



MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDEN AVLANAN KARİDESLERİN AĞIR
METAL İÇERİKLERİ**

SEVTAP KAYMACI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/ HATAY
EYLÜL- 2011



MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDEN AVLANAN KARİDESLERİN AĞIR METAL
İÇERİKLERİ

SEVTAP KAYMACI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/ HATAY
EYLÜL- 2011

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDEN AVLANAN KARİDESLERİN AĞIR
METAL İÇERİKLERİ

SEVTAP KAYMACI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Doç.Dr.Beyza ERSOY danışmanlığında hazırlanan bu tez 05/09/2011 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Beyza ERSOY
Başkan

Doç.Dr. Ahmet BOZKURT
Üye

Yrd.Doç.Dr. Meltem DURAL
Üye

Bu tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof.Dr. Hüseyin GÖZÜBENLİ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No:1101 Y 0116

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

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Ağır Metallerin Genel Özellikleri	3
1.2.Ağır Metallerin Ekosistemlere Yayılması	4
1.3.Ağır Metallerin Alım ve Birikim Mekanizması.....	5
1.4.Ağır Metallerin Sucul Canlılarda Yarattığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar..	6
1.5.Çalışılan Ağır Metaller ve İnsan Sağlığına Etkileri.....	7
1.5.1.Kadmiyum (Cd).....	8
1.5.2. Krom (Cr).....	9
1.5.3. Bakır (Cu).....	10
1.5.4. Demir (Fe).....	10
1.5.5. Nikel (Ni).....	11
1.5.6. Kurşun (Pb).....	12
1.5.7. Kalay (Sn).....	13
1.5.8. Çinko (Zn).....	13
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	15
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1.Materyal.....	22
3.1.1. Çalışma Bölgesi.....	22
3.1.2. Karidesler Hakkında Genel Bilgiler.....	23
3.1.3. Çalışılan Karides Türleri.....	23
3.1.3.1. <i>Aristeus antennatus</i> Risso, 1816.....	23
3.1.3.2. <i>Penaeus kerathurus</i> Forsskal, 1775.....	24
3.1.3.3. <i>Parapenaeus longirostris</i> Lucas, 1846.....	25
3.1.3.4. <i>Penaeus semisulcatus</i> de Hann, 1844.....	25
3.1.3.5. <i>Metapenaeus monoceros</i> Fabricius, 1798.....	26

3.1.4. Örneklerin Toplanması ve Analize Hazırlanması.....	27
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Mikrodalga İle Kapalı Sistem Yaş Yakma Yöntemi.....	28
3.2.2. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi (ICP-AES) İle Ağır Metal Analizi.....	30
3.2.3. İstatistiksel Analizler.....	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	32
4.1. Bulgular.....	32
4.1.1. Ağır Metallere Göre Türlerde Birikimlerin İncelenmesi.....	32
4.1.1.1. Kadmiyum (Cd).....	32
4.1.1.2. Krom (Cr).....	33
4.1.1.3. Bakır (Cu).....	34
4.1.1.4. Demir (Fe).....	35
4.1.1.5. Nikel (Ni).....	36
4.1.1.6. Kurşun (Pb).....	37
4.1.1.7. Kalay (Sn).....	38
4.1.1.8. Çinko (Zn).....	39
4.1.2. Türlerle Göre Ağır Metallerin Mevsimsel İncelenmesi.....	40
4.1.2.1. <i>Aristeus antennatus</i> 'un Ağır Metal Konsantrasyonları.....	40
4.1.2.2. <i>Metapenaeus monoceros</i> 'un Ağır Metal Konsantrasyonları.....	41
4.1.2.3. <i>Parapenaeus longirostris</i> 'in Ağır Metal Konsantrasyonları.....	42
4.1.2.4. <i>Panaeus kerathurus</i> 'un Ağır Metal Konsantrasyonları.....	43
4.1.2.5. <i>Penaeus semisulcatus</i> 'un Ağır Metal Konsantrasyonları.....	44
4.2. Tartışma.....	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR.....	51
TEŞEKKÜR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ÖZET

İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDEN AVLANAN KARİDESLERİN AĞIR METAL İÇERİKLERİ

Bu çalışmada Eylül 2010 ve Nisan 2011 tarihleri arasında İskenderun Körfezi'nden avlanan ve ekonomik değere sahip 5 karides türünün (*Aristeus antennatus*, *Metapnaeus monoceros*, *Parapenaeus longirostris*, *Penaeus kerathurus*, *Penaeus semisulcatus*) kas dokusundaki ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn ve Zn) içeriklerinin mevsimlere göre değişimi belirlenmiştir.

Ağır metal içerikleri mikrodalga kapalı sistem yaş yakma yöntemi uygulandıktan sonra ICP-AES kullanılarak ölçülmüştür.

Araştırma sonucunda ağır metal içeriklerinin türlere ve avlanma mevsimine bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Tür ve mevsim farkı göz ardı edilerek Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn ve Zn konsantrasyonları sırasıyla 0,193-1,451 mg/kg; 0,335-1,237 mg/kg; 2,356-8,540 mg/kg; 1,477-9,786 mg/kg; 0,493-1,968 mg/kg; 0,379-1,269 mg/kg; 3,326-8,570 mg/kg ve 4,155-11,686 mg/kg aralığında bulunmuştur. Kas dokusundaki ağır metal düzeyleri genelde ilkbahar mevsimine oranla sonbahar ve kış mevsimlerinde daha yüksek bulunmuş olup araştırma süresince tespit edilen değerler Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından getirilen tüketilebilirlik standartları dışına çıkmamıştır.

2011, 58 sayfa

Anahtar Kelimeler: İskenderun Körfezi, Ağır Metaller, Karides Türleri

ABSTRACT**HEAVY METAL CONTENTS OF SHRIMP SPECIES FROM İSKENDERUN BAY**

In this study, some heavy metal concentrations (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn, Zn) were analysed in muscles tissues of five shrimp species (*Aristeus antennatus*, *Metapnaeus monoceros*, *Parapenaeus longirostris*, *Penaeus kerathurus*, *Penaeus semisulcatus*) which caught from İskenderun Bay between September 2010- April 2011 for season.

Heavy metal content measurement were done by first microvave closed system wet burning and then by using ICP-AES.

According to the results of the study it was determined that heavy metal contents were varying depending on fishing season and fish species. When species and seasonal differences were ignored; Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn and Zn contents were found respectively between 0,193- 1,451 mg/kg; 0,335-1,237 mg/kg; 2,356-8,540 mg/kg; 1,477- 9,786 mg/kg; 0,493-1,968 mg/kg; 0,379-1,269 mg/kg; 3,326- 8,570 mg/kg ve 4,155- 11,686 mg/kg. Heavy metal levels in muscle tissues relatively were found in spring higher than winter and autumn. The values determined during the research do not exceed the consummability limits according to Ministry of Food Agriculture and Livestock.

2011,58 pages

Key Words: İskenderun Bay, Heavy metals, Shrimp Species

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ag	Gümüş
Al	Alüminyum
As	Arsenik
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cs	Kesium
Cu	Bakır
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Food and Agriculture Organisation
Fe	Demir
gr	Gram
Hg	Civa
HNO ₃	Nitrik Asit
ICP- AES	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrofotometry
K	Potasyum
kg	Kilogram
L	Litre
Mb	Molibden
mg	Miligram
µg	Mikrogram
Mn	Mangan

IV

n	Örnek Sayısı
Na	Sodyum
Ni	Nikel
nm	Nanometre
Pb	Kurşun
ppb	Parts Per Billion (Milyarda Bir)
ppm	Parts Per Million (Milyonda Bir)
Se	Selenyum
Sn	Kalay
TS	Türk Standartları
WHO	World Health Organization
Zn	Çinko

ÇİZELGELER DİZİNİ**Sayfa No**

Çizelge 1. 1. Endüstride En Çok Kullanılan Ağır Metaller.....	5
Çizelge 1.2. Ağır Metal İyonlarının İnsan Sağlığına Etkileri.....	8
Çizelge 1.3. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın Belirlediği Su Ürünlerinde Kabul Edilebilir Ağır Metal Oranları.....	8
Çizelge 3.1. Araştırmada Kullanılan Karides Türlerinin Örnek Sayısı	28
Çizelge 3.2. Yakma Programı.....	29
Çizelge 3.3. ICP- AES'de Ağır Metallerin Okunduğu Dalga Boyları.....	31
Çizelge 3. 4. Referans Madde (DORM-3) Sonuçları.....	31
Çizelge 4. 1. Kadmiyum birikiminin tür ve mevsimlere göre dağılımı.....	33
Çizelge 4. 2. Krom birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı.....	34
Çizelge 4. 3. Bakır birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı.....	35
Çizelge 4. 4. Demir birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı.....	36
Çizelge 4. 5. Nikel birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı.....	37
Çizelge 4. 6. Kurşun birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı.....	38
Çizelge 4. 7. Kalay birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı.....	39
Çizelge 4. 8. Çinko birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı.....	40
Çizelge 4.9. <i>Aristeus antennatus</i> 'ta Ağır Metallerin Mevsimsel Dağılımı.....	41
Çizelge 4.10. <i>Metapenaeus monoceros</i> 'ta Ağır Metallerin Mevsimsel Dağılımı.....	42
Çizelge 4.11. <i>Parapenaeus longirostris</i> 'te Ağır Metallerin Mevsimsel Dağılımı.....	43
Çizelge 4.12. <i>Penaeus kerathurus</i> 'ta Ağır Metallerin Mevsimsel Dağılımı.....	44
Çizelge 4.13. <i>Penaeus semisulcatus</i> 'ta Ağır Metallerin Mevsimsel Dağılımı.....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. İskenderun Körfezi.....	22
Şekil 3.2. <i>Aristeus antennatus</i> (Kırmızı Karides).....	24
Şekil 3.3. <i>Penaeus kerathurus</i> (Oluklu karides).....	24
Şekil 3.4. <i>Parapenaeus longirostris</i> (Derinsu Pembe Karides).....	25
Şekil 3.5. <i>Penaeus semisulcatus</i> (Yeşil Kaplan Karides).....	26
Şekil 3.6. <i>Metapenaeus monoceros</i> (Benekli Karides).....	27
Şekil 3.7. MARS5 Mikrodalga Kapalı Sistem Yaş Yakma.....	29

1. GİRİŞ

Günümüzün en önemli sorunlarından biri, sürekli artan dünya nüfusunun beslenmesi için gerekli gıda kaynaklarının bulunması ve bu gıdaların insanlar için tehlikeli bileşenleri içermemesinin sağlanmasıdır. Çevre kirlenmesine paralel olarak, gıda kaynakları da kirlenmeye uğramakta ve insanlar için önemli sağlık sorunları oluşturabilmektedir.

İnsan ve diğer canlılar için, ekolojik döngünün en tehlikeli yönü, biyolojik birikimdir. Kirlenici maddelerin bir kısmı besin zincirinde birikirken, bir kısmı ise birikmez. Bazı kirleniciler besin zincirinin ilk halkalarında düşük düzeylerde bulunsalar bile, birbirini izleyen halkalarda artan yoğunluklarda bulunabilirler ki, bu olaya "biyolojik birikim" denir. Bazı metal iyonları da biyolojik olarak birikebilen maddelerdendir (Atay, 1992).

Denizler genel alıcı ortamlar olması nedeniyle kirlenme potansiyeli yüksektir ve bu yüzden de kirlenmenin en yoğun olduğu ortamlardır. Özellikle kıyısal bölgelerde, fosfat işleme tesislerinin çoğalması, yapay gübre, deterjan, pestisit ve fosil yakıt kullanımına bağlı olarak doğal radyonüklid ve ağır metal konsantrasyonları hızla artmaktadır (Topçuoğlu, 2005).

Denizel ortamlar için tehlikeli ve insan sağlığına zarar verebilen inorganik kirlenici maddelerden olan ağır metaller, çeşitli süreç ve döngüler sonucunda deniz dibine çökmektedirler. Denizel ortama giren ya da bu ortamda bulunan ağır metallerin kaynakları doğal veya yapay orijinli olabilmektedir. Doğal kontaminasyon, nehirler ve erozyonlardan kaynaklandığı gibi, deniz dibindeki volkanik hareketlerden ve atmosferik taşınımdan da kaynaklanabilmektedir. Yapay orijinli ağır metallerin denizel ortamlardaki konsantrasyonları ise, günümüzde madencilik, arıtma ve rafineri tesislerinin hızlı artışı, fosil yakıtların aşırı tüketimi, metal ürünlerinin tarımda kullanımı, ev ve şehir atıklarının sahil sularına karışması ile su borularının korozyonu sonucu oluşan Cu, Pb, Zn, Cd ve deterjan gibi temizlik maddelerinin içerdiği Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Zn, As v.b. atıklar ile yüksek düzeyde artışlar göstermektedir. Özellikle V, Ni, Mo ve Hg bakımından zengin olan fosil yakıtların aşırı tüketimi sonucu, atmosferden denizel ortamlara birçok ağır metal girmektedir (Bryan, 1976; Topçuoğlu, 2005).

Her ne kadar bazı metaller, canlıların yaşamları için gerekli olsalar da, Hg, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni gibi elementler belli konsantrasyonların üzerinde toksik etki yaptıkları ve bir organizmadan diğerine geçişleri sırasında artabildiği için önem kazanmış ve pek çok araştırmaya konu olmuştur (Egemen, 2000).

Sucul ortamdaki besin zincirinin uç halkasını balıklar oluşturur (Al-Yousuf ve ark., 2000; Köse, 2007). Ağır metaller, plankton ya da sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile insan beslenmesinde önemli bir protein kaynağı olan balıklara geçer. Bu nedenle sucul ortamlarda artan ağır metal kirliliğinin balıklara ne derecede akümüle olduğunun araştırılması hem balık biyolojisi hem de insan sağlığı açısından önemli bir konudur (Kargın ve Erdem, 1991; Ünlü ve ark., 1995; Karadede, 1997; Köse, 2007).

Sucul canlıların besin yolu ile aldığı ağır metaller, canlı türlerine göre farklılıklar gösterebilir. Örneğin; pelajik canlılarla bentik canlıların beslenmeleri farklı olduğundan ağır metal biriktirme oranları da farklıdır (Canlı ve Atli, 2003). Bentik canlılar gerek beslenme amaçlı gerekse yaşam ortamları dolayısıyla sediment ile devamlı temas halinde olduklarından ağır metallerden doğrudan etkilenirler. Balıkların doku ve organlarında biriken metal düzeyi; ortam derişimine ve metal ile etkide kalma süresine bağlı olarak artabileceği gibi (Kalay ve Canlı, 2000), metalin hangi dokuda öncelikle birikeceği metalin çeşidine (Doublen, 1989; Nicholson ve Szefer, 2003) organizmanın biyolojik özelliklerine (Doublen, 1989; Liang ve ark., 2004) ve ortamın fiziksel-kimyasal özelliklerine (Erdem, 1990; Licata ve ark., 2004) bağlı olarak da değişim gösterebilir (Kalay ve Karataş, 1999; Chattopadhyay, ve ark., 2002; Altındağ ve Yiğit, 2005; Sağıroğlu, 2009).

Sucul ortama taşınan metallerin bir kısmı sudaki parçacıklara bağlanarak veya serbest halde bulunurken, bir kısmı da çökerek sedimentte birikirler. Ağır metal kirliliğinin çok fazla dikkate alınmadığı endüstriyel gelişmenin ilk yıllarında sedimentte birikmiş ve bağlı kalmış metaller, günümüzde önemli derecede kaygı verici bir konu haline gelmiştir (Lyod, 1992; Karadede ve Ünlü, 2000). Bundan dolayı toksik etki gösteren ağır metallerin gıdalardaki miktarı belli limitlerde sınırlandırılmıştır (Yazkan ve ark., 2002).

Deniz ürünlerinden kabuklular (Crustacea) yenilebilir et kalitesi nedeniyle ekonomik öneme sahip olan ve tüm dünyada tüketilen besin kaynağıdır. Karides,

yengeç ve istakoz gibi kabuklu türleri lezzetlerinin yanı sıra aminoasit, peptid, protein, doymamış yağ asitleri, mineral ve diğer besleyici maddeleri ihtiva ederler (Kris-Etherton ve ark., 2001; Nesheim ve Yaktine, 2007; Sriket ve ark., 2007). Pek çok çalışmada, deniz organizmalarında, özellikle de midye ve diğer deniz kabuklularında ağır metallerin yüksek oranda biriktiği rapor edilmiştir (Besada ve ark., 2002 ; Aközcan, 2009).

İskenderun Körfezi, çevresinin sanayi bölgesi olması, Seyhan ve Ceyhan Nehirleri'nin buraya dökülmesi, körfezden tankerlerin geçmesi nedeniyle yoğun bir kirlilik tehdidi altındadır. Adana-Yakapınar ve Adana-Karataş karayolu çevresinde bulunan endüstri kuruluşlarının atık sularının ana drenaj ve sulama kanalları yoluyla Akdeniz sularına boşalması ve Çukurova'nın Türkiye'nin en önemli tarım bölgesi olması bölge sularının kirlilik tehdidi altında olması durumunu daha da pekiştirmektedir.

Bu çalışmada endüstriyel kirliliklere açık olan İskenderun Körfezi'nden sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde avlanan karides türlerindeki (*Penaeus kerathurus* Forsskal, 1775; *Penaeus semisulcatus* de Hann, 1844; *Parapenaeus longirostris* Lucas, 1846; *Metapenaeus monoceros* Fabricius, 1789; *Aristeus antennatus* Risso, 1816); Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni, Sn, Pb ve Zn konsantrasyonları tespit edilip, Türk Gıda Kodeksi'ne göre tüketilebilirliği belirlenirken; karideslerin mevsimsel ve türler arası metal birikimleri karşılaştırılmıştır.

1.1.Ağır Metallerin Genel Özellikleri

Metaller elektron vererek (+) değerlikli iyon haline geçebilen, asitlerde yer alan hidrojen iyonu ile yer değiştirebilen, kendi aralarında bileşik oluşturmayan fakat ametallerle bileşik oluşturabilen, oksitleri bazik olan, normal şartlar altında cıva (Hg) hariç katı olup ısı ve elektriği iyi ileten, metalik bir renk ve parlaklığa sahip elementlerdir. Bu fiziksel özellikleri taşıyan ve yoğunlukları 5 g/cm³'den fazla olan elementler ağır metal olarak bilinirler (Hazer, 1992; Järup, 2003).

Biyolojik anlamda metaller; esas elementler (hafif metaller), yan elementler (geçiş elementleri) ve iz elementler (metaloitler) olmak üzere 3 gruba ayrılır. Esas elementler Na, K, Ca vb. olup sıvı ortamlarda hareketli katyonlar olarak taşınırlar. Yan elementler Fe, Cu, Co, Mn vb. olup düşük konsantrasyonlarda esansiyel fakat yüksek

konsantrasyonlarda toksik etki gösteren elementlerdir. İz elementler ise Hg, Pb, Sn, Se, As vb. olup metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan fakat oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan elementlerdir (Clark, 1992).

1.2.Ağır Metallerin Ekosistemlere Yayılması

IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission)'a göre kirlenme: deniz çevresine insan tarafından gerek doğrudan, gerekse dolaylı olarak verilen madde veya enerji sonucunda deniz canlıları ve insan sağlığı için zarar oluşturan, balıkçılık da dahil olmak üzere denizlerdeki aktiviteyi değiştiren, deniz suyunun içme suyu olarak kullanımında kaliteyi bozan ve tatlılığını düşüren etmenlerin tümü olarak tanımlanır (Yaramaz, 1992).

Ağır metaller, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprakta bulunan ağır metalleri çözmesi ile ırmak, göl ve yer altı sularına ulaşırlar. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının absorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir (Kahvecioğlu ve ark. 2002).

Jeolojik olaylar, doğal su kaynaklarının sulama suyu ve elektrik enerjisi elde etmek için baraj ve göletlerde toplanması, kanalizasyonla sanayi atık sularının bu kaynaklara hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan verilmesi, tarımsal mücadelede kullanılan ağır metal içeren kimyasal ilaçların (Fungusitler vb.) çeşitli yollarla bu sulara karışması ve egzozlardan gaz salınması ve ayrıca endüstride pil ve plastiklerin içeriğinde kullanılması gibi işlemler de ağır metal kirliliğinin kaynağını oluştururlar (Karadede, 1997; Aydın ve Yıldız, 2004; Özdemir, 2005; Dalman ve ark., 2006).

