

**MERSİN İLİNDE TÜKETİME SUNULAN BAZI
KABUKLU VE YUMUŞAKÇA TÜRLERİNDE AĞIR
METAL BİRİKİM DÜZEYLERİNİN
BELİRLENMESİ**

COŞKUN ÇOLAKFAKIOĞLU

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Danışman
Doç. Dr. Özcan AY**

**MERSİN
MART – 2016**

Coşkun ÇOLAKFAKIOĞLU tarafından Doç. Dr. Özcan AY danışmanlığında hazırlanan "Mersin İlinde Tüketime Sunulan Bazı Kabuklu ve Yumuşakça Türlerinde Ağır Metal Birikim Düzeylerinin Belirlenmesi" başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Doç. Dr. Özcan AY



Doç. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN



Yrd. Doç. Dr. Fahri KARAYAKAR



Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 22, Ocak, 2016 tarih ve 2016.15.439 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



**MERSİN İLİNDE TÜKETİME SUNULAN
BAZI KABUKLU VE YUMUŞAKÇA TÜRLERİNDE
AĞIR METAL BİRİKİM DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ**

Coşkun ÇOLAKFAKIOĞLU

ÖZ

Bu çalışma kapsamında Mersin ilinde tüketime sunulan kalamar (*Loligo vulgaris*), sübye (*Sepia officinalis*) ve karides (*Penaeus semisulcatus*) türlerinin kas dokuları Fe, Cu, Zn, Cd ve Pb içerikleri yönünden incelenmiştir. Doku örneklerinde metal analizi İndüktif olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrofotometresi (ICP-MS) yöntemi ile belirlenmiştir.

Doku örneklerinde Fe, Cu, Zn ve Pb derişimleri sırasıyla 0.50-19.47, 0.53-8.57 6.80-32.12 ve 0.05-1.60 mg kg⁻¹ yaş ağırlık (y.a.) olacak şekilde değişiklik göstermiştir. Cd konsantrasyonları ise tespit edilebilir limitlerin altında bulunmuştur.

Tüm örneklerde ortalama metal derişimlerinin, Türk Gıda Kodeksi tarafından izin verilen üst sınır değerlerin altında olduğu ve insan tüketimi açısından herhangi bir risk taşımadığı, fakat 54 örnekten 7'sinde Pb değerlerinin izin verilen sınırların üzerinde olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su ürünleri, Ağır metal, Gıda güvenliği, Yumuşakçalar, Kabuklular

Danışman: Doç. Dr. Özcan AY, Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı

DETERMINATION OF HEAVY METAL LEVELS IN SOME MARKETED CRUSTACEAN AND MOLLUSC SPECIES IN MERSİN

Coskun COLAKFAKIOĞLU

ABSTRACT

The study was carried out to determine the levels of Fe,Cu,Zn,Cd and Pb in squid (*Loligo vulgaris*), cuttlefish (*Sepia officinalis*) and shrimp (*Penaeus semisulcatus*) from the markets of Mersin, Turkey. Metal analysis of the tissue samples were carried out using ICP-MS methods.

Fe, Cu, Zn and Pb concentrations in tissue samples ranged between 0.50-19.47, 0.53-8.57, 6.80-32.12 ve 0.05-1.60 mg kg⁻¹ wet weight (w.w.), respectively. Cd concentrations were found out below the detectible limits.

Average metal concentrations in all samples were found lower than permissible limits reported by Turkish Food Codex and seemed no risks for human consumption but Pb concentrations in 7 of all 54 samples were found higher than permissible limits.

Keyword: Seafood, Heavy metal, Food safety, Molluscs, Crustaceans

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ozcan AY, Faculty of Fisheries and Science, University of Mersin

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında bilimsel desteğini ve öngörülerini hiç esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Özcan AY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tezimin hazırlanmasında göstermiş olduğu ilgi ve yardımından dolayı Yrd. Doç. Dr. Fahri KARAYAKAR'a ve Arş. Gör. Cengiz KORKMAZ'a çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışmamda emeği geçen değerli arkadaşlarım M. Hüseyin Ak, Kıvılcım Öztunçer, Fatih Timuçin Özbek ve Mehmet Ali Köroğlu'na teşekkür ederim.

Bu güne kadar maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan ve kararlarımnda hep yanımda olan annem Fatma Çolakfakıoğlu ve kardeşim Simge Çolakfakıoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	4
2.1. AĞIR METALLER.....	4
2.1.1. Demir	4
2.1.2. Bakır.....	5
2.1.3. Çinko.....	5
2.1.4. Kadmiyum.....	6
2.1.5. Kurşun.....	6
2.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM	9
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	11
4.1. BULGULAR.....	11
4.2. TARTIŞMA	16
4.2.1. Mersin(İçel) ilinde kabuklu ve yumuşakça tüketiminin insan sağlığı açısından risk değerlendirmesi.....	20
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	23
KAYNAKLAR	24
ÖZGEÇMİŞ	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Kalamar (<i>L. vulgaris</i>) türünün sistematikteki yeri.....	9
Çizelge 3.2 Sübye (<i>S. officinalis</i>) türünün sistematikteki yeri.....	9
Çizelge 3.3 Karides (<i>P. semisulcatus</i>) türünün sistematikteki yeri.....	9
Çizelge 3.4 Deneysel materyallerin boy-ağırlık çizelgesi.....	10
Çizelge 4.1.1 <i>L. vulgaris</i> örneklerinin kas dokularında ağır metal derişim düzeyleri (mg kg ⁻¹ y.a).	12
Çizelge 4.1.2 <i>S. officinalis</i> örneklerinin kas dokularında ağır metal derişim düzeyleri (mg kg ⁻¹ y.a).	13
Çizelge 4.1.3 <i>P. semisulcatus</i> örneklerinin kas dokularında ağır metal derişim düzeyleri (mg kg ⁻¹ y.a).	14
Çizelge 4.1.4 <i>L. vulgaris</i> , <i>S. officinalis</i> ve <i>P. semisulcatus</i> örneklerinin kas dokularında, ağır metal derişim düzeyleri (mg kg ⁻¹ y.a).....	15
Çizelge 4.2 Ülkelere göre ağır metal derişim düzeyleri (mg kg ⁻¹ y.a.).....	20
Çizelge 4.2.1.1 Bazı organizasyonların kafadanbacaklılar için belirledikleri maksimum metal seviyeleri (mg kg ⁻¹ y.a.).....	20
Çizelge 4.2.1.2 Bazı organizasyonların kabuklular için belirledikleri maksimum metal seviyeleri (mg kg ⁻¹ y.a.).....	21
Çizelge 4.2.1.3 Mersin ilinde erişkin insanlar tarafından ekonomik önemi olan <i>L. vulgaris</i> (KAL), <i>S. officinalis</i> (SÜB) ve <i>P. semisulcatus</i> (KAR) türlerinin günlük ve haftalık tüketimi ile vücuda alınabilecek metal derişimleri.	22

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1.1 *L. vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* örneklerinin kas dokularında, ağır metal derişim düzeyleri..... 15



SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

Pb	: Kurşun
Cu	: Bakır
Zn	: Çinko
Cd	: Kadmiyum
Fe	: Demir
Hg	: Cıva
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
ATSDR	: Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı (Agency for Toxic Substance and Disease Registry)
FSANZ.....	: Avustralya ve Yeni Zelanda Gıda Standartları (Food Standarts Australia New Zealand)

1. GİRİŞ

Kara, deniz ve hava ortamında gelişen farklı insan aktiviteleri toksik maddelerin deniz suyuna, sediment ve sucul canlılara kontamine olmasına neden olmakta ve denizsel kirlenmeyi global bir sorun haline getirmektedir [Maanan, 2008]. Artan nüfus, tarımsal ve endüstriyel gelişim, hammadde çeşitliliği ve atmosferik olaylar sucul ekosistemlerdeki kirlilik düzeylerini son yıllarda hızla arttırmış, insan ve çevre sağlığını tehdit edecek düzeylere ulaştırmıştır [Bailey vd., 1999, Nordberg vd., 2007].

Sucul ekosistemlerde kirliliğe neden olan kimyasal maddeler arasında ağır metaller üst sırada yer almaktadır [Bettini vd., 2006]. Normal koşullarda doğadaki derişimleri son derece düşük olan ağır metallerin, antropojenik faktörler, atmosferik olaylar ve organik kirleticilerin etkisiyle sucul ortamlara katılımı artmakta ve suyun kalite ve biyolojik özelliklerinde kantitatif değişimlere neden olmaktadır [Canpolat ve Çalta, 2001]. Sudaki derişimleri artan ağır metaller sucul canlılar tarafından doku ve organlara alınarak birikmekte, metabolik, fizyolojik ve patolojik değişikliklere neden olmakta, üreme ve gelişmeyi olumsuz etkilemekte ve artan derişimler ile üst trofik düzeylere taşınmaktadır [Levesque vd., 2002].

Sucul canlılar sudaki yaşamın sonucu olarak her zaman bir miktar ağır metal içerirler. Ağır metallerin doğal konsantrasyonları balıklarda elementten elemente değişiklik gösterir [Kalay vd.,1999]. Örneğin; bakır (Cu), çinko (Zn) ve demir (Fe) gibi esansiyel ağır metaller birçok metabolik faaliyetin gerçekleşmesi amacıyla canlı bünyesinde düşük oranlarda bulunurken, cıva (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller normal şartlarda canlı organizmalarda bulunmazlar [Odzak vd. 2000]. Fakat endüstriyel aktiviteye yakın olan, aşırı kirli bölgelerde yaşayan sucul canlılarda ağır metallerin yüksek derişimlerde birikim gösterdiği bildirilmiştir [Claisse vd., 2001].

