



## İskenderun Körfezindeki Mürekkep Balıklarının (*Sepia officinalis* L., 1758) Farklı Dokularında Ağır Metal Birikimi

Önder DUYSAK\* Erkan UĞURLU

İskenderun Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, İskenderun, Hatay, Türkiye

Geliş/Received: 10.06.2020

Kabul/Accepted: 24.11.2020

Atf yapmak için: Duysak, Ö. & Uğurlu, E. (2020). İskenderun Körfezindeki Mürekkep Balıklarının (*Sepia officinalis* L., 1758) Farklı Dokularında Ağır Metal Birikimi. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 5(4), 556-562.

How to cite: Duysak, Ö. & Uğurlu, E. (2020). Heavy Metal Accumulation in Different Tissues of Cuttlefish (*Sepia officinalis* L., 1758) in İskenderun Bay. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 5(4), 556-562.

\*ID: <https://orcid.org/0000-0002-7484-3102>  
ID: <https://orcid.org/0000-0001-8940-8421>

**\*Sorumlu yazarın:**

Önder DUYSAK  
İskenderun Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, İskenderun, Hatay, Türkiye.  
✉: [onder.duysak@iste.edu.tr](mailto:onder.duysak@iste.edu.tr)  
Cep telefonu : +90 (532) 772 09 59  
Telefon : +90 (326) 614 1693  
Faks : +90 (326) 614 1877

**Öz:** Bu çalışmada, İskenderun Körfezi'nden avlanan dişi ve erkek mürekkep balıklarının (*Sepia officinalis* L., 1758) manto, solungaç ve gonad dokularındaki ağır metal birikimleri belirlenmiştir. Çalışmada mürekkep balığı dokularında birikim gösteren metallere Al ve Cu birikim düzeyleri manto>gonad>solungaç; Fe birikimi solungaç>gonad>manto, Mn ve Zn birikimleri ise manto> gonad> solungaç şeklinde sıralanmıştır. Ayrıca tüm dokulardaki en fazla birikimin Cu, en az birikimin ise Mn olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ağır metal, doku, İskenderun körfezi, mürekkep balığı, *Sepia officinalis*.

## Heavy Metal Accumulation in Different Tissues of Cuttlefish (*Sepia officinalis* L., 1758) in İskenderun Bay

**\*Corresponding author's:**

Önder DUYSAK  
İskenderun Technical University, Faculty of Marine Science and Technology, İskenderun, Hatay, Turkey.  
✉: [onder.duysak@iste.edu.tr](mailto:onder.duysak@iste.edu.tr)  
Mobile telephone : +90 (532) 772 09 59  
Telephone : +90 (326) 614 1693  
Fax : +90 (326) 614 1877

**Abstract:** In this study, heavy metal accumulation in the mantle, gill and gonad tissues of male and female cuttlefish caught from İskenderun Bay were determined. The orders of Al, Cu, Mn and Zn levels were found to be mantle> gonad> gill, it was gill> gonad> mantle for Fe. The highest concentration of accumulation in all tissues was observed for Cu whereas minimum concentrated heavy metal was Mn.

**Keywords:** Cuttlefish, Heavy metal, İskenderun bay, *Sepia officinalis*, tissue.

## GİRİŞ

Son yıllarda nüfus artışına paralel olarak endüstriyel üretim artmakta, buna bağlı olarak alıcı ortam olan tatlı su ve denizel kaynaklarına ağır metaller ve diğer kirleticilerin miktarsal olarak katılımları da artmakta ve bu durum neticesinde planktonik, bentik ve sucül omurgasızlar, balıklar ve balinalar gibi ekolojik besin ağında yer alan canlılar daha fazla kirleticiye maruz kalmaktadır (Ali vd., 2016, 2018; Karunanidhi vd., 2017; Lao vd., 2019; Nimmo vd., 1998). Endüstriyel kaynaklardan, tarımsal faaliyetlerden ve evsel atıklardan su

ortamına boşaltılan kirleticilerden ağır metaller ekosistemlere girmekte ve sudaki askıdaki katı maddelere tutunabilmektedir (Duysak, 2019; Fang vd., 2016; Varol, 2011; Yi vd., 2017). Ağır metallerin deniz ekosistemlerindeki dağılımında; askıdaki katı maddelerin kimyasal bileşimleri, metallerin biyoyararlanımı, antropojenik etkileri, birikimi, absorpsiyonu, organizmalardaki mevcut miktarları (Srivastava & Jain, 2007) ve çeşitli fiziko-kimyasal özellikler (Singh vd., 2005) rol oynamaktadır.

Bazı ağır metaller organizmalar için vazgeçilmez olsa da belli seviyelerin üstüne ulaştıklarında toksik etki gösterdiği bilinmektedir. Bununla birlikte esansiyel ağır metaller bile toksik konsantrasyonlarda birikebilir, denizel organizmalarda ve çevrelerinde ekolojik hasara neden olabilirler (Jefferies & Freestone, 1984; Tchounwou vd., 2002). Demir, bakır, çinko ve manganez gibi eser elementler, canlı organizmalarda önemli fizyolojik rollere sahip olmalarına rağmen, yüksek konsantrasyonları toksik etki göstermektedir. Kurşun, kadmiyum ve cıva gibi eser olmayan elementler ise düşük konsantrasyonlarda dahi toksik etkiye sahiptir (Sivaperumal vd., 2007).