Ağır metallerin ekolojik sistemde yayılımları incelendiğinde doğal olarak bulunmalarının yanı sıra, insan faaliyetlerinin çevreye yayılımında daha etkili olduğu gözlenmektedir. Endüstriyel üretimler arasında çimento, demir-çelik, termik santraller, cam, çöp ve atık çamur yakma tesisleri gibi alanlar önde gelmektedir. Çizelge 1.1'de bazı endüstri gruplarından atılan metal türlerinin dağılımı görülmektedir.

Çizelge 1.1. Endüstride En Çok Kullanılan Ağır Metaller (Dean ve ark., 1972)

Endüstri Dalı	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt, karton, selüloz		+	+		+		+	+		
Organik kimyasallar, petrokimya	+	+		+	+		+		+	+
Gübreler	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Petrol rafineleri	+	+	+	+			+	+		+
Demir-çelik dökümhaneleri	+	+	+	+	+		+	+	+	+
Metal sanayi	+	+	+		+		+			+
Motorlu taşıt ve uçak kaplaması	+	+	+		+			+		
Cam, çimento ve asbest üretimi		+								
Tekstil sanayi		+								
Deri tabaklanması		+								
Elektrik santralleri		+								

1.3. Ağır Metallerin Alım ve Birikim Mekanizması

Sucul ortamdaki ağır metallerin balıklar tarafından bünyelerine alınması en fazla solungaçlar, vücut yüzeyi ve sindirim sistemi ile olmaktadır. Bunun nedeni ağır metal içeren solunum suyunun en geniş yüzey alanına sahip olan solungaç lamelleri ile etkileşmesidir. Solungaç epitelinde çevresel kirlenmeye fizyolojik tepki olarak görülebilecek hiperplazi (organ ve dokuda, ihtiyacı karşılamak için bölünebilme kabiliyeti olan hücre sayısındaki artış), mukoz hücrelerin fazla aktif olması, primer lamellerin ayrılması gibi defektler biyolojik yanıtların sadece bazılarıdır (Yazkan ve ark., 2004).

Balık vücudundaki, ağır metaller deri, solungaçlar ve boşaltım yoluyla atılabileceği gibi, belirli bir dokuda da depolanabilirler (Çetinbaş, 2003). Vücuda alınan metaller taşıyıcı proteinlere bağlı bir şekilde kan yolu ile doku ve organlara taşınmakta ve dokulardaki metal bağlayıcı proteinlere bağlanarak da yüksek derişimlere ulaşmaktadır (Cicik, 2003).

Karaciğer, metallerin alınması ve depolanmasında önemli bir organdır, metalleri bağlayarak toksik etkilerinin yok edilmesinde işlev yapan metallothionein gruplarınca zengin proteinlerin başlıca sentezlenme yeridir. Metallothioneinler (MT), düşük moleküler ağırlıklı, sistein bakımından zengin, metal bağlayan, molekül ağırlığı 5000 u kadar olan polipeptitlerdir (Çetinbaş, 2003).

1.4.Ağır Metallerin Sucul Canlılarda Yarattığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar

Ağır metaller vücuda alındıktan sonra bunların toksik etki göstermemesi için organizmada bazı savunma mekanizmaları gelişmiştir. Bu mekanizmalar arasında metal bağlayıcı proteinler ve metallothioneinler önemli rol oynamaktadır. Örneğin, kerevitlerde (*Austropotamobius pallipes*) normal konsantrasyonun yaklaşık 30 katı kadar Zn'nin vücuda alımını takiben bu metalin kan proteinleri tarafından bağlanabildiği, bununla birlikte bunun geçici olduğu ve fazlalığın çoğunun 2 gün içinde hepatopankreas tarafından absorbe edildiği bulunmuştur (Bryan, 1976).

Cd, Zn, Hg ve Cu için metallothionein gibi depo proteinleri, Fe için ferritin gibi benzer proteinlerin varlığı su canlılarının çoğunda saptanmıştır. İnorganik Cd ile muameleden sonra kaya balığının (*Sebastes caurinus*) karaciğerinde Cd-metallothioneinin belirdiği bildirilmiştir (Bryan, 1976).

Alabalıklar için letal kadmiyum derişimi 8 µg/l'dir. Kadmiyuma ek olarak ortamda çinko ve bakır bulunursa balıklar üzerindeki toksik etkinin daha da arttığı belirtilmektedir. 320 ppm kadmiyum içeren deniz suyunda karideslerin 96 saatte öldükleri gözlenmiştir. *Salmo shasta* (Kuşaklı Alabalık) daha düşük derişimlere hassasiyet göstermektedir. Tuzluluk, kadmiyum birikimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kadmiyum toksisitesi ile ilgili yapılan birçok çalışmada tatlı su canlılarının kadmiyuma daha duyarlı oldukları tespit edilmiştir. Böylece kadmiyum toksisitesi ile tuzluluk arasında ters bir ilişki vardır (Egemen ve Sunlu, 2003).

Palaemon serratus (Teke Karidesi) üzerinde yapılan birikim denemeleri sonucunda, küçük bireylerin gerek doku gerekse kabuklarında biriktirdikleri kadmiyum miktarının büyük bireylere oranla çok daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bunun nedeni küçük bireylerin metabolik aktivitelerinin büyük bireylere oranla fazla olmasıdır. Başka bir birikim denemeleri sonucunda ise, hem küçük hem de büyük bireylerin kabuklarındaki birikim miktarlarının dokularına oranla daha fazla olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni ise, vücutlarının dış yüzeyinin kadmiyum ile doğrudan temas halinde

olması ve kabukların salgıladığı mukus salgısının kadmiyum tutma özelliğine sahip olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Egemen ve Sunlu, 2003).

Foça ve Aliğa Körfezi'ndeki Kömürcü Kaya Balıkları (*Gobius niger*)'ndan alınan kan örneklerinde, kan parametreleri (eritrosit, hemoglobin, hematokrit, ortalama hücresel hacim, ortalama hemoglobin miktarı ve konsantrasyonu, trombosit) ölçülmüş ve mikroskopik analizler yapılmıştır. Normal olarak yassı ve oval olan eritrositlerin değişikliğe uğrayarak fusiform ve küresel şekil aldığı, hücre zarının dikensi bir yapı kazandığı belirtilmiştir. Bu araştırma, balıkların kan parametrelerinin çevresel kirleticilere karşı biyolojik yanıtlar verebileceğini göstermektedir (Katalay ve Parlak, 2004).

1.5.Çalışılan Ağır Metaller ve İnsan Sağlığına Etkileri

Metallerin toksisite hedefleri genellikle, enzimler, hücre membranları ve organellerdir. Metallerin toksik etkisi, serbest metal iyonu ile toksikolojik hedef arasındaki etkileşimi kapsar. Belirli bir toksik etkinin oluşmasında çok sayıda faktör etkili olur. Örneğin, toksik element ile doku için elzem olan elementin metabolizması aynı olabilir. Nitekim merkezi sinir sisteminde kurşun ile kalsiyum; bağışıklık sisteminde demir, çinko ve kurşunun metabolizması benzer durumdadır. Metal transferini gerçekleştiren hücreler (Gastrointestinal sistem, karaciğer ve renal tübüler hücreleri gibi) toksisiteye en duyarlı hücrelerdir (Güray, 1999).

Metallerle insan sağlığı arasındaki ilişkilerin en tipik örneklerinden birisi Japonya'nın Minamata Körfezi'nde gözlenen metilcıva salgınıdır. 1950'li yıllarda körfezde atıklarını doğrudan denize boşaltan kimyasal fabrikalar bulunmaktaydı. Bu fabrikalardan bazıları katalizatör olarak inorganik cıva kullanmaktaydı ve bunun bir kısmı denize dökülmeden metilleniyordu. Mikroorganizmalar inorganik cıvayı metilcıvaya dönüştürmekte, daha sonra plankton tarafından tutulmaktadır. Planktonlar aracılığı ile balıklara geçen metilcıva besin zinciri yolu ile insanlara ulaşmaktadır. Bu yolla 1953 yılında görülen zehirlenmede 46 ölüm olmuştur. Minamata hastalığının yarattığı salgın ve benzeri olaylar sanayileşme ile birlikte daha sık gözlenir olmuştur. Metallerin, özellikle de ağır metallerin yarattığı sağlık problemlerinin çoğu ileri derecede tanı ve tedavi olanakları gerektiren kronik hastalıklar ya da kanserlerdir. Bazı ağır metal iyonlarının insan sağlığına etkileri Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1. 2. Ağır metal iyonlarının insan sağlığına etkileri (Aydın ve Yıldız, 2004)

Metaller	Etkileri
Arsenik (As)	Arsenik solunum, sindirim ve deri yoluyla alınır. Saç, tırnak, karaciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Kanserojen etkiye sahiptir.
Bakır (Cu)	Karın ağrısı, kusma, kanama, bitkinlik, kansızlık, sarılık, soluma zorluğu, akyuvar çoğalması
Çinko (Zn)	Buharlarının solunması ile akut metal duman humması, boğaz tahrişi, öksürme, solunum güçlüğü, adale ve eklem ağrıları, mide tahrişi, peptik ülserler ve çeşitli karaciğer etkileri çinkonun kötü etkileridir.
Demir (Fe)	Özellikle sanayi bölgelerinin çevresinde yaşayan insanlarda zaman zaman demir zehirlenmelerine rastlanır. Bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi hastalıklar ortaya çıkar.
Kadmiyum (Cd)	Böbrek üstü bezi etkileri, kansızlık, indirgenmiş hemoglobin düzeyleri
Krom (Cr)	Deri lezyonları, ülser, kanser, sindirim yaraları, solunum yolları zedelenmesi
Kurşun (Pb)	Diş eti mavileşmesi, kansızlık, kas kilitlenmesi, inme, akıl bozukluğu, beyin kanaması, sinir sistemi hastalıkları
Lityum (Li)	Nörolojik yan etkiler, yorgunluk, kas güçsüzlüğü, konsantrasyon güçlüğü, entelektüel yetersizlik
Nikel (Ni)	Aşırı dozları kansere sebep olabilir.

Cd Itai-Itai hastalığı, organlarda kanser, kemik kırılması ve siddetli ağrılara; Cu Wilson hastalığı, böbrek bozuklukları ve nörolojik bozukluklara; Zn gastrointestinal bozukluklara; Pb ise beyinde hasar, kansızlık, böbrek hastalıkları ve nörolojik fonksiyon bozukluklarına sebep olmaktadır. Bu ve buna benzer sağlık sorunlarına neden olmasından dolayı bazı ağır metallerin su ürünlerindeki miktarı Çizelge 1.3'te verilen limitlerde sınırlandırılmıştır (Oehlenschläger, 2000; Yazkan ve ark., 2002).

Çizelge 1.3.Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın belirlediği su ürünlerinde kabul edilebilir ağır metal oranları (Anonim, 2002)

Metaller(mg/kg)	As	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn
Balıklar	1,00	0,50	0,10	1,00	20,00	50,00
Yumuşakçalar	1,00	0,50	0,10	1,00	20,00	50,00
Kabuklular	1,00	1,00	1,00	2,00	20,00	50,00

1.5.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum en çok yer kabuğunda çinko ile kombinasyon halinde bulunur. Kadmiyum endüstride aşınmaya karşı çeşitli metallerin (demir, bakır, çinko, çelik vb.)

korunmaları için kaplanmaları, boya ve cam endüstrisi, pestisit üretimi, nikel kadmiyum pili ve akümülatörlerinin yapımı, kurşunla alaşım halinde kabloların kaplanması ve plastikte dayanıklılık artırıcı olmak üzere birçok şekilde kullanılmaktadır (Kaya ve ark, 2002).

Kadmiyumun insanlar tarafından yüksek alımı başlıca gıdalar yoluyla olmaktadır. Kadmiyum bakımından zengin gıdaların (Karaciğer, mantar, kabuklu deniz ürünleri, midye, kakao tozu ve deniz yosunu) alınması neticesinde insan vücudunda konsantrasyonunu oldukça arttırabilmektedir. Kadmiyum metalinin insanlar tarafından nefes yoluyla alınmasının akciğer hastalıkları ve yüksek kan basıncına, su ve gıdalarla alımı karaciğer, böbrek, beyin, sinir hastalıkları ile kemiklerde hassasiyet ve demir eksikliği gibi pek çok hasara yol açtığı ve çoğunun ölümcül olabileceği belirlenmiştir. Ayrıca larvaların büyüme ve yaşama oranlarının düşmesine sebep olan kadmiyum metali sucul organizmalar için oldukça toksiktir. EPA (Environmental Protection Agency)'ya göre içme sularında 5 ppb'den fazla olmaması önerilmektedir (Atsdr, 2003; Türkmen, 2003).

1.5.2. Krom (Cr)

Krom, kayalar, hayvan, bitki, toprak, volkanik toz ve gazlarda doğal olarak bulunan bir element olup, çevrede birkaç formu olabilir. Bunlardan en yaygını; Cr^0 , Cr^{+3} , Cr^{+6} 'dır. Çelik üretiminde, alaşım yapımında, metal endüstrisinde, krom kaplamada ve paslanmayı kontrol edici madde olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda boya, tuğla ve deri endüstrisi ile gıda koruyucu madde olarak kullanılmaktadır. Kromun farklı tipleri organizmalarda farklı toksik etkilere sahiptir (Atsdr, 2003).

Nefes yoluyla alınan yüksek dozdaki kromun, akciğer kanseri riskini arttırdığını, su ve gıda ile alımlarda ise mide ülseri, böbrek ve karaciğer hastalıklarına neden olduğu ve hatta ölümlere sebep olduğu Dünya Sağlık Örgütü tarafından bildirilmektedir. Bunun yanında bazı insanlarda şiddetli alerjik reaksiyonlara da sebep olduğu bildirilmiştir. Balıklar sulardan bünyelerine çok miktarda Cr birikimi yapmazlar (Atsdr, 2003). Yüksek miktarlarda alındıklarında krom bileşiklerinin tümü toksik olabilir. Ancak Cr^{+6} , Cr^{+3} 'e göre daha toksiktir. EPA'ya göre içme sularında 100 mg/l' den fazla olmaması önerilir (Anonymous, 2005).

1.5.3.Bakır (Cu)

İnsan metabolizmasında bakır esas elementlerden olup, yetişkinlerin günde 2,0 mg bakıra ihtiyaç duyduğu tahmin edilmektedir. İnsan kanında ise litrede 0,8 mg Cu⁺⁺ iyonu vardır. Eritrosit oluşumu için doku demirinin serbest bırakılmasında, kemik, merkezi sinir sistemi ve bağ doku gelişmesinde önemli rol oynar. Fazla miktarda alınması halinde mukoza iltihaplanması, damar hastalıkları, karaciğer ve böbrek hastalıkları ve depresyonla seyreden merkezi sinir sistemi irritasyonları görülebilir (Jenkins, 1989).

Bakır çok yaygın kullanılan bir metal olmakla birlikte alınan bakır vücuttan atılmadığında, birçok organda, dokuda özellikle de karaciğerde, beyinde ve gözde toksik seviyelerde bakır depolanması ile karakterize edilen Wilson hastalığına neden olmaktadır. Bakırın emilimi ve karaciğere taşınımı ile ilgili başlangıç basamakları normal olup, emilen bakırın, seruloplazmin şeklinde dolaşıma girememesine ve safraya atılımının belirgin özellikte azalmasına neden olmaktadır. Bakırın karaciğerdeki birikiminin hızla artmasıyla, toksik karaciğer hasarına yol açtığı bilinmektedir. Bu hasar bakırın serbest radikal oluşumunu artırıcı etkisiyle hücresel proteinlerin sülfidril gruplarına bağlanmasıyla ve hepatik metalloenzimlerden diğer metalleri ayırmasıyla oluşur. Genelde beş yaşına gelen bir hastada, seruloplazmine bağlı olmayan bakır dolaşıma yayılarak hemolize uğrar ve beyin, kornea, böbrekler, kemik eklemler, paratiroidler gibi bölgelerde patolojik değişimlere neden olur. Bu sırada bakırın idrarla atılımı belirgin şekilde artmaktadır. Wilson hastalığı karaciğerdeki hafif veya şiddetli değişikliklerle kendini gösterir. Bu değişiklikler sırasıyla: hafif ya da orta şiddette izlenen yağlı değişim, akut hepatit, kronik hepatit ve sirozdur (Toscalı ve Eren, 2004).

Hollanda'nın Scheveningen kıyılarında 1965 yılında yoğun bakır sülfat kirliliğine (500 µg/l) maruz kalan yaklaşık 100.000 balığın sahillerde ölü bulunduğu, ölmeyenlerde ise düzensiz hareketler görüldüğü bildirilmiştir. Ölü balıkların sindirim yollarında yüksek miktarda bakır bulunduğu, bu da bakırın besin zincirinde birikebildiğini, yenilebilen midyelerde de rastlandığını, mavi-yeşil görünüş ve metalik tadın ette bakır birikiminin göstergesi olduğu belirtilmiştir (Merlini, 1971).

1.5.4.Demir (Fe)

Demir insan organizmasında özellikle kırmızı kan hücrelerinin yapısında bulunan hemoglobinin fonksiyonel bir parçası olması yönünden önemlidir. Bunun dışında demir,

kasların miyoglobininde, sitokrom, peroksidaz ve katalaz sistemlerinde yer alan yaşamsal önemde bir elementtir. Bütün insan vücudundaki toplam miktarının ancak 4-5 gr arasında olmasına karşın bunun 700 mg kadarı karaciğerdedir. Demirin biyokimyasal reaksiyonlar yönünden özellikle solunum sistemi yönünden büyük görevleri vardır. Hayvansal organizma büyük kısmıyla alyuvarlarda yer alan demir içeriğini tekrar tekrar kullanma yeteneğinden dolayı günlük demir gereksinimi oldukça düşüktür. Bu miktar çocuklar için 10-15 mg arasında, büyüklerin demir gereksinimi de kadın, erkek, genç, yaşlı oluşuna göre farklılık gösterir. Vücuttan dışkı, idrar ve ter yoluyla atılan demir miktarı sadece 1 mg civarındadır. Fazlası karaciğer, kemik iliği ve dalakta birikir. Demirin yüksek miktarda sindirilmesi ile haemochromatosis olarak bilinen (normal düzenleyici mekanizmanın etkisiz işlemi) demir birikiminden dolayı dokuya zararlı durum ortaya çıktığı bildirilmektedir (Şanlı ve Kaya, 1995).

Balıkta bulunan Fe formu hakkında çok az bilgi mevcut olmakla birlikte şüphesiz önemli miktarı, demir, porphyrin, myoglobin formunda mevcut olduğu bilinmektedir. Birçok deniz balığında yapılan çalışmalarda çok farklı Fe içerikleri görülmektedir. Kırmızı etli balıklar beyaz etli balıklara göre daha fazla Fe içermekte olup, derideki Fe fazlalığından dolayı derinin uzaklaştırılması ile balıklarda Fe içeriği de azalmaktadır. Ayrıca mevsimsel olarak da suda ve sudaki canlılarda Fe miktarının değiştiği bildirilmektedir (Lall, 1995).

1.5.5.Nikel (Ni)

Bütün toprakta bol bulunan nikel, esas olarak volkanlardan kaynaklanmakta olup, doğal ortamda oksijen ve sülfürle bileşik oluşturan bir elementtir. İnsan ve hayvanlar için esansiyel olan nikelin yokluğunda, insanlarda kronik bronşit ve nefes darlığı problemleri olduğu bildirilmektedir. Havada çok düşük miktarda bulunabilen nikel, genellikle toprak ve sedimentteki demir ve mangan içeren parçacıklara bağlı olarak bulunmakla birlikte balık, bitki ve hayvanlarda pek bulunmamaktadır.

