



**BAZI BALIK ATIKLARININ YEM HAMMADDESİ
OLARAK DEĞERLENDİRİLEBİLME
POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Nuh KAŞIKCI

**Yüksek Lisans Tezi
Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Prof. Dr. Murat ARSLAN**

2022

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BAZI BALIK ATIKLARININ YEM HAMMADDESİ OLARAK
DEĞERLENDİRİLEBİLME POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI**
(Investigations on the Potential Use of Some Fish By-Products in Aquafeeds)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nuh KAŞIKCI

Danışman: Prof. Dr. Murat ARSLAN

Erzurum
Ocak, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Nuh KAŞIKCI tarafından hazırlanan “Bazı Balık Atıklarının Yem Hammaddesi Olarak Değerlendirilebilme Potansiyellerinin Araştırılması” başlıklı çalışması 25 / 01 / 2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Su Ürünleri Mühendisliği Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Huriye ARIMAN KARABULUT Aslı Islak İmzalıdır
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Danışman: Prof. Dr. Murat ARSLAN Aslı Islak İmzalıdır
Atatürk Üniversitesi

Jüri Üyesi: Doç. Dr. Nejdet GÜLTEPE Aslı Islak İmzalıdır
Atatürk Üniversitesi

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Prof. Dr. Murat ARSLAN* danışmanlığında sunulan “Bazı Balık Atıklarının Yem Hammaddesi Olarak Değerlendirilebilme Potansiyellerinin Araştırılması” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	7	30
Kuramsal Temeller	9	30
Materyal ve Yöntem	13	35
Bulgular	11	20
Tartışma	0	20
Tezin Geneli	9	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)
Nuh KAŞIKCI
12.1.2022
İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Murat ARSLAN
12.1.2022
İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ'de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin konusunun belirlenmesi, planlanıp yürütülmesi ve tez haline getirilmesine bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Murat ARSLAN'a, laboratuvar çalışmaları ve tez yazım aşamalarında yardımlarıyla yanımda olan Araştırma Görevlisi Fatih KORKMAZ ve tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nuh KAŞIKCI

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI BALIK ATIKLARININ YEM HAMMADDESİ OLARAK KULLANILABİLME POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Nuh KAŞIKÇI

Danışman: Prof. Dr. Murat ARSLAN

Amaç: Mevcut çalışmada, Erzurum ilinde taze olarak tüketilen hamsi (*Engraulis encrasicolus*), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) atıklarının (baş + iç organlar) proksimet kompozisyonlarının yanı sıra yağ asidi ve amino asit profilleri belirlenerek, bu atıkların balık yemi hammaddesi olarak kullanılabilir potansiyellerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Alabalık, çipura, levrek ve hamsi atıkları Erzurum'da faaliyet gösteren bir balıkçıdan Aralık 2019 – Şubat 2020 döneminde her hafta sonu olmak üzere toplam 10 kez olacak şekilde toplanmıştır. Baş ve iç organlardan oluşan her bir hamsi atık örneği 1 kg taze hamsiden, her bir alabalık, çipura, levrek atık örneği ise 10 adet taze balıktan anlık olarak elde edilmiştir. Proksimet kompozisyonu ile yağ asidi ve aminoasit profilleri standart metotlara göre gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Ham protein oranı türler arasında önemli derecede değişmezken, ortalama %12,4 olarak tespit edilmiştir. Diğer yandan, ham lipit, ham kül ve nem oranları türler arasında önemli farklılıklar göstermiştir ($P<0,05$). En düşük ve en yüksek yağ oranları hamsi ve levrekte sırasıyla %17,0 ve %29,9 olarak tespit edilirken, nem içeriği yağ içeriğine ters bir eğilim göstermiştir. Farklı türlere ait atıkların yağ asidi profili önemli derecede değişiklikler göstermiştir ($P<0,05$). En yüksek doymuş yağ asidi (DYA) miktarı hamside (%37,0) kaydedilirken, diğer türler birbirine benzer sonuçlar (%21,3-22,4) göstermiştir. Tekli doymamış yağ asitleri (TDYA) bakımından en düşük ve en yüksek değerler hamsi ve alabalıkta sırasıyla %27,4 ve %41,9 olarak tespit edilirken, çipura ve levrekte benzer sonuçlar elde edilmiştir (sırasıyla, %37,3 ve %36,9). Alabalık, çipura ve levrekte en fazla bulunan çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) linoleik asit (LA; 18:2n-6) ve linolenik asit (LNA; 18:3n-3) iken, hamside 18:4n-3, araşidonik asit (ARA; 20:4n-6), ekozapentaenoik asit (EPA; 20:5n-3) ve dokozahexaenoik asit (DHA; 22:6n-3) diğer türlere oranla daha fazla bulunmuştur. Amino asit profili türler arasında önemli değişimler göstermiştir ($P<0,05$). Hamsi, alabalık ve levrekte en yüksek düzeyde bulunan esansiyel aminoasit lösin iken, çipurada lisin en yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Glutamik asit hamsi ve alabalıkta en fazla bulunan esansiyel olmayan aminoasit iken, çipura ve levrekte glisin en yüksek düzeyde tespit edilmiştir.

Sonuç: Çalışmanın sonuçlarına göre, balık atıklarının balık ununa göre daha yüksek oranda yağ ve daha düşük oranda protein içerdiği belirlenmiştir. Diğer yandan, amino asit profilleri balık ununa benzerlik gösterirken, EPA ve DHA gibi önemli n-3 uzun zincirli ÇDYA hamsi hariç diğer balık türleri atıklarında balık yağına oranla oldukça düşük olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Balık atıkları, Proksimet kompozisyon, Yağ asitleri, Amino asitler

Ocak 2022, 48 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

INVESTIGATIONS ON THE POTENTIAL USE OF SOME FISH BY-PRODUCTS IN AQUAFEEDS

Nuh KAŞIKÇI

Supervisor: Prof. Dr. Murat ARSLAN

Purpose: The objective of the current study was to investigate the proximate composition as well as fatty acid and amino acid profiles in by-products of freshly consumed fishes such as anchovy (*Engraulis encrasicolus*), rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*), and to evaluate the potential use of this materials in aquafeeds.

Method: Anchovy, rainbow trout, sea bream and sea bass by-products (head and viscera) were collected from a local market in Erzurum during December 2019 – February 2020 at 10 different weekends. Each anchovy sample was the by-product from 1 kg of fresh fish, while rainbow trout, sea bream and sea bass samples were the by-products from 10 fresh fish, which were collected at the time the fish were prepared for sale. Proximate, fatty acid and amino acid analyses were carried out according to the standard methods.

Findings: Crude protein did not significantly change among the species, averaging 12.4%. Crude lipid, ash and moisture significantly changed among the species ($P<0.05$). The lowest and the highest lipid contents were in anchovy (17.0%) and sea bass (29.9%), respectively, showing the opposite trend to the moisture content. Fatty acid profile was significantly influenced by the species ($P<0.05$). The highest saturated fatty acids (SFA) were detected in anchovy (37.0%), while other species had similar results (21.3-22.4%). The lowest and the highest monounsaturated fatty acids (MUFA) were observed in anchovy (27.4%) and rainbow trout (41.9%), respectively, while sea bream and sea bass had similar values (37.3 and 36.9%, respectively). The most abundant polyunsaturated fatty acids (PUFA) were linolenic acid (LA; 18:2n-6) and linolenic acid (LNA; 18:3n-3) in rainbow trout, sea bream and sea bass, while 18:4n-3, arachidonic acid (ARA; 20:4n-6), eicosapentaenoic acid (EPA; 20:5n-3) and docosahexaenoic acid (DHA; 22:6n-3) were the most abundant ones in anchovy. Amino acid profile significantly changed among the fish species ($P<0.05$). The most abundant indispensable amino acid was leucine in anchovy, rainbow trout and sea bream, while lysine was the predominant indispensable amino acid in sea bream. Glutamic acid was the most abundant dispensable amino acid in anchovy and rainbow trout, while glycine was the predominant dispensable amino acid in sea bream and sea bass.

Results: According to our results, fish by-products had higher lipid and lower protein content in comparison to fish meal. However, amino acid profile was found similar with fish meal. The important n-3 long chain PUFA such as EPA and DHA were lower in fish by-products, except the those from anchovy.

Keywords: Fish waste, Fish by-products, Proximate composition, Fatty acids, Amino acids

January 2022, 48 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
GİRİŞ.....	1
KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
MATERYAL ve YÖNTEM	11
Materyal	11
Proksimet Kompozisyon Analizi	12
Protein analizi.....	12
Nem ve ham kül analizi.....	13
Yağ analizi	14
Yağ Asidi Analizleri	15
Yağ asidi metil esterlerinin (FAME) hazırlanması	15
Yağ asitlerinin tayini.....	16
Amino Asit Analizi	16
Veri Analizi.....	17
ARAŞTIRMA BULGULARI	19
Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Proksimet Kompozisyonu	19
Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Yağ Asidi Profili.....	21
Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Amino Asit İçeriği Profili.....	26
TARTIŞMA ve SONUÇ	28
KAYNAKLAR.....	34
ÖZGEÇMİŞ.....	37

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1. Yıllara Göre Türkiye Su Ürünleri Üretimi	1
Tablo 2. Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Proksimet Kompozisyonu (%).....	19
Tablo 3. Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Yağ Asidi Profili (%).....	22
Tablo 4. Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Aminoasit İçeriği Profili (g/100g protein)	27
Tablo 5. Farklı Balık Türlerine Ait Atıkların Atıklarının Hammadde Olarak Balık Unu İle Karşılaştırılması	30
Tablo 6. Farklı Balık Türlerine Ait Atıkların Yağ Asidi Profili (Tespit Edilenlerin %'si) Bakımından Balık Unu İle Karşılaştırılması	30
Tablo 7. Farklı Balık Türlerine Ait Atıkların Esansiyel Aminoasit Profili (g/100 ham protein) Bakımından Balık Unu İle Karşılaştırılması	31

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Balık atıklarının toplandığı istasyon	11
Şekil 2. Balık atıklarının soğutmalı kıyma makinesinden geçirilmesi.....	12
Şekil 3. Protein analizi düzeneği	13
Şekil 4. Kurumadde analizi	13
Şekil 5. Yağ analizi	14
Şekil 6. Kül analizi.....	15
Şekil 7. Hidrolizat işlemi.....	17
Şekil 8. Agilent HPLC Infinity II sistemi	17
Şekil 9. Farklı balık türlerine ait ham protein içeriği	19
Şekil 10. Farklı balık türlerine ait ham yağ içeriği.....	20
Şekil 11. Farklı balık türlerine ait atıkların ham kül içeriği	20
Şekil 12. Farklı balık türlerine ait atıkların nem içeriği	21
Şekil 13. Farklı balık türlerine ait atıkların OA (18:1n-9) içeriği	23
Şekil 14. Farklı balık türlerine ait atıkların LA (18:2n-6) içeriği.....	23
Şekil 15. Farklı balık türlerine ait atıkların LNA (18:3n-3) içeriği.....	24
Şekil 16. Farklı balık türlerine ait atıkların ARA (20:4n-6) içeriği.....	24
Şekil 17. Farklı balık türlerine ait atıkların EPA (20:5n-3) içeriği	25
Şekil 18. Farklı balık türlerine ait atıkların DHA (22:6n-3) içeriği	25
Şekil 19. Farklı balık türlerine ait atıkların esansiyel ve esansiyel olmayan aminoasit içerikleri	26

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
BSGM	: Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü
FAO	: Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
PCB	: Poliklorlu bifenil
GC	: Gaz kromatografisi
PTFE	: Politetrafloroetilen
HCl	: Hidroklorik asit
H ₂ SO ₄	: Sülfürik asit
mL	: Mililitre
µL	: Mikrolitre
dk	: Dakika
g	: Gram
M	: Molar
N	: Normal
nm	: Nanometre
HPLC	: Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
FMOC	: 9-florenmetil kloroformat
OPA	: Orto-ftalaldehit
n-3	: Omega-3 yağ asidi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
OA	: Oleik asit; 18:1n-9
LA	: Linoleik asit; 18:2n-6
LNA	: Linolenik asit; 18:3n-3
ARA	: Araşidonik asit; 20:4n-6
EPA	: Eikosapentaenoik asit; 20:5n-3
DHA	: Dokosaheksaenoik asit; 22:6n-3
DYA	: Doymuş yağ asitleri
TDYA	: Tekli doymamış yağ asitleri
ÇDYA	: Çoklu doymamış yağ asitleri

GİRİŞ

Deniz ve okyanuslardan çıkarılan balık miktarında, bilinçsiz ve aşırı avlanma nedeniyle ciddi bir azalma olduğu bilinmektedir. Deniz ve okyanuslardan çıkarılan balık miktarında ki bu azalmaya rağmen su ürünlerine olan talep sürekli artmaktadır. Su ürünlerine olan bu talebi karşılayabilmek için, taleple doğru orantılı olarak kültür balıkçılığı ile elde edilen ürün miktarında da önemli bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) gıda üretim sektörleri içerisinde en hızlı büyüyen sektörün su ürünleri yetiştiriciliği olduğunu söylemiş ve dünyada gelişerek yaygınlaşmakta olan önemli bir üretim kolu olduğunu belirtmiştir. FAO, çiftliklerde yetiştirilen su ürünleri üretiminin son 30 yılda 12 kat artarak yıllık ortalama %9 arttığını belirtmiştir (FAO 2020).