Sucul ortamlarda eser elementler su kolonu boyunca dağılım gösterir ve dip kısımlarda birikime uğrayarak biota tarafından tüketilir (Agusa vd., 2007; Bhuyan, 2017; Hajeb vd., 2009). Bu nedenle, sucul ortamlarda ve besin zincirlerinde ilgili su kolonunda yaşayan canlıların eser element konsantrasyonlarının düzenli olarak izlenmesi, sucul organizmaları tüketen insanlarda toksik etkilerini önlemek için önem arz etmektedir (Yardım & Bat, 2020; Islam vd., 2017; Terra vd., 2008; Yi vd., 2011). Zira eser elementlerin yüksek konsantrasyonları insanlarda kardiyovasküler, böbrek, nörolojik ve kemik hastalıklarına sebep olduğu belirtilmiştir (Chailapakul vd., 2008).

Eser elementler solungaç dokularında absorpsiyon ve adsorpsiyon yoluyla birikim göstermektedir (Duysak & Dural, 2015). Kafadanbacaklılar (Ahtapot, Kalamar ve Mürekkep Balıkları) ticari öneme sahip denizel canlılardır. Kafadanbacaklılar zengin protein, düşük doymuş yağ oranları ve sodyum, potasyum, çinko, bakır ve fosfor gibi yüksek mineral seviyelerinden dolayı insan gıdası olarak yoğun şekilde tercih edilmektedir (Craig & Overnell, 2003; Navarro & Villanueva, 2003; Sikorski & Kolodziejka, 1986).

Mürekkep balığı (*Sepia officinalis* Linnaeus, 1758), biyolojisi ve ekolojisi tüm dünyada iyi bilinen kafadanbacaklılardan biridir. Bu türün bireyleri doğu Atlantik kıyı bölgelerine ve tüm Akdeniz'e yayılmıştır (Mangold & Boletzky, 1987; Nesis, 1987; Roper vd., 1984). Mürekkepbalığı ülkemizde Marmara, Ege ve Akdeniz kıyı bölgelerinde yaygın olarak dağılım göstermektedir (Demir, 1952; Duysak vd., 2008; Katağan & Benli, 1990; Katağan vd., 1993; Katağan & Kocataş, 1990; Mangold & Boletzky, 1987; Roper vd., 1984).

Akdenizde dağılım gösteren kafadanbacaklılar ile ilgili metal birikim çalışmaları kısıtlı olmakla birlikte bu çalışmaların son yıllarda Hindistan, Kore, Mısır, İspanya ve Portekiz'de (Ahdy vd., 2007; Mok vd., 2014; Nho vd., 2016; Pereira vd., 2009; Raimundo vd., 2005; Rabaoui vd., 2017; Sangiuliano vd., 2017) yapılmış olup, ülkemizde ise Antalya, Mersin ve İskenderun Körfezleri ile sınırlı

kalmıştır (Ayas & Özoğul, 2011; Duysak & Dural, 2015; Duysak & Uğurlu, 2017; Duysak vd., 2013; Korkmaz vd., 2018; Şen & Sunlu, 2007).

İnsan gıdası olarak tüketilen mürekkep balığında birikim gösteren ağır metal düzeylerinin belirlenmesi, halk sağlığını yakından ilgilendirdiği gibi avlandıkları bölgedeki kirlilik düzeyi hakkında da bilgi vermektedir. Bu çalışmada İskenderun Körfezi'nde dağılım gösteren mürekkep balıklarının erkek ve dişi bireylerinin manto, gonad ve solungaç dokularında birikim gösteren Fe, Zn, Cu, Al ve Mn metal düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

Çalışma konusu olan mürekkep balıkları (*S. officinalis*) Hatay ili İskenderun ilçesindeki balık marketinden Nisan 2016 tarihinde rastgele alt örnekleme yapılarak temin edilmiş olup, çalışmada 20 dişi ve 20 erkek olmak üzere toplam 40 birey kullanılmıştır (Şekil 1). Türe ait manto boyu (cm) ve ağırlıkları (g) hesaplanmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Mürekkep balığı (*Sepia officinalis*) ortalama manto boyu ve toplam ağırlıkları.

**Table 1.** Male/female, average wet weights, and total lengths of cuttlefish were measured.

Cinsiyet	Sayı	ML±SD	TW±SD
♂	20	14.67±0.29	436.45±28.92
♀	20	17.38±0.76	487.97±31.17

ML mean total mantle length (cm), BW mean body weight (g), SD standard deviation, number of cuttlefish, ♂/♀ male/female.



Şekil 1. Çalışma alanı.

Figure 1. Study area.