Madeni para, paslanmaz çelik ve mücevher yapımında nikel alaşımlı metallere demir, bakır, krom ve çinko kullanılmaktadır. İnsanlara nikel en fazla hava, gıda ve sigara yoluyla bulaşır, bazı nikel bileşiklerinin kanserojen olduğu, aşırı miktarda nikel ve bileşiklerinin olduğu rafineriler ile işleme ünitelerindeki havayı teneffüs ederek çalışan işçilerde akciğer ve sinüs kanserleri görüldüğü bildirilmektedir. EPA'ya göre

içme sularında 0,04 ppm'den az olmalıdır (Özdilek, 2002; Atsdr, 2003; Türkmen, 2003).

Havadaki nikel bileşiklerinin solunması sonucunda, solunum savunma sistemi ile ilgili olarak; solunum borusu irritasyonu, tahribatı, immunolojik değişim, alveoler makrofaj hücre sayısında artış, silia aktivitesi ve immünite baskısında azalma gibi anormal fonksiyonlar meydana geldiği bildirilmektedir (İlhan ve ark., 2006).

Kanserojenite- Nikel ve belirli nikel bileşenleri ciddi anlamda kanserojen olarak kabul edilen malzeme listesinde bulunmaktadır. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) nikel bileşenlerini grup 1'de (İnsanlarda kansere yol açtığına dair yeterli kanıt bulunan), nikeli grup 2'de (İnsanlarda kansere yol açma olasılığı bulunan) listelemiştir (Radjaei, 2006).

1.5.6.Kurşun (Pb)

Kurşunun organik ve inorganik bileşikleri boya, akümülatör, şehir su şebekesi, seramik, kauçuk üretimi, matbaacılık, pestisit, çeşitli çocuk oyuncakları ve benzin katkı maddesi olarak kullanılır. Kurşun, kireç taşından, kurşun yatağından yağmurla doğal suya karışarak balıklar ve balıkların besin zincirine katılan canlıların vücudunda birikir. Suda az çözünen kurşun tuzları midede hidroklorik asidin etkisiyle çözünür ve kana geçer. Fakat emilen kurşunun atılımı çok yavaş olduğundan devamlı birikimi söz konusudur.

Kurşun çok yönlü etkileri olan bir elementtir. Emilen kurşun, kana geçer, kan dolaşımı yolu ile de çeşitli organlara (aort, kıkırdak, böbrek, pankreas, akciğer, dalak ve kaslar) dağılır. Bu dağılımdan en fazla zararı hematopoetik sistem, merkezi sinir sistemi, çevresel sinirler ve böbrekler görür. Ayrıca yaş ilerledikçe kemikte birikme oranı daha çok artar (Vural, 2005).

Kurşunun çoğu kemiklerde depolanmasına rağmen beyne, anne karnındaki cenine ve anne sütüne de geçebilmektedir. Bebekler ve çocuklarda düşük olan kurşun oranı, ilerleyen yaşla beraber, kurşuna maruz kalınmasıyla artış göstermektedir. Kanda 40 mg/l seviyesini aşınca tansiyon arttırıcı etki de ortaya çıkar. Diğer taraftan kronik kurşun alınımı ile sperm sayısı ve morfolojisini sınırlandırdığı bildirilmektedir. Dünya sağlık örgütü (WHO, 1995) sınıflandırmasına göre kurşun 2. sınıf kanserojen grupta olduğu bildirilmiştir (Kahvecioğlu ve ark. 2002).

Ekolojik olarak kurşun katı olarak çökme eğilimindedir ve özel durumlar dışında kompleks oluşturmaz. Genellikle doğaya salınan kurşun zor çözünür bileşikler [$Pb_3(PO_4)_2$, $Pb_4O(PO_4)_2$, $Pb_5(PO_4)_3OH$, $(PbCO_3)$ ve (PbS)] oluşturur. Bu nedenle beslenme zincirinde yer alan bitkilerden kurşun alınımı söz konusu değildir. Besin zincirinde kurşun yayılımı genellikle midye türü kalsiyum kabuklular üzerinden ve kalsiyuma bağlı olarak gerçekleşir. Tek hücreli canlıların ve balıkların 0,04–0,198 mg/l inorganik kurşun içeren suları tolere edebildikleri ancak daha düşük miktarlarda kurşunun besin yoluyla alınmasında akut zehirlenme gösterdikleri bildirilmektedir (Kahvecioğlu ve ark. 2002).

1.5.7.Kalay (Sn)

Kalay, teneke yapımında, kaplamacılıkta, çeşitli alaşımlar, lehim ve kimyasal madde yapımında kullanılır. Otomotiv endüstrisinde motor yataklarında, kaporta, radyatör, yağ ve hava filtrelerinde kullanılır. Uçak ve gemi endüstrisi ile elektronik ve elektrik sanayinde geniş bir kullanım alanı vardır. Kimya sanayiinde boya, parfüm, sabun, poliüretan üretiminden diş macunu yapımına kadar geniş bir alanda kullanılır. Bunların yanında, matbaacılıkta, mutfak malzemeleri ve cam endüstrisinde de kullanılmaktadır (Anonim, 2008).

Kalay, kadmiyum ve arseniğe benzer etkiler gösteren oldukça tehlikeli düzeydeki ağır metallere aittir. Bağışıklık sistemi zayıflaması, karaciğer hasarı, kırmızı kan hücrelerinin sayısının azalması, kromozomal bozukluklar verdiği hasarın başında gelir. Ancak kalayın su yoluyla canlılar arasındaki geçişi oldukça az olup, daha çok besinlerden geçerek birikim yapmaktadırlar (Anonim, 2010).

1.5.8.Çinko (Zn)

Esansiyel bir element olan çinko insan hücre, doku ve organlarında bulunmaktadır. Mineral olarak bol bulunmakla birlikte hava, toprak, su ve bütün gıdalarda mevcuttur. Çinkonun kullanım alanları; demir ve diğer metallerin kaplama işlemleri, kuru hücre aküler, alaşım imalatı, beyaz boya üretimi, seramikler, kauçuk sanayii, gübreler, bazı kozmetik ve sağlık alanları şeklinde sıralanabilir (Atsdr, 2003).

Bitki büyümesinde toprakta bulunan çinkonun yaklaşık %90'ı kullanılır. Bunun yanında sucul organizmalar da çinkoyu biriktirmektedir. Çinko en çok prostat, böbrek, kas ve karaciğerde birikim gösterir. Yüksek düzeylerde alındığında canlılarda çeşitli

hasarlara neden olan çinkonun yetersiz alımı ise 200'den fazla enzimi olumsuz etkilemektedir (Atsdr, 2003).

Çinko, insan vücudunda, gelişme, deri bütünlüğü ve fonksiyonu, yumurta olgunlaşması, bağışıklık gücü, yara iyileşmesi ve karbonhidrat, yağ, protein, nükleik asit sentezi ya da degradasyon gibi çeşitli metabolik prosesler için gereklidir. Alkol dehidrojenazı, karbonik anhidraz ve karboksipeptidaz gibi 70' den fazla metaloenzim fonksiyonu için ko-enzim bileşeni olarak görev yapar. Suda ve yemlerin içinde az miktarda bulunması zorunludur (Çetinbaş, 2003). Su ortamında yürütülen çalışmalarda çinkonun sadece yüksek konsantrasyonlarda değil, düşük konsantrasyonlarda da uzun süre maruz kalınması durumunda zararlı olabildiği ortaya koyulmuştur (Tübitak, 2005).

Çinko eksikliği, gençlerde büyümeyi olumsuz etkiler, bağışıklık sistemini zayıflatır, ayrıca hamile kadınlarda bebeklerin gelişimini engeller. İnsan vücudundaki çinkonun yaklaşık %90' ı kemik ve kaslarda bulunmaktadır. İnsanlarda aşırı çinko alımında, iştah ve bağışıklık sistem aktivitesinin azalması, yaraların geç iyileşmesi ve derideki aşırı hassasiyetler ile birlikte kolesterolün yükselmesi gibi problemler belirlenmiştir (Atsdr, 2003).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İnsan sağlığı açısından yarattığı tehdit nedeniyle ağır metal konusunda sayısız araştırma yapılmıştır. Ancak kabuklu türlerinde metal birikiminin araştırıldığı çalışmalar sınırlı sayıdadır. Yapılan araştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

Galveston körfezinden yakalanan *Callinectes sapidus* (Mavi Yengeç) türünün kas dokusundaki Zn konsantrasyonu 45 mg/kg, Cu konsantrasyonu 16 mg/kg ve Cd konsantrasyonu 0,02 mg/kg olarak bulunmuştur. Ayrıca diğer organizmalarla yapılan kıyaslamada ağır metal konsantrasyonları genellikle midye> istakoz> yengeç> karides> balık olarak tespit edilmiştir (Park ve Presley, 1997).

Dodoo ve ark. (1998), farklı kabuklu ve balık türlerinde Cu, Pb, Cd konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Kabuklularda biriken metal miktarları arasında istatistikî farklar bulunmuş olup, mavi yengeç en fazla metal depolayıcı, karides en düşük metal depolayıcı olarak bulunmuştur. Araştırmacılar, depolanan metaller ve kirliliğin artması arasında pozitif bir ilişki olduğunu, ayrıca deniz sularının kirliliğinin karasal aktivitelerin kirliliğinin azalması ile minimize edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Kuzeybatı Hong Kong'da yer alan Mai Po Marhes doğal kaynaklarında yengeç (*Eriocheir sinensis*) ve karides (*Metapenaeus ensis*) türlerinin tüm vücut dokularındaki Zn, Pb, Fe ve Cr miktarları tespit edilmiştir ve sedimentteki yüksek metal miktarına karşılık, yengeç dokularında düşük ağır metal konsantrasyonu bulunmuştur. *M. ensis*'deki ağır metal konsantrasyonları izin verilen limitlerin altında iken, *E. sinensis*'de limitleri çok az aştığı ifade edilmiştir (Ong Che ve Cheung, 1998).

Mariño-Balsa ve ark. (2000), istakoz ve karides türlerinin larval dönemlerindeki Hg, Cd ve Cu birikimlerini tespit etmişlerdir. Cr'u ise sadece karideste incelemişlerdir. Karideste 74 µg Hg, 3,30 µg Cu, 1,69 µg Cd, 12,49 µg Cr; istakozda ise 48 µg Hg, 46 µg Cu ve 34 µg Cd saptamışlardır. İstakozların larval dönemlerinde biriken ağır metallerin karidese göre daha yüksek değerlerde olduğunu belirlemişlerdir.

Yarsan ve ark. (2000), Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus krynicki*) örneklerinde ağır metal düzeylerini tespit etmek amacıyla dört mevsimi temsil edecek şekilde toplam 120 adet midyeyi analiz etmişlerdir. Analiz edilen bütün midyelerdeki kurşun düzeyleri 1,43 ppm, kadmiyum düzeyleri 0,09 ppm, bakır düzeyleri 5,83 ppm, çinko düzeyleri 15,93 ppm ve arsenik düzeyleri 0,06 ppm olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarının değerlendirilmesi ile örneklerde tespit edilen

metal yoğunluklarının ülkemiz ve diğer ülkeler için kabul edilen normal değerler içerisinde olduğu sonucuna varılmıştır.

İskenderun Körfezi'nden mevsimsel olarak avlanan iki farklı karides türünün (*Penaeus semisulcatus* ve *Metapenaeus monocerus*) kas, solungaç ve hepatopankreas dokularındaki ağır metal konsantrasyonları (Cd, Zn, Fe, Pb ve Cu) belirlenmiştir. Diğer dokulara göre kas dokuda tüm metaller en düşük seviyede iken, hepatopankreasta yüksek metal seviyeleri tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde insan ve tarım aktivitelerinin (ilaçların kullanımı) daha fazla olmasından dolayı daha yüksek metal miktarları rapor edilmiştir (Kargın ve ark., 2001).

Miao ve ark. (2001), Kuzey Pasifik Okyanusu'nun Fransa kıyılarından yakalanan bazı yengeç (*Grapsus tenuicrustatus*), istakoz ve bazı balık türleri ile sedimentte As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg ve Zn metal seviyelerinin istasyona göre farklılık gösterdiğini, muhtemelen insan aktivitelerinin Pb hariç metal seviyelerini belirlemede bir faktör olmadığını ve yengeçte Cu ve As seviyelerinin çok yüksek çıkmasının oldukça ilginç olduğunu ifade etmişlerdir.

Cadiz körfezindeki bir karides türü olan *Squilla mantis*'in et doku ve kabuğunda bazı ağır metal konsantrasyonları (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd ve Pb) incelenmiştir. Et dokuda ortalama Cu değeri 27,1 mg/kg olarak bulunmuştur. Zn ve Cu konsantrasyonunda istasyonlar arasında önemli farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Bunun sebebinin, *S. mantis*'in dokularında metal düzenleme kapasitesi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. En yüksek Cu değeri madencilik aktivitesinin yapıldığı alanlarda belirlenmiştir (Blasko ve ark., 2002).

Canlı ve ark. (2001), Akdeniz'de üç ayrı istasyondan aldıkları karides (*Penaeus japonicus*) ve sardalya (*Sardina pilchardus*) türlerinin dokularındaki metal yoğunlukları (Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn ve Fe) üzerinde çalışmışlardır. Kuruma karidesinin solungacındaki metal yoğunluklarını sırasıyla 13,54; 31,21; 258,23; 21,18; 53,39; 120,86 ve 126,5 µg/g; hepatopankreasında 12,24; 11,92; 397,47; 3,86; 19,79; 106,13 ve 227,03 µg/g; kas dokusunda ise 0,79; 4,64; 19,06; 1,14; 2,72; 21,73 ve 76,93 µg/g kuru ağırlık olarak bulmuşlardır.

Yanar (2003)'ın Doğu Akdeniz'de yaşayan Yeşil Kaplan Karidesi (*Penaeus semisulcatus* De Haan, 1844) ve Benekli Karides (*Metapenaeus monoceros* Fabricus, 1789)'in yağ asidi, aminoasit, mineral madde ve karotenoyit içeriklerinin mevsime bağlı

değişimlerini incelediği çalışmada *P. semisucatus*' ta mineral madde miktarlarının dört mevsim ortalaması Ca 60,28; K 217,53; P 167,75; Na 147,09 ve Fe 1,48 mg/100g kas doku olarak bulmuştur.

Chindah ve ark. (2004), Calabar Nehri'nin karides ve sedimentinde hidrokarbon, Cr, Cd, Pb, Zn ve Cu birikimini araştırmışlardır. Bu çalışma için iki mevsim seçmişlerdir. Zn ve Cu hariç hidrokarbon ve tüm metallerin her iki mevsimde de yüksek miktarlarda biriktiğini belirlemişlerdir.

Drava ve ark. (2004), Kuzeybatı Akdeniz'den 3 yıl süre ile toplanan 135 adet kırmızı karides *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) örneklerinde ağır metallerin (Hg, Cd, Pb, Fe, Mn, Zn ve Cu) üreme döngüsüne etkisini araştırmışlardır. Karideslerin boyutu ile anlamlı korelasyon gösteren tek element olan civanın; türlerin yaşı hakkında bilgi verebileceği sonucuna ulaşmışlardır. Dişilerin 4 farklı üreme safhaları arasındaki karşılaştırmaya göre aynı büyüklükte üreyen bireylerin; üremeyen bireylere oranla daha yüksek civa konsantrasyonu içerdiğini belirtmişlerdir.

Morales-Hernández ve ark. (2004), Mazatlan Körfezi'nin istakoz ve sedimentinde ağır metal birikimini araştırmışlardır. Körfeze boşaltılan lağımdan dolayı ağır metal kirliliğinin arttığını tespit etmişlerdir. Cd, Cu, Fe, Pb ve Zn'nun sedimentte, Cr, Fe, Mn ve Ni'in istakozun dış kabuğunda, Cu, Cd ve Zn'nun ise istakozun solungaçlarında, kasında ve gonadlarında biriktiğini belirlemişlerdir. Pb dışındaki metallerin insan sağlığı için uygun değerlerde olduğunu saptamışlardır.

Ugolini ve ark. (2004), Kuzey Doğu Akdeniz'in farklı bölgelerinden yakaladıkları ağır metal kontaminasyonunun canlı bir göstergesi olarak *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda)'da ve sedimentte Cd, Fe, Hg, Pb, Cu, Al ve Zn konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Cd, Cu, Zn ve Hg' nin yüksek konsantrasyonlarını, Al ve Fe'nin daha düşük konsantrasyonlarını, Pb ve Cr'un ise hiç depolanmadığını bulmuşlardır.

Yazkan ve ark. (2004), Antalya Körfezi'nde yaşayan bazı yumuşakça türlerinde ve karidesin yumuşak dokularında Cu, Zn, Pb ve Cd birikimini araştırmışlardır. Cu miktarını yumuşakçalarda 1,82-6,22 mg/kg, karideste 4,24-7,40 mg/kg, Zn miktarını yumuşakçalarda 10,95-21,52 mg/kg, karideste 11,73-14,27 mg/kg, Pb miktarını yumuşakçalarda 0,00-0,35 mg/kg, karideste 0,00-0,00 mg/kg, Cd miktarını yumuşakçalarda 0,23-0,72 mg/kg, karideste 0,26-0,28 mg/kg olarak tespit etmişler ve analiz edilen ağır metallerin ciddi bir tehlike oluşturmadığını belirlemişlerdir.

Catsiki ve Florou (2005), Yunanistan'da nehir ağızı ekosistemlerinde dağılım gösteren midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) ^{137}Cs , Cr, Ni, Zn, Fe, Mn ve Cu gibi ağır metallerinin davranışı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında, Ege Denizi ve Yunan Denizi'nde tayin ettikleri ^{137}Cs konsantrasyonlarının, 1993 yılında Aarkrog ve arkadaşlarının batı Akdeniz'de yapmış oldukları çalışmada elde ettikleri sonuçlarla karşılaştırıldığında daha yüksek olduğunu görmüşlerdir. Aynı çalışmada Çernobil sonrası deniz suyundaki ^{137}Cs konsantrasyonunun Yunan Denizi'nde yaklaşık 5 kat, Ege Denizi'nde ise oldukça yüksek bir değerde arttığını vurgulamışlardır. İnceledikleri *Mytilus galloprovincialis* türü midyelerde ^{137}Cs konsantrasyonlarının 0.3 ile 1,90 mg/kg arasında değiştiğini bulurken, en düşük ağır metal konsantrasyonunun Cr (0,20 mg/kg) ve en yüksek konsantrasyonun ise Fe (115 mg/kg) için olduğunu saptamışlardır.

Çoğun ve ark. (2005), İskenderun Körfezi'nin Yumurtalık sahilinden aldıkları dil balığı (*Solea solea*) ve çipura (*Sparus aurata*) balık türleri ve karides (*Penaeus semiculatus*) üzerinde ağır metallerin (Pb, Cd, Cu, Zn ve Fe) mevsimsel değişimleri ile dokulardaki dağılımını belirlemişlerdir. İncelenen ağır metallerin karidesin kas dokusundaki miktarları aynı sırayla 15,4-28,6; 2,7-5,0; 27,9-41,9; 50,1- 63,1 ve 8,7-16,9 µg/g; solungacında 159,0-317,5; 13,3-24,8; 216,0-299,4; 162,2-209,1 ve 92,6-134,1 µg/g; karaciğerinde 50,9-127,1; 20,2-37,4; 433,6-763,7; 268,2-331,1 ve 112,3-167,4 µg/g arasında bulunmuştur.

Kuzey Doğu Akdeniz Bölgesindeki Akyatan Dalyan'ından bol miktarda avlanarak yurt dışına ihracatı yapılan ve iç pazara sunulan pastörize edilmiş mavi yengecin (*Callinectes sapidus*, Rathbun, 1896) yenilebilir farklı dokularındaki (kısaç eti, göğüs eti ve hepatopankreas) ağır metal konsantrasyonlarını ve mineral madde içeriklerini inceleyen Küçükgülmez (2005); dokular arasında Hg miktarını 0,03 ile 0,07 mg/kg; Cd miktarını 0,06 ile 0,09 mg/kg; Pb miktarlarını 0,14 ile 0,27 mg/kg; As miktarını 0,28 ile 0,68 mg/kg; Fe miktarını 4,43 ile 8,06 mg/kg; Cu miktarını 5,05 ile 17,38 mg/kg; Zn miktarını ise 41,61 ile 66,44 mg/kg arasında bulmuştur. Araştırma sonucunda, dokularda bulunan ağır metallerin T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın ve FAO'nun yönetmeliğindeki maksimum sınırların altında olduğu belirtilmiştir.

