



GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GİRESUN İLİNDE TÜKETİLEN BAZI BALIK TÜRLERİNDE PROTEİN,
YAĞ, NEM, KÜL VE AĞIR METAL ANALİZLERİ**

HATİCE RUMEYSA DELİCE

EYLÜL 2016

GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİRESUN İLİNDE TÜKETİLEN BAZI BALIK TÜRLERİNDE PROTEİN, YAĞ,
NEM, KÜL VE AĞIR METAL ANALİZLERİ

HATİCE RUMEYSA DELİCE

EYLÜL 2016

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün Onayı.

..../..../....

Prof. Dr. Başak TAŞELİ

Müdür

Bu seminerin Yüksek Lisans tezi olarak Kimya Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Birsen Ş.OKSAL

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN

Danışman

Jüri üyeleri

Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN

Doç. Dr. Beyhan TAŞ

Doç. Dr. Murat YOLCU

ÖZET

GİRESUN İLİNDE TÜKETİLEN BAZI BALIK TÜRLERİNDE PROTEİN, YAĞ, NEM, KÜL VE AĞIR METAL ANALİZLERİ

DELİCE, Hatice Rumeysa

Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Aysun TÜRKMEN

EYLÜL 2016, 91 Sayfa

Bu çalışma, 2013 yılında, Giresun ilinde tüketilen beş farklı balık türünün gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), çipura (*Sparus aurata*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), mezgıt (*Merlangius merlangus*), istavrit (*Trachurus trachurus*) kas dokularında protein, yağ, nem, kül ve ağır metal düzeylerini belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Beş farklı balık türünün kas dokularındaki ağır metal düzeyleri ICP-MS (Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometer) cihazıyla tayin edilmiştir. Bu çalışmada protein, yağ, nem, kül analizleri mevsimsel olarak, ağır metal analizleri ise sadece kış mevsiminde yapılmıştır. Çalışılan balık türleri için protein, yağ, nem ve kül miktarları kış aylarında sırasıyla % 12,71; % 3,91; % 74,68; % 1,40; yaz aylarında ise sırasıyla % 14,73; % 2,21; % 78,81; % 1,12 olarak bulunmuştur. Bulunan değerlere göre balıkların kış mevsiminde yağ ve kül miktarlarında artış, protein ve su miktarlarında azalma gözlenmiştir. Balıkların kas dokularındaki ağır metal değerleri ppm (mg/kg) olarak Cr: 0,350-0,861; Mn: 1,203-2,262; Fe: 27,076-75,789; Co: 0,001-0,075; Ni: 11,581-18,617; Cu: 1,125-4,507; Zn: 19,318-48,061; Cd: 0,004-0,044; Pb: 1,935-4,486 aralıklarında bulunmuştur. Bulunan değerler bir insanın günlük tolere edebileceği değerlerle kıyaslanmıştır. Sonuç olarak Giresun ilinde satışı sunulan ve tüketilen bu beş balık türü için ağır metal konsantrasyonlarının tolere edilebilir değerlerin altında olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Balık, Protein, Yağ, Nem, Kül, Ağır Metal, Karadeniz.

ABSTRACT

THE ANALYSIS OF PROTEIN, LIPID, MOISTURE, ASH and HEAVY METAL SOME FISH SPECIES CONSUMED IN GIRE SUN

DELICE, Hatice Rumeysa

University of Giresun

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry, Master Thesis

Supervisor: Assoc. Doç. Dr. Aysun TURKMEN

SEPTEMBER 2016, 91 pages

This research is conducted to determine the levels of protein, lipid, moisture, ash and heavy metals in the muscle tissue of five different species of fish consumed in Giresun. Heavy metal values in the muscle tissues of the five fish species have been measured by ICP-MS device (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer). The average values (%) of protein, lipid, moisture and ash in fish species are analysed seasonally and it is respectively as follows: 12.71, 3.91, 74.68, 1.40 during the winter months and 14.73, 2.21, 78.81, 1.12 during the summer months. The research shows that there is an increase of fat and ash during winter and a decrease in protein and moisture levels. Heavy metal values (ppm) in the muscle tissues of fish are as follows; Cr: 0.861-0.350, Mn: 1.203-2.262, Fe: 27.076-75.789, Co: 0.001-0.075, Ni: 11.581-18.617, Cu: 1.125-4.507, Zn: 19.318-48.061, Cd: 0.004-0.044, Pb: 1.935-4.486, These values are compared to the daily intake which can be tolerated by humans beings. As a result, this study shows that the heavy metal concentration in the five fish species that are found and sold in Giresun is below the daily intake level that can be tolerated by human beings.

Keywords: Fish, Protein, Lipid, Moist, Ash, Heavy Metal, Black Sea.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez danışmanlığını üstlenerek gerek konu seçimi gerekse çalışmaların sürdürülmesinde bana her konuda yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Aysun TÜRKMEN'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Gülcan ÜLGÜ YAŞAR, Alev KARA, İsmail Erdem KIZILGÖZ, Elif AKTAŞ, Seçkin SEFER, Lokman SIBIÇ, ve Kerem Onur YAŞAR'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ailem ve tüm dostlarıma çok teşekkür ederim

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
TABLolar DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	X
1.GİRİŞ	1
1.1. PROTEİNLER	2
1.1.1. Proteinlerin Sınıflandırılması	2
1.1.2. Proteinlerin Yapısı.....	4
1.1.3. Protein Denatürasyonu	6
1.1.4. Aminoasitler	6
1.1.4.1. Standart Amino Asitlerin Sınıflandırılması.....	7
1.1.5. Balığın Protein İçeriği ve Beslenmedeki Önemi.....	8
1.2. LİPİTLER	8
1.2.1. Lipitlerin görevleri	9
1.2.2. Lipitlerin Sınıflandırılması.....	9
1.2.3. Yağ Asitleri	9
1.2.4. Nötral Yağlar.....	14
1.2.5. Mumlar	15
1.2.6. Fosfolipitler	15
1.2.7. Sifingolipitler	15
1.2.8. Steroidler	15
1.2.9. Terpenler	15
1.2.10. Glikolipitler	15

1.2.11. Lipoproteinler	16
1.2.12. Balığın Yağ İçeriği ve İnsan Sağlığına Etkisi	16
1.3. VİTAMİNLER VE MİNERALLER.....	17
1.3.1. Balığın Vitamin İçeriği Ve Beslenmedeki Önemi	18
1.3.2. Balığın Mineral İçeriği Ve Beslenmedeki Önemi.....	18
1.4. AĞIR METALLER.....	19
1.4.1. Ağır Metal Kaynakları	20
1.4.2. Ağır Metallerin Sucul Ortama Geçişi.....	21
1.4.3. Ağır Metallerin Organizmaya Alımı ve Taşınımı	22
1.4.4. Balıklarda Ağır Metaller ve İnsan Sağlığına Etkileri.....	25
1.4.5. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri.....	26
1.4.5.1. Kurşun (Pb)	26
1.4.5.2. Krom (Cr).....	27
1.4.5.3. Çinko (Zn)	28
1.4.5.4. Nikel (Ni)	28
1.4.5.5. Bakır (Cu).....	29
1.4.5.6. Kadmiyum (Cd).....	29
1.4.5.7. Demir (Fe)	30
1.4.5.8. Mangan (Mn).....	31
1.4.5.9. Kobalt (Co).....	31
1.5. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	32
2. MATERYAL ve METOT	39
2.1 KULLANILAN KİMYASALLAR.....	39
2.3. ARAŞTIRMA YERİ.....	39
2.2. ÇALIŞILAN BALIKLAR	40
2.2.1. Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i>).....	40
2.2.2. Gökkuşluğu Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	40

2.2.3. Mezgit (<i>Merlangius merlangus</i>).....	41
2.2.4. İstavrit (<i>Trachurus trachurus</i>).....	42
2.2.5. Çipura (<i>Sparus aurata</i>).....	42
2.4. NUMUNE TOPLANMASI ve ANALİZE HAZIRLANMASI.....	43
2.5. KULLANILAN CİHAZLAR ve METODLAR	44
2.5.1. Kjeldahl Metodu.....	44
2.5.2. Soxhlet Ekstraksiyon Cihazı	45
2.5.3. Etüv	45
2.5.4. Kül Fırını	46
2.5.5. İndüktif eşleşmeli Plazma- Kütle Spektrometresi (ICP-MS).....	46
2.5.6. Mikrodalga	49
2.5.6.1. Kapalı Tüplerde Yüksek Basınçta Çözünürleştirme	49
2.5.6.2. Mikrodalga Enerjisinin Tanımı ve Oluşumu.....	49
2.6. İSTATİSTİK HESAPLAMALAR.....	50
3. ARAŞTIRMA ve BULGULAR.....	51
4. TARTIŞMA SONUÇ.....	61
5. KAYNAKLAR	68
6. ÖZGEÇMİŞ	77

TABLolar DİZİNİ

TABLO

Tablo 1.1 Standart aminoasitler.....	7
Tablo 1.2 Doymuş yağ asitleri	10
Tablo 1.3 Doymamış yağ asitleri.....	11
Tablo 1.4 Bazı yağlarda doymuş ve doymamış yağ asidi düzeyleri	12
Tablo 1.5 Bazı balık türlerinde ω -6, LNA, EPA ve DHA miktarları (%).....	12
Tablo 1.6 Ağır metallerin kaynakları ve insanlara olan etkileri.....	20
Tablo 1.7 Sucul ortamdaki ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (resmi gazete, 1995).	22
Tablo 1.8. Su ürünlerinde kabul edilebilir ağır metal konsantrasyonları (Anonim, 2002).	25
Tablo 1.9 Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (Anonim, 2002).	26
Tablo 2.1 Standart Referans Materyal (Dorm-2, köpek balığı kası)'nın içerdiği ağır metal miktarları (mg/l).....	44
Tablo 2.2 ICP-MS Analiz Parametreleri	48
Tablo 3.1 Hamsi balığı kompozisyonunun mevsimsel değerleri	51
Tablo 3.2 İstavrit balığı kompozisyonunun mevsimsel değerleri.....	51
Tablo 3.3 Mezgit balığı kompozisyonunun mevsimsel değerleri	52
Tablo 3.4 Çipura balığı kompozisyonunun mevsimsel değerleri.....	52
Tablo 3.5. Gökkuşluğu alabalığı kompozisyonunun mevsimsel değerleri.....	52
Tablo 3.6. Kış mevsiminde balıklar arasındaki protein, yağ, su, kül miktarları (%)	53
Tablo 3.7. Yaz mevsiminde balıklar arasındaki protein, yağ, su, kül miktarları (%)	54
Tablo 3.8. Kış mevsiminde balıklardaki ağır metal düzeyleri(mg/kg).....	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

Şekil 1.1 Fibröz proteinin kimyasal yapısı	3
Şekil 1.2 Globüler proteinin kimyasal yapısı.....	3
Şekil 1.3 Proteinin primer yapısı	4
Şekil 1.4 Proteinin seconder yapısı.....	5
Şekil 1.5 Proteinin tersiyer yapısı	5
Şekil 1.6 Proteinin kuarterner yapısı.....	6
Şekil 1.7 Aminoasitlerin genel yapısı	7
Şekil 1.8 Bazı yağ asitleri	10
Şekil 1.9 Alfa-linoleik asit (omega-3)	13
Şekil 1.10 Linoleik asit (omega-6).....	13
Şekil 1.11 Bir yağ asidinin gliserolle yaptığı esterleşme reaksiyonu	14
Şekil 1.12 Ağır metallerin sucul ortama geçişi.....	21
Şekil 1.13 Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı.....	23
Şekil 1.14 Ağır metallerin balıklarda vücuda alınımı ve dağılımı.....	24
Şekil 2.1 Giresun’da örneklerin alındığı yer.....	39
Şekil 2.2 Hamsi.(<i>Engraulis encrasicolus</i>)	40
Şekil 2.3 Gökkuşacağı Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	41
Şekil 2.4 Mezgit (<i>Merlangius merlangus</i>)	41
Şekil 2.5 İstavrit (<i>Trachurus Trachurus</i>).....	42
Şekil 2.6 Çipura (<i>Sparus aurata</i>).....	42
Şekil 2.7 ICP-MS’in Kullanım Alanları	47
Şekil. 2.8 ICP-MS genel görünüm.....	49
Şekil. 2.9 Mikrodalga cihazının genel görünümü.....	50
Şekil 3.1 Kış mevsiminde balıklar arasındaki protein, yağ, su, kül miktarları (%) değişim grafiği	53
Şekil 3.2 Yaz mevsiminde balıklar arasındaki protein, yağ, su, kül miktarları (%) değişim grafiği	54
Şekil 3.3 Balıklar arasında mevsimsel olarak % protein değişim grafiği	55
Şekil 3.4 Balıklar arasında mevsimsel olarak % yağ değişim grafiği.....	55

Şekil 3.5 Balıklar arasında mevsimsel olarak % su değişim grafiği.....	56
Şekil 3.6 Balıklar arasında mevsimsel olarak % kül değişim grafiği	56
Şekil 3.7 Kış mevsiminde balıklarda ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) değişim grafiği.....	58
Şekil 3.8 Hamsi balığının ağır metal konsantrasyon (mg/kg) değişim grafiği	58
Şekil 3.9 İstavrit balığının ağır metal konsantrasyon (mg/kg) değişim grafiği	59
Şekil 3.10 Mezgıt balığının ağır metal konsantrasyon (mg/kg) değişim grafiği	59
Şekil 3.11 Çipura balığının ağır metal konsantrasyon değişim grafiği.....	60
Şekil 3.12 Gökkuşığı alabalığının ağır metal konsantrasyon (mg/kg) değişim grafiği	60



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

gr	Gram
kg	Kilogram
mg	Miligram
ppm	Milyonda Bir (1/1.000.000)
ml	Mililitre
μ	Mikron
N	Örnek Sayısı
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Mn	Mangan
Fe	Demir
Zn	Çinko
Pb	Kursun
Ni	Nikel
As	Arsenik
Cu	Bakır
Mg	Magnezyum
P	Fosfor
I	İyot
Na	Sodyum
Ca	Kalsiyum
S	Kükürt
Cl	Klor
Se	Selenyum
Zn	Çinko
Hg	Cıva
Ag	Gümüş
Sn	Kalay
aa	Amino asit

H₃BO₃	Borik asit
H₂SO₄	Sülfürik asit
HNO₃	Nitrik asit
H₂S:	Hidrojen sülfür
K₂SO₄	Potasyum sülfat
CuSO₄	Bakır sülfat
NH₃	Amonyak
(NH₄)₂SO₄	Amonyum sülfat
NaOH	Sodyum hidroksit
ÇDYA	Çoklu doymamış yağ asitleri
DHA	Dokosahegzaenoik asit
EPA	Eikosapentaenoik asit
EPA	Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organization
ICP-MS	İndüktif Eşleşmeli Plazma-Kütle Spektrometresi, Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer
SH	Standart Hata
URL	Uniform Resource Locator.
HDL	High Density Lipoprotein
LDL	Low Density Lipoprotein
VLDL	Very Low Density Lipoprotein

1.GİRİŞ

Balık insanlık tarihinin en eski besin kaynaklarından biridir. Bitkilerin ekilip yetiştirilmesi ve hayvanların besin olarak kullanılması için evcilleştirilmesinden önceki dönemlerde kolay bir şekilde elde edilebilen ve dolayısıyla en çok tüketilen besinlerin başında balık ve diğer deniz ürünlerinin geldiği bilinmektedir (Brown 2000).

İçerdiği yaşamsal besin kaynakları açısından önemli değere sahip olan ve beslenmemizde de önemli bir yer tutan balıklar, denizlerden ve tatlı sulardan sağlanırlar. Su ürünlerinin çoğu, insan diyeti için iyi bir mineral ve vitamin kaynağıdır. Yapılan bilimsel araştırmalar, dengeli ve sağlıklı beslenme açısından su ürünlerinin protein ve yağ içeriği bakımından insanoglu tarafından tüketilmesi gereken önemli gıda maddelerinin başında geldiğini göstermektedir (Tufan 2008).

Su ürünleri, diyabetik özelliklerinin olması, yüksek miktarda doymamış yağ asitleri (DYŞA) içermeleri protein, mineral madde ve vitamin yönünden oldukça zengin olmaları ve yetiştirme imkânları ile azalan doğal stokların yerine kullanılmaları açısından dünyada gün geçtikçe üzerinde daha çok durulan besin maddeleri olmuşlardır. Sindirilme derecesi yüksek olan su ürünleri diğer yüksek proteinli besinlerle kıyaslandığında protein kaynakları içerisinde yağ oranı açısından oldukça düşüktür. Ayrıca, su ürünleri sağlığa yararı kanıtlanan omega-3 çoklu doymamış uzun zincirli yağ asitlerinin tek kaynağıdır. Yapılan çeşitli çalışmalarla iki önemli omega-3 yağ asidi olan Dokosahegzaenoik asit (DHA) ve Eikosapentaenoik asit (EPA)'nın sağlık açısından birçok olumlu etkide olduğu belirlenmiştir (Oğuzhan ve ark. 2006)

Balık eti, zengin protein içeriği (% 17-22) ile insan vücudunda önemli işleve sahip olan ve vücutta sentezlenmediği için mutlaka diyetle alınması gereken aminoasitlerin ve omega-3, omega-6 yağ asitlerini içerir. Omega-3'ün majör yağ asidi α -linolenik, Omega-6'nın ki ise linoleik asit olup vücutta DHA ve EPA'da metabolize olurlar. Bu yağ asitleri birçok besinde ve soğuk su balıklarında bol miktarda bulunur ancak balıklardan farklı olarak insanlar bu ÇDYA'yı aktif biçimde değerlendiremezler (Alak ve Kocaman 2008, Kaya ve ark. 2004).

İçerdiği besin bileşenleri ile su ürünleri en değerli besin maddeleri arasındadır. Doğada bulunan amino asitlerin çoğunu bulundurması, zengin protein, vitamin ve mineral içeriği dolayısıyla su ürünlerini değerli kılmaktadır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Günümüzde, insanlar beslenmelerine çok dikkat etmekte ve beslenme düzenlerinde sağlık açısından uygun gıdaları seçmeye özen göstermektedirler. Bu gıdalar içerisinde ilk sırayı çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) yönünden zengin, elzem amino asitleri içeren, iyi bir vitamin ve mineral kaynağı olan balık ve diğer su ürünleri almaktadır (Oğuzhan ve ark. 2006).

Dengeli beslenmenin temel ögesinin proteinlerden oluştuğu ve günde kişi başına alınması gereken protein miktarının 1/3' ünün hayvansal kaynaklı protein olması gerektiği yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Balıklarda kimyasal yapı; balığın türüne, cinsiyetine, yaşına, yaşam alanlarına ve mevsimlere göre farklılıklar gösterse de, genel olarak su ürünlerinin et içeriği , % 0,1-22 yağ, % 15-24 protein % 0,8-2 mineral madde, % 64-84 su ve %1 dolayında karbonhidrat olduğu bildirilmektedir (Samsun, 2006, Oğuzhan ve ark., 2006).

Son dönemlerde ülkemizde (Tatar 1995, Şengör ve Erkan 2002, Kaya ve ark. 2004, Aydın 2004, Baygar 2004, , Maskan 2005, Özkan ve Koca 2006) ve dünyada (Artemis ve ark. 2000, Rafflenbeul 2001, Sheeshka ve Murkin 2002, Sidhu 2003, Valfre ve ark. 2003, Ruxton ve ark. 2004) balıkların besin bileşenleri ve insan sağlığı üzerine etkilerini çeşitli çalışmalarla incelemişler ve yapılan çalışmalar sonucunda balık etinin önemli bir protein kaynağı olduğunu belirtmişlerdir (Turan ve ark., 2006)

1.1. PROTEİNLER

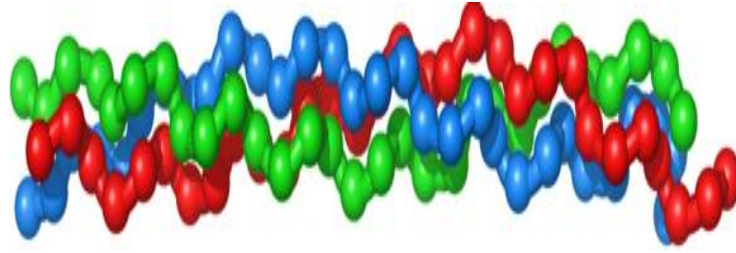
Canlı hücrelerin ana maddesini oluşturan, genellikle Oksijen, sülfür ve karbon elemanları bulunan amino asitlerin belirli sayı, tür ve diziliş sırasında birbirlerine kovalent bağlarla bağlanarak oluşturdukları polipeptitlere protein denir. Proteinler canlı hücrelerdeki bütün biyolojik olayların yapı taşıdır. Proteinleri oluşturan 20 amino asit (aa), standart amino asitler olarak adlandırılır.

1.1.1. Proteinlerin Sınıflandırılması

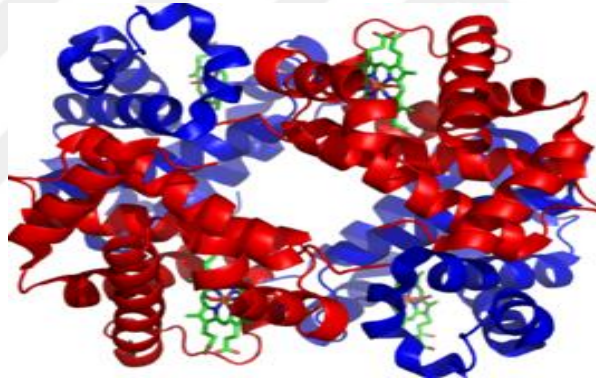
Proteinler; yapısına göre (fibröz, globüler), kimyasal kompozisyonuna göre (basit, bileşik) ve işlevsel özelliklerine göre olmak üzere üçe ayrılır.

a) Yapısına göre proteinler:

Yapısına göre fibröz ve globüler olarak ikiye ayrılan proteinlerden bir düzlem boyunca uzanan polipeptit zincirlerinden oluşmuş proteinler Şekil 1.1’de gösterilen fibröz proteinler, Toplu halde, yumak gibi ve küresel yapıya sahip proteinlere ise Şekil 1.2’de gösterilen globüler proteinlerdir.



Şekil 1.1 Fibröz proteinin kimyasal yapısı



Şekil 1.2 Globüler proteinin kimyasal yapısı

b) Kimyasal kompozisyonuna göre proteinler:

- Basit proteinler: Yalnızca amino asitlerden oluşmuş yani hidroliz olduklarında sadece amino asitleri veren, polipeptit zincirleri yapısındaki proteinlerdir. Globüler proteinler, albüminler, globülinler, globinler, glutelinler, prolaminler, protaminler, histonlar, fibriler keratin, elastin, fibrinojen, miyozin basit proteinlerdir.

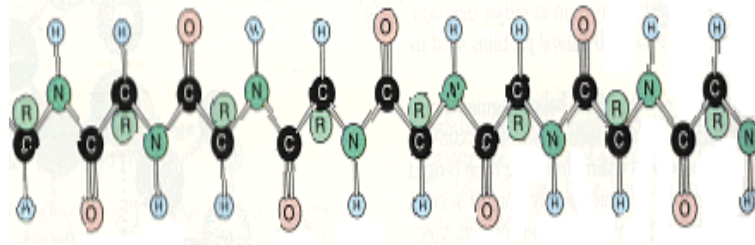
- Bileşik proteinler (Konjuge proteinler): Amino asitlerden oluşmuş polipeptit zincirlerinin prostetik grup denen yapılara bağlanmasıyla oluşmuş yani hidroliz edildiklerinde amino asitlerden başka değişik nitelikte kimyasal maddeler de veren

proteinlerdir (URL-1). Glikoproteinler, kollajen, proteoglikanlar, lipoproteinler, fosfoproteinler, kazein, nükleoproteinler, metalloproteinler, ferritin, transferrin, seruloplazmin, kromoproteinler, hemoglobin, miyoglobin, sitokromlar, peroksidaz gibi proteinler bileşik proteinlerdir.

c) **İşlevsel özelliklerine göre proteinler:** Proteinlerin fonksiyonel olarak veya biyolojik rollerine göre sınıflandırılmalarıdır. Bunlar; Biyokimyasal reaksiyonları katalize eden katalitik proteinler, kasılabilen ya da kendiliğinden hareket edebilen kontraktıl proteinler, Organizmaları hasardan koruyan Savunma (defans) proteinleri, fizyolojik aktiviteye ya da Sellüler düzenlemeye yardım eden düzenleyici proteinler, Tendonların ve kıkırdağın esas yapısını oluşturan yapısal proteinler, besleyici-depo proteinler ve taşıyıcı proteinlerdir.

1.1.2. Proteinlerin Yapısı

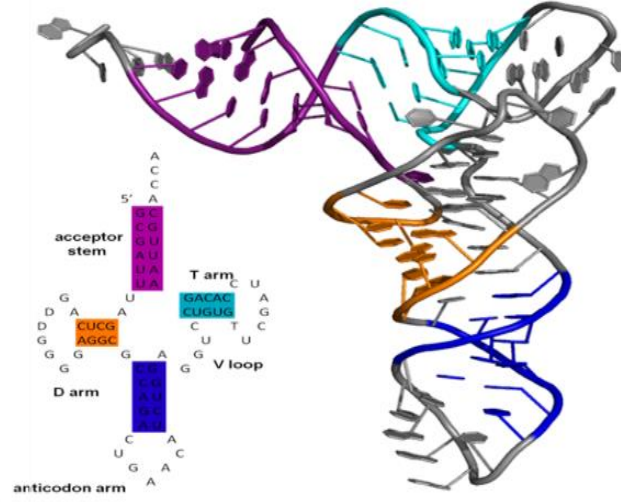
a) **Proteinlerin birincil (primer) yapısı:** Birincil yapı (Şekil 1.3) peptid bağlarından oluşur ve polipeptidin ana iskeletidir. Birincil yapıyı meydana getiren peptid zincirleri içerisinde yer alan amino asitlerin sayısı, cinsi ve sırasına göre proteinler değişik özellikler gösterirler.



