

Mersin İlinde Tüketime Sunulan Kabuklu ve Yumuşakça Türlerinin Kas Dokularında Ağır Metal Düzeyleri

Cengiz KORKMAZ^{1*}, Özcan AY², Çoşkun ÇOLAKFAKIOĞLU¹

¹Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Mersin

²Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü, Mersin

Geliş : 02.03.2016

Kabul : 03.05.2016

Araştırma Makalesi / Research Article

*Sorumlu Yazar: cngzkrkmz@hotmail.com

Basılı ISSN: 1300 – 4891 E.Dergi ISSN: 1308 – 7517

Özet

Bu çalışma kapsamında Mersin ilinde tüketime sunulan kalamar (*Loligo vulgaris*), sübye (*Sepia officinalis*) ve karides (*Penaeus semisulcatus*) türlerinin tüketilebilir kas dokuları Cr (toplam), Mn, Ni, As (toplam) ve Sn içerikleri yönünden incelenmiştir. Doku örneklerinde metal analizi İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma-kütle spektrofotometresi (ICP-MS) sistemi ile belirlenmiştir. Doku örneklerinde Cr (toplam), Mn, Ni, As (toplam) ve Sn derişimleri sırasıyla 0,05-2,23, 0,07-1,13, 0,01-0,81, 3,03-45,09 ve 0,02-1,32 mg/kg yaş ağırlık (y.a.) olacak şekilde değişiklik göstermiştir. Cr derişimleri *P. semisulcatus* örneklerinin tümünde tespit edilebilir limitlerin altında bulunmuştur. Tüm örneklerde ortalama metal derişimlerinin, tolere edilebilir günlük ve haftalık limitlerin altında olduğu ve insan tüketimi açısından sorun teşkil etmeyeceği kanısına varılmıştır. Fakat, *S. officinalis* türünde inorganik arsenik içeriğinin referans değerlere oldukça yakın olduğu ve yüksek miktarlarda ve rutin tüketilmesi durumunda insan sağlığı açısından sorunlar teşkil edebileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Su ürünleri, ağır metal, gıda güvenliği, yumuşakçalar, kabuklular

Heavy Metal Levels in Muscles Tissues of Some Marketed Crustacean and Molluscs species, in Mersin

Abstract

The study was carried out to determine the levels of Cr (total), Mn, Ni, As (total) and Sn 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 system. Cr (total), Mn, Ni, As (total) and Sn in tissue samples ranged between 0.05-2.23, 0.07-1.13, 0.01-0.81, 3.03-45.09 and 0.02-1.32 mg kg⁻¹ wet weight (w.w.), respectively. Cr concentrations were found below the detectible limits in all *P.semisulcatus* samples. Avarage metal concentrations in all samples were found lower than the provisional tolerable daily and weekly intake levels (PTDI, PTWI) and seemes no risks for human consumption. But for *S. officinalis*, inorganic As levels found quite close the reference limit's and can cause health problems to consumers, in routine and excess amounts of consumption.

Keywords: Seafood, heavy metal, food safety, molluscs, crustaceans

GİRİŞ

Sucul canlılar dünyada birçok insan tarafından önemli bir protein kaynağı olarak görülmekte ve içerdikleri düşük doymuş yağ asitleri ve besleyici elementlerin varlığı nedeniyle tüketimleri hızla artmaktadır (Burger ve Gochfeld, 2005; Ikem ve Egiebor, 2005). 1960'lı yıllarda, dünyada 9,9 kg olan kişi başı yıllık sucul canlı tüketimi son 50 yılda yaklaşık olarak %100 artmış ve 2012 yılında 19,2 kg düzeylerine ulaşmıştır (FAO, 2014).Beslenme uzmanları ve diyetisyenler, sucul besinlerin yüksek omega-3 (n-3) içerikleri ve bazı elementlerin varlığı nedeniyle kalp krizi, felç gibi hastalık risklerini azaltmaya

yardımcı olduklarını bu yüzden düzenli olarak tüketilmesi gerektiğini belirtmektedirler (Cirillo vd., 2010). Fakat hayvansal kaynaklı besinlerin arasında sucul canlıların, kimyasal kirleticilerin etkisine daha açık olduğu ve bu kirleticileri daha yüksek derişimlerde biriktirebildikleri de bilinmektedir (Järup, 2003).