Dünyada olduğu gibi Türkiye’ de de önemli hayvansal gıda üretim sektörlerinden biri su ürünleri yetiştiriciliğidir. Ülkemizdeki su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen üretim miktarları incelendiğinde; Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü (BSGM) verilerine göre toplam su ürünleri üretimi, 2003 yılında 80 bin ton iken, 2015 yılında 240 bin ton, 2020 yılında ise 421 bin ton olarak gerçekleşmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Yıllara Göre Türkiye Su Ürünleri Üretimi (BSGM 2020)

Türkiye Su Ürünleri Üretimi

Yıllar	AVCILIK (ton)			YETİŞTİRİCİLİK (ton)			TOPLAM (ton)
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
2000	460.521	42.824	503.345	35.646	43.385	79.031	582.376
2001	484.410	43.323	527.733	29.730	37.514	67.244	594.977
2002	522.744	43.938	566.682	26.868	34.297	61.165	627.847
2003	463.074	44.698	507.772	39.726	40.217	79.943	587.715
2004	504.897	45.585	550.482	49.895	44.115	94.010	644.492
2005	380.381	46.115	426.496	69.673	48.604	118.277	544.773
2006	488.966	44.082	533.048	72.249	56.694	128.943	661.991
2007	589.129	43.321	632.450	80.840	59.033	139.873	772.323
2008	453.113	41.011	494.124	85.629	66.557	152.186	646.310
2009	425.275	39.187	464.462	82.481	76.248	158.729	623.191
2010	445.680	40.259	485.939	88.573	78.568	167.141	653.080
2011	477.658	37.097	514.755	88.344	100.446	188.790	703.545
2012	396.322	36.120	432.442	100.853	111.557	212.410	644.852
2013	339.047	35.074	374.121	110.375	123.019	233.394	607.515
2014	266.078	36.134	302.212	126.894	108.239	235.133	537.345
2015	397.731	34.176	431.907	138.879	101.455	240.334	672.241
2016	301.464	33.856	335.320	151.794	101.601	253.395	588.715
2017	322.173	32.145	354.318	172.492	104.010	276.502	630.820
2018	283.955	30.139	314.094	209.370	105.167	314.537	628.631
2019	431.572	31.596	463.168	256.930	116.426	373.356	836.524
2020	331.281	33.119	364.400	293.175	128.236	421.411	785.811

Su ürünleri, içeriğinin zengin mineralli olması, yüksek kalitede ve kolay sindirilebilir protein içeriyor olması ve ekozapentaenoik asit (EPA; 20:5n-3) ve dokozahegzaenoik asit (DHA; 22:6n-3) yağ asitlerini bünyesinde barındırıyor olmasından dolayı insan sağlığı için oldukça önemli bir besin kaynağıdır. Omega-3 (n-3) yağ asitlerinin, kalp hastalıklarına dayalı ani ölüm riski, sinirsel bozukluklar ve Alzheimer hastalığı gibi birçok hastalığa karşı koruyucu etkisi olduğu bilinmekte olup bu yağ asitleri insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Uzmanlar, belirtilen bu hastalıklardan korunabilmek için insanların haftada en az 3,5 g DHA+EPA tüketmeleri gerektiğini bildirmişlerdir. Bahsedilen yağ asitleri ancak su ürünlerinden karşılanabilmektedir (ISSFAL 2004).

Hâlihazırda Avrupa Birliği ülkelerine ülkemizden ihraç edilen tek hayvansal ürün grubu su ürünleridir. Ülkemizde su ürünlerine olan ilginin özellikle son yıllarda artmış olmasının nedeni dünyadaki su ürünleri üretiminin hızla artıyor olması ve su ürünlerinin insan beslenmesinde önemli bir besin kaynağı olmasıdır (Hoşsu vd. 2003). Tüm bu gelişmeler sonucunda; gıda üretimi artmış, canlılar için daha iyi beslenme olanakları sunulmuş, toplum sağlığının gelişmesi sağlanmış, insanların gelirlerinde artış sağlanmış, ekonomik değeri düşük olan deniz sahalarının besin üretiminde ekonomiye kazandırılmıştır (Anonim 1993).

Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum itibari ile denizler ve iç sular bakımından oldukça zengindir. Ülkemizde, dünya pazarında olan değişimlere bağlı olarak su ürünleri üretiminin maksimum seviyeye ulaşan avcılık yoluyla elde edilen balık miktarının azalmaya başlaması, su ürünlerinin insan sağlığı açısından öneminin daha iyi anlaşılması ve anlatılması ve su ürünleri işleme teknolojilerinin iyileştirilmesini zorunlu kılmıştır. Dünyada artmakta olan su ürünleri talebini karşılamak için, su ürünleri sektörü gün geçtikçe gelişmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe meydana gelen hızlı büyüme ile birlikte yem ve yem hammaddesi ihtiyacı da hızla artmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde ihtiyaç duyulan yemin sadece doğal kaynaklardan karşılanabilmesinin zor ve maliyetinin yüksek olması, devamlı bulunabilecek ve daha ekonomik olabilecek yem ve yem hammaddelerinin teminini zorunlu hale getirmiştir (Lovell 1989).

Geleneksel olarak, su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemlerin temel hammaddeleri balık unu ve balık yağından oluşmaktadır. Balık unu ve balık yağı üretiminin dünyada sınırlı seviyede olması nedeniyle, yetiştiricilikte kullanılan yemlerin üretiminde kullanılan yem hammaddelerinin yerine yenilerinin temin edilmesini mecburi kılmıştır. Bu sayede su ürünleri üretiminin sürdürülebilir olması sağlanacaktır. Su ürünleri üretim sektörünün ülkemizde önemli bir üretim potansiyeline sahip olması sebebiyle, bu üretim kolunun üretimini sürdürülebilir bir şekilde artırılabilmesi adına alternatif yem hammadde

kaynakları üzerine yapılan çalışmaları artırılması gerekmektedir. Üretimde kullanılan yemlerin hammaddelerine alternatif kaynakların bulunması sektörel girdilerin azalması ve ülke ekonomisine katkıda bulunması açısından önemli olup, sürdürülebilir ve ekonomik bir yem sanayiinin oluşturulabilmesi için gereklidir.

Sürdürülebilir bir su ürünleri üretimi için işleme tesislerinde işlenen ürünlerden elde edilen iç organ, kılçık, deri ve kabuklar gibi atıkların değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Balıkların işlenmesiyle elde edilen atıklar, balıkların bünyelerinde barındırdığı protein ve esansiyel amino asitleri de içermektedir. Bu atıkların fermente edilmesiyle yüksek besin içeriğine sahip sosların elde edilmesi mümkündür.

Balık iç organlarından elde edilen atıklar balık yemi ve balık silajı üretiminde kullanılabilir gibi; kitin, kitosan, biyo paket ve yenilebilir film üretiminde de kullanılabilir. Karides atıklarının ise karateno protein ve astaksantin pigmenti elde edilmesinde kullanıldığı bilinmektedir. İnşaat, tarım, yem üretim gibi sektörlerde ve su arıtmasında da çift kabukluların işlenmesinde ortaya çıkan atıklar kullanılmaktadır. Su ürünleri işleme tesislerinin atıklarının değerlendirilmeyerek denize bırakılması durumunda insan ve çevre sağlığı olumsuz etkilendiği gibi bu atıkların değerlendirilmesi ekonomik kayıpların önlenerek sürdürülebilir bir üretim açısından önemlidir.

Su ürünlerinin insan tüketimi için uygun olan kısmı %20 ile %50 oranları arasında değişmektedir. Bu oranların dışındaki yenilemeyen kısım ise balık atıklarını oluşturmaktadır.

Su ürünlerinin işlenmesi sonucunda ortaya çıkan atık ürünlerin dünyadaki toplam miktarının 20 milyon tona ulaştığı ve bu atıkların uygun şekilde değerlendirilemediği bildirilmiştir (Pal and Suresh 2016). Su ürünleri işleme atıklarını, bu ürünlerin iç organları, kabukları, kemikleri ve derileri gibi katı kısım ile sıvı atık kısım oluşturmaktadır (Çaklı 2008). Su ürünleri işleme atıklarının yönetiminin kötü yapılması toprak, su kaynaklarının ve atmosfer tabakasının kirlenmesine sebep olarak insan ve çevre sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. (Giusti 2009; Lopes *et al.* 2015; Love *et al.* 2015; Cristóvão *et al.* 2015). Su ürünleri işleme atıklarının ana unsurunu, çeşitli mineral ve vitaminler, protein ve enzimler, yağ ve kollajen içeriği ile jelatin gibi önemli bileşikler oluşturmaktadır (Pal and Suresh 2016). Bu atıkların değerlendirilme alanları; balık silajı ve yem üretimi, yenilebilir filmlerin üretimi, biyo-yakıt üretimi ve enzim, peptid, karateno protein elde edilmesi olarak sıralanabilir (Rasmussen and Morrissey 2007; Arvanitoyannis and Kassaveti, 2008; Harnedy and FitzGerald, 2012; Shahidi and Ambigaipalan, 2015; Pal and Suresh, 2016; Marcet *et al.* 2016).

Bu nedenlerle yapılan bu çalışmada ülkemizde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) ile avcılığı en çok yapılan hamsi (*Engraulis encrasicolus*) atıklarının (baş ve iç organlar) besin içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylelikle bu balıkların ham protein, ham yağ, nem, kül içeriği, amino asit profili, yağ asidi profili belirlenerek bu atıkların balık yemi hammaddesi olarak kullanılabilme potansiyelleri değerlendirilebilecektir.



KAYNAK ÖZETLERİ

Avrupa’da yetiştiricilik sektöründe kullanılan balık unu ve balık yağının, balık atıklarından karşılanma oranı %33’tür (Huntington *et al.* 2004). İşlenen deniz ürünlerinin % 30’undan fazlası insan tüketimi için uygun olmadığından (Miller *et al.* 2008) insan tüketimine uygun olmayan bu atıkların balık yemi üretiminde önemli bir hammadde kaynağı olabilir (Tacon *et al.* 2006). Bununla beraber bu atıklardan elde edilen balık unundaki yüksek kül içeriği bu yemleri tüketen çiftlik balıklarında problemlere sebep olabilir. Yemin işlenmesiyle kül oranı azaltılabilir, ancak bu işletme maliyetlerinin artmasına neden olur. Balık atıklarının kullanımı çeşitli hastalıkların yayılması ve poliklorlu bifeniller (PCB) ve dioksinler gibi kirleticilerin biyolojik birikimini önlemesi açısından önemlidir (EC 2002). Turchini *et al.* (2009), Balık yemi ve balık unu tüketiminin patojen kaynaklı bir balık hastalığı salgınına neden olduğuna dair herhangi bir kanıt bulunmadığını bildirmişlerdir.

Kara hayvanlarının işlenmesi sonucunda elde edilen kemik, deri gibi hayvansal atıklar salmon gibi türler için önemli bir protein ve lipid kaynağı olabilirler. Yapılan araştırmalar, hayvansal yağların balık yemlerinde değerli bir bileşen olabileceğini göstermiştir (Turchini *et al.* 2009).

Yukarıda bahsedilen avantajlar ve dezavantajlar göz önünde bulundurularak balık atıklarının değerlendirilmesi hususunda birçok çalışma gerçekleştirilmiştir ve bu çalışmalar aşağıda detaylı şekilde ele alınmıştır.

Arvanitoyannis and Giakoundis (2006) yaptıkları araştırmada, balık atık yönetiminin çevre üzerinde büyük etkiye sahip sorunlardan biri olduğunu bildirmişlerdir. Balık yetiştiriciliğinin özellikle deniz ortamı üzerindeki zararlı etkileri kamuoyunu ilgilendiren bir konu haline geldiğini aktarmışlardır. Avrupa Birliği’nde entegre kıyı yönetimi çerçevesinde balıkçılığın çevresel etkilerini en aza indirmek amacıyla çok sayıda yönerge, karar ve yönetmelik oyladığını aktarmışlardır. Arıtılmış balık atıkları, aralarında en önemlileri hayvan yemi, biyodizel/biyogaz, diyet ürünleri (kitosan), doğal pigmentler (çıkarıldıktan sonra), gıda paketlenme uygulamaları (kitosan), kozmetik olmak üzere birçok alanda uygulama bulmuştur. Kollajen, enzim izolasyonu, Cr immobilizasyonu, toprak gübresi ve gıdalarda nem bakımı (hidrolizatlar) olarak kullanılabileceği sonucunu ortaya koymuşlardır. Yapılan bu çalışmada, hem çevresel etkinin (girdiler ve çıktılar) hem de ele alınan bir güncellemesi ile balık atığı kullanımlarının farklı kapsamında sağlandığı sonucuna varılmıştır.

Gasco *et al.* (2020), hayvan beslenmesinde hayvansal proteinlere alternatif olarak sürdürülebilir böcek ve balık atıkları üzerinde yapılan araştırmada, geleneksel hayvansal protein kaynaklarına alternatif olarak iki yem maddesi olan böcek unu ve balık atıkları hakkındaki etkiler incelenmiştir. Özellikle AB' ye odaklanan üretim ve tedariklerine ilişkin bazı göstergeler sunulduktan sonra, her iki protein kaynağı üretim sektörünün gelişimine yardımcı olabilecek veya zayıflatabilecek temel faktörleri belirlemek üzere bir GZFT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler) analizi araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Son olarak gelecekteki bakış açıları da ayrıca sunulmuştur. Çiftlik balıklarının beslenmesinde böceklerden elde edilen işlenmiş hayvansal proteinlerin kullanımı AB mevzuatı tarafından kabul edilmektedir. Bu mevzuat, yedi böcek türünden proteinlerin ve izin verilen substratların böcekleri beslemek üzere kullanılmasına yetki vermektedir. Böceklerin besin değeri açısından birçok avantajı bulunmaktadır ve proteinlerinin amino asit bileşimi genellikle iyi bir şekilde yetiştirme ve sağlık için hayvan gereksinimlerini karşılamaktadır. GZFT analizi, böcek yemlerinin faydalı özelliklere sahip yem fonksiyonel bileşenleri olarak kabul edilebileceğini göstermiştir ki bu özellikler böcek türüne, benimsenen yetiştirme sistemi ve büyümeleri için kullanılan substrata bağlıdır. Özellikle su ürünleri yemlerinde böceklerin geleneksel hayvan kaynaklı proteinlerin yerini alarak gittikçe artan bir oranda kullanılması beklenmektedir. Balıkçılık ve akuakültür ile ilgili bölümde, su ürünlerinin işlenmesi sırasında elde edilen hammaddelerin olası kullanımı tartışılmıştır. Çalışmada hidrolize proteinler olarak elde edilen peptitler ve aminoasitlerin hayvan yemlerinde kullanılabileceği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Bu durumun kısmen geleneksel protein yemlerinin ikame edilmesine olanak tanıyacağı, böylece hayvanlar için alternatif besinlerin, biyoaktif bileşiklerin ve yem katkı maddelerinin tedarik edilmesinde kolaylık sağlayacağı belirtilmiştir. Genel olarak yapılan GZFT analizinde, böcek ve balık atıklarından elde edilen ürünlerin fırsatları ve zayıf noktaları tespit edilmiş olup, her iki alternatif protein kaynağının da umut verici alternatif yem bileşenleri olabileceği aktarılmıştır.