Şekil 1.3 Proteinin primer yapısı

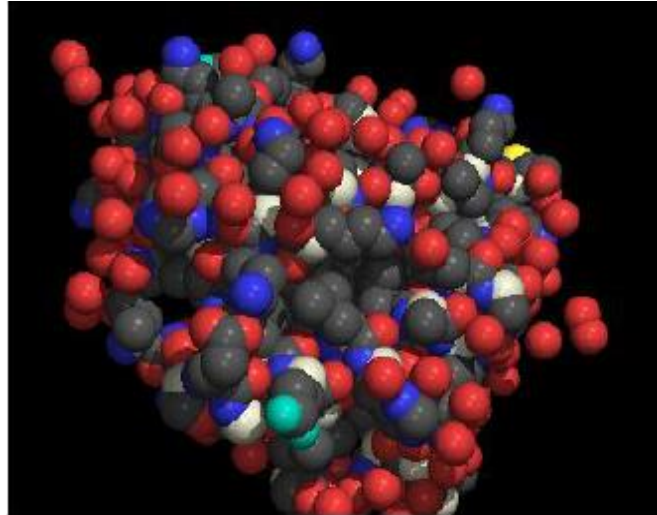
b) **Bir proteinin sekonder (ikincil) yapısı:** Polipeptid zincirin düzenli olarak tekrarlı katlanmasıyla Şekil 1.4'te gösterilen proteinlerin ikincil yapısı oluşur. Protein sentezi sırasında polipeptid zincirindeki aa'ların amino grubundaki hidrojen atomları ile karboksil grubundaki oksijen atomu arasında hidrojen bağları oluşur. Oluşan bu bağlar sayesinde zincir üç boyutlu iki farklı kıvrımlı yapıya sahip olur. Bunlar; protein zinciri bir sarmal şeklinde ve birbirinin üstüne gelen aa'ların birbiriyle hidrojen bağı yapabileceği şekilde dizilmesinden meydana gelen alfa heliks

yapısı ve protein zincirlerinin birbiri üzerine tabakalar halinde hidrojen bağı ile bağlanması sonucu oluşan beta düzlemsel tabaka yapısıdır (URL-2).



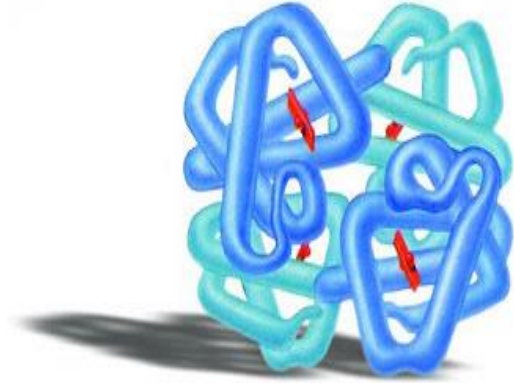
Şekil 1.4 Proteinin seconder yapısı

c) **Bir proteinin tersiyer (üçüncül) yapısı:** Polipeptid zincirlerinde bulunan değişken 'R' gruplarının yuvarlak biçimde kıvrılması sonucu oluşan protein yapısıdır. Şekil 1.5'te proteinlerin tersiyer yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1.5 Proteinin tersiyer yapısı

d) Bir proteinin kuarterner (dördüncül) yapısı: En az iki ya da daha fazla polipeptid zincirlerinden oluşan protein yapılarına kuarterner yapı denir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6 Proteinin kuarterner yapısı

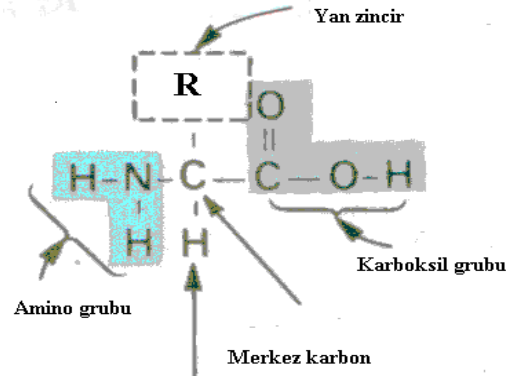
1.1.3. Protein Denatürasyonu

Büyük protein molekülleri kırılmalıdır. Özellikle globüler proteinler kimyasal ve fiziksel koşullardaki değişikliklere karşı hassastırlar. A-heliks zincirleri tutan çapraz bağlar pH ve sıcaklıktaki küçük değişimlere karşı zayıftırlar. Zincirleri tutan bu bağların çözülmesi denatürasyon olarak tanımlanır. Asit ısı, alkali, diğer fiziksel ve kimyasal etkiler proteinin yapısında önemli değişiklikler yapabilir. Sütün asitli ortamda pıhtı oluşturması, yumurtanın çırpılması, pişirilmesi sonucu oluşan kimyasal değişimler denatürasyona birer örnektir.

Denatürasyon sonucu proteinlerin yapısı bozulur fakat besleyici değeri değişmez. Çünkü denatürasyondan proteinin primer (birincil) ve sekonder (ikincil) yapısı etkilenmez.

1.1.4. Aminoasitler

Proteinlerin yapısını oluşturan yirmi çeşit amino asit vardır bunlara standart amino asitler denir. Standart aa'lar Tablo 1.1'de verilmiştir. Tüm amino asitlerin yapısında Şekil 1.7'de gösterildiği gibi merkezde karbona bağlı bir asit grubu (COOH), bir hidrojen (H) ve bir amino grubu (NH₂) bulunurken, amino asitlerin yapısındaki farklılığı merkezdeki karbona bağlı yan zincir olan (R) grubu sağlamaktadır.



Şekil 1.7 Aminoasitlerin genel yapısı

1.1.4.1. Standart Amino Asitlerin Sınıflandırılması

Amino asitler değişken 'R' gruplarına göre yük taşıyan (pozitif veya negatif yüklü), alifatik zincir taşıyan ve aromatik zincir taşıyan, aa'lar olarak sınıflandırılırlar. Beslenme açısından ise esansiyel amino asitler ve esansiyel olmayan amino asitler olarak ikiye ayrılırlar.

- **Esansiyel ve Esansiyel Olmayan Amino Asitler**

Esansiyel olmayan amino asitler: Vücutta glikoliz ve sitrat döngüsündeki ara ürünlerden sentezlenebilirler. Bunlar; glisin, alanin, serin, sistein, prolin, tirozin, glutamat, glutamin, aspartat, asparajin ve erişkinlerde arjinin ile histidindir.

Esansiyel amino asitler: Vücutta sentezlenemezler, dışarıdan alınmaları zorunludur. Bunlar; Valin, lösin, izolösin, treonin, metionin, fenilalanin, triptofan, lizin ve gelişmekte olanlarda arjinin ile histidindir (URL-4).

Tablo 1.1 Standart aminoasitler

Amino asit	Kısaltma	Amino asit	Kısaltma
Glisin	Gly	Treonin	Thr
Alanin	Ala	Sistein	Cys
Valin	Val	Metiyonin	Met
Lösin	Leu	Asparajin	Asn
İzolösin	Ile	Glutamin	Gln
Prolin	Pro	Aspartat	Asp
Fenilalanin	Phe	Glutamat	Glu
Tirozin	Tyr	Lizin	Lys
Triptofan	Trp	Arjinin	Arg
Serin	Ser	Histidin	His

1.1.5. Balığın Protein İçeriği ve Beslenmedeki Önemi

Balıklarda bulunan proteinler, vücut hücrelerinin korunması ve gelişmesi için gerekli olan ‘elzem amino asitlerin’ tamamını içerir. Bu elzem amino asitler bitkisel kaynaklı proteinlerde de bulunur; ancak, bu proteinlerde methionin ve lizin düşük miktarlardadır. Elzem amino asitler insan hücrelerinde birçok işleve sahip olmalarına rağmen, vücutta sentezlenemediklerinden mutlaka diyetle alınması gereken moleküllerdir (Brown, 2000). Balık eti esansiyel aminoasitlerce zengin olduğu için yumurta, et, süt gibi biyolojik kalitesi yüksek besinler arasında yer alır (URL-6, Oğuzhan ve ark., 2006).

Balık etinde bulunan temel proteinler aslında kas dokuda birleşerek aktomiyosini oluşturan aktin ve miyosinlerdir. Bunların yanında albümin de balıklarda bulunan temel proteinlerden biridir.

Balık etinin kimyasal kompozisyonu ve yararları anlaşılana kadar etin balıktan daha iyi bir protein kaynağı olduğuna inanılıyordu; ancak, yapılan çalışmalar et, balık, yumurta, süt, yulaf ve soya proteinlerinin amino asit miktarlarının aynı besleme değerinde protein içerdiği ortaya konmuştur (Love, 1982).

Balık eti, içerdiği protein miktarı ve kalitesi ile diğer etlere benzerken içerdiği bağ-doku miktarı açısından diğer etlere göre çok fazla farklılık göstermektedir. Kümes ve kara hayvanlarının vücutlarının yaklaşık % 15’ini bağ dokusu oluştururken, balıklar için bu oran % 3 civarındadır. Balık eti diğer etlerle karşılaştırıldığında çok daha az miktarda kollajen içerir. Balık etini diğer etlerden ayıran başka bir etmen ise kimyasal kompozisyonudur. Örneğin; hidroksiprolin gibi bazı aa’ların balık bağ-dokusunda daha az miktarda bulunması ve kasları uzun çizgili yapıya sahip olan memelilerden farklı olarak daha kısa olmasıdır. Bu ve bunun gibi farklılıklar balık etinin daha yumuşak olmasını ve pişirme esnasında bağ dokunun kolayca dağılmasını sağlar. Böylece, sindirim enzimleri tarafından kolay bir şekilde hidroliz edilen balık eti proteinlerinden vücudun faydalanma oranı artmış olur.

1.2. LİPİTLER

Lipitler, organizmanın yapı maddelerinin önemli bir kısmını oluştururlar. Ve başlıca besin kaynağıdır. Yapılarında özellikle C, H, O atomları bulunurken, bazı lipitlerde P, N ve S atomu da bulunur. Yağlar; suda çözünmeyen organik moleküllerdir. Bu yüzden de sindirimleri uzun sürer fakat benzen, aseton, eter,

kloroform gibi organik çözücülerde çözünürler. Diğer bileşiklere göre daha fazla hidrojen bulundurlar. Bu sayede daha fazla enerji verirler. Ayrıca yapılarındaki oksijen miktarı diğer bileşiklere göre daha azdır. En çok enerjiyi yağlar vermesine rağmen karbohidratlardan sonra kullanılırlar çünkü yıkımları uzun zaman alır. Vücutta depolanırlar ve yanmaları için daha fazla oksijene gereksinim duyulur.

1.2.1. Lipitlerin görevleri

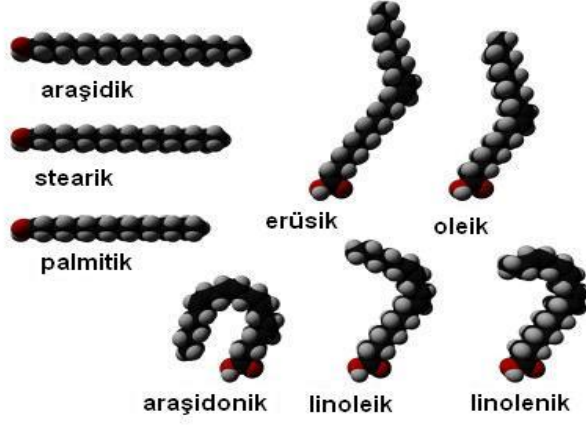
- Yağlar hücrede yapı ve enerji maddesi olarak kullanılır.
- Deri altında ve iç organların çevresinde canlıyı soğuktan, darbelerden korur.
- Yağların diğer bir önemli görevi de hücre zarını oluşturmalarıdır.
- Hücre zarına akıcılık ve esneklik kazandırır.
- Hidrofobik ve anyonik karakterleri sayesinde bazı iyon ve polar maddelerin de geçişine engel olurlar.
- Bazı yağların bileşiminde vücut tarafından yapılamayan büyüme, gelişme ve derinin sağlığı için gerekli olan yağ asidi bulunur.

1.2.2. Lipitlerin Sınıflandırılması

- Yağ asitleri
- Nötral yağlar
- Mumlar (yağ asitlerinin gliserolden başka alkollerle yaptıkları esterler)
- Fosfolipitler (yağ asitlerinin fosforik asit bileşikleri)
- Sfingolipitler ve glikolipitler (yağ asitlerinin sfingozin ile yaptığı bileşikler)
- Steroidler, kolesterol, safra asitleri ve diğer maddeler
- Terpenler, β -karoten, skualen ve benzeri maddeler (Bingöl, 1974)

1.2.3. Yağ Asitleri

Yapıları düz zincirli olan yağ asitleri organik asitlerdir ve zincirin asit ucuna karbon atomlarının eklenmesiyle uzarlar. Bazı yağ asitleri Şekil 1.8'de gösterilmiştir. Zincir uzunlukları geniş bir çeşitlilikte değişiklik göstermektedir. Örneğin; Sütte 4 karbonlu yağ asidi bulunurken, balık yağında 30 karbonlu yağ asidi bulunmaktadır.



Şekil 1.8 Bazı yağ asitleri

Tablo 1.2 ve Tablo 1.3'te gösterildiği gibi yağ asitleri doymuş yağ asitleri ve doymamış yağ asitleri olarak ikiye ayrılır;

Kimyasal olarak, yapısında çift bağ bulundurmayan yağ asitlerine doymuş yağ asitleri (Tablo 1.2) ya bir ya da birden çok sayıda çift bağ içeren yağ asitlerine ise doymamış yağ asitleri (Tablo 1.3) denir.

Tablo 1.2 Doymuş yağ asitleri

Sistematik Adı	Yaygın Adı	Kimyasal Formülü
Etanoik Asit	Asetik Asit	CH_3COOH
Bütanoik Asit	Bütirik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
Hegzanoik Asit t	Kaproik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
Oktanoik Asit	Kaprilik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
Dekanoik Asit	Kaprik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
Dodekanoik Asit	Laurik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
Tetradekanoik Asit	Miristik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
Hegzadekanoik Asit	Palmitik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
Oktadekanoik Asit	Stearik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
Eikosanoik Asit	Araşidik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$
Dokosanoik Asit	Behenik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$
Tetrakosanoik Asit	Lignoserik Asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$

Tablo 1.3 Doymamış yağ asitleri

Yağ Asidi	Kimyasal Formülü
Palmitoleik Asit C ₁₆ H ₃₀ O ₂	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Oleik Asit C ₁₈ H ₃₄ O ₂	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Linoleik Asit C ₁₈ H ₃₂ O ₂	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Alfa-Linolenik Asit C ₁₈ H ₃₀ O ₂	CH ₃ CH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Araşidonik Asit C ₂₀ H ₃₂ O ₂	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₃ COOH

Doğada en fazla bulunan yağ asidi oleik asittir. Hayvansal lipitlerde ise en çok bulunan doymamış yağ asitleri oleik, linoleik, palmitoleik ve araşidonik asitlerdir (URL-3).

ÇDYA zeytinyağı, ayçiçeği, fındık, mısır, kanola yağı gibi bitkisel yağlarda özelliklede soğuk sularda yaşayan ton, uskumru, somon gibi balıklarda bol miktarda bulunan yağ asitleri insan vücudunda sentezlenemediği için mutlaka diyetle alınması gerekir (Şahingöz, 2007). Gıdalarda yaygın olarak bulunan tekli doymamış yağ asitleri oleik asit çoklu doymamış yağ asitleri ise linoleik asittir (Semma, 2002).

ÇDYA'nin karbon sayısı 18 ile 22 arasındadır, kimyasal yapılarında 2 ile 4 çift bağ bulundurulabilirler. N-3 ve n-6 serisi yağ asitleri bu gruptaki yağ asitlerindedir. Ω-3 yağ asitlerinin en önemlileri olan EPA ve DHA' in ana kaynağını deniz ürünleri olduğu bildirilmiştir (Gordon ve Ratliff, 1992). Pek çok balık yağı % 8–12 EPA ve %10-20 DHA içerir. İnsan beslenmesi için en önemli ÇDYA kaynağı balık ve kabuklu deniz ürünleridir. Bazı yağlardaki doymuş ve doymamış yağ asitleri Tablo 1.4'te verilmiştir.

Tablo 1.4 Bazı yağlarda doymuş ve doymamış yağ asidi düzeyleri

Yağ Türü	Doymuş Yağ Asidi (%)	Doymamış Tek Çift Bağ Taşıyan Yağ Asidi (%)	Doymamış Çok Çift Bağ Taşıyan Yağ Asidi (%)
Tereyağı	66	30	4
Ayçiçek Yağı	13	21	66
Zeytinyağı	14	77	9
Soya Yağı	16	22	62
Palmiye Yağı	50	39	11
Mısırozü Yağı	16	32	52
Balık Yağı	29	48	23
Kuyruk Yağı	57	38	5

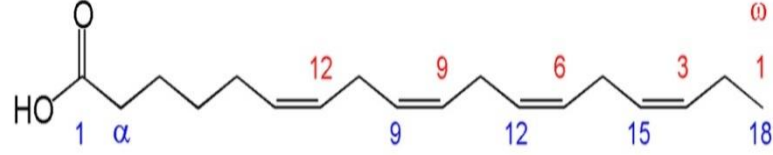
Doymamış yağ asitlerinin sınıflandırılması, yağ asidi zincirinin ucundaki metil grubundan başlanarak ilk çift bağın olduğu yer omega veya “n” şeklinde isimlendirilerek yapılır. Bu yağ asitleri n-3, n-6 ve n-9 olarak 3 grupta incelenmektedir; ancak beslenmede çoklu doymamış yağ asitleri içinde önemli iki temel grup vardır bunlar: Omega-3 ve Omega-6 yağ asitleridir. Omega-3 ve omega-6 yağ asitleri insan vücudunda sentezlenmedikleri için mutlaka diyetle dışardan alınmaları gereken yağ asitleridir. Bu yağ asitlerinin en iyi kaynaklarından biri balıklardır ve bazı balıklardaki çoklu doymamış yağ asidi miktarları Tablo 1.5.’te verilmiştir.

Tablo 1.5 Bazı balık türlerinde ω -6, LNA, EPA ve DHA miktarları (%)

Balık Türü	ω -6	LNA	EPA	DHA
Hamsi	0.2	-*	0.5	0.2
Sazan	0.8	0.3	0.2	0.1
Yayın Balığı	0.7	iz	0.1	0.2
Mezgit	iz	iz	0.1	0.2
Uskumru	1.1	0.1	0.9	1.6
Levrek	0.3	iz	0.2	0.1
Atlantik Somonu	0.7	0.2	0.3	0.9
Gökkuşluğu Alabalığı	0.6	0.1	0.1	0.4
Dere Alası	0.3	0.2	0.2	0.2

* - analiz edilmedi. LNA: Linolenik asit.

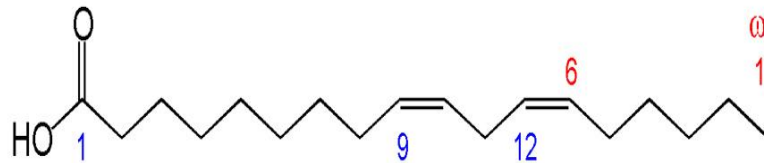
İlk çift bağı, metil grubuna en yakın olan üçüncü karbonda olduğu için Omega-3 olarak adlandırılan yağ asitlerinin kaynağı alfa-linolenik asittir. Alfa-linolenik asit (ALA)'nın kimyasal yapısı Şekil 1.10'da verilmiştir ve EPA ve DHA' in sentezlenmesinde görev alır (Gogus ve Smith, 2010).



Şekil 1.9 Alfa-linoleik asit (omega-3)

Omega-3 yağ asitleri insan vücudunda kandaki yağ konsantrasyonunu düzenleme, beyin ve göz fonksiyonlarının eksiksiz olarak yerine getirilmesi, HDL kolesterol düzeyini artırma, LDL ve toplam kolesterol düzeyini azaltma gibi birçok fizyolojik ve biyolojik etkinlikte görevlidir. (Özkan ve Koca, 2006) Ayrıca bu yağ asitlerinin tüketimiyle; bağışıklık sistemi rahatsızlıklarının tedavisinde , görme yeteneğinin artırılmasında, hipertansiyon, alerji gibi rahatsızlıkların tedavisinde etkili olduğu aynı zamanda bebeklerin beyin gelişiminde de önemli rol oynadığına ve sinirsel bozuklukları önlediğine dair çalışmalar bulunmaktadır (Besler, 2005, Eseceli ve ark., 2006).

İlk çift bağı, metil grubuna en yakın altıncı karbonda olduğu için Omega-6 adı verilen yağ asitlerinin kaynağı Şekil 1.11' de gösterilen linoleik asittir. Omega-6 yağ asitlerinin su kaybını önlediği, vücut sıcaklığını düzenlediği, cilt sağlığını koruduğu, esnek ve pürüzsüz cilt oluşumu sağladığı belirtilmekte, böylece derinin yaralanmalardan ve enfeksiyonlardan korunduğu, bilinmektedir (Gogus ve Smith, 2010).



Şekil 1.10 Linoleik asit (omega-6)

- **Trans Yağ Asitleri:** Doymamış yağ asitleri içinde çift bağ iki formda oluşabilir. Hidrojen atomları karbon zincirinin, aksi yönlerde ise trans, aynı tarafında ise cis izomerler olarak ortaya çıkar. Trans formundaki yağ asitlerinin erime noktaları oldukça yüksektir cis formundaki yağ asitlerinin erime noktaları ise düşüktür. Bitkisel yağlardaki doymamış ve balık yağındaki Çoklu doymamış yağ asitleri cis formundadır (Semma, 2002).

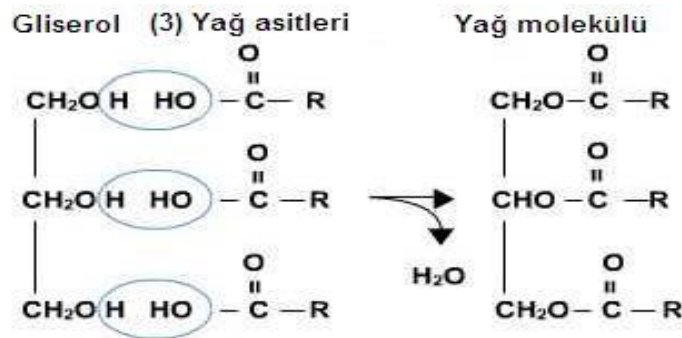
Trans yağ asitleri farklı yollarla oluşmaktadır. Trans yağ asidi alımının artması, esansiyel yağ asitlerine ihtiyaç miktarını artırmaktadır (Kayahan, 2009).

1.2.4. Nötral Yağlar

Gliserol ile üç molekül yağ asidinin esterleşmesi sonucu Şekil 1.12’de gösterildiği gibi nötral yağlar oluşur. Esterleşme gliserol ile bir yağ asidi arasında gerçekleşirse monoaçilgliseroller, iki yağ asidi ile esterleşmesiyle diaçilgliseroller ve üç yağ asidi ile esterleşmesi sonucunda ise triaçilgliseroller meydana gelir. Hidrofobik ve nonpolar olan nötral yağlar yağ asidinin temel depo şeklidir.

Sadece birkaç yağ asidi gıdalarda veya vücutta serbest haldedir. Büyük bir çoğunluğu trigliserit formundadır. Doymuş, doymamış yağlar ve mumlar bu gruba girer.

Tüm hayvansal dokularda, az veya çok miktarda yağlar bulunur ve bu yağlar yedek besin maddesi olma, vücudu ısı kaybına karşı koruma ve iç organların dışarıya karşı korunma gibi üç önemli fizyolojik göreve sahiptir (Anonim, 2006).



Şekil 1.11 Bir yağ asidinin gliserolle yaptığı esterleşme reaksiyonu

1.2.5. Mumlar

Mumlar uzun zincirli yağ asitlerinin yine uzun zincirli alifatik alkollerle yaptıkları polar olmayan esterlerdir. Birçok bitki ve hayvan vücudu mum tabakaları ile örtülmüştür. Bu sayede mumlar hem suların nüfuzuna, hem de kuruluğa engel olur. Doğadaki görevleri de budur. Yağlar gibi kolay hidroliz olmayan mumların besinsel değeri çok düşüktür (URL-3).

1.2.6. Fosfolipitler

Yapılarında gliserin ve esterleşmiş halde H_3PO_4 taşıyan gliseridlerdir. Bütün bitki ve hayvan hücrelerinde bulunan fosfolipitler membranların temel yapı elementidir (Bingöl, 1976).

1.2.7. Sfingolipitler

Hayvansal dokularda yaygın olan sfingolipitlerin alkolü gliserol değildir. Sinir sistemi ve beyinde fazla miktarda bulunurlar. Sfingolipitler lipazlar tarafından parçalanamazlar (Anonim, 2006).

1.2.8. Steroidler

Lipitlere göre daha sert yapıda olan steroidler organizmada önemli fizyolojik görevlere sahip olan biyolojik reaksiyonlarda en fazla incelenen yapılardır. Hayvansal ve bitkisel dokularda yaygın olarak bulunan steroidler dört halkalı bir yapıya sahiptir. Bu halkaların hepsine birden steran halkası denir. Hayvansal dokulardaki en önemli sterol kolesteroldür. Steroller vücut için yaşamsal önemi olan bileşiklerin sentezlenmesi için gereklidir. Safra asitleri, cinsiyet hormonları, adrenal hormonlar ve D vitamini sentezi için kolesterole gereksinim vardır (URL-3).

1.2.9. Terpenler

Kimyasal anlamda çeşitli fakat belli sayıda izopren birimlerden oluşan yapılardır. İzopren biriminin kimyasal formülü $(C_5H_8)_n$ 'dir (Anonim, 2006).

1.2.10. Glikolipitler

Karbonhidrat içeren lipitlere glikolipit denir. Yapı olarak sfingomiyelinlere benzer, sfingomiyelinlerden farkı yapısında fosfat grubunun olmaması ve bunun yerine monosakkarit veya oligosakkarit içermesidir. Monosakkarit olarak galaktoz içeren glikolipitler serebrozit, oligosakkarit içerenler gangliozit olarak sınıflandırılır.

Serebrozitler ve gangliozitler beyinde ve sinir dokuda hücre zarının dış yüzeyinde bulunur. Zar reseptörü olarak hücreler arası iletişimi sağlar (Anonim, 2006).

1.2.11. Lipoproteinler

Proteinlerin lipitlerle yaptıkları bileşiklerdir. Kandaki taşıyıcı moleküllerdir. Lipoprotein parçacıkları 10nm ile 1000nm arasındaki büyüklüklerde olur. Şilomikronlar (yaklaşık 1000nm), VLDL (çok düşük yoğunluklu lipoproteinler) (25-90nm), LDL (düşük yoğunluklu lipoproteinler) (<26nm), HDL (yüksek yoğunluklu lipoproteinler) (6-12.5nm)vücuttaki en yaygın lipoproteinlerdir (Anonim, 2006).

1.2.12. Balığın Yağ İçeriği ve İnsan Sağlığına Etkisi

Balık yağları bünyesinde bulundurduğu çoklu doymamış yağ asitleri ile özellikle oldukça yüksek oranda DHA ve EPA açısından zengin bir içeriğe sahiptir. Bu yağ asitleri insan sağlığı açısından olumlu etkiler gösterir. Hem kalp sağlığı hem de kolesterol dengesi açısından mutlaka beslenmede olması gereken önemli yağ asitlerindedir (Horrocks ve Yeo, 1999).