Sucul canlılar ihtiyaç duyulan düzeyin üzerinde ağır metalle maruz kaldıklarında, bu metalleri çeşitli dokularda atılım ve detoksifikasyon mekanizmaları ile zararsız hale getirmeye çalışırlar. Bu mekanizmaların yetersiz kalması durumunda ise ağır metalleri bazı doku ve organlarda biriktirme yoluna giderler [Kalay ve Canlı, 2000].

Sucul canlılar dünyada birçok insan tarafından önemli bir protein kaynağı olarak görülmekte ve içerdikleri besleyici elementler nedeniyle tüketimleri hızla artmaktadır[Burger ve Gochfeld, 2005]. Omega-3 (n-3) gibi yağ asit içeriği sayesinde kolesterol seviyelerini düşürürler ve böylelikle kalp krizi, felç ve erken doğum gibi hastalık risklerini azaltırlar [Patterson, 2002]. Bu yüzden sucul canlıların doku ve organlarında içerdikleri toksik maddelerin miktarlarının bilinmesi hem canlıların kendi sağlığı hem de başta insanlar olmak üzere bu canlıları tüketen diğer organizmaların sağlığı açısından son derece önemlidir [Burger ve Gochfeld, 2005].

Yumuşakçalar ve kabuklular toksikoloji çalışmalarında biyoindikatör ve biyomonitör canlılar olarak kabul edilirler [Lau vd., 1998, Jimoh vd., 2011]. Sucul birçok ekosistemde yaygın olarak bulunurlar ve kolaylıkla örneklenebilirler. Birçok kirleticiye özellikle de ağır metallere yüksek tolerans gösterebilir ve bu maddeleri yüksek oranda biriktirebilirler [Lau vd., 1996].

Molluska filumu içerisinde yer alan kafadan bacaklıların, su ürünleri sektöründe ticari önemleri son derece yüksektir. Dünya denizlerindeki yıllık kafadan bacaklı avcılığı 2,5 milyon ton civarında olup, toplam su ürünleri avcılığındaki payı % 3'tür. Dünya kafadan bacaklı faunası 700 tür içermesine karşın, ticari değeri fazla olan türlerin sayısı oldukça sınırlıdır. Mevcut ticari türleri *Sepioidea* (mürekkep balıkları), *Teuthoidea* (kalamarlar), *Octopoda* (ahtapotlar) ve *Vampyromorpha* ordoları oluşturmaktadır [Salman vd., 1998]. Dünya su ürünleri ekonomisinin % 4'ünü kafadanbacaklılar oluşturmaktadırlar [FAO, 2012]. Akdeniz'de bilinen tür sayısı 59 olarak tespit edilmiştir [Salman vd., 1998].

Kabuklular sub-filumu içerisinde yer alan karidesler, su ürünleri sektöründe ekonomik ve ticari değeri oldukça yüksek canlılardır. Dünya su ürünleri ekonomisinin yaklaşık olarak % 15'ini karidesler oluşturmaktadır [FAO, 2012]. Ülkemizde 60'dan fazla karides türü tanımlanmış olmasına rağmen sadece 7 türün ekonomik önemi olduğu bilinmektedir. Bu türlerin *Penaeus japonicus*, *P. semisulcatus*, *P. kerathurus*, *Parapenaeus longirostris*, *Trachypenaeus curvirostris*, *Metapenaeus monoceros* ve *M. stebbingi* olduğu rapor edilmiştir [Yılmaz vd., 2009].

Dünyanın birçok bölgesinde besin kalitesinin belli sınırlar içerisinde tutulabilmesi araştırmacıların en önem verdiği konuların başında gelmektedir. Toksik maddelerin besin kaynaklarına gösterdiği zararlı etkilerinden ziyade, o besin maddelerinde ne oranda buldukları son yıllardaki araştırmalarda daha önemli yer tutmaktadır [Khansari vd., 2005].

Bu sebeplerden bu çalışmada, Mersin ilinde tüketime sunulan ve ekonomik değeri yüksek olan türlerden *Loligo vulgaris*, *Sepia officinalis* ve *P. semisulcatus*'ta bazı ağır metallerin derişim düzeyleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Farklı satış noktalarından elde edilen türlerin insanlar tarafından en çok tüketilen kas kısımları örneklenerek ve Fe, Cu, Zn, Cd ve Pb içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiki analiz sonrası Türk Gıda Kodeksi verileri ile karşılaştırılmış ve insan tüketimi açısından kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 AĞIR METALLER

Metaller elektron vererek (+) değerlikli iyon haline geçebilen, asitlerde yer alan hidrojen iyonu ile yer değiştirebilen, kendi aralarında bileşik oluşturmayan fakat ametallerle bileşik oluşturabilen, oksitleri bazik olan, normal şartlar altında Hg hariç katı olup ısı ve elektriği iyi ileten, metalik renkte ve parlaklığa sahip elementlerdir. Bu fiziksel özellikleri taşıyan ve yoğunlukları 5 g/cm^3 'den fazla olan elementler ağır metal olarak bilinmektedir [Järup, 2003].

Canlıların metabolik ihtiyaçlarına göre esansiyel ve esansiyel olmayan metaller olarak ikiye ayrılır. Bakır (Cu), demir (Fe), çinko (Zn) gibi metaller canlı bünyesinde birçok metabolik faaliyetin gerçekleşmesi amacıyla düşük derişimlerde bulunan esansiyel metaller olup, cıva (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi metaller ise normal koşullarda canlı organizmalarda bulunmayan esansiyel olmayan metallerdir [Odzak vd. 2000].

Çok düşük derişimlerde toksik etkiye sahip olan ağır metaller, periyodik çizelgenin sağ alt köşesinde bulunurlar. Bunlar sülfürler halinde çökerler ve yoğunlukları yaklaşık 8 g/cm^3 'dür. İçlerinde toksik etkisi en yüksek olanlar Pb^{2+} , Cd^{2+} ve Hg^{2+} dir. Toksik Madde ve Hastalık Kayıt Ajansı'nın (ATSDR) 2013 yılı verilerine göre Pb, Hg ve Cd öncelikli tehlikeli maddeler listesinde ilk 10 madde içerisinde yer almaktadır. Zn^{2+} , Sn^{2+} ve Cr^{+3} ise nispeten daha düşük bir toksisiteye ve yoğunluğa sahiptir [Birinci, 1992].

2.1.1 Demir

Demir, canlı organizmaların tüm hücrelerinde mevcuttur ve birçok biyokimyasal reaksiyonda hayati rol oynamaktadır. Hemoglobun, miyoglobun ve sitokromlarda, hemin bileşimi olarak oksijen taşınmasında, depolanmasında ve kullanımında esansiyel bir rol oynamaktadır [Lall, 1995].

Sucul ortamlarda demir yüksek oranlarda bulunmamakla birlikte maden işletmeciliğinin yapıldığı bölgelerde zaman zaman toksik demir seviyelerine rastlanabilmektedir [Gonzalez vd., 1990]. Yapılan çalışmalarda subletal düzeylerde demire maruz kalan sucul canlılarda büyümenin baskılandığı, yem dönüştürme oranının düştüğü, yem alımının sonlandığı, ishal, yüksek ölüm oranı ve hepatositlerde patolojik hasarlara neden olduğu gözlenmiştir [Baker vd., 1997].

2.1.2 Bakır

Bakır, özellikle elektrik endüstrisinde, alaşım, kimyasal katalizör, boya ve ahşap koruyucu, yapımında kullanılır. Bunun yanı sıra, istenmeyen alglerin, bazı hastalıkların ve sucul canlılılara etki eden ektoparazitlerin kontrolünde de kullanılır [Eisler, 2000]. Düşük derişimlerde hayvansal organizmalar için gereksinim duyulan bir eser element olup, yaklaşık 30 kadar enzim ve glikoprotein yapışal bileşiminde bulunur [Aaseth vd., 1986, Goyer, 1986].

Sucul canlılar ile yapılan araştırmalarda subletal düzeylerde bakırın solungaç, karaciğer-hepatopankreas ve böbrek gibi metabolik bakımdan aktif organlarda yüksek derişimlerde biriktiği [Cicik, 2003], osmoregülasyon, lokomasyon ve göç davranışını etkilediği [Eisler, 2000], dalak ve böbrekte histopatolojik değişimlere neden olduğu [Hilmy vd., 1987], klorit hücre sayılarını değiştirdiği [Levesque vd., 2002] serum glikoz, protein ve kolesterol düzeylerini etkilediği [Hollis vd., 2001], solungaç epitellerinde patolojilere neden olduğu, büyümei engellediği, oksijen tüketimini ve amonyak salınımını arttırdığı, yumurtlama sıklığını azalttığı, kardiyak aktivitesini düşürdüğu bildirilmiştir [Eisler, 2000]. Yazkan vd., (2003), tüketime sunulan yumuşakçalarda ve kabuklularda kabul edilebilir maksimum bakır limitinin 20 mg kg⁻¹ olduğunu rapor etmişlerdir.

2.1.3 Çinko

Çinko korozyona karşı dayanıklı olduğundan en yaygın kullanım alanı konstrüksiyon malzemesi olarak çelik kaplamadır. Ayrıca düşük erime sıcaklığına sahip olması nedeniyle kompleks bileşenlerin basınçlı kalıp dökümünde ve pirinçte alaşım elementi olarak kullanılır. Çinko beyazı olarak bilinen çinko oksit (ZnO) boya pigmenti olarak kullanılır [Kahvecioğlu vd., 2004]. Çinkonun diğer kullanım alanları kuru hücre aküler, seramikler, kauçuk sanayi, gübreler, bazı kozmetik ve sağlık alanlarıdır [Çalışkan, 2005].