Mürekkep balıkları kilitli plastik kaplar içerisinde buz ile direk temas ettirilmeden soğuk zincirde İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi laboratuvarına getirilmiştir. Laboratuvara getirilen bireylerin manto boyları (MB) ölçülüp toplam ağırlıkları (TA) tartıldıktan sonra disekte edilerek erkek ve dişi ayrımları yapılmıştır. Bireylerin dokulardaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi için, manto (kas),

solungaç, ve gonad dokularından ortalama 1g olacak şekilde tartılıp polietilen tüplere konulmuştur. Ardından tüplere 1 ml perklorik asit (HClO<sub>4</sub>) ve 2 ml nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) eklenmiştir. 15 gün oda sıcaklığında bekletilerek dokuların parçalanması sağlanmıştır. Çözeltide tamamen parçalanmış dokular Whatman (42µ) filtre kâğıdı ile süzölmüştür. Tüp içerisindeki toplam hacim 10 ml olacak şekilde bidistile su ile tamamlanmıştır. Metal konsantrasyonları mg/kg yaş ağırlık olarak hesaplanmıştır (Canlı & Atlı, 2003).

**İstatiksel Analiz:** Mürekkep balığının farklı dokularındaki Fe, Zn, Cu, Al ve Mn metallerinin birikim düzeylerinin belirlenmesi için Mustafa Kemal Üniversitesi Merkez Laboratuvarındaki Varian Liberty Series-II (Palo Alto, USA) marka ICP-AES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrometresi) cihazı kullanılmıştır. Mürekkep balığı bireylerinin manto, solungaç ve ovaryum dokularından hesaplanan ağır metal birikim seviyeleri arasındaki farkların tespiti için tek yönlü varyans analizi (One Way ANOVA) kullanılmıştır. Bütün istatistiksel analizler SPSS 17.0 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır.

## BULGULAR

İskenderun Körfezi'nden yakalanan dişi ve erkek mürekkep balığının manto, solungaç ve gonad dokularında birikim gösteren metal konsantrasyonları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** *Sepia officinalis* bireylerinin dokularında birikim gösteren metal birikim düzeyleri (mg/kg, yaş ağırlık).

**Table 2.** Metal accumulation levels in different tissues of *Sepia officinalis* (mg/kg, wet weight).

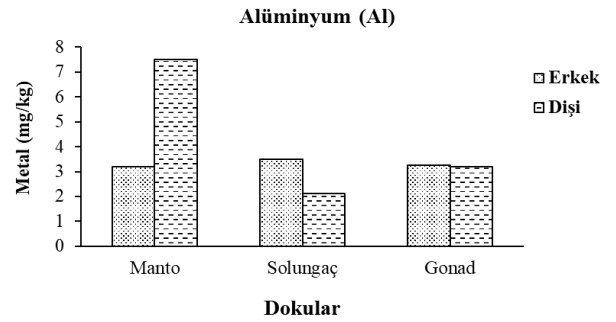
Metaller	Cinsiyet	DOKULAR		
		Manto	Solungaç	Gonad
Al	♂	3,20±0,52 <sup>a,x</sup>	3,48±0,25 <sup>a,x</sup>	3,27±0,22 <sup>a,x</sup>
	♀	7,50±1,57 <sup>a,y</sup>	2,12±0,75 <sup>b,x</sup>	3,20±1,42 <sup>b,x</sup>
Cu	♂	3,20±0,81 <sup>a,x</sup>	3,10±0,22 <sup>a,x</sup>	3,45±0,80 <sup>a,x</sup>
	♀	8,50±2,02 <sup>a,y</sup>	3,87±2,23 <sup>a,x</sup>	9,80±2,18 <sup>a,y</sup>
Fe	♂	1,46±0,18 <sup>a,x</sup>	1,85±0,22 <sup>b,x</sup>	1,99±0,06 <sup>b,x</sup>
	♀	1,25±0,56 <sup>a,x</sup>	1,87±0,12 <sup>b,x</sup>	2,20±0,81 <sup>b,x</sup>
Mn	♂	0,59±0,19 <sup>a,x</sup>	0,68±0,11 <sup>a,x</sup>	0,68±0,09 <sup>a,x</sup>
	♀	1,50±0,58 <sup>a,x</sup>	0,75±0,22 <sup>a,x</sup>	1,00±0,34 <sup>a,x</sup>
Zn	♂	1,55±0,86 <sup>a,x</sup>	1,56±0,08 <sup>a,x</sup>	1,47±0,18 <sup>a,x</sup>
	♀	1,42±0,25 <sup>a,x</sup>	1,21±0,17 <sup>a,x</sup>	1,46±0,31 <sup>a,x</sup>

(a,b) yatay olarak aynı metalin dokular arasındaki farklılığını gösterir (p<0,05).  
(x,y) dikey olarak aynı dokuların cinsiyetler arasındaki farklılığını gösterir (p<0,05).

Erkek ve dişi mürekkep balıklarında en fazla birikim gösteren metallerin Al ve Cu olduğu belirlenmiştir. Dokularda metal birikim düzeylerine bakıldığında tüm dokularda en fazla Cu, en az Mn birikim gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 2).