Doğada bulunan doymamış yağ asitleri, omega 3 (n-3), omega 6 (n-6) ve Omega 9 (n-9) grubu olan yağ asitleridir. Bütün deniz ürünlerinde bulunan fakat diğer besinlerde bulunmayan iki önemli yağ asidi, n-3 serisi yağ asidi olan DHA ve EPA'dır. Balık etinde çok miktarda bulunan bu yağ asitleri beslenmede hem kolesterol dengesi hem de kalp sağlığı açısından gerekli olan, insan sağlığı için oldukça olumlu etkiler gösteren ve mutlaka diyetle alınması gereken yağ asitleridir (Gordon ve Ratliff, 1992). Bu yağ asitleri koroner kalp hastalıklarının önlenmesi, beyin gelişimi, bağışıklık sisteminin güçlenmesi gibi önemli işlevlere sahiptirler (Lewis ve ark., 2000).

Diyetle alınan n-3 (omega-3) yağ asitlerinin kalp-damar hastalıkları, alerjiyi, sinirsel bozuklukları ve hipertansiyonu önlediğini, bağırsak sistemi hücrelerinin yapısını etkileyerek ince bağırsağın içini saran sindirici-emici hücrelerin kalınlığını yüzey alanını arttırarak besinlerin daha fazla emilimini sağlarken alerjenlerin daha az emilimini sağlarlar. Ayrıca esansiyel yağ asidi içeren bileşiklerin hayvanlarda kanser hücrelerini engellediğini, insanlarda ise n-3 yağ serisi asitlerinin göğüs kanseri hücrelerinin büyümesine engel olduğuna dair birçok çalışma yapılmıştır (Eseceli ve ark., 2006).

Beslenmedeki yağ asitleri serum kolesterol seviyelerini farklı oranlarda etkilemektedir. İnsanlarda kan plazmasındaki lipit seviyesiyle koroner kalp hastalıkları arasında serum lipitleri içerisindeki kolestrolde kaynaklanan sıkı bir ilişki vardır. Balık yağı lipoproteinlerin fiziksel durumunu değiştirerek LDL'yi düşürür ve böylece kolesterolü yüksek hastalarda, kolesterolün düşmesini sağlar. Yapılan çalışmalarla omega-3 yağ asitlerince zengin olan balık yağı tüketimiyle koroner kalp hastalıklarından kaynaklanan ölümlerin azaldığı ortaya konmuştur (Kromhout ve ark., 1985).

Balık etindeki yağın çoğunluğu trigiliserit ve ÇDYA'dır. Balıklardaki yağ miktarı balığın türüne hatta aynı tür içinde beslenme koşulları, mevsimsel koşullar, suyun tuz oranı ve diğer çeşitli faktörler ile çeşitlilik göstermektedir; ancak, kara ve kümes hayvanlarının etleriyle kıyaslandığında balık eti daha az miktarda yağ içerir. Balık etinin bir diğer önemli farkı ise çok uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin tek kaynağı olmasıdır. İnsan beslenmesinde çok önemli bir rol oynayan, çoklu doymamış yağ asitleri vücutta sentezlenemeyen ve muhakkak diyetle alınması gerekli olan yağ asitleridir ve elzem yağ asitleri olarak kabul edilirler (Besler, 2005).

Uzun zincirli ÇDYA, vücuttaki fosfolipit membranlarının ve bütün dokuların ana yapısal bileşenidir. Membranların iyon transferini ve akıcılığını etkilemektedir. Doymamış yağ asitlerinden omega-3 grubu özellikle beyin, miyokard ve retina da çok miktarda bulunurlar ve bu dokuların gelişmesi, tam ve doğru çalışması için gereklidirler.

Genel olarak doymamış yağ asitleri başta kalp ve damar hastalıkları olmak üzere kanser Alzheimer, astım gibi birçok hastalığın tedavisinde ve önlenmesinde etkin rol almaktadır. Balıklar içerdiği omega-3 yağ asitleri ile diyetle bulunması gereken besinler arasındadır ve omega-3 yağ asitleri tüketiminin günlük en az 4 g olması gerektiği bildirilmektedir.

1.3. VİTAMİNLER VE MİNERALLER

Vitaminler ve mineraller vücudumuzda gerçekleşen tüm işlemlerde anahtar rol oynayan ortak işlev gösterdikleri diğer besin elemanlarının yerine de çalışarak organizmada birçok işin aksamadan yerine getirilmesini sağlayan besin elemanlarıdır.

Vitaminler vücutta metabolik olayların normal bir şekilde meydana gelmesi ve sağlıklı durumun sürdürülmesi için gerekli olan, ya vücutta sentezlenmeyen ya da yetersiz derecede sentezlenen ve besinler içinde alınması zorunlu karmaşık kimyasal maddelerdir (Akkan, 1999).

Vitaminler suda eriyen (C ve B grubu) ve yağda eriyen (A, D, E, K) vitaminler olmak üzere ikiye ayrılır.

Mineraller kemik, diş ve tırnak gibi dokularda hücrelerin önemli bir kısmını oluşturan, enzimlerle birlikte çalışan ve organizmada gerçekleşen enzimatik reaksiyonları hızlandıran besin öğeleridir. Mineraller doğada yaygın olarak görülen inorganik maddelerdir. Vücudun büyümesi ve gelişmesi, yaşamın sürdürülmesi ve sağlığın korunması için minerallere ihtiyaç vardır. Mineraller vücudumuzda yapıyı oluşturan ve birçok işlevi düzenleyen elzem besin öğeleri grubudur (Samur, 2008).

Organizmanın vitamin ve mineral ihtiyacı Karbonhidratlar, proteinler ve yağlara oranla çok daha azdır. Bu nedenle mikro besin elemanları olan vitamin ve mineraller doğrudan birer enerji kaynağı değil, enerji sağlayan birçok mekanizma için düzenleyici olarak görev yapan öğelerdir (Samur, 2008).

1.3.1. Balığın Vitamin İçeriği Ve Beslenmedeki Önemi

Balıklar, hem etlerinde hem de yağlarında, yağda eriyen vitaminlerden A, E, D vitaminleri ile suda eriyen B grubu vitaminlerinden B₁, B₂, B₃, B₆, B₁₂ vitaminlerini içerdikleri için iyi bir besin kaynağı olarak değerlendirilirler. Özellikle, E vitamini balık ve diğer deniz ürünlerinde çok miktarda bulunmaktadır ve günlük 5-10 mg alınması gereken E vitaminin % 10-20'si balık tüketimiyle karşılanabilmektedir. Balıkların karaciğer yağı yağda eriyen vitaminler açısından zengin bir kaynak olduğu için iki asırdan fazla süredir besin destekleyicisi olarak kullanılmaktadır (Brown, 2000).

1.3.2. Balığın Mineral İçeriği Ve Beslenmedeki Önemi

Balık ve diğer deniz ürünleri beslenmede çok önemli olan magnezyum (Mg), fosfor (P), potasyum (K), iyot (I), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), kükürt (S), klorür (Cl), mangan (Mn), bakır (Cu), demir (Fe), selenyum (Se) ve çinko (Zn) minerallerini içerir. Özellikle selenyum ve iyot gibi minerallerce diğer besinlerden daha zengin olduğu için balık ve diğer deniz ürünleri sağlıklı beslenmede önemli bir yere sahiptirler (Yipel, 2012, Şimşek ve ark., 2009). Günlük mineral ihtiyacının

karşılanmasında balık tüketimi çok önemlidir. Deniz balıkları, magnezyum, kalsiyum ve fosfor yönünden daha zengindir. Kalsiyum ve fosfor arasındaki denge değeri, vücuttaki görevleri açısından çok önemlidir ve bu değer balıklarda 2,15/1 olarak tespit edilmiştir ki buda ideale en yakın değerdir. Balık eti, kara ve kümes hayvanlarının etlerine göre daha az demir minerali içermesine rağmen, balığın özellikle beyaz etli balığın yapısında demir emilimi daha yüksektir. Bu yüzden alınan demir miktarı az dahi olsa vücut tarafından demir kullanılabilirliği daha fazladır (Besler, 2005).

Balıklar buldukları sulu ortamdaki suyun yapısında bulunan elementleri yoğun bir şekilde bünyelerinde bulundururlar (Özalp, 2008).

1.4. AĞIR METALLER

Ağır metaller antik çağlarda insanların etkilerini bilmeden metal cevherlerini işlenmeye başlayıp silah, takı vb. gibi eşyalar yapmak için bu metalleri kullanmaya başlamalarından itibaren çevremize yayılmaya başlamışlardır. Endüstrinin gelişmesiyle ağır metallerin kullanımında büyük oranda artmıştır (Sarreyüboğlu, 1980).

Ağır metaller, yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösteren metallere denilmektedir. Fiziksel özellik açısından ise, yoğunluğu 5 g/cm³'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal dahil edilebilir (Kara, 2013).

Biyolojik anlamda metaller 3 gruba ayrılır:

1. Esas elementler (Hafif metaller): Sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar. Sodyum, potasyum, kalsiyum vb.

2. Yan elementler (Geçiş elementleri): Düşük konsantrasyonlarda gerekli olan fakat yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösteren elementlerdir. Demir, bakır, kobalt, mangan vb.

3. İz elementler (Metalloitler): Çok düşük konsantrasyonlarda dahi hücrelerde toksisiteye sebep olan ve genelde metabolik faaliyetler için gerekli olmayan arsenik, cıva, kalay kurşun, selenyum vb. elementlerdir.

Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre esansiyel ve esansiyel olmayan olarak sınıflandırılırlar. Esansiyel olan ağır metallerin, organizma

yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunması gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin; demir hayvanlarda ve insanlarda kanda oksijen taşıyan kırmızı kan hücrelerinde bulunur. Çeşitli enzimlerin üretimi için gereklidir. Kurşun ve kadmiyum gibi esansiyel olmayan ağır metaller ise çok küçük dozlarda bile organizmalar için toksik etki gösterir. Bu nedenle Gıdalarda kurşun, cıva, bakır, çinko gibi ağır metallerin miktarına belirli limitlere kadar müsaade edilmektedir çünkü bu ağır metaller 1 ppm sınırında öldürücüdür (Uysal ve Atalay, 2007).

1.4.1. Ağır Metal Kaynakları

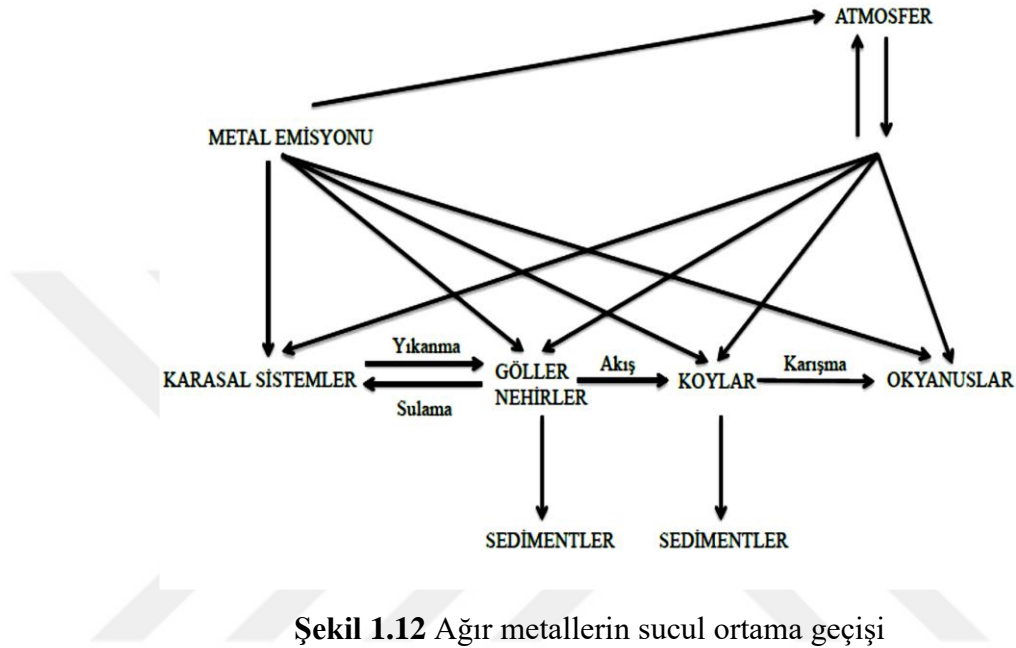
Metaller ve bileşikleri yer kabuğunda değişik konsantrasyonlarda bulunurlar. Ağır metaller; kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva, çinko gibi yeryüzünde daha çok oksitler, karbonatlar, silikatlar (içinde hapis olarak), sülfürler (stabil bileşik olarak) bulunurlar. Ağır metallerin kaynakları ve etkileri Tablo 1.6'da verilmiştir.

Tablo 1.6 Ağır metallerin kaynakları ve insanlara olan etkileri

Kirletici	Kaynağı	Etkisi
Kurşun	Endüstri, yakıtlar, altın madenciliği	Anemi, beyin hasarı, duyu ve motor sinirlerde hasar
Kadmiyum	Endüstri, altın madenciliği	Böbrek harabiyeti, akciğer kanseri
Nikel	Endüstri, madencilik, kaynak işleri	Solunum sistemi hastalıkları, alerjik reaksiyonlar, gırtlak kanseri
Çinko	Kaynak işleri, bronz işçiliği	Solunum yollarına etki eder.
Bakır	Pestisitler, altın madenciliği	Solunum yollarına etki eder.
Arsenik	Madencilik, pestisitler	Cilt kanseri, kas güçsüzlüğü
Uranyum	Radioaktif atıklar	Kanser
Krom	Endüstri, kaynak işleri	Cilt kanseri, solunum sistemi hastalıkları, alerjik reaksiyonlar

1.4.2. Ağır Metallerin Sucul Ortama Geçişi

Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin akarsu, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Ağır metallerin sucul ortama geçişi Şekil 1.12’de verilmiştir.



Sulara taşınan ağır metalleri yoğunlukları çok fazla miktarda azalır ve karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşikler halinde suyun tabanına çökerek bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan, suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak artar ve kirliliğe sebep olur. Kirlenme, ekosistem için zararlı maddelerin o ortam tarafından yok edilemeyecek düzeye ulaşmasıyla ortaya çıkmaktadır (Çiçek, 2001). Sucul ortamdaki ağır metallerin kabul edilebilir değerleri Tablo 1.7’de sunulmuştur.

Deniz suyunda bulunan bazı ağır metallerin toksisite sırası Hg>Cd>Ag>Ni>Pb>As>Cr>Sn>Zn şeklindedir (Kayhan ve ark., 2006).

Çevre, deniz ve suların kirlenmesinde ağır metallerin doğurduğu sorunlar günümüzde insan sağlığını tehdit eder bir seviyeye gelmiştir. Beslenme zinciri yoluyla insanlara bulaşan ağır metallerin başlıca birikme ve bulaşma kaynağı su ve deniz çevreleri olmaktadır (Vural ve Müftügil 1985).

Tablo 1.7 Sucul ortamdaki ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (resmi gazete, 1995).

Ağır metalin adı	Kabul edilebilir değer (mg/l)
As	0,100
Cu	0,010
Hg	0,004
Zn	0,003
Fe	0,700
Ag	0,003
Cd	0,010
Co	1,000
Pb	0,100
Cr	0,100
Mn	1,000
Ni	0,300
Se	0,050
Sn	1,200

Sudan sağlanan gıdalar arasında en üst sırada balıklar gelmektedir ve balıklar bazı metallere yüksek miktarda maruz kalabilirler. Bununla birlikte balıklar su sistemi içerisinde iz element kirliliği ve insan tüketiminde potansiyel risk gösterge faktörüdür. Normal balık metabolizmasında bakır ve çinko gibi elzem metaller sudan, gıda ve çökeltilerden karşılanır. Benzer yollarla elzem ve elzem olmayanlar da balık tarafından alınarak dokularında birikir (Yılmaz 2009).

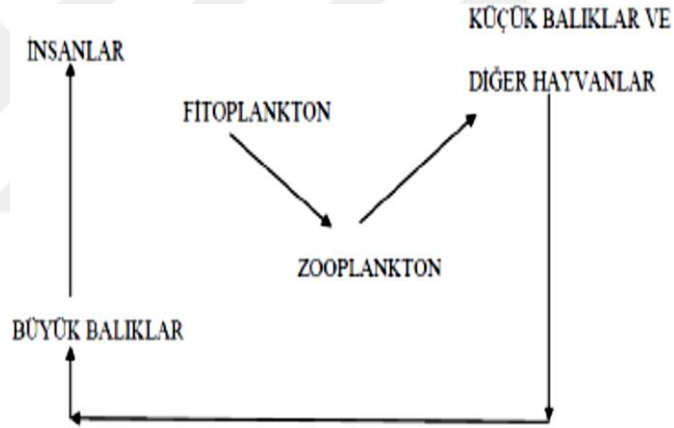
1.4.3. Ağır Metallerin Organizmaya Alımı ve Taşınımı

Metaller canlılar tarafından belirli bir konsantrasyonun üzerinde alındığında hücrenin metabolizmasına ve gelişimine zarar vererek toksik etki yapmaktadırlar. Pb, Hg, Cd, As gibi ağır metallerin çok düşük miktarları bile zehirli ve hatta öldürücü olabilirken, Zn, Fe, Cu gibi ağır metaller ise uygun konsantrasyonlarda canlı yaşamı için gereklidir ve organizma tarafından yeterince alınmadıklarında çeşitli bozukluklar ortaya çıkmaktadır. Canlı bünyesi için yaşamsal fonksiyonları olan ağır metallerin gereğinden fazla birikimi dokularda tahribata sebep olmakta ve sonuç olarak organ ve dokuların görevini yapamamasına neden olmaktadır. Sucul ortamlarda normal şartlarda belirli derişimlerde denge halinde olan ağır metaller, kentsel ve endüstriyel bölgelerde daha yoğun olmaktadır (Köse, 2007).

Ağır metaller canlılar tarafından doğrudan solunarak alınabileceği gibi, karasal kısımlara ve dolayısıyla bitkiler ve besin zinciri yoluyla tüm canlılara ulaşabilir. Ayrıca endüstriyel atık suların içme sularına karışmasıyla da canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratırlar.

Sulardaki inorganik kirlenmenin en önemli kaynağını ağır metaller oluşturur. Ağır metaller suda kolayca çözünebildikleri için su organizmaları tarafından çok kolay bir şekilde alınabilmekte ve canlıların proteinlerine çok kuvvetli bir şekilde bağlanabilmektedirler (Kalay, 2004).

Ağır metaller, besin zincirinin ilk halkasında yer alan ve direkt olarak besinlerini oluşturan fitoplanktonlar ya da sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile balıklara daha sonra da insanlara ulaşmaktadır. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonları, balık türünün beslenme alışkanlığı ve vücuda alınan metale bağlı olup, balığın doku ve organları arasında da değişim göstermektedir.



Şekil 1.13 Ağır metallerin vücuda alınımı ve dağılımı

Sucul organizmalarda metaller canlı vücuduna;

- Solunum yolu ile solungaçlardan,
- Deri yolu ile vücut yüzeyinden,

Beslenme ile sindirim sisteminden alınırlar.

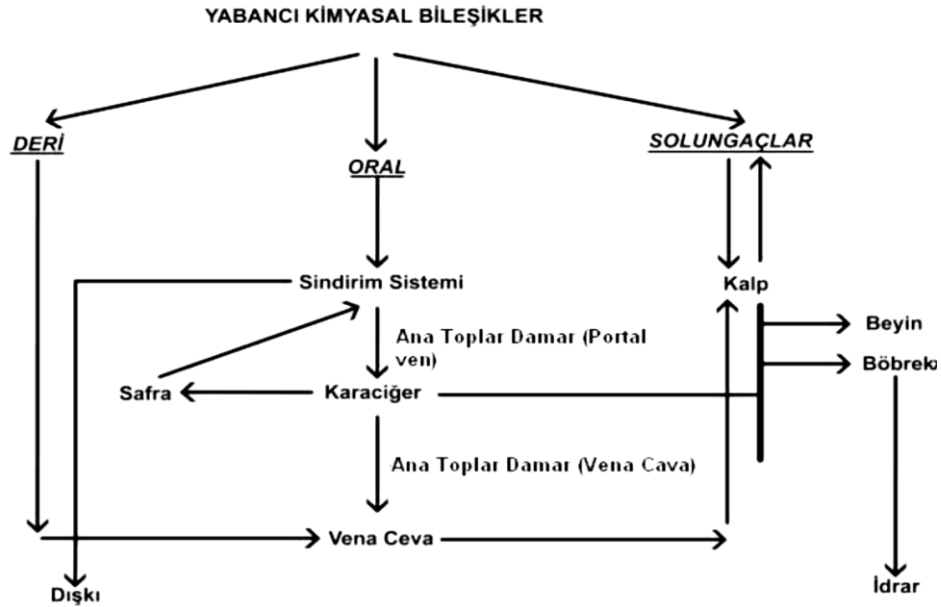
Solungaçlar Yolu ile Alınım: Sucul çevredeki metallerin organizma vücuduna alınımında özellikle geniş yüzeye sahip olmasıyla solungaçların rolü büyüktür. Balıklar ağızları ile aldıkları suda bulunan oksijeni solungaçlarındaki kılcak damarları ile alırken aynı zamanda suda çözülmüş ve askıda bulunan maddeleri de vücutlarına alırlar.

Deri Yolu ile Alınım: Vücut yüzeyi sık sık toksik maddelerle temas halinde olmasına rağmen derinin ağır metallere fazla oranda geçirgen olmaması nedeniyle bu yolla zehirlenme daha seyrekir.

Sindirim Sistemi ile Alınım: Ağır metaller besin zinciri yolu ile sudaki plankterlerden ya da sudaki diğer organizmalardan genellikle besin zincirinin uç halkasında bulunan balıklara geçer (Köse, 2007).

Metallerin canlı vücudundan atılmasının vücut yüzeyi, solungaçlar ve boşaltım yolu ile ayrılma olmak üzere üç yolu vardır. Metallerin sucul organizmaların bünyesinden atılmasını etkileyen çok sayıda değişken olmakla birlikte, kirleticilerin birikimiyle karşılaştırıldığında ağır metallerin atılımı çok daha yavaştır (Yıldızdağ, 1992).

Balıklarda ağır metal birikimi metalin türüne, ortam konsantrasyonuna ve maruz kalma süresine; yaşına, doku ve organlara, gelişme evresine, ortamda bulunan diğer metallere, türün beslenme durumuna, suyun fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak değişir (Köse ve Uysal, 2008). Balıklarda ağır metallerin toksik etkileri ilk olarak solungaçlarda görülür. Balıklarda ağır metallerin vücuda alınım yolları Şekil 1.14'te verilmiştir.



Şekil 1.14 Ağır metallerin balıklarda vücuda alınımı ve dağılımı

Önemli bir protein kaynağı olan ve biyolojik döngünün bir halkasını oluşturan balıklarda, ekolojik dengenin korunması ve insan sağlığı açısından, giderek artan ağır metal kirliliğinin etkilerinin araştırılması gereğini doğurmuştur (Karadede, 1997). Su ürünlerinde kabul edilebilir değerler Tablo 1.8’de verilmiştir

Tablo 1.8. Su ürünlerinde kabul edilebilir ağır metal konsantrasyonları (Anonim, 2002).

Ürün cinsi	Metal (mg/kg)					
	As	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn
Balık	1,00	0,50	0,10	1,00	20,00	50,00
Yumuşakça	1,00	0,50	0,10	1,00	20,00	50,00
Kabuklu	1,00	1,00	1,00	2,00	20,00	50,00

1.4.4. Balıklarda Ağır Metaller ve İnsan Sağlığına Etkileri

Balıklar protein, vitamin, mineral, omega 3 yağ asitleri gibi önemli besin içerikleri ile insan diyetinin önemli bir parçasıdır (Türkmen, 2005). Özellikle kalp sağlığını koruyucu etkisi nedeniyle balık tüketimi sık sık tavsiye edilir (Castro-Gonzalez, Mendez-Armenta, 2008). Fakat balıklar çoğunlukla sucul besin zincirinin en üstündedirler ve diğer deniz canlıları gibi balıkların da buldukları habitattan etkilenerek ağır metal yükleri artabilir (Saei-Dehkordi, Fallah,2011).

Balık tüketimi vasıtasıyla farklı ağır metallere maruz kalındığından bu durum balıkların sağlıklı besin olarak ifade edilmesini zorlaştırmıştır. Araştırmacılar balıklardaki ağır metal oranının son on yıldır dünya genelinde artış gösterdiğini kabul etmektedir. Balıklar ve diğer sucul organizmalar çok sayıda çalışmada metallere deniz kirliliğinin biyoindikatörü olarak kullanılmışlardır (Castro-Gonzalez, Armenta-Mendez, 2008).

Ağır metallerin insan metabolizmasında etkin oldukları aşamalar ve oluşturdukları etkiler;

- Kanserojen ve mutajen olarak yapı taşlarına etki edenler,
- Kimyasal reaksiyonlara etki edenler,
- Allerjen olarak etki edenler

-Spesifik etki edenler ve

-Fizyolojik ve taşınım sistemlerine etki edenler olarak sıralayabiliriz

Organizmada kalsiyum ve demir eksikliğinde kurşun emilimi, kalsiyum eksikliğinde kadmiyum emilimi artmaktadır. Sağlık sorunlarına neden olduğu için ağır metallerin gıdalardaki miktarı belli limitlerde sınırlandırılmıştır (Köse, 2007). Balıklarda ağır metallerin kabul edilebilir değerleri Tablo 1.9’da verilmiştir.

Tablo 1.9 Balık dokularında ağır metallerin kabul edilebilir değerleri (Anonim, 2002).

Ağır metalin adı	Kabul edilebilir değer (mg/kg)
Cd	0,1
Cu	20,0
Hg	0,5
Zn	50,0
As	1,0
Pb	1,0

1.4.5. İncelenen Metallerin Özellikleri ve Toksik Etkileri

1.4.5.1. Kurşun (Pb)

Kurşun, hava, su ve toprak aracılığıyla solunum ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliğe sahip bir metaldir. Erime noktası 327 °C, kaynama noktası 1744 °C’dir (Vural, 1996). Kurşunun organizmalarda herhangi bir biyolojik işlevi bulunmaz fakat yer kabuğunda, kayalarda, suda ve toprakta doğal olarak bulunur. Doğal sularda normal kurşun düzeyleri 0,0006-0.12 mg/l arasındadır. Aslında her çeşit doğal çevrede ve canlı organizmalarda iz halinde kurşuna rastlanır (Büyükgüncü, 2011).

Geçmişte, balıkların yenilebilir kısımlarındaki kurşun içeriğinin oldukça yüksek olduğunu, analitik işlemin kalite kontrolü ve kontaminasyonun kontrolünden dolayı güvenilir olmadığını ve sonuçların yetersiz olduğunu gösteren birçok veri mevcuttur. Bu analizler, açık denizden yakalanan, balıkların kasındaki kurşun içeriğinin hala 2-10 µg/g gibi çok düşük miktarlar olduğunu göstermiştir (Oehlenschläger, 2000).