İstanbul balık halinden alınan gerçek ağır metal kirliliğini yansıtabilecek, yer değiştirmeyen ve tüm dünyada kirliliğe karşı biyoindikatör tür olarak kabul edilen

Mytilus galloprovincialis (Akdeniz Midyesi-Kara Midye) türü midyelerde arsenik (As) düzeylerini tespit etmeyi amaçlayan Kayhan ve ark. (2006), analiz sonucunda en yüksek As değerini 0,098 mg/kg, en düşük As seviyesini ise 0,019 mg/kg olarak bulmuşlardır. Alınan örneklerde tespit edilen arsenik seviyelerinin ülkemiz için kabul edilen normal sınırlar içinde olduğu ve ciddi bir tehlike olmadığı gözlenmiştir.

Tuncay (2007)'ın yaptığı çalışmada, Kovada Gölü'nün suyu ve sedimenti ile gölde yaşayan ıstakozların bazı dokularında ağır metal birikiminin incelenmesi amaçlanmıştır. *Astacus fluviatilis* (Tatlısu ıstakozu)'te yapılan ağır metal analizleri sonucunda doku ve organlarda Cu, Mn, Zn, Al, Ni, Cd, Pb, Cr ve Fe tespit edilmiştir. İlbahar-2005'de Cd (2,07 mg/kg) karaciğerde; Cr (1,82 mg/kg), Fe (223,61 mg/kg) ve Al (483,86 mg/kg) karapaksta en yüksek oranda tespit edilmiştir. Sonbahar-2005'de Mn (16,81 mg/kg) karapaksta, Zn (31,45 mg/kg) ve Ni (11,19 mg/kg); kış-2006'da da Cu (33,75 mg/kg) karaciğerde en yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Doku ve organlarda en fazla biriken metalin Al olduğu belirlenmiştir. Metallerin, karaciğer ve karapaksta kas dokusuna göre daha fazla biriktiği saptanmıştır.

Yılmaz ve Yılmaz (2007), Akdeniz'in kuzeydoğu bölgesinde yer alan İskenderun Körfezi'nden elde ettikleri hem erkek hem dişi kaplan karides (*Penaeus semisulcatus*)'in kas, solungaç, hepatopankreas ve gonad dokularındaki yüksek metal yoğunluklarının mevsimsel değişiklikleri üzerinde çalışmışlar. Bu çalışma sonucunda Ag yoğunluğunun 1,2-12,5 µg/g; Cr'nin 2,2-78,2 µg/g; Ni'nin 0,6-33,8 µg/g; Pb'nin 0,1-2,6 µg/g; Cu'nun 17,2-114 µg/g; Fe'nin 5,9-291 µg/g ve Zn'nin 4,3-284 µg/g arasında yer aldığı kaydedilmiştir.

İskenderun Körfezi'nden avlanan karides (*Penaeus semisulcatus*) ve yengeç (*Charybdis longicollis*) dokularındaki Cr, Cd, Cu, Zn ve Fe konsantrasyonlarının araştırıldığı çalışmada yengecin karidesten daha fazla ağır metal içerdiği ortaya koyulmuştur. *P. semisulcatus*'un kas dokusunda bulunan metal seviyeleri Cd 16,72; Cu 34,24; Zn 27,75; Fe 18,69; Cr 60,38 µg/g olarak bulunmuştur. Her iki türde de en yüksek metal konsantrasyonlarına yaz mevsiminde rastlanmıştır (Fırat ve ark., 2008).

Aközcan (2009) yaptığı çalışmada, Didim ve İzmir Körfezi'nden aylık olarak toplanmış olan sediment, deniz suyu, çeşitli türde balık ve kara midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) bulunan ²¹⁰Po, ²¹⁰Pb ve ¹³⁷Cs radyonüklidleri alfa ve gama spektroskopisi ile tayin etmiş, ayrıca Zn, Cu, Fe, Cd, Mn, Ni, Pb, Cr gibi ağır

metallerin miktarını ölçmüştür. Yapılan analizler sonucunda elde edilen ağır metal bulgularına göre, midye örneklerinde Cd 0,4-2,1 µg/g; Cr 0,6-2,7 µg/g; Cu 1,4-8,4 µg/g; Fe 22-541 µg/g; Mn 1,1-12,6 µg/g; Ni 0,2-2,5 µg/g; Pb 0,4-1,3 µg/g; Zn 31-162 µg/g (kuru ağırlık), arasındaki değerlerde bulunmuştur. Midye sediment ve balık örneklerindeki ağır metal değerleri (balıkta Cd hariç) kabul edilebilir sınırların altında bulunmuştur.

Ersoy ve Çelik (2009) Doğu Akdeniz’de ticari öneme sahip pelajik türlerin dokularında iz element ve kirleticileri saptadıkları çalışmalarında Cu, Cr ve Zn konsantrasyonlarını yaz mevsiminde en yüksek seviyede bulurken; Ni, Mn ve Fe konsantrasyonlarının en yüksek olduğu mevsimin ilkbahar olduğunu belirtmişlerdir. Balık türlerinin karaciğer ve kas dokularındaki maksimum Pb miktarı sonbaharda 0,39 ve 0,80 mg/kg iken; maksimum Cd değeri kas dokuda ilkbaharda 0,27 mg/kg, karaciğerde yaz mevsiminde 0,78 mg/kg olarak bulunmuştur.

Marangoz (2009) çalışmasında Marmara Denizi’nin Tekirdağ ili kıyılarından avlanan tüketime hazır kabuklu su ürünlerinden olan Akdeniz Midyesi (*Mytilus galloprovincialis*), karides (*Metapenaeus longirostris*) ve çeşitli balık türlerinin ağır metal seviyelerini araştırmışlardır. Karides (*Metapenaeus longirostris*) örneklerindeki ortalama civa değeri 0,017 mg/kg, kadmiyum 0,0213 mg/kg, kurşun 0,001 mg/kg, çinko; 5,856 mg/kg ve bakır; 0,207 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Tekirdağ Tarım İl Müdürlüğünce yürütülen bir çalışmada, çeşitli balık türleri ile algarna avcılık yapan balıkçılardan temin edilen *Parapenaeus longirostris* türü karideste ağır metal (Hg, Cd, Pb, Zn ve Cu) düzeyleri ölçülmüştür. *Parapenaeus longirostris* türü karideste civa ve kurşun düzeyleri tespit edilememiş, kadmiyum 0,01 mg/kg, çinko 11,60-12,80 mg/kg, bakır 1,28-4,76 mg/g aralığında saptanmıştır (Marangoz, 2009).

Dural ve Bıçkıcı (2010), Kuzeydoğu Akdeniz’den toplanan *Upeneus pori* ve *Upeneus molucensis*’in karaciğer, kas ve deri dokularındaki Fe, Zn, Al, Cu, Pb, Mn, Ni Cd, Cr konsantrasyonları arasındaki farklılıkları istatistiksel açıdan önemli bulmuşlardır. *U. molucensis*’te Al, Pb, Ni ve Cd için doku sıralamasını kas<karaciğer<deri; Fe, Zn, Cu ve Cr için kas<deri<karaciğer; *U. pori*’de Al, Pb ve Fe için kas<karaciğer<deri; Ni için deri<kas ve Cr için deri<kas<karaciğer şeklinde bulmuşlardır. Pb seviyesi her iki türde; Cd ise sadece *U. molucensis*’te çeşitli sağlık kuruluşları tarafından belirlenen

kabul edilebilir değerlerden yüksek bulunurken, diğer ağır metal seviyeleri FAO ve Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın belirlediği sınırlardan düşük bulunmuştur.

Kayhan ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, İzmit Körfezi'nden avlanan derin su pembe karideslerinin (*Parapenaeus longirostris* Lucas, 1846) mevsimsel değişimler göz önüne alınarak hepatopankreas ve abdominal kas dokularındaki glikojen, total lipid, trigliserit, kolesterol ve mineral (Ca, Na, K, Fe, Mg) içeriklerini incelemişlerdir. Karideslerin abdominal kas dokularında bulunan metal düzeyleri, karideslerin aşırı bir metal birikimine maruz kalmadığını, normal değerlere sahip olduklarını göstermiştir. Buna göre, K en yüksek yaz aylarında gözlenmiş olup; Na en düşük olarak yaz aylarında ölçülmüştür. Ca en düşük olarak ilkbahar aylarında gözlenmiştir. Demir, en düşük sonbaharda gözlenmiş olup diğer mevsimlere ait veriler arasında farklılık gözlenmemiştir. Magnezyum ise tüm mevsimler boyunca hemen hiç değişmeden kalmış, verilerin istatistiksel analizlerinde anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Metian ve ark. (2010), New Calenoia Pasifik mavi karideste *Litopenaeus stylirostris* metal ve metalloid biyobirikimini inceledikleri laboratuvar ve saha çalışmalarında Ag, As, Cd, Co, Cu, Mn, Ni ve Zn içeriklerini belirlemişlerdir. Sonuçlar, en yüksek metal yoğunluğunun hepatopankreas ve bağırsakta olduğunu; kas dokunun ise diğerlerine göre daha düşük metal depoladığını göstermiştir. Pasifik mavi karidesinde metal biyobirikim/depolama/detoksifikasyonunda iç organların ve dokuların rol aldığı doğrulanmıştır.

Wu ve Yang (2011) karideslerin güvenilir gıda olarak tüketilebilirliğini saptamayı amaçladıkları çalışmalarında hem kültür, hem de doğal ortamda yaşayan beyaz karidesin *Litopenaeus vannamei* dokularındaki (kas, kabuk ve karaciğer); Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn ve Zn konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Kas, kabuk ve karaciğer dokularındaki ağır metal konsantrasyonları sırasıyla (mg/kg, kuru ağırlık): Cr 20,86, 28,70 ve 18,91; Cu 24,26, 30,86 ve 126,42; Fe 61,35, 55,07 ve 124,04; Mn 5,33, 10,72 ve 8,79; Zn 171,56, 51,84 ve 111,74 olarak bulunmuştur. Pb, hiçbir dokuda tespit edilemezken; Co, sadece denizden avlanan karideslerin karaciğerinde; Cd ise her iki ortamdan toplanan karideslerin karaciğerlerinde 3,30 mg/ kg oranında tespit edilmiştir. Sonuç olarak Cr miktarının insan sağlığı için risk oluşturacağını rapor etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

3.1.1. Çalışma Bölgesi

Çalışmanın yapıldığı alan, Akdeniz'in Hatay ve Adana illeri arasına yerleşmiş en doğu noktası olan İskenderun Körfezi'nin Yumurtalık, Dört Yol, İskenderun, Arsuz ve Samandağ bölgelerini kapsamaktadır (Şekil 3.1). İskenderun Körfezi, Doğu Akdeniz'in kuzeydoğu köşesinin bir dikdörtgen şeklini alarak güneybatı-kuzeybatı doğrultusunda Anadolu'ya girinti yapmasıyla oluşmuştur. Körfez, yaklaşık 65 km uzunluğunda ve 35 km genişliğinde olup, (Avşar, 1999) maksimum derinlik Akdeniz'e açılan giriş kesiminde 100 m civarında, ortalama derinlik ise 70 m'dir (Polat ve ark., 2006). Kara ve deniz ulaşımında hizmetlerin oldukça gelişmiş olduğu bölgede ticaret büyük öneme sahiptir (Anonim, 2011). Bu nedenle kirliliklere açık bir bölge olduğu gibi balıkçılık açısından da önemli bir körfezimizdir.



Şekil 3.1. İskenderun Körfezi (Örnekleme alanları kutu ile işaretlenmiş yerlerdir).

3.1.2. Karidesler Hakkında Genel Bilgiler

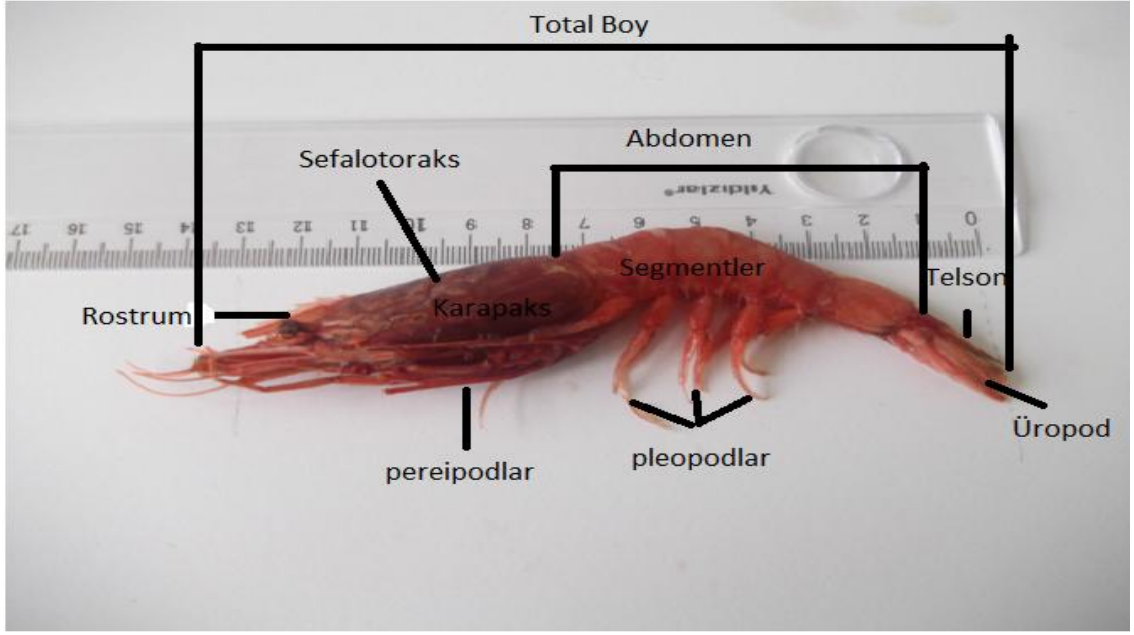
Karidesler, kabuklu hayvanlar (Crustasea) sınıfından dekapodların ekonomik açıdan önemli bir grubunu oluştururlar. Karideslerin vücudu, birleşik bir baş-göğüs (sefalotoraks) ve halka şeklinde segmentlerden yapılmış karın (abdomen) bölgesi olmak üzere iki bölümden oluşur. Abdomeni saran kabuk halkalar halindedir ve birbirinden kolayca ayrılabilir. Vücutları toraks ve abdomen üzerinde uzamış şekildedir. Sefalotoraksı örten kabuğun (karapaks) ön ucunda sivri bir diken şeklinde, kenarları testere gibi dişli bir çıkıntı (rostrum) yer alır ki, bu rostrum genel olarak türlerin bir birinden ayırt edilmeleri ve tanınmalarında rol oynar.

Karideslerin başında iki çift anten bulunur. Abdomen kısmı sefalotorakstan daha uzun ve daha kuvvetli yapılmıştır. Bu bölüm karideslerin yenebilen bölümünü oluşturur. Karidesler genellikle deniz dibi zemininde yaşarlar, avlanmak ve üreme nedenleri ile zaman zaman zemin üzerinden kalkarak, daha yukarılardaki su kütesine yükselirler. Genellikle gündüzleri kendilerini kısmen kuma gömen karidesler, geceleri avlanmak üzere yukarı doğru yükselirler. Karideslerin çoğunluğu ya çevrelerindeki besin parçacıkları (plankton) içeren suyu veya zemin çamurundaki çürüme materyalini süzerek beslenirler. Karides türleri arasında devamlı olarak pelajik yaşama uyumlanmış olanlar da vardır. Karides türleri belirli derinlik sınırları içerisinde yaşamlarını sürdürürler. Bazı türler sahilde sığ suları diğerleri ise, 600-800 m'ye kadar olan derinlikleri işgal ederler (Artüz, 2005).

3. 1. 3. Çalışılan Karides Türleri

3.1.3.1. *Aristeus antennatus* Risso, 1816

Aristeus antennatus, rostrumun karapaksa bağlı kısmında üç adet kuvvetli diş bulunan, boyu 22 cm uzunluğa erişebilen ve genellikle 15-18 cm olan (Anonim, 1984) , 200-1440 m derinlikteki çamurlu ortamda yaşayan, derin su trolleri ile avlanan bir penaid karidesi türüdür (FAO, 1980; FAO, 2011).



Şekil 3.2. *Aristeus antennatus* Risso, 1816 (Kırmızı karides) (Orijinal)

3.1.3.2. *Penaeus kerathurus* Forsskål, 1775

Penaeus kerathurus, rostrumu kuvvetli ve gözlerinin önüne kadar uzanan üstünde 10 adet dorsal dişi bulunan, boyu genellikle 14-16 cm olan genelde 30-40 metreye kadar kumlu-çamurlu sığ sularda yaşayan penaid karides türüdür (Anonim, 1984).

Pembemsi sarı renkteki zemin üzerinde koyu kahverengi bantların bulunuşundan dolayı kaplan karidesi olarak adlandırılır. Avcılığı fanyalı ağlar, karides sepetleri ve trol ile yapılmaktadır (Artüz, 2005).



Şekil 3.3. *Penaeus kerathurus* Forsskål, 1775 (Oluklu karides) (Orijinal)

3.1.3.3. *Parapenaeus longirostris* Lucas, 1846

Parapenaeus longirostris, rostrumu yılankavi eğri, üstü 7-8 dişli, bir diğer sırt dişi karapaksın ön bölgesine yerleşmiş olan, boyu 12 cm uzunluğa erişebilen, Akdeniz ve Marmara'da bulunan 50-700 m derinliklerdeki çamurlu, kumlu ortamlarda yaşayan bir penaid türüdür (Anonim, 1984).



Şekil 3.4. *Parapenaeus longirostris* Lucas, 1846 (Derin Su Pembe Karidesi) (Orijinal)

Yetişkin türler küçük balıklarla, kafadanbacaklılarla, kabuklularla; sedimentte bulunan çift kabuklular ekinodermiler ve çoğunlukla delikliler ile beslenirler (FAO-AdriMed, 2011). Bu tür, tüm dünyada büyük ekonomik değer taşır. Dondurulmuş veya konserve edilmiş olarak iyi bir pazara sahiptir. Denizlerimizdeki en bol av veren karideslerden oluşu nedeni ile ekonomik değeri büyüktür. Marmara Denizi ve çevresinden istihali yapılan derin su pembe karidesleri, dondurulmuş olarak ihraç edilmekte veya buzlanarak taze ve donmuş et olarak iç piyasaya sevk edilmektedir (Artüz, 2005).

3.1.3.4 *Penaeus semisulcatus* de Hann, 1844

Penaeus semisulcatus, karapaksı yanlardan şişkince; rostrumu uzun, üst kenarı 7 ve alt kenarı 3 dişli, karapaksı bir oluklu, 1. antenlerinin kaide pulları rostrum boyunda, kamçıları ince ve eşit, 2. antenleri vücuttan biraz daha uzun, telsonu ürepodtan çok kısa, renkleri sarımsı; dişileri 18 cm erkekleri 23 cm'ye ulaşabilen, kumlu ve çamurlu diplerde yaşayan, trol ile avlanan bir penaid karidesi türüdür (Anonim, 1984).



Şekil 3.5. *Penaeus semisulcatus* de Hann, 1844 (Yeşil Kaplan Karidesi) (Orijinal)

Bu tür Japonya ve Hindistan'da büyük ekonomik değer taşır. Dondurulmuş veya konserve edilmiş olarak iyi bir pazara sahiptir. Denizlerimizdeki en iri boy karideslerden oluşu nedeni ile ekonomik değeri büyüktür. İskenderun ve çevresinden istihali yapılan iri karidesler, dondurulmuş olarak ihraç edilmekte veya buzlanarak taze, iç piyasaya sevk edilmektedir (Artüz, 2005).