**Al:** İskenderun Körfezi'nde yakalanan mürekkep balığı bireylerinde en fazla Al birikimi dişi bireylerin manto dokusunda (7,50±1,57 mg/kg), en az birikim dişi bireylerin solungaç dokusunda saptanmıştır (2,12±0,75

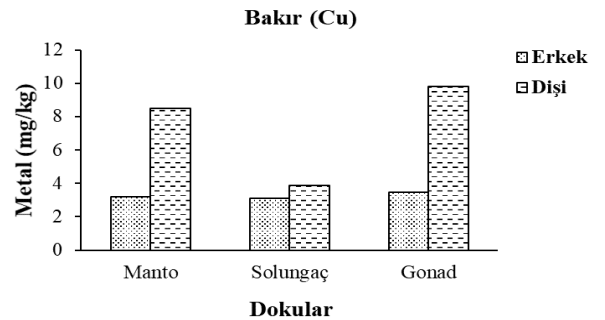
mg/kg) (Şekil 2). Al birikimi bakımından dişi bireylerin manto doku ile diğer dokular arasındaki konsantrasyon düzeyi farkının önemli (p<0,05), solungaç doku ile gonad doku arasındaki farkın önemsiz (p>0,05) olduğu tespit edilmiştir. Erkek bireylerde ise dokular arasındaki birikim farklarının önemli olmadığı hesaplanmıştır (p>0,05). Solungaç ve gonad dokularındaki Al metal birikimlerinin cinsiyetleri arasındaki farklılığın önemli olmadığı (p>0,05), manto dokusundaki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Dokularda hesaplanan Al birikimi düzeyleri çoktan, aza doğru; manto> gonad> solungaç şeklinde sıralanmıştır.



**Şekil 2.** *S. officinalis* dokularında birikim gösteren Al düzeyleri (mg/kg).

**Figure 2.** Al levels showing accumulation in tissues of *S. officinalis* (mg/kg).

**Cu:** Mürekkep balıklarında Cu birikimi en fazla dişi bireylerin gonad dokusunda (9,80±2,18 mg/kg), en az erkek bireylerin solungaç dokusunda belirlenmiştir (3,10±0,22 mg/kg) (Şekil 3). Dokularda birikim gösteren Cu düzeyleri incelendiğinde manto ve gonad dokularında cinsiyetler arasındaki farkın önemli (p<0,05), solungaç dokularındaki farklılığın ise önemli olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05). Dokularda Cu birikimi düzeyleri çoktan aza doğru; gonad> manto> solungaç şeklinde sıralanmıştır.

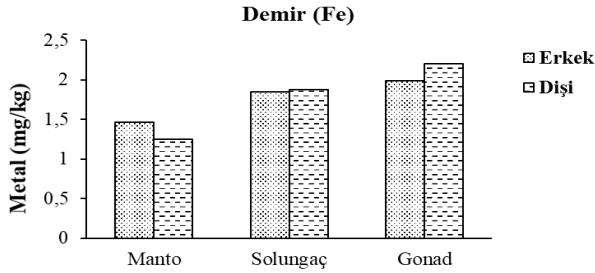


**Şekil 3.** *S. officinalis* dokularında birikim gösteren Cu düzeyleri (mg/kg).

**Figure 3.** Cu levels showing accumulation in tissues of *S. officinalis* (mg/kg).

**Fe:** *S. officinalis* bireylerinde en fazla Fe birikimi dişi bireylerin gonad dokusunda (2,20±0,81 mg/kg), en az birikim ise yine dişi bireylerin manto dokusunda

(1,25±0,56 mg/kg) tespit edilmiştir (Şekil 4). Dişi bireylerde manto dokusu ile diğer dokular arasındaki farklılık önemli iken ( $p<0,05$ ), solungaç ile gonad dokusu arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Dişi ve erkek bireylerin aynı dokularındaki Fe konsantrasyonu düzeyleri arasındaki farklılığın önemli olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ). Dokularda Fe birikimi düzeyleri çoktan aza doğru; gonad> solungaç> manto şeklinde sıralanmıştır.

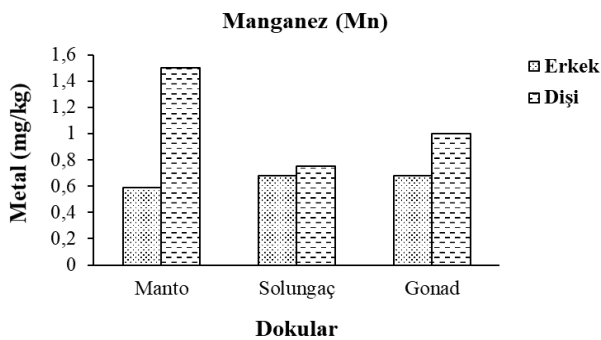


#### Dokular

**Şekil 4.** *S. officinalis* dokularında birikim gösteren Fe düzeyleri (mg/kg).

**Figure 4.** Fe levels showing accumulation in tissues of *S. officinalis* (mg/kg).

**Mn:** İskenderun Körfezi'nden yakalanan mürekkep balıklarındaki Mn birikiminin en fazla dişi bireylerin manto dokularında (1,50±0,58 mg/kg), en az birikimin ise erkek bireylerin manto dokularında (0,59±0,19 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5). Mn birikim düzeyleri arasındaki farkın (dokular ve cinsiyetler arasında) istatistiksel olarak anlamsız olduğu tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ). Dokularda Mn birikimi çoktan aza doğru; manto> gonad> solungaç şeklinde sıralanmıştır.