Sadece endüstri ve zirai aktivitelerin yoğun olduğu bölgelerde ve işlenmemiş belediye ve endüstri atık sularının girişi olan sulardan yakalanan balıkların kas dokusunda yüksek kurşun içeriği tespit edilmiştir (Wong ve ark., 2001). Kurşun çevrede hem inorganik hem de organik formda bulunur. Organik formu, genellikle 5-100 µg/kg konsantrasyonlarında birçok tatlı su ve deniz balıkları türlerinde bulunan tetra alkali-kurşun formudur. Kurşun doğal erozyonlarla ve havadaki kurşunun yağmurla taşınması sonucu suya geçer. Tatlısular genellikle deniz suyundan daha fazla inorganik ve organik materyaller içerir. Bu materyaller yüksek derecede çözünmüş kurşunu emme eğilimine sahiptir. Bundan dolayı Tatlısularda emilen kurşun mikroorganizmaları, su bitkilerini, suda yaşayan canlıları ve besin zinciri yoluyla insanları etkiler.

İnsan vücuduna kurşun, gıdalardan (% 65), sudan (% 20) , havadan (% 15) alınabilir. Vücuda giren kurşun akciğerlere kadar ulaşır ve akciğerlerden yavaş yavaş emilerek kana karışır. Vücudun yaklaşık %2'sini oluşturan kanda, kurşun onlarca gün kalabilir (Radjaei, 2006).

Environmental Protection Agency (EPA)'ya göre içme sularında izin verilen güvenlik sınırı 15 µg/l'dir. Günlük yiyeceklerle 1-4 µg alındığı varsayılır. İşyeri havasında metreküpte 50 µg üst sınır olup; zımparalama, kaynak gibi işlemler sırasında metreküpte 2500 µg düzeylerine ulaşılabilir. Düzey 100 mg ise ani yaşamsal tehlike oluşturur (Türkmen, 2003). WHO'nun sınıflandırmasına göre kurşun 1.sınıf kanserojendir (John ve Howard, 1996). Taze balıklarda kurşunun tolere edilebilir maksimum değeri 0,2 mg/kg olarak belirlenmiştir (Anonim, 1997). Kurşun ile kontamine olmuş balıkların insanlar tarafından yenilmesi sonucu uzun sürede satürnizm hastalığı görülür.

1.4.5.2. Krom (Cr)

Hayvanlarda, kayalarda, bitkilerde, toprakta, gazlarda ve volkanik tozlarda doğal olarak bulunan bir element olan kromun, çevrede değişik formda yapıları bulunabilir. Bunlardan en yaygını; Cr, Cr⁺³ ve Cr⁺⁴,tür. Kromitler ve krom oksit topraklarda bu metalin esas kaynağını oluşturur. Krom metal endüstrisinde, çelik üretiminde, paslanmayı kontrol edici ve gıda koruyucu madde olarak, alaşım yapımında ve krom kaplamada kullanılmaktadır. Organizmalarda, kromun farklı türleri, farklı toksik etkilere sahiptir. Cr⁺³ doğal olarak pek çok taze meyve, sebze, et, bira mayası

ve hububat tohumlarında bulunabilir. Farklı işleme, depolama ve hazırlama metotları gıdanın krom içeriğini değiştirebilir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) kromun gıda ve su yoluyla alınmasının böbrek, mide ülserleri ve karaciğer hastalıklarına sebep olduğunu, yüksek dozlarda solumaya maruz kalındığında ise akciğer kanseri riskinin arttığını bildirmiştir. Balıklar sulardan bünyelerine çok miktarda krom birikimi yapmazlar (ATSDR, 2003).

1.4.5.3. Çinko (Zn)

Çinko, mavimsi açık gri renkte, kırılabilir bir metaldir. Canlıların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmeleri için gerekli olan çinko ve Zn 'nin birçok bileşiği diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında düşük zehir etkisi gösterirler. Çinkonun en toksik formu doğal sularda bulunan toplam Zn'nin küçük bir kısmını oluşturan serbest iyon formudur.

Metal kaplama, boyama ve lastik endüstrilerinde yoğun miktarlarda kullanılır. Belirli konsantrasyonların üzerinde toksik etkiye, klorür formunda ise öldürücü etkilere neden olmaktadır. Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazla, yapısında bulunduğu bileşiğin anyonik kısmının toksikliğine bağlıdır.

Balık ve diğer deniz ürünlerinde mg/kg miktarlarında gösterilir ve su ürünlerinin yenilebilir kısımlarında insan sağlığı için tehlikeli çinko miktarı olduğuna dair bir kayıt yoktur. Birçok balık ve kabuklularda çinkonun biyo yararlanımı yüksektir fakat yüksek miktarlarda Ca, P içeren diğer besin komponentleri tarafından etkilenebilmektedir (Lall, 1995).

1.4.5.4. Nikel (Ni)

Nikel, periyodik tabloda atom numarası 28 olan 8B grubu elementlerinden biridir. Oksijen ve sülfürle bileşik oluştururlar. Doğada bol miktarda bulunur. Volkanlardan kaynaklandığı için bütün topraklarda bulunur. Saf nikel, sert, gümüş renkli bir metal olup, alaşımları oluşturmak üzere diğer metallerle birleşir. Demir, bakır, krom ve çinko ile alaşım oluşturabilirler. Madeni para ve mücevher yapımında kullanılmaktadır. Nikel bileşikleri aynı zamanda, nikel kaplama, seramik renklendirme ve bazı pillerin yapımında kullanılır. Havada çok düşük miktarda bulunan nikel elementi genellikle sediment ve topraktaki; mangan ve demir içeren parçacıklara bağlı olarak bulunur. Nikel balıklarda çok fazla miktarda bulunmaz. İnsan ve hayvanlar için esansiyel olan ve çok düşük miktarlarda olan nikelin

yokluğunda, insanlarda kronik bronşit ve nefes darlığı problemleri görülmektedir. İnsanlara nikel en fazla hava, gıda ve sigara yoluyla bulaşır. Bazı nikel bileşikleri kanserojen olarak kabul edilebilir. Aşırı miktarda nikel ve bileşiklerinin olduğu rafineriler ile işleme ünitelerindeki havayı teneffüs ederek çalışan işçilerde akciğer ve sinüs kanserleri görülmüştür. EPA nikelin içme sularında 0,04 ppm'den az olması gerektiğini bildirmiştir (ATSDR, 2003, Türkmen, 2003).

1.4.5.5. Bakır (Cu)

İnsanoğlunun kullandığı en eski metallere birisi olup, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu yaklaşık 55 mg/kg, topraklarda ise 20-30 mg/kg olarak bildirilmiştir (Kesler, 1994). Bakır insanlar için düşük konsantrasyonlarda toksik değildir ve glikoz metabolizmasını, hemoglobin, bağlayıcı dokular ve fosfolipitlerin sentezini içeren enzimlerin kofaktörü olduğundan insan yaşamı için gerekli bir elementtir. (Lall, 1995). Soğutma suyu deşarjları, otomobil, kamyon ve otobüs gibi araçların fren balataları, metal kaplama ve işleme endüstrisi, bakır içeren pestisitler, maden eritme işlemleri, rafineriler, dam, çatı malzemeleri ve su dağıtım borularının çevredeki bakır kontaminasyonu kaynakları olduğu bildirilmektedir (Kara, 2013).

Mevsim, sıcaklık, tuzluluk ve suda Mn ve Fe gibi diğer metallerin varlığı gibi birçok faktör balıkta bakır miktarını etkilemektedir (Lall, 1995). Temiz denizel alanlarda bakır derişimi genellikle 0,05-0,35 µg/l arasında değişmektedir.

1.4.5.6. Kadmiyum (Cd)

Endüstride son derece yaygın olarak kullanılan bir iz element olan kadmiyumun, yer kabuğundaki ortalama konsantrasyonu genellikle 0,1-0,5 mg/l'dir. Cıva ve kurşun kadar toksik etkisi olan kadmiyum doğada çinko ile kombinasyon halinde bulunur ayrıca diğer mineral filizleri de değişen miktarlarda kadmiyum içerirler Diğer önemli kaynakları, fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır (Vural, 1996). Atom numarası 48 ve atom ağırlığı 112,40 olan kadmiyum yüksek buhar basıncına sahiptir ve atmosferde hızla Cd⁺² oksit olarak oksitlenmektedir

Kirli olmayan su ortamında kadmiyum düzeyi 0,01-5 µg/l arasındadır. Ancak kirliliğin yoğun olduğu sularda kadmiyum düzeyi 1000 µg/l' ye ulaşabilir (Anonim, 1997). Kadmiyumun deniz ortamındaki dağılımı homojendir, bazı deniz canlılarında birikim sonucu toksik etkiye neden olur. Balıkların kas dokularında Cd birikimi fazla olmamasına rağmen zamana ve konsantrasyona bağlı olarak artar buda balıklarda

büyüme ve gelişmeyi yavaşlatır. Balıklardaki kadmiyum düzeyi 0,2-10 mg/l arasındadır.

Organizmalar için toksik etkiye sahip olan Cd, sudan, havadan ve besin yoluyla alınarak organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Bütün gıdalarda çok az da olsa bulunur. Özellikle mantarlar başta olmak üzere, kabuklular, karaciğer ve böbrek etleri kadmiyumca zengindir (ATSDR, 2003).

Diğer metaller ve kurşunda olduğu gibi kadmiyumun da toksik etkileri enzim reaksiyonlarını durdurmakta gözlenir. Kadmiyum ve tuzları kronik zehirlenmelere neden olur (Egemen ve Sunlu, 1999). İshal, karın ağrıları ve ciddi kusma, kemik kırılması, üreme bozuklukları, merkezi sinir sistemi hasarları, bağışıklık sisteminde hasarlar, psikolojik bozukluklar, DNA hasarı ve kanser gelişimi ihtimali gibi sağlık sorunlarına yol açar (Radjaei, 2006). Kadmiyum özellikle akciğer ve böbrek dokularında birikir. Yapılan araştırmalarda; böbrekte biriken kadmiyum konsantrasyonunun (yaş ağırlık üzerinden) 200 mg/kg'a ulaşması durumunda, böbrek fonksiyonlarında bozulma olduğu tespit edilmiştir. Böbreklerde birikimi metallothionein ile kompleks oluşturarak gerçekleşir (Vural, 1996). Kadmiyum belli bir değere yükselince böbrekler süzme görevini yapamaz, bunun sonucunda idrarda yüksek miktarda protein, aminoasit, glikoz, kalsiyum ve potasyum salgılanması olur (Egemen ve Sunlu, 1999). İnsanlarda kadmiyumun önemli bir kaynağı, sigara tüketimidir. Vücudu son derece yavaş bir şekilde terk ettiğinden, insanlarda 20 yıldan daha fazla bir yarılanma süresine sahip olup, kanserojen olabilir.

1.4.5.7. Demir (Fe)

Son derece yaygın bir metal olup, canlılarda birçok enzimin yapısına katılır. İnsanlar, bitkiler ve hayvanlar tarafından düşük miktarına dahi ihtiyaç duyulan bir elementtir. Doğal olarak toprakta bulunan demir, yağışlarla birlikte akarsular, nehirler ile deniz ve göllere taşınmaktadır. Ayrıca endüstriyel atıklarda kirletici kaynakları oluşturmaktadır.

Balıklarda solungaçlarda tutunur. Eiteli tahriş eder kırmızı renk alır, inflamasyona sebep olur. 0,9 mg/l, pH 6,5-7,5 aralığında balığı öldürür (Güven 2005). Birçok deniz balıklarında yapılan çalışmalarda çok farklı demir içerikleri görülmektedir. Bu da muhtemelen analitik metotlarda farklılıklar ve balık ürünlerinde metal kontaminasyonundan dolayıdır. Derinin uzaklaştırılması ile

balıklarda demir içeriği de azalmaktadır. Kırmızı etli balıklar beyaz etli balıklara göre daha fazla demir içerirler. Ayrıca mevsimler de demir miktarını etkilemektedir (Lall, 1995).

1.4.5.8. Mangan (Mn)

Mangan atom numarası 25, periyodik cetvelde 7B grubu bir elementtir. Mangan, yeryüzünde her yerde bulunabilen çok yaygın bir bileşendir (Anonim, 2009). Gümüş parlaklığında bir metaldir. Çok kuvvetli bir oksidanttır. Sert ve kırılğan olması nedeniyle toz haline getirilebilir. Yüzeyinin koruyucu bir oksit tabakası ile kaplanması hava etkilerine karşı dirençli olmasını sağlar.

Manganın suya ve toprağa karışması; atmosferik taşınma, atıkların deşarjıyla ve doğal kaynaklardan olabilir. Mangan yeraltı sularında, göl ve nehir ortamlarında bitki kökleri aracılığıyla bitkilerde birikir. Su, hava ve gıda yoluyla düşük miktarlarına herkes maruz kalabileceği gibi, ilgili işyerleri ve madenlerde çalışanlarda çok yüksek düzeylerde etkilenebilir. Bilinçsizce pestisit kullanımı da yine aşırı dozlarda alımına sebep olur. Etkilenen kişilerde mental ve duygusal rahatsızlıklar ile yavaş vücut hareketleri görülür. Ayrıca solunum problemlerine sebep olan manganezin insanlarda kanserojen olmadığı bildirilmiştir (ATSDR, 2003). EPA'ya göre içme sularında 0,05 mg/l'den fazla olmaması önerilir (Anonim, 2005).

1.4.5.9. Kobalt (Co)

Kaya, toprak, su, bitki ve hayvanlarda doğal olarak bulunan bir elementtir. Radyoaktif olmayan formları, manyetik ve paslanmaz çelik eldesinde, jet türbinlerinde ve gaz türbin jeneratörlerinde kullanılan alaşımların üretiminde kullanılır. Havada parçacık halinde bulunan kobalt metali, birkaç gün içinde su veya toprağa düşerek, parçacıklara bağlanır. Bazı kobalt bileşikleri suda çözülebilir, çevrede yok olmaz sadece form değiştirir. Solunum, gıda ve içme suyuyla düşük miktarda kobalt alımı söz konusudur (ATSDR, 2003). Vitamin B₁₂'nin bir parçası olduğundan insanlara faydalı olabilmesinin yanında zararlıda olabilmektedir. İnsanlarda ve hayvanlarda en fazla karaciğerde birikir ve böbrek kalp, karaciğer ve deri hastalıklarına sebep olabilir. (ATSDR, 2003, Özdilek, 2002).

1.5. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Malak ve ark. (1989), Wallaert ve Babin (1994) ve Logue ve ark. (2000).Düşük sıcaklığa maruz bırakıldığında, doymuş yağ asitlerin yüzde oranı genellikle azalırken, doymamış yağ asitlerin oranının arttığını, bu durumda miktarı artan doymamış yağ asitleri ya tekli doymamış yağ asitleridir ya da çoklu doymamış yağ asitleridir. Aynı şekilde Farkas ve ark.'da (1980) yaptıkları bir çalışmada sıcaklık düştüğünde, nötral ve fosfolipitlerdeki doymamış yağ asitleri miktarının arttığını belirtmişlerdir.

Ünsal ve ark. (1991), Orta ve Doğu Karadeniz'de Ekonomik Önemi Olan Deniz Organizmalarında Ağır Metallerin Belirlenmesi başlıklı çalışmalarında Karadeniz'de yaşayan ve besin olarak kullanılan hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve İstavrit (*Trachurus trachurus*) ile demersal türlerden mezgitte (*Merlangius merlangus euxinus*) cıva, bakır ve kurşun düzeylerini belirlemişlerdir. Bu düzeylerin yer ve zamana bağlı olarak değişimlerini incelemişlerdir.

Chandrashekar ve Deosthale (1993), Hindistan'daki 17 deniz ve 3 tatlı su balığının 100 gr kas dokusunda yaptıkları bir çalışmada; 4,7-51,14 mg, Ca, 29-54,3 mg, Mg, 0,5-1,8 mg, Fe, 1,1-3,2 mg, Zn, 22-106,9 µg, Cu, 9,7-79,7 µg, Mn ve 15,8-69,3 µg Cr bulunduğunu bildirmişlerdir.

Yazıcı ve ark. (1999), Eylül-Kasım ayları arasında Karadeniz'den avladıkları hamsi (*Engraulis encrasicolus*) balıklarının, etlerindeki toplam yağ miktarlarını %7.10 olarak bulmuşlardır. Gökoğlu ve ark. (1999) ise Marmara bölgesinden elde ettikleri hamsi (*Engraulis encrasicolus*) balığı etlerinde yaptıkları çalışma sonucunda en yüksek yağlanmanın olduğu ayın Kasım ayı olduğunu benzer şekilde Zlatanov vd.'de (2006) Akdeniz kıyılarından temin edilen hamsilerin (*Engraulis encrasicolus*) etleri üzerinde yaptıkları çalışmada, hamsilerdeki en fazla yağlanmanın Şubat ayında olduğunu bildirmişlerdir.

Yazkan ve ark. (2000), "Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Balık Türlerinde Pb, Cu, Cd ve Zn İçeriği", başlıklı çalışmalarında Antalya körfezinde avlanan balık türlerinden; istavrit(*Trachurus trachurus*) ve çipura(*Sparus auratus*)'nın karaciğer ve kas dokusunda Pb, Cu, Cd ve Zn içeriklerini belirlemişlerdir. Araştırma sonuçları balıkların kas dokusunda Cu: 0,51-3,66 mg/kg ve Zn: 3,17-11,36 mg/kg, karaciğerlerinde ise Cu: 0,83- 4,44 mg/kg ve Zn: 3,97-15,14 mg/kg arasında değiştiğini saptamışlardır. Ağır metaller arasında insan sağlığı açısından toksisitesi

yüksek metallere olan Pb ve Cd ise balık örneklerinin kas dokusunda sırası ile 0,00-2,05 mg/kg ve 0,00-0,13 mg/kg civarında bulmuşlardır. Karaciğer dokusunda ise 0,00-2,25 mg/kg ve 0,03-0,15 mg/kg değerleri arasında olduğunu saptamışlardır.

Şengör ve ark. (2000), yaptıkları bir çalışmada istavrit balığının (*Trachurus trachurus* L., 1758) nem içeriğini %74.32 olarak, yağ içeriğini %0.73 olarak ve kül içeriğini %1.48 olarak tespit etmişlerdir.

Dönmez ve Tatar (2001), balığın canlı ağırlığının ortalama % 20-30' nun kuru madde, % 17-20' sinin protein, % 2-10'nu ise yağların oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Bragodottir ve ark. (2002), bir çalışmada Capelinin (*Mallotus villosus*) mevsimsel değişikliklerini incelemişler ve balığın protein değerini en yüksek Yazın %13.1 ve en düşük %12.5 ile bahar aylarında olduğunu tespit etmişlerdir.

Demirkol ve Aktaş (2002), çalışmalarında Tekirdağ açıklarından ve İzmit Körfezi'nden 1996 yılı Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında avlanan *Trachurus trachurus* balıklarında ağır metal(Hg, Pb ve Cd) analizi yapmışlardır. Sonuç olarak; İzmit Körfezi'nden elde edilen değerleri 0.316 ppm Hg, 0.270 ppm Pb ve 0.061 ppm Cd, Tekirdağ'dan elde edilen değerleri ise 0.029 ppm Hg ve 0.038 ppm Pb olup Cd metalini tespit etmemişlerdir. Tespit edilen metallerin miktarları ülkemizde kabul edilen sınır değerlerinin altında kaldığını ve sonuç olarak *Trachurus trachurus* balıklarının tüketilmesi ile insan sağlığını tehdit edecek seviyede olmadığını belirtmişlerdir.

Yılmaz (2003), "İskenderun Körfezi'nden avlanan has kefal (*Mugil cephalus* L.) ve çipura (*Sparus aurata*)'da Ağır Metal Düzeylerinin Karşılaştırılması", başlıklı çalışmada İskenderun Körfezi'nde üç istasyonda avlanan has kefal (*Mugil cephalus*) ve çipura'nın (*Sparus aurata*) üreme organları, deri ve kas dokularında Fe, Cu, Ni, Cr, Pb ve Zn düzeylerini belirlemiştir. Ağır metal düzeylerinin, istasyonlara, balık türlerine ve doku tiplerine göre değişim gösterdiğini saptamıştır. Genelde has kefal'deki metal birikimlerinin çipura'dan daha yüksek olduğunu saptamıştır. Has kefal'in kasında, en yüksek Cu, Zn, Fe, Pb, Ni ve Cr düzeyleri sırasıyla 1,39, 47,25, 66,38, 10,02, 1,34 ve 1,71 µg/g yaş ağırlık ve gonadında 44,50, 269,06 332,56, 90,97, 9,17 ve 8,68 µg/g yaş ağırlık olarak saptamıştır.

Bulut (2004), Çipura yumurtalarında yaptığı analizlerde; nem oranını %79.851±04, protein oranını %9.83±0.15, kül oranını %2.85±0.06 ve yağ oranını

%2.29±0.11 olarak saptamış. Çipurada doymuş yağ asitleri oranını ise %40.45±0.612, MUFA %34.40±0.130, PUFA %24.68±0.341 olarak belirlemiştir.

Türkmen(a) ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada; çipura (*sparus aurata*) balığının ağır metal konsantrasyonlarını Al:0.919, Cr: 1.309, Mn: 1.266, Co: 1.295, Ni: 2.537, Cd: 1.341, Pb: 2.314, Zn: 4.873, Fe:13.166 olarak bulmuşlardır.

Samsun ve ark. (2005), Orta Karadeniz’de avlanan mezgit (*Merlangius merlangus*) balığının et verimi ve kimyasal kompozisyonunun belirlenmesi amacıyla yaptıkları bir çalışmada; ortalama (%) protein, yağ, su ve kül oranlarını dişi bireyler için: 14,58, 1,31, 82,22, 1,16 olarak bulmuşlardır. Erkek bireyler için ise 15,23, 0,86, 81,95 ve 1,04 olarak bulmuşlardır.

Oğuzhan ve ark. (2006), gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)’nın taze ve sıcak tütsüleme sonrasında gökkuşuğu alabalığının kimyasal kompozisyonundaki değişimi inceledikleri bir çalışmanın sonucunda taze gökkuşuğu alabalığı filetolarında %1.29 kül, %20.15 protein, %4.61 yağ ve %72.31 su, değerlerini bulmuşlardır. Sıcak tütsüleme sonrası ise bu değerleri %59.26 su, %28.05 protein, %2.02 kül ve %9.51 yağ olarak tespit etmişlerdir. Buna bağlı olarak gökkuşuğu alabalığının, tütsüleme sonrasında su kaybına bağlı olarak, taze gökkuşuğu alabalığına göre protein, kül ve yağ oranlarında artış belirlemişlerdir.

Ayas (2006), sardalya (*Sardina pilchardus*), gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ve hamsi (*Engraulis encrasicolus*) balıklarının sıcak tütsüleme öncesi ve sonrası kimyasal kompozisyonlarını yağ ve kuru ağırlık üzerinden değerlendirdiği araştırmada. Sonuç olarak sıcak tütsülemenin balıkların kimyasal kompozisyon oranlarında önemli farklılıklar oluşturduğunu tespit etmiştir. Yağ örnekler üzerindeki değişimlerin büyük oranda sıcak tütsüleme işlemlerindeki su azalmasına bağlı olarak değiştiğini belirlemiştir. Tütsülemede gerçek değişim oranları kuru madde üzerinden belirlenmiş; her üç balık türü için, ham protein oranı azalırken, ham yağ ve ham kül oranının arttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak örneklerde su ve ham yağ oranının ters orantılı, su ile ham protein oranlarının ise doğru orantılı olarak değiştiğini saptamıştır.

Ersoy (2006), çalışmasında Karataş kıyılarından yakalanan on farklı balık türünün (Çipura, kırlangıç, barbun, dil, berlam, gümüş, kolyoz, istavrit, kefal, sardalya) dokularındaki Na seviyelerinin 473,7 0-1573,03 mg/kg arasında değiştiğini

bildirmiştir. Aynı çalışmada Ca, K ve Mg seviyesinin sırasıyla 51,73-496.18, 574,34-3374,28 ve 85,19-237,52 mg/kg arasında değiştiğini belirtmiştir.

Uluözlü ve ark. (2007), Karadeniz'den temin ettikleri yedi balık türünde *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Mullus barbatus*, *Merlangius merlangus*, *Pomatomus saltator*, *Mugil cephalus* ve *Sarda sarda* ile Ege Deniz'inden seçilen 2 türde çipura (*Sparus aurata*) ve İskorpit (*Scorpaena porcus*) metal içeriklerini belirlemeyi amaçlamıştır. Sonuç olarak balık türlerindeki minimum ve maksimum metal içeriklerini; Cu: 0,73- 1,83; Cd: 0,45- 0,90; Pb: 0,33- 0,93; Zn: 35,4- 106; Mn: 1,28- 7,40; Fe: 68,6- 163; Cr: 0,95- 1,98 ve Ni: 1,92- 5,68 µg/g olarak tespit etmiştir.

Dural ve ark. (2007), Akdeniz de *D. Labrax*, *Mugil cephalus* ve *S. Aurata* ile yaptıkları çalışmada, kas dokusunda Cd, Pb, Cu, Zn ve Fe ölçümlerinde, en yüksek değerleri çipura (*Sparus aurata*)'da bulmuşlardır.

Keskin ve ark. (2007), Marmara Denizinden topladıkları yirmi deniz canlısı türünde Hg, Pb, Cu ve Cd içeriklerine bakmışlardır. Araştırmanın sonucunda mezgit için bu değerlerin sırasıyla 0.0352, 0.207, 9.487 ve 0.054 mg/kg; altınbaş kefal için 0.0074, 0.124, 0.890 ve 0.036 mg/kg; izmarit için 0.032, 0.082, 0.392 ve 0.39 mg/kg; barbun için 0.434, 0.035, 0.300 ve 0.012 mg/kg; midye için 1.750, 0.822, 1.232 ve 1.122 mg/kg; berlam için 0.518, 0.045, 0.243 ve 0.46 mg/kg; hamsi için 0.550, 0.099, 3.492 ve 0.027 mg/kg; karagöz için 0.378, 0.052, 0.298 ve 0.017 mg/kg; mırmır için 0.290, 0.269, 0.234 ve 0.025 mg/kg; dil balığı için 0.329, 0.133, 0.370 ve 0.022 mg/kg; lüfer (15 cm) için 0.028, 0.108, 0.628 ve 0.043 mg/kg; sardalya için 0.242, 0.142, 0.558 ve 0.008 mg/kg; uskumru için 0.013, 0.074, 0.567 ve 0.021 mg/kg; sarıkuyruk istavrit 0.053, 0.074, 0.381 ve 0.010 mg/kg; kolyoz için 0.035, 0.063, 0.396 ve 0.011 mg/kg; zargana için 0.022, 0.062, 0.298 ve 0.029 mg/kg; palamut için 0.374, 0.228, 0.854 ve 0.032 mg/kg; gümüş için 0.034, 0.019, 0.319 ve 0.017 mg/kg; karides için 0.464, 0.167, 0.880 ve 0.016 mg/kg; lüfer (25 cm) için 0.421, 0.270, 1.104 ve 0.012 mg/kg olarak değiştiğini bulmuşlardır.

