

**T.C.**  
**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MARMARA DENİZİ'NDEN AVLANAN HAMSİ ( *Engraulis*  
*encrasicolus* L., 1758 )'LERDE AĞIR METAL BİRİKİMİNİN**  
**BELİRLENMESİ**

**Çiğdem TÜRKSÖNMEZ**

**Danışman**  
**Prof. Dr. Abdullah DİLER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**SU ÜRÜNLERİ AVLAMA VE İŞLEME TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI**  
**ISPARTA - 2013**

© 2013 [Çiğdem TÜRKSÖNMEZ]

## TEZ ONAYI

**Çiğdem TÜRKSÖNMEZ** tarafından hazırlanan "**Marmara Denizi'nden Avlanan Hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758)'lerde Ağır Metal Birikiminin Belirlenmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman**                      **Prof. Dr. Abdullah DİLER**                      .....

Süleyman Demirel Üniversitesi

**Jüri Üyesi**                      **Doç. Dr. Levent İZCİ**                      .....

Süleyman Demirel Üniversitesi

**Jüri Üyesi**                      **Doç. Dr. Şengül BİLGİN**                      .....

Süleyman Demirel Üniversitesi

**Enstitü Müdürü**              **Prof. Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN**              .....

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Çiğdem TÜRKÖNMEZ**

# İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	5
2.1. Dünyada Ticari Öneme Sahip Hamsi Türleri .....	5
2.1.1. Avrupa hamsisi ( <i>Engraulis encrasicolus</i> L., 1758 ) nin avcılık durumu ....	5
2.2. Hamsi Balığının Genel Özellikleri .....	6
2.2.1. Biyolojik ve morfolojik özellikleri .....	6
2.3. Marmara Denizinin Genel Özellikleri .....	8
2.3.1. Marmara denizinin coğrafik ve hidrolojik özellikleri .....	8
2.4. Ağır Metallerin Tanımı ve Çeşitleri .....	10
2.5. Ağır Metallerin Balık Tarafından Alınması ve Birikimi .....	12
2.6. Ağır Metal Birikimi İle İlgili Yapılan Çalışmalar .....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	21
3.1. Materyal .....	21
3.1.1. Örneklerin değerlendirilmesi .....	21
3.2. Yöntem .....	21
3.2.1. Örneklerin analizi .....	21
3.2.2. İstatistiksel analizler .....	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	25
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	32
6. KAYNAKLAR .....	40
ÖZGEÇMİŞ .....	46

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

### MARMARA DENİZİ'NDEN AVLANAN HAMSİ (*Engraulis encrasicolus* L., 1758)'LERDE AĞIR METAL BİRİKİMİNİN BELİRLENMESİ

Çiğdem TÜRKSÖNMEZ

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Abdullah DİLER

Bu çalışmada, Marmara Denizi'nden avlanan hamsi balıklarının kas dokusunda Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg ve Pb metallerinin miktarının av sezonu boyunca birikiminin ve zamana göre değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ekim, Aralık, Şubat ve Nisan aylarında örnekleme yapılarak seçilen ağır metallerin ICP-MS analiz cihazı ile belirlenen sonuçlara göre Al hariç diğer tüm metallerde (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg ve Pb) zamana bağlı olarak önemli düzeyde farklılık tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Çalışmada Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Hg ve Pb metalleri örneklenen tüm zamanlarda kas dokusunda tespit edilirken Cd elementi Aralık ve Şubat aylarında tespit edilememiştir. Ağır metallere ait maksimum miktarlar ise Al, Mn, Fe, Cu ve Zn için Ekim ayında, Ni, Cd, Hg, ve Pb için Nisan ayında, Cr elementi ise diğer ağır metallere farklı olarak Aralık ayında en yüksek değere ulaşmıştır. Hamsi balıklarının kas dokusunda en fazla biriken metali Zn, en az biriken metalin Cd olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen ağır metal düzeylerinin ulusal ve uluslararası yasal sınır değerleri aşmadığı saptanmıştır. Bu çalışmada örnekleme alanından elde edilen hamsi balıklarının gıda olarak tüketilmesinde halk sağlığı yönünden herhangi bir tehdit oluşturmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Marmara Denizi, Hamsi, Ağır Metal, Kas Dokusu, ICP-MS.

**2013, 46 sayfa**

## ABSTRACT

M.Sc. Thesis

**DETERMINATION OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN ANCHOVY  
(*Engraulis encrasicolus* L., 1758) CATCHED FROM THE MARMARA SEA**

**Çiğdem TÜRKSÖNMEZ**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Fisheries& Fish Processing**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdullah DİLER**

In this study, anchovy which are caught from the Marmara Sea were used as material. Muscle tissues were taken from fish samples and analyzed to determine of level of Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg and Pb during catching season. According to result of ICP-MS analysis, other metals have been showed important changes, except Al, based on analysis time (October, December, February and April) ( $p < 0,05$ ). While Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Hg, and Pb metals were found in muscle tissue at all times of sampling, cadmium was detected in December and February. Based on the maximum amounts of heavy metals, although Al, Mn, Fe, Cu and Zn were found in October and Ni, Cd, Hg, and Pb were in April, the Cr element, unlike the other heavy metals has reached the highest value in December. While Zn was reach maximum level in muscle tissue of anchovy, Cd was determined the lowest level. When heavy metal levels obtained were compared with national and international legal limit, analysis of results did not exceed the limit values were acceptable. As a result, it has been concluded that anchovy in the sampling area has not a threat in terms of public health.

**Keywords:** Marmara Sea, Anchovy, Heavy Metal, Muscle Tissue, ICP-MS.

**2013, 46 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Abdullah DİLER'e teşekkürlerimi sunarım. Verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde yardımcı olan değerli Hocam Doç. Dr. Yıldız BOLAT'a teşekkürlerimi sunarım. Tez konumun oluşturulmasında ve şekillenmesinde destek olan değerli Hocalarım Doç. Dr. Şengül BİLGİN ve Doç. Dr. Levent İZCİ'ye teşekkürü bir borç bilirim. Laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Ziraat Mühendisi Cengiz AY'a teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm değerli Hocam Prof. Dr. Nil Pembe ÖZER'e teşekkür ederim.

2012-82 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan, desteklerini sürekli yanımda hissettiğim aileme, eşim Haluk TÜRKSÖNMEZ ve oğlum Umutcan TÜRKSÖNMEZ'e sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Çiğdem TÜRKSÖNMEZ  
ISPARTA, 2013

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Hamsi ( <i>Engraulis encrasicolus</i> , L. 1758 ) .....	6
Şekil 2.2. Marmara denizi fiziki haritası (Geofuse, 2013) .....	8
Şekil 3.1. Waring marka çelik blender ile homojenize işlemi .....	22
Şekil 3.2. Kas dokusu örneklerinin tartım işlem ünitesi .....	22
Şekil 3.3. Mikro dalga fırında çözünürleştirme işlemi .....	23
Şekil 3.4. Şekil 3.4. ICP- MS Agilent 7700 X model analiz cihazı .....	23
Şekil 4.1. Aylara göre Al elementinin miktarı .....	25
Şekil 4.2. Aylara göre Cr elementinin miktarı .....	27
Şekil 4.3. Aylara göre Mn elementinin miktarı .....	27
Şekil 4.4. Aylara göre Fe elementinin miktarı .....	28
Şekil 4.5. Aylara göre Ni elementinin miktarı .....	28
Şekil 4.6. Aylara göre Cu elementinin miktarı .....	29
Şekil 4.7. Aylara göre Zn elementinin miktarı .....	29
Şekil 4.8. Aylara göre Cd elementinin miktarı .....	30
Şekil 4.9. Aylara göre Hg elementinin miktarı .....	30
Şekil 4.10. Aylara göre Pb elementinin miktarı .....	31

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Temel endüstrilerden atılan metal türler .....	3
Çizelge 4.1. Hamsi balığının kas dokusunda aylara göre tespit edilen bazı ağır metallerin ortalama miktarları (mg/kg) ve standart hataları .....	26

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Al	Alüminyum
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
Cu	Bakır
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Fe	Demir
HCl	Hidroklorik asit
Hg	Civa
HNO <sub>3</sub>	Nitrik asit
Mn	Manganez (Mangan)
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
ppm	Parts Per Million (Milyonda bir kısım)
Zn	Çinko
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer
ICP-AES	Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometer
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometer
AAS	Atomic Absorption Spectroscopy
Mg	Mikrogram
g	Gram
mg	Miligram
kg	Kilogram

## 1.GİRİŞ

Su ürünlerinin insan beslenmesindeki yeri tarih öncesi dönemlere kadar uzanmaktadır. İnsanlar son yıllara kadar balığın besin değerini bilmeyen tüketiciler durumundaydılar. Besin bileşenlerinin incelenmesi ve besin maddelerinin sağlığımız üzerindeki etkisinin bilinmesi ile bugün balık, önemli bir protein kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Turan vd., 2006).

Balık eti % 17-20 protein içerir. Gıdalarla alınan protein organizmada hem yapıtaşı olarak hem de ısı ve enerji üretimi için kullanılır.Yapıtışı olarak kullanılanlar sadece biyolojik değerli proteinlerden sağlanır. Biyolojik değeri yüksek olan protein bütün esansiyel aminoasitleri (Treonin, Valin, Lösin, İzölösin, Methionin, Fenilalanin, Triptofan, Histidin, Arjinin) içeren ve uygun oranda bulunduran ve bundan dolayı yapıtaşı olarak kullanılan proteindir. Biyolojik değeri yüksek olan protein süt, yumurta ve sıcak kanlı hayvan etlerinde ve balıklarda bulunur (Ludorff ve Meyer, 1973; İnal, 1988).

Balık etini asıl değerli kılan unsurlardan biri de, enerji veren önemli besin bileşenlerinden yağları, uygun ve önemli miktarda içermesidir (Ludorf ve Meyer, 1973). Balıklarda yağ, fazla miktarda doymamış yağ asitlerinin gliserin esterleri şeklinde bulunur. Balık yağı % 20 doymuş yağ asitlerini, % 80 oranında doymamış yağ asitlerini içerir. Doymuş yağ asitlerinden Palmitik asit (%13-19), Miristik asit (% 4-8) ve Stearik asit (% 5 -8) oranında olup, daha ziyade ikinci derecede rol oynarlar (Wolfram, 1989; Tato, 1993 ; Witte, 1994). Bütün deniz ürünlerinde bulunan ve diğer besinlerde bulunmayan iki önemli yağ asidi Eikosapentaenoik asit (EPA) ve dekosaheksaenoik asit (DHA), linolenik serisi omega – 3 yağ asitleridir. Bu iki yağ asidinin vücutta önemli biyokimyasal ve fizyolojik değişikliklere neden olduğu belirtilmektedir (Gordon ve Ratliff, 1992). İnsanlar için gerekli olan en az 13 vitamin tanımlanmaktadır ki, dokulardaki dağılımı düzensiz olmakla birlikte bunların hepsi balıklarda bulunur. Vitamin miktarı balık türüne göre değişkendir (Love, 1982). Suda çözünen B ve C vitaminlerinin su ürünlerinde bulunma miktarı, karasal hayvanlarda bulunan miktarla hemen hemen aynı, yağda çözünen A, D, E ve K vitaminleri ise genellikle daha fazladır (Pigott ve Tucker, 1990). Kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, magnezyum, iyot, demir, bakır, flor, kobalt ve çinko su ürünlerinin içerdiği önemli minerallerdendir. Yine balık eti, enzim sisteminde

katalizör rolü oynayan magnezyum bakımından iyi bir kaynaktır (Dean, 1990).

Hamsi'nin büyük bir kısmı (yaklaşık %60'ı) insan besini olarak kullanılmaktadır. Geri kalan kısmı ise balık unu ve balık yağı olarak değerlendirilmektedir (TÜİK, 2003; Gökoğlu vd., 2004). Türkiye'de daha çok taze olarak tercih edilen hamsi aynı zamanda tuzlama, salamura, marinat ve konserve olarak da tüketime sunulmaktadır. Diğer deniz balıklarına göre daha bol ve ucuz olduğu için bir çok insan tarafından tercih edilen bir balık türüdür (Boran vd., 2008). Ülkemizde bol miktarda bulunan ve protein içeriği yönünden tercih edilen balık yaşadığı ortamla iç içe olup, yaşadığı ortamın tüm fiziksel, kimyasal hatta biyolojik özellikleri vücuduna yansımaktadır.

Günümüz dünyasında canlı ve cansız varlıklar arasındaki dengeli ilişkiler, insanların sebep olduğu olumsuz etkilerden dolayı hızla bozulmaktadır. Bu etkilerin başında; düzensiz ve denetimsiz gelişen endüstri, nüfusun hızla artması ve aşırı tüketim gibi faktörler gelmektedir. Çağımızda endüstrinin hızla gelişmesi ve yaşam standartlarının yükselmesine paralel olarak ağır metallerin kullanım alanları da giderek artmaktadır. Özellikle teknolojinin gelişmesi sonucu endüstri ve sanayi atıkları ile kentsel atıkların bulunduğu kanalizasyon sularının arıtma işlemine tabi tutulmadan nehir ve göl sularına verilmesi, tarımsal mücadelede kullanılan zirai ilaçların çeşitli yollarla bu sulara karışması, suların kirlenmesine ve sucul ortamda yaşayan canlıların zarar görmesine neden olmaktadır (Beyazıt ve Peker, 1998).

Ağır metallerin doğaya yayılımında en önemli etkenler sanayi kuruluşlarıdır. Atık sulardaki ağır metallerin bir kısmı arıtma çamurunda bulunur. Çözünmüş kısımlar ise yüzey suları ile içme ve kullanma sularına ve diğer besin kaynaklarına ulaşabilirler. Havaya, toprağa ve suya karışan metaller bitkiler ve hayvanlar üzerinden besin zinciri ile insanlara ulaşmaktadır. Ağır metallerin ekolojik sistemde yayılımları incelendiğinde doğal çevrimlerden ziyade insan elinin çevreye yayılımda daha etkili olduğu gözlenmektedir. Endüstriyel üretimler arasında çimento, demir çelik, termik santraller, cam, çöp ve atık çamur yakma tesisleri en önde gelenlerdendir. Temel endüstrilerden atılan metal türleri (Çizelge 1.1) genel olarak gösterilmiştir (Kahvecioğlu vd., 2009).

Çizelge 1.1. Temel endüstrilerden atılan metal türleri (Kahvecioğlu vd., 2009)

Endüstri Türü	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Ağır metaller su kaynaklarına endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşiminde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yer altı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür ile katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Bu nedenle özellikle düzenli olarak tüketildiğinden dolayı içme sularının, havanın ve gıdaların içerebileceği maksimum konsantrasyon sınır değerleri tespit edilmiş ve yasal kuruluşlar tarafından düzenli olarak kontrol edilmesi zorunlu kılınmıştır (Kahvecioğlu vd., 2009).

Türkiye’de üretilen su ürünlerinin 2011 yılında 703.545 ton olarak gerçekleştiği ve bir önceki yıla göre 50.465 ton arttığı, üretimin % 61,4’ü deniz balıklarından, % 6,5’i diğer deniz ürünlerinden, % 5,3’ü iç su ürünlerinden ve % 26,8’i yetiştiricilikten elde edildiği bildirilmiştir. Deniz ürünlerinin bölgelere göre avlanan miktar dağılımında ilk sırayı % 67, 8 ile Doğu Karadeniz alırken, % 9,4 Batı Karadeniz, % 8,4 Marmara, % 7,2 Ege ve % 7,1 ile Akdeniz Bölgesi sıralanmaktadır (TÜİK, 2011). Denizlerimizden avlanan ürünlerin önemli kısmı, büyük sürüler oluşturan hamsi, istavrit, sardalya ve palamut gibi pelajik balıklardan elde edilmektedir (DPT, 2007). Deniz balıklarının türlere göre dağılımı incelediğinde, hamsi balığı 289.491 tonla en yüksek avlanan balık olarak görülmektedir. Bu üretim,

Ülkemizdeki avlanan deniz balıklarının % 52,9' nu kapsamaktadır. Hamsi balığından sonra, en yüksek avlanan deniz balıkları % 20,2 ile aa balığı, % 8 ile sardalya ve daha sonra istavrit (kraa), palamut-torik, mezigit ve istavrit (karagöz)' tir. Diğer tüm deniz balıklarının toplam üretim içindeki payı ise sadece % 8,7'dir. Ülkemizdeki deniz balıkları üretimin Marmara Bölgesindeki miktarı 36.432 ton olup, bunun 14.663 tonunu hamsi balığı oluşturmaktadır (TK, 2011).

