

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Aygül KÜÇÜKGÜLMEZ**

**AKYATAN (KARATAŞ/ADANA) LAGÜNÜ'NDEN AVLANAN PASTÖRİZE  
EDİLMİŞ MAVİ YENGEÇ (*Callinectes sapidus*, RATHBUN, 1896) ETİNİN  
AĞIR METAL VE MİNERAL MADDE İÇERİKLERİ**

**SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2005**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKYATAN (KARATAŞ/ADANA) LAGÜNÜ'NDEN AVLANAN PASTÖRİZE  
EDİLMİŞ MAVİ YENGEÇ (*Callinectes sapidus*, RATHBUN, 1896) ETİNİN  
AĞIR METAL VE MİNERAL MADDE İÇERİKLERİ**

**Aygül KÜÇÜKGÜLMEZ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez 05/08/2005 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle  
Kabul Edilmiştir.**

İmza.....

Doç. Dr. Mehmet ÇELİK  
DANIŞMAN

İmza.....

Doç. Dr. Nuri BAŞUSTA  
ÜYE

İmza.....

Yrd. Doç. Dr. Bahar TOKUR  
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Su ürünleri Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No:**

**Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ**

Enstitü Müdürü

İmza ve Mühür

**Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi  
Tarafından Desteklenmiştir.**

**Proje No: SÜF2003YL10**

**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.

## ÖZ

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AKYATAN (KARATAŞ/ADANA) LAGÜNÜ'NDEN AVLANAN PASTÖRİZE EDİLMİŞ MAVİ YENGEÇ (*Callinectes sapidus*, RATHBUN, 1896) ETİNİN AĞIR METAL VE MİNERAL MADDE İÇERİKLERİ**

**Aygül KÜÇÜKGÜLMEZ**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**Danışman:** Doç. Dr. Mehmet ÇELİK

**Yıl:** 2005, **Sayfa:** 70

**Jüri:** Doç. Dr. Mehmet ÇELİK

Doç. Dr. Nuri BAŞUSTA

Yrd. Doç. Dr. Bahar TOKUR

Bu çalışmada, Kuzey Doğu Akdeniz Bölgesindeki Akyatan dalyanından bol miktarda avlanarak yurt dışına ihracatı yapılan ve iç pazara sunulan pastörize edilmiş mavi yengecin (*Callinectes sapidus*, RATHBUN, 1896) yenilebilir farklı dokularındaki (kıskaç eti, göğüs eti ve hepatopankreas) ağır metal konsantrasyonları ve mineral madde içerikleri incelenmiştir. Ağır metal ve mineral madde miktarları, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile ölçülmüştür. Mavi yengecin ağır metal miktarları dokulara bağlı olarak değişim göstermiştir ( $p<0,05$ ). Ağır metaller tüm dokularda bulunma miktarına göre sırasıyla; çinko, bakır, demir, kurşun, kadmiyum ve civadır. Araştırma sonucunda, dokularda bulunan ağır metallerin T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın ve FAO'nun yönetmeliğindeki maksimum sınırların (tüketilebilirlik sınırları) altında olduğu belirlenmiştir. Dokular arasında tüm mineral maddeler  $p<0,05$  düzeyinde farklı bulunmuştur. Yapılan mineral madde analizi sonucunda, tüm dokularda en fazla miktarda sodyuma rastlanmıştır. Mevcut çalışma ile mavi yengecin, Amerikan Ulusal Gıda Birliği'nin insanlar için tavsiye ettiği mineral madde bakımından gereklilik kriterlerine göre iyi durumda olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kuzey Doğu Akdeniz, *C. sapidus*, mavi yengeç, ağır metal, mineral madde

## ABSTRACT

### MSc THESIS

<p><b>CONTENTS OF HEAVY METAL AND MINERAL MATTER OF THE PASTEURIZED BLUE CRAB MEAT (<i>Callinectes sapidus</i>, RATHBUN, 1896) CAUGHT OFF AKYATAN LAGOON (KARATAŞ/ADANA)</b></p>
--

**Aygül KÜÇÜKGÜLMEZ**

**DEPARTMENT OF FISHERIES**

**THE INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Mehmet ÇELİK

**Year:** 2005, **Pages:** 70

**Jury:** Assoc. Prof. Dr. Mehmet ÇELİK

Assoc. Prof. Dr. Nuri BAŞUSTA

Ass. Prof. Dr. Bahar TOKUR

In this study, the heavy metal concentrations and mineral contents of different edible tissues of the pasteurized blue crab which is caught abundantly from the Akyatan lagoon in the North Eastern Mediterranean, and offered for domestic and foreign markets were investigated. Heavy metal concentrations and mineral contents were measured by Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS). Significant differences between tissues were detected for all metals ( $p < 0,05$ ). The heavy metals in all tissues were, in decreasing order, zinc, copper, iron, lead, cadmium and mercury. It was found that the concentrations of analysed heavy metals in the edible tissues of the blue crab were below the limits proposed by Ministry of Agriculture and Rural Affairs in Turkey and FAO. Mineral contents varied significantly depending on different tissues. Sodium was predominant element among minerals analysed. In present study, it is displayed that blue crab has sufficient mineral matter according to the healt criteria determined by Food and Nutrition Board.

**Key Words:** North East Mediterranean, *C. sapidus*, blue crab, heavy metal, mineral matter

## **TEŞEKKÜR**

Lisans eğitimime baŐladđđm ilk günden itibaren bana büyük emeği geçmiŐ olan, her zaman sonsuz desteğini gördüğüm, değerli bilgileri ve engin tecrübelerinden faydalandđđm danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet ÇELİK'e ve Su Ürünleri Avlama İşleme Teknolojisi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı öğretim elemanlarına yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Fatma USTA, Esra KARAKAŐ, Çiđdem AYYILDIZ, Zeynep ERÇEN'e ve yüksek lisans eğitimime baŐladđđğımdan itibaren yardımcı olan hocam Mehmet YÜCEL'e ayrıca yaşamımın her aşamasında yanımda olan desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok değer verdiğim aileme sonsuz teşekkür ederim.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>SAYFA</b>
<b>ÖZ</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>III</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>VII</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Ağır Metaller .....	<b>3</b>
1.1.1. Civa .....	<b>4</b>
1.1.2. Kadmiyum .....	<b>6</b>
1.1.3. Kurşun .....	<b>7</b>
1.1.4. Arsenik .....	<b>8</b>
1.1.5. Demir .....	<b>9</b>
1.1.6. Bakır .....	<b>9</b>
1.1.7. Çinko .....	<b>10</b>
1.2. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri .....	<b>11</b>
1.3. Mineral Maddeler .....	<b>12</b>
1.3.1. Kalsiyum ve Fosfor .....	<b>13</b>
1.3.2. Sodyum ve Potasyum .....	<b>14</b>
1.3.3. Magnezyum .....	<b>14</b>
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>16</b>
2.1. Ağır Metaller ile İlgili Çalışmalar .....	<b>16</b>
2.2. Mineral Maddeler ile İlgili Çalışmalar .....	<b>25</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>28</b>
3.1. Örneklemenin Yapıldığı Akyatan Dalyanı .....	<b>28</b>
3.2. Materyal .....	<b>30</b>
3.3. Yöntem .....	<b>32</b>
3.3.1. Civa Analizi .....	<b>35</b>
3.3.2. Kadmiyum Analizi .....	<b>37</b>

3.3.3. Kurşun Analizi .....	39
3.3.4. Arsenik Analizi .....	39
3.3.5. Demir, Bakır, Çinko, Kalsiyum, Sodyum, Magnezyum, Fosfor ve Potasyum Analizleri .....	42
3.4. İstatistiksel Analizler .....	42
3.5. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinin Özellikleri .....	42
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>44</b>
4.1. Bulgular .....	44
4.1.1. Mavi Yengecin Ağır Metal Konsantrasyonu .....	44
4.1.2. Mavi Yengecin Mineral Madde İçeriği .....	47
4.2. Tartışma .....	50
4.2.1. Ağır Metal Konsantrasyonu .....	50
4.2.2. Mineral Madde İçeriği .....	53
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>56</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>57</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>67</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>68</b>

<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	<b>SAYFA</b>
Çizelge 4.1. Mavi Yengecin Farklı Dokularındaki Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg yaş ağırlık) .....	45
Çizelge 4.2. Mavi Yengecin Farklı Dokularındaki Mineral Madde Miktarları (mg/100g doku).....	48



<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>SAYFA</b>
Şekil 1.1. Türkiye Sularında 1986–2000 Yılları Arasında Yakalanan Mavi Yengeç Miktarları	2
Şekil 3.1. Örneklemenin Yapıldığı Akyatan Dalyanının Haritası.....	29
Şekil 3.2. Mavi Yengeç ( <i>Callinectes sapidus</i> Rathbun, 1896) .....	31
Şekil 3.3. Mavi Yengeç’ de Kıskaç Eti .....	33
Şekil 3.4. Mavi Yengeç’ de Göğüs Eti.....	34
Şekil 3.5. Civa Analizinde Kullanılan Yöntemin Şematik Gösterimi .....	36
Şekil 3.6. Kadmiyum Analizinde Kullanılan Yöntemin Şematik Gösterimi.....	38
Şekil 3.7. Arsenik Analizinde Kullanılan Yöntemin Şematik Gösterimi .....	41
Şekil 4.1. Mavi Yengecin Farklı Dokularındaki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi (mg/kg kas doku).....	45
Şekil 4.2. Mavi Yengecin Kıskaç Etinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi (mg/kg kas doku).....	46
Şekil 4.3. Mavi Yengecin Göğüs Etinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi (mg/kg kas doku).....	46
Şekil 4.4. Mavi Yengecin Hepatopankreasında Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi (mg/kg kas doku).....	47
Şekil 4.5. Mavi Yengecin Farklı Dokularındaki Mineral Madde İçeriklerinin Değişimi (mg/100g kas doku) .....	48
Şekil 4.6. Mavi Yengecin Kıskaç Etinde Mineral Madde İçeriklerinin Değişimi (mg/100g kas doku) .....	49
Şekil 4.7. Mavi Yengecin Göğüs Etinde Mineral Madde İçeriklerinin Değişimi (mg/100g kas doku).....	49
Şekil 4.8. Mavi Yengecin Hepatopankreasında Mineral Madde İçeriklerinin Değişimi (mg/100g kas doku) .....	50

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Hg	Civa
Cd	Kadmiyum
Pb	Kurşun
As	Arsenik
Fe	Demir
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Ni	Nikel
V	Vanadiyum
Cr	Krom
Mn	Manganez
Se	Selenyum
Al	Aliminyum
Co	Kobalt
Ca	Kalsiyum
Na	Sodyum
Mg	Magnezyum
P	Fosfor
K	Potasyum
KMnO <sub>4</sub>	Potasyum Permanganat
HNO <sub>3</sub>	Nitrik Asit
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik Asit
SnCl <sub>2</sub>	Kalay Klorit
HCl	Hidroklorik Asit
KI	Potasyum İyodür
HClO <sub>4</sub>	Perklorik Asit
AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre

**1. GİRİŞ**

Denizel omurgasızlar, tüm dünyada beslenme ve besin ekleri olarak geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bunların bir sınıfı olan yengeçlerde diğer birçok omurgasızlar arasında kabuklu üretiminde önemli bir yere sahiptir. Mavi yengeç eti yüksek besin değeri ile insan beslenmesi açısından oldukça önemlidir (Çelik ve ark., 2004).

Yengeç eti, ülkemiz insanlarının yabancı olduğu su ürünlerindedir. Bununla birlikte yenilebilir et kalitesi ve ekonomik değer bakımından gelişmiş ülkelerde yüksek fiyat bulan bir su ürünüdür. Ülkemizde özellikle mavi yengeç (*Callinectes sapidus*)'in işlenmiş ve dondurulmuş etleri Çin, Fransa, Endonezya, Japonya, Filipinler, İspanya, Tayland ve Amerika gibi ülkelere ihraç edilmektedir (Siddiquie, 1987).

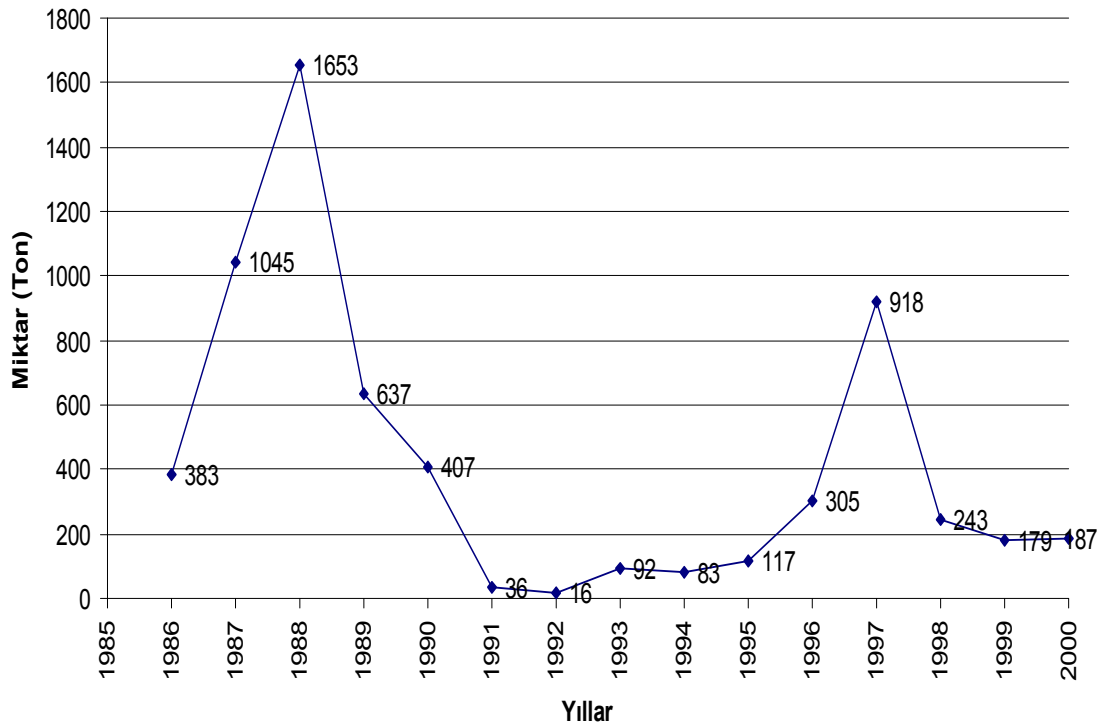
Bu endüstride çeşitli işleme kademelerinden geçen yengeçler üç tip ürün halinde üretilmektedir. Bunlar, yengeç eti, bütün yengeç ve yengeç atıklarıdır. Atık denilen kısımlar ise yengeç parçaları, kabuklar, kitin, protein konsantrasyonları, etler ve sakatatlardan oluşmaktadır. Bu atık etler fazla miktarda protein ve mineral madde içerdiğinden dolayı sığır, domuz, kümes hayvanları ve hatta balık beslenmesinde kullanılmaktadır (Türel ve ark., 2002).

Mavi yengeç ilk olarak Nova İskoçya ve Uruguay arasında Amerika'nın doğu kıyısı boyunca ortaya çıkmıştır. Asıl yayılım alanı ise balıkçılık kaynağı bakımından önemli bir yere sahip olan Kuzey Amerika kıyılarıdır. Aynı zamanda Avrupa kıyıları'nda dağılım gösterdiği belirtilmektedir. İlk canlı bireylerin yayılımı, Rochefort (Kuzey-Batı Fransa) limanında Bouvier tarafından bildirilmiştir. Diğer bildirimler de, 1932'de Zaan nehrinde, 1934'de Amsterdam limanında Hollanda'nın kıyısında olduğu gösterilmiştir. Buna ek olarak, genel balıkçılık ekonomisi bildirisinde, *C. sapidus*'un 1965'de Elbe halici bölgesinde var olduğu belirtilmiştir (Enzenroß ve ark., 1997).

Mavi yengeç 1935 ve 1945 yılları arasında Kuzey Ege denizinde özellikle Saros ve Thessaloniki'nin koylarında ortaya çıktığı belirtilmektedir. Bu tür ilk zamanlar bu bölgelerde fazla yayılım göstermiştir. Fakat daha sonra Ege denizinin

güneyine doğru yer değiştirip zamanla kuzeydoğu Akdeniz kıyılarında yayılmaya başlamıştır (Enzenroß ve ark., 1997). Su ürünleri istatistiklerine göre Türkiye kıyılarındaki toplam yengecin % 61,3'ü Akdeniz kıyılarından avlanmaktadır (Anonim, 2001).

Akdeniz'deki bu Crustacea'nın dağılımı ilk kez Giordani Soika tarafından bildirilmiştir. Bu tür ilk tespitinde yanlış tanımlanmış ve *Portunus pelagicus* olarak ileri sürülmüştür. Daha sonra saklanmış örneklerin Holthuis tarafından incelenmesi sonucunda renk ve şekiller sayesinde şüphesiz *C. sapidus* olduğu sonucuna varılmıştır (Enzenroß ve ark., 1997). Doğu Akdeniz'de ekonomik öneme sahip ve değerlendirilebilir olarak görülen yengeç türleri içerisinde mavi yengeç (*C. sapidus*) ilk sırayı almaktadır (Türel ve ark., 2000). Türkiye sularında 1986–2000 yılları arasında yakalanan mavi yengeç miktarları (FAO, 2003) Şekil 1.1'de gösterilmektedir.



Şekil. 1.1. Türkiye Sularında 1986–2000 Yılları Arasında Yakalanan Mavi Yengeç Miktarları

Son yıllarda dünyada olduğu gibi ülkemizde de çevre kirliliği değişik faaliyetler sonucunda ortaya çıkan ciddi sorunlardan biridir. Çevre kirliliği ilk defa kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak da artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının (su, toprak ve hava) daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve sonuçta ekosistemin bozulması giderek çok daha ciddi bir hal almıştır. Bununla birlikte ekosistemin bir bölümünü oluşturan su ortamı, kullanılmış sular ve diğer atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı bölge olarak kullanıldığında, hava ve toprağa göre daha fazla kirlenmektedir (Kaya ve ark, 1998).

Kirletici maddeler az miktarda bulunduğu zaman ekosistemde çeşitli çevre etmenleriyle dağıtılarak kısmen etkisi azaltılabilir. Ancak dolanımı zayıf olan veya hiç olmayan durgun sularda ekosistemin fizikokimyasal ve biyolojik dengesi bozulur ve yaşam için gerekli olan oksijen ve besin maddesi sağlanamaz. Bir sucül ortamda kirlenmenin kritik düzeye ulaşması ortamın fauna ve florasını etkiler ve besin zinciri yoluyla bu etkisini zincirin en üst düzeyinde bulunan insana kadar taşıyabilir. Deniz ve tatlı su canlılarından çoğu (yengeç, istiridye, midye, balık gibi) insanlar için zararlı ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilirler (Girgin ve Kazancı, 1994).

### **1.1. Ağır Metaller**

Ağır metaller çok önemli bir şekilde çevre kirlenmesine neden olurlar. Suda kolayca çözünmekte ve su organizmaları tarafından çok kolay bir şekilde alınabilmekte ve proteinlerin sülfidril grupları tarafından çok kuvvetli bir şekilde bağlanabilmektedirler. Atık sularda bulunan ağır metaller, özellikle kirletilmiş suların sulamada kullanılması ve deşarj edildiği ortamda yaşayan canlılara olumsuz etkileri, dolayısıyla besin zincirine girişi nedeniyle halk sağlığı yönünden önem taşımaktadır. Daha önemlisi toksik organik atıkların, metallerle birleşerek veya başka bileşiklere dönüşerek daha toksik hale geçmeleri büyük sorunlara yol açmaktadır (Sarıyüpoğlu ve Say, 1991).

Birçok metal, düşük konsantrasyonlarda insan yaşamı için gereklidir ve bununla birlikte bu metaller yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilirler. Bu metaller Fe, Mg, Zn, Cu, Mn gibi esansiyel metallerdir. Bunlar biyokimyasal olayların tam olarak yürütülebilmesi için temel elementlerdir (Oehlenschläger, 2002). Hg, Cd, Pb ve As ise esansiyel olmayan metallerdir. Bunların herhangi bir biyolojik fonksiyonu belirlenemediği gibi su ortamında belirli limitlerin dışına çıktığında toksik etki yapıp organizmaların canlılığına son veren maddelerdir (Oehlenschläger, 2000).

Deniz besinleri, sucul yaşamın bir sonucu olarak her zaman belirli miktarlarda ağır metal içermektedirler. Birçok iz element, besin zincirinin ilk basamağında (deniz suyu, fitoplankton) en yüksek konsantrasyona yükselebilmektedir. Zooplanktonda, sadece Cd, Cu ve Zn konsantrasyonları artmaktadır. Planktonla beslenen balıklar ve kabuklular diğerlerine göre daha fazla miktarlarda Cu ve Zn içerirler. Cd, Cu ve Zn konsantrasyonları besin zinciri boyunca artar ve kabuklularda maksimum seviyeye ulaşır ve daha sonra balıklarda düşer (Lall, 1995). Bu ağır metallere kısaca bahsedecek olursak;

### **1.1.1. Civa**

Ziraat endüstrisi (fungusitler, tohum koruyucular), ilaç kullanımı, kâğıt sanayi, organik sentezdeki katalazlar, termometreler ve bataryalar, civalı alaşımlar, klorin ve kostik soda üretimi aktiviteleri ile insanlar tarafından çevreye tonlarca civa bırakılmaktadır. Atmosfer içine serbest bırakılan civa miktarı yıllık yaklaşık 40000–50000 ton iken, denize bırakılan miktar yaklaşık 4000 ton civarındadır.