Tepe ve ark. (2008), çalışmalarında Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz'den seçilen istasyonlardan alınan *Mullus barbatus* ve mezgit (*Merlangius merlangus*) türünde ağır metal değerlendirilmesi yapılmıştır. ICP- AES ile yapılan analizlerde karaciğer dokusunun kas dokusuna göre daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Ege'nin İzmir istasyonunda Fe elementi *M. merlangus*'un kas

dokusunda 160 µg/g Cu elementi *M.merlangus* 'un karaciğer dokusunda 26.7 µg/g Pb elementi yine *M.merlangus* 'un karaciğer dokusunda 5.20 µg/g ile en yüksek değere sahip olmuştur. Mersin istasyonundaki *M.barbatus* Cd miktarı (kasta; 0.40, karaciğerde; 0.86 µg/ g), İzmir istasyonundan alınan *M.merlangus* Cd miktarından kasta; 0.24, karaciğerde; 0.35 (µg/g) daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Zn elementi Antalya istasyonunda *M.barbatus* türünde karaciğer dokusunda en yüksek (195 µg/g) değer olarak tespit edilmiştir.

Tufan (2008), Doğu Karadeniz Bölgesinde ticari olarak avcılığı yapılan hamsi, istavrit ve mezgit balıklarının toplam yağ+fosfolipit ve yağ asidi bileşiminin araştırmıştır. Araştırma sonucunda hamsi balığı etindeki toplam yağ miktarını ortalama % 9.27, istavrit balığı etindeki toplam yağ miktarını ortalama % 8.26 ve mezgit balığı etindeki toplam yağ miktarını ortalama % 0.84 olarak belirlemiştir. Mevsimsel olarak yaptığı bu çalışmada bu balık türlerinin kış aylarında toplam yağ miktarlarının yükseldiğini göstermiştir.

Bayır ve ark. (2009) Değişik mevsimlerde analizi yapılan alabalık türlerinden, *Salmo trutta caspius* 'ta total lipit içeriğini % 1.75-3.1, *Salmo trutta labrax*'ta % 1.50-4.67, *Salmo trutta macrostigma*'da % 2.83-3.22 olarak tespit etmişlerdir. Her üç alabalık türünde, en fazla lipit kış, en az lipit miktarının sonbaharda olduğunu saptamışlardır.

Turan ve ark. (2009), çalışmalarında Karadeniz ve Akdeniz kıyılarından yakalanan mezgit (*Merlangius merlangus*), *Mullus barbatus* ve hamsi (*Engraulis encrasicolus*) türlerinde ağır metal düzeylerini tespit etmişlerdir. Sonuçlar ise *E.encrasicolus* türünde Karadeniz'den alınan örneklenenlerde Al: 95,313; Mn: 1,390 ve Zn: 25,416 µg/g, Akdeniz'den alınan örneklenenlerde ise Li: 3,200 µg/g miktarca en yüksek element olmuştur. *M.barbatus* türünde sadece Pb: 0,727 µg/g) Karadeniz'de, Cr (1,893 µg/g) ve Fe (21,901 µg/g) ise Akdeniz'de en yüksek değere ulaşmıştır. *M.merlangus* ise Akdeniz'de Cd: 1,685 µg/g, Karadeniz'de Ni: 1,363 µg/g elementlerinin miktarca fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Tüzen (2009), Karadeniz de yaptığı çalışmada 10 farklı balık türünün toksik ve iz element içeriklerini AAS yöntemi ile belirlemiştir. Sonuçları ppm cinsinden Hg:0,025-0,084 84; As:0,11 -0,32; Pb: 0,28-0,87; Cd: 0,1-0,35; Ni: 1,14-3,6; Fe: 36,2-145; Cu: 0,65-2,78; Mn: 2,76-9,1; Zn: 38,8-93,4; Se: 0,19-0,85; Cr: 0,63-1,74 aralıklarında bulmuştur.

Nisbet ve ark. (2010), Türkiye'nin Orta Karadeniz kıyılarındaki Samsun, Sinop, Terme, Fatsa ve Ordu yörelerinden toplanan balık kas dokularında bazı ağır metal düzeylerinin araştırılması amacıyla; istavrit, tirsi, çinekop, barbun, izmarit, hamsi, kaya balığı, palamut, mezgıt ve kalkan olmak üzere toplam 1650 adet balık örneği materyal olarak kullanarak yaptıkları çalışmada Balık örneklerinde ortalama ağır metal konsantrasyonlarını: Cu: 2,38; Mn: 5,41; Fe: 26,06; Ni: 3,40; Zn: 25,74; Pb:0,77 ve Cd: 0,022 µg/g olarak bulmuşlardır. Elde edilen bu değerler FAO/WHO standartları ile karşılaştırmışlar ve balık örneklerinin maksimum kabul edilebilir limitleri aşmadığını, fakat kurşun düzeyinin limitlerin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Ersoy ve Çelik (2010), 6 demersal balık ile yaptıkları çalışmada, iz element ve kirleticilerin en çok kış aylarında tespit etmişlerdir ve Cr, Pb, Cd, Cu, Zn değerlerinin, izin verilen sınırların altında olduğunu bulmuşlardır.

Mendil ve ark. (2010), çalışmalarında Karadeniz'de *Sarda sarda*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus ponticus* ticari değeri olan türlerde eser element içeriklerini mevsimsel olarak incelemişlerdir. Balık türlerine göre elementlerin ortalama değerlerini (µg/g) *Sarda sarda*'da Fe: 25,5; Pb: 0,28 ve Cr:0,64 minimum değerinde, Cd: 0,35 elementi ise türler arasında en yüksek değer olarak tespit edilmiştir. *Mullus barbatus ponticus*'ta Zn (17,8 µg/g) ve 18 Cu (1,4 µg/g) minimum iken Fe (41,4 µg/g), Cr (0,99 41,4 µg/g) ve Co (0,42 41,4 µg/g) elementlerinde maksimum değer olarak tespit edilmiştir. *Trachurus trachurus*'ta Mn (1,3 µg/g) en düşük değer iken, Zn (25,7 µg/g), Pb (0,64 µg/g) ve Cu (2,4 µg/g) en yüksek değerli elementler olarak analiz edilmiştir. *Merlangius merlangus*'ta ise Cd (0,18 µg/g) ve Co (0,25 µg/g) en düşük değerli elementler iken, Mn (3,6 µg/g) en yüksek değerli elementler arasında yer almıştır. Sadece Pb ve Cd içeriklerinin önerilen yasal limitlerden daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Sökmen (2011), Marmara denizinden avlanan İstavrit (*Trachurus trachurus*) balığının kas dokularında mineral (P, K, Ca, Na, Mg) ve ağır metal (Ni, Cu, Hg, Fe, Zn, Pb, Cd, Mn) seviyelerini tespit etmek amacıyla yaptığı bir çalışma sonucunda balıkların dokularındaki mineral ve ağır metal seviyelerinin tür seviyesinde önemli derecede ($p<0,05$) farklılıklar gösterdiğini tespit etmiştir.

Bilandžić ve ark. (2011), çalışmalarında Adriyatik Denizi'nin Hırvatistan sularından 2008- 2009 yıllarında yakalanan hamsi (*Engraulis encrasicolus*), balığının

kas dokularında ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir ve *E. encrasicolus* için metal konsantrasyonlarını (As 0,01-54,8; Cd 0,001-0,02; Cu 0,001-6,29; Hg 0,001-0,52 ve Pb 0,001-0,34 mg/ kg), düzeylerde bulmuşlardır. Sonuç olarak Avrupa Birliği yönetmeliklerine göre Cd, Hg, Cu ve Pb elementlerinin konsantrasyonlarını yasal sınırların altında olduğunu belirtmişlerdir.

Fındık ve Çiçek (2011), Batı Karadeniz kıyılarından yakalanan *Merlangius merlangus* ve *Mullus barbatus* türlerinin baş kısmı ve kas dokuları kullanılarak metal içeriklerini tespit ettikleri çalışmada. Elde ettikleri sonuçlara göre en yüksek Fe; 344.25 µg/g, Mn; 10.35 µg/g, Cr; 0.96 µg/g ve Al; 76.77 µg/g konsantrasyonlarını *M. Merlangus*'un baş kısmından alınan örneklerde, en yüksek Zn; 77.99 µg/g, Cu; 8.53 µg/g, B (44.83 µg/g), Ni (1.96 µg/g), Cd (0.40 µg/g) ve Pb (6.80 µg/g) element konsantrasyonları ise yine *M. Merlangus*'un kas dokularında tespit etmişlerdir. Bu değerlerin FAO, WHO ve TSE tarafından bildirilen izin düzeyleri açısından, insan tüketiminde herhangi bir risk olmadığını bildirilmişlerdir.

Akaydın (2014), Doğu Karadeniz sahil şeridinden yakalanan *Mullus barbatus*, *Pomatomus saltatrix*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Sarda sarda*, *Belone belone*, *Alosa alosa*, *Mugil cephalus* ve *Spicara smaris* türlerinin kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimlerini (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni ve Zn) incelediği çalışmada. Analiz edilen balıklarda ağır metal birikimlerini ppm olarak kas dokuda; Cd: 0.04-0.76, Co: 0.01-0.32, Cr: 0.02-1.00, Cu: 0.28-3.78, Fe: 8.16-53.57, Mn: 0.06-0.68, Ni: 0.09-5.91, Pb: 0.02-4.87, Zn: 3.65-17.55, karaciğerde; Cd: 0.06-3.43, Co: 0.04-1.39, Cr: 0.16-1.31, Cu: 2.10-7.50, Fe: 74.8-339, Mn: 0.44-1.89, Ni: 0.25-6.89, Pb: 0.34-11.38, Zn: 10.58-40.05 düzeylerinde bulmuştur Karaciğer dokularındaki ağır metal birikimleri kas dokusundakinden daha yüksek düzeylerde bulmuştur ve sonuç olarak analiz edilen balıkların insanlar tarafından tüketilmesinin sağlık açısından herhangi bir risk oluşturmayacağını söylemiştir.

Çulfaz (2015) Doğu Karadeniz'de balık pazarlarından alınan balık örneklerinin (*Engraulis encrasiolus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*) kas dokularındaki ağır metal (Ni, Cu, Hg, Fe, Zn, Pb, Cd, Mn) birikimlerini incelemiştir. Sonuçları ppm olarak Cd: 0,08-0,10, Co: 0,01-0,16, Cr: 0,51-2,30, Cu: 0,26-1,18, Mn: 0,11-4,41, Ni: 1,07-24,0, Pb: 0,10-0,57, Zn: 5,46-16,9 şeklinde bulmuştur.

2. MATERYAL ve METOT

2.1 KULLANILAN KİMYASALLAR

- H_3BO_3 (Borik asit)
- HCl (Hidrojen klorür)
- Petrol Eteri
- Etanol
- HNO_3 (Nitrik asit)
- H_2O_2 (Hidrojen peroksit)

2.3. ARAŞTIRMA YERİ

Giresun ili, doğusunda Trabzon ve Gümüşhane batısında Ordu güneyinde Sivas ve Erzincan güneybatısında yine Sivas illeriyle komşu olup kuzeyi Karadeniz ile kuşatılmıştır. Giresun ilinin merkezi koordinatları ise $40^{\circ} 55' 3.1224''$ kuzey ve $38^{\circ} 23' 33.5544''$ doğu koordinatları arasında yer alır. Araştırma, Eylül 2012 ile Eylül 2013 tarihleri arasında mevsimsel olarak (kış ve yaz) gerçekleştirilmiş olup, Giresun ili şehir merkezinde satışı sunulan ve tüketilen beş balık türü belirlenerek, bu balıklarda üç tekrarlı olmak üzere protein, yağ, nem, kül içeriği ve ağır metal analizleri yapılmıştır.



Şekil 2.1 Giresun'da örneklerin alındığı yer

2.2. ÇALIŞILAN BALIKLAR

2.2.1. Hamsi (*Engraulis encrasicolus*)

Gövde narin uzun ve enine kesiti ovaldır. Standart boyu kalınlığın 6 katı kadardır. Üst çene operkuluma kadar uzanır ve ucu küttür. Alt çene burun deliklerinin altına kadar uzanır. Anal yüzgeç 13 ile 15 ışıktan oluşur ve başlangıcı, son dorsal yüzgeç ışınından daha geridedir. Yan tarafında büyüdüğünde kaybolan gümüş bir çizgiye sahiptir (Şekil 2.1) (Whitehead ve ark., 1988)

Doğu Atlantik Okyanusu, Akdeniz, Marmara Denizi, Karadeniz ve Azak Denizi'nde yayılış gösterir (Whitehead, 1990). Genel olarak kıyısal bir deniz türüdür. Büyük sürüler oluşturur. Özellikle üreme döneminde nehir ağızlarına, göllere ve lagünlere girer. Planktonik organizmalar ile beslenir. Sıcak aylarda daha fazla olmak üzere, Nisan ve Kasım arasında ürer (Aksan, 2013).



Şekil 2.2 Hamsi. (*Engraulis encrasicolus*)

2.2.2. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

Gövde uzun, büyük bireylerde kısmen basıktır. Üreme tüberkülü yoktur fakat özellikle üreyen erkeklerde baş, ağız ve renkte ufak değişiklikler görülür. Renklenme yaşam ortamı ve cinsiyete göre farklılık gösterir. Nehirlerde yaşayan bireyler daha koyu ve renkli, göllerde yaşayanlar ise daha açık ve gümüşsüdür (Spillman, 1961). Denizde bulunanlar hariç, kafadan kuyruk başlangıcına kadar, pembe, kırmızı arası bir çizgi bulunur (Şekil 2.2) (Kottelat ve Freyhof, 2007).

Kuzey, güney ve orta Amerika'nın Pasifik'e bakan batı kısmında doğal olarak yayılış gösterir. Dünyanın geri kalanına taşınmıştır (Page ve Burr, 1991). Soğuk kaynaklarda, büyük ve küçük akarsularda ve göllerde yaşar. Kıyısal akarsularda anadromdur. Taze, konserve ve dondurulmuş olarak tüketilir. Ekonomik değeri

yüksektir. Birçok ülkede kültürü yapılır ve eğlence amaçlı avcılıkta kullanılır (Aksan, 2013).



Şekil 2.3 Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

2.2.3. Mezgit (*Merlangius merlangus*)

Çene barbeleri kısa yada hiç yoktur. Üst çene ileriye doğru biraz çıkıktır. Üç dorsal yüzgeç birbirinden küçük aralıklar ile ayrılır. İki anal yüzgeç ise birbirine neredeyse değmektedir. Pektoral yüzgeç, ilk anal yüzgecin başlangıcından daha geriye kadar uzanır. Baş kısmında porlar halinde olmak üzere, lateral hat tüm vücut boyunca devam eder (Şekil 2.3) (Cohen ve ark., 1990).

Kuzey Batı Atlantik, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz’de yayılış gösterir. Kuzey Batı Akdeniz’de nadir olarak görülür (Cohen ve ark., 1990). Bentopelajik bölgede, genellikle 30 – 100 metreler arasında kum ve çakıl zeminde bulunur. Karides, yengeç, yumuşakçalar, küçük balıklar ve polychaeta ile beslenir. Yaşamının ilk yılından sonra açık denize göç eder. Ekonomik değeri yüksektir. Taze, kurutulmuş ve dondurulmuş olarak tüketilir(Aksan, 2013).



Şekil 2.4 Mezgit (*Merlangius merlangus*)

2.2.4. İstavrit (*Trachurus trachurus*)

Üst kısmı mavi-yeşil, gri yada siyah, alt kısmı gümüş renklidir. Operkulum üzerinde siyah benek bulunur. İlk dorsal yüzgeç uzundur (Şekil 2.4) (Smith-Vaniz, 1986). Norveç'ten Güney Afrika'ya kadar, Doğu Atlantik, Akdeniz, Marmara Denizi ve Karadeniz'de yayılış gösterir (Smith-Vaniz, 1986). Yetişkin bireyler, kumlu kıyusal bölgelerde büyük sürüler oluşturur. Küçük balıklar ve kabuklular ile beslenirler. Taze, kurutulmuş, konserve ve dondurulmuş olarak tüketilir (Aksan, 2013).

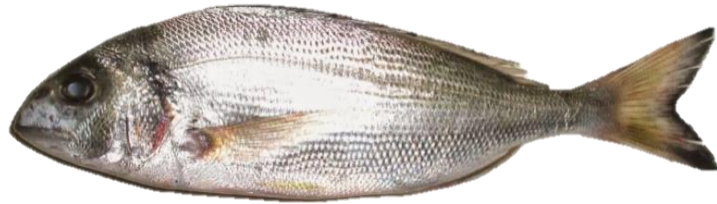


Şekil 2.5 İstavrit (*Trachurus trachurus*)

2.2.5. Çipura (*Sparus aurata*)

Vücut yüksektir. Operkulum üzerinde büyük siyah bir benek bulunur. Başın ön kısmı göz çapının iki katı kadar uzundur (Şekil 2.5).

Doğu Atlantik'te, Britanya Adaları'ndan Kanarya Adaları'na kadar, Akdeniz ve Karadeniz'de yayılış gösterir. 30 m civarı derinliklerde deniz çayıruları ve kumlu diplerde bulunurlar. Yetişkinler 150 m ye kadar görülebilirler. Tek başlarına ya da küçük gruplar halinde bulunurlar. Bahar aylarında nehir ağzları ve acı sulara gelirler. Genel olarak karnivordurlar. İstiridye ve midyeler ile beslenirler. Tuzlu ve yüksek tuzlu su kültürlerinde kullanılan önemli türlerden biridir. Taze ve dondurulmuş olarak tüketilir (Aksan, 2013).



Şekil 2.6 Çipura (*Sparus aurata*)

2.4. NUMUNE TOPLANMASI ve ANALİZE HAZIRLANMASI

Giresun ilindeki balıkçılardan taze olarak alınan gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), istavrit (*Trachurus Trachurus*), mezgit (*Merlangius marlengus*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), çipura (*Sparus aurata*) balıklarının iç organları çıkartıldıktan sonra fileto edilmiş ve derisi çıkartılan filetoların kasları ayrılarak homojen hale getirilmiştir.

Protein tayini, Kjeldahl yöntemine göre, Gerhart model yakma ve distilasyon ünitesinde azot tayini ile yapılmıştır. Bunun için yaklaşık 0.5 gram numune alınarak H₃BO₃ (%4) içinde toplanan 20 ml destilat 0.1 N HCl ile titre edilmiştir. Hesaplanan azot miktarı 6.25 faktörü ile çarpılarak sonuçlar % protein olarak ifade edilmiştir.

Ham yağ miktarı Soxhlet ekstraktörü ile numunelerden 5 gram alınarak petrol eteriyle 8 saat destile edilerek analiz edilmiştir.

Nem tayini darası önceden alınmış kaplara yaklaşık 5 gram numune üzerine 5 ml etanol eklendikten sonra balık eti ile iyice homojenize edilerek kabın tabanına yayılmıştır. Daha sonra 105°C ye ayarlanmış etüvde 8 saat bırakılarak kurutulmuştur. Desikatörde soğutulan numunelerin kuru madde miktarı belirlenmiş ve kuru madde miktarından gidilerek nem oranı hesaplanmıştır.

Kül miktarı tayini darası alınmış porselen krozelere yerleştirilen ve ağırlığı belli olan numuneler ile 550°C de kül fırınında 8 saat süre ile yakılmıştır. Elde edilen kül miktarı yüzde olarak ifade edilmiştir.

Balıklar arası farklılıklar Varyans analizi yapılarak Tukey çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

Ağır metal analizi 0.5 gram balık numuneleri alınarak üzerine 10 mL %65'lik derişik HNO₃ ilave edilmiştir ve ilave edilecek asidin miktarı, numunelerin pH'sı 1-2 arasında olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu karışım 190 psg basınç, 210 °C sıcaklık, 20 dakika çözünme ve 15 dakika bekleme süresi olmak üzere 35 dakika şeklinde programlanmış mikrodalga fırında (CEM MARS-5 Closed Vessel Microwave Digestion System) yapıldı ve daha sonra soğumaya bırakıldı. Soğuma işlemi gerçekleşikten sonra çözelti haline gelmiş numunelerin üzerine 1 ml hidrojen peroksit (H₂O₂) ilave edilerek çözeltinin berrak hale gelmesi beklendi. Daha sonra 0,45 µm'lik membran filtre kâğıdından (selüloz asetat) süzülerek 50 ml'lik falcon tüplerine aktarıldı. Hazırlanan örnekler ICP-MS cihazında analizleri gerçekleştirilene kadar +4°C sıcaklıkta, buzdolabında saklandı. Standart referans materyal olarak

(Dorm-2, köpek balığı kası) kullanıldı. Bu çalışmada analiz edilen ağır metal konsantrasyonları mg/kg olarak kabul edilmiştir.

Tablo 2.1 Standart Referans Materyal (Dorm-2, köpek balığı kası)'nın içerdiği ağır metal miktarları (mg/l)

Ağır Metal	Sertifika edilen	Analiz edilen
Cd	0.043±0.008	0.046±0.007
Co	0.182±0.031	0.173±0.029
Cr	34.7±5.5	33.4±5.2
Cu	2.34±0.16	2.43±0.17
Fe	142±10	136±9.5
Mn	3.66±0.34	3.45±0.44
Ni	19.4±3.1	20.6±2.9
Pb	0.065±0.007	0.071±0.009
Zn	26.6±2.3	24.7±2.5

2.5. KULLANILAN CİHAZLAR ve METODLAR

2.5.1. Kjeldahl Metodu

Analiz için öğütülüp, karıştırmak veya benzeri işlemlerle homojen hale getirilmiş gıda örneklerinin uygun katalizörler yardımı ile derişik sülfürik asit ile 380 °C-400°C civarında muamele edilerek organik kütlelerin parçalanması, proteini oluşturan aminoasitlerin amin grubundaki ve protein kaynaklı olmayan diğer azot kaynaklarındaki NH₂ formunda bulunan azotun amonyum azotuna yükseltgenmesi, amonyum azotunun da derişik NaOH ile ortamın kuvvetli alkalileştirilmesi sonucunda NH₃ halinde su buharı ile birlikte destile edilerek, toplama kabındaki çözelti tarafından (borik asit veya ayarlı bir asit çözeltisi) tutulması ve tutucu olarak borik asit kullanıldığında ayarlı bir asit çözeltisi ile tutucu olarak ayarlı bir asit çözeltisi kullanıldığında ayarlı bir NaOH çözeltisi ile titre edilerek, azot miktarının hesaplanması. Sonrasında ise hesaplanan azot miktarının uygun katsayılarla çarparak protein olarak ifade edilmesi ilkesine dayanır (Anonim, 2006a, Anonim, 2010).

Bu yöntemde 4 aşama vardır:

- Yaş Yakma: Homojenize edilmiş 2 g numune tartılır. Üzerine katalizör olarak 4,0012 g K₂SO₄ (susuz) ve 450 mikrolitre CuSO₄ konur. Yakma işlemini hızlandırmak için bakır sülfat ve potasyum sülfat katalizör olarak kullanılır.

Kaynama taşı atıldıktan sonra 10 ml derişik H₂SO₄ eklenir. Isı ayarı yapılarak 380°C’de 3 saat yakılır. Amaç: Proteinlerin denatüre olmasıdır.

- Nötralizasyon: Meydana gelen amonyum sülfattan (NH₄)₂SO₄ amonyağı (NH₃) serbest hale getirmek için ortama kuvvetli bir baz (NaOH) ilave etmek gerekir.
- Destilasyon: Yaklaşık 40 °C’ye kadar soğutulan balona 50 ml destile su konur. Karıştırılır ve soğumaya bırakılır. 1 ml’lik erlen içine 50 mL % 4 lük H₃BO₃ çözeltisi konur, üzerine 3-4 damla taşıro indikatör eklenerek karıştırılır (mor renk elde edilir) ve balon adaptörün ağızı sıvıya batacak şekilde yoğunlaştırıcının altına yerleştirilir.
- Titrasyon: Erlen içindekiler HCl ile titre edilir (Öncül ve Ensoy, 2010).

2.5.2. Soxhlet Ekstraksiyon Cihazı

Kuru deney numunesi Soxhlet ekstraktörüne yerleştirilen, filtre kağıdından yapılmış yüksük şeklinde bir ekstraksiyon tüpüne konur. Ekstraktöre, çözücüyü içeren şilifli bir cam balon ve yoğunlaştırıcı takılır. Çözücü ısıtılır ve böylece buharlaştırılır. Sıcak çözücü buharı yoğunlaştırıcıya ilerler, yoğunlaşarak katı numunenin üzerine düşer. Numuneyi içeren ekstraksiyon tüpünün bulunduğu yüksük yoğunlaşan çözücü ile tam dolduğunda, bypass kolunun seviyesine ulaşır ve sifon oluşarak çözücü tekrar cam balona boşalır. Bu yoğunlaşma, yükselme ve sifon döngüsü, ‘reflux’ olarak adlandırılır ve bu işlem sürekli tekrarlanarak ekstraksiyon tamamlanmış olur. (Geankoplis, 1983).

2.5.3. Etüv

Gıdalarda nem miktarı, genelde etüvde kurutma yöntemi ile yapılmaktadır. Belli bir sıcaklık altında örnekteki suyun uçurulması ve ağırlık kaybından nem miktarının bulunması ilkesine dayanır. Örnekteki nem uçurulduktan sonra geriye kalan kuru maddedir. Nem ile kuru madde arasında % nem= 100 - % kuru madde bağıntısı vardır.

Sabit tartıma getirilen petri kutuları veya nikel kurutma kaplarının içerisine 4-5 ml homojen hale getirilmiş örnekten tartılarak alınır (m₁). Kurutma kabı etüve yerleştirilir. Etüvün sıcaklığı yavaş yavaş 130±2°C’a getirilir. 3-4 saat sonunda kurutma kapları desikatöre alınır ve soğuması beklenir. Tartım alınır (m₂) ve aşağıdaki şekilde hesaplama yapılır.

$$\% \text{ Nem} = [(m_1 - m_2) / m] \times 100$$

Alınan örneğin ağırlığı (m₁)

Alınan örnek ağırlığı + sabit tartıma getirilen kurutma kabının ağırlığı (m_2)
Kurutulmuş örnek+ sabit tartıma getirilen kurutma kabının ağırlığı (Anonim, 2015).