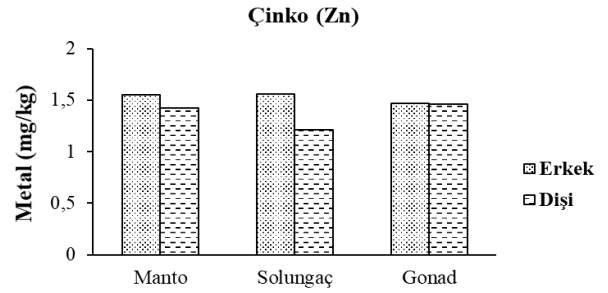
#### Dokular

**Şekil 5.** *S. officinalis* dokularında birikim gösteren Mn düzeyleri (mg/kg).

**Figure 5.** Mn levels showing accumulation in tissues of *S. officinalis* (mg/kg).

**Zn:** Mürekkep balığı bireylerinde Zn birikimi en fazla erkek bireylerin solungaç dokusunda (1,56±0,08 mg/kg), en az dişi bireylerin solungaç dokusunda (1,21±0,17 mg/kg) birikim gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 6). Dişi ve erkek bireyler arasındaki Zn birikiminin cinsiyetler ve dokular arasındaki farkın önemli olmadığı

tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ). Dokularda Zn birikimi çoktan aza doğru; manto> gonad> solungaç şeklinde sıralanmıştır.



#### Dokular

**Şekil 6.** *S. officinalis* dokularında birikim gösteren Zn düzeyleri (mg/kg).

**Figure 6.** Zn levels showing accumulation in tissues of *S. officinalis* (mg/kg).

## TARTIŞMA

Roomiani ve arkadaşları 2018 yılında İran'ın Bushehr sularından yakaladıkları *Sepia pharaonis* bireylerinin manto ve solungaç dokularında birikim gösteren ağır metal düzeyleri üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda manto dokusunda birikim gösteren Cu=1,345± 0,512 µg/g ve Zn= 9,323± 3,739 µg/g, solungaç dokuda ise Cu=6,951± 2,440 µg/g ve Zn= 28,86± 6,570 µg/g olarak hesaplanmışlardır (Roomiani vd., 2018). Çalışmamızda İskenderun Körfezi'nde dağılım gösteren *Sepia officinalis* bireylerinin manto dokusunda Cu erkek ve dişi bireylerde sırasıyla 3,20±0,81 mg/kg ve 8,50±2,02 mg/kg, Zn ise 1,55±0,86 mg/kg ve 1,42±0,25 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Ayas ve Özoğul 2011 yılında Mersin Körfezi'nde dişi ve erkek *S. officinalis* bireylerinin kas dokularındaki metal birikim düzeylerini araştırmışlardır. Çalışma neticesinde kas dokuda ortalama ağır metal birikim düzeylerini erkek ve dişi bireyler için sırasıyla; Fe için 9,91±0,20 µg/g ve 8,55±0,25 µg/g, Zn için 50,38±0,21 µg/g ve 50,87±0,38 µg/g ve Cu için 5,24±0,17 µg/g ve 7,64±0,12 µg/g olarak tespit etmişlerdir (Ayas & Ozogul, 2011). Çalışmamızda ise kas dokudaki ağır metal birikim düzeyleri erkek ve dişi bireyler için sırasıyla Cu için 3,20±0,81 mg/kg ve 8,50±2,02 mg/kg, Fe için 1,46±0,18 mg/kg ve 1,25±0,56 mg/kg, Mn için 0,59±0,19 mg/kg ve 1,50±0,58 mg/kg, Zn için ise 1,55±0,86 mg/kg ve 1,42±0,25 mg/kg tespit edilmiştir. İki çalışma arasındaki bu farklılığın, çalışmaların gerçekleştiği körfezlerin ve bu körfezlerin maruz kaldığı kirlilik türü ve düzeylerinin farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Duysak ve arkadaşları 2013 yılında İskenderun Körfezi'nde dağılım gösteren *S. officinalis* bireylerinin farklı dokularında birikim gösteren metal düzeylerini araştırmışlardır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada dişi