Hg kontamine olmuş balıklardaki intoksikasyon olayı ile ilgili ilk dökümanlar Minemata hastalığıdır. Bu intoksikasyon, kıyısulardaki endüstriyel atık sular ile asitaldehit ve endüstriyel vinyl kloridden meydana geldikten sonra balıkta depolanan metil civa tarafından oluşan intoksikasyonun kesin soruşturulmasından sonra belirlenmiştir. Hg ile kontamine olmuş balıklardaki Hg seviyesi 50–250 mg/kg yaş ağırlık, molluscalarda ise 50–200 mg/kg seviyelerinde bulunmuştur. Açık denizden yakalanan balıklardaki Hg konsantrasyonu daha düşüktür ve kontaminasyon ile bazı

ciddi yerel problemler olmasına rağmen, dünya genelinde civa kontaminasyonuna dair bir işaret yoktur (Oehlenschläger, 2000).

Hg'nin toksisitesi Hg'nin kimyasal formuna (iyonik, metalik, organik) bağlıdır. Balıklarda daha çok dimetilciva olarak Hg'nin organik formu mevcuttur. Bu, yağlı dokularda birikmeye eğilimli bir lipofilik bileşiktir. Bu yüzden, esasen yağlı balık türlerinde ve yağsız balıkların karaciğerinde yüksek Hg konsantrasyonları bulunmaktadır. Metil civa, balık yaşı ile artan bir eğilim gösterir. Bu da, ton, kalkan, köpek balığı ve kılıç balığı gibi yaşlı, yağlı predatör türlerde yüksek Hg konsantrasyonlarına yol açar. Konserve balık gibi gıda ürünlerinde bu türlerin işlenmesi, 1960'lı yıllarda Hg seviyesinin yasal limitlerin üzerine çıkması ile problemlere sebep olmuştur. Günümüzde, Amerika'da bu sınır, 1 mg/kg metil civa, Kanada'da birçok tür için 0,5 mg/kg, Avrupa Birliğinde 22 predatör için 1 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu limitler, civa kontamine olmuş deniz ürünlerinin uzun süreli araştırılmasından sonra sağlık tehlikelerine karşın insanları korumak için birçok ülkede yayımlanmıştır. Son araştırmalar konserve edilmiş ton balığının civa içeriğinin, dünyanın tüm bölgelerindeki ton balığında çok düşük seviyede (0,21 mg/kg 76 marketten alınmış aritmetik ortalama) olduğunu göstermektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve İlaç Yönetmeliği (USFDA) halen hamile bayanların köpek balığı ve uskumru tüketmemelerini önermektedir ve Kanada hükümeti her ay yalnızca 1 porsiyon tüketmelerini önermektedir.

Bahsedildiği gibi, Hg, balık ve omurgasızlarda depolanabilir ve Hg konsantrasyonu sadece yaş ile değil aynı zamanda besin seviyesi ile yükselmeye eğilimlidir. İnorganik civa, çevrede civanın dominant formu ve kolayca alınırken, aynı zamanda hızlıca atılır. Metil civa ise çok hızlı depolanırken, çok yavaş atılır. Bundan dolayı balık türlerinde çoğu civa metil civa olarak bulunmaktadır (>%95) (Bloom, 1992; Joins ve ark., 1997). Selenyum, balıkta Hg intoksikasyonuna karşı kuvvetli bir vasıta olarak bulunmuştur. Yüksek selenyum konsantrasyonuna sahip birçok tür bulunmuştur ve kas dokusunda yüksek selenyum içeren çoğu deniz balığında Hg seviyesi de fazla çıkmıştır (Barghiani ve ark., 1991).

Deniz balıklarında Hg içerikleri, dünya çapında antropojenik çevre kirliliğinin bir göstergesi olarak yorumlanmaktadır fakat bu doğru değildir. Açık denizden yakalanan deniz balıklarındaki metil civa içerikleri çoğunlukla çevre kirliliğine bağlı değildir, bununla birlikte biota'da kontamine olmuş sulardaki Hg depolanması rapor edilmiştir. Deniz balıklarında, deniz suyunun biyomas içeriği ile Hg depolanmasının bir korelasyonu bulunmuştur. Hg bileşikleri plankton ve planktonu yiyen balıklara geçer. Eğer planktonların çoğunun ortamdaki Hg'yi seyreltme özelliği varsa balıklar Hg'yi daha az almaktadır. Bu öncelikle herbivor balıklar içindir. Ancak herbivor balıklarla beslenen karnivor balıklar içinde geçerlidir.

Molluscalarda Hg seviyeleri genellikle 0,02-0,05 mg/kg (yaş ağırlık) arasındadır. Omurgasızlar genellikle balıklar ile kıyaslandığında daha düşük metil civa içerirler. Aynı zamanda tüm tatlı su türleri de Hg'yi depo ederler (Mason ve ark., 2000).

### **1.1.2. Kadmiyum**

Cd insanlar için en toksik ağır metallere bir tanesidir. Zn ile birlikte yer kabuğunda mevcuttur ve Zn metalojikal madenciliklerinden dolayı yüzyıllar boyunca çevrede oluşmuştur. Cd'nin toksisitesi ilk olarak Japonya'da görülen Itai-Itai hastalığı ile belirlenmiştir. Bu hastalık, madencilikte kullanılan su ile yüksek oranda kontamine olmuş, Cd içeren pirinçlerden kaynaklanmıştır. Cd toksisitesine karşı koruyucu olabilen metalotionin olarak adlandırılan bir protein grubu vardır (Klaasen ve ark., 1999).

Cd aynı zamanda aquatik çevrede geniş bir yayılım gösterir ve aquatik organizmalar tarafından Cd'nin depolanması oldukça belirgindir. Balık Cd'yi, böbrek, karaciğer gibi organlarda depolarken, yenilebilir kısmı olan kas dokuda Cd içeriği genellikle çok düşüktür. Bu organlar çok fazla kontamine olabilirler ve tüketilmemeleri tercih edilir.

Mollusca ve kabuklular gibi deniz omurgasızlarında durum farklıdır (Rainbow, 1997). Molluscalar özellikle de Cephalopodlar aktif Cd depolayıcıdırlar. Bu, cephalopodların (ahtapot, kalamar, mürekkep balığı) bağırsaklarında çok yüksek



miktarlarda (30 mg/kg'ın üzeri) Cd depolayabilirlerken kas dokularında balıkta bulunduğu gibi aynı düşük miktarlarda Cd içerdiği olgusuna yol açmaktadır. İşte bu yüzden yakalandıktan hemen sonra cephelopodların bağırsaklarının hemen uzaklaştırılmasının önemi bundan kaynaklanmaktadır. Eğer bu yapılmazsa Cd, bağırsaklardan kas dokuya taşınacak ve bu dokudaki kontaminantlar daha sonra kas dokuda yasal limitlerin üstüne çıkacaktır. Midyelerde düşük seviyelerde aynı etkiyi gösterirler. Midyelerin Cd içeriği düzenli olarak kontrol edilmelidir. İstiridyeler, endüstriyel kontaminasyondan dolayı Cd'yi oldukça fazla depolayabilirler ve bu yüzden Cd seviyeleri düzenli olarak kontrol edilmelidir (Oehlenschläger, 2000).

Cd intoksikasyonu, hücre membran lipitlerinin peroksidasyonunu fazlaştıran ve hücrelerin antioksidan koruma güçlerini değiştirerek dokularda oksidatif zarara yol açabilir. Kas dokudan ziyade karaciğer ve böbrekte depolanan kadmiyum bazı enzimlerde çinko ile yer değiştirebilir ve uzun bir yarılanma süresine sahiptir (10–30 yıl) (El-Sıkaly ve ark., 2004).

### **1.1.3. Kurşun**

Toksik bir element olan Pb yüksek miktarlarda insanlar tarafından çevreye bırakılır. Düşük jeokimyasal hareketliliğine rağmen, dünya çapında yayılım gösterir. İnsanoğlu tarafından kurşunun kullanımı yaklaşık olarak 9,000 yıla kadar dayanır. Fakat Pb'nin maksimum artmasına; endüstriyel Pb aktiviteleri, 1750'li yıllarda metalbilimin başlaması, benzin katkısı olarak kurşun tetra alkali bileşiklerinin kullanımı ve 1940'lı yıllarda bireysel trafiğin yükselmesi sebep olmuştur. Bugün çevredeki meydana gelen tüm kurşunun %95-98'ne antropojenik aktiviteler sebep olmaktadır (Oehlenschläger, 2000).

Besin zincirinin Pb alınımında çok az önemi vardır. Çünkü besin seviyesi ve yaşın yükselmesi metal seviyesini artırmamaktadır ancak sudaki konsantrasyonun artması ile balıktaki konsantrasyonda yükselmektedir. Geçmişte, balıkların yenilebilir kısımlarındaki Pb içeriğinin oldukça yüksek olduğunu, analitik prosedürün kalite kontrolü ve kontaminasyonun kontrolünden dolayı güvenilir olmadığını ve sonuçların yetersiz olduğunu gösteren birçok veri mevcuttur. 1970'li

yıllara kadar birçok eski laboratuarda Pb kaplamalı tezgâhlar ve Pb döşemeli taşlar mevcuttu. Daha sonraları temiz oda teknolojisi ve kapalı analitik sistemler balık kas dokusunda kurşun miktarı analizlerini yapmak için daha iyi imkân tanımıştır. Bu doğru analizler, açık denizden yakalanan balıkların kasındaki Pb içeriğinin halen 2–10 µg/kg gibi çok düşük miktarlar olduğunu göstermiştir (Oehlenschläger, 2000).

Kalp, gonad ve gastrointestinal gibi yumuşak dokularda Pb miktarı yükselmezken, balık esasen kemiklerinde Pb'yi depolar. Kemikler genellikle insanlar için tüketilmeyen kısımlardır. Bu yüzden, dünyanın bazı bölgelerinde Pb'nin yol açtığı çevre kirliliği kas dokuda değil yalnız kemikteki Pb içeriğinin analizi yapılarak gösterilebilir. Sadece endüstri ve zirai aktivitelerin yoğun olduğu bölgelerde ve işlenmemiş belediye ve endüstri atık sularının girişi olan sulardan yakalanan balıkların kas dokusunda yüksek Pb içeriği tespit edilmiştir (Wong ve ark., 2001). Mollusca ve crustacea gibi omurgasızlarda Pb içeriği ortalama değerlere göre daha yüksektir (yaklaşık 1 mg/kg yaş ağırlık). Bu, hem mollusca hem de crustacean kabukluların hepatopankreas, sindirim organlarında Pb'nin aktif depolanmasından dolayıdır. Kabuklularda uzun süre depolama boyunca bağırsaklardan kas dokuya geçişi önlemek için tercihen yakalandıktan hemen sonra sindirim organları uzaklaştırılmak zorundadır. Bununla birlikte çok küçük sindirim bölgeleri olan küçük boyutlu türlerde bu işlem zor olabilir. Kurşun çevrede hem inorganik hem de organik formda bulunur. Organik formu, genellikle 5–100 µg/kg konsantrasyonlarında birçok tatlı su ve deniz balıkları türlerinde bulunan tetra alkali-kurşun formudur.

#### **1.1.4. Arsenik**

Yer kabuğunun doğal oluşumuna katılan elementlerden biridir. Bu nedenle tüm canlılarda ve ekosistemlerde iz halinde bulunurlar. Ancak canlılardaki yoğunlukları endüstriyel etkinliklere, canlının beslenme koşulları ve beslenme şekline göre değişir. Ancak As, element halde fazla toksik değildir. Bileşenleri toksiktir. Doğada genellikle diğer metallerle birlikte bulunur. Kullanıldığı başlıca alanlar şunlardır; pestisit ve herbisit yapımında, yağlı boya sanayinde, seramikçilikte, sülfürik asit üretiminde yaygın olarak kullanılır. As'nin bir sistemden diğerine geçişi

genellikle su ile olur. Havada bulunan As'nin önemli bir kısmı endüstriyel kaynaklıdır.

### **1.1.5. Demir**

Fe canlı organizmaların tüm hücrelerinde mevcuttur ve birçok biyokimyasal reaksiyonda hayati bir rol oynamaktadır. Hemoglobin, myoglobin, cytochromes ve diğer proteinlerde haemin bir bileşeni olarak Fe, oksijenin taşınmasında, depolanmasında ve kullanımında esansiyel bir rol oynamaktadır. Genellikle Fe, hem demir ve demirli bileşikler olarak inorganik formda hem de organik formda gıdalarda mevcuttur. Haem ve haem olmayan Fe, absorpsiyonun farklı bir mekanizmasına sahiptir ve non-haem demirin biyolojik verimliliği daha düşüktür (Lall, 1995).

Balıkta bulunan Fe'nin formu hakkında çok az bilgi mevcuttur. Şüphesiz önemli miktarı, demir, porphyrin, myoglobin formunda mevcut olacaktır. Birçok deniz balığında yapılan çalışmalarda çok farklı Fe içerikleri görülmektedir. Bu da muhtemelen analitik metotlarda farklılıklar ve balık ürünlerine kemik ve metal kontaminasyonundan dolayıdır. Derinin uzaklaştırılması ile balıklarda Fe içeriği de azalmaktadır. Kırmızı etli balıklar beyaz etli balıklara göre daha fazla Fe içerirler. Ayrıca mevsimlerde Fe miktarını etkilemektedir (Lall, 1995).

İşlenmiş su ürünlerindeki Fe içeriği, pişirme ve işleme boyunca demirli metallere kontaminasyon için yaygın imkânlardan etkilenebilmektedirler. Non-haem demir, pişirilmiş ette lipit oksidasyonunun major katalizi olduğu rapor edilmiştir. Bir fileto çıkartma makinesi ile ya da başka herhangi bir metal malzeme ile filetoların direk temasının kıyılmış filetolarda Fe içeriğini yükselttiği görülmektedir (Lall, 1995).

### **1.1.6. Bakır**

Bakırın çevrede bulunması, Cd ve Zn ile kıyaslandığında oldukça azdır. Cu insanlar için düşük konsantrasyonlarda toksik değildir ve insan yaşamı için esansiyel bir elementtir. Besinde Cu'nun sürekli varlığı bu yüzden gereklidir. Cu, Fe kullanımı

için gereklidir ve glikoz metabolizmasını, hemoglobin, bağlayıcı dokular ve fosfolipitlerin sentezini içeren enzimler için bir kofaktör olarak gereklidir (Lall, 1995).

Balıkta ve aquatik çevrede ağır metal kirliliği olarak toksik etkileri ile ilgili Cu metabolizması üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Yumuşakçalar kas dokularında ve diğer organlarında, deniz bitkilerine, kabuklulara ve balıklara göre daha yüksek oranda Cu içermektedirler. Fakat bu konsantrasyonlar insan sağlığı için problem yaratmamaktadır. Dokularına oksijeni taşımak için hemosiyenindeki Cu'yu kullanan kabuklular, decapodlar, gastropadlar ve cephalapodlar yüksek miktarlarda Cu içerirler. Hemosiyenin fonksiyonu tamamen hemoglobinle aynıdır. Böbrek ve sindirim bölgelerinde Cu'yu depolayan istiridyeler mükemmel bir Cu kaynağıdır. Böbrek metalin en fazla depolandığı yerlerden bir tanesidir. Yine karaciğer diğer dokulara göre daha yüksek miktarlarda Cu depolarlar. Bakırın depolandığı diğer aktif bölgeler, deri, solungaç, böbrek, dalak, yüzme kesesi, kas dokudur. Mevsim, sıcaklık, tuzluluk ve suda Mn ve Fe gibi diğer metallerin varlığı gibi birçok faktör balıkta Cu miktarını etkilemektedir (Lall, 1995).

### **1.1.7. Çinko**

İnsanlar için esansiyel bir elementtir ve birçok enzimin önemli bir bölümünü oluşturur. Balık ve diğer deniz ürünlerinde mg/kg miktarlarında gösterilir ve su ürünlerinin yenilebilir kısımlarında insan sağlığı için tehlikeli Zn miktarı olduğuna dair bir kayıt yoktur. Zn birçok enzimin maksimum aktivitesi, timüsün onarımı ve gelişimi için esansiyel bir metaldir. Toksikolojik çalışmaların birçoğu bu yüzden Zn eksikliğinin immün yanıt üzerine etkisi ile ilgilidir (El-Sıkaly ve ark., 2004).

Zn, büyüme, üreme, tedavi, immün sistemin normal fonksiyonu ve diğer fizyolojik işlemler için esansiyel bir metaldir. Zn'nin esansiyel fonksiyonu, birçok metaloenzimin integral bir bölümü olarak ve spesifik Zn'ye bağlı enzimlerin aktivitesini düzenlemek için bir kataliz olarak onun rollerinin temelidir. Bu yüzden Zn, karbonhidrat, lipit ve protein metabolizmalarının birçok metabolik işlevlerini ve nükleoproteinlerin sentezini düzenleyebilir. Hayvansal orijinli tüm besin kaynakları

arasında istiridye en zengin Zn kaynağıdır. Çünkü Zn istiridye kabuğunun alt tabakasından sorumlu karbonik anhidraz enziminin parçasını oluşturmaktadır. Istakoz eti, yengeç ve diğer kabuklulara göre daha az miktarlarda Zn içerir. Birçok balık ve kabuklularda Zn'nin biyoyararlanımı yüksektir fakat yüksek miktarlarda Ca, P içeren diğer besin komponentleri tarafından etkilenebilmektedir (Lall, 1995).

## **1.2. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri**

Kıyusal sularda ve körfezlerde oluşan ağır metal kirliliği dünyanın çeşitli bölgelerinde önemli halk sağlığı sorunları yaratmıştır. Örneğin Hg zehirlenmesinin en belirginini yaklaşık 50 yıl önce Japonya'nın bir liman kenti olan balıkçılığı ile meşhur Minemata'da görülmüştür. Organociva bileşiklerini katalizör olarak kullanan bir firma atıklarını Minemata nehrine ve yanındaki Yatsushire körfezine dökmüştür. Böylece her yıl bir miktar klorometil civa nehre karışmıştır. 1953 yılında Minemata halkında garip bir hastalık ortaya çıkmıştır. Baş ağrısı, uyuşukluk, yorgunluk, yutkunma zorluğu, işitme bozukluğu ve diş eti iltihaplanması kendini göstermiştir. Bu belirtilerin nedenleri bilinmediği için önceleri hastalığa Minemata adı verilmiştir. Daha sonra yapılan araştırmalarda bu hastalığın Hg'den ileri geldiği saptanmıştır. Bu hastalıktan birçok insan ölmüş ve sakat kalmıştır.

Cd ve Hg böbreklerde tahrip, kronik toksisite semptomları, bozulmuş böbrek fonksiyonları, üremenin azalması, hipertansiyon, tümörler ve karaciğer fonksiyon bozukluğuna, ayrıca diğer bazı metaller (Cr, Zn, Cu) böbrek iltihabı, anuria, ve böbreklerde geniş lezyonlara neden olmaktadır (Luckey ve ark., 1977).

Bununla birlikte, karaciğerde Cu'nun depolanması siroza sebep olur; beyinde depolanması sinir hücrelerinin ölümüne ve sonuçta nörolojik semptomlara neden olur ve böbrekte depolanması ise böbreğe ait damarlarda zarara neden olmaktadır (El-Sıkaily ve ark., 2004).

Zn insanlarda kas ve eklem ağrıları, midede tahriş, peptik ülser ve nefes darlığına yol açmaktadır. Pb, hastalıklar ile vücudun direnci arasında zıt bir etki oluşturmaktadır. Bu etki bağışıklık sisteminin zayıflamasına neden olur.

Yüksek Pb kontaminasyonu, beyin tahribine, anemiye, karaciğer ve böbrek hastalıklarına yol açmaktadır (Egemen, 1999).

Fe elementinin vücuda fazla miktarda alınması durumunda, halsizlik, iştahsızlık, kilo kaybı, baş ağrısı, mide bulantısı, kusma gibi şikayetler, deride biriken hemosiderin sonucunda oluşan kızıl-kahverengi renk, karaciğerde siroza kadar ilerleyebilen değişiklikler ve kalp kasında depolanan Fe nedeniyle çalışmasında problemler ortaya çıkabilmektedir.

Fe yetersizliği ise neutrophils'lerin bakteriyel aktivitesini bozabilir ve immünoglobulinlerin sentezini, inhibisyon faktörünün geçişini ve T lenfine ait transformasyonu azaltabilir. Ancak, Fe eksikliğinin bu spesifik immün parametrelerini değiştirmedeğini belirten birçok rapor ile veriler zıt düşmektedir. Buna rağmen vücut dokularında Fe konsantrasyonunun bulaşıcı hastalıkların patojenlerini etkilediği görülmektedir (El-Sıkaily ve ark., 2004).

### **1.3. Mineral Maddeler**

Diğer canlı organizmalar gibi balık ve kabuklularda doğada mevcut olan 90'dan fazla elementi içerirler. Vücutlarında yüksek miktarlarda karbon, hidrojen, nitrojen, oksijen ve sülfür bulunmaktadır. Buna ek olarak, 6 makro element (Ca, Mg, P, Na, K ve Cl) her kg miktarda gram olarak mevcuttur. Diğer elementler ise vücutta daha az miktarda bulunurlar (mg ya da µg/kg).

Bu elementlerin çoğu insan diyetinde önemli bir yere sahip olan balık ve kabuklularda bulunmaktadır. Esansiyel elementlerin ana fonksiyonu, iskelet yapısının oluşması, kolloidal sistemin (osmotik basınç, viskozite, difüzyon) bakımı ve asit-baz dengesinin düzenlenmesini içermektedir. Ca ve P vücudun iskelet yapısının gelişmesinde gereklidir. Na, K ve Cl, fosfotaz ve bikarbonatlar, homeostasis ve asit-baz dengesinde etkilidirler. Bazı metaller (Fe, Mn, Cu, Co, Zn, Mo, Se vb.) katalitik bir fonksiyonu olan metaloenzimlerdeki spesifik proteinler ile ilişkilidir. Ca, Mg ve Mn gibi belirli mineraller, enzim aktivatörleri olarak özellikle önemlidirler. I gibi metal olmayanlar, tüm omurgalılarda metabolizma ve gelişmeyi önemli ölçüde etkileyen troid hormonunun biyosentezi için gereklidirler (Lall, 1995).

