 ^e	10.47 ^f	14.09 ^g
Kefal	1.74 ^a	3.83 ^b	4.95 ^c	6.10 ^d	8.02 ^e	10.06 ^f	13.18 ^g

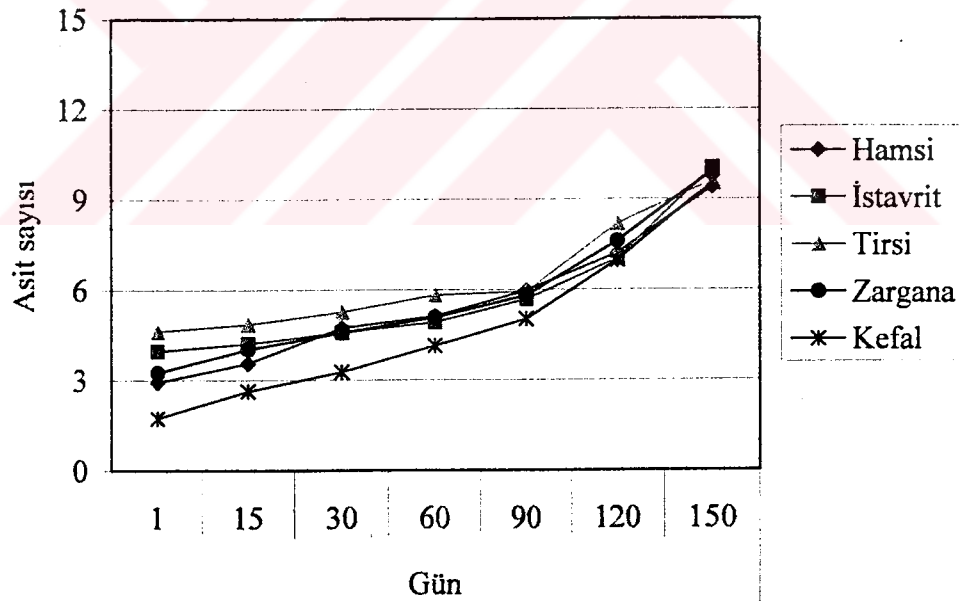
Tablo 17. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında asit sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	2.93 ^a	3.56 ^b	4.74 ^c	5.13 ^d	5.97 ^e	7.22 ^f	9.41 ^g
İstavrit	3.97 ^a	4.22 ^b	4.60 ^c	4.93 ^d	5.68 ^e	7.03 ^f	10.04 ^g
Tirsi	4.63 ^a	4.86 ^b	5.27 ^c	5.82 ^d	5.94 ^d	8.19 ^e	9.61 ^f
Zargana	3.25 ^a	4.03 ^b	4.58 ^c	5.08 ^d	5.81 ^e	7.61 ^f	9.93 ^g
Kefal	1.74 ^a	2.64 ^b	3.27 ^c	4.15 ^d	5.03 ^e	6.97 ^f	9.54 ^g

Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarına ait asit sayısı verileri birleştirilerek depolama sıcaklığının asit sayısının değişimi üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı belirlenmiştir. Buna göre; sıcaklık farkının asit sayısının değişimi üzerindeki etkisi, bütün balık yağlarında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında asit sayısının zamana bağlı değişimi Şekil 16 ve Şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil 16. Buzdolabında depolanan balık yağlarında asit sayısının değişimi



Şekil 17. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında asit sayısının değişimi

Şekil 16 ve Şekil 17 incelendiğinde, derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında asit sayısının 90. günden itibaren daha hızlı bir şekilde artmakta olduğu görülmektedir. Buzdolabında depolanan balık yağlarında asit sayısı beklendiği gibi daha fazla artmıştır.

3.2.6. Ester Sayısı

İncelenen balık yağlarında ester sayısının zamana bağlı değişimine ait veriler Tablo 18 ve Tablo 19'da verilmiştir.

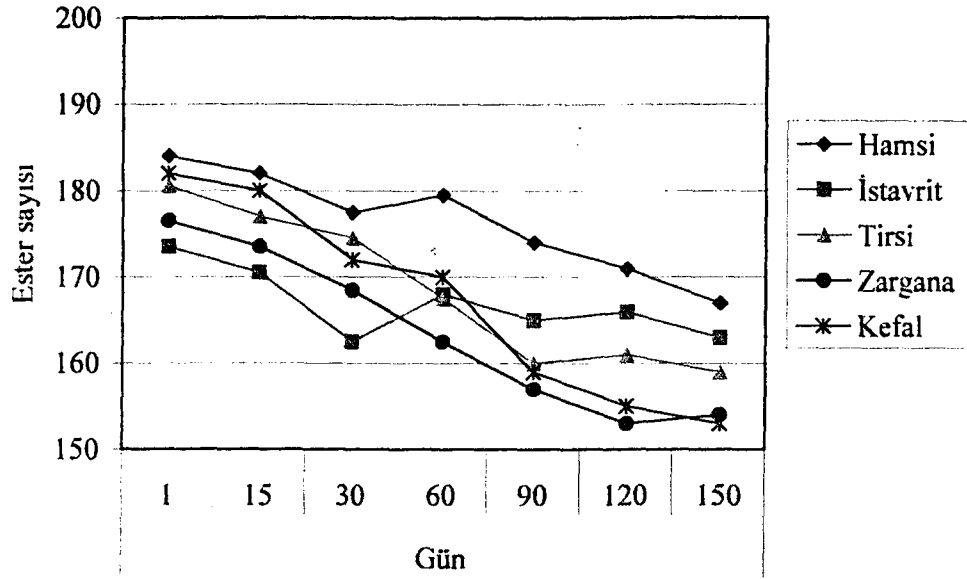
Tablo 18. Buzdolabında depolanan balık yağlarında ester sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	184 ^a	182 ^a	178 ^b	180 ^b	174 ^c	171 ^c	167 ^d
İstavrit	174 ^a	171 ^{ab}	163 ^c	168 ^{bd}	165 ^{cd}	166 ^{cd}	163 ^c
Tirsi	181 ^a	177 ^b	175 ^b	168 ^c	160 ^d	161 ^d	159 ^d
Zargana	177 ^a	174 ^a	169 ^b	163 ^c	157 ^d	153 ^d	154 ^d
Kefal	182 ^a	180 ^a	172 ^b	170 ^b	159 ^c	155 ^{cd}	153 ^d

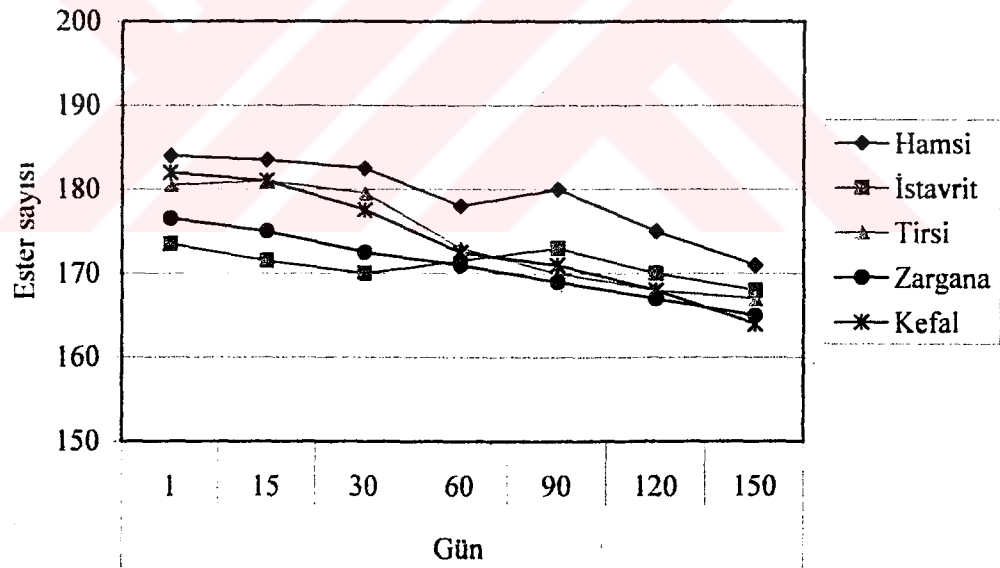
Tablo 19. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında ester sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	184 ^a	184 ^a	183 ^{ab}	178 ^c	180 ^{bc}	175 ^c	171 ^d
İstavrit	174 ^a	172 ^{abc}	170 ^{bc}	172 ^{abc}	173 ^{ab}	170 ^{abc}	168 ^c
Tirsi	181 ^a	181 ^a	180 ^a	173 ^b	170 ^{bc}	168 ^c	167 ^c
Zargana	177 ^a	175 ^a	173 ^b	171 ^{bc}	169 ^{cd}	167 ^{dc}	165 ^e
Kefal	182 ^a	181 ^a	178 ^b	173 ^c	171 ^{cd}	168 ^d	164 ^e