Sucul canlılar üzerine yapılan çalışmalarda subletal düzeylerde çinkonun deri lezyonları, hemorajiler, gonad faaliyetlerinin azalması ve embriyolojik gelişimde gerileme gibi bozukluklara neden olduğu bildirilmiştir [Kruger, 2002, Türkoğlu, 2008]. Yazkan vd., (2003), tüketime sunulan yumuşakçalarda ve kabuklularda kabul edilebilir maksimum çinko limitinin 50 mg kg⁻¹ olduğunu rapor etmişlerdir.

2.1.4 Kadmiyum

Kadmiyum, endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılan bir metal olup, çinko üretimi esnasında elde edilen bir metaldir. Çinko üretimiyle birlikte yaygınlaşmaya kadar hava, su ve besin maddelerinde doğal olarak fazla miktarda bulunmamaktadır. Kadmiyumun diğer önemli kaynakları fosil yakıtlar ve atık ürünlerin yanmasıdır. Kadmiyumun doğadaki konsantrasyonu 0.1-0.5 mg kg⁻¹ civarındadır [Kahvecioğlu vd., 2003; Çalışkan, 2005]. Kadmiyum endüstride nikel-kadmiyum pillerde, korozyona karşı dayanıklı olması nedeniyle gemi yapımında kullanılan çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak alaşımlarda ve elektronik sanayinde, fosfatlı gübrelere, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur [Kahvecioğlu vd, 2003].

Pek çok organizma için toksik olan kadmiyum direk sudan, az miktarda da havadan ve besin yoluyla alınarak hem bitkisel hem de hayvansal organizmalarda birikme özelliğine sahiptir. Bütün gıdalarda çok az da olsa bulunur [Çalışkan, 2005]. Özellikle mantarlar başta olmak üzere kabuklular, karaciğer ve böbrek dokuları kadmiyumca zengindirler.

Yapılan çalışmalarda subletal düzeylerde kadmiyuma maruz kalan sucul canlılarda çinko ve kalsiyum emiliminin azaldığı, enzim faaliyetlerinin yavaşladığı, solungaç yapısında hasarlar meydana gelerek iyon dengesini bozulduğu, larvalarda şekil bozuklukları ve ölümlerin gözlemlendiği perikardiyal ve abdominal ödemlere, kısalmış veya bozulmuş kuyruk yüzgeci ve saplarına, küçükbaş oluşumu (microcephalia) ve dolaşım sistemi hasarlarına neden olduğu bildirilmiştir [Kruger,2002].

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (2011)'ne göre ülkemizde tüketime sunulan kabuklular için kabul edilebilir maksimum kadmiyum limitinin 0.50 mg kg⁻¹ yaş ağırlık, kafadanbacaklılar için 1.00 mg kg⁻¹ yaş ağırlık olduğu bildirilmiştir.

2.1.5 Kurşun

Kurşun parlak mavimsi bir metaldir. Çok yumuşak olduğundan kolayca dövülebilir, şekillendirilebilir ve nispeten zayıf bir iletkenliğe sahiptir. Korozyona dayanıklıdır fakat havayla temas ettiğinde yüzeyi kararır [Çalışkan, 2005].

Günümüzde kurşun saf metal olarak levha, yapı metalleri, tel ve kablo imalatında, bileşik olarak ise; boya imalatında kurşun klorür, patlayıcı fitili olarak kurşun dioksit, kauçuk sanayinde kurşun beyazı, motorlarda patlama engelleyici olması nedeniyle benzinde tetraetil ve tetrametil olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [Dünder ve Aslan, 2005].

Kurşun düşük dozlarda bile zararlı etki gösterebilmektedir. Yapılan çalışmalarda subletal düzeylerde kurşuna maruz kalan sucul canlılarda, yumurtadan çıkma oranında azalmaların olduğu, üreme başarısının etkilendiği, baş bölgesinde şekil bozukluklarının ortaya çıktığı ve kan dolaşımının bozulduğu bildirilmiştir [Kruger 2002, Kahvecioğlu vd, 2003, Çalışkan, 2005, Türkoğlu, 2008].

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (2011)'ne göre ülkemizde tüketimine sunulan kabuklular için kabul edilebilir maksimum kurşun limitinin 0.50 mg kg⁻¹ yaş ağırlık, kafadanbacaklılar için 1.00 mg kg⁻¹ yaş ağırlık olduğu bildirilmiştir.

2.2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ridout vd., (1989) Atlantik Okyanusundan yakalanan *Stellaspis debilis* 'te çinko, bakır ve kadmiyum içeriklerinin sırasıyla 46.9 mg kg⁻¹, 49.0 mg kg⁻¹ ve 8.7 mg kg⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir.

Miramand ve Bentley (1992), *Eledone cirrhosa* ve *S. officinalis*'in kas dokularında kadmiyum düzeylerinin sırasıyla 0.24 mg kg⁻¹ ve 0.08 mg kg⁻¹, bakır düzeylerinin sırasıyla 17 mg kg⁻¹ ve 9 mg kg⁻¹, kurşun düzeylerinin sırasıyla 0.11 mg kg⁻¹ ve 0.17 mg kg⁻¹, çinko düzeylerinin ise sırasıyla 105 mg kg⁻¹ ve 62 mg kg⁻¹ olduğunu rapor etmişlerdir.

Bustamante vd. (1998), Güney Hint okyanusundan avlanan *Graneledone sp.* ve *Benthoctopus thielei*'in tüketilebilir dokularında kadmiyum düzeylerinin 30.7-47.1 ve 27.3-54.4 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, bakır ve çinko konsantrasyonlarının ise tespit edilebilir limitlerin altında olduğunu belirtmişlerdir.

Rainbow (2002), Hong Kong kıyılarından yakalanan *Metapenaeopsis palmensis*'te çinko ve bakır içeriklerinin sırasıyla 63.4 mg kg⁻¹ ve 52.2 mg kg⁻¹ olduğunu, kadmiyum içeriğinin ise <0.3 mg kg⁻¹ olduğunu bildirmiştir.

Rainbow (2002), İskoçya kıyılarından yakalanan *Palaemon elegans*'ta çinko, bakır ve kadmiyum içeriklerinin sırasıyla 80.6 mg kg⁻¹, 110 mg kg⁻¹ ve 0.9 mg kg⁻¹ olduğunu rapor etmiştir.

Yazkan vd. (2003), Antalya körfezinden avlanan *E. cirrhosa*, *S. officinalis*, *L. vulgaris* ve *P. longirostris*'in yumuşak dokularında bakır, çinko, kurşun ve kadmiyum içeriklerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda belirlenen yumuşakça türlerinde bakır, çinko, kadmiyum ve kurşun içeriklerinin sırasıyla 1.82-6.22 mg kg⁻¹, 10.95-21.52 mg kg⁻¹, 0.23-0.72 mg kg⁻¹ ve 0.00-0.35 mg kg⁻¹ arasında olduğunu, karides türünde ise birikim düzeylerinin 4.24-7.40 mg kg⁻¹, 11.73-14.27 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonunda *P. longirostris*'te tespit edilebilir düzeylerde kurşun içeriğine rastlanmadığını rapor etmişlerdir.

Pierce vd. (2008), Birleşik Krallık kıyılarından yakalanan ve tüketime sunulan *Alloteuthis sp.*, *L. forbesi*, *Todarodes sagittatus* ve *Todaropsis eblanae* türlerinin tüketilebilir kısımlarında ağır metal birikim düzeylerinin insan sağlığını tehdit edecek seviyelerde olmadığını rapor etmişlerdir.

Bustamante vd. (2008), İspanya'nın Atlantik kıyılarından avlanan *Architeuthis dux*'un belirlenen dokularını 14 farklı ağır metal yönünden analiz etmişlerdir. Yapılan çalışma sonunda belirlenen türün tüketilebilir kısımlarında ağır metal birikim düzeylerinin insan sağlığını tehdit edecek seviyelerde olmadığını rapor etmişlerdir.

Çağlak vd. (2010), İspanya'dan ithal edilen *Illex argentinus*'in tüketilebilir dokularında kurşun, kadmiyum, arsenik, cıva, bakır, çinko düzeylerini tespit etmeye çalışmışlardır. Elde edilen bulgularda ithal edilen *I. argentinus*'un tüketilebilir kısımlarında insan sağlığını tehdit edecek düzeylerde ağır metal birikimine rastlanmadığını rapor etmişlerdir.

Kojadinovica vd., (2011), *T. filippovae*'nin kas dokularında bakır, çinko ve kadmiyum içeriğinin sırasıyla 2.4-14 mg kg⁻¹, 49-84 mg kg⁻¹ ve 0.06-3.6 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Kurşun birikim düzeylerinin ise ölçülebilir değerlerin altında olduğunu bildirmişlerdir.

Raimundo vd. (2014), Kaliforniya körfezinden avlanan *Dosidicus gigas*'ın kas dokularında ağır metallere bakır, çinko, kadmiyum ve kurşun içeriğinin sırasıyla 3.7-13 mg kg⁻¹, 71-98 mg kg⁻¹, 0.13-2.4 mg kg⁻¹ ve 0.032-0.48 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak Mersin ilinde bulunan ve Mersin balık halini de kapsayan 3 büyük balık satış noktasından Eylül-Ekim ayları boyunca elde edilen *L. vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türleri rastgele örnekleme metoduna göre kullanılmıştır. Deneysel materyal türlerinin sistematikteki yerleri ve boy-ağırlık çizelgesi şu şekildedir.

