

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**



**MARMARA DENİZİNDEKİ BAZI BALIKLARDA ESER  
ELEMENTLERİN BİYOERİŞİLEBİLİRLİK  
SEVİYELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**AYLA GÜNGÖR**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2016**

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**



**MARMARA DENİZİNDEKİ BAZI BALIKLARDA ESER  
ELEMENTLERİN BİYOERİŞİLEBİLİRLİK  
SEVİYELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**AYLA GÜNGÖR**

**Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Derya KARA FISHER (Tez Danışmanı)**

**Prof. Dr. Mustafa İMAMOĞLU**

**Prof.Dr. Oktay ARSLAN**

**Doç. Dr. Sema BAĞDAT**

**Yrd. Doç. Dr. Sezen SİVRİKAYA**

**BALIKESİR, HAZİRAN – 2016**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

**AYLA GÜNGÖR** tarafından hazırlanan “**MARMARA DENİZİNDEKİ BAZI BALIKLARDA ESER ELEMENTLERİN BİYOERİŞİLEBİLİRLİK SEVİYELERİNİN ARAŞTIRILMASI**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 13.06.2016 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Prof.Dr. Derya KARA FISHER

.....

Üye

Prof. Dr. Mustafa İMAMOĞLU

.....

Üye

Prof.Dr. Oktay ARSLAN

.....

Üye

Doç. Dr. Sema BAĞDAT

.....

Üye

Yrd. Doç. Dr. Sezen SİVRİKAYA

.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

**Bu tez çalışması Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma  
Projeleri Birimi tarafından 2014/97 nolu proje ile desteklenmiştir.**

## ÖZET

**MARMARA DENİZİNDEKİ BAZI BALIKLARDA ESER  
ELEMENTLERİN BİYOERİŞİLEBİLİRLİK  
SEVİYELERİNİN ARAŞTIRILMASI  
DOKTORA TEZİ  
AYLA GÜNGÖR  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. DERYA KARA FISHER)**

**BALIKESİR, HAZİRAN – 2016**

In-vitro gastrointestinal ekstraksiyon, insanlarda kimyasal riski değerlendirmek için kullanılan ağız yoluyla alınan yiyeceklerin biyoerişilebilirliğini inceleyen bir yöntemdir. Günlük diyet içinde bilinçli ya da bilinçsiz olarak alınan gıda matrikslerinden gelen kimyasalların ne kadar vücuda salındığını belirlemeyi amaçlar.

Bu çalışmanın ilk kısmında, Türk halkının yaygın olarak tükettiği balık çeşitlerinde (Çipura (*Sparus auratus*), Hamsi (*Engraulis encrasicolus*), İstavrit (*Trachurus trachurus*), Levrek (*Dicentrarchus labrax*), Sardalya (*Sardina pilchardus*) ve Mezgit (*Merlangius merlangus*)) bazı metallerin toplam konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca, aynı işlemler standart referans balık örneğinde (TORT-2) yöntemin doğruluğunu belirlemek için yapıldı. Çalışmanın ikinci kısmında, balıkların insanlar tarafından yenmesi durumunda vücuda mide ve bağırsaklar yoluyla geçebilecek element konsantrasyonları, in-vitro olarak gastrointestinal metotla, laboratuvar koşullarında mide ve bağırsaklardaki inorganik, organik ve biyokimyasal bileşikler kullanılarak; vücut sıcaklığında, model bağırsak ve mide sistemi oluşturularak araştırıldı. Biyoerişilebilirlik deneyleri, çiğ ve pişmiş balıklar ile ayrı ayrı eylül ve mart aylarında tekrar edildi. Tüm örneklerdeki element konsantrasyonları ICP-MS ile belirlendi. Çalışmanın üçüncü kısmında ise, eylül ve mart aylarında alınan balık örneklerinin soxhlet yöntemi kullanarak mevsimsel olarak yağ miktarları gravimetrik olarak bulundu. Deneysel sonuçlar, t-testi kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirildi.

Çiğ ve pişmiş balıklarda elementlerin biyoerişilebilirliklerinde anlamlı farklılıklar gözlemlendi. Elementlerin biyoerişilebilirlikleri Mart ve Eylül aylarında alınan çiğ ve pişmiş balıklarda da ayrı ayrı karşılaştırıldı. Mevsim değişiminin etkisi anlamlı olarak bulundu. Bu değişimin nedeni, yılın farklı zamanlarında balıklardaki yağ miktarının değişimine bağlandı.

**ANAHTAR KELİMELELER:** In-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi, biyoerişilebilirlik, deniz balıkları, elementler, yağ.

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF BIOACCESSABILITY LEVELS OF TRACE ELEMENTS IN SOME FISHES IN THE MARMARA SEA**

**PH. D THESIS**

**AYLA GÜNGÖR**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**CHEMISTRY**

**(SUPERVISOR: PROF. DR. DERYA KARA FISHER)**

**BALIKESİR, JUNE 2016**

In-vitro gastro-intestinal extraction, also known as oral bioaccessibility, is important when assessing the chemical risk to humans. It attempts to simulate the release of chemicals from sample matrices that may be consumed intentionally through the diet (e.g. food) or unintentionally (e.g. soil).

In the first part of the study, the total concentrations of some metals in fish types commonly consumed by the Turkish community were determined. These included bream (*Sparus auratus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*), horse mackerel (*Trachurus trachurus*), seabass (*Dicentrarchus labrax*), sardine (*Sardina pilchardus*) and whiting (*Merlangius merlangus*). Additionally, the same procedures were undertaken for a standard reference fish sample, TORT-2, to show the accuracy of the method. In the second part of the study, metal concentrations that can pass into the human body through stomach and intestinal digestion when fish are consumed were investigated. This was achieved using an in-vitro gastrointestinal method using model stomach and intestinal media comprising inorganic, organic and biochemical components at body temperature and under laboratory conditions. Bioaccessibility experiments were repeated for cooked and uncooked fish in both March and September. Metal concentrations were determined using ICP-MS. In the third part of the study, seasonal fat contents of the fish samples collected in September and in March were determined gravimetrically following a Soxhlet extraction method.

Experimental results were evaluated statistically using t-tests.

Bioaccessibility was tested for both cooked and uncooked fish with, significant differences being observed. Metal bioaccessibility was also compared for cooked and uncooked fish samples collected in March and September. A significant temporal difference was also observed. This was attributed to the different fat concentrations present at different times of the year.

**KEYWORDS:** In-vitro gastrointestinal extraction method, bioaccessibility, sea fish, metals, fat.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ABSTRACT .....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ .....	vi
TABLO LİSTESİ .....	vii
ÖNSÖZ.....	xii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Ağır Metallerin Tanımı ve Çeşitleri .....	2
1.1.1 Titanyum (Ti).....	3
1.1.2 Mangan (Mn) .....	3
1.1.3 Demir (Fe).....	4
1.1.4 Kobalt (Co) .....	6
1.1.5 Nikel (Ni).....	7
1.1.6 Bakır (Cu) .....	7
1.1.7 Arsenik (As).....	8
1.1.8 Selenyum (Se).....	9
1.2 Ağır Metallerin Balık Tarafından Alınması ve Birikimi .....	10
<b>2. BALIKLAR.....</b>	<b>13</b>
2.1 Çipura Balığı (Sparus auratus) .....	15
2.2 Hamsi Balığı (Engraulis encrasicolus) .....	16
2.3 İstavrit Balığı (Trachurus trachurus) .....	17
2.4 Levrek Balığı (Dicentrarchus labrax).....	18
2.5 Sardalya Balığı (Sardina pilchardus).....	19
2.6 Mezgit Balığı (Merlangius merlangus) .....	20
<b>3. MARMARA DENİZİNİN COĞRAFİK VE HİDROLOJİK</b>	
<b>ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>21</b>
<b>4. BİYOYARARLILIK VE BİYOERİŞİLEBİLİRLİK .....</b>	<b>23</b>
4.1 İn-vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi.....	23
<b>5. MİKRO DALGA BOZUNDURMA YÖNTEMİ .....</b>	<b>25</b>
<b>6. SOXHLET EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ .....</b>	<b>26</b>
<b>7. İNDÜKTİF EŞLEŞMİŞ ÇİFT PLAZMA KÜTLE</b>	
<b>SPEKTROSKOPİSİ (ICP-MS) .....</b>	<b>28</b>
7.1 Sisleştirme Odası .....	30
7.2 Plazma .....	31
7.3 Plazma – Ara Yüzey .....	32
7.4 Kütle Spektrometresi .....	32
7.5 Detektör .....	32
7.6 ICP-MS’de Görülen Girişimler .....	33
7.6.1 İzobarik Girişimler.....	33
7.6.2 Moleküler Girişimler .....	33
7.6.3 Spektral Olmayan Girişimler .....	34
7.7 Verilerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Bazı Analitik Kavramlar.....	35
7.7.1 Gözlenebilme Sınırı (LOD) .....	35
7.7.2 Tayin Sınırı (LOQ) .....	36
<b>8. KULLANILAN İSTATİSTİK YÖNTEMLER.....</b>	<b>37</b>

8.1	t-Testi.....	37
8.1.1	Tek örneklem İçin t-Testi .....	38
8.1.2	Bağımsız Örneklem İçin t-Testi.....	38
8.1.3	Veri Çiftleri Analizleri.....	39
<b>9.</b>	<b>LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>41</b>
<b>10.</b>	<b>ÇALIŞMANIN AMACI.....</b>	<b>48</b>
<b>11.</b>	<b>MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>49</b>
11.1	Kullanılan Kimyasal Maddeler .....	49
11.2	Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanışı .....	49
11.2.1	Çoklu Element Stok Çözeltisi.....	49
11.2.2	Standart Çözeltiler .....	49
11.2.3	In-Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yönteminde Kullanılan Çözeltiler.....	50
11.2.3.1	%2'lik HNO <sub>3</sub> ( Nitrik asit) .....	50
11.2.3.2	Doygun NaHCO <sub>3</sub> Çözeltisi .....	50
11.2.3.3	Gastrik (Mide Özsuyu) Çözeltisi, pH=1,8 .....	50
11.2.3.4	İntestinal (Bağırsak) Çözeltisi.....	51
11.3	Kullanılan Alet ve Cihazlar .....	51
11.4	Balık Örneklerinin Analize Hazırlanması .....	52
11.4.1	Balık Örneklerinin Alınması.....	52
11.4.2	Parçalama.....	53
11.4.3	Saklama.....	53
11.5	Yöntem .....	53
11.5.1	Yaş Yakma Yöntemi.....	53
11.5.2	In-Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi .....	54
11.5.3	Soxhlet Ekstraksiyon Yöntemi .....	55
<b>12.</b>	<b>BULGULAR .....</b>	<b>56</b>
12.1	ICP-MS Cihazına Ait Tayin Sınırı Değerleri .....	56
12.2	Yaş Yakma Yöntemi ve In-vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi .....	56
12.2.1	Standart Referans Balık Örneği (TORT-2).....	58
12.2.2	Çipura (Sparus auratus) .....	59
12.2.3	Hamsi (Engraulis encrasicolus) .....	63
12.2.4	İstavrit (Trachurus trachurus) .....	67
12.2.5	Levrek (Dicentrarchus labrax) .....	71
12.2.6	Sardalya (Sardina pilchardus).....	75
12.2.7	Mezgit (Merlangius merlangus).....	79
12.3	Soxhlet Ekstraksiyon Yöntemi İle Yağ Analizleri .....	83
<b>13.</b>	<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>84</b>
13.1	Balık Örneklerinde Toplam Element Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi .....	84
13.1.1	Titanyum.....	84
13.1.2	Mangan .....	85
13.1.3	Demir .....	86
13.1.4	Kobalt.....	87
13.1.5	Nikel.....	88
13.1.6	Bakır.....	89
13.1.7	Arsenik.....	90
13.1.8	Selenyum .....	91
13.2	Balık Örneklerindeki Elementlerin Biyoerisilebilirliklerinin Değerlendirilmesi .....	92



13.2.1	Titanyumun Biyoerişilebilirliği .....	92
13.2.2	Manganın Biyoerişilebilirliği.....	94
13.2.3	Demirin Biyoerişilebilirliği.....	96
13.2.4	Kobaltın Biyoerişilebilirliği.....	98
13.2.5	Nikelin Biyoerişilebilirliği.....	100
13.2.6	Bakırın Biyoerişilebilirliği.....	102
13.2.7	Arseniğin Biyoerişilebilirliği.....	104
13.2.8	Selenyumun Biyoerişilebilirliği.....	106
13.3	İstatistiksel Değerlendirmeler.....	108
13.3.1	Toplam Element İyonu Derişimlerinin Değerlendirilmesi .....	109
13.3.1.1	Sertifikalı Standart Referans Madde Analizi .....	109
13.3.1.2	Balıklardaki Toplam Element İyonu Miktarına Mevsim (Yağlılık) Etkisi.....	110
13.3.2	Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin Değerlendirilmesi .....	115
13.3.2.1	Pişirme Etkisinin Araştırılması .....	115
13.3.2.2	Mevsim (Yağlılık) Etkisinin Araştırılması .....	127
<b>14.</b>	<b>GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER.....</b>	<b>143</b>
<b>15.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>145</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Çipura balığı (Sparus auratus).....	15
Şekil 2.2: Hamsi balığı (Engraulis encrasicolus).....	16
Şekil 2.3: İstavrit balığı (Trachurus trachurus).....	17
Şekil 2.4: Levrek balığı (Dicentrarchus labrax). ....	18
Şekil 2.5: Sardalya balığı (Sardina pilchardus). ....	19
Şekil 2.6: Mezgit balığı (Merlangius merlangus). ....	20
Şekil 3.1: Marmara denizi fiziki haritası (Geofuse, 2013). ....	21
Şekil 4.1: İnsanda sindirim sistemi. ....	24
Şekil 6.1: Soxhlet ekstraksiyon cihazı. ....	27
Şekil 7.1: ICP-MS Şematik Görünümü (Anonim, 2005). ....	28
Şekil 7.2: Örnek girişinden kütle spektrumunun alınmasına kadar gelişen basamaklar. ....	30
Şekil 13.1: Balık örneklerindeki titanyumun mevsimsel olarak karşılaştırılması. ....	85
Şekil 13.2: Balık örneklerindeki manganın mevsimsel olarak karşılaştırılması....	86
Şekil 13.3: Balık örneklerindeki demirin mevsimsel olarak karşılaştırılması. ....	87
Şekil 13.4: Balık örneklerindeki kobaltın mevsimsel olarak karşılaştırılması. ....	88
Şekil 13.5: Balık örneklerindeki nikelin mevsimsel olarak karşılaştırılması. ....	89
Şekil 13.6: Balık örneklerindeki bakırın mevsimsel olarak karşılaştırılması. ....	90
Şekil 13.7: Balık örneklerindeki arseniğin mevsimsel olarak karşılaştırılması....	91
Şekil 13.8: Balık örneklerindeki arseniğin mevsimsel olarak karşılaştırılması....	92

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Mevsim değişiminin, lezzet (yağlılık) üzerindeki etkisi.....	14
<b>Tablo 11.1:</b> Mikrodalga bozundurma cihazı kullanım şartları.....	51
<b>Tablo 11.2:</b> ICP-MS' de ölçümlerde kullanılan operasyon koşulları. ....	52
<b>Tablo 12.1:</b> ICP-MS cihazına ait gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri. ....	56
<b>Tablo 12.2:</b> Yaş yakma yöntemi ile toplam metal analizlerinin gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri. ....	57
<b>Tablo 12.3:</b> In-vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi ile yapılan analizlerin gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri. ....	57
<b>Tablo 12.4:</b> Standart Referans Maddeye (TORT-2) ait referans değerler ile bulunan değerler ve % geri kazanımlar. ....	58
<b>Tablo 12.5:</b> Standart referans balık örneğinden mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	59
<b>Tablo 12.6:</b> Eylül ayında avlanılan çipura örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	60
<b>Tablo 12.7:</b> Eylül ayında avlanılan çipura örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	61
<b>Tablo 12.8:</b> Mart ayında avlanılan çipura örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	62
<b>Tablo 12.9:</b> Mart ayında avlanılan çipura örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	63
<b>Tablo 12.10:</b> Eylül ayında avlanılan hamsi örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	64
<b>Tablo 12.11:</b> Eylül ayında avlanılan hamsi örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	65
<b>Tablo 12.12:</b> Mart ayında avlanılan hamsi örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	66
<b>Tablo 12.13:</b> Mart ayında avlanılan hamsi örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	67
<b>Tablo 12.14:</b> Eylül ayında avlanılan istavrit örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	68
<b>Tablo 12.15:</b> Eylül ayında avlanılan istavrit örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	69

<b>Tablo 12.16:</b> Mart ayında avlanılan istavrit örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	70
<b>Tablo 12.17:</b> Mart ayında avlanılan istavrit örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	71
<b>Tablo 12.18:</b> Eylül ayında avlanılan levrek örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	72
<b>Tablo 12.19:</b> Eylül ayında avlanılan levrek örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	73
<b>Tablo 12.20:</b> Mart ayında avlanılan levrek örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	74
<b>Tablo 12.21:</b> Mart ayında avlanılan levrek örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	75
<b>Tablo 12.22:</b> Eylül ayında avlanılan sardalya örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	76
<b>Tablo 12.23:</b> Eylül ayında avlanılan sardalya örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	77
<b>Tablo 12.24:</b> Mart ayında avlanılan sardalya örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	78
<b>Tablo 12.25:</b> Mart ayında avlanılan sardalya balığının (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	79
<b>Tablo 12.26:</b> Eylül ayında avlanılan mezgıt örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	80
<b>Tablo 12.27:</b> Eylül ayında avlanılan mezgıt örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	81
<b>Tablo 12.28:</b> Mart ayında avlanılan mezgıt örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	82
<b>Tablo 12.29:</b> Mart ayında avlanılan mezgıt balığının (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları. ....	83
<b>Tablo 12.30:</b> Balık örneklerinin % yağ değerleri. ....	83
<b>Tablo 13.1:</b> Balıklarda Ti elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	94
<b>Tablo 13.2:</b> Balıklarda Mn elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	96
<b>Tablo 13.3:</b> Balıklarda Fe elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	98
<b>Tablo 13.4:</b> Balıklarda Co elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	100
<b>Tablo 13.5:</b> Balıklarda Ni elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	102
<b>Tablo 13.6:</b> Balıklarda Cu elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	104
<b>Tablo 13.7:</b> Balıklarda As elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	106

<b>Tablo 13.8:</b> Balıklarda Se elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ...	108
<b>Tablo 13.9:</b> Standart Referans Madde (TORT-2 ) $t_{deneyysel}$ değerleri. ....	109
<b>Tablo 13.10:</b> Eylül ve Mart aylarında alınan balık örneklerindeki toplam element iyonu derişimlerine uygulanan bağımsız t-testi ile elde edilen $t_{deneyysel}$ değerleri. ....	110
<b>Tablo 13.11:</b> Yağlı ve Yağsız oldukları mevsimlerde alınan, balık örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneyysel}$ ).....	114
<b>Tablo 13.12:</b> Yağlı ve Yağsız oldukları mevsimlerde alınan, balık örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneyysel}$ ).....	114
<b>Tablo 13.13:</b> Çiğ ve pişmiş balık örneklerinde in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile mide, bağırsak 2 saat ve bağırsak 4 saat'lik fazlara geçen element iyonlarına uygulanan bağımsız t-testi ile elde edilen $t_{deneyysel}$ değerleri. ....	116
<b>Tablo 13.14:</b> Çipura balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneyysel}$ ).....	118
<b>Tablo 13.15:</b> Çipura balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneyysel}$ ).....	118
<b>Tablo 13.16:</b> Hamsi balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneyysel}$ ).....	119
<b>Tablo 13.17:</b> Hamsi balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneyysel}$ ).....	120
<b>Tablo 13.18:</b> İstavrit balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler(serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneyysel}$ ).....	121
<b>Tablo 13.19:</b> İstavrit balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneyysel}$ ).....	121
<b>Tablo 13.20:</b> Levrek balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler(serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneyysel}$ ).....	123
<b>Tablo 13.21:</b> Levrek balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneyysel}$ ).....	123
<b>Tablo 13.22:</b> Sardalya balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneyysel}$ ).....	125
<b>Tablo 13.23:</b> Sardalya balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneyysel}$ ).....	125
<b>Tablo 13.24:</b> Mezgit balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler(serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneyysel}$ ).....	126

<b>Tablo 13.25:</b> Mezgit balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).....	127
<b>Tablo 13.26:</b> Mevsim etkisine bağlı olarak çiğ ve pişmiş balık örnekleri için mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazlarına geçen element iyonlarına uygulanan bağımsız t-testi ile elde edilen $t_{deneysel}$ değerleri.....	128
<b>Tablo 13.27:</b> Çipura balığının Yağlı-Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ-Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneysel}$ ).....	130
<b>Tablo 13.28:</b> Çipura balığının Yağlı-Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ-Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).....	131
<b>Tablo 13.29:</b> Hamsi balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneysel}$ ).....	132
<b>Tablo 13.30:</b> Hamsi balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).....	133
<b>Tablo 13.31:</b> İstavrit balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneysel}$ ).....	135
<b>Tablo 13.32:</b> İstavrit balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).....	135
<b>Tablo 13.33:</b> Levrek balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneysel}$ ).....	137
<b>Tablo 13.34:</b> Levrek balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).....	138
<b>Tablo 13.35:</b> Sardalya balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \leq t_{deneysel}$ ).....	139
<b>Tablo 13.36:</b> Sardalya balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{kritik}= 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).....	140
<b>Tablo 13.37:</b> Mezgit balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren	

elementler (serbestlik derecesi=4 için 95 güven seviyesinde $t_{\text{kritik}} = 2,78 \leq t_{\text{deneysel}}$ ).....	142
<b>Tablo 13.38:</b> Mezgit balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde $t_{\text{kritik}} = 2,78 \geq t_{\text{deneysel}}$ ).....	142



## ÖNSÖZ

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışma, Prof. Dr. Derya KARA FISHER danışmanlığında yapılmıştır.

Çalışmalarım boyunca destek ve yardımlarından dolayı değerli hocam Prof. Dr. Derya KARA FISHER'e,

Tezimi hazırlamam sırasında katkılarından dolayı Tez İzleme Komite'mde bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Mustafa İMAMOĞLU ve Doç. Dr. Sema BAĞDAT'a,

Çalışmamın deneysel kısmında bazı cihazlarından yararlandığım, İngiltere'de bulunan Plymouth Üniversitesi School Of Geography Earth And Environmental Sciences (Coğrafya, Yeryüzü ve Çevre Bilimleri Bölümü)'ne ve her türlü desteği sağlayan Dr. Andy Fisher'e,

Çalışmalarıma proje desteği ile yardım eden Balıkesir Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi'ne ve

Her zaman yanımda hissettiğim, bana güç veren aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



## 1. GİRİŞ

Genellikle kirleticiler, noktasal ve noktasal olmayan deşarjlar olarak iki ana kaynaktan doğal sulara karışırlar. Atık su deşarjları ve endüstriyel kaynaklardan gelen atık sular, noktasal deşarjlar, tehlikeli atık bertaraf bölgeleri ve kaza sonucu sızmalardan salınan maddeler de noktasal olmayan deşarjlar şeklinde tanımlanmaktadır.

Noktasal kaynakların tiplerini karakterize etmek genelde kolayken, noktasal olmayan deşarjlar ise zor karakterize edilirler. Örneğin; zirai alanlardan gelen pestisitler, kontamine olan topraklar, akuatik sedimentler, atmosferik birikimler ve yerleşim alanlarından gelen sızıntı kaçaklarını karakterize etmek çok zordur. Çünkü noktasal olmayan kaynaklardan gelen deşarjlar genellikle kompleks karışımlardır. Toksik maddelerin deşarjlarının miktarını ve zamanlamasını tahmin etmek bu nedenle zordur. Noktasal olmayan deşarjlardaki en önemli problem, bileşenlerin toksik karakterlerini değiştirebilmesidir (Landis ve Ho Yu, 1999).

Su ortamındaki kirlilikleri belirlemek için şimdiye kadar, çoğunlukla suyun kimyasal analizleri kullanılmaktaydı. Ancak bu analizler tek başına yeterli olmadığı için tamamlayıcı diğer analizlerin de yapılmasına gerek duyulmuştur (Wang ve Fisher,1999).

Su ortamları, sadece su kütleleri olmayıp, bünyesinde yüzen çok sayıda hayvan ve bitki kökenli canlılar veya dipteki sediment tabakasında yaşayan organizma gruplarını barındırmaktadır. Kirleticiler hem suda çözünmekte, hem de ortam şartlarına göre organizmaya geçmektedirler. Ayrıca, besin zincirinde birikebilir veya dibe çökebilirler. Bu nedenlerle bir kirletici sadece suyu etkilemekle kalmaz, aynı zamanda o su ortamında bulunan tüm organizmaları etkileyebilir.

Su ortamlarında ağır metal kirliliği üç şekilde ölçülebilir; suda, sedimentte ve canlılarda. Suda, sedimentte ve organizmalarındaki kirlilik seviyelerinin belirlenmesi ve takip edilmesiyle ilgili olarak birçok çalışma yapılmıştır (Rainbow,1995).

Ağır metaller, toksik özelliği nedeniyle önemli kirleticilerden biridir. Doğal derişimlerinin üzerine çıktıklarında, ekosistem bireylerinin biyolojik aktivitelerini olumsuz yönde etkilerler. Besin zincirini oluşturan canlılar arasındaki dengenin bozulmasına neden olurlar. Ortamdaki tüm canlıları ve insanları da olumsuz yönde etkilemektedirler (Bat vd. , 2014).

Kimyasal kirlilik olarak kabul edilen ağır metal kirliliği, çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve kolaylıkla besin zincirine girmelerinin yanısıra, canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeni ile de günümüzde diğer kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadır (Aksoy, 1996). Pb, Sb, Br, As, Cd ve Co gibi ağır metallerin çok düşük seviyelerde alınmasında bile insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Comar, 1969; Sarkozi, Then ve Szentmihalyi, 2005). Eser düzeydeki ağır metal kirliliği nedeniyle, hastalıklara ve ölümlere neden olmaktadır (Tantisirin ve Clarke,2001). Kirlenmiş gıdaların tüketimi, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından önemli olarak kabul edilmektedir (Fao/Who, 1984; Ge ve Chang, 2001).

İnsanlar ağır metalleri; su, hava ve besin zinciri yoluyla vücutlarına alırlar. Özellikle toksik organik atıkların metallerle birleşmeleri veya başka bileşiklere dönüşerek daha toksik hale dönüşmeleri önemli sorunlar yaratmaktadır. Metallerin toksik etkileri; kimyasalın özelliklerine, organizmaya giriş yollarına, alıcı organizmanın yaş ve gelişim durumuna, organizmaya giren miktarına ve etkilenme süresine bağlı olarak değişmektedir. Metal toksisitesi ile ilgili iki mekanizma vardır. Bunlardan birincisi, enzimin aktif bölgesinde yararlı olan metal, toksik metal ile yer değiştirir. İkincisinde ise toksik metal, moleküle bağlanarak metalik katyonun ve enzimin aktivitesinin değişmesine neden olur (Rainbow ve Phillips, 1993; Rainbow, 1995; Rainbow, 2002).

### **1.1 Ağır Metallerin Tanımı ve Çeşitleri**

Ağır metal terimi, fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm<sup>3</sup>' ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu grup, kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metali içerir. Bu elementler, dünyada genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde kararlı bir

bileşik olarak veya silikatlarda bağı olarak bulunurlar. Metallerin çevresel sistem üzerindeki etkileri, yoğunluk değeri üzerinden tanımlanmaya çalışılır. Oysa gerçekte metallerin yoğunluk değerleri, onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır. Çünkü bir elementin yoğunluğu, periyodik sistemdeki yerinin, kimyasal özellikleri de elementin ait olduğu grubun fonksiyonudur. Bu nedenlere dayalı olarak, metallerin çevresel sistem üzerine etkilerinden söz ederken aslında metalin ait olduğu grubun ele alınması ve bu özelliğin vurgulanması biyolojik etki açısından çok daha anlamlıdır (Kahvecioğlu vd. 2009).

### **1.1.1 Titanyum (Ti)**

Titanyum, yer kabuğunda bulunan elementlerin %0,6' sını oluşturur. Genellikle, doğada rutile ( $TiO_2$ ) ya da ilmenit ( $FeTiO_3$ ) formunda bulunan bu element, 1789 da William Mc Gregor tarafından bulunmuştur. İlk olarak % 98-99' luk saf titanyum, 1910 yılında Hunter tarafından elde edilmiştir (Lautenschlager ve Monaghan, 1993).

Titanyum, genellikle mineraller ile bileşik halinde bulunur. Oksijen, azot ve hidrojen ile kolaylıkla reaksiyona girmesi nedeniyle metalik olarak bulunması olanaksızdır (Codel, 1959; Crawford, 1994).

Bir geçiş elementi olan Titanyum'un atom numarası 22'dir ve atom ağırlığı 47.88 g/mol'dür. Periyodik tablonun IV A grubunda bulunur ve yoğunluğu 4.51 g/cm<sup>3</sup>'dür (Jaffee ve Promisel, 1970; Williams, 1981).

### **1.1.2 Mangan (Mn)**

Mangan elementi, kemiklerin oluşması ve sağlamlığı, beyin faaliyetlerinin normal çalışması, bazı enzimlerin üretimi ve bağ dokuları için çok gereklidir. Protein ve genetik malzemelerin sentezinde katkısı çoktur ve alınan besinlerden enerji üretmeye yardımcı olur. Bununla birlikte antioksidan görevi görür ve kanın pıhtılaşmasına yardımcı olur.

Mangan, fetal gelişimde, laktasyonda, iskelet gelişimi, hidrolazlar, kinazlar, dekarboksilazlar ve transferazların aktivitelerinde, protein ve polisakkarit sentezinde, glikozil transferaz aktivitesinde ve kolesterol sentezinde görev almaktadır. Bütün dokulara yayılmış Mangan miktarı 12-20 mg'dır. Canlılarda günlük gereksinim 3-8 mg'dır. Kalsiyum, fosfor, ferrik sitrat ve soya proteini mangan emilimini azaltır.

Mangan, glikoz metabolizmasının anahtar enziminde önemli bir kofaktördür. Mangan eksikliği kanda şekerin yükselmesine, eklem ağrılarına, kemik problemlerine ve hafıza zayıflamasına neden olabilmektedir. Eksikliğinde diyabete ve sık sık pankreas sorunlu erken doğumlara sebep olabilmektedir. Diyabetliler normal kişilerin yaklaşık yarısı kadar mangana sahiptirler.

Kronik mangan zehirlenmesi ağır maden işçilerinde, ilaç sektöründe, seramik-cam sanayinde çalışanlarda görülebilir ve parkinson benzeri nörolojik ve şizofreni gibi psikiyatrik belirtiler görülmektedir (Keser, 2007).

Mangan; yalnızca bitkilerin yaşam süreçlerinde değil hayvanlar içinde önemli bir elementtir. Manganın eksikliği durumunda, üreme organlarının gelişiminde bozukluk görülür (Gökoğlu, 2002).

Maden suları, avokado, ananas, kuru bezelye, yumurta, yeşil yapraklı sebzeler, fındık, deniz sebzeleri, tahıl taneleri, karahindiba çiçeği ve çay, çok miktarda mangan içerir (Onat ve Emerk, 1995).

### **1.1.3 Demir (Fe)**

Kimyasal simgesi Fe olan demirin atom numarası 26, atom ağırlığı 55.9g/mol, kaynama noktası 2861 °C (3134K), yoğunluğu 7,874 g/mL ve periyodik tablonun VIII. grubunda yer alır (Erdik ve Sarıkaya, 1986).

İnsanlar tarafından ilk işlenen metal olan demir, cevher olarak doğada oksitleri halinde %5 oranında bulunmaktadır. Eski çağlardan beri doğudan batıya tüm medeniyetler, güç ihtiyacından dolayı bu metalle ilgilenmişlerdir. Bugün de endüstride demir kullanımı çok yaygındır. Sert ve iletken olması, kolaylıkla

şekillendirilerek silah, araç, pişirme gereçleri yapıyor olması onu cazip hale getirmiştir.

Demir, insan ve pek çok canlı türü için temel bir elementtir. Yetişkin bir insan vücudunda 3-4 gram demir vardır, vücudun %0,004'ünü oluşturur. Tüm vücut ağırlığının %7'sini oluşturan kan, %70 demir içerir. Kanın %15'ini teşkil eden hemoglobinde %0,335 demir vardır. Demir, dokuya oksijen taşınması ve dokudaki oksidasyon olaylarının sürdürülmesi için önemlidir. Büyük kısmı, vücutta ve besinlerin içinde organik maddelerle birleşmiş durumda bulunmaktadır. Vücuttaki demir, öncelikle ince bağırsaklarda kontrol edilir. İnce bağırsak demir için hem emilim hem de dışkılama işlemini yapar (Ezer ve Laçin, 2005).

Demir, canlı organizmaların bütün hücrelerinde bulunmakta ve birçok biyokimyasal reaksiyonda hayati rol oynamaktadır. Hemoglobin, myoglobin, sitokromlar ve diğer proteinlerde bulunan demir, oksijenin taşınmasında, depolanmasında ve kullanılmasında önemli rol oynar. Koyu renkli kasa sahip balıkların demir içeriği, beyaz kaslılarınkinden daha yüksek orandadır. Balıkların toplam ağırlığının % 25- 44'ünü demir oluştururken, sığır etinde bu oran % 71 – 89 olarak bilinmektedir (Gökoğlu, 2002).

Yetişkin bir insanın günlük demir ihtiyacı 10 mg olarak hesaplanmıştır. Kadın ve çocukların erkeklere göre demir ihtiyacı daha fazladır. Besinlerin çoğunda çok az demir vardır. Besin maddeleri arasında en çok demir içerenler, kasaplık hayvanların karaciğer, böbrek, kalp ve dalak gibi iç organları, yumurta sarısı ve bira mayasıdır. Bitkisel besinlerden kuru baklagil tohumları da fazla miktarda demir içermektedir. Bu besinlerin 100 gramında bulunan demir miktarı 5 mg'ın üstündedir. Tavuk, balık, ve deniz ürünleri dahil bütün et ürünlerinde, kabuğundan ayrılmış buğday tanesi ve ondan yapılan unda, yulafta, yeşil sebzelerde, incir, ceviz, fındıkta daha az oranda bulunmaktadır. Ayrıca; sütte, süttten yapılan ürünlerde ve yeşil olmayan sebzelerin çoğunda demir miktarı düşüktür (Ezer ve Laçin, 2005).

Kanın oksijeni, akciğerden dokulara taşınmasını hemoglobinin şeklinde demir sağlamaktadır ve elektron transferinde rol alır. Demirin eksikliği, dünya üzerinde yaygın olan anemiye sebep olur. Aşırı tehlikelidir, hemokromatase neden olur.

Bağırsak çeperinde emilen demir, sadece (II) değerlikli demirdir. Sindirim yoluyla indirgenen bölümündense demir (III) emilir.

#### **1.1.4 Kobalt (Co)**

Kobalt elementi; endüstriyel uygulamalarda, askeri ve stratejik alanlarda önemli kullanımlara sahiptir. Kobalt, en fazla süper alaşım olarak jet motor türbinlerinde kullanılır. Malzemelere manyetik özellik kazandırma, korozyondan koruma ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla, yüksek hız çeliklerinde, takım çeliklerinde, elmas takımlarında ve kesici uçlarda alaşım elementi olarak da kullanılır. Bileşikleri ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör olarak, boyalar, pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılır.

Havada bulunan toz halindeki kobaltın solunması ve kobalt tuzlarına deri teması neticesinde kobalt zehirlenmesi meydana gelir. Toz halinde solunan kobalt, akciğerde çözünerek kana ve idrara karışır. Suda çözünürlüğü olmayan kobalt oksit, solunum yolu ile vücut tarafından çok iyi emilmekte ve hücrelerin içinde birkaç günde çözünerek kana karışmaktadır. Suda çözünür kobalt bileşikleri, ağız yoluyla alındığında % 75'i atılırken geriye kalan kobalt kan, karaciğer, akciğer, böbrek, testisler ve bağırsaklarda toplanır.

Kobalt ve kobalt bileşiklerinin insanlarda kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen kobalt bileşikleri sağlık yönünden risk teşkil etmektedir. Hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde, kobalt metalinin ve suda çözünür kobalt bileşiklerinin kansere neden olduğu kanıtlanmıştır.

0,1-1,0 mg gibi bir değerle günlük besin ihtiyacımızda çok küçük bir yer teşkil eden kobalt, kırmızı kan hücrelerinin üretimi ve sınırların düzenlenmesinde kullanılan B12 vitaminin bileşenidir. Kobaltın vücutta bulunan miktarı 80-300 µg' dır. Kırmızı kan hücrelerinde, karaciğerde, dalakta, böbrekte ve pankreasta depolanır (Derrell, 1991).

### 1.1.5 Nikel (Ni)

Nikel elementi, doğada arsenik, nikel, nikel galeni (NiS), arsenikli nikel galeni, demir ve bakır içeren minerallerle birlikte bulunur (Tuna, 2001).

Toprakta eser element olarak bulunan nikel, demir ve alüminyum silikatların latisinde yer almaktadır. Çoğunlukla sülfat ve oksitler halinde bulunan ve yerkürede 24. sırada bulunmaktadır. Nikel, hem doğal hem de antropojenik kaynaklardan yayılan, kimyasal ve fiziksel süreçler vasıtasıyla çevreye yayılmakta ve canlı organizmalar tarafından biyolojik olarak taşınmaktadır. Düşük derişimlerde elementel nikel, toksik değildir ve yaşam için gereklidir.

Nikelin toksikolojik etkileri, temel olarak üç grupta incelenmektedir. Bunlar; kanserojen etki, solunum sistemine etki ve dermatolojik (alerjik) etkidir (Emre, 2000).

Özellikle, ağız yoluyla alınan nikel bileşikleri insanlara zehir etkisi yapmaktadır. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zarar veren, kanserojen bir metaldir.

Nikel, bağırsaklarda az miktarda emilerek vücuda yayılır. En fazla akciğer ve beyinde, yüksek derişimlerde tespit edilmiştir. Nikelin en büyük yaşamsal tehlikesi ise burun boşluğunda kansere yol açmasıdır.