3.1.3.5. *Metapenaeus monoceros* Fabricius, 1798

Metapenaeus monoceros, abdomen ve karapaksı örten beyazımsı sarı kabuğun üzeri hafif kabarcıklı olması nedeni ile, parlak ve pürüzsüz olan diğer türlerden kolaylıkla ayrılır. *Penaeus* türlerinin aksine *Metapenaeus*'larda rostrumun altında ikinci bir diken bulunmaz. Bu karides türü, dış ülkelerde ticari önem taşımakla birlikte, yurdumuzda pek önem taşımamaktadır. Bunun başlıca nedeni, pişirildiği zaman, karideslere has kırmızı renk yerine beyazlaşmasıdır. Boyu 18 cm'ye kadar olabilir. Ortalama 12 cm civarındadır. İndo-Pasifik kökenli olan bu tür, İskenderun Körfezi'nden Finike önlerine kadar yayılmıştır (Artüz, 2005).



Şekil 3.6. *Metapenaeus monoceros* Fabricius, 1798 (Benekli Karides) (Orijinal)

3.1.4. Örneklerin Toplanması ve Analize Hazırlanması

Çalışılan karides türleri Eylül 2010-Nisan 2011 tarihleri arasında; her ayın son haftası İskenderun, Dörtyol, Çevlik ve Yumurtalık barınaklarından avlanmaya çıkan ticari balık teknecilerinden temin edilmiştir. Ancak her ay 5 tür karidesi de bulamadığımız için *Aristeus antennatus* yalnızca ilkbahar mevsiminde, *Penaeus semisulcatus* ise sonbahar ve kış mevsimlerinde bulunabilmiştir. Av yasağı dolayısıyla yaz mevsiminde ise örnek toplanamamıştır. Analizler için bölgede bol yakalanan, yani gıda olarak çok tüketilen büyüklükteki örnekler seçilmiştir. Analizlerde kullanılacak örneklerin yaklaşık aynı büyüklükte olmasına dikkat edilmiş ve her ay en fazla 20 tane olacak şekilde örnekleme yapılmıştır. Örnekler, buz kalıpları içerisinde Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvar'ına getirilmiş; önce çeşme suyu sonra bidistile su ile yıkanarak total ağırlıkları 0,1 g hassasiyetindeki Sartorius GE 2101 marka terazi ile (g); boy (cm) ölçümleri ise cetvel ile yapılmış ve Fujifilm Finepix Av marka makine ile fotoğrafları çekilmiştir. Araştırmada kullanılan balık türlerinin ağırlık ve boy ortalamaları standart hataları ile birlikte Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Daha sonra herhangi bir metal bulaşmasını önlemek için plastik malzemeler kullanılarak karidesler kabuklarından ayrılıp ayıklanmış, tekrar distile su ile yıkanmış ve polietilen torbalarda ağır metal analizine kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir. Analiz

yapılacağı zaman derin dondurucudan çıkarılan karidesler bir gece önce buzdolabında bekletilerek buzlarının çözünmesi sağlanmıştır. Ağır metal analizi için dokuların parçalanması mikrodalga fırınında kapalı sistem yaş yakma yöntemiyle yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Araştırmada Kullanılan Karides Türlerinin Örnek Sayısı (N), Boy ve Ağırlık Ortalamaları \pm Standart Hataları

Türler	N	Ağırlık (g)	Boy (cm)
<i>Aristeus antennatus</i>	9	18,97 \pm 1,46	15,03 \pm 0,47
<i>Metapenaeus monoceros</i>	106	27,77 \pm 7,36	14,46 \pm 2,61
<i>Penaeus kerathurus</i>	90	29,46 \pm 8,80	15,03 \pm 2,61
<i>Penaeus semisulcatus</i>	86	44,59 \pm 14,80	17,88 \pm 2,33
<i>Parapenaeus longirostris</i>	98	4,46 \pm 1,77	9,9 \pm 1,17
TOPLAM	389		

3.2. Yöntem

Örneklerin analize hazırlanma işlemleri Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölüm Laboratuvarlarında yapılırken; mikrodalga ile kapalı sistem yaş yakma ve ICP-AES'te ağır metal analizleri MKÜFAM (Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi)'da yapılmıştır.

3.2.1. Mikrodalga İle Kapalı Sistem Yaş Yakma Yöntemi

Mikrodalga, enerji spektrumunda Kızılötesi Işıma (IR) ile radyo dalgalarının arasında kalan bölgedir. Mikrodalga ısıtma mekanizması hedef kütledeki bütün molekülleri aynı anda etkileyerek klasik tekniklerin konveksiyon ısıtmasına göre çok daha kısa sürede işlemi tamamlamaktadır. Çünkü klasik ısıtma teknikleri bir kütleyi dıştan içe doğru tabaka tabaka ısıtırken, mikrodalga yöntemi bir kütlenin her yerini aynı anda ısıtır. Mikrodalga ısınması dıştan olduğu gibi içten de olduğundan enerji; moleküler çarpışmadan ziyade polarizasyon yolu ile transfer olur. İç ısınma numuneyi mekanik olarak uyarır ve numunenin dış tabakalarını bozar, böylece asit ile numune arasında daha iyi bir temas sağlanır. Mikrodalga ile çözünürleştirmenin zamandan tasarruf, tekrarlanabilirlik, minimum enerji ve kimyasal madde sarfıyatı, uçucu bileşiklerin ortamda tutulması ve çevresel kirlenmelere neden olmaması gibi avantajları bulunmaktadır (Karadede, 1997; Köse, 2007).



ŞEKİL 3.7. MARS5 MIKRODALGA KAPALI SİSTEMİ Taş Yakma (Orijinal)

Yaptığımız çalışmada; 0,0001 gr hassasiyetli AND GR-200 marka dijital terazi ile karides örneklerinin kas dokusundan yaklaşık 1 gr tartılarak, Cem Corporation marka MARS5 (Microwave Accelerated Reaction System) mikrodalga vessel hücrelerine (vessel hücreleri 100 ml civarında 1.4 MPa, 200 psi basınca dayanıklı) konmuştur. Her bir tüpün içerisine 10 ml derişik nitrik asit (HNO_3 , %65) ilave edilmiştir. İçinde yeni örneklerin yer aldığı 14 adet hücre kapakları kapatılarak mikrodalga fırınına yerleştirilmiş, belli zaman, güç ve sıcaklık aralıklarında çözündürülmüştür. Çözündürme programı Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yakma Programı

Aşama	Zaman	Güç	Sıcaklık
1	15 dk	400 w	180°
2	15 dk	400 w	180°

Soğutma süresi 5 dk

Soğutma bittikten sonra basıncı alınan vessel hücrelerindeki çözünmüş numuneler Whatman No: 42 filtre kağıdı ile süzülerek 50 ml’lik falcon tüplerine alınıp, bidistile su ile 20 ml’ye tamamlanmış ve ölçüme hazır hale getirilmiştir. Aynı yöntemle bir blank çözelti de hazırlanmıştır.

3.2.2. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi (ICP-AES) ile Ağır Metal Analizi

İndüktif eşleşmiş plazma spektroskopisinin temel prensibi (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy-ICP) yüksek derişimde katyon ve buna eş değer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir (Toscalı ve Eren, 2004).

ICP, düşük (ppm, ppb) derişimdeki elementlerin ölçüldüğü bir analitik tekniktir (Ada,2004; Köse, 2007). Plazma görüntüsü alev gibi olmakla beraber bir yanma olayı yoktur (Toscalı ve Eren, 2004). Kolay iyonlaştırabilmesi ve inert olması nedeniyle, ICP tekniğinde plazma argon gazı (Ada, 2004; Köse, 2007) ile genellikle 27 veya 40 MHz'lik güçlü bir radyofrekans alanının eşleştirilmesi ile elde edilir (Toscalı ve Eren, 2004). Emisyon analizinde sık sık kullanılan argon plazmada, numuneden gelen bazı katyonlar az miktarda bulunsa bile, argon iyonları ve elektronlar başlıca iletken türlerdir (Ada, 2004; Köse, 2007). Örnek genellikle sıvı fazda, aerosol şeklinde yüksek sıcaklıktaki plazmaya gönderilir. Aerosol tanecikleri plazmada sırasıyla kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve oluşan atom ve iyonlar uyarılır. Analit elementin atomik ve iyonik çizgileri bir spektrometre ve uygun bir bilgisayarla değerlendirilerek analiz edilir (Toscalı ve Eren, 2004).

Yaptığımız çalışmada inceleyeceğimiz karides kas dokularından hazırlanan çözeltilerin ağır metal analizleri Varian Liberty Series-2 marka ICP-AES ile ppm yaş ağırlık olarak ölçülmüştür. Analiz edilecek elementlerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn, Zn) önce standart aralığı belirlenmiştir. Multi element (Merck) stok çözeltisinden derişimi 0.25,0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 40 ppm' lik standartlar hazırlanarak cihaz kalibre edilmiştir (Sn için 0.5, 1, 2, 5 ppm' lik standartlar hazırlanmıştır). ICP cihazına çözelti halinde verilen örnekler bu cihazda gaz fazına geçer ve bir süre sonra da rezonans ışınları yayarlar. Oluşan ışınlar tespit edilerek ölçüm gerçekleştirilir. Analizler sırasında okunan her 100 örnekten sonra tekrar kalibrasyon ayarı yapılmıştır. Numunelerden hazırlanmış olan çözeltiler ICP-AES de Çizelge 3.3' de verilen dalga boylarında okutulmuştur.

Çizelge 3.3. ICP- AES’ de Ağır Metallerin Okunduğu Dalga Boyları

Ağır Metaller	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Sn	Zn
Dalga Boyu (nm)	228,80	267,71	324,75	259,94	352,45	220,35	189,92	213,85

Ölçümler sonucunda örneklerin içerdiği metal miktarlarına ait değerler aşağıdaki matematiksel formül yardımı (3.1.) ile ppm (mg/kg) olarak yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

$$\text{Metal konsantrasyonu (mg/kg)} = \frac{(\text{Sonuç-Blank}) \times \text{Seyreltme Oranı}}{\text{Örnek Miktarı (g)}} \quad (3.1)$$

ICP okuma sonuçlarının yöntem ve cihaz açısından doğruluğu ve kontrolü Standart Referans Madde (DORM-3, Fish Protein Certified Reference Material For Trace Metals) kullanılarak yapılmış ve geri alım yüzdeleri Çizelge3.4.’te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Referans Madde (DORM-3) Sonuçları

Metaller	Sertifika Değerleri (mg/g)	Okunan Değerler (mg/g)	Geri Alım Oranı (%)
Cd	0,29± 0,02	0,278± 0,012	% 95,8
Cr	1,89± 0,17	1,763± 0,113	% 93,3
Cu	15,5± 0,63	14,911± 1,011	% 96,2
Fe	347± 20	327,66± 2,114	% 94,4
Ni	1,28± 0,24	1,163± 0,014	% 90,7
Pb	0,395± 0,05	0,384± 0,008	% 97,2
Sn	0,066± 0,012	0,0627± 0,009	% 95,0
Zn	51,3± 3,1	50,287± 0,198	% 98,01

3.2.3. İstatistiksel Analizler

Karides örneklerinin ağır metal birikimlerinin türlere ve mevsimlere göre farklılıkları tek yönlü varyans analizi ile (One-Way Analysis of Variance ANOVA) incelenmiş olup, farklılıkların istatistiksel olarak önemliliğini belirlemek için Post-Hoc Testlerinden Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ve t Testi uygulanmıştır. Bütün istatistiksel analizler SPSS 17.0 paket programıyla yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

İskenderun Körfezi'nden avlanan *Aristeus antennatus*, *Metapenaeus monoceros*, *Parapenaeus longirostris*, *Penaues kerathurus* ve *Penaeus semisulcatus*'un kas dokularındaki Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn ve Zn birikim düzeyleri mg/kg yaş ağırlık olarak belirlenmiştir. Birikim düzeylerinin tür ve mevsimlere göre ortalama değerleri ve standart hataları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

4.1.1. Ağır Metallere Göre Türlerde Birikimlerin İncelenmesi

4.1.1.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum konsantrasyonlarının türlere ve mevsimlere göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Türlere ve mevsimlere göre elde edilen veriler incelendiğinde *Aristeus antennatus*'ta birikim ilkbahar mevsiminde 0,219 mg/kg olarak bulunmuştur. Sonbahar ve kış mevsimlerinde bu türe ait örnek toplanamamıştır. *Metapenaeus monoceros*'ta birikim 0,236 mg/kg ile en az ilkbahar, 0,354 mg/kg ile en fazla kış mevsiminde; *Parapenaeus longirostris*'te birikim 0,267 mg/kg ile en az ilkbahar, 0,827 mg/kg ile en fazla sonbahar mevsiminde; *Penaeus kerathurus*'ta birikim 0,256 mg/kg ile en az ilkbahar; 0,454 mg/kg ile en fazla kış mevsiminde bulunmuştur. *Penaeus semisulcatus*'ta ise birikimin kış mevsiminde (0,096 mg/kg) sonbahar mevsiminden (0,557 mg/kg) daha düşük olduğu görülmüştür. İlkbahar mevsiminde bu türe ait örnek toplanamamıştır.

Sonbahar mevsimine göre kadmiyumun türler arası birikim sıralaması *P. kerathurus*<*M.monoceros*<*P. semisulcatus*<*P. longirostris* olup, farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Kış mevsimine göre kadmiyumun türler arası birikim sıralaması *P. semisulcatus*<*M. monoceros*<*P. kerathurus*<*P. longirostris* olup farklılıklar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$).

İlkbahar mevsimine göre kadmiyumun türler arası birikim sıralaması ise *A. antennatus*<*M. monoceros*<*P. kerathurus*<*P. longirostris* şeklindedir ve farklılık istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0,05$).

Çizelge 4.1. Kadmiyum birikiminin tür ve mevsimlere göre dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Cd	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<i>A. antennatus</i>	—	—	0,219±0,051
<i>M. monoceros</i>	0,288±0,094 ^a	0,354±0,215 ^b	0,236±0,056
<i>P. longirostris</i>	0,827±0,249 ^c	0,821±0,556 ^c	0,267±0,478
<i>P. kerathurus</i>	0,286±0,144 ^a	0,454±0,283 ^b	0,256±0,060
<i>P. semisulcatus</i>	0,557±0,362 ^b	0,096±0,114 ^a	—

a, b ve c harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p < 0,05$), her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p < 0,05$).

Elde edilen sonuçlara göre karides türlerinin kas dokusundaki Cd birikimi 0,096-0,827 mg/kg arasındadır. Her 3 mevsimde de birikim en fazla *P. longirostris*' te olmuştur.

4.1.1.2. Krom (Cr)

Krom konsantrasyonlarının türlere ve mevsimlere göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Türlere ve mevsimlere göre elde edilen veriler incelendiğinde *A. antennatus*'ta birikim ilkbahar mevsiminde 0,496 mg/kg olarak bulunmuştur. Sonbahar ve kış mevsimlerinde bu türe ait örnek toplanamamıştır. *M. monoceros*'ta birikim 0,788 mg/kg ile en az sonbahar mevsiminde, 1,166 mg/kg ile en fazla ilkbahar mevsiminde; *P. longirostris*'te birikim 0,370 mg/kg ile en az sonbahar mevsiminde, 0,944 mg/kg ile en fazla ilkbahar mevsiminde; *P. kerathurus*'ta birikim 0,647 mg/kg ile en az sonbahar mevsiminde, 1,237 mg/kg ile en fazla ilkbahar mevsiminde olup mevsimler arası birikim sıralamaları İlkbahar>Kış>Sonbahar şeklindedir. *P. semisulcatus*'ta birikim 0,335 mg/kg ile sonbahar mevsiminde, kış mevsiminden daha düşük (0,564 mg/kg) oranda tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde bu türe ait örnek toplanamamıştır.

Çizelge 4.2. Krom birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Cr	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<i>A. antennatus</i>	—————	—————	0,496±0,314 ^a
<i>M. monoceros</i>	0,788±0,340 ^c	0,798±0,478 ^b	1,166±0,316 ^{bc}
<i>P. longirostris</i>	0,370±0,220 ^a	0,562±0,345 ^a	0,944±0,228 ^b
<i>P. kerathurus</i>	0,647±0,365 ^b	0,677±0,438 ^{ab}	1,237±0,313 ^c
<i>P. semisulcatus</i>	0,335±0,168 ^a	0,564±0,420 ^a	—————

a, b ve c harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p<0,05$), her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Sonbahar mevsimine göre kromun türler arası birikim sıralaması *P. semisulcatus*<*P. longirostris*<*P. kerathurus*<*M. monoceros*; kış mevsimine göre kromun türler arası birikim sıralaması *P. longirostris*<*P. semisulcatus*<*P. kerathurus*<*M. monoceros*; ilkbahar mevsimine göre kromun türler arası birikim sıralaması *A. antennatus*<*P. longirostris*<*M. monoceros*<*P. kerathurus* şeklindedir ve farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Türlere ve mevsimlere göre Cr birikimleri incelendiğinde en az 0,355 mg/kg ile *P.semisulcatus*'ta sonbahar mevsiminde, en fazla 1,237 mg/kg ile *P.kerathurus*'ta ilkbahar mevsiminde olduğu tespit edilmiştir.

4.1.1.3. Bakır (Cu)

Bakır konsantrasyonlarının türlere ve mevsimlere göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Türlere ve mevsimlere göre elde edilen veriler incelendiğinde *A. antennatus*'ta birikim ilkbahar mevsiminde 2,356 mg/kg olarak bulunmuştur. Sonbahar ve kış mevsimlerinde bu türe ait örnek toplanamamıştır. *M. monoceros*'ta birikim 3,020 mg/kg ile en az ilkbahar mevsiminde, 8,031 mg/kg ile en fazla sonbahar mevsiminde; *P. longirostris*'te 2,575 mg/kg ile en az ilkbahar mevsiminde, 5,332 mg/kg ile en fazla kış mevsiminde; *P. kerathurus*'ta 2,928 mg/kg ile en az ilkbahar mevsiminde, 6,217 mg/kg ile en fazla sonbahar mevsiminde bulunmuştur. *P. semisulcatus*'ta ise kış mevsiminde (5,860 mg/kg) sonbahar mevsimine göre (8,540 mg/kg) daha düşük oranda bakır birikmiştir. İlkbahar mevsiminde bu türe ait örnek toplanamamıştır.

Çizelge 4.3. Bakır birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Cu	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<i>A. antennatus</i>	—————	—————	2,356±0,338 ^a
<i>M. monoceros</i>	8,031± 2,92 ^b	6,922± 5,14 ^c	3,020±0,809 ^b
<i>P. longirostris</i>	4,702± 1,584 ^a	5,332± 2,173 ^b	2,575 ±0,537 ^{ab}
<i>P. kerathurus</i>	6,217 ±4,257 ^a	3,523±0,802 ^a	2,928±0,506 ^b
<i>P. semisulcatus</i>	8,54±3,487 ^b	5,860±1,782 ^{bc}	—————

a, b ve c harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p<0,05$), her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Sonbahar mevsimine göre bakırın türler arası birikim sıralaması *P. longirostris*<*P. kerathurus*<*M. monoceros*<*P. semisulcatus*; kış mevsimine göre bakırın türler arası birikim sıralaması *P. kerathurus*<*P. longirostris*<*P. semisulcatus*<*M. monoceros*; ilkbahar mevsimine göre bakırın türler arası birikim sıralaması *A. antennatus*<*P. longirostris*<*P. kerathurus*<*M. monoceros* şeklindedir. Her 3 mevsimde de türler arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.3'e bakıldığında Cu birikiminin en çok *P. semisulcatus*'ta sonbahar mevsiminde, en az *A. antennatus*'ta ilkbahar mevsiminde olduğu görülmektedir. Karides türlerinin kas dokularındaki Cu miktarı 2,356- 8,540 mg/kg arasındadır.

4.1.1.4. Demir (Fe)

Demir konsantrasyonlarının türlere ve mevsimlere göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4. 4'te verilmiştir.