Çizelge 3.1 Kalamar (*L. vulgaris*) türünün sistematikteki yeri

Filum	Mollusca
Classis	Cephalopoda
Ordo	Teuthida
Familya	Loliginidae
Genus	Loligo
Species	<i>Loligo vulgaris</i>

Çizelge 3.2 Sübye (*S. officinalis*) türünün sistematikteki yeri

Filum	Mollusca
Classis	Cephalopoda
Ordo	Sepiida
Familya	Sepiidae
Genus	Sepia
Subgenus	Sepia
Species	<i>Sepia officinalis</i>

Çizelge 3.3 Karides (*P. semisulcatus*) türünün sistematikteki yeri

Filum	Arthropoda
Subfilum	Crustacea
Classis	Malacostraca
Ordo	Decapoda
Subordo:	Dendrobranchiata
Superfamilya	Penaeoidea
Familya	Penaeidae
Species	<i>Penaeus semisulcatus</i>

Çizelge 3.4 Deneysel materyallerin boy-ağırlık çizelgesi

n (18)	<i>L. vulgaris</i>		<i>S. officinalis</i>		<i>P. semisulcatus</i>	
	Ağırlık (gr)	Boy (cm)	Ağırlık (gr)	Boy (cm)	Ağırlık (gr)	Boy (cm)
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$
Satış Noktası (1)	126.57 ± 14.8	24.63 ± 0.15	56.65 ± 10.4	11.63 ± 1.18	18.09 ± 1.3	14.33 ± 0.05
Satış Noktası (2)	135.56 ± 28.9	25.56 ± 1.75	68.44 ± 1.3	8.30 ± 0.36	18.24 ± 4.6	14.46 ± 1.66
Satış Noktası (3)	112.93 ± 11.7	25.10 ± 1.44	173.02 ± 48.2	16.46 ± 0.89	24.19 ± 3.0	15.93 ± 0.77

* $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata, n = Her satış noktasındaki örnek sayısı

Çalışma kapsamında satış noktalarından elde edilen örneklerin tüketilebilir kas dokuları disekte edilmiş ve -20 °C’de analizler başlayana kadar stoklanmıştır. Her satış noktasından 18 olmak üzere toplamda 54 adet örnek analiz edilmiştir. Örnekler, analiz öncesi petri kutularına konularak, 150 °C’de 72 saat süre ile kurutularak sabit tartıma hazır hale getirilmiştir. Kas örnekleri, kuru ağırlıkları hassas terazi ile tespit edildikten sonra deney tüplerine aktarılmış ve örneklerin her birinin üzerine 2 ml nitrik asit (HNO₃, % 65, Ö.A.: 1.40, Merck) ve 1 ml perklorik asit (HClO₄, % 60, Ö.A.: 1.53, Merck) karışımı eklenerek 120 °C’de 8 saat süreyle yakılmıştır. Yakımı tamamlanan örnekler, kapaklı polietilen tüplere aktarılmış ve üzerlerine 10 ml’ye tamamlanincaya kadar deiyonize su eklenmiştir. Daha sonra 25 kat daha sulandırma yapılarak analize hazır hale getirilmiştir[Muramoto, 1983].

Analize hazır duruma getirilen örneklerin ağır metal içerikleri ICP-MS yöntem kullanılarak tespit edilmiş ve verilerin istatistik analizi SPSS 16.00 paket programı ile varyans analizi ve “Student – Newman Keul’s (SNK)” testleri uygulanarak yapılmıştır.

Sonuçlar kuru ağırlık cinsinden hesaplanmış olup, daha önceki çalışmalar ile karşılaştırma yapmak amacıyla mg kg⁻¹ yaş ağırlık (y.a.) değerlerine dönüşümleri yapılmıştır. Yaş ağırlık dönüşümü sırasında, yumuşakçaların kas dokularında su miktarının yaklaşık 80% olması nedeniyle [Pandit ve Magar, 1972], dönüştürme katsayısı olarak 0,2 kullanılmıştır [El-Moselhy vd., 2014].

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 BULGULAR

Bu çalışmada Mersin ilinde bulunan Mersin Balık Hali'ni de kapsayan üç ayrı satış noktasından tüketime sunulan *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin tüketilebilir kas dokuları içerdikleri Fe, Cu, Zn, Cd ve Pb derişimleri bakımından incelenmiştir. Eylül-Ekim ayları boyunca rastgele örnekleme metodu ile elde edilen stoklar tür başına 18 örnekten, toplamda 54 birey olacak şekilde çalışılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda örneklenen *L.vulgaris* ve *P. semisulcatus* türlerinden ikişer bireyin kas dokularında, *S. officinalis* türünden ise üç bireyin kas dokularında Pb derişimleri kabul edilebilir limitlerin üzerinde bulunmuştur. Örneklerin tümünde Cd derişimleri tespit edilebilir limitlerin altında bulunurken, toksik metallere olan Pb içeriklerinin, eser metallere olan Fe ve Zn ile karşılaştırıldığında tüm örneklerde daha düşük derişimlerde birikim gösterdiği tespit edilmiştir.

Örneklenen *L.vulgaris*'lerin kas dokularında ortalama Fe, Cu, Zn ve Pb derişimlerinin sırasıyla 8.67, 1.23, 17.63 ve 0.81 mg kg⁻¹ y.a olduğu belirlenmiştir. Pb derişimleri *L.vulgaris* örneklerinin 6'sında tespit edilmiş ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen 1.0 mg kg⁻¹ sınırına yakın olduğu gözlenmiştir. *L.vulgaris* türlerinin kas dokularında ağır metal derişim düzeyleri Çizelge 4.1.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1.1 *L. vulgaris* örneklerinin kas dokularında ağır metal derişim düzeyleri (mg kg⁻¹ y.a).

Örnek	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	
Satış Noktası 1	1	19.82	0.86	16.00	TE*	0.44
	2	19.08	0.86	32.12	TE*	0.45
	3	15.42	0.72	20.20	TE*	1.03
	4	12.77	0.68	24.53	TE*	0.93
	5	16.09	0.98	20.08	TE*	0.74
	6	11.37	1.57	24.00	TE*	1.25
Satış Noktası 2	7	4.57	2.30	18.38	TE*	TE*
	8	9.95	0.83	18.91	TE*	TE*
	9	7.19	2.01	14.24	TE*	TE*
	10	6.82	1.29	16.21	TE*	TE*
	11	5.24	0.94	16.84	TE*	TE*
	12	3.12	0.96	16.39	TE*	TE*
Satış Noktası 3	13	4.68	0.53	9.14	TE*	TE*
	14	0.57	3.73	19.46	TE*	TE*
	15	8.86	0.73	10.40	TE*	TE*
	16	TE*	0.84	14.94	TE*	TE*
	17	0.90	1.25	9.59	TE*	TE*
	18	0.92	1.03	15.92	TE*	TE*
$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ *	8.67^a ±6.26	1.23^b ±0.78	17.63^c ±5.60	TE*	0.81^b ±0.32	
Alt-Üst Sınır	0.50 – 19.82	0.53-3.73	9.14-32.12	3.47-7.10	0.44-1.25	

* SNK; a, b ve c metaller arası ayırımı belirtmek amacı ile kullanılmıştır, Farklı harflerde gösterilen veriler arasında P<0,05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata *TE = Tespit edilemedi.

Örneklenen *S. officinalis* ' lerin kas dokularında ortalama Fe, Cu, Zn ve Pb derişimlerinin sırasıyla 7.25, 3.03, 15.80 ve 0.55 mg kg⁻¹ y.a olduğu belirlenmiştir. Pb derişimleri *S. officinalis* örneklerinin 7'sinde tespit edilebilir limitlerin altında bulunmuştur. *S. officinalis* türlerinin kas dokularında ağır metal derişim düzeyleri Çizelge 4.1.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1.2 *S. officinalis* örneklerinin kas dokularında ağır metal derişim düzeyleri (mg kg⁻¹ y.a).

Örnek	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	
Satış Noktası 1	1	8.75	3.93	18.34	TE*	1.60
	2	10.20	3.01	16.38	TE*	1.05
	3	12.09	6.56	22.29	TE*	1.27
	4	11.12	8.57	21.24	TE*	0.40
	5	14.14	7.07	17.11	TE*	0.55
	6	15.11	4.54	18.32	TE*	0.36
Satış Noktası 2	7	13.66	2.17	22.76	TE*	TE*
	8	10.80	0.59	14.36	TE*	TE*
	9	5.37	2.26	10.69	TE*	TE*
	10	5.52	3.32	13.51	TE*	TE*
	11	3.10	1.28	12.31	TE*	TE*
	12	4.68	1.78	18.82	TE*	TE*
Satış Noktası 3	13	2.62	0.99	8.18	TE*	TE*
	14	1.28	1.04	10.88	TE*	TE*
	15	2.65	2.71	12.75	TE*	0.05
	16	2.99	1.26	13.86	TE*	0.05
	17	3.73	1.18	16.56	TE*	0.08
	18	2.69	2.28	16.06	TE*	0.09
$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	7.25^a ±4.68	3.03^b ±2.30	15.80^c ±4.10	TE*	0.55^b ±0.56	
Alt-Üst Sınır	1.28 – 15.11	0.59-8.57	8.18-22.76	TE*	0.05-1.60	

* SNK; a, b ve c metaller arası ayrımı belirtmek amacı ile kullanılmıştır, Farklı harflerde gösterilen veriler arasında P<0,05 düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata *TE = Tespit edilemedi.

Örneklenen *P. semisulcatus*' ların kas dokularında ortalama Fe, Cu, Zn ve Pb derişimlerinin sırasıyla 6,64, 2.98, 14,18 ve 0,29 mg kg⁻¹ y.a olduğu belirlenmiştir. Pb derişimleri *P. semisulcatus* örneklerinin 8'inde tespit edilebilir limitlerin altında bulunmuştur. *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularında ağır metal derişim düzeyleri Çizelge 4.1.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1.3 *P. semisulcatus* örneklerinin kas dokularında ağır metal derişim düzeyleri (mg kg⁻¹ y.a).