İnorganik ksenobiyotiklerin arasında, insanlar için en önemli tehdidi ağır metaller oluşturmaktadır (Järup, 2003; Bettini vd., 2006). Ağır metaller sucul ekosistemlerde doğal olarak bulunmakta ve sudaki derişimleri antropojenik faktörlerin etkisiyle artabilmektedir (Dyer, 2007; Ebrahimi ve Taherianfard, 2011). Sucul ortamlarda, çözülmüş yada süspansiyon halinde bulunabilmekte, sedimente çökebilme yada sucul canlılar tarafından alınarak, besin zinciri aracılığıyla insanlara kadar taşınarak birikebilmektedirler (Levesque vd., 2002; Cirillo vd., 2010). Canlı dokulara yüksek bağlanma özelliği gösterirler ve vücuttan atımları son derece yavaştır (Miedico vd., 2015). Krom (Cr^{+3}), demir (Fe), bakır (Cu) ve mangan (Mn) gibi ağır metaller canlı organizmalarda birçok biyokimyasal olayın ve enzim aktivasyonunun gerçekleşmesi amacıyla esansiyel olarak bulunurlarken, nikel (Ni), krom (Cr^{+6}), kalay (Sn) cıva (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller normal şartlarda canlı organizmalarda bulunmazlar (Odzak vd., 2000).

Ağır metaller, nörolojik, nefrolojik, immünolojik birçok etkiye sahip olan, endokrin sistemi bozan, karsinojenik ve teratojenik etkiler gösterebilen kimyasal ajanlardır (Cirillo vd., 2010). Örneğin, nikelin dolaşım ve kardiyovasküler sisteme etki ederek hepatik, renal, nörolojik ve immünolojik hasarlara neden olabileceği rapor edilmiştir. Krom (III)'ün memelilerde anormal enzim aktivitesi, hematolojik parametrelerde değişimlere ve immün sistemin baskılanmasına sebebiyet verebileceği belirtilmiştir. Arseniğin plasenta bariyerini aşarak fetüs ölümüne neden olduğu, nörolojik, karsinojenik ve mutajenik etki gösterdiği, kalayın ise büyüme ve üreme sisteminde gerilemelere sebebiyet verebileceği bildirilmiştir (Eisler, 2000). Yüksek derişimlerde manganezin (Mn) ise genellikle karaciğerde metabolize olmadan beyin dokularına geçtiği, titreme, yürümede zorluk ve yüz spazmlarına neden olabileceği rapor edilmiştir (ATSDR, 2001).

Yumuşakçalar ve kabuklular gibi sucul canlılar, yaşamlarının tüm evrelerinde kimyasal kirleticilerin etkisi altındadırlar (Ikem ve Egiebor, 2005). Bunun yanı sıra ağır metal toksisitenin belirlenmesinde biyoidikatör ve biyomonitör canlılar olarak kabul edilirler (Lau vd., 1998; Jimoh vd., 2011). Sucul ekosistemlerde yaygın olarak bulunurlar ve kolaylıkla örneklenebilirler. Birçok kirleticiye özellikle ağır metallere yüksek tolerans gösterebilir ve bu maddeleri yüksek oranda biriktirebilirler (Lau vd., 1998).

Dünyanın birçok bölgesinde besin kalitesinin belli sınırlar içerisinde tutulabilmesi ve "gıda güvenliği" kavramı araştırmacıların önem verdiği konuların başında gelmektedir. Toksik maddelerin besin maddelerinde bulunma oranları ve insan sağlığı üzerine etkileri son yıllardaki araştırmalarda giderek önem kazanmaktadır (Khansari vd., 2005). Yukarıda anılan nedenlerden dolayı bu çalışmada, Mersin ilinde tüketime sunulan ve ekonomik değeri yüksek olan türlerden kalamar (*L. vulgaris*), sübye (*S. officinalis*) ve karideste (*P. semisulcatus*) bazı ağır metallerin derişim düzeyleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Farklı satış noktalarından elde edilen türlerin insanlar tarafından tüketilen kas kısımları örneklenecek Cr (toplam), Mn, Ni, As (toplam) ve Sn içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistikî analiz sonrası metallerin tolare edilebilir üst limitleri ile içerdikleri metal derişimleri bakımından karşılaştırılarak, insan tüketimi açısından kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak Mersin İli'nde bulunan ve Mersin Balık Hali'ni de kapsayan 3 büyük balık satış noktasından 2015 Eylül-Ekim ayları boyunca elde edilen *L. vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türleri rastgele örnekleme metoduna göre temin edilmiştir. Deneysel materyallerin boy ve ağırlıklarına ilişkin veriler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel materyallerin boy-ağırlık ilişkisi.