Akuatik organizmalar, mineral maddeleri besinlerinden ve yaşadıkları su ortamından absorbe ederler ve iskelet yapılarında, kas dokularında ve farklı organlarında depolarlar. Balık ve diğer su ürünlerinin mineral içerikleri, mevsimsel ve biyolojik farklılıklar (tür, büyüklük, yaş, cinsiyet ve cinsi olgunluk), besin kaynağı, çevre (su kimyası, tuzluluk, sıcaklık ve kontaminantlar) ve işleme yöntemi gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Birçok aquatik organizma çevrede kalan mineralleri depolamaktadır.

Yumuşakçaların, esansiyel ve toksik iz elementleri çevreden depoladıkları bilinmektedir. Yetiştiricilik tesislerinde kullanılan ticari yemlerin kompozisyonu da aynı zamanda balıkların element kompozisyonunu etkilemektedir. Aynı tür balıklar arasında da mineral içeriği bakımından oldukça farklı sonuçlar görülmektedir.

### **1.3.1. Kalsiyum ve Fosfor**

Ca ve P, su ürünlerinde, insanlarda ve diğer canlı organizmalarda en çok bulunan mineral maddelerdir. Ca'nın yaklaşık % 99'u ve P'nin %80-85'i kalsiyum fosfat ( $Ca_3(PO_4)_2$ ) olarak kemiklerde mevcuttur. Diğer geriye kalan Ca ve P ise extracellular sıvılar, intracellular yapılar ve hücre zarında bulunmaktadır. Ca birçok fonksiyonu düzenlemede sorumludur. P direk olarak enerji üretmekte olan hücresel fonksiyonlarda görevlidir. Bu yüzden, P, vücut sıvısında tamponu içeren farklı metabolik işlemlere kadar tüm metabolizmada önemli bir rol oynamaktadır.

Su ürünleri, diğer et ürünleri gibi iyi bir P kaynağı ve fakir bir Ca kaynağıdır. Balık filetoları ya da insanlar tarafından bolca tüketilen diğer ürünler, çok az miktarlarda kemik içermektedirler ve bu yüzden kısmen tüm balığa göre daha az miktarda Ca ve P içerirler. Sadece iç organları çıkarılmış tüm balığın tüketildiği bölgelerde, kemik ve deriler beslenmede önemli miktarlarda Ca ve P sağlamaktadırlar. Kabuklular balıklara göre daha yüksek miktarlarda Ca içermektedirler. Su ürünlerinin işlenmesi süresince eklenen fosfotaz, P içeriğini arttırmaktadır (Lall, 1995).

**1.3.2. Sodyum ve Potasyum**

Na, insan vücudunda temel extracellular katyondur. Na, hücre membranlarının aktif geçişinde, osmoregülasyonda, asit-baz dengesinde ve hücrelerin membran potansiyelinde önemlidir.

K, intracellular anyonların dengesi için ve neuromuscular fonksiyonlara girilmesi için monovalent katyon olarak hizmet vermektedir. Kas dokuda en yüksek miktarda bulunan bir mineraldir.

İşlenmiş su ürünleri yüksek miktarlarda Na içeriğine sahiptirler. Çünkü işleme boyunca Na içeren bileşikler ya da tuz eklenmektedir (Lall, 1995).

**1.3.3. Magnezyum**

Mg'ninde yayılımı yine Ca ve P'ye benzerdir. Mg'nin yüksek miktarları kemikte bulunmaktadır. Kalan Mg ise yumuşak dokularda ve hücreler içersinde bulunmaktadır. Mg, fosfat gruplarının taşınmasında ve hidrolizinde yer alan enzimlerde prostetik bir iyondur. Bu yüzden, membran taşınması, üreme, sinir impulslarının aktarımı, kas yapımı ve oksidatif fosforilizasyon gibi biyolojik fonksiyonların enerji gereksiniminde esansiyel bir mineraldir. Mg aynı zamanda ribozom yapımında ve bu yüzden protein sentezi için esansiyeldir.

Hayvan dokusunda bulunan Mg'nin formları hakkında çok az bilgi mevcuttur. Balık, kırmızı kan hücreleri, yüksek seviyelerde Mg, düşük seviyelerde Ca içermektedirler. Yeşil bitkilerde, bu elementin yüksek miktarı magnezyum porphyrin, klorofil olarak mevcuttur. Balık kasındaki Mg konsantrasyonları sığır etinde bulunana benzer olmasına rağmen, istakoz, kalamar, salyangoz bu elementi daha yüksek miktarda içermektedirler (Lall, 1995).

Mevcut çalışmanın amacı, Kuzey Doğu Akdeniz'de bulunan, tarımsal ve endüstriyel atıklarla doğrudan ya da dolaylı olarak kirletilmiş olduğu düşünülen drenaj kanallarının açıldığı ve mavi yengeç (*C. sapidus*)'in yoğun olarak bulunduğu Akyatan Lagünü'nden avlanan mavi yengeç örneklerinin farklı dokularında bulunan ağır metallerin ve mineral maddelerin incelenmesidir. Bu çalışma ile pastörize



edilmiş mavi yengecin dokularındaki (kıskaç eti, göğüs eti ve hepatopankreas) ağır metallere Hg, Cd, Pb, As, Fe, Cu ve Zn konsantrasyonları ve mineral maddelerden Ca, Na, Mg, P ve K miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Ağır Metaller ile İlgili Çalışmalar

*Carcinus maenus* türünde Zn ve Cu içerikleri 22 mg/kg olarak bulunmuştur. Ayrıca Zn ve Cu gibi esansiyel elementlerin *C. maenus*'un dokularında düzenlendiği bildirilmiştir (Beyan,1968).

Balkas ve ark. (1982), Türkiye'nin Akdeniz kıyısından yakaladıkları bazı kabuklu ve balık türlerinin, 3 yıl süreyle, AAS tekniğini kullanarak ağır metal konsantrasyonlarını (Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Fe, Ni, Cr ve Mn) araştırmışlardır. Crustacea'lardan *Portunus pelagicus*'un Zn ve Cu arasında bir korelasyon gösterdiğini ve bu türün diğerlerine göre daha çok Hg'yi depolamaya eğilimli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Hg, Cd ve Pb gibi çok toksik olan metallerin Akdeniz'in diğer bölgelerinde yapılan çalışmalara göre daha düşük seviyelerde olduğunu vurgulamışlardır.

Batı Avustralya'nın Cockburn boğazındaki seçilmiş biotadaki kabuklulardan *Portunus pelagicus*'da Cd, Cu, Pb ve Zn ağır metal miktarları tespit edilmiştir. Bazı metallerin *P. pelagicus*'un hepatopankreasında daha fazla depolandığı ayrıca, dişi bireylerde Cd-Zn ve Cd-karapaks genişliği arasında önemli bir korelasyon katsayısı olduğu belirlenmiştir (Talbot ve Chegwidden,1982).

Anthony ve ark. (1983), Chesapeake körfez bölgesinden yakaladıkları farklı kabuklu ve balık türlerinin ağır metal içeriklerini çalışmışlardır. Pişirmiş oldukları mavi yengeçlerin (*C. sapidus*) ağır metal konsantrasyonlarını Zn (542,4 mg/kg), Cu (10, 61 mg/kg) ve Fe (6,74 mg/kg) olarak rapor etmişlerdir.

Oregon kıyılarından yakalanan *Hemigrapsus nudus* türünün kısıkaç etinde, Zn (37,9 mg/kg), Hg (0,056 mg/kg) ve Cd (0,032 mg/kg); *Cancer magister* türünün kas dokusunda, Zn (41,9 mg/kg), Cu (10,1 mg/kg), Hg (0,108 mg/kg) ve Cd (0,022 mg/kg), aynı türün hepatopankreasında ise Cu (27,5 mg/kg), Zn (21,2 mg/kg), Cd (0,149 mg/kg) ve Hg (0,098 mg/kg) bulunmuştur (Caldwell ve Buhler, 1983).

Chesapeake körfezinden 5 yıl boyunca yakalanan mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) ve farklı kabuklu türlerinde As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg ve Zn seviyeleri belirlenmiştir. Sonuçların 5 yıl boyunca istatistiki bir fark göstermediği, insan gıdası olarak tüketilen kabuklular üzerine bu tür çalışmaların gerekli olduğu ve bulunan değerlerin Amerikan Gıda ve İlaç Birliğinin belirlediği limitlerin altında olduğu vurgulanmıştır (Eisenberg ve Topping, 1984).

King ve ark. (1990), AK kıyılarında yengecin (*Cancer magister*) pişirilmiş göğüs ve bacak etlerinde ağır metal içeriklerini çalışmışlardır ve Zn (28 mg/kg), Cu (3 mg/kg), Fe (3 mg/kg) sonuçlarını bulmuşlardır. Ayrıca pişirilmiş pembe karideste (*Pandulus borealis*) Zn (0,5 mg/100g) Cu (0,1 mg/100g) ve Fe (0,2 mg/100g) değerlerini bildirmişlerdir.

Sin ve ark. (1991), Singapur ırmağının biotasında ve sedimentinde ağır metal seviyelerini belirlemişlerdir. İstasyona göre metal seviyelerinin oldukça farklılık gösterdiğini ve suyun metal bakımından zengin olmasına rağmen, metallerin diğer dokulara göre yengeç ve balık et dokularında çok düşük miktarlarda olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu ırmakta çok fazla miktarda bulunan bivalvia'ların bölgenin kirlilik durumunu yansıtmadığını vurgulamışlardır.

Yapılan diğer bir çalışmada altın madenciliği, farklı endüstriler ve su arıtma tesisleri tarafından kirlenilen Transuval bölgesindeki sulak alanlarda yaşayan *Potamonautes warreni* yengecinde Cu, Cr, Pb, Fe, Zn ve Mn ağır metallerini tespit edilmiştir. Sedimentteki ağır metal konsantrasyonu ile yengeçteki konsantrasyonlar arasında bazı korelasyonlar bulunmuştur. Zn ve Cr 'nin yengeçte en az düzeyde biriktiğini rapor edilmiştir (Van Eeden ve Schoonbee, 1991).

Depledge ve ark. (1993), *Dorippe granulata* yengeç türünde Cu, Zn, Fe ve Cd miktarlarını tespit etmişler, en yüksek Cu miktarını hemofillerde, en yüksek Fe miktarını solungaçlarda, en yüksek Zn miktarını ise iskelet yapısında bulmuşlardır. Ayrıca toksik olan Cd metalini tüm dokularda düşük miktarlarda olduğunu ifade etmişlerdir.

Adriyatik denizinden yakalanan *Carcinus mediterraneus* türünün hepatopankresında Cu konsantrasyonu 2,8 mg/kg olarak bulunmuştur (Devescovi ve Lucu, 1995).

Kuzey Akdeniz’de çok sayıda metal konsantrasyon belirleme çalışmaları yapıldığı halde, Güney Akdeniz kıyılarında bu konuda yeterince çalışma mevcut değildir. Son yıllarda Tunus kıyılarında sanayileşme ve turizmin artması ile kirlilikte artmaktadır. Tunus’un Sfax kıyılarında balıkların farklı organlarında (kas, karaciğer ve gonad) ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Cd ve Cu’nun en yüksek oranda karaciğerde olduğu ancak bu oranın kabul edilebilir düzeyde olduğu saptanmıştır. Zn’nin ise tüm balıkların gonadlarında yüksek düzeyde olduğu bildirilmiştir (Hamza-Chaffai ve ark., 1996).

Burger (1997), Delaware körfezinden 1993, 1994 ve 1995 yıllarında yakaladığı *Limulus polyphemus* yengecinin bacak eti ve yumurtalarında Pb, Hg, Cd, Cr ve Mn konsantrasyonlarını belirlemiş ve Hg hariç bacak etinde tüm metalleri yumurtalara göre daha düşük bulmuştur.

*Clibanarius clibanarius* yengeç türünün hepatopankreas, ovaryum ve kas dokularında ağır metal konsantrasyonları (Fe, Cu, Zn ve Mn) belirlenmiştir. Diğer dokulara göre hepatopankreasta daha yüksek miktarlar bulunmuştur. Zn ve Mn’nin en düşük kas dokuda olduğu, organizmaların boyutunun ağır metal konsantrasyonu üzerinde önemli olduğu, cinsiyetin ise bu tür için önemli olmadığı belirtilmiştir (Devi ve Yogamoorthi, 1997).

Jop ve ark. (1997), Quinnipiac ve Connecticut nehirlerinden yakaladıkları mavi yengecin (*Callinectes sapidus*) ağır metal konsantrasyonlarını çalışmışlardır. Quinnipiac nehrinden yakalanan mavi yengeçlerin ağır metal miktarlarını kas dokuda bulunma miktarlarına göre sırasıyla, Zn (32,76 mg/kg), Cu (15,95 mg/kg), As (0,76 mg/kg), Pb (0,12 mg/kg), Hg (0,06 mg/kg) ve Cd (0,05 mg/kg) olarak; hepatopankreasta bulunma miktarlarına göre sırayla, Cu (94,82 mg/kg), Zn (28,31 mg/kg), Cd (1,18 mg/kg), As (0,84 mg/kg), Pb (0,30 mg/kg) ve Hg (0,04 mg/kg) olarak bildirmişlerdir. Connecticut nehrinden yakalanan mavi yengeçlerin ağır metal miktarlarının kas dokuda bulunma miktarına göre Zn (31,25 mg/kg), Cu (16,20 mg/kg), As (0,62 mg/kg), Cd (0,40 mg/kg), Hg (0,11 mg/kg) ve Pb (0,01 mg/kg);

hepatopankreasta ise sırasıyla, Zn (27,20 mg/kg), Cu (20,73 mg/kg), Cd (0,93 mg/kg) As (0,60 mg/kg), Hg (0,02 mg/kg) ve Pb (0,003 mg/kg) olarak kaydetmişler ve Pb, Hg Zn metallerinin insan tüketimi için riskli seviyelerde olduğunu vurgulamışlardır.

Galveston körfezinden yakalanan *C. sapidus* 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).

1991 körfez savaşında petrol aktivitelerini belirlemek için Kuveyt kıyılarından avlanan *Macrophthalmus depressus*'da ve sedimentte Zn, Cu, Pb, Ni ve V miktarlarını tespit çalışması yapılmış ve ağır metal kirliliğini belirlemede özellikle su çevresinin ve deniz organizmalarının önemli olduğu bildirilmiştir (Bu-Olayan ve Subrahmanyam,1998).

Dodoo ve ark. (1998), farklı kabuklu ve balık türlerinde Cu, Pb, Cd konsantrasyonlarını çalışmışlardır. Crustacea'larda biriken metal miktarları arasında istatistiki farklar bulmuşlardır ve mavi yengeç en fazla metal depolayıcı olarak bulunurken karides en düşük olmuştur. 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 (*Eriochheir sinensis*) ve karides (*Metapenaeus ensis*) türlerinin tüm vücut dokularındaki Zn, Pb, Fe ve Cr miktarlarını tespit edilmiştir ve sedimentteki yüksek metal miktarına karşılık yengeç dokularında ağır metal konsantrasyonu düşük 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).

Guns ve ark. (1999), Belçika kıyı sularının kirletilmiş bölgelerindeki farklı yengeç türlerinde (*Liocarcinus holsatus*, *Pagurus bernhardus*) yaptıkları çalışmada *Pagurus bernhardus*'da Zn (31 mg/kg), Cu (29 mg/kg), Pb (0,28 mg/kg), Cd (0,072 mg/kg) ve Hg (0,034 mg/kg); *Liocarcinus holsatus*'da Zn (25 mg/kg), Cu (9,9 mg/kg), Pb (0,28 mg/kg), Cd (0,055 mg/kg) ve Hg (0,050 mg/kg) olduğunu ve

*Pagurus bernhardus*'un metal kontaminasyonunu belirlemede en iyi bentik indikatör olduğunu bildirmişlerdir.

Akdeniz'de belirlenen 3 istasyondan (Mersin, Karataş ve İskenderun Körfezi) avlanan insanın besin gereksiniminde önemli bir yeri olan *Mugil cephalus*, *Mullus barbatus* ve *Caranx crysos* türlerinin kas, solungaç ve karaciğerindeki ağır metal (Cd, Cu, Cr, Ni, Zn ve Pb) konsantrasyon düzeyleri belirlenmiştir. Çalışılan bu alanlar Türkiye'nin zirai ve endüstriyel faaliyetlerinin en yoğun olduğu bölgelerden biridir ve birçok atık su arıtılmadan bu alıcı ortamlara direkt ya da nehirler yoluyla ulaşmaktadır (Kalay ve ark., 1999).

Krishnamurti ve Nair (1999), Thane-Bassein koyundan yakaladıkları yengeç ve karideslerde Cu, Zn, Cd, Pb ve Ni konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Zn>Cu>Cd>Ni>Pb sıralamasını kaydetmişler ve yengeçlerden *Scylla serrata*'da Cu ve Zn metallerinin oldukça yüksek seviyede olduğunu fakat, bu metal seviyelerinin insan tüketimi açısından limitleri aşmadığını vurgulanmıştır.

Sastre ve ark. (1999), Karayip'ten avladıkları ticari öneme sahip olan *Callinectes sapidus* ve *Callinectes bocourti* türlerinin ağır metal miktarlarının (Cu, Cd, Pb ve Hg), tür, cinsiyet, doku ve bölgeye göre durumlarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, *Callinectes spp.*'lerin cinsiyete, dokuya, bölgeye ve türe göre oldukça fazla değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kuzeydoğu Bering denizi kıyılarından yakalanan yengeç (*Paralithodes camtschaticus*) türünün kas ve hapatopankreas dokularında Zn, Cu, Pb, As, Cd, Hg ve Cr konsantrasyonları belirlenmiştir. Bölgede yapılan yoğun madencilik faaliyetleri, yengeçlerin ağır metal konsantrasyonlarını etkilememiştir ve bulunan değerlerin Amerikan Gıda ve İlaç Yönetmeliğinin izin verdiği değerlerin altında olduğu rapor edilmiştir (Jewett ve Naidu, 2000).

Legras ve ark. (2000), Fransa'nın en fazla Cd kontamine olmuş Gironde körfezinden yakaladıkları *Pachygrapsus marmoratus* ve *Carcinus maenus* yengeç türlerinin ağır metal konsantrasyonlarının tuzluluk, cinsiyet ve ağırlık gibi doğal faktörlerden önemli ölçüde etkilendiğini belirtmişlerdir.

Al-Mohanna ve Subrahmanyam (2001), Körfez savaşıdan sonra Kuwait kıyılarının 3 farklı istasyonundan yakaladıkları mavi yengecin (*Portunus pelagicus*) farklı dokularındaki (hepatopankreas, solungaç, gonad, mide ve kas doku) ağır metal konsantrasyonlarını (Zn, Cu, Pb, As, Cr, V, Mn ve Se) incelemişlerdir. Analizi yapılan tüm metaller bakımından kas dokunun en yüksek değerlere sahip olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışma ile körfez savaşı sonrasında petrol girişi ile yengeçlerin önemli ölçüde metal birikimine maruz kaldıkları bildirilmiştir. Kas doku ve hepatopankreasta Zn ve Cu metallerinin yüksek olmasının sebebinin 1991 petrol savaşına bağlamışlardır ve böyle sonuçların, gelecekteki çalışmalarda deniz organizmalarının metal seviyelerini göstermek için temel olarak kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır.

İskenderun körfezinden mevsimsel olarak avlanan 2 farklı karides türünün (*Penaeus semisulcatus* ve *Metapenaeus monocerus*) kas, solungaç ve hepatopankreas dokularında ağır metal konsantrasyonları (Cd, Zn, Fe, Pb ve Cu) belirlenmiştir. Diğer dokulara göre kas dokuda tüm metallerin en düşük seviyede iken, hepatopankreasta yüksek metal seviyeleri tespit edilmiş ve yaz mevsiminde insan ve tarım aktivitelerinin (ilaçların kullanımı) daha fazla olmasından dolayı daha yüksek metal miktarları rapor edilmiştir (Kargin ve ark., 2001).

Kwon and Lee (2001), Masan körfezinde, *Portunus spp.*'de Cu (16,54 mg/kg), Zn (16,38 mg/kg) ve Pb (0,08 mg/kg) olarak kaydetmişlerdir.

Cd, Cu, Zn, As, Fe ve Al içeren, kontamine olmuş (Cd içeriği 0,07 mg/kg) ve kontamine olmamış (Cd içeriği 5,2 mg/kg) midyelerle (*Trychomya hirsutas*) beslenen mavi yengeçlerin (*Portunus pelagicus*) sadece hepatopankreaslarında Cd'nin biriktiği gözlemlenmiştir (McPherson ve Brown, 2001).

Miao ve ark. (2001), Kuzey Pasifik okyanusunun Fransa kıyılarından yakalanan yengeç (*Grapsus tenuicrustatus*), istakoz, bazı balık türleri ve 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, As seviyelerinin çok yüksek çıkmasının oldukça ilginç olduğunu ifade etmişlerdir.

Fransa'da bulunan metal bakımından zengin Gironde körfezinden yakalanan *Pachygrapsus marmoratus* yengeç türünün solungaç ve hepatopankreasında Cd, Cu ve Zn analizleri yapılmıştır. Metallerin, yengecin cinsiyetinden etkilenmediği, organ ağırlıklarından az da olsa etkilendiği, mevsimsel değişim ve üreme döneminin önemli ölçüde etkili olduğu vurgulanmıştır (Mouneyrac ve ark., 2001).

Turoczy ve ark. (2001), Güney Doğu Avustralya sularından yakalanan yengecin (*Pseudocarcinus gigas*) in kas, hepatopankreas ve solungaç dokularında, Zn, Cu, Cd ve Hg konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Göğüs etinde Zn (83 mg/kg), Cu (8,3 mg/kg), Cd (0,28 mg/kg) ve Hg (0,28 mg/kg); kısıkaç etinde Zn (163 mg/kg), Cu (15 mg/kg), Cd (0,05 mg/kg), ve Hg (0,30 mg/kg); hepatopankreasta ise Zn (27 mg/kg), Cu (13 mg/kg), Cd (5,6 mg/kg) ve Hg (0,14 mg/kg), değerlerini bildirmişlerdir. Bu çalışma ile yengecin metal konsantrasyonlarını etkileyen faktörleri belirlemişlerdir. Metal içeriklerinin, yengecin büyüklüğü, doku farklılığı ve derinliğe bağlı olarak değiştiğini, cinsiyetine bağlı olmadığını bulmuşlardır. Yengecin insan tüketimi açısından güvenilir olduğunu yalnız Cd açısından hepatopankreasın tavsiye edilemeyeceğini belirlemişlerdir.