	Örnek	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb
Satış Noktası 1	1	6,33	1,23	15,88	TE*	0,21
	2	9,15	2,04	18,39	TE*	0,84
	3	13,66	1,55	7,90	TE*	0,18
	4	12,49	1,09	6,80	TE*	0,11
	5	15,68	1,61	25,05	TE*	0,58
	6	19,47	1,92	15,77	TE*	0,13
Satış Noktası 2	7	3,14	6,45	12,01	TE*	TE*
	8	3,01	7,43	18,12	TE*	TE*
	9	4,62	6,58	17,36	TE*	TE*
	10	4,72	2,97	10,61	TE*	TE*
	11	4,76	3,86	15,93	TE*	TE*
	12	3,13	6,90	11,92	TE*	TE*
Satış Noktası 3	13	3,87	1,34	12,56	TE*	TE*
	14	3,44	2,18	11,15	TE*	TE*
	15	1,45	1,36	13,36	TE*	0,26
	16	3,32	1,91	15,09	TE*	0,35
	17	1,42	1,55	12,26	TE*	0,14
	18	5,88	1,65	15,11	TE*	0,14
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	6,64^a ±5,25	2,98^b ±2,23	14,18^c ±4,23	TE*	0,29^b ±0,24
	Alt-Üst Sınır	1,42 – 19,47	1,09-7,43	6,80-25,05	TE*	0,11-0,84

* SNK; a, b ve c metaller arası ayrımı belirtmek amacı ile kullanılmıştır, Farklı harflerde gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata *TE = Tespit edilemedi.

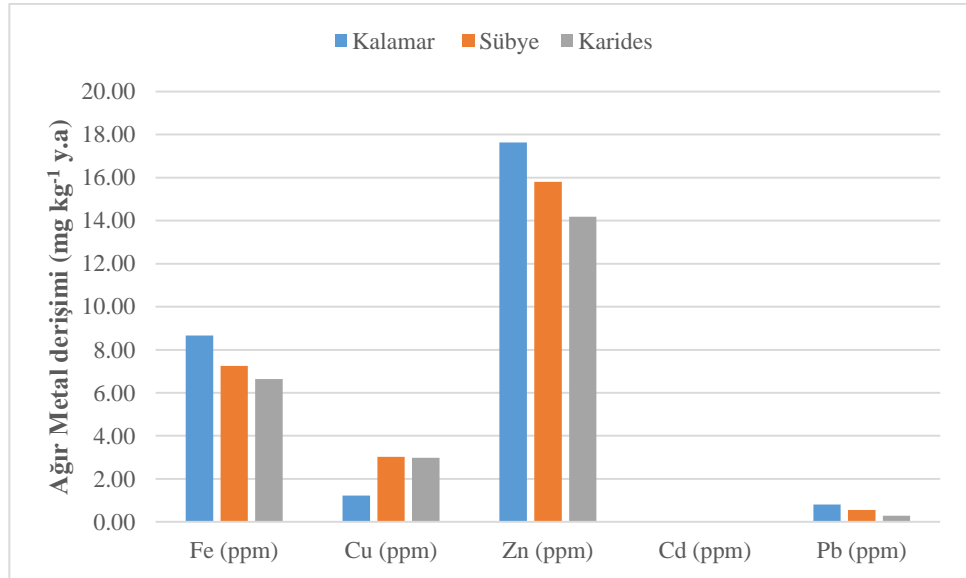
Tüm *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* örneklerinin kas dokularına ait ağır metal derişim düzeyleri Çizelge 4.1.4 ve Şekil 4.1.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1.4 *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* örneklerinin kas dokularında, ağır metal derişim düzeyleri ($\text{mg kg}^{-1} \text{ y.a}$).

	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$
<i>L.vulgaris</i>	8,67 ^{ax} ±6,26	1,23 ^{bx} ±0,78	17,63 ^{cx} ±5,60	TE*	0,81 ^{bx} ±0,32
<i>S. officinalis</i>	7,25 ^{ax} ±4,68	3,03 ^{by} ±2,30	15,8 ^{cx} ±4,10	TE*	0,55 ^{bxy} ±0,56
<i>P. semisulcatus</i>	6,64 ^{ax} ±5,25	2,98 ^{by} ±2,23	14,18 ^{cx} ±4,23	TE*	0,29 ^{by} ±0,24

* SNK; a, b ve c metaller arası, x ve y türler arası ayrımı belirtmek amacı ile kullanılmıştır, Farklı harflerde gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ = Aritmetik ortalama \pm Standart hata *TE = Tespit edilemedi.



Şekil 4.1.1 *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* örneklerinin kas dokularında, ağır metal derişim düzeyleri.

4.2 TARTIŞMA

Yapılan çalışma sonucunda örneklenen *L.vulgaris* ve *P. semisulcatus* türlerinden iki bireyin kas dokularında, *S. officinalis* türlerinden ise üç bireyin kas dokularında Pb derişimleri kabul edilebilir limitlerin üzerinde bulunmuştur.

Fe derişimleri *L.vulgaris*, *P. semisulcatus* ve *S. officinalis* türlerinin kas dokularında sırasıyla 0.50-19.82, 1.28-15.11, 1.42-19.47 mg kg⁻¹ y.a arasında değişiklik göstermiştir. Çalışma sonunda ortalama Fe derişimleri en yüksek *L.vulgaris*, en düşük ise *P. semisulcatus* türlerinde saptanmış fakat derişimler arası fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Guérin vd., (2011), Fransa'da tüketime sunulan kalamar, sübye ve karides türlerinin kas dokularında Fe derişimlerinin sırasıyla 4.57, 1.27 ve 15.8 mg kg⁻¹ y.a olduğunu rapor etmişlerdir. Kalogeropoulos vd., (2012) ise, Yunanistan'da tüketime sunulan kalamar ve karides türlerinde Fe derişimlerinin sırasıyla 56 ve 6 mg kg⁻¹ y.a olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucu elde edilen veriler incelendiğinde Fe derişimlerinin diğer çalışmalara göre benzer ya da daha düşük seviyelerde olduğu görülmektedir.

Türk Gıda Kodeksine göre sucul canlılarda Fe için kabul edilebilir maksimum bir sınırlama bulunmamaktadır [Tuzen ve Soylak, 2007]. Fakat yapılan çalışmalarda ortalama 70 kg olan bir insanın tolere edilebilir Fe üst limitinin 56 mg/gün olduğu rapor edilmiştir [Türkmen vd., 2009]. Tolere edilebilir limitlerin üzerinde Fe alımının insanlarda kalp krizi, kanser ve karaciğerde fibrozis gibi hastalıklara neden olduğu bilinmektedir [Killilea vd., 2003]. Çalışmadan elde edilen Fe derişimleri, Çizelge 4.2.1.3'de tolere edilebilir Fe üst limitleri ile karşılaştırılmış, insan tüketimine uygun olup olmadığı belirtilmiştir.

Cu derişimleri *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularında sırasıyla 0.5-3.73, 0.59-8.57, 1.09-7.43 mg kg⁻¹ y.a arasında değişiklik göstermiştir. Çalışma sonunda ortalama Cu derişimleri en yüksek *S. officinalis*, en düşük ise *L.vulgaris* türlerinde saptanmış ve derişimler arası fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Guérin vd., (2011), Fransa'da tüketime sunulan kalamar, sübye ve karides türlerinin kas dokularında Cu derişimlerinin sırasıyla 2.56, 2.57 ve 9.22 mg kg⁻¹ y.a olduğunu rapor etmişlerdir. Kalogeropoulos vd., (2012) ise, Yunanistan'da tüketime sunulan kalamar ve karides türlerinde Cu derişimlerinin sırasıyla 4.7 ve 9.5 mg kg⁻¹ y.a olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucu elde edilen veriler

incelendiğinde Cu derişimlerinin diğer çalışmalara göre benzer veya daha düşük düzeylerde olduğu görölmektedir.

Türk Gıda Kodeksine göre sucul canlılar için kabul edilebilir maksimum Cu limitinin 20 mg kg⁻¹ olduğu belirtilmiştir [Yıldırım vd., 2009]. Bunun yanı sıra, ortalama 70 kg olan bir insanın tolere edilebilir Cu üst limitinin 35 mg/gün olduğu bu limitlerin üzerinde Cu alımının karaciğer ve böbrek hasarına neden olabileceği belirtilmiştir [Ikem ve Egiebor, 2005, Türkmen vd., 2009]. Çalışmadan elde edilen Cu derişimleri, Çizelge 4.2.1.3’de tolere edilebilir Cu üst limitleri ile karşılaştırılmış, insan tüketimine uygun olup olmadığı belirtilmiştir.

Zn derişimleri *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularında sırasıyla 9.14-32.12, 8.18-22.76 ve 6.80-25.05 mg kg⁻¹ y.a arasında değişiklik göstermiştir. Çalışma sonunda ortalama Zn derişimleri en yüksek *L.vulgaris*, en düşük ise *P. semisulcatus* türlerinde saptanmış fakat derişimler arası fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Guérin vd., (2011), Fransa’da tüketime sunulan kalamar, sübye ve karides türlerinin kas dokularında Zn derişimlerinin sırasıyla 6.69, 15.1 ve 13.4 mg kg⁻¹ y.a olduğunu rapor etmişlerdir. Kalogeropoulos vd., (2012) ise, Yunanistan’da tüketime sunulan kalamar ve karides türlerinde Zn derişimlerinin sırasıyla 9.7 ve 12 mg kg⁻¹ y.a olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucu elde edilen veriler incelendiğinde Zn derişimlerinin diğer çalışmalara göre benzer ya da daha yüksek düzeylerde olduğu görölmektedir.