### 1.1.6 Bakır (Cu)

Bakır, bitki ve hayvanlar için gereklidir. Kültür topraklarının bakır içerikleri, çoğunlukla % 0,0002-0,01 yani 2-100 ppm arasında değişmektedir. Toprakta; bakır, bakır bileşikleri ve  $Cu^{2+}$  iyonları halinde bulunabilir (Tuna, 2001).

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, canlının kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, antibakteriyel madde ve böcek zehiri olarak kullanılır. Birçok enzim

ve proteinin yapısında bulunur. Bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir (CDA, 2012).

Bakır vücut fonksiyonları açısından önemli olmakla beraber özellikle saç, deri esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Yetişkin insanlarda ortalama 50-120 mg bulunan bakır, aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullarda metabolizmadaki reaksiyonlarında karşımıza çokça çıkar. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan bakır, demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir. Bakır eksikliğinde hayvanlarda anormallikler, kansızlık, kemik hataları ve sinir sisteminde bozukluk tespit edilmiştir. Vücutta fazla bakır birikmesi Wilson hastalığına neden olur (Baysal, 1996).

Akut bakır zehirlenmesine seyrek rastlanır. Genelde, yiyecek ve içeceklere kazayla bakır içeren maddelerin karışması veya kasten bakır tuzlarının yutulması sonucu zehirlenme ortaya çıkar. Ağız yoluyla alındığında akut zehirlenme insanlarda 100 mg/kg'dır, fakat 600 mg/kg'a kadar emilim olduğunda bile tedavisi mümkündür. Alınan doza bağlı olarak koma durumuna ve ölüme neden olabilir.

Kronik bakır zehirlenmesi insanlarda az rastlanan bir durumdur. Bakır zehirlenmesi sonucu karaciğerde leke oluşumu, sinir sistemlerinde bozukluk, böbrek fonksiyonlarında zayıflama ve gerekli tedaviler yapılmadığında ölüme sonuçlanan rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır (Derrell, 1991).

### **1.1.7 Arsenik (As)**

Arsenik elementi, yeryüzünde geniş bir alana yayılmış ve ortalama derişimi 2 ppm' dir. Yoğunluğu 5,78 g/cm<sup>3</sup>, atom numarası 33 olan ve VA grubunda bulunan bir metaloiddir. M.Ö. 4.yy. dan beri bilinen arsenik, 17. yy.'da element olarak tanımlanabilmiştir. Yazılı belgelere göre arsenik ilk kez Alman Eczacı Johann Schroeder tarafından 1649' da serbest element olarak tanımlamıştır. Oksidini taş kömürü ile ısıtarak arsenik elde etmiştir (Duker, Carranza and Hale, 2005).

Arsenik, gri ve sarı kristaller halinde bulunur ve buharı renksizdir (Akdeniz, 2002). Gri kristal halindeki arsenik (metalsi arsenik), yumuşak sarı arsenikten daha



kararlı ve doğada daha bol bulunur. Havada kararır ve hızla yüksek sıcaklıklara kadar ısıtıldığında süblimleşir (Duker, Carranza and Hale, 2005).

Arsenik, yerkürede yaygın olarak bulunmaktadır. Özellikle +5 değerlikli bileşikleri, toprakta 0,1-40 ppm aralığında diğer arsenik türlerine oranla daha fazla bulunmaktadır Topraktaki organik maddelere bağlı olarak bulunan arsenik, organik maddelerin yükseltgenmesiyle suya, oradan da bitkilere geçer. Denizlerde ve doğal su kaynaklarında değişik miktarlarda arsenik bulunmaktadır. Suyun sıcaklığının arttığı yerlerde arsenik miktarının da arttığı bilinmektedir (Yağmur ve Hancı, 2002).

Arsenik, kronik ve akut olarak toksisite gösteren bir maddedir. Arseniğin sağlık üzerine etkileri arasında; habis olmayan deri değişimleri (kerotosis, hipo ve hiper pigmentasyon), bazı hastalarda gözlenmiş cilt kanseri, gırtlak, böbrek, karaciğer, idrar kesesi ve diğer organ kanserleri şüphesi, peripheral ve benzeri damar hastalıkları, nörolojik impairment olasılığı sayılabilir.

Arseniğin cilt yoluyla vücuda girişi önemsiz düzeydedir. Su ve yiyeceklerden, sindirim sistemi yoluyla daha fazla alınmaktadır. Solunum yoluyla havadan alımı ise çok azdır (Yağmur, 2002; Erkan, 1984; Mertz, 1986).

### **1.1.8 Selenyum (Se)**

Dünya’da yaklaşık 1 milyar insanın Selenyum eksikliği olduğu ve bu oranın Batı Avrupa gibi gelişmiş ülkeleri de kapsadığı bildirilmektedir (Combs, 2001). Selenyum ilk olarak 1817 yılında İsveçli kimyacı Jons Jacob Berzelius tarafından bulunmuştur. Uzun yıllar, çok zehirli ve kanserojen olarak bilinen selenyumun canlı organizmalar için gerekli bir element olduğu 1957 yılında Schwarz ve Foltz tarafından bulunmuştur. 1973 yılında Rotruck ve arkadaşları tarafından glutasyon peroksidaz enziminin önemli bir bileşeni olduğunun gösterilmesiyle organizmadaki etki mekanizması daha iyi anlaşılmıştır. Selenyum, glutasyon peroksidaz enziminin yapı taşıdır. Bir mol enzim, 4 g Selenyum atomu içerir (Rotruck, v.d. ,1973). Enzim koruyucu özelliğe sahiptir. Biyolojik membranların en önemli oksidatif faktörü, hidrojen peroksit ve bundan oluşan hidroksil radikalidir (Çakmakand Marschner,

1988). Selenyum içeren glutasyon peroksidaz enzimi, peroksidlerin zehirli etkilerini önleyerek hücre membranlarını korumaktadır.

Yetişkinler için 50-200 µg/gün düzeyinde selenyum alınması güvenli ve yeterli kabul edilmektedir. ABD’de önerilen günlük selenyum alım düzeyleri kadın ve erkekler için günde 55 µg’dır. Gebelikte günde 160 µg, laktasyon döneminde ise günde 70 µg olarak alınması önerilmektedir. Selenyumun tolere edilebilir alım seviyesi günde 400 µg’ dır (NAS, 2000). İngiltere’de önerilen selenyum alım seviyeleri ise kadınlar için günde 60 µg, erkekler için ise günde 75 µg’dır.

İnsanlarda selenyum fazlalığı; deride, saçta, tırnaklarda şekil bozuklukları ve kayıpları, diş çürümeleri, gastrointestinal ve nörolojik rahatsızlıklar, baş ağrısı ve mide bulantısı gibi rahatsızlıklara yol açabilmektedir (Dhillon and Dhillon, 2003).

## **1.2 Ağır Metallerin Balık Tarafından Alınması ve Birikimi**

Ağır metal içeren çözeltilerin toksisitesini etkileyen faktörler, su ortamının; ısı, ışık, tuzluluk, oksijen miktarı, sertlik, pH değerine ve metalin cinsine, organizmanın türü, fizyolojik davranışı, yaşam döngüsü, beslenme alışkanlığı ve üreme zamanına göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak metallerin neredeyse hepsi çok sayıda organ ve sistemi etkilemektedir. Örneğin, Kadmiyuma en duyarlı organ böbrekler olmakla birlikte karaciğerlerde de etkisi görülmektedir (Förstner ve Wittmann, 1981; Ağcasulu, 2007).

Canlı üzerinde, su ortamındaki metalin etkisi; ekolojik ihtiyaçlar, metabolizma, besin, sediment ve diğer faktörlere (mevsimsel değişimler, tuzluluk, sıcaklık, interaktif ajanlar) göre değişebilmektedir (Bryan, 1980).

Su ürünleri, yaşamlarını sürdürdükleri ortam olan su ile etkileşim gösterirler. Suda bulunan, değişen tüm fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerden etkilenirler. Meydana gelen bütün bu değişimler, vücutlarının fiziksel yapısına yansıdığı gibi kas ve iç organlarında da değişikliklere neden olur. Sudaki özellikleri metabolizmalarına, en fazla solunum ve beslenme yolu ile aktarırlar. Bu etkilenmeleri ve meydana gelen değişimler büyüklüklerine göre farklılıklar gösterir. Sudaki beslenme zincirinin ilk

halkası olan mikroskopik canlılardan beslenmeleri yoluyla zincirin son halkasına ve hatta onları tüketen diğer hayvan ve insanlara kadar ulaşır (Kahvecioğlu vd. 2009).

Ağır metaller, besin zinciri, planktonlar veya sudaki diğer organizmalar yoluyla balıklara geçer (Beğenirbeş, 2002; Çetinbaş, 2003).

Besin zincirinin alt basamağındaki canlılarda biriken metaller, bir üst basamağındaki canlılara geçebilir ve zehirli etkilerini ortaya çıkarabilirler. Balıklar, besin zinciri ile alt basamaktaki canlılarda bulunan ağır metalleri bünyelerine alırlar ve ağır metal derişimleri, mevsimlere bağılı olarak farklılık gösterir. Ağır metallerin balıklardaki derişimi, balık türünün beslenme alışkanlığı, yaşı ve vücutta biriken metale bağılı olup, balığın doku ve organları arasında da farklılık oluşturmaktadır (Aksun, 1986).

Vücuttaki metal düzenlenmesi, metal alınma oranına eşdeğer olarak atılım oranındaki artış ile sağlanmaktadır. Bununla birlikte, bir metalin organizmadaki derişimi, o metalin biriktirme oranına bağılıdır (Rainbow ve White, 1990).

Ağır metallerin balık tarafından alınması, suyun ve sedimentin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağılıdır. Örneğin, suda artan kalsiyum konsantrasyonu; bakır, kadmiyum ve çinkonun alınmasını azaltır. Balıklar ağır metalleri, vücut yüzeyinden, solungaçlardan ve sindirim sisteminden olmak üzere başlıca üç yoldan vücutlarına alırlar. En çok ağır metal absorpsiyonu, solungaçlarla gerçekleşirken vücut yüzeyinden oldukça azdır (Amundsen vd., 1997).

Balıkların doku ve organlarında biriken ağır metaller, etkide kaldıkları süreye ve ortamdaki derişimine bağılı olarak artmaktadır. İncelenen bir metalin, hangi doku ve organda depo edileceği balık türlerine göre değişmektedir. Genelde en yüksek birikim karaciğerde, en düşük birikim ise kas dokusunda görülmektedir. Bunun en önemli nedeni ağır metallerin öldürücü olmayan derişimlerinde, balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesidir (Kargin ve Erdem, 1992).

Balık örneklerindeki ağır metal içerikleri, dünyadaki değişik araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Balıklarda ağır metal düzeylerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmaların yapılması, halkın bu konuda bilgilendirilmesi açısından çok önemlidir. Bu nedenle balıklardaki metal düzeylerinin belirlenmesi ve biyoerişilebilirliklerinin

saptanması ile ilgili çalışmalar, bu besinlerin faydaları ve aşırı tüketiminde oluşabilecek zararlarının anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu alışmada Marmara denizinden sağlanan, halk tarafından sıklıkla yenen altı farklı balığın (ıपुरa, hamsi, istavrit, levrek, sardalya ve mezgit) toplam metal içerikleri ve biyoerişilebilirlikleri incelenmiştir.



## 2. BALIKLAR

Sağlıklı ve dengeli beslenme için önemli bir hayvansal protein kaynağı olan balığın, canlı olarak ağırlığının %70-80'ini su, %17-20'sini protein ve %2-10'unu yağlar oluşturmaktadır (Dönmez ve Tatar 2001).

Balıklar, B grubu vitaminlerinden (B1), (B2), (B3), (B6) ve (B12) yi, ve yağda eriyen vitaminlerden A ve D vitaminlerini çok miktarda bünyelerinde bulundurlar (Anonim 2007).

Yapılarında yüksek düzeyde protein içermeleri, proteinlerinin biyolojik değerinin yüksek olması, insanların ihtiyaç duyduğu yağ asitlerini içermeleri, yüksek düzeyde mineral ve vitamin kaynağı olmaları, yapılarındaki bağ dokusunun azlığı ve kolay sindirilmeleri nedeniyle balık etleri, insanlar için çok önemli bir besin kaynağıdır.

Balık yağlarının, insanlar için esasiyle olan eikosapentaenoik asit (EPA), dokosaheksaenoik asit (DHA), linolenik asit gibi yağ asitlerini içermesi balık etinin insan sağlığı açısından önemini arttırmaktadır.

Denizlerde su sıcaklığının ve besin maddelerinin mevsimlere bağlı değişimi, balıkların beslenmesi ve buna bağlı olarak da besin kompozisyonunu etkileyen önemli faktörlerdir. Mevsimin, özellikle deniz balıklarında yüksek miktarlarda bulunan omega 3 serisi yağ asitlerinden EPA ve DHA içeriği üzerine etkili olduğu bilinmektedir (Pèrés ve Roche, 1983; Nunes ve ark., 1992; Mendez ve Gonzales, 1997; Gamez-Meza ve ark., 1999; Orban ve ark., 2002; Beklevik, 2005).

Balık etindeki minerallerin miktarı 1mg/100g (10 ppm)'ın üzerindedir. Ancak ortalama mineral değerlerini standardize ve tahmin etmek oldukça zordur. Çünkü bunlar tür, cinsiyet, biyolojik döngü, balık büyüklüğü gibi faktörler ile mevsim, yetiştikleri yer, beslenme durumu, suyun sıcaklığı ve tuzluluğu gibi ekolojik faktörlere bağlıdır (Pérez-Martín, 1986). Pek çok metal, normal hücre aktivitesi için gereklidir (Hughes, 1996). Bununla birlikte Cu, Zn gibi ağır metaller, belirli limitlerin üzerinde Pb ve Cd ise çok düşük düzeylerde bile vücuda alındığında farklı

sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Cd, İtai-İtai hastalığı, organlarda kanser, kemik kırılması ve şiddetli ağrılara; Cu, Wilson hastalığı, böbrek bozuklukları ve nörolojik bozukluklara; Zn, gastrointestinal bozukluklara; Pb beyinde hasar, kansızlık, böbrek hastalıkları, ve nörolojik fonksiyon bozukluklarına neden olmaktadır (Oehlschläger, 2000; Yazkan ve ark., 2002). Bu ve buna benzer sağlık sorunlarına sebep olmasından dolayı bu ağır metallerin gıdalardaki miktarı, dünyada ve ülkemizde belli limitlerle sınırlandırılmıştır. Taze balıklardaki Cu, Zn, Pb, Cd ve As için Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen tüketim için kabul edilebilir maksimum miktarlar sırası ile 20 mg/kg, 50 mg/kg, 1 mg/kg, 0,1 mg/kg ve 1 mg/kg'dır (Anonymous, 1997). Avrupa Konseyi tarafından belirlenen maksimum tüketilebilirlik sınırları da Pb, Cu, Zn için aynı olup Cd için 0,2 mg/kg'dır (Council of Europe, 1996; MAFF, 1995).

Balık Etlerinin lezzeti, yapılarındaki protein ve yağ içeriği ile yakından ilgili olup bu bileşenlerin mevsimsel değişimi ürünün kalitesini etkileyen önemli bir faktördür (Medula, 2016).

**Tablo 2.1:** Mevsim değişiminin, lezzet (yağlılık) üzerindeki etkisi.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
AHTAPOT	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA
AKYA	B	B	B	B	B	AA	AA	AA	AA	AA	B	B
ALABALIK Ç.	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA
BARBUN	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	AA	B	B
ÇİNEKOP	B	B	B	B	B	B	B	AA	B	B	B	B
ÇİPURA	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	B	B	B
ÇİPURA Ç.	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
DİL	B	B	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	B
HAMSI	AA	AA	X	B	X	X	X	X	X	X	AA	AA
ISKORPİT	B	B	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	AA
İSTAVRİT	AA	AA	AA	AA	B	B	B	B	B	B	B	B
İZMARİT	X	AA	AA	AA	B	X	X	X	X	X	X	X
KALKAN	AA	AA	AA	AA	B	X	X	X	X	X	B	B
KARAGÖZ	B	B	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	B
KEFAL	AA	AA	AA	AA	AA	X	X	X	X	AA	AA	AA
KILIÇ	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	B	B	B
KIRLANGIÇ	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA
KOLYOZ	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA
KUPES	B	B	B	B	B	AA	AA	AA	AA	B	B	B
LAHOS	B	B	B	B	B	B	AA	AA	B	B	B	B
LEVREK	X	AA	AA	AA	AA	X	X	X	X	X	X	X
LUFER	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	AA	B	B
MELANUR	X	X	X	X	X	B	B	B	AA	AA	B	B
MERCAN	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA
MEZGİT	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA
MÜREKKEP	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA
ORFOZ	B	B	B	B	B	AA	AA	AA	AA	AA	B	B
PALAMUT	B	B	B	X	X	X	X	X	X	AA	AA	AA
PALAMUT Ç.	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	X	X	X
PİSİ	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA
SARDALYA	X	X	X	X	X	AA	AA	AA	AA	X	X	X
SAZAN	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	B	B	B
SINARİT	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	B	B	B
TAVUK B.	AA	AA	B	X	X	X	X	X	B	B	AA	AA
TORİK	AA	AA	B	X	X	X	X	X	X	B	AA	AA
TRANÇA	B	B	B	B	B	AA	AA	AA	AA	AA	B	B
TURNA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA
USKUMRU	B	B	B	B	B	B	B	B	B	AA	AA	B

AA Balığın en lezzetli zamanı  
B Balığın yenilebilir zamanı  
X Balığın lezzetsiz zamanı

## 2.1 Çipura Balığı (*Sparus auratus*)



**Şekil 2.1:** Çipura balığı (*Sparus auratus*).

Akdeniz'den İngiltere'nin kuzey sahillerine ve Kanarya Adaları'na kadar yayılım gösteren çipura balığı, özellikle kumlu, çamurlu sığ biyotoplarda, sıcaklığa ve tuzluluğa karşı gösterdiği tolerans ile nehir ağzları ve lagüner sahalarda bulunan demersal bölge balığıdır. Çipura balıklarının doğal üreme zamanı, ülkemizde Ekim-Aralık ayları arasında olup, yavruların en iyi gelişim gösterdiği sıcaklık 22–25 °C'dir. pH değeri ise 6,5–9,0 arasında değişmektedir. Yaşamlarını sürdürdükleri sıcaklık aralığı 6–32 °C, ve tuzluluk değeri ise %5-40'tır (Ramos, 1978).

Çipura balıklarının sırt yüksekliği fazla olup lateralden yassılaştırmış, simetrik bir yapıya sahiptir. Baş iri, burun küt ve ağız terminal konumlu olup düzdür. Renk dorsalde gri-esmer, ventralde gümüşidir. Pektoral yüzgecin dorsalinde ve operkulum üzerinde kırmızı-menekşe renkli bir leke, karakteristiktir. Maksimum boyları 70 cm'ye ulaşan çipura balıklarının ortalama uzunlukları 25–40 cm arasındadır. 0–3 yaş arası çipuralarda yapılan bir çalışmada, bu türün karnivor bir form olduğu ve özellikle ergin bireylerin kabuklu ve kafadan bacaklılar ile beslendiği bilinmektedir (Alpbaz, 1990).

## 2.2 Hamsi Balığı (*Engraulis encrasicolus*)



Şekil 2.2: Hamsi balığı (*Engraulis encrasicolus*).

Engraulidae familyasından, tropikal subtropikal ve kısmen ılıman denizlerde bulunan, sularımızda bir türü yaşayan hamsi balıklarının, karnı ve yanları beyaz gümüşü, sırtı mavi ve yeşilimsi renklidir. Plankton ve larvalarla beslenen, yumurtalarını orta derinlikte sulara bırakan ve ortalama 40-50 bin yumurta yumurtlayan kısa ömürlü balıklardır (Atay, 1994).

Yüzey sularında sürü halinde göç yapan balıklardan olan hamsi balığı sıcak ve ılık denizlerin sahillerinde ve açık sularında yaşarlar. Tüm Türkiye sularında bulunurlar. Besinlerini planktonik canlılar oluşturur. Bu sebepten dolayı plankton yoğunluğunun fazla olduğu Karadeniz’de bol miktarda bulunurlar. Kışın 100-150 m derinliklere inebildikleri gibi yazın su yüzeyinden, 20 m’ye kadar değişik derinliklerde yüzerler. Sular ısınmaya başladığı zaman ilkbahara doğru üreme ve beslenme için sahillere doğru göç ederler. Hamsi balıklarının ortalama boyları 12 cm’dir. 18-20 cm’ye kadar olanlarına da rastlanır. Ülkemizdeki yasal boy sınırlaması 9 cm’dir.

En fazla dört yıl yaşayan hamsilerin Karadeniz’de üremeleri Mayıs’tan Ağustos sonuna, Marmara ve Akdeniz’de ise Mart’tan Haziran’a kadar sürer. Bir dişi hamsi ortalama 40-50 bin yumurta bırakır (MEGEP, 2006).



### 2.3 İstavrit Balığı (Trachurus trachurus)



Şekil 2.3: İstavrit balığı (Trachurus trachurus).

Marmara ve Karadeniz'e özgü bir türdür, Akdeniz'de de bulunur. Yurdumuzda istavrit veya sarıkuyruk istavrit olarak bilinir. İstavrit balığının vücudu yanlardan hafifçe yassı ve uzuncadır. Kafası ve gözleri iri, ağzı büyük ve körüklü olup karnivor balıklardandır. Yan çizgi plakaları daha ince, vücudun yarısına kadar düz olup, sonra yukarıya doğru eğik olarak devam eder. Başın üzerinden solungaç kapağının hizasından başlayarak yan çizginin eğim gösterdiği yere kadar devam eden ve burada biten ikinci bir çizgi bulunmakta olup bu özelliği karakteristiktir.

Trachurus mediterraneus, yan çizgi üst kolunun kısalığı ve yan çizgi pullarının küçüklüğü ile Trachurus trachurus'dan ayrılır. Sırtı mavimsi yeşil yanlar parlak gümüşü ve karın beyazdır ve diğer istavrit türlerine göre sırt rengi daha koyudur. 1. dorsal yüzgeç önünde deri altında öne doğru yatık bir diken bulunur (Slastenenko 1956).

Denizlerimizde yaygın olarak bulunan bu familya üyelerinin etleri genellikle lezzetli olup özellikle avlanma kapasitesinin yüksekliği ve avlanma süresinin uzunluğu nedeni ile Trachurus'lar balıkçılık ekonomimizde oldukça büyük bir yer işgal etmektedir (Akşıray 1987).

## 2.4 Levrek Balığı (*Dicentrarchus labrax*)



Şekil 2.4: Levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*).

Levrek balıkları, ülkemizin tüm kıyılarında bulunur ve biyocoğrafik açıdan Atlanto-Mediteran olarak adlandırılan Akdeniz ile Atlantik Okyanusu'nun ortak coğrafik biriminden köken alır. Deniz çayırlarının bulunduğu kumlu, çamurlu, sığ biotoplarda, nehir ağzlarında ve lagüner bölgelerde yaşayan bir littoral bölge balığıdır. Ülkemizin tüm denizlerinde avcılığının yapıldığı bilinmektedir. Genelde tek olarak ama bazı zamanlar sürüler halinde de görülen levrek balıklarının krustaseler, karidesler ve diğer küçük balıklarla beslendikleri bilinmektedir. Havaların soğuması ile birlikte kışlamak için derin sulara göç ederler (Fırat ve Saka, 2012).

Ülkemiz denizlerinde var olan uzun zamandır yetiştiriciliği yapılan yüksek kalitede ete sahip orta yağlı bir balık türüdür ve büyük ekonomik değere sahiptir. Vücudu lateralinden hafif yassılaştırmış olan levrek balığının derisi ktenoidpullarla kaplıdır. Ergin bireylerin sırt kısmı lekesiz koyu renkte olurken, gençlerde bazen siyah lekeler olabilir (Özgörey ve Akçay, 2009).

Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi, ülkemiz balıkçılığında da öneme sahip olan deniz levreği doğal stoklarının giderek azalması, yapay olarak yumurta alınabilmesi, kafeslerde yetiştirilebilmesi, kısa zamanda pazar boyuna ulaşması ile tercih edilen yetiştiricilik türü olmuştur. Ayrıca kaliteli ve lezzetli ete sahip olması nedeniyle dünya pazarlarında kolayca alıcı bulmasıyla ekonomik bir değer taşımaktadır (Baki ve Kalma, 2010).

## 2.5 Sardalya Balığı (*Sardina pilchardus*)



**Şekil 2.5:** Sardalya balığı (*Sardina pilchardus*).

Sardalya balığı, Türkiye’de ekonomik öneme sahip bir balık türü olup, genellikle taze, konserve veya tuzlanmış olarak tüketilmektedir. Bununla birlikte, balık unu ve balık yağı üretiminde kullanılan önemli bir türdür. Clupeidae familyasının *Sardina* genusuna ait olan sardalya balığı, İskenderun ve Mersin körfezlerinde ekonomik öneme sahip bir tür olup, hayatlarını soğuk olmayan ılıman bölgelerde, denizlerin 200 m derinliğe kadar olan bölümünde sürdürürler. Yavruları fitoplanktonla, erginler ise zooplanktonla beslenirler. Türkiye denizlerinde yaşayan Clupeidae familyasına ait 12 türden biri olan sardalya balığı, Türkiye balıkçılığı için önemli olup, 2008 verilerine göre toplam 518.201 ton balık üretiminde, 17.531 ton ile en fazla avlanan ilk 5 tür arasında bulunmaktadır.

Sardalya balığı, yüksek protein ve yağ içeriğine sahiptir (Erkan ve Özden, 2008). Balık etinin kimyasal bileşiminin, mevsim, balık boyu, yaşı, olgunluk durumu ve beslenme gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bilinmektedir (Ludorf ve Meyer, 1973). Sardalya ve diğer bazı balık türlerinin (levrek, çipura, keserbaş barbun, ringa) mevsimsel olarak besin kompozisyonundaki değişimleri ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Nunes ve ark., 1992; Aro ve ark. 2000; Güler ve ark., 2007; Kuzu, 2005; Özyurt, 2005; Zlatonos ve ark., 2006). Sardalya balığı ile ilgili yapılan çalışmalarda mevsimlerin, balıklarda lipit ve protein oranları ile genel kimyasal kompozisyon üzerine etkili olduğu bulunmuştur (Nunes ve ark., 1992; Zlatonos ve ark., 2006).

## 2.6 Mezgit Balığı (Merlangius merlangus)



Şekil 2.6: Mezgit balığı (Merlangius merlangus).

Mezgit balığı beyaz etli ve lezzetli olması nedeniyle, ülkemizde sevilen ve beğenilerek tüketilen balık türlerinden biridir. Karadeniz Havzası'nda avlanan mezgit, Gadidae familyasına ait olup özellikle trol avcılığında baskın türdür. Karadeniz'de mezgitin avcılığı, troller ile sonbahar ve kış döneminde, uzatma ağları ile üreme dönemlerinde daha yoğun olmak üzere bütün yıl boyunca yapılmaktadır (Genç ve ark., 2002).

Vücutları, yanlardan basık ve mekik şeklindedir. Derin sularda yaşarlar, beslenmek için suyun daha üst katmanlarına çıkarlar. Üst çene alt çeneden daha uzundur ve alt çenede çok küçük, zor fark edilebilir bir sakal vardır (Campbell, 1983). Göğüs yüzgeçlerinin kaidesinde koyu bir benek bulunur. Sırt kısımları grimsi sarı, karın kısımları gümüş rengindedir. Etləri beyaz ve lezzetlidir (Demirsoy, 1998).

Sonbahara doğru, yavaş yavaş derinlere doğru çekilirler (Akşiray, 1987). Avcılığın yapıldığı aylarda ise çoğunlukla açık ve derin suları tercih etmesi nedeniyle etkin ve ekonomik avcılığı, trol ağlarıyla yapılabilmektedir (Erdem, 1992).

### 3. MARMARA DENİZİNİN COĞRAFİK VE HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİ

Yüzölçümü yaklaşık 11.350 km<sup>2</sup> olan Marmara Denizi kıtasal bir kabuk üzerinde bulunmaktadır. Miyosen denizinin Sarmasiyen döneminin bir kalıntısı olarak değerlendirilen bu deniz, küçük bir iç deniz niteliğindedir. Marmara Denizi, tamamı bir ülkenin egemenlik sınırları içinde bulunan tek deniz (Şekil 7) olma niteliği de taşımaktadır (TBB, 2007).



Şekil 3.1: Marmara denizi fiziki haritası (Geofuse, 2013).

Marmara Denizi, Karadeniz ile Akdeniz arasında hidrolojik açıdan bir geçiş alanıdır. Sıcaklık ve tuzluluk bakımından değerlendirildiğinde Marmara Denizi'nin gerçekten de bir geçiş alanı özelliğine sahip olduğu görülür (TBB, 2007).

Marmara Denizi, Çanakkale Boğazı ile Ege'ye, İstanbul Boğazı ile Karadeniz'e bağlanır. Denizin kuzey-güney doğrultusunda en geniş yeri 80 km, doğu-batı doğrultusunda ise en uzun eksenini 280 km'dir. Marmara Denizi ayrıca boğazları nedeniyle uluslararası öneme sahip bir su yolu olma özelliği de taşımaktadır. Avrupa ile Asya topraklarının birbirlerine çok yaklaştığı bu iç denizin iki kıyısı arasındaki uzaklık, İstanbul Boğazı kıyılarında 700 m'ye kadar iner.

Marmara Denizi, Őelfin derin b6lgeye oranla geniŐliĐi, adalar y6n6nden zenginliği, sularının sıcaklık ve tuzluluğunun g6sterdiği 6zellikler y6n6nden, eŐsiz bir i6denizdir (TBB,2007).

Marmara Denizi, yaklaşık 25 m derinlikteki bir yoğunluk (tuzluluk) ara y6zeyi ile birbirinden ayrılan ve biri Karadeniz diğeri ise Akdeniz kaynaklı iki su k6tlesini barındırır. Haloklindeki keskin yoğunluk tabakalaŐmasının y6zeyden alt tabakaya oksijen giriŐini engellediği bir ortamda, biyojenik kaynaklı partik6l maddenin y6zeyden alt tabakaya 6k6nelerek yarattığı oksijen t6ketimi ile 6anakkale Boğaz'ından giren oksijence zengin Akdeniz suları arasında bir denge bulunmaktadır. 6anakkale'den s6rekli su giriŐleri ile yenilenen (ortalama yenilenme zamanı 6-7 yıl) Marmara haloklin altı sularında oksijence yetersiz (suboksik)koŐullar bulunmasına rağmen Karadeniz'e benzer anoksik koŐullar geliŐmemiŐtir(6nl6ata ve 6zsoy, 1986; 6zsoy vd., 1986,1988).

Sıcaklık değerleri y6n6nden Marmara Denizi'nin y6zey suyu sıcaklıkları kiŐ aylarında 8-10 0C, yaz aylarında ise 24-26 0C arasında değişir. Y6zey suyu sıcaklıkları, kuzeyde 10-15 m'ye kadar mevsimlere bağlı olarak İstanbul Boğazı'na doğru daha soğuk, batıya doğru hafif6e artar. Bu değer 6zellikle kiŐın batıdan doğuya g6re sıcaklığın birka6 derece artmasına neden olur. Benzer Şekilde, y6zey sıcaklığı 6zellikle batıya doğru Tekirdağ-Gelibolu arasında daha d6Ő6k, Bandırma-6anakkale arasında ise daha ılık olduğu g6r6l6r. Yaz sıcaklıklarında ise bu fark daha azdır (Mater, 1992).

## 4. BİYOYARARLILIK VE BİYOERİŞİLEBİLİRLİK

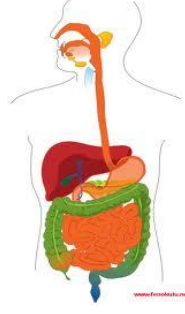
Biyoyararlılık terimi, insan veya hayvan vücudunda bir kimyasalın ya da bir maddenin absorbe edilebilme derecesini ifade eder. Örneğin, kurşunun sindirim sistemindeki biyoyararlılığı, fiziksel ya da kimyasal formuna bağlıdır. Suda çözünebilir kurşun asetat gibi kurşun türlerinin, biyoyararlılığı suda çözünmeyen kurşun formlarından daha fazladır (Karadaş, 2008).

Biyoeişilebilirlik terimi ise sindirim sistemindeki sıvı içinde çözünebilir maddenin fraksiyonunu verir. Çözünmüş maddenin konsantrasyonun toplam konsantrasyon oranı, biyoeişilebilir fraksiyonu bize verir. Bir kimyasal, absorbe edilmeden önce sindirim sistemindeki sıvıda çözünmelidir. İşte bu nedenle, biyoyararlılık, biyoeişilebilirlik ile ilişkilidir (Karadaş, 2008).

Çevrede ağır metallerin dağılımı ve biyoyararlılığı sadece toplam metal derişimine bağlı olmayıp, aynı zamanda katı fazda bağlı olduğu forma da bağlıdır. Metal iyonları; iyon değişimi, adsorbsiyon, çöktürme ve birlikte çöktürme gibi farklı mekanizmalarla katı faz üzerinde bağlanır. Çevre kirliliğinin sonucu olarak meydana gelen değişiklikler, metalik kirliliklerin davranışını önemli ölçüde etkiler (Karadaş, 2008).

### 4.1 İn-vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi

İn-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi; insanları etkileyebilecek kimyasal riskleri değerlendirmek için kullanılan, ağız yoluyla alınan yiyeceklerin biyoyararlılığını ve biyoeişilebilirliğini inceleyen bir yöntemdir. Günlük beslenme süresi içinde bilinçli ya da bilinçsiz olarak alınan örnek matrislerinden (besin maddeleri) gelen kimyasalların ne kadarının vücuda alındığını belirlemeyi amaçlar (Karadaş, 2008).



**Şekil 4.1:** İnsanda sindirim sistemi.

Kirlilik içeren besin maddelerinin yenmesi durumunda vücuda geçebilecek metal konsantrasyonları, in-vitro olarak gastrointestinal metotlarla model bağırsak ve mide sistemi oluşturularak (vücut sıcaklığında, mide ve bağırsak sistemindeki pH'larda ve bu organlardaki enzimlerle sindirim sağlayarak) belirlenebilir. Yani Mide ve bağırsak pH'sında, uygun enzim ve reaktifler ile insan vücudunda birikebilecek metal derişimlerini belirlemek için kullanılan ekstraksiyon yöntemidir.

Literatürde birçok in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler aşağıdaki parametreleri içerir:

1. Sıcaklık: Bütün metotlarda, vücut sıcaklığı olan 37 °C'dir
2. Katı /çözelti oranı
3. Karıştırma ve inkübasyon zamanı
4. Sindirim ile ilgili bileşenler
5. Mide ve bağırsakta sindirim
6. Analizlerden önce ayırma adımı
7. Analiz adımı (Karadaş, 2008)



## 5. MİKRO DALGA BOZUNDURMA YÖNTEMİ

Analitik kimyada numune analizinin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle elementel olarak çözündürülmesi gereklidir. Önceleri genel olarak çözündürme işlemleri, açık kaplarda yapılırken mikrodalga enerjisi, biyolojik maddeleri parçalayabilmek amacı ile asitlerin hızlı bir şekilde ısıtılması için kullanılmıştır.

Normal klasik metotlar ile yapılan çözündürme işlemleri 1-2 saat sürerken, aynı işlem mikrodalga enerjisi ile 5-15 dakika içinde tamamlanır. Böylece numunenin analize hazırlanma süresi çok kısalmıştır. Kimyasal analiz sahasında, mikrodalga dielektrik ısıtmanın kullanımı son yıllarda artmıştır.

Besin, kan, bitki ve hayvan dokuları gibi biyolojik materyaller, kaya, taş ve tortu gibi jeolojik örnekler, çevresel atıklar ve hatta metalik materyaller, mikrodalga numune hazırlama tekniğinin konuları içerisinde yer almaktadır.

Enstrümantal analiz için numune hazırlama sırasında materyalin kimyasal davranışı, analitik kimya laboratuvarında çalışmalar için hızı sınırlayıcı bir basamaktır. Numune hazırlamada mikrodalga enerjisinin kullanılması sentetik laboratuvarlarda çok fazla zaman tasarrufuna yol açar. Karıştırmalı ve ısıtmalı plakalara göre mikrodalga sistemler daha yüksek güçte çalışmalarına rağmen, elde edilen zaman tasarrufu bu gücü karşılamaktadır ve sonuçta enerji tasarrufu da sağlamaktadır.

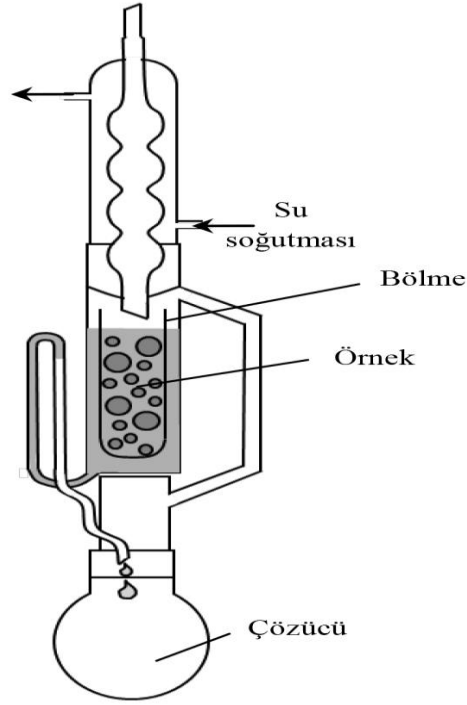
Yüksek basınçta kullanılan parçalama bombası PTFE gibi inert maddelerden yapılır ve içine konulan numunenin mikrodalga enerjisi ile çok hızlı parçalanması sağlanır. Böylece HF gibi aşındırıcı asit buharlarının etkisi azaltılır (Kuşlu ve Çavuş, 2008, 267-277).

## 6. SOXHLET EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ

Ekstraksiyon basamağı, çoğu analitik işlemlerin vazgeçilmez bir parçasıdır. 1879 yılında F. Soxhlet tarafından geliştirilen ve 1980'lerin ortalarına kadar çok popüler olan Soxhlet ekstraksiyonu günümüzde de laboratuvarların çoğunda kullanılmaktadır. Son yıllarda gelişmiş ekstraksiyon tekniklerine, gittikçe artan bir talep olmuştur. Bunun nedeni, otomasyona uygun olması, ekstraksiyon zamanının kısalması, organik çözücü tüketiminin azalması, analitik kimya laboratuvarlarında kirliliğin önlenmesi ve örnek hazırlama maliyetindeki düşmedir (Wan ve Wong, 1996; Eskilsson ve Bjorklund,2000).