2.5.4. Kül Fırını

Kül gıdalarda mineral ve tuz içeriğinin bir göstergesidir. Belli bir miktar numunenin yakılıp küllendirilerek kül miktarının saptanması ilkesine dayanır ve bu işlem balıklar için şu şekilde yapılır. Porselen krozeler kullanılmadan bir gün önce içerisine nitrik asit (HNO_3) koyularak bekletilir. Ertesi gün önce musluk suyu ile iyice çalkalanır daha sonra saf sudan geçirilerek kurutulduktan sonra sabit tartıma getirilir. Krozenin darası kaydedilir. Daha sonra numuneden 3-5 g örnek krozeye tartılarak alınır. Kroze sıcaklığı $500^\circ C$ 'a ayarlanan kül fırınında 7-8 saat bekletilir. Bu sürenin sonunda eğer karbonlaşmış kısım varsa süre biraz daha uzatılır. Daha sonra krozeler desikatöre alınarak oda sıcaklığına gelene kadar bekletilir, tartım alınır. Hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılır.

$$\% \text{ Kül} = [(M_2 - M_1) / m] \times 100$$

M_2 = Yakmadan sonraki kroze+ kül ağırlığı

M_1 = Sabit tartıma getirilen krozenin ağırlığı

m = Alınan örnek ağırlığı

Eğer kuru maddede sonuç isteniyorsa yukarıdaki değer $100/K_m$ faktörü ile çarpılır.

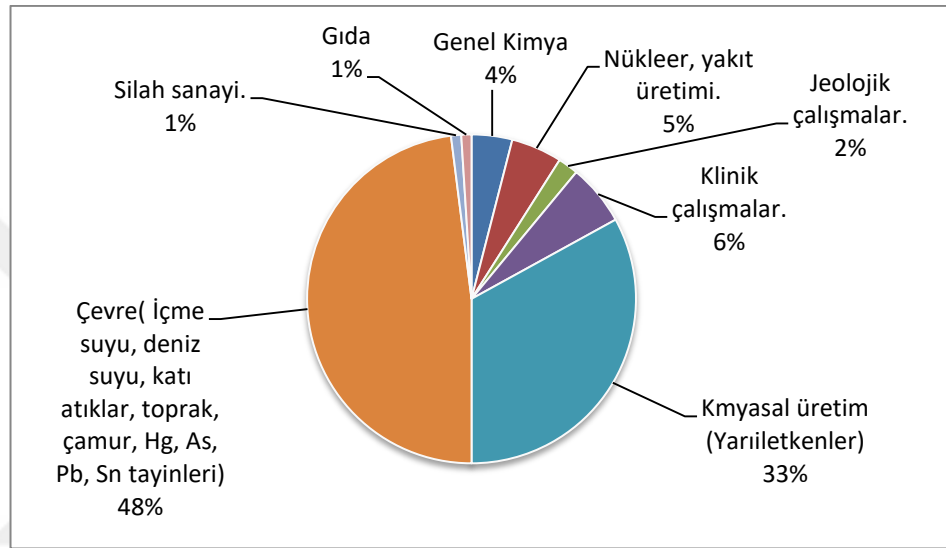
$K_m = 125^\circ C$ 'de numunenin 100 gramının içerdiği kuru madde miktarıdır (Anonim, 2015).

2.5.5. İndüktif eşleşmeli Plazma- Kütle Spektrometresi (ICP-MS)

Ağır Metal Analizi için Bruker 820-MS marka ICP-MS (Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometer) cihazı (Şekil 2.8) ve reaktif olarak derişik HNO_3 (Suprapur, Merck) kullanılmıştır. İndüktif eşleşmeli plazma-kütle spektrometresi, örneklerin yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya, genellikle argon gazı gönderilerek moleküler bağların kırıldığı ve atomların iyonlaştırıldığı bir analitik tekniktir. İyonlar örnekleme ve ikinci aşama süzme konileri ara yüzeyinden geçerek vakuma alınır ve burada birleştirilmiş mercek sistemi iyonları kuadrapol kütle spektrometresine odaklamaktadır. Burada iyonlar kütlelerine ayrılıp taramalı elektron çoğaltıcısı ile analiz edilir. Örnek, genel olarak bir çözelti halinde ve sisleştirici aracılığıyla cihaza

gönderilmektedir. ICP-MS çok hızlı bir şekilde farklı kütleleri ölçebildiği için, çoklu element ölçüm cihazı olarak düşünülebilmektedir.

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sayesinde kolaylıkla otomasyona gidilmesi, ICP-MS sadece araştırma amaçlı olmaktan çıkarıp rutin analizlerde de kullanılmasına olanak sağlamıştır. ICP-MS'in kullanım alanları Şekil 2.7'de verilmiştir. Genel olarak ICP-MS ile içme suları, atık sular, jeoloji, jeokimya, petrokimya, gıda, hidrojeoloji alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kara, 2013).

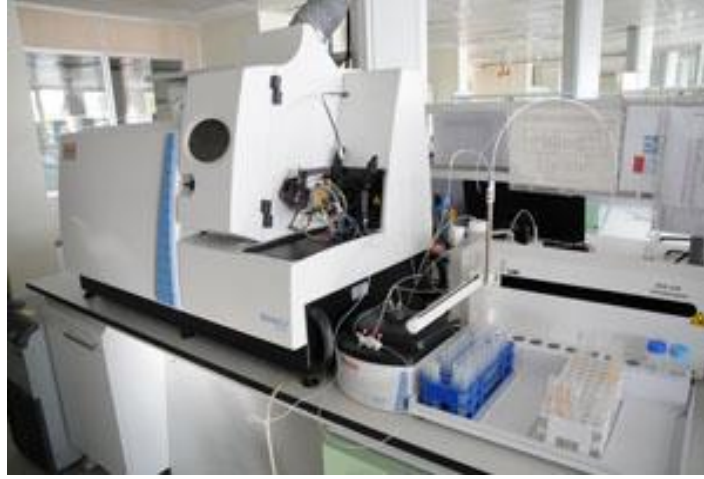


Şekil 2.7 ICP-MS'in Kullanım Alanları

ICP-MS oldukça, hızlı ve uygun kütle aralığıyla çözeltide eser element tayinine uygundur. Düşük tayin sınırı, basit spektra ve izotop oranlarına uygunluk ICP-MS'i cazip yapan özelliklerdir. Birçok element için gözlenebilme sınırı mg/l'nin altındadır. Multi element tayin yapabilme özelliği sayesinde nitel analizlerde ve izotop oranlarının belirlenmesinde olduğu gibi, başta metalik elementler olmak üzere periyodik tablodaki elementlerin büyük çoğunluğunun çeşitli örneklerdeki nicel ve yarı-nitel tayinlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Montaser ve ark., 1992). Geniş çalışma aralığından dolayı diğer tekniklere oranla çok geniştir. Birçok element için pg-mg/l arasında kalibrasyon grafikleri çizilebilmektedir ve bu, farklı derişime sahip birçok elementin aynı anda tayinine olanak sağlamaktadır.

Tablo 2.2 ICP-MS Analiz Parametreleri

	Parametreler	Ayarlar
Gaz Akışı (L/dk)	Plazma akışı	16,5
	Auxiliary akışı	1,65
	Nebulizer akışı	0,9
	Kaplama akışı	0,2
CRI gazlar (ml/dk)	Soğutucu (He ile)	160
	Soğutucu (He ile)	100
RF	RF Güç (kW)	1,28
Numune bilgisi	Numune derinliği (mm)	6,5
	Pompalama oranı (rpm)	5
	Stabilizasyon süresi (s)	-60
	Sprey çember (°C)	3
İyon optikler (Volt)	1.ekstraksiyon lensi	-1
	2.ekstraksiyon lensi	-85
	3.ekstraksiyon lensi	-175
	Köşe lensleri	-197
	Sol ayna lensi	25
	Sağ ayna lensi	22
	Alt ayna lensi	25
	Giriş lensi	0
	Giriş levhası	-10
	Işık dalgalarının kenar sapması	-1
	Uç sapma	0
Kuadrapol tarama	Tarama modu	Pik sekmesi
	Bekletme süresi (ms)	20
	Pik başına düşen noktalar	1
	Taramalar/tekrarlar	50
	Taramalar/numune	3



Şekil. 2.8 ICP-MS genel görünüm

2.5.6. Mikrodalga

2.5.6.1. Kapalı Tüplerde Yüksek Basınçta Çözünürleştirme

Bu yöntem örneklerin asitle teflon tüplere konularak uygun sıcaklık ve basınç koşullarının sağlanmasıyla mikrodalgada ısıtılarak parçalanması şeklinde uygulanır. Parçalama esnasında oluşacak aşırı basıncı önlemek için numune miktarını ayarlamak çok önemlidir. Genelde 0,5-1,0 g arası miktarlarla çalışılır (Tosun, 2009). AAS, ICP-OES, ICP-MS ve diğer yöntemlerle yapılacak analizlerde mikrodalga fırınlarda hazırlanan örneklerle hızlı, doğruluğu ve tekrarlanabilirliği yüksek sonuçlar alınabilmektedir. (Sıbıç, 2014). Mikrodalga cihazının genel görünümü Şekil 2.9'da verilmiştir.

2.5.6.2. Mikrodalga Enerjisinin Tanımı ve Oluşumu

Bir iletken üzerinde şiddeti ve yönü zamana bağlı olarak değişen bir elektrik manyetik alanının periyodik olarak bir değişime uğraması sonucunda magnetron ve klistron lambaları yardımıyla oluşturulan mikrodalgalar, ışık hızında hareket edebilen, dalga boyu çok kısa olan elektromanyetik bir enerjidir. Bu enerji türü, elektromanyetik spektrumun bir üyesidir ve lektromanyetik spektrumda 300–300.000 MHz arasındaki bölgeyi oluştururlar ve iyonlaşmaya neden olmayan ışınların bir parçasıdır (Sıbıç, 2014).



Şekil. 2.9 Mikrodalga cihazının genel görünümü

2.6. İSTATİSTİK HESAPLAMALAR

Balık eti analizinden elde edilen veriler mevsimlere ve balık türlerine göre gruplandırılıp, Excel ortamına aktarılarak, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmıştır. Normal dağılıma uygunluğu ve varyansların homojenliğini sağlamak için veriler logaritmaya dönüştürülmüştür. Balıklardaki protein, yağ, nem ve kül miktarlarının mevsimsel farklılıkları t-testi ile balıklar arasındaki farklılıkları ise tek yönlü varyans analizi (One Way ANOVA) ile yapılmıştır. Aynı şekilde balık etindeki ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere ve türlere göre farklılıkları tek yönlü varyans analiziyle (One Way ANOVA) incelenmiş olup, farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu durumlarda Post-Hoc (Tukey) testi uygulanmıştır. Bütün istatistiksel analizler SPSS ve STATISTICA paket programlar yardımıyla yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA ve BULGULAR

Giresun ilinde tüketilen balıklardan hamsi (*engraulis encrasicolus*), istavrit (*trachurus trachurus*), mezigit (*Merlangius merlangus*), gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ve çipura (*sparus aurata*) balıklarında yapılan bu çalışmada; balıklarda mevsimsel olarak % protein, % yağ, % su, % kül düzeyleri Tablo 3.1., Tablo 3.2., Tablo 3.3., Tablo 3.4., ve Tablo 3.5.'te verilmiştir. Tablo 3.6., ve Tablo 3.7.' de ise farklı mevsimlerde, balıklar arasındaki % protein, % yağ, % su, % kül düzeyleri verilmiştir. Balıklardaki ağır metal düzeylerinde ise sadece kış mevsimi analizleri olmak üzere Tablo 3.8.' de verilmiştir.

Tablo 3.1 Hamsi balığı kompozisyonunun mevsimsel değerleri

Hamsi	% protein	% yağ	% su	% kül
Kış	13,723±0,83 ^a	4,267±0,503 ^a	71,267±0,643 ^a	1,4±0,2 ^a
Bahar	15,395±0,997 ^a	1,927±0,110 ^b	78,733±0,305 ^a	1,2±0,2 ^a
P	0,806	0,135	0,165	1,00

T testine göre Hamsi balığında, kış ve yaz mevsimleri arasında % protein ($p=0,806>0,05$), % yağ ($p=0,135>0,05$), % su ($p=0,165>0,05$) ve % kül ($p=1,00>0,05$) değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Tablo 3.2 İstavrit balığı kompozisyonunun mevsimsel değerleri

İstavrit	% protein	% yağ	% su	% kül
Kış	14,245±0,615	2,933±0,305	71,533±1,701	1,267±0,115
Bahar	16,24±1,268	1,487±0,151	77,867±0,305	1,067±0,305
P	0,182	0,282	0,184	0,046

T testine göre istavrit balığının kış ve yaz mevsimleri arasında % protein ($p=0,182>0,05$), % yağ ($p=0,282>0,05$), ve % kül ($p=0,184>0,05$) değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmazken, %su ($p=0,046<0,05$) değerinde anlamlı bir fark saptanmıştır.

Tablo 3.3 Mezgıt balığı kompozisyonunun mevsimsel değerleri

Mezgit	% protein	% yağ	% su	% kül
Kış	9,413±1,226	3,533±0,305	82,933±0,115	1,2±0,529
Bahar	11,093±0,921	2,080±0,164	83,2±0,8	1,067±0,230
P	0,683	0,321	0,172	0,147

Mezgit balığının, kış ve yaz mevsimleri arasında % protein ($p=0,683>0,05$), % yağ ($p=0,321>0,05$), %su ($p=0,172>0,05$) ve % kl ($p=0,147>0,05$) değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Tablo 3.4 ıपुरa balığı kompozisyonunun mevsimsel değerleri

ıपुरa	% protein	% yağ	% su	% kül
Kış	14,12±1,781	6,133±0,115	71,333±0,702	1,8±0,2
Bahar	15,96±1,728	3,693±0,556	77,133±2,656	1,133±0,230
P	0,981	0,055	0,048	0,609

T testine göre ıपुरa balığının, kış ve yaz mevsimleri arasında % protein ($p=0,981>0,05$), % yağ ($p=0,055>0,05$), ve % kl ($p=0,609>0,05$) değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmazken, %su ($p=0,048<0,05$) değerinde ise anlamlı bir fark bulunmuştur.

Tablo 3.5. Gökkuşağı alabalığı kompozisyonunun mevsimsel değerleri

G.Alabalığı	% protein	% yağ	% su	% kül
Kış	12,323±1,070	2,667±0,305	76,333±2,203	1,8±0,32
Bahar	15,96±1,728	3,693±0,556	77,133±2,656	1,133±0,461
P	0,559	0,552	0,069	0,328

Gökkuşağı alabalığının, kış ve yaz mevsimleri arasında T testine göre % protein ($p=0,559>0,05$), % yağ ($p=0,552>0,05$), % su ($p=0,069>0,05$) ve % kl ($p=0,328>0,05$) değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Tablo 3.6. Kış mevsiminde balıklar arasındaki protein, yağ, su, kül miktarları (%)

	% protein	% yağ	% su	% kül
Hamsi	13,723±0,829 ^b	4,267±0,503 ^b	71,267±0,643 ^a	1,4±0,2 ^a
İstavrit	13,973±0,615 ^b	2,933±0,305 ^a	71,533±1,701 ^a	1,267±0,115 ^a
Mezgit	9,415±1,223 ^a	3,533±0,305 ^{ab}	82,933±0,115 ^c	1,2±0,529 ^a
Çipura	14,120±1,781 ^b	6,133±0,115 ^c	71,333±0,702 ^a	1,8±0,2 ^a
Alabalık	12,323±1,070 ^{ab}	2,667±0,305 ^a	76,333±2,203 ^b	1,333±0,461 ^a

*Düşey olarak bakıldığında ^{a, b, c} istatistik açıdan fark vardır. (p < 0,05)

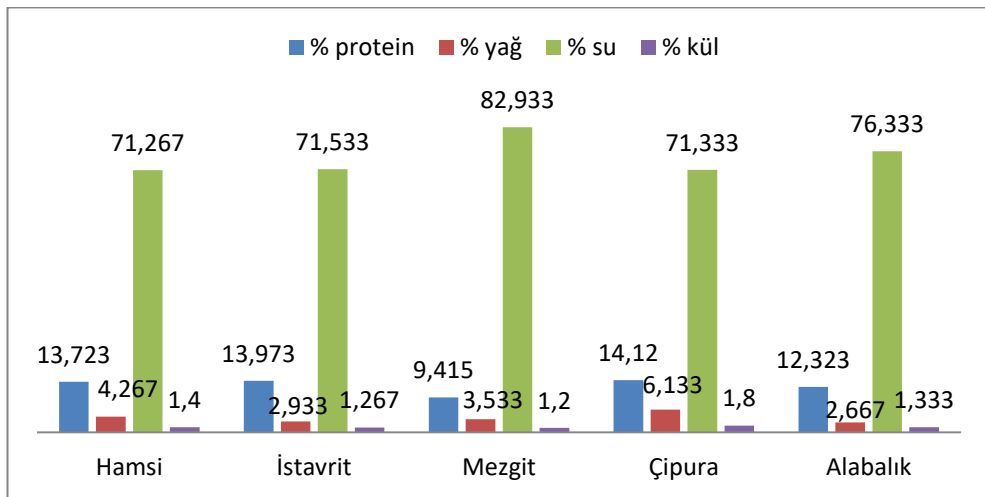
% protein oranlarına bakıldığında alabalık ile diğer balıklar arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark olmadığı görülürken (p>0,05). Mezgit ile hamsi, istavrit, çipura balıkları arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür (p<0,05).

% yağ oranlarında çipura balığında diğer balıklara göre istatistiki açıdan anlamlı bir fark varken (p<0,05), mezgit, hamsi, istavrit, alabalık arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür (p>0,05).

%su miktarına bakıldığında mezgit ve alabalık diğer balıklarla kıyaslandığında anlamlı bir fark görülmüştür (p<0,05).

% kül değerlerinde ise balıklar arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0,05).

Kış mevsiminde balıklar arasındaki protein, yağ, su, kül değerleri (%) değişim grafiği Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Kış mevsiminde balıklar arasındaki protein, yağ, su, kül miktarları (%) değişim grafiği

Tablo 3.7. Yaz mevsiminde balıklar arasındaki protein, yağ, su, kül miktarları (%)

	% protein	% yağ	% su	% kül
Hamsi	15,713±0,895 ^b	1,927±0,110 ^a	78,733±0,305 ^a	1,2±0,2 ^a
İstavrit	16,240±1,268 ^b	1,487±0,151 ^a	77,867±0,305 ^a	1,067±0,305 ^a
Mezgit	11,093±0,920 ^a	2,080±0,164 ^b	83,200±0,800 ^b	1,067±0,230 ^a
Çipura	15,960±1,728 ^b	3,693±0,556 ^b	77,133±2,656 ^a	1,333±0,230 ^a
Alabalık	14,660±0,804 ^b	1,880±0,216 ^a	78,667±0,405 ^a	1,133±0,305 ^a

*Düşey olarak bakıldığında ^{a, b, c} istatistik açıdan fark vardır. (p <0,05)

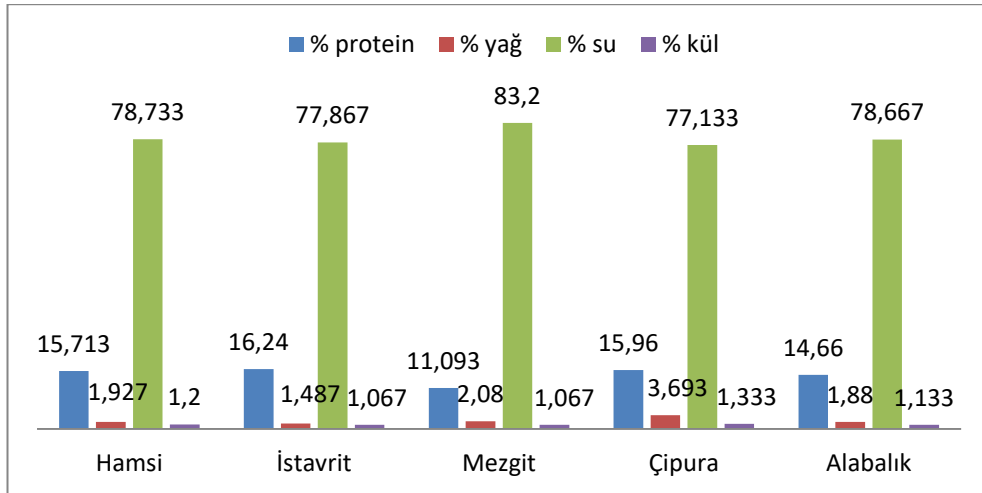
% protein oranlarına bakıldığında mezgit ile diğer balıklar arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark vardır (p<0,05).

% yağ oranlarında çipura ve mezgit balıkları arasında anlamlı bir fark bulunmazken, diğer balıklar ile mezgit ve çipura balıkları arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0,05).

% su oranlarında mezgit balığı ile diğer balıklara göre istatistiki açıdan anlamlı bir fark vardır (p<0,05).

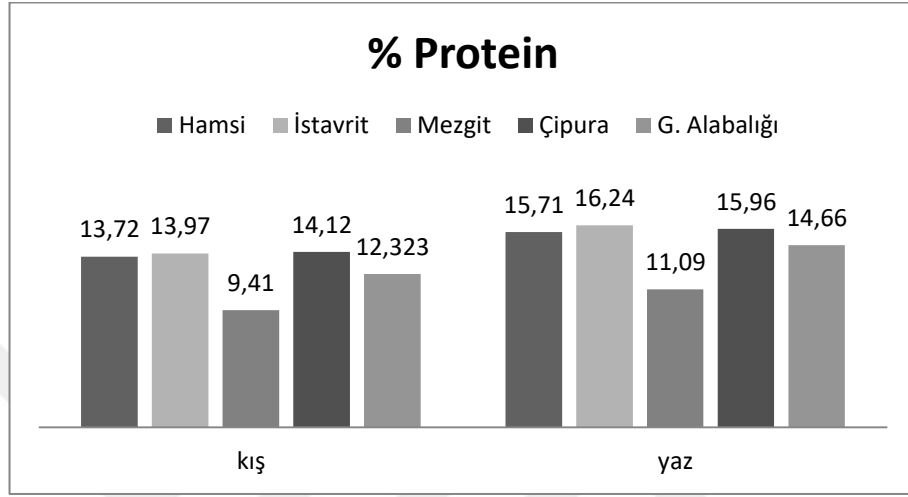
% kül değerlerinde ise balıklar arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0,05).

Yaz mevsiminde balıklar arasındaki protein, yağ, su, kül değerleri değişim grafiği Şekil 3.2’de verilmiştir.



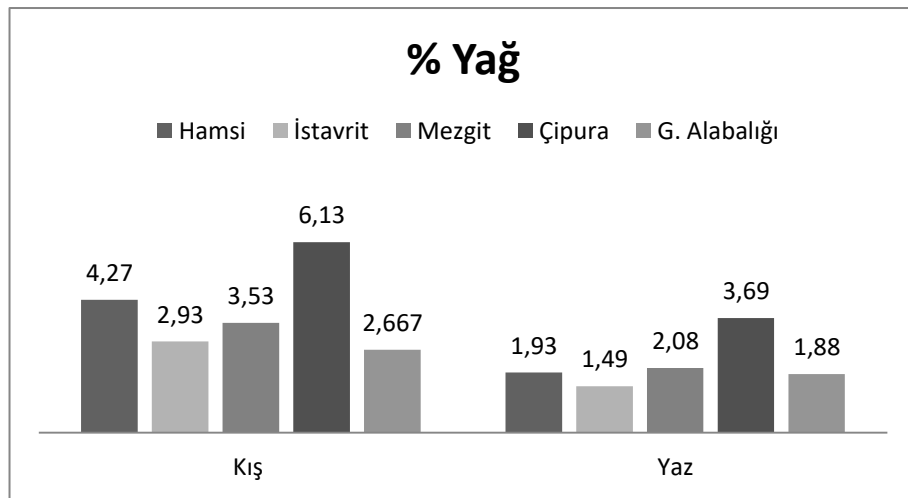
Şekil 3.2 Yaz mevsiminde balıklar arasındaki protein, yağ, su, kül miktarları (%) değişim grafiği

Balıklardaki % protein değerlerinin mevsimsel olarak değişim grafiği Şekil 3.3'te sunulmuştur. Grafiğe bakıldığında protein değeri kış mevsiminde en yüksek çipura balığında, en düşük mezgit balığında bulunmuştur. Yaz mevsiminde ise en yüksek değer istavri balığında, en düşük değer çipura balığında bulunmuştur. Ayrıca protein değerlerinde yaz mevsiminde tüm balıklar için artış gözlenmiştir.



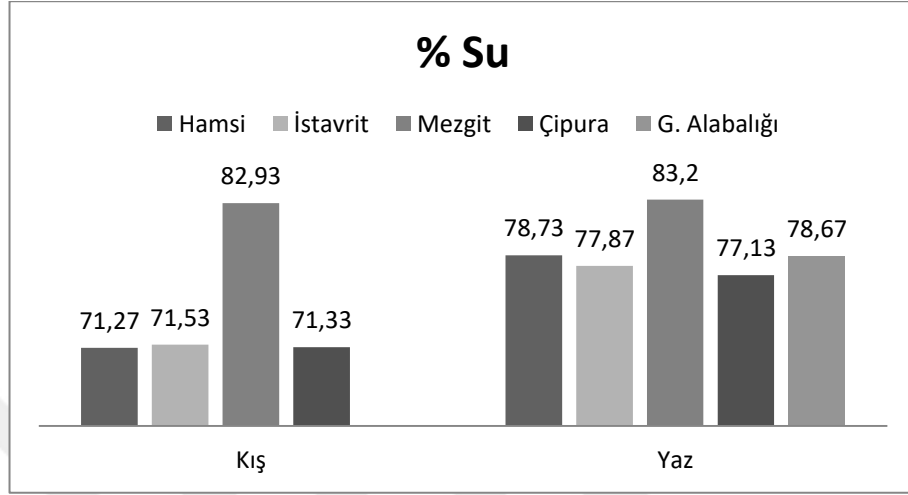
Şekil 3.3 Balıklar arasında mevsimsel olarak % protein değişim grafiği

Mevsimsel olarak balıklar arasındaki % yağ miktarları Şekil 3.4'te de görüldüğü gibi kış mevsiminde yaz mevsimine göre artış gözlenmiştir ve kış ve yaz mevsiminde yağ miktarı en fazla çipura balığında bulunmuştur.