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 \pm Standart hata n=İstasyon başına toplam örnek sayısı

Çalışma kapsamında satış noktalarından elde edilen örneklerin tüketilebilir kas dokuları disekte edilmiş ve -20 °C'de analizler başlayana kadar stoklanmıştır. Her noktadan 18, toplamda 54 adet örnek analiz edilmiştir. Örnekler, analiz öncesi petri kutularına konularak, 150 °C'de 72 saat süre ile kurutulularak 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 eklenerek analize hazır hale getirilmiştir (Muramoto, 1983). Aynı işlemler içerisinde doku örneği bulunmayan boş numuneler içinde uygulanmıştır. Doku örneklerinde metal derişimleri Agilent 7500ce (Octopole Reaction Sistemleri, Agilent Teknolojileri, Japonya) model ICP-MS sistemi kullanılarak tespit edilmiştir. ICP-MS sisteminin çalışma koşulları Tablo 2'de görülmektedir.

Ağır metal içerikleri belirlenen örneklerin istatistiksel analizi SPSS 16.0 paket programı ile varyans analizi ve "Student – Newman Keul's (SNK)" testleri uygulanarak yapılmıştır.

Sonuçlar kuru ağırlık cinsinden hesaplanmış, daha önceki çalışmalar ile karşılaştırma yapmak amacıyla mg/kg yaş ağırlık (y.a.) değerlerine dönüşümleri yapılmıştır. Yaş ağırlık dönüşümü sırasında, yumuşakçaların ve kabukluların kas dokularında su miktarının yaklaşık %80 olması nedeniyle (Pandit ve Magar, 1972; Karakoltsidis vd., 1995), dönüştürme katsayısı olarak 0,2 kullanılmıştır (El-Moselhy vd., 2014). Örnekler üç tekrarlı analiz edilmiştir. Geri kazanım çalışmaları amacıyla metal içeriği bilinen örnekler

hazırlanmış ve Cr, Mn, Ni, As, ve Sn'in geri kazanım yüzdelerinin sırasıyla 99,64 %, 87,74 %, 91,79 %, 99,5 % ve 96,07 % olduğu tespit edilmiştir. Çalışmaya ait doğrulama parametreleri Tablo 3'de görülmektedir.

Tablo 2 ICP-MS çalışma koşulları

RF gücü	1500 W
Plazma gaz akış hızı	15 L dak ⁻¹
Yardımcı gaz akış hızı	1 L dak ⁻¹
Taşıyıcı gaz akış hızı	1,1 L dak ⁻¹
Helyum çarpışma gaz akış hızı	mL/dak (Kullanılmamıştır)
T bölmesi spreyi	2 °C
Örnek derinliği	8,6 mm
Örnek besleme akış hızı	1 mL dak ⁻¹
Nebulizatör pompası	0,1 rps

Tablo 3. Çalışmaya ait doğrulama parametreleri

Analyte	LOD (ng g ⁻¹)	LOQ (ng g ⁻¹)	RSDr %	R ²
Cr	1,14	3,81	2,44	0,9999
Mn	0,23	0,78	3,28	0,9999
Ni	0,68	2,26	1,51	1
As	0,51	1,71	2,35	1
Sn	0,44	1,47	2,89	1

BULGULAR

Yapılan analizler sonucunda tüm örneklerde Cr, Mn, Ni, As ve Sn derişimlerinin sırasıyla 0,05-2,23, 0,07-1,13, 0,01-0,81, 3,03-45,09 ve 0,02-1,32 mg/kg y.a arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Cr derişimleri *P. semisulcatus* örneklerinin tümünde tespit edilebilir limitlerin altında bulunmuştur.