Tablo 18 ve Tablo 19 incelendiğinde, balık yağlarında ester sayısının zamanla azaldığı ancak derin dondurucuda depolanan balık yağlarında bu azalmanın daha yavaş olduğu görülmektedir. Ester sayısı verileri her iki sıcaklık için birleştirilmiş ve sıcaklığın ester sayısının değişimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı tespit edilmiştir. Buna göre; sıcaklığın tirsi yağında ester sayısının değişimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında ester sayısının zaman bağlı değişimi Şekil 18 ve Şekil 19'da verilmiştir.



Şekil 18. Buzdolabında depolanan balık yağlarında ester sayısının değişimi



Şekil 19. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında ester sayısının değişimi

Şekil 18 ve Şekil 19 incelendiğinde, balık yağlarında ester sayısının zamanla düştüğü görülmektedir.

3.2.7. TBA (Tiyobarbitürik Asit) Sayısı

Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarının TBA sayısı (mg malonaldehit / 1000 g yağ) verileri Tablo 20 ve Tablo 21’de belirtilmiştir.

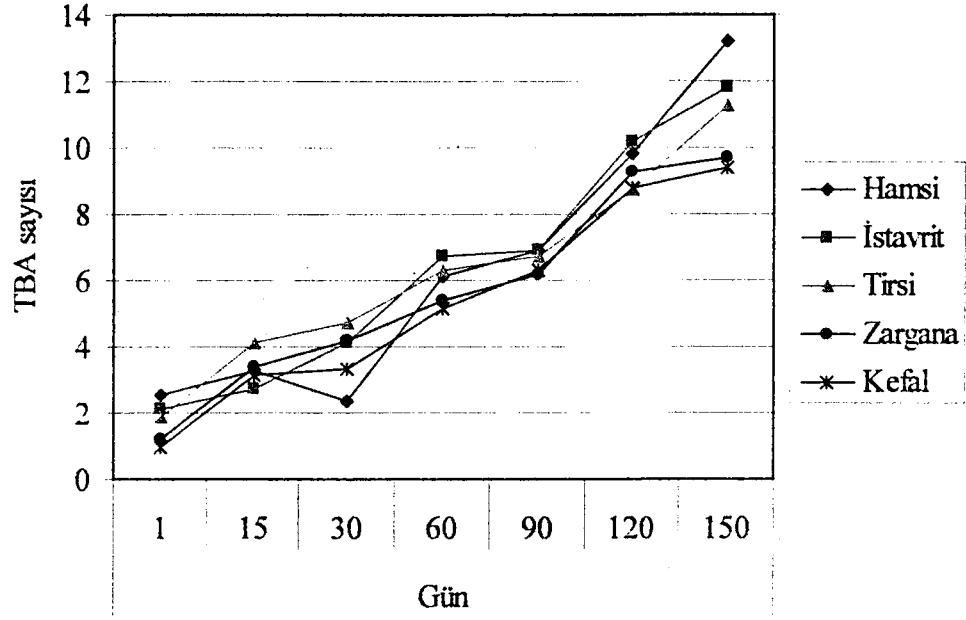
Tablo 20. Buzdolabında depolanan balık yağlarında TBA sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	2.55 ^a	3.25 ^b	2.35 ^a	6.10 ^c	6.90 ^d	9.80 ^e	13.20 ^f
İstavrit	2.15 ^a	2.70 ^b	4.10 ^c	6.75 ^d	6.90 ^d	10.20 ^e	11.80 ^f
Tirsi	1.90 ^a	4.15 ^b	4.75 ^c	6.30 ^d	6.70 ^e	8.70 ^f	11.30 ^g
Zargana	1.20 ^a	3.40 ^b	4.20 ^c	5.40 ^d	6.20 ^e	9.30 ^f	9.70 ^f
Kefal	1.00 ^a	3.15 ^b	3.35 ^b	5.15 ^c	6.30 ^d	8.80 ^e	9.40 ^e

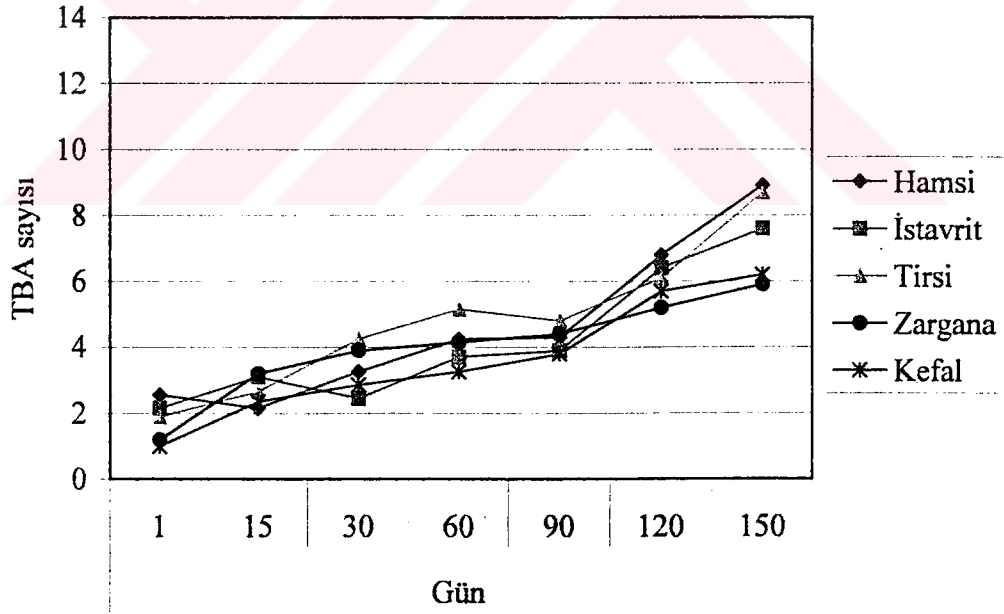
Tablo 21. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında TBA sayısının değişimi

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	2.55 ^a	2.15 ^b	3.25 ^c	4.25 ^d	4.30 ^d	6.80 ^e	8.90 ^f
İstavrit	2.15 ^a	3.10 ^b	2.45 ^c	3.70 ^d	3.90 ^d	6.40 ^e	7.60 ^f
Tirsi	1.90 ^a	2.65 ^b	4.25 ^c	5.15 ^d	4.80 ^d	6.10 ^e	8.70 ^f
Zargana	1.20 ^a	3.20 ^b	3.90 ^c	4.15 ^c	4.40 ^c	5.20 ^d	5.90 ^d
Kefal	1.00 ^a	2.35 ^b	2.85 ^c	3.25 ^{cd}	3.80 ^d	5.70 ^e	6.20 ^e

Elde edilen TBA sayısı verileri birleştirilmiş ve sıcaklık farkının TBA sayısının değişimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı tespit edilmiştir. Buna göre; bütün balık yağlarında depolama sıcaklığının TBA sayısının değişimi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli değildir. Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında TBA sayısının değişimi Şekil 20 ve Şekil 21’de gösterilmiştir.