Türk Gıda Kodeksine göre sucul canlılar için kabul edilebilir maksimum Zn limitinin 50 mg kg⁻¹ olduğu belirtilmiştir [Yıldırım vd., 2009]. Bunun yanı sıra, ortalama 70 kg olan bir insanın tolere edilebilir Zn üst limitinin 70 mg/gün olduğu bu derişimlerin üzerinde Zn alımına bağlı olarak gastrointestinal sistem bozuklukları ve diare olduğu bildirilmektedir [Saltes ve Bailey, 1984, Ikem ve Egiebor, 2005, Türkmen vd., 2009]. Çalışmadan elde edilen Zn derişimleri, Çizelge 4.2.1.3’de tolere edilebilir Zn üst limitleri ile karşılaştırılmış, insan tüketimine uygun olup olmadığı belirtilmiştir.

Yapılan çalışma sonunda, *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularının hiçbirinde Cd derişimleri tespit edilebilir limitlerin üzerinde bulunamamıştır. Yusa vd., (2008), İspanya’da tüketime sunulan kalamar ve karides türlerinde Cd derişimlerinin sırasıyla 0.23 ve 0.14 mg kg⁻¹ y.a olduğunu

belirtmişlerdir. Cirillo vd., (2010), İtalya’da tüketime sunulan kalamar ve sübye türlerini de içeren kafadanbacaklıların kas dokularında Cd derişimlerinin, 0.006 mg kg⁻¹ y.a olduğunu bildirmişlerdir. Kalogeropoulos vd., (2012) ise, Yunanistan’da tüketime sunulan kalamar ve karides türlerinde Cd derişimlerinin sırasıyla 0.34 ve 0.23 mg kg⁻¹ y.a olduğunu belirtmişlerdir. Miedico vd., (2015), İtalya’da tüketime sunulan kalamar ve sübye türlerini de içeren kafadanbacaklıların kas dokularında Cd derişimlerinin, 0.004-8.470 mg kg⁻¹ y.a arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonucu elde edilen veriler incelendiğinde Cd derişimleri tespit edilebilir düzeylerin altında bulunduğundan dolayı, diğer çalışmalara göre daha düşük düzeylerde olduğu kabul edilmiştir.

Türk Gıda Kodeksine göre, sucul canlılar için kabul edilebilir maksimum Cd limitinin kabuklular için 0.5 mg kg⁻¹ y.a, kafadanbacaklılar için 1.00 mg kg⁻¹ y.a olduğu rapor edilmiştir [Yıldırım vd., 2009]. Bunun yanı sıra, Cd’ un canlılarda metabolik bakımdan hiçbir fonksiyona sahip olmadığı ve insanlarda böbrek yetmezliği, üreme sistemi bozuklukları ve iskelet hasarlarına neden olabileceği rapor edilmiştir [Ikem ve Egiebor, 2005]. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Mersin’de tüketime sunuların *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinde Cd derişimlerinin tespit edilebilir limitlerin altında olduğunu, bu yüzden insan tüketimine uygun kabul edilebileceği düşünülmektedir.

Pb derişimleri *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularında sırasıyla 0.44-1.25, 0.05-1.60, 0.11-0.84 mg kg⁻¹ y.a arasında değişiklik göstermiştir. Çalışma sonunda ortalama Pb derişimleri en yüksek *L.vulgaris*, en düşük ise *S. officinalis* türlerinde saptanmış ve derişimler arası fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Yusa vd., (2008), İspanya’da tüketime sunulan kalamar ve karides türlerinde Pb derişimlerinin sırasıyla 0.07 ve 0.04 mg kg⁻¹ y.a olduğunu belirtmişlerdir. Cirillo vd., (2010), İtalya’da tüketime sunulan kalamar ve sübye türlerini de içeren kafadanbacaklıların kas dokularında Pb derişimlerinin, 0.22 mg kg⁻¹ y.a olduğunu bildirmişlerdir. Kalogeropoulos vd., (2012) ise, Yunanistan’da tüketime sunulan kalamar türlerinde Pb derişimlerinin tespit edilebilir limitlerin altında olduğunu, karides türlerinde ise 0.0001 mg kg⁻¹ y.a olduğunu belirtmişlerdir. Miedico vd., (2015), İtalya’da tüketime sunulan kalamar ve sübye türlerini de içeren kafadanbacaklıların kas dokularında Pb derişimlerinin, 0.01-0.92 mg kg⁻¹ y.a arasında

değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonucu elde edilen veriler incelendiğinde Pb derişimlerinin diğer çalışmalara göre benzer veya daha yüksek düzeylerde olduğu görülmektedir.

Türk Gıda Kodeksine göre, sucul canlılar için kabul edilebilir maksimum Pb limitinin kabuklular için $0.5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ y.a}$, kafadanbacaklılar için ise $1.00 \text{ mg kg}^{-1} \text{ y.a}$ olduğu rapor edilmiştir [Yıldırım vd., 2009]. Bunun yanı sıra, ortalama 70 kg olan bir insanın tolere edilebilir Pb üst limitinin 0.25 mg/gün olduğu bu limitlerin üzerinde Pb alımının insanlarda zihinsel ve bilişsel gelişimde gerilmelere ve kardiyovasküler hasarlara neden olabileceği bildirilmiştir [Ikem ve Egiebor, 2005, Türkmen vd., 2009].

Yapılan çalışmada *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularında ortalama Pb derişimlerinin kabul edilebilir limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Fakat örneklenen *L.vulgaris* ve *P. semisulcatus* türlerinden iki bireyin, *S. officinalis* örneklerinden ise üç bireyin kas dokularında Pb derişimleri kabul edilebilir limitlerin üzerinde bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen Pb derişimleri, Çizelge 4.2.1.3'de tolere edilebilir Pb üst limitleri ile karşılaştırılmış ve insan tüketimine uygun olup olmadığı belirtilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen veriler ve daha önceki çalışmalara ait metal derişimleri Çizelge 4.2'de özetlenerek tablo halinde sunulmuştur.

Çizelge 4.2 Karides ve kafadanbacaklı türlerinde daha önceki çalışmalara ait ortalama ağır metal derişim düzeyleri (mg kg⁻¹ y.a.)

ÜLKE		Metal					Referans
		Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	
Karides	Yunanistan	6	9,5	12	0,23	0,0001	Kalogeropoulos vd., (2012)
	İspanya	-	-	-	0.14	0.04	Yusa vd., (2008)
	Fransa	15.8	9.22	13.4	-	-	Guérin vd., (2011)
	Türkiye	-	2,74	15,30	0,27	TE	Yazkan vd. (2003)
Kafadanbacaklılar	Yunanistan	56	4.7	9.7	0.34	TE	Kalogeropoulos vd., (2012)
	İtalya	-	-	-	0.006	0.22	Cirillo vd., (2010)
	İspanya	-	-	-	0,23	0.07	Yusa vd., (2008)
	Türkiye	-	5,73	12,66	0,23-0,72*	0,00-0,35*	Yazkan vd. (2003)
Çalışmaya Ait Ortalama Veriler		7.94	2.13	16.72	TE	0.68	

*: Belirtilen değerler kafadanbacaklılar için tespit edilen değer aralığıdır.

TE: Tespit edilebilir düzeyin altında bulunan değerlerdir.

4.2.1. Mersin(İçel) ilinde kabuklu ve yumuşakça tüketiminin insan sağlığı açısından risk değerlendirmesi

Dünyadaki çeşitli organizasyonlar tüketime sunulan gıda maddelerinde ağır metallerin bulunabilme oranlarına sınırlamalar getirmiş ve bu metaller için üst limitler belirlemiştir. Bu çalışmadan elde edilen veriler referans üst limitler ile karşılaştırılmış ve Çizelge 4.2.1.1 ve çizelge 4.2.1.2 de tablo halinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.2.1.1 Bazı organizasyonların kafadanbacaklılar için belirledikleri maksimum metal seviyeleri (mg kg⁻¹ y.a.)

Organizasyon	Metal					Referans
	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	
Türk Gıda Kodeksi		20	50	1.0	1.0	Yazkan(2003)
Avrupa komisyonu	-	-	-	1.0	1.0	EC (2006)
GAIN	-	-	-	2.0	1.0	GAIN (2014)
FSANZ	-	-	-	2.0	2.0	FSANZ(2011)
Bu çalışmaya ait ortalama değerler	7.94	2.13	16.72	<0.0004	0.68	
Bu çalışmaya ait alt ve üst sınırlar	0.50 – 19.82	0.53- 8.57	8.18- 32.12	<0.0004	0.05- 1.60	

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirildiğinde *L. Vulgaris* ve *S. officinalis* örneklerinin % 13,89’unda Pb derişimlerinin Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa komisyonu tarafından belirlenen kabul edilebilir üst limitlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Fe, Cu, Zn ve Cd derişimlerinin ise tüm doku örneklerinde kabul edilebilir üst limitlerin altında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.2.1.2 Bazı organizasyonların kabuklular için belirledikleri maksimum metal seviyeleri (mg kg⁻¹ y.a.)

Organizasyon	Metal				Referans	
	Fe	Cu	Zn	Cd		
Türk Gıda Kodeksi	-	20	50	0.5	0.5	Yazkan(2003)
Avrupa komisyonu	-	-	-	0.5	0.5	EC (2006)
WHO	-	-	-	1	2	Mitra (2010)
GAIN				0.5	0.5	GAIN(2014)
Bu çalışmaya ait ortalama değerler	6,64	2,98	14,18	<0.0004	0,29	
Bu çalışmaya ait alt ve üst sınırlar	1,42– 19,47	1,09– 7,43	6,80– 25,05	<0.0004	0,11-0,84	

*Verilen değerler sırasıyla balıklar ve molluskalar için belirtilen sınırlardır.