Soxhlet ekstraksiyonu, özel bir cihazda yapılır (bkz.Şekil 9). Katı veya yarıkatı numuneler için uygundur. Soxhlet ekstraktörü, en eski ekstraksiyon sistemlerinden biridir ve hala geniş ölçüde kullanılmaktadır. Soxhlet ekstraktörü, bir solvent şişesi, orta çemberde bir sıvı akış borusu (sifon), soğutulmuş bir kondansör (yoğuşturucu) ve ısıtma sisteminden meydana gelir.

Katı örnek, orta çemberin içindeki ekstraksiyon bölmesinin içine yerleştirilir. Çözücü bunun altındaki solvent şişesinin içine konur. Çözücü kaynama sıcaklığının üzerinde ısıtılır ve kaynayan çözücünden gelen buharlar, yoğunlaşmanın olduğu kondansatöre doğru hareket eder, yoğunlaşır ve örneğe geri damlar. Çözücü örneği ıslatır ve daha sonra çözücü seviyesi sifonun tepesine ulaşır ulaşmaz, çözücü tüm örnek bölmesini boşaltarak, çözücü şişesine geri damlamaya başlar. Böylece sıcak çözücü birkaç kere örnek içerisinden sirküle olur. Ekstrakte olan analitler çözücü şişesinin içinde kalırken, yalnızca temiz solvent buharlaştığı için her bir dolaşımında taze çözücü kullanılır. Çevrim sayısını ve ekstraksiyon zamanını rapor etmek daha iyi bir karşılaştırma için önemlidir. Genellikle, ekstraksiyon zamanları 6 saatten 24 saate kadardır ve oldukça büyük çözücü hacimleri (100-500 mL) gereklidir. Ekstraksiyon çözücüleri, çoğunlukla saf organik çözücüler veya bunların karışımlarıdır. Soxhlet ekstraksiyonu, esas olarak organik bileşiklerin katı örneklerden ekstraksiyonunda kullanılır.



**Şekil 6.1:** Soxhlet ekstraksiyon cihazı.

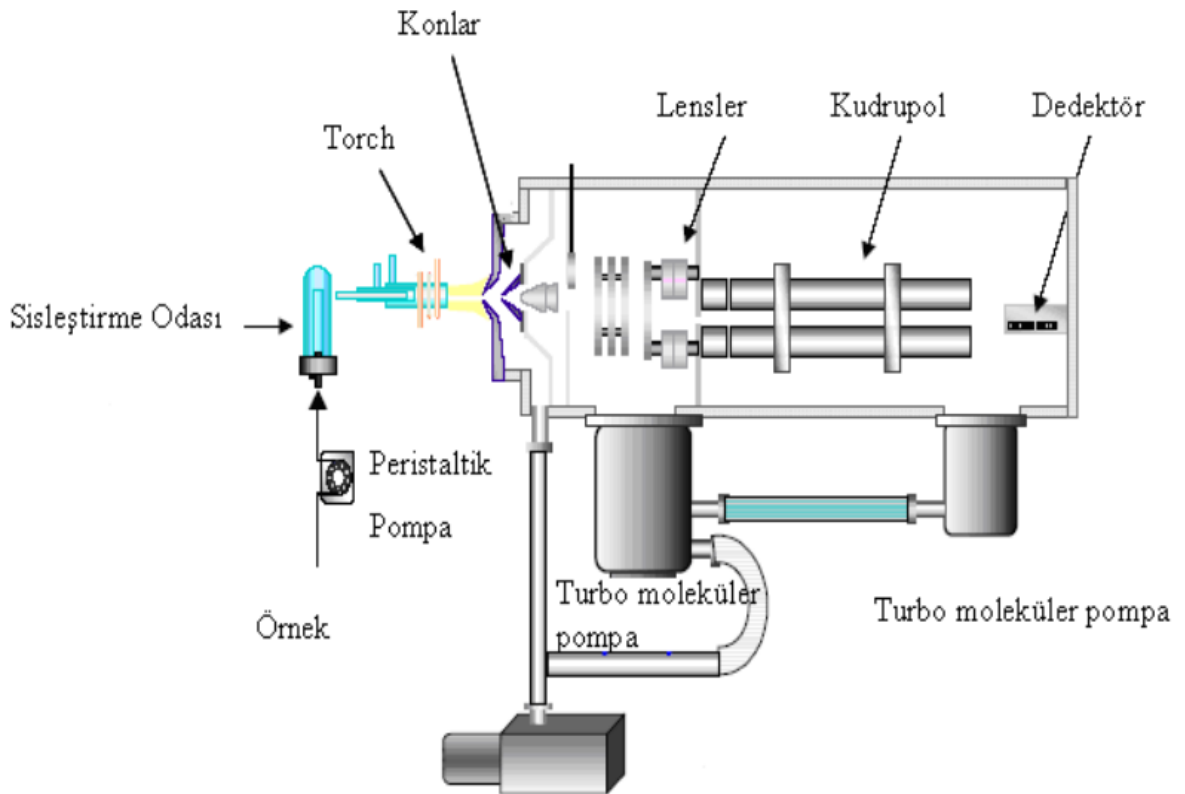
Bileşikler, çözücünün kaynama sıcaklığında termal olarak kararlı olmalıdır. Eşzamanlı ekstraksiyona olanak sağlayan Soxhlet cihazı, çok düşük maliyetle temin edilebilir. Yöntemin kullanılması esnasında karşılaşılan problemler örnek bölmesinin temizliğinden kaynaklı olabilir. Kullanmadan önce, temiz bir çözücüyle ekstrakte ederek temizlemek en doğrusudur (R. Kellner, M.Otto ve M.Valcarcel, 2004).

Geleneksel Soxhlet ekstraksiyonu, bazı cazip avantajlara sahiptir. Örnek, sürekli olarak taze çözücü ile temas halindedir. Böylece matriksten analitin ayrılması artar. Distilasyon balonuna uygulanan ısıyla, ekstraksiyon kavitesine ulaşıldığından, sistemin sıcaklığı oda sıcaklığından daha yüksek olur. Sistem bu yüksek sıcaklıkta değişmeden kalır. Ayrıca, özütlemeyen sonra filtrasyona gerek kalmaz ve örnekten üretilen madde miktarı, birkaç eşzamanlı ekstraksiyon paralel olarak yapılarak artırılabilir. Düşük maliyetli basit ekipman kullanılması buna olanak sağlar.

İlave olarak, Soxhlet ekstraksiyonu az uğraş gerektiren çok basit bir metoddur. En son kullanılan alternatiflerinin çoğundan (mikrodalga destekli ekstraksiyon, süper kritik sıvı ekstraksiyonu gibi) daha fazla miktarda örnek ekstrakte edilebilir (Luque-Garcia ve de Castro, 2004; de Castro ve Priego-Capote, 2010).

## 7. İNDÜKTİF EŞLEŞMİŞ ÇİFT PLAZMA KÜTLE SPEKTROSKOPİSİ (ICP-MS)

ICP-MS, 1980'li yıllardan beri numunelerde bir ya da daha fazla elementin kantitatif, yarı kantitatif ya da kalitatif tayinlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknik olarak, plazma kaynaklı atomik emisyonu dayanan elementel analizler yapılar şeklinde kısaca ifade edilebilir. ICP-MS sistemi temel olarak plazma kaynağı ve kütle detektörü olarak iki kısımdan oluşmaktadır. ICP-MS ile içme suları, atık suları, jeoloji, jeokimya, petrokimya, gıda ve hidrojeoloji alanlarında analizler yapılmaktadır. ICP-MS çoğu element analizi için düşük gözlenebilirlik sınırı, yüksek seçicilik, doğruluk ve kesinliğinin çok iyi olması nedeniyle tercih edilen, önemli analitik tekniklerden biridir. Şekil 7.1 'de indüktif eşleşmiş plazma ve kütle spektrometresinin birleşmiş hali basitçe şematize edilmiştir.



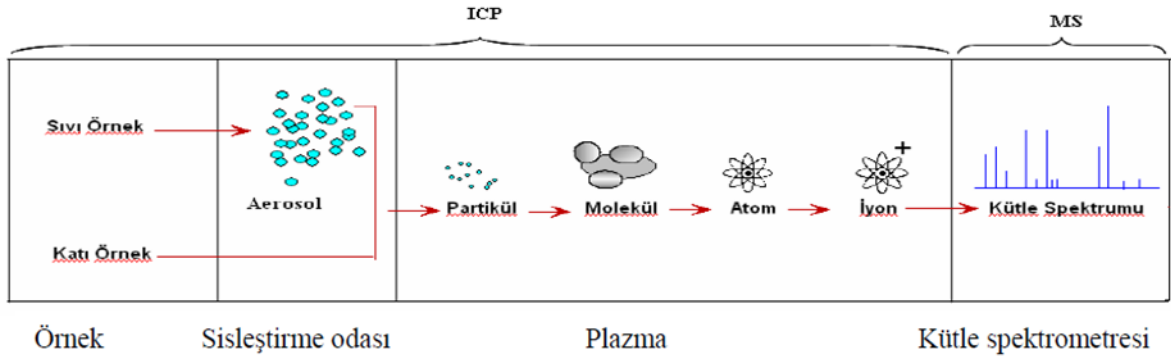
Şekil 7.1: ICP-MS Şematik Görünümü (Anonim, 2005).

Plazma, önemli miktarda katyon ve elektron içeren, elektriksel iletkenliği olan bir gaz karışımı olarak ifade edilmektedir. Yüklü tanecikler birbirini dengeleyeceği için net yük sıfırdır. Atomik emisyon spektroskopisinde kullanılan plazma kaynakları:

1. İndüktif Eşleşmiş Plazma
2. Doğru Akımlı Plazma
3. Mikrodalga Uyarımlı Plazma'dır.

En çok kullanılan plazmalar, indüktif eşleşmiş ve doğru akımlı olanlardır. Mikrodalga uyarımlı plazma kaynağı ise üreticilerden genellikle sağlanamadığı için elementel analizlerde fazla kullanılmamaktadır (Dean, 2005).

İndüktif eşleşmiş plazma, eş merkezli üç kuvars borudan oluşmaktadır. Bu borulardan toplam olarak dakikada 11-17 L'lik argon akışı sağlanmaktadır. Argonun iyonlaşması bir Tesla bobini ile başlatılır, oluşan iyonlar ve serbest kalan elektronlar, değişken olarak uygulanan endüksiyon sarmalının ürettiği manyetik alan ile etkileşirler. Oluşan  $Ar^+$  iyonları, elektriksel alanda dairesel hareket yaparken topladığı enerji ile hızlanır, sıcaklıkları yükselir ve diğer Ar atomlarına çarparak onları da iyonlaştırıp plazmayı oluştururlar. Plazma sıcaklığı 10000 K'e kadar ulaşabilmektedir. Yüksek sıcaklıklara ulaşması, çok sayıda elementin mikro ve nano düzeylerinin analizine olanak sağlamaktadır. Analiz edilecek numunenin cihazla temas etmesinden başlayıp kütle spektrometresinden elde edilecek spektrumun alınmasına kadar gelişen basamaklar kısaca Şekil 7.2' de gösterilmiştir.



**Şekil 7.2:** Örnek girişinden kütle spektrumunun alınmasına kadar gelişen basamaklar.

Örnek giriş sistemi, sıvı örnekleri aerosollerine dönüştürüp, küçük damlacıkların plazmaya ulaşmasını ve plazmada tamamen parçalanamayan büyük damlacıkların da eş zamanlı olarak atılmasını sağlamaktadır.

### 7.1 Sisleştirme Odası

Genel olarak sıvı örnekler sisletirici (nebulizer) yardımıyla sisletirilip, aerosollerine dönüştürülerek küçük damlacıklar halinde plazmaya gönderilir. Plazmaya sıvı ve katı numuneleri vermek için elektrotermal buharlaştırma yöntemi de kullanılır. Bu yöntemde elektrotermal ısıtma ile oluşturulan numune buharı, argon gazı ile plazma hamlacına taşınmaktadır. Ayrıca son yıllarda, katı numuneler için lazer aşındırma buharlaştırma cihazları da kullanılmaktadır. Bu cihazlarda elektrik arkı, kıvılcım veya bir lazer demetiyle numunenin etkileşmesinden sonra argon gaz akışı yardımıyla buhar karışımı hamlac içine gönderilmektedir.

Sisletiricinin uç kısmında bir soğutma çemberi bulunmaktadır. Bu kısımdaki sıcaklık, 2°C'lerde tutularak büyük damlacıkların yoğunlaşarak sistemden uzaklaşması ve çapı 20 µm'den daha küçük olan damlacıkların, plazmaya ulaşması sağlanır.

## 7.2 Plazma

İndüktif eşleşmiş plazma kaynağına hamlac adı verilmektedir. Plazma pozitif yüklü iyonlar elde etmek için kullanılmaktadır. Aralarından dakikada 11-17 L Ar gazı geçebilen iç içe geçmiş üç kuvars borudan meydana gelmektedir. En geniş boru çapı genellikle 2,5 cm'dir. Bu borunun üst kısmında plazmanın oluşumunu sağlayan su soğutmalı bir indüksiyon bobini sarıdır ve yaklaşık 27 MHz veya 41 MHz' de 0,5-2 kW güç oluşturabilen bir radyo frekans jeneratörü ile beslenmektedir. Akan argonun iyonlaşması bir Tesla bobini ile başlatılır. Oluşan iyonlar ve bunlardan serbest kalan elektronlar, indüksiyon bobini tarafından oluşan manyetik alanla etkileşirler. Bunun sonucunda bobin içindeki türler kapalı dairesel yörüngelerde sürekli akarlar. İyon ve elektronların bu harekete direnci sonunda ohmik bir ısı oluşur (Skoog ve ark. 1998).

Plazmaya ulaşan örnek aerosolleri önce kurur, daha sonra atomlaşır ve iyonlarına dönüşüp dedektöre taşınır. Ortam sıcaklığı 10000 K'e kadar yükselebilmektedir. Alevli yöntemlerdeki en sıcak alevlerden (asetilen/nitroz oksit) bile 2-3 kat daha sıcaktır. Bu özellik, atomlaşma mekanizmasını iyileştirmesi yanında kimyasal girişim etkilerini de azaltmaktadır. Plazma sıcaklığı her bölgede aynı olduğu için kendi kendine absorpsiyon (self-absorpsiyon) etkisini de azaltmış olur.

Plazmada soğutucu, taşıyıcı ve yardımcı gaz olarak inert gaz olması yanında yüksek saflıkta elde edilebilme özelliği nedeniyle argon gazı kullanılmaktadır. Birinci iyonlaşma enerjisi birçok elementten büyük ve ikinci iyonlaşma enerjisinin de küçük olması nedeniyle plazma oluşturulmasında argon gazı tercih edilmektedir. Plazmada çok yüksek sıcaklıklara çıkılması nedeniyle hamlacın erimesini önlemek için en dıştaki kuvars tüpün kenarlarına teğet olacak şekilde argon gazı, soğutucu gaz olarak verilmektedir. En iç kısımda ise sisleştirciden numunenin hamlaca taşınmasını sağlayan taşıyıcı gaz geçirilmektedir.

### 7.3 Plazma – Ara Yüzey

Cihazın en önemli parçalarından biri olup, ICP hamlacını cihaza bağlayan ara birimdir. Turbo moleküler pompa yardımıyla ve yüksek vakum altında, pozitif yüklü metal iyonları ortasında çapı 1 mm'den küçük deliği olan nikel bir koniye, daha sonra da sıyırıcı denem ikinci bir koniye ve oradan da iyon lenslerinin olduğu bölmege geçer. Yüksek asit ya da tuz konsantrasyonuna sahip numuneler verilmediği sürece koniler birkaç ay boyunca kullanılır. Voltaj uygulanabilen bir ya da daha fazla silindirik lensler kullanılır. Detektöre ulaşması istenmeyen foton ve nötral türler uzaklaştırılır, yalnızca pozitif yüklü iyonların detektöre ulaşması sağlanır.

### 7.4 Kütle Spektrometresi

Hareketli iyonların kütle/yük ( $m/z$ ) oranlarına göre, hızlı olarak ayrılmasını sağlayan bir cihazdır. Dört kutuplu (Kuadrapol), uçuş zamanlı, çift odaklamalı gibi farklı çeşitlerde kütle spektrometreleri bulunmaktadır. ICP-MS cihazlarındaki kullanım kolaylığı, sağlamlık, geniş kütle aralığı özellikleri olduğu için genellikle dört kutuplu (kuadrapol) kütle spektrometreleri kullanılmaktadır. Elektrot görevi gören dört paralel silindir çubuktan oluşmaktadır. Karşılıklı çubuklar doğru akım kaynağının pozitif ve negatif taraflarına bağlıdır. Bu çubuk çiftlerine alternatif akım potansiyeli uygulanarak iyonların 5-10 V'luk potansiyelle çubuklar arasında hızlandırılması sağlanır. Radyo frekansı ve doğru akım kaynağının voltajları doğru seçildiğinde yalnızca istenen kütle/yük oranına sahip olan iyonlar, çubuklar arasından geçerek güç çeviricisine (transdusere) ulaşır, diğer iyonlar çubuklara çarpar ve nötrale olarak kaybolurlar.

### 7.5 Detektör

ICP-MS cihazlarında en çok elektron çoğaltıcı detektörler kullanılır. Kullanılan detektörlerin yüksek duyarlılıkta, geniş bir doğrusal aralığa sahip ve gürültü seviyesinin düşük olması istenir. Detektörlerde, dört kutuplu (kuadrapolu) kütle sistemini terk eden iyonlar, iç yüzeyine doğru çekilirler. Koni ya da boynuz şeklindeki bu tüpe, belirlenmek istenen iyonla zıt yüklenecek şekilde, yüksek voltaj



uygulanır. Yüzeyde bulunan dinodlara bu iyonlar çarptığında, ikincil elektronlar yayımlanır ve tüpün içine doğru ilerledikçe yayımlanan ikincil elektronların sayısı artmaya devam eder. Elektron demetleri de cihazda kaydedilerek elektrik sinyallerine dönüştürülür.

## **7.6 ICP-MS’de Görülen Girişimler**

ICP-MS cihazları çoklu element analizlerinde düşük tayin aralığı, hızlı ve eş zamanlı analize olanak sağlamasına rağmen, analizler sırasında oluşabilecek girişimleri göz ardı etmemek gerekir. Girişimler genel olarak spektral ve spektral olmayan girişimler olarak sınıflandırılmaktadır. Spektral girişimler, analit iyonunun plazmada oluşan iyonik türlerle ( $Ar^+$ ,  $O^{+2}$  vb.) aynı kütle/yük oranına sahip olduğunda oluşmaktayken spektral olmayan girişimler ise numunenin yapısından kaynaklanmaktadır. Girişim etkileri, genel olarak izobarik, moleküler ve spektral olmayan girişimlerdir.

### **7.6.1 İzobarik Girişimler**

Atomik kütleleri aynı ancak atom numarası farklı olan  $^{114}Sn$  –  $^{114}Cd$  gibi olan elementlere izobarik elementler denir. İzobarik girişimleri engellemenin en kolay yolu mümkün olduğu durumlarda o elementin başka bir izotopunu seçmektir. Periyodik sistemdeki birçok element izobarik çakışma yapmayan bir, iki ve hatta üç izotopa sahiptir. İndiyum ise bir istisna olarak  $^{113}In^+$  ve  $^{115}In^+$  olmak üzere iki kararlı izotopa sahiptir ve ilki  $^{113}Cd^+$ , ikincisi ise  $^{115}Sn^+$  ile çakışmaktadır.

### **7.6.2 Moleküler Girişimler**

Moleküler girişimler, poliatomik ve çift yüklü poliatomik girişimler olmak üzere iki alt grupta incelenmektedir.

1.Poliatomik Girişimler: Plazma gazı, numune çözücüsü ya da numune matrisindeki türlerin etkileşmelerinden meydana gelmektedir. Girişim yapabilecek

çok sayıda moleküler iyon oluşabilmektedir. Bu girişime örnek olarak  $40\text{Ar}^{+2}$ ,  $40\text{ArH}^+$ ,  $16\text{O}^{2+}$ ,  $14\text{N}^+$  verilebilir. Bu tür girişimler, farklı bir analit izotopu kullanılarak düzeltilebilir. Matrikste klorür bulunması veya çözünürleştirme amaçlı kullanılan asitlerden klorür gelmesi durumunda  $40\text{Ar}35\text{Cl}^+$ ,  $40\text{Ar}37\text{Cl}^+$ ,  $35\text{Cl}16\text{O}^+$  vb. yapılarının oluşması nedeniyle poliatomik girişim meydana gelir. ICP-MS cihazında dört kutuplu (kuadrapol) kütle sistemi öncesinde reaksiyon hücresine helyum, hidrojen gibi gazlar gönderilerek poliatomik türlerle etkileşmesi ve bu türlerin ortadan kaldırılması sağlanabilir.

2.Çift yüklü poliatomik girişimler: Plazmada + 2 yüklü iyonların oluşması durumunda ortaya çıkmaktadır. İlgilenilen elementin ölçülmesi m/z oranına göre gerçekleştirilir. Yük değeri normal olarak bir (1) kabul edilerek hesaplamalar yapılır. Yük değerinin değişmesi sonucunda m/z oranı değişecek ve hatalı sonuçların oluşmasına neden olacaktır. Bu tür girişim etkisine, çift yüklü türler oluşturabilecek seryum (Ce), lantan (La), stronsiyum (Sr), toryum (Th) ve baryum (Ba) türleri örnek olarak verilebilir. Plazma ve torch koşullarının iyi ayarlanmasıyla spektroskopik girişimler düzeltilebilir. Soğuk plazma şartlarının (0,6 kW, 1,11 Ldk<sup>-1</sup> gaz akışı) sağlanması Ar'dan gelen girişimlerin azaltılmasında yardımcı olurken matriksten gelen baskılayıcı etkiyi artırır. Bu etkide iç (internal) standart ilavesi ile giderilebilmektedir.

### 7.6.3 Spektral Olmayan Girişimler

Spektral olmayan girişimler, örnek matriksinden kaynaklanan girişimlerdir. Bozucu madde derişimi  $500-1000 \mu\text{gm}^{-1}$ 'den daha büyük olduğunda analit sinyalini etkiler. Çözünmüş katılar koni ve iyon lenslerinde birikerek sinyalleri zayıflatır ve duyarlılık kaybına neden olmaktadır. İyon kaynağı içerisinde bulunan pozitif yüklü ağır metal iyonları, hafif metal iyonlarını iterek onların uzaklaşmasına neden olur ve pozitif yük etkisiyle hafif iyonların sinyalleri azalır. Na, K gibi kolay iyonlaşan elementlerin bulunması halinde ise, zor iyonlaşan elementlerin sinyalleri azalır.

Girişimler, daha seyreltik çözeltiler kullanılarak, birbirini etkileyen türleri ayırarak, iç standart eklenerek, ya da matriks eşleştirme (matrix-matched) amacıyla standart ekleme yapılarak kısmen veya tamamen önlenir. Numunenin

seyreltilmesi sırasında hatalar olabileceği için dikkatli olunmalıdır. İç standart ekleme yönteminde ise örneğe ve standartlara eşit miktarda iç standart eklenip daha sonra analitin iç standarda oranı bulunur ve sonuç hesaplanır. Li, Rh, In, Tb, Sc, Bi, Y en çok kullanılan iç standartlardır. İç standartlar belirlenirken iyonlaşma potansiyeli ve kütlesi analitin iyonlaşma enerjisine ve kütlesine yakın olan elementler seçilmelidir. Ayrıca kullanılan iç standart, örnekte bulunmamalıdır.

## 7.7 Verilerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Bazı Analitik Kavramlar

### 7.7.1 Gözlenebilme Sınırı (LOD)

Belirli bir güven seviyesinde tayin edilebilen en küçük analit derisimi veya kütlesi gözlenebilme sınırı olarak kabul edilir. Bu gözlenebilme sınırı analitik sinyal büyüklüğünün tanık sinyalindeki istatistiksel sapma oranına bağlıdır. Diğer bir ifadeyle, analitik sinyal rastgele hatalardan kaynaklanan gürültü sinyalindeki sapmanın k katı kadar büyük olmadığı sürece analitik sinyali, belirli bir kesinlikle görmek imkansızdır. Böylece gözlenebilme sınırına yaklaşıldıkça analitik sinyal ve standart sapması tanık sinyaline ve standart sapmasına yaklaşır. Belirlenen en küçük sinyal ( $S_m$ ), ortalama tanık sinyali ( $S_{bl}$ ) ile tanık sinyallerinin mutlak standart sapmasının ( $s_{bl}$ ) k katının toplamına eşit olarak alınır ve aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$S_m = S_{bl} + kS_{bl} \quad (7.1)$$

Deneysel olarak 20-30 deney ile  $S_{bl}$  ve  $s_{bl}$  hesaplanır. Son olarak eşitlik 7.2’de eğim kullanılarak  $S_m$ , gözlenebilme sınırı olarak tanımlanan  $C_m$ ’ye dönüştürülür ve aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$C_m = (S_m - S_{bl}) / m = ks_{bl}/m \quad (7.2)$$

Kaiser eşitlikteki k degerinin 3 alınabileceğini ileri sürmüştür. Ayrıca tanık ölçümlerinden elde edilen sonuçların normal dağılım göstermeyeceğini ve  $k=3$  alınması halinde birçok durumda tayin için güven seviyesinin % 95 olacağına işaret etmiştir. Aynı araştırmacı daha büyük k değerlerinin veya daha büyük güven

seviyesinin kullanılması halinde kazancın büyük olmayacağını savunmuştur. Gözlenebilme sınırı ile ilgili olarak Long ve Winefordner de k'nın 3 alınmasını önermişlerdir (Skoog ve arkadaşları, 1998, s. 13).

### **7.7.2 Tayin Sınırı (LOQ)**

Gözlenebilme sınırından başka son yıllarda önem kazanan diğer bir terim de tayin sınırıdır. Doğal olarak gözlenebilme sınırı yakınlarında tayin yapılamaz. Tayin sınırı, tanık çözelti için ölçülen absorban değerinin standart sapmasının yaklaşık 10 katına karşılık gelen derişim veya kütlesine karşılık gelir (Baytak, 2003).



## 8. KULLANILAN İSTATİSTİK YÖNTEMLER

### 8.1 t-Testi

t sınama istatistiği tekniği ana kütlede çekilen örnek kütle hacmi yeterli büyüklükte olmadığına ( $n < 30$ ) veya ana kütle dağılımının normal olduğuna dair kuşku duyulduğunda uygulanan sınama istatistik tekniğidir. Küçük örnekleri sınama tekniği olarak adlandırılır (Tekin, 2009, 58).

Yalnızca ilişkinin olup olmadığı söylenebilir, miktardan söz edilemez.

t-testi örnek boyutunun küçük olduğu ve evrene ait standart sapmaların bilinemediği durumlarda t dağılımından faydalanarak;

- İncelenen bir değişken açısından bir gruba ait ortalama değerinin önceden belirlenen (öngörülen) değerden farklı olup olmadığının
- İncelenen bir değişken açısından bağımsız iki grup arasında anlamlı farkın olup olmadığının veya
- İncelenen bir değişken açısından herhangi bir grubun farklı şartlar altındaki tepkileri arasında anlamlı farklılığın olup olmadığının incelenmesine yönelik hipotezleri test etmeye çalışan bir analiz yöntemidir (Altunışık, 2010,180-181)

3 farklı t-testi vardır:

- Tek örneklem (Grup) için t-testi (One – Sample t-test)
- Bağımsız Örneklem için t-testi (Independent Samples t-test)
- Veri çiftleri analizleri t –testi (Paired Samples t-test)

### 8.1.1 Tek örneklem İçin t-Testi

Bu test, tek grubun örneklemin belirli bir değişkene ilişkin ölçülen ortalaması ile aynı değişkene ilişkin öngörülen ya da daha önce hesaplanan, bilinen bir ortalama arasında belirli bir güven düzeyinde (%95, %99 gibi ) anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için kullanılır (Ural, 2006,197).

Aşağıda verilen eşitlikte  $\mu$  doğru değer,  $\bar{x}$  ortalama değer,  $s$  standart sapma ve  $N$  tekrar sayısı değerleri yerleştirilerek  $t_{deneyse}$  değeri hesaplanır. Bulunan  $t_{deneyse}$  değeri belirli bir güven seviyesi için çizelgeden bulunan  $t_{kritik}$  değeri ile karşılaştırılır.  $t_{deneyse}$  değeri,  $t_{kritik}$  değerden küçük ise yöntemde sistematik hata yoktur.  $t_{deneyse}$  değeri,  $t_{kritik}$  değerden büyük ise yöntemde sistematik hata vardır (Skoog ve ark., 2004).

$$t_{deneyse} = \frac{|\bar{x} - \mu|\sqrt{N}}{s} \quad (8.1)$$

### 8.1.2 Bağımsız Örneklem İçin t-Testi

Birbirinden bağımsız 2 grubun veya örneklemin bağımlı bir değişkene göre ortalamalarının karşılaştırılarak ortalamalar arasındaki farkın belirli bir güven düzeyinde (%95, %99 gibi ) anlamlı olup olmadığını test etmek için kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Bu test ile bağımsız iki gruba test uygulandıktan sonra iki grubun teste ilişkin ortalamaları arasındaki farkın önemli olup olmadığı belirlenir. (Ural, 2006,200).

Her iki grubun standart sapma değerleri ( $s_1$  ve  $s_2$ ) ve her iki grup için yapılan tekrar deney sayıları olan  $N_1$  ve  $N_2$  değerleri aşağıda verilen formüle yerleştirilerek  $s_{birlesik}$  değeri hesaplanır.

$$s_{birlesik} = \sqrt{\frac{(N_1 - 1) \cdot s_1^2 + (N_2 - 1) \cdot s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \quad (8.2)$$

Hesaplanan  $s_{\text{birlesik}}$  değeri ve her iki grup için bulunan deneysel ortalama değerler  $\bar{X}_1$  ve  $\bar{X}_2$  ve tekrar deney sayıları olan  $N_1$  ve  $N_2$  değerleri aşağıdaki formüle yerleştirilerek  $t_{\text{deneysel}}$  değeri hesaplanır.

$$t_{\text{deneysel}} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{s_{\text{birlesik}} \sqrt{\frac{N_1 + N_2}{N_1 \cdot N_2}}} \quad (8.3)$$

Hesaplanan  $t_{\text{deneysel}}$  değeri, istenilen belirli bir güven seviyesi için  $t_{\text{kritik}}$  değeri ile karşılaştırılır. Bağımsız örneklem t testi için kritik değer bulunmasında serbestlik derecesi  $N_1 + N_2 - 2$ 'dir.  $t_{\text{deneysel}}$  değeri, kritik t değerinden küçükse iki yöntemle elde edilen ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur.  $t_{\text{deneysel}}$  değeri, kritik t değerinden büyükse iki yöntemle elde edilen ortalamalar arasında anlamlı bir fark vardır (Skoog ve ark., 2004).

### 8.1.3 Veri Çiftleri Analizleri

Eğer karşılaştırılacak iki yöntem farklı örneklere uygulanacaksa bu durumda veri çiftleri analizleri kullanılır. Bu durumda her bir numunenin farklı olmasından kaynaklanan bir değişkenlik olabilir. Bu amaçla her iki yöntem bu numunelere uygulanır ve farklar üzerinde istatistik analiz yapılır (Skoog vd., 2004).

Buna göre  $t_{\text{deneysel}}$ ;

$$t_{\text{deneysel}} = \frac{\bar{d}\sqrt{N}}{s_d} \quad (8.4)$$

formülü ile verilir. Bu formülde;

$\bar{d}$  , Her bir örnek için bulunan ortalamaların farklarının ortalamasını,

$s_d$  , Her bir örnek için bulunan ortalamaların farklarının standart sapmasını

$N$ , alınan farkların sayısı, yani örnek sayısını göstermektedir.

Hesaplanan  $t_{\text{deneysel}}$  değeri, istenilen belirli bir güven seviyesi için  $t_{\text{kritik}}$  değeri ile karşılaştırılır. Veri çiftleri analizleri t testi için kritik değerin bulunmasında serbestlik derecesi  $N-1$ 'dir.  $t_{\text{deneysel}}$  değeri, kritik t değerinden küçükse iki yöntemle elde edilen ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur.  $t_{\text{deneysel}}$  değeri, kritik t değerinden büyükse iki yöntemle elde edilen ortalamalar arasında anlamlı bir fark vardır (Skoog ve ark., 2004).





## 9. LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Deniz sularında, sedimentlerde, farklı balık, midye gibi deniz canlılarındaki toplam metal konsantrasyonlarının belirlenmesi özellikle denizlerdeki çevre kirliliğinin etkilerini gösteren çalışmalardır.

Ülkemizde yaygın tüketilen çeşitli balıklardaki toplam ağır metal içeriklerinin belirlenmesi üzerine bazı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin İskenderun körfezinde 3 adet ticari öneme sahip olan balık türündeki toplam ağır metal içerikleri belirlenmiştir (Türkmen ve ark. 2005). Karadeniz bölgesinde yaygın olarak tüketilen bazı balıklardaki toplam ağır metal ve bazı radyoaktif elementlerin konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır (Korkmaz Görür ve ark. 2012). Canlı ve arkadaşları ise ağır metal konsantrasyonları ile balıkların boyutları arasında bir ilişkinin olup olmadığı ile ilgili araştırma yapmışlar ve bu araştırmanın sonucunda birçok metal için balık boyutunun artmasıyla biriken ağır metal miktarları arasında negatif bir anlamlı farkın olduğunu bulmuşlardır (Canlı ve ark. 2003). Bu çalışmalar gibi balık türlerindeki toplam ağır metal miktarlarının belirlenmesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Dural ve ark. 2007; Tüzen, 2003; Dalman ve ark. 2006).

Tekirdağ İli Marmara Denizi açıklarında ve İzmit Körfezi'nde avlanılan istavrit balıklarındaki ağır metal (civa, kurşun, kadmiyum) birikimi ve bu birikime çeşitli pişirme yöntemlerinin (ızgara, buğulama, derin yağda kızartma) etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, çeşitli yöntemlerle pişirilen istavrit balıklarında en yüksek birikim, buğulama yöntemiyle elde edilmiştir. Bunu ızgara yöntemi ve derin yağda kızartma yönteminin takip ettiği saptanmıştır. Tekirdağ ili Marmara Denizi açıklarında avlanılan çığ istavrit balıklarındaki civa ve kurşun miktarlarının genel ortalaması (yaş ağırlık üzerinden) sırasıyla 0.029 ppm, 0.038 ppm olarak bulunmuştur. Bu bölgede kadmiyum ağır metali tespit edilememiştir. İzmit Körfezi'nde avlanılan çığ istavrit balıklarındaki civa, kurşun ve kadmiyum miktarlarının genel ortalaması yaş ağırlık üzerinden sırasıyla 0.316 ppm, 0.270 ppm, 0.061 ppm olarak tespit edilmiştir. Pişirme yöntemlerinin balıklardaki ağır metal miktarını değiştirdiğini saptamıştır (Güney, 1996).

Atta ve arkadaşları, 1997, yaptıkları çalışmada *Tilapia nilotica*'daki kadmiyum, bakır, kurşun ve çinko derişimlerine pişirmenin etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak kadmiyum, bakır, kurşun ve çinko düzeylerine pişirmenin etkisinin olduğunu, fırında pişirmenin, balık parçalarındaki ağır metal içeriğine, buharla pişirmeden daha yüksek bir etkisi olduğunu ve pişirme esnasında ağır metal kaybının gerçekleştiğini tespit etmişlerdir (Atta ve arkadaşları, 1997).

Sakarya nehri, Çark deresi, Sapanca gölü ve Batı Karadeniz'de 17 farklı balık türünde Mikro dalga (MW) bozundurma işleminden sonra ICP-OES kullanılarak, Al, B, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Sr ve Zn olmak üzere, eser element ve temel elementlerin bazılarının seviyeleri belirlenmiştir. Balık örneklerinin bozundurulmasında yağ yakma ve mikrodalga bozundurma metotlarının etkisi de incelenmiştir. Bozundurma yöntemleri DORM-3 referans maddesi analiz ederek doğrulanmıştır. Eser elementlerin konsantrasyonlarını Al: 6.5–48.5, B: 0.06–3.30, Ba: 0.09–2.92, Cr: 0.02–1.64, Cu: 0.13–2.28, Fe: 7.28–39.9, Mn: 0.08–11.4, Ni: 0.01–26.1, Sr: 0.17–13.5 ve Zn: 11.5–52.9  $\mu\text{g g}^{-1}$  olarak bulmuşlardır. Elde edilen sonuçlar, literatürde yayınlanan diğer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Sakarya bölgesi sularından toplanan çeşitli balık türlerinin eser element seviyelerinin, Türk gıda kodeksi (TFC), gıda ve tarım örgütü (FAO) tarafından verilen sınır değerlerin altında bulmuşlardır (Küpeli ve arkadaşları, 2014).

Yapılan diğer bir çalışmada Marmara Denizi'nden alınan *Merluccius merluccius* türünün kas dokusunda biriken Pb, Cd, As ve Hg içerikleri belirlenmiştir. Toksik metal seviyelerini  $\text{Pb} > \text{Cd} > \text{As} > \text{Hg}$  olarak sıralanmıştır. Cd değeri tüketilebilir üst sınırların üstünde bulunurken, As ve Hg'nin bu değerlerin altında olduğu rapor edilmiştir (Aksu ve arkadaşları, 2011).

Karadeniz'de ticari balıklardan *Mullus barbatus*, *Merlangius merlangus*, *Trachurus trachurus* ve *Engraulis encrasicolus* türlerinde 7 farklı metalin derişimleri belirlenmiştir. Ayrıca balıkların karaciğer dokusunda metal birikiminin kas dokusuna nazaran daha yüksek seviyede olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada balıkların tüketilmeden önce karaciğer dokusunun fazla bulaştırılmadan çıkarılması ve iyice yıkanması tavsiye edilmiştir (Bat ve arkadaşları, 1996).

İskenderun Körfezi'nden yakalanan Mugil cephalus ve Trachurus trachurus türlerinde biriken çeşitli ağır metallerin (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb, Zn) seviyeleri belirlenmiştir. Bu iki türde metal birikiminin yüksek olduğu ve hatta bazı metal miktarlarının insan tüketimi için uygun olmadığı ortaya koyulmuştur. Bu sonuçların gelecek için önemli bir uyarı olduğu ve önlem alınması gerektiği rapor edilmiştir (Yılmaz, 2003).