Şekil 20. Buzdolabında depolanan balık yağlarında TBA sayısının değişimi



Şekil 21. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında TBA sayısının değişimi

Şekil 20 ve Şekil 21 incelendiğinde, buzdolabı sıcaklığında depolanan balık yağlarında TBA sayısının daha fazla artış gösterdiği buna nazaran derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında ise TBA sayısının daha az artış gösterdiği görülmektedir.

3.2.8. Serbest Yağ Asitleri Oranı

Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında SYAO verileri Tablo 22 ve Tablo 23'te belirtilmiştir.

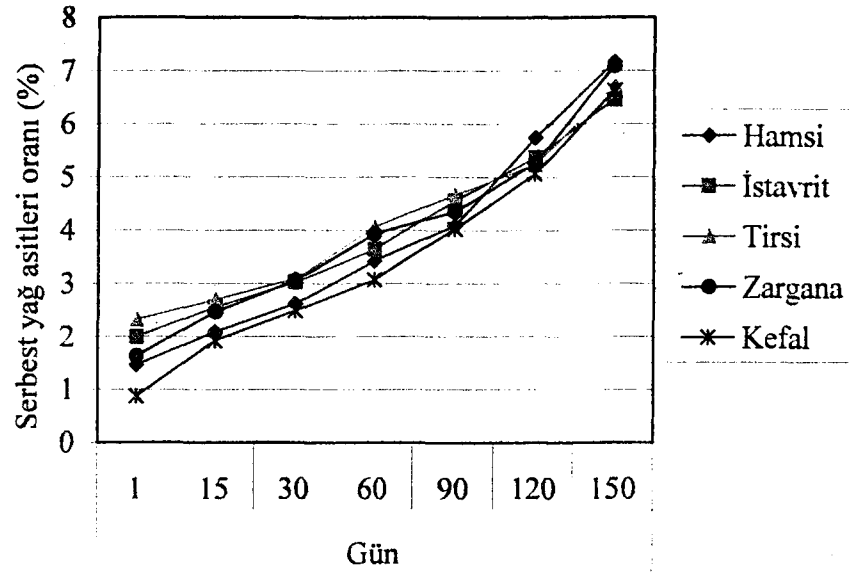
Tablo 22. Buzdolabında depolanan balık yağlarında SYAO'nun değişimi (%)

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	1.47 ^a	2.09 ^b	2.62 ^c	3.43 ^d	4.09 ^e	5.74 ^f	7.16 ^g
İstavrit	1.99 ^a	2.56 ^b	3.02 ^c	3.64 ^d	4.56 ^e	5.37 ^f	6.46 ^g
Tirsi	2.32 ^a	2.70 ^b	3.09 ^c	4.06 ^d	4.67 ^e	5.23 ^f	6.73 ^g
Zargana	1.64 ^a	2.47 ^b	3.06 ^c	3.94 ^d	4.35 ^e	5.27 ^f	7.09 ^g
Kefal	0.88 ^a	1.93 ^b	2.49 ^c	3.07 ^d	4.03 ^e	5.06 ^f	6.63 ^g

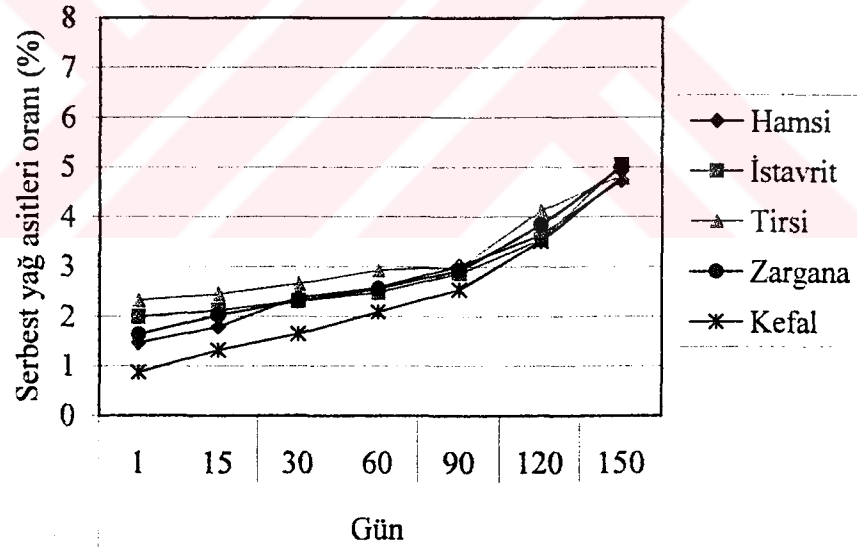
Tablo 23. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında SYAO'nun değişimi (%)

Balık Türü	Gün						
	1	15	30	60	90	120	150
Hamsi	1.47 ^a	1.79 ^b	2.38 ^c	2.58 ^d	3.01 ^e	3.63 ^f	4.73 ^g
İstavrit	1.99 ^a	2.12 ^b	2.31 ^c	2.48 ^d	2.86 ^e	3.54 ^f	5.05 ^g
Tirsi	2.32 ^a	2.45 ^b	2.65 ^c	2.93 ^d	2.99 ^d	4.12 ^e	4.83 ^f
Zargana	1.64 ^a	2.03 ^b	2.31 ^c	2.56 ^d	2.92 ^e	3.83 ^f	4.99 ^g
Kefal	0.88 ^a	1.33 ^b	1.65 ^c	2.09 ^d	2.53 ^e	3.51 ^f	4.79 ^g

Veriler birleştirilmiş ve sıcaklık farkının balık yağlarında SYAO'nun değişimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı belirlenmiştir. Buna göre; bütün balık yağlarında depolama sıcaklığının SYAO'nun değişimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli değildir. Buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan balık yağlarında SYAO'nun değişimi Şekil 22 ve Şekil 23'te gösterilmiştir.



Şekil 22. Buzdolabında depolanan balık yağlarında SYAO'nun değişimi



Şekil 23. Derin dondurucuda depolanan balık yağlarında SYAO'nun değişimi

Şekil 22 ve Şekil 23 incelendiğinde, bütün balık yağlarında SYAO'nun arttığı, derin dondurucuda depolanan balık yağlarında artışın daha az olduğu buna nazaran buzdolabında depolanan balık yağlarında SYAO'nun daha fazla arttığı görülmektedir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışma, 2002 Ekim ile 2003 Mayıs ayları arasında yürütülmüştür. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yaygın olarak avlanan beş balık türünün biyokimyasal kompozisyonundaki değişimler aylık olarak izlenmiştir. Ayrıca bu balıklardan elde edilen yağlar, iki ayrı sıcaklıkta depolanarak, yağların kalitesinin belirlenmesinde yararlanılan kimyasal kalite parametrelerinin değişimi 5 ay boyunca aylık olarak belirlenmiştir. Laboratuvar koşullarında elde edilen balık yağlarında, kalitenin zamanla değişimi ve türlere göre balık yağının dayanıklılığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Elde edilen biyokimyasal kompozisyon verilerine göre, hamsi ve istavritin su oranları Aralık ayında düşmüş, Ocak ayında yeniden yükselmiştir. Hamsinin su oranı, Ekim ve Kasım aylarına göre Şubat ve Mart aylarında daha düşük bulunmuştur. Tirsinin su oranı, Aralık ayında düşmekte ve takip eden 3 ay boyunca hemen hemen aynı seviyede seyretmektedir. Zargana ve kefalın su miktarı Ocak ayında artış göstermiştir. Diğer aylarda elde edilen veriler ise zargana ve kefalın su miktarının hemen hemen aynı düzeyde seyrettiğini göstermektedir. 1985 yılında yayınlanan bir çalışmada yer alan bilgiler, bu çalışmada elde edilen bilgileri desteklemektedir [12].