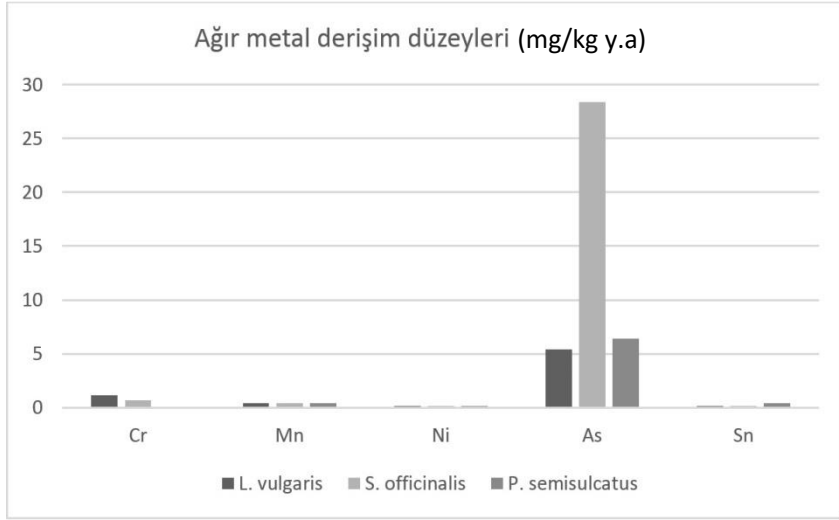
L. vulgaris, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* örneklerinin kas dokularına ait ortalama ağır metal derişim düzeyleri Tablo 4 ve Şekil 1'de görülmektedir.

Tablo 4. *L. vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* örneklerinin kas dokularında, ağır metal derişim düzeyleri (mg/kg y.a)

	Cr	Mn	Ni	As	Sn
n(t) 54	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$ (Alt-üst sınır)	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$ (Alt-üst sınır)	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$ (Alt-üst sınır)	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$ (Alt-üst sınır)	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$ (Alt-üst sınır)
<i>L. vulgaris</i>	1,17 ^a ±0,59 (0,05-2,23)	0,44 ^{bx} ±0,26 (0,07-1,08)	0,14 ^{bx} ±0,09 (0,04-0,29)	5,43 ^{cx} ±1,09 (3,47-7,10)	0,14 ^{bx} ±0,09 (0,02-0,31)
<i>S. officinalis</i>	0,67 ^a ±0,52 (0,10-1,71)	0,44 ^{ax} ±0,29 (0,10-1,09)	0,19 ^{ax} ±0,23 (0,01-0,81)	28,37 ^{by} ±9,68 (10,87-45,09)	0,17 ^{ax} ±0,21 (0,05-0,92)
<i>P. semisulcatus</i>	TE*	0,42 ^{ax} ±0,28 (0,12-1,13)	0,18 ^{ax} ±0,13 (0,05-0,63)	6,40 ^{bx} ±3,36 (3,03-13,30)	0,46 ^{ay} ±0,37 (0,11-1,32)

* SNK; a,b, c metalller 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 ± Standart hata *TE = Tespit edilemedi. n(t)= Toplam örnek sayısı



Şekil 1. *L. vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* örneklerinin kas dokularında, ağır metal derişim düzeyleri

TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan çalışma ile Mersin ilinde bulunan ve Mersin Balık Hali'ni de kapsayan üç ayrı satış noktasından tüketime sunulan *L. vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin tüketilebilir kas dokuları içerdikleri Cr (toplam), Mn, Ni, As (toplam) ve Sn derişimleri bakımından incelenmiştir. Türk Gıda Kodeksine göre yumuşakçalar ve kabuklularda Cr, Mn, Ni, As ve Sn için kabul edilebilir limitler belirtilmemiştir. Bu nedenle yapılan bu çalışmada örneklenen sucul canlılara ait metal derişimleri Tablo 5'te metallerin tolere edilebilir üst limitleri ile karşılaştırılmış ve insan tüketimi açısından uygun olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Toplam Cr derişimleri *L. vulgaris* ve *S. officinalis* türlerinin kas dokularında sırasıyla 0,05-2,23 ve 0,10-1,71 mg/kg y.a arasında değişiklik göstermiştir. Çalışma sonunda ortalama Cr derişimleri en yüksek *L. vulgaris*, en düşük ise *P. semisulcatus* türlerinde tespit edilmiştir. Guérin vd., (2011), Fransa'da tüketime sunulan kalamar, sübye ve karides türlerinin kas dokularında Cr derişimlerinin sırasıyla 0,06, 0,10 ve 0,15 mg/kg y.a olduğunu rapor etmişlerdir. Kalogeropoulos vd., (2012) ise, Yunanistan'da tüketime sunulan kalamar ve karides türlerinde Cr derişimlerinin sırasıyla 0,22 ve 0,06 mg/kg y.a olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucu elde edilen veriler incelendiğinde Cr derişimlerinin *L. vulgaris* ve *S. officinalis* türlerinin kas dokularında diğer çalışmalara göre daha yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Cr, doğada birkaç formda bulunabilmektedir. Fakat bunlardan en yaygını Cr^{+3} ve Cr^{+6} 'dır (Eisler, 2000). Cr^{+3} esansiyel bir element olup vücudun şeker, yağ ve proteinlerini kullanmasında rol alırken, Cr^{+6} karsinojeniktir. Cr^{+3} ve Cr^{+6} için EPA tarafından kabul edilen referans derişimin (RfD) sırasıyla 1500 ve 3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{gün}$ olduğu ve bu derişimlerin üzerinde Cr alımının canlılarda birçok olumsuz sağlık sorununa neden olduğu bilinmektedir (EPA, 2000a; Ikem ve Egiebor, 2005).

Mn derişimleri *L. vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularında sırasıyla 0,07-1,08, 0,10-1,09 ve 0,12-1,13 mg/kg y.a arasında değişiklik göstermiştir.

Çalışma sonunda ortalama Mn derişimleri en yüksek *L.vulgaris*, en düşük ise *P. semisulcatus* türlerinde tespit edilmiştir. Guérin vd., (2011), Fransa'da tüketime sunulan kalamar, sübye ve karides türlerinin kas dokularında Mn derişimlerinin sırasıyla 0.31, 0.13 ve 0.42 mg/kg y.a olduğunu rapor etmişlerdir. Burger ve Gochfeld, (2005), New Jersey'de tüketime sunulan sucul canlıların kas dokularında Mn derişimlerinin 0,11-0,70 mg/kg y.a arasında değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Araştırma sonucu elde edilen veriler incelendiğinde Mn derişimlerinin *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularında diğer çalışmalara göre benzer seviyelerde olduğu görülmektedir. Çocukların büyüme ve gelişmelerini sağlıklı şekilde devam ettirebilmeleri için günlük düşük miktarlarda Mn'e ihtiyaç duydukları, yüksek derişimlerde Mn alımının ise nörolojik hasarlara neden olabileceği bilinmektedir (Ikem ve Egiebor, 2005). Mn'nin karsinojenik etkileri hakkında herhangi bir veri bulunmamakla birlikte, EPA tarafından kabul edilen RfD'in 140 µg/kg/gün vücut ağırlığı olduğu rapor edilmiştir (EPA, 2010).

Ni derişimleri *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularında sırasıyla, 0,04-0,29, 0,01-0,81 ve 0,05-0,63 mg/kg y.a arasında değişiklik göstermiştir. Çalışma sonunda ortalama Ni derişimleri en yüksek *S. officinalis* en düşük ise *L.vulgaris* türlerinde tespit edilmiştir. Guérin vd., (2011), Fransa'da tüketime sunulan kalamar, sübye ve karides türlerinin kas dokularında Ni derişimlerinin sırasıyla 0,07, 0,04 ve 0,12 mg/kg y.a olduğunu rapor etmişlerdir. Kalogeropoulos vd., (2012), Yunanistan'da tüketime sunulan kalamar türlerinde Ni derişimlerinin tespit edilebilir limitlerin altında bulunduğunu, karides türlerinde ise 0,51 mg/kg y.a olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucu elde edilen veriler incelendiğinde Ni derişimlerinin *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus*, türlerinin kas dokularında diğer çalışmalara göre daha benzer seviyelerde olduğu görülmektedir. Ni için EPA tarafından kabul edilen RfD'in 20 µg/kg/gün olduğu ve bu derişimlerin üzerinde Ni alımının karsinojenik etki ve dolaşım sistemi hasarlarına neden olabileceği bildirilmiştir (EPA, 2000b, Ikem ve Egiebor, 2005).