İskenderun Körfezi'nde ki çeşitli ticari balık türlerinde (Saurida undosquamis, Sparus aurata ve Mullus barbatus) biriken Al, Cr, Cu, Mn, Co, Ni, Cd, Pb, Zn ve Fe seviyeleri araştırılmıştır. Bu körfezdeki metal seviyelerinin daha önceki çalışmalarla benzer sonuçlar gösterdiği ve tüketilebilir sınırların altında olduğu rapor edilmiştir (Türkmen ve arkadaşları, 2005).

Akdeniz'in kuzeydoğusunda Mugil cephalus ve Mullus barbatus türlerindeki kas, solungaç ve karaciğer dokularında biriken Cd, Cu, Pb, Fe ve Zn içerikleri araştırılmıştır. Dokularda biriken metal seviyelerinin Fe>Zn>Cu>Pb>Cd olduğunu, ayrıca her iki balık türünün kas dokusunda biriken metal miktarlarının insan tüketimi için önerilen üst sınırının altında olduğu tespit edilmiştir (Çoğun ve arkadaşları, 2006).

İskenderun Körfezi'nde Trigla lucerna, Lophius budegassa ve Solea lascaris türlerinin kas, deri ve karaciğer dokularındaki Na, Ca, K, Ba, Al, Mg, Li, Fe, Cu, Zn, Mn, Sr, Cr, Cd, Co, Pb, Ni ve As birikimleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kas dokusunda biriken As ve Na miktarlarının deri ve karaciğerde 10 kat daha yüksek olduğu, geri kalan iz elementlerde ise deri > karaciğer > kas sıralaması elde edilmiştir. Bu elementlerin, balıkların kas dokusunda biriken metal seviyeleri legal sınırların altında olmasına karşın, evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklara bağlı olarak gelecekte ciddi problemlerin olabileceği işaret edilmiştir (Yılmaz ve arkadaşları, 2010).

Akdeniz'deki bölge balıkçılarından elde ettikleri 6 balık türündeki (Sparus auratus, Atherina hepsetus, Mugil cephalus, Chelidonichthys cuculus, Sardina pilchardus ve Scomberesox saurus) Cd, Cr, Cu, Fe, Pb ve Zn derişimleri incelenmiştir. Ayrıca bu çalışmada, balıklarda biriken iz elementlerin yalnızca sudaki

ağır metal seviyesine bağlı olmadığı, buna ek olarak sudaki tuzluluk, pH, sıcaklık gibi çevresel faktörlerin de rol oynayabileceği belirtilmiştir (Canlı ve Atlı, 2003),.

Marmara Denizi'nde yaptıkları çalışmada *Merlangius merlangus*, *Liza aurata*, *Macna smaris*, *Mullus barbatus*, *Elliptio buckleyi*, *Merluccius merluccius*, *Engraulis encrasicolus*, *Dipladus vulgaris*, *Pagellus erythrinus*, *Solea solea*, *Pomatomus saltatrix*, *Sardina pilchardus*, *Scomber scombrus*, *Sarda sarda* ve *Atherina boyeri* türlerindeki Hg, Pb, Cu ve Cd seviyeleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Marmara Denizi'ne nehirlerle veya direkt deşarjlarla pek çok endüstriyel, tarımsal ve evsel atığın boşaldığı ve ayrıca dip balıklarının kirlilik izleme çalışmaları için önemli olduğu, ancak dünyada yapılan çalışmaların yetersiz olduğuna dikkat çekilmiştir (Keskin ve arkadaşları, 2007).

İskenderun'nun Tuzla Lagünü'nden elde edilen *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Mugil cephalus* türlerindeki kas, karaciğer, solungaç ve gonad dokularındaki Cd, Pb, Cu, Zn ve Fe içerikleri belirlenmiştir. Zn, Cd ve Pb seviyelerinin insan tüketimi için belirlenen sınırların üzerinde olduğu ve kas dokusunda biriken metal miktarının diğer dokulara nazaran daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Dural ve arkadaşları, 2007).

Karadeniz'de *Psetta maxima*, *Scomber scombrus*, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus*, *Mugil cephalus*, *Pomatomus saltatrix*, *Sarda sarda*, *Trachurus trachurus*, *Engraulis encrasicolus* ve *Sprattus sprattus* türlerinde biriken Hg, As, Pb, Cd, Fe, Cu, Mn, Zn, Se, Cr ve Ni derişimleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda özellikle Cd seviyesinin oldukça yüksek olduğu ve bu balıkların tüketilmesinin Cd açısından zararlı olabileceği bildirilmiştir (Tüzen, 2009).

İstanbul bölge marketlerinden alınan *Solea solea*, *Mullus surmuletus* ve *Merlangius merlangus* türlerinde biriken Hg, Se, Cd, Pb, Cu, Zn, Al, Fe, As, Co, Mn, Ni, Sn, Cr, Na, K, Mg, Ca, P ve I içerikleri belirlenmiştir. Civa seviyelerinin tüm balık türlerinde yasal seviyelerin üstünde, kurşun ve kadmiyumun ise *Mullus surmuletus* türünde yüksek olduğu belirtilmiştir. İz minerallerinin toplum sağlığını tehdit ettiği ve insanlarda pek çok kronik hastalığa neden olabileceği rapor edilmiştir (Özden ve arkadaşları, 2010).

Karadeniz’de *Sarda sarda*, *Mullus barbatus*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus* türlerinin kas dokularında biriken Fe, Zn, Pb, Cr, Mn, Cu, Cd ve Co seviyeleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Pb ve Cd içeriklerinin tüketilebilir üst sınırların üzerinde olduğunu göstermiştir (Mendil ve arkadaşları, 2010).

Yunanistan’da yapılan bir çalışmada doğal levrek balıkları ile denizel kafeste yetiştirilen levrek balıklarının kas dokularındaki iz mineral (Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Pb, Al, Ti, Ni, Mo, V, Cd, Ag, Cr) içerikleri X-ray floresans tarama dedektörlü alevli atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanarak araştırılmıştır. Kültür balığında Mn, Cu, Zn, Ni ve Cr iz minerallerinin daha fazla miktarda olduğu bulunmuştur (Alasalvar ve arkadaşları, 2002).

Haziran-Temmuz 2005’de ağ kafeslerde yetiştirilen çipura ve levrek balıklarının mineral (Na, K, Ca, P, Mg, Fe, I, Mn, Zn, Se) içerikleri çalışılmıştır. İz minerallerden Fe, Zn, I ve Mn açısından çipura ve levrek arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir (Erkan ve Özden, 2007).

Doğal ve kültür çipura ve levrek balıklarının filetoalarının mineral kompozisyonu (Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Co, Ni, Cr, Cd) araştırılmıştır. Doğal levrek balıklarının filetoalarında Fe, Zn, Mn, Cr ve Ni konsantrasyonlarını kültür levreklerine göre önemli derecede düşük bulunmuştur. Doğal çipura balıklarının filetoalarında da Co, Cr, Pb ve Ni konsantrasyonları kültür çipuralarına göre önemli derecede düşük olduğu belirtilmektedir. Farklılığın muhtemelen beslenmeden kaynaklandığı ifade edilmektedir (Yildiz, 2008).

Tunus’ta yapılan bir çalışmada doğal levrek balığı ile denizel kafeste yetiştirilen levrek balıklarının kas ve karaciğer dokularında K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn minerallerinin konsantrasyonlarını alevli atomik absorpsiyon spektrometresiyle belirlenmiştir. Mn ve Zn minerallerinin kas dokudaki konsantrasyonlarının kültür levreklerinde doğal ortamda yetiştirilenlere göre 4 kat daha fazla olduğu, bakır konsantrasyonunun ise daha az olduğu bulunmuştur (Bhourri ve arkadaşları , 2010).

İspanya ve Yunanistan’da denizel kafes sistemlerinde kültüre alınan levrek balıkları ile doğal levrek balıklarının mineral (Na, Mg, Ca, K., P, Fe, Cu, Mn, Zn)

içerikleri karşılaştırılmıştır. P hariç diğer minerallerin analizleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile P analizi ise UV-VIS spektrofotometresiyle yapılmıştır. Yunanistan kültür levreği, İspanya kültür levreği ve doğal levrek balıklarındaki iz mineral konsantrasyonları sırasıyla 1.10, 1.73, 1.64 mg kg<sup>-1</sup> Fe, 0.29, 0.27, 0.24 mg kg<sup>-1</sup> Cu, 0.08, 0.06, 0.05 mg kg<sup>-1</sup> Mn ve 2.34, 1.68, 1.64 mg kg<sup>-1</sup> Zn olup farklılıkların istatistiksel olarak anlam taşımadığı belirtilmiştir (Fuentes ve arkadaşları, 2010).

İtalya'da denizel kafeslerde yetiştirilen çipura balıkları (n=26) ile doğal ortamdan yakalanan çipura balıklarının (n=5) iz element miktarları karşılaştırılmıştır. Çalışmada iz element konsantrasyonları ICP-AES ile ölçülmüştür. Elde ettikleri verilere göre kültür çipurası ile doğal çipuranın iz mineral konsantrasyonları sırasıyla kuru ağırlık olarak 1.3, 1.6 mg kg<sup>-1</sup> Cu, 10.3, 14.4 mg kg<sup>-1</sup> Fe, 0.5, 0.5 mg kg<sup>-1</sup> Mn, 15.9, 18.2 mg kg<sup>-1</sup> Zn olarak bulunmuştur. Cr, Mo ve V konsantrasyonları her iki grupta da tespit limitlerinin altında olduğu gözlenmiştir (Minganti ve arkadaşları, 2010).

Çeşitli gıda ürünlerinin yenmesiyle vücuda geçebilen metal konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine çeşitli in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmiştir (Ruby ve ark. 1996; Williams ve ark. 1998; Rodriguez ve ark. 1999; Basta ve ark. 2001; Oomen ve ark. 2003; Sarkar ve Datta, 2003; Sarkar ve ark. 2006). Literatürde verilen gastrointestinal ekstraksiyon yöntemlerinin uygulaması sebze, meyve, toprak, sediment, midye ve balık örneklerinde yapılmıştır. Örneğin farklı pişirme tekniklerinin ağır metallerin biyoerişilebilirliği üzerinde etkisi olup olmadığı: balık ve yengeçlerde Hg, Cd ve As elementleri için (Maulvault ve ark. 2011), iki tür deniz balığında As, Cd, Cu, Fe, Se, and Zn elementleri için (He ve ark. 2010) ve İspanya'da diğer balıkları yiyerek beslenen balıklarda Hg elementi için (Escribano ve ark. 2011) çalışılmıştır. Balık örneklerindeki civa ve selenyumun farklı türlerinin biyoerişilebilirliği yine balıklarda in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Cabanero ve ark. 2004).

Tezin ilk aşamasında uluslararası literatürdeki bu çalışmalardan farklı olarak amacımız Marmara denizi'nden yakalanan ve halkımız tarafından yaygın olarak tüketilen balıklarda ayrıntılı birçok etki düşünülerek biyoerişilebilirlik çalışmaları

yapmak ve ağır metal kirliliğinin halkımıza olabilecek etkilerini göstermektir. Ayrıca balıklardaki yağ miktarı ile ağır metallerin biyoerişilebilirlikleri arasında ilişki olup olmadığı ulusal ve uluslararası literatürde hiç çalışılmamıştır. Balıklardaki yağ miktarı değişeceğinden mevsim değişimine bağlı olarak balıkların yağlı ve yağsız olduğu zamanlarında metallerin biyoerişilebilirlikleri arasındaki farklılık olup olmadığı literatürde hiç çalışılmamıştır. Literatürdeki bu konudaki tek çalışma Pineiro ve arkadaşlarının yapmış oldukları çeşitli deniz ürünlerindeki arsenik ve türlerinin biyoyararlılıklarının belirlenmesi çalışmasında bu deniz ürünlerindeki yağ miktarları belirlenmiştir (Moreda–Piñeiro ve ark, 2012). Fakat Pineiro'nun çalışmasında kullanılan balıklar yağlı ve yağsız oldukları dönemlerde ayrı ayrı alınmamıştır, rastgele alınan balık örneğinde yağ miktarı belirlenmiştir. O nedenle her bir balık türü için yağ miktarının biyoyararlılık üzerine olabilecek etkisini tam olarak göstermekten uzaktır. Ayrıca literatürde yapılan bu çalışmada yalnızca Arsenik ve türleri değerlendirilmiş diğer zehirli etki gösteren elementler incelenmemiştir.

Bu nedenle bu tez kapsamında yapılan çalışmalar, hem çevre hem de sağlık açısından yenilikler içermektedir.

## 10. ÇALIŞMANIN AMACI

Evrensel bir sorun olan çevre kirliliğinin, insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkisine dikkat çekmek amacı ile bu çalışma yapılmıştır.

Balıklarda ağır metal düzeylerinin belirlenmesi ile ilgili çalışmaların yapılması, halkın bu konuda bilgilendirilmesi açısından kaçınılmazdır. Bu nedenle balıklardaki metal düzeylerinin belirlenmesi ve biyoerişilebilirliklerinin saptanması ile ilgili çalışmalar, bu besinlerin faydaları ve aşırı tüketiminde oluşabilecek zararlarının anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Çalışmada, halkımız tarafından yaygın olarak kullanılan balıkların yenmesi ile ağır metallerin ne kadarının mide ve bağırsak sindirimi yolu ile birikme potansiyelinin olabileceği, model mide ve bağırsak ortamı hazırlanarak (in-vitro gastrointestinal metot) laboratuvar ortamında belirlenmesi amaçlanmıştır.

Ayrıca; balıkların pişirilmesinin, metallerin biyoerişilebilirlik seviyelerinde bir etki yapıp yapmadığı ve hangi ağır metallerin, balıkların yenmesi durumunda daha biyoerişilebilir olduğu, mevsim değişimine bağlı olarak balıklardaki yağ miktarı ile metallerin biyoerişilebilirlikleri arasındaki ilişki olup olmadığının araştırılması amaçlanmıştır.

Balık örneklerindeki ağır metal içerikleri, dünyadaki değişik araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Fakat balıklardaki yağ miktarı ile ağır metallerin biyoerişilebilirlikleri arasında ilişki olup olmadığı ulusal ve uluslararası literatürde hiç çalışılmamıştır. Ayrıca; mevsime bağlı olarak balıkların yağ oranının değişmesi nedeniyle yağlı ve yağsız olduğu zamanlarında metallerin biyoerişilebilirliklerinde farklılık olup olmadığının araştırılması da ulusal ve uluslararası literatürde hiç çalışılmamıştır. Marmara denizinde yapılan çalışmalarda da böyle bir konuya rastlanmamıştır.



## 11. MATERYAL VE YÖNTEM

### 11.1 Kullanılan Kimyasal Maddeler

Çalışmada analitik saflıkta kimyasal maddeler kullanıldı. Standart çözeltilerin hazırlanmasında QC-26 CPI International Peak Performance Certified Reference Materials çoklu element standart referans çözeltisi kullanıldı.

Bu çalışma için kullanılan; nitrik asit, sodyum malat, sodyum bikarbonat pepsin ve pankreatin Sigma Aldrich`den, asetik asit Riedel de Haen`den, hidroklorik asit Merck`den, sodyum sitrat ve laktik asit Analar Chemicals Ltd.`den ve safra (bile) ise Fluka`dan sağlandı. Standart referans balık örneği olan TORT-2 National Research Council of Canada (NRC - CNRC) den temin edildi.

### 11.2 Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanışı

#### 11.2.1 Çoklu Element Stok Çözeltisi

1000 mg L<sup>-1</sup>'lik QC-26 CPI çoklu element standart referans çözeltisi (Al, As, B, Ba, Be, Se, Sb, Na, Mg, Ca, Ti, V, Cr, Fe, Mn, Ni, Co, Cu, Zn, Mo, Ag, Cd, Pb, Tl (100 mg L<sup>-1</sup>), K (1000 mg L<sup>-1</sup>), Si (50 mg L<sup>-1</sup>)) kullanarak 100 mg L<sup>-1</sup>'lik ara stok standart referans çözeltisi hazırlandı.

#### 11.2.2 Standart Çözeltiler

Çoklu element karışımı olan stok standart çözeltilerden (100 mg L<sup>-1</sup>), derişimi 10 mg L<sup>-1</sup> olan ara stok çözeltisi hazırlandı. Bu çözeltilerden;

0 (kör), 50 µg L<sup>-1</sup>, 100 µg L<sup>-1</sup>, 250 µg L<sup>-1</sup>, 500 µg L<sup>-1</sup>'lik bir seri standart çözelti hazırlandı.

Toplam element konsantrasyonları ve gastrik fazdaki element konsantrasyonlarının belirlenmesi amacı ile hazırlanan standartlara, iç standart olarak  $1000 \mu\text{g L}^{-1}$  lik In+Ir çözeltisinden son hacimde  $100 \mu\text{g L}^{-1}$  derişimini verecek şekilde eklendi. Bağırsak fazındaki element konsantrasyonlarının belirlenmesi amacı ile hazırlanan standartlara, iç standart olarak  $1000 \mu\text{g L}^{-1}$  lik Cs çözeltisinden son hacimde  $100 \mu\text{g L}^{-1}$  derişimini verecek şekilde eklendi. Çözeltilerin hacimleri %10'luk nitrik asit çözeltisi ile tamamlandı.

### **11.2.3 In-Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yönteminde Kullanılan Çözeltiler**

#### **11.2.3.1 %2'lik $\text{HNO}_3$ ( Nitrik asit)**

250 mL'lik bir balon jojeye bir miktar saf su konulduktan sonra yoğunluğu  $1,4 \text{ g mL}^{-1}$  olan % 65'lik  $\text{HNO}_3$ 'den 7,7 mL alınarak balon joje hacmine saf su ile tamamlandı.

#### **11.2.3.2 Doymun $\text{NaHCO}_3$ Çözeltisi**

250 mL'lik bir behere bir miktar saf su alındı, içine çözebileceği kadar  $\text{NaHCO}_3$  eklenerek çözelti hazırlandı.

#### **11.2.3.3 Gastrik (Mide Özsuyu) Çözeltisi, pH=1,8**

1,25 g pepsin, 0,50 g sodyum sitrat, 0,50 g sodyum malat, 420  $\mu\text{L}$  laktik asit, 500  $\mu\text{L}$  asetik asit yaklaşık 950 mL saf suda çözüldü. Derişik HCl ile pH 1,8'e ayarlanarak 1L'lik balon joje içine alındı ve balon joje hacmine tamamlandı.

### 11.2.3.4 İntestinal (Bağırsak) Çözeltisi

Hazırlanan gastrik çözeltisinin pH'ı doygun sodyum bikarbonat ile 7,0'ye ayarlandı. Üzerine safra ve pankreatin reaktifleri (40 mL için miktar 0,0875 g safra, 0,0250 g pankreatin) eklendi.

### 11.3 Kullanılan Alet ve Cihazlar

Bu çalışmada aşağıda isimlendirilen alet ve cihazlardan yararlanıldı.

Buzdolabı	Vestel s4250B
Çalkalayıcı etüv	Daihan Scientific
Bozundurma sistemi	CEM-MARS 5 (bkz. Tablo 11.1)
Santrifüj	Hettich
Otomatik mikropipetler	Brand
pH-metre	Hanna instruments HI 4522
Evaporatör	Heidolph WB 2001,VV 2011(50-55 °C)
Mantolu ısıtıcı	TEST T6500N 6 Gözlu Balon Isıtıcı 500 mL
Hassas terazi	Kern Als
ICP-MS	Thermo Scientific X Series 2

Mikrodalga bozundurma cihazında kullanılan operasyon koşulları Tablo 11.1' de verildi.

**Tablo 11.1:** Mikrodalga bozundurma cihazı kullanım şartları.

Güç (watt)	600
Basınç (PSI )	100
Sıcaklık (°C)	200
Sıcaklığa Çıkış Süresi (dk)	20
Kalma Süresi (dk)	10

Analiz için elde edilen çözeltilerdeki element iyonlarının tayini için kullanılan ICP-MS aletinin operasyon koşulları Tablo 11.2' de verildi.

**Tablo 11.2:** ICP-MS' de ölçümlerde kullanılan operasyon koşulları.

Güç (W)	1400
Gaz akış hızları	
Soğutucu gaz ( Argon ) ( Ldk <sup>-1</sup> )	13
Yardımcı gaz ( Argon ) ( Ldk <sup>-1</sup> )	0,75
Atomlaştırıcı gaz (Nebuliser) (Argon ) ( Ldk <sup>-1</sup> )	0,74
Kalma zamanı (ms)	10
Püskürtme odası tipi	Sturman-Masters
Atomlaştırıcı tipi	V-Groove
Elementler ve kütleleri	<sup>47</sup> Ti, <sup>55</sup> Mn, <sup>56</sup> Fe, <sup>59</sup> Co, <sup>60</sup> Ni, <sup>65</sup> Cu, <sup>75</sup> As, <sup>77</sup> Se

## 11.4 Balık Örneklerinin Analize Hazırlanması

### 11.4.1 Balık Örneklerinin Alınması

Çalışmada kullanılan balık örnekleri (çipura, hamsi, istavrit, levrek, sardalya ve mezigit), kirlilik yükü açısından araştırmaya değer düşündüğümüz Marmara denizinden, mevsime bağlı oluşabilecek yağ miktarının değişiminin element derişimleri üzerine etkisinin incelenmesi için yağlı ve yağsız oldukları aylardan olan Eylül ve Mart aylarında (bkz.Tablo 2.1) olmak üzere 2 (iki) kez alındı.

Marmara denizi, Saroz körfezinde avlanan aynı balıkçıdan Eylül ve Mart aylarında hamsi, istavrit, sardalya ve mezigit gibi küçük balık örneklerinden birer kilo, çipura ve levrek gibi büyük balıklardan beşer adet satın alınarak örnekler analize hazırlandı.

### **11.4.2 Parçalama**

Balık örneklerinin yenebilen et kısımları, blenderin plastik kap içeren kısmına doldurularak parçalandı ve homojen bir karışım haline getirildi.

Parçalanarak, homojen hale getirilmiş balık örneklerinin bir kısmı fırın tepsisinde yağlı kağıt üzerine yayılarak 100 °C de pişirildi.

### **11.4.3 Saklama**

Çiğ ve pişmiş balık örnekleri, Laboratuvarda buzdolabının dondurucu kısmında polietilen kaplarda -22 °C'de dondurularak analiz yapılncaya kadar bekletildi. Analize başlarken buzdolabından alınan balık örnekleri, oda sıcaklığında bekletilerek buzları tamamen çözüldü ve kullanıldı.

## **11.5 Yöntem**

### **11.5.1 Yaş Yakma Yöntemi**

Balık örneklerindeki toplam element konsantrasyonlarının belirlenmesi için yaş yakma işlemi uygulandı. Balık örneklerinden üç paralel olmak üzere kılıçıkları temizlenmiş çiğ balıklardan yaklaşık 1'er gram alınarak 5:1 v/v karışımında % 65'lik nitrik asit ve %30'luk hidrojen peroksit çözeltisinden 8 mL eklendi ve kapalı sistem mikrodalga bozundurma cihazında yaş yakma işlemi uygulandı. Soğuduktan sonra 25 mL'lik balon joje içine aktarılarak %2'lik HNO<sub>3</sub> çözeltisi ile balon joje hacmine tamamlandı. Bozundurulan balık örnekleri, 30 mL'lik polietilen tüplere alınarak analiz için 4°C'de buzdolabında saklandı.

Yöntemin doğruluğunu belirlemek için TORT-2 standart referans maddesine üç paralel olarak aynı işlemler uygulandı.

Analiz öncesinde bu çözeltilere iç standart olarak 1000 µg L<sup>-1</sup> lik In+Ir çözeltisinden son hacimde 100 µg L<sup>-1</sup> derişimini verecek şekilde eklendi.

Örneklerdeki As, Co, Ni, Se, Cu, Fe, Mn, Ti sinyalleri ICP-MS ile ölçüldü ve konsantrasyonları Bölüm 11.2.2 de verilen şartlarda hazırlanan kalibrasyon eğrileri kullanılarak belirlendi.

### 11.5.2 In-Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi

Çalışmada kullanılan in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yönteminin genel akışı şu şekildedir;

#### 1. Adım : Model Mide Sindirimi

Balık örnekleri, homojen bir şekilde parçalanıp karıştırıldıktan sonra yaklaşık 12,5 g tartılarak ve üç paralel olarak örnek kaplarına alındı. Üzerine 40 mL pH'sı 1,8 olan gastrik (mide özsu) çözeltisinden eklendi.

Sıcaklığı 37 °C ve 100 rpm hızda ayarlanan çalkalayıcı inkübatörde 4 saat boyunca çalkalanarak 5 mL örnek içinden alındı ve 5000 rpm'de 15 dakika süreyle santrifuj edildi. Çözelti kısmı dekante edilerek veya gerektiğinde süzgeç kağıdından süzülerek 15 mL'lik polietilen tüplere alındı ve 4°C'de buzdolabında ağır element analizi için saklandı.

Örnek kabından analiz için alınan 5 mL örnek yerine, 5 mL gastrik çözeltisi eklendi.

#### 2. Adım: Model Bağırsak Sindirimi (2 saat)

Örnek kabındaki çözeltinin pH'ı doygun sodyum bikarbonat ile 7'ye ayarlandı. İçine 0,0875 g safra ve 0,0250 gram pankreatin eklenerek sıcaklığı 37 °C ve 100 rpm hızda ayarlanan çalkalayıcı inkübatörde 2 saat boyunca çalkalandı. 5 mL örnek alınarak 5000 rpm'de 15 dakika süreyle santrifuj edildi. Çözelti kısmı dekante edilerek veya gerektiğinde süzgeç kağıdından süzülerek 15 mL'lik polietilen tüplere alındı ve 4°C'de buzdolabında ağır element analizi için saklandı.

### 3. Adım: Model Bağırsak Sindirimi (4 saat)

2.adımda bağırsak sindiriminden geçen örnekler, 37 °C ve 100 rpm hızda ayarlanan çalkalayıcı inkübatörde 2 saat daha çalkalandı. Bu örneklerden 5 mL alındı ve 5000 rpm'de 15 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı dekante edilerek veya gerektiğinde süzgeç kağıdından süzülerek 15 mL'lik polietilen tüplere alındı ve 4 °C'de buzdolabında ağır element analizi için saklandı.

### 11.5.3 Soxhlet Ekstraksiyon Yöntemi

Balıklardaki toplam yağ miktarının belirlenmesi için kullanılan Soxhlet ekstraksiyon yönteminde; ekstraksiyon yapılacak boş bir 250 mL'lik cam balonu, sabit tartıma getirmek için 3 kez, 103 °C'ye ısıtılmış etüvde bir saat tutuldu. Desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutuldu ve kütlesi terazide ölçüldü.

Soxhlet ekstraksiyon düzeneği kullanarak yapılan yağ deneyinde; üç paralel çalışma yapmak üzere, önceden etüvde 45°C de 72 saat tutularak kurutulan balık örneği, 0,0001 g hassasiyetle yaklaşık 10 gram tartıldı. Selülozdan yapılmış ekstraksiyon kartuşuna doldurularak ekstraksiyon kolonunun içine yerleştirildi.

Cam balona, 150 mL petrol eteri çözücü olarak ilave edildi. 60 °C ye ayarlı mantolu ısıtıcıda buharlaşan çözgen, ekstraksiyon kolonundan geçerek geri soğutucuya ulaştı ve yoğunlaştı. Böylece çözgen, kartuş içindeki balık örneğinin yağını çözerek cam balona geri döndü. Bu işlem döngüsü 6 saat boyunca tekrarlanarak deney tamamlandı.

Balondaki çözücü, evaporatör cihazı kullanılarak uzaklaştırıldı. Cam balonu, içinde biriken yağ örneği ile birlikte sabit tartıma getirmek için 3 kez, 103 °C'ye ısıtılan etüvde bir saat tutuldu. Desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutuldu ve kütlesi terazide ölçüldü. Örneklerdeki yağ miktarları yüzde olarak aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplandı.

$$\%Yağ = [(M_2 - M_1) / m] \times 100$$

$M_1$  = Sabit tartıma getirilen balonun kütlesi (g)       $M_2$  = Sabit tartıma getirilen balonun kütlesi + yağ kütlesi (g)  
 $m$  = Alınan örneğin kütlesi (g)

## 12. BULGULAR

### 12.1 ICP-MS Cihazına Ait Tayin Sınırı Değerleri

ICP-MS cihazının tayin edilen elementler için gözlenebilme sınırları (LOD) ve tayin sınırları (LOQ) değerleri Bölüm 7.7.1 ve 7.7.2 e verilen yöntem kullanılarak belirlendi. Tablo 12.1 de bu değerler verildi.

**Tablo 12.1:** ICP-MS cihazına ait gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri.

Element	LOD ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	LOQ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )
Ti	0,8	2,6
Mn	0,05	0,8
Fe	1,0	3,3
Co	0,1	0,3
Ni	0,3	1,0
Cu	0,1	0,3
As	0,3	1,0
Se	1,0	3,3

### 12.2 Yaş Yakma Yöntemi ve In-vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi

Yaş Yakma Yöntemi için gözlenebilme sınırı (LOD) değerleri Tablo.12.1 de verilen her bir elemente ait gözlenebilme sınırı (LOD) değerleri son hacim miktarı olan 25 mL ile çarpılarak alınan örnek miktarı olan 1 g a bölünerek  $\mu\text{g kg}^{-1}$  olarak hesaplandı. Bu değerler 3,3 ile çarpılarak da LOQ değerleri  $\mu\text{g kg}^{-1}$  olarak bulundu. Sonuçlar Tablo 12.2 de verildi.



**Tablo 12.2:** Yaş yakma yöntemi ile toplam metal analizlerinin gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri.

Element	LOD ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	LOQ ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	20,0	66,0
Mn	1,25	4,1
Fe	25,0	82,5
Co	2,5	8,3
Ni	7,5	24,8
Cu	2,5	8,3
As	7,5	24,8
Se	25,0	82,5

In-vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yönteminde son hacim miktarı 40 mL ve her bir örnek 12,5 g alındığı için ICP-MS cihazına ait LOD ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) değerleri (bkz.Tablo.12.1), 40 ile çarpılarak 12,5 e bölündü ve gözlenebilme sınır (LOD)  $\mu\text{g kg}^{-1}$  olarak bulundu. Bu değerler 3,3 ile çarpılarak da LOQ değerleri  $\mu\text{g kg}^{-1}$  olarak hesaplandı. Sonuçlar Tablo 12.3 de verildi.

**Tablo 12.3:** In-vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi ile yapılan analizlerin gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri.

Element	LOD ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	LOQ ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	2,6	8,6
Mn	0,2	0,7
Fe	3,2	10,6
Co	0,3	1,0
Ni	1,0	3,3
Cu	0,3	1,0
As	1,0	3,3
Se	3,2	10,6

Balık örneklerindeki toplam element konsantrasyonunu belirlemek için Bölüm 11.5.1 de verilen yaş yakma işlemi kapalı sistem mikrodalga bozundurma cihazında yaş yakma işlemi uygulandı. Yöntemin doğruluğunu belirlemek için TORT-2 standart referans maddesine de aynı işlemler uygulandı.

Balıkların yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla sindirim sistemindeki sıvı içine geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Yöntemde mide ve bağırsak sindirimi adımlarında elde edilen çözeltilerdeki element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü.

### 12.2.1 Standart Referans Balık Örneği (TORT-2)

Uygulanan yöntemlerin doğruluğunu belirlemek için standart referans balık örneğine (TORT-2) yaş yakma yöntemi ve in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi uygulandı.

Referans balık örneğindeki yaş yakma yöntemi ile bulunan toplam element konsantrasyonları ile sertifikalı referans değerler Tablo 12.4’de verildi.

**Tablo 12.4:** Standart Referans Maddeye (TORT-2) ait referans değerler ile bulunan değerler ve % geri kazanımlar.

Element	Referans Değer ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bulunan Değer ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	% Geri Kazanım
Ti	---	6230,04±1595	---
Mn	13600 ± 1200	12003±1082	88
Fe	105000 ± 13000	106499±10645	101
Co	510 ± 90	501±50	98
Ni	2500 ± 190	2192±219	88
Cu	106000 ± 10000	81910±7416	<b>77</b>
As	21600 ± 1800	19340±2307	90
Se	5630 ± 670	5629±511	100

TORT-2 standard balık örneğinin titanyum elementine ait referans değeri verilmediği için (bkz. Tablo12.4) toplam yaş yakma çalışmasında titanyum için bulunan değer referans değer ile karşılaştırması yapılamadı.

Ayrıca sertifikalı standart referans örneğine İn-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen ekstraktlardaki elementlerin derişimleri Tablo 12.5’de verildi.

**Tablo 12.5:** Standart referans balık örneğinden mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

ELEMENT	TOPLAM ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	MİDE ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	BAĞIRSAK (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	BAĞIRSAK (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	6230,04±1594,46	1138,05±124,93	2470,41±91,56	2189,21±602,86
Mn	12002,64 ±1081,97	18658,09±355,47	11549,86±832,33	11070,56±70,97
Fe	106499,40±10644,69	35745,66±1974,96	79291,45±6671,90	70403,75±16497,70
Co	501,38 ±50,21	445,40±10,67	455,48±58,63	407,55±38,05
Ni	2191,87 ±219	2180,29±247,06	2055,78±445,30	2312,04±24,56
Cu	81910,17 ±7416,23	65726,34±10488,22	103133,70±9719,02	106493,47±22176,25
Zn	19340,13±2306,61	254150,21±9819,66	300180,99±45601,23	282853,04±58366,40
As	5628,52±511,09	42480,01±1160,88	22188,15±1686,20	20795,40±3977,00
Se	6230,04±1594,46	5046,94±873,23	7335,61±297,10	5774,07±1147,24

### 12.2.2 Çipura (*Sparus auratus*)

Eylül ayında avlanılan çiğ çipura örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çiğ çipuranın toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çiğ çipuranın yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak

fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.6’de verildi.

**Tablo 12.6:** Eylül ayında avlanılan çipura örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	325,34±2,50	185,36±11,56	289,32±51,13	408,32±97,46
Mn	158,24±64,96	46,31±19,97	10,42±0,83	4,93±0,34
Fe	4839,20±2,75	<LOD*	873,17±72,46	660,46±25,86
Co	26,45±1,56	3,14±0,33	2,16±0,26	2,79±0,27
Ni	44,82±1,38	1,29±0,01	<LOD*	8,11±1,20
Cu	381,70±120,03	23,30±12,85	125,02±0,88	242,00±1,12
As	611,26±23,89	625,62±22,77	311,09±39,82	380,46±9,19
Se	179,31±0,94	61,84±5,07	55,67±0,53	53,97±6,17

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Eylül ayında avlanılan pişmiş çipura örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş çipuranın toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş çipuranın yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.7’de verildi.

**Tablo 12.7:** Eylül ayında avlanılan çipura örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	325,34±2,50	154,29±17,70	188,39±20,52	263,93±19,50
Mn	158,24±64,96	41,98±6,26	18,71±6,72	14,13±0,62
Fe	4839,20±2,75	<LOD*	579,82±59,48	732,12±107,80
Co	26,45±1,56	1,54±1,18	1,58±0,39	1,61±0,77
Ni	44,82±1,38	2,14±0,08	<LOD*	<LOD*
Cu	381,70±120,03	17,88±3,88	43,54±3,55	66,49±4,23
As	611,26±23,89	ND*	579,09±2,24	649,75±0,66
Se	179,31±0,94	10,87±1,96	13,65±3,03	46,72±5,78

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

\*ND = Tayin edilmedi

Mart ayında avlanılan çiğ çipura örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çiğ çipuranın toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çiğ çipuranın yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.8’de verildi.

**Tablo 12.8:** Mart ayında avlanılan çipura örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	410,51±27,66	248,43±14,44	465,95±75,58	ND*
Mn	101,09±9,50	13,57±5,58	95,48±17,62	<LOD*
Fe	2856,04±159,22	<LOD*	2689,81±585,52	2770,55±387,71
Co	5,63±0,95	2,40±0,27	<LOD*	<LOD*
Ni	30,13±1,15	2,87±0,62	23,68±10,49	6,44±2,03
Cu	293,62±35,44	<LOD*	105,04±18,07	96,23±27,29
As	665,34±34,38	649,07±34,30	ND*	629,55±6,08
Se	156,19±6,13	54,06±64,96	41,21±0,09	24,14±3,18

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

\*ND = Tayin edilmedi

Mart ayında avlanılan pişmiş çipura örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş çipuranın toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş çipuranın yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.9’da verildi.

**Tablo 12.9:** Mart ayında avlanılan ipura örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	410,51±27,66	109,90±17,82	390,48±11,31	344,23±22,21
Mn	101,09±9,50	13,45±3,93	51,49±14,29	<LOD*
Fe	2856,04±159,22	<LOD*	1599,13±281,18	1487,76±65,06
Co	5,63±0,95	0,95±0,19	<LOD*	<LOD*
Ni	30,13±1,15	<LOD*	9,64±0,58	<LOD*
Cu	293,62±35,44	<LOD*	119,75±39,75	251,8±13,3
As	665,34±34,38	280,72±33,75	571,80±21,67	558,21±33,27
Se	156,19±6,13	7,25±5,63	32,49±0,13	<LOD*

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

### 12.2.3 Hamsi (*Engraulis encrasicolus*)

Eylül ayında avlanılan çiğ hamsi örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çiğ hamsinin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca iğ hamsinin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile lld. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.10'da verildi.

**Tablo 12.10:** Eylül ayında avlanılan hamsi örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	462,35±9,62	250,88±2,69	332,69±48,12	467,08±16,99
Mn	961,51±70,88	344,52±70,99	85,90±18,57	77,30±1,02
Fe	12510,55±387,99	987,62±4,34	2017,13±5,64	1662,41±73,33
Co	32,53±1,01	6,63±0,51	5,63±0,30	5,30±0,08
Ni	83,93±2,49	26,19±1,15	15,18±0,68	10,18±1,28
Cu	1131,07±72,15	219,70±57,10	521,18±29,37	608,18±53,90
As	6235,95±206,15	ND*	4357,96±353,88	4138,87±48,05
Se	366,58±4,29	119,81±7,21	130,76±10,54	135,34±6,32

\*ND = Tayin edilmedi

Eylül ayında avlanılan pişmiş hamsi örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş hamsinin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş hamsinin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.11’de verildi.