Bechtel (2003), Alaska kömür balığı (*Theragra chalcogramma*), Pasifik morina balığı (*Gadus macrocephalus*) ve pembe salmon balığından (*Oncorhynchus gorbuscha*) elde edilen ürünlerde farklı balık işleme özellikleri hakkında bir araştırma gerçekleştirmiştir. Araştırmada, bireysel balık işlemindeki atık akışı bileşenlerinin, yem katkı maddeleri veya benzer diğer ürünlerin elde edilmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir. Araştırmada, ticari balık işleme tesislerinden elde edilen atık akışı bileşenleri arasında Alaska kömür ve Pasifik morina balıklarının kafa, iç organları ve derisi; pembe salmon balığının ise kafa ve iç organları kullanılmıştır. Her üç türün de kafalarının protein içeriğinin %13,9 ile %16,4 arasında ve yağ içeriği %0,9 ila %10,9 arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. İç organların

protein içeriğinin ise %13,0 ile %15,3 yağ içeriğinin %2,0 ile %19,1 arasında değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca farklı işleme metotlarının salmon kafasındaki çözünebilir protein yüzdesinin, kömür balığı veya morina balığının kafalarından farklı olduğu beyan edilmiştir ($P<0,05$). Kömür balığı ve morina balığı derisinin protein yüzdesinin de yine değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. ($P<0,05$). Bağı dokusu içeriğinin ise, hidrokspirolin içeriğinin kimyasal determinasyonunca hesaplanmış ve bağı dokusu içeriği yüzdesinde büyük farklılıklar bulunduğu bildirilmiştir (kömür balığı iç organları için %1 ve derisi için %46).

He *et al.* (2011) yaptıkları araştırmada, Avustralya'daki iki büyük ticari balık türü olan Atlantik salmonu (*Salmo salar*) ve sarıkuyruk kral balığını (*Seriola lalandi*) incelemişlerdir. Gıda işleme esnasında baş, deri, karın kanadı ve iç organlar dâhil olmak üzere tüm balıkların %40-50'si kadar atık malzeme üretildiğini bildirmişlerdir. Bu madde, protein ve yağ açısından zengin olmasına rağmen genellikle atıldığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın amacının, olası kullanımlar için bu atıkların bileşimini tanımlamak olduğunu bildirmişlerdir. Bu atıklardaki protein ve yağ içerikleri sırasıyla %10-20 ve %20-30 olduğunu tespit etmişlerdir. Amino asit, yağ asitleri ve minerallerin profilleri, bunların esansiyel amino asitler (toplam amino asitlerin %20-30'u), omega-3 yağ asitleri (toplam yağ asitlerinin yaklaşık %20'si) ve çeşitli elementler için iyi bir kaynak olduğunu göstermekte olduğunu ortaya koymuşlardır. Örneğin, Atlantik salmonu iç organlarının çinko bakımından yüksek olduğunu belirtmişlerdir (740 mg/kg). Proteinin moleküler ağırlık dağılımı çoğunlukla 25 ile 250 kDa arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Gencbay and Turhan (2016), Karadeniz hamsisinde tüm vücut ve atıklarda besin bileşimi ve beslenme profili üzerinde araştırma yapmışlardır. Araştırmacılar, elde ettikleri sonuçlarda yağ oranının baş kısmında %10,02±2,38, iç organlarda %23,90±4,36 ve tüm vücutta %12,79±0,53 olduğunu belirtmişlerdir. Protein oranlarının, başta %13,39±0,17, iç organlarda %12,05±1,44 ve tüm vücutta %16,06±0,35 oranlarında görüldüğünü bildirmişlerdir. Nem oranlarının ise baş, iç organlar ve tüm vücutta sırasıyla %70,94±1,23, 61,50±3,59 ve 68,22±1,32 değerlerinde olduğu bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca, kül miktarlarının baş, iç organlar ve tüm vücutta sırasıyla %5,00±0,35, 2,09±0,22 ve 2,57±0,18 olduğu bildirilmiştir. Amino asitlerin de ayrıca tespit edildiği çalışmada, hamsi atıklarının zengin lizin (toplam amino asitlerin %6-7'si) ve lösin (toplam amino asitlerin %4-5'i) ve bir dizi esansiyel amino asite sahip olduğu belirtilmiştir. Toplam yağ asitlerinin yaklaşık %32-40'ı çoklu doymamış yağ asitleri, %27-34'ü n-3 yağ asitleri, %26-32'si ise EPA+DHA'dan oluşmuştur. Araştırmacılar sonuç olarak hamsi atıklarının, protein tozu, protein hidrolizatları,

balık yağları ve mineral takviyeleri gibi katma değerli ürünlerin üretiminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Ahmed *et al.* (2021) yaptıkları çalışmada, mavi uskumrudan işlenmiş iki atıktaki (baş, deri) n-3 yağ asitlerinin fosfolipid içeriği, yağ asidi bileşimi ve konumsal dağılımını (sn-1,3 ve sn-2) araştırmışlardır. Toplam lipid, heksan/etanol (1:2) kullanılarak ekstrakte edilmiş ve analizler, NMR ve GC-FID teknikleri kullanılarak yapılmıştır. Yaş dokudan yola çıkılarak mavi uskumru kafa (9,89 µmol) ve deri (13,5 µmol) ile kıyaslandığında daha iyi bir fosfolipid (38,6 µmol) kaynağı olmuştur. Araştırmada, baş kısmında toplam n-3 %36,6, EPA %9,08, DHA ise %21,9 olarak tespit edilirken, deride toplam n-3 %34,8, EPA %9,63, DHA ise %19,5 olarak tespit edilmiştir. EPA'nın sn-2 pozisyonundaki oranı, atıklardan yumurtada (%12,6) kafa (%1,91), deri (%2,22) ve erkek gonadından (%2,02) önemli derecede yüksek olarak belirlenmiştir. Diğer yandan, sn-2 pozisyonundaki DHA içeriği çeşitli kısımlar arasında (baş %6,15, deri %6,29, yumurta %4,12 ve erkek gonad %5,48) önemli ölçüde farklılık göstermemiştir. Esterlenmiş fosfolipid n-3 yağ asitleri, başta (%40,9), deri (%21,8) ve erkek gonadından (%32,0) önemli derecede yüksek tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu çalışmada, mavi uskumru yumurtasının bu balığın diğer atıkları arasında en iyi deniz n-3 fosfolipid kaynağı olduğu sonucunu ortaya koymuşlardır.

Pateiro *et al.* (2020), balık işleme endüstrilerinin büyük miktarda atık ürettiğini, sürdürülebilir döngüsel ekonomi ilkelerini yerine getirmek için, yeni bileşenler olarak kullanılabilecek yüksek değerli biyomoleküllerin üretimi yoluyla su ürünleri yetiştiriciliği atıklarını gıda zincirinde tutmak gerektiğini belirtmişlerdir. Araştırmacıların bu doğrultuda yaptıkları çalışmada, balık işleme endüstrisinde yaygın olarak elde edilen farklı atıkların (balık kılçığı, solungaç, bağırsak, kafa ve karaciğer) bileşimini ve besin içeriğini değerlendirerek çipuranın atıkları üzerinde bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonunda yağ asidi ve amino asit profilinin yanı sıra mineral içeriği açısından kas ve atıklar arasında önemli farklılıklar tespit edildiği belirtilmiştir. İncelenen atıkların protein açısından zengin olduğu (%10–25) ve amino asit profilinin yüksek kalitede yer aldığı ayrıca bildirilmiştir. Esansiyel amino asitlerin %41-49 arasında değiştiği ve lizin, lösin ve arginin en bol bulunan esansiyel amino asitler olarak göze çarptığı, bağırsaklar, karaciğer ve derinin en yağlı atıkların (%25-35) olduğu tespit edilmiştir. Atıkların çoklu doymamış yağ asitlerini yüksek düzeyde (%31–34) içerdiği, n-3 yağ asitleri oranının %12–14, EPA+DHA oranının ise %6–8 olduğu bildirilmiştir. Özellikle baş kısmında kalsiyum ve fosforca zengin olmak üzere yüksek düzeyde mineral (%9,14) tespit edilmiştir. Bu sonuçların, çipura atıklarının çeşitli

alanlarda protein, yağlar ve mineral takviyeleri gibi katma değerli ürünler şeklinde önemli bir kaynak olarak kullanılabilmesi araştırıcılar tarafından rapor edilmiştir.

Wu *et al.* (2011) kırmızı salmón (*Oncorhynchus nerka*) işleme atıklarının besin madde içeriği üzerine yaptıkları çalışmada atık ürünlerin genel olarak kafa ve iç organlardan meydana geldiğini bu atıkların kullanımının en üst düzeye çıkarmak için farklı fraksiyonlar şeklinde değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Araştırmada atıklardan elde edilen balık ununda esansiyel amino asitlerin lizin hariç tüm esansiyel amino asitlerde önemli farklılıklar gösterdiğini tespit etmişlerdir. Mineraller, yağ asidi metil esterleri, biyojenik aminler ve yağda çözünen vitamin seviyelerinde de farklılıklar kaydedildiğini bildirmişlerdir. Gözlenen en büyük fark, kafalardan ($8,9 \pm 1,0$ µg/g yağ) ve iç organlardan ($26,9 \pm 3,8$ µg/g yağ) ekstrakte edilen yağdaki retinol seviyesi olarak aktarılmıştır. Çalışmada kafa işleminin, daha fazla lipit ve posa ile sonuçlandığı, iç organların çoğunun yapışkan sıvı haline geldiği belirtilmiştir. Yapılan araştırmada sonuçların, farklı atık parçalarından üretilen balık ununun, yem veya gıda bileşenleri için farklı besin değerleri ile değişkenlik gösterdiği araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Ghaly *et al.* (2013), su ürünleri ve su ürünleri ihracatçısı birçok ülkede balık işleme endüstrisinin önemli bir yer tuttuğunu, balıkların yaklaşık %70'inin nihai satıştan önce işlendiğini belirtmişlerdir. Balıkların işlenmesinin, sersemletme, sınıflandırma, kafa kesme, yıkama, pullama, iç organ temizliği, yüzgeç kesme, et kemiği ayırma ve filetoları ayırma adımlarını içerdiğini, bu adımlar sırasında kullanılacak önemli miktarda atık (işleme düzeyine ve balık türüne bağlı olarak % 20-80) üretildiğini belirtmişlerdir. Balık atıklarının ayrıca proteinler, yağ, amino asitler, mineraller, enzimler, biyoaktif peptitler, kolajen ve jelatin gibi çeşitli katma değerli ürünlerin üretimi için de kullanılabilmesini ortaya koymuşlardır. Bu balık proteinleri, özellikleri (su tutma kapasitesi, yağ emme, jelleşme etkinliği, köpürme kapasitesi ve emülsifiye etme özellikleri) nedeniyle birçok gıda maddesinde fonksiyonel bir bileşen olarak kullanılabilir olduğunu bildirmişlerdir.

Olsen *et al.* (2014) yaptıkları araştırmada balık atıklarının, endüstriyel işlemde sonra balık ve kabuklu su ürünlerinin %70'ini oluşturabileceğini ve bunların ticari ürünlere dönüştürülmesine odaklanılması gerektiğini bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmanın amacının, önemli zorlukları değerlendirmek ve atıkların kullanımında en gerçekçi seçenekleri değerlendirmek olduğunu ortaya koymuşlardır. Balıkların fileto haline getirilmesi sonucu ortaya çıkan kafalar, iskeletler ve kesilmiş parçalar gibi belirli atıklar doğrudan gıda olarak kullanılabilirken, genişleyen su ürünleri endüstrisi için genel olarak atıklar olarak ta

kullanılabileceğini aktarmışlardır. Bazen önerilmesine rağmen, atıkların yüksek fiyatlı ürünler üretmek için büyük ölçüde kullanılmasının olası olmadığını belirtmişlerdir.



MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Alabalık, çipura, levrek ve hamsi atıkları Erzurum’da faaliyet gösteren bir balıkçıdan (Akın Balıkçılık, Palandöken, Erzurum) Aralık 2019 – Şubat 2020 döneminde her hafta sonu olmak üzere toplam 10 kez olacak şekilde toplanmıştır (n=10) (Şekil 1).



Şekil 1. Balık atıklarının toplandığı istasyon

Her bir hamsi atık örneği 1 kg taze hamsiden, her bir alabalık, çipura ve levrek atık örneği ise 10 adet taze balıktan anlık olarak elde edilmiştir. Baş ve iç organlardan oluşan atıklar buz kutusunda saklanmış, aynı gün soğutmalı kıyma makinesinde geçirilip homojenize edildikten sonra örnek kaplarında -20°C’de analiz edilinceye kadar muhafaza edilmiştir (Şekil 2). Araştırma materyallerinin analizleri Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Deneysel Araştırmalar Birimi’nde yapılmıştır.



