

# Ahtapotun (*Octopus vulgaris*) metal düzeylerinin değerlendirilmesi: sağlık riskleri tahmini

## Evaluation of metal levels of common octopus (*Octopus vulgaris*): health risks estimation

Ali Rıza Kosker

Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Adana, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-4807-3546>

Corresponding author: [akosker@cu.edu.tr](mailto:akosker@cu.edu.tr)

Received date: 07.10.2019

Accepted date: 11.03.2020

### How to cite this paper:

Kosker, A.R. (2020). Evaluation of metal levels of common octopus (*Octopus vulgaris*): health risks estimation. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(3), 237-244. DOI: [10.12714/egejfas.37.3.05](https://doi.org/10.12714/egejfas.37.3.05)

**Öz:** Mersin Körfezi'nden kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde avlanan *Octopus vulgaris* türü ahtapotun manto ve kol dokularındaki 13 farklı metalin (Mg, P, K, Fe, Cu, Zn, Mn, Se, Al, Cr, As, Cd ve Pb) düzeyleri belirlenmiştir. Bulguların dokular ve mevsimler arası karşılaştırmaları yapılmıştır. Ekonomik açıdan önemli bir tür olan ahtapotların tüketiminin tüketici sağlığı açısından olası riskleri, yetişkin ve çocuk tüketicilerin öğünlerinde haftada 1, 3 ya da 5 gün ahtapot tüketmeleri olasılıkları doğrultusunda değerlendirilmiştir. Bu kapsamda Haftalık Tahmini Alım Düzeyi (EWI), kanserojen olmayan Hedef Tehlike Oranı (THQ) ve Yaşam Boyu Kanser Riski (CR) hesaplamaları yapılmıştır. Pb düzeyinin FAO, AB ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen limit düzeyin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. EWI değerlerinin, EFSA ve FAO/WHO tarafından belirlenen PTWI değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir. Tüketici açısından kanser dışı sağlık risklerinin göstergesi olan THQ ve  $\Sigma$ THQ değerlerinin <1 belirlenmiştir. Kanser riski açısından As, Cr ve Cd elementleri için bu değerlerin (>10<sup>-5</sup>) tüketici için kanserojen risk teşkil ettiği ancak Pb değerlerinin risk teşkil etmediği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ahtapot, *Octopus vulgaris*, THQ, EWI, Tüketici sağlığı

**Abstract:** The levels of 13 different metals (Mg, P, K, Fe, Cu, Zn, Mn, Se, Al, Cr, As, Cd and Pb) in mantle and arm tissues of *Octopus vulgaris* species, which were caught from Mersin Bay in winter, spring and summer seasons, were determined. The results were compared between the tissues and seasons. Potential health risks of consumption of common octopus, which is an economically important species, were evaluated with the possibility that adult and child consumers will consume common octopus 1, 3 or 5 days a week. In this context, Estimated Weekly Intake Level (EWI), non-carcinogenic Target Hazard Quotient (THQ) and Lifetime Carcinogenic Risk (CR) were determined. Pb level was found to be above the limit level determined by FAO, EU and Turkish Food Codex. EWI values were found to be below the PTWI values determined by EFSA and FAO / WHO. THQ and  $\Sigma$ THQ values, which are indicative of non-cancer health risks for consumers, were determined as <1. In terms of carcinogenic risk, it was determined that these values (> 10<sup>-5</sup>) for As, Cr and Cd elements pose a carcinogenic risk to the consumer, but Pb values do not pose a risk.

**Keywords:** Common octopus, *Octopus vulgaris*, THQ, EWI, consumer health

## GİRİŞ

Cephalopodlar dünya genelinde besleyici ve yaygın deniz ürünleri arasında kabul edilmektedirler (Sangiuliano vd., 2017). Bu grupta yer alan deniz ürünleri arasında *O. vulgaris* (Cuvier, 1797) türü de dünya genelindeki yüksek ekonomik ve ekolojik önemi ile öne çıkan bir cephalopod türüdür. *O. vulgaris* Akdeniz ve doğu Atlantik deki en yaygın ve bol ahtapot türü olmasının yanı sıra Brezilya, Afrika ve Japonya kıyılarında da bulunmaktadır (De Luca vd, 2016; Nessim ve Riad, 2003; Şen, 2006). Akdeniz ve Atlantik okyanusunun Avrupa kıyılarındaki yaygın dağılımın etkisiyle çok uzun yıllar boyunca Özellikle Avrupa'da yüksek ticari ve gastronomik değere sahip bir gıda ürünü olarak görülmüştür (Arechavala-Lopez vd, 2019). Dünya geneli avlanma miktarı 2016 yılı için 35.930 tondur (FAO, 2019). Son yıllarda da gerek Avrupa gerekse de bu türün yaygın dağılım gösterdiği diğer bölgelerde önemli bir balıkçılık

ürünü olarak pazar payı daha da artmaktadır (De Luca vd., 2016). Türkiye'de de özellikle kıyı bölgelerinde talep gören ve önemli bir ekonomik değere sahip olan ahtapot (*O. vulgaris*), aynı zamanda yurtdışına da ihraç edilen önemli bir üründür (Şen, 2006). Türkiye'de 2018 yılında *O. vulgaris* türünün avlanma miktarı 223.7 tondur (TUİK, 2019).