Türlere ve mevsimlere göre elde edilen veriler incelendiğinde *A. antennatus*'ta demir birikimi ilkbahar mevsiminde 1,477 mg/kg olarak bulunmuştur. Sonbahar ve kış mevsimlerinde bu türe ait örnek toplanamamıştır. *M. monoceros* 'ta birikim 4,514 mg/kg ile en az sonbahar mevsiminde, 9,679 mg/kg ile en fazla kış mevsiminde; *P. longirostris* 'te birikim 5,520 mg/kg ile en az ilkbahar mevsiminde, 7,776 mg/kg ile en fazla sonbahar mevsiminde; *P. kerathurus* 'ta birikim 3,127 mg/kg ile en az ilkbahar mevsiminde, 7,023 mg/kg ile en fazla kış mevsiminde bulunmuştur. *P. semisulcatus* 'ta ise demir birikimi sonbahar mevsiminde (9,786 mg/kg) kış mevsiminden (5,404 mg/kg) daha yüksek bulunmuştur, ilkbahar mevsiminde bu türe ait örnek toplanamamıştır.

Çizelge 4.4. Demir birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Fe	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<i>A. antennatus</i>	————	————	1,477± 0,271 ^a
<i>M. monoceros</i>	4,514±2,322 ^a	9,679±10,134 ^b	4,587± 1,439 ^{bc}
<i>P. longirostris</i>	7,766 ±6,003 ^{ab}	7,762± 3,079 ^{ab}	5,520± 3,180 ^c
<i>P. kerathurus</i>	5,819 ±3,751 ^a	7,023± 5,292 ^{ab}	3,127 ±0,933 ^{ab}
<i>P. semisulcatus</i>	9,786±13,336 ^b	5,404±3,122 ^a	————

a, b ve c harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p<0,05$), her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Sonbahar mevsimine göre demirin türler arası birikim sıralaması *M. monoceros*<*P. kerathurus*<*P. longirostris*<*P. semisulcatus*; kış mevsimine göre *P. semisulcatus*<*P. kerathurus*<*P. longirostris*<*M. monoceros*; ilkbahar mevsimine göre ise *A. antennatus*<*P. kerathurus*<*M. monoceros*<*P. longirostris* şeklindedir ve ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Türlere ve dokulara göre Fe konsantrasyonları incelendiğinde en az 1,477 mg/kg ile *A. antennatus*'ta ilkbahar mevsiminde, en fazla 9,786 mg/kg ile *P. semisulcatus*'ta sonbahar mevsiminde olduğu tespit edilmiştir.

4.1.1.5 Nikel (Ni)

Nikel konsantrasyonlarının türlere ve mevsimlere göre önemlilik testi sonuçları Çizelge 4. 5'te verilmiştir.

Türlere ve mevsimlere göre elde edilen veriler incelendiğinde *A. antennatus*'ta ilkbahar mevsimindeki nikel birikimi 0,924 mg/kg'dır. Sonbahar ve kış mevsimlerinde bu türe ait örnek toplanamamıştır. *M. monoceros* ve *P. kerathurus*'ta nikel birikimi sırasıyla 0,493 mg/kg ve 0,699 mg/kg ile en az ilkbahar, 0,826 mg/kg ve 1,402 mg/kg ile en fazla sonbahar mevsiminde; *P. longirostris*'te 0,811 mg/kg ile en az ilkbahar mevsiminde, 1,751 mg/kg ile en fazla sonbahar mevsiminde; *P. semisulcatus*'ta ise kış mevsimine (1,187 mg/kg) göre sonbahar mevsiminde (1,968 mg/kg) daha fazla nikel birikimi tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde bu türe ait örnek toplanamamıştır.

Çizelge 4.5. Nikel birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Ni	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<i>A. antennatus</i>	—————	—————	0,924± 0,894
<i>M. monoceros</i>	0,826± 0,503 ^a	0,640± 0,487 ^a	0,493± 0,348
<i>P. longirostris</i>	1,816± 0,497 ^{bc}	1,239± 0,814 ^b	0,811± 0,419
<i>P. kerathurus</i>	1,402± 1,246 ^b	0,831± 0,669 ^a	0,699± 0,253
<i>P. semisulcatus</i>	1,968± 1,301 ^c	1,187 ±0,660 ^b	—————

a, b ve c harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p<0,05$), her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Sonbahar mevsimine göre nikelin türler arası birim sıralaması küçükten büyüğe doğru *M. monoceros*<*P. kerathurus*<*P. longirostris*<*P. semisulcatus*; kış mevsimine göre *M. monoceros*<*P. kerathurus*<*P. semisulcatus*<*P. longirostris* şeklindedir ve farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

İlkbahar mevsimine göre nikelin türler arası birikim sıralaması ise *M. monoceros*<*P. kerathurus*<*P. longirostris*<*A. antennatus* şeklindedir ve farklılık istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Çizelge 4.5'e bakıldığında Ni birikiminin türler arasında en fazla *P. semisulcatus*'ta sonbaharda, en az ise *M. monoceros*'ta ilkbaharda olduğu görülmektedir. Mevsim ve tür farkı gözetmeksizin karides kas dokusundaki nikel konsantrasyonu 0,493 mg/kg ile 1,968 mg/kg arasındadır.

4.1.1.6. Kurşun (Pb)

Karides türlerinin mevsimsel kurşun içeriklerine ait ortalamalar ve önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.6'da yer almaktadır.

Türlere ve mevsimlere göre elde edilen veriler incelendiğinde *A. antennatus*'ta 0,950 mg/kg kurşun miktarı belirlenmiştir. Sonbahar ve kış mevsimlerinde bu türe ait örnek toplanamamıştır. *M. monoceros*'ta en düşük kurşun düzeyi sonbahar mevsiminde (0,757 mg/kg) bulunurken; en yüksek kurşun düzeyi ilkbahar mevsiminde (0,994 mg/kg) bulunmuş; *P. longirostris*'te ilkbahar ve kış mevsimlerindeki kurşun birikimi birbirine yakın olup, sonbaharda biriken kurşun miktarından daha düşüktür. *P. kerathurus*'ta kurşun birikimi 1,002 mg/kg ile sonbaharda en yüksekken; 0,379 mg/kg ile ilkbaharda en düşüktür. *P. semisulcatus*'ta ise sonbahar mevsimine (0,803 mg/kg)

göre kış mevsiminde (1,035 mg/kg) daha fazla kurşun birikimi tespit edilmiştir ancak ilkbahar mevsiminde bu türe ait örnek toplanamamıştır.

Çizelge 4.6. Kurşun birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Pb	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<i>A. antennatus</i>	—————	—————	0,950±0,490 ^b
<i>M. monoceros</i>	0,757±0,507 ^a	0,801±0,521 ^{ab}	0,994± 0,499 ^b
<i>P. longirostris</i>	1,269±0,434 ^c	0,834± 0,403 ^{ab}	0,869 ±0,497 ^b
<i>P. kerathurus</i>	1,002±0,546 ^b	0,784± 0,571 ^a	0,379 ±0,278 ^a
<i>P. semisulcatus</i>	0,803± 0,448 ^{ab}	1,035± 0,516 ^b	—————

a, b ve c harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p<0,05$), her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Ortalamalar arasındaki farklılıkları istatistiksel olarak önemli olacak şekilde karides türlerindeki Pb büyüklüklerini sonbahar mevsimine göre *M. monoceros*<*P. semisulcatus*<*P. kerathurus*<*P. longirostris*; kış mevsimine göre *P. kerathurus*<*M. monoceros*<*P. longirostris*<*P. semisulcatus*; ilkbahar mevsimine göre *P. kerathurus*<*P. longirostris*<*A. antennatus*<*M. monoceros* şeklinde sıralayabiliriz ($p<0,05$).

Kurşun düzeyleri türlere göre kıyaslandığında 0,379 mg/kg ile en az *P. kerathurus*’ta ilkbahar mevsiminde, 1,269 mg/kg ile en fazla *P. longirostris*’te sonbahar mevsiminde bulunmuştur.

4.1.1.7. Kalay (Sn)

Karides türlerinin mevsimsel kalay içeriklerine ait ortalamalar ve önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.7’ de verilmiştir.

Türlere ve mevsimlere göre elde edilen veriler incelendiğinde *A. antennatus*’ta 0,950 mg/kg kurşun miktarı belirlenmiştir. Sonbahar ve kış mevsimlerinde bu türe ait örnek toplanamamıştır. *M. monoceros* ve *P. longirostris*’te elde edilen kalay birikimlerindeki sırasıyla sonbahar mevsiminde 8,350 mg/kg, 3,326; kış mevsiminde 5,638 mg/kg, 4,899 mg/kg; ilkbahar mevsiminde 6,171 mg/kg, 5,313 mg/kg bulunmuştur. *M. monoceros*’taki kalay birikimi en fazla sonbahar mevsiminde iken, *P. longirostris*’te ilkbahar mevsimindedir. *P. kerathurus*’ta kalay birikimi 8,570 mg/kg ile en fazla ilkbahar mevsiminde, 5,492 mg/kg ile en az sonbahar mevsiminde

bulunmuştur. *P. semisulcatus* ise kış mevsimine göre sonbaharda daha fazla kalay içermektedir, ilkbahar mevsiminde bu türe ait örnek toplanamamıştır.

Çizelge 4.7. Kalay birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Sn	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<i>A. antennatus</i>	_____	_____	7,647± 3,228
<i>M. monoceros</i>	8,350± 5,694 ^c	5,638± 5,087	6,171 5,409
<i>P. longirostris</i>	3,326± 2,467 ^a	4,899 ±4,458	5,313± 2,736
<i>P. kerathurus</i>	5,492± 4,147 ^b	6,256± 3,976	8,570± 4,898
<i>P. semisulcatus</i>	5,614± 4,973 ^b	4,574 ±3,560	_____

a, b ve c harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p<0,05$), her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

Nikelin türler arasındaki birikim sıralaması sonbahar mevsimine göre *P. longirostris*<*P. kerathurus*<*P. semisulcatus*<*M. monoceros* şeklinde olup ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$).

Kış mevsimine göre nikel birim sıralaması *P. semisulcatus*<*P. longirostris*<*M. monoceros*<*P. kerathurus*; ilkbahar mevsimine göre ise *P. longirostris*<*M. monoceros*<*A. antennatus*<*P. kerathurus* şeklindedir ve farklılıklar istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0,05$).

Çizelge 4.7.'ye göre en fazla kalay birikimi görülen tür *P.kerathurus* iken en az birikimin görüldüğü tür ise *P. longirostris*'tir. Mevsim ve tür farkı gözetmeksizin karides kas dokularındaki kalay birikimi 3,326- 8,570 mg/kg arasındadır.

4.1.1.8. Çinko (Zn)

Karides türlerinin mevsimsel çinko içeriklerine ait ortalamalar Çizelge 4.8'de tablo halinde sunulmuştur.

Elde edilen veriler incelendiğinde türler arasında 4,155 mg/kg ile en az çinko birikimine sahip olan tür *A. antennatus*'tur. Sonbahar ve kış mevsimlerinde bu türe ait örnek toplanamamıştır. *M. monoceros*'ta birikim 6,524 mg/kg ile en az ilkbaharda, 10,530 mg/kg ile en fazla kış mevsiminde; *P. longirostris*'te birikim 6,042 mg/kg ile en az ilkbaharda, 9,148 mg/kg ile en fazla sonbaharda; *P. kerathurus*'ta birikim 7,968 mg/kg ile en az ilkbaharda, 10,144 mg/kg ile en fazla kış mevsimindedir. *P. semisulcatus*'ta sonbahar mevsiminde (11,686 mg/kg) kış mevsimine (8,565 mg/kg)

oranla daha fazla çinko birikimi görülmüştür. İlkbahar mevsiminde bu türe ait örnek toplanamamıştır.

Çizelge 4.8. Çinko birikiminin türlere ve mevsimlere göre dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Zn	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<i>A. antennatus</i>	—————	—————	4,155± 0,753 ^a
<i>M. monoceros</i>	9,389± 1,696 ^a	10,530± 3,757 ^b	6,524± 0,956 ^b
<i>P. longirostris</i>	9,148± 2,123 ^a	8,612± 1,891 ^a	6,042± 0,711 ^b
<i>P. kerathurus</i>	9,967 ±3,094 ^a	10,144± 2,684 ^b	7,968 ±1,056 ^c
<i>P. semisulcatus</i>	11,686 ±5,150 ^b	8,565± 1,640 ^a	—————

a, b ve c harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p<0,05$), her sütun için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

P. semisulcatus, 11,686 mg/kg ile türler arasında en fazla çinko birikimi gözlenen tür olup; mevsim ve tür farkı gözetmeksizin karides kas dokusundaki çinko değeri 4,155 mg/kg ile 11,686 mg/kg arasında değişmektedir.

Sonbahar mevsimine göre çinko birikimi tür sıralaması *P. longirostris*<*M. monoceros*<*P. kerathurus*<*P. semisulcatus*; kış mevsimine göre *P. semisulcatus*<*P. longirostris*<*P. kerathurus*<*M. monoceros*; ilkbahar mevsimine göre ise *A. antennatus*<*P. longirostris*<*M. monoceros*<*P. kerathurus* şeklindedir ve farklılıklar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$).

4.1.2. Türlerle Göre Ağır Metallerin Mevsimsel İncelenmesi

4.1.2.1. *Aristeus antennatus*'un Ağır Metal Konsantrasyonları

Aristeus antennatus'un ilkbahar mevsiminde saptanan ağır metal konsantrasyonlarının sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *A. antennatus*'un kas dokusunda kadmiyum (0,219 mg/kg) en az miktarda bulunurken, kalay (7,647 mg/kg) en fazla birikim gösteren metal olmuştur.

İlkbahar mevsiminde tüm metallerin *A. antennatus*'ta birikim sıralaması küçükten büyüğe doğru $Cd<Cr<Ni<Pb<Fe<Cu<Zn<Sn$ şeklindedir.

Çizelge 4.9. *Aristeus antennatus*'ta ağır metallerin mevsimsel dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Metaller	İlkbahar
Cd	0,219±0,051
Cr	0,496±0,314
Cu	2,356±0,338
Fe	1,477± 0,271
Ni	0,924± 0,894
Pb	0,950±0,490
Sn	7,647± 3,228
Zn	4,155± 0,753

4.1.2.2. *Metapenaeus monoceros*'un Ağır Metal Konsantrasyonları

Metapenaeus monoceros'ta mevsimlere göre saptanan ağır metal konsantrasyonlarının önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Demir metali için mevsimsel birikim sıralaması sonbahar<ilkbahar<kış; krom ve kurşun için sonbahar<kış<ilkbahar; bakır ve nikel için ilkbahar<kış<sonbahar; kalay için kış<ilkbahar<sonbahar; çinko ve kadmiyum için ise ilkbahar<sonbahar<kış şeklindedir.

Elde edilen veriler incelendiğinde nikel, kurşun ve kalay metallerinin mevsimler arası farklılıkları istatistiksel açıdan önemsiz bulunurken ($p>0,05$); kadmiyum, krom, bakır, demir ve çinko metallerinin mevsimler arasındaki farklılıkları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p< 0,05$).

Mevsimlere göre tüm metallerin *M. monoceros*'ta birikim sıralaması sonbahar mevsiminde Cd< Pb< Cr< Ni< Fe< Cu< Sn< Zn; kış mevsiminde Cd< Ni< Cr< Pb< Sn< Cu< Fe< Zn; ilkbahar mevsiminde Cd< Ni< Pb< Cr< Cu< Fe< Sn<Zn şeklindedir. Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi *M. monoceros*'ta her 3 mevsimde de en az birikim gösteren metal kadmiyum iken, en fazla birikim gösteren metal çinko olmuştur.

Çizelge 4.10. *Metapenaeus monoceros*'ta ağır metallerin mevsimsel dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Metaller	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Cd	0,289±0,093 ^{ab}	0,354±0,215 ^b	0,236±0,056 ^a
Cr	0,787±0,339 ^a	0,798±0,478 ^a	1,166±0,316 ^b
Cu	8,031± 2,92 ^b	6,922± 5,14 ^b	3,020±0,809 ^a
Fe	4,514±2,322 ^a	9,679±10,134 ^b	4,587± 1,439 ^a
Ni	0,826± 0,503	0,640± 0,486	0,493± 0,348
Pb	0,757±0,507	0,801±0,521	0,994± 0,499
Sn	8,350± 5,694	5,638± 5,087	6,171± 5,409
Zn	9,389± 1,696 ^b	10,530± 3,757 ^b	6,524± 0,956 ^a

a ve b harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p<0,05$), her satır için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

4.1.2.3. *Parapenaeus longirostris*'in Ağır Metal Konsantrasyonları

Parapenaeus longirostris'te mevsimlere göre saptanan ağır metal konsantrasyonlarının önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Kadmiyum, demir, nikel ve çinko metalleri için mevsimsel birikim sıralaması ilkbahar<kış<sonbahar; krom ve kalay için sonbahar<kış<ilkbahar; bakır için ilkbahar<sonbahar<kış ve kurşun için kış<ilkbahar<sonbahar şeklindedir.

Elde edilen veriler incelendiğinde sadece demir ve kalay metalleri için mevsimler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunurken; kadmiyum, krom, bakır, nikel, kurşun ve çinko metallerinin mevsimsel farklılıkları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsimlere göre tüm metallerin *P. longirostris*'te birikim sıralaması sonbahar ve kış mevsimlerinde $Cr<Cd<Pb<Ni<Sn<Cu<Fe<Zn$ şeklinde iken; ilkbahar mevsiminde $Cd<Ni<Pb<Cr<Cu<Fe<Sn<Zn$ şeklindedir.

Çizelge 4.11. *Parapenaeus longirostris* 'te ağır metallerin mevsimsel dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Metaller	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Cd	0,827±0,249 ^b	0,821±0,556 ^b	0,267±0,047 ^a
Cr	0,370±0,219 ^a	0,562±0,345 ^b	0,944±0,228 ^c
Cu	4,702± 1,584 ^b	5,332± 2,173 ^b	2,575 ±0,537 ^a
Fe	7,776 ±6,003	7,762± 3,079	5,520± 3,180
Ni	1,816± 0,497 ^c	1,239± 0,814 ^b	0,811± 0,419 ^a
Pb	1,269±0,434 ^b	0,834± 0,40 ^a	0,869 ±0,497 ^a
Sn	3,326± 2,467	4,899 ±4,458	5,313± 2,736
Zn	9,148± 2,123 ^a	8,612± 1,891 ^b	6,042± 0,711 ^a

a, b ve c harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p<0,05$), her satır için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

4.1.2.4. *Penaeus kerathurus*'un Ağır Metal Konsantrasyonları

Penaeus kerathurus 'ta mevsimlere göre saptanan ağır metal konsantrasyonlarının önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Kadmiyum, demir ve çinko metalleri için mevsimsel birikim sıralaması ilkbahar<sonbahar<kış; bakır, nikel ve kurşun için ilkbahar<kış<sonbahar; krom ve kalay için sonbahar<kış<ilkbahar şeklindedir. Çizelge 4.12'den de görüldüğü gibi *P. kerathurus* 'ta Cr ve Sn metalleri dışındaki tüm ağır metaller en az ilkbahar mevsiminde birikim göstermiştir.

Elde edilen veriler incelendiğinde sadece nikel birikiminde mevsimler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli ($p>0,05$) bulunurken; kadmiyum, krom, bakır, demir, kurşun, kalay ve çinko birikimlerinin mevsimsel farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Mevsimlere göre tüm metallerin *P. kerathurus* 'ta birikim sıralaması sonbahar mevsiminde Cd<Cr<Pb<Ni<Sn<Fe<Cu<Zn; kış mevsiminde Cd<Cr<Pb<Ni<Cu<Sn<Fe<Zn; ilkbahar mevsiminde Cd<Pb<Ni<Cr<Cu<Fe<Zn<Sn şeklindedir. Her 3 mevsimde en az birikim gösteren metal kadmiyum iken; en fazla birikim gösteren metal ilkbahar mevsiminde kalay, sonbahar ve kış mevsimlerinde ise çinkodur.