Bu araştırma ile, Marmara Denizi'nden avlanan Hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758)'nin beslenme ve diğer çevresel etkilerle kas dokusuna geçen ağır metal birikiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu alışmada Ekim 2012 ile Nisan 2013 tarihleri arasında Marmara Denizi'nden avlanan hamsi balığının kas dokularında Bakır, Civa, inko, Demir, Kadmiyum, Krom, Kurşun, Manganez, Nikel ve Alüminyum metallerinin düzeyleri ICP-MS Agilent 7700 X model analiz cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Ayrıca avlanılarak tüketime sunulan 2012- 2013 av sezonundaki hamsi balığının kas dokusunda tespit edilen ağır metal birikiminin halk sağlığı yönünden değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Dünyada Ticari Öneme Sahip Hamsi Türleri

Dünyada avcılık yoluyla yapılan balıkçılığın yaklaşık olarak  $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturan küçük pelajik balık türleri; hem ekonomik hem de ekolojik açıdan, özellikle upwelling bölgelerinde, deniz ekosisteminin önemli bir parçasını oluşturmakta aynı zamanda düşük enerjinin yüksek enerjiye dönüşümde de etkin rol oynamaktadırlar (Curry vd., 2000; Barange vd., 2009). Bu türlerin en önemli parçasını ise Engraulidae familyası oluşturmaktadır (FAO, 2008).

Hamsi ailesi içerisinde en çok avlanan ve neredeyse dünyadaki avcılık yoluyla yapılan üretiminin % 10'unu veren cins ise Engraulis'tir. Dünyada bu cinsin hem ekonomik değeri yüksek hem de yüksek av değerleri olan başlıca türleri ; *Engraulis ringes* (Peru Hamsisi), *Engraulis japonicus* (Japon Hamsisi), *Engraulis encrasicolus* (Avrupa Hamsisi), *Engraulis anchoita* (Arjantin Hamsisi), *Engraulis capensis* (Afrika Hamsisi), *Engraulis mordax* (Kaliforniya Hamsisi) ve *Cetengraulis mysticetus* (Pasifik Hamsisi)'tur. FAO verilerine göre 2008 yılında bu 7 türün toplam av değeri 9.739.917 ton iken, bu miktarın dünyadaki toplam av değerine oranı % 10,8 seviyesindedir. Bu türlerden en önemli olanının 7.428.272 tonluk toplam av değeri ile Peru Hamsisi olduğu görülmektedir (FAO, 2008).

#### 2.1.1. Avrupa hamsisi ( *Engraulis encrasicolus* L., 1758 )' nin avcılık durumu

Avrupa Hamsisi (*Engraulis encrasicolus*) Kuzey Atlantik, Norveç, Hint Okyanusu, Akdeniz, Karadeniz, Baltık ve Azak Denizi gibi çok geniş bir alanda yayılım göstermektedir ve bu türün maksimum boyu 20 cm'dir (Whitehead, 1985; Whitehead vd., 1988). Avcılığı ülkemizdeki hamsi avcılığı ile benzerlik taşıyan bu türün üretiminin büyük bir kısmı (% 49) ülkemiz kıyı sularından elde edilmektedir. Avrupa Hamsisi 1988 yılında en yüksek av değerine (858.792 ton) ulaşmışken, 1989 yılında ise üretim neredeyse yarıya (481.635 ton) düşmüştür. Bu türün av miktarındaki en önemli değişim 1988-1989 yılları arasında olmuş ve bu düşüşle ilgili değişik nedenlerin olduğu düşünülmüştür. Bunlar arasında; 1978 yılı boyunca yapılan dalgakıranlar tarafından desteklenen evsel atıkların boşaltımı, Karadeniz'e balans suları ile taşınan *Mnemiopsis leidy* ve Kuzey Atlantik sirkülasyonundaki değişim, bu dönemde kuzey yarım kürede plankton üzerindeki birey sayısındaki düşüşler olarak

sıralanabilmektedir (Niermann vd., 1999). Ülkemizde Marmara Bölgesi hamsi avcılığında Doğu ve Batı Karadeniz Bölgesinden sonra 3. sırayı almaktadır. Marmara Bölgesindeki son beş yıldaki hamsi üretim miktarı, 2007 yılında 19.362 ton, 2008'de 20.876 ton, 2009' da 10.984 ton, 2010'da 17.960 ton ve 2011 yılında 14.663 tona kadar değişen miktarlarda elde edilmiştir. Elde edilen miktarlar değişmekle birlikte bölgenin toplam deniz balıkları üretiminin % 40- 60'ını hamsi balığından sağladığı görülmektedir. 2011 yılı deniz ürünlerinin bölgelere göre balıkçılık faaliyetini yürüten balıkçı gemilerinin nitelikleri değerlendirildiğinde ise toplam 14.300 adet tekneden 2.632 tanesinin Marmara Bölgesinde yer aldığı, bunlardan 138'i gırgır, 36'sı trol- gırgır ve 16 tanesinin taşıyıcı tekne olduğu istatistiklerde yer almıştır (TÜİK, 2011).

## 2.2. Hamsi Balığının Genel Özellikleri

### 2.2.1. Biyolojik ve morfolojik özellikleri

Hamsi balıkları, Engraulidae familyasından, tropikal subtropikal ve kısmen ılıman denizlerde bulunan, sularımızda bir türü olan karnı ve yanları beyaz gümüşü, sırtı mavi ve yeşilimsi renkli, plankton ve larvalarla beslenen yumurtalarını orta derinlikte sulara bırakan ortalama 40-50 bin yumurta yumurtlayan (Şekil 2.1) kısa ömürlü balıklardır (Atay, 1994).



Şekil 2.1 Hamsi ( *Engraulis encrasicolus* L., 1758 )

Hamsi balığında vücut yuvarlak iğ, burun sivri nokta ve çıkıntı şeklinde uzanmış, sırt yeşil ekseri yeşilimsi-mavi yanlar ve karnı gümüş renklidir. Görülebilir yan çizgisi yoktur. Pullar vücuda göre iri ve gümüşü renkli olup başa kadar ulaşmaz. Kuyruk yüzgecinin bağlantı yerinde iki sıra pul bulunur. Sırt ve karın yüzgeçlerinin başlangıç noktaları aynı hizadadır (Atay, 1994). Üst çenesi alt çenesine oranla daha büyüktür.

Çenelerinde çok yumuşak kadife dişler mevcuttur. Geniş ağızlı olup ağız açıklığı gözlerin gerisine kadar uzanır (MEGEP, 2006).

Yüzey sularında sürü halinde göç yapan balıklardan olan hamsi sıcak ve ılık denizlerin sahil 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. Hamsilerin ortalama boyları 12 cm’dir. 18-20 cm’ye kadar olanlarına da rastlanır. Ülkemizdeki yasal boy sınırlaması 9 cm’dir. Birinci yaşından itibaren cinsel olgunluğa ulaşırlar. Hamsi sürüsünün davranışı beslenme yöntemine göredir. Sürü ileriye yüzdüğü takdirde öndekiler besini alır, arkadakiler aç kalır. Onun için bir süre sonra öndekiler iki yana dönüp sürünün gerisine giderler. Böylece hepsi sırayla beslenir. Bu yöntemin sonucunda sürü bir “damla” biçimini alır. Planktonlar yoğun olduğu zaman ise öndekiler yelpaze gibi açılır ve sürü “oval” bir şekil alır. Bu oval şeklin uzun ekseni ilerleme çizgisiyle dik bir açı teşkil eder. Sürünün yüzdüğü derinlik planktonun hareketine bağlıdır. Gündüzleri yüzeye çıkıp geceleri aşağıya inebilirler. Kendilerine saldıran iri balığın karşısında sürü halinde bir araya toplanıp öbek teşkil eder ve pul bırakıp hücum eden balığa karşı suda bir perde meydana getirirler. Bu suretle kayıp vermelerine rağmen, sürüyü bir ölçüde korumuş olurlar.

Azak Denizi’nden Doğu Karadeniz ve Kafkasya sahillerine Ekim ayında inen Hamsi sürüleri kışı sahile yakın, 100-150 m veya daha derin çukurlarda geçirirler. Nisan ortasında havaların ısınmaya başlamasıyla beraber yumurta bırakmak üzere tekrar Azak Denizi’ne dönerler. 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) .



uzanan (batıdan doğuya doğru sırasıyla 1100 m, 1390 m ve 1240 m) derin üç saha dikkat çekicidir. Bu derin sahaları, yaklaşık 750 m derinliği bulunan ve batıdaki 20 km, doğudaki ise 40 km uzunluğunda olan iki eşik yapısı birbirinden ayrılmaktadır. İstanbul Boğazı'nın güneyinde oldukça dar bir kıta sahanlığı bulunmakta ve Doğu Marmara derin çukurundan keskin bir eğim ile ayrılmaktadır. Çanakkale Boğazı doğu yönünde genişleyerek Marmara Denizi'nin sığ güney kıta sahanlığına açılmakta olup güney kesiminde 70 m derinliğinde bir kanal doğuya uzanmakta, buradan da taban eğimi ile birleşerek Batı Marmara derin çukuruna bir kanyon şeklinde ulaşmaktadır (Beşiktepe vd., 2000).

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

Marmara Denizi yaklaşık 25 m derinlikteki bir yoğunluk (tuzluluk) ara yüzeyi ile birbirinden ayrılan ve biri Karadeniz diğeri ise Akdeniz kaynaklı iki su kütesini barındırır. Haloklindeki keskin yoğunluk tabakalaşmasının yüzeyden alt tabakaya oksijen girdisini engellediği bir ortamda, biyogenik kaynaklı partikül maddenin yüzeyden alt tabakaya çökerek yarattığı oksijen tüketimi ile Çanakkale Boğazı'ndan giren oksijence zengin Akdeniz suları arasında bir denge bulunmaktadır. Çanakkale'den sürekli su girişleri ile yenilenen (ortalama yenilenme zamanı 6-7 yıl) Marmara haloklin altı sularında oksijence yetersiz (suboksik) koşullar bulunmasına rağmen Karadeniz'e benzer anoksik koşullar gelişmemiştir (Ünlüata ve Özsoy, 1986; Özsoy vd., 1986,1988).

Sıcaklık değerleri yönünden Marmara Denizi'nin yüzey suyu sıcaklık değerleri kışın 8- 10 °C, yazın ise 24- 26 °C arasında değişir. Yüzey suyu sıcaklıkları, kuzeyde 10- 15 m'ye kadar mevsimlere bağlı olarak İstanbul Boğazı'na doğru daha soğuk, batıya doğru hafifçe artar. Bu değer özellikle kışın batıdan doğuya göre sıcaklığın birkaç derece artmasına neden olur. Aynı şekilde yüzey sıcaklığı yine özellikle batıya doğru Tekirdağ- Gelibolu arasında daha düşük, Bandırma- Çanakkale arasında ise daha ılık olduğu görülür. Yaz sıcaklıklarında ise bu fark daha azdır (Mater, 1992).

## 2.4. Ağır Metallerin Tanımı ve Çeşitleri

Ağır metal, fiziksel özellik açısından yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$  ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba Kurşun, Kadmiyum, Krom, Demir, Kobalt, Bakır, Nikel, Civa ve Çinko olmak üzere 60'tan fazla metal dahildir. Bu elementler doğaları gereği yerkürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde bağlı olarak bulunurlar. Her ne kadar metallerin yoğunluk değeri üzerinden hareketle ekolojik sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya çalışılıyorsa da gerçekte metallerin yoğunluk değerleri onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır. Bir elementin yoğunluğu aslında periyodik sistemdeki yerinin, kimyasal özellikleri de elementin ait olduğu grubun fonksiyonudur. Metallerin ekolojik 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).

Su ürünleri yaşadıkları ortam olan su ile etkileşim göstererek suda varolan ve değişen tüm fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerden etkilenirler. Meydana gelen tüm bu değişimler vücutlarının fiziksel yapısına yansıdığı gibi kas ve iç organlarında da değişiklikler meydana getirir. Sudaki özellikleri metabolizmalarına en fazla solunum ve beslenme ile aktarırlar. Büyüklüklerine göre etkilenmeleri ve meydana gelen değişimler farklılık gösterir. Sudaki beslenme zincirinin ilk halkası olan mikroskobik canlılardan besin yoluyla zincirin son halkasına ve hatta onları tüketen diğer hayvan ve insanlara kadar ulaşır.

Kurşun; hava, su ve toprak yoluyla, solunumla ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir. Sularda diğer bileşiklerle çözünmez bileşikler oluşturma eğilimindedir (Kahvecioğlu vd., 2009).

Kadmiyum; diğer ağır metaller içinde suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı  $\text{Cd}^{+2}$  halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sisteme alınır ve akümüle olma özelliğine sahiptir (Kahvecioğlu vd., 2009).

Civa ; yüksek buhar basıncı nedeni ile oda sıcaklığında bile kısmen buharlaşabilen bir metaldir. Fosil yakıtların yanması, madencilik sektöründe civa içeren kayaçların

kırılması, civa üretimi esnasında ve katı atık depo sahalarından sızma, atık pillerin rastgele atılması, diş hekimliğinde kullanılan analgam dolgular ve evde kullanılan civa içeren aletlerin kırılması sonucunda içerdikleri civanın ortalığa yayılması civanın insan faaliyetleri sonucunda havada ve sudaki oranlarının yükselmesine neden olmaktadır. Bir diğer kirletici kaynak metilcivadır. Suya karışan civanın bakteriler ve organizmalar tarafından metilcivaya çevrilmesi ile meydana gelir. Planktonlar, onları yiyen küçük balıklar ve midyeler, küçük balıklarla beslenen büyük balıklar ve deniz memelileri ile besin zincirine karışır (Güven vd., 2009).

Krom; kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanına çökler. Okside krom havada ve saf suda nispeten kararlı iken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerliğe kadar indirgenir (Kahvecioğlu vd., 2009).

Bakır; bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, 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 bulunan bakır demirin fonksiyonlarını yerine getirmesinde aktivatör görevi üstlenir (CDA, 2012). Vücutta fazla bakır birikmesi “Wilson hastalığı” olarak ortaya çıkar (Baysal, 1996).

Çinko; insanlar ve tüm bitki formları ile hayvan yaşamları için önemli yaşamsal elementlerden (günlük doz 10-20 mg) biridir. Gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi yada degradasyonu gibi çeşitli metabolik prosesler için gereklidir (WHO, 1996; Habashi, 1997). Fizyolojik miktarlardaki çinko kadmiyum, civa, kurşun ve kalay gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azaltmaktadır (Habashi, 1997).

Nikel; doğada çok düşük seviyede bulunan bir elementtir. Gıda maddeleri düşük miktarlarda nikel içerir (Food-Info, 2012). Nikelin toksikolojik etkileri temel olarak üç grupta incelenebilmektedir. Bunlar; kanserojen etki, solunum sistemine etki ve dermatolojik (alerjik) etkidir (Emre, 2000).

Alüminyum ve tuzları metalürji (mekanik konstrüksiyon, ambalaj, ısı iletkeni vb.) endüstrisinde, tabakçılıkta, kumaş boyacılığında, sert suların yumuşatılmasında kullanılmaktadır (Sienko,1983; Dökmeci, 2005).

Demir; canlı organizmaların tüm 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 kaslarınkinden daha yüksek orandadır. Balıkların toplam demir içeriğinin % 25- 44'ünü hem formundaki demiri oluştururken sığır etinde bu oran % 71 – 89 olarak bildirilmektedir (Gökoğlu, 2002).

Manganez; yalnızca bitkilerin yaşam süreçlerinde değil hayvanlar içinde önemli bir elementtir. Manganezin eksikliği durumunda üreme organlarının gelişiminde bozukluk görülür (Gökoğlu, 2002). Araştırmacılar taze ton balığının Mn değerini 2,11 mg/ 100 g olarak, mezigit balığının Mn miktarını 0,02 mg/ 100 g olarak bildirmektedir (Tülsner, 1994; Ackman, 1995).