**Tablo 12.11:** Eylül ayında avlanılan hamsi örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	462,35±9,62	169,37±9,93	167,92±3,73	245,62±17,84
Mn	961,51±70,88	137,62±15,18	14,80±3,89	3,06±1,72
Fe	12510,55±387,99	88,70±15,37	117,08±20,27	251,71±88,94
Co	32,53±1,01	3,33±0,32	2,26±0,36	2,67±0,19
Ni	83,93±2,49	15,44±0,73	8,73±0,93	15,16±0,62
Cu	1131,07±72,15	161,16±1,84	172,56±5,55	233,79±21,99
As	6235,95±206,15	5338,44±556,64	2143,06±144,29	2749,06±198,55
Se	366,58±4,29	40,73±4,33	22,47±2,44	47,21±19,85

Mart ayında avlanılan çiğ hamsi örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çiğ hamsinin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çiğ hamsinin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.12’de verildi.

**Tablo 12.12:** Mart ayında avlanılan hamsi örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	346,51±27,01	181,14±34,55	319,02±61,77	334,65±66,34
Mn	359,47±81,80	226,42±43,19	85,58±14,35	28,59±22,84
Fe	4970,29±548,04	575,98±7,45	3624,96±142,85	2071,60±842,15
Co	6,04±0,79	1,83±0,34	0,57±0,42	<LOD*
Ni	28,76±1,26	4,60±0,05	ND*	12,38±0,92
Cu	1419,11±44,83	<LOD*	343,21±17,62	620,13±3,34
As	6152,92±402,57	4905,18±285,34	4021,43±324,02	5274,92±420,95
Se	227,91±85,35	116,40±6,50	121,29±156,17	52,08±49,07

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

\*ND = Tayin edilmedi

Mart ayında avlanılan pişmiş hamsi örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş hamsinin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş hamsinin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.13’de verildi.

**Tablo 12.13:** Mart ayında avlanılan hamsi örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	346,51±27,01	61,61±10,26	150,18±14,96	227,51±40,91
Mn	359,47±81,80	77,01±12,83	66,05±2,21	60,73±10,88
Fe	4970,29±548,04	<LOD*	1154,51±116,09	3462,77±282,35
Co	6,04±0,79	1,09±0,16	0,26±0,19	<LOD*
Ni	28,76±1,26	4,60±1,39	11,79±7,35	12,25±0,66
Cu	1419,11±44,83	342,82±2,49	1066,70±263,39	1145,94±97,75
As	8566,06±2284,11	2986,38±190,96	3559,49±261,76	6066,5±777,4
Se	6152,92±402,57	3790,05±499,59	3995,65±540,07	2394,0±200,5

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

#### 12.2.4 İstavrit (*Trachurus trachurus*)

Eylül ayında avlanılan çığ istavrit örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çığ istavritin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çığ istavritin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.14'te verildi.

**Tablo 12.14:** Eylül ayında avlanılan istavrit örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	375,36±4,15	168,75±4,46	257,45±12,38	292,90±9,65
Mn	361,66±36,61	30,44±1,62	10,28±1,60	<LOD*
Fe	8559,15±183,75	339,23±41,98	1450,41±55,54	1348,55±138,59
Co	29,76±1,65	3,93±0,21	3,46±0,06	3,51±0,43
Ni	69,44±4,11	14,16±1,36	5,16±0,19	2,98±2,55
Cu	723,18±13,42	106,25±23,70	223,25±33,43	257,26±16,41
As	1228,60±0,16	770,63±26,43	554,56±16,35	619,82±27,59
Se	483,64±6,77	153,03±10,55	247,30±53,08	216,70±0,34

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Eylül ayında avlanılan pişmiş istavrit örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş istavritin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş istavritin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.15’de verildi.

**Tablo 12.15:** Eylül ayında avlanılan istavrit örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	375,36±4,15	171,70±20,52	193,23±21,78	322,36±65,79
Mn	361,66±36,61	48,74±7,80	27,03±2,48	20,02±0,82
Fe	8559,15±183,75	117,56±120,70	943,95±103,89	998,43±119,46
Co	29,76±1,65	2,50±0,50	2,93±0,41	3,43±0,64
Ni	69,44±4,11	12,69±3,09	8,63±2,44	13,04±6,30
Cu	723,18±13,42	161,32±12,30	172,30±5,87	269,30±61,11
As	1228,60±0,16	621,31±35,28	428,57±45,71	546,63±81,27
Se	483,64±6,77	61,55±0,63	51,92±3,04	107,40±10,82

Mart ayında avlanılan çiğ istavrit örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çiğ istavritin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çiğ istavritin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.16'da verildi.

**Tablo 12.16:** Mart ayında avlanılan istavrit örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	708,65±98,68	261,49±37,16	372,31±6,75	378,58±16,18
Mn	135,51±4,44	53,18±19,51	<LOD*	<LOD*
Fe	3945,38±445,59	285,31±40,40	1985,27±555,64	1168,23±1159,30
Co	5,27±0,56	4,78±0,44	<LOD*	<LOD*
Ni	45,57±7,27	40,37±3,79	<LOD*	<LOD*
Cu	330,58±22,35	<LOD*	49,02±7,13	129,33±78,85
As	4077,23±899,23	3260,49±22,72	2059,92±187,06	2202,73±143,39
Se	372,37±76,44	195,17±29,04	173,08±78,14	164,57±10,17

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Mart ayında avlanılan pişmiş istavrit örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş istavritin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş istavritin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.17’de verildi.

**Tablo 12.17:** Mart ayında avlanılan istavrit örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	708,65±98,68	158,41±12,97	283,48±13,79	282,62±16,01
Mn	135,51±4,44	1,67±0,37	34,48±1,99	<LOD*
Fe	3945,38±445,59	<LOD*	2157,39±254,76	2406,25±226,30
Co	5,27±0,56	0,93±0,09	1,95±0,68	1,34±0,81
Ni	45,57±7,27	1,61±0,23	11,96±3,96	12,92±4,51
Cu	330,58±22,35	<LOD*	369,87±41,82	240,06±122,15
As	4077,23±899,23	1339,23±103,21	3688,17±236,55	2768,03±170,78
Se	372,37±76,44	24,78±9,11	64,48±48,31	82,89±4,49

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

### 12.2.5 Levrek (*Dicentrarchus labrax*)

Eylül ayında avlanılan çığ levrek örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çığ levreğin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çığ levreğin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.18’de verildi.

**Tablo 12.18:** Eylül ayında avlanılan levrek örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	412,22±90,66	145,35±10,55	258,95±11,37	336,11±37,69
Mn	433,10±48,09	46,01±0,94	12,01±3,55	3,24±0,98
Fe	4087,92±563,96	67,83±22,35	490,69±151,97	617,73±1,69
Co	18,31±0,46	3,65±0,10	3,19±0,19	5,12±0,66
Ni	79,29±28,64	2,37±0,16	<LOD*	5,06±0,69
Cu	348,84±8,63	4,17±4,17	109,99±15,77	191,22±21,20
As	273,06±16,93	259,05±22,12	145,50±3,79	168,15±10,22
Se	160,21±0,84	49,81±7,40	62,00±6,60	63,18±7,66

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Eylül ayında avlanılan pişmiş levrek örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş levreğin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş levreğin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.19’da verildi.



**Tablo 12.19:** Eylül ayında avlanılan levrek örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	412,22±90,66	134,78±2,82	156,59±0,25	268,89±26,80
Mn	433,10±48,09	44,55±7,11	27,08±0,94	29,76±8,50
Fe	4087,92±563,96	<LOD*	471,51±56,12	548,98±95,81
Co	18,31±0,46	1,81±0,09	2,40±0,19	3,10±0,53
Ni	79,29±28,64	3,38±0,25	<LOD*	<LOD*
Cu	348,84±8,63	1,91±0,13	23,46±0,65	47,71±4,15
As	273,06±16,93	232,07±3,31	138,16±2,09	174,60±4,45
Se	160,21±0,84	7,99±2,12	8,33±1,20	22,03±1,64

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Mart ayında avlanılan çığ levrek örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çığ levreğin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çığ levreğin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.20’de verildi.

**Tablo 12.20:** Mart ayında avlanılan levrek örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	407,22±39,42	253,88±48,99	434,42±24,52	436,77±114,61
Mn	124,01±40,53	ND*	49,81±67,40	5,43±0,11
Fe	2260,28±381,07	<LOD*	1611,17±69,98	1742,60±51,26
Co	4,59±0,38	1,55±0,02	<LOD*	<LOD*
Ni	32,54±9,52	1,23±0,28	23,95±3,78	<LOD*
Cu	319,71±77,02	<LOD*	97,27±0,78	105,52±22,96
As	296,57±10,08	298,40±80,25	297,24±21,73	294,33±34,12
Se	121,89±33,63	63,36±6,50	47,27±14,43	47,41±35,19

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

\*ND = Tayin edilmedi

Mart ayında avlanılan pişmiş levrek örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş levreğintoplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş levreğinyenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.21’de verildi.

**Tablo 12.21:** Mart ayında avlanılan levrek örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	407,22±39,42	164,29±12,86	396,1±63,7	355,57±87,03
Mn	124,01±40,53	20,69±4,99	<LOD*	20,96±12,26
Fe	2260,28±381,07	<LOD*	1605,38±135,83	1776,03±117,85
Co	4,59±0,38	0,52±0,02	<LOD*	<LOD*
Ni	32,54±9,52	0,74±0,76	3,28±1,87	<LOD*
Cu	319,71±77,02	<LOD*	91,22±28,00	165,58±51,15
As	296,57±10,08	190,44±0,84	192,37±27,59	237,65±10,14
Se	121,89±33,63	7,40±1,54	28,87±2,04	41,63±1,78

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

### 12.2.6 Sardalya (*Sardina pilchardus*)

Eylül ayında avlanılan çiğ sardalya örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çiğ sardalyanın toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çiğ sardalyanın yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.22’de verildi.

**Tablo 12.22:** Eylül ayında avlanılan sardalya örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	434,85±11,58	201,19±12,83	347,65±20,10	384,15±42,14
Mn	855,44±40,87	322,62±27,92	124,75±15,33	114,45±10,25
Fe	15801,33±1180,69	1358,32±74,96	3436,48±439,14	4130,00±401,64
Co	32,64±0,26	4,65±0,25	3,41±0,14	4,50±0,46
Ni	76,05±4,88	4,20±0,61	<LOD*	<LOD*
Cu	793,24±6,22	196,40±11,36	266,47±10,75	390,75±37,01
As	3169,05±30,74	2585,47±135,24	1526,31±137,67	1808,40±191,19
Se	413,63±0,60	105,63±14,05	115,59±12,61	142,85±10,21

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Eylül ayında avlanılan pişmiş sardalya örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş sardalyanın toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş sardalyanın yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.23’de verildi.

**Tablo 12.23:** Eylül ayında avlanılan sardalya örneğinin(pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	434,85±11,58	127,77±1,99	150,15±3,85	246,04±30,76
Mn	855,44±40,87	110,46±8,54	46,36±5,19	44,48±0,67
Fe	15801,33±1180,69	91,40±25,61	783,42±5,12	1583,71±178,22
Co	32,64±0,26	2,72±0,89	2,19±0,20	2,14±0,27
Ni	76,05±4,88	7,18±1,54	<LOD*	<LOD*
Cu	793,24±6,22	164,36±1,11	206,32±16,02	259,43±31,25
As	21487,03±340,69	3620,26±213,75	3522,50±186,93	3711,21±873,85
Se	3169,05±30,74	1348,20±79,88	835,28±91,53	1019,98±115,75

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Mart ayında avlanılan çiğ sardalya örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çiğ sardalyanın toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çiğ sardalyanın yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.24’de verildi.

**Tablo 12.24:** Mart ayında avlanılan sardalya örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	377,81±73,81	209,21±10,26	226,94±65,59	329,31±53,28
Mn	539,44±28,62	477,70±79,93	155,26±16,14	36,28±25,45
Fe	5579,15±155,76	821,31±95,35	3332,83±712,80	4865,82±1267,21
Co	4,44±0,45	2,24±0,03	<LOD*	<LOD*
Ni	37,30±1,50	12,98±5,70	28,44±14,37	22,60±13,02
Cu	709,81±36,43	<LOD*	309,57±74,33	433,98±35,44
As	871,24±14,23	672,67±1,92	1071,49±267,79	556,83±137,53
Se	291,3±15,26	194,55±97,72	101,04±57,86	88,23±46,71

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Mart ayında avlanılan pişmiş sardalya örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş sardalyanın toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş sardalyanın yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.25’de verildi.

**Tablo 12.25:** Mart ayında avlanılan sardalya balığının (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	377,81±73,81	114,71±1,65	138,14±32,58	292,25±47,08
Mn	539,44±28,62	153,63±43,48	62,14±36,49	131,63±21,92
Fe	5579,15±155,76	<LOD*	1550,03±55,86	2075,33±47,47
Co	4,44±0,45	1,29±0,18	<LOD*	<LOD*
Ni	37,30±1,50	3,58±1,15	10,10±4,14	6,58±0,90
Cu	709,81±36,43	<LOD*	187,50±54,73	494,99±36,14
As	871,24±14,23	473,28±3,75	542,01±2,96	376,32±0,96
Se	291,30±15,26	3,65±0,90	35,22±22,38	57,42±3,12

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

### 12.2.7 Mezgit (*Merlangius merlangus*)

Eylül ayında avlanılan çiğ mezgit örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çiğ mezgitin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çiğ mezgitin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.26'da verildi.

**Tablo 12.26:** Eylül ayında avlanılan mezgit örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	358,13±19,01	142,46±9,47	271,85±23,43	300,13±27,92
Mn	440,83±136,07	89,22±49,00	45,50±2,85	9,41±7,81
Fe	4980,77±576,63	<LOD*	262,38±8,09	163,60±65,93
Co	19,36±1,40	0,38±0,07	<LOD*	<LOD*
Ni	75,35±12,77	3,07±0,57	<LOD*	<LOD*
Cu	278,40±7,33	<LOD*	43,29±1,34	124,31±0,29
As	3563,21±57,48	4110,51±220,79	2174,56±117,25	2700,70±327,88
Se	272,83±13,08	65,73±5,92	87,74±1,88	106,20±3,45

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Eylül ayında avlanılan pişmiş mezgit örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş mezgitin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş mezgitin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.27’de verildi.



**Tablo 12.27:** Eylül ayında avlanılan mezgit örneğinin (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	358,13±19,01	96,99±16,83	140,92±19,04	169,03±7,80
Mn	440,83±136,07	62,19±3,93	26,05±4,51	23,30±1,15
Fe	4980,77±576,63	<LOD*	100,38±33,82	93,05±5,19
Co	19,36±1,40	0,20±0,03	0,084±0,014	0,77±0,46
Ni	75,35±12,77	3,80±0,64	<LOD*	<LOD*
Cu	278,40±7,33	<LOD*	13,15±2,09	28,58±4,39
As	3563,21±57,48	2371,62±163,44	1412,90±362,47	1329,09±27,08
Se	272,83±13,08	14,46±2,01	25,89±1,30	125,28±89,60

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Mart ayında avlanılan çiğ mezgit örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve çiğ mezgitin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca çiğ mezgitin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.28’de verildi.

**Tablo 12.28:** Mart ayında avlanılan mezgit örneğinin (çiğ) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	412,92±34,01	265,51±24,80	392,89±8,56	357,23±53,00
Mn	193,99±22,77	139,92±56,48	<LOD*	<LOD*
Fe	1989,06±143,09	<LOD*	115,10±11,25	<LOD*
Co	1,57±0,22	<LOD*	<LOD*	<LOD*
Ni	73,25±10,29	6,20±0,10	<LOD*	<LOD*
Cu	154,03±65,12	<LOD*	<LOD*	<LOD*
As	4402,75±478,23	5041,41±537,87	2960,13±288,55	3978,41±885,15
Se	208,15±22,49	133,48±24,50	34,74±0,30	42,20±9,45

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

Mart ayında avlanılan pişmiş mezgit örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve pişmiş mezgitin toplam element konsantrasyonları belirlendi. Ayrıca pişmiş mezgitin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element konsantrasyonları in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element konsantrasyonları ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element konsantrasyonları ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.29’da verildi.

**Tablo 12.29:** Mart ayında avlanılan mezgit balığının (pişmiş) toplam element konsantrasyonları ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element konsantrasyonları.

Elementler	Toplam ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Mide ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (2 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	Bağırsak (4 saat) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
Ti	412,92±34,01	187,51±10,63	293,0±34,9	277,57±12,68
Mn	193,99±22,77	7,89±0,04	8,79 ±1,95	<LOD*
Fe	1989,06±143,09	<LOD*	121,02±46,46	133,9±33,5
Co	1,57±0,22	<LOD*	<LOD*	<LOD*
Ni	73,25±10,29	0,35±0,25	<LOD*	<LOD*
Cu	154,03±65,12	<LOD*	19,31±1,41	8,88±3,94
As	2258,81±237,69	144,98±11,16	259,7±169,9	270,29±171,29
Se	4402,75±478,23	2038,71±426,21	2370,80±37,31	2802,02±220,08

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

### 12.3 Soxhlet Estraksiyon Yöntemi İle Yağ Analizleri

Eylül ve Mart aylarında alınan balık örneklerindeki toplam yağ miktarının belirlenmesi gravimetrik olarak Bölüm 11.5.3 de verilen deneysel şartlarda yapıldı. Balık örneklerinin hesaplanan yüzde yağ değerleri Tablo 12.30'da verildi.

**Tablo 12.30:** Balık örneklerinin % yağ değerleri.

Balık Çeşidi	Eylül (%Yağ)	Mart (%Yağ)
Çipura	39,41± 0,24	42,62 ± 4,95
Hamsi	1,03± 0,05	5,13 ± 0,21
İstavrit	18,77 ± 1,83	27,73± 0,24
Levrek	26,24 ± 0,94	25,10 ± 1,07
Sardalya	18,36± 4,57	11,52 ± 0,54
Mezgit	1,52 ± 0,30	1,72 ± 0,27

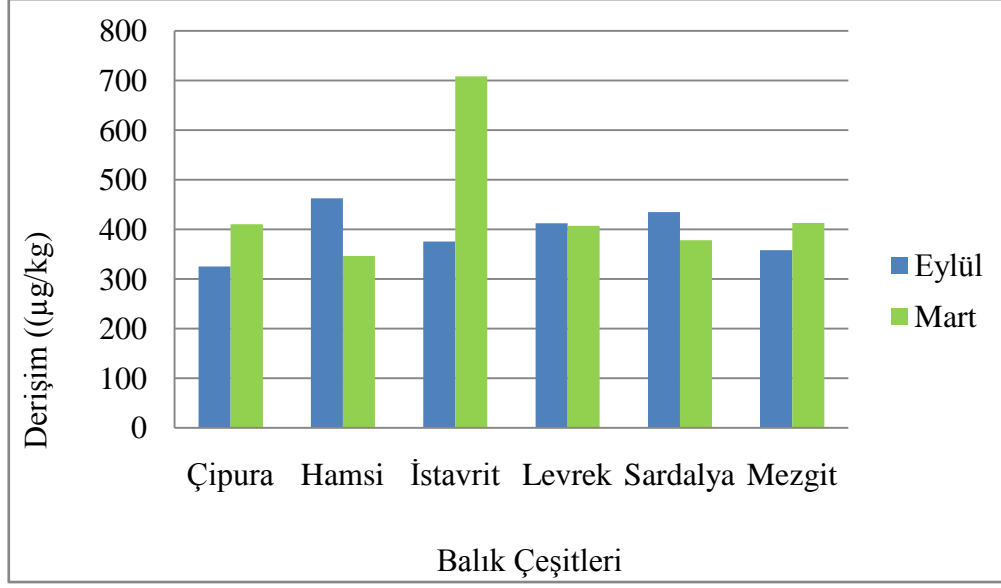
## 13. SONUÇLAR

### 13.1 Balık Örneklerinde Toplam Element Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

#### 13.1.1 Titanyum

Yaş yakma yöntemi ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde balık örneklerindeki Ti derişimi eylül ayında 325,34-462,35  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Eylül ayında en yüksek Ti derişimi hamsi balığında gözlenirken en düşük değer çipura balığında elde edildi (bkz.Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26) Mart ayındaki Ti derişimleri 346,51-708,65  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek değeri istavrit balığında elde edilirken en düşük değer hamsi balığında gözlendi (bkz.Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28).

Ayrıca, titanyum elementinin balık çeşitleri arasındaki ve her bir balık çeşidindeki mevsimsel olarak ortaya çıkan farklılıklar grafik ile de gösterilmiştir (bkz.Şekil: 13.1).

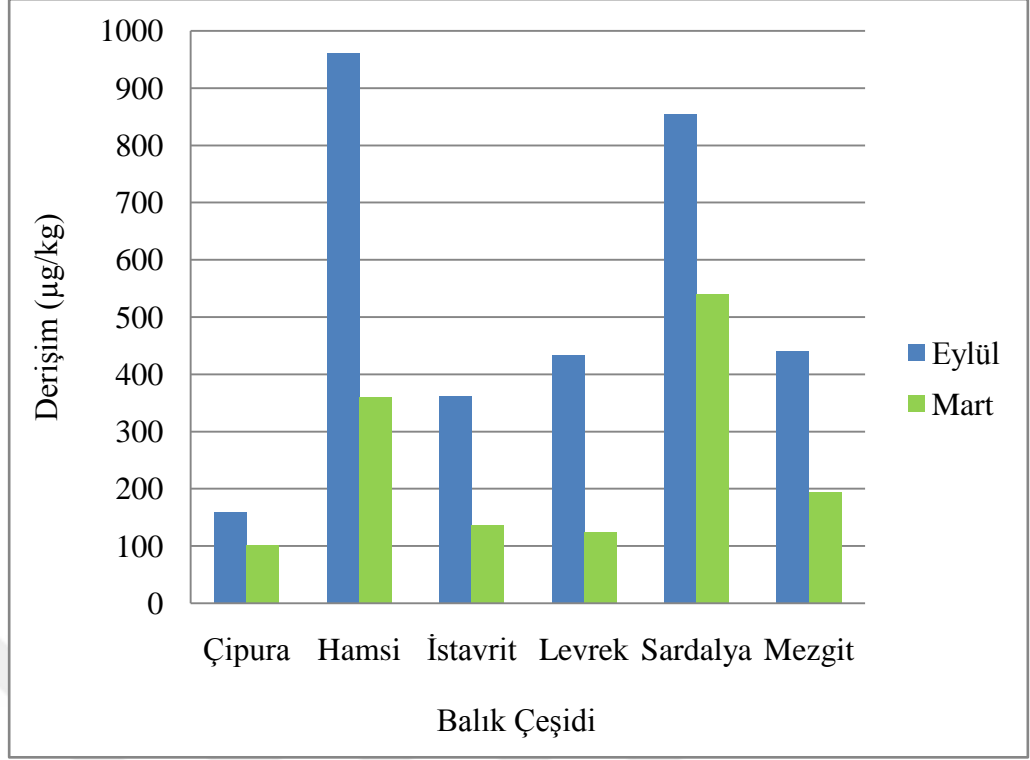


**Şekil 13.1:** Balık örneklerindeki titanyumun mevsimsel olarak karşılaştırılması.

### 13.1.2 Mangan

Yaş yakma yöntemi ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde balık örneklerindeki Mn derişimi eylül ayında 158,24-961,51  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Eylül ayında en yüksek Mn derişimi hamsi balığında gözlenirken en düşük değer çipura balığında elde edildi (bkz.Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26). Mart ayındaki Mn derişimleri 101,09-539,44  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek değer sardalya balığında elde edilirken en düşük değer çipura balığında gözlendi (bkz.Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28).

Ayrıca, mangan elementinin balık çeşitleri arasındaki ve her bir balık çeşidindeki mevsimsel olarak ortaya çıkan farklılıklar grafik ile de gösterildi (bkz.Şekil: 13.2).

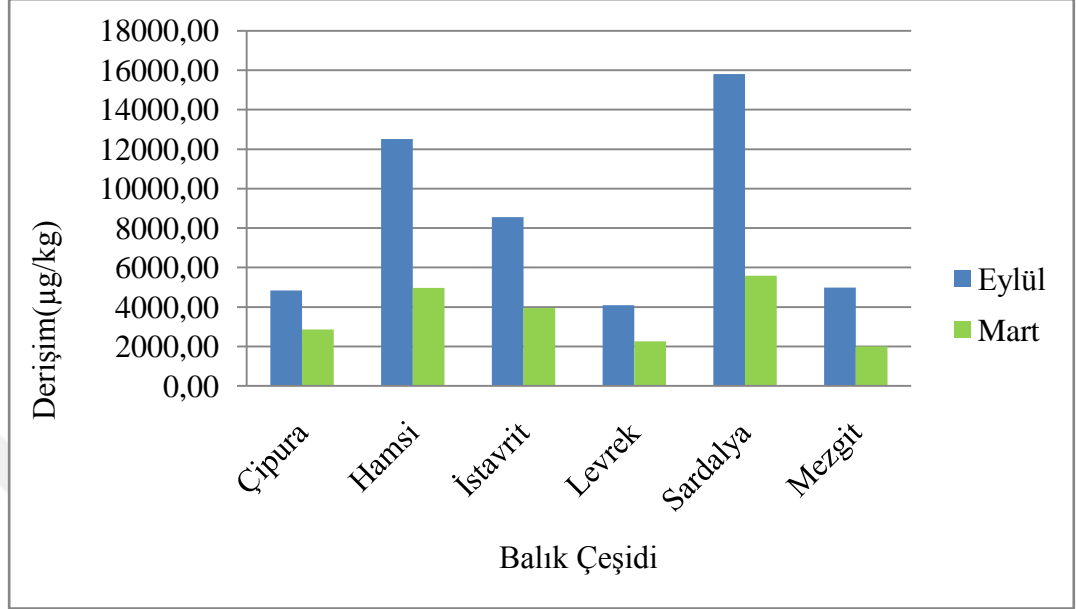


Şekil 13.2: Balık örneklerindeki manganın mevsimsel olarak karşılaştırılması.

### 13.1.3 Demir

Yaş yakma yöntemi ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde balık örneklerindeki Fe derişimi eylül ayında 4087,92-15801,33  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Eylül ayında en yüksek Fe derişimi sardalya balığında gözlenirken en düşük değer levrek balığında elde edildi (bkz.Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26). Mart ayındaki Fe derişimleri 1989,06-5579,15  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek değer sardalya balığında elde edilirken en düşük değer mezgit balığında gözlendi (bkz.Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28).

Ayrıca, demir elementinin balık çeşitleri arasındaki ve her bir balık çeşidindeki mevsimsel olarak ortaya çıkan farklılıklar grafik ile de gösterildi (bkz.Şekil: 13.3).

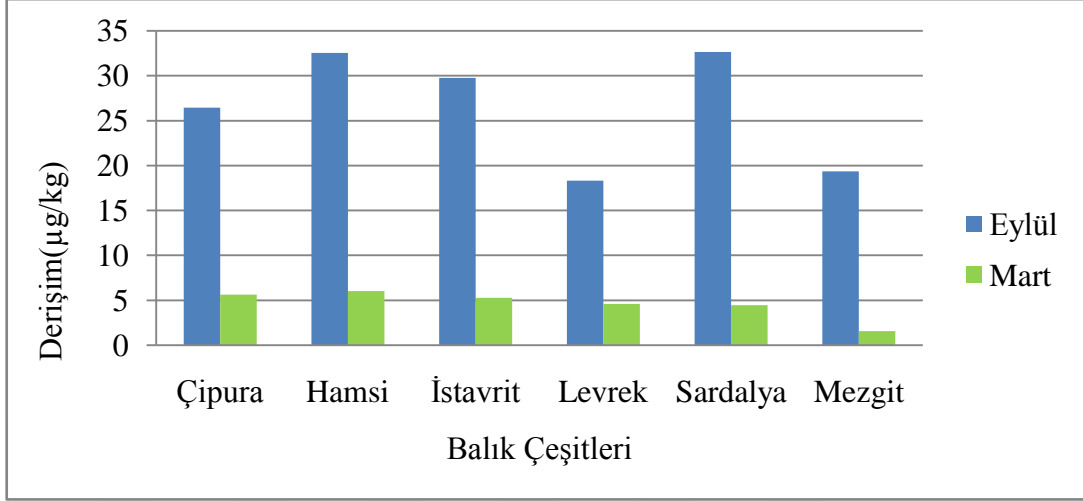


Şekil 13.3: Balık örneklerindeki demirin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

#### 13.1.4 Kobalt

Yaş yakma yöntemi ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde balık örneklerindeki Co derişimi eylül ayında 18,31-32,64  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Eylül ayında en yüksek Co derişimi sardalya balığında gözlenirken en düşük değer levrek balığında elde edildi (bkz.Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26). Mart ayındaki Co derişimleri 1,57-6,04  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek değer hamsi balığında elde edilirken en düşük değer mezgıt balığında gözlendi (bkz.Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28).

Ayrıca, kobalt elementinin balık çeşitleri arasındaki ve her bir balık çeşidindeki mevsimsel olarak ortaya çıkan farklılıklar grafik ile de gösterildi (bkz.Şekil: 13.4).



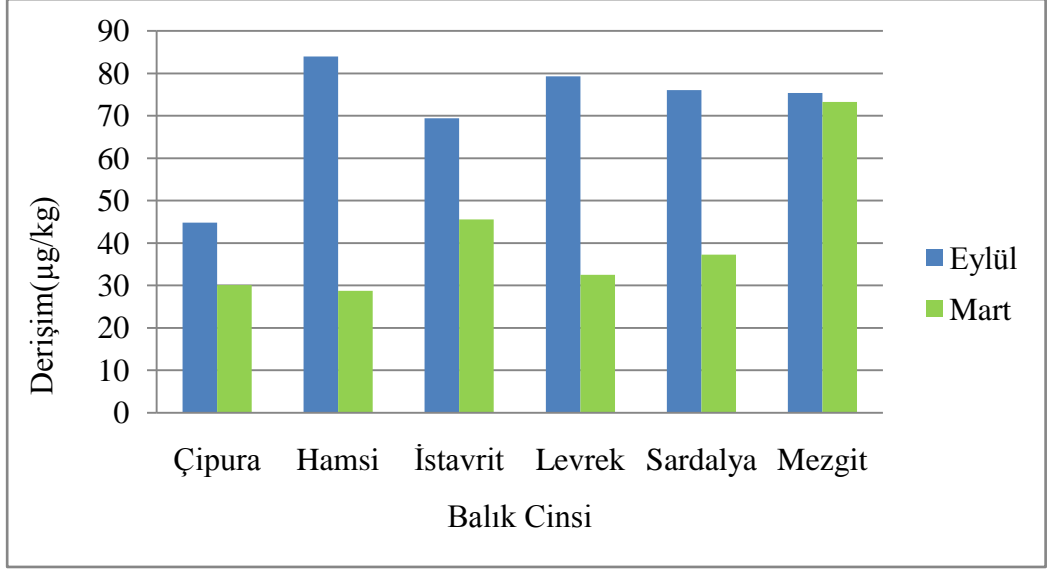
Şekil 13.4: Balık örneklerindeki kobaltın mevsimsel olarak karşılaştırılması.

### 13.1.5 Nikel

Yaş yakma yöntemi ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde balık örneklerindeki Ni derişimi eylül ayında 44,82-83,93  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Eylül ayında en yüksek Ni derişimi hamsi balığında gözlenirken en düşük değer çipura balığında elde edildi (bkz.Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26). Mart ayındaki Ni derişimleri 28,76-73,25  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek değer mezgit balığında elde edilirken en düşük değer hamsi balığında gözlemlendi (bkz.Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28).

Ayrıca, nikel elementinin balık çeşitleri arasındaki ve her bir balık çeşidindeki mevsimsel olarak ortaya çıkan farklılıklar grafik ile de gösterildi (bkz.Şekil: 13.5).



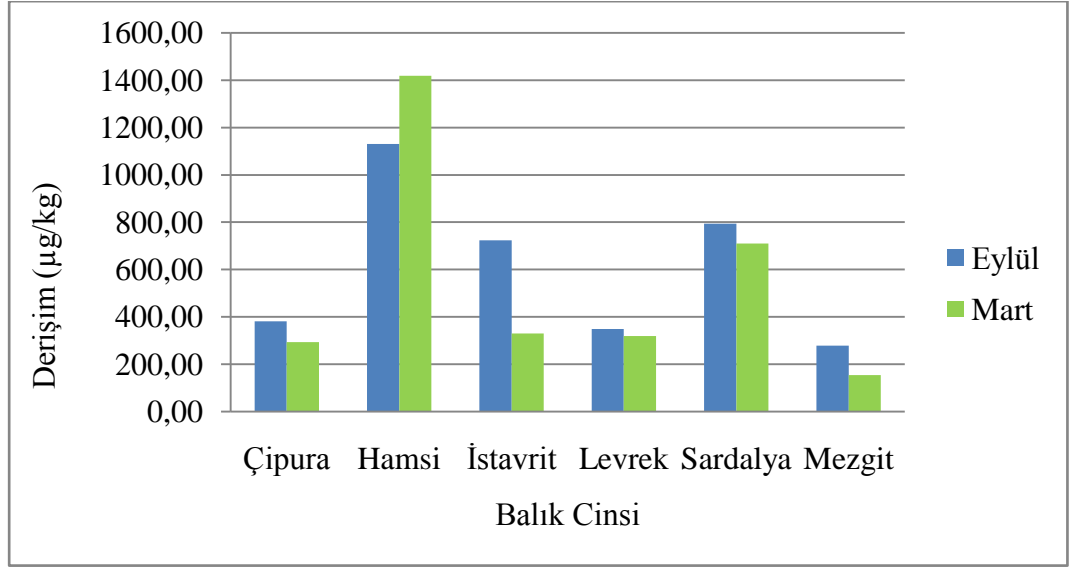


**Şekil 13.5:** Balık örneklerindeki nikelin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

### 13.1.6 Bakır

Yaş yakma yöntemi ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde balık örneklerindeki Cu derisimi eylül ayında 278,40-1131,07  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Eylül ayında en yüksek Cu derisimi hamsi balığında gözlenirken en düşük değer mezgit balığında elde edildi (bkz.Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26). Mart ayındaki Cu derisimleri 154,03-1419,11  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek değer hamsi balığında elde edilirken en düşük değer mezgit balığında gözlendi (bkz.Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28).

Ayrıca, elementinin balık çeşitleri arasındaki ve her bir balık çeşidindeki mevsimsel olarak ortaya çıkan farklılıklar grafik ile de gösterildi (bkz.Şekil: 13.6).

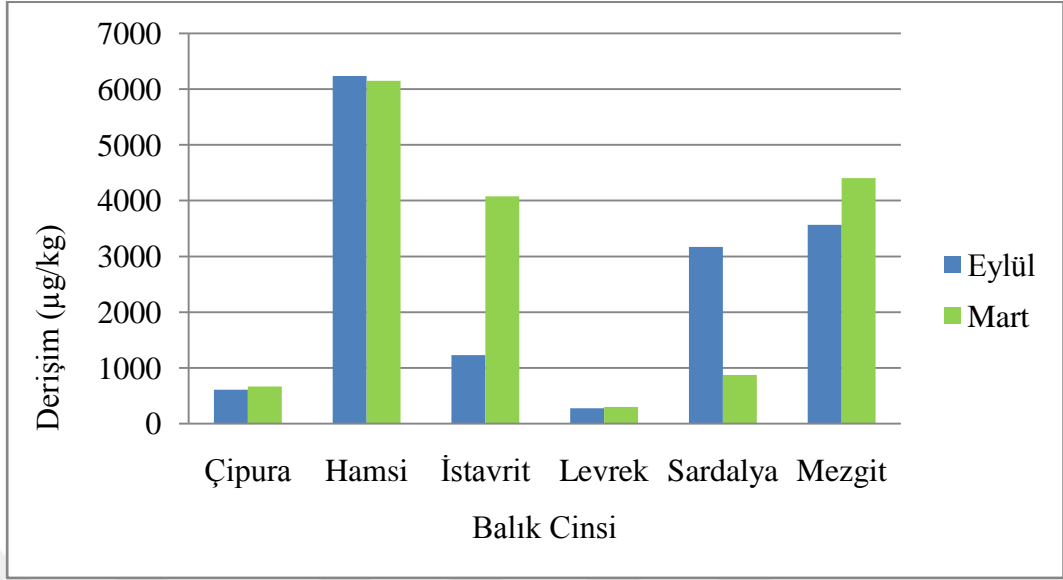


**Şekil 13.6:** Balık örneklerindeki bakırın mevsimsel olarak karşılaştırılması.

### 13.1.7 Arsenik

Yaş yakma yöntemi ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde balık örneklerindeki As derişimi eylül ayında 273,06-6235,95  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Eylül ayında en yüksek As derişimi hamsi balığında gözlenirken en düşük değer levrek balığında elde edildi (bkz.Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26). Mart ayındaki As derişimleri 296,57-6152,92  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek değer hamsi balığında elde edilirken en düşük değer levrek balığında gözlendi (bkz.Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28).

Ayrıca, arsenik elementinin balık çeşitleri arasındaki ve her bir balık çeşidindeki mevsimsel olarak ortaya çıkan farklılıklar grafik ile de gösterildi (bkz.Şekil:13.7).

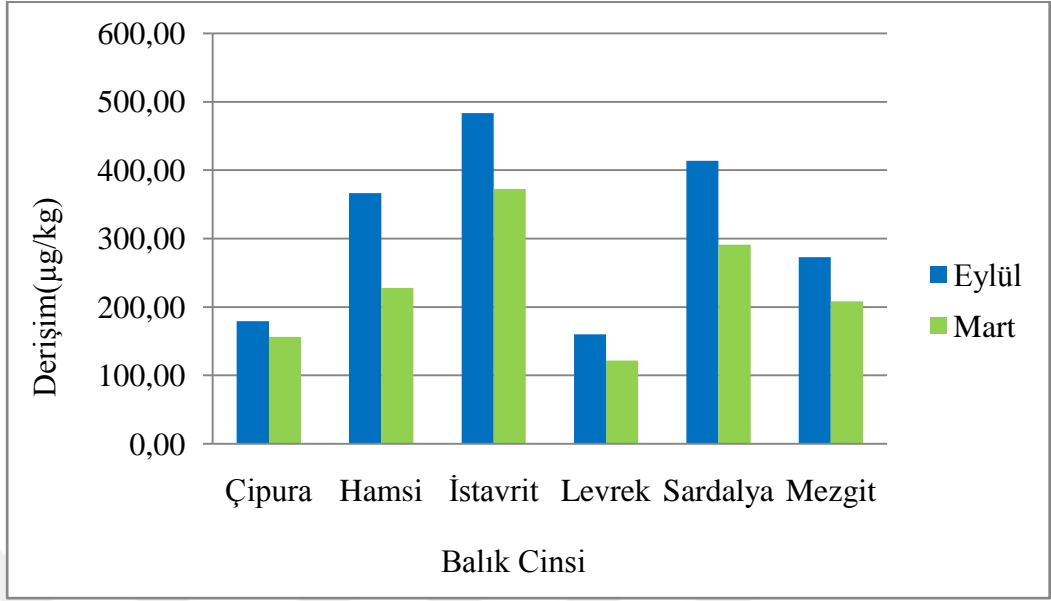


**Şekil 13.7:** Balık örneklerindeki arseniğin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

### 13.1.8 Selenyum

Yaş yakma yöntemi ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde balık örneklerindeki Se derisimi eylül ayında 160,21-483,64  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Eylül ayında en yüksek Se derişimi istavrit balığında gözlenirken en düşük değer levrek balığında elde edildi (bkz.Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26). Mart ayındaki Se derisimleri 121,89-372,37  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek değer istavrit balığında elde edilirken en düşük değer levrek balığında gözlendi (bkz.Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28).