ve erkek bireylerde birikim gösteren metalleri Fe için; kas dokuda  $0,35 \pm 1,53$  mg/kg ve  $0,36 \pm 1,40$  mg/kg ve solungaç dokuda  $1,35 \pm 0,17$  mg/kg ve  $1,66 \pm 0,42$  mg/kg, Zn için; kas dokuda  $7,60 \pm 0,79$  mg/kg ve  $8,18 \pm 1,05$  mg/kg, solungaç dokuda  $9,29 \pm 2,03$  mg/kg ve  $8,47 \pm 1,92$  mg/kg, Cu için; kas dokuda  $11,4 \pm 19$  mg/kg ve  $12,3 \pm 18$  mg/kg, solungaç dokuda  $349 \pm 383$  mg/kg ve  $237 \pm 225$  mg/kg, Mn için ise; kas dokuda  $0,97 \pm 0,12$  mg/kg ve  $0,97 \pm 0,13$  mg/kg, solungaç dokuda  $3,56 \pm 2,71$  mg/kg ve  $4,88 \pm 5,11$  mg/kg hesaplamışlardır (Duysak vd., 2013). Çalışmamızla karşılaştırıldığında her iki çalışmada hesaplanan Mn birikiminin kas dokuda benzerlik gösterdiği, çalışmamızda hesapladığımız Fe konsantrasyonunun araştırmacıların hesapladıkları konsantrasyonların üzerinde olduğu, araştırmacıların hesapladıkları Zn ve Cu konsantrasyonlarının ise çalışmamızda hesapladığımız konsantrasyonlardan yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu farklılığın, çalışmaların yapıldığı zaman farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Korkmaz ve arkadaşları 2016 yılında Mersin ilinde tüketilen kabuklu ve yumuşakçaların kas dokularındaki ağır metal birikim düzeylerini tespit ettikleri çalışmada *Sepia officinalis* bireylerinin kas dokusundaki Mn birikim düzeyinin ( $0,44 \pm 0,29$  mg/kg) (Korkmaz vd., 2016), çalışmamızda hesapladığımız Mn birikim düzeyleri ile benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır.

Korkmaz ve arkadaşları 2018 yılında Mersin Körfezi'nden yakalanan *Sepia officinalis* bireylerinin kas dokusunda metal birikimlerini Fe için  $7,25 \pm 4,68$  mg/kg, Cu için  $3,03 \pm 2,30$  mg/kg ve Zn için  $15,80 \pm 4,10$  mg/kg olarak hesaplamışlardır (Korkmaz vd., 2018). Çalışmamız ile karşılaştırıldığında, çalışmamızda *Sepia officinalis* bireylerinin kas dokularındaki Fe ve Zn düzeylerinin Mersin Körfezi'nde dağılım gösteren mürekkep balıklarının kas dokularından hesaplanan konsantrasyonlardan düşük olduğu, Cu birikimleri arasında ise çok büyük farklılığın olmadığı görülmüştür. İki çalışma kıyaslandığında, kas dokularından hesaplanan Fe ve Zn birikimlerinin farklılığının; çalışmaların gerçekleştiği zaman, körfezlerin sahip oldukları kirlilik türü ve düzeylerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

## SONUÇ

*Sepia officinalis* bireylerinin dokularındaki ağır metal birikim düzeyleri erkek bireyler için; Cu> Al> Zn> Fe> Mn ve dişi bireyler için; Al> Cu> Fe> Zn> Mn olarak hesaplanmıştır. En yoğun metal birikiminin solungaç dokuda olduğu anlaşılmıştır. Dokulara göre birikim düzeyleri Solungaç> Gonad> Manto şeklinde sıralanmıştır. Al, Fe ve Mn dişi, Cu ve Zn ise erkek bireylerin dokularında daha fazla birikim gösterdiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, son yıllarda dünyanın farklı denizlerinde ve ülkemizde yapılan denizel ağır metal birikimi çalışmalarına bakıldığında ömürlerinin kısa, metabolizmalarının hızlı olması vb. özelliklerinden dolayı kafadanbacaklılar biyoindeksör olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Duysak & Uğurlu, 2017; Duysak vd., 2013; 2015). Akdeniz'de hemen her mevsim rastlanan, belirli bir av verisi olan, biyolojisi bilinen ve insan gıdası olarak balık pazarlarında yer bulan *S. officinalis* türü kullanılarak periyodik biyo-izleme çalışmaları yapılmalı ve bu çalışmalar belirli aralıklarla aynı istasyonlar kullanılarak tekrarlanmalıdır. Böylece ilgili denizel ortamdaki değişimlerin yıllara dayalı olarak metal seviyelerindeki artış veya azalış miktarları belirlenebilir.

## KAYNAKLAR

- Agusa, T., Kunito, T., Sudaryanto, A., Monirith, I., Kan-Atireklap, S., Iwata, H., Ismail, A., Sanguansin, J., Muchtar, M., Tana, T.S. & Tanabe, S. (2007). Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. *Environmental Pollution*, **145**(3), 766-777.
- Ahdy, H.H.H., Abdallah, A.M. & Tayel, F. (2007). Assessment of heavy metals and nonessential content of some edible and soft tissues. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, **33**(1), 85-97.
- Ali, M., Kan, K.A.S. & Sarstedt, M. (2016). Direct and configurational paths of absorptive capacity and organizational innovation to successful organizational performance. *Journal of Business Research*, **69**(11), 5317-5323.
- Ayas, D. & Ozogul, Y. (2011). The effects of season and sex in the metal levels of mature common cuttlefish (*Sepia officinalis*) in Mersin Bay, Northeastern Mediterranean. *Journal of Food Science*, **76**(4), 121-124.
- Bhuyan, A. (2017). No Zika, says key disease surveillance portal, contradicting Health Ministry, WHO. Available from: <https://thewire.in/140986/indias-disease-surveillance-reports-zero-cases-zika-contradicting-health-ministry/>
- Canlı, M. & Atli, G. (2003). The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, **121**, 129-136.
- Chailapakul, O., Korsrisakul, S., Siangproh, W. & Grudpan, K. (2008). Fast and simultaneous detection of heavy metals using a simple and reliable microchip electrochemistry route: An alternative approach to food analysis. *Talanta*, **74**(4), 683-689.