Deniz suyu sıcaklığının düşmesine ve yoğun beslenmeye bağlı olarak, hamsi ve istavritin yağ oranının kış aylarında arttığı belirtilmektedir. Hamsi ile beslenen tirs, hamsideki yağ oranının artmasına ve aynı dönemde hamsi miktarının fazla olmasına bağlı olarak yoğun şekilde beslenmekte ve yağlanmaktadır. Aralık ayından itibaren hamsi ve istavritin yağ oranında artma görülmüştür. Tirsinin yağ oranı da Aralık ayından Mart ayına kadar %20'nin üzerinde seyretmiştir. Zargananın yağ oranı, çalışma periyodu boyunca çok fazla değişim göstermemiştir. Kefalin yağ oranı, kış göçü ve yumurtlama döneminin etkisiyle Aralık ayına kadar düşmekte ve daha sonra iyi beslenmenin etkisiyle Ocak ayından itibaren artmaya başlamaktadır. İlkbahara doğru kefalın daha yoğun beslenmeye başladığı bildirilmektedir [12]. Bu çalışmada elde edilen verilere göre, kefalın yağ oranı Mart ayında artmış ve daha önceki bilgilerle uyum göstermiştir.

Hamsi ve istavritin protein oranları, Ekim ayından Aralık ayına kadar bir miktar artmakta, Ocak ayında tekrar azalmakta ve Mart ayına kadar hemen hemen aynı düzeyde seyretmektedir. Ocak ayından itibaren gözlenen düşüşün yumurta üretimi ve gelişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tirsinin protein oranı, Ekim ve Kasım aylarında yüksek

bulunmasına rağmen Aralık ayında normal seviyesine düşmüş ve Mart ayına kadar bu seviyede kalmıştır. Zargana ve kefalın protein oranlarında, Ocak ayı dışında önemli değişim olmamıştır. Zargana ve kefalın besinini oluşturan zooplanktonlar, Aralık ve Ocak ayında en düşük düzeylerinde bulunmaktadır. Karadeniz'de zooplanktonların en düşük düzeyde buldukları dönem Aralık ve Ocak aylarıdır [34]. Bu durumun; zargana, kefal, hamsi ve istavriti etkilediği düşünülmektedir.

İncelenen balık türlerinde, mineral madde oranı %3'ün üzerine çıkmamıştır. Mineral madde oranları bakımından balıklar %1-2.5 arasında değişim göstermiştir. Balıkların karbonhidrat oranları ise %0-1.2 arasında değişmiştir. Huss [3] ve Borgstrom'a [4] göre, balıklarda mineral madde miktarı %0-2 arasında, karbonhidrat miktarı ise %0-1 arasında değişim göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen veriler de yukarıda belirtilen bilgilerle uyum göstermektedir.

Enerji miktarı, büyük ölçüde yağ miktarına bağlı olarak değişmiş ve elde edilen sonuçlar kefal ve zargananın, yağ miktarlarının az olması nedeniyle düşük kalorili balıklar olduğunu göstermiştir. Yağca zengin olan hamsi ve istavritin yağ ve yağ türevi bileşiklerin üretimi için potansiyel kaynak olabilecekleri düşünülmektedir. Yağ oranı göz önüne alındığında, özellikle tirsinin yağ ve yağ türevi bileşiklerin üretimi için oldukça zengin bir hammadde olabileceği görülmektedir. Çalışma periyodu boyunca hamsi, istavrit, tirsi, zargana ve kefalın en yüksek enerji değerleri sırasıyla 848.3 kJ/100g, 814.7 kJ/100g, 1215.3 kJ/100g, 538.8 kJ/100g ve 556.6 kJ/100g olarak gerçekleşmiştir.

Yapılan bir çalışmaya göre; Karadeniz'de avlanan hamsinin protein, yağ, karbonhidrat, su ve mineral madde oranları sırasıyla; %14.10, %18.44, %2.22, %64.36 ve %1.05 olarak; istavritin ise %25.11, %7.49, %1.17, %65.53 ve %0.96 olarak belirtilmiştir. Aynı çalışmada, hamsinin enerji miktarı 938.9 kJ/100g olarak istavritin enerji miktarı ise 707.9 kJ/100g olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada tirsi ve zargana için elde edilen sonuçlar ise sırasıyla; %22.42, %15.91, %0.91, %60.24, %0.66 ve %20.05, %13.42, %0.56, %65.11, %1.12'dir. Tirsi ve zargananın enerji miktarları ise 985.0 kJ/100g ve 849.2 kJ/100g olarak bulunmuştur [31]. Görüldüğü gibi bu çalışmada elde edilen bulgular, yukarıda belirtilen bilgilerle uyumludur.

2001 yılında ülkemizdeki tirsi üretimi yaklaşık olarak 700 ton olmuştur. Hamsi ve istavritin 2001 yılındaki üretim miktarları ise sırasıyla 320 000 ton ve 25 000 tondur. 2001 yılında toplam hamsi üretiminin yaklaşık beşte biri balık yağı ve ununa işlenmiştir [30]. Ülkemizde gerekli üretim teknolojilerinin henüz bulunmaması, balık yağından üretilen ve

katma değeri çok yüksek olan yağ türevi ürünlerin üretilmesinde sahip olduğumuz potansiyelin iyi kullanılamamasına neden olmaktadır.

Balık yağının oldukça karmaşık olan doğal yapısı pek çok faktöre bağlı olarak değişim göstermektedir. Balık yağlarının yağ asidi kompozisyonu, genellikle balığın türüne, planktonların bileşimine ve sezona bağlıdır. Balığın işleme esnasındaki durumu, yağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile besin değerini etkilemektedir. İstenen özelliklere sahip balık yağı üretmek için balığın mümkün olduğunca taze olması gerekmektedir [35].

İki ayrı sıcaklıkta depolanan balık yağlarında elde edilen verilere göre; iyot sayısı ve ester sayısı bütün yağlarda zamanla azalma göstermiştir. İyot sayısının azalması, balık yağlarında doymamışlık düzeyinin zamanla azaldığını ifade etmektedir. Derin dondurucuda depolanan yağların iyot sayısı buzdolabında depolanan yağların iyot sayısına göre daha yavaş azalma göstermiştir. Balık yağlarının iyot sayısı, balık türüne göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Örneğin, hamsinin iyot sayısı 180-200 arasında, sardalyenin iyot sayısı 160-200 arasında ve ringanın iyot sayısı 115-160 arasında değişmektedir [36]. Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre; hamsi, istavrit, tirsi, zargana ve kefalın iyot sayıları sırasıyla 179-193, 169-189, 176-197, 162-177 ve 167-184 arasında değişim göstermiştir. Buzdolabında ve derin dondurucuda depolanan yağlarda, ester sayısı zamanla azalmıştır. Ester sayısının azalması, yağların zamanla hidrolize olarak serbest yağ asidi miktarının arttığını ve bağlı halde bulunan yağ asidi miktarının azaldığını ifade etmektedir [17, 19]. Buzdolabında ve derin dondurucuda depolanan yağlar içinde ester sayısının en fazla azalma gösterdiği yağ kefal yağı, en az azalma gösterdiği yağ ise istavrit yağıdır. Buna göre, en fazla hidrolize olan yağın kefal yağı ve en az hidrolize olan yağın ise istavrit yağı olduğu söylenebilir. İncelenen balık yağlarının ester sayıları hamside 167-184, istavritte 163-174, tirsidede 159-181, zarganada 154-177 ve kefalde 153-182 arasında değişim göstermiştir.