Ayrıca, selenyum elementinin balık çeşitleri arasındaki ve her bir balık çeşidindeki mevsimsel olarak ortaya çıkan farklılıklar grafik ile de gösterildi (bkz.Şekil:13.8).



**Şekil 13.8:** Balık örneklerindeki arseniğin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

## 13.2 Balık Örneklerindeki Elementlerin Biyoerisilebilirliklerinin Değerlendirilmesi

İn-vitro gastro intestinal ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen sonuçlar, her bir metal için sırasıyla değerlendirildi.

### 13.2.1 Titanyumun Biyoerisilebilirliği

Eylül ayında titanyum elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerisilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.7; Tablo 12.11; Tablo 12.15; Tablo 12.19; Tablo 12.23; Tablo 12.27`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Ti derişimi çiğ balık için 35,26-56,97  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim çipura balığında gözlenirken en düşük biyoerisilebilirlik levrek balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim 27,08-47,42  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş

balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim ipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezigit balığında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Ti derişimi eylül ayında çiğ balık için 78,03-125,50  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim ipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik istavrit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 47,20-85,88  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezigit balığında elde edildi.

Mart ayında titanyum elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.15; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.9; Tablo 12.13; Tablo 12.17; Tablo 12.21; Tablo 12.25; Tablo 12.29`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Ti derişimi, çiğ balıklar için 30,36-64,30  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim mezigit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik sardalya balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim için 17,78-45,41  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim mezigit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de hamsi balığında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Ti derişimi mart ayında çiğ balık için 53,42-107,25  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim levrek balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik istavrit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 39,88-87,32  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim levrek balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlikde istavrit balığında elde edildi.

Aşāđdaki tabloda (bkz.Tablo:13.1) Ti elementinin her bir balık için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verilmiştir. Buna göre eylül ayında alınan balık örneklerindeki toplam titanyumun biyoerişilebilirliği çiğ olarak en yüksek ipura balığında, pişmiş olarak istavrit balığında gözlenirken en düşük, çiğ olarak istavrit balığında pişmiş olarak da mezigit balığında gözlendi. Mart ayında ise en yüksek çiğ ve pişmiş olarak levrek balığında, en düşük ise çiğ ve pişmiş olarak istavrit balığında görüldü.

**Tablo 13.1:** Balıklarda Ti elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Balık Çeşidi		Eylül		Mart	
		% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)	% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)
Çipura	Çiğ	56,97	125,50	60,52	ND*
	Pişmiş	47,42	81,12	26,77	83,85
Hamsi	Çiğ	54,26	101,02	52,27	96,58
	Pişmiş	36,63	53,12	17,78	65,66
İstavrit	Çiğ	44,96	78,03	36,90	53,42
	Pişmiş	42,76	85,88	22,35	39,88
Levrek	Çiğ	35,26	81,54	62,35	107,25
	Pişmiş	32,70	65,22	40,35	87,32
Sardalya	Çiğ	46,27	88,34	30,36	87,16
	Pişmiş	29,38	56,58	30,36	77,35
Mezgit	Çiğ	39,78	83,80	64,30	86,51
	Pişmiş	27,08	47,20	45,41	67,22

\*ND=Tayin edilmedi

### 13.2.2 Manganın Biyoerişilebilirliği

Eylül ayında mangan elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.7; Tablo 12.11; Tablo 12.15; Tablo 12.19; Tablo 12.23; Tablo 12.27`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Mn derişimi çiğ balık için 8,42-37,71  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik istavrit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim 10,29-26,53  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim çipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik levrek balığında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Mn derişimi eylül ayında çiğ balık için <LOD-13,38  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en

yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik istavrit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 0,32-8,93  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim ipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de hamsi balığında elde edildi.

Mart ayında mangan elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.9; Tablo 12.13; Tablo 12.17; Tablo 12.21; Tablo 12.25; Tablo 12.29`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Mn derişimi, çiğ balık için 13,43-88,55  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik ipura balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim için 1,24-28,48  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de istavrit balığında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Mn derişimi mart ayında çiğ balık için <LOD- 7,95  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim hamsi balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlikler ipura, istavrit ve mezigit balıklarında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim <LOD -24,40  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlikler de ipura, istavrit ve mezigit balıklarında elde edildi.

Aşğıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.2) Mn elementinin her bir balık için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre balıklardaki toplam manganın biyoerişilebilirliği; eylül ayında çiğ olarak en yüksek sardalya balığında, pişmiş olarak ipura balığında gözlenirken en düşük, çiğ olarak istavrit balığında pişmiş olarak da hamsi balığında gözlendi. Mart ayında ise; çiğ olarak en yüksek hamsi balığında, pişmiş olarak levrek balığında gözlenirken, en düşük çiğ ve pişmiş olarak ipura, istavrit ve mezigit balıklarında gözlendi.

**Tablo 13.2:** Balıklarda Mn elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Balık Çeşidi		Eylül		Mart	
		% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)	% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)
Çipura	Çiğ	29,26	3,12	13,43	<LOD*
	Pişmiş	26,53	8,93	13,30	<LOD*
Hamsi	Çiğ	35,83	8,04	62,99	7,95
	Pişmiş	14,31	0,32	21,42	16,89
İstavrit	Çiğ	8,42	<LOD*	39,24	<LOD*
	Pişmiş	13,48	5,54	1,24	<LOD*
Levrek	Çiğ	10,62	0,75	ND*	4,38
	Pişmiş	10,29	6,87	16,69	16,90
Sardalya	Çiğ	37,71	13,38	88,55	6,73
	Pişmiş	12,91	5,20	28,48	24,40
Mezgit	Çiğ	20,24	2,14	72,12	<LOD*
	Pişmiş	14,11	5,28	4,06	<LOD*

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

\*ND=Tayin edilmedi

### 13.2.3 Demirin Biyoerişilebilirliği

Eylül ayında demir elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.7; Tablo 12.11; Tablo 12.15; Tablo 12.19; Tablo 12.23; Tablo 12.27`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Fe derişimi çiğ balık için <LOD-8,60  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik çipura ve mezgit balıklarında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim <LOD-1,37  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik çipura, levrek ve mezgit



balıklarında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Fe derişimi eylül ayında çiğ balık için 3,28-26,14  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezzit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 1,87-50,46  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim levrek balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de mezzit balığında elde edildi.

Mart ayında demir elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.9; Tablo 12.13; Tablo 12.17; Tablo 12.21; Tablo 12.25; Tablo 12.29`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Fe derişimi, çiğ balık için <LOD-14,72  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik ipura, levrek ve mezzit balıklarında elde edildi. Pişmiş balık için mide fazındaki Fe derişimi, tüm balıklarda gözlenebilme sınırı altındadır (<LOD). 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Fe derişimi mart ayında çiğ balık için <LOD-97,01  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim ipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik, mezzit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 6,73-78,58  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim levrek balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de mezzit balığında elde edildi.

Aşğıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.3) Fe elementinin her bir balık için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre balıklardaki toplam demirin biyoerişilebilirliği; eylül ayında çiğ olarak en yüksek sardalya balığında pişmiş halde ise levrek balığında gözlenirken en düşük, çiğ ve pişmiş halde mezzit balığında gözlendi. Mart ayında ise çiğ olarak en yüksek ipura balığında pişmiş olarak da levrek balığında en düşük olarak hem çiğ hem de pişmiş halde mezzit balığında gözlendi.

**Tablo 13.3:** Balıklarda Fe elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Balık Çeşidi		Eylül		Mart	
		% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)	% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)
Çipura	Çiğ	<LOD*	13,65	<LOD*	97,01
	Pişmiş	<LOD*	15,13	<LOD*	52,09
Hamsi	Çiğ	7,89	13,29	11,59	41,68
	Pişmiş	0,71	2,01	<LOD*	69,67
İstavrit	Çiğ	3,96	15,76	7,23	29,61
	Pişmiş	1,37	11,67	<LOD*	60,99
Levrek	Çiğ	1,66	15,11	<LOD*	77,10
	Pişmiş	<LOD*	50,46	<LOD*	78,58
Sardalya	Çiğ	8,60	26,14	14,72	87,21
	Pişmiş	0,58	10,02	<LOD*	37,20
Mezgit	Çiğ	<LOD*	3,28	<LOD*	<LOD*
	Pişmiş	<LOD*	1,87	<LOD*	6,73

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

#### 13.2.4 Kobaltın Biyoerişilebilirliği

Eylül ayında kobalt elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.7; Tablo 12.11; Tablo 12.15; Tablo 12.19; Tablo 12.23; Tablo 12.27`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Co derişimi çiğ balık için 1,96-20,38  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim hamsi balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezgit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim 1,04-10,24  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim hamsi balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezgit balığında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda

bağırsak fazındaki Co derişimi eylül ayında çiğ balık için <LOD-25,97  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim levrek balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezgit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 3,99-16,93  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim levrek balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezgit balığında elde edildi.

Mart ayında kobalt elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.9; Tablo 12.13; Tablo 12.17; Tablo 12.21; Tablo 12.25; Tablo 12.29`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Co derişimi, çiğ balık için <LOD-90,71  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezgit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim için <LOD -29,11  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de mezgit balığında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Co derişimi mart ayında çiğ balıkların tümünde gözlenebilme sınırı altındadır (<LOD). Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim <LOD-25,37  $\mu\text{gkg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de ipura, hamsi, levrek, sardalya ve mezgit balıklarında elde edildi.

Aşğıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.4) Co elementinin her bir balık için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre; eylül ayında alınan balık örneklerindeki toplam kobaltın biyoerişilebilirliği çiğ ve pişmiş olarak en yüksek levrek balığında gözlenirken en düşük, çiğ ve pişmiş olarak da mezgit balığında gözlendi. Mart ayında ise çiğ olarak en yüksek pişmiş haldeki istavrit balığındayken diğer balıklara ait sonuçlarda tayin sınırının altında gözlendi.

**Tablo 13.4:** Balıklarda Co elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Balık Çeşidi		Eylül		Mart	
		% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)	% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)
Çipura	Çiğ	11,87	10,53	42,57	<LOD*
	Pişmiş	5,83	6,09	16,82	<LOD*
Hamsi	Çiğ	20,38	16,29	30,30	<LOD*
	Pişmiş	10,24	8,21	17,98	<LOD*
İstavrit	Çiğ	13,20	11,81	90,71	<LOD*
	Pişmiş	8,40	11,52	17,63	25,37
Levrek	Çiğ	19,92	25,97	33,70	<LOD*
	Pişmiş	9,87	16,93	11,26	<LOD*
Sardalya	Çiğ	14,25	13,79	50,52	<LOD*
	Pişmiş	8,32	6,56	29,11	<LOD*
Mezgit	Çiğ	1,96	<LOD*	<LOD*	<LOD*
	Pişmiş	1,04	3,99	<LOD*	<LOD*

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

### 13.2.5 Nikelin Biyoerişilebilirliği

Eylül ayında nikel elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.7; Tablo 12.11; Tablo 12.15; Tablo 12.19; Tablo 12.23; Tablo 12.27`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Ni derişimi çiğ balık için 2,89-31,21  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim hamsi balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik çipura balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim 4,26-15,76  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim hamsi balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlikler levrek, çipura ve mezgit balığında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Ni derişimi eylül ayında çiğ balık için <LOD-

18,09  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim çipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik sardalya ve mezigit balıklarında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim  $<\text{LOD}-18,78 \mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik çipura, levrek, sardalya ve mezigit balıklarında elde edildi.

Mart ayında nikel elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.9; Tablo 12.13; Tablo 12.17; Tablo 12.21; Tablo 12.25; Tablo 12.29`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Ni derişimi, çiğ balık için 3,79-88,59  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik levrek balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim için  $<\text{LOD}-15,99 \mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim hamsi balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de çipura balığında elde edilmiştir. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Ni derişimi mart ayında çiğ balık için  $<\text{LOD}-60,59 \mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlikler istavrit, levrek ve mezigit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim  $<\text{LOD} - 42,59 \mu\text{gkg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim hamsi balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlikler de çipura ve levrek balıklarında elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.5) Ni elementinin her bir balık için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre; eylül ayında alınan balık örneklerindeki toplam nikelin biyoerişilebilirliği çiğ olarak en yüksek çipura balığında, pişmiş olarak istavrit balığında gözlenirken en düşük, çiğ olarak sardalya ve mezigit balığında, pişmiş olarak da çipura, levrek, sardalya ve mezigit balıklarında gözlendi. Mart ayında ise çiğ olarak en yüksek sardalya balığında, pişmiş olarak da hamsi balığında gözlenirken en düşük çiğ olarak istavrit, levrek ve mezigit balıklarında, pişmiş olarak da çipura, levrek ve mezigit balıklarında gözlendi.

**Tablo 13.5:** Balıklarda Ni elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Balık Çeşidi		Eylül		Mart	
		% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)	% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)
Çipura	Çiğ	2,89	18,09	9,53	21,37
	Pişmiş	4,77	<LOD	<LOD	<LOD
Hamsi	Çiğ	31,21	12,13	16,00	43,03
	Pişmiş	18,40	18,07	15,99	42,59
İstavrit	Çiğ	20,40	4,30	88,59	<LOD
	Pişmiş	15,76	18,78	3,54	28,35
Levrek	Çiğ	2,99	6,38	3,79	<LOD
	Pişmiş	4,26	<LOD	2,28	<LOD
Sardalya	Çiğ	5,53	<LOD	34,81	60,59
	Pişmiş	9,45	<LOD	9,60	17,63
Mezgit	Çiğ	4,07	<LOD	8,46	<LOD
	Pişmiş	5,05	<LOD	0,48	<LOD

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

### 13.2.6 Bakırın Biyoerişilebilirliği

Eylül ayında bakır elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.7; Tablo 12.11; Tablo 12.15; Tablo 12.19; Tablo 12.23; Tablo 12.27`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Cu derişimi çiğ balık için <LOD-24,76  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezgit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim <LOD-22,31  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezgit balığında elde edildi. 4

saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Cu derişimi eylül ayında çiğ balık için 35,57- 63,40  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim çipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik istavrit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 10,27- 37,24  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezigit balığında elde edildi.

Mart ayında bakır elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.9; Tablo 12.13; Tablo 12.17; Tablo 12.21; Tablo 12.25; Tablo 12.29`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Cu derişimi, çiğ balık örneklerinin hepsinde tayin sınırının altında (<LOD) bulundu. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim <LOD-24,16  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim hamsi balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de çipura, istavrit, levrek, sardalya ve mezigit balıklarında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Cu derişimi mart ayında çiğ balık için 7,12-61,14  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezigit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 5,76-85,75  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim çipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de mezigit balığında elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.6) Cu elementinin her bir balık için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre balıklardaki toplam bakırın biyoerişilebilirliği; eylül ayında çiğ olarak en yüksek çipura balığında, en düşük istavrit balığında gözlenirken pişmiş olarak en yüksek istavrit balığında, en düşük mezigit balığında gözlendi. Mart ayında ise çiğ olarak en yüksek sardalya balığında, en düşük mezigit balığında gözlenirken pişmiş olarak en yüksek çipura balığında, en düşük mezigit balığında gözlendi.

**Tablo 13.6:** Balıklarda Cu elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Balık Çeşidi		Eylül		Mart	
		% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)	% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)
Çipura	Çiğ	6,10	63,40	<LOD	32,77
	Pişmiş	4,68	17,42	<LOD	85,75
Hamsi	Çiğ	19,42	53,77	<LOD	43,70
	Pişmiş	14,25	20,67	24,16	80,75
İstavrit	Çiğ	14,69	35,57	<LOD	39,12
	Pişmiş	22,31	37,24	<LOD	72,62
Levrek	Çiğ	1,19	54,82	<LOD	33,00
	Pişmiş	0,55	13,68	<LOD	51,79
Sardalya	Çiğ	24,76	49,26	<LOD	61,14
	Pişmiş	20,72	32,71	<LOD	69,74
Mezgit	Çiğ	<LOD	44,65	<LOD	7,12
	Pişmiş	<LOD	10,27	<LOD	5,76

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

### 13.2.7 Arseniğin Biyoerişilebilirliği

Eylül ayında arsenik elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.7; Tablo 12.11; Tablo 12.15; Tablo 12.19; Tablo 12.23; Tablo 12.27`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki As derişimi çiğ balık için 62,72-115,36  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim mezgit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik istavrit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim 42,54-85,61- $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim hamsi balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik sardalya balığında elde edildi. 4 saatlik



sindirim sonunda bağırsak fazındaki As derişimi eylül ayında çiğ balık için 50,45-70,80  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim mezzit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik istavrit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 32,19-106,30  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim çipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik sardalya balığında elde edildi.

Mart ayında arsenik elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.9; Tablo 12.13; Tablo 12.17; Tablo 12.21; Tablo 12.25; Tablo 12.29`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki As derişimi, çiğ balık için 77,21-114,51  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim mezzit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik sardalya balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim için 32,85-64,22  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim levrek balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de istavrit balığında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki As derişimi mart ayında çiğ balık için 54,03- 99,24  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim levrek balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlikler istavrit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 38,91- 83,90  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim çipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlikler de hamsi balığında elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.7) As elementinin her bir balık için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verilmiştir. Buna göre balıklardaki toplam arseniğin biyoerişilebilirliği; eylül ayında çiğ olarak en yüksek mezzit balığında, en düşük istavrit balığında gözlenirken pişmiş olarak en yüksek mezzit balığında, en düşük istavrit balığında gözlendi. Mart ayında ise çiğ olarak en yüksek çipura balığında, en düşük istavrit balığında gözlenirken pişmiş olarak en yüksek çipura balığında, en düşük hamsi balığında gözlendi.

**Tablo 13.7:** Balıklarda As elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Balık Çeşidi		Eylül		Mart	
		% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)	% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)
Çipura	Çiğ	102,35	62,24	97,56	94,62
	Pişmiş	ND*	106,30	42,19	83,90
Hamsi	Çiğ	ND*	66,37	79,72	85,73
	Pişmiş	85,61	44,08	61,60	38,91
İstavrit	Çiğ	62,72	50,45	79,97	54,03
	Pişmiş	50,57	44,49	32,85	67,89
Levrek	Çiğ	94,87	61,58	100,62	99,24
	Pişmiş	84,99	63,94	64,22	80,13
Sardalya	Çiğ	81,59	57,06	77,21	63,91
	Pişmiş	42,54	32,19	54,32	43,19
Mezgit	Çiğ	115,36	70,80	114,51	90,36
	Pişmiş	66,56	37,30	46,31	63,64

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

\*ND= Tayin edilmedi

### 13.2.8 Selenyumun Biyoerişilebilirliği

Eylül ayında selenyum elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.6; Tablo 12.10; Tablo 12.14; Tablo 12.18; Tablo 12.22; Tablo 12.26 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.7; Tablo 12.11; Tablo 12.15; Tablo 12.19; Tablo 12.23; Tablo 12.27`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Se derişimi çiğ balık için 24,09-34,49- $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim çipura balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik mezgit balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim 4,32- 14,03  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş

balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik sardalya balığında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Se derişimi eylül ayında çiğ balık için 30,10-44,81  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçenen yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik çipura balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim 6,27-60,66  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim mezgit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik sardalya balığında elde edildi.

Mart ayında selenyum elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği çiğ balıklar için Tablo 12.8; Tablo 12.12; Tablo 12.16; Tablo 12.20; Tablo 12.24; Tablo 12.28 ve pişmiş balıklar için Tablo 12.9; Tablo 12.13; Tablo 12.17; Tablo 12.21; Tablo 12.25; Tablo 12.29`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Se derişimi, çiğ balık için 34,61-66,79  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim sardalya balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik çipura balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise mide fazındaki derişim için 1,25-6,65  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki mide fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de sardalya balığında elde edildi. 4 saatlik sindirim sonunda bağırsak fazındaki Se derişimi mart ayında çiğ balık için 15,45-44,20  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Çiğ balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim istavrit balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik çipura balığında elde edildi. Pişmiş balık için ise bağırsak fazındaki derişim <LOD-34,15  $\mu\text{g kg}^{-1}$  aralığındadır. Pişmiş balıklardaki bağırsak fazına geçen en yüksek derişim levrek balığında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik de çipura balığında elde edildi.

Aşğıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.8) Se elementinin her bir balık için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre balıklardaki toplam selenyumun biyoerişilebilirliği; eylül ayında çiğ olarak en yüksek levrek balığında, en düşük çipura balığında gözlenirken pişmiş olarak en yüksek mezgit balığında, en düşük sardalya balığında gözlendi. Mart ayında ise çiğ olarak en yüksek istavrit balığında, en düşük çipura balığında gözlenirken pişmiş olarak en yüksek levrek balığında, en düşük çipura balığında gözlendi.

**Tablo 13.8:** Balıklarda Se elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Balık Çeşidi		Eylül		Mart	
		% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)	% BE Mide	% BE Bağırsak (4 saat)
Çipura	Çiğ	34,49	30,10	34,61	15,45
	Pişmiş	6,06	26,05	4,64	<LOD
Hamsi	Çiğ	32,68	36,92	51,07	22,85
	Pişmiş	11,11	12,88	3,78	26,41
İstavrit	Çiğ	31,64	44,81	52,41	44,20
	Pişmiş	14,03	22,21	6,65	22,26
Levrek	Çiğ	31,09	39,43	51,98	38,90
	Pişmiş	4,99	13,75	6,07	34,15
Sardalya	Çiğ	25,54	34,54	66,79	30,29
	Pişmiş	4,32	6,27	1,25	19,71
Mezgit	Çiğ	24,09	38,93	64,12	20,27
	Pişmiş	5,30	60,66	4,91	14,73

\*LOD= Tayin sınırlarının altında

### 13.3 İstatistiksel Değerlendirmeler

Marmara denizi, Saroz körfezinde avlanan bir balıkçıdan temin edilen balık çeşitlerinde (çipura, hamsi, istavrit, levrek, sardalya ve mezgit) yapılan deneylerden elde edilen toplam element iyonu konsantrasyonları ve biyoerişilebilirliklerinin değerlendirilmesi istatistiksel olarak yapıldı.

### 13.3.1 Toplam Element İyonu Derişimlerinin Değerlendirilmesi

#### 13.3.1.1 Sertifikalı Standart Referans Madde Analizi

Uygulanan yöntemin doğruluğunu belirlemek için TORT-2 standart referans maddesine aynı işlemler uygulanarak analiz edilmiştir. Bulunan değerler ve referans değerler Tablo 12.1’de verildi.

TORT-2 balık standartının titanyum elementine ait referans değeri verilmediği için (bkz. Tablo 12.1) yaş yakma çalışmalarında titanyum için bulunan değerin ( $6230,04 \pm 1594,46 \mu\text{g kg}^{-1}$ ), referans değer ile karşılaştırması yapılamadı.

TORT-2 standart referans örneği için elde edilen değerlere ve sertifikalı referans değerlere tek örneklem t testi için Bölüm 8.1.1 de verilen Eşitlik 8.1 kullanılarak  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri hesaplandı. Bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri Tablo 13.9’da verildi.

**Tablo 13.9:** Standart Referans Madde (TORT-2 )  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri.

Elementler	$t_{\text{deneysel}}$ değerleri
Ti	---
Mn	2,56
Fe	0,24
Co	0,30
Ni	2,44
Cu	5,63
As	1,70
Se	0,005

Sertifikalı Referans Madde TORT-2 ile yapılan analizler sonucunda bulunan toplam element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandığında bulunan  $t_{\text{deneysel}}$

değerleri 2 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 4,30 değerinden bakır dışındaki elementler için küçük olduğundan dolayı aralarında anlamlı bir fark bulunmadı. TORT-2'deki Cu tayini için % 99 güven seviyesinde  $t_{kritik}$  değeri olan 9,92 dan  $t_{deneysel}$  değeri küçük olması nedeniyle, geliştirilen yöntemle bulunan değer ve sertifikalı değer arasında % 99 güven seviyesinde anlamlı bir fark yoktur.

### 13.3.1.2 Balıklardaki Toplam Element İyonu Miktarına Mevsim (Yağlılık) Etkisi

Eylül ve Mart aylarında alınan balık örneklerine yaş yakma yöntemi uygulandığında, asit ekstraktlarında bulunan element iyonları arasında anlamlı fark olup olmadığının gösterilmesi için bağımsız örneklem t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri Tablo 13.10'da verildi.

Balıklardaki yağlılık miktarı mevsime bağlı olarak değişiklik göstereceği için bu etki aynı zamanda balığın yağlılık miktarının balıktaki elementlerin biyoerişilebilirliklerine etkisini de gösterecektir.

**Tablo 13.10:** Eylül ve Mart aylarında alınan balık örneklerindeki toplam element iyonu derişimlerine uygulanan bağımsız t-testi ile elde edilen  $t_{deneysel}$  değerleri.

Balık türü	% 95 güven seviyesindeki $t_{deneysel}$ değerleri							
	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	As	Se
ÇİPURA	<b>5,31</b>	1,51	<b>21,57</b>	<b>19,74</b>	<b>14,16</b>	1,22	2,24	<b>6,46</b>
HAMSİ	<b>7,00</b>	<b>9,63</b>	<b>19,45</b>	<b>35,78</b>	<b>34,24</b>	<b>5,87</b>	0,32	<b>2,81</b>
İSTAVRİT	<b>5,84</b>	<b>10,62</b>	<b>16,58</b>	<b>24,34</b>	<b>4,95</b>	<b>26,08</b>	<b>5,49</b>	<b>2,51</b>
LEVREK	0,09	<b>8,51</b>	<b>4,65</b>	<b>39,83</b>	<b>2,68</b>	0,65	2,07	1,97
SARDALYA	1,32	<b>10,97</b>	<b>14,87</b>	<b>93,98</b>	<b>13,15</b>	<b>3,91</b>	<b>117,49</b>	<b>13,87</b>
MEZGİT	<b>2,44</b>	<b>3,10</b>	<b>8,72</b>	<b>21,74</b>	0,22	<b>3,29</b>	<b>3,02</b>	<b>4,31</b>

### 13.3.1.2.1 Çipura (*Sparus auratus*)

Eylül ve Mart ayında alınan Çipura balığı örneklerinde bulunan toplam element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Mn, Cu ve As elementleri dışındaki diğer elementler için bulunan  $t_{deneyse}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için anlamlı fark olduğu bulundu (bkz. Tablo 13.10). Çipura balığının lezzet (yağlılık) döneminin eylül ayı (bkz. Tablo 2.1) olduğu bilinirken, bu çalışmada % yağ miktarı eylülde (39,41±0,24), martta (42,62 ±4,95) bulundu (bkz. Tablo 12.30). Üretme çiftliklerinde üretilen Çipura balıklarında, deniz balıklarına göre ölçüm belirsizlikleri de göz önünde bulundurulduğunda, yağlılık miktarı açısından farklı sonuçlar gözlenmedi. Çipura için lezzet (yağlılık) döneminin beslenme şartlarının aynı olmasından dolayı değişmemesine neden olabilir. Tablo 12.6 ve Tablo 12.8'deki veriler de değerlendirildiğinde eylül ayında yani Çipura balığının genel olarak daha yağlı olduğu dönemde Fe, Co, Ni ve Se elementlerinin derişiminin, mart ayında ise Ti elementinin derişiminin anlamlı olarak büyük olduğu görüldü.

### 13.3.1.2.2 Hamsi (*Engraulis encrasicolus*)

Eylül ve Mart ayında alınan Hamsi balığı örneklerinde bulunan toplam element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Se elementi dışındaki diğer elementler için bulunan  $t_{deneyse}$  değerleri 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için anlamlı fark olduğu bulundu (bkz. Tablo 13.10). Hamsi balığının lezzet (yağlılık) döneminin mart ayı (bkz. Tablo 2.1) olduğu bilinirken, bu çalışmada % yağ miktarı martta (5,13 ± 0,21), eylülde (1,03± 0,05) olarak bulundu (bkz. Tablo 12.30). Tablo 12.10 ve Tablo 12.12'deki veriler de değerlendirildiğinde eylül ayında yani hamsi balığının genel olarak daha az yağlı olduğu dönemde Ti, Mn, Fe, Co, Ni ve As elementlerinin derişiminin, mart ayında ise Cu elementinin derişiminin anlamlı olarak büyük olduğu görüldü.

### 13.3.1.2.3 İstavrit (*Trachurus trachurus*)

Eylül ve Mart ayında alınan istavrit balığı örneklerinde bulunan toplam element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Tüm elementler için bulunan  $t_{deneyse}$  değerleri 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için anlamlı fark olduğu bulundu (bkz. Tablo 13.10). İstavrit balığının lezzet (yağlılık) döneminin mart ayı (bkz. Tablo 2.1) olduğu bilinirken, bu çalışmada % yağ miktarı da martta ( $27,73 \pm 0,24$ ), eylülde ( $18,77 \pm 1,83$ ) olarak bulundu (bkz. Tablo 12.30). Tablo 12.14 ve Tablo 12.16'daki veriler de değerlendirildiğinde eylül ayında yani hamsi balığının genel olarak daha az yağlı olduğu dönemde Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Se elementlerinin derişiminin mart ayında ise Ti ve As elementinin derişiminin anlamlı olarak büyük olduğu görüldü.

### 13.3.1.2.4 Levrek (*Dicentrarchus labrax*)

Eylül ve Mart ayında alınan Levrek balığı örneklerinde bulunan toplam element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Ti, Cu, As ve Se elementleri dışındaki diğer elementler için bulunan  $t_{deneyse}$  değerleri 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için anlamlı fark olduğu bulundu (bkz. Tablo 13.10). Levrek balığının lezzet (yağlılık) döneminin mart ayı (bkz. Tablo 2.1) olduğu bilinirken, bu çalışma da % yağ miktarı martta ( $25,10 \pm 1,07$ ), eylülde ( $26,24 \pm 0,94$ ) bulundu (bkz. Tablo 12.30). Üretim çiftliklerinde üretilen levrek balıklarında, deniz balıklarına göre ölçüm belirsizlikleri de göz önünde bulundurulduğunda yağlılık miktarı açısından farklı sonuçlar gözlenmedi. Levrek için lezzet (yağlılık) döneminin beslenme şartlarının aynı olmasından dolayı değişmemesine neden olabilir. Tablo 12.18 ve Tablo 12.20'deki veriler de değerlendirildiğinde eylül ayında yani levrek balığının genel olarak daha az yağlı olduğu dönemde Mn, Fe, Co ve Ni elementlerinin derişiminin anlamlı olarak büyük olduğu görüldü.



### 13.3.1.2.5 Sardalya (*Sardina pilchardus*)

Eylül ve Mart ayında alınan sardalya balığında bulunan toplam element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Ti elementi dışında diğer elementler için bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri 4 serbestlik derecesi için % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için anlamlı fark olduğu bulundu (bkz. Tablo 13.10). Sardalya balığının lezzet (yağlılık) döneminin eylül ayı (bkz. Tablo 2.1) olduğu bilinirken, % yağ miktarı da eylülde ( $18,36 \pm 4,57$ ), martta ( $11,52 \pm 0,54$ ) olarak bulundu (bkz. Tablo 12.30). Sonuçlar; Tablo 12.22 ve Tablo 12.24'deki veriler de değerlendirildiğinde eylül ayında yani sardalya balığının genel olarak daha yağlı olduğu dönemde Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As ve Se elementlerinin derişiminin anlamlı olarak büyük olduğu görüldü.

### 13.3.1.2.6 Mezgit (*Merlangius merlangus*)

Eylül ve Mart ayında alınan mezgit balığı örneklerinde bulunan toplam element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Tüm elementler için bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için anlamlı fark olduğu bulundu (bkz. Tablo 13.10). Mezgit balığının lezzet (yağlılık) döneminin mart ayı (bkz. Tablo 2.1) olduğu bilinirken, % yağ miktarı da martta ( $1,72 \pm 0,27$ ), eylülde ( $1,52 \pm 0,30$ ) olarak bulundu (bkz. Tablo 12.30). Sonuçlar; Tablo 12.26 ve Tablo 12.28'deki veriler de değerlendirildiğinde eylül ayında yani mezgit balığının genel olarak daha az yağlı olduğu dönemde Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Se elementlerinin derişiminin mart ayında ise Ti ve As elementlerinin derişiminin anlamlı olarak büyük olduğu görüldü.

**Tablo 13.11:** Yağlı ve Yağsız oldukları mevsimlerde alınan, balık örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \leq t_{deneysel}$ ).

Balık adı	Elementler
Çipura	Ti, Fe, Co, Ni, Se
Hamsi	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As
İstavrit	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, Se
Levrek	Mn, Fe, Co, Ni
Sardalya	Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, Se
Mezgit	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, Se

**Tablo 13.12:** Yağlı ve Yağsız oldukları mevsimlerde alınan, balık örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).

Balık adı	Elementler
Çipura	Mn, Cu, As
Hamsi	Se
İstavrit	---
Levrek	Ti, Cu, As, Se
Sardalya	Ti
Mezgit	---

## 13.3.2 Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin Değerlendirilmesi

### 13.3.2.1 Pişirme Etkisinin Araştırılması

Eylül ve Mart aylarında avlanılan çiğ ve pişmiş balık örneklerinde in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile Mide, Bağırsak (2 saat) ve Bağırsak (4 saat)'lik fazlarına geçen element iyonları arasında anlamlı fark olup olmadığının gösterilmesi için bağımsız örneklem t-testi (independent sample t-test) kullanıldı. Bölüm 8.1.1 de verilen Eşitlik 8.2 ve Eşitlik 8.3 kullanılarak  $t_{deneyse}$  değerleri hesaplandı ve sonuçlar Tablo 13.13' de verildi.

**Tablo 13.13:** Çiğ ve pişmiş balık örneklerinde in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile mide, bağırsak 2 saat ve bağırsak 4 saat'lik fazlara geçen element iyonlarına uygulanan bağımsız t-testi ile elde edilen  $t_{deneyse}$  değerleri.