Şekil 2. Balık atıklarının soğutmalı kıyma makinesinden geçirilmesi

Proksimet Kompozisyon Analizi

Protein analizi

Ham protein içeriği Kjeldahl metoduna (AOAC 1998) göre yapılmıştır. Yaş örnekler homojenizasyondan sonra Kjeldahl tüpleri içerisine konulduktan sonra (1 g), üzerine 2 adet kjeldahl tablet (Merck, TP826558) ve 20 mL H₂SO₄ eklenmiştir. Tüpler yakma ünitesine yerleştirilmiş ve örnek yeşil-sarı saydam bir renk oluşuncaya kadar 420°C'de 2–3 saat yakılmıştır (Şekil 3). Yakma işlemi bitince, bu tüpler oda sıcaklığında soğutulmuştur. Daha sonra tüplere 75 mL su eklenmiştir. Destilat toplama kısmına, 25 mL %40'lık borik asit (H₃BO₃) solüsyonu içeren erlenler yerleştirilerek %40'lık NaOH ile 6 dakika destilasyona tabi tutulmuştur. Destilasyondan sonra erlen içerisindeki destilat 0,1 M HCl ile renk şeffaf oluncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan HCl miktarı kaydedilerek, protein miktarları bulunmuştur aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\%N = \frac{14,01 \times (A - B) \times M}{g \times 10} \times 100$$

$$\%Protein = \%N \times 6,25$$

Burada;

A: Örnek için harcanan HCl

B: Kör için harcanan HCl

M: Asitin molaritesi

g: Örnek miktarı



Şekil 3. Protein analizi düzeneği

Nem ve ham kül analizi

Nem miktarının belirlenmesi

Analiz öncesinde üç tekerrürlü olacak şekilde porselen krezeler etüvde 1-2 saat boyunca 100°C’de bekletilmiştir (Şekil 4). Daha sonra krezeler desikatöre konularak soğutulmuş ardından 0,0001 g hassasiyetle daraları alınarak içerisinde 5 g örnek konulup tartılarak kaydedilmiştir. İçerisinde örnek bulunan krezeler sabit tartım ağırlığına gelinceye kadar (~18 saat) 100°C’de etüvde kurutulmuştur. Son tartım sonrasında kuru madde miktarı % olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AOAC 1998). Daha sonra kuru madde oranı 100’den çıkarılarak nem oranı hesaplanmıştır.

$$\%Kuru Madde = \frac{(Son Ağırlık - İlk Ağırlık)}{Örnek Ağırlığı} \times 10$$



Şekil 4. Kurumadde analizi

Yağ analizi

Yağ miktarı Folch *et al.* (1957)' ne göre belirlenmiştir. Bu amaçla, 50 mL'lik tüplere konulan 1 g örnek üzerine %0,01 g/L hydroxytoluen butylated içeren 20 mL kloroform/methanol (2:1 V/V) karışımından eklenmiştir. Numuneler homojenizatör (IKA T18 basic) ile 1 dakika parçalanıp homojenize edildikten sonra vakum pompası yardımıyla 1 numara Whatman filtre kâğıdıyla süzölmüştür. Örnekler süzme işleminden sonra yeni tüplere aktarılarak üzerlerine her bir numunenin (çözeltinin) %2'si kadar $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (4 mL, 20 mL çözelti için) eklenmiştir. Sonrasında tüplere nitrojen doldurularak, kapakları nitrojen dışarıya sızmayacak şekilde kapatılıp 1 dk vortekslenerek oda şartlarında faz oluşumu için 24 saat süreyle karanlık ortamda muhafaza edilmiştir. Yukarıda anlatılan şekilde gerçekleşen yağ ekstraksiyonunun ilk basamağından sonra pastör pipeti ile 24 saat beklemiş olan tüplerin altta oluşan fazı dikkatlice alınarak yeni tüplere aktarılmıştır. Bu işlemden sonra azot evaporatör sistemi içerisine yerleştirilen örnekler sistemin alt haznesinde bulunan suyun ısıtılmasıyla beraber nitrojen gazı ile işlem görmüştür. Nitrojen gazı ile belirli bir süre işlem gördükten sonra büyük tüplerde bulunan kısım daraları alınmış olan küçük tüplere alınarak evaporasyon işlemine devam edilmiştir. Bu sürede belirli periyotlarda tartımlar yapılmış ve tüplerin ağırlıkları sabitlenene kadar tartım işlemine devam edilmiştir. Yapılan tartımlar sonucunda ağırlıkları sabit hale gelen tüpler yağ miktarları gravimetrik metotla belirlenmiştir. Sonrasında ağırlıkları sabitlenen tüpler üzerine kloroform eklenerek $-20^{\circ}C$ 'de depolanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Yağ analizi

Ham kül içeriğinin belirlenmesi

Kül miktarının belirlenmesi için daraları alınan krezelerin içersine 5 g yaş örnek tartılıp konulmuştur. İçersinde örnek tartılan krezelerin kül fırınına konulduktan sonra kül fırınının sıcaklığı aşamalı olarak artırılmıştır 200 °C’de 5 dk, 300°C’de 5 dk, 400°C’de 5 dk). Son sıcaklık 525°C’ ye ayarlanıp 18 saat boyunca yakma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Son olarak desikatöre alınıp soğutulan örnekler tartıldıktan sonra aşağıdaki formüle göre hesaplamalar yapılmıştır (AOAC 1998).

$$\%Kül Miktarı = \frac{Kül Ağırlığı}{Örnek Ağırlığı} \times 100$$



Şekil 6. Kül analizi

Yağ Asidi Analizleri

Yağ asidi metil esterlerinin (FAME) hazırlanması

Deney tüpleri içersinde bulunan saf formdaki yağların üzerine 2 M’lık NaOH çözeltisinden 1,5 mL konulup azot altında kapakları hava sızdırmayacak biçimde kapatılıp 80°C’ye ayarlanan etüvde (Binder FD 53) 1 saat bekletilerek yağların sabunlaşması sağlanmıştır. Daha sonra oda koşullarında soğutulmuş olan örneklere 2 mL %14’lük BF₃ (borontriflouride metanol)’den eklenerek tekrar nitrojen doldurularak 80°C’de 30 dk daha bekletilmiştir. Devamında yeniden oda sıcaklığına alınan örneklerin soğuması beklenmiştir.

Örnekler soğuduktan sonra üzerlerine 1 mL hekzan eklenerek vortekslenmiştir. Sonrasında da üzerlerine 1 mL ultra saf su eklenip tekrar vortekslenmiştir. Son aşamada ise tüplere hekzan konulduktan sonra üstte oluşan faz içerisinde sodyum sülfat (Na_2SO_4) bulunan yeni deney tüplerine aktarılmıştır. Hekzan fazı alınarak 2 mL' lik gaz kromatografisi (GC) viallerine aktarılmış ve sonrasında nitrojen gazı ile doldurulduktan sonra kapakları kapatılmıştır (Metcalf and Schmitz, 1961). Vialler yağ asitlerinin tespiti için (GC) cihazına yerleştirilmiştir

Yağ asitlerinin tayini

Her bir örneğin yağ asitlerine ait pikler, içeriği daha önceden bilinen yağ asidi standartları (Supelco Component FAME Mix) pikleri ile karşılaştırılarak sonuçlar; toplam tespit edilen yağ asitlerinin yüzdesi olarak ifade edilmiştir. Gaz kromatografisi koşulları aşağıdaki gibi ayarlanmıştır:

Cihaz: Agilent 6980 Mass Gaz Kromatografisi (GC/MS) 23

Dedektör: FID

Kolon: CP-Sil 88 Agilent 6890 N

Dedektör Sıcaklığı: 300°C

Kolon Sıcaklığı: 175°C'de 20 dk bekleme, dakikada 2°C artışla 205°C 24 dk bekleme.

Taşıyıcı Gaz: Helyum (30 L/dk)

Amino Asit Analizi

Amino Asit analizi, hazırlanan örneklerden 2 gr tartılarak, kurutma fırınında 24 saatte 110 °C' de 10N hidroklorik asit (HCl) ile hidroliz edilmesiyle gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). 0.20 µL politetrafloroetile (PTFE) enjektörle süzülen ve sonrasında filtre edilen örnekler. 1/10 oranında seyreltilerek amber renkli 1,5 mL'lik şişelerde amino asit analizi Agilent HPLC infinity II cihazında DAD detektörüyle gerçekleştirilmiştir (Şekil 8) (Henderson *et al.* 2000). Bu yöntem automatic semptler (otomatik örnekleyici) ile 0.5 µL numune alınıp borat tampon, OPA ve FMOC reaktifleriyle türevlendirilmiştir. Bu türevlendirmeden sonra, numuneler sisteme ayrı ayrı enjeksiyonu gerçekleştirilmiştir. Amino asitler, pH'ı 7,8 e kademeli olarak hazırlanan 40 °C' de 40mM Na_2HP_0_4 (A) ile 10 N NaOH ve MeOH: ACN: H₂O (B) mobil fazda Zorbax Eclipse AAA amino asit kolonu ile %45:%45:%10 2 mL/dk akış hızında, yaklaşık 26 dakikada gerçekleştirilmiştir. Mobil faz gradyan olarak aşağıdaki şekliyle sırasıyla uygulanmıştır.

A:%100, B:%0; A:%43, B:%57; A:%0, B:%100; A:%0, B:%100;

A:%100, B: 1.9dak. İçinde 18.1dak., 18.6dak., 22.3dak., 23.2dak.

Algılama iki farklı dalga boyunda yapılmıştır; 338 nm'de FMOC-amino asitler için 16nm bant genişliğinde, OPA-amino asitler 262 nm için 10 nm bant genişliğinde, tüm örnekler 3 kez analiz edilmiştir (n=3). Elde edilen sonuçlar otomatik olarak kalibre edilerek ve g/100g protein olarak ifade edilmiştir.



Şekil 7. Hidrolizat işlemi



Şekil 8. Agilent HPLC Infinity II sistemi

Veri Analizi

Veriler ortalama \pm std sapma olarak verilmiştir. Hedef parametrelerin türler arasında değişiklik gösterip göstermediğini test etmek için veriler tek yönlü varyans analizine (one-way ANOVA) tabi tutulmuştur. Türlerin parametreler üzerinde etkisinin önemli bulunması

halinde ortalamalar arasındaki farklar Duncan's çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Önem seviyesi 0,05 olarak kabul edilmiştir.



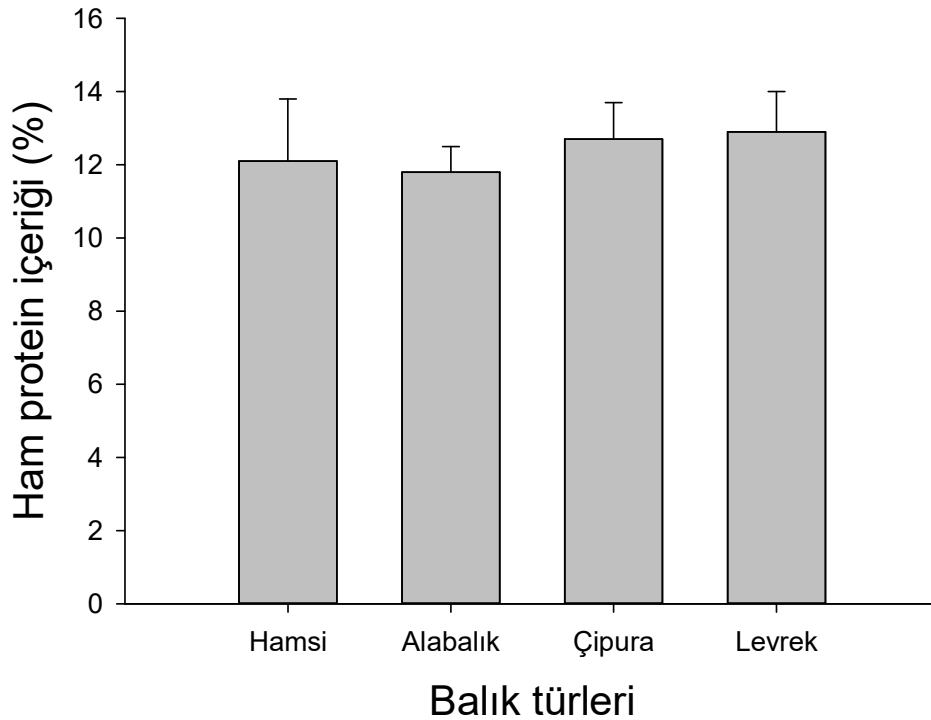
ARAŞTIRMA BULGULARI

Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Proksimet Kompozisyonu

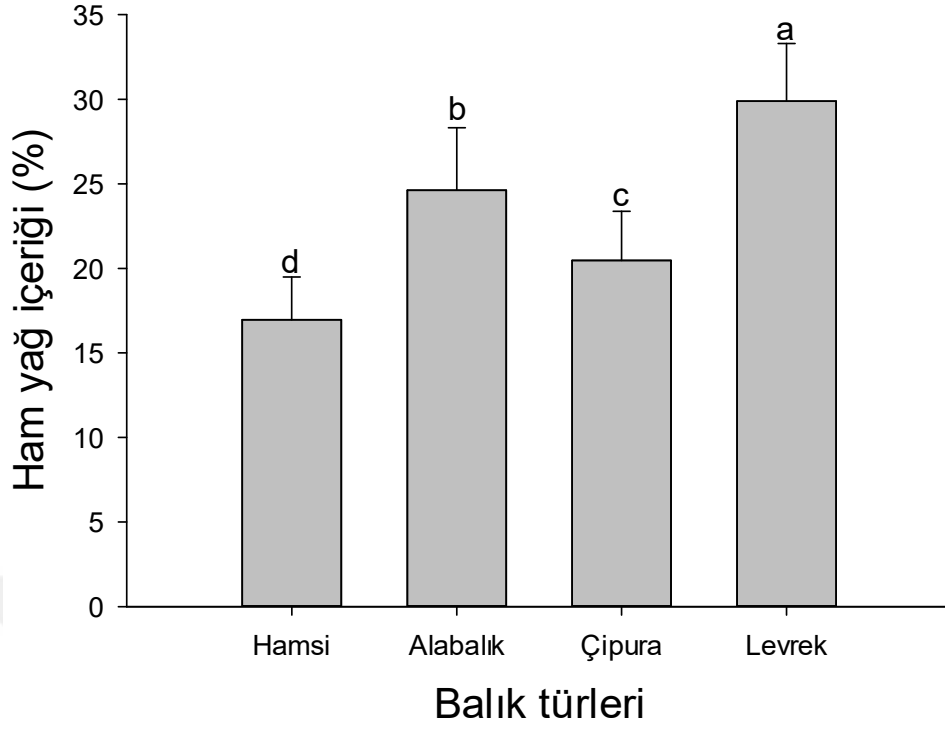
Hamsi, alabalık, çipura ve levrek balıklarına ait atıkların proksimet kompozisyonları Tablo 2’de verilmiştir. Ham protein oranı türler arasında önemli derecede değişmezken (Şekil 9), ortalama %12,4 olarak tespit edilmiştir. Diğer yandan, ham lipit (Şekil 10), ham kül (Şekil 11) ve nem (Şekil 12) oranları türle arasında önemli farklılıklar göstermiştir ($P<0,05$). En düşük ve en yüksek yağ oranları hamsi ve levrekte sırasıyla %17,0 ve %29,9 olarak tespit edilirken, nem içeriği yağ içeriğine ters bir eğilim göstermiştir. En düşük ve en yüksek nem içeriği levrek ve hamside sırasıyla %52,6 ve %67,3 olarak tespit edilmiştir. Çipura, hamsi ve alabalığa kıyasla daha yüksek oranda (%5,1) kül içeriğine sahipken, levreğe (%4,0) benzer bir sonuç sergilemiştir.