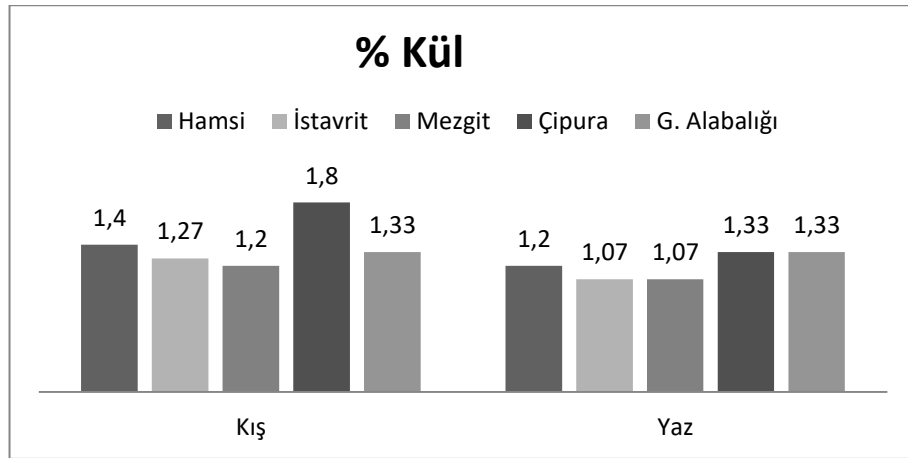
Şekil 3.4 Balıklar arasında mevsimsel olarak % yağ değişim grafiği

Balıklardaki % su mitarlarının mevsimsel değişim grafiği Şekil 3.5'te verilmiştir ve bu grafiğe göre kış mevsiminde su miktarı en fazla ıपुरa balığında, yaz mevsiminde mezigit balığında bulunmuştur. Kış mevsiminde balıkların su miktarı yaz mevsimine göre artış göstermektedir.



Şekil 3.5 Balıklar arasında mevsimsel olarak % su değişim grafiği

Balıkların % kl değerlerinin mevsimsel değişim grafiği Şekil 3.6'da sunulmuştur. Kış mevsiminde kül miktarı balıklar arasında en yüksek ıपुरada bulunurken, yaz mevsiminde en yüksek ıपुरa ve gökkuşağı alabalığında, bulunmuştur. Genel olarak kl miktarlarına bakıldığında kış mevsiminde yaza göre daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 3.6 Balıklar arasında mevsimsel olarak % kl değişim grafiği

Tablo 3.8. Kış mevsiminde balıklardaki ağır metal düzeyleri(mg/kg)

	Hamsi	İstavrit	Mezgit	Çipura	Alabalık
Cr	0,384±0,110 ^a	0,515±0,189 ^a	0,861±0,169 ^a	0,708±0,337 ^a	0,35±0,471 ^a
Mn	1,804±0,220 ^a	1,636±0,445 ^a	2,262±0,554 ^a	2,025±0,617 ^a	1,203±0,168 ^a
Fe	48,293±1,923 ^b	75,78±1,767 ^c	28,387±4,413 ^a	32,711±2,519 ^a	27,076±1,766 ^a
Co	0,025±0,006 ^b	0,075±0,001 ^c	0,015±0,001 ^b	0,001±0,000 ^a	0,019±0,008 ^b
Ni	18,617±1,308 ^b	16,89±1,960 ^{ab}	17,948±2,656 ^b	11,581±2,668 ^a	17,393±2,451 ^{ab}
Cu	4,507±0,906 ^b	2,666±0,286 ^{ab}	2,115±1,509 ^{ab}	1,125±0,742 ^a	1,669±0,568 ^a
Zn	48,061±0,753 ^c	22,94±1,258 ^{ab}	19,318±0,949 ^a	21,358±3,163 ^a	27,121±1,614 ^b
Cd	0,032±0,015 ^b	0,005±0,000 ^a	0,044±0,011 ^b	0,004±0,001 ^a	0,007±0,004 ^a
Pb	3,656±1,199 ^a	2,726±0,433 ^a	4,486±1,073 ^a	3,596±1,405 ^a	1,935±0,745 ^a

*Yatay olarak bakıldığında ^{a, b, c} istatistik açıdan fark vardır (p <0,05).

Cr, Mn, Pb metallerinde balıklarda istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0,05).

Fe elementi için mezgit, çipura ve alabalık arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmazken (p>0,05), hamsi ve istavrit arasında anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0,05).

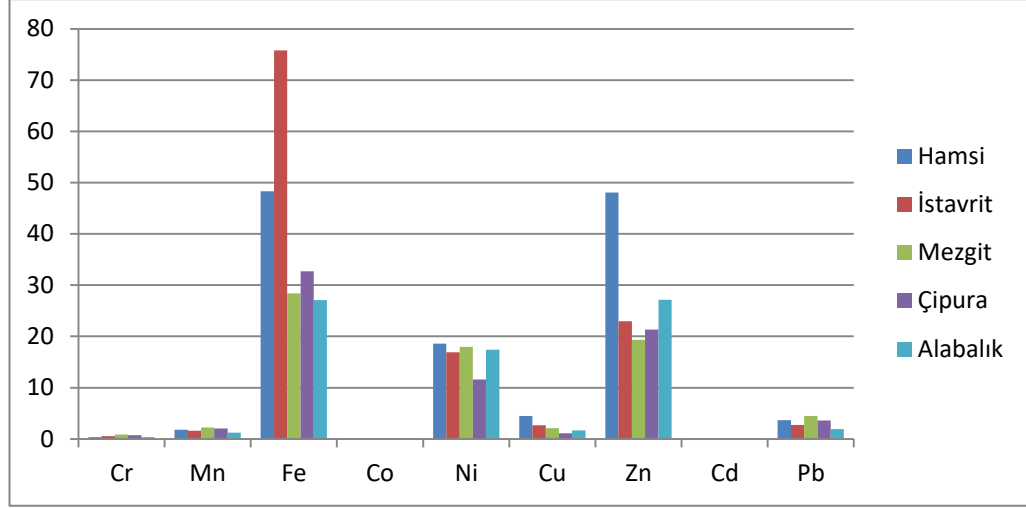
Co elementinde Mezgit, çipura ve istavrit arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmazken (p>0,05), hamsi ve alabalık arasında anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0,05).

Ni elementinde hamsi ile diğer balıklar arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0,05).

Cu ve Zn metallerinde alabalık ile diğer balıklar arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0,05).

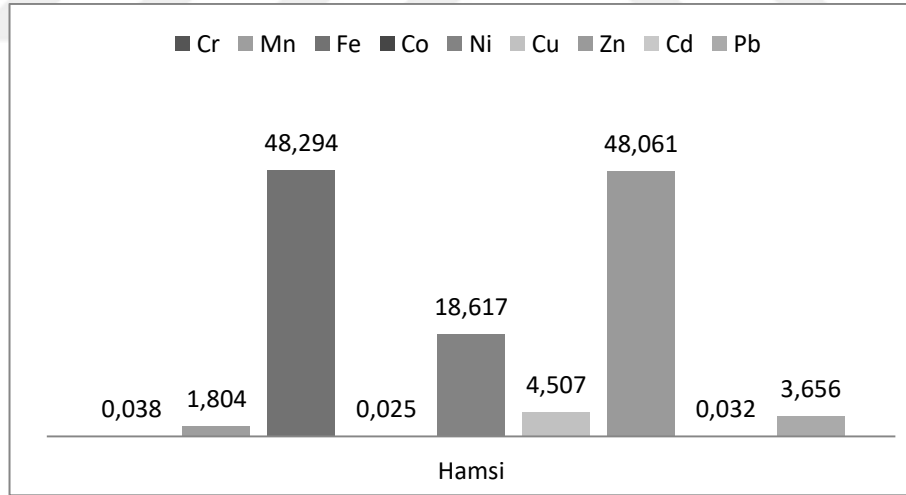
Cd elementi için çipura ve alabalığın diğer balıklarla arasında anlamlı bir fark bulunurken (p<0,05).Hamsi, istavrit, mezgit arasında ve çipura ile alabalık arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0,05),

Kış mevsiminde balıklardaki ağır metal miktarlarına bakıldığında en yüksek değer istavrit balığında Fe elementi 75,78 (mg/kg) ile en düşük değer ise çipura balığında Co elementi 0,001(mg/kg) olarak bulunmuştur (Şekil 3.8).



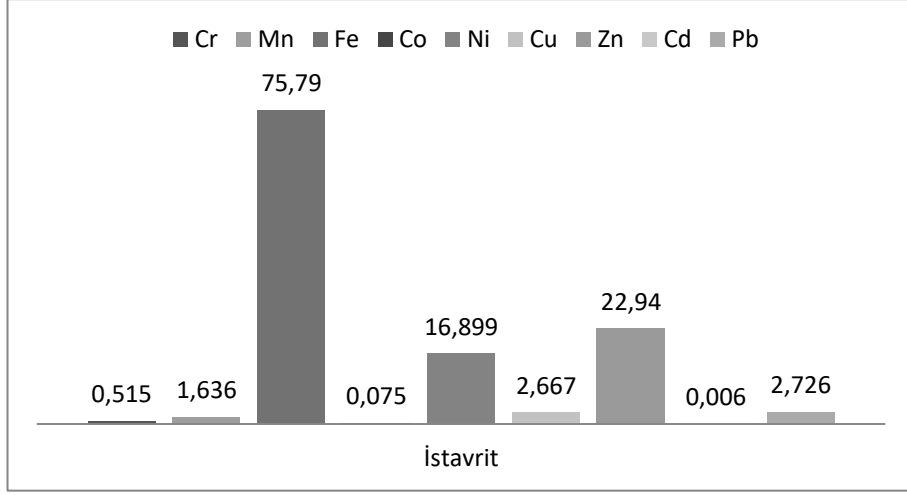
Şekil 3.7 Kış mevsiminde balıklarda ağır metal konsantrasyonları (mg/kg) değişim grafiği

Hamsi balığının kış mevsimindeki ağır metal konsantrasyonları değişim grafiği Şekil 3.9’da verilmiştir. Grafikte anlaşılacağı üzere hamsi balığının ağır metal konsantrasyon sıralaması Fe>Zn>Ni>Cu>Pb>Mn>Cr>Cd>Co şeklinde bulunmuştur.



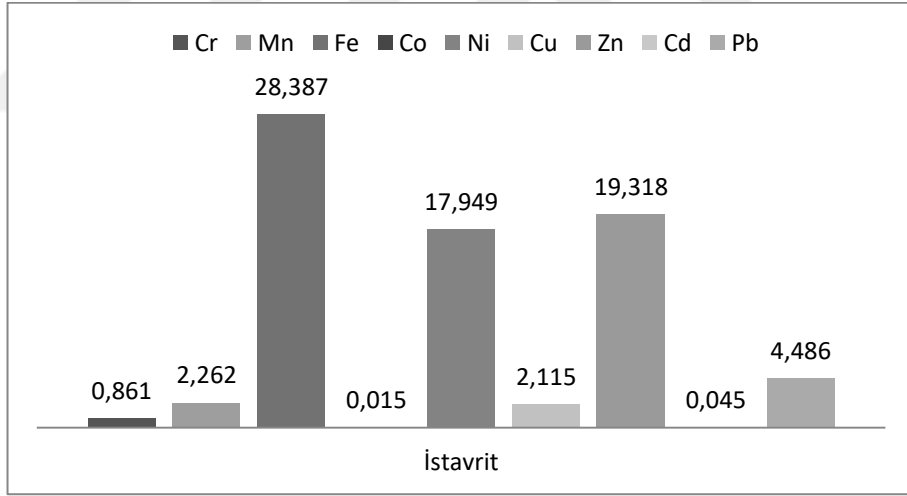
Şekil 3.8 Hamsi balığının ağır metal konsantrasyon (mg/kg) değişim grafiği

İstavrit balığının kış mevsimindeki ağır metal konsantrasyon sıralaması Fe>Zn>Ni>Pb>Cu>Mn>Cr>Co şeklinde bulunmuştur ve bu değişim grafik şeklinde Şekil 3.9’da sunulmuştur.



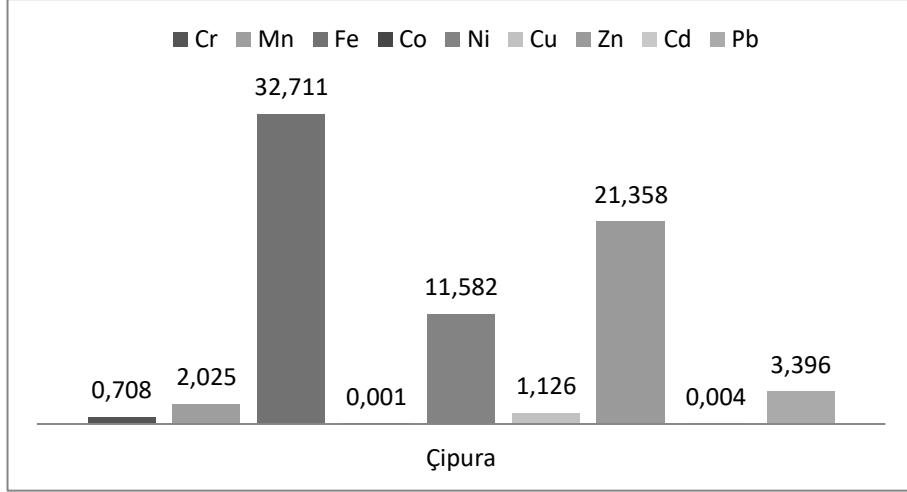
Şekil 3.9 İstavrit balığının ağır metal konsantrasyon (mg/kg) değişim grafiği

Mezgit balığının kış mevsimindeki ağır metal konsantrasyon değişim grafiği Şekil 3.11’de verilmiştir. Mezgit balığının ağır metal konsantrasyon sıralaması Cr>Ni>Fe>Pb>Zn>Cd>Co>Cu>Mn şeklinde bulunmuştur.



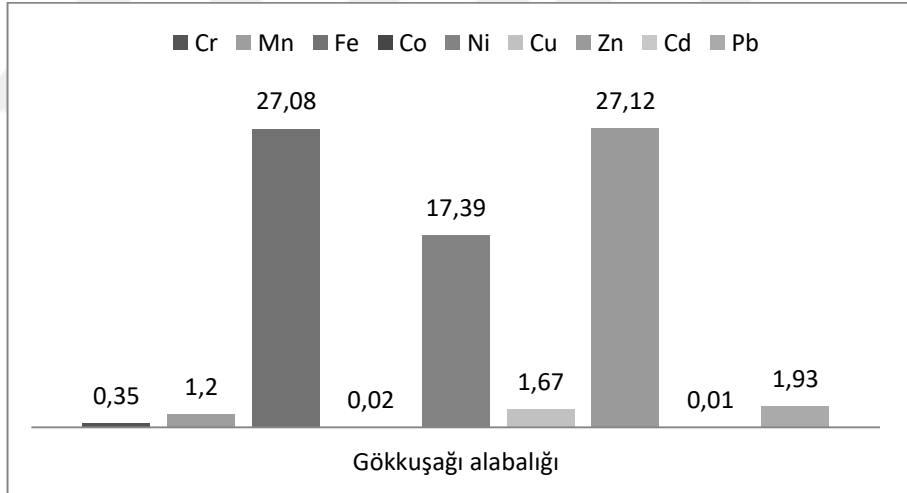
Şekil 3.10 Mezgit balığının ağır metal konsantrasyon (mg/kg) değişim grafiği

Kış mevsiminde çipura balığına ait ağır metal konsantrasyon grafiği Şekil 3.12’deki gibidir ve grafiğe göre metallerin konsantrasyon sıralaması Fe>Zn>Ni>Pb>Mn>Cu>Cr>Cd>Co şeklinde bulunmuştur.



Şekil 3.11 Çipura balığının ağır metal konsantrasyon değişim grafiği

Gökkuşığı alabalığının kış mevsimindeki ağır metal konsantrasyon (mg/kg) grafiği Şekil 3.13'te verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi ağır metallerin konsantrasyon sıralaması Zn>Fe>Ni>Pb>Cu>MnCr>Co>Cd şeklinde bulunmuştur.



Şekil 3.12 Gökkuşığı alabalığının ağır metal konsantrasyon (mg/kg) değişim grafiği

4. TARTIŞMA SONUÇ

Eylül 2013 Haziran 2014 arasında mevsimsel olarak yaptığımız çalışmamızda çalışılan balık türleri için kış aylarında protein, nem, yağ ve kül değerlerinin ortalamaları (%) sırasıyla 12.71, 3.91, 74.68, 1.12 bulunmuştur. Yaz aylarında ise ortalamaları (%) 14.73, 2.21, 78.81, 1.40 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değerler Dönmez ve Tatar (2001), Samsun ve ark. (2005), Bulut (2004), Şengör ve ark. (2000), Oğuzhan ve ark. (2006)'nın tespit ettiği değerlerle değerlerle benzerlik göstermektedir. Ayrıca çalışmamız sonucunda balıklarda yağ ve kül miktarının kış mevsiminde arttığını su ve protein miktarının azaldığını gözlemledik aynı şekilde Dönmez ve Tatar (2001), Ayas (2006), Oğuzhan ve ark. (2006), Bragodottir ve ark. (2002), Malak ve ark. (1989), Murat (2013), Bayır ve ark. (2009), Yazıcı ve ark. (1999) ve Tufan (2008)'in çalışmalarıyla sonuçlarımız uyumluluk göstermektedir. Bizim çalışmamızdaki protein, yağ, nem, kül değerleri literatürdeki çalışmaların çoğuyla benzerlik göstermektedir fakat farklılıklarında olduğu görülmüştür. Bu farklılıkların ise balığın türüne, yaşına, cinsiyetine, yaşadığı ortama ve beslenme koşuluna bağlı olarak değiştiği için oluşabileceği düşünülmektedir.

Balıklardaki elde edilen ortalama ağır metal konsantrasyonlarının ulusal ve uluslararası çalışmalarla kıyaslanması Tablo 4.1'de verilmiştir.

Balıklarda tespit edilen Cd konsantrasyonları, Batı Karadeniz (Fındık ve Çiçek 2011), Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002, Tüzen, 2009), Akdeniz (Kalay ve ark., 1999, ¹Canlı ve Atlı 2003), Karadeniz ve Ege (Uluözlü ve ark., 2007) için bildirilen değerlerden düşük. Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007, Türkmen ve ark., 2008), Karadeniz sahilleri (Tüzen 2009, Mendil ve ark. 2010), Orta Karadeniz (Tüzen 2003, Nisbet ve ark.. 2010), Doğu Karadeniz (Akaydın, 2014), Çulfaz, 2015), Antalya Körfezi (Yazkan ve ark.. 2000) ve Adriyatik denizi (Bilandžić, 2011), için bildirilen değerlerle uyum sağlamaktadır.

Tablo 4.1. Kas dokuda elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalar ve standartlarla karşılaştırılması (mg/kg)

Örnekleme bölgesi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	K
Orta Karadeniz, 2003	0,09-0,48	-	-	1,28-2,93	9,52-32,4	1,06-3,76	-	0,22-0,85	9,5-22,9	1
Orta Karadeniz 2010	0,022	-	-	2,38	-	5,41	3,40	0,77	25,74	2
Karadeniz sahilleri, 2002	0.02-0.24	0.05-0.40	0.06-0.84	1.01-4.54	30-60	0.69-3.56	0.01-2.04	0.05-0.06	25.7-44.2	3
Karadeniz sahilleri, 2009	0,1 – 0,35		0,63-1,74	0,65-2,78	36,2-145	2,76 – 9,1	1,14 – 3,6	0,28-0,87	38,8-93,4	4
Karadeniz sahilleri, 2010	0.18–0.35	0.25–0.42	0.64–0.99	1.4–1.9	25.5–41.4	1.3–3.6	-	0.28–0.64	17.8–25.7	5
Doğu Karadeniz sahili, 2014	0.04-0.76	0.01-0.32	0.02-1.00	0.28-3.78	8.16-53.57	0.06-0.68	0.09-5.91	0.02-4.87	3.65-17.55	6
Doğu Karadeniz sahili, 2015	0,08-0,10	0,01-0,16	0,51-2,30	0,26-1,18	-	0,11-4,41	1,07-24,0,	0,10-0,57	5,46-16,9	7
Batı Karadeniz, 2011	0.15–0.89	-	0.63–1.62	6.30–11.83	59.97-150.7	1.85–2.60	1.25–2.87	2.69–17.11	37.9-152.7	8
Akdeniz, 1996	1.07-1.43	-	1.28-1.60	3.40-5.88	59.6-73.4	-	4.25-6.07	7.33-9.11	16.1-31.4	9
Akdeniz, 2000	0.37-0.79	-	1.24-2.42	2.19-4.4	19.60-78.4	-	-	2.98-6.12	16.5-37.4	10
Antalya Körfezi, 2000	0,00-0,13	-	-	0,51-3,66	-	-	-	0,00-2,05	3,17-11,36	11
İskenderun Körfezi, 2001	-	-	1.03-1.79	0.66-1.98	29.10-93.6	-	0.32-1.72	-	8.99-42.18	12
Karadeniz ve Ege Denizi, 2008	0.45-0.90	-	0.95-1.98	0.84-1.83	68.6-163	1.28-6.54	1.92-5.68	0.33-0.93	35.4-106	13
Türkiye Denizleri, 2007	0.01-0.40	0.03-0.44	0.10-1.60	0.15-5.06	8.99-160	0.08-1.12	0.02-4.22	0.11-1.00	3.15-12.9	14

Tablo 4.1 (devam)

Türkiye Denizleri, 2008	0.02-0.37	0.04-0.41	0.04-1.75	0.32-6.48	7.46-40.1	0.10-0.99	0.02-3.97	0.33-0.86	4.49-11.2	15
Adriyatik Denizi, 2011	0.001-0.02,	-	-	0.001- 6.29	-	-	-	0.001- 0.34	-	16
Hindistan, 1993	-	-	15,8-69,3	22-106,9	0,5-1,8	9,7-79,7	-	-	1,1-3,2	17
Ulusal standartlar	0.1	-	-	20	-	-	-	1.0	50	A
Uluslar arası standartlar	0.05-5.5	-	1.0 10-	-	-	-	100	0.5-6.0	30-100	B
EPA	1.4	27	4.1	54	410 C	190	27		410	C
<i>Bu çalışma</i>	<i>0,004-0,04</i>	<i>0,001-0,07</i>	<i>0,35-0,861</i>	<i>1,125-4,51</i>	<i>27,08-75,7</i>	<i>1,203-2,26</i>	<i>11,58-18,6</i>	<i>1,935-4,49</i>	<i>19,3-48,06</i>	18

^K: Kaynaklar, ¹Tüzen (2003), ²Nisbet ve ark. (2010), ³Topçuoğlu ve ark. (2002), ⁴Tüzen (2009), ⁵Mendil ve ark. (2010), ⁶Akaydın (2014), ⁷Çulfaz (2015), ⁸Fındık ve Çiçek (2011), ⁹Kalay ve ark. (1999), ¹⁰Canlı ve Atlı (2003), ¹¹Yazkan ve ark. (2000), ¹²Yılmaz (2003), ¹³Uluözlü ve ark. (2007), ¹⁴Tepe ve ark., (2007), ¹⁵Türkmen ve ark., (2008), ¹⁶Bilandžić (2011), ¹⁷Chandrashekar ve Deosthale (1993), ^AAnonim (2002), ^BNauen (1983), ^CAnonim (2005).

Co konsantrasyonları Karadeniz sahilleri (Mendil ve ark., 2010), Doğu Karadeniz (Akaydın, 2014) için verilen değerlerden düşük. Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002), Doğu Karadeniz sahilleri (Çulfaz, 2015), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007, Türkmen ve ark., 2008) için bildirilen değerlerle uyum sağlamaktadır.

Cr konsantrasyonları Karadeniz sahilleri (Tüzen, 2009), Mendil ve ark., 2010), Doğu Karadeniz sahili (Akaydın, 2014), Çulfaz 2015), Batı Karadeniz (Fındık ve Çiçek, 2011), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007, Türkmen ve ark., 2008) için verilen değerlerle uyumlu. Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002) için verilen değerlerden yüksek. Akdeniz (Kalay ve ark., 1999, Canlı ve Atlı 2003), Karadeniz ve Ege (Uluözlü ve ark., 2007), İskenderun Körfezi (Yılmaz 2003), Hindistan (Chandrashekar ve Deosthale, 1993) için verilen değerlerden düşük çıkmıştır.

Cu konsantrasyonları Orta Karadeniz (Tüzen, 2003, Nisbet ve ark., 2010), Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark., 2002, Tüzen, 2009), Doğu Karadeniz (Akaydın, 2014), Akdeniz (Kalay ve ark., 1999, Canlı ve Atlı 2003), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007, Türkmen ve ark., 2008), Adriyatik denizi (Bilandžić, 2011) için verilen değerlerle uyum sağlamaktadır. Karadeniz sahilleri (Mendil ve ark., 2010), Doğu Karadeniz sahilleri (Çulfaz, 2015), İskenderun Körfezi (Yılmaz 2003), Antalya Körfezi (Yazkan ve ark., 2000), Karadeniz ve Ege (Uluözlü ve ark., 2007) için verilen derlerden yüksek. Batı Karadeniz (Fındık ve Çiçek, 2011) Hindistan (Chandrashekar ve Deosthale, 1993) için verilen değerlerden düşük bulunmuştur.

Fe konsantrasyonları Batı Karadeniz (Fındık ve Çiçek, 2011) için verilen değerlerden düşük. Karadeniz sahilleri (Mendil ve ark., 2010, Topçuoğlu ve ark., 2002, Tüzen, 2009), Akdeniz (Kalay ve ark., 1999, Canlı ve Atlı 2003), İskenderun Körfezi (Yılmaz 2003), Karadeniz ve Ege (Uluözlü ve ark., 2007) ve Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007, Türkmen ve ark., 2008) için verilen değerlerle uyumlu. Doğu Karadeniz (Akaydın, 2014), Orta Karadeniz (Tüzen, 2003) için verilen değerlerden yüksek, Hindistan (Chandrashekar ve Deosthale, 1993) için verilen değerlerden ise oldukça yüksek bulunmuştur.

Mn konsantrasyonları Orta Karadeniz (Nisbet ve ark., 2010), Karadeniz sahilleri (2002, Tüzen, 2009) için verilen değerlerden düşük, Hindistan (Chandrashekar ve Deosthale, 1993) için verilen değerlerden oldukça düşük. Doğu

Karadeniz (Akaydın, 2014), Türkiye denizleri (Türkmen ve ark., 2008) için verilen değerlerden yüksek. Karadeniz sahilleri (Mendil ve ark., 2010, Topçuoğlu ve ark., 2002), Doğu Karadeniz sahilleri (Çulfaz, 2015), Batı Karadeniz (Fındık ve Çiçek, 2011), Karadeniz ve Ege (Uluözlü ve ark., 2007), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007) için verilen değerlerle uyum sağlamaktadır.

Ni konsantrasyonları Doğu Karadeniz (Akaydın, 2014) için verilen değerlerle uyumlu. Orta Karadeniz (Nisbet ve ark., 2010), Karadeniz sahilleri (Tüzen, 2009, Topçuoğlu ve ark.,2002) Doğu Karadeniz sahilleri (Çulfaz, 2015), Batı Karadeniz (Fındık ve Çiçek, 2011), Akdeniz (Kalay ve ark., 1999), İskenderun Körfezi (Yılmaz 2003), Karadeniz ve Ege (Uluözlü ve ark., 2007) ve Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007, Türkmen ve ark., 2008) için verilen değerlerden yüksek çıkmıştır.