Çizelge 4.12. *Panaeus kerathurus*'ta ağır metallerin mevsimsel dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Metaller	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Cd	0,286±0,144 ^a	0,454±0,283 ^b	0,256±0,060 ^a
Cr	0,647±0,365 ^a	0,677±0,438 ^a	1,237±0,313 ^b
Cu	6,217 ±4,257 ^b	3,523±0,802 ^a	2,928±0,506 ^a
Fe	5,819 ±3,750 ^{ab}	7,023± 5,292 ^b	3,127 ±0,933 ^a
Ni	1,402± 1,246	0,831± 0,669	0,699± 0,253
Pb	1,002±0,546 ^b	0,784± 0,571 ^b	0,379 ±0,278 ^a
Sn	5,492± 4,147 ^a	6,256± 3,976 ^{ab}	8,570± 4,297 ^b
Zn	9,967 ±3,094 ^b	10,144± 2,684 ^b	7,968 ±1,056 ^a

a, ve b harfleriyle sembolize edilen ortalamalar istatistiksel olarak farklı olup ($p<0,05$), her satır için farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasında fark vardır ($p<0,05$).

4.1.2.5. *Panaeus semisulcatus*'un Ağır Metal Konsantrasyonları

Panaeus semisulcatus'ta mevsimlere göre saptanan ağır metal konsantrasyonlarının önemlilik testi sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Kadmiyum, bakır, demir, nikel, kalay ve çinko metalleri kış mevsimine göre sonbahar mevsiminde daha fazla birikim göstermiş olup mevsim sıralaması kış<sonbahar şeklindedir. Krom ve çinko metalleri ise sonbahar mevsimine göre kış mevsiminde daha fazla birikim göstermiş olup mevsim sıralaması sonbahar<kış şeklindedir.

Elde edilen veriler incelendiğinde kadmiyum, krom, bakır ve demir metallerinin mevsimler arası birikim farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunurken ($p<0,05$); nikel, kurşun, kalay ve çinko metallerinin mevsimler arası birikim farklılıkları önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Mevsimlere göre tüm metallerin *P. semisulcatus*'ta birikim sıralaması sonbahar mevsiminde Cr<Cd<Pb<Ni<Sn<Cu<Fe<Zn şeklinde iken; kış mevsiminde Cd<Cr<Pb<Ni<Sn<Fe<Cu<Zn şeklindedir. Her 2 mevsim için en fazla birikim gösteren metal çinko olmuştur.

Çizelge 4.13. *Penaeus semisulcatus* 'ta ağır metallerin mevsimsel dağılımı (mg/kg yaş ağırlık)

Metaller	Sonbahar	Kış
Cd	0,557±0,362*	0,096±0,114
Cr	0,335±0,168	0,564±0,420*
Cu	8,54±3,487*	5,860±1,782
Fe	9,786±13,336*	5,404±3,122
Ni	1,968± 1,301*	1,187 ±0,660
Pb	0,803± 0,448	1,035± 0,516*
Sn	5,614± 4,973*	4,574 ±3,560
Zn	11,686 ±5,150*	8,565± 1,640

4.2. Tartışma

Araştırmamızda 5 karides türünün farklı mevsimlerde tespit edilen ağır metal değerlerinde yapılan istatistiki analizlere göre tür ve mevsimler arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur. Farklılık türlerin biyolojik özelliklerinden, yaşam evrelerinden, beslenme şekillerinden ve her birinin aynı metali farklı şekillerde biriktirmesinden kaynaklanabilmektedir.

Yarsan ve ark. (2000), Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus Krynicki*) örneklerinde ağır metal düzeylerini tespit etmek amacıyla dört mevsimi temsil edecek şekilde toplam 120 adet midyeyi analiz ettiler. Analiz edilen bütün midyelerdeki kurşun düzeyleri 1,43±0,81 ppm, kadmiyum düzeyleri 0,09±0,02 ppm, bakır düzeyleri 5,83±0,73 ppm, çinko düzeyleri 15,93±3,26 ppm ve arsenik düzeyleri de 0,06±0,05 ppm olarak tespit edilmiştir. Bizim çalışmamız bu çalışma ile karşılaştırıldığında Pb ve Zn değerleri daha düşük; Cd değeri daha yüksek bulunurken Cu değeri ise paralellik göstermektedir.

Canlı ve ark. (2001), Akdeniz'de üç ayrı istasyondan aldıkları karides (*Peaenus japonicus*) ve sardalya (*Sardina pilchardus*) türlerinin dokularındaki metal yoğunlukları (Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn ve Fe) üzerinde yaptıkları çalışmada kuruma karidesinin kas dokusundaki metal yoğunluklarını (Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn ve Fe) sırasıyla 0,79; 4,64;

19,06; 1,14; 2,72; 21,73 ve 76,93 µg/g kuru ağırlık olarak bulmuşlardır. Cd miktarı bizim çalışmamızla paralellik gösterirken; Cr miktarı bizim elde ettiğimiz sonuçlardan daha düşük bulunmuştur. Çalışılan diğer metal birikimleri ise bizim bulduğumuz sonuçlardan çok daha yüksek bulunmuştur.

Yanar (2003) Doğu Akdeniz’de yaşayan Yeşil Kaplan Karidesi (*Penaeus semisulcatus* de Haan, 1844) ve Benekli Karides (*Metapenaeus monoceros* Fabricus, 1798) üzerine yaptığı çalışmada *P. semisulcatus*’ta mineral madde miktarlarından Fe’in dört mevsim ortalamasını $1,48 \pm 2,94$ (mg/100g kas doku) olarak bulmuştur. Bu değer *A. antennatus*’un ilkbahar mevsimindeki demir seviyesi ile paralellik gösterirken, *P. semisulcatus*’ta sonbahar (9,786 mg/kg) ve kış (5,404 mg/kg) mevsiminde bulduğumuz değerden oldukça düşüktür.

Yazkan ve ark. (2004), Antalya Körfezi’nde yaşayan bazı yumuşakça türlerinde ve karidesin yumuşak dokularında Cu, Zn, Pb ve Cd birikimini araştırmışlardır. Karideste Cu miktarını 4,24-7,40 mg/kg, Zn miktarını 11,73-14,27 mg/kg, Cd miktarını karideste 0,26-0,28 mg/kg olarak bulurken, Pb miktarını tespit edememişlerdir. Pb dışında diğer metallerin sonuçları, çalışmamız sonucunda bulduğumuz değerlerle örtüşmektedir.

Çoğun ve ark. (2005), İskenderun Körfezi’nin Yumurtalık sahilinden aldıkları karides (*Penaeus semisulcatus*) üzerinde ağır metallerin (Pb, Cd, Cu, Zn ve Fe) mevsimsel değişimleri ile dokulardaki dağılımını belirlemişlerdir. İncelenen ağır metallerin karidesin kas dokusundaki miktarları aynı sırayla 15,4-28,6; 2,7-5,0; 27,9-41,9; 50,1-63,1 ve 8,7-16,9 µg/g olarak bulunmuştur. Tüm metal değerleri bu çalışmada elde edilen değerlere göre çok yüksek bulunmuştur.

İskenderun Körfezi’nden avlanan karides (*Penaeus semisulcatus*) ve yengeç (*Charybdis longicollis*) dokularındaki Cr, Cd, Cu, Zn ve Fe konsantrasyonlarının araştırıldığı çalışmada *P. semisulcatus*’un kas dokusunda bulunan metal seviyeleri Cd $16,72 \pm 5,71$; Cu $34,24 \pm 11,99$; Zn $27,75 \pm 5,36$; Fe $18,69 \pm 5,72$; Cr $60,38 \pm 23,33$ µg/g olarak bulunmuştur. Her 2 türde de en yüksek metal konsantrasyonlarına yaz mevsiminde rastlanmıştır (Fırat ve ark., 2008). Çalışmamızdaki sonuçlar Fırat ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre çok daha düşük bulunurken, en yüksek değerler sonbahar ve kış mevsimlerinde elde edilmiştir.

Yılmaz ve Yılmaz (2007), İskenderun Körfezi'nden elde ettikleri hem erkek hem dişi kaplan karides (*Penaeus semisulcatus*)'in kas, solungaç, hepatopankreas ve gonad dokularındaki yüksek metal yoğunluklarının mevsimsel değişiklikleri üzerinde çalışmışlar. Bu çalışma sonucunda Ag yoğunluğunun 1,2-12,5 µg/g; Cr'un 2,2-78,2 µg/g; Ni'in 0,6-33,8 µg/g; Pb'in 0,1- 2,6 µg/g; Cu'nun 17,2-114 µg/g; Fe'in 5,9-291 µg/g ve Zn'nun 4,3-284 µg/g arasında yer aldığı kaydedilmiştir. Alt sınırdaki metal konsantrasyonları bu çalışma ile paralellik gösterirken, üst sınırdaki değerler bizim çalışmamıza göre çok daha yüksek bulunmuştur.

Dural ve ark. (2010), İskenderun Köfrezii'nden avladıkları *Pagellus erythrinus* (Sparidae) ve konakçısı *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda)'da bazı ağır metallerin mevsimsel birikimini incelemişlerdir. *P. erythrinus*'un kas dokusundaki maksimum metal konsantrasyonları Cd 0,303 mg/kg yaz mevsiminde; Cr 1,020 mg/kg, Cu 2,142 mg/kg ve Fe 10,71 mg/kg ilkbahar mevsiminde; Pb 7,117 mg/kg kış mevsiminde ve Zn 16,90 mg/kg sonbahar mevsiminde bulmuşlardır. Çalışmamız ile kıyaslandığında Cd, Cr ve Cu üst değerleri bizim bulgularımıza göre daha düşük; Fe, Pb ve Zn üst değerleri bizim bulgularımıza göre daha yüksek çıkmıştır. Cr birikimini en yüksek ilkbahar mevsiminde bulurken; diğer metallerin en yüksek seviyelerine sonbahar mevsiminde rastlanmıştır.

Ersoy ve Çelik (2010), İskenderun Körfezi'nden avlanan 6 demersal balık türünün (*Sparus aurata*, *Chelidonichthys lucernus*, *Upeneus molluccensis*, *Solea solea*, *Merluccius merluccius* ve *Saurida undosquamis*) kas ve karaciğer dokularındaki iz elementler ve toksik elementlerin (Pb, Cd) mevsimsel değişikliklerini araştırdıkları çalışmada elementlerin kas dokuda karaciğere oranla daha düşük birikim gösterdiğini bildirmişlerdir. Kas dokudaki iz elementler ve kirleticiler en yüksek ilkbahar ve kış mevsiminde bulunmuştur. Cu ve Ni konsantrasyonlarına en yüksek kış mevsiminde rastlanılırken; Zn, Cr ve Fe konsantrasyonlarına ilkbaharda rastlanmıştır. Balık türlerinin kas dokusundaki maksimum metal birikimleri Pb için 0,58 mg/kg (yaş ağırlık) ile sonbaharda; Cd için 0,20 mg/kg (yaş ağırlık) ile kış mevsiminde bulunmuştur. Aynı bölgede yaptığımız bu çalışmada karides türlerinin kas dokusundaki maksimum Pb (1,269 mg/kg) ve Cd (0,827 mg/kg) değerleri daha yüksek bulunmuştur. Cr'un en yüksek ilkbahar ve Pb'un en yüksek sonbahar mevsiminde bulunması çalışmamızla

uyum göstermiştir. Bizim çalışmamızda Cd, Cu, Fe, Ni ve Zn' nin en yüksek değerleri sonbaharda tespit edilmiştir.

İskenderun Körfezi'nden avlanan *P. longirostris* 'te demir birikimi 7,776 mg/kg ile en yüksek sonbaharda; 5,520 mg/kg ile en düşük ilkbaharda tespit edilmiş ve mevsimler arası fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kayhan ve ark. (2010), İzmit Körfezi'nden avladıkları *P. longirostris* 'te demir birikimini en düşük sonbaharda gözlemiş olup diğer mevsimlere ait veriler arasında farklılık olmadığını bildirmişlerdir.

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'na göre (Çizelge 1.2) kabuklularda tolere edilebilir Cd, Pb, Cu ve Zn değerleri sırasıyla 1;2; 20; 50 ppm olarak bildirilmiştir. Çalışmamız sonucunda elde edilen maksimum Cd, Pb, Cu ve Zn değerleri ise sırasıyla 0,827; 1,269; 8,540 ve 11,668 mg/kg olarak bulunmuş ve Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın getirdiği standartlara göre düşük saptanmıştır.

Görüldüğü gibi sonuçlar oldukça değişkenlik göstermektedir. Farklı karides türlerinin dokularındaki ağır metal konsantrasyonu birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler, karideslerin yakalandığı bölgenin durumu, beslenmeleri, karideslerin türü, büyüklüğü, yaşı, cinsiyeti, suyun fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Literatür verileri ile mevcut çalışma arasındaki farklılıkların da bu sebeplerden olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İskenderun Körfezi'nden mevsimsel olarak avlanan karides türlerinin kas dokularındaki ağır metal birikim düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Karides türlerinin ağır metal içeriği türlerin farklı derinliklerde yaşamasına, beslenme şekillerine ve avlama mevsimine bağlı olarak değişim göstermiştir.

Araştırılan ağır metallere Cr, *M. monoceros*, *P. longirostris* ve *P. kerathurus*'ta ilkbahar>kış>sonbahar; *P. semisulatus*'ta sonbahar>kış şeklinde tespit edilmiş olup en yüksek Cr birikimi *P. semisulcatus*'ta gözlenmiştir.

Ni birikiminin mevsim sıralaması *M. monoceros*, *P. longirostris* ve *P. kerathurus*'ta sonbahar>kış>ilkbahar; *P. semisulcatus*'ta sonbahar>kış şeklinde olup en fazla nikel birikimi *P. semisulcatus*'ta görülmüştür. En az nikel birikimi ise *M. monoceros*'ta tespit edilmiştir.

Cu birikiminin mevsim sıralaması *M. monoceros* ve *P. kerathurus* için sonbahar>kış>ilkbahar şeklinde iken; *P. longirostris*'te kış>sonbahar>ilkbahar şeklindedir. Türler arasında en fazla Cu biriktiren *P. semisulcatus* iken en az biriktiren *A. antennatus*'tur.

Cd ve Fe birikimlerinin mevsim sıralaması *P. longirostris*'te sonbahar>kış>ilkbahar; *P. kerathurus*'ta kış>sonbahar>ilkbahar şeklindedir. Fe, en fazla *P. semisulcatus*'ta birikirken Cd aynı türde en az biriken metal olmuştur. Türler arasında Fe birikimi en az *A. antennatus*'ta ilkbahar mevsiminde olmuştur.

Pb'un mevsim sıralaması *M. monoceros*'ta ilkbahar>kış>sonbahar; *P. longirostris*'te sonbahar>ilkbahar>kış; *P. kerathurus*'ta sonbahar>kış>ilkbahar şeklinde olup, türler arası Pb birikimi en fazla *P. longirostris*'te, en az *P. kerathurus*'ta olmuştur.

Çalışılan ağır metaller arasında en yüksek oranlarda bulunan metal Zn olup *M. monoceros* ve *P. kerathurus* için mevsim sıralaması kış>sonbahar>ilkbahar iken *P. longirostris* için sonbahar>kış>ilkbahardır. Türler arasında en fazla Zn değeri *P. semisulcatus*'ta, en az *A. antennatus*'ta bulunmuştur.

Sn birikiminin mevsim sıralaması *M. monoceros*'ta sonbahar>ilkbahar>kış; *P. longirostris* ve *P. kerathurus*'ta ilkbahar>kış>sonbahar şeklindedir. *P. semisulatus*'ta ise sonbahar>kış şeklindedir. Kalay en fazla *P. kerathurus* türünde görülürken en az *P. longirostris*'te bulunmuştur.

Çalıştığımız türlerde mevsim farkı gözetmeksizin maksimum ağır metal birikimlerinin büyüklük sıralaması;

<i>Aristeus antennatus</i>	Sn> Zn> Cu> Fe> Pb> Ni> Cr> Cd
<i>Metapenaeus monoceros</i>	Zn> Fe> Sn> Cu> Cr> Pb> Ni> Cd
<i>Parapenaeus longirostris</i>	Zn> Fe> Cu> Sn> Ni> Pb> Cr> Cd
<i>Penaeus kerathurus</i>	Zn> Sn> Fe> Cu> Ni> Cr> Pb> Cd
<i>Penaeus semisulcatus</i>	Zn> Fe> Cu> Sn> Ni> Pb> Cd> Cr

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, genel olarak en yüksek ağır metal birikimlerine sonbahar ve kış mevsimlerinde rastlandığı görülmüştür. Bunun sebebinin İskenderun Körfezi'nde faaliyet gösteren demir-çelik sanayinin çevreye, özellikle toprağa karışan ağır metal atıklarının yağışlar ile çözülüp deniz ortamlarına ulaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

İskenderun Körfezi'ndeki karides türlerinin ağır metal içeriklerine dair yeterli çalışma bulunmamaktadır. Mevcut çalışmalar bazı türlerle sınırlı kalmış ve mevsimsel değişimler incelenmemiştir. Bu nedenle bu çalışma, avlanma sezonu boyunca körfezde en çok avlanan, yurtiçi ihracatta önem taşıyan ve ekonomik öneme sahip karides türlerinin ağır metal içeriklerinin belirlenmesi açısından önemli yer teşkil etmektedir. Gerek kabuklu türler gerekse balık türlerindeki ağır metal miktarlarının tespit edilmesi besin kaynağı olarak tüketilen bu ürünlerin insan sağlığı açısından risk teşkil edip etmediğini anlamak açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışma sonucunda endüstriyel olarak yoğun bir şekilde aktif olan İskenderun Körfezi'nden yakalanan karides türlerinin kas dokularındaki ağır metal birikimlerinin Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın (kabuklularda Cd, Cu, Pb, Zn için) belirlediği standartların altında kalması nedeniyle insan tüketimi için herhangi bir sağlık tehlikesi oluşturmadığı tespit edilmiş ve bütün bu bilgiler ışığında avlanma bölgesindeki karides türlerinin rahatlıkla tüketilebileceği ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

- Ada, D. A., 2004. Gümüş cevherlerinde ve gümüş endüstrisi atıklarında ICP-OES spektrometresi ile nadir toprak elementlerinin tayini. **Yüksek lisans tezi**, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı 84.
- Aközcan, S., 2009. Didim ve İzmir Körfezi sediment, deniz suyu ve farklı deniz organizmalarında bazı radyonüklid ve ağır metal düzeylerinin izlenmesi. Ege Üniv., Fen Bil. Ens., Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, **Doktora Tezi**, 306.
- Altındağ, A. ve Yiğit, S., 2005. Assesment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey. **Chemosphere**, 60: 552-556.
- Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, S.M. and Al-Ghais, M.S., 2000, Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex. **The Science of the Total Environment**, 256: 87-94.
- Anonim, 1984. **Türk Standartları Hayvansal Su Ürünleri Kabuklular, Tanımlar, Crustaceans Definitaion**. Türk Standartları Enstitüsü,. TS 4226/Nisan 1984 UDK 639,5, Ankara.
- Anonim, 2002. **Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği**. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara 63-78 s.
- Anonim, 2008. <http://www.madenler.info/kalay-kullanim-alanlari/>
- Anonim, 2010. http://www.akvaryum.com/agir_metaller_zararlari
- Anonim, 2011. tr.wikipedia.org/wiki/İskenderun_Körfezi
- Anonymous, 2005 <http://www.ttb.org.tr/bergama/5.html>
- Artüz, L., 2005. Türkiye denizlerinde bulunan karides türleri üzerine etüt. **Zoo-Natantia Publications Scientifiques**. www.artuz.com/Artuz/LeventDeniz/Levent/PDF/
- Atay, D., 1992. Su ürünlerinde kirlenme ve insan sağlığına olası zararlı etkileri. **Tarım ve Mühendislik**, 43: 51-55.
- Atsdr, 2003. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>.
- Avşar, D., 1999. Yeni bir Skifomedüz (*Rhopilema nomadica*)'ün dağılımı ile ilgili olarak Doğu Akdeniz'in fiziko-kimyasal özellikleri. **Turk. J. Zool.**, 23(2): 605-616.
- Aydın, E. M. ve Yıldız, S., 2004 Konya Ana tahliye kanalında ağır metal kirliliğinin ICP- AES tekniği ile incelenmesi, **I. Ulusal Çevre Kongresi**, 259-265.
- Besada, V., Fumega, J., Vaamonde, A., 2002. Temporal trends of Cd, Cu, Hg, Pb and Zn in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Spanish North-Atlantic coast 1991-1999. **The Science of the Total Environment**, 288: 239-253.
- Blasko, J., Arias, A.M. and Sáenz, V., 2002. Heavy metal concentrations in Squilla mantis (L.) (Crustacea, Stomatopoda) from the Gulf of Cádiz evaluation of the impact of the Aznalcollar mining spill. **Environmental International**, 28: 111-116.
- Bryan, G.W., 1976. Some Aspects of Heavy Metal Tolerance in Aquatic Organisms (A.P.M. Lockwood, Editör). **Effects of Pollutants on Aquatic Organisms**, Cambridge University Press, 7-34, London.
- Canlı, M. ve Atlı, G., 2003. The Relationship Between Heavy Metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) Levels and Size of Six Mediterranean Fish Species. **Environmental Pollution**, 121: 129-136.