Tablo 2. Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Proksimet Kompozisyonu (%)

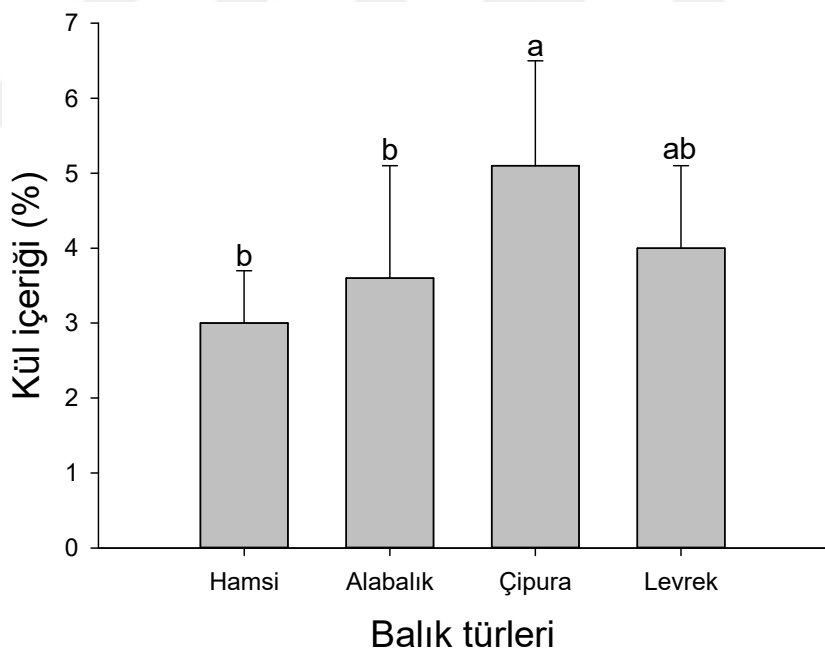
Parametre	Balık türü			
	Hamsi	Alabalık	Çipura	Levrek
Ham Protein	12,1 ± 1,7	11,8 ± 0,7	12,7 ± 1,0	12,9 ± 1,1
Ham Lipit	17,0 ± 2,5 ^d	24,6 ± 3,7 ^b	20,5 ± 2,9 ^c	29,9 ± 3,4 ^a
Ham Kül	3,0 ± 0,7 ^b	3,6 ± 1,5 ^b	5,1 ± 1,4 ^a	4,0 ± 1,1 ^{ab}
Nem	67,3 ± 2,1 ^a	59,1 ± 2,4 ^b	61,2 ± 1,9 ^b	52,6 ± 3,2 ^c



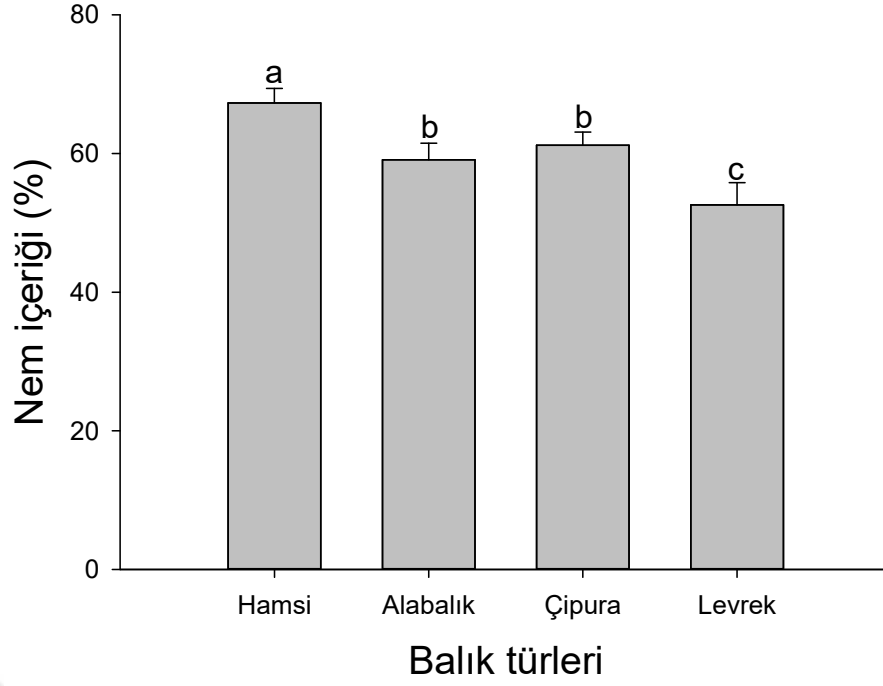
Şekil 9. Farklı balık türlerine ait ham protein içeriği



Şekil 10. Farklı balık türlerine ait ham yağ içeriği



Şekil 11. Farklı balık türlerine ait atıkların ham kül içeriği



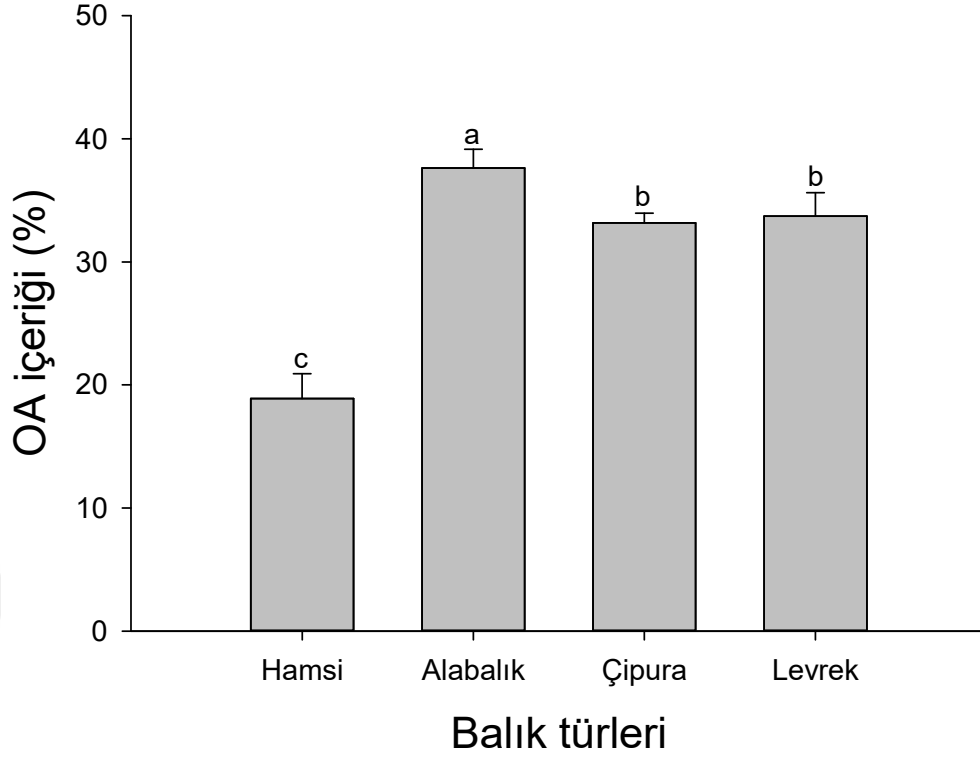
Şekil 12. Farklı balık türlerine ait atıkların nem içeriği

Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Yağ Asidi Profili

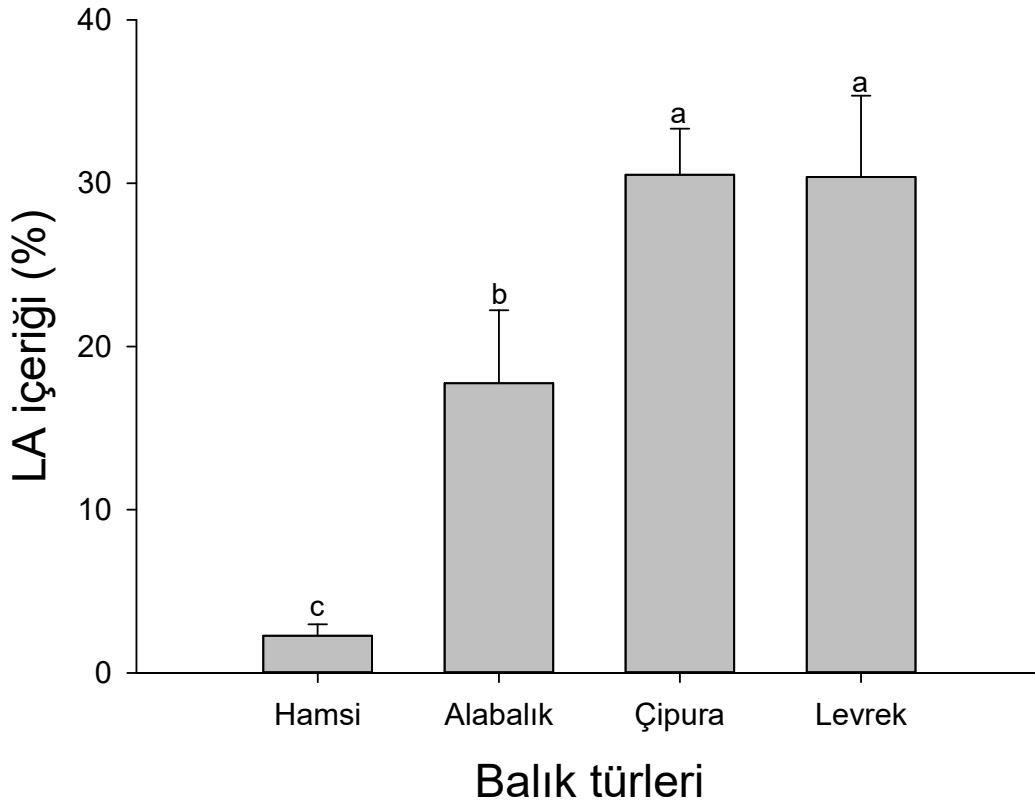
Hamsi, alabalık, çipura ve levrek balıklarına ait atıkların yağ asidi profili Tablo 3’de gösterilmiştir. Oleik asit (OA; 18:1n-9) hamsi hariç bütün türlerde en fazla bulunan yağ asidi iken, hamside en fazla buluna yağ asidi palmitik asit (PA; 16:0) olarak tespit edilmiştir. Farklı türlere ait atıkların yağ asidi profili önemli derecede değişiklikler göstermiştir ($P<0,05$). En yüksek doymuş yağ asidi (DYA) miktarı hamside (%37,0) kaydedilirken, diğer türler birbirine benzer sonuçlar (%21,3-22,4) göstermiştir. Bütün balık türleri için doymuş yağ asitleri içerisinde palmitik asit (16:0) en yüksek oranda bulunmuştur. Tekli doymamış yağ asitleri (TDYA) bakımından en düşük ve en yüksek değerler hamsi ve alabalıkta sırasıyla %27,4 ve %41,9 olarak tespit edilirken, çipura ve levrekte benzer sonuçlar elde edilmiştir (sırasıyla, %37,3 ve %36,9). Oleik asit bütün türler için dominant TDYA olarak tespit edilmiş olup, yağ asidi profili içerisinde en düşük ve en yüksek değerlerini sırasıyla hamsi (%18,9) ve alabalıkta (%37,6) göstermiştir (Şekil 13). Çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) oranı çipurada (%41,4) ve levrekte (%40,7) hamsi (%35,7) ve alabalığa (%35,3) kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Farklı türlere ait atıkların ÇDYA içeriğinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Alabalık, çipura ve levrekte en fazla bulunan ÇDYA’leri linoleik asit (18:2n-6) ve linolenik asit (18:3n-3) iken (Şekil 14 ve Şekil 15), hamside 18:4n-3, araşidonik asit (ARA), EPA ve DHA diğer türlere oranla daha fazla bulunmuştur (Şekil 16, Şekil 17 ve Şekil 18).