Cadiz körfezindeki bir karides türü olan *Squilla mantis*'in et doku ve kabuğunda ağır metaller (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 farklılıklar olmamıştır ve bunun sebebi de muhtemelen *S. mantis*'in dokularında metal düzenleme kapasitesi ile ilişkilidir. En yüksek Cu değeri madencilik aktivitesinin yapıldığı yerde belirlenmiştir (Blasko ve ark., 2002).

Burger ve ark. (2002), Florida körfezinden yakaladıkları yengeçler (*Limulus polyphemus*)'in metal seviyelerini belirlemişlerdir. As seviyesinin diğer metallere göre daha yüksek olduğunu, As ve Hg konsantrasyonlarının en yüksek yengecin bacak etinde bulunduğunu fakat tehlikeli düzeylerde olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca bu gibi çalışmaların bu kontaminantlar bakımından yengeçleri tüketenler için olası riskleri belirlemede oldukça öneme sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Mavi yengecin (*Callinectes sapidus*) kısıkaç etinde Zn (69,9 mg/kg), Cu (25,3 mg/kg) ve Fe (10,4 mg/kg); göğüs etinde ise Zn (47 mg/kg), Cu (31,3 mg/kg) ve Fe (11,3 mg/kg) olarak bulunmuştur (Gökoğlu ve Yerlikaya, 2002).



Skonberg ve Perkins (2002), Maine körfezinin 5 farklı bölgesinden yakaladıkları yengecin (*Carcinus maenus*) kısıkaç ve bacak etini hem çiğ olarak hem de buharda pişmiş olarak mikro elementlerin (Cu, Fe, Zn, Al) değerlerini belirlemişlerdir. Buharda pişmiş kısıkaç eti örneklerinin diğerlerine göre tüm bu mikro elementler bakımından en yüksek değere sahip olduğunu bulmuşlardır. Pişmiş örneklerde yüksek Fe ve Al olmasının sebebini büyük bir ihtimalle pişirme süresince kullanılan malzemelerden kontamine olabileceğine bağlamışlardır.

Güney Afrika'da bulunan Eerste nehrinin 2 farklı bölgesinde yaşayan *Potamonautes perlatus* tatlı su yengecinin farklı organ ve dokularının Cu konsantrasyonunu mevsimsel olarak araştırılmıştır. Diğer doku ve organlara kıyasla en yüksek Cu miktarı sindirim organında bulunmuştur (Snyman ve ark., 2002).

Yazkan ve ark. (2002), Akdeniz Bölgesi Antalya Körfezi'nden 2000 yılı ocak, şubat ve mart aylarında avladıkları balık türlerinin (*Mullus barbatus*, *Mugil cephalus*, *Trachurus trachurus*, *Pagellus acarne*, *Dicentrarch labrax*, *Sparus auratus*, *Sardina aurita*, *Boops boops*, *scomber japonicus* ve *Solea solea*) kas ve karaciğer dokularında Cu, Zn, Pb ve Cd içeriklerini belirlemişlerdir. Çalışmaları sonucunda balıkların kas dokularında Cu ve Zn'nin sırası ile 0,51-3,66 mg/kg ve 3,17-11,36 mg/kg, karaciğerde ise 0,83-4,44 mg/kg ve 3,97-15,14 mg/kg, balık örneklerinin kas dokusunda Pb ve Cd sırası ile, 0,00-2,05 mg/kg ve 0,00-0,13 mg/kg, karaciğer dokusunda ise 0,00-2,25 mg/kg ve 0,03-0,15 mg/kg değerleri arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Mississippi nehrinin 6 farklı bölgesinden yakalanan, mavi yengeci de (*C. sapidus*) içeren 3 farklı kabuklu türü ve 16 balık türünün ağır metaller ve organik bileşikler bakımından kalitesi ve insanlar tarafından tüketiminin riskleri çalışılmıştır ve ağır metallerden As ve Hg'nin riskli seviyelerde olduğu bulunmuştur (Watanabe ve ark., 2002).

Burger ve ark. (2003), Delaware körfezinin 8 farklı kıyısından yakaladıkları *Limulus polyphemus* yengecinin bacak etinde, yumurtalarında ve abdomen kasında As, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg ve Se konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Bölgeler arasında önemli bir fark olmadığını, kontaminasyon seviyesinin düşük olduğunu ve muhtemelen ikinci tüketiciler için bir problem oluşturmayacağını vurgulamışlardır.

Canlı ve Atlı (2003), Kuzeydoğu Akdeniz’de 6 balık türünün (*Sparus auratus*, *Atherina hepsetus*, *Mugil cephalus*, *Trigla cuculus*, *Sardina pilcardus* ve *Scomberesox saurus*) kas, karaciğer ve solungaçlarında ağır metal ( Cd, Cu, Cr, Fe, Pb ve Zn) konsantrasyonlarını belirlemiştir. Dokulardaki ağır metal konsantrasyonu ile balığın boy ve ağırlığı arasındaki ilişkiyi incelemişler, ağır metal konsantrasyonu ve balık boyları arasındaki ilişkiyi negatif bulmuşlardır.

Ağır metaller akuatik ortamlarda her geçen gün artmakta ve insan sağlığını ciddi bir şekilde tehdit etmektedir. Cheng (2003), bu çalışmada ağır metal kirleticilerinin kaynağı, dağılımı ve elde edilebilir bilgilerle bu kirliliğin kontrol edilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Ağır metallerin sucul ortamlara ulaşmasında en büyük etkenin insan aktiviteleri, endüstriyel ve katı atıklar olduğunu bildirmiştir.

Yılmaz (2003), İskenderun körfezinin 3 farklı istasyonundan yakaladığı 2 farklı balık türünün (*Mugil cephalus* ve *Trachurus mediterraneus*) farklı dokularında ağır metal içeriklerini (Fe, Cu, Pb, Zn Ni, Cr) çalışmış, bazı dokularda bazı metallerin insan tüketimi için kabul edilebilir seviyeleri aştığını bulmuştur. Ayrıca bu çalışma ile körfezde mevcut olan ağır metalleri, bu balıkların besin, su ve sediment vasıtası ile aldıklarını ve istasyonlar arasında önemli ölçüde farklılıklar olduğunu rapor etmiştir. Arıtılmamış evsel ve endüstriyel atıkların deşarjının çok olduğu iki istasyonda ağır metal konsantrasyon düzeylerinin yüksek olduğunu bildirmiştir. Ağır metallerin deri ve gonadlarda, kaslardan daha yüksek oranda bulunduğunu ve bazı metallerin insan tüketimi açısından kabul edilebilir düzeylerin üzerinde olduğunu tespit etmiştir.

Türkmen ve ark. (2004), İskenderun körfezinden aldıkları ekonomik öneme sahip bazı balık türlerinde (*Saurida undosquamis*, *Sparus aurata* ve *Mullus barbatus*) ağır metalleri (Cd, Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Ni, Cr, Co ve Al) belirlemiştir ve metal konsantrasyonlarının balık türü ve örneklerin alındığı istasyona göre önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ve balıkların yenilebilir kısımlarının insanlar tarafından tüketiminin güvenilir olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca körfezdeki ağır metal konsantrasyonunun 1996’dan 2003’e kadar çok düşük de olsa azaldığını ifade etmişlerdir.

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 belirlemiştir. Cd, Cu, Zn ve Hg'nin yüksek konsantrasyonlarını, Al ve Fe'nin daha düşük konsantrasyonlarını, Pb ve Cr'nin ise hiç depolanmadığını bulmuşlardır.

USDA Nutrient Database (2004), buharda haşlanmış *Callinectes sapidus*'un ortalama Cu içeriğini 6,45 mg/kg, Zn içeriğini 42,2 mg/kg ve Fe içeriğini 9,1 mg/kg olarak bildirmektedir.

Antalya körfezinden avlanan bazı yumuşakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği belirlenmiştir ve sonuçlar incelenen türlerde analiz edilen ağır metaller açısından henüz ciddi bir tehlike olmadığını göstermektedir. Organizmadaki metal birikiminin üzerine konsantrasyon, suyun sıcaklığı, tuzluluğu, derinliğinin yanında canlının türü, cinsiyeti, boy ve ağırlığı ile yaşının etkili faktörler olduğu ifade edilmiştir (Yazkan ve ark., 2004).

## **2.2. Mineral Maddeler ile İlgili Çalışmalar**

Anthony ve ark. (1983), çiğ mavi yengeç (*C. sapidus*)'de, K (660,0 mg/100g), P (276,9 mg/100g), Na (62,9 mg/100g), Ca (34,4 mg/100g) ve Mg (10,05 mg/100g); pişirilmiş mavi yengeç etinde K (478,8 mg/100g), P (245,6 mg/100g), Na (57,2 mg/100g), Ca (59,2 mg/100g) ve Mg (7,90 mg/100g) değerlerini rapor etmişlerdir.

Penaeid ve Pandalid karideslerin kas dokularında mineral madde miktarları, P (205 mg/100g), K (185 mg/100g), Na (148 mg/100g), Ca (52 mg/100g) ve Fe (2,41 mg/100g) olarak bulunmuştur (Exler ve ark., 1987).

King ve ark. (1990), yengeç (*Cancer magister*)'de Na (364 mg/100g), K (74 mg/100g), P (70 mg/100g), Ca (16,1 mg/100g) ve Mg (13,0 mg/100g) olarak bulmuşlardır. Ayrıca pişirilmiş pembe karidesin (*Pandulus borealis*) mineral madde içeriğini çalışmışlar ve bulunma miktarına göre Na (235 mg/100g), P (90 mg/100g), K (69 mg/100g), Ca (25,1 mg/100g), Mg (22,9 mg/100g) olarak rapor etmişlerdir.

*Pleuroncodes planipes* yengeci farklı işlemlerden (dondurma, haşlama, ezme, haşlama-ezme, kurutma ve fırınlama) geçirilmiştir ve mineral madde miktarları tespit edilmiştir. Bu işlemler sonucunda mineraller hemen hemen tüm pişirme yöntemlerinden etkilenmiştir. Ca ve P'de ise en büyük değişimin olmuş ve fırınlama yöntemi minerallerin çoğunu korumuştur (Castro-Gonzalez ve ark., 1995).

Karakoltsidis ve ark. (1995), Penaeid karideslerden *Aristeus antennatus*'un kas dokusunda K miktarını 347 mg/100g, Ca miktarını 121 mg/100g ve Fe miktarını 0,9 mg/100g olarak bildirmişlerdir.

Mavi yengeç (*Callinectes sapidus*)'in besin kompozisyonu ve mineral içeriği çalışılmış, Ca, P, Mg, Na ve K açısından mavi yengecin oldukça zengin olduğu ve hayvansal gıdaların ucuz bir kaynağı olarak mavi yengeç potansiyelinin değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Akpan, 1997).

Adeyeye (2002), Batı Afrika sularında yaygın olan tatlı su yengeci (*Sudanautes africanus africanus*)'nin hem erkek hem de dişi bireylerinin besinsel olarak değerli bölümlerindeki mineral maddeleri belirlemiş ve her iki cinsinde farklı bölümlerinin Ca, Mg, P, Na ve K bakımından oldukça zengin olduğunu vurgulamıştır.

Gökoğlu ve Yerlikaya (2002), mavi yengeç (*C. sapidus*)'de yaptıkları çalışmada, mavi yengecin kısıkaç etinde Na (266,8 mg/100g), K (256,3 mg/100g), Ca (149,2 mg/100g), P (135,2 mg/100g) ve Mg (35,1 mg/100g); göğüs etinde ise Na (326,9 mg/100g), K (244,4 mg/100g), Ca (64,9 mg/100g), P (165,4 mg/100g) ve Mg (37,1 mg/100g) olarak belirlemişlerdir. Mavi yengecin mineral maddelerce özellikle Na, K, P ve Ca açısından zengin olduğunu, sonuçların yengecin ideal bir besin olduğunu gösterdiğini ve bu yüzden tüketiminin gelecekte beslenme yetersizliğini önlemeye yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir.

Çiğ ve buharda pişirilmiş olan yengecin (*Carcinus maenus*) bacak eti ve kısıkaç etinin mineral madde kompozisyonu çalışılmıştır ve çiğ yengeçte K (198 mg/100g), P (135 mg/100g), Ca (74 mg/100g) ve Mg (28 mg/100g) değerleri bildirilmiştir. Kısıkaç ve bacak eti örnekleri arasında önemli farklılıklar gözlemlenmemiştir. Ayrıca buharda pişirilmiş bacak ve kısıkaç et örneklerinin çiğ

örneklere göre istatistiki açıdan önemli ölçüde yüksek Na içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Skonberg ve Perkins, 2002).

USDA Nutrient Database (2004), buharda haşlanmış *Callinectes sapidus*'un ortalama K içeriğini 324 mg/100g, Na içeriğini 279 mg/100g, P içeriğini 206 mg/100g, Ca içeriğini 104 mg/100g ve Mg içeriğini 33 mg/100g olarak bildirmektedir.

**3. MATERYAL VE YÖNTEM****3.1. Örneklemenin Yapıldığı Akyatan Lagünü**

Kuzey Doğu Akdeniz bölgesinde bulunan Akyatan Lagünü Türkiye'nin en büyük lagünüdür (Şekil 3.1). Karataş Akyatan Lagünü, Adana ili Karataş ilçesi sınırları 36°35'00"-35°40'20" enlemleri ile 35°10'00"-35°20'00" boylamları arasında olup, yaklaşık 5000–6000 ha alanı kapsamaktadır (Özcan, 1996). Lagün denize 2 km uzunluğunda sadece bir kanal ile bağlıdır. Bu bağlantı sürekli değildir ve lagünün güney doğu köşesinde yer alır. Lagünün boynu S şeklindedir. Derin bir merkezi kanalı, daha sığ yan bölgeleri ve doğu tarafın ortalarında geniş, çok sığ (derinliği yaklaşık 20 cm) bir bölge vardır. Kanal dibi yumuşaktır ve balıkçılık tesisinden dolayı siyah çamurla kaplıdır. Bu durum çıkış çevresine kadar devam eder. Burada kumluk alan başlar (Anonim, 1997).

Lagünün özellikle doğu, kuzeydoğu ve kuzey kesimleri ile kısmen güneybatı ve batı kesimlerini tarımsal araziler oluşturmaktadır. Bu arazilerde ekilen ürünlerin alana dağılım oranları yıllar itibari ile değişkenlik göstermekte ve bu oranlara ilişkin sağlıklı araştırmalar bulunmamakla birlikte, yaklaşık bir tahmin yapmak gerekirse önemli bir kesimine pamuk, diğer kesimlerine ise buğday, mısır, soya, karpuz, vb. ürünler ekilmektedir.

Lagüne boşalan iki ana drenaj kanalı bulunmaktadır. Bunlar YD3 (Yukarı Drenaj Kanalı 3) ve Acıkulak Deresi'dir. Acıkulak Deresi şuan yapım halinde olan sulama projesi bölümünün ana drenaj sistemidir. YD3 kanalı Adana-İncirlik'teki sanayi bölgesinden ve YS1 ile YS6 sulama kanalları arasındaki bölgede tarımda kullanılmış olan suları boşaltmak için kullanılmakta ve 38 km'lik bir yol kat etmektedir. Dolayısıyla oldukça geniş bir tarımsal alanın drenaj sularını lagüne taşımaktadır. Ayrıca kanal boyunca mevcut çeşitli tesislerin de atık sularını kanala bıraktığı bilinmektedir (Özcan, 1996). YD3 kanalı, çıkışından lagünün içine doğru kıyı boyunca yaklaşık 10 km YD3-A aracılığıyla diğer ana kanal YD4'e bağlanmaktadır. Bir set kapağı yoluyla suyun akışı ya lagüne ya da YD4 (Yukarı drenaj Kanalı 4) aracılığıyla denize çevrilmektedir. Bunların dışında lagüne tatlı su

girişi, yağışla, sulama sırasında yöre çiftçilerinin lagünün kuzeybatısında kazdıkları üçüncü bir drenaj kanalıyla, çevredeki çukur şekillerden akan sularla ve bitişikteki daha yüksek tarım alanlarından sızmalar ile olmaktadır (Anonim, 1997).

Lagün suyunun tuzluluk oranı kış ve bahar aylarında yağışa ve arazi drenajı boşaltımına bağlı olarak oldukça değişkendir. Bu durum yaz mevsimindeki yüksek buharlaşma oranına da bağlıdır.

Çevredeki başlıca kirlilik kaynakları tarım drenajı ve İncirlik sanayi bölgesinden gelen atık sulardır. Akyatan Lagününün sedimentlerinde ağır metallerin neden olduğu kirlenme fazla değildir (Anonim, 1997).

Ayrıca Karataş Bölgesinde doğal ve insan kökenli başlıca ağır metal kaynaklarını; toprak, ticari gübreler, pestisitler ve kireç, kanalizasyon atıkları, hayvansal atıklar, kentsel atıklar, atık sular, madencilik ve araçlardan çıkan dumanlar oluşturmaktadır (Yılmaz, 1995).



Şekil. 3.1. ÖrneklemeninYapıldığı Akyatan Lagününün Haritası

**3.2. Materyal**

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan mavi yengeç (*Callinectes sapidus* RATHBUN, 1896), Portunidae familyasının *Callinectes* cinsinin bir türüdür (Kumlu, 1998). İlk çifti beslenme ve savunma işlevine sahip olan kıskaç şeklini almış beş çift ayağa sahiptir. Kıskaçları izleyen üç çift ayak yürüme işini, son çift ise yüzme işini üstlenmiştir. Mavi yengeç yürüme ayakları ile iyi bir yürüyücü ve petal ayakları ile de hızlı bir yüzücüdür. Yapılan markalama çalışmaları 100 günde 500 mil yüzebildiklerini göstermiştir. Karapaks veya kabuk genişliği, uzunluğun 2–2,5 katı kadardır. Genişliğinde her bir kenardaki iki ışın vardır. Kabuk önde incelmektedir, gözlere kadar kenarlarda 8 adet yan ışınlar bulunmaktadır. Vücut yüzeyi kalsiyumlu kitin dış iskelet ile çevrilmiştir. Gözler kısa bir sap üzerinde serbest hareket edebilmektedir. Kabuk yüzeyinde renk koyu yeşilden kahverengimsi yeşile kadar değişebilmektedir (Şekil 3.2). Erkek bireylerin kıskaç parçalarının ucu kırmızı, çoğunlukla da mavidir. Dişilerde ise kıskaçlar koyu kırmızı uçludur. Erkek bireylerde abdomen Y şeklinde, dişilerin ergin olmayanlarında üçgen, ergin bireylerde ise yarım ay şeklindedir.

Vücudu dış iskelet ile sarıldığından büyümek için bunun zaman zaman atılması gereklidir. Kabuk değişimi yüksek vejetasyonlu alanlarda gerçekleşmektedir. Yeni oluşan kabuk oldukça saydam ve yumuşaktır. Kabuk değişiminden 72 saat sonra yeni sert kabuk oluşmaktadır. Mavi yengeç eşeyssel olgunluğa 12–16 ayda ulaşmaktadır. Ortalama yaşam süresi ise 2–4 yıl arasında değişmektedir. Tropikal ve subtropikal populasyonlarda üreme bütün yıl içinde sürmektedir. Erkek bireyler dişilere göre daha küçük büyüklükte eşeyssel olgunluğa ulaşmaktadır.

Mavi yengeç yumuşak zemini tercih etmektedir ve sık sık kendisini zemine gömmektedir. Esas yaşam alanları kıyısız olup 35 m derinliklerde bulunmaktadır. Normalde tuzlu, sıcak tropikal sularda yaşamalarına karşın, %0 00 ile %0 90 arasında değişen tatlı sudan yüksek tuzlu alanlara kadar farklı alanlarda dağılım göstermektedir. Sadece dişi bireylerde göç olayı görülmektedir.