Yağların sabunlaşma sayısı verileri incelendiğinde, zamanla sabunlaşma sayısının arttığı, düşük sıcaklıkta bu artışın daha az olduğu buna karşın, yüksek sıcaklıkta sabunlaşma sayısındaki artışın daha fazla olduğu görülmektedir. Hamsi yağının göz önüne aldığımızda, derin dondurucu sıcaklığında depolanan hamsi yağının sabunlaşma sayısı 187 iken 150 günlük depolama sonucu 193'e yükselmiştir. Ancak, buzdolabı sıcaklığında depolanan hamsi yağının sabunlaşma sayısı 187'den 198'e yükselmiş ve derin dondurucu sıcaklığında depolanan hamsi yağına göre daha fazla artmıştır. Benzer ilişki diğer balık yağlarında da vardır. Sabunlaşma sayısının balık türüne, mevsime, işleme koşullarına ve

depolama koşullarına göre değiştiği bilinmektedir. Yapılan bir çalışma, hamsi yağının sabunlaşma sayısının 191-193.5 arasında olduğunu bildirmektedir [37]. Ancak, bu değer depolama koşullarına göre zamanla değişmektedir. Sabunlaşma sayısının yükselmesi, balık yağlarının zamanla hidroliz olarak daha kısa zincirli yağ asitlerinden oluşan yağlara dđnüřtüđünü göstermektedir. Bu durum, depolanan balık yağlarının moleküler ağrılıklarının zamanla düştüğünü ve buna paralel olarak sabunlaşma sayılarının yükseldiğini göstermiştir.

Yağların sabunlaşmayan madde oranları da zamanla yükselme göstermiştir. Daha önce yapılmış çalışmalara göre, sabunlaşmayan madde oranı %2'yi geçen yağların tüketim için uygun olmayacağı belirtilmektedir [4]. Bir başka kaynakta, sabunlaşmayan madde oranı %3.5'in üzerinde olan balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranına bağlı olarak fiyatın düştüğü belirtilmektedir. Ancak bu yağların tüketim için uygun olmadığına dair bir ifade yer almamaktadır [35]. Sabunlaşmayan madde oranı için balık yağlarında belirlenmiş kesin bir limit yoktur. Ayrıca, sabunlaşmayan madde oranı türden türe önemli miktarda farklılık göstermektedir. Bu nedenle balık yağları için bir limit belirlemek çok zordur. Bu çalışmada elde edilen peroksit ve TBA sayısı verileri incelendiğinde, buzdolabında depolanan yağların 90 gün boyunca, derin dondurucuda depolanan yağların ise 150 gün boyunca kalitelerini koruduğu ve oksidatif bozulma bakımından kabul edilebilir sınırları aşmadığı görülmektedir. Sabunlaşmayan madde oranı bakımından değerlendirme yapıldığında, buzdolabında depolanan yağların 90. günde %4'ten daha düşük sabunlaşmayan madde oranına sahip oldukları anlaşılmaktadır. Benzer şekilde, derin dondurucuda depolanan yağların sabunlaşmayan madde oranı, 150 gün boyunca %4'ün üzerine ıkılmamaktadır. Bu bilgiler ışığında incelenen balık yağlarında sabunlaşmayan madde oranı bakımından kabul edilebilir sınırın %4 olduğu söylenebilir.

Peroksit sayısı, bütün yağ örneklerinde, zamana ve depolama sıcaklığına bağlı olarak artış göstermiştir. Bu durum, oksidatif acılaşmanın meydana geldiğini ifade etmektedir. Yapılan bir çalışmaya göre; balık yağlarının peroksit değerleri 3-20 meq O₂ / kg yağ değerleri arasında değişmektedir [36]. Bu değerler balık türüne, başlangıçtaki peroksit değerine, işleme koşullarına, depolama koşullarına ve depolama süresine göre değişmektedir. Peroksit sayısı, bütün yağ örneklerinde zamanla artış göstermiş ancak bu artış beklendiği gibi, derin dondurucu sıcaklığında depolanan yağlarda daha yavaş, buzdolabı sıcaklığında depolanan yağlarda ise daha hızlı bir şekilde meydana gelmiştir. İncelenen balık yağlarında en yüksek peroksit değerleri hamside 12.6, istavritte 11.2,

tirsida 11.9, zarganada 10.6 ve kefalde 11.3 meq O₂ / kg yağ olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler buzdolabında depolanan yağlardan elde edilen verilerdir. Derin dondurucuda depolanan yağların peroksit sayıları daha düşüktür.

TBA sayısı ve peroksit sayısı verileri incelendiğinde, buzdolabında depolanan yağların, oksidatif bozulma sonucu 90 günden sonra kabul edilebilir sınırları aştığı anlaşılmaktadır. Derin dondurucuda depolanan yağların ise 150 gün boyunca kabul edilebilir sınırları aşmadığı ve bu sıcaklıkta depolanmaları durumunda 150 gün boyunca tüketime uygun olarak kalacakları görülmektedir. Bu çalışmada incelenen yağlarda çalışma periyodu boyunca elde edilen en yüksek TBA değerleri hamside 13.2, istavritte 11.8, tirsida 11.3, zarganada 9.7 ve kefalde 9.4 mg malonaldehit / kg yağ olarak gerçekleşmiştir.

SYAO ve asit sayısı verileri incelendiğinde, buzdolabında depolanan yağların derin dondurucuda depolanan yağlara göre daha fazla hidroliz olduğu ve asitliklerinin daha fazla arttığı görülmektedir. Yapılan çalışmalar, ham balık yağlarında serbest yağ asidi oranının %1-7 arasında olduğunu ancak genellikle %2-5 arasında değiştiğini göstermektedir [36]. Bu çalışmada elde edilen verilere göre, serbest yağ asidi oranının balık türüne ve depolama koşullarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Buzdolabında ve derin dondurucuda depolanan yağlar içinde, asitliği en fazla artan yağın kefal yağı, en az artan yağın ise tirsida yağı olduğu anlaşılmaktadır.

Yağların bozulmasının oldukça karmaşık bir olay olması ve bu olayın seyrinin pek çok etken tarafından değişebildiği, daha önce yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu etkenlerden en önemlileri sıcaklık, oksijen, ışık ve su miktarıdır [4, 13]. Yağlarda kalitenin bozulması, büyük ölçüde oksidatif bozulma ile gerçekleşmektedir. Oksidatif bozulmanın seyrini etkileyen en önemli faktör ise sıcaklıktır. Sıcaklığın artması oksidasyon reaksiyonunun hızını önemli ölçüde artırmaktadır [38]. Ancak yağlar, doymamışlık oranlarına göre diğer bir deyişle, yağ asidi kompozisyonlarına göre farklı hızlarda okside olmaktadır. Mikrobiyel aktivite sonucu gerçekleşen hidrolitik bozulma ise daha çok mikroorganizma yüküne ve yağın doğal mikroflorasına bağlıdır.

Sabunlaşmayan madde oranı, SYAO, asit sayısı ve ester sayısı hidrolitik bozulma hakkında fikir veren parametrelerdir [4]. Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre, hidrolitik bozulmayı ifade eden parametrelerin değişim hızları, oksidatif bozulmayı ifade eden parametrelerin değişim hızlarından daha yavaştır. Endüstriyel ölçekte üretilen balık yağları, pek çok işleme tabi tutulmakta ve bu nedenle kalitelerinin daha uzun süre muhafaza edilmesi mümkün olabilmektedir. Endüstriyel ölçekli balık yağı üretiminde;

sabun kalıntıları, pigmentler ve fosfolipidler ağartma işlemi ile ayrılmaktadır. Serbest yağ asitleri, fosfolipid kalıntıları ve metaller nötralizasyon işlemi ile ayrılmaktadır. Uçucu oksidasyon ürünleri ve diğer kontaminantlar ise deodorizasyon işlemi ile ayrılmaktadır [39]. Elbette, bu şekilde üretilen balık yağlarının kalitesi daha uzun süre korunur. Ancak bu çalışma ile ham balık yağının oksidatif ve hidrolitik bozulmaya karşı dayanıklılığı ile yağın elde edildiği hammaddenin bozulma sürecine etkisi olup olmadığı ortaya konulmaya çalışılmıştır.