## **2.5. Ağır Metallerin Balık Tarafından Alınması ve Birikimi**

Ağır metal içeren çözeltilerin zehirliliğini 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 tümü çok sayıda organ ve sistemi etkilemektedir. Örneğin, Kadmiyuma en duyarlı organ böbrekler olmakla beraber karaciğerlerde de etkisi görülmektedir (Förstner ve Wittmann, 1981; Ağcasulu, 2007). Su ortamındaki metalin canlı üzerindeki etkisi ekolojik ihtiyaçlar, metabolizma, besin, sediment ve diğer faktörlere (mevsimsel değişimler, tuzluluk, sıcaklık, interaktif ajanlar) göre değişebilmektedir (Bryan, 1980).

Ağır metaller, besin zinciri yolu ile planktonlar ya da sudaki diğer organizmalardan balıklara geçer (Beğenirbeş, 2002; Çetinbaş, 2003). Besin zincirinde alt basamaktaki canlılarda biriken metaller, bir üst basamaktaki canlılara geçebilir ve toksik etkilerini ortaya çıkarabilir. Balıklarda, besin zinciri ile alt basamaktaki canlılarda bulunan ağır metalleri bünyelerine alır ve mevsimlere bağlı olarak ağır metal konsantrasyonları farklılık gösterebilir. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türünün

beslenme alışkanlığı, yaşı ve vücutta biriken metale bağlı olup, balığın doku ve organları arasında da farklılık oluşturmaktadır (Aksun, 1986).

Ağır metallerin balık tarafından alınması, suyun ve sedimentin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. 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 fazla ağır metal absorpsiyonu solungaçlarla gerçekleşirken vücut yüzeyinden absorpsiyon oldukça azdır (Amundsen vd., 1997). Vücutta metal düzenlenmesi, metal alımın oranına paralel olarak atılım oranındaki artış ile sağlanmaktadır. Bununla birlikte, bir metalin organizmadaki konsantrasyonu, o metalin biriktirme oranına bağlıdır (Rainbow ve White, 1990).

Balıkların doku ve organlarında biriken ağır metaller, etkide kalınan süreye ve ortamdaki konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Balıklarda belirlenen bir metalin hangi doku ve organda depo edileceği türlere göre değişmektedir. Genelde en yüksek birikim karaciğerde, en düşük birikim ise kas dokusunda görülmektedir. Bunun en önemli nedeni ağır metallerin öldürücü olmayan konsantrasyonlarda, balıkların metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikmesidir (Kargın ve Erdem, 1992).

## **2.6. Ağır Metal Birikimi İle İlgili Yapılan Çalışmalar**

Yiğit ve Müftügil (1985), çalışmalarında İzmit Körfezi'nde yakalanan bazı balık türleri ile (Mezgit, Hamsi, Gümüş balığı, Tekir, Zargana, İzmarit, İstavrit, Uskumru, Kolyoz, Dil balığı ve Çinekop) Karadeniz'de yakalanan ve dondurulmuş olarak ihracatı yapılan, bazı balık türlerindeki (Köpek balığı, Mersin balığı, Vatoz ve Ton balığı) civa miktarlarını analiz etmişlerdir. İki bölge Hg miktarları yönünden karşılaştırıldığında İzmit Körfezi'nde yakalanan balık türlerinde Hg miktarının Karadeniz'deki örneklere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. İzmit Körfezi'nden yakalanan türler arasında da Kolyos balığındaki Hg miktarı 0.59 ppm ile en yüksek değere sahip olup, uluslar arası tolerans limitini aştığı bildirilmiştir. Karadeniz'de yakalanan türlerde ise Köpek balığında 0.005 ppm, Ton balığında 0.008 ppm, Vatozda 0.002 ppm ve Mersin balığında 0.007 ppm ölçülen Hg değerlerinin çok az olduğu belirtilmiştir.

Demirkol ve Aktaş (2002), çalışmalarında Tekirdağ açıklarından ve İzmit Körfezi'nden 1996 yılı Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında avlanan *Trachurus trachurus* balıkları kullanılmış Hg, Pb ve Cd analizleri yapılmıştır. İzmit Körfezi'nden elde edilen değerler 0.316 ppm Hg, 0.270 ppm Pb ve 0.061 ppm Cd olurken, Tekirdağ'dan elde edilen değerler ise 0.029 ppm Hg ve 0.038 ppm Pb olup Cd meteline rastlanmamıştır. Tespit edilen metallerin miktarları ülkemizde kabul edilen sınır değerlerinin altında kalmıştır ve sonuçlar metal birikiminin *Trachurus trachurus* balıklarının tüketilmesi ile insan sağlığını tehdit edecek seviyede olmadığı belirtilmiştir.

Canlı ve Atlı (2003), çalışmalarında *Sparus auratus*, *Atherina hepsetus*, *Mugil cephalus*, *Trigla cuculus*, *Sardina pilchardus* ve *Scomberesox saurus* türlerine ait kas, solungaç ve karaciğer dokularını kullanmışlardır. Yaptıkları analizlerde en yüksek değerler karaciğer dokusunda tespit edilmiştir. Sadece *Scomberesox saurus* türünün solungaç dokusunda Fe (885.49 µg/g kuru ağırlık) en yüksek değer olarak analiz edilmiştir. Lineer regresyon analizi sonuçlarına göre; birkaç örnek dışında metal konsantrasyonları ile balık boyutu arasında anlamlı ilişki yönünden negatif olduğu saptanmıştır.

Usero vd. (2003), çalışmalarında Odiel Haliçi'nde ve Cádiz Körfezi'nde yer almak üzere dört farklı bölgeden alınan balık, su ve sediment örneklerinde ağır metal çeşitleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Cádiz Körfezi'ndeki metal konsantrasyonlarının çoğu tüm örneklerde daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Balıkların karaciğer ile kas dokuları karşılaştırıldığında birikimin karaciğer dokusunda olduğu görülmüştür. *Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* ve *Liza aurata* türünde de metal içerikleri farklılıklar göstermiştir. Örneğin, *Anguilla anguilla*'da daha çok kas dokusunda, *Liza aurata*'da karaciğer dokusunda en yüksek metal değerlerine ulaşılmıştır. Her ne kadar balık örneklerinden Odiel Haliçi'nden alınan karaciğer dokularında Cu sınır değerlerde ve *Anguilla anguilla*'nın karaciğer dokusunda Zn maksimum seviyede olsa da her üç türde de kas dokusunda insan tüketimi için kabul edilen sınır değerler içinde kalmıştır.

Türkmen vd. (2005), çalışmalarında İskenderun Körfezi içindeki üç farklı bölgeden alınan *Mullus barbatus*, *Sparus aurata* ve *Saurida undosquamis* (İskarmoz Balığı) kullanılmıştır. Atomik absorpsiyon spektrometresi ile yapılan analiz sonuçlarına göre

Al (0,02- 5,41), Cr (0,07- 6,46), Cu (0,04- 5,43), Mn (0,05- 4,64), Co (0,03- 5,61), Ni (0,11- 12,88), Cd (0,02- 4,16), Pb (0,09- 6,95), Zn (0,60- 11,57) ve Fe (0,82- 27,35) mg/ kg kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir. İncelenen balıkların kas dokularındaki ağır metal miktarları insan kullanımı için izin verilen güvenlik düzeyleri içerisinde yer aldığı sonucuna varılmıştır.

Uluözlü vd. (2007), çalışmalarında Karadeniz'den 7 tür *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Mullus barbatus*, *Merlangius merlangus*, *Pomatomus saltator*, *Mugil cephalus* ve *Sarda sarda* ile Ege Deniz'inden seçilen 2 türde *Sparus aurata* ve *Scorpaena porcus* (İskorpit) metal içeriklerinin izlenmesi amaçlanmıştır. Atomik absorpsiyon spektrometresi ile elde edilen izlemede balık türlerindeki minimum ve maksimum metal içerikleri; Cu (0,73- 1,83), Cd (0,45- 0,90), Pb (0,33- 0,93), Zn (35,4- 106), Mn (1,28- 7,40), Fe (68,6- 163), Cr (0,95- 1,98) ve Ni (1,92- 5,68) µg/g olarak tespit edilmiştir. Balık türlerine göre maksimum metal içerikleri ise *Pomatomus saltator*'da Cu 1,83 µg/g, *Sarda sarda*'da Cd 0,90 µg/g, *Merlangius merlangus*'ta Pb 0,93 µg/g, *Mullus barbatus* Zn 106 µg/g ve Fe 163 µg/g, *Trachurus trachurus* Mn 7,40 µg/g, *Engraulis encrasicolus* Cr 1,98 µg/g ile *Mugil cephalus* Ni 5,68 µg/g olarak elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen Pb ve Cd değerlerinin insan tüketimi için kabul edilen yasal sınırların üzerinde olduğu belirtilmiştir.

Dural vd. (2007), çalışmalarında Tuzla Lagün'ünden Kasım 2000'den Aralık 2001'e kadar *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* ve *Mugil cephalus* balıklarının kas, solungaç, gonad ve karaciğer dokularında ağır metal (Cd, Pb, Cu, Zn ve Fe) konsantrasyonlarını incelemiştir. Elde edilen sonuçlar yıl boyunca dokulardaki metal birikim düzeyinde önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Sonuçlar incelenen ağır metallerin kas dokusunda yüksek olmadığını göstermiştir. Elementlerden Cd ve Zn ilkbaharda bulunmasına rağmen Fe, Cu ve Pb kış mevsiminde gözlenmiştir. *Dicentrarchus labrax* ve *Mugil cephalus* türünde kas dokusunda en düşük metal içeriklerine rastlanmıştır. En yüksek Zn (99.8) Fe (383.7) ve Cu (12.03) µg/g kuru ağırlık olarak *Mugil cephalus*'un karaciğer dokusunda, solungaç dokusunda ise en yüksek Cd (1.59) ve Pb (6.75) µg/g kuru ağırlık ölçülmüştür. Elde edilen değerler diğer mevsimlere göre kış ve ilkbahar mevsiminde metal birikiminin daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Keskin vd. (2007), çalışmalarında Marmara Denizi'nden Ocak- Aralık 2005 yılı boyunca elde edilen *Merlangius merlangus*, *Mugil auratus*, *Manca smaris* (İzmarit), *Mullus barbatus*, *Elliptio buckleyi* Lea, 1843 (Midye), *Merluccius merluccius* (Bakalyaro), *Engraulis encrasicolus*, *Diplodus vulgaris*, *Pagellus erythrinus* (Mercan), *Solea solea*, *Pomatomus saltator* (15- 25 cm), *Sardina pilchardus*, *Scomber scombrus*, *Trachurus mediterraneus*, *Scomber japonicus*, *Belone belone*, *Sarda sarda*, *Atherina boyeri* ve ticari öneme sahip karides türlerinde ağır metaller tespit edilmiştir. Atomik absorpsiyon spektrometresinde analiz edilen sonuçlar Türk Gıda Kodeksindeki limit değerlere göre değerlendirilmiştir. Buna göre; *Elliptio buckleyi* türünde Cd ( $1.122 \pm 0.0535$  mg/ kg) ve Hg ( $1.750 \pm 0.0262$  mg/ kg) değerleri ölçülmüş olup, izin verilen üst sınır değerlerini aşmaktadır. Genellikle, toplam Hg düzeyleri *Merluccius merluccius* türünde ( $0.518 \pm 0.0340$  mg/ kg) ve *Engraulis encrasicolus* türünde ( $0.550 \pm 0.0400$  mg/ kg) olarak ölçülmüş ve üst sınır değerleri aşmıştır. Bu çalışmada analiz edilen kas dokularında Pb ve Cu elementleri izin verilen sınır değerleri arasında kalmıştır.

Tepe vd. (2008), çalışmalarında Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz'den seçilen istasyonlardan alınan *Mullus barbatus* ve *Merlangius merlangus* türünde ağır metal değerlendirilmesi yapılmıştır. ICP- AES ile yapılan analizlerde karaciğer dokusunun kas dokusuna göre daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Ege'nin İzmir istasyonunda Fe elementi *M.merlangus*'un kas dokusunda  $160 \mu\text{g/ g}$ , Cu elementi *M.merlangus*'un karaciğer dokusunda  $26.7 \mu\text{g/}$  ve Pb elementi yine *M.merlangus*'un karaciğer dokusunda  $5.20 \mu\text{g/g}$  ile en yüksek değere sahip olmuştur. Mersin istasyonundaki *M.barbatus* Cd miktarı (kasta; 0.40, karaciğerde;  $0.86 \mu\text{g/ g}$ ), İzmir istasyonundan alınan *M.merlangus* Cd miktarından (kasta; 0.24, karaciğerde;  $0.35 \mu\text{g/g}$ ) daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Zn elementi Antalya istasyonunda *M.barbatus* türünde karaciğer dokusunda en yüksek ( $195 \mu\text{g/g}$ ) değer olarak tespit edilmiştir.

Turan vd. (2009), çalışmalarında Karadeniz ve Akdeniz kıyılarından yakalanan *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus* ve *Engraulis encrasicolus* türlerinde ağır metal düzeyleri tespit edilmiştir. Analizler balıklardan alınan kas dokularında ICP- AES cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar *E.encrasicolus* türünde Karadeniz'den örneklenenlerde Al (95,313), Mn (1,390) ve Zn (25,416)  $\mu\text{g/g}$ , Akdeniz'den örneklenenlerde ise Li (3,200)  $\mu\text{g/g}$  miktarda en yüksek element olmuştur.

*M.barbatus* türünde sadece Pb (0,727 µg/g) Karadeniz’de, Cr (1,893 µg/g) ve Fe (21,901 µg/g) ise Akdeniz’de en yüksek değere ulaşmıştır. *M.merlangus* ise Akdeniz’de Cd (1,685 µg/g ), Karadeniz’de Ni (1,363 µg/g) elementlerinin miktarca fazla olduğu görülmüştür.