Bazı araştırmacılar bu türün besinsel özellikleri ile ilgili çalışmalar yapmışlardır Araştırmalar ahtapotun besinsel içeriği ve yağ asidi profili açısından zengin içeriğini sahip olduğunu bildirmişlerdir (Zlatanov vd., 2006; Ozogul vd., 2008; Ayas, 2012). Besinsel kompozisyon ve yağ asidi içeriği çalışmalarının yanı sıra bu türün metal içeriğiyle ilgili de çok sayıda çalışma mevcuttur (Yazkan vd., 2004; Küçüksezgin, 1999; Storelli, 2009; Miramand ve Guary, 1980; Arechavala-Lopez vd., 2019; Napoleão vd., 2005; Barone vd., 2015; Storelli vd., 2012).

Denizlerdeki kirliliğin artışı su ürünlerinde kirlilik faktörlerinin ve düzeylerinin de araştırılmasında artışa neden olmuştur. Kentleşme ve sanayileşmenin genel anlamda doğaya vermiş olduğu zararlar günümüzün popüler sorunları arasındadır. Özellikle denizel ekosistemler üzerine kirlenici faktörlerin zararları denizel organizmaların yanı sıra besin zinciri aracılığıyla insan sağlığını da tehdit eder düzeylere ulaşabilmektedir. Cephalopodlarda metal düzeylerinin araştırılması; antropojenik etkilerle ortaya çıkan ekosistem kirliliğinin izlenmesi açısından önem arz etmekte birlikte, ticari öneme sahip ahtapotların metal düzeylerinin belirlenmesi ayrıca tüketici sağlığı açısından da olası risklerin belirlenmesine katkı sayılmaktadır. Çünkü *O. vulgaris* etçil ve yırtıcı bir tür olarak vücudunda yararlı elementlerin yanı sıra toksik metalleri de birikimini sağlayabilmektedir. Bu durum tüketici sağlığı açısından risk potansiyeli yaratabilmektedir. Bu bağlamda su ürünlerinde metal araştırmaları ulusal ve uluslararası otoritelerin de teşvikiyle son yıllarda ekolojik kirliliğin yanı sıra tüketici sağlığı açısından da değerlendirilmeye başlanmıştır (Traina vd., 2019).

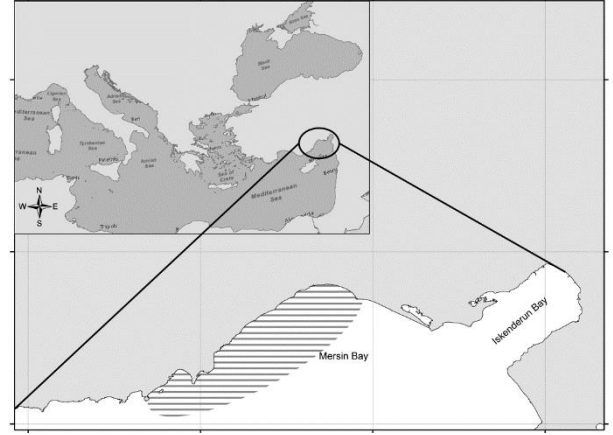
Su ürünlerinin metal kontaminasyonlarının insan tüketimine yönelik olası riskleri açısından Avrupa Birliği (EC, 1881/2006), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA), Türk Gıda Kodeksi (TGK) gibi otoriteler tarafından limit değerler belirlenmiştir. Limit değerlerin belirlenmesine ek olarak çok sayıda tüketici riskleri değerlendirme kriterleri (haftalık tahmini alım düzeyi, kanserojen olmayan risk düzeyi, yaşam boyu kanser riski vb.) belirlenmiş ve bu konuda çalışmalar devam etmektedir.

Bu bağlamda bu çalışmada ülkemiz ve dünya genelinde önemli bir ekonomik değere sahip olan ahtapotların manto ve kollarındaki metal ve yağ asitleri düzeyleri mevsimsel olarak araştırılmıştır. Ayrıca ahtapot tüketiminin tüketici sağlığı açısından olası riskleri öngörebilmek amacıyla haftalık tahmini alım düzeyi (EWI), kanserojen olmayan risk düzeyi (THQ) ve yaşam boyu kanser riski (CR) hesaplamaları yapılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Örnek Temini

Çalışmada kullanılan ahtapotların örnekleme çalışmaları Berdan Çayı (36°43'31.8"N 34°54'27.0"E) ile Yeşilovacık (36°08'53.6"N 33°39'40.7"E) bölgeleri arasında (Şekil 1) ticari trol teknisi kullanılarak yapılmıştır. Örneklemeler Aralık 2018 ile Temmuz 2019 tarihleri arasında üç mevsim (kış, ilkbahar ve yaz) olarak gerçekleştirilmiş ve her bir mevsim için 30 ahtapot örneği temin edilmiştir. İncelenen ahtapot örneklerinin ağırlıkları 210.22-280.66 g aralığında ölçülmüştür.



Şekil 1. Örnekleme alanı

Figure 1. Map of the sampling location

Çalışmada kullanılan ahtapotlar soğuk zincir ile Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Laboratuvarına ulaştırılmıştır. Ahtapot örnekleri gruplandırma ve diseksiyon işlemleri gerçekleştirilene kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir.

### Metal Analizi

Metal analizleri Canlı ve Atlı (2003) tarafından uygulanan metoda göre yapılmıştır. Ahtapot dokuları 24 saat süresince etüvde (Nüve-FN500, Türkiye) 105°C'de kurutulduktan sonra 0.1 g (kuru ağırlık) örnek üzerine 4 mL derişik nitrik asit (Merck) ve 2 mL perklorik asit (Merck) ilave edilmiş ve tüm doku parçalanana kadar 150°C'ye ayarlanmış hotplate (Velp