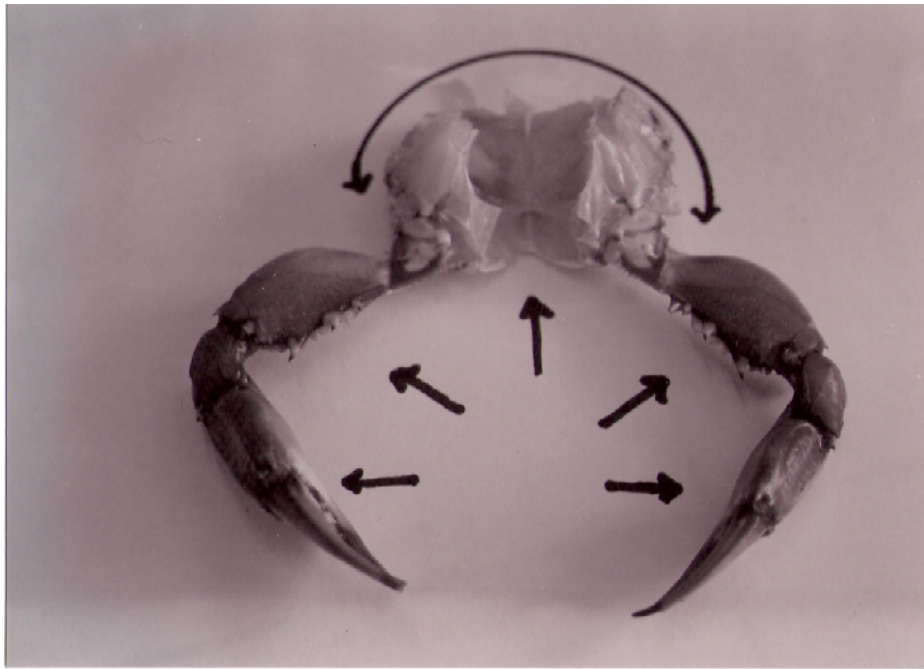
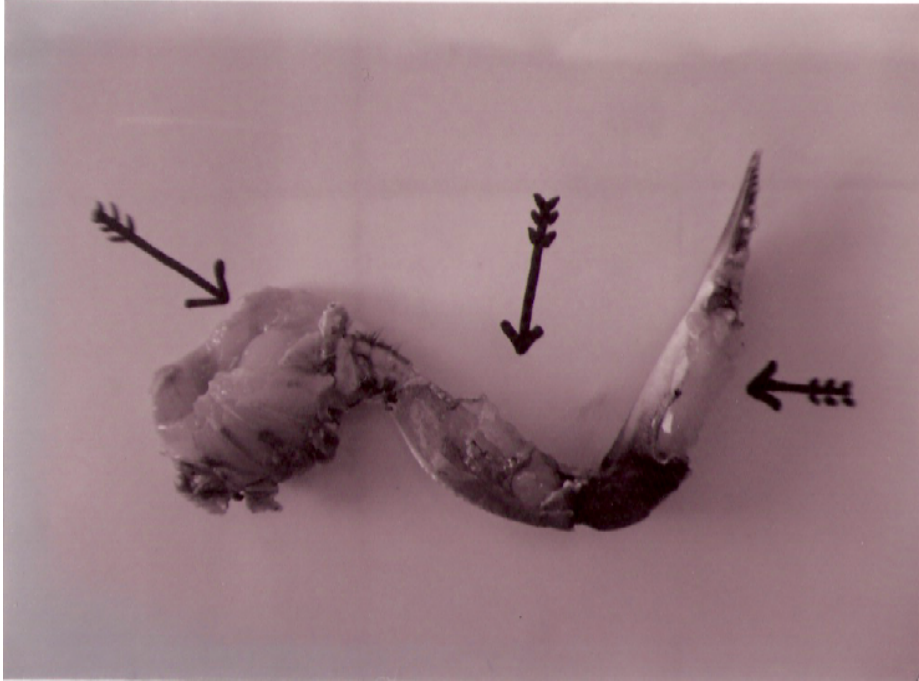
Mavi yengeç canlı veya ölü, bitkisel veya hayvansal materyallerle oldukça geniş bir beslenme alışkanlığına sahiptir. Leşçi olarak bilinirse de canlı ve taze besinleri tercih etmektedirler. Küçük balıkları yakalayıp, ezici kısıkaçları ile de genç istiridye ve bivalvia'ları yakalayıp yemekte oldukları görülmüştür. Mavi yengeçlerde, yaralı veya yumuşak kabuklu bireyler üzerine kanibalistik görülmektedir (Erdem ve ark., 1999)



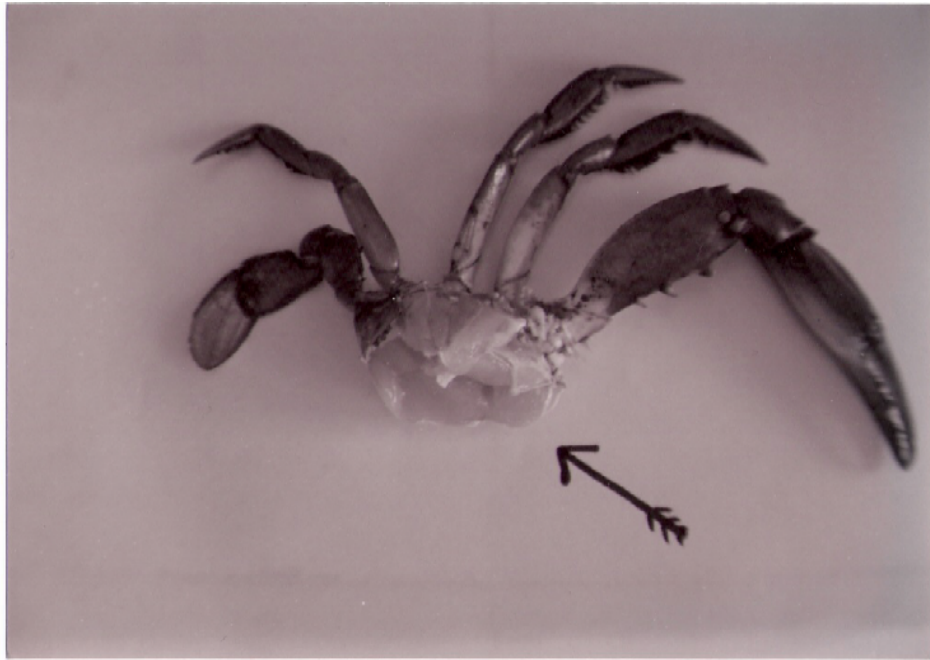
Şekil 3.2. Mavi yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896)

**3.3. Yöntem**

Materyal olarak mavi yengeç (*Callinectes sapidus* RATHBUN, 1896) Adana-Karataş bölgesinde bulunan Akyatan Lagünü'nden tül ıgırıp, sepet ve kepçeler ile avlanmıştır. Örnekler aynı gün strafor kutularda buz içersinde, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama ve İşleme Teknolojisi Laboratuvarına getirilmiştir. Yengeçlerin ağırlık ölçümleri  $249,58 \pm 9,45$  olarak tespit edildikten sonra tüm olarak buharda 17 dakika pişirilmiştir. Erkek ve dişi karışık olan yengeçlerin kiskaç eti (Şekil 3.3), göğüs eti (Şekil 3.4) ve hepatopankreas dokuları el ile ayrıldıktan sonra örnekler analiz yapılacak güne kadar derin dondurucuda  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de bekletilmiştir. Analizler üç paralelli olarak yapılmıştır. Analizlerin tümü TÜBİTAK-Marmara Araştırma Enstitüsünde yürütülmüştür.



Şekil 3.3. Mavi yengeç' de Kıskaç Eti.



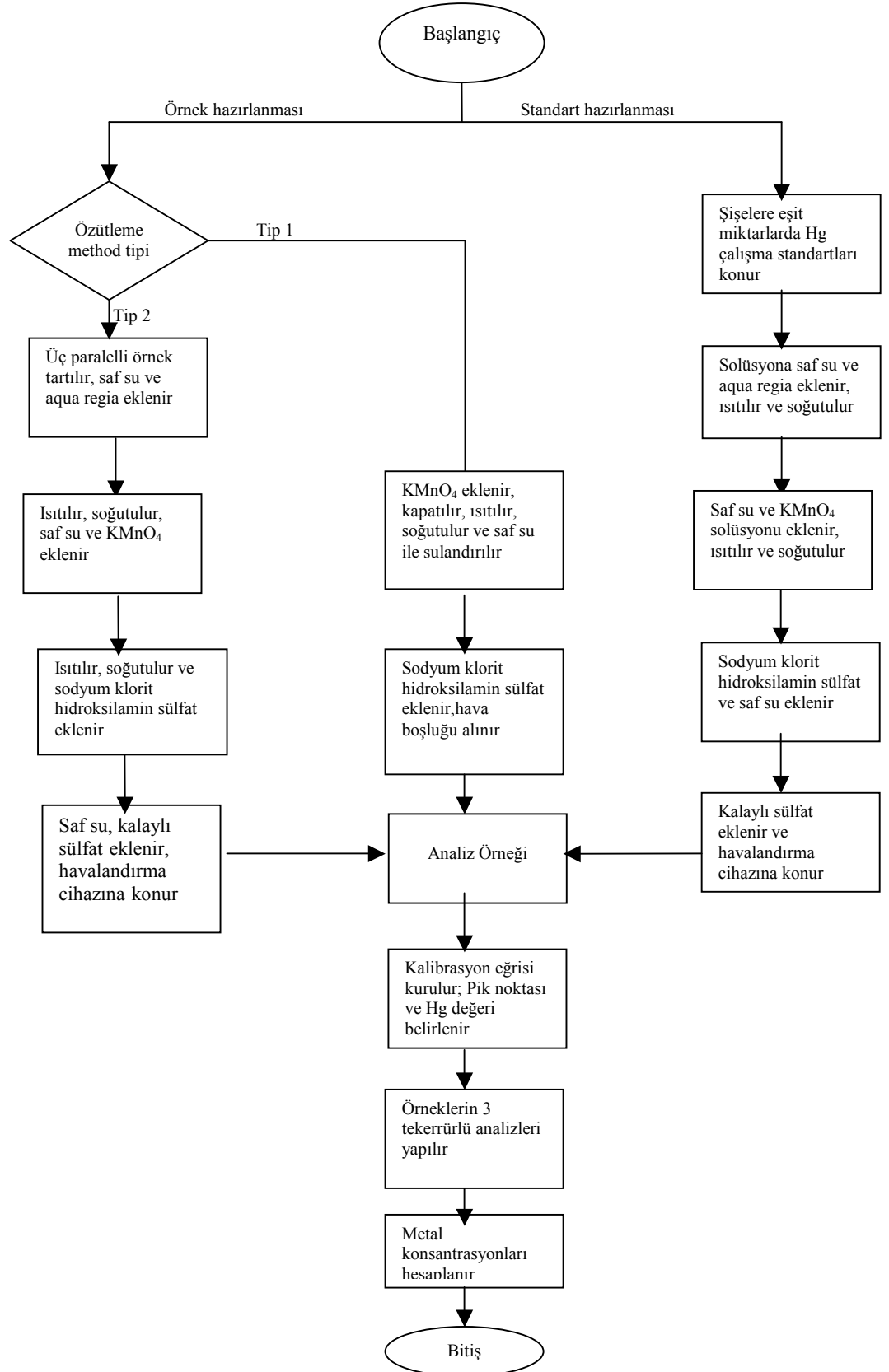
Şekil. 3.4. Mavi yengeç' de Göğüs Eti

**3.3.1. Civa Analizi**

BOD şişelerine homojenize edilmiş örnekten üçlü paralel olarak 0,2 g tartılıp konur. 5 ml saf su ve 5 ml aqua regia eklenir. 95 °C'lik bir su banyosunda 2 dakika ısıtılır ve soğutulur. Daha sonra her bir şişeye 50 ml saf su ve 15 ml KMnO<sub>4</sub> çözeltisi eklenir. Karışım çok iyi bir şekilde 95 °C'de 30 dakika su banyosunda bekletilir ve daha sonra soğutulur. Aşırı permanganatı azaltmak için 6 ml sodyum klorit-hydroxylamine sülfat eklenir.

0–1,0 µg Hg içeren, Hg çalışma standartlarının 0,0-, 0,5-, 1,0-, 2,0-, 5,0-, ve 10 ml-'lik miktarları, 300 ml'lik BOD şişelerinin bir serisine taşınır. Toplam hacmin 10 ml olması için her bir şişeye yeteri kadar saf su eklenir. 5 ml aqua regia eklenir ve 95 °C'de 2 dakika su banyosunda ısıtılır. Örneklerin soğuması ile her bir şişeye 50 ml saf su ve 15 ml KMnO<sub>4</sub> solüsyonu eklenir ve 30 dakikalığına su banyosuna geri gönderilir. Soğutulur ve aşırı permanganat'ı azaltmak için 6 ml sodyum klorit-hidroksilamin sülfat solüsyonu eklenir. Daha sonra 50 ml saf su eklenir. Her bir şişeye işlem ayrı ayrı yapılır, 5 ml kalaylı sülfat solüsyonu eklenir ve hızlı bir şekilde şişeler havalandırma aletine konur. Analiz noktasında, örnekler, el ile çalkalama olmaksızın, karıştırıcı ile karıştırılır. Daha önceden 1L/dakika'ya ayarlanmış olan karıştırıcı alet sürekli olarak çalıştırılır. Absorbsiyonlar, ya spektrofotometre ya da kayıt aleti üzerine gösterilmiş olarak yükselecektir ve 30 saniye içerisinde maksimuma ulaşacaktır. Kayıt aleti kalem seviyesine çıkar çıkmaz (yaklaşık 1 dakika) tali borusu açılır ve absorbsiyon minimum değere geri dönene kadar havalandırmaya devam edilir. Tali boru kapatılır, BOD şişelerinden uzaklaştırılır ve havalandırmaya devam edilir.

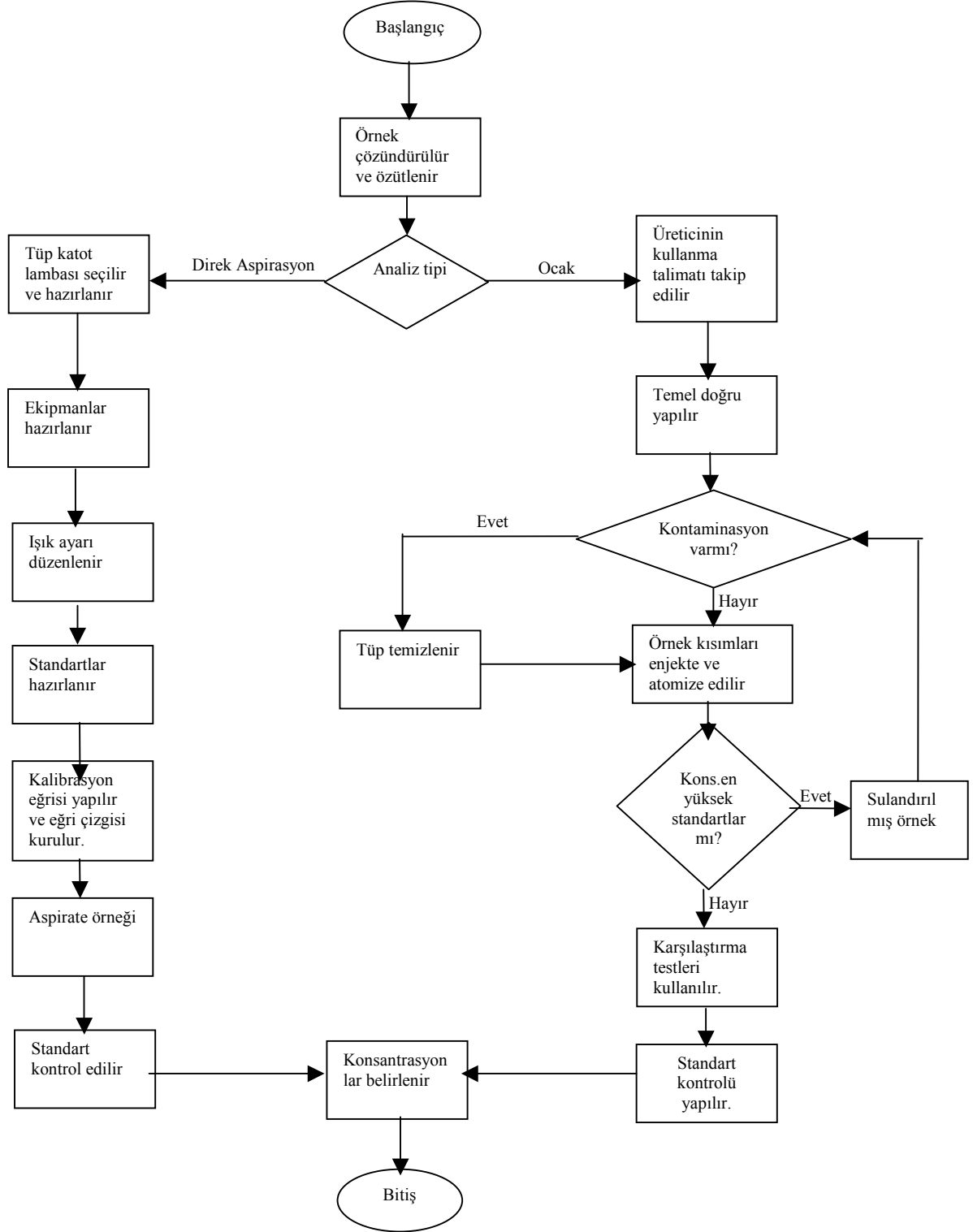
Hg'nin standart karşı mikrogramlarının absorbsiyonları işaretlenerek bir kalibrasyon eğrisi yapılır. Grafikten bilinmeyen en yüksek pik nokta belirlenir ve standart eğriden Hg değeri okunur. Paraleller kontrol edilir. Metal konsantrasyonları hesaplanır: (1) standart ekler metodu ile, (2) kalibrasyon eğrisi ile, (3) direk olarak aletlerden okunan konsantrasyonlar ile tüm seyreltme ve konsantrasyon faktörleri hesaba katılır (US EPA, 1994).



Şekil 3.5. Civa Analizinde Kullanılan Yöntemin Şematik Gösterim

**3.3.2. Kadmiyum Analizi**

Özütlenen örnekler çözündürülür, hazırlanır, analiz yöntemi seçilir. İki farklı analiz tipi vardır. Bunlar; direk aspirasyon ve fırın yöntemidir. Direk aspirasyon yönteminde tüp lambaları seçilir ve hazırlanır. Daha sonra ekipmanlar ayarlanır, ışık ayarı düzenlenir ve standartlar hazırlanır. Kalibrasyon eğrisi yapılır ve eğri çizgisi kurulur. Standartlar takip edilir, konsantrasyonlar belirlenir ve analiz tamamlanır. Furnace yönteminde ise üreticilerin kullanma talimatı izlenir. Temel doğru kurulur. Kontaminasyona bakılır, eğer varsa tüp temizlenir. Yoksa örneğin kısımları atomize ve enjekte edilir. Standartlar en yüksek konsantrasyonda ise örnek sulandırılır. Değilse karşılaştırma testi kullanılır, daha sonra standart kontrolü yapılır, konsantrasyonlar belirlenir ve analiz tamamlanır (US EPA, 1994).





Şekil 3.6. Kadmiyum Analizinde Kullanılan Yöntemin Şematik Gösterimi

### **3.3.3. Kurşun Analizi**

Analiz, furnace atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) ile yapılmıştır. Analiz için örnek hazırlanması, metalin organik formdan inorganik forma dönüştürülmesi ve organik girişimi minimize etmek için standart bir asit özütleme işleminden ibarettir. Doku örnekleri toz haline getirilir ve hidrojen peroksit ve nitrik asitte digeste edilir ve nitrik asit ile geri dönüştürülür. Daha sonra örnekler, graphite tube furnace içinde enjeksiyon için hazırlanır. Örnek aliquot kuruması için buharlaştırılır, kül haline getirilir ve atomize edilir. Metal konsantrasyonu, atomizasyon boyunca içi boş katot radyasyonun absorpsiyonu üzerine bağlı olarak hesaplanır. Pb analizi için detection limiti 0,001 mg/kg'dır (US EPA, 1986).

### **3.3.4. Arsenik Analizi**

100 ml'lik geniş bir şişede analizin yapılması için özütlenmiş örneğin 50 ml'lik eşit miktarları alınır. 10 ml konsantre olmuş HNO<sub>3</sub> ve 12 ml 18N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenir. Elektrikli bir ısıtıcı üzerinde, beyaz SO<sub>3</sub> dumanları görünene kadar örnekler buharlaştırılır (Hacim yaklaşık 20 ml). Örneklerin yanmasına izin verilmez. Eğer yanma olursa, derhal ısı düşürülür, soğutulur ve 3 ml HNO<sub>3</sub> eklenir. Yine korumak için HNO<sub>3</sub> ilavesine devam edilir. Solüsyonun siyah olmasına izin verilmez, çünkü As azalabilir ve kaybolabilir. Daha sonra, örnekler, SO<sub>3</sub> dumanının buharlaşması boyunca renksiz ya da saman sarısı kalırlar, digestion tamamlanır. Örnekler soğutulur ve yaklaşık 25 ml su eklenir ve tekrar nitrojen çıkartmak için SO<sub>3</sub> dumanları oluşana kadar buharlaştırılır. Özütlenen örnekler 100 ml'lik volümetrik bir beher içersine aktarılırlar. Üzerine 40 ml konsantre olmuş HCl eklenir ve su ile hacim tamamlanır.

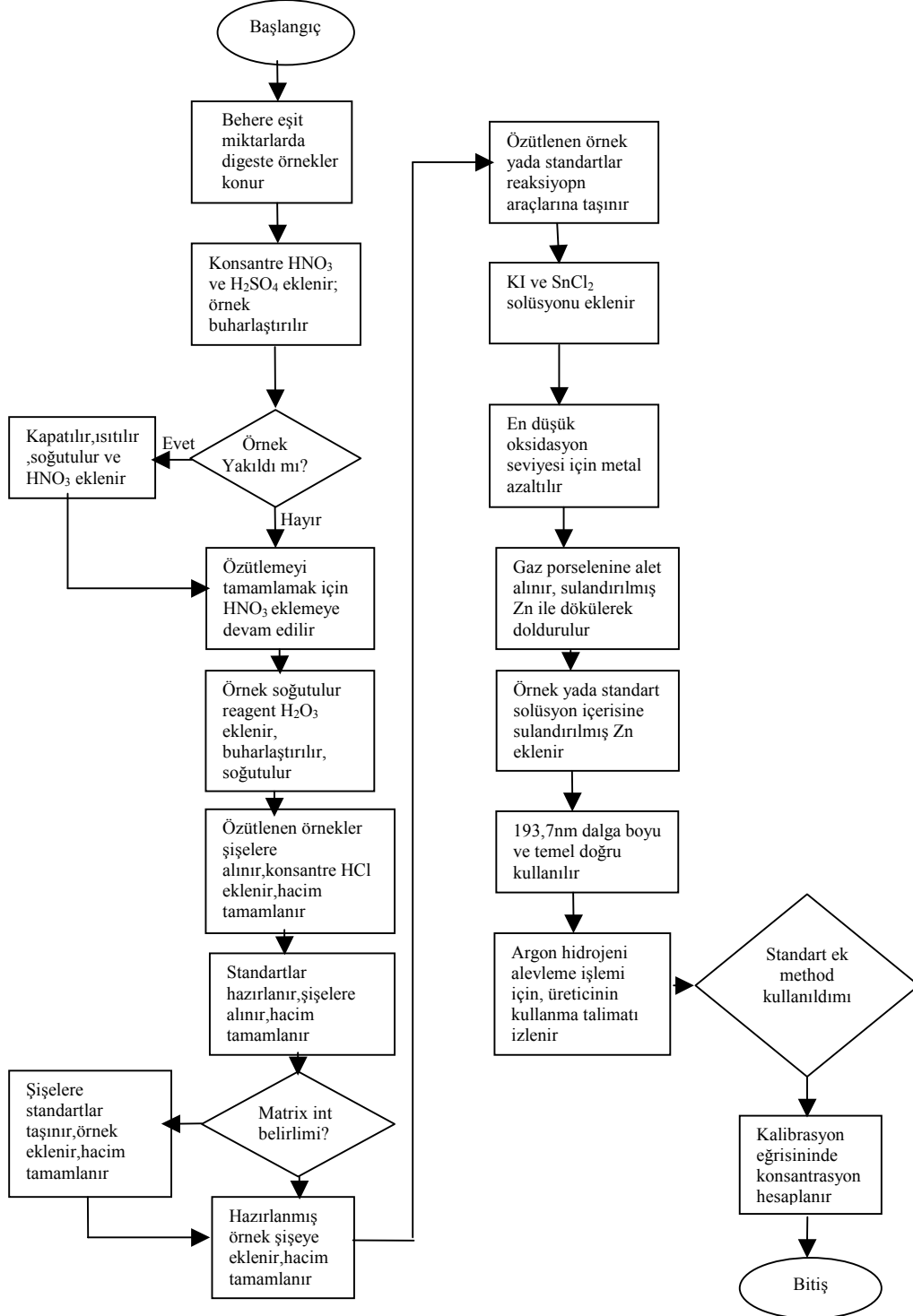
Standart As solüsyonundan çalışma standartları hazırlanır.100 ml volumetrik şişeler için standartların 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, ve 2,5 ml'leri hazırlanır ve seyreltici ile hacim tamamlanır. Bu konsantrasyonlar 0, 5, 10, 15, 20 ve 25 µg As/litre olacaktır.