Tablo 3. Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Yağ Asidi Profili (%)

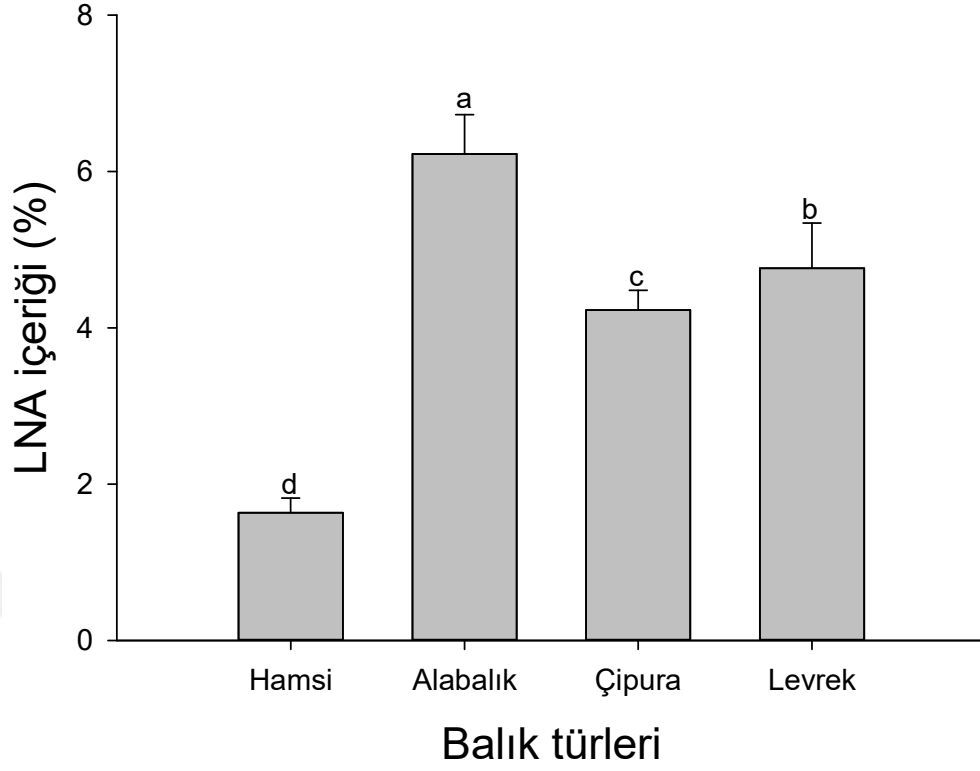
Yağ asitleri	Balık türü			
	Hamsi	Alabalık	Çipura	Levrek
14:0	7,2±0,5 ^a	2,6±0,2 ^b	2,0±0,3 ^c	1,8±0,4 ^c
15:0	1,0±0,2 ^a	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b
16:0	21,7±1,5 ^a	13,8±0,6 ^c	13,7±0,6 ^c	14,6±0,5 ^b
16:1n-7	7,1±1,5 ^a	3,7±0,3 ^b	3,6±0,1 ^{bc}	2,9±0,5 ^c
17:0	0,9±0,1 ^a	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b
17:1	0,3±0,1 ^a	0,2±0,1 ^b	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b
18:0	4,8±0,2 ^a	4,2±0,2 ^b	3,8±0,1 ^c	4,1±0,2 ^b
18:1n-9	18,9±2,0 ^c	37,6±1,5 ^a	33,2±10,8 ^b	33,7±1,9 ^b
18:2n-6	2,3±0,7 ^c	17,7±04,5 ^b	30,5±02,8 ^a	30,4±5,0 ^a
20:0	0,8±0,1 ^a	0,3±0,1 ^b	0,3±0,1 ^{bc}	0,2±0,1 ^c
18:3n-3	1,6±0,2 ^d	6,2±0,5 ^a	4,2±0,5 ^c	4,8±0,6 ^b
20:1n-9	0,2±0,3	ND	ND	ND
18:4n-3	1,6±0,1 ^a	0,7±0,1 ^b	0,5±0,1 ^c	0,4±0,1 ^d
21:0	0,3±0,2 ^d	1,3±0,1 ^a	0,9±0,0 ^c	1,0±0,1 ^b
22:0	0,3±0,1 ^a	0,1±0,1 ^c	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^c
20:2n-6	ND	0,4±0,2 ^a	0,4±0,1 ^a	0,1±0,0 ^b
20:3n-6	0,4±0,2 ^b	1,0±0,3 ^a	0,2±0,1 ^c	0,2±0,2 ^{bc}
20:3n-3	0,2±0,1 ^b	0,3±0,1 ^a	0,2±0,1 ^b	0,1±0,1 ^b
20:4n-6	0,8±0,1 ^a	0,4±0,1 ^b	0,4±0,1 ^b	0,4±0,0 ^b
20:5n-3	9,3±0,8 ^a	2,2±0,2 ^b	1,5±0,2 ^c	1,9±0,6 ^{bc}
24:1n-9	0,8±0,2 ^a	0,4±0,1 ^b	0,3±0,1 ^b	0,2±0,1 ^c
22:6n-3	19,5±1,0 ^a	6,3±1,2 ^b	3,4±0,8 ^c	2,4±0,6 ^d
ΣDYA	37,0±2,0 ^a	22,8±0,9 ^b	21,3±1,0 ^c	22,4±0,7 ^{bc}
ΣTDYA	27,4±2,9 ^c	41,9±1,9 ^a	37,3±0,9 ^b	36,9±2,49 ^b
ΣÇDYA	35,7±1,3 ^b	35,3±2,3 ^b	41,4±1,5 ^a	40,7±3,0 ^a
Σn3	32,2±0,9 ^a	15,7±1,9 ^b	9,8±1,3 ^c	9,6±1,9 ^c
Σn6	3,5±0,7 ^c	19,6±4,1 ^b	31,5±2,7 ^a	31,2±4,8 ^a
n3/n6	9,5±1,7 ^a	0,8±0,2 ^b	0,3±0,1 ^b	0,3±0,2 ^b



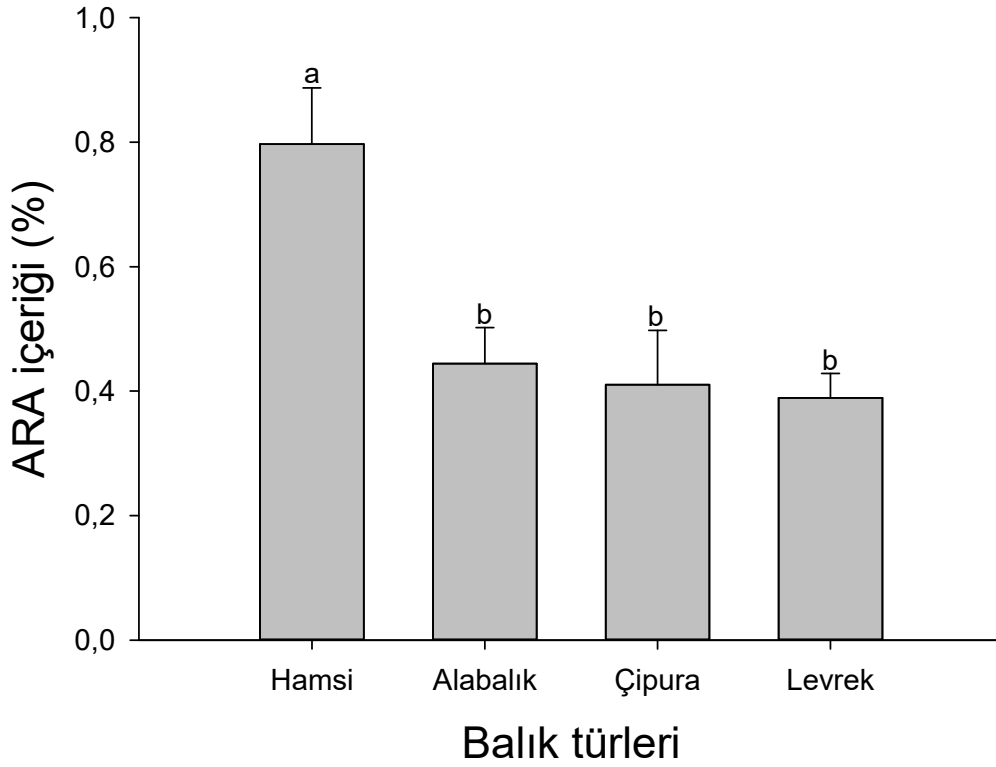
Şekil 13. Farklı balık türlerine ait atıkların OA (18:1n-9) içeriği



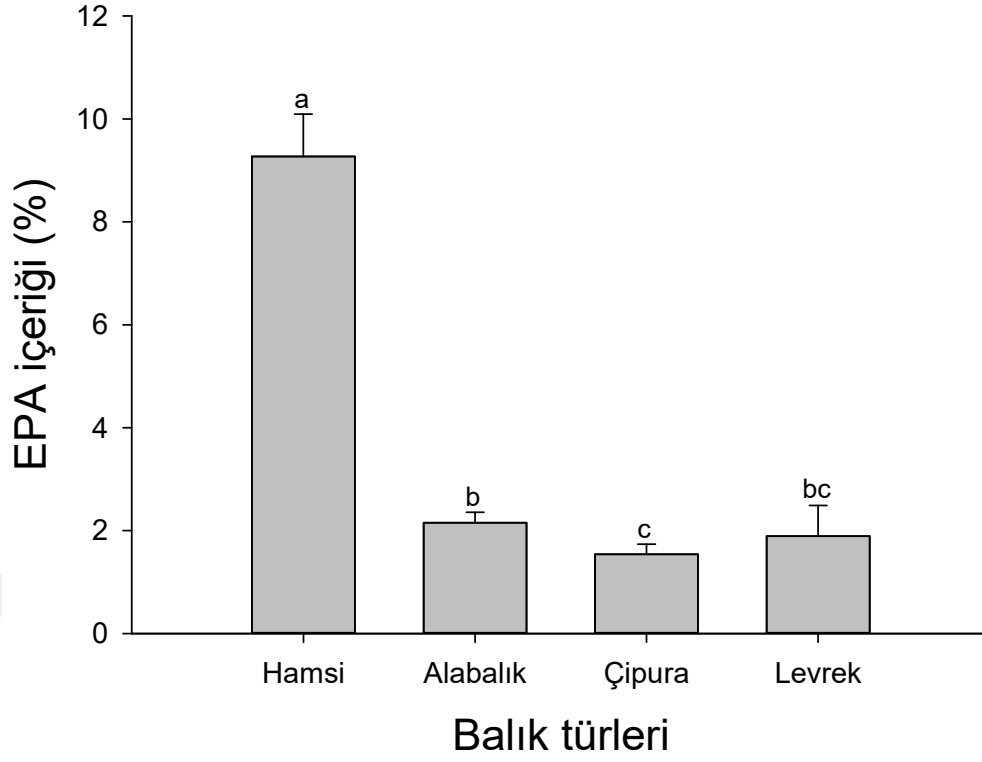
Şekil 14. Farklı balık türlerine ait atıkların LA (18:2n-6) içeriği



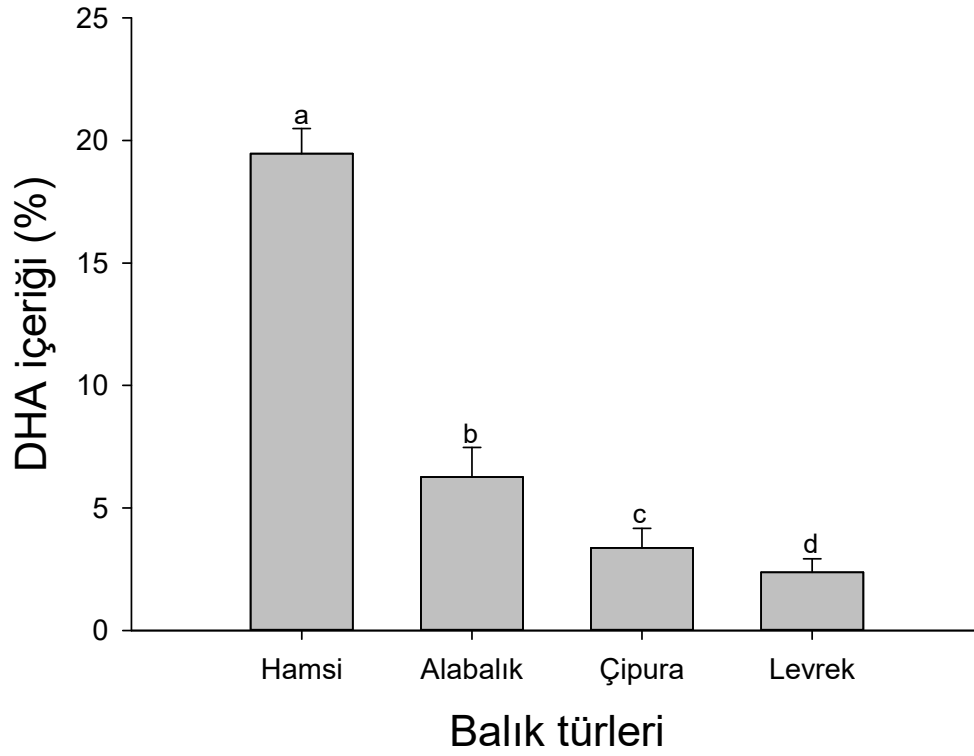
Şekil 15. Farklı balık türlerine ait atıkların LNA (18:3n-3) içeriği