5. SONUÇLAR

Günümüzde balık yağının üretim miktarı ve kullanım alanları önemli miktarda artış göstermiştir. Balık yağının öneminin daha iyi anlaşılmasıyla, balık yağı üretimini için kullanılabilir hammadde kaynakları önem kazanmıştır. Hangi balık türlerinin balık yağı üretimine uygun olduğu ve bu türlerden elde edilen yağın kalitesi, yağ türevi ürünlerin üretimi bakımından önemlidir. Bu araştırmada; balık yağı üretimi için kullanılabilir balık türleri ve bu türlerden elde edilen yağlarda, kalitenin zamanla ve depolama sıcaklığının etkisiyle nasıl değiştiği belirlenmeye çalışılmıştır.

Elde edilen verilere göre; Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bol miktarda avlanan tirsî, hamsî ve istavritin; gerek av miktarlarının gerekse yağ oranlarının fazla olması nedeniyle, yağ ve yağ türevi ürünlerin üretimi için önemli kaynaklar olabileceği düşünülmektedir. Hamsinin yağ oranı %15.3 ile Aralık ayında, istavritin yağ oranı %13.3 ile Aralık ayında, tirsînin yağ oranı ise %26.2 ile Şubat ayında en yüksek düzeye çıkmıştır. Kefal ve zargananın yağ oranlarının ve Karadeniz Bölgesi'ndeki av miktarlarının az olması, bu türlerin yağ ve yağ türevi preparatların üretimi için uygun olmadıklarını düşündürmektedir. Kefalin yağ oranı %7.3 ile Mart ayında ve zargananın yağ oranı ise %5.9 ile Mart ayında en yüksek düzeyine ulaşmıştır.

Bu balık türleri, sadece yağ oranları nedeniyle değil aynı zamanda protein oranları nedeniyle de büyük önem taşımaktadır. Bilindiği gibi balıklar, içerdikleri proteinin niteliği bakımından önemli besin kaynaklarıdır. Balıklarda bulunan protein, insan vücudu için elzem nitelikte olan aminoasitlerce zengindir. Hamsinin ve istavritin protein oranları, sırasıyla %16.4 ve %18.6 ile Aralık ayında en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Protein miktarı bakımından; tirsî %19.8 ile Ekim ayında, zargana %18.5 ile Kasım ayında ve kefal %17.2 ile Aralık ayında en yüksek protein oranlarına ulaşmıştır. Hamsî, istavrit, tirsî, zargana ve kefalde en yüksek mineral madde miktarı sırasıyla; %2.24 ile Aralık ayında, %2.19 ile Ekim ayında, %2.79 ile Ekim ayında, %2.21 ile Kasım ayında ve %2.23 ile Aralık ayında gerçekleşmiştir. Araştırma süresince hamsî, istavrit, tirsî, zargana ve kefalın en yüksek nem miktarları sırasıyla; %74.01 ile Ocak ayında, %75.01 ile Ekim ayında, %68.13 ile Kasım ayında, %81.24 ile Ocak ayında ve %80.11 ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Balıkların enerji miktarları, büyük ölçüde yağ miktarlarına göre değişim gösterdiği için en yüksek besin değeri; hamside 848 kJ/100g, istavritte 814 kJ/100g ile

Aralık ayında, tirsidede 1215 kJ/100g ile Şubat ayında, zarganada 538 kJ/100g ile Kasım ayında ve kefalde 556 kJ/100g ile Mart ayında gerçekleşmiştir.

Balıklardan elde edilen yağlar, buzdolabı ve derin dondurucu sıcaklığında depolanmış ve kalitelerinin zamanla nasıl değiştiği izlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen verilere göre; asit sayısı, sabunlaşma sayısı, iyot sayısı, peroksit sayısı, TBA sayısı ve serbest yağ asidi oranı verileri göz önüne alındığında; tirsinin her iki depolama sıcaklığında da diğer yağlara göre daha yavaş bozulduğu görülmüştür. Aynı şekilde, istavrit hamsiye göre daha yavaş bozulma göstermiştir. Bu durumda, yağ miktarı ve Karadeniz Bölgesi'ndeki üretim miktarı göz önüne alındığında, yağ ve yağ preparatları üretiminde hammadde olarak kullanıma en uygun balığın tirsisi olduğu söylenebilir. Tirsinin oksidatif bozulmaya karşı direncinin diğer balık yağlarına göre daha fazla olduğu da elde edilen verilerden anlaşılmaktadır.

Yağların başlangıçtaki SYAO verileri; hamside %1.47, istavritte %1.99, tirsidede %2.32, zarganada %1.64 ve kefalde %0.88 olarak tespit edilmiştir. Hem buzdolabında hem de derin dondurucuda depolanan yağlarda SYAO artmıştır. Buzdolabında depolanan hamsi yağının SYAO, 150 gün sonunda %7.16'ya yükselmiştir. Derin dondurucuda depolanan hamsi yağının SYAO daha az yükselme göstermiş ve %4.73'e çıkmıştır. Buzdolabında depolanan istavrit yağının SYAO %6.46'ya çıkarken derin dondurucuda depolanan istavrit yağının SYAO %5.05'e yükselmiştir. Tirsisi yağının SYAO, buzdolabı sıcaklığında %2.32'den %6.73'e, derin dondurucu sıcaklığında ise %4.83'e yükselmiştir. Zargana yağının SYAO, derin dondurucu sıcaklığında %4.99'a, buzdolabı sıcaklığında ise %7.09'a yükselmiştir. Kefalin SYAO, buzdolabında %6.63'e, derin dondurucuda ise %4.79'a çıkmıştır. +4°C'de veya -18°C'de depolamanın balık yağlarında SYAO değişimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli değildir. Yağlarda ölçülen TBA sayısı başlangıç değerleri; hamside 2.55, istavritte 2.15, tirsidede 1.9, zarganada 1.2 ve kefalde 1.0'dir. Buzdolabında depolanan yağların TBA sayısı, 150 gün sonunda hamside 13.2'ye, istavritte 11.8'e, tirsidede 11.3'e, zarganada 9.7'ye ve kefalde 9.4'e çıkmıştır. Derin dondurucuda depolanan yağların TBA sayısı ise hamside 8.9'a, istavritte 7.6'ya, tirsidede 8.7'ye, zarganada 5.9'a ve kefalde 6.2'ye çıkmıştır. Bu verilere göre, araştırma periyodu boyunca yağları +4°C veya -18°C'de depolamanın TBA sayısının değişimi bakımından istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Yağların başlangıçtaki peroksit değerleri hamside 5.2, istavritte 4.8, tirsidede 6.3, zarganada 3.65 ve kefalde 3.15'tir. Buzdolabında depolanan yağlarda peroksit değeri, 150 günlük depolama sonunda hamside 12.6'ya, istavritte 11.2'ye, tirsidede 11.9'a,