- Canlı, M., Kalay, M. and Ay, Ö., 2001. Metal (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Cr, Ni) concentrations in tissues of a fish *Sardine pilchardus* and a prawn *Peaenus japonicus* from three stations at the Mediterranean Sea. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 67(1):75-82.
- Catsiki, V. A., Florou, H., 2005, Study on the behavior of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and ¹³⁷Cs in an estuarine ecosystem using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece. **Journal of Environmental Radioactivity**, 86 (1): 31-44.
- Chattopadhyay, B., Chatterjee, A., Mukhopadhyay, S.K., 2002. Bioaccumulation of metals in the East Calcutta wetland ecosystem. Aquatic Ecosyst. **Health Manage**, 5: 191-203
- Chindah, A. C., Braide, A. S., Sibeudu, O. C., 2004. Distribution of Hydrocarbons and Heavy Metals in Sediment and a Crustacean (Shrimps-Penaeus notialis) from the Bony/New Calabar River Estuary, Niger Delta. **Ajeam-Ragee**. 9: 1-17.
- Cicik, B., 2003, Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus Carpio L.*)'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi üzerine etkileri, **Çevre ve Ekoloji Dergisi**, 12, 48, 32-36.
- Clark, R. B., 1992. **Marine Pollution**. Third edition. Clarendon Press. 64-82. Oxford.
- Çetinbaş, A., 2003, İzmit Körfezi'nde avlanan İstavrit (*Trachurus trachurus L.*, 1758 balıklarının dokularında Cu ve Zn birikiminin incelenmesi, **Yüksek lisans tezi**, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 67.
- Çoğun, H., Yüzereroğlu, T.A., Kargın, F. and Fırat, Ö., 2005. Seasonal variation and tissue distribution of heavy metals in shrimp and fish species from the Yumartalık coast of İskenderun Gulf, Mediterranean. **Bull. Environ. Contam. Toxicol**, 75: 707-715.
- Dalman, Ö., Demirak, A. ve Balcı A., 2006, Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry, **Food Chemistry**, 95: 157-162.
- Dean, J.G., Bosqui, F.L. and Lanouette, V.H., 1972. Removing Heavy Metals From Waste Water. **Environ. Sci. Technol.**, 6: 518-522.
- Dodoo, D.K., Tabbicca, S.A. and Aryee-Sackey, P., 1998. Trace metals in fish and crustaceans-Identifying heavier polluted areas in the Ghanaian continental shelf. **Chemistry and Ecology**, 14-15 (1-4): 405-415.
- Doublet, P.E.T., 1989. Metabolic Rate and Uptake and Loss of Cadmium from Food by the Fish *Noemacheilus barbatulus*. **Environmental Pollution**, 59: 177-202.
- Drava, G., Capelli, R., Minganti, V., Pellegrini, R., Relini, L. O., Ivaldi, M. 2004. Trace elements in the muscle of red shrimp *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) (Crustacea, Decapoda) from Ligurian sea (NW Mediterranean): variations related to the reproductive cycle. **Science of the Total Environment** 321 (1-3): 87-92.
- Dural, M. ve Bıçkıcı E., 2010. Distribution of Trace Elements in the Tissues of *Upeneus pori* and *Upeneus molucensis* from the Eastern Cost of Mediterranean, İskenderun Bay, Turkey. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, 9(9): 1380-0383. .
- Dural, M., Genç, E., Yemencioğlu, S. ve Sangün, M.K., 2010. Accumulation of Some Heavy Metals Seasonally in *Hysterotylacium aduncum* (Nematoda) and Its

- Host Red Sea Bream, *Pagellus erythrinus* (Sparidae) from Gulf of Iskenderun (North-Eastern Mediterranean). **Bull Environ Contam. Toxicol.**, 84:125–131.
- Egemen, Ö., Sunlu, U., 2003. **Su Kalitesi**. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları 14, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Egemen, Ö., 2000, **Çevre ve Su Kirliliği**. Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fak., Yayın No:42.
- Erdem, C., 1990. Cadmium Accumulation in Liver, Spleen, Gill and Muscle Tissues of *Tilapia nilotica*. **Biyokimya Dergisi**, 15(3): 13–22.
- Ersoy, B. and Çelik, M., 2009. Essential elements and contaminants in tissues of commercial pelagic fish from the Eastern Mediterranean Sea. **Society of Chemical Industry Food Agric** 89: 1615-1621.
- Ersoy, B. and Çelik, M., 2010. The essential and toxic elements in tissues of six commercial demersal fish from Eastern Mediterranean Sea. **Food and Chemical Toxicology**, 48: 1377- 1382.
- FAO, 1980. Species Catalogue- Shrimps and Prawns of The World An Annotated Catalogue of Species of Interest to Fisheries.L.B. Holthuis. FAO **Fisheries Synopsis** No.125, Volume 1.
- FAO, 2011. <http://www.fao.org/fishery/species>
- FAO, AdriMed, 2011.<http://www.faoadriamed.org>
- Fırat, Ö., Gök, G., Coğun, H.Y., Yüzereroğlu, T.A., Kargın, F., 2008. Concentrations of Cr, Cd, Cu, Zn and Fe in crab *Charybdis longicollis* and shrimp *Penaeus semisulcatus* from the Iskenderun Bay. **Turkey Environ Monit Assess.**, 147:117 – 123.
- Güray, Ç., 1999, Çeşitli gıda maddelerinde ağır metallerin incelenmesi, **Yüksek lisans tezi**, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 42.
- Güven, A., Gülmez, M., 2006, Fonksiyonel gıdalar ve sağlıkla ilişkisi. **Kafkas Üni. Vet Fak. Derg.**, 12 (1): 91-96.
- Hazer, B., 1992. **Genel Kimya**. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basım evi. Genel Yayın No: 149, Fakülte Yayın No: 44, 497, Trabzon.
- İlhan, A. İ., Dündar, C., Öz, N. ve Kılınç, H., 2006. <http://www.meteor.gov.tr/arastirma/files/webhaker.pdf>.
- Järup, L., 2003. Hazards of Heavy Metal Contamination. **British Medical Bulletin**, 68: 167-182.
- Jenkins, K.S., 1989. Effect of Copper Leadindof Prenuminant Calves or Intracellular Disirubition of Hepatic Copper, Zinc, Iron and Molybdenum. **Journal Dairy of Science**, 72: 2346-2350.
- Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., 2002. **Metallerin çevresel etkileri-1**, İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,1-10s, İstanbul.
- Kalay, M. ve Canlı, M., 2000. Elimination of essential (Cu, Zn) and nonessential(Cd, Pb) metals from tissue of a freshwater fish *Tilapia zilli*.**Turkish J. Zool**, 24:429-436.
- Kalay, M. ve Karataş, S., 1999. Kadmiyumun *Tilapia nilotica* (L.)’da kas, beyin ve kemik (omurga kemiği) dokularındaki birikimi. **Türk Zooloji Dergisi**, 23 (3): 985-991
- Karadede, H., Ünlü, E., 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphretes), Turkey. **Chemosphere** 41: 1371-1376.

- Karadede, H., 1997. Atatürk Baraj Gölü'nde su, sediment ve balık türlerinde ağır metal birikiminin araştırılması. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, **Yüksek lisans tezi**, 72.
- Kargın, F. and Erdem, C., 1991, Accumulation of copper in liver, spleen, stomach, intestine, gill and muscle of *Cyprinus carpio*. **J. of Zoology**, 15: 306-314 p.
- Kargın, F., Dönmez, A. and Çoğun, H.Y., 2001. Distribution of heavy metals in different tissues of the shrimp *Penaeus semisulcatus* and *Metapenaeus monoceris* from the iskenderun Gulf, Turkey: Seasonal Variations. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.**, 66: 102-109.
- Katalay, S., Parlak, H., 2004. The effects of cadmium on erythrocyte structure of Black goby (*Gobius niger* L.1758). **Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi**, 21: 99-102.
- Kaya, S., Pirinçci, I., Bilgili, A., 2002. **Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji**. Medisan Yayınevi, 212-221, 224-233, 235-239, Ankara.
- Kayhan, F.E., Balkıs, N., Aksu, A., 2006. Çevre Koruma. **Ekoloji Dergisi** 15(61): 1-5.
- Kayhan, F.E., Koç, N.D., Muşlu, M.N., Çolak, S. 2010. İzmit Körfezi'nden avlanan Derin Su Pembe Karidesi'nin (*Parapenaeus longirostris* Lucas, 1846) biyokimyasal kompozisyonu ve mineral içeriklerinin belirlenmesi. **Kafkas Üni., Vet. Fak. Derg.**, 16: 189-196.
- Köse, E., 2007, Enne Barajında Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Dumlupınar Üni., Fen Bil. Ens., **Yüksek lisans tezi**, 52.
- Kris- Etherton P.M., Haris W.S., Apel L.J., 2001. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. **Circulation**, 106: 2747-2757.
- Küçükgülmez, A., 2005. Akyatan (Karataş/Adana) Lagünü'nden avlanan pastörize edilmiş mavi yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) etinin ağır metal ve mineral madde içerikleri. Çukurova Üni., Fen Bil. Ens., **Yüksek lisans tezi** 68.
- Lall, S.P., 1995. Macro and Trace Elements in Fish and shellfish. (A.Ruiter, Editor). In: **Fish and Fishery Products, Composition, Nutritive Properties and Stability**, 187-1213. CAB International, UK.
- Liang, L.N., He, B., Jiang, G.B., Chen, D.Y. and Yao, Z.W., 2004. Evaluation of Mollusks as Biomonitors to Investigate Heavy Metal Contaminations along the Chinese Bohai Sea. **Science of the Total Environment**, 324: 105–113.
- Licata, P., Trombetta, D., Cristani, M., Martino, D. and Naccari, F., 2004. Organochlorine Compounds and Heavy Metals in the Soft Tissue of the Mussel *Mytilus galloprovincialis* Collected from Lake Faro (Sicily, Italy). **Environmental International**, 30: 805 – 810.
- Lyod, R., 1992. **Pollution and Freshwater Fish**. Oxford University Press, ISBN 0-85238-1875.
- Marangoz, İ., 2009 Tekirdağ il'i sahillerinde avlanan su ürünlerinin ağır metal içeriklerinin belirlenmesi. Namık Kemal Üni., Fen Bil. Ens., **Yüksek lisans tezi**, 55.
- Mariño-Balsa, J. C., Poza, E., Vázquez, E., Beiras, R., 2000. Comparative toxicity of dissolved metals to early larval stages of *Palaemon serratus*, *Maja squinado*, and *Homarus gammarus* (Crustacea: Decapoda). **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, 39: 345-351.
- Merlini, M., 1971. **Heavy metal contamination in impingement of Man on the Oceans**. London and Newyork, 461 -468.

- Metian, M., Hédouin, L., Eltayeb, M., Lacoue-Labarthe, T., Teyssié, J. L., Mugnier, C., Bustamante, P., Warnau, M. 2010. Metal and metalloid bioaccumulation in the Pacific blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson) from New Caledonia: Laboratory and field studies. **Marine Pollution Bulletin** 61: 576-584.
- Miao, X.S., Woodward, L.A., Swenson, C. and LI, Q.X., 2001. Comparative concentrations of metals in marine species from French Frigate shoals, North Pacific Ocean. **Marine Pollution Bulletin**, 42(11): 1049–1054.
- Morales-Hernández, F, M., Soto-Jiménez, M, F., Páez-Osuna, F., 2004. Heavy Metals in Sediments and Lobster (*Panulirus gracilis*) from the Discharge Area of the Submarine Sewage Outfall in Mazatlan Bay (Gulf of California). **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 46: 485-491.
- Nesheim M.C., Yaktine A. L., 2007. **Seafood Choices: Balancing Benefits and Risks**. Institute of Medicine of the National Academy of Sciences. The National Academic Press, 722, Washington, USA.
- Nicholson S. and Szefer, P., 2003. Accumulation of Metals in the Soft Tissues, Byssus and Shell of the Mytilid Mussel *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) from Polluted and Uncontaminated Locations in Hong Kong Coastal Waters. **Baseline/Marine Pollution Bulletin**, 46: 1035–1048.
- Oehlenschlöger, J., 2000. Identifying Heavy Metals in Fish (H.A. Bremner, Editör). **Safety and Quality Issues in Fish Processing**. Woodhead Publishing Limited. 95-108. Cambridge, England.
- Ong Che, R.G.O. and Cheung, S.G., 1998. Heavy metals in *Metapenaeus ensis*, *Eriocheir sinensis* and sediment from the Mai Po marshes, Hong Kong. **The Science of the Total Environment**, 214: 87-97.
- Özdemir, O., 2005, Görünmeyen tehlike: Asit yağmurları, **Sağlık ve Toplum**, 1, 3-11 s.
- Özdilek, H.G., 2002. Distribution and Transport of Copper and Lead in the Blackstone River, Massachusetts, Worcester Polytechnic Institute. **PhD Thesis**, s.242, USA.
- Park, J. and Presley, B.J., 1997. Trace metal contamination of sediments and organisms from the Swan Lake area of Galveston Bay. **Environ. Pollut.**, 98(2): 209-221.
- Polat, S., Olgunoğlu, M.P., Aka, A. ve Koray, T., 2006. Kuzeydoğu Akdeniz Kıyısı Sularında (İskenderun Körfezi) dağılım gösteren potansiyel zararlı fitoplankton türleri. **E.Ü. Su Ürünleri Dergisi**, 23 (1-2): 169–172.
- Radjaei, A., 2006. Kuzey Marmara Denizi'ndeki Karagöz İstavrit Balığında (*Trachurus trachurus* L., 1758) bazı ağır metal birikimleri. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., **Yüksek lisans tezi**, 81.
- Sağiroğlu, B., 2009. İskenderun Körfezi'nden avlanan lagos (*Epinephelus aeneus*) dokularında ağır metal birikim düzeylerinin belirlenmesi. MKÜ Fen Bilimleri Ens., **Yüksek lisans tezi**, 39.
- Sriket, P., Benjakul, S., Visessanguan, W., Kijroongrojana, K., 2007. Comparative studies on chemical composition and thermal properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. **Food Chemistry**, 103: 1199-1207.
- Şanlı, Y. ve Kaya, S., 1995. **Veteriner Klinik Toksikolojisi**. 2. Baskı MedisanYayınevi, 95, Ankara.
- Topçuoğlu, S., 2005, **Denizlerin Radyoaktif Kirliliği (VI. Bölüm)**, **Deniz Kirliliği**. Tüдав Yayınları, 512s, İstanbul.

- Toscalı, E. ve Eren, M.H., 2004. Mikrodalga, Uv ve Hot Plate ile bozundurulmuş sirke örneklerinde kadmiyum, kurşun ve bakır içeriğinin potansiyometrik sıyırma analizi ile incelenmesi. **Ege Üniversitesi**, 1-21, İzmir.
- Tuncay, Y., 2007. Kovada Gölü'nde yaşayan ıstakozlarda (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) ağır metal birikiminin incelenmesi. Süleyman Demirel Üni., Fen Bil., Enst., Biyoloji Anabilim Dalı, **Yüksek lisans tezi**, 41.
- Tübitak, 2005. **Kara kökenli kirleticilere ilişkin ulusal eylem planı**, Revizyon:02-Türkiye, Tübitak MAMKÇE, 120 s.
- Türkmen, A., 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesi'nde (*Spondylus spinosus* Schreibers, 1793) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, **Doktora Tezi**, Erzurum, s 152.
- Ugolını, A., Borghini, F., Calosi, P., Bazzicalupo, M., Chelazzi, G. And Focardı, S., 2004. Mediterranean *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda) as a biomonitor of heavy metals contamination. **Marine Pollution Bulletin**, 48: 526–532.
- Ünlü, E., Cengiz, İ. E., Akba, O. ve Gümgüm, B., 1995, Dicle Nehrin'deki *Capoeta trutta* Heckel, 1843'da ağır metal birikimi, **II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildirileri**, 639- 649 s.
- Vural, N., 2005. **Toksikoloji**. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 504, 508-509.
- WHO, 1995. Food based dietary guidelines in the World Health Organization European Region. 17.08.2009. Report EUR/03/5045414 <http://www.who.org>
- Wu, X. and Yang, Y., 2011. Heavy metal (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn and Zn) concentrations in harvest-size white shrimp *Litopenaeus vannamei* tissues from aquaculture and wild source. **Journal of Food Composition and Analysis**, 24(1): 62-65.
- Yanar, Y.,2003 Doğu Akdeniz'de yaşayan Yeşil Kaplan Karidesi (*Penaeus semisulcatus* De Haan, 1844) ve Benekli Karides (*Metapenaeus monoceros* Fabricus, 1789) 'in yağ asidi, aminoasit, mineral madde ve karotenoyit içeriklerinin mevsime bağlı değişimleri. Çukurova Üni. Fen Bil., Enst., Su Ürünleri Anabilim Dalı, **Doktora tezi**, 86s.
- Yaramaz, Ö., 1992. **Su Kalitesi**. Ege Üniversitesi Basım Evi, Bornova, Ders Kitabı, 105s, İzmir.
- Yarsan. E, Bilgili,A., Türel, İ.,, 2000 Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus krynicki*) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri **Türk. J. Vet. Anim. Sci** 24: 93–96.
- Yazkan, M., Özdemir, F. ve Gölükçü, M., 2002. Antalya Körfezi'nde avlanan bazı balık türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. **Türk J. Vet. Anim. Sci.**, 26: 1309-1313.
- Yazkan, M., Özdemir, F., Gölükçü, M., 2004. Antalya Körfezinde avlanan bazı yumuşakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. **Türk. J. Vet. Anim. Sci.** 28: 95-100.
- Yılmaz, A.,B and Yılmaz, L., 2007. Influences of sex and seasons on levels of heavy metals in tissues of green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus* de Hann, 1844). **Food Chemistry**, 101: 1664-1669.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince her konuda bana yardım eden, yol gösteren, tecrübesinden yararlandığım ve desteğini esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Beyza ERSOY'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında değerli görüş, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen hocalarım sayın Doç. Dr. Zehra GÜLER, Doç. Dr. Yahya Kemal AVŞAR ve Yrd. Doç. Okan EŞTÜRK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Materyal toplama ve tür tayini konusunda özveriyle yardımda bulunan Tarım İl Müdürlüğü Su Ürünleri Mühendisi sayın Ufuk SAKALLI'ya, analizlerimi yaptığım sırada her türlü desteklerini gördüğüm MKÜFAM çalışanlarına, laboratuvar çalışmalarımda büyük bir titizlikle çalışan ve hep yanımda olan Ziraat Mühendisi Kemal ERTEKİN'e, Mustafa Kemal Üniversitesi Biyoloji Bölümü öğrencisi Sebahat SÜRÜK'e ve hesaplamalar konusunda yardımını aldığım Kimya Öğretmeni Hakan ÖZGÜR'e çok teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, çalışmamın başından sonuna kadar maddi manevi her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen başta annem Fatma KAYMACI ve babam Necat KAYMACI olmak üzere, anlayış ve desteklerinden ötürü çok sevdiğim kardeşlerime, tüm aileme sonsuz minnetlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

11.07.1987 yılında Mersin' de doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Mersin'de tamamladım. 2005 yılında girdiğim Mustafa Kemal Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden 2009 yılında mezun oldum. Aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladım.