Balık türü	Mevsim	Faz	$t_{deneyse}$ değerleri							
			Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	As	Se
ÇİPURA	Eylül	Mide	2,55	0,36	0,00	2,26	<b>18,26</b>	0,70	-	<b>16,24</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>3,17</b>	2,12	<b>5,42</b>	2,14	0,00	<b>38,59</b>	<b>11,64</b>	<b>23,66</b>
		Bağırsak 4 saat	2,52	<b>22,54</b>	1,12	2,50	<b>11,71</b>	<b>69,47</b>	<b>50,62</b>	1,49
	Mart	Mide	<b>10,46</b>	0,03	0,00	<b>7,61</b>	<b>8,02</b>	0,00	<b>13,26</b>	1,33
		Bağırsak 2 saat	1,71	<b>3,36</b>	<b>2,91</b>	0,00	2,31	0,58	-	<b>95,52</b>
		Bağırsak 4 saat	-	0,00	<b>5,65</b>	0,00	<b>5,49</b>	<b>8,88</b>	<b>3,65</b>	<b>13,15</b>
HAMSI	Eylül	Mide	<b>13,72</b>	<b>4,94</b>	<b>97,49</b>	<b>9,49</b>	<b>13,67</b>	1,77	-	<b>16,29</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>5,91</b>	<b>6,49</b>	<b>156,42</b>	<b>12,46</b>	<b>9,70</b>	<b>20,20</b>	<b>10,04</b>	<b>17,34</b>
		Bağırsak 4 saat	<b>15,57</b>	<b>64,30</b>	<b>21,20</b>	<b>22,10</b>	<b>6,06</b>	<b>11,14</b>	<b>11,78</b>	<b>7,33</b>
	Mart	Mide	<b>6,24</b>	<b>5,74</b>	<b>133,91</b>	<b>3,41</b>	0,00	<b>238,47</b>	<b>3,71</b>	<b>28,53</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>4,60</b>	2,33	<b>23,25</b>	0,00	-	<b>4,75</b>	0,07	1,62
		Bağırsak 4 saat	2,38	1,96	2,71	0,00	0,20	<b>9,31</b>	<b>10,70</b>	<b>9,82</b>
İSTAVRIT	Eylül	Mide	0,24	<b>3,98</b>	<b>14,00</b>	<b>4,57</b>	0,75	<b>3,57</b>	<b>5,87</b>	<b>14,99</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>4,44</b>	<b>9,83</b>	<b>7,45</b>	2,22	2,46	2,60	<b>4,50</b>	<b>6,37</b>
		Bağırsak 4 saat	0,77	<b>42,29</b>	<b>3,31</b>	0,18	2,56	0,33	1,48	<b>17,49</b>
	Mart	Mide	<b>4,54</b>	<b>4,57</b>	<b>12,23</b>	<b>14,85</b>	<b>17,68</b>	0,00	<b>9,27</b>	<b>10,43</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>10,02</b>	<b>30,01</b>	0,49	<b>4,97</b>	<b>5,23</b>	<b>13,10</b>	<b>9,35</b>	2,05
		Bağırsak 4 saat	<b>7,30</b>	0,00	<b>6,46</b>	<b>2,87</b>	<b>4,96</b>	1,32	<b>4,39</b>	<b>12,73</b>
LEVREK	Eylül	Mide	1,68	0,35	<b>5,26</b>	<b>23,69</b>	<b>5,89</b>	<b>25,45</b>	2,09	<b>9,41</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>22,04</b>	<b>9,74</b>	0,27	<b>5,88</b>	0,00	<b>13,42</b>	<b>3,74</b>	<b>19,29</b>
		Bağırsak 4 saat	<b>2,52</b>	<b>5,37</b>	1,24	<b>4,13</b>	<b>12,70</b>	<b>11,51</b>	1,00	<b>9,10</b>
	Mart	Mide	<b>3,06</b>	-	0,00	<b>63,07</b>	<b>7,61</b>	0,00	2,33	<b>14,51</b>
		Bağırsak 2 saat	0,97	0,00	0,07	0,00	<b>8,49</b>	0,37	<b>5,17</b>	2,19
		Bağırsak 4 saat	0,98	2,19	0,45	0,00	0,00	1,86	2,76	0,28
SARDALYA	Eylül	Mide	<b>9,47</b>	<b>11,23</b>	<b>24,17</b>	1,86	1,64	<b>4,79</b>	<b>10,24</b>	<b>10,65</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>16,72</b>	<b>8,39</b>	<b>10,46</b>	<b>8,66</b>	0,00	<b>5,40</b>	<b>7,24</b>	<b>14,03</b>
		Bağırsak 4 saat	<b>4,59</b>	<b>11,80</b>	<b>10,04</b>	<b>7,66</b>	0,00	<b>4,70</b>	<b>6,11</b>	<b>19,70</b>
	Mart	Mide	<b>15,75</b>	<b>6,17</b>	<b>14,92</b>	<b>9,02</b>	0,91	0,00	<b>81,97</b>	<b>3,38</b>
		Bağırsak 2 saat	2,10	<b>4,04</b>	<b>4,32</b>	0,00	2,12	2,29	<b>3,42</b>	1,84
		Bağırsak 4 saat	0,90	<b>4,92</b>	<b>3,81</b>	0,00	2,13	2,09	2,27	1,14
MEZGİT	Eylül	Mide	<b>4,08</b>	0,05	0,00	<b>4,09</b>	1,48	0,00	<b>10,96</b>	<b>14,20</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>7,51</b>	<b>6,31</b>	<b>8,07</b>	0,00	0,00	<b>21,03</b>	<b>3,46</b>	<b>46,87</b>
		Bağırsak 4 saat	<b>7,83</b>	<b>3,05</b>	1,85	<b>2,90</b>	0,00	<b>37,69</b>	<b>7,22</b>	0,37
	Mart	Mide	<b>5,01</b>	<b>3,94</b>	0,00	0,00	<b>107,39</b>	0,00	<b>7,58</b>	<b>43,25</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>4,81</b>	<b>7,81</b>	0,21	0,00	0,00	<b>23,72</b>	<b>3,51</b>	<b>19,04</b>
		Bağırsak 4 saat	2,53	0,00	<b>6,92</b>	0,00	0,00	<b>3,90</b>	2,23	1,16

### 13.3.2.1.1 Çipura (*Sparus auratus*)

Tablo 13.13 de çipura balığı için hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirilmesi Mide, Bağırsak (2 saat) ve Bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Çiğ ve Pişmiş balık örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Eylül ayında Ni ve Se elementleri için mart ayında ise; Ti, Co, Ni ve As elementleri için bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu bulundu. Tablo 12.6, Tablo 12.7, Tablo 12.8 ve Tablo 12.9'daki veriler de değerlendirildiğinde çipura balığının pişirilmesi ile mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Çiğ ve Pişmiş balık örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Eylül ayında Ti, Fe, Cu, As ve Se elementleri, Mart ayında ise; Mn, Fe ve Se elementleri için bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Bu da Tablo 12.6, Tablo 12.7, Tablo 12.8 ve Tablo 12.9'daki veriler de değerlendirildiğinde çipura balığının pişirilmesi ile Bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat): Çiğ ve Pişmiş balık örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Eylül ayında Mn, Ni, Cu ve As elementleri, Mart ayında ise; Fe, Ni, Cu, As ve Se elementleri için bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark vardır. Tablo 12.6, Tablo 12.7, Tablo 12.8 ve Tablo 12.9'daki veriler de değerlendirildiğinde çipura balığının pişirilmesi ile Bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düşük olduğu sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.14:** Çipura balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \leq t_{deneyse}$ ).

Çipura/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Ni, Se	Ti, Co, Ni, As
Bağırsak (2 saat)	Ti, Fe, Cu, As, Se	Mn, Fe, Se
Bağırsak (4 saat)	Mn, Ni, Cu, As	Fe, Ni, Cu, As, Se

**Tablo 13.15:** Çipura balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \geq t_{deneyse}$ ).

Çipura/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Ti, Mn, Fe, Co, Cu	Mn, Fe, Cu, Se
Bağırsak (2 saat)	Mn, Co, Ni	Ti, Co, Ni, Cu
Bağırsak (4 saat)	Ti, Fe, Co, Se	Mn, Co

### 13.3.2.1.2 Hamsi (*Engraulis encrasicolus*)

Hamsi balığı için Tablo 13.13`de hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirmesi Mide, Bağırsak (2 saat) ve Bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Çiğ ve Pişmiş hamsi örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{deneyse}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden Eylül ayında Ti, Mn, Fe, Co, Ni ve Se elementleri, Mart ayında ise; Ti, Mn, Fe, Co, Cu, As ve Se elementleri için büyük olduğundan aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da Tablo 12.10, Tablo 12.11, Tablo 12.12 ve Tablo 12.13`deki veriler de değerlendirildiğinde hamsi balığının pişirilmesi

ile Mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Çiğ ve Pişmiş hamsi örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Eylül ayında Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As ve Se elementleri, Mart ayında ise; Ti, Fe ve Cu elementleri yönünden bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Tablo 12.10, Tablo 12.11, Tablo 12.12 ve Tablo 12.13'deki veriler de değerlendirildiğinde hamsi balığının pişirilmesi ile Bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat): Çiğ ve Pişmiş hamsi örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri Eylül ayında Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As ve Se elementleri, Mart ayında ise; Cu, As ve Se elementleri için 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğundan dolayı aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da Tablo 12.10, Tablo 12.11, Tablo 12.12 ve Tablo 12.13'deki veriler de değerlendirildiğinde hamsi balığının pişirilmesi ile Bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.16:** Hamsi balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{\text{kritik}}= 2,78 \leq t_{\text{deneysel}}$ ).

Hamsi/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Se	Ti, Mn, Fe, Co, Cu, As, Se
Bağırsak (2 saat)	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, Se	Ti, Fe, Cu
Bağırsak (4 saat)	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, Se	Cu, As, Se

**Tablo 13.17:** Hamsi balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik}=2,78 \geq t_{deneysel}$ ).

Hamsi/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Cu	Ni
Bağırsak (2 saat)	---	Mn,Co, As, Se
Bağırsak (4 saat)	---	Ti, Mn, Fe, Co, Ni,

### 13.3.2.1.3 İstavrit (*Trachurus trachurus*)

İstavrit balığı için Tablo 13.13’de hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirilmesi mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Çiğ ve Pişmiş istavrit örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi için % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden Eylül ayında Mn, Fe, Co, Cu, As ve Se elementleri, Mart ayında ise; Ti, Mn, Fe, Co, Ni, As ve Se elementleri yönünden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Bu da Tablo 12.14, Tablo 12.15, Tablo 12.16 ve Tablo 12.17’deki veriler de değerlendirildiğinde istavrit balığının pişirilmesi ile mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu verdi.

Bağırsak (2 saat): Çiğ ve Pişmiş istavrit örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında alınan deneysel sonuçlara göre; bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Eylül ayında Ti, Mn, Fe, As ve Se elementleri, Mart ayında ise; Ti, Mn, Co, Ni, Cu ve As elementleri yönünden bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark vardır. Tablo 12.14, Tablo 12.15, Tablo 12.16 ve Tablo 12.17’deki veriler de



değerlendirildiğinde istavrit balığının pişirilmesi ile bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat): Çiğ ve Pişmiş istavrit örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi için % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden Eylül ayında Mn, Fe ve Se elementleri, Mart ayında ise; Ti, Fe, Co, Ni, As ve Se elementleri için büyük olduğundan dolayı aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Bu da Tablo 12.14, Tablo 12.15, Tablo 12.16 ve Tablo 12.17'deki veriler de değerlendirildiğinde istavrit balığının pişirilmesi ile bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu verdi.

**Tablo 13.18:** İstavrit balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{\text{kritik}} = 2,78 \leq t_{\text{deneysel}}$ ).

İstavrit/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Mn, Fe, Co, Cu, As, Se	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, As, Se
Bağırsak (2 saat)	Ti, Mn, Fe, As, Se	Ti, Mn, Co, Ni, Cu, As
Bağırsak (4 saat)	Mn, Fe, Se	Ti, Fe, Co, Ni, As, Se

**Tablo 13.19:** İstavrit balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{\text{kritik}} = 2,78 \geq t_{\text{deneysel}}$ ).

İstavrit/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Ti, Ni	Cu
Bağırsak (2 saat)	Cu, Co, Ni	Se, Fe
Bağırsak (4 saat)	Ti, Co, Ni, Cu, As	Mn, Cu

#### 13.3.2.1.4 Levrek (*Dicentrarchus labrax*)

Levrek balığı için Tablo 13.13'de hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirilmesi mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Çiğ ve Pişmiş levrek örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri Eylül ayında Fe, Co, Cu, Ni ve Se elementleri, Mart ayında ise; Ti, Co, Ni ve Se elementleri yönünden 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Bu da Tablo 12.18, Tablo 12.19, Tablo 12.20 ve Tablo 12.21'deki veriler de değerlendirildiğinde levrek balığının pişirilmesi ile mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Çiğ ve Pişmiş levrek örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel Çiğ ve Pişmiş balık örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Eylül ayında Ti, Mn, Co, Cu, As ve Se elementleri, Mart ayında ise; Ni ve As elementleri için bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğundan dolayı aralarında anlamlı bir fark vardır. 12.18, Tablo 12.19, Tablo 12.20 ve Tablo 12.21'deki veriler de değerlendirildiğinde levrek balığının pişirilmesi ile Bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat): Çiğ ve pişmiş levrek örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, Eylül ayında Ti, Mn, Co, Cu, Ni, Se elementleri yönünden 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da 12.18, Tablo 12.19, Tablo 12.20 ve Tablo 12.21'deki veriler de değerlendirildiğinde istavrit balığının pişirilmesi ile bağırsak (4 saat)

fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.20:** Levrek balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{\text{kritik}} = 2,78 \leq t_{\text{deneysel}}$ ).

Levrek/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Fe, Co, Ni, Cu, Se	Ti, Co, Ni, Se
Bağırsak (2 saat)	Ti, Mn, Co, Cu, As, Se	Ni, As
Bağırsak (4 saat)	Ti, Mn, Co, Ni, Cu, Se	-----

**Tablo 13.21:** Levrek balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{\text{kritik}} = 2,78 \geq t_{\text{deneysel}}$ ).

Levrek/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Ti, As	Mn, Fe, Cu, As
Bağırsak (2 saat)	Fe, Ni	Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Se
Bağırsak (4 saat)	Fe, As	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, Se

### 13.3.2.1.5 Sardalya (*Sardina pilchardus*)

Sardalya balığı için Tablo 13.13'de hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirilmesi mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Çiğ ve Pişmiş sardalya örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Eylül ayında Ti, Mn, Fe, Cu, As ve Se elementleri, Mart ayında ise;

Ti, Mn, Fe, Co, As ve Se elementleri yönünden bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Bu da Tablo 12.22, Tablo 12.23, Tablo 12.24 ve Tablo 12.25'deki veriler de değerlendirildiğinde sardalya balığının pişirilmesi ile Mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Çiğ ve Pişmiş sardalya örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri Eylül ayında Ti, Mn, Fe, Co, Cu, As ve Se elementleri, Mart ayında ise; Mn ve As elementleri için 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğundan dolayı aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da Tablo 12.22, Tablo 12.23, Tablo 12.24 ve Tablo 12.25'deki veriler de değerlendirildiğinde sardalya balığının pişirilmesi ile bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu verdi.

Bağırsak (4 saat): Çiğ ve Pişmiş sardalya örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Eylül ayında Ti, Mn, Fe, Co, Cu, As ve Se elementleri, Mart ayında ise; Mn ve Fe elementleri için bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğundan dolayı aralarında anlamlı bir fark olduğunu gösterir. Bu da Tablo 12.22, Tablo 12.23, Tablo 12.24 ve Tablo 12.25'deki veriler de değerlendirildiğinde sardalya balığının pişirilmesi ile bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.22:** Sardalya balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \leq t_{deneysel}$ ).

Sardalya/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Ti, Mn, Fe, Cu, As, Se	Ti, Mn, Fe, Co, As, Se
Bağırsak (2 saat)	Ti, Mn, Fe, Co, Cu, As, Se	Mn, As
Bağırsak (4 saat)	Ti, Mn, Fe, Co, Cu, As, Se	Mn, Fe

**Tablo 13.23:** Sardalya balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).

Sardalya/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Co, Ni	Ni, Cu
Bağırsak (2 saat)	Ni	Ti, Fe, Co, Ni, Cu, Se
Bağırsak (4 saat)	Ni	Ti, Co, Ni, Cu, As, Se

### 13.3.2.1.6 Mezgit (*Merlangius merlangus*)

Mezgit balığı için Tablo 13.13’de hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirilmesi mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Çiğ ve Pişmiş mezgit örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden Eylül ayında Ti, Co, As ve Se elementleri, Mart ayında ise; Ti, Mn, Fe, As ve Se elementleri yönünden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görülür. Bu da Tablo 12.26, Tablo

12.27, Tablo 12.28 ve Tablo 12.29'daki veriler de değerlendirildiğinde mezgıt balığının pişirilmesi ile mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Çiğ ve Pişmiş mezgıt örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Eylül ayında Ti, Mn, Fe, Cu, As ve Se elementleri, Mart ayında ise; Ti, Mn, Cu, As ve Se elementleri yönünden bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Tablo 12.26, Tablo 12.27, Tablo 12.28 ve Tablo 12.29'daki veriler de değerlendirildiğinde mezgıt balığının pişirilmesi ile bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat): Çiğ ve Pişmiş mezgıt örneklerinde yapılan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri Eylül ayında Ti, Mn, Co, Cu ve As elementleri, Mart ayında ise; Fe ve Cu elementleri yönünden 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da Tablo 12.26, Tablo 12.27, Tablo 12.28 ve Tablo 12.29'daki veriler de değerlendirildiğinde mezgıt balığının pişirilmesi ile bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen, element miktarlarının anlamlı olarak düştüğü sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.24:** Mezgıt balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler(serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{\text{kritik}} = 2,78 \leq t_{\text{deneysel}}$ ).

Mezgıt/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Ti, Co, As, Se	Ti, Mn, Fe, As, Se
Bağırsak (2 saat)	Ti, Mn, Fe, Cu, As, Se	Ti, Mn, Cu, As, Se
Bağırsak (4 saat)	Ti, Mn, Co, Cu, As	Fe, Cu

**Tablo 13.25:** Mezgıt balığının Eylül ve Mart ayı örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).

Mezgit/FAZ	EYLÜL	MART
Mide	Mn, Fe, Ni, Cu	Co, Ni, Cu
Bağırsak (2 saat)	Co, Ni	Fe, Co, Ni
Bağırsak (4 saat)	Fe, Ni, Se	Ti, Mn, Co, Ni, As, Se

### 13.3.2.2 Mevsim (Yağlılık) Etkisinin Araştırılması

Eylül ve Mart aylarında avlanılan çiğ ve pişmiş balık örneklerinde in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat)'lik fazlara geçen element iyonları arasında mevsim değişimine bağlı olarak anlamlı fark olup olmadığının gösterilmesi için bağımsız örneklem t-testi kullanıldı. Balıklardaki yağlılık miktarı mevsime bağlı olarak değişiklik göstereceği için bu etki aynı zamanda balığın yağlılık miktarının balıktaki elementlerin biyoerişilebilirliklerine etkisini de gösterecektir. Mevsim değişimine bağlı olarak çiğ ve pişmiş balık örneklerinde mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazlarına geçen element iyonlarına uygulanan bağımsız t-testi ile elde edilen  $t_{deneysel}$  değerleri Tablo 13.26'da verildi.

**Tablo 13.26:** Mevsim etkisine bağılı olarak çiğ ve pişmiş balık örnekleri için mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazlarına geçen element iyonlarına uygulanan bağımsız t-testi ile elde edilen  $t_{deneyse}$  değerleri.

BALIK ÇEŞİDİ		Faz	$t_{deneyse}$ değerleri							
			Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	As	Se
ÇİPURA	Çiğ	Mide	<b>5,91</b>	2,73	0,00	<b>3,01</b>	<b>4,41</b>	0,08	0,99	0,21
		Bağırsak 2 saat	<b>3,35</b>	<b>8,35</b>	<b>5,33</b>	<b>14,39</b>	<b>3,91</b>	1,00	-	<b>46,59</b>
		Bağırsak 4 saat	-	<b>25,11</b>	<b>9,41</b>	<b>17,90</b>	1,23	0,05	<b>39,15</b>	<b>7,44</b>
	Pişmiş	Mide	<b>3,06</b>	<b>6,69</b>	0,00	0,86	<b>46,33</b>	0,04	-	<b>4,27</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>14,94</b>	<b>3,60</b>	<b>6,14</b>	<b>7,02</b>	<b>28,79</b>	0,03	0,58	<b>10,76</b>
		Bağırsak 4 saat	<b>4,71</b>	<b>39,7</b>	<b>10,39</b>	<b>3,62</b>	0,00	0,00	<b>4,76</b>	<b>14,00</b>
HAMSI	Çiğ	Mide	<b>3,58</b>	<b>3,58</b>	<b>82,69</b>	<b>8,79</b>	<b>32,49</b>	<b>6,66</b>	-	0,61
		Bağırsak 2 saat	0,30	0,02	<b>19,48</b>	<b>792,18</b>	-	<b>9,00</b>	1,21	<b>4,73</b>
		Bağırsak 4 saat	<b>3,35</b>	<b>3,69</b>	0,84	<b>16645,44</b>	2,42	0,38	<b>4,64</b>	<b>5,13</b>
	Pişmiş	Mide	<b>5,05</b>	<b>7,19</b>	<b>10,00</b>	<b>74,41</b>	<b>11,96</b>	<b>101,63</b>	<b>3,59</b>	<b>12,87</b>
		Bağırsak 2 saat	1,99	<b>19,84</b>	<b>15,25</b>	<b>461,01</b>	2,13	<b>5,88</b>	<b>5,74</b>	<b>15,95</b>
		Bağırsak 4 saat	0,70	<b>36,72</b>	<b>18,79</b>	<b>1763,14</b>	<b>5,57</b>	<b>15,77</b>	2,18	0,97
İSTAVRIT	Çiğ	Mide	<b>4,29</b>	2,01	1,60	<b>3,02</b>	<b>11,27</b>	<b>7,76</b>	<b>12,11</b>	2,36
		Bağırsak 2 saat	<b>14,11</b>	<b>11,13</b>	1,66	<b>99,88</b>	<b>47,04</b>	<b>8,83</b>	<b>13,89</b>	1,36
		Bağırsak 4 saat	<b>7,88</b>	0,00	<b>3,03</b>	<b>14,14</b>	2,02	<b>2,75</b>	<b>18,78</b>	<b>8,87</b>
	Pişmiş	Mide	0,95	<b>10,44</b>	0,00	<b>5,35</b>	<b>6,19</b>	<b>22,72</b>	<b>11,40</b>	<b>27,55</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>6,06</b>	<b>4,06</b>	<b>7,64</b>	2,14	1,24	<b>8,10</b>	<b>23,43</b>	0,45
		Bağırsak 4 saat	1,02	<b>42,29</b>	<b>9,53</b>	<b>3,51</b>	0,03	0,37	<b>20,34</b>	<b>3,62</b>
LEVREK	Çiğ	Mide	<b>3,75</b>	-	<b>5,26</b>	<b>35,67</b>	<b>6,12</b>	0,00	0,82	<b>2,38</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>11,24</b>	<b>5,86</b>	<b>11,60</b>	<b>29,08</b>	<b>10,97</b>	1,40	<b>11,91</b>	1,61
		Bağırsak 4 saat	1,45	<b>3,85</b>	<b>37,99</b>	<b>13,44</b>	<b>12,70</b>	<b>4,75</b>	<b>6,14</b>	0,76
	Pişmiş	Mide	<b>3,88</b>	<b>4,76</b>	0,00	<b>24,23</b>	<b>23,42</b>	<b>25,45</b>	<b>21,11</b>	0,39
		Bağırsak 2 saat	<b>6,51</b>	<b>49,90</b>	<b>13,36</b>	<b>21,88</b>	<b>3,04</b>	<b>4,19</b>	<b>3,39</b>	<b>15,03</b>
		Bağırsak 4 saat	1,65	1,02	<b>13,99</b>	<b>10,13</b>	0,00	<b>3,98</b>	<b>9,86</b>	<b>14,03</b>
SARDALYA	Çiğ	Mide	0,85	<b>3,17</b>	0,06	0,81	0,03	<b>29,94</b>	<b>24,50</b>	1,56
		Bağırsak 2 saat	<b>3,05</b>	2,37	0,00	1,73	<b>3,43</b>	0,99	2,62	0,43
		Bağırsak 4 saat	1,40	<b>4,93</b>	0,00	1,73	<b>3,01</b>	1,46	<b>9,20</b>	1,98
	Pişmiş	Mide	<b>8,75</b>	1,69	0,66	0,82	<b>3,24</b>	<b>256,47</b>	<b>18,95</b>	<b>16,18</b>
		Bağırsak 2 saat	0,63	0,74	0,03	1,73	<b>4,23</b>	0,57	<b>5,55</b>	1,73
		Bağırsak 4 saat	1,42	<b>6,88</b>	0,01	1,73	<b>12,66</b>	<b>8,54</b>	<b>9,63</b>	<b>15,61</b>
MEZGİT	Çiğ	Mide	<b>8,03</b>	2,02	0,00	<b>9,40</b>	<b>9,37</b>	0,00	<b>2,77</b>	<b>17,29</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>8,40</b>	<b>27,65</b>	<b>18,41</b>	0,00	0,00	<b>55,96</b>	<b>4,37</b>	<b>48,22</b>
		Bağırsak 4 saat	1,65	2,09	<b>4,30</b>	0,00	0,00	<b>742,45</b>	2,34	<b>11,02</b>
	Pişmiş	Mide	<b>7,88</b>	<b>21,52</b>	0,00	<b>11,55</b>	<b>10,28</b>	0,00	1,26	<b>7,02</b>
		Bağırsak 2 saat	<b>6,63</b>	<b>6,08</b>	0,62	0,00	0,00	<b>4,23</b>	<b>4,55</b>	<b>3,17</b>
		Bağırsak 4 saat	<b>12,63</b>	<b>35,09</b>	2,09	<b>2,90</b>	0,00	<b>5,78</b>	<b>11,51</b>	1,81



### 13.3.2.2.1 Çipura (*Sparus auratus*)

Çipura balığı için Tablo 13.26'da hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirilmesi mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Eylül ve Mart aylarında alınan Çipura örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Ti, Co ve Ni elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Ti, Mn, Ni ve Se elementleri yönünden bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Bu da Çipura balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.6 ve Tablo 12.8 deki verilerde değerlendirildiğinde çiğ çipura örneği için Ti ve Ni derişimlerinin mart ayında Co derişiminin ise çipuranın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.7 ve Tablo 12.9 daki verilerde değerlendirildiğinde pişmiş çipura örneği için Ti, Ni ve Se derişimlerinin çipuranın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında mart ayında ise Mn derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan Çipura örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri Çiğ balık örneklerinde Ti, Mn, Fe, Co, Ni ve Se elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Ti, Mn, Fe, Co, Ni ve Se elementleri yönünden, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da Çipura balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.6 ve Tablo 12.8 daki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ çipura örneği için Ti, Mn, Fe ve Ni derişimlerinin mart ayında, Co ve Se derişiminin ise çipuranın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı.

Tablo 12.7 ve Tablo 12.9 daki verilerde değerlendirildiğinde pişmiş çipura örneği için çipuranın daha az yağlı olduğu dönem olan mart ayında Ti, Mn, Fe, Ni, Co ve Se derişimlerinin daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan Çipura örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmaları, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Mn, Fe, Co, As ve Se elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Ti, Mn, Fe, Co, As ve Se elementleri yönünden bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görülür. Bu da Çipura balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.6 ve Tablo 12.8 daki verilerde değerlendirildiğinde çiğ çipura örneği için Fe ve As derişimlerinin mart ayında, Mn, Co ve Se derişiminin ise çipuranın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.7 ve Tablo 12.9 daki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş çipura örneği için Mn, Co, As ve Se derişimlerinin çipuranın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında, mart ayında ise Ti ve Fe derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.27:** Çipura balığının Yağlı-Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ-Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{\text{kritik}} = 2,78 \leq t_{\text{deneysel}}$ ).

Çipura/FAZ	ÇİĞ	PIŞMIŞ
Mide	Ti, Co, Ni	Ti, Mn, Ni, Se
Bağırsak (2 saat)	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Se	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Se
Bağırsak (4 saat)	Mn, Fe, Co, As, Se	Ti, Mn, Fe, Co, As, Se

**Tablo 13.28:** Çipura balığının Yağlı-Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ-Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).

Çipura/FAZ	ÇİĞ	PIŞMIŞ
Mide	Mn, Fe, Cu, As, Se	Fe, Co, Cu, As
Bağırsak (2 saat)	Cu, As	Cu, As
Bağırsak (4 saat)	Ti, Ni, Cu	Ni, Cu

### 13.3.2.2.2 Hamsi (*Engraulis encrasicolus*)

Hamsi balığı için Tablo 13.26’da hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirmesi Mide, Bağırsak (2 saat) ve Bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Eylül ve Mart aylarında alınan hamsi örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri Çiğ balık örneklerinde Ti, Mn, Fe, Co, Ni ve Cu elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As ve Se elementleri için 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görülür. Bu da Hamsi balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, Mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.10 ve Tablo 12.12 deki verilerde değerlendirildiğinde çiğ hamsi örneği için Ti, Mn, Fe, Co, Ni ve Cu derişimlerinin eylül ayında büyük olduğu, hamsinin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise hiçbir element derişiminin anlamlı olarak daha büyük olmadığı sonucuna varıldı. Tablo 12.11 ve Tablo 12.13 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş hamsi örneği için Cu, As ve Se derişimlerinin hamsinin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Ti, Mn, Fe, Co ve Ni derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan hamsi örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Fe, Co, Cu ve Se elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Mn, Fe, Co, Cu, As ve Se elementleri için bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görülür. Bu da Hamsi balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, Bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.10 ve Tablo 12.12 deki verilerde değerlendirildiğinde çiğ hamsi örneği için Co, Cu ve Se derişimlerinin eylül ayında büyük olduğu, hamsinin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise Fe derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.11 ve Tablo 12.13 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş hamsi örneği için Mn, Fe, Cu, As ve Se derişimlerinin hamsinin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Co derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan hamsi örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Ti, Mn, Fe, Co, As ve Se elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Mn, Fe, Co, Ni ve Cu elementleri için bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da Hamsi balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, Bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.10 ve Tablo 12.12 deki verilerde değerlendirildiğinde çiğ hamsi örneği için Ti, Mn ve Se derişimlerinin eylül ayında büyük olduğu, hamsinin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise Fe, Cu ve As derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.11 ve Tablo 12.13 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş hamsi örneği için Mn, Fe ve Cu derişimlerinin hamsinin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Co ve Ni derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.29:** Hamsi balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik}=2,78 \leq t_{deneysel}$ ).

Hamsi/FAZ	ÇİĞ	PİŞMİŞ
Mide	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, Se
Bağırsak (2 saat)	Fe, Co, Ni, Cu, Se	Mn, Fe, Co, Cu, As, Se
Bağırsak (4 saat)	Ti, Mn, Fe, Co, As, Se	Mn, Fe, Co, Ni, Cu

**Tablo 13.30:** Hamsi balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik}=2,78 \geq t_{deneysel}$ ).

Hamsi/FAZ	ÇİĞ	PİŞMİŞ
Mide	As, Se	---
Bağırsak(2 saat)	Ti, Mn, As	Ti, Ni
Bağırsak(4 saat)	Ni, Cu	Ti, As, Se

### 13.3.2.2.3 İstavrit (*Trachurus trachurus*)

İstavrit balığı için Tablo 13.26'da hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirmesi Mide, Bağırsak (2 saat) ve Bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Eylül ve Mart aylarında alınan istavrit örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri Çiğ balık örneklerinde Ti, Co, Ni, Cu ve As elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Mn, Co, Ni, Cu, As ve Se elementleri yönünden, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görülür. Bu da İstavrit balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, Bağırsak

Mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.14 ve Tablo 12.16 daki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ istavrit örneği için Cu derişiminin eylül ayında büyük olduğu, istavritin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise Ti, Co, Ni ve As derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.15 ve Tablo 12.17 deki veriler de değerlendirildiğinde, pişmiş istavrit örneği için As derişiminin istavritin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Ti, Co, Ni ve Cu derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan istavrit örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Ti, Mn, Co, Ni, Cu ve As elementleri, pişmiş balık örneklerinde ise; Ti, Mn, Fe, Cu ve As elementleri için bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da İstavrit balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, Bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.14 ve Tablo 12.16 daki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ istavrit örneği için Mn, Co, Ni ve Cu derişimlerinin eylül ayında büyük olduğu, istavritin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise Ti ve As derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.15 ve Tablo 12.17 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş istavrit örneği için Ti, Mn, Fe, Cu ve As derişimlerinin istavritin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan istavrit örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri çiğ balık örneklerinde Ti, Fe, Co, Cu, As ve Se elementleri, pişmiş balık örneklerinde ise; Mn, Fe, Co, As ve Se elementleri yönünden, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Bu da İstavrit balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri

arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.14 ve Tablo 12.16 daki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ istavrit örneği için Fe, Co, Cu ve Se derişimlerinin eylül ayında büyük olduğu, istavritin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise Ti ve As derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.15 ve Tablo 12.17 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş istavrit örneği için Fe ve As derişimlerinin istavritin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Mn, Co ve Se derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.31:** İstavrit balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \leq t_{deneysel}$ ).

İstavrit/FAZ	ÇİĞ	PİŞMİŞ
Mide	Ti, Co, Ni, Cu, As	Mn, Co, Ni, Cu, As, Se
Bağırsak (2 saat)	Ti, Mn, Co, Ni, Cu, As	Ti, Mn, Fe, Cu, As
Bağırsak (4 saat)	Ti, Fe, Co, Cu, As, Se	Mn, Fe, Co, As, Se

**Tablo 13.32:** İstavrit balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).

İstavrit/FAZ	ÇİĞ	PİŞMİŞ
Mide	Mn, Fe, Se	Ti, Fe
Bağırsak (2 saat)	Fe, Se	Co, Ni, Se
Bağırsak (4 saat)	Mn, Ni	Ti, Ni, Cu

#### 13.3.2.2.4 Levrek (*Dicentrarchus labrax*)

Levrek balığı için Tablo 13.26'da hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirilmesi mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Eylül ve Mart aylarında alınan levrek örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Ti, Fe, Co, Ni ve Se elementleri, Pişmiş balık örneklerinde Ti, Mn, Co, Ni, Cu ve As elementleri için bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görülür. Bu da Levrek balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.18 ve Tablo 12.20 deki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ levrek örneği için Fe, Co ve Ni derişimlerinin eylül ayında büyük olduğu, levreğin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise Ti ve Se derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.19 ve Tablo 12.21 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş levrek örneği için Ti derişiminin istavritin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Mn, Co, Ni, Cu ve As derişimlerinin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan levrek örneklerinde an in vitro çalışmalarındaki deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Ti, Mn, Fe, Co, Ni ve As elementleri, Pişmiş balık örneklerinde Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As ve Se elementleri için bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğundan aralarında anlamlı bir fark olduğu görüldü. Bu da Levrek balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, Bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.18 ve Tablo 12.20 deki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ istavrit örneği için Co derişiminin eylül ayında büyük olduğu, levreğin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise Ti, Mn,



Fe, Ni ve As derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.19 ve Tablo 12.21 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş levrek örneği için Ti, Fe, Ni, Cu, As ve Se derişimlerinin levreğin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Mn ve Co derişimlerinin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan levrek örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve As elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Fe, Co, Cu, As ve Se elementleri yönünden bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da Levrek balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.18 ve Tablo 12.20 deki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ istavrit örneği için Co, Ni ve Cu derişimlerinin eylül ayında büyük olduğu, levreğin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise Mn, Fe ve As derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.19 ve Tablo 12.21 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş levrek örneği için Fe, Cu, As ve Se derişimlerinin levreğin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Co derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.33:** Levrek balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{\text{kritik}} = 2,78 \leq t_{\text{deneysel}}$ ).

Levrek/FAZ	ÇİĞ	PİŞMİŞ
Mide	Ti, Fe, Co, Ni, Se	Ti, Mn, Co, Ni, Cu, As
Bağırsak (2 saat)	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, As	Ti, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As, Se
Bağırsak (4 saat)	Mn, Fe, Co, Ni, Cu, As	Fe, Co, Cu, As, Se

**Tablo 13.34:** Levrek balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).

Levrek/FAZ	ÇİĞ	PİŞMİŞ
Mide	Mn, Cu, As	Fe, Se
Bağırsak (2 saat)	Cu, Se	---
Bağırsak (4 saat)	Ti, Se	Ti, Mn, Ni

#### 13.3.2.2.5 Sardalya (*Sardina pilchardus*)

Sardalya balığı için Tablo 13.26'da hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirilmesi mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Eylül ve Mart aylarında alınan sardalya örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Mn, Cu ve As elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Ti, Ni, Cu, As ve Se elementleri için bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Bu da Sardalya balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.22 ve Tablo 12.24 deki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ sardalya örneği için Mn derişiminin mart ayında büyük olduğu, sardalyanın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında ise Cu ve As derişimlerinin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.23 ve Tablo 12.25 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş sardalya örneği için Ti, Ni, Cu, As ve Se derişimlerinin sardalyanın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan sardalya örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; Bağırsak (2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Ti ve Ni elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Ni ve As elementleri için bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğundan aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da Sardalya balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.22 ve Tablo 12.24 deki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ sardalya örneği için Ni derişiminin mart ayında büyük olduğu, sardalyanın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında ise Ti derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.23 ve Tablo 12.25 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş sardalya örneği için As derişiminin sardalyanın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında büyük olduğu, mart ayında ise Ni derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan sardalya örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri Çiğ balık örneklerinde Mn, Ni ve As elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Mn, Ni, Cu, As ve Se elementleri için, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{\text{kritik}}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu görülür. Bu da Sardalya balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, Bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.22 ve Tablo 12.24 deki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ sardalya örneği için Ni derişiminin mart ayında büyük olduğu, sardalyanın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında ise Mn ve As derişimlerinin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.23 ve Tablo 12.25 deki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş sardalya örneği için As ve Se derişimlerinin sardalyanın daha yağlı olduğu dönem olan eylül ayında büyük olduğu, mart ayında ise Mn, Ni ve Cu derişimlerinin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.35:** Sardalya balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \leq t_{deneysel}$ ).

Sardalya /FAZ	ÇİĞ	PİŞMİŞ
Mide	Mn, Cu, As	Ti, Ni, Cu, As, Se
Bağırsak (2 saat)	Ti, Ni	Ni, As
Bağırsak (4 saat)	Mn, Ni, As	Mn, Ni, Cu, As, Se

**Tablo 13.36:** Sardalya balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).

Sardalya /FAZ	ÇİĞ	PİŞMİŞ
Mide	Ti, Fe, Co, Ni, Se	Mn, Fe, Co
Bağırsak (2 saat)	Mn, Fe, Co, Cu, As, Se	Ti, Mn, Fe, Co, Cu, Se
Bağırsak (4 saat)	Ti, Fe, Co, Cu, Se	Ti, Fe, Co

#### 13.3.2.2.6 Mezgit (*Merlangius merlangus*)

Mezgit balığı için Tablo 13.26'da hesaplanan deneysel t değerlerinin değerlendirilmesi mide, bağırsak (2 saat) ve bağırsak (4 saat) fazları için aşağıda verildi.

Mide: Eylül ve Mart aylarında alınan mezgit örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; mide fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri Çiğ balık örneklerinde Ti, Co, Ni, As ve Se elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Ti, Mn, Co, Ni ve Se elementleri için, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark olduğu

görüldü. Bu da Mezgit balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, mide fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.26 ve Tablo 12.28 deki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ mezgit örneği için Co derişimlerinin eylül ayında büyük olduğu, mezgitin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise Ti, Ni, As ve Se derişimlerinin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.27 ve Tablo 12.29' daki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş mezgit örneği için Ti ve Se derişimlerinin mezgitin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Mn, Co ve Ni derişiminin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (2 saat): Eylül ve Mart aylarında alınan mezgit örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; bağırsak(2 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Ti, Mn, Fe, As ve Se elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Ti, Mn, Cu, As ve Se elementleri yönünden bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı bir fark vardır. Bu da Mezgit balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, bağırsak (2 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.26 ve Tablo 12.28 deki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ mezgit örneği için Mn, Fe, Cu ve Se derişimlerinin eylül ayında büyük olduğu, mezgitin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında ise Ti ve As derişimlerinin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.27 ve Tablo 12.29'daki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş mezgit örneği için Ti, Cu ve Se derişimlerinin mezgitin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Mn ve As derişimlerinin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

Bağırsak (4 saat):Eylül ve Mart aylarında alınan mezgit örneklerinde yapılmış olan in vitro çalışmalarında, alınan deneysel sonuçlara göre; bağırsak (4 saat) fazına geçen element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandı. Çiğ balık örneklerinde Fe, Cu ve Se elementleri, Pişmiş balık örneklerinde ise; Ti, Mn, Co, Cu ve As elementleri yönünden bulunan  $t_{deneysel}$  değerleri, 4 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 2,78 değerinden büyük olduğu için aralarında anlamlı

bir fark olduğu görülmüştür. Bu da Mezgit balığına ait çiğ-pişmiş örneklerdeki, bağırsak (4 saat) fazına geçen ve yukarıda belirtilen element derişimleri arasında yağlı-yağsız oldukları aylarda anlamlı bir farklılık olduğunu gösterdi. Tablo 12.26 ve Tablo 12.28 deki verilerde değerlendirildiğinde, çiğ mezgit örneği için Fe, Cu ve Se derişimlerinin eylül ayında anlamlı olarak büyük olduğu sonucuna varıldı. Tablo 12.27 ve Tablo 12.29' daki verilerde değerlendirildiğinde, pişmiş mezgit örneği için Ti derişiminin mezgitin daha yağlı olduğu dönem olan mart ayında büyük olduğu, eylül ayında ise Mn, Co, Cu ve As derişimlerinin anlamlı olarak daha büyük olduğu sonucunu gösterdi.