Eğer EP ekstraktları analiz edilecekse yada matriks karışım karşılaştırılacaksa, 15-, 20- ve 25- mg/l standartlar alınır ve kantitatif olarak bu standartların her 25 ml'si 50 ml'lik volumetrik şişelere aktarılır. Her bir şişe hazırlanmış örnekten 10 ml eklenir.

50 ml'lik volumetrik şişeye hazırlanan örnekten 10 ml eklenir. 1,5 ml HCl/litre içerecek şekilde su ile hacim tamamlanır.

25 ml özütlenen örnek ya da standart, reaksiyon aletine taşınır ve 1 ml KI solüsyonu eklenir. Daha sonra 0,5 ml SnCl<sub>2</sub> solüsyonu eklenir. Metali, en düşük oksidasyon durumuna düşürmek için en azından 10 dakika beklenir. Okumada 193,7 nm dalga boyu kullanılır.

Bir argon hidrojen alevi kullanmak için üreticilerin kullanma talimatları takip edilir. Argon-hidrojen alevi renksizdir, bu yüzden ateşleme oluştuğunda sağlama almak için sodyumun düşük bir konsantrasyonunu içine çekmek için kullanılabilir (US EPA, 1992).



Şekil 3.7. Arsenik Analizinde Kullanılan Yöntemin Şematik Gösterimi

**3.3.5. Fe, Cu, Zn, Ca, Na, Mg, P ve K Analizleri**

Yengeç dokularındaki (kısaç eti, göğüs eti, hepatopankreas) mineral maddelerin (Fe, Cu, Zn, Ca, Na, Mg, P ve K) saptanmasında AOAC 975,03 nolu Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır (AOAC,1995). Örnekler yaş yakma yöntemiyle hazırlanmıştır, bunun için tam 1 g örnek pyrex şişe içine tartıldıktan sonra üzerine 10 ml HNO<sub>3</sub> ilave edilir ve örneğin tamamen ıslanması sağlanır. Örnek üzerine 10 ml %60'lık HClO<sub>4</sub> ilave edildikten sonra düz metal ısıtıcısı üzerinde ısıtılır ve HNO<sub>3</sub>'ün tamamen buharlaşması sağlanır. Isıtma işlemi beyaz renkli HClO<sub>4</sub> dumanı çıkana dek devam edilir. Ardından örneğin soğuması beklenmiş ve 10 ml HCl (1+1) ilave edildikten sonra tüm örnek 50 ml'lik bir mezüre aktarılır. Mezür içine %5'lik Lantanyum (La) solüsyonu ilave edilerek hacim seyreltilmiş ve örnek solüsyonunun % 1 La içermesi sağlanır. Daha sonra bu solüsyon içersine silis ilave edilir ve üstte kalan sulu kısım dikkatlice ayrılır. Deiyonize su kullanılarak cihazın absorpsiyonu sıfır, en düşük standart çözeltiyi kullanarak da absorpsiyon 100 yapılır. Cihazın ayarına hiç dokunmadan örneğin absorpsiyonları okunmuştur. Her bir mineral madde için ayrı standart solüsyonları ve çukur katotlu lambalar kullanılmıştır (Ca, K, P, Na standart solüsyonları ve lambaları) ve her biri okunmadan önce alet deiyonize su ile kalibre edilir. Standartlar yolu ile hazırlanan çalışma eğrisinde okunan değer yerine konarak konsantrasyon eğriden hesaplanır.

**3.4. İstatistiksel Analizler**

Araştırma verilerinin değerlendirilmesinde, SPSS 9.05 paket programında varyans analizi (ANOVA) ve çoklu karşılaştırma testi (DUNCAN) uygulanmıştır.

**3.5. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinin Özellikleri**

Ağır metal ve mineral maddelerin analizlerinde Perkin Elmer atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılmıştır. 1955 yılından sonra geliştirilmiş olan atomik absorpsiyon spektroskopisi yüksek sıcaklıkta gaz halinde bulunan elementler atomlarının elektromagnetik ışınları absorplaması üzerine kurulmuştur. Absorplanan elektromagnetik ışınlar genellikle ultraviyole ve görünür alan ışınlarıdır. Bir elementin atomik absorpsiyon spektroskopisiyle analizini yapmak için o elementin önce nötral hale, sonra buhar haline gelmesi, daha sonrada bir kaynaktan gelen elektromagnetik ışın demetinin yoluna dağılması gerekir. Bu işlem, ya elementi bileşik halinde ihtiva eden bir çözeltilinin sis halinde yüksek sıcaklıktaki bir alev içine püskürtülmesi veya elementi bileşik halinde içeren numunenin (çözelti veya katı) karbon numune kabına konarak kabın elektrik arkıyla akkor haline getirilmesi suretiyle gerçekteşir (Yılmaz, 1995).

**4. BULGULAR VE TARTIŞMA****4.1. Bulgular****4.1.1. Mavi Yengecin Ağır Metal Konsantrasyonu**

Mavi yengecin farklı dokularının (kısaç eti, göğüs eti ve hepatopankreas) ağır metal konsantrasyonları (mg/kg yaş ağırlık) çizelge 4.1.'de ve bununla ilgili grafikler şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de gösterilmiştir.

Dokular arasında civa (Hg), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), arsenik (As), demir (Fe), bakır (Cu) ve çinko (Zn) miktarları istatistiki açıdan farklı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Dokulara göre yapılan grup karşılaştırmalarında, Hg miktarı  $0,028\pm0,004$  ile  $0,066\pm0,002$  mg/kg arasında değişmiştir. Kısaç ve göğüs eti benzer olup, hepatopankreasa göre önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Cd miktarı dokular arasında  $0,058\pm0,003$  ile  $0,089\pm0,002$  mg/kg arasında değişmiş olup, en yüksek Cd miktarı göğüs etinde bulunurken bunu sırasıyla hepatopankreas ve kısaç eti izlemiştir ( $p<0,05$ ).

Dokular arası Pb miktarları  $0,143\pm0,002$  ile  $0,270 \pm 0,02$  mg/kg arasında değişmiş olup, en düşük göğüs etinde görülürken kısaç eti ve hepatopankreasta ise benzer bulunmuştur ( $p<0,05$ ). As miktarları dokular arasında  $0,278\pm0,02$  ile  $0,679\pm0,007$  mg/kg arasında değişmiştir. Kısaç ve göğüs eti arasında fark görülmezken, hepatopankreasta daha düşük As miktarı tespit edilmiştir.

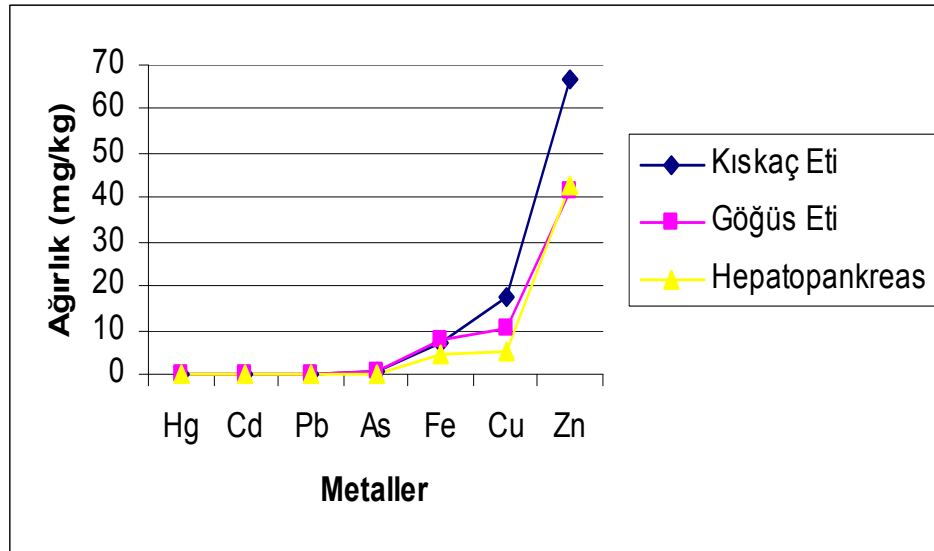
Fe miktarları dokular arasında  $4,426\pm0,08$  ile  $8,056\pm0,231$  mg/kg arasında değişmiş olup en yüksek Fe seviyesi göğüs etinde daha sonra sırasıyla kısaç eti ve hepatopankreasta bulunmuştur. Cu miktarları,  $5,053\pm0,117$  ile  $17,380\pm1,691$  mg/kg arasında değişmiş olup, dokular arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). En yüksek kısaç etinde bulunurken, en düşük hepatopankreasta bulunmuştur. Zn miktarları ise  $41,610\pm0,494$  ile  $66,440\pm1,249$  mg/kg arasında değişmiş olup göğüs eti ve hepatopankreas arasında fark bulunmazken, kısaç etinde daha yüksek Zn konsantrasyonu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ).

Ağır metal konsantrasyonları (mg/kg kas doku) üç dokunun ortalaması olarak ele alındığında ise Hg, 0,051 mg/kg; Cd, 0,070 mg/kg; Pb, 0,221 mg/kg; As, 0,544 mg/kg; Fe, 6,481 mg/kg; Cu, 10,831 mg/kg ve Zn miktarı 50,186 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

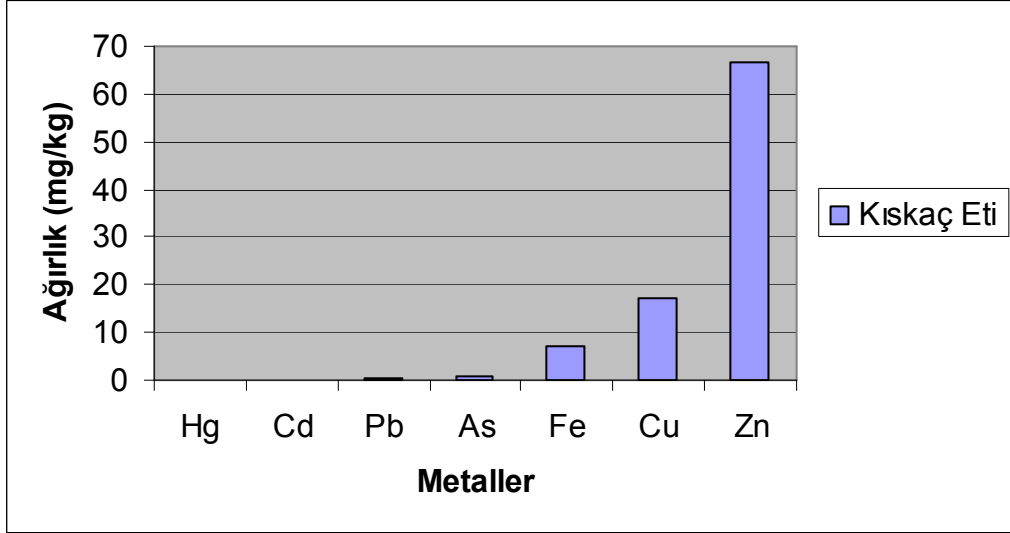
Çizelge 4.1. Mavi Yengecin Farklı Dokularındaki Ağır Metal Konsantrasyonları (mg/kg yaş ağırlık).

Metaller	Kısaç Eti	Göğüs Eti	Hepatopankreas	Ortalama
Hg	0,066±0,002 <sup>b*</sup>	0,063±0,002 <sup>b</sup>	0,028±0,004 <sup>a</sup>	0,051±0,018
Cd	0,058±0,003 <sup>a</sup>	0,089±0,002 <sup>c</sup>	0,064±0,003 <sup>b</sup>	0,070±0,014
Pb	0,270±0,02 <sup>b</sup>	0,143±0,002 <sup>a</sup>	0,252±0,003 <sup>b</sup>	0,221±0,061
As	0,676±0,02 <sup>b</sup>	0,679±0,007 <sup>b</sup>	0,278±0,02 <sup>a</sup>	0,544±0,200
Fe	6,962±0,007 <sup>b</sup>	8,056±0,231 <sup>c</sup>	4,426±0,08 <sup>a</sup>	6,481±1,617
Cu	17,380±1,691 <sup>c</sup>	10,060±0,788 <sup>b</sup>	5,053±0,117 <sup>a</sup>	10,831±5,449
Zn	66,440±1,249 <sup>b</sup>	41,610±0,494 <sup>a</sup>	42,510±2,498 <sup>a</sup>	50,186±12,278

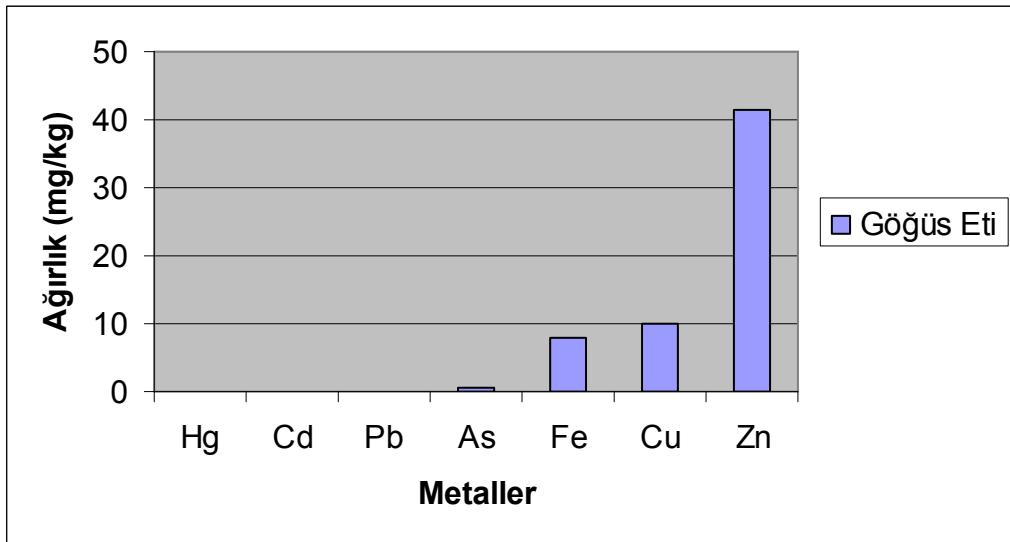
\* Her satırda farklı harfler ile gösterilen değerler istatistiki olarak birbirlerinden farklıdır (p<0,05).



Şekil 4.1. Mavi Yengecin Farklı Dokularındaki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi (mg/kg yaş ağırlık).

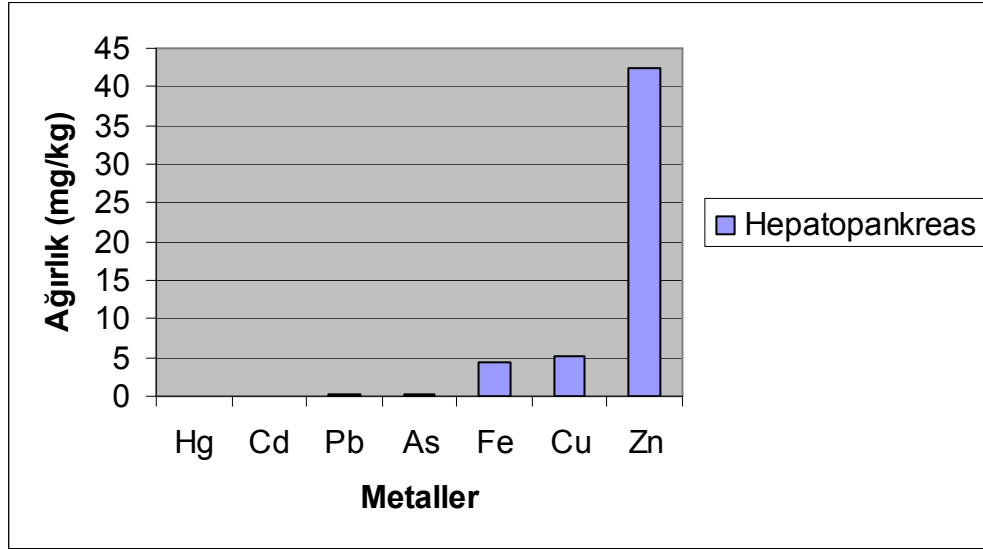


Şekil 4.2. Mavi Yengecin Kıskaç Etinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi (mg/kg yaş ağırlık).



Şekil 4.3. Mavi Yengecin Göğüs Etinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi (mg/kg yaş ağırlık).





Şekil 4.4. Mavi Yengecin Hepatopankreas'ında Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi (mg/kg yaş ağırlık).

#### 4.1.2. Mavi Yengecin Mineral Madde İçeriği

Mavi yengecin farklı dokularının (kısaç eti, göğüs eti ve hepatopankreas) mineral madde miktarları (mg/100g doku) çizelge 4.2.'de ve bununla ilgili grafikler şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8'de verilmiştir.

Dokular arasında kalsiyum (Ca), sodyum (Na), magnezyum (Mg), fosfor (P) ve potasyum (K) miktarları  $p < 0,05$  düzeyinde farklı bulunmuştur. Dokulara göre yapılan grup karşılaştırmalarında; Ca miktarları (mg/100g doku)  $401,10 \pm 4,48$  ile  $553,40 \pm 10,62$  arasında değişmiş olup, en yüksek Ca miktarı göğüs etinde bulunurken, kısaç eti ve hepatopankreasta istatistiki bir fark gözlenmemiştir ( $p < 0,05$ ). Na miktarları (mg/100g doku), dokular arasında  $615,30 \pm 4,40$  ile  $826,60 \pm 0,78$  arasında bulunmuştur. Na değeri en yüksek hepatopankreasta bulunurken, bunu sırasıyla kısaç eti ve göğüs eti izlemiştir ( $p < 0,05$ ).

Mg içeriği (mg/100g doku) dokular arasında  $79,98 \pm 2,65$  ile  $91,07 \pm 1,49$  arasında değişmiştir. Göğüs eti diğer dokulara göre yüksek Mg içeriğine sahip olurken kısaç eti ve hepatopankreas ise benzer bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Dokular arası P miktarları (mg/100g doku)  $120,41 \pm 2,86$  ile  $248,63 \pm 1,15$  arasında bulunmuştur.

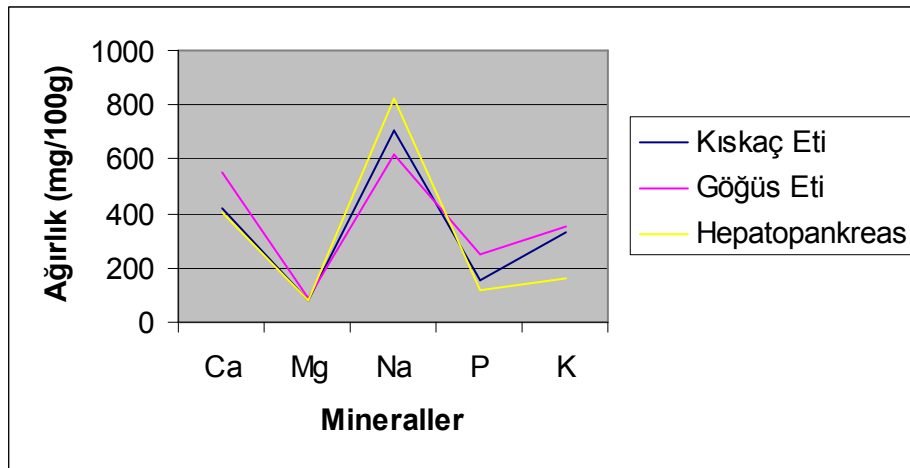
Göğüs eti diğer iki dokudan, kısıkaç eti hepatopankreastan önemli düzeyde yüksek ( $p<0,05$ ) bulunmuştur. K miktarları (mg/100g doku) ise  $160,50\pm 1,16$  ile  $349,40\pm 1,65$  arasında değişmiştir. En yüksek K değeri göğüs etinde bulunurken, bunu sırasıyla kısıkaç eti ve hepatopankreas izlemiştir ( $p<0,05$ ).

Mineral madde miktarları (mg/100g kas doku) açısından üç dokunun ortalaması ele alındığında ise; Ca, 458,20 mg/100g; Na, 716,86 mg/100g; Mg, 84,49 mg/kg; P, 174,95 mg/kg ve K miktarı ise 280,93 mg/kg olarak belirlenmiştir.