Tüzen (2009), çalışmasında Karadeniz’den yakalanan *Psetta maxima*, *Scomber scombrus*, *Merlangius merlangus*, *Mugil cephalus*, *Mullus barbatus*, *Pomatomus saltator*, *Sarda sarda*, *Trachurus trachurus*, *Engraulis encrasicolus*, *Clupea sprattus* ticari türler arasında toksik ve temel elementlerin izlenmesini gerçekleştirmiştir. Elde edilen sonuçlarda toksik elementlerin minimum ve maksimum içeriklerini Hg (25-84 µg/kg), As (0,11- 0,32 µg/g), Pb (0,28- 0,87 µg/g), Cd (0,10- 0,35 µg/g) ve Ni (1,14- 3,60 µg/g) tespit edilirken, temel elementlerin içeriklerini Fe (36,2- 145 µg/g), Cu (0,65- 2,78 µg/g), Mn (2,76- 9,10 µg/g), Zn (38,8- 93,4 µg/g), Se (0,19- 0,85 µg/g) ve Cr (0,63- 1,74 µg/g) olarak tespit edilmiştir. Balık örneklerindeki Pb ve Cd içerikleri insan tüketimi için önerilen yasal limitlerden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Nisbet vd. (2010), çalışmalarında Orta Karadeniz Bölgesi’nden avlanan *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus*, *Alosa caspia*, *Pomatomus saltator*, *Mullus barbatus*, *Spicara smaris*, *Gobius cephalarges*, *Sarda sarda*, *Merlangius euxmus*, *Psetta maxima* balıkların kas dokularında ağır metallerin düzeylerini belirlemişlerdir. Atomik absorpsiyon spektrometresinde analiz edilen ortalama ağır metal konsantrasyonları Cu (2,38 µg/g), Mn (5,41 µg/g), Fe (26,06 µg/g), Ni (3,40 µg/g), Zn (25,74 µg/g), Pb (0,77 µg/g) ve Cd (0,022 µg/g) olarak tespit edilmiştir. Hg elementi ise örnek balıkların hiçbirinde tespit edilememiştir. Elde edilen konsantrasyon değerleri FAO/WHO standartları ile karşılaştırıldığında balık örneklerinin maksimum kabul edilebilir limitleri aşmadığı, fakat Pb düzeyinin limitlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Mendil vd. (2010), çalışmalarında Karadeniz’de *Sarda sarda*, *Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus ponticus* ticari değeri olan türlerde eser element içeriklerini mevsimsel olarak incelemiştir. Balık türlerine göre elementlerin ortalama değerlerini *Sarda sarda*’ da Fe (25,5 µg/g), Pb (0,28 µg/g) ve Cr (0,64 µg/g) minimum değere, Cd (0,35 µg/g) elementin de ise türler arasında en yüksek değer olarak tespit edilmiştir. *Mullus barbatus ponticus*’ta Zn (17,8 µg/g) ve

Cu (1,4 µg/g) minimum iken Fe (41,4 µg/g), Cr (0,99 41,4 µg/g) ve Co (0,42 41,4 µg/g) elementlerinde maksimum değer olarak tespit edilmiştir. *Trachurus trachurus*' ta Mn (1,3 µg/g) en düşük değer iken, Zn (25,7 µg/g), Pb (0,64 µg/g) ve Cu (2,4 µg/g) en yüksek değerli elementler olarak analiz edilmiştir. *Merlangius merlangus*' ta ise Cd (0,18 µg/g) ve Co (0,25 µg/g) en düşük değerli elementler iken, Mn (3,6 µg/g) en yüksek değerli elementler arasında yer almıştır. Sadece Pb ve Cd içeriklerinin önerilen yasal limitlerden daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Aygun ve Abanoz (2011), çalışmalarında Orta Karadeniz Bölgesi'nde 2009 ile 2010 yıllarında *Engraulis encrasicolus* ve *Merlangius merlangus* türlerinde ağır metal tayinini gerçekleştirmişleridir. *E. encrasicolus* için 2010 yılı değerleri (Fe: 51.5±5.3, Mn: 4.2±0.9, Zn: 221.0±0.5, Cu: 3.8±1.9 µg/g) 2009 yılı değerlerine (Fe: 34.0±2,5, Mn: 2.0±0.0, Zn: 129.3±15.0, Cu: 3.7±1.6, Pb: 0.4±0.2, Cd: 0.2±0.05 µg/g) göre artmıştır, sadece Pb ve Cd elementleri tespit edilememiştir. *M. merlangus* ise 2010 yılındaki (Fe: 7.0±4.6, Mn: 3.0±0.0, Zn: 28.3±1.0 µg/g) elementlerinin değerleri, 2009 yılı değerlerine (Fe: 9.9±2.1, Mn: 4.3±0.7, Zn: 58.0±3.5 µg/g) göre azalmış, sadece Cu elementi (2009' da 2.3±0.7 µg/g iken 2010 yılında 2.7±0.7 µg/g) çok az artmış göstermiştir, yine Pb ve Cd elementleri tespit edilememiştir. Çalışmada sonuç olarak zaman ve türe göre ağır metal birikimi farklılık göstermiştir.

Bilandžić vd.(2011), çalışmalarında Adriyatik Denizi'nin Hırvatistan sularından 2008- 2009 yıllarında yakalanan *Engraulis encrasicolus*, *Scomber japonicus*, *Mullus surmuletus*, *Spicara smaris* türlerinin kas dokularında ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Balık türlerine göre tespit edilen metal konsantrasyonları *E. encrasicolus* (As 0.01-.54.8, Cd 0.001- 0.02, Cu 0.001- 6.29, Hg 0.001- 0.52 ve Pb 0.001- 0.34 mg/ kg), *M. surmuletus* (As 0.01–70.9, Cd 0.002–0.85, Cu 0.001–57.3, Hg 0.001–2.07 ve Pb 0.001–0.27 mg/ kg), *S. japonicus* (As 0.01–36.4, Cd 0.001–0.1, Cu 0.001–15.9, Hg 0.001–0.78 ve Pb 0.002–0.24 mg /kg) ve *S. smaris* (As 0.01–54.6, Cd 0.001–0.1, Cu 0.08–32.9, Hg 0.001–0.207 and Pb 0.001–0.46 mg/ kg) olarak tespit edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre balık türleri arasında metal konsantrasyonlarının anlamlı farklılıklar gösterdiği bulunmuştur. Avrupa Birliği yönetmeliklerine göre Cd, Hg, Cu ve Pb elementlerinin konsantrasyonları yasal sınırların altında olduğu belirtilmiştir. Ancak, *Mullus surmuletus* balığındaki As düzeyi insan tüketimi için önerilen yasal sınır değerinden daha yüksek olarak bulunmuş ve insan sağlığını tehdit eden problemlere neden olabileceği belirtilmiştir.

Fındık ve Çiçek (2011), çalışmalarında Batı Karadeniz kıyılarından yakalanan *Merlangius merlangus* ve *Mullus barbatus* türlerinin baş kısmı ve kas dokuları kullanılarak metal içerikleri tespit edilmiştir. Analiz edilen ortalama sonuçlara göre en yüksek Fe (344.25 µg/g), Mn (10.35 µg/g), Cr (0.96 µg/g) ve Al (76.77 µg/g) konsantrasyonları *M. merlangus*'un baş kısmından alınan örneklerde ölçülürken, en yüksek Zn (77.99 µg/g), Cu (8.53 µg/g), B (44.83 µg/g), Ni (1.96 µg/g), Cd (0.40 µg/g) ve Pb (6.80 µg/g) element konsantrasyonları ise yine *M. merlangus*'un kas dokularında tespit edilmiştir. *Mullus barbatus* türünün baş kısmından alınan örneklerde en yüksek değer yine Fe (124.80 µg/g) elementinde onu takiben Zn (18.16 µg/g) elementinde olduğu tespit edilmiştir. *Mullus barbatus*'un kas dokusundaki Fe (21.20 µg/g), Zn (16.03 µg/g), Cu (4.08 µg/g), Mn (0.77 µg/g), Cr (0.10 µg/g), B (6.73 µg/g), Ni (0.63 µg/g), Cd (0.11 µg/g), Pb (1.11 µg/g) ve Al (2.60 µg/g) element değerlerinin *Merlangius merlangus* türünün kas dokusundaki değerler karşılaştırıldığında arasında anlamlı bir farkın oluşmadığı görülmüştür. Kurşun elementi için hem Mezgit'te hem de Barbut'da FAO, WHO ve TSE tarafından bildirilen izin düzeyleri açısından, insan tüketiminde herhangi bir risk olmadığı bildirilmiştir.

Papagiannis vd. (2004), çalışmalarında Pamvotis Gölü (Yunanistan)'nde bulunan *Cyprinus carpio*, *Siluris aristotelis*, *Rutilus ylikiensis* ve *Carassius gibelio* türlerinin gonad, karaciğer ve kas dokularında Cu ve Zn içeriklerini analiz etmişlerdir. Karşılaştırmalı yapılan analiz sonuçlarında en yüksek metal içerikleri *Cyprinus carpio* ve *Rutilus ylikiensis* türünde görülmüştür. Analizler doku parçaları açısından değerlendirildiğinde karaciğer ve gonad dokularında en yüksek Cu ve Zn değerleri tespit edilmiştir. Kas dokusundaki metal derişimi ise insan tüketimi için izin verilen güvenlik sınır değerleri arasında kalmıştır.

Öksüz vd.(2009), çalışmalarında Beyşehir ve Seyhan Baraj Gölü'nden yakalanan *Sander lucioperca* türünde mineral ve eser elementleri analiz ederek karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlarda, *S. lucioperca* balığının mineral içeriğinin K (3392.78- 3476.33 mg/kg), P (1557.35- 1472.03 mg/kg), Ca (805.62- 778.78 mg/kg) ve Na (446.54- 538.05 mg/kg) elementleri bakımından zengin olduğu ve insan beslenmesi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Eser elementlerin miktarları dikkate alındığında ise en yüksek elementin Zn olduğu, onu takiben sırasıyla Fe, Cu, Se ve Pb geldiği tespit edilmiştir. Beyşehir Gölü ve Seyhan Baraj

Gözü'nden yakalanan sudaklar arasındaki fark göz önüne alındığında bir istatistiksel farkın ( $p < 0.01$ ) sadece Fe elementinin miktarı arasında olduğu görülmüştür. Diğer eser elementler arasında fark görülmemiştir.

Kır ve Tuncay (2010), Kovada Gözü'nde yaşayan Tatlısu İstakoz (*Astacus leptodactylus*)'larının kas, karaciğer ve karapaks dokularında bazı (Cu, Mn, Zn, Al, Ni, Cd, Pb, Cr ve Fe) ağır metallerin birikimi incelenmiştir. Sonuçlar yaş ağırlık üzerinden mg/ kg olarak verilmiş ve mevsimsel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada doku ve organlarda en fazla biriken metalin Alimünyum (Kasta;  $8,51 \pm 2,19^a$  -  $5,65 \pm 3,08^a$  -  $18,73 \pm 0,68^a$  -  $9,24 \pm 1,11^a$ , Karaciğer;  $6,74 \pm 2,96^{ab}$  -  $4,55 \pm 1,59^a$  -  $6,21 \pm 0,57^a$  -  $10,33 \pm 1,86^b$ , Karapaks;  $483,86 \pm 185,56^b$  -  $96,04 \pm 26,05^a$  -  $47,07 \pm 8,18^a$  -  $107,94 \pm 46,89^a$ ) olduğu belirlenmiştir. Metallerin karaciğer ve karapaksta kas dokusuna göre daha fazla biriktiği saptanmıştır.

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Marmara Denizi'nden ticari balıkçı tekneleriyle avlanarak Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Su Ürünleri Hal Müdürlüğüne bağlı Karamürsel- Ereğli Balık Hali'ne getirilen hamsi (*Engraulis encrasicolus*) örnekleri materyal olarak alınmıştır. Ekim 2012 ile Nisan 2013 tarihleri arasında iki ayda bir olmak üzere toplam 4 kez balıkçı kasalarından rastgele örnekleme yöntemine göre elde edilen balıklar (yaklaşık 2 kg) soğuk muhafazalı taşıma kaplarına alınmıştır. Örneklenen balıklar soğuk zincir yoluyla aynı gün Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'na bağlı Kocaeli Gıda Kontrol Laboratuvarı Müdürlüğüne getirilmiştir.

##### **3.1.1. Örneklerin değerlendirilmesi**

Laboratuvar ortamına taşınan balık örneklerinin pens, makas ve bisturi yardımıyla önce baş ve kuyruk kısmı kesilmiştir. Ardından balıklar bisturi ile anüsten başlanarak başa doğru insizyon yapılmış ve iç organları alınmıştır. Daha sonra balıklardan ayrılan kas dokusu örnekleri (yaklaşık 700 g) analiz için hazır hale getirilmiştir.

#### **3.2. Yöntem**

##### **3.2.1. Örneklerin analizi**

Alınan kas dokusu örnekleri Waring marka çelik blender haznesine konularak homojenize edilmiştir (Şekil 3.1). Ölçüm için homojenize edilen kas dokusu örneklerinden 1 g tartılarak yakma hücresine alınmıştır (Şekil 3.2). Yakma hücresinin üzerine 5 ml HNO<sub>3</sub> (Nitrik asit) ve 2,5 ml HCl (Hidroklorik asit) ilave edilerek mikrodalga fırın (Sieno MDS- 40) da süre ve sıcaklık derecesine göre hazırlanan ( 70 °C'de 15 dk./ 85 °C'de 10 dk./ 105 °C'de 10 dk./ 110 °C'de 5 dk./ 120 °C'de 5 dk. ve 130 °C'de 5 dk) programda çözünürleştirme işlemi yapılmıştır (Şekil 3.3). Yakma hücreleri mikrodalga fırından çıkarıldıktan sonra kapakları açılmadan oda sıcaklığında soğutulmuştur. Kapakları açılan yakma hücrelerindeki çözelti 50 ml'lik balona üzerinde süzgeç kağıdı bulunan bir huniden süzülerek dökülmüş ve deiyonize su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Balon içeriği 50 ml'lik kapaklı plastik tüplere aktarılmıştır. Örneklerin analizi elementlerin (Cu, Pb, Cd, Mn,

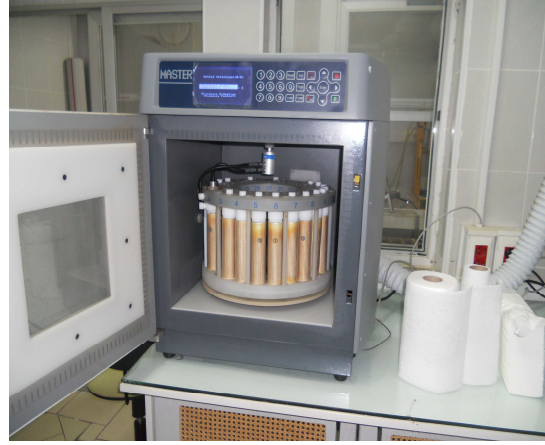
Ni, Hg, Fe, Zn, Cr, Al) kütle ağırlıkları esas alınarak ICP- MS Agilent 7700 X (Japonya) model analiz cihazında yapılmıştır (Şekil 3.4). Ayrıca cihazın ağır metal ölçümündeki doğruluğunu saptamak amacıyla sertifikalı Merck kimyasallarından 111355 ICP multi element standart solüsyon IV'den çözelti hazırlanarak metal analizi gerçekleştirilmiştir (AOAC, 1999).



Şekil 3.1. Waring marka çelik blender ile homojenize işlemi



Şekil 3.2. Kas dokusu örneklerinin tartım işlem ünitesi



Şekil 3.3. Mikro dalga fırında çözünürleştirme işlemi



Şekil 3.4. ICP- MS Agilent 7700 X model analiz cihazı

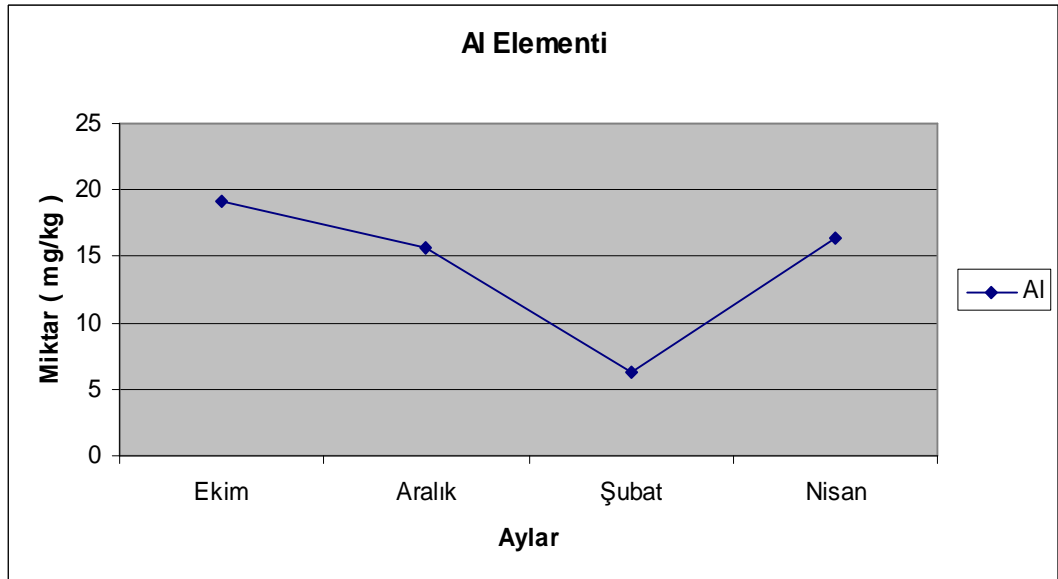
### **3.2.2. İstatistiksel analizler**

ICP- MS analiz cihazından elementlerin atom ağırlıklarına göre değerlendirilerek elde edilen sonuçlar mg/kg biriminden istatistiksel analize alınmıştır. İstatistiksel hesaplamaların yapılmasında SPSS 16.0 istatistik programı kullanılmıştır. Hamsinin kas dokusundaki ağır metal miktarlarının örneklenen aylar arasındaki istatistiksel ilişkileri belirlemek, aylar ve kas dokusu arasında istatistiksel açıdan fark olup olmadığını ortaya koymak amacıyla One-Way Anova ve Duncan testi uygulaması gerçekleştirilmiştir.