Şekil 16. Farklı balık türlerine ait atıkların ARA (20:4n-6) içeriği



Şekil 17. Farklı balık türlerine ait atıkların EPA (20:5n-3) içeriği

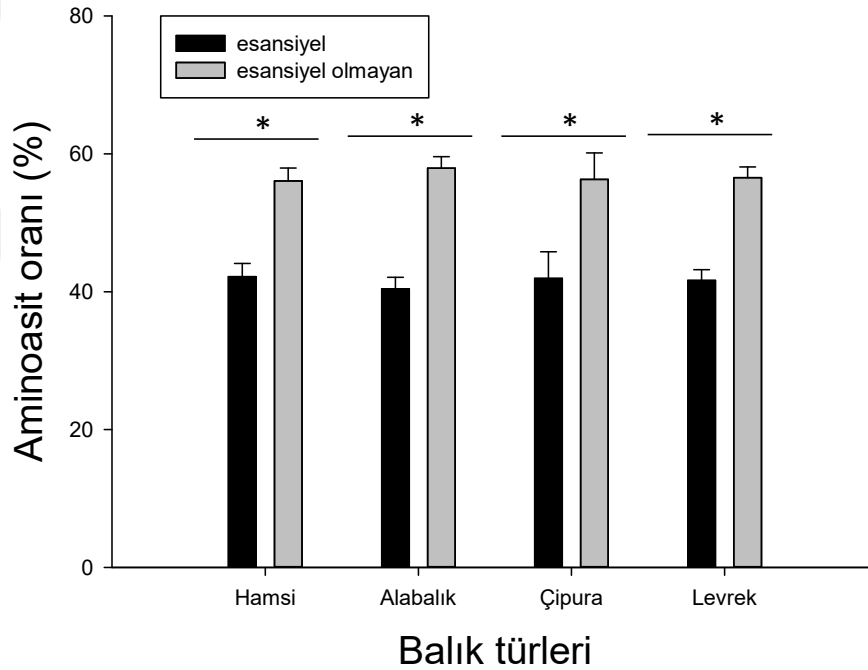


Şekil 18. Farklı balık türlerine ait atıkların DHA (22:6n-3) içeriği

Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Amino Asit İçeriği Profili

Farklı türlerdeki balıkların atıklarına ait amino asit kompozisyonu Tablo 4’de verilmiştir. Esansiyel amino asitlerden lösin, esansiyel olmayan amino asitlerden ise hidroksiprolin hariç diğer bütün amino asitler türler arasında önemli değişimler göstermiştir ($P<0,05$). Hamsi, alabalık ve levrekte en yüksek düzeyde bulunan esansiyel aminoasit lösin iken (sırasıyla %7,5, 7,5 ve 8,5), çipurada lisin en yüksek düzeyde (%8,8) tespit edilmiştir. Hamsi, alabalık ve levrekte lösini lisin ve arginin takip etmiş, çipurada ise lisinden sonra en fazla bulunan esansiyel aminoasitler lösin ve arginin olarak tespit edilmiştir.

Glutamik asit hamsi ve alabalıkta en fazla bulunan esansiyel olmayan aminoasit iken (sırasıyla %13,7 ve 16,0), çipura ve levrekte glisin amino asidi en yüksek düzeyde (sırasıyla %11,6 ve 12,0) tespit edilmiştir. Bütün balık türlerinde de esansiyel olmayan aminoasitlerin oranı, esansiyel aminoasitlerden önemli derecede yüksek bulunmuştur (Şekil 19).



Şekil 19. Farklı balık türlerine ait atıkların esansiyel ve esansiyel olmayan aminoasit içerikleri

Tablo 4. Farklı Tür Balıklara Ait Atıkların Aminoasit İçeriği Profili (g/100g protein)

<i>Amino asitler</i>	Balık türü			
	Hamsi	Alabalık	Çipura	Levrek
<i>Esansiyel</i>				
Lösin	7,5±0,8	7,2±0,6	7,3±1,6	8,5±0,6
Fenilalanin	3,9±0,3 ^a	3,5±0,3 ^b	3,2±0,4 ^b	2,9±0,3 ^c
İsolösin	3,4±0,4 ^a	3,0±0,6 ^b	2,7±0,4 ^{bc}	2,6±0,4 ^c
Metiyonin	3,5±0,3 ^a	2,8±0,3 ^b	2,7±0,4 ^b	1,8±0,7 ^c
Valin	4,5±0,6 ^a	3,8±0,9 ^b	3,6±0,4 ^b	4,5±0,4 ^a
Treonin	4,4±0,5 ^b	4,2±0,8 ^b	4,1±0,2 ^b	5,0±0,2 ^a
Histidin	4,0±0,6 ^a	3,6±0,3 ^b	2,6±0,3 ^c	3,0±0,5 ^c
Lisin	5,7±0,5 ^b	6,2±0,9 ^b	8,8±1,8 ^a	6,9±1,0 ^b
Arginin	5,3±0,6 ^b	6,2±0,5 ^a	6,8±0,8 ^a	6,5±0,9 ^a
Σesansiyel	42,2±1,9	40,4±1,7	42,0±3,9	41,6±1,6
<i>Esansiyel olmayan</i>				
Glisin	8,2±0,8 ^c	9,9±1,6 ^{bc}	11,6±1,3 ^{ab}	12,0±0,1,6 ^a
Glutamik asit	13,7±1,4 ^b	16,0±1,1 ^a	10,7±0,5 ^c	11,6±1,1 ^c
Serin	4,5±0,3 ^{ab}	4,8±0,5 ^a	4,2±0,3 ^b	4,8±0,4 ^a
Aspartik asit	11,6±0,8 ^a	10,4±1,0 ^a	10,8±2,5 ^a	8,8±0,7 ^b
Sistein	1,1±0,4 ^b	1,9±0,3 ^a	0,6±0,02 ^c	0,8±0,1 ^c
Prolin	5,6±0,3 ^c	5,4±0,5 ^c	6,5±0,4 ^b	7,8±0,2 ^a
Hidroksiprolin	1,3±0,2	1,4±0,2	1,2±0,2	ND
Tirozin	2,5±0,6 ^b	2,0±0,4 ^b	2,9±0,2 ^b	3,1±0,1 ^a
Alanin	7,5±0,6 ^a	6,1±0,6 ^b	7,7±0,6 ^a	7,7±0,9 ^a
Σesansiyel olmayan	56,1±1,9	57,9±1,7	56,3±3,9	56,6±1,6

TARTIŞMA ve SONUÇ

Son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğinde kaydedilen hızlı artışın sonucu olarak yem ham maddelerine olan ihtiyaç daha da artmış, gelinen noktada hissedilen hammadde noksanlığından dolayı değişik bitki ve hayvan atıklarının yem sanayiinde kullanılabilme potansiyellerine yönelik bir takım araştırmalar yapılmıştır. Avustralya'nın ticari olarak en önemli balık türlerinden olan Atlantik salmonu ve sarıkuyruk kral balıklarının işlenmesi esnasında baş, deri, karın kanadı ve iç organlar dâhil birçok atığın ortaya çıktığı, bu atıkların ise adı geçen balıkların %40 ila 50'sine kadar tekabül edebildiği bildirilmiştir (He *et al.* 2011). Ortaya çıkan bu atıkların önemli derecede protein (%10-20) ve yağ (%20-30) içerdiği bilinmekte olup, birçok şekilde değerlendirilebilme olanağının bulunduğu açıktır. Karadeniz hamsi atıkları ile yapılan başka bir çalışmada protein oranının baş ve iç organlarda sırasıyla %13,4 ve %12,1, yağ içeriğinin ise aynı sırayla %13,4 ve %23,9 olduğu tespit edilmiştir. Hamsi atıklarının protein ve yağ içerikleri tüm vücut (%12,8 protein ve %16,1 yağ) ile kıyaslandığında (Gencbay and Turhan, 2016), değerlendirilmesi gereken önemli kaynaklar oldukları görülmektedir. Sarıgöz kayabalığı (*Sebastes ruberrimus*) atıklarının protein ve yağ oranları baş için sırasıyla %15,8 ve %11,6, karaciğer için ise aynı sırayla %7,5 ve %30,0 olarak bildirilmiş ve önemli kaynaklar oldukları vurgulanmıştır (Oliveira *et al.* 2009).

Ülkemizde su ürünlerinin taze tüketimi oldukça yaygın olup, taze tüketim esnasında oluşan en yaygın atık ise baş ve iç organlar olarak öne çıkmaktadır. Mevcut çalışmada bu atıkların içeriği belirlenerek yem hammaddesi olarak kullanılabilme potansiyelleri değerlendirilmiştir. Geleneksel balık yeminin ana hammaddesi olan balık ununun üretim miktarı, su ürünleri yetiştiriciliğindeki büyüme hızının gerisinde kalmakta ve alternatif hammaddelerin bulunmasını zorunlu kılmaktadır. Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular ile balık ununa ait değerler karşılaştırıldığında hamsi, alabalık, çipura ve levrek balıklarına ait atıkların balık unundan daha düşük protein ve kül içerdiği, diğer yandan daha yüksek yağ içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Tablo 5).

Balık atıkları, ürünlerin çeşidi ve oluşma şekillerine göre yağ asidi profillerinde değişiklikler içermektedir. Atlantik salmonu ve sarıkuyruk kral balıklarının işlenmesi esnasında ortaya çıkan baş, deri, karın kanadı ve iç organlar gibi atıkların yağ asidi kompozisyonunda en fazla bulunan yağ asitlerinin OA ve PA olduğu, n-3 yağ asitlerinin toplam yağ asitlerinin %20'sini oluşturduğu bildirilmiştir (He *et al.* 2011). Benzer şekilde

sarıgöz kaya balığı atıklarında en fazla bulunan yağ asitleri OA ve PA olarak tespit edilmiş, n-3 yağ asitlerinin oranı baş için %9,1, karaciğer için ise %9,6 olarak tespit edilmiştir (Alexandra *et al.* 2009). Karadeniz hamsisine ait atıkların %32-40 arasında ÇDYA, yaklaşık %27-34 arasında ise n-3 ÇDYA içeriği ile oldukça değerli bir yağ kaynağı olduğu rapor edilmiştir (Gencbay and Turhan, 2016). Pasifik mavi uskumrusu (*Scomber australasicus*) atıkları zengin n-3 ÇDYA profili ile öne çıkmıştır. Bu balığa ait atıklardan yumurtada %44,4 oranında ÇDYA tespit edilmiş olup, bunun büyük bir çoğunluğunu %11,3 ile EPA ve %27,5 ile DHA oluşturmuştur. Baş, deri ve erkek gonadındaki n-3 ÇDYA ise sırasıyla %36,6 (%9,08 EPA; %21,9 DHA), %34,8 (%9,63 EPA; %19,5 DHA) ve %42,5 (%12,1 EPA; %24,7 DHA) olarak bildirilmiştir (Ahmmed *et al.* 2021). Çipura atıklarında ise yüksek düzeyde ÇDYA içeriği belirlenmiş (%31-34), bunun ise %12-14'ünü n-3 yağ asitlerinin oluşturduğu (%6-8 EPA+DHA) rapor edilmiştir (Pateiro *et al.* 2020). Mevcut çalışmamızda, ÇDYA %35,3 ile %41,4 arasında değişim göstermiş, hamsi ve alabalıkta çipura ve levreğe göre daha düşük bulunmuştur. Diğer yandan, n-3 ÇDYA hamside diğer balıklardan önemli derecede yüksek bulunurken (%32,2), çipura ve levreğin n-3 ÇDYA içeriği birbirine benzer (sırasıyla %9,8 ve %9,6) fakat alabalıktan (%15,7) daha düşük olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda ayrıca hamsi atıklarının oldukça yüksek oranda EPA (%9,3) ve DHA (%19,5) içerdiği tespit edilmiştir. Farklı balık türlerinden elde edilen geleneksel balık yağı ile çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar kıyaslanacak olursa (Tablo 6), hamsi atığı yağının kitlesel üretim/tüketimde kullanılan ticari balık yağlarına benzer oranda DYA içerdiği görülmektedir. TDYA bakımından hamsi atığı yağının ticari hamsi ve kapelin yağı ile benzerlik gösterdiği, diğer ticari balık yağlarının ise çalışmamızda elde edilen balık atığı yağlarına göre daha yüksek TDYA içerdikleri görülmektedir. LA ve LNA bakımından hamsi atığı yağının ticari olarak üretilen balık yağlarına benzer bir profile sahip olduğu görülmektedir. Diğer yandan, alabalık, çipura ve levrek atık yağlarının geleneksel balık yağlarına oranla oldukça fazla LA ve LNA içerdikleri tespit edilmiştir. Bu durum ise çalışmamızda kullanılan alabalık, çipura ve levreğin yetiştiricilik yolu ile çiftliklerde üretildiğini, yemlerinde yüksek miktarda bitkisel yağlat kullanıldığını göstermektedir (Arslan *et al.* 2012). Gerek insan ve gerekse balık sağlığı için oldukça önemi değere sahip yağ asitlerinden olan EPA, hamsi atığı yağında morina, herring ve ringa yağlarına benzer bir içerik gösterirken, kapelin yağından yüksek, geleneksel hamsi yağından ise düşük bir içerik sergilemiştir. Hamsi atığı yağının DHA içeriği ise diğer bütün balık yağlarından yüksek bir değer göstermiştir. Alabalık, çipura ve levrek atığı yağları ise kapelin yağı hariç, geleneksel balık yağlarına göre düşük EPA ve DHA içeriği sergilemişlerdir. Bu durum ise çiftlik şartlarında yemlerinde fazlaca balık yağı kullanılmadığını göstermektedir (Arslan *et al.* 2008).

Tablo 5. Farklı Balık Türlerine Ait Atıkların Atıklarının Hammadde Olarak Balık Unu İle Karşılaştırılması

<i>Parametre</i>	Hammadde türü						
	Balık unu ^a	Balık unu ^b	Balık unu ^c	Hamsi atığı ^d	Alabalık atığı ^d	Çipura atığı ^d	Levrek atığı ^d
Ham Protein	75,4	70,6	48,4	37,0	28,9	32,7	27,2
Ham Lipit	11,0	9,9	10,3	52,0	60,2	52,8	63,1
Ham Kül	13,6	18,4	35,2	9,2	8,8	13,1	8,4

^ayüksek protein, ^b%60-68 protein, ^cdüşük protein (Anonim 2021), ^doranlar kuru ağırlık üzerinden verilmiştir.