Pb konsantrasyonları Orta Karadeniz (Tüzen,2003, Nisbet ve ark., 2010), Karadeniz sahilleri (Tüzen, 2009, Topçuoğlu ve ark.,2002, Mendil ve ark. 2010), Doğu Karadeniz sahilleri (Çulfaz, 2015), Karadeniz ve Ege (Uluözlü ve ark., 2007) ve Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007, Türkmen ve ark., 2008) için verilen değerlerden yüksek. Akdeniz (Kalay ve ark., 1999) için verilen değerlerden düşük. Batı Karadeniz (Fındık ve Çiçek, 2011), Akdeniz (Canlı ve Atlı 2003), Antalya Körfezi (Yazkan ve ark.. 2000) için verilen değerlerle uyum sağlamaktadır.

Zn konsantrasyonları Karadeniz sahilleri (Tüzen, 2009) için verilen değerlerden düşük. Orta Karadeniz (Tüzen,2003), Karadeniz sahilleri (Mendil ve ark. 2010), Doğu Karadeniz sahilleri (Akaydın, 2014, Çulfaz, 2015), Antalya Körfezi (Yazkan ve ark.. 2000), Türkiye denizleri (Tepe ve ark., 2007), Hindistan (Chandrashekar ve Deosthale, 1993), Türkmen ve ark., 2008) için verilen değerlerden yüksek. Orta Karadeniz (Nisbet ve ark., 2010), Karadeniz sahilleri (Topçuoğlu ve ark.,2002), Batı Karadeniz (Fındık ve Çiçek, 2011), Akdeniz (Kalay ve ark., 1999, Canlı ve Atlı 2003), İskenderun Körfezi (Yılmaz 2003), Karadeniz ve Ege (Uluözlü ve ark., 2007) için verilen değerlerle uyum sağlamaktadır.

Balık türü farkına bakılmaksızın örneklerdeki ağır metal konsantrasyon ortalamaları Cr; 0,52, Mn; 1,53,Fe; 34,03661, Co; 0,03, Ni; 13,45, Cu; 1,82, Zn; 19,86, Cd; 0,01, Pb; 3,85 ppm(mg/kg) olarak bulunmuştur.

Balık türleri arasında ise; Cr metali en yüksek 0,861 (mg/kg) mezgit (*Marlengius Marlengus*), en düşük 0,350 (mg/kg) alabalık (*Oncorhynchus mykiss*)'ta, Mn metali 1,203 (mg/kg) alabalık (*Salmo Trutta*)'ta en düşük, mezgit

(*Marlengius Marlengus*)'ta 2,262 (mg/kg) en yüksek, Fe metali en fazla 75,78 (mg/kg) istavrit (*Trachurus trachurus*), en az 28,387 (mg/kg) mezzgit (*Marlengius Marlengus*)'te, Co metali 0,001 (mg/kg) çipura (*Sparus Aurata*)'da, en düşük, 0,075 (mg/kg) istavrit (*Trachurus trachurus*)'te, Ni metali 18,617 (mg/kg) hamsi (*Engraulis Encrasicolus*)'da en yüksek, 11,581 (mg/kg) değeriyle çipura (*Sparus Aurata*)'da en düşük, Cu metali 1,125 (mg/kg) çipura (*Sparus Aurata*)'da en az, 4,557 (mg/kg) hamsi (*Engraulis Encrasicolus*)'da, Zn metali en düşük 19,318 (mg/kg) mezzgit (*Marlengius Marlengus*)'da, 48,061 (mg/kg) hamsi (*Engraulis Encrasicolus*)'de en yüksek, Cd metali 0,004 (mg/kg) çipura (*Sparus Aurata*)'da en düşük, 0,032 (mg/kg) hamsi (*Engraulis Encrasicolus*)'da en yüksek, Pb metali ise 4,486 (mg/kg) mezzgit (*Marlengius Marlengus*)'te en fazla, 1,935 (mg/kg) alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) 'ta en az, bulunmuştur.

Balıkların kas dokusunda ağır metal için bulunan değerler Amerika'da faaliyet gösteren EPA kuruluşunun kabul ettiği sınır değerlerinden oldukça düşük olduğu görülmüştür (Anonim, 2005). Ayrıca kas dokularındaki ağır metal düzeyleri diğer ulusal ve uluslar arası standartlarla karşılaştırıldığında (Nauen, 1983; Anonim, 2002) da belirlenen metal yoğunluklarının müsaade edilebilir düzeylerin altında olduğu görülmektedir. Bu değerlere göre çalışmamızdaki Giresunda satışa sunulan balıkların tüketiminde ağır metal birikimi açısından herhangi bir riskten söz edilemeyeceği söylenebilir.

Analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde; balıkların kas dokusunda demir yoğunluğu en yüksek düzeyde bulunmuş olup, ikinci sırada çinko yer almaktadır. İz element grubuna dahil olan demir ve çinko metabolizma için gerekli olduğundan metabolik faaliyetlerde kullanılmak amacıyla depolanırlar. Dolayısıyla beş balık türü içinde demir ve çinko yoğunluklarının fazla bulunmasının nedeni bu şekilde açıklanabilir (Gökkuş, 2008).

Balıklarda kas dokuda ağır metal konsantrasyonlarının sınır değerlerden çok daha düşük çıkmasının sebebi kas dokusunun sindirim sisteminin sonlarında bulunuyor olmasından kaynaklı olabilir.

Bir metal, bir biyolojik sisteme girdiği zaman, o canlının tüm dinamik yaşam proseslerine zarar verme kapasitesine sahiptir. Sucul organizmalarda ağır metal birikiminin incelenmesi, ağır metallere karşı duyarlılığı yüksek türlerin belirlenmesinin yanı sıra organizmada meydana gelen yapısal ve işlevsel

bozuklukların belirlenmesi açısından da önem taşımaktadır. Balıklarda bazı ağır metallerin öldürücü olmayan ortam derişimlerinde öncelikle solungaçlarda birikmesi, solungaçların, sudaki çözülmüş ağır metallerle doğrudan etkileşim halinde olmasından kaynaklanmaktadır. Solungaçlardaki ağır metal birikim düzeyi mortaliteye neden olacak düzeyde değil ise derişimi zaman içinde azalmaktadır. Ağır metaller subletal ortam derişimlerinin etkisinde balıkların karaciğer, böbrek ve dalak gibi metal metabolizması ve metal detoksifikasyonu ile ilgili organlarında yüksek düzeyde birikmektedir. Balıklarda karaciğer, ağır metalleri bağlayarak toksik etkilerinin yok edilmesinde işlev gören metallothionein ve glutatyon gibi metal bağlayıcı proteinlerin başlıca sentez yerlerinden biridir (Kayhan, 2006). Balıklarda kas dokusu ağır metal bağlamada etkili değildir. Gerçekte dünyada yaşayan tüm canlıların ortak serveti olan denizler ve içindeki canlılar, kaliteli protein arayışı içinde olan toplumların gıda deposudur. Endüstrileşmenin kaçınılmaz olduğu yüzyılımızda, yaşam kalitesini bozmadan, taze ve temiz ürünlerle sağlıklı beslenme olanaklarını korumak tüm toplumların ana hedefi olmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- Akaydın, A. 2014. Doğu Karadeniz Sularından Yakalanan Ekonomik Öneme Sahip Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Değerlendirilmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Pp.1, Giresun.
- Akkan, G. İÜ. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri Akılcı İlaç Kullanımı Sempozyumu 14 Ocak 1999, İstanbul-TÜRKİYE.
- Aksan, S. 2013. Kocaeli İlinde Satışı Yapılan Deniz Ürünlerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp:9, Kocaeli.
- Alak, G. Kocaman, M. E., Sağlıklı Beslenmede Su Ürünlerinin Türkiye. 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum-TÜRKİYE.
- Anonim, 1997. TGK: Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği, *Dünya Yayıncılık*, 214, İstanbul, Türkiye.
- Anonim, 2002. Su Ürünleri Kanunu Ve Su Ürünleri Yönetmeliği. Tarım Ve Köy İşleri Bakanlığı, Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, S 78, Ankara.
- Anonim, 2006 [Http://Eunivsite.Nku.Edu.Tr/Kullanicidosyaları/Lipitler\(2\).Pdf](http://Eunivsite.Nku.Edu.Tr/Kullanicidosyaları/Lipitler(2).Pdf) Web Adresinden 7 Temmuz 2016 Tarihinde Edinilmiştir.
- Anonim, 2006a. Protein. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Protein> Web Adresinden 25 Temmuz 2016 Tarihinde Edinilmiştir.
- Anonim, 2010 Ham protein tayini <http://www.muhandisevi.com/Dosya/?d=917> Web Adresinden 16 Temmuz 2016 Tarihinde Edinilmiştir.
- Anonim, 2015. http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/analizleri_10_hafta.pdf Web Adresinden 21 Temmuz 2016 Tarihinde Edinilmiştir.
- Anonymus, 2005. [Http://Www.Epa.Gov](http://Www.Epa.Gov), Environmental Protection Agency (EPA) National Recommended Water Quality Criteria Correction.
- ATSDR, 2003. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>. Web adresinden 03 Temmuz 2016 tarihinde edinilmiştir.
- Ayas, D. 2006. Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve Sardalya (*Sardina pilchardus*)'nın Sıcak Tütsülenmesi

- Sonrasındaki Kimyasal Kompozisyon Oranlarındaki Değişimleri. *Su Ürünleri Dergisi* 23 (3).
- Baysal, A. 1989. *Genel Beslenme Bilgisi*. Ankara: Hatipoğlu Yayınevi. Ankara
- Besler, T. (2005). Balık Tüketimi ve Sağlık Etkileşimi. Danone Ensitusü Türkiye Derneği. <http://Www.Danoneenstitusu.Org.Tr/Newsfiles/32balikvesagliketkilesimihtb.Pdf>, 26 Haziran 2016 Tarihinde Edinilmiştir.
- Bilandžić, N., Dokić, M. And Sedak, M.,** 2011. Metal Content Determination in Four Fish Species From The Adriatic Sea. *Food Chemistry* 124: 1005-1010.
- Bingöl, G. 1976 *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları* 41 <http://kitaplar.ankara.edu.tr/dosyalar/pdf/330.pdf> Web Adresinden 10 Temmuz 2016 Tarihinde Edinilmiştir.
- Brown, A. 2000. *Uderstanding Food, Fish and Shellfish* Wordsworth/Thomson, Learning, USA, 299-318.
- Bulut, M. 2004. Levrek (*Dicentrarchus labrax L., 1758*) ve Çipura (*Sparus aurata L., 1758*) Yumurtalarının Biyokimyasal Kompozisyonu. *Su Ürünleri Dergisi* 21 (1).
- Büyükgüncü, N. 2011. Gemlik Körfezi'nden Avlanan Ekonomik Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Tespiti. T.C. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp.1 İstanbul
- Canlı, M. and Atlı, G.** 2003. The Relationships Between Heavy Metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) Levels And The Size Of Six Mediterranean Fish Species. *Enviromental Pollution* 121 (1): 129-136.
- Castro-Gonzalez, M.I.,** Armenta-Mendez M. 2008. Heavy Metals Implications Associated To Fish Consumption. *Environmental Toxicology And Pharmacology* 26: 263-271.
- Chandrashekar, K.,** Deosthale, Y. G. 1993. Proximate composition, amino acid, mineral, and trace element content of the edible muscle of 20 Indian fish species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 6 (2): 195-200.
- Cohen, D. M.,** Inada T., Iwamoto T. and Scialabba N., 1990. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes), An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date, *FAO species catalogue* 10. FAO Fish. Synop., Rome.

- Çiçek, A. ve Koparal, S. A. 2001. Porsuk Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Barbus plebejus*'da Kurşun, Krom ve Kadmiyum Seviyeleri, *Çev. Koruma dergisi* 10 (39): 3-6.
- Çulfaz, B. 2015. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde balık pazarlarında tüketime sunulan balıklarda ağır metal birikimi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 1, Giresun (yayınlanmamıştır).
- Egemen, Ö., Sunlu U. 1999. Su Kalitesi, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* 14: 117-122.
- Ersoy, B. 2006 Kuzeydoğu Akdeniz (Adana/Karataş) Bölgesinde Avlanma Mevsiminde Tüketilen Balıkların Besin Kompozisyonu ve Ağır Metal İçerikleri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp. 1, Adana.
- Ersoy, B. ve Çelik, M. 2010. The essential and toxic elements in tissues of six commercial demersal fish from Eastern Mediterranean Sea. *Food and chemical toxicology* 48 (5), 1377-1382.
- Eseceli, H., Değirmencioglu, A. Kahraman, R., 2006. Omega yağ asitlerinin insan sağlığı yönünden önemi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, Bolu-TÜRKİYE
- Fındık, Ö., Çiçek, E. 2011. Metal concentrations in two bioindicator fish species, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus*, captured from the West Black Sea Coasts (Bartın) of Turkey. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 87 (4), 399-403.
- Geankopolis, C.J., 1983. Transport Processes and Unit Operations, 2nd ed., Allyn and Bacon Inc., Boston https://cevre.files.wordpress.com/2009/01/kjeldahl_yontemi_ileazottayinipdf Web adresinden 23 Ağustos 2016 tarihinde edinilmiştir.
- Gogus, U., Smith, C. 2010. n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge. *International Journal of Food Science & Technology*. 45 (3): 417-436.
- Gordon, D.T., V. Ratliff. 1992. The Implications Of Omega 3 Fatty Acids In Human Health. P. 69-98. In G.J. Flick, R.E. Martin (Eds.), *Advances In Seafood Biochemistry Composition and Quality*, Technomic Publishing Co. Inc.
- Gökkuş, K., 2008. İskenderun ve Antalya Körfezlerindeki Kemane Balığı (*Rhinobatus rhinobatus*, L., 1758)'nın Çeşitli Organlarında Ağır Metal Birikiminin Değerlendirilmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 53. Antakya.

- Gülyavuz, H., Ünlüsayın, M.,** 1999. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Egridir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta.
- Güven A, Kahvecioğlu Ö, Kartal G ve Timur, S. 2009. Metallerin Çevresel Etkileri-3 http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf. Web adresinden 08 Ağustos 2016 tarihinde edinilmiştir.
- Güven, K.C., Öztürk, B. 2005. Deniz Kirliliği Temel Kirleticiler Ve Analiz Yöntemleri. *Tüdev Yayınları* 21: 512.
- Horrocks, L. A. Ve Yeo, Y. K.** 1999. Health Benefits of Docosohexaenoic Acid (Dha). *Pharmacological. Research* 40:211-225.
- Kalay, M., Ay, Ö. ve Canlı, M.,** 1999. Heavy Metal Concentrations İn Fish Tissues From The Northeast Mediterranean Sea. *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology* 63: 673-681.
- Kara, A. 2013. Giresun Sahil Yolundan Alınan Yağmur Suyu Örneklerindeki Ağır Metal Kirliliği Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp 17, Giresun.
- Karadede, H. 1997. Atatürk Baraj Gölünde Su, Sediment ve Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 1, Erzurum.
- Kayhan, F. E. 2006. Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* 23(1-2): 215-220.
- Kaya, Y., Duyar, H. A., Erdem, M. E.** 2004. Balık Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı İçin Önemi *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* 21 (4): 365-370.
- Kayahan, M., 2009. Sağlıklı Beslenme Açısından Trans Yağ Asitleri. S. 7-11. II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu. 27-29 Mayıs 2009, Van-TÜRKİYE.
- Kayhan, F., E., Muşlu, M., N., Çolak, S., Koç, N., D., Çolak, A.** 2010. Antalya Körfezi'nde Yetiştiriciliği Yapılan Mavi Yüzgeçli Orkinosların (*Thunnus Thynnus*) Karaciğer Ve Kas Dokularında Kurşun (Pb) Düzeyleri. *Ekoloji*. 19 (76): 65-70.
- Keskin, Y., Başkaya, R., Özyaral, O., Yurdun, T., Lüleci, N.E., Hayran, O.** 2007. Cadmium, Lead, Mercury And Copper İn Fish From The Marmara Sea, Turkey. *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology* 78 (3-4): 258-261.

- Kesler, S. E. 1994. Mineral Resources, Economics and the Environment, New York: Macmillan College Publishing Company, Inc., s. 223, USA.
- Kottelat, M. and Freyhof, J. 2007. *Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat.*
- Köse E.** ve Uysal K., Aralık 2008. Cinsi olgunluğa erişmemiş pullu sazan (*Cyprinus carpio L.*, 1758)'ların kas,deri ve solungaçlarındaki ağır metal akümülayon oranlarının karşılaştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Dergisi* 17: 19-26.
- Köse, E. 2007. Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 25, Kütahya.
- Kromhout, D.**, Bosschieter, M.D. and Coulander, L. 1985. The Inverse Relation Between Fish Consumption and 20-Year Mortality From Coronary Heart Disease. *New England Journal Of Medicine* 312 (19): 1205-1209.
- Lall, S.P. 1995. Macro And Trace Elements In Fish And Shellfish. in: Fish and Fishery Products, Composition, Nutritive Properties and Stability (Ruiter, A., Ed.) pp. 187-1213. CAB International, UK.
- Lewis N.M.**, Seburg, S., Flanagan, N.L. 2000. Enriched Eggs As A Sourced of N-3 Polyunsaturated Fatty Acids For Humans. *Poultry Science* 79 (7), 971-974.
- Love, R.M., 1982. Basic Facts About Fish. Fish Handling & Processing. Chap 2. Ministry of Agriculture, Fisheries & Food. Torry Research Station, Edinburg, 2- 19p.
- Mendil, D.**, Demirci, Z., Tüzen, M. ve Soylak, M. 2010. Seasonal Investigation Of Trace Element Contents In Commercially Valuable Fish Species From The Black Sea, Turkey. *Food And Chemical Toxicology* 48:865-870.
- Nauen, C.E., 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fish Circular* 764: 102.
- Nisbet, C.**, Terzi, G., Pilgir, O. ve Saraç, N., 2010. Determination Of Heavy Metal Levels in Fish Samples Collected From The Middle Black Sea. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 16 (1): 119-125.
- Oehlenschläger, J. 2000. Identifying Heavy Metals in Fish. in: *Safety and Quality Issues in Fish Processing* (Bremmer, H.A. Ed.) pp. 95-108. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England

- Oğuzhan, P.**, Angiş, S., Haliloğlu, İ.H. ve Atamanalp, M. 2006. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss*) Filetolarında Sıcak Tütsüleme Sonrası Kimyasal Kompozisyon Değişimleri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* 23: 465-4667.
- Öncül, N. ve Ensoy, Ü. 2010. Kjeldahl Yöntemiyle Ham Protein Tayini. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat.10–12.
- Özalp, B. 2008. Bazı Su Ürünlerinin Bileşimi ve Değişik Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Pp 1, Konya.
- Özdilek, H. G. 2002. Distribution and transport of Copper and Lead in the Blackstone River, Massachusetts, Worcester Polytechnic Institute. PhD Thesis, s.242, USA.
- Radjaei, A. 2006. Kuzey Marmara Denizi'ndeki Karagöz İstavrit Balığında (*Trachurus trachurus* L., 1758) Bazı Ağır Metal Birikimleri, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul,
- Saei-Dehkordi, S. S.;** Fallah, A. A. 2011. Determination of Copper, Lead, Cadmium and Zinc Content in Commercially Valuable Fish Species from the Persian Gulf Using Derivative Potentiometric Stripping Analysis. *Microchemical Journal* 98: 156-162.
- Samsun, S.**, Erdem, E.M. ve Samsun, N. 2006. Mezgıt (*Gadus merlangus euxinus* Nordmann, 1840) Balığının Et Verimi ve Kimyasal Kompozisyonunun Belirlenmesi. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi* 2: 165-170, Sinop.
- Samur, G., 2008 *Vitaminler Mineraller ve Sağlığımız* Yayın No: 727. Ankara Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü tarafından sağlık bakanlığı adına hazırlanmıştır
- Sarıyüpoğlu, M. ve Say, H. 1980. Elazığ Şehir kanalizasyonunun Keban Baraj Gölü'ne döküldüğü bölgeden yakalanan *Barbuscapitopectoralis*'de ağır metal birikimlerinin araştırılması. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Eğitiminin 10.Yılında Su Ürünleri Sempozyumu, 121-130s. İzmir-TÜRKİYE.
- Semma, M.**, 2002. Trans Fatty Acids: Properties, Benefits and Risks. *Journal of health science* 48 (1): 7-13.
- Sıbıç, L. 2014. Giresun İlinde Farklı Bölgelerden Toplanan Tavuk Yumurtalarındaki Bazı Ağır Metaller ve Selenyum Düzeyleri Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Pp.30 Giresun.

- Smith-Vaniz W. F., 1986. Carangidae, Editors: Whitehead P. J. P, Bauchot M. L., Hureau J. C., Nielsen J., Tortonese E., *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*, UNESCO, Paris, 815-844,
- Sökmen, T. Ö. 2011. Marmara Denizinde Yaşayan Bazı Balık Türlerinin Dokularındaki Mineral ve Ağır Metal Seviyelerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 1, Erzurum.
- Şahingöz, S.A.**, 2007. Omega-3 Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığına Etkileri. *Gazi Üniv. Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fak. Dergisi* 21: 1-13.
- Şengör, G. F. Ü., Çelik, U. ve Akkuş, S. 2000. Determination of freshness and chemical composition of scad (*Trachurus trachurus*, L. 1758) stored in refrigerator. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 24 (3), 187-194.
- Şimşek, A., Kırmızı, S., Manaşırılı, M., Özyurt, G. Keserbaş (*Mullus barbatus*) ve Çizgili Barbun (*Upeneus moluccensis*)'un Mineral Ve Vitamin İçerikleri. XV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 01-04 Temmuz 2009, Rize-TÜRKİYE.
- Tepe, Y.**, Türkmen, M. and Türkmen, A., 2008. Assessment Of Heavy Metals in Two Commercial Fish Species Of Four Turkish Seas. *Environmental Monitoring Assessment* 146 (1-3): 277-284.
- Topcuoğlu, S.**, Kırbasoğlu, Ç. and Güngör, N. 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998, *Environmental International* 1069: 1-8.
- Tufan, B. 2008. Doğu Karadeniz Bölgesinde Ticari Olarak Avcılığı Yapılan Hamsi (*Engraulis encrasicolus*), İstavrit (*Trachurus trachurus*) ve Mezgit (*Merlangius merlangus*) Balıklarının Toplam Yağ + Fosfolipit ve Yağ Asidi Bileşiminin Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Pp. 3, Trabzon.
- Turan, H.**, Kaya, Y. ve Sönmez, G. 2006. Balık Etinin Besin Değeri ve İnsan Sağlığındaki Yeri. Ege Üniversitesi *Journal Of Fisheries & Aquatic Sciences* 23 (1-3): 505- 508.
- Türkmen, A. 2003. 'İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesinde (*Spondylus spinosus*) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp. 41-42, Erzurum.

- Türkmen, A.**, Türkmen, M.; Tepe, Y. and Akyurt, İ. 2005. Heavy Metals In Three Commercially Valuable Fish Species From İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey *Food Chemistry* (91):167–172.
- Tüzen, M. 2003. Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry* 27: 521-526.
- Tüzen, M. 2009. Toxic And Essential Trace Elemental Contents In Fish Species From The Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology* 47: 1785-1790.
- Uluözlü, Ö.D.**, Tüzen, M., Mendil, D., Soylak, M. 2007. Trace Metal Content In Nine Species Of Fish From The Black And Aegean Seas, Turkey. *Food Chemistry* 104: 835-840p.
- URL-1 [Http://Www.Mustafaaltinisik.Org.Uk/89-1-07.Pdf](http://Www.Mustafaaltinisik.Org.Uk/89-1-07.Pdf) Web Adresinden 22 Haziran 2016 Tarihinde Edinilmiştir.
- URL-2 <http://Canilecananlar.Blogspot.Com.Tr/2012/06/Proteinler-Proteinlerin-Snflandrlmasi.Html> Web Adresinden 27 Haziran 2016 Tarihinde Edinilmiştir.
- URL-3 http://80.251.40.59/veterinary.ankara.edu.tr/fidanci/Ders_Notlari/Tablolarla_Bi_yokimya/TB-Lipidler.pdf Web Adresinden 12 Temmuz 2016 Tarihinde Edinilmiştir.
- Uysal, K.; Atalay, M.A. 2007. DPÜ Göleti’nde Ekstansif Yetiştiriciliği Yapılan Aynalı Sazanların (*Cyprinus carpio*) Gelişimi ve Ağır Metal Akümülyasyon Oranlarının Değerlendirilmesi. Ulusal Su Günleri Sempozyumu, 16-18 Mayıs, Antalya-TÜRKİYE.
- Ünsal, M., Doğan, M., Aytaç, Ü., Yemenicioğlu, S., Akdoğan, Ş., Kayıkçı, Y., Aktaş, M. 1992. Orta Ve Doğu Karadeniz’de Ekonomik Önemi Olan Deniz Organizmalarında Ağır Metallerin Belirlenmesi. Sonuç Raporu, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, Mersin
- Vural, N.** 1996. Toksikoloji. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları* 73: 504-552.
- Whitehead P. J. P., Nelson G. J., Wongratana T., 1988. *FAO Species Catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei), An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings*, FAO Fish. Synop., Rome,

- Yazkan, M.,** Özdemir, F. ve Gölükcü, M. 2002. Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Balık Türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd İçeriği. *Türkish Journal of Veterinary Animal* 26: 1309-1313.
- Yıldızdağ, H. 1992. “Marmara Denizi’nde Ekonomik Su Ürünlerinin Kas Dokusundaki Hg, Cu, Zn, Fe Miktarı. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, pp. 1, İstanbul,
- Yılmaz, F.** 2009.The comparison of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in tissues of three economically important fish (*Anguilla Anguilla*, *MugilCephalus* and *Oreochromis Niloticus*) Inhabiting Köycegiz Lake-Mugla. *Turkish Journal Of Science & Technology* 4 (1): 7–15.
- Yipel, M., 2012, Akdeniz Antalya Körfezi’ nde Avlanan Barbunya (*Mullus Barbus*, *Linnaeus, 1758*), Kefal (*Mugil Cephalus, Linnaeus, 1758*) ve Yeşil Kaplan Karidesi (*Panaeus Semisulcatus, De Haan, 1844*) Türlerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, pp 1, Ankara.

6. ÖZGEÇMİŞ

05.01.1988 yılında Sivas' ın Yıldızeli ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğretimini Sivas' ın Yenişehir mahallesinde bulunan Cumhuriyet İlköğretim Okulunda tamamladı. 2008 yılında Giresun Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde lisans öğrenimine başladı ve 2012 yılında mezun oldu. 2012 yılında Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Analitik Kimya Anabilim Dalında lisansüstü öğrenimine başladı ve halen öğrenimine devam etmekte.