As derişimleri *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularında sırasıyla, 3,47-7,10, 10,87-45,09 ve 3,03-13,30 mg/kg y.a arasında değişiklik göstermiştir. Çalışma sonunda ortalama As derişimleri en yüksek *S. officinalis*, en düşük ise *L.vulgaris* türlerinde tespit edilmiştir. Wu vd., (2014), Çin'de tüketime sunulan sucul canlıların kas dokularında As derişimlerinin 0,03-3,4 mg/kg y.a arasında değişiklik gösterdiğini rapor etmişlerdir. Morgano vd., (2011), Brezilya'da tüketime sunulan sucul canlıların kas dokularında As derişimlerinin 0,11-10,82 mg/kg y.a arasında değişiklik gösterdiğini rapor etmişlerdir. Araştırma sonucu elde edilen veriler incelendiğinde As derişimlerinin özellikle *S. officinalis* türlerinin kas dokularında diğer çalışmalara göre oldukça yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. İnorganik As için EPA tarafından kabul edilen RfD'in 0.30 µg/kg/gün olduğu ve bu derişimlerin üzerinde inorganik As alımının dermatit, impuls iletiminde yavaşlama ve akciğer kanserine neden olabileceği bildirilmiştir (Ikem ve Egiebor, 2005; EPA, 2012,).

Sn derişimleri *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin kas dokularında sırasıyla, 0,02-0,31, 0,05-0,92 ve 0,11-1,32 mg/kg y.a arasında değişiklik göstermiştir. Çalışma sonunda ortalama Sn derişimleri en yüksek *P. semisulcatus*, en düşük ise *L.vulgaris* türlerinde tespit edilmiştir. Mol, (2011), Türkiye'de tüketime sunulan konserve su ürünlerinde, Sn derişimlerinin 0-0,38 mg/kg y.a arasında değiştiğini belirtmiştir. Olmedo vd., (2013), İspanyada tüketime sunulan konserve su ürünlerinde, Sn derişimlerinin 0,01-0,75 mg/kg y.a arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Araştırma sonucu elde edilen veriler incelendiğinde Sn derişimlerinin *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve

P.semisulcatus türlerinin kas dokularında diğer çalışmalara göre benzer yada daha yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Sn için EPA tarafından belirlenmiş RfD bulunmamaktadır. Fakat Sn'in tolere edilebilir haftalık üst limitinin 14 mg/kg olduğu bu limitlerin üzerinde Sn alımının insanlarda gastrointestinal irritasyon, kusma, ishal, bulantı, anemi, karaciğer ve böbrek yetmezliği gibi sorunlara neden olabileceği belirtilmiştir (Ikem ve Egiebor, 2005).

Tablo 5. Çalışma kapsamında örneklenen *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin günlük ve haftalık tüketimi ile vücuda alınabilecek metal derişimleri.

Metal	THMA ^a	THMA ^b	TGMA ^c	<i>L.vulgaris</i> HMA ^d (GMA ^e)	<i>S. officinalis</i> HMA ^d (GMA ^e)	<i>P.semisulcatus</i> HMA ^d (GMA ^e)
Cr ⁺³	10500 ^x	735000	105000	163,8 (23,4) ^w	93,8 (13,4) ^z	*TE
Cr ⁺⁶	21 ^x	1470	210	163,8 (23,4) ^w	93,8 (13,4) ^z	*TE
Mn	980 ^x	68600	9800	61,6 (8,8)	61,6 (8,8)	58,8 (8,4)
Ni	140 ^x	9800	1400	19,6 (2,8)	26,6 (3,8)	25,2 (3,6)
As ^y	2,1 ^x	147	21	26,6 (3,8) ^z	139,01 (19,85) ^z	31,36 (4,48) ^z
Sn	14000	980000	140000	19,6 (2,8)	23,8 (3,4)	64,4 (9,2)

^a Tolere edilebilir haftalık metal alımı (THMA) ($\mu\text{g}/\text{hafta}/\text{kg}$ vücut ağırlığı).