- Craig, S. & Overnell, J. (2003).** Metals in squid, Loligo forbesi, adults, eggs and hatchlings. No evidence for a role for Cu-or Zn-metallothionein. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, **134**(3), 311-317.
- Demir, M. (1952).** Boğaz ve Adalar sahillerinin omurgasız dip hayvanları. Hidrobiyoloji Mecmuası, İstanbul. **2**, 615 s.
- Duysak, Ö. (2019).** Determination of seasonal metal concentrations in seawater of the Iskenderun Bay in the Eastern Mediterranean, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, **28**(1), 495-501.
- Duysak, Ö. & Uğurlu, E. (2017).** Metal accumulations in different tissues of cuttlefish (*Sepia officinalis* L., 1758) in the Eastern Mediterranean coasts of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**(10), 9614-9623.
- Duysak, Ö. & Dural, M. (2015).** Heavy metal concentrations in tissues of short-finned squid *Illex coindetii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) (Vérany, 1839) in Iskenderun Bay, North Eastern Mediterranean. *Pakistan Journal of Zoology*, **47**(2), 447-453.
- Duysak, Ö., Ersoy, B. & Dural, M. (2013).** Metal concentrations in different tissues of cuttlefish (*Sepia officinalis*) in Iskenderun Bay, Northeastern Mediterranean. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **13**(2), 205-210.
- Duysak, Ö., Sendão, J., Borges, T., Türeli, C. & Erdem, Ü. (2008).** Cephalopod distribution in Iskenderun bay (Eastern Mediterranean-Turkey). *Journal of FisheriesSciences.com* **2**(2), 118-125.
- Fang, W., Wei, Y. & Liu, J. (2016).** Comparative characterization of sewage sludge compost and soil: heavy metal leaching characteristics. *Journal of Hazardous Materials*, **310**, 1-10.
- Hajeb, P., Jinap, S., Ismail, A., Fatimah, A.B., Jamilah, B. & Rahim, M.A. (2009).** Assessment of mercury level in commonly consumed marine fishes in Malaysia. *Food Control*, **20**(1), 79-84.
- Islam, M.S., Ahmed, M.K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, M. & Kundu, G.K. (2017).** Heavy metals in the industrial sludge and their ecological risk: A case study for a developing country. *Journal of Geochemical Exploration*, **172**, 41-49.
- Jefferies, D.J. & Firestone, P. (1984).** Chemical analysis of some coarse fish from a Suffolk river carried out as part of the preparation for the first release of captive bred otters. *Journal Otter Trust*, **1**, 17-22
- Karunanidhi, K., Rajendran, R., Pandurangan, D. & Arumugam, G. (2017).** First report on distribution of heavy metals and proximate analysis in marine edible puffer fishes collected from Gulf of Mannar Marine Biosphere Reserve, South India. *Toxicology Reports*, **4**, 319-327.
- Katağan, T. & Kocataş, A. (1990).** Note Preliminaire Sur Les Cephalopodes Des Eaux Turques, *Rapports et Proces-Verbaux des Reunions-Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Mediterranee*, **32**(1), 242.
- Katağan, T. & Benli, H.A. (1990).** New Cephalopod (Mollusca) species for the Turkish seas. *Doğa-Turkish Journal of Zoology*, 156-161.
- Katağan T., Salman, A. & Benli, H.A. (1993).** The Cephalopod fauna of the Sea of Marmara. *Israel Journal of Zoology*. **39**, 255-261.
- Korkmaz, C., Ay, Ö., Çolakfakioğlu, C. & Erdem, C. (2018).** Heavy metal levels in some edible crustacean and mollusk species marketed in Mersin. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, **35**, 65-71.
- Korkmaz, C., Ay, Ö. & Çolakfakioğlu, C. (2016).** Mersin ilinde tüketime sunulan kabuklu ve yumuşakça türlerinin kas dokularında ağır metal düzeyleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, **12**(2), 101-109.
- Lao, Q., Su, Q., Liu, G., Shen, Y., Chen, F., Lei, X., Qing, S., Wei, C., Zhang, C. & Gao, J. (2019).** Spatial distribution of and historical changes in heavy metals in the surface seawater and sediments of the Beibu Gulf, China. *Marine Pollution Bulletin*, **146**, 427-434.
- Mangold, K. & Boletzky, S.V. (1987).** Cephalopodes. Fiches FAO d'identification des especes pour les besoins de la peche. (Revision1) *Mediterranee et Mer Noire. Zone de peche 37. 1*, 633714.
- Mok, J.S., Kwon, J.Y., Son, K.T., Choi, W.S., Kang, S. R., Ha, N.Y., Jo, M.R. & Kim, J.H. (2014).** Contents and risk assessment of heavy metals in marine invertebrates from Korean coastal fish markets. *Journal of Food Protection*, **77**(6), 1022-1030.
- Navarro, J.C. & Villanueva, R. (2003).** The fatty acid composition of *Octopus vulgaris* paralarvae reared with live and inert food: deviation from their natural fatty acid profile. *Aquaculture*, **219**(1-4), 613-631.
- Nho, E.Y., Khan, N., Choi, J.Y., Kim, J.S., Park, K.S., Kim, K.S. (2016).** Determination of toxic metals in cephalopods from South Korea. *Analytical Letters*, **49**(10), 1578-1588.
- Nimmo, D.R., Willox, M.J., Lafrancois, T.D., Chapman, P.L., Brinkman, S.F. & Greene, J.C. (1998).** Effects of metal mining and milling on boundary