zarganada 10.6'ya ve kefalde 11.3'e çıkmıştır. Derin dondurucuda depolanan yağların peroksit sayısı ise hamside 8.3'e, istavritte 6.9'a, tirsidede 8.1'e, zarganada 5.9'a ve kefalde 6.1'e yükselmiştir. Bu verilere göre; istavrit ve zargana yağında +4°C'de veya -18°C'de depolamanın peroksit sayısının değişimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). Ancak diğer yağlarda, +4°C'de veya -18°C'de depolamanın peroksit sayısının değişimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli değildir. Peroksit sayısı, TBA sayısı ve SYAO verileri incelendiğinde, genel olarak balık yağlarını +4°C'de veya -18°C'de depolamanın oksidatif bozulma üzerine olan etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı anlaşılmaktadır. Yağların başlangıçtaki asit sayısı değerleri; hamside 2.93, istavritte 3.97, tirsidede 4.63, zarganada 3.25 ve kefalde 1.74 olarak belirlenmiştir. 150 gün sonunda buzdolabında depolanan yağların asit sayıları; hamside 14.23'e, istavritte 12.84'e, tirsidede 13.37'ye, zarganada 14.09'a ve kefalde 13.18'e yükselmiştir. Derin dondurucuda depolanan yağların asit sayıları ise; hamside 9.41'e, istavritte 10.04'e, tirsidede 9.61'e, zarganada 9.93'e ve kefalde 9.54'e yükselmiştir. Bu verilere göre; balık yağlarında +4°C'de veya -18°C'de depolanmanın asit sayısının değişimi üzerine olan etkisi istatistiksel olarak önemli değildir. Yağların başlangıçtaki sabunlaşma sayısı değerleri; hamside 187, istavritte 192, tirsidede 190, zarganada 181 ve kefalde 176 olarak belirlenmiştir. Buzdolabında depolanan yağların sabunlaşma sayıları; hamside 198'e, istavritte 202'ye, tirsidede 200'e, zarganada 195'e ve kefalde 187'ye yükselmiştir. Derin dondurucuda depolanan yağların sabunlaşma sayıları ise hamside 193'e, istavritte 197'ye, tirsidede 198'e, zarganada 190'a ve kefalde 182'ye yükselmiştir. Bu verilere göre; kefal yağı haricindeki balık yağlarının +4°C'de veya -18°C'de depolanmasının, sabunlaşma sayısının değişimi bakımından istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Yağların başlangıçtaki iyot sayıları; hamside 192, istavritte 188, tirsidede 197, zarganada 176 ve kefalde 183'tür. Buzdolabında depolanan yağların iyot sayıları; hamside 179'a, istavritte 169'a, tirsidede 176'ya, zarganada 162'ye ve kefalde 167'ye düşmüştür. Derin dondurucuda depolanan yağların iyot sayıları ise hamside 185'e, istavritte 182'ye, tirsidede 187'ye, zarganada 171'e ve kefalde 176'ya düşmüştür. Bu verilere göre; istavrit ve zargana yağı dışındaki balık yağlarının +4°C'de veya -18°C'de depolanmasının iyot sayısının değişimi bakımından istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (P<0.05). Ancak, balık yağlarındaki oksidasyon ürünleri, zamanla istatistiksel olarak önemli miktarda artış göstermektedir (P<0.05). Yağların başlangıçtaki ester sayısı değerleri; hamside 184, istavritte 173, tirsidede 180, zarganada 176 ve kefalde 182 olarak belirlenmiştir.

Buzdolabında depolanan yağların ester sayıları; hamside 167'ye, istavritte 163'e, tirsidede 159'a, zarganada 154'e ve kefalde 153'e düşmüştür. Derin dondurucuda depolanan yağların ester sayıları ise hamside 171'e, istavritte 168'e, tirsidede 167'ye, zarganada 165'e ve kefalde 164'e düşmüştür. Bu verilere göre; tirsi yağı dışındaki balık yağlarının +4°C'de veya -18°C'de depolanmasının ester sayısının değişimi bakımından istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur ($P<0.05$). Yağların başlangıçtaki sabunlaşmayan madde oranları; hamside 0.45, istavritte 1, tirsidede 1.25, zarganada 0.75 ve kefalde 0.85 olarak belirlenmiştir. Buzdolabında depolanan yağların sabunlaşmayan madde oranları; hamside 4.2'ye, istavritte 4.3'e, tirsidede 4.7'ye, zarganada 4.5'e ve kefalde 4.4'e yükselmiştir. Derin dondurucuda depolanan yağların sabunlaşmayan madde oranları ise hamside 3.1'e, istavritte 3.4'e, tirsidede 2.7'ye, zarganada 2.4'e ve kefalde 2.6'ya yükselmiştir. Bu verilere göre; tirsi ve zargana yağı dışındaki balık yağlarının +4°C'de veya -18°C'de depolanmasının sabunlaşmayan madde oranının değişimi bakımından istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur ($P<0.05$).

6. ÖNERİLER

Dünyada gittikçe artan balık yağı ticareti günümüzde büyük bir pazar haline gelmiştir. Ancak ülkemiz önemli potansiyele sahip olmasına rağmen balık yağı üretiminde çok fazla gelişmemiştir. Su kaynakları ve su ürünleri bakımından oldukça zengin olan ülkemiz, sahip olduğu bu kaynakları etkin bir şekilde kullanamamaktadır. Günümüzde su ürünleri ve su ürünlerinden elde edilen yan ürünler yeni kullanım alanları yaratmış, buna paralel olarak su ürünlerinin önemi de artmıştır. Son 20 yıldır yapılan çalışmalar, su ürünlerinin insan beslenmesindeki önemini ve çeşitli hastalıklara olan yararlı etkilerini ortaya çıkarmıştır [40, 41, 42]. Balık yağında bol miktarda bulunan ω -3 yağ asitlerinin pek çok hastalığın tedavisinde kullanılmaya başlanması, balık üretimi ve işlenmesi açısından büyük bir fırsat yaratmaktadır. Artık balık veya balık yağı tüketiminin pek çok hastalığın tedavisinde veya önlenmesinde etkili olduğu kabul edilmektedir.

Ülkemizde yetiştiriciliği veya avcılığı yapılan bazı balık türlerinin balık yağı ve türevi ürünlerin üretimi için kullanılabileceği düşünülmektedir. Sahip olduğumuz kaynakların etkin bir şekilde kullanılması ve gerekli alt yapının oluşturulması ile ülkemizin balık yağı pazarında hak ettiği yere gelmesi sağlanabilir.

Yağlar çok kompleks yapılu bileşiklerdir. Özellikle balık yağlarının bileşiminde bulunan pek çok madde, endüstriyel ölçekli üretim için önem taşımaktadır. Dünyada bu maddelerin üretimi son 20 yılda artmıştır. Günümüzde balık yağı ve balık yağı türevlerinin ticareti önemli pazar payı yaratmıştır. Sahip olduğumuz potansiyelin kullanılacağı, su ürünleri kaynaklarımızın işlenerek yağ ve türevlerinin üretileceği işletmeler kurulmalı, mevcut balık yağı fabrikaları modernize edilmeli ve çeşitli yağ fraksiyonlarının üretilebileceği şekilde dizayn edilmelidir. Ayrıca, yeni ve modern balık yağı fabrikaları kurularak, üretimi ve önemi günden güne artan balık yağı ve türevleri üretilmelidir. Balık yağını son ürüne işleyecek proses hatları kurulmalı ve balık yağı ürünleri bakımından çeşitlilik yaratılmalıdır.

Bu çalışmada elde edilen veriler, özellikle bazı türlerinin balık yağı üretimi için uygun kaynaklar olabileceğini göstermiştir. Bu konuda yeni ve daha geniş kapsamlı çalışmalar yapılmalı ve özellikle ülkemizde yetiştiriciliği yapılan çipura, kalkan, levrek ve alabalık gibi balık türlerinin üretim potansiyelleri ve yağ miktarları bakımından balık yağı üretimi için uygun kaynak olup olmadığı araştırılmalıdır.

Araştırmada elde edilen verilere göre, balık yağının düşük sıcaklıkta depolanması, kalitesinin uzun süre muhafaza edilmesi bakımından oldukça önemlidir. Balık, lkemizde çok fazla tüketim alışkanlığı olmayan gıdalar arasındadır. Hem balık tüketiminin yaygınlaştırılması hem de balık avcılığının ve yetiştiriciliğinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Balık yağının kullanım alanları arasında yer alan yem sanayi yeniden gözden geçirilmeli ve üretilen yemlerde çeşitlilik sağlanmalıdır. Gıda sanayinde, ilaç sanayinde, yem sanayinde ve beslenme amacıyla kullanılan balık yağları için kabul edilebilir kalite sınırları belirlenmelidir. Bu araştırmada, genel olarak yağlar için kullanılan kalite parametreleri balık yağları için kullanılmıştır. Ancak balık yağının doğasından kaynaklanan farklılıklar, bu parametreler açısından balık yağının ayrı olarak değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.