^b 70 kg'lık bir insan için THMA ($\mu\text{g}/\text{hafta}/70$ kg vücut ağırlığı).

^c 70 kg'lık bir insan için kabul edilen tolere edilebilir günlük metal alımı (TGMA).

^d HMA, hesaplanan haftalık ortalama metal alımı ($\mu\text{g}/\text{hafta}/70$ kg vücut ağırlığı).

^e GMA, hesaplanan günlük ortalama metal alımı ($\mu\text{g}/\text{day}/70$ kg vücut ağırlığı).

^x EPA tarafından belirlenen RfD'in haftalık olarak hesaplanması ile elde edilmiştir.

^y THMA değeri inorganik arsenik için verilmiştir.

^w Örneklerdeki krom derişimlerinin tamamının Cr⁺³ yada Cr⁺⁶ olduğu varsayılarak hesaplanmıştır.

^z Arsenik derişimleri total arsenik olarak tespit edilmiş ve 3.5 dönüştürme katsayısı kullanılarak inorganik arsenik derişimlerine dönüşümü yapılmıştır (EFSA, 2009).

Mersin ilinde erişkin insanlar tarafından ekonomik önemi olan *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin günlük ve haftalık tüketimi ile vücuda alınabilecek metal derişimleri Tablo 5'te gösterilmiştir. Türkiye'de insanların günlük ortalama balık tüketiminin 15 gr olduğu bilinmektedir (TÜİK, 2014). Buda haftalık tüketim olarak 105 gr'a denk gelmektedir. Tablo 5'da belirtilen GMA ve HMA değerleri ortalama 70 kg olan bir kişinin günlük 15 gr ya da haftalık 105 gr sucul canlı tükettiği varsayılarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde Mersin ilinde tüketime sunulan *L.vulgaris*, *S. officinalis* ve *P. semisulcatus* türlerinin tüketilebilir kas dokularında Cr, Mn, Ni ve Sn içeriklerinin tolere edilebilir günlük ve haftalık limitlerin oldukça altında olduğu ve insan tüketimi açısından sorun teşkil etmeyeceği kanısına varılmıştır. Fakat, *S. officinalis* türünde inorganik arsenik içeriğinin RfD'ne oldukça yakın olduğu ve yüksek miktarlarda ve rutin tüketilmesi durumunda insan sağlığı açısından sorunlar teşkil edebileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, yapılan bu araştırma 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

- ATSDR, (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) 2001. Toxicological Profile for Manganese.
- Bettini, S., Ciani, F., Franceschini, V. 2006. Recovery of the Olfactory Receptor Neurons in the African Tilapia *Mariae* Following Exposure to Low Copper Level. *Aquatic Toxicology*, 76(3), 321-328.
- Burger, J., Gochfeld, M. 2005. Heavy Metals in Commercial Fish in New Jersey. *Environmental Research*, 99(3), 403-412.
- Cirillo, T., Fasano, E., Viscardi, V., Arnese, A., Amodio-Cocchieri, R. 2010. Survey of Lead, Cadmium, Mercury and Arsenic in Seafood Purchased in Campania, Italy. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 3(1), 30-38.
- Dyer, C. A. 2007. Heavy Metals as Endocrine-Disrupting Chemicals. *Endocrine-Disrupting Chemicals* (pp. 111-133). Humana Press.
- Ebrahimi, M., Taherianfard, M. 2011. The Effects of Heavy Metals Exposure on Reproductive Systems of Cyprinid Fish From Kor River. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 10(1), 13-26.
- EFSA, E. 2009. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA J*, 7(10), 1351.
- Eisler, R. 2000. *Handbook of Chemical Risk Assessment: Health Hazards to Humans, Plants, and Animals, Three Volume Set (Vol. 1)*. CRC Press.
- El-Moselhy, K. M., Othman, A. I., El-Azem, H. A., El-Metwally, M. E. A. 2014. 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.
- EPA(a), 2000. U.S. Environmental Protection Agency. Chrome Compounds. <http://www3.epa.gov/airtoxics/hlthef/chromium.html>
- EPA(b), 2000. U.S. Environmental Protection Agency. Nickel Compounds. <http://www3.epa.gov/airtoxics/hlthef/nickel.html>
- EPA, 2010. U.S. Environmental Protection Agency. Manganese Compounds. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/manganes.html>.
- EPA, 2012. U.S. Environmental Protection Agency. Arsenic Compounds. <http://www3.epa.gov/airtoxics/hlthef/arsenic.html>.
- FAO, 2005. Statistics division, food security statistics, food consumption. http://www.fao.org/es/ESS/faostat/foodsecurity/index_en.htm.2005.
- FAO, 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture*, Roma, <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>.
- Guérin, T., Chekri, R., Vastel, C., Sirot, V., Volatier, J. L., Leblanc, J. C., Noël, L. 2011. Determination of 20 Trace Elements in Fish and Other Seafood from the French Market. *Food Chemistry*, 127(3), 934-942.
- Ikem, A., Egiebor, N. O. 2005. 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.
- Järup, L. 2003. Hazards of Heavy Metal Contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182.
- Jimoh, A. A., Clarke, E., Ndimele, P. E., Kumolo-Johnson, C. A., FA, A. 2011. 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.
- Kalogeropoulos, N., Karavoltos, S., Sakellari, A., Avramidou, S., Dassenakis, M., Scoullou, M. 2012. Heavy Metals in Raw, Fried and Grilled Mediterranean Finfish and Shellfish. *Food and Chemical Toxicology*, 50(10), 3702-3708.
- Khansari, F. E., Ghazi-Khansari, M., Abdollahi, M. 2005. Heavy Metals Content of Canned Tuna Fish. *Food Chemistry*, 93(2), 293-296.