Tablo 6. Farklı Balık Türlerine Ait Atıkların Yağ Asidi Profili (Tespit Edilenlerin %'si) Bakımından Balık Unu İle Karşılaştırılması

<i>Parametre</i>	Hammadde türü					
	DYA	TDYA	LA	LNA	EPA	DHA
Hamsi yağı	20,2	28,0	1,2	0,8	17,0	8,8
Kapelin yağı	28,8	24,9	1,7	0,4	4,6	3,0
Morina karaciğer yağı	20,0	61,7	1,4	0,6	11,2	12,6
Herring yağı	19,4	46,0	1,1	0,6	8,4	4,9
Ringa yağı	20,0	56,4	1,3	0,3	11,0	9,1
Hamsi atığı yağı	37,0	27,4	2,3	1,6	9,3	19,5
Alabalık atığı yağı	22,8	41,9	17,7	6,2	2,2	6,3
Çipura atığı yağı	21,3	37,3	30,5	4,2	1,5	3,4
Levrek atığı yağı	22,4	36,9	30,4	4,8	1,9	2,4

Turchini *et al.* (2009)'dan uyarlanmıştır.

Tablo 7. Farklı Balık Türlerine Ait Atıkların Esansiyel Aminoasit Profili (g/100 ham protein) Bakımından Balık Unu İle Karşılaştırılması

<i>Parametre</i>	Hammadde türü						
	Balık unu ^a	Balık unu ^b	Balık unu ^c	Hamsi atığı ^d	Alabalık atığı ^d	Çipura atığı ^d	Levrek atığı ^d
Lösin	7,0	7,2	7,5	7,5	7,2	7,3	8,5
Fenilalanin	3,8	3,9	4,0	3,9	3,5	3,2	2,9
İsolösin	4,3	4,2	4,1	3,4	3,0	2,7	2,6
Metiyonin	2,8	2,7	2,6	3,5	2,8	2,7	1,8
Valin	4,9	4,9	5,2	4,5	3,8	3,6	4,5
Treonin	4,1	4,1	4,0	4,4	4,2	4,1	5,0
Histidin	2,2	2,4	2,4	4,0	3,6	2,6	3,0
Lisin	7,5	7,5	7,0	5,7	6,2	8,8	6,9

^ayüksek protein, ^b%60-68 protein, ^cdüşük protein (Anonim 2021), ^doranlar kuru ağırlık üzerinden verilmiştir.

Balık atıkları ait amino asit profilleri, yağ asidi profiline kıyasla daha fazla benzerlik göstermektedir. Sarıgöz kayabalığı (Oliveira *et al.* 2009), çipura (Pateiro *et al.* 2020) ile Atlantik salmonsu ve sarıkuyruk kral balığında (He *et al.* 2011) en fazla bulunan esansiyel amino asitler, mevcut çalışmamıza benzer şekilde lizin, lösin ve arginin olarak tespit edilmiştir. Diğer yandan ticari balık unu ile mevcut çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar kıyaslandığında her durumda şekilde lizin, lösin ve arginin dominant esansiyel amino asitleri oldukları görülmektedir (Tablo 7). Hamsi, alabalık ve çipura atığı proteinleri geleneksel balık unları ile benzer lösin içeriğine sahip iken, levreğin lösin içeriği daha yüksek bir değer sergilemektedir. Fenilalanin bakımından hamsi atığı geleneksel balık unlarına benzerlik gösterirken, diğer balık atıkları biraz daha düşük değer sergilemektedir. İzölösün bakımından hamsi ve alabalık atıkları balık unlarına daha yakın iken, çipura ve levrek atıklarının izölösün içeriğinin biraz daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. Çalışmamızda kaydedilen arginin ve treonin düzeyleri geleneksel balık unlarına yakın değerler sergilerken, histidin bakımından balık unlarında daha yüksek değerler göstermişlerdir. Hamsi atığına ait metiyonin değeri balık unlarına göre yüksek, levreğin metiyonin içeriği balık unlarına göre daha düşük, alabalık ve çipuranın metiyonin içeriği ise balık unlarına oldukça benzer olarak tespit edilmiştir. Hamsi ve levreğin valin değerleri balık unlarına yakın iken, alabalık ve çipura balık unlarına kıyasla daha düşük valin değerleri sergilemiştir.

Çalışmamızdan elde edilen bulgular bir bütün olarak değerlendirilirse aşağıdaki sonuçlara varılabilir;

- Ülkemizde taze balık tüketimi oldukça yaygın olup, evlerdeki taze tüketim esnasında balıkların baş ve iç organları genelde atık olarak çöpe atılmaktadır. Balık yemi hammaddesine şiddetle ihtiyaç duyulan günümüzde, yapılabilecek en küçük katkı bile büyük önem arz etmektedir. Bu anlamda balık atıklarının hammadde olarak değerlendirilmesi oldukça önemlidir.
- Hamsi, alabalık, çipura ve levrek atıkları balık ununa kıyasla daha az protein, daha fazla yağ içermektedir. Atıkların yem hammaddesi olarak kullanılmadan önce yağlarının ayrılması, balık ununa benzer yüksek protein içerikli bir ürüne dönüşmelerini sağlayacaktır. Böylece balık yemlerinde balık ununa alternatif olarak kullanılabilme potansiyelleri oldukça artmış olacaktır.
- Hamsi, alabalık, çipura ve levrek atıklarının esansiyel amino asit içerikleri genel anlamda balık ununa oldukça yakın olup, yem hammaddesi olarak kullanıldıklarında balıkların esansiyel amino asit ihtiyaçlarını rahatça karşılayabilirler.

- Atıkların yağının ayrılması ve yeme ayrıca ilave edilmesi, oldukça fazla sayıda hammadde içeren balık yemlerinde istenilen yağ ve protein içeriğine ulaşmada oldukça fazla kolaylık sağlayacaktır.
- Hamsi atıklarına ait yağların yüksek düzeyde EPA ve DHA gibi n-3 ÇDYA içerdiği, böylece geleneksel balık yağı yerine özellikle deniz balığı yetiştiriciliğinde oldukça rahatça kullanılabilceği görölmektedir.
- Alabalık, çipura ve levrek atıklarına ait yağların LA ve LNA içerikleri yüksek fakat EPA ve DHA içerikleri düşük bulunmuştur. Bu yağlar deniz balığı yemlerinde düşük oranlarda, tatlısu balığı yemlerinde ise ana yağ unsurunu oluşturacak şekilde yüksek oranlarda kullanılabilir.



KAYNAKLAR

- Ahmed, M. K., Ahmed, F., Stewart, I., Carne, A., Tian, H. S. and Bekhit, A. E. D. A., 2021. Omega-3 phospholipids in Pacific blue mackerel (*Scomber australasicus*) processing by-products. Food Chemistry, 353, 129451.
- Alexandra, C. M. O., Peter, J., Bechtel, A. M. and Necla, D. 2009. Composition of Heads and Livers of Yelloweye Rockfish (*Sebastes ruberrimus*) Harvested in Alaska. Journal of Aquatic Food Product Technology, 18 (1-2), 53-66.
- Anonim, 1993. Türkiye'de yetiştiriciliğin çevresel etkisi ve bunun turizm rekreasyon ve özel korunma alanları ile ilişkisi Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2021. <https://www.feedipedia.org/node/208>. (25.12.2021).
- AOAC. 1998. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (17th edn). Arlington, VA.
- Arslan, M., Dabrowski, K., Rinchar, J. and Portella, M.C., 2008. Effects of different dietary lipid sources on the survival, growth and fatty acid composition of South American catfish, *Pseudoplatystoma fasciatum*, Surubim, juveniles. Journal of the World Aquaculture Society, 39, 51-61.
- Arslan, M., Sirkecioglu, N., Bayir, A., Arslan, H. and Aras, M., 2012. The influence of substitution of dietary fish oil with different vegetable oils on performance and fatty acid composition of brown trout, *Salmo trutta*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12 (3), 575-583.
- Arvanitoyannis, I. S., and Giakoundis, A., 2006. Current strategies for dairy waste management: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 46 (5), 379-390.
- Arvanitoyannis, I. S. and Kassaveti, A., 2008. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. International Journal of Food Science and Technology, 43 (4), 726-745.
- Bechtel, P. J. 2003. Properties of different fish processing by-products from pollock, cod and salmon. Journal of Food Processing and Preservation, 27 (2), 101-116.
- BSGM, 2021. Balıkçılık ve Su Ürünleri İstatistikleri İstatistikleri. Ankara, 2021.
<https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf>.
- Cristóvão, R. O., Botelho, C, M., Martins, R. J.E., Loureiro, J. M., and Boaventura, A.R.R. 2015. Fish canning industry wastewater treatment for water reuse a case study. Journal of Cleaner Production, 87, 603-612.
- Çaklı, Ş., 2008. Su ürünleri işleme teknolojisi, 77, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir.
- EC, 2002. European Commission Council Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed. Official Journal of the European Communities L 140/10.

- FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture, Food and Agriculture Organization Of The United Nations, Rome, 2002.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, G.H.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.
- Gasco, L., Acuti, G., Bani, P., Dalle Zotte, A., Danieli, P.P., De Angelis, A., Fortina, R., Marino, R., Parisi, G., Piccolo, G., Pinotti, L., Prandini, A., Schiavone, A., Terova, G., Tulli, F. and Roncarati, A., 2020. Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition. *Italian Journal of Animal Science*, 19, 360-372.
- Gencbay, G., and Turhan, S., 2016. Proximate composition and nutritional profile of the black sea anchovy (*Engraulis encrasicolus*) whole fish, fillets, and by-products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25 (6), 864-874.
- Ghaly, A. E., Ramakrishnan, V. V., Brooks, M. S., Budge, S. M., and Dave, D., 2013. Fish processing wastes as a potential source of proteins. Amino acids and oils: a critical review. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, 5 (4), 107-129.
- Giusti, L., 2009. A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*, 29 (8), 2227-2239.
- Harnedy, P. A., and FitzGerald, R. J., 2012. Bioactive peptides from marine processing waste and shellfish: A review. *Journal of Functional Foods*, 4 (1), 6-24.
- He, S., Franco, C., and Zhang, W., 2011. Characterisation of processing wastes of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Yellowtail Kingfish (*Seriola lalandi*) harvested in Australia. *International journal of Food Science and Technology*, 46 (9), 1898-1904.
- Henderson, J.W., Robert, D.R., Brian, A.B. and Cliff, W. 2000. Rapid, Accurate, Sensitive and Reproducible HPLC Analysis of Amino Acids. Agilent Technologies, Application Note, Publication No: 5980-1193.
- Hoşsu, B., Korkut A. Y., and Fırat, A. 2003. Balık besleme ve yem teknolojisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Huntington, T., Frid, C., Banks, R., Scott, C., and Paramor, O., 2004. Assessment of the sustainability of industrial fisheries producing fishmeal and fish oil. Final Report to Royal Society for Protection of Bird (RSPB). Poseidon Aquatic Resource Management Ltd, 2 Fox Pond Lane, Lymington, Hampshire SO41 8FW, UK.
- ISSFAL (International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids), 2004. Report of the Sub-committee on Recommendations for Intake of Polyunsaturated Fatty Acids in Healthy Adults. ISSFAL Board Meeting.
- Lopes, C., Antelo, L. T., Franco-Uría, A., Alonso, A. A., and Pérez-Martín, R., 2015. Valorisation of fish by-products against waste management treatments—Comparison of environmental impacts. *Waste Management*, 46, 103-112.
- Love, D. C., Fry, J. P., Milli, M. C., and Neff, R. A., 2015. Wasted seafood in the United States: Quantifying loss from production to consumption and moving toward solutions. *Global Environmental Change*, 35, 116-124.
- Lovell, T., 1989. *Nutrition and Feeding of Fish* (Vol. 260). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Marcet, I., Álvarez, C., Paredes, B. and Díaz, M. 2016. The use of sub-critical water hydrolysis for the recovery of peptides and free amino acids from food processing wastes. Review of sources and main parameters. *Waste Management*, 49, 364-371.

- Metcalfe, L.D. and Schmitz, A.A. 1961. The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. *Analytical Chemistry*, 33, 363-364.
- Miller, M. R., Nichols, P. D., and Carter, C. G., 2008. n-3 Oil sources for use in aquaculture—alternatives to the unsustainable harvest of wild fish. *Nutrition Research Reviews*, 21 (2), 85-96.
- Oliveira, A.C.M., Bechtel, P.J., Morey, A. and Demir, N., 2009. Composition of heads and livers of yelloweye rockfish (*Sebastes ruberrimus*) harvested in Alaska, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18 (1-2), 53-6.
- Olsen, R. L., Toppe, J. and Karunasagar, I., 2014. Challenges and realistic opportunities in the use of by-products from processing of fish and shellfish. *Trends in Food Science and Technology*, 36 (2), 144-151.
- Pal, G. K. and Suresh, P. V., 2016. Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 201-215.
- Pateiro, M., Munekata, P. E., Domínguez, R., Wang, M., Barba, F. J., Bermúdez, R. and Lorenzo, J. M. 2020. Nutritional profiling and the value of processing by-products from gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Marine drugs*, 18 (2), 101.
- Rasmussen, R. S. and Morrissey, M. T. 2007. Marine biotechnology for production of food ingredients. *Advances in food and nutrition research*, 52, 237-292.
- Shahidi, F. and Ambigaipalan, P. 2015. Novel functional food ingredients from marine sources. *Current Opinion in Food Science*, 2, 123-129.
- Tacon, A. G., Hasan, M. R. and Subasinghe, R. P., 2006. Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications (No. 1018). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Turchini, G. M., Torstensen, B. E., and Ng, W. K. 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1 (1), 10-57.
- Wu, T. H., Nigg, J. D., Stine, J. J., and Bechtel, P. J. 2011. Nutritional and chemical composition of by-product fractions produced from wet reduction of individual red salmon (*Oncorhynchus nerka*) heads viscera. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20 (2), 183-195.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Nuh KAŞIKCI
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Seyranbağları Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce: Giriş düzeyi	
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	