7. KAYNAKLAR

1. Gögüş, A. K. ve Kolsarıcı, N., Su Ürünleri Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, S. 260, Ankara, 1997
2. Gökoğlu, N., Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 2002.
3. Huss, H. H., Fresh Fish Quality and Quality Changes, FAO, Rome, Italy, 1988.
4. Borgstrom, G., Fish as Food, Production, Biochemistry and Microbiology, Volume I, Academic Press Inc., London, 1961.
5. Garcia, G. N., Aguilar, R. P., Cordova, B. V., Suarez, J. C. R. and Bolanos, A., Lipid Composition of the Liver Oil of Shark Species from the Caribbean and Gulf of California Waters, Journal of Food Composition and Analysis, 13, 2000, 791-798.
6. Kinsella, J. E., Sea Foods and Fish Oils in Human Health and Disease, Marcel Dekker Inc., New York, 1987.
7. Bilgüven, M., Yemler Bilgisi, Yem Teknolojisi ve Balık Besleme, Akademisyen Yayınevi, Mersin, 2002.
8. Anonymous, Feed and Feeding of Fish and Shrimp, United Nations Development Programme, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1987.
9. Piveteau, F., Gandemer, G., Baud, J-P. and Demaimay, M., Changes in Lipid and Fatty Acid Composition of European Oysters Fattened with *Skeletonema costatum* Diatom for Six Weeks in Ponds, Aquaculture International, 7, 1999, 341-355.
10. Muss, B. J., Collins Guide to the Sea Fishes, Collins, London, 1988.
11. Fischer, W. (Editor), FAO Species Identification Sheets for Fishery Purposes, Volume I, Food and Agriculture Organization, Rome, 1973.
12. Ivanov, L. and Beverton, R. J. H., The Fisheries Resources of the Mediterranean, Part Two:Black Sea, Etud. Rev. CGPM / Stud. Rev. GFCM, 1985.
13. Hilditch, T. P., The Industrial Chemistry of The Fats And Waxes, Second Edition, London, 1943.
14. Basan, S., İmren, D. ve Yüce, S., Kimyasal Teknolojiler ve Analizler, Cumhuriyet Üniversitesi, Yayın No:87, Sivas, 2001.
15. Gökalp, H. Y., Kaya, M., Tülek, Y. ve Zorba, Ö., Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuar Uygulama Kılavuzu, Dördüncü Baskı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 2001.

16. Bozkurt, H. ve Göğüş, F., Food Quality Control Laboratory Manual, University of Gaziantep, Gaziantep, Turkey, 1997.
17. Welcher, F. J., Standard Methods of Chemical Analysis, Sixth Edition, Volume Two, Part B, New York, 1963.
18. Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N. ve Gün, H., Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri, Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No:17, İstanbul, 1993.
19. Watson, C. A., Official and Standardized Methods of Analysis, 3rd Edition, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1994.
20. Güner, S. (Editor), Temel Biyokimya Teknikleri ve Uygulamaları, Esen Ofset Matbaacılık, Trabzon, 2001.
21. Özkaya, H., Analitik Gıda Kalite Kontrolü, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:1086, Ankara, 1988.
22. Leaf, A., On the Reanalysis of the GISSI-Prevenzione. Circulation, Vol. 105, 23, 2002, 1874-1875 (editorial).
23. Marchioli, R., Efficacy of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids After Myocardial Infarction: Results of GISSI-Prevenzione Trial. Lipids, Vol. 36, 2001, S119-S126.
24. Marchioli, R., Early Protection Against Sudden Death by n-3 Polyunsaturated Fatty Acids After Myocardial Infarction: Time-course Analysis of the Results of GISSI-Prevenzione. Circulation, Vol. 105, 23, 2002, 1897-1903.
25. Albert, C. M., Blood Levels of Long-chain n-3 Fatty Acids and the Risk of Sudden Death, New England Journal of Medicine, Vol. 346, 11, 2002, 1113-1118.
26. Rosenberg, I. H., Fish: Food to Calm the Heart, New England Journal of Medicine, Vol. 346, 11, 2002, 1102-1103.
27. Kyle, D. J., Low Serum Docosahexaenoic Acid is a Significant Risk Factor for Alzheimer's Dementia, Lipids, Vol. 34, 1999, S245.
28. Olsen, S. F. and Secher, N. J., Low Consumption of Seafood in Early Pregnancy as a Risk Factor for Preterm Delivery: Prospective Cohort Study, British Medical Journal, Vol. 324, 23, 2002, 1-5.
29. Pawlosky, R. J., Physiological Compartmental Analysis of Alpha-Linolenic Acid Metabolism in Adult Humans, Journal of Lipid Research, Vol. 42, 2001, 1257-1265.
30. Anonim, Su Ürünleri İstatistikleri 2001, Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, 2001.
31. Guner, S., Dincer, B., Alemdag, N., Colak, A. and Tufekci, M., Proximate Composition and Selected Mineral Content of Commercially Important Fish Species

- from the Black Sea, Journal of The Science of Food and Agriculture, 78, 1998, 337-342.
32. Holland, B., Brown, J. and Buss, D.H., Fish and Fish Products, Third Supplement to the Fifth Edition of McCance and Widdowson's The Composition of Foods, The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK, 1993.
33. Sokal, R.R. and Rolf, F.J., Introduction to Biostatistics, Edited by W.H. FREEMAN, Second Edition, New York, 1974.
34. Salihoğlu, İ ve Mutlu, E. (Ed.), Ulusal Deniz Araştırma ve İzleme Programı, Akdeniz, Marmara Denizi, Türk Boğazlar Sistemi, Karadeniz ve Atmosfer Alt projeleri, 1995-1999 Dönemi Sentez Raporu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, İçel, Türkiye, 449 s., 2000.
35. Anonymous, The Production of Fish Meal and Oil, FAO Fisheries Technical Paper-142, FAO Fisheries Department, Rome, Italy, 1986.
36. Bimbo, A. P., Guidelines for Characterizing Food-Grade Fish Oils, Inform, Vol. 9, No:5, 1998, Hertfordshire, UK.
37. Young, F.V.K., The Chemical and Physical Properties of Crude Fish Oils for Refiners and Hydrogenators, Fish Oil Bulletin, No:18, Liverpool, UK, 1986.
38. Verma, J. K., Srikar, L. N., Sudhakara, N. S. and Sarma, J., Effects of Frozen Storage on Lipid Freshness Parameters and Some Functional Properties of Oil Sardine (*Sardinella longiceps*) Mince, Food Research International, Vol. 28, No. 1, 1995, 87-90.
39. Cmolik, J. and Pokorny, J., Physical Refining of Edible Oils, European Journal of Lipid Science and Technology, 102, 2000, 472-486.
40. Connor, W. E., Importance of n-3 Fatty Acids in Health and Disease, American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 71, 2000, 171S-175S.
41. Huhges, D. A., Fish Oil and the Immune System, Nutrition and Food Science, Vol. 95, Issue 2, 1995, 12-16.
42. Rafflenbeul, W., Fish for a Healty Heart, European Journal of Lipid Science and Technology, 103, 2001, 315-317.
43. www.oilofpisces.com/fishnews.html, Fish Oil and Angina / Heart Attack, Health Benefits of Fish Oils, 27 Eylül 2002.
44. www.literaturtr.com/litweb/literatur, Depresyon Tedavisinde Balık Yağı, 21 Mart 2003.
45. www.st.nmfs.gov/st1/market_news/doc76.txt, Production of Fish Meal and Fish Oil, 30 Mayıs 2003.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Trabzon'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1995 yılında Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. Bir yıl süreyle yabancı dil eğitimi aldı. 2000 yılında lisans öğrenimini tamamlayarak Gıda Mühendisi unvanı aldı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından araştırma görevlisi olarak atandı. Halen Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