- Lau S., Tan A.C.Y., Sabtuyah S. 1996. Bioaccumulation of heavy metals in mollusca from Sg. Sarawak, Proceeding Malaysian Chem. Congress 96. Genting Highland.
- Lau, S., Mohamed, M., Yen, A. T. C., Su'Ut, S. 1998. Accumulation of Heavy Metals in Freshwater Molluscs. *Science of the Total Environment*, 214(1), 113-121.
- Levesque, H. M., Moon, T. W., Campbell, P. G. C., Hontela, A. 2002. Seasonal Variation in Carbohydrate and Lipid Metabolism of Yellow Perch (*Perca flavescens*) Chronically Exposed to Metals in the Field. *Aquatic Toxicology*, 60(3), 257-267.
- Miedico, O., Iammarino, M., Pompa, C., Tarallo, M., Chiaravalle, A. E. 2015. 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.
- Mol, S. 2011. Levels of Heavy Metals in Canned Bonito, Sardines, and Mackerel Produced in Turkey. *Biological Trace Element Research*, 143(2),974-982.
- Morgano, M. A., Rabonato, L. C., Milani, R. F., Miyagusku, L., Balian, S. C. 2011. Assessment of Trace Elements in Fishes of Japanese Foods Marketed in São Paulo (Brazil). *Food Control*, 22(5), 778-785.
- Muramoto, S. 1983. 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.
- Odžak, N., Zvonarić, T., Gašpić, Z. K., Horvat, M., Barić, A. 2000. Biomonitoring of Mercury in the Kaštela Bay Using Transplanted Mussels. *Science of the Total Environment*, 261(1), 61-68.
- Olmedo, P., Pla, A., Hernández, A. F., Barbier, F., Ayouni, L., Gil, F. 2013. Determination of Toxic Elements (Mercury, Cadmium, Lead, Tin and Arsenic) in Fish and Shellfish Samples. Risk Assessment for the Consumers. *Environment International*, 59,63-72.
- Pandit, A. R., Magar, N. G. 1972. Chemical Composition of *Sepia orientalis* and *L. vulgaris*. *Fish Tech*, 9, 122-125.
- Türkmen, M., Türkmen, A., Tepe, Y., Töre, Y., Ateş, A. 2009. Determination of Metals in Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas. *Food Chemistry*, 113(1), 233-237.
- Wu, X., Gao, M., Wang, L., Luo, Y., Bi, R., Li, L., Xie, L. 2014. The Arsenic Content in Marketed Seafood and Associated Health Risks for the Residents of Shandong, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 102, 168-173.