## **4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

Marmara Denizi'nden avlanan hamsi balığına ait kas dokusunda av sezonu boyunca iki ayda bir olmak üzere Ekim, Aralık, Şubat ve Nisan aylarında 4 defa örnekleme yapılarak seçilen ağır metallerin birikimi belirlenmiş ve Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen değerler istatistiki açıdan analiz edildiğinde ağır metaller arasında Al hariç diğer tüm metallerde (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg ve Pb) zamana bağlı olarak önemli düzeyde farklılık tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Çalışmamızda Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Hg ve Pb örneklenen tüm zamanlarda kas dokusunda tespit edilmiştir. Cd ise Aralık ve Şubat aylarında tespit edilememiş olmasına rağmen Ekim ve Nisan aylarında düşük düzeyde tespit edilmiştir.

Hamsi balığının kas dokusunda yapılan analiz sonucu Al miktarının 19.10 mg/kg ile Ekim ayında en yüksek, 6.24 mg/kg ile Şubat ayında en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Şubat ayında elde edilen değer Ekim, Aralık ve Nisan aylarındaki değerlerden önemli düzeyde farklı olduğu Şekil 4.1'de görülmektedir ( $p<0,05$ ).



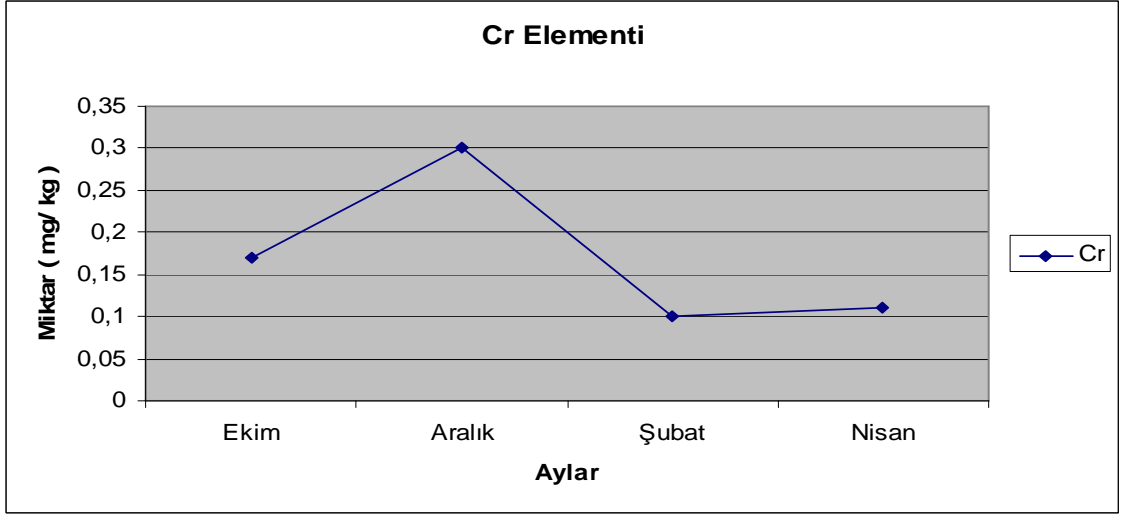
Şekil 4.1. Aylara göre Al elementinin miktarı

Kas dokusu örneklerinde yapılan analiz sonucu Cr miktarının 0.10 mg/kg ile Şubat ayında minimum değere, Aralık ayında ise 0.30 mg/kg ile maksimum değere sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1). Aralık ayında elde edilen miktar diğer tüm zamanlardaki miktarlardan önemli olduğu Şekil 4.2'de gösterilmiştir ( $p< 0,05$ ).

Çizelge 4.1. Hamsi balığının kas dokusunda aylara göre tespit edilen bazı ağır metallerin ortalama miktarları (mg/kg) ve standart hataları

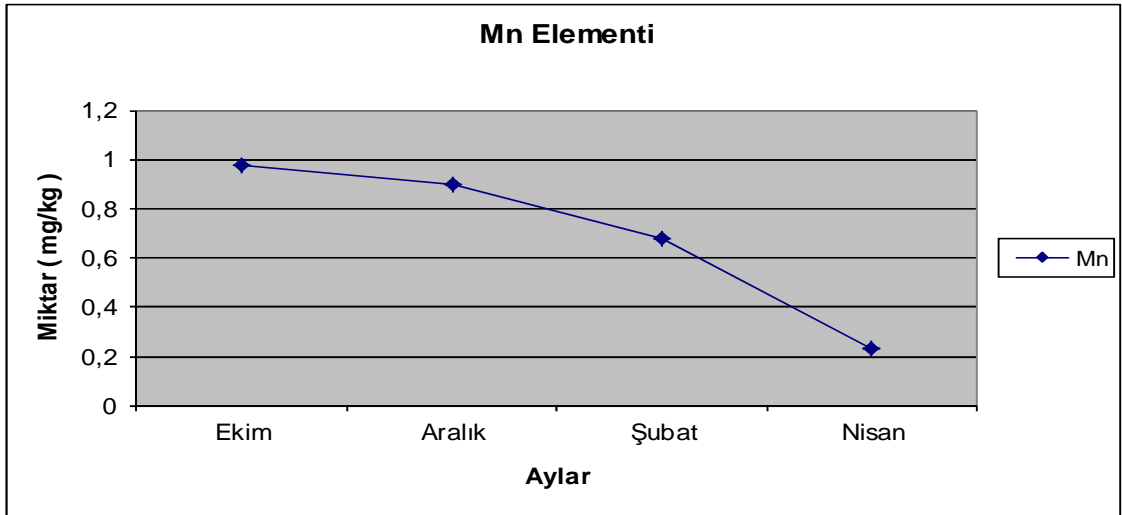
Ağır metaller Aylar	Al	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb
<b>Ekim</b>	19,10±4,57a	0,17±0,03b	0,98±0,05a	19,90±1,57a	0,06±0,01b	3,56±0,40a	235,46±34,03a	0,04±0,00b	0,01±0,00c	0,39±0,05b
<b>Aralık</b>	15,67±1,10ab	0,30±0,00a	0,90±0,06a	6,34±0,25c	0,13±0,00a	2,54±0,31b	72,25±5,10b	Tesbit Edilemedi	0,03±0,00b	0,11±0,00c
<b>Şubat</b>	6,24±0,41b	0,10±0,00b	0,68±0,02b	11,18±0,25b	0,07±0,01b	0,44±0,02c	36,35±0,87b	Tesbit Edilemedi	0,05±0,01b	0,09±0,00c
<b>Nisan</b>	16,32±3,52ab	0,11±0,00b	0,23±0,03c	8,55±0,27bc	0,14±0,01a	1,25±0,08c	35,21±2,11b	0,07±0,00a	0,07±0,00a	0,53±0,00a
<b>Genel ortalama</b>	14,86±1,90	0,17±0,01	0,73±0,06	12,43±1,19	0,10±0,00	2,13±0,28	110,45±20,69	0,03±0,00	0,04±0,00	0,29±0,03
<b>Min.- Max.</b>	4,70-50,97	0,06-0,33	0,06-1,19	5,45-25,60	0,02-0,19	0,38-5,11	28,72-373,69	0,00-0,09	0,01-0,08	0,08-0,61

Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0,05).



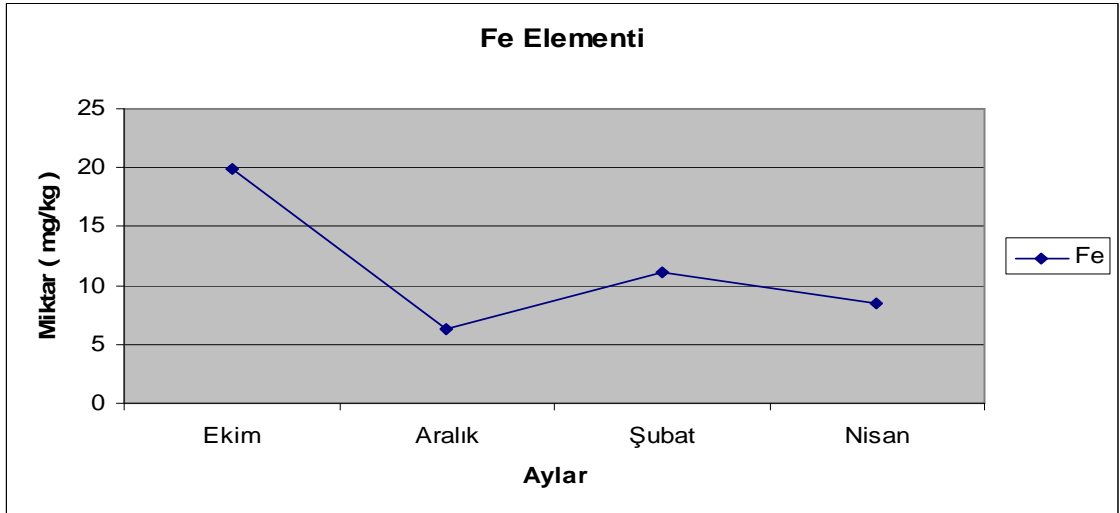
Şekil 4.2. Aylara göre Cr elementinin miktarı

Hamsinin kas dokusundaki Şubat (0,68 mg/kg) ve Nisan (0,23 mg/kg) aylarındaki Mn miktarları Çizelge 4.1’de hem birbirlerinden olan farkları ile önemli, hem de Ekim ve Aralık aylarındaki miktarlardan önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Mn elementinin minimum değeri Nisan ayında, maksimum değeri ise Ekim (0,98 mg/kg) ayında tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



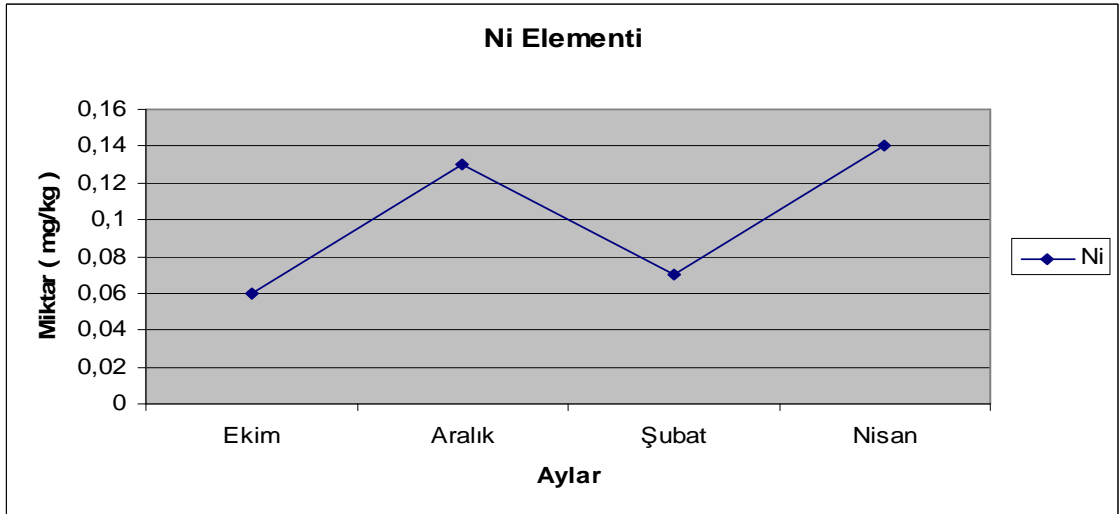
Şekil 4.3. Aylara göre Mn elementinin miktarı

Kas dokusunda Aralık ayında tespit edilen Fe miktarı (6,34 mg/kg) minimum miktarda iken, Ekim (19,90 mg/kg) ayı miktarı Fe elementi yönünden maksimum olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1; Şekil 4.4).



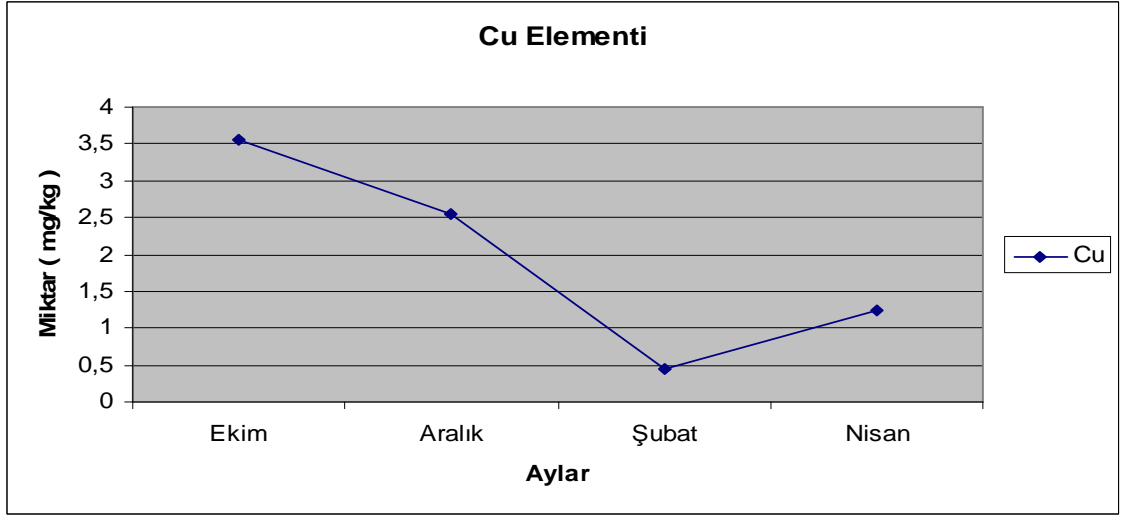
Şekil 4.4. Aylara göre Fe elementinin miktarı

Kas dokusu örneklerinde yapılan analiz sonucu Ni elementinin Ekim (0.06 mg/kg) ayı miktarı, elde edilen Aralık (0,13 mg/kg) ve Nisan (0.14 mg/kg) aylarındaki miktarlar arasındaki fark önemlidir ( $p < 0,05$ ). Nikel elementinin minimum miktarı Ekim, maksimum miktarı ise Nisan ayında tespit edilmiştir (Çizelge 4.1; Şekil 4.5 ).



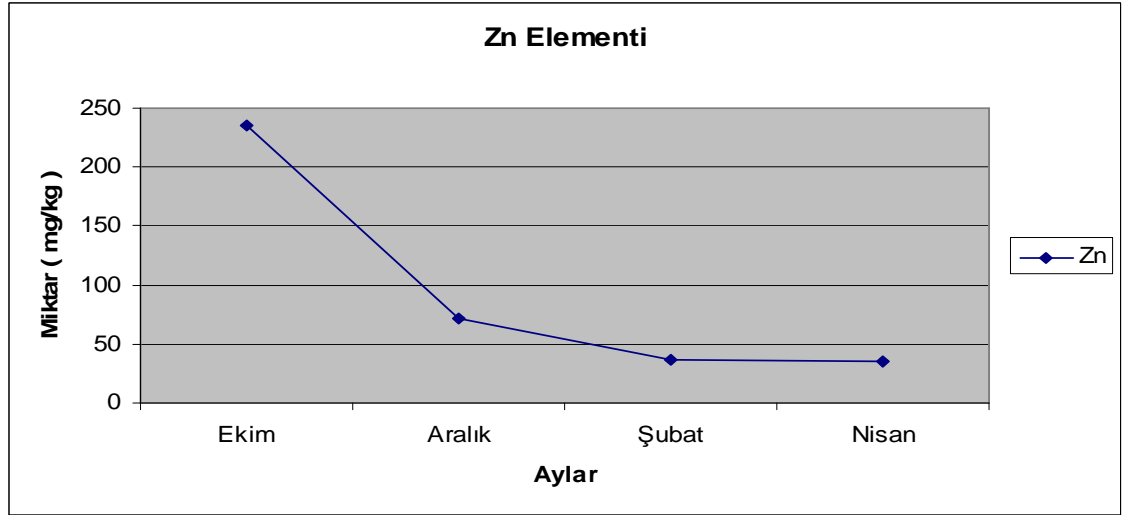
Şekil 4.5. Aylara göre Ni elementinin miktarı

Kas dokusundaki Cu miktarları Şubat (0.44 mg/kg) ve Nisan (1.25 mg/kg) aylarında benzerlik göstermiştir (Çizelge 4.1). Ekim (3.56 mg/kg) ve Aralık (2.54 mg/kg) ayları arasındaki fark önemlidir ( $p < 0,05$ ). Aynı zamanda Şubat ayı Cu miktarı Ekim ve Aralık aylarındaki Cu miktarı arasındaki farkta istatistiki açıdan önemlidir ( $p < 0,05$ ). Bakır elementinin minimum değeri Şubat ayında, maksimum değeri ise Ekim ayında tespit edilmiştir (Çizelge 4.1; Şekil 4.6).