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirildiğinde *P. Semisulcatus* örneklerinin % %11.11’inde Pb derişimlerinin Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa komisyonu tarafından belirlenen kabul edilebilir üst limitlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Fe, Cu, Zn ve Cd derişimlerinin ise tüm doku örneklerinde kabul edilebilir üst limitlerin altında olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada tespit edilen ortalama metal derişimleri, metallerin tolere edilebilir üst limitleri ile karşılaştırılarak Mersin ilinde balık tüketimi ile oluşabilecek risk analizi yapılmış ve Çizelge 4.2.1.3’de bu değerlendirmeye ilişkin veriler özetlenmiştir.

Çizelge 4.2.1.3 Mersin ilinde erişkin insanlar tarafından ekonomik önemi olan *L. vulgaris* (KAL), *S. officinalis* (SÜB) ve *P. semisulcatus* (KAR) türlerinin günlük ve haftalık tüketimi ile vücuda alınabilecek metal derişimleri.

Metal	THMA [*]	THMA ^b	TGMA ^c	KAL HMA ^d (GMA ^e)	SÜB HMA ^d (GMA ^e)	KAR HMA ^d (GMA ^e)
Fe	5600 ^a	392000	56000	1213.8 (173.4)	1015 (145)	929.6 (132.8)
Cu	3500 ^a	245000	35000	172.2 (24.6)	424.2 (60.6)	417.2 (59.6)
Zn	7000 ^a	490000	70000	2468.2 (352.6)	2212 (316)	1985.2 (283.6)
Cd	7 ^a	490	70	-	-	-
Pb	25 ^a	1750	250	113.4 (16.2)	77 (11)	40.6 (5.8)

* Tolere edilebilir haftalık metal alımı (THMA) µg/hafta/kg vücut ağırlığı.

^a(FAO, WHO,2004).

^b 70 kg'lık bir insan için THMA (µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı).

^c70 kg'lık bir insan için kabul edilen tolere edilebilir günlük metal alımı (TGMA).

^dHMA, hesaplanan haftalık ortalama metal alımı (µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı).

^eGMA, hesaplanan günlük ortalama metal alımı (µg/gün/70 kg vücut ağırlığı).

**Türkiye kişi başına haftalık balık tüketimi 0.14 kg (FAO,2005).

Tolere edilebilir günlük alım miktarı, bir maddenin vücut ağırlığı temel alınarak ifade edilen ve tüm yaşam boyunca herhangi bir risk olmadan her gün tüketilebilir olan miktardır. Bir metalin tolere edilebilir günlük alım miktarı tüketilen besinin içerisindeki metal derişimine ve tüketilen besinin miktarına bağı olarak değişlik göstermektedir.

Türkiye'de insanların günlük ortalama su ürünleri tüketiminin 20 gr olduğu bilinmektedir [Türkmen vd., 2009]. Buda haftalık tüketim olarak 140 gr'a denk gelmektedir. Çizelge 4.2.1.3'de belirtilen GMA ve HMA değerleri ortalama 70 kg olan bir insanın günlük 20 gr ya da haftalık 140 gr sucul canlı tükettiği varsayılarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde Mersin ilinde tüketime sunulan *L. vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin tüketilebilir kas dokularında Fe, Cu, Zn, Cd ve Pb içeriklerinin tolere edilebilir günlük ve haftalık limitlerin çok altında olduğu ve insan tüketimi açısından sorun teşkil etmeyeceği kanısına varılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada kirliliğe neden olan kimyasal maddeler arasında ağır metaller üst sıralarda yer almakta ve özellikle sucul ortamlara yüksek derişimlerde katılarak kolayca yayılım gösterebilmektedirler. Bu sayede sucul canlılar tarafından absorbe edilmekte, doku ve organlarda birikebilmektedir.

Sucul canlılar dünyada birçok insan tarafından önemli bir protein kaynağı olarak görülmekte ve içerdikleri besleyici elementler nedeniyle tüketimleri hızla artmaktadır. Bunun yanı sıra içerdikleri omega-3 (n-3) yağ asitleri sayesinde kolesterol seviyelerini düşürürler ve böylelikle kalp krizi, felç ve erken doğum gibi hastalık risklerini azaltırlar. Bu nedenle sucul canlıların doku ve organlarında içerdikleri toksik maddelerin miktarlarının bilinmesi hem "gıda güvenliği" kavramı hem de bu canlıları tüketen başta insanlar olmak üzere diğer organizmaların sağlığı açısından son derece önemlidir.

Bu anlamda bu çalışmada Mersin ilinde tüketime sunulan ve ekonomik değeri yüksek olan türlerden *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin tüketilebilir kas dokularında Fe, Cu, Zn, Cd ve Pb gibi ağır metallerin ne düzeylerde bulunduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak, Mersin ilinde bulunan balık halini de kapsayan üç büyük satış noktasından elde edilen yumuşakça ve kabuklu türlerinin tüketilebilir kas dokularının hiçbirinde incelenen ağır metallerin ortalama derişimleri, insan sağlığı açısından tehdit oluşturabilecek düzeylerde olmadığı tespit edilmiştir. Fakat örnekleme yapılan 54 bireyin 7'sinde Pb derişimlerinin Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen kabul edilebilir limitlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan tez araştırması ile Mersin ilinde tüketime sunulan sucul canlıların metal içerikleri bakımından insan tüketimine uygun olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Benzer çalışmaların zaman zaman başka noktalar ve sucul türleri de kapsayacak şekilde periyodik olarak devam ettirilmesi, hem kirleticilerin çevreye verdikleri zararın tespit edilmesi hem de gıda güvenliği açısından son derece önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Aaseth, J. ve Norsenth, T., Friberg, L., Nordberg, G.F., ve Vouk, V. (Eds), "Handbook on the Toxicology of Metals", 2nd ed., Elsevier Science Publishers, Amsterdam , 233, (1986).
- Bailey S.E., Olin T.J., Bricka, R.M. ve Adrian, D.D., " A Review of Potentially Low Costs Sorbents for Heavy Metals", Research, 33(11):2469-2479, (1999).
- Baker, R.T.M, Martin, P., Davies, S.J, "Ingestion of sublethal levels of iron sulphate by African catfish affects growth and tissue lipid peroxidation", Aquatic Toxicology, 40:51-61, (1997).
- Bettini, S., Ciani, F., Franceshini, V., "Recovery of the Olfactory Receptor Neurons in the African Tilapia *Tilapia mariae* Following Exposure to Low Copper Level", Aquatic Toxicology, 76:321-328, (2006).
- Birinci, S., "Bazı Balık Türlerinin Karaciğer Glutatyon Redüktaz ve Glukoz 6- Fosfat Dehidrogenaz Aktiviteleri ile Ağır Metal Miktarları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi." Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Bilimde Uzmanlık Tezi (1992)
- Burger, J., Gochfeld, M., "Heavy metals in commercial fish in New Jersey", Environmental Research, 99:403 – 412, (2005).
- Bustamante P., Cherel Y., Caurant F., Miramand P., "Cadmium, copper and zinc in octopuses from Kerguelen Islands, Southern Indian Ocean. Polar Biol 19: 264-271 (1998)
- Bustamante P., González A.F., Rocha F., Miramand P., Guerra A.," Metal and metalloid concentrations in the giant squid *Architeuthis dux* from Iberian waters", Marine Environmental Research 66 , 278–287 (2008).
- Canpolat, Ö., Çalta, M., "Keban Baraj Gölünden (Elazığ) Yakalanan *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843)'de Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi", Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 13(2):263-268, (2001).
- Cicik, B., "Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus Carpio*)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri", Ekoloji Çevre Dergisi, Cilt 12, Sayı 48, 32-36, (2003).
- Cirillo, T., Fasano, E., Viscardi, V., Arnese, A., & Amodio-Cocchieri, R. "Survey of lead, cadmium, mercury and arsenic in seafood purchased in Campania, Italy", *Food Additives and Contaminants: Part B*, 3(1), 30-38, (2010).
- Claisse, D., Cossa, D.,Bretaudeau-Sanjuan, J., Touchard, G., Bombled, B., "Methylmercury in molluscs along the French coast", Mar Poll Bull, 42(4), 329-332, (2001).

Çağlak E., Çaklı Ş. ve Çağlak S., “Türkiye’ye İthal Edilen Bir Kalamar Türünün (Illex argentinus Castellanos, 1960) Mikrobiyal ve Ağır Metal Yükünün Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma.”, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi Cilt 27, Sayı 1: 35-39 (2010)

Çalışkan, E., “Asi Nehri’nde Su, Sediment ve Karabalık (Clarias gariepinus BURCHELL, 1822)’ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması”, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2005).

Dündar, Y., Aslan, R., “Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşununun Etkileri. Kocatepe Tıp Dergisi”, 6: 1-5 (2005).

EC (European Commission)

Eisler, R., “Handbook Of Chemical Risk Assessment Health Hazards to Humans, Plants, and Animals”, Vol 1, United States of America, 844s, (2000).

El-Moselhy, K. M., Othman, A. I., El-Azem, H. A., & El-Metwally, M. E. A. “Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt.” Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 1(2), 97-105, (2014).

FAO “Statistics division, food security statistics, food consumption.” “<http://www.fao.org/es/ESS/faostat/foodsecurity/index.en.htm>”. (2005).

FAO (Food and Agriculture Organization), <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e01.pdf> , (2012).

FAO/WHO “Summary of evaluations performed by the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA 1956–2003), (First through sixtyfirst meetings).” ILSI Press International Life Sciences Institute, (2004).

FSANZ , <http://www.comlaw.gov.au/Details/F2011C00542> , (2011).

GAIN (Global Agriculture Information Network) http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Maximum%20Levels%20of%20Contaminants%20in%20Foods%20Beijing_China%20-%20Peoples%20Republic%20of_12-11-2014.pdf , (2014).