**Tablo 13.37:** Mezgit balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık gösteren elementler (serbestlik derecesi=4 için 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \leq t_{deneysel}$ ).

Mezgit /FAZ	ÇİĞ	PİŞMİŞ
Mide	Ti, Co, Ni, As, Se	Ti, Mn, Co, Ni, Se
Bağırsak (2 saat)	Ti, Mn, Fe, Cu, As, Se	Ti, Mn, Cu, As, Se
Bağırsak (4 saat)	Fe, Cu, Se	Ti, Mn, Co, Cu, As

**Tablo 13.38:** Mezgit balığının Yağlı ve Yağsız olduğu mevsimlerde alınan, Çiğ ve Pişmiş örneklerinde anlamlı olarak farklılık göstermeyen elementler (serbestlik derecesi=4 için % 95 güven seviyesinde  $t_{kritik} = 2,78 \geq t_{deneysel}$ ).

Mezgit /FAZ	ÇİĞ	PİŞMİŞ
Mide	Mn, Fe, Cu	Fe, Cu, As
Bağırsak (2 saat)	Co, Ni	Fe, Co, Ni
Bağırsak (4 saat)	Ti, Mn, Co, Ni, As	Fe, Ni, Se

## 14. GENEL DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Balık örneklerinin analizlerine göre oluşturulan çizelgelerin incelenmesi ile aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

1. Standart Referans Madde ile yapılan analizler ve ICP-MS ile yapılan analizlerin doğruluğu gösterilmiştir.

2. Balıklardaki toplam element analizleri; Eylül ve Mart aylarında alınan balıklardaki mevsimsel değişimin etkisi, t-testi istatistik yöntemi ile incelendiğinde, balık örneklerindeki element derişimlerinin mevsime (yağlılık) bağılı olarak anlamlı bir şekilde değiştiğini göstermiştir.

3. Balıklardaki elementlerin biyoerişilebilirlikleri ile ilgili yapılan çalışmalardan; Çiğ ve Pişmiş balık örneklerinden elde edilen sonuçların t-testi ile değerlendirmesi yapılmış genel olarak çiğ balıkların mide ve bağırsak fazlarındaki element oranlarının, pişirildiğinde düştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

4. Balıklardaki elementlerin biyoerişilebilirlikleri ile ilgili yapılan çalışmalardan, mevsim veya yağlılık oranının etkisi çiğ ve pişmiş balık örneklerinde ayrı, ayrı t-testi ile değerlendirilmiş mevsim değişimine bağılı olarak balıklardaki yağ miktarının değişiminin genel olarak mide ve bağırsak fazlarındaki element derişimlerini etkilediği sonucuna varılmıştır.

5. Çiftlik balıkları olan levrek ve çipura örneklerinde mevsimsel değişime bağılı olarak, yağlılık miktarları arasında bir farklılık gözlenmemiştir. Bu nedenle, üretme çiftliklerindeki beslenme şekillerinin balıklara, oradan da insanlara etkisinin olacağı sonucunu çıkarabiliriz (Kahvecioğlu vd., 2009).

Türkiye’de günlük dip balık tüketimi: 4 g bu haftada 28 g (FAO, 2010) etmektedir. Haftalık ve günlük alımı hesaplamak için aşağıdaki formüllerden yararlanılmaktadır;

EDI (Günlük Alım) : element  $\text{mg kg}^{-1}$  x 4 g /1000 g

EWI (Haftalık Alım): element  $\text{mg kg}^{-1}$  x 28 g /1000 g

Aynı şekilde Türkiye’de günlük pelajik balık tüketimi: 11 g bu haftada 77 g (FAO, 2010) etmektedir. Haftalık ve günlük alımı hesaplamak için aşağıdaki formüllerden yararlanılır.

Elemental Dairy İntake (EDI) (Günlük Alım) : element  $\text{mg kg}^{-1}$  x 11 g /1000 g

Elemental Weekly İntake (EWI) (Haftalık Alım): element  $\text{mg kg}^{-1}$  x 77 g /1000 g

Yukarıdaki literatür bilgilerine dayalı olarak, balık örnekleri için element içerikleri ve tüketime bağlı olarak insanların tükettiği element miktarları hesaplanabilir. Buradan da anlaşılacağı üzere deniz ürünlerinin element yönünden izlenmesi, ekolojik sistemin devamlılığı ve canlılara olan etkisinin laboratuvar koşullarında incelenmesi, geçmişten geleceğe taşınan bir mirastır. Bu tür çalışmalar, değişik metotlar uygulanarak ve geliştirilerek arttırılmalıdır.

Balıklarla ilgili toksite çalışmalarında gıda kodeksi ve literatürlerde daha çok cıva, kadmiyum, kurşun ve arsenik üzerine sınır değerler verilmiştir. Taze balıklardaki Cu, Zn, Pb, Cd ve As için Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen tüketim için kabul edilebilir maksimum miktarlar sırası ile 20 mg/kg, 50 mg/kg, 1 mg/kg, 0,1 mg/kg ve 1 mg/kg’dır (Anonymous, 1997). Avrupa Konseyi tarafından belirlenen maksimum tüketilebilirlik sınırları da Pb, Cu, Zn için aynı olup Cd için 0,2 mg/kg’dır (Council of Europe, 1996; MAFF, 1995).

Yukarıdaki literatür bilgilerinin ışığında; yapılan analizlerde element derişimlerinin, verilen sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir. Balıkların avlandığı mevkiinin daha dar bir alanda tutulması, kirlilik tespiti yapılan koyların seçilmesi element derişimlerinin fazla çıkmasına sebep olacak ve bu şekilde hedeflenen canlıya etkisi ve dolayısıyla insan sindirimine yansması daha belirgin olarak görülecektir.



## 15. KAYNAKLAR

Ackman, R.G., (1995). Composition and Nutritive Value of Fish and Shellfish Lipids. *Fish and Fishery Products*, Netherlands, 139, ISBN, 0- 85198-927-6.

Adıgüzel, F., Civelek, O., Sayılı, M. ve Büyükbay, E. O., (2009). Tokat İli Almus İlçesinde Ailelerin Balık Tüketim Durumu, *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 26(2): 35-43.

Ağcasulu, Ö., (2007). Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan *Capoeta tinca*'nın Dokularında Ağır Element Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 54.

Akdeniz, İ., (2002). Toprak ve Su gibi Çevre Örneklerinde Arsenik Tayini ve Spesiyasyonu (Türlemesi), Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.

Aksoy, A. and Ozturk, M., (1996), "Phoenix dactylifera L. as a Biomonitor of Heavy Element Pollution in Turkey", *Journal of Trace and Microprobe Techniques*, 14, 605-614.

Aksu, A., Balkıs, N., Taşkın, Ö. S., Erşan M. E., 2011, Toxic metal (Pb, Cd, As and Hg) and organochlorine residue levels in hake (*Merluccius merluccius*) from the Marmara Sea, Turkey, *Environ Monit Asses*, 182(1-4), 509-21.

Aksun, F.Y., (1986). Karamık Gölü'nde Yaşayan Turna Balıklarında ( *Esox lucius* L.,1758 ) Ağır Element Birikimi. *VIII Ulusal Biyoloji Kongresi*, 3-5 Eylül 1986, 2,454-461.

Akşıray, F., (1987). Türkiye Deniz Balıkları ve Tayin Anahtarı. *İstanbul Üniversitesi Yayınları*, No: 3490, 811 s.

Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., Zuncov, E., Shahidi, F., Alexis, M. (2002), Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Total lipid content, fatty acid and trace mineral composition, *Food Chemistry*, 79:145-150.

Algan, O., Balkıs, N., Çağatay, N. M., SARI, E., 2004, The sources of metal contents in the shelf sediments from the Marmara Sea, Turkey, *Environmental Geology*, 46, 932-350.

Alpbaz, A., (1990). Deniz Balıkları Yetiştiriciliği. *Ege Üniv. Yayınları*, sayı: 20, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.

Altunışık R. vd., (2010). Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri. (6.Baskı). Sakarya: *Sakarya Yayıncılık*.

Amundsen, P., Staldvik, F.J., Lukin, A.A., Kashulin, N.A., Popova, O.A., Reshetnikov, Y.S., (1997). Heavy Element Contamination in Freshwater Fish from the Berner Region Between Norway and Russia. *The Science of the Total Environment*, 201, 211-224.

Angiş, S., (2004). Gökkuşluğu Alabalığı'nda Soğuk Tütsülemenin Bazı Önemli Kimyasal ve Duyusal Özellikler Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri ABD*, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

Anonim, ( 2007). Yiyecek ve İçecek Hizmetleri. Besin Öğeleri 2. *MEGEP*, Ankara.

Anonim, (2005). *Agilent Technologies, ICP-MS A Primer*, USA.

Anonymous, (1997). Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. *Dünya Yayıncılık*, İstanbul, 214.

Aro, T., Tahvonen, R., Mattila, T., Nurmi, J., Sivonen, T. and Kallio, H., (2000). Effects of Season and Processing on Oil Content and Fatty Acids of Baltic Herring (*Clupea harengus membras*). *Department of Biochemistry and Food Chemistry, University of Turku*, FIN-20014 Turku, Finland.

Atay, D., (1994). Deniz Balıkları ve Üretim Tekniği. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1352, Ders Kitabı, 392, 15.

Atta, M. B., El-Seba\_E, L. A., Noaman, M. A., Kassab., H. E. 1997. The effect of cooking on the content of heavy metals in fish (*Tilapia nilotica*). *Food Chemistry*, Vol;58, No. I-2.

Baki, B. ve Kalma, M., (2010), Orta karadeniz kıyısal bölgesindeki (Sinop) deniz levreğinin (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) yıllık büyüme oranlarının incelenmesi üzerine bir araştırma, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 22(1);55-59.

Barnabé, G., (1971), Bases Biologiques et Ecologiques de L" aquaculture, *Lavoisier-Tec. Doc.*, 55.

Basta, N.T., Rodriguez, R.R., Casteel, S.W., (2001). "Bioavailability and risk of arsenic exposure by the soil ingestion pathway". In: Frankenberger, Jr., W.T. (Ed.), *Environmental Chemistry of Arsenic*. Marcel Dekker, New York.

Bat, L., Gökkurt Baki, O., Karakaş, E., Vişne, A. ve Okay, Ç. (2014). "Ağır Elementlerin Ekosistem Tepkilerini Anlamaya Yönelik Karadeniz'in Gösterge Organizmaları Kullanılarak Yapılmış Çalışmalar", *Yunus Araştırma Bülteni*.

Bat, L., Öztürk, M., Öztürk, M., 1996, Heavy Metal Concentrations in Some Commercial Teleost Fish from the Black Sea, *O.M.Ü Faculty of Science-Arts, Journal of Science*, 7(1);117-135.

Baysal, A., (1996). Beslenme. *Hatipoğlu Yayınları*, 93. Yüksek Öğretim Dizisi, 26. ISBN: 975-7527-73-4.

Baytak, S. (2003). Mn(II), Co(II), Fe(III) ve Cr(III) iyonlarının mikroorganizma tutturulmuş Amberlit XAD-4 kullanılarak katı faz özütlemeye tekniği ile zenginleştirme şartlarının araştırılması ve alevli atomik absorpsiyon spektrometrisi ile tayini. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Beğenirbeş, C.A.S., (2002). Porsuk Çayı ( Kütahya Bölümü )'ndeki Tatlısu Midyesi (Unio sp.)'nde Bazı Ağır Elementlerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 47, Eskişehir.

Beklevik, G., (2005). Farklı Avlama Mevsimlerinin, Deniz Levreği (*Dicentrarchus labrax* Linne, 1758)'nin Kimyasal Kompozisyonu ve Dondurularak Depolamada (-18 oC) Kimyasal ve Duyusal Kalite Kriterlerine Etkileri. Doktora Tezi *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 112.

Bhouri, A.M., Bouhlel, I., Chouba, L., Hammami, M., El Cafsi, M., Chaouch, A.(2010) Total lipid content, fatty acid and mineral compositions of muscles and liver in wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*), *African Journal of Food Science*, 4(8): 522-530.

Bryan, G.W, (1980).Recent Trends in Research on Heavy Element Contamination in the Sea. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 33 (1-4), 6-25.

Cabanero, A. I., Madrid, Y., Cámara, C. (2004). "Selenium and mercury bioaccessibility in fish samples: an in vitro digestion method". *Analytica Chimica Acta*, 526, 51-61.

Campbell, A.C., (1983). Was Lebt in Mittelmeer Pflanzen und Tiere der Mittelmeerküsten in Farbe, *Franckh'sche Verlags.*, Stuttgart, 320 p.

Canlı, M., Atlı, G.( 2003). " The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species" *Environmental Pollution* 121, 129–136.

Canlı, M., Atlı, G., 2003, The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe,Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species, *Environmental Monitoring and Assessment*, 121, 129-136.

CDA, (2012). California Dental Association.. <http://www.cda.org.uk/megab2/general/pub121/section7.htm#Product%20> (Erişim Tarihi: 16.03.2012).

Chen, J.S., (2001). "The role of science in Codex standards", *Biomed. Environ. Sci.*, 14, 145-148.

Codell M. (1959). Analytical chemistry of titanium elements and compounds. New York, London: *Interscience publishers, Inc.* 3-6.

"Codex Alimentarius Commission Contaminants, Joint FAO/WHO Food Standards Program", (1984). *Codex Alimentarius*.

Comar, D., (1969). "Modern trends in activation analysis", *NBS Spec. Pub.*, 312, 99.

Combs, G.F., (2001). "Selenium in global food systems", *Brit. J. Nutr.*, 517-547.

Consumer perception to ward quality and safety of fishery products, (2009). Beijing, China. *Food Control*, 20(10): 918-922. doi:10.1016/j.foodcont..01.008.

Council of Europe, (1996). Resolution AP (96) 4 on Maximum and Guideline Levels and on Source Directed Measures Aimed at Reducing the Contamination of Food by Lead, Cadmium and Mercury. *Adopted by the Committee of Ministers* on 2 October 1996.

Crawford PR. (1994) Titanium. The element of the gods. *NYSDJ*. 60: 180-181.

Çakmak, I. and Marschner, H., (1988). "Enhanced Superoxide Radical Production In Roots Of Zn-Deficient Plants", *J. Exp. Bot*, 1449-1460,

Çetinbaş, A., (2003). İzmit Körfezi'nde Avlanan İstavrit ( *Trachurus trachurus* L.,1758 ) Balıklarının Dokularında Cu ve Zn Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji*, Ankara, 67.

Dalman, Ö., Demirak, A., Balcı, A. (2006). "Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry" *Food Chemistry* 95, 157–162.

De Castro, M.D.L., Priego-Capote, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2383.

Dean, J. (2005). Practical Inductively Coupled Plasma Spectroscopy, *John Wiley&Sons Ltd*, Newcastle, UK, 183s.

Demirsoy, A., (1998). Yaşamın Temel Kuralları, Omurgalılar/Anamniyata HÜ. *Fen Fak. Biyoloji Böl. Cilt, III / Kısım-1* Ankara, 684 s.

Derrell, R.V., (1991). Trace Elements in Human Nutrition Micronutrients in Agriculture, *SSSA Book Series 4*, USA.

Dhillon, K.S. and Dhillon, S.K., (2003). "Distribution and Management Of Seleniferious Soils", *Advance in Agronomy*, 119-184.

Dönmez, M. ve Tatar, O. (2001). Fileto ve Bütün Olarak Dondurulmuş Gökkuşığı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W.) Muhafazası Süresince Yağ Asitleri Bileşimlerindeki Değişmelerin Araştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18(2001):125-134.

Dönmez, M. ve Tatar, O. (2001). Fileto ve Bütün Olarak Dondurulmuş Gökkuşığı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W.) Muhafazası Süresince Yağ Asitleri Bileşimlerindeki Değişmelerin Araştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18(2001):125-134.

Dönmez, M. ve Tatar, O. (2001). Fileto ve Bütün Olarak Dondurulmuş Gökkuşığı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W.) Muhafazası Süresince Yağ Asitleri Bileşimlerindeki Değişmelerin Araştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18(2001):125-134.

Duker, A.A., Carranza, E.J.M., and Hale, M., (2005). "Arsenic geochemistry and health", *Environment International*, 631-641.

Dural, M., Göksu, M. Z. L., Özak, A. A., 2007, Investigation of heavy metal levels in economically important fish species capture from the Tuzla Lagoon, *Food Chemistry*, 102, 415-421.

Dural, M., Lugal Göksu, M. Z., Özak, A. A. (2007). “ Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon”. *Food Chemistry* 102, 415–421.

Emre, M., (2000). “ Nikelli ve Nikelsiz Altın Alaşımlarının Geniş Bir Bileşim Aralığında Fiziksel, Kimyasal, Mekanik ve Alerjen Özelliklerinin Belirlenmesi ”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Erdem, Y., (1996). Kalkan (*Scophthalmus maeoticus* Pallas 1811) Balığı Avcılığında Kullanılan Sade Uzatma Ağlarının Seçiciliği Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, *OMÜ, Fen Bil. Ens.*, 64 s.

Erdik, E., ve Sarıkaya, Y., *Temel Üniversite Kimyası*, Ankara: Gazi Kitabevi, (1986).

Erkan, C., (1984). *Diş Sağlığı ve Meslek Hastalıkları*, Ankara Üniversitesi: Tıp Fakültesi Yayınları, 441.

Erkan, N. and Özden, Ö., (2008). Quality Assessment of Whole and Guttled Sardines (*Sardinapilchardus*) Stored in Ice. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 1549–1559.

Erkan, N., Özden, Ö. (2007) Proximate composition and mineral contents in aqua cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*), sea bream (*Sparus auratus*) analyzed by ICP-MS, *Food Chemistry*, 102: 721-725.

Escribano, S.T., Ruiz, A., Barrios, L., Veleza, D., Montoro, R., (2011). “ Influence of mercury bioaccessibility on exposure assessment associated with consumption of cooked predatory fish in Spain”. *J. Sci. Food Agric.* 2011;91: 981–986.

Eskilsson, C.S., Bjorklund, E. (2000). Analytical-scale microwave-assisted extraction. *Journal of Chromatography A*, 902(1), 227.

Ezer, M., ve Laçın A., (2005).“K. Maraş Bölgesindeki Keçi Sütünde Eser Element Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Kahraman Maraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, K. Maraş.

Fabre-Domerque, B., (1905), Introduction a L'etude de la Pisciculture Marine, In "Travail du Laboratoire de Zoologie Maritime de Concarneau", *Vuibert et Nony Ed.* Paris, 205-243 pp.

FAO, (2010). The food consumption refers to the amount of food available for human consumption as estimated by the FAO *Food Balance Sheets*. <http://www.fao.org/home/en/>

Feng, W.,Jian, Z., Weisong, M., Zetian, F. And Xiaoshuan, Z.( 2009).

Fırat, K. ve Saka, Ş.,(2012) “Levrek (*Dicentrarchus labrax* Lin., 1758) Balığının Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri”,[http://biyologlar.com/index.php?option=com\\_kunena&func=view&catid=171&id=4430&Itemid=0](http://biyologlar.com/index.php?option=com_kunena&func=view&catid=171&id=4430&Itemid=0) (Erişim tarihi: 31Mart 2016).

Förstner, G., Wittmann, T., (1981). Element Pollution in the Aquatic Environment, *Berlin Heidelberg*, Newyork Springer Verlag, 3(21), 271-318p.

Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Serra, J.A., Barat, J.M. (2010) Comparison of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality, *Food Chemistry*, 119: 1514-1518.

Gamez-Meza, N., Higuera-Ciapara, L., Calderon De La Barca, A.M., Vazquez-Moreno, L., Noriega-Rodriguez, J. and Angulo-Guerrero, O., (1999). Seasonal Variation in the Fatty Acid Composition and Quality of Sardine Oil from *Sardinops sagax caeruleus* of the Gulf of California. *Lipids*, 34 (6): 639-642.

Ge, K.Y. and Chang, S.Y., (2001). “Dietary intake of some essential micronutrients in China”, *Biomed. Environ. Sci.*, 14, 318-324.

Genç, Y., Mutlu, C., Zengin, M., Aydın, İ., Zengin, B., Tabak, İ., (2002). Doğu Karadeniz'deki Av Gücünün Demersal Balık Stokları Üzerine Etkisinin



Tespiti, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı TAGEM/IY/97/17/03/006 Nolu Proje Sonuç Raporu, *Su Ürünleri Merkez Arşt. Ens. Müdürlüğü*, Trabzon, 122 s.

Geofuse, (2013). Erişim Tarihi: 14.02.2013.<http://www.geofuse.com/maps> Beşiktepe vd., 2000).

Gökoğlu, N., (2002). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, *Su Vakfı Yayınları*, İstanbul , 157s.

Guler, G.O., Aktumsek, A., Cıtlı, O.B., Arslan, A. and Torlak, E., (2007). Seasonal Variations on Total Fatty Acid Composition Of Fillets Of Zander (Sander lucioperca) in Beyşehir Lake (Turkey). *Food Chemistry*, 103: 1241- 1246.

Güney, O., 1996. Marmara Denizi Tekirdağ ili Açıklarında ve İzmit Körfezindeki İstavrit Balıklarında Ağır Metal Birikimi ve Pişirmenin Bu Birikimi Etkileme Durumu Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ev Ekonomisi Anabilim Dalı, Ankara, 69s.

Haritonidis, S., P. Malea, (1999). “Bioaccumulation of Elements by the Green Alga *Ulva rigida* from Thessaloniki Gulf, Greece”, *Environmental Pollution*, Vol.104, p.p. 365-372.

Haritonidis, S., P. Malea, , (1999). “Bioaccumulation of Elements by the Green Alga *Ulva rigida* from Thessaloniki Gulf, Greece”, *Environmental Pollution*, Vol.104, p.p. 365-372.

He, M., Ke, C.H., Wang, W.X., (2010). “Effects of cooking and subcellular distribution on the bioaccessibility of trace elements in two marine fish species”. *J. Agric. Food Chem.* 58, 3517–3523.

Hughes, W.W., (1996). Environmental Toxicants (W.W. Hughes editör). Essentials of Environmental Toxicology. *The effects of Environmentally Hazardous Substance on Human Health*, Taylor & Francis Publicatio, Washington, pp.125-141.

Jaffee RI, (1970). Promisel NE. The science technology and application of titanium. 1st ed., Oxford, *Pergamon Pres.*

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., (2009). Elementlerin Çevresel Etkileri- I, *Elementurji Dergisi*, 136.

Karadaş, C., (2008). “Balya İlçesi ve Yakın Köylerindeki Toprak Kirliliğinin Çocuklar Üzerine Etkisinin İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi ile Belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kimya Anabilim Dalı, Balıkesir.

Kargın, E., Erdem, C., (1992). Bakır-Çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica*'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Element Birikimi. *Turkish Journal of Zoology*, 16, 343-348s.

Kellner, R., Otto, M. Valcarcel, M. Widmer, H.M., (2004), *Sample Preparation*, in *Analytical Chemistry: Modern Approach to Analytical Science*. Wiley: Weinheim. p. 506-508.

Keser, M., (2007). “Aterosklerotik plakalarda ağır element oranlar ile e-NOS ve İL-6 gen polimorfizmi arasındaki ilişki”, Uzmanlık Tezi, *T.C. Sağlık Bakanlığı. Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi*, İstanbul.

Keskin, C., 2007, Temporal variation of the fish assemblages in different shallowwaterhabitats in Erdek Bay, Marmara Sea, Turkey, *J. Black Sea/Mediterranean Environment*, 13, 215-234.

Korkmaz Görür, F., Keser, R., Akçay, N., Dizman, S. (2012). “Radioactivity and heavy metal concentrations of some commercial fish species consumed in the Black Sea Region of Turkey” *Chemosphere*, 87-4, 356-361.

Kuşlu, S., Çavuş, F., (2008). “Mikro Dalga Enerjisinin Analitik Kimya Sahasında ve Katalizör Hazırlamada Kullanımı”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*: Cilt:14, Sayı:3, 267-277.

Kuzu, S., (2005). Farklı Avlama Mevsimlerinin İskenderun Körfezi'nde Avlanan KeserbaşBarbun (*Mullus barbatus*, L., 1758)'un Amino Asit ve Yağ Asitleri

Kompozisyonuna Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.

Küpelı T., Altundağ H., ve İmamoğlu M., “Assessment of Trace Element Levels in Muscle Tissues of Fish Species Collected from a River, Stream, Lake, and Sea in Sakarya”, Chemistry Department, Faculty of Arts and Science, Sakarya University, 54187 Sakarya, Turkey, *The Scientific World Journal* Volume 2014 (2014), Article ID 496107, 7 pages

Landis, W.G., Ho Yu, M., (1999). “Environmental Toxicology”, Impacts of Chemicals Upon Ecological Systems, Second Edition, Chapter-8 “Heavy Elements”, *Lewis Publishers*, CRC Pres LLC.

Lautenschlager E, Monaghan P. (1993) Titanium and titanium alloys as dental materials. *Int Dent J*;43:245-253.

Ludorf, W. and Meyer, V., (1973). *Fischeund Fischer zeugnisse*. Hamburg, Berlin: *Paul PareyVerlag*.

Luoma, S.N., (1983). “Bioavailability of Trace Elements to Aquatic Organisms-A Review”, *The Science of the Total Environment*, Vol. 28, p.p.1-22.

Luque-Garcia, J.L., de Castro, M.D.L. (2004). Focused microwave-assisted Soxhlet extraction: devices and applications. *Talanta*, 64(3), 571.

Lynngby, J.E., (1987). “Monitoring of Heavy Element Contamination in the Limfjord, Denmark, using Biological and Sediment”, *The Science of the Total Environment*, Vol.64, p.p.239-252.

Maff (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food), (1995). Monitoring and Surveillance of Non-Radioactive Contaminants in the Aquatic Environment and Activities Regulating the Disposal of Wastes at Sea, 1973. Directorate of Fisheries Research, *Lowestoft, Aquatic Environment Monitoring Report*, No.44.

Marmara Sea, Turkey, *Environ Monit Asses*, 182(1-4), 509-21.

Martín, R.I., (1986). Estudios De Los Procesos Termicos En La Fabrication De Conservas De Atun Blanco Y Su Incidencia En La Calidad. Ph Thesis. *Spain, Faculty of Chemistry, University of Santiago.*

Mater, B., (1992). Marmara Denizi'nde Kara Kaynaklı Deşarjların Dağılımı ve Kullanılabilir Deniz Alanları. *MBB- Fatih Rotary Kulübü (Basılmış Poster)*, İstanbul.

Maulvault, A. L., Machado, R., Afonso, C., Lourenço, H. M., Nunes, M. L., Coelho, I., Langerholc, T., Marques, A., , (2011). Bioaccessibility of Hg, Cd and As in cooked black scabbard fish and edible crab". *Food and Chemical Toxicology*, 49, 2808–2815.

Medula *medula.com* (erişim tarihi: 02.05.2016)

MEGEP, (2006). *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 74.

Mendil, D., Demirci, Z., Tüzen, M., Soylak, M., 2010, Seasonal investigation of trace element content in commercially valuable fish species from the Black Sea, Turkey, *Food and Chemical Toxicology*, 48, 865-870.  
*merlangus*), *Environ. Monit. Asses*, 170 (1-4), 353-63.

Mertz, W., (1986). *Trace elements in human and animal nutrition*, USA: *Academic Press.*

Minganti, V., Drava, G., De Pellegrini, R., Siccardi, C. (2010) Trace elements in farmed and wild gilthead seabream, *Sparus aurata*, *Marine Pollution Bulletin*, 60: 2022-2025.

Moreda–Piñeiroa, J., Alonso-Rodríguez, E., Romarís-Hortas V., Moreda-Piñeiro, A., López-Mahíaa, P. , Muniategui-Lorenzo, S., Prada-Rodríguez, D., Bermejo-Barrera, P., (2012). “Assessment of the bioavailability of toxic and non-toxic arsenic species in seafood samples”. *Food Chemistry* 130, 552–560.

NAS, (2000). Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. *Dietary Reference Intakes, Vitamin C, Vitamin E, Selenium and Carotenoids*, Washington D.C.: National Academy Press.

Nunes, M.L., Cardinal, M., Mendes, R., Morao Campos, R., Bandarra, N.M., Lourenço, H. and Jerome, M., (1992). Effect of Season and Storage on Proteins and Lipids of Sardine (*Sardine pilchardus*) Minces and Surimi (Edited by H.H. Huss et al.). Quality Assurance in Fish Industry. *Elsevier Science Publishers* B.V.Amsterdam, Netherlands, 73-79.

Oehlenschlöger, J., (2000). Identifying Heavy Elements in Fish (H.A. Bremner editör). Safety and Quality Issues in Fish Processing, *Woodhead Publishing Limited*. Cambridge, England, pp.95-108.

Olgunoğlu, İ.A., Bayhan, Y.K., Olgunoğlu, M.P., Artar, E. ve Ukav, İ., (2014). Adıyaman İlinde Balık Eti Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(1):21-25.

Onat, T., ve Emerk, K., (1995). *Temel Biyokimya*, İzmir: *Saray Medikal Yayıncılık*, 803- 811.

Oomen, A.G., Rompelberg, C.J.M., Bruil, M.A., Dobbe, C.J.G., Pereboon, D.P.K.H., Sips, A.J.A.M., (2003). “Development of an in vitro digestion model for estimating the bioaccessibility of soil contaminants”. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 44, 281–287.

Orban, E., Lena, G.D.I., Nevigato, T., Casini, I., Marzetti, A. and Caproni, R., (2002). Seasonal Changes in Meat Content, Condition Index and Chemical Composition of Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) Cultured in Two Different Italian Sites. *Food Chemistry*, 77 (1): 57-65.

Özden, Ö., (1995). “Sardalya balığının,[*Sardina plichardus* (w1792)]soğukta depolanması sırasında yağında oluşan değişimlerin incelenmesi”Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Laleli*, İstanbul.

Özden, Ö., Erkan, E., Ulusoy, ğ., 2010, Determination of mineral composition in three commercial fishspecies (*Solea solea*, *Mullus surmuletus*, and *Merlangius merlangus*), *Environ. Monit. Asses*, 170 (1-4), 353-63.

Özgöray E.D. ve Akçay, E., (2009), Levrek (*Dicentrarchus labrax* L. 1758) balıklarında reproduksiyon, *Veteriner Hekim Derneği Dergisi*, 80(2):19-24 s.

Özsoy, E., Oğuz, T., Latif, M.A., Ünlüata, Ü., Sur, H.İ., Beşiktepe, Ş., (1988). Oceanography of the Turkish Straits- Second Annual Report, I. Physical Oceanography of the Turkish Straits, *Institute of Marine Sciences, METU, Erdemli-İçel*, 223.

Pérés, G. and Roche, H., (1983). Variations de la Composition en Lipides Tissulaires du Loup D' Élevage (*Dicentrarchus labrax*) au Cours des Quatre Saisons. *Etude Comparative à Deux Salinités (36 et 4 ‰)*. *Vie Mar.* , 5: 35-40.

Rainbow, P. S., Phillips, D.J.H., (1993) “Cosmopolitan Biomonitors of Trace Elements”, *Marine Pollution Bulletin*, Vol.26, Number 11, pp.593-601.

Rainbow, P.S., (1995). “Biomonitoring of Heavy Element Availability in the Marine Environment”, *Marine Pollution Bulletin*, Vol.31, pp.183-192.

Rainbow, P.S., (2002). “Trace Element Concentrations in Aquatic Invertebrates: Why and so What?”, *Environmental Pollution*, Vol 120, pp.497-507.

Rainbow, P.S., White, S.L., (1990). Comparative Accumulation of Cobalt by Three Crustaceans: a Decapod, an Amphipod and Barnacle. *Aquatic Toxicology*, 16(2), 113-126.

Ramos, J., (1978). Experiencias de cultivo en dorada (*Sparus aurata* L.) en tanques. *Inf. Tecn. Inst. Inv. Pesq.* 55, 3–20pp.

Rodriguez, R.R., Basta, N.T., Casteel, S.W., Pace, L.W., (1999). “An in-vitro gastro-intestinal method to assess bioavailable arsenic in contaminated soils and solid media.” *Environ. Sci. Technol.* 33, 642–649.

Rotruck, J.T., Ganther, H.E., Swanson, A.B., Hafeman, D.G. and Hoekstra, W.G., (1973). "Selenium: Biochemical Role As A Component Of Glutathione Peroxidase", *Science*, 588-590.

Ruby, M.V., Davis, A., Schoof, R., Eberle, S., Sellstone, C.M. (1996). "Estimation of lead and arsenic bioavailability using a physiologically based extraction test." *Environ Sci Technol.* 30:422–430.

Sarkar, D., Datta, R., (2003). "A modified in vitro method to assess bioavailable arsenic in pesticide-applied soils". *Environ. Pollut.* 126, 363–366.

Sarkar, D., Makris, K.C., Parra-Noonan, M.T., Datta, R., (2006). "Effect of soil properties on arsenic fractionation and bioaccessibility in cattle and sheep dipping vat sites". *Environ. Int.*, doi:10.1016/j.envint.2006.09.004.

Sarkozi, A., Then, A. and Szentmihalyi, K., (2005). "Mineral element content of greater celandine (*Chelidonium majus* L.)", *Acta Alimentaria*, 34, 113-120.

Sayılı, M., Esengün, K., Kayım, M. ve Akça, H., (1999). Tokat-Merkez İlçede Balık Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Ekonometrik Analizi. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1):9-28.

Skoog, D. A., Holler, F.J., Nieman, T. A. (1998). Enstrümental Analiz İlkeleri (Principles of Instrumental Analysis) Çeviri Editörleri: Prof. Dr. Esmâ Kılıç, Prof. Dr. Fitnat Köseoglu, Prof. Dr. Hamza Yılmaz. *Bilim Yayıncılık*, Ankara, 849s.

Skoog, D.A, West, D.M, Holler, F.J. and Crouch, S.R. (2004). Analitik Kimya Temel İlkeler 1. (Çev: E. Kılıç ve H. Yılmaz), Ankara, *Bilim Yayıncılık*, 154-166.

Straits- First Annual Report, *I. Physical Oceanography of the Turkish Straits.*

Şen, B., Canpolat, Ö., Sevim, A. F., Sönmez, F., (2008). Elazığ İlinde Balık Eti Tüketimi. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi.* 20 (3), 433-437.

TBB, (2007). *Türkiye Barolar Birliği Yayınları*, Bilimsel Açından Marmara Denizi, ISBN: 975-6689-89-8, 3-22s.

Tekin Nadir Vasfi.(2009). SPSS Uygulamalı İstatistik Teknikleri.(1.Baskı).Ankara: *Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş.*

Tontisirin, K. and Clarke, R., (2001). “Science as the basis for public health decisions in nutrition and food safety in Asia”, *Biomed. Environ. Sci.*, 14, 1-13.

Tuna, H., (2001). “Bozüyük Yöresinde Endüstriyel Faaliyetlerden Kaynaklanan Ağır Elementlerin Bitki ve Topraktaki Birikimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.*

Tülsner, M., (1994). Fischverarbeitung. Bd. 1- Rohstoffeigenschaften von Fisch und Grundlagen der Verarbeitungsprozesse. *Behr's Verlag*, Hamburg, 19-23p.

Türkmen, A., Türkmen,M. Tepe ,Y. Akyurt, İ. (2005). ” Heavy metals in three commercially valuable fish species from İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey” *Food Chemistry* 91, 167–172.

Türkmen, M., Türkmenn, A., Tepe., Y., Ateş, A., Gökkuş, K., 2008,Determination of metal contamination in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: Twelve fish species, *Food Chemistry*, 108, 794-800.

Tüzen, M. (2003). “Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry” *Food Chemistry* 80, 119–123.

Tüzen, M., 2009, Toxic and Essential trace elemental contents in fish species from theBlack Sea, Turkey, *Food and Chemical Toxicology*, 47, 1785-1790.

Ural A., Kılıç İ., (2006). Bilimsel Araştırma Süreci ve SPSS ile Veri Analizi.(2.Baskı). Ankara: *Detay Anatolia Akademik Yayıncılık Ltd. Şti.*

Ünlüata, Ü., Özsoy, E., (1986). Oceanography of the Turkish Starits- First AnnualReport, I, Health of the Turkish Straits, I. Oxygen Deficiency of the Sea of Marmara, *Institute of Marine Sciences, METU, Erdemli- İçel*, 223p.



Wan, H.B., Wong, M.K., (1996). Minimization of solvent consumption in pesticide residue analysis. *Journal of Chromatography A*, 754(1-2), 43

Wang, W.X., Fisher, N.S., (1999) “Delineating Element Accumulation Pathways for Marine Invertebrates”, *The Science of Total Environment*, 237, p.p. 459-472.

Williams DF., (1981). Titanium and titanium alloys. In: Biocompatibility of clinical implant materials, ed. By DF Williams, *CRC Pres Fld*, p. 9-44.

Williams, T.M., Rawlins, B.G., Smith, B., Breward, N., (1998). “In-vitro determination of arsenic bioavailability in contaminated soil and mineral beneficiation waste from Ron Phibum, Southern Thailand: A basis for improved human risk assessment.” *Environ. Geochem. Health* 20, 169–177.

Yağmur F. ve Hancı D.H., (2002). *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 250-251.

Yazkan, M., Özdem, R, F. ve Gölükcü, M., (2002). Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Balık Türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. *Türk J Vet Anim Sci.*, 26: 1309-1313.

Yıldız, M. (2008) Mineral composition in filets of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*): A comparison of cultured and wild fish, *Journal of Applied Ichthyology*, 24(5): 589-594.

Yılmaz, A. B., 2003, Levels of the metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb and Zn) in Tissue of *Mugil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from Iskenderun Bay, Turkey, *Environmental Research*, 92, 277-281.

Yılmaz, A., B., SANGÜN, M., K., YAĞLIOĞLU, D., TURAN, C., 2010, Metals(major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersalfish species from Iskenderun Bay, Turkey, *Food Chemistry*, 123: 410–415.

Zlatanov, S. and Laskaridis, K., (2007). Seasonal Variation in The Fatty Acid Composition of Three Mediterranean Fish – Sardine (*Sardinapilchardus*), Anchovy (*Engraulisencrasicholus*) and Picarel (*Spicarasmaris*). *Laboratory of Organic Chemistry, Aristotle University of Thessaloniki*, GR-541 24 Thessaloniki, Greece.