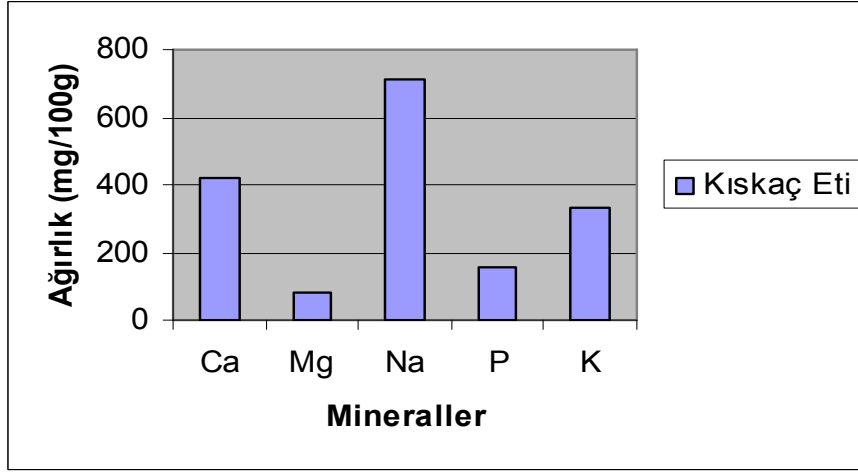
Çizelge 4. 2. Mavi Yengecin Farklı Dokularındaki Mineral Madde Miktarları (mg/100g doku).

Mineraller	Kısıkaç Eti	Göğüs Eti	Hepatopankreas	Ortalama
Ca	$420,100\pm 17,511^{a*}$	$553,400\pm 10,624^b$	$401,100\pm 4,487^a$	$458,20\pm 72,63$
Na	$708,700\pm 1,675^b$	$615,300\pm 4,404^a$	$826,600\pm 0,789^c$	$716,86\pm 91,73$
Mg	$79,980\pm 2,652^a$	$91,070\pm 1,499^b$	$82,440\pm 1,052^a$	$84,49\pm 5,29$
P	$155,830\pm 1,551^b$	$248,630\pm 1,155^c$	$120,410\pm 2,863^a$	$174,95\pm 57,37$
K	$332,900\pm 3,014^b$	$349,400\pm 1,653^c$	$160,500\pm 1,169^a$	$280,93\pm 90,62$

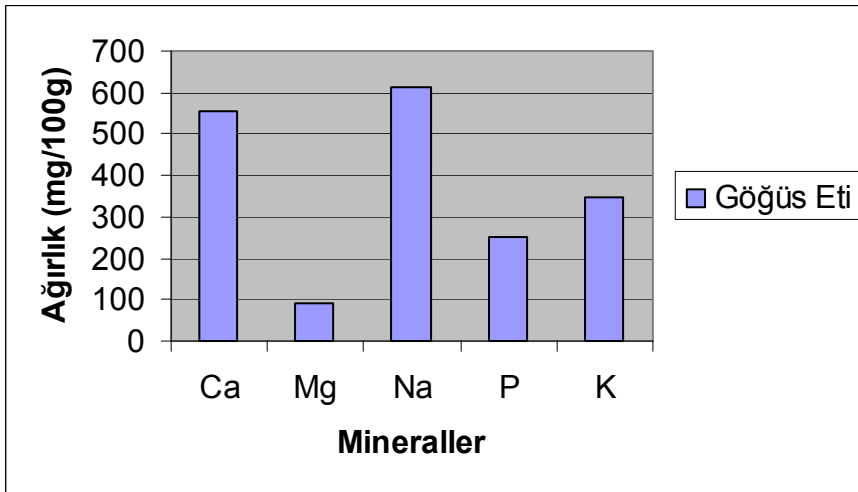
\* Her satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirlerinden farklıdır ( $p<0,05$ ).



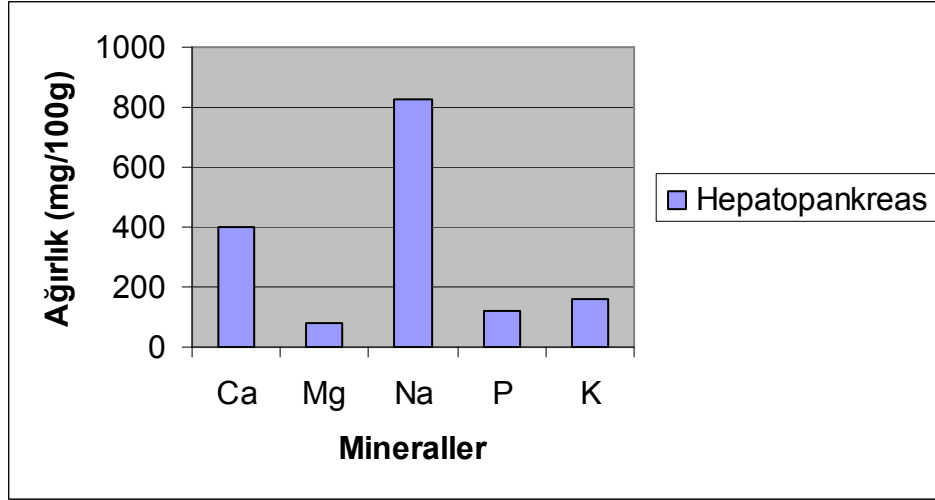
Şekil 4.5. Mavi Yengecin Farklı Dokularındaki Mineral Madde İçeriklerinin Değişimi (mg/100g doku).



Şekil 4.6. Mavi Yengecin Kıskaç Etinde Mineral Madde İçeriklerinin Değişimi (mg/100g doku).



Şekil 4.7. Mavi Yengecin Göğüs Etinde Mineral Madde İçeriklerinin Değişimi (mg/100g doku).



Şekil 4.8. Mavi Yengecin Hepatopankreasında Mineral Madde İçeriklerinin Değişimi (mg/100g doku).

## 4.2. Tartışma

### 4.2.1. Ağır Metal Konsantrasyonları

Mavi yengecin kısıkaç eti, göğüs eti ve hepatopankreasındaki ağır metal konsantrasyonları mg/kg yaş ağırlık olarak verilmiştir. Genelde mavi yengecin dokuları arasında, ölçülen tüm metaller bakımından istatistiksel olarak fark tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, ağır metal konsantrasyonlarının dokulara göre farklılık gösterebildiğini onaylamaktadır.

Tüm dokulardaki ağır metallere büyüklük açısından bakıldığında Zn>Cu>Fe>As>Pb>Cd>Hg sırası oluşmuştur. Hg ve As metalleri bakımından, kısıkaç eti = göğüs eti > hepatopankreas; Cd metali bakımından, göğüs eti > hepatopankreas > kısıkaç eti; Pb metali bakımından, kısıkaç eti = hepatopankreas > göğüs eti; Fe metali bakımından, göğüs eti > kısıkaç eti > hepatopankreas; Cu metali bakımından, kısıkaç eti > göğüs eti > hepatopankreas ve Zn metali bakımından, kısıkaç eti > göğüs eti = hepatopankreas olarak sonuçlanmıştır. Buradan da görüldüğü gibi dokularda ağır metal birikimi ile ilgili bir genelleme yapmak oldukça zordur. Hemen hemen tüm metaller için fazla depolandıkları doku farklıdır. Burada metalin cinsi ve hangi doku olduğu oldukça önemlidir.

Hg konsantrasyonu hepatopankreasta (0,028 mg/kg), kısıkaç eti (0,066 mg/kg) ve göğüs etine (0,063 mg/kg) göre daha yüksek bulunmuştur. Farklı yengeç türlerinde yapılan diğer çalışmalar da yengeç dokularının düşük miktarlarda Hg içerdiğini göstermektedir (Jop ve ark., 1997; Guns ve ark., 1999).

Her üç doku arasında da, Cd konsantrasyonu farklı bulunmuştur. Göğüs eti, hepatopankreas ve kısıkaç etinde sırasıyla, 0,089, 0,064 ve 0,058 mg/kg Cd miktarları tespit edilmiştir. Guns ve ark. (1999) *Liocarcinus holsatus* türünde 0,055 mg/kg Cd değeri bildirmişlerdir. Ülkemizde ve Avrupa ülkelerinde Cd için yasal limitler kabuklular için 0,5 mg/kg yaş ağırlık olarak belirlenmiştir. Mevcut Cd sonuçları belirtilen limitlerin altında çıkmıştır.

Mavi yengecin dokularındaki ortalama Pb değeri 0,221 mg/kg olarak belirlenmiştir. Dünyanın farklı bölgelerinde, farklı yengeç türlerinde yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar rapor edilmiştir. (Anthony ve ark., 1983; Guns ve ark., 1999). Genellikle sucul organizmaların Pb konsantrasyonunu insan aktiviteleri etkilemektedir. Avrupa Birliğinin Pb için belirlediği yasal limitler kabuklular için 0,5 mg/kg yaş ağırlıktır.

Mavi yengecin dokularındaki ortalama As miktarı 0,544 mg/kg olarak bulunmuştur. Bu çalışmaya benzer olarak, Jop ve ark. (1997), *Callinectes sapidus*'da 0,60-0,84 mg/kg As değerlerini rapor etmişlerdir. Burger ve ark. (2002), metaller arasında *Limulus polyphemus* türünde yaptıkları analizlerde en yüksek değerde olan metalin As olduğunu ve onunda bacak etinde depolandığını belirtmişlerdir.

Üç doku arasında Fe konsantrasyonu istatistiki açıdan farklı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Dokulardaki Fe miktarı 4,426 mg/kg ile 8,056 mg/kg arasında değişmektedir. Skonberg ve Perkins (2002) buharda haşlanmış olan *Callinectes sapidus*'un kısıkaç etindeki Fe miktarının çiğ kısıkaç etine göre daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Yine benzer şekilde Anthony ve ark. (1983) pişirilmiş *Callinectes sapidus*'da 6,74 mg/kg Fe değeri bulmuşlardır.

Mavi yengecin dokuları arasında Cu konsantrasyonu (mg/kg yaş ağırlık) bakımından istatistikî fark vardır. En yüksek kiskaç etinde (17,38 mg/kg) iken bunu sırasıyla göğüs eti (10,06 mg/kg) ve hepatopankreas (5,05 mg/kg) takip etmektedir. Bu sonuçlara benzer olarak, Turoczy ve ark. (2001), *Pseudocarcinus gigas* türünde en yüksek Cu değerini kiskaç etinde belirlemişlerdir. Yine mevcut çalışmaya benzer olarak, Jop ve ark. (1997), *Callinectes sapidus*'un kas dokusunda Cu değerini 16,20 mg/kg olarak bulmuşlardır. Guns ve ark. (1999), *Liocarcinus holsatus*'da 9,9 mg/kg Cu değeri; Anthony ve ark. (1983) pişirilmiş *Callinectes sapidus*'da 10,61 mg/kg Cu değeri tespit etmişlerdir.

Mavi yengeçte ortalama Zn konsantrasyonu 50,18 mg/kg olarak bulunmuştur. Bu çalışmada bulunan Zn değerleri Caldwell ve Buhler (1983) bulduğu değerlerden (25–37,9 mg/kg) ve Kwon ve Lee (2001)'nin bulduğu değerden (16,38 mg/kg) daha yüksektir. Bununla birlikte Turoczy ve ark. (2001) daha yüksek Zn değerleri (83–163 mg/kg) rapor etmişlerdir. USDA Nutrient Database (2004)'in verdiği değer (42,2 mg/kg) ile mevcut çalışmanın sonuçları paraleldir.

Crustacea'larda Zn ve Cu gibi esansiyel metallerin aktif olarak düzenlendiği, Cd gibi esansiyel olmayan metallerin ise düzenlenmediği bilinmektedir (Bu-Olayan ve Subrahmanyam, 1997).

Young ve ark. (1984), deniz çevresine metal girişinin, insan aktiviteleri ya da antropojenik kaynaklardan, Pb ve Zn koruyucu boyaları içeren diğer metallerin kullanıldığı gemi ve liman aktivitelerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Tüm bu sebeplerin kıyasal alanlarda ve canlı organizmalarda ağır metal konsantrasyonunu etkilediği söylenebilir. Nitekim, mevcut çalışmadaki örneklerin alındığı Kuzey Doğu Akdeniz bölgesinde son zamanlarda endüstriyel gelişme, antropojenik atıklar, yoğun zirai aktiviteler, gemilerin aktiviteleri ve popülasyonun artması söz konusudur.

Buraya kadar görüldüğü gibi sonuçlar oldukça değişkenlik göstermektedir. Farklı yengeç türlerinin dokularındaki ağır metal konsantrasyonu birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler, yengeçlerin yakalandığı bölgenin durumu, beslenmeleri, doku tipleri, yengeçlerin türü, büyüklüğü, yaşı, cinsiyeti, suyun fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Literatür verileri ile mevcut çalışma arasındaki

farklılıkların da bu sebeplerden olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak bir genelleme yapmak oldukça karmaşık ve zordur.

Gıda güvenliği için, yasalar, dünya genelinde besinlerdeki ağır metal konsantrasyonları standartları belirlemiştir. Bazen bu standartlar gıdalardaki maksimum konsantrasyonları tayin etmektedir. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın verileri Ek 1'de gösterilmiştir. Bu çalışmadaki mavi yengeçte tespit edilen ağır metal miktarları bu değerlerin altında çıkmıştır. Aynı zamanda mevcut sonuçlar FAO (1983)'nin izin verdiği değerler ile kıyaslandığında yine izin verilen değerlerin altında olduğu görülmektedir.

#### **4.2.2. Mineral Madde İçerikleri**

Yapılan çalışma sonucunda mavi yengecin üç farklı dokusu arasında mineral içeriği bakımından istatistiksel farklılıklar bulunmuştur. Analizi yapılan tüm mineraller arasında Na en yüksek değere sahip olan mineral olarak tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada bulunan sonuçlar literatürdeki değerlerden farklılık göstermektedir. Bunun sebebi de farklı yengeç türlerinin dokularındaki mineral madde içeriğinin, mevsimsel ve biyolojik farklılıklar (tür, canlının boyutu, yaş, cinsiyet ve cinsi olgunluk), canlının beslenme durumu ve çevre (su kimyası, tuzluluk, sıcaklık ve kontaminantlar) gibi birçok faktörden etkilenmesidir.

Üç farklı dokunun ortalaması olarak, mavi yengeç'te Ca miktarı 458,20 mg/100g olarak saptanmıştır. Önceki yapılan çalışmalara göre oldukça yüksek Ca değerleri bulunmuştur. Nitekim Skonberg ve Perkins (2002) *Carcinus maenus*'da yaptıkları çalışmada Ca içeriğini 74 mg/100g olarak bulmuşlardır. Benzer şekilde Gökoğlu ve Yerlikaya (2002) *Callinectes sapidus*'un göğüs etinde Ca içeriğini 64,9 olarak kaydetmişlerdir.

Mavi yengecin dokularındaki Na miktarı hepatopankreasta, kiskaç eti ve göğüs etine göre daha yüksek bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Na miktarı hepatopankreas, kiskaç eti ve göğüs etinde sırasıyla 826,60, 708,70 ve 615,30 mg/100g olarak belirlenmiştir. Bu değerler King ve ark. (1990) *Cancer magister* türünde buldukları değerden (364 mg/100g) çok daha yüksektir. Skonberg ve Perkins (2002), mevcut

çalışmada olduğu gibi buharda haşlanmış yengeçlerin kısıkaç eti ve bacak etinde, çiğ yengeç etlerine göre çok daha yüksek Na içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuçlardan da görüldüğü gibi, mevcut çalışmada kullanılan mavi yengeçlerin Ca ve Na içerikleri oldukça yüksektir. *Callinectes sapidus* örihalin bir organizmadır ve bu yüzden, onların göçlerini ve üreme alışkanlıklarını gösteren geniş tuzluluk oranlarında fonksiyonları olabilmektedir. Onlar aynı zamanda etkili bir osmoregülatördürler ve tuzluluğun yüksek oranda olduğu dar bölgelerde metabolizmalarını koruyabilmektedirler.

Düşük tuzluluktaki deniz suyunda yaşayan mavi yengeçler eğer normal postmolt aşamasında iseler, yüksek Ca miktarını koruyarak daha düşük dış tuzluluğa uyum sağlayabildikleri görülebilir (Sheets ve James, 1981). Nitekim bu çalışmada kullanılan mavi yengeçler, yılın bazı mevsimlerinde tuzluluğun yaklaşık %012'ye kadar düştüğü (Anonim, 1997) Akyatan Lagünü'nden yakalanmışlardır.

Ayrıca Vigh ve Dendinger (1982), 0–3 günlük postmolt aşamasındaki yengeçlerde Ca miktarının azaldığını, bununda muhtemelen minerallerin kabukta hızlıca depolandığını ve daha sonraki günlerde normal Ca değerlerine hızlıca ulaştığını bildirmişlerdir.

Kısıkaç eti ve hepatopankreastaki Mg içerikleri arasında istatistiki bir fark bulunamamıştır. Göğüs etinde 91,07 mg/100g bulunurken, hepatopankreasta 82,44 mg/100g, kısıkaç etinde ise 79,98 mg/100g olarak bulunmuştur. Gökoğlu ve Yerlikaya (2002), *Callinectes sapidus*'un kısıkaç ve bacak etinde sırasıyla, 35,1 ve 37,1 Mg değerlerini bulmuşlardır.

Mavi yengecin P içerikleri her üç doku arasında da istatistiki açıdan farklı bulunmuştur. Göğüs eti, kısıkaç eti ve hepatopankreasta sırasıyla 248,63, 155,83 ve 120,41 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Anthony ve ark. (1983) pişirilmiş *Callinectes sapidus* etinde benzer sonuçları (245,6 mg/100g) rapor etmişlerdir. Onlar çiğ *Callinectes sapidus* etinde daha yüksek miktarda P (276,9 mg/100g) bulmuşlardır.



Benzer şekilde K miktarı da üç dokuda farklı bulunmuştur. Göğüs eti, kıskaç eti ve hepatopankreasta sırasıyla 349,40, 332,90 ve 160,50 mg/100g olarak bulunmuştur. Mevcut sonuçlar Anthony ve ark. (1983)'na göre daha düşüktür. Onlar pişirilmiş *Callinectes sapidus*'un etinde K miktarını 478,8, çığ mavi yengeç etinde ise 660,0 mg/100g olarak bildirmişlerdir. King ve ark. (1990) ise *Cancer magister*'de 74 mg/100g olarak rapor etmişlerdir.

**5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Kuzey Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Akyatan Lagünü'nden (Karataş/Adana) avlanan pastörize edilmiş mavi yengeçlerin çalışılan dokularında ağır metallere Hg, Cd, Pb, As, Fe, Cu ve Zn tespit edilmiştir. Mavi yengecin dokularındaki metal konsantrasyonları metalin cinsine ve dokuların farklılığına göre değişim göstermiştir.

Sonuç olarak, büyük oranda yurt dışına ihracatı yapılan ve iç pazara sunulan ekonomik öneme sahip mavi yengecin yenilebilir dokularındaki metal konsantrasyonları kabul edilebilir limitlerin altında olduğu (Ek 1) ve insan tüketimi için tehlikeli boyutlarda olmadığı belirlenmiştir (Anonim, 2002). Ancak bölgedeki yoğun tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden dolayı bu su kaynakları her zaman kirliliğe maruz kalabilir. Bu nedenle, özellikle canlı bünyesinde birikime uğrayan ağır metallere kontrolü için bu tür çalışmaların periyodik olarak devam etmesi gereklidir.

Mavi yengeç, Türkiye'nin Kuzey Doğu Akdeniz kıyısındaki lagünlerinde oldukça geniş bir yayılım göstermesine rağmen, beslenme geleneklerinden ve bilgi eksikliğinden dolayı Türkiye'de tüketimi yaygın değildir. Fakat gelişmiş ülkelerde çok talep edilen bir gıda kaynağıdır. Bu çalışmadaki sonuçlar mavi yengecin kısıkaç, göğüs eti ve hepatopankreasının major ve esansiyel elementler bakımından oldukça zengin olduğunu göstermektedir. Tüm bu mineraller Amerikan Ulusal Gıda Birliği (Food and Nutrition Board)'nin insan tüketimi için tavsiye ettiği değerler ile kıyaslandığında iyi durumdadır (Ek 2). Bu da insan beslenmesinde, bir mineral kaynağı olarak mavi yengecin kullanımının teşvik edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Aynı zamanda mevcut çalışma ile mavi yengeçlerin, bölgedeki balıkçılık endüstrisi, işleme fabrikaları, pazarlamacılar ve diyetisyenler tarafından daha fazla ilgi çekmesi umulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- ADEYEYE, E.I., 2002. Determination of the chemical composition of the nutritionally valuable parts of male and female common West African fresh water crab *Sudanautes africanus africanus*. International Journal of Food Science and Nutrition. 53 (3): 189-196.
- AKPAN, E.J., 1997. Proximate composition of edible blue crab *Callinectes sapidus*. Journal of Food Science and Technology, 34 (1): 59-60.
- AL-MOHANNA, S.Y. and SUBRAHMANYAM, M.N.V., 2001. Flux of heavy metal accumulation in various organs of the intertidal marine blue crab, *Portunus pelagicus* (L.) from the Kuwait coast after the Gulf War. Environment International, 27: 321–326.
- ANONİM, 1997. Türkiye Lagünlerinin Yönetim ve Geliştirme Stratejileri ve Islahı Konusunda Yapılan Çalışma. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Tarımsal Sanayi Projesi WB 13077-TU Final Raporu, 1. Cilt, Bölüm 1–6 (30 Nisan 1997).
- ANONİM, 2001. Tür ve bölgelere göre avlanan diğer deniz ürünleri (Kabuklu, Yumuşakçalar), DİE Su Ürünleri İstatistikleri.
- ANONİM, 2002. Çift Kabuklu Yumuşakçalarda Kimyasal, Toksikolojik ve Mikrobiyolojik Kabul Edilebilir Değerler, Resmi Gazete, Yürütme ve İdare Bölümü Sayfa: 92, 14 Kasım 2002-Sayı:24936.
- ANTHONY, J.E., HADGİS, P.N., MİLAM, R.S., HERZFELD, G.A., TAPER, L.J. and RİTCHEY, S.J., 1983. Yields, proximate composition and mineral content of finfish and shellfish. Journal of Food Science, 48: 313.
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- BALKAS, T.I., TURGUL, S. and SALIHOGLU, I., 1982. Trace metal levels in fish and crustacea from northeastern Mediterranean coastal waters. Marine Environmental Research, 6 (4): 281-289.