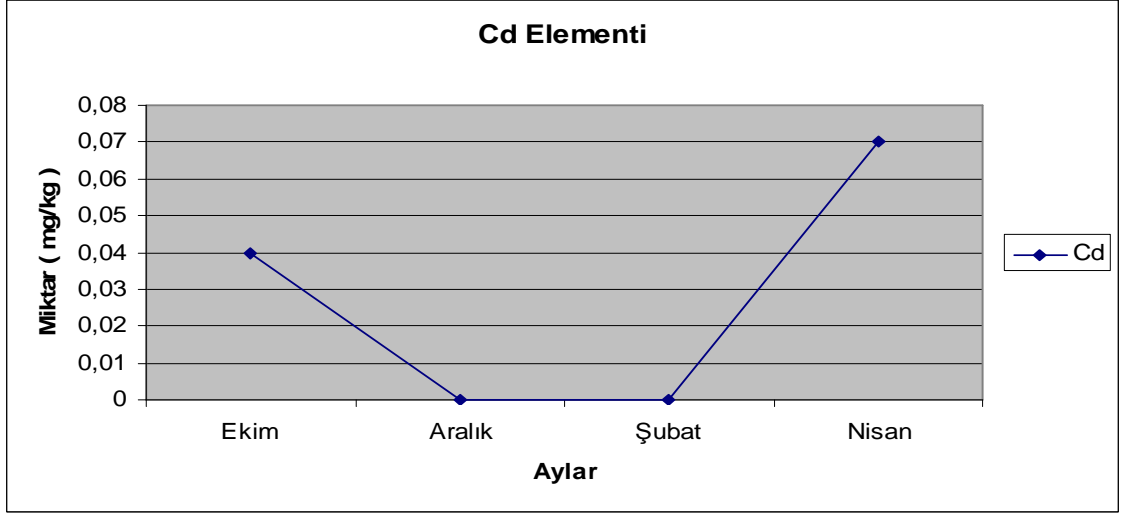
Şekil 4.6. Aylara göre Cu elementinin miktarı

Çinko elementinin kas dokusundaki miktarı Aralık (72.25 mg/kg), Şubat (36.35 mg/kg) ve Nisan (35.21 mg/kg) aylarında benzer olup, önemli bir fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ). Çinko'nun Ekim (235.46 mg/kg) ayındaki miktarı, diğer aylardaki miktarlara oranla yüksektir ve önemlidir ( $p<0,05$ ). Maksimum Zn miktarı Ekim ayında, minimum Zn miktarı ise Nisan ayında tespit edilmiştir (Çizelge 4.1; Şekil 4.7).



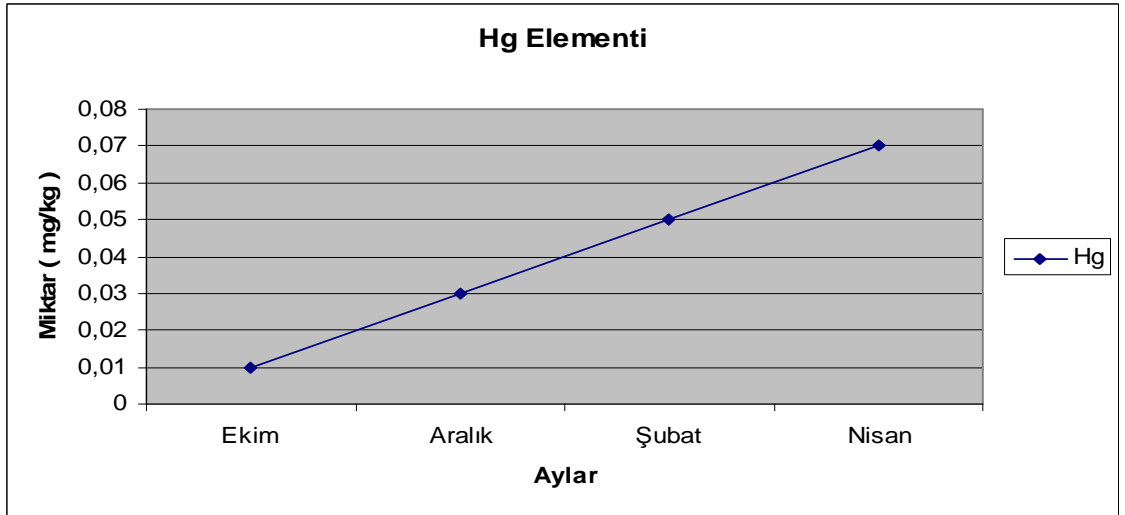
Şekil 4.7. Aylara göre Zn elementinin miktarı

Ekim (0.04 mg/kg) ve Nisan (0.07 mg/kg) aylarında elde edilen Cd miktarlarının birbirlerinden olan farklarının önemli olduğu belirlenmiştir ( $p< 0,05$ ). Hamsinin kas dokusundaki Cd miktarı Aralık ve Şubat aylarında tespit edilememiştir (Çizelge 4.1; Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Aylara göre Cd elementinin miktarı

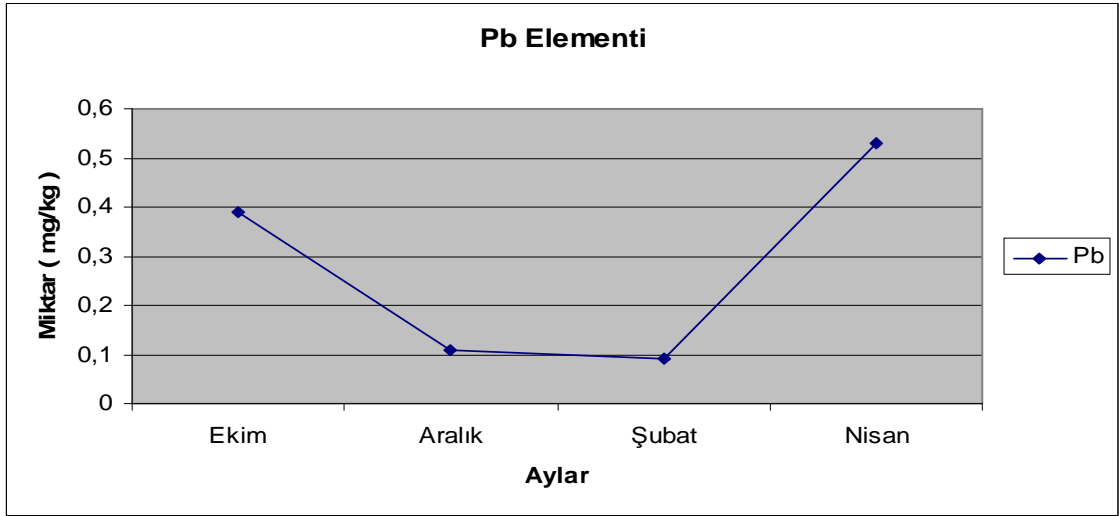
Civa elementinin kas dokusundaki Aralık (0.03 mg/kg) ve Şubat (0.05 mg/kg) aylarındaki miktarları arasındaki fark önemsiz iken, Ekim ile Nisan aylarındaki Hg miktarlarının hem birbirlerinden olan farkları önemli, hem de Aralık ve Şubat aylarındaki miktarlarından olan farklarının önemli olduğu görülmüştür ( $p < 0,05$ ). Ekim (0.01 mg/kg) ayında minimum miktar, Nisan (0.07 mg/kg) ayında ise maksimum miktar olarak tespit edilmiştir ( Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Aylara göre Hg elementinin miktarı

Kas dokusu örneklerinde yapılan analiz sonucu Pb miktarının Aralık (0.11 mg/kg) ve Şubat (0.09 mg/kg) aylarındaki farkı önemsiz olmakla birlikte, Ekim (0,39 mg/kg) ile Nisan (0.53 mg/kg) aylarındaki Pb miktarları arasındaki farkın önemli ve diğer aylardan da farklı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1). Kurşun elementinin minimum

miktarı Şubat ayında, maksimum miktarı ise Nisan ayında tespit edilmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Aylara göre Pb elementinin miktarı

Çalışmamızda analiz edilen ağır metallerin sonuçları incelendiğinde Al, Mn, Fe, Cu ve Zn elementlerinin Ekim ayında maksimum miktarlara sahip olduğu, diğer ağır metallerden Ni, Cd, Hg ve Pb elementlerinin Nisan ayında maksimum miktara ulaştığı belirlenmiştir. Krom elementi ise diğer ağır metallerden farklı olarak Aralık ayında en yüksek değere ulaşmıştır. Ağır metallerden Al, Cr, Cu ve Pb elementlerinin en düşük miktarları Şubat ayında, Mn ve Zn elementleri Nisan ayında, Ni ve Hg elementleri ise Ekim ayında tespit edilmiştir. Demir elementinin en düşük miktarı Aralık ayında belirlenmiştir. Bunlara ilave olarak Cd elementi Aralık ve Şubat aylarında tespit edilememiştir (Çizelge 4.1).

## 5.TARTIŞMA V E SONUÇ

Ekim 2012- Nisan 2013 tarihleri arasında yürütülen bu çalışmada Marmara denizi'nden avlanarak satışı sunulan hamsi balıklarının kas dokularında biriken bazı ağır metallerin (Al,Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg ve Pb) miktarları tespit edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen analiz sonuçları zamana göre değişimi yönünden değerlendirilmiştir.

Balıklarda ağır metal birikimi ile ilgili ülkemizde ve yurtdışında farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular hem kendi içerisinde hem de önceki çalışmalarla karşılaştırılmak suretiyle değerlendirilmiştir.

Çalışmamızdaki Al elementinin ortalama miktarı Turan vd. (2009)'nın Karadeniz'den örneklenerek çalışılan hamsi balığının kas dokusundaki Al miktarından oldukça düşüktür. Aynı çalışmanın Akdeniz'den örneklenen hamsi balıklarındaki Al miktarı ise çalışmamızdaki Al miktarına daha yakın olduğu görülmüştür. Çalışma alanı ve tür bakımından incelendiğinde Marmara Denizi'nden avlanan hamsilerin Akdeniz'den avlanan hamsilere Al miktarı yönünden benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Kır ve Tuncay (2010)'nın Kovada gölü'nde yaşayan *Astacus leptodactylus*'larda bazı ağır metallerin birikimi üzerine yapılan çalışmalarında en fazla biriken metalin Al olduğu ancak, kas dokusuna göre karaciğer ve karapaksta daha fazla biriktiği saptanmıştır. Al elementinin miktarının çalışmamızda da olduğu gibi Ekim (sonbahar) ve Nisan (ilkbahar) aylarında artarken, Aralık ve Şubat (kış) aylarında ise azaldığı görülmüştür.

Hamsi balığının kas dokusundan Aralık ayında elde edilen en yüksek Cr miktarı Usero vd. (2003)'nin İspanya'nın Atlantik kıyılarından yakalanan *Anguilla anguilla* ve *Liza aurata* türlerinin kas dokularındaki ortalama Cr miktarı ile benzerlik göstermektedir. Tüzen vd. (2009), Karadeniz'den örneklenen hamsi balıklarında AAS ile analiz edilen ortalama Cr miktarı çalışmamızdaki ortalama Cr miktarından daha yüksektir. Tepe vd. (2008), Yalova ve Çanakkale çalışılan istasyon olmak üzere *Mullus barbatus* ve *Merlangius merlangus* türlerinin kas dokularındaki ortalama Cr miktarının çalışmamızda elde edilen maksimum Cr miktarına çok yakın olduğu görülmüştür. Uluözlü vd. (2007)'nin Karadeniz ve Ege denizinden seçilen türler arasında yapılan analiz sonucu Cr miktarı en yüksek olan tür *Engraulis encrasicolus*

olarak tespit edilmiştir. Çalışmadaki hamsi balığına ait Cr miktarı ise tespit edilen miktarlardan çok daha düşüktür. Analiz edilen ortalama Cr miktarı Turan vd. (2009)'nın Karadeniz ve Akdeniz'den avlanan *Merlangius merlangus* türüne ait kas dokusundan ICP-AES tekniği ile tespit edilen ortalama Cr miktarı ile paralellik göstermektedir.

Çalışmamızdaki ortalama Mn miktarı Fındık ve Çiçek (2011), Batı Karadeniz kıyılarından av sezonu boyunca yakalanan *Mullus barbatus* türünün kas dokusundaki ortalama Mn miktarı ile benzerlik göstermektedir. Ekim ayındaki maksimum Mn miktarı, Kır ve Tuncay (2010)'nın Kovada Gölü'ndeki *Astacus leptodactylus*'ların kas dokusunda sonbahar mevsiminde tespit ettikleri maksimum Mn miktarına benzediği saptanmıştır. Aygun ve Abanoz (2011), 2009 ve 2010 yıllarında Orta Karadeniz'den avlanan hamsi balıklarından AAS tekniği ile analiz edilen Mn miktarının çalışmamızdaki maksimum Mn miktarından bile daha yüksek olduğu görülmüştür. Nisbet vd. (2010)'nın Orta Karadeniz kıyılarından yakalanan hamsi balıklarının kas dokularından analiz ettikleri Mn miktarının çalışmamızdaki Mn miktarından çok daha yüksek olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmadaki on balık türünden en yüksek Mn miktarı ise pelajik olan *Trachurus trachurus* türüne aittir.

Analiz sonuçlarına göre miktarca diğer elementlere göre üçüncü sırada yer alan Fe elementi koyu renkli kasa sahip olan hamsi balığında Ekim ayında en yüksek miktarda tespit edilmiştir. Türkmen vd. (2005), İskenderun Körfezi'nin farklı istasyonlarından avlanan *Sparus aurata* türünün ortalama ve maksimum Fe miktarı, çalışmamızdaki ortalama ve maksimum Fe miktarı ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Öksüz vd. (2009), Beyşehir ve Seyhan Baraj Gölü'nden yakaladıkları *Sander lucioperca* örneklerinden elde edilen Fe miktarının elde ettiğimiz minimum Fe miktarından daha az olduğu tespit edilmiştir. Dural vd. (2007)'nin Akdeniz'deki Tuzla Lagünü'nden yakaladıkları *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax* ve *Mugil cephalus* türlerinin kas dokularında yaz mevsiminde tespit edilen Fe miktarı, çalışmamızdaki ortalama Fe miktarına oldukça yakın olduğu görülmüştür. En düşük Fe miktarları sonbahar mevsiminde tespit edilirken çalışmamızda ise Aralık ayında en düşük Fe miktarı belirlenmiştir. Nisbet vd. (2010), Orta Karadeniz bölgesinden avlanan hamsi balıklarının kas dokusundaki ortalama Fe miktarı, analiz ettiğimiz maksimum Fe miktarı ile benzerlik göstermiştir. Yaptıkları çalışmada mevsimsel olarak Fe miktarında farklılık görülmemiştir. Ancak çalıştığımız zaman aralıklarında

ise Ekim, Aralık ve Şubat aylarında elde edilen sonuçların birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Tepe vd. (2008), Yalova istasyonundan yakalanan *Mullus barbatus* türündeki Ni miktarının, analiz ettiğimiz Ni miktarı ile benzer olduğu saptanmıştır. Turan vd. (2009)'nın hamsi balıklarının kas dokularındaki Akdeniz ve Karadeniz'den elde edilen sonuçlar, analiz ettiğimiz Ni miktarından oldukça yüksektir. Aynı şekilde Uluözlü vd. (2007) ve Nisbet vd. (2010) yaptıkları çalışmalarda hamsi balıklarından elde edilen Ni miktarının da yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kır ve Tuncay (2011), Kovada gölündeki *Astacus leptodactylus*'un kas dokusundan bahar mevsiminde elde edilen Ni miktarı, çalışmamızdaki Nisan ayında tespit edilen miktara ve analiz edilen maksimum miktara karşılık geldiği görülmüştür.