- waters of Yellowstone National Park, USA. *Environmental Management*, **22**(6), 913-926.
- Nesis, K.N. (1987).** Cephalopods of the World, Senior Scientis, Department of Nekton, P.P. Shirshov Institute of Oceanology, USSR Academy of Sciences, Moscow. **351**.
- Pereira, P., Raimundo, J., Vale, C. & Kadar, E. (2009).** Metal concentrations in digestive gland and mantle of *Sepia officinalis* from two coastal lagoons of Portugal. *Science of the Total Environment*, **407**(3), 1080-1088.
- Raimundo, J., Pereira, P., Vale, C. & Caetano, M. (2005).** Fe, Zn, Cu and Cd concentrations in the digestive gland and muscle tissues of *Octopus vulgaris* and *Sepia officinalis* from two coastal areas in Portugal. *Ciencias Marinas*, **31**(1), 243-251.
- Rabaoui, L., El Zrelli, R., Balti, R., Mansour, L., Courjault-Radé, P., Daghouj, N. & Tlig Zouari, S. (2017).** Metal bioaccumulation in two edible cephalopods in the Gulf of Gabes, South-Eastern Tunisia: environmental and human health risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**(2), 1686-1699.
- Roomiani, L., Jamili, Sh., Askary Sary A. & Ahmadi, S. (2018).** The relationships between heavy metals (As, Cd, Cu, Zn, Pb, Hg, Ni) levels and the size of pharaoh cuttlefish (*Sepia pharaonis*) from Persian Gulf. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* **17**(2), 267-287.
- Roper, C.F.E., Sweeney, M.J. & Nauen, C. (1984).** Cephalopods of the world, An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fisheries Synopsis*, **4**(3), 125-277.
- Sangiuliano, D., Rubio, C., Gutiérrez, A.J., González-Weller, D., Revert, C., Hardisson, A., Zanardi, E. & Paz, S. (2017).** Metal concentrations in samples of frozen cephalopods (cuttlefish, octopus, squid, and shortfin squid): an evaluation of dietary intake. *Journal of Food Protection*, **80**(11), 1867-1871.
- Sikorski, Z.E. & Kolodziejka, I. (1986).** The composition and properties of squid meat. *Food Chemistry*, **20**(3), 213-224.
- Singh, K.P., Mohan, D., Singh, V.K. & Malik, A. (2005).** Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sediments - a tributary of the Ganges, India. *Journal of Hydrology*, **312**, 14-27.
- Srivastava, A. & Jain, V.K. (2007).** Size distribution and source identification of total suspended particulate matter and associated heavy metals in the urban atmosphere of Delhi. *Chemosphere*, **68**(3), 579-589.
- Sivaperumal, P., Sankar, T.V. & Nair, P.V. (2007).** Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. *Food Chemistry*, **102**(3), 612-620.
- Şen, H. & Sunlu, U. (2007).** Effects of Cadmium (CdCl<sub>2</sub>) on development and hatching of eggs in European squid (*Loligo vulgaris* Lamarck, 1798) (Cephalopoda: Loliginidae). *Environmental Monitoring and Assessment*, **133**(1-3), 371.
- Tchounwou, P.B., Ishaque, A.B., Sutton, D., Ninashvili, N. & Shen, E. (2002).** Biomarkers of sensitivity and effect associated with cadmium and mercury toxicity in human liver carcinoma (HepG2) cells. In: Khassanova I, Collery P, Maynard I, Khassanova Z, Etienne JC, editors. Metal ions in biology and medicine: Paris: John Libbey Eurotext. **7**, 132-137.
- Terra, B.F., Araújo, F.G., Calza, C.F., Lopes, R.T. & Teixeira, T.P. (2008).** Heavy metal in tissues of three fish species from different trophic levels in a tropical Brazilian river. *Water, Air, and Soil Pollution*, **187**(1-4), 275-284.
- Varol, M. (2011).** Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*, **195**, 355-364.
- Yardım, Ö. & Bat, L. (2020).** Distribution of Metals in Organs and Tissues of *Cyprinus carpio* L., 1758 from Kızılırmak. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **5**(3), 290-294. DOI: [10.35229/jaes.706424](https://doi.org/10.35229/jaes.706424)
- Yi, Y., Tang, C., Yi, T., Yang, Z. & Zhang, S. (2017).** Health risk assessment of heavy metals in fish and accumulation patterns in food web in the upper Yangtze River, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **145**, 295-302.
- Yi, Y.J., Yang, Z.F. & Zhang, S.H. (2011).** Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. *Environmental Pollution*, **159**, 2575-2585.