- BARGHIARNI, G., PELLEGINI, D., DULIVO, A. and DERANIERI, S., 1991. Mercury assessment and its relation to selenium levels in edible species of the Northern Tyrrhenian Sea. *Mar Poll Bull.*, 22: 406-409.
- BEYAN, G.W., 1968. Concentrations of zinc and copper in the tissues of decapod crustaceans. *Journal of the Marine Biology Ass.*, 48: 303-321.
- 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.
- BLOOM, N.S., 1992. On the chemical form of mercury in edible fish and marine invertebrate tissue. *Can. J. Fish Aquat Sci.*, 49: 1010-1017.
- BURGER, J., 1997. Heavy metals in the eggs and muscle of horseshoe crabs (*Limulus polyphemus*) from Delaware Bay. *Environmental Monitoring and Assessment*, 46 (3): 279-287.
- BURGER, J., DIXON, C., SHUKLA, T., TSIPOURA, N. and GOCHFELD, M., 2002. Metal levels in horseshoe crabs (*Limulus polyphemus*) from Maine to Florida. *Environmental Research*, 90: 227–236.
- BURGER, J., DIXON, C., SHUKLA, T., TSIPOURA, N., JENSEN, H., FITZGERALD, M., RAMOS, R. and GOCHFELD, M., 2003. Metals in horseshoe crabs from Delaware bay. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 44 (1): 36-42.
- BU-OLAYAN, A.H. and SUBRAHMANYAM, M.N.V., 1998. Trace metal concentrations in the crab *Macrophthalmus depressus* and sediments on the Kuwait coast. *Environmental Monitoring and Assessment*, 53: 297–304.
- CALDWELL, R.S. and BUHLER, D.R., 1983. Heavy metals in estuarine shellfish from Oregon. *Arch Environ Contam Toxicol.*, 12: 15-23.
- CANLI, M. and ATLI, G., 2003. The Relationships between Heavy Metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) Levels and Size of Six Mediterranean Fish Species. *Environmental Pollution*, 121: 129–136.

- CASTRO-GONZALEZ, M.I., CALVO, C.M.C., SANCHEZARMAS, L.R., PEREZGIL, R.F. and AURIOLES-GAMBOA, D., 1995. Langostilla (*Pleuroncodes planipes*), Stimpson: mineral content under different preservation procedures. *Journal of Food Science and Technology*, 32 (6): 482-485.
- CHENG, S., 2003. Heavy metal Pollution in China: Origin, Pattern and Control. *Environ. Sci. Pollut. Rest. Int.*, 10(3): 192-198.
- ÇELİK, M., TÜRELİ, C., ÇELİK, M., YANAR, Y., ERDEM, Ü. and KÜÇÜKGÜLMEZ, A., 2004. Fatty acid composition of the blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) in the north eastern Mediterranean. *Food Chemistry*, 88: 271–273.
- DEPLEDGE, M.H., FORBES, T.L. and FORBES, V.E., 1993. Evaluation of cadmium, copper, zinc, and iron concentrations and tissue distributions in the benthic crab, *Dorippe granulata* (De Haan, 1841) from Tolo Harbour, Hong Kong. *Environmental Pollution*, 81 (1): 15-19.
- DEVESCOVI, M. and LUCU, C., 1995. Seasonal changes of the copper level in shore crabs *Carcinus mediterraneus*. *Mar. Ecol: Prog Ser.*, 120: 169-174.
- DEVI, R.R.P. and YOGAMOORTHY, 1997. Concentrations of heavy metals in the selected tissues of the crab *Clibanarius clibanarius* of Pondicherry marine environment. *Journal of Ecotoxicology and Environment*, 7 (2): 131-134.
- 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.
- EGEMEN, Ö., 1999. Çevre ve Su Kirliliği. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi. 2. Baskı Yayın No:42 Sayfa 70.
- EISENBERG, M. and TOPPING, J.J., 1984. Trace metal residues in shellfish from Maryland waters, 1976-1980. *Journal of Environmental Science and Health-Part B Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 19 (7): 649-671.

- EL-SIKAILY, A., KHALED, A. and EL NEMR, A., 2004. Heavy metals monitoring using bivalves from Mediterranean Sea and Red Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 98: 41-58.
- ENZENROß, R. and ENZENROß, L., 1997. Occurrence of blue crab, *Callinectes sapidus* (RATHBUN, 1896) (Crustacea, Brachyura) on the Turkish Mediterranean and the Adjacent Aegean Coast and its size distribution in the Bay of İskenderun. *Tr. J. of Zoology*, 21: 113–122.
- ERDEM, Ü., TÜRELİ, C. ve ÇELİK, M., 1999. İskenderun Körfez’indeki mavi yengeç *Callinectes sapidus* RATHBUN, 1896’ in bazı biyolojik özellikleri. Proje No: TBAG-1552(196 TO 56).
- EXLER, J., 1987. Composition of Foods: Finfish and Shellfish Products, Raw, Processed, Prepared. Agriculture Handbook Number 8-15. U.S. Department of Agriculture, Human Nutrition Information Service.
- FAO, 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fish Cire*, 464: 5–100.
- FAO, 2003. Fisheries Statistics, [www.fao.org/wairobs/tan/x5905e01.htm](http://www.fao.org/wairobs/tan/x5905e01.htm).
- FOOD AND NUTRITION BOARD, NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989. *Recommended dietary allowances* (10th Ed.). Washington, DC: National Academy Press.
- GİRGİN, S. ve KAZANCI, N., 1994. Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi I. Ankara Çayında Su Kalitesinin Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Parametrelerin Belirlenmesi, Özyurt Matbaası, Ankara, 176 s.
- GÖKOĞLU, N. and YERLİKAYA, P., 2002. Determination of proximate composition and mineral contents of blue crab (*Callinectes sapidus*) and swim crab (*Portunus pelagicus*) caught off the Gulf of Antalya. *Food Chemistry*, 80: 495–498.
- GUNS, M., HOEYWEGHEN, P.V., VYNCKE, W. and HILLEWAERT, H., 1999. Trace metals in selected benthic invertebrates from Belgian coastal waters (1981-1996). *Marine Pollution Bulletin*, 38(12): 1184–1193.

- HAMZA-CHAFFAI, A., ROMEO, M. and EL ABED, A., 1996. Heavy Metal in Different Fishes from the Middle Eastern Coast of Tunisia. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 56: 766-773.
- JEWETT, S.C. and NAIDU, A.S., 2000. Assessment of heavy metals in red king crabs following offshore placer gold mining. Marine Pollution Bulletin, 40(6): 478-490.
- JOINS C.R., ALI, I.B., HOLSBECK, L., KANUYA-KINOTI, M. and TEKELE-MICHAEL, Y., 1997. Total and organic mercury in Greenland and Barents Seas demersal fish. Bull Environ Contam Toxicol., 58: 101-107.
- JOP, K.M., BIEVER, R.C., HOBERG, J.R. and STEPHERD, S.P., 1997. Analysis of metals in blue crabs, *Callinectes sapidus*, from two Connecticut Estuaries. Bull. Environmental Contamination and Toxicology, 58: 311-317.
- KALAY, M., AY, Ö. and CANLI, M., 1999. Heavy Metal Concentration in Tissues from the Northeast Mediterranean Sea. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 3: 673-681.
- KARGIN, F., DÖNMEZ, A. and ÇOĞUN, H.Y., 2001. Distribution of heavy metals in different tissues of the shrimp *Penaeus semisulcatus* and *Metapenaeus monocerus* from the İskenderun Gulf, Turkey: Seasonal Variations. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 66: 102-109.
- KARAKOLTSIDIS, P.A., ZOTOS, A. and CONSTANTINIDES, M., 1995. Composition of the commercially important Mediterranean finfish, crustacean, and molluscs. Journal of Food Composition and Analysis, 8: 258-273.
- KAYA, S., PİRİNÇÇİ, İ. ve BİLGİLİ, A., 1998. Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi. Medisan Yayın Serisi, Yayın No:36. Ankara.
- KING, I., CHILDS, M.T., DORSETT, C., OSTRANDER, J.G. and MONSEN, E.R., 1990. Shellfish: Proximate composition, minerals, fatty acid, and sterols. Journal of the American Dietetic Association, 90 (5): 677-685.
- KLAASEN, C.D., LIU, J. and CHOUDHURI, S., 1999. Metallothionein: An intracellular protein to protect against cadmium toxicity. A. Rev Toxicol., 39: 267-294.

- KRISHNAMURTI, A.J. and NAIR, V.R., 1999. Concentrations of metals in shrimp and crabs from Thane-Bassein creek system, Maharashtra. *International Journal of Marine Sciences*, 28 (1): 92-95.
- KUMLU, M., 1998. Karides, İstakoz ve Midye Yetiştiriciliği, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Ders Kitabı No:6, Adana, 2 s.
- KWON, Y.T. and LEE, C.W., 2001. Ecological risk assessment of sediment in wastewater discharging area by means of metal speciation. *Microchemical Journal*, 70: 255–264.
- LALL, S.P., 1995. Macro and Trace Elements in Fish and shellfish. In: *Fish and Fishery Products, Composition, Nutritive Properties and Stability* (Ed. Ruiters, A.) pp. 187-1213. CAB International, UK.
- LEGRAS, S., MOUNEYRAC, C., AMIARD, J.C., AMIARD-TRIQUET, C. and RAINBOW, P.S., 2000. Changes in metallothionein concentrations in response to variation in natural factors (salinity, sex, weight) and metal contamination in crabs from a metal-rich estuary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 246: 259–279.
- LUCKEY, T.D. and VENUGOPAL, B., 1977. *Metal Toxicity in Mammals*. New York: Plenum Press.
- MASON, R.P., LAPORTE, J-M. and ANDRES, S., 2000. Factors controlling the bioaccumulation of mercury, methylmercury, arsenic, selenium, and cadmium by freshwater invertebrates and fish. *Arch Environ Contam Toxicol.*, 38: 283-297.
- MCPHERSON, R. and BROWN, K., 2001. The bioaccumulation of cadmium by the Blue Swimmer Crab *Portunus pelagicus* L. *The Science of the Total Environment*, 279: 223-230.
- 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.
- MOUNEYRAC, C. AMIARD-TRIQUET, C., AMIARD, J.C. and RAINBOW, 2001. Comparison of metallothionein concentrations and tissue distribution of trace metals in crabs (*Pachygrapsus marmoratus*) from a metal-rich estuary, in



- and out of the reproductive season. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 129: 193–209.
- 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.
- OEHLENSCHLÄGER, J., 2000. Identifying Heavy Metals in Fish. In: *Safety and Quality Issues in Fish Processing* (Ed. Bremmer, H.A.) pp. 95-108. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England.
- ÖZCAN, E., 1996. Seyhan- Ceyhan Havzasının Akyatan lagünü sularında pestisit kirliliğinin araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- 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.
- RAINBOW, P.S., 1997. Trace metal accumulation in marine invertebrates: marine biology or marine chemistry. *J Mar Biol Ass U.K.*, 77: 195-210.
- SARIEYÜPOĞLU, M. ve SAY, H., 1980. Elazığ Şehir Kanalizasyonunun Keban Baraj Gölü'ne Döküldüğü Bölgeden Yakalanan *Barbus capito pectoralis*'de Ağır Metal Birikimleri Araştırılması. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Eğitiminin 10. Yılında Su Ürünleri Sempozyumu, İzmir, 121-130s.
- SASTRE, M.P., REYES, P., RAMOS, H., ROMERO, R. and RIVERA, J., 1999. Heavy metal bioaccumulation in Puerto Rican blue crabs (*Callinectes spp.*). *Bulletin of Marine Science*, 64 (2): 209-217.
- SHEETS, W.C. and JAMES, E.D., 1983. Calcium deposition into the cuticle of the blue crab, *Callinectes sapidus*, related to external salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 74(4): 903–907.
- SIDDIQUIE, P.J.A., AKBAR, Z. and QASIM, R., 1987. Biochemical composition and calorific values of the three edible species of portunid crabs from Karachi. *Pakistan J. Sci. Ind. Res.*, 30: No 2.

- SIN, Y.M., WONG, M.K., CHOU, L.M. and ALIAS, N.B., 1991. A study of the heavy metal concentrations of the Singapore River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 18 (1-3): 481-494.
- SKONBERG, D.I. and PERKINS, B.L., 2002. Nutrient composition of green crab (*Carcinus maenus*) leg meat and claw meat. *Food Chemistry*, 72: 401-404.
- SNYMAN, R.G., REINECKE, A.J. and NEL, J.A.J., 2002. Uptake and distribution of copper in the freshwater crab *Potamonautes perlatus* (Crustacea) in the Eerste River, South Africa. *African Zoology*, 37 (1): 81-89.
- SPSS, 1999. Computer Program, MS. For windows, version 9.05. USA: SPSS Inc.
- TALBOT, V. and CHEGWIDDEN, A., 1982. Cadmium and other heavy metal concentrations in selected biota from Cockburn Sound, Western Australia. *Marine and Freshwater Research*, 33 (5): 779-788.
- TUROCZY, N.J., MITCHELL, B.D., LEVINGS, A.H. and RAJENDRAM, V.S., 2001. Cadmium, copper, mercury, and zinc concentrations in tissues of the king crab (*Pseudocarcinus gigas*) from southwest Australian waters. *Environment International*, 27: 327-334.
- TÜRELİ, C., ÇELİK, M. ve ERDEM, Ü., 2000. İskenderun Körfezindeki mavi yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) ve kum yengecinin (*Portunus pelagicus* Linne, 1758) et kompozisyonu ile veriminin araştırılması. *Turkish Journal of Veterinary Animal Science*, 24: 195-203.
- TÜRELİ, C., ERDEM, Ü. ve ÇELİK, M., 2002. Kuzey Doğu Akdeniz, İskenderun Körfez'inde bulunan mavi yengeç (*Callinectes sapidus* RATHBUN, 1896)'in et kompozisyonu ve mevsimsel değişimi. *Turkish Journal of Veterinary Animal Science*, 26: 1435-1439.
- TÜRKMEN, A., TÜRKMEN, M., TEPE, Y. and AKYURT, İ., 2004. Heavy metals in three commercially valuable fish species from İskenderun Bay, North East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chemistry*, 91(1): 167-172.
- UGOLINI, A., BORGHINI, F., CALOSI, P., BAZZICALUPO, M., CHELAZZI, G. and FOCARDI, S., 2004. Mediterranean *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda) as a biomonitor of heavy metals contamination. *Marine Pollution Bulletin*, 48: 526-532.

- USDA, 2004. National nutrient database for standard reference, Release 16. Nutrient Data Laboratory Home Page, <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>.
- US Environmental Protection Agency, 1986. Physical/chemical methods. Lead by EPA Method No 7421 (AA, Furnace Technique), SW-846, 3rd ed. Washington DC.
- US Environmental Protection Agency, 1992. Methods for the determination of metals in environmental samples. Arsenic (Atomic Absorption, Gaseous Hydride), EPA Method No 7061A, Washington DC.
- US Environmental Protection Agency, 1994. Methods for the determination of metals in environmental samples. Mercury, EPA Method No 7471A, Washington DC.
- US Environmental Protection Agency, 1994. Methods for the determination of metals in environmental samples. Cadmium (Atomic Absorption, Furnace Technique), EPA Method No 7131A, Washington DC.
- VAN EEDEN, P.H. and SCHOONBEE, H.J., 1991. Bio-accumulation of heavy metals by the freshwater crab *Potamonautes warreni* from a polluted wetland. South African Journal of Wildlife Research, 21 (4): 103-108.
- VIGH, D.A. and DENDINGER, J.E., 1982. Temporal relationships of postmolt deposition of calcium, magnesium, chitin and protein in the cuticle of the Atlantic blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. Comparative Biochemistry and Physiology, 72(2): 365-369.
- YAZKAN, M., ÖZDEMİR, F. ve GÖLÜKCÜ, M., 2002. Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Balık Türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd İçeriği. Türk J Vet. Anim. Sci., 26: 1309-1313.
- YAZKAN, M., ÖZDEMİR, F. ve GÖLÜKCÜ, M., 2004. Antalya Körfezinde avlanan bazı yumuşakça ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. Turk J Vet Anim Sci., 28: 95-100.
- YILMAZ, H., 1995. Çukurova Yöresinde Akdeniz'e Deşarj Olan Yer Üstü Sularında Pestisit ve Toksik Metallerin Araştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

- YILMAZ, A.B., 2003. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb, and Zn) in tissues of *Mugil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from Iskenderun Bay, Turkey. *Environmental Research*, 92: 277–281.
- YOUNG, D.R., ALEXANDER, G.V. and MCDERMAT-EHRLICH, D., 1984. Vessel-related contamination of southern California harbours by copper and other metals. *Mar. Pollut. Bull.* 10, 50-56. IN; BORAN, M., KARAÇAM, H., ÇELIKKALE, M.S., KÖSE, S., FEYZIOĞLU, M., KUTLU, S., 2000. Levels of heavy metals in blue whiting caught from the eastern Black sea area of Turkey. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 75: 67-73.
- WATANABE, K.H., DESIMONE, F.W., THIYAGARAJAH, A., HARTLEY, W.R. and HINDRICHS, A.E., 2002. Fish tissue quality in the lower Mississippi River and health risks from fish consumption. *The Science of the Total Environment*, 302: 109-126.
- WONG, C.K. WONG, P.P.K. and CHU, L.M., 2001. Heavy metal concentrations in marine fishes collected from fish culture sites in Hong Kong, *Arch Environ Contam Toxicol.*, 40: 60-69.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1981 yılında Konya İli Beyşehir ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Konya İli Hüyük ilçesinde tamamladı. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesine 1997 yılında girerek 2001 yılında Fakülte birincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü İşleme Teknolojisi Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve aynı dalda eğitimini sürdürmektedir.

## **EKLER**

Ek.1. Çift Kabuklu Yumuşakçalarda Kimyasal, Toksikolojik ve Mikrobiyolojik Kabul Edilebilir Değerler.

ÜRÜN GRUBU	PARAMETRE	ORGANOLEPTİK KRİTERLER			KİMYASAL (X1)	
		TAZELİK KATEGORİLERİ			PARAMETRE	KABUL EDİLEBİLİR DEĞER(TOLERE)
		EKSTRA	A	KABUL EDİLMEZ		
Yengeç, Pavurya v.b.	-Görünüm	-Doğal görünümde	-Doğal görünümde	-Doğal görünümü kaybolmuş, -Renkte değişim, -Kabuk yüzeyinde matlaşma, -Asidimsi koku	Ağır metaller -Cıva -Kadmiyum(X2) -Kurşun(X2) -Bakır -Çinko Arsenik	0,5 mg/kg 0,5 mg/kg 0,5 mg/kg 20,0 mg/kg 50,0 mg/kg 1,0 mg/kg
					Sodyum Metabisülit (SO <sub>2</sub> Kükürt dioksit cinsinden)(X3)	150 mg/kg
İstakoz	Kabuk	-Soluk pembe veya pembeden portakal kırmızısına kadar değişen renkte	-Soluk pembe veya pembeden portakal kırmızısına kadar değişen renkte -siyah leke yok	-Solma -Özellikleri kabuk ve kuyruk kesimleri arasında grimsi renk -Siyah nokta	Ağır metaller -Cıva -Kadmiyum(X2) -Kurşun(X2) -Bakır -Çinko -Arsenik	0,5 mg/kg 0,5 mg/kg 0,5 mg/kg 20,0 mg/kg 50,0 mg/kg 1,0 mg/kg
	Göz ve solungaçlar	-siyah parlak gözler, -Pembe solungaçlar	-Gözler donuk ve gri siyah, -solungaçlar griye dönük	-Solungaçlar koyu gri renkte, -Kabuğun sırt yüzünde yeşilimsi renklenme		
	Koku	-Kabuklara özgü hafif koku	-Kabukların kendine özgü kokusunun kaybolması, -Amonyak kokusu yok	-Ekşi koku	Sodyum Metabisülit (SO <sub>2</sub> Kükürt dioksit cinsinden)(X3)	150 mg/kg
	Kuyruk eti	-Beyaza çalan mavimsi şeffaf et	-Yarı şeffaf değil, ancak renkte değişim yok	-Etin görünümü donuk ve mat		

Ek.2. Beslenmede Tavsiye Edilen Mineral Değerleri (1989)

	Yaş (yıl)	Ağırlık (kg)	Genişlik (cm)	Kalsiyum (mg)	Fosfor (mg)	Magnezyum (mg)	Demir (mg)	Çinko (mg)	Selenyum (µg)	İyot (µg)
Bebekler	0-0,5	6	60	400	300	40	6	5	40	10
	0,5-1	9	71	600	500	60	10	5	50	15
Çocuklar	1-3	13	90	800	800	80	10	10	70	20
	4-6	20	112	800	800	120	10	10	90	20
	7-10	28	132	800	800	170	10	10	120	30
Erkekler	11-14	45	157	1200	1200	270	12	15	150	40
	15-18	66	176	1200	1200	400	12	15	150	50
	19-24	72	177	1200	1200	350	10	15	150	70
	25-50	79	176	800	800	350	10	15	150	70
	51+	77	173	800	800	350	10	15	150	70
Kadınlar	11-14	46	157	1200	1200	280	15	12	150	45
	15-18	55	163	1200	1200	300	15	12	150	50
	19-24	58	164	1200	1200	280	15	12	150	55
	25-50	63	163	800	800	280	15	12	150	55
	51+	65	160	800	800	280	10	12	150	55
Hamile bayanlar				1200	1200	320	30	15	175	65
Emziren bayanlar	İlk 6 ay			1200	1200	355	15	19	200	75
	İkinci 6 ay			1200	1200	340	15	19	200	75

Amerikan Ulusal Gıda Birliği (Food and Nutrition Board, 1989)