Keskin vd. (2007), Marmara denizinden yakalanan hamsi balıklarındaki kas dokusundan elde edilen ortalama Cu miktarı, analiz ettiğimiz maksimum Cu miktarı ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bilandžić vd.(2011), Adriyatik denizinin Hırvatistan kıyılarından yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki Cu miktarına ait minimum ve maksimum değerler, çalışmamızdaki hamsi balıklarının minimum Cu miktarına göre daha düşük iken, maksimum Cu miktarının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Aygun ve Abanoz (2011), Orta Karadeniz bölgesinden avladıkları hamsi balıklarının kas dokularındaki Cu miktarı çalıştıkları yıllar yönünden farklılık göstermemiştir. Analiz ettikleri Cu miktarları Ekim ayında elde ettiğimiz Cu miktarı ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Canlı ve Atlı (2003)'nın çalışmalarındaki pelajik tür olan *Sardina pilchardus*'a ait ortalama Cu miktarı, analiz ettiğimiz hamsilerdeki maksimum Cu miktarına yakın olduğu görülmüştür. Tüzen vd. (2009), Karadeniz'den örnekledikleri hamsi balıklarındaki ortalama Cu miktarı, elde ettiğimiz ortalama Cu miktarına benzerlik göstermiştir.

Analiz sonuçlarına göre en yüksek miktara sahip olan Zn elementi Uluözlü vd. (2007)'nin gerçekleştirdiği çalışmadaki demersal olan *Mullus barbatus* türüne ait Zn miktarı, elde edilen ortalama Zn miktarı ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Aynı çalışmadaki hamsi balığındaki Zn miktarından ise oldukça yüksektir. Aygun ve Abanoz (2011)'nin Orta Karadeniz'den 2009 yılında avlanan hamsi balıklarındaki Zn miktarı, bulgularımızdaki ortalama Zn miktarı ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Ancak 2010 yılındaki Zn miktarı artmış ve elde ettiğimiz maksimum

Zn miktarına yakın olduğu belirlenmiştir. Papagiannis vd. (2004), Pamtovis gölünden örneklenen *Cyprinus carpio*, *Siluris aristotelis*, *Rutilus ylikiensis* ve *Carassius gibelio* türlerinden analiz edilen Zn miktarı karşılaştırıldığında en düşük Zn miktarı kas dokusunda tespit edilmiştir. Maksimum Zn miktarı *Rutilus ylikiensis* türünde saptanmıştır. Tespit edilen maksimum Zn miktarı elde ettiğimiz ortalama Zn miktarına yakın olduğu belirlenmiştir. Fındık ve Çiçek (2011), Batı Karadeniz kıyılarından avlanan demersal *Merlangius merlangus* türüne ait Zn miktarı, Aralık ayında tespit edilen Zn miktarı ile paralellik göstermiştir.

Kadmiyum metali çalışmamızda bazı aylarda tespit edilemeyen tek elementtir. Demirkol ve Aktaş (2002), İzmit Körfezi ve Tekirdağ açıklarından Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında avlanan pelajik *Trachurus trachurus* türünün tüm dokuları kullanılmak üzere İzmit körfezinden elde edilen en yüksek Cd miktarı, bulgularımızdaki miktar ve zaman yönünden paralellik göstermiştir. Aynı çalışmadaki ortalama Cd miktarı da birbirine çok yakın olarak saptanmıştır. Tekirdağ açıklarından avlanan *Trachurus trachurus*'larda ise Cd metali tespit edilememiştir. Bulgularımızda ise kış ayına karşılık gelen Aralık ve Şubat aylarında tespit edilememiştir. Bilandžić vd.(2011), Hırvatistan kıyılarından yakalanan *Engraulis encrasicolus* türünün kas dokusundan analiz edilen maksimum Cd miktarı ile bulgularımızdaki ortalama Cd miktarı ile benzerlik göstermiştir. Keskin vd. (2007), Marmara denizinden avlanan hamsi balıklarının kas dokusundan analiz edilen ortalama Cd miktarı, elde ettiğimiz bulgulardaki ortalama Cd miktarı ve çalışma alanı yönünden paralellik göstermiştir. Tüzen vd. (2009), Karadeniz'den yakalanan hamsi balıklarında tespit edilen ortalama Cd miktarı, Marmara denizinden yakalanan hamsi balıklarındaki ortalama Cd miktarından yüksek olduğu belirlenmiştir. Dural vd. (2007), Akdeniz'den ilkbahar mevsiminde örneklenen *Dicentrarchus labrax* türünde tespit edilen ortalama Cd miktarı, analiz ettiğimiz ortalama Cd miktarı ile paralellik göstermiştir.

Yiğit ve Müftügil (1985), İzmit Körfezi'nden örneklenen hamsi balıklarının kas dokusundaki Hg miktarı, bulgularımızdaki maksimum Hg miktarından bile oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Usero vd. (2003)'nın İspanya'nın Atlantik kıyılarından yakalanan *Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* ve *Liza aurata* türlerinin kas dokularında tespit edilen ortalama Hg miktarı, Ekim ayında tespit edilen minimum Hg miktarı ile paralellik göstermiştir. Nisbet vd. (2010), Orta Karadeniz

kıyılarından avlanan hamsi balıklarının kas dokusunda Hg metali çalışma süresince tespit edilememiştir. Keskin vd. (2007), Marmara Denizi'nden yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki ortalama Hg miktarı, bulgularımızdaki maksimum Hg miktarından bile oldukça yüksektir. Demirkol ve Aktaş (2002), İzmit Körfezi'nden avlanan istavrit balıklarındaki ortalama Hg miktarı, bulgularımızdaki ortalama Hg miktarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmanın Tekirdağ açıklarından yakalanan istavrit balıklarındaki ortalama Hg miktarı, elde ettiğimiz ortalama Hg miktarı ile paralel olduğu görülmüştür.

Ünsal vd. (1992), Orta ve Doğu Karadeniz'den avlanan *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus trachurus* ve *Merlangius merlangus* türlerinde Hg, Cu ve Pb düzeylerini belirlemiştir. Elde edilen sonuçlarda Pb değerlerinin bulgularımızdaki gibi ilkbahar ve yaz aylarında arttığı, kış aylarında ise azaldığı tespit edilmiştir. Keskin vd. (2007), Marmara denizinden yakaladıkları hamsi balıklarının kas dokusundaki ortalama Pb miktarı, Şubat ayında tespit edilen minimum Pb miktarı ile benzerlik göstermiştir. Tüzen vd. (2009), Karadeniz'den örneklenen *Engraulis encrasicolus* ve *Psetta maxima* türlerindeki ortalama Pb miktarı, bulgularımızdaki ortalama Pb miktarı ile aynı olduğu tespit edilmiştir. Mendil vd. (2010)'nın Karadeniz'den avlanan *Sarda sarda* türüne ait ortalama Pb miktarı, mevsimsel olarak yaz aylarında artan ve kış aylarında azalan Pb miktarı ile bulgularımız arasında paralellik olduğu tespit edilmiştir. Öksüz vd. (2009), Beyşehir Gölü ve Seyhan Baraj Gölü'nden yakalanan *Sander lucioperca* örneklerindeki ortalama Pb miktarı, analiz ettiğimiz minimum Pb miktarına benzer, ancak ortalama Pb miktarına göre oldukça düşüktür. Kır ve Tuncay (2010), Kovada Gölü'nden avlanan *Astacus leptodactylus* türünün kas dokusunda Pb elementi tespit edilememiştir. Uluözlü vd. (2007)'nin Karadeniz'den örnekledikleri hamsi balıklarında ortalama Pb miktarı, bulgularımızdaki ile benzerlik göstermiştir. Örneklenen türler arasında en düşük Pb miktarı hamsi balığına ait olduğu belirlenmiştir. Bilandžić vd.(2011), Hırvatistan kıyılarından avladıkları hamsi balıklarının kas dokusundaki maksimum Pb miktarı ile bulgularımızdaki Pb miktarının benzer olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada *Engraulis encrasicolus* türü, ülkemizdeki tüm denizlerimizden avlanabilmesinden dolayı bulgularımızı karşılaştırma ve değerlendirme imkanı sağlamıştır. Değerlendirmeler sonucunda hamsi balıklarının dip balıklarına oranla ağır metal birikiminin miktarca daha az olduğu tespit edilmiştir. Hamsi balığının

beslenme zincirinin kısa olması, göçmen ve sürü halinde yaşaması dip balıklarına göre yaşadığı ortamdan daha az etkilenmiş olabileceğini göstermektedir. Hatta aynı çalışma alanının farklı istasyonlarından örneklenen aynı türlerde bile farklılık gösterdiği görülmüştür. Örneklenen tür ile yaşam ortamı arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamız örnekleme zamanı yönünden diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında çoğunlukla yıl boyunca, mevsimsel veya av durumlarına göre yani; çalışmamızdaki gibi türün av sezonu içinde avlanabilme durumuna göre düzenlenmiştir. Ağır metallerin birikimi ise bu zaman aralıklarında analiz edilerek değerlendirilmiştir. Bazı çalışmalarda ise türün avlanabilme durumuna bakılmaksızın yıl boyunca örneklenemediği zamanlarda çalışma süresi içerisine katılarak gerçekleştirilmiştir. Genelleme yapmak mümkün olmasa da mevsimsel açıdan değerlendirdiğimizde ortam suyunun sıcaklığı arttığında ağır metalin miktarının da arttığı, su sıcaklığı azaldığında ise tespit edilen miktarda azaldığı görülmüştür. Çalışmamızdaki ağır metallerinde genel olarak Ekim ve Nisan aylarında artış gösterdiği, Aralık ve Şubat aylarında ise çoğunun minimum miktarda biriktiği görülmüştür. Balıkların metabolizma hızları yaz aylarında artış göstermektedir. Bu esnada suda bulunan ağır metalleri de bünyelerine alırlar. Yaz aylarında metal miktarının artışı sözü edilen sebeplere bağlanabilir. Bazı dokulardaki metal miktarının kış aylarında artış göstermesi ise azalan pH değeri ile ilgili olabilir. Çünkü metaller asidik ortamda daha çözünür haldedir (Göksu, 2003).

Çalışmamızdaki bazı elementlerin örneğin; Al, Cr, Mn, Ni ve Cd miktarının Karadeniz'deki çalışmalardan elde edilen sonuçlardan daha düşük olduğu, buna karşın Pb, Fe, Cu ve Zn miktarının ise benzer yada birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. Civa element miktarının Marmara'daki çalışmalarla benzer olduğu tespit edilmiştir. Ancak çalışma alanı yanında çalışılan yıllar arasındaki farklılıkta önemli olduğu belirlenmiştir. Bu yüzden ağır metallerin birikimi üzerine yapılan çalışmaların zaman, alan ve türe göre tekrarlanması ve periyodik olarak takip edilmesinin gerekliliği ön plana çıkmıştır.

Ağır metallerin doku çeşidine göre birikimi değerlendirildiğinde en fazla karaciğer dokusunda olduğu, ardından solungaç ve kas dokusunun takip ettiği görülmüştür. Metallerin karaciğerde yüksek oranlarda birikmesi metabolik olarak aktif bir organ

olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca karaciğer metal bağlayan proteinlerin vücutta en fazla sentezlendiği organdır. Bu proteinler vücutta bulunan metalleri kendisine bağlayarak detoksifiye edebilmektedir (Karadede, 2004). Solungaçtaki metal konsantrasyonunun kasa göre yüksek olması solunum suyuyla alınan metallerin solungaçtaki mukuslara yapışmasından ve lamellalar arasında kalmasından kaynaklanmaktadır (Heath, 1987). Toksikite de solungaçların çok büyük öneme sahip olmalarının nedenleri solungaçların solunum, boşaltım ve osmoregülasyonda görev alması kimyasallara direk ve sürekli maruz kalması ile ilgilidir. Su içerisinde bulunan kimyasal maddeler solungaçlar tarafından absorbe edilmekte, kan dolaşımına girmekte ve tüm vücuda kan yoluyla yayılmaktadır (Karataş, 2005). Kas dokusundaki metal birikiminin düşük olmasının sebebi de deriden metal alımının düşük oranda olmasıdır. Deride bulunan stratum corneum tabakası ve yoğun mukus üretimi metallerin deriden girişini engellemektedir (Dökmeci, 1988).

Çalışmamızda kullanılan ICP-MS analiz cihazı, yaş yakma yöntemi ile hazırlanan örneklerin aynı anda daha fazla metal çeşidinin miktarını elementlerin atom ağırlıklarına göre analiz etme olanağı sağlamıştır. Diğer çalışmalarda daha çok AAS, ICP-AES, ICP-OES türü analiz cihazları kullanılarak metal birikimi belirlenmiştir.

Hamsi balıklarının kas dokusunda tespit edilen Hg, Pb ve Cd elementlerinin miktarları Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen balık dokularındaki ağır metallerin maksimum limit miktarlarına göre değerlendirilmiştir (TGK, 2008). Elde edilen Hg, Pb ve Cd miktarlarının yasal sınır değerleri aşmadığı görülmüştür. İngiltere'ye ait Gıda Kodeksi yayınına göre; Pb ve Cd miktarları sınır değerleri aşmamıştır (MAFF, 1995). FAO/WHO'a göre belirlenen insanlarda (60 kg vücut ağırlığında) günlük izin verilen Pb miktarı 241 µg, haftalık ise 3 mg'dır. Cd elementi için haftalık 0,5 mg olarak belirlenmiştir. Pb ve Cd elementlerinden elde edilen miktarların verilen sınır değerlerin altında kaldığı tespit edilmiştir. Hg elementinin miktarı Avrupa Konseyi'nin su ürünlerinde belirlediği maksimum 0,5 mg/kg sınır değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir (EEC, 2001).

Cu ve Zn element miktarlarının Türk Gıda Kodeksi'nin 2002 yılı sınır değerlerinde Cu için 20mg/kg, Zn için 50mg/kg olarak belirtilmiş, ancak yürürlükte olan Türk Gıda Kodeksi'nde Cu ve Zn elementleri için yasal sınır değerler kaldırılmıştır (TGK, 2008). FAO/WHO'ya göre insanlarda (60 kg vücut ağırlığında) günlük izin verilen

miktar Cu için 3 mg, Zn için 60 mg'dır. İngiltere'ye ait Gıda Kodeksi yayınına göre de Cu 20mg/kg, Zn 50 mg/kg olarak tespit edilmiştir (MAFF, 1995).

Mn, Fe, Cr, Ni ve Al elementleri için ülkemize ait yasal sınır değerler bulunmamaktadır. Bu yüzden uluslararası var olan yasal sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Mn ve Ni elementlerinin Dünya Sağlık Örgütü tarafından yetişkinler için Mn miktarı 2-9 mg, Ni elementinin miktarı ise 100-300 µg/ günlük doz olarak belirtilmiştir (WHO, 1994). Buna göre Mn ve Ni elementleri de sınır değerlerin altında tespit edilmiştir. FAO/WHO'ya göre Fe miktarı 48 mg/ günlük doz olarak belirlenmiş olup, tespit edilen Fe miktarı yasal değeri aşmamıştır. Gıdalarla alınabilecek önerilen Cr miktarı 50-200 µg olarak belirtilmiştir (RDA, 1989). Elde edilen ortalama Cr miktarı belirtilen değer aralığının altında olduğu tespit edilmiştir.

Analiz edilen elementlerden elde edilen sonuçlara göre yapılan ulusal ve uluslararası değerlendirme sonucunda kabul edilebilir sınır değerlerin altında tespit edildiğinden Marmara denizinden avlanan hamsilerin gıda olarak tüketilmesinde halk sağlığı açısından herhangi bir sakınca bulunmamaktadır. Benzer çalışmaların farklı türlerde mevsimsel ve periyodik olarak sürdürülmesinin de halk sağlığı adına önem taşıyacağı tavsiye edilmiştir.