Gonzalez, R.J., Grippo, R.S., Dunson, W.A., “The disruption of sodium balance in brook charr. *Salvelinus jbnntinalis* (Mitchill), by manganese and iron”, Journal of Fish Biology 37, 765-774, (.1990).

Goyer, R.A., Klaassen, C.D, Amdur, M.O. ve Doull, J. (Eds)., Casarett and Doull’s Toxicology The Basic Science of Poisons, Macmillian Publ. Co., New York, 582, (1986).

- Guérin, T., Chekri, R., Vastel, C., Sirot, V., Volatier, J. L., Leblanc, J. C., Noël, L., “Determination of 20 trace elements in fish and other seafood from the French market”, *Food Chemistry*, 127(3), 934-942, (2011).
- Hilmy, A. M., El Domiaty, N. A., Daabees, A. Y., ve Abdel Latife, H. A., “Some Physiological and Biochemical Indices of Zinc Toxicity in two Freshwater Fishes, *Clarias lazera* and *Tilapia zilli*”, *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 87(2):297-301, (1987).
- Hollis, L., Hogstrand, C. and Wood, C. M., “Tissue Specific Cadmium Accumulation Metallothionein Induction and Tissue Zinc and Copper Ligands during Chronic Sublethal Cadmium Exposure in Juvenile Rainbow Trout”, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 41(4): 468-474, (2001).
- Ikem, A. ve Egiebor, N. O., “Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America)”, *Journal of food composition and analysis*, 18(8), 771-787, (2005).
- Järup, L. “Hazards of heavy metal contamination.” *British medical bulletin*, 68(1), 167-182, (2003).
- Jimoh, A.A., Clarke, E.O., Ndimele, P.E., Kumolu-Johnson, C.A., Adebayo, F.A., “Concentrations of Heavy Metals in *Macrobrachium vollenhovenii* (Herklots, 1857) from Epe Lagoon, Lagos, Nigeria”, *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* 3(3): 197-202, (2011).
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., “Metallerin çevresel etkileri-I”, *Metalürji Dergisi*, 136: 47-53, (2003).
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., “Metallerin çevresel etkileri-II.” *Metalürji Dergisi*, 137: 46-51, (2004).
- Kalay, M., ve Canlı M., “Elimination of Essential (Cu, Zn) and Non-Essential (Cd, Pb) Metals from Tissues of Freshwater Fish *Tilapia zilli*”, *Turk. J. Zool.*, 24:(429-436), (2000).
- Kalay, M. , AY ,O. ,Canlı, M. “Heavy metal concentrations in fish tissues from the northeast Mediterranean sea”, *Bull Environ Contam Toxicol* 63, 673-81, (1999).
- Kalogeropoulos, N., Karavoltsos, S., Sakellari, A., Avramidou, S., Dassenakis, M., & Scoullou, M., “Heavy metals in raw, fried and grilled Mediterranean finfish and shellfish”, *Food and Chemical Toxicology*, 50(10), 3702-3708, (2012).
- Khansari, F.E., Khansari, G. M., Abdillahi, M., “Heavy metals content of canned tuna fish”, *Food Chemistry*, 93:293–296, (2005).

- Killilea, D. W., Atamna, H., Liao, C., & Ames, B. N. "Iron accumulation during cellular senescence in human fibroblasts in vitro." *Antioxidants and Redox Signaling*, 5(5), 507-516, (2003).
- Kojadinovic, J., Jackson, C. H., Cherel, Y., Jackson, G. D., & Bustamante, P., "Multi-elemental concentrations in the tissues of the oceanic squid *Todarodes filippovae* from Tasmania and the southern Indian Ocean", *Ecotoxicology and environmental safety*, 74(5), 1238-1249, (2011).
- Kruger, T., "Effects of zinc, copper and cadmium on *Oreochromis mossambicus* free-embryos and randomly selected mosquito larvae as biological indicators during acute toxicity testing", Rand Afrikaans University, Faculty of Science, Johannesburg S.A., (2002).
- Lall, S.P., "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, (1995).
- Lau S., Tan A.C.Y., Sabtuyah S., "Bioaccumulation of heavy metals in mollusca from Sg. Sarawak", Proceeding Malaysian Chem. Congress '96: Genting Highland, Kasım (1996).
- Lau, S., Mohamed, M., Yen Chi, A., T., Su'ut, S., "Accumulation of heavy metals in freshwater molluscs", *The Science of the Total Environment*, 214, 113-121, (1998).
- Levesque, H.M., Moon, T.W., Campbell, P.G.C., and Hontela, A., "Seasonal Variation in Carbohydrate and Lipid Metabolism of Yellow Perch (*Perca flavescens*) Chronically Exposed to Metals in the Field", *Aquatic Toxicology*, 60(3-4):257-267, (2002).
- Maanan, M., "Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region", *Environmental Pollution*, 153:176-183, (2008).
- Miedico, O., Iammarino, M., Pompa, C., Tarallo, M., & Chiaravalle, A. E. "Assessment of lead, cadmium and mercury in seafood marketed in Puglia and Basilicata (Italy) by inductively coupled plasma mass spectrometry." *Food Additives & Contaminants: Part B*, (ahead-of-print), 1-8, (2015).
- Miramand P. ve Bentley D., "Concentration and distribution of heavy metals in tissues of two cephalopods, *Eledone cirrhosa* and *Sepia officinalis*, from the French coast of the English Channel." *Marine Biology* 114, 407-414 (1992)
- Mitra, A., Banerjee, K., Ghosh, R., & Ray, S. K. "Bioaccumulation pattern of heavy metals in the shrimps of the lower stretch of the River Ganga. Mesopot." *J. Mar. Sci*, 25(2), 1-14, (2010).

- Muramoto, S. "Elimination of copper from Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and fresh water". *Journal of Environmental Science & Health Part A*, 18(3):455-461,(1983).
- Nordberg, G.F., Fowler, B.A., Nordberg, M., Friberg, L., "Handbook on the Toxicology of Metals", 3rd Edition, Academic Press, 969s, (2007).
- Odzak N, Zvonaric T, Kljakovic ZG, Horvat M, Baric A "Biomonitoring of Hg in the Kastela bay using transplanted mussels", *Sci Tot Environ*, 261:61-68, (2000).
- Pandit, A. R., Magar, N. G. "Chemical composition of *Sepia orientalis* and *Loligo vulgaris*." *Fish Tech*, 9, 122-125, (1972).
- Patterson, J., "Introduction—comparative dietary risk: balance the risks and benefits of fish consumption", *Comments Toxicol.*, 8:337-344, (2002).
- Pierce G.J., Stowasser G., Hastie L.C., Bustamante P., " Geographic, seasonal and ontogenetic variation in cadmium and mercury concentrations in squid (Cephalopoda: Teuthoidea) from UK waters" , *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70 422-432, (2008).
- Raimundo J., Vale C., Rosa R."Trace element concentrations in the top predator jumbo squid (*Dosidicus gigas*) from the Gulf of California". *Ecotoxicology and Environmental Safety* 102 179-186 (2014).
- Rainbow, P. S., "Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what?", *Environmental Pollution*, 120(3), 497-507, (2002)
- Ridout, P. S., Rainbow, P. S., Roe, H. S. J., & Jones, H. R., "Concentrations of V, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Zn, As and Cd in mesopelagic crustaceans from the North East Atlantic Ocean", *Marine Biology*, 100(4), 465-471, (1989).
- Salman, A.; Katagan, T.; Benli, H.A., "Türkiye Kafadanbacaklıları ve Kafadanbacaklı Yetistirciliği", T.C. Tarım ve Köyisleri Bakanlığı Su Ürünleri Arastırma Enstitüsü Müdürlüğü Bodrum Seri A Yayın No:12 ; 1 – 2, (1998).
- Saltes, J.G., Bailey, G.C. "Use of fish gill and liver tissue to monitoring zinc pollution. *Bull. Environ.*" *Contam. Toxicol* 32,233-237, (1984).
- Tuzen, M. ve Soylak, M. "Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey", *Food Chemistry*, 101(4), 1378-1382, (2007).
- Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, Resmi gazete, 28157, (29.12.2011)
- Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Töre, Y., & Ateş, A. "Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas." *Food Chemistry*, 113(1), 233-237, (2009).

Türkoğlu, M., “Van Gölü’nden Alınan Su, Sediment ve İnci Kefali Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması”, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2008).

Yazkan M., Özdemir F., Gölükcü M. , “Antalya körfezinde avlanan bazı yumuşakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği”. GIDA 28 (6) : 637-642, (2003).

Yılmaz S., Özvarol Z.A.B., Özvarol Y., “Fisheries and Shrimp Economy, Some Biological Properties of the Shrimp *Metapenaeus monoceros* (Fabricus, 1798) in the Gulf of Antalya (Turkey)”, Journal of Animal and Veterinary Advances Volume: 8 Issue: 12 Page No.: 2530-2536 ,(2009).

Yildirim, Y., Gonulalan, Z., Narin, I., & Soylak, M., “Evaluation of trace heavy metal levels of some fish species sold at retail in Kayseri”, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 149(1-4), 223-228 (2009).

Yusa, V., Suelves, T., Ruiz-Atienza, L., Cervera, M. L., Bedito, V., & Pastor, A. “Monitoring programme on cadmium, lead and mercury in fish and seafood from Valencia, Spain: levels and estimated weekly intake.” *Food Additives and Contaminants*, 1(1), 22-31, (2008).

ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: Coşkun ÇOLAKFAKIOĞLU

Doğum Tarihi: 19/01/1989

Öğrenim Durumu: Lisans mezunu

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise			2002-2005
Lisans	Su Ürünleri Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2006-2011
Yüksek Lisans	Su Ürünleri	Mersin Üniversitesi	2011-.....