## 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.
- Ağcasulu, Ö., 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan *Capoeta tinca* ( Heckel, 1843 )'nın Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 54. Ankara.
- Aksun, F.Y., 1986. Karamık Gölü'nde Yaşayan Turna Balıklarında ( *Esox lucius* L., 1758 ) Ağır Metal Birikimi. VIII Ulusal Biyoloji Kongresi, 3-5 Eylül 1986, 2, 454-461.
- Amundsen, P., Staldvik, F.J., Lukin, A.A., Kashulin, N.A., Popova, O.A., Reshetnikov, Y.S., 1997. Heavy Metal Contamination in Freshwater Fish from the Berner Region Between Norway and Russia. The Science of the Total Environmental, 201, 211-224.
- AOAC, 1999. The Official Methods of Analysis, 19th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Atay, D., 1994. Deniz Balıkları ve Üretim Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1352, Ders Kitabı, 392, 15.
- Aygun, S.F., Abanoz, F.G., 2011. Detrmination of Heavy Metal in Anchovy ( *Engraulis encrasicolus* L, 1758 ) and Whiting ( *Merlangius merlangus euxinus* Normdan, 1840 ) Fish in the Middle Black Sea. Kafkas Üniversitesi. Veteriner Fakültesi Dergisi, 17, 145-152.
- Barange, M., Coetzee, J., Takasuka, A., Hill, K., Gutierrez, M., Oozeki, Y., Lingen, V., Bat, L., Şahin, F., Satılmış, H.H., Üstün, F., Birinci Özdemir, Z., Kıdeys, A.E., Shulman, G.E., 2007. Karadeniz'in Değişen Ekosistemi ve Hamsi Balıkçılığına Etkisi. Journal of Fisheries Sciences 1(4), 191- 227.
- Baysal, A., 1996. Beslenme. Hatipoğlu Yayınları, 93. Yüksek Öğretim Dizisi, 26. ISBN: 975-7527-73-4.
- Beğenirbeş, C.A.S., 2002. Porsuk Çayı ( Kütahya Bölümü )'ndeki Tatlısu Midyesi ( *Unio* sp. )'nde Bazı Ağır Metallerin Araştırılması. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 47, Eskişehir.
- Beşiktepe, Ş., Özsoy, E., Ünlüata, Ü., 1993. Filling of the Marmara Sea by the Dardanelles Lower Layer Inflow, Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 40(9), 1815- 1838.
- Beşiktepe, Ş., Sur, H.İ., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz, T., Ünlüata, Ü., 1994. The Circulation and Hydrography of the Marmara Sea, Progress in Oceanography 34(4), 285-334.
- Beşiktepe, Ş., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz, T., 2000. Marmara Denizi'nin Hidrografisi ve Dolaşımı. Marmara Denizi 2000 Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İstanbul, 314-326.
- Beyazıt, N., Peker, İ., 1998. Atık Sularda Ağır Metal Kirliliği ve Giderim Yöntemleri 1. Atık Su Sempozyumu, 22-24 Haziran 1998, Kayseri.
- Bilandžić, N., Dokić, M., Sedak, M., 2011. Metal Content Determination in Four Fish Species From the Adriatic Sea. Food Chemistry , 124, 1005-1010p.

- Boran, G., Boran, M., Karaçam, H., 2008. Seasonal Changes in Proximate Composition of Anchovy and Storage Stability of Anchovy Oil. *Journal of Food Quality*, 31, 503-513.
- Bryan, G.W, 1980. Recent Trends in Research on Heavy Metal Contamination in the Sea. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 33 (1-4), 6-25.
- 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(1), 129-136.
- CDA, 2012. California Dental Association. Erişim Tarihi: 16.03.2012.  
<http://www.cda.org.uk/megab2/general/pub121/section7.htm#Product%20>
- Curry, P., Bakun, A., Crawford, R.J.M., Jarre, A., Quiñones, R.A., Shannon, L.J., Verheye, H.M., 2000. Small Pelagics in Upwelling Systems: Patterns of Interaction and Structural Changes in “Wasp- Waist” Ecosystems. *Journal of Marine Science*, 57, 603-618.
- Çetinbaş, A., 2003. İzmit Körfezi’nde Avlanan İstavrit ( *Trachurus trachurus* L., 1758 ) Balıklarının Dokularında Cu ve Zn Birikiminin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji, Yüksek Lisans Tezi, 67, Ankara.
- Dean, L.M., 1990. Nutrition and Preparation. *The Seafood Industry*. Chap. 16, 255-267p.
- Demirkol, O., Aktaş, N., 2002. Tekirdağ Açıklarından ve İzmit Körfezi’nden Avlanan İstavrit ( *Trachurus trachurus* L., 1758 ) Balıklarında Ağır Metal Birikimi Üzerine Bir Araştırma. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 205-209.
- 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.
- Dökmeci, İ., 1988. *Toksikoloji*. Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 489.
- Dökmeci, İ., Dökmeci, A.H., 2005. *Toksikoloji, Zehirlenmede Tanı ve Tedavi*, ISBN: 975-420-432-2, Nobel Tıp Kitabevi, 675.
- DPT, 2007. Devlet Planlama Teşkilatı. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Balıkçılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 6, Ankara.
- EC, 2001. EU Commission Regulation 466/2001. Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs.
- 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.
- FAO, 2008. Food and Agriculture Organization. Fishery and Aquaculture Department Statistics, Global Production.
- Fındık, Ö., Çiçek, E., 2011. Metal Concentrations in Two Bioindicator Fish Species, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus*, Captured from the West Black Sea

- Coasts ( Bartın ) of Turkey. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 87, 399-403p.
- Food-Info, 2012.Erişim Tarihi. <http://www.food-info.net/tr/mrtal/intro.htm>
- Förstner, G., Wittmann, T., 1981. Metal Pollution in the Aquatic Environment, Berlin Heidelberg, Newyork Springer Verlag, 3(21), 271-318p.
- Geofuse, 2013. Erişim Tarihi: 14.02.2013.<http://www.geofuse.com/maps>
- Gordon, D.T., Ratliff, V., 1992. The İmplications of Omega 3 Fatty Acids in Human. Health Technomic Publishing Co. Inc., 69- 98p.
- Gökoğlu, N., 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, ISBN: 975-9703-48-3,32-33s.
- Gökoğlu, N., Cengiz, E.,Yerlikaya, P., 2004. Determination of The Shelf Life of Marinated Sardine ( *Sardina pilchardus* ) Stored at 4°C. Food Control, 15, 1-4p.
- Göksu, L. Z., 2003. Su Kirliliği Ders Kitabı. Çukurova üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:7, Adana, 232s.
- Güven, A., Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Timur, S., 2009. Metallerin Çevresel Etkileri- III, Metalurji Dergisi, 138, İstanbul.
- Habashi, F., 1997. “ Handbook of Extractive Metallurgy ”, I, Wiley- Vch, Germany.
- Heath, A. G., 1987. Water Pollution and Fish Physiology. CRP Pres Inc., Florida, 245p.
- İnal, T., 1988. Besin Hijyeni. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi , İstanbul.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2009. Metallerin Çevresel Etkileri- I, Metalurji Dergisi, 136.
- Karadede, H., Oymak, S. A., Ünlü, E., 2004. Heavy Metals in Mullet, *Liza abu* and Catfish, *Silurus triostegus* from the Atatürk Dam Lake, Turkey. Environment International, 30, 183-188p
- Karataş, M., 2005. Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri. Nobel Yayın Dağıtım, 1.Basım, İstanbul, 498s.
- Kargın, E., Erdem, C., 1992. Bakır-Çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica*'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. Turkish Journal of Zoology, 16, 343-348s.
- Keskin, Y., Başkaya, R., Özyaral, O., Yurdun, T., Lüleci, N.E., Hayran, O., 2007. Cadmium, Lead, Mercury and Copper in Fish from the Marmara Sea, Turkey. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 78 (3-4), 258-261p.
- Kır, İ., Tuncay, Y., 2010. Kovada Gölü'nde Yaşayan İstakozlarda (*Astacus leptodactylus*) Bazı Ağır Metallerin Birikiminin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Journal of Science , 5 (2), 179-186s.
- Love, R.M., 1982. Basic Facts about Fish. Fish Handling & Processing. Chap 2. Ministry of Agriculture, Fisheries & Food. Torry Research Station, Edinburg, 2- 19p.

- Ludorff, W., Meyer, V., 1973. Fische und Fischerzeugnisse. Verlag Paul Parey in Berlin und Hamburg, 3- 489- 71914X, 125, 30.
- MAFF, 1995. Food Standards Agency, UK Food Surveillance Information Sheets, 1995. Multi-element Analysis of Infant Foods.
- Mater, B., 1992. Marmara Denizi'nde Kara Kaynaklı Deşarjların Dağılımı ve Kullanılabilir Deniz Alanları. MBB- Fatih Rotary Kulübü ( Basılmış Poster ), İstanbul.
- 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 Contents in Commercially Valuable Fish Species from the Black Sea, Turkey. Food and Chemical Toxicology , 48, 865-870.
- Niermann, U., Kideys, A.E., Kovalev, A.V., Melnikov, V., Belokopytov, V.V., 1999. Fluctuations of Pelagic Species of the Open Black Sea During 1980- 1995 and Possible Teleconnections. In: S.Besiktepe vd.,(Eds.). Environmental Degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies. Kluwer Academic Publishers, 147-173.
- Nisbet, C., Terzi, G., Pilgir, O., Saraç, N., 2010. Determination of Heavy Metal Levels in Fish Samples Collected From the Middle Black Sea. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16 (1), 119-125.
- Öksüz, A., Küçükgülmez, A., Diler, A., Çelik, M., Koyuncu, E., 2009. A Comparison of the Chemical Composition of Zander ( *Sander luciperca* ) Living in Different Lakes of Turkey. Journal of Muscle Foods, 20, 420- 427.
- Özsoy, E., Oğuz, T., Latif, M.A., Ünlüata, Ü., 1986. Oceanography of the Turkish Straits- First Annual Report, I. Physical Oceanography of the Turkish Straits, Institute of Marine Sciences, METU, Erdemli- İçel, 223.
- 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, , Erdemli- İçel.
- Papagiannis, I., Kagalou, I., Leonardos, J., Petridis, D., Kalfakakou, V., 2004. Copper and Zinc in Four Freshwater Fish Species From Lake Pamvotis ( Greece ). Environmental International, 30, 357-362.
- Pigott, G.M., Tucker, B.W., 1990. Seafood Effects of Technology on Nutrition. Marcel Dekker, New York.
- 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.
- RDA, 1989. Recommended dietary allowance (10 th ed.). Washington, DC: National Academic Pres.
- Sienko, R.A., 1983. Chemistry: Principles and Properties.(Çevirenler: Gündüz, N., Gündüz, T., Tüzün, C., Pulat, E., Üneri, S., Zeren, A., Özgüner, S.), Savaş Yayınları, Fen Bilimleri Dizisi.

- Tato, A., 1993. Concerns for Utilization of Marine Lipids and Oils. Food Technology, (5), 151- 155p.
- TBB, 2007. Türkiye Barolar Birliği Yayınları, Bilimsel Açıdan Marmara Denizi, ISBN: 975-6689-89-8, 3-22s.
- Tepe, Y., Türkmen, M., Türkmen, A., 2008. Assessment of Heavy Metals in Two Commercial Fish Species of Four Turkish Seas. Environmental Monitoring Assessment ,146 (1-3), 277-284p.
- TGK, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, Gıdalardaki Bulaşanların Maksimum Limitleri Eki, Ankara.
- Turan, H., Kaya, Y., Sönmez, G., 2006. Balık Etinin Besin Değeri ve İnsan Sağlığındaki Yeri. Ege Üniversitesi Journal of Fisheries & Aquatic Sciences 23, (1-3), 505- 508s.
- Turan, C., Dural, M., Öksüz, A., Öztürk, B., 2009. Levels of Heavy Metals in Some Commercial Fish Species Captured from the Black Sea and Mediterranean Coast of Turkey. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 82, 601-604p.
- Tülsner, M., 1994. Fischverarbeitung. Bd. 1- Rohstoffeigenschaften von Fisch und Grundlagen der Verarbeitungsprozesse. Behr's Verlag, Hamburg, 19- 23p.
- TÜİK, 2003. Türkiye İstatistik Kurumu, Balıkçılık İstatistikleri, Ankara.
- TÜİK, 2011. Türkiye İstatistik Kurumu, Su Ürünleri Üretim İstatistikleri, Ankara.
- 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, 167-172p.
- Tüzen, M., 2009. Toxic and Essential Trace Elemental Contents in Fish Species From the Black Sea, Turkey. Food and Chemical Toxicology, 47, 1785-1790p.
- Uluözlü, Ö.D., Tüzen, M., Mendil, D., Soylak, M., 2007. Trace Metal Content in Nine Species of Fish From the Black and Aegean Seas, Turkey. Food Chemistry 104, 835-840p.
- Usero, J., Izquierdo, C., Morillo, J., Gracia, I., 2003. Heavy Metals in Fish ( *Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata* ) From Salt Marshes on the Southern Atlantic Coast of Spain. Environment International ,29 (7), 949-956p.
- Ünlüata, Ü., Özsoy, E., 1986. Oceanography of the Turkish Straits- First Annual Report, I, Health of the Turkish Straits, I. Oxygen Deficiency of the Sea of Marmara, Institute of Marine Sciences, METU, Erdemli- İçel, 223p.
- Ünlüata, Ü., Oğuz, T., Latif, M.A., Özsoy, E., 1990. On the Physical Oceanography of the Turkish Straits, In: The Physical Oceanography of Sea Straits, Pratt, L.J., NATO/ ASI Series, Kluwer.
- Ünsal, M., Doğan, M., Aytaç, Ü., Yemenicioğlu, S., Akdoğan, Ş., Kayıkçı, Y., Aktaş, M., 1992. Orta ve Doğu Karadeniz'de Ekonomik Önemi Olan Deniz Organizmalarında Ağır Metallerin Belirlenmesi. Sonuç Raporu, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli, Mersin.

- Whitehead, P.J.P., 1985. FAO Species Catalogue Clupeoid Fishes of The World. (Suborder Clupeoideae) An Annotated and Illustrated Catalogue of The Herrings, Sardines, Pilchardus, Sprats, Anchovies and Wolf- Herrings. Part 2. Engraulidae. FAO Fish Synop. 125 (2), 305-579.
- Whitehead, P.J.P., Nelson, G.J., Wongratana, T., 1988. FAO Species Catalogue. Clupeoid Fishes of The World (Suborder Clupeoidei). An Annotated and Illustrated Catalogue of Herrings, Sardines, Pilchards, Sprats, Shads, Anchovies and Wolf- Herrings. Part 2- Engraulididae. FAO Fish. Synop. 125 (7/2), 305-579.
- WHO, 1994. Quality Directive of Potable Water (2 nd ed.), 197.
- WHO, 1996. World Health Organization, "Trace Elements in Human Nutrition and Health", Geneva.
- Witte, I., 1994. Fettsäure- spektren wichtiger Nahrungsfette Seifen Anstrichmittel, (3), 81- 85.
- Wolfram, G., 1989. W-3 und W-6 Fettsäuren-biochemische, Besonderheiten und Biologische Wirkungen. Fette Seifen Anstrichmittel, (12), 459- 468.
- Yiğit, V., Müftügil, N., 1985. Bazı Balık Türlerinde Saptanan Civa Miktarları. Tübitak, Marmara Araştırma Enstitüsü Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü, Gıda, 10, 1, 53- 56.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Çiğdem TÜRKSONMEZ

Doğum Yeri ve Yılı : Konya, 1975

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : cturksonmez@kocaeli.edu.tr



## Eğitim Durumu

Lise : İzmit Yarımca Lisesi, 1992

Lisans : SDÜ, Eğirdir Su Ürünleri Mühendislik Fakültesi, 1996

Yüksek Lisans : SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama İşleme Teknolojisi, 2013

## Mesleki Deneyim

SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi 1992-1996

KOÜ Karamürsel MYO 2000-2006

KOÜ Gazanfer Bilge MYO 2006-..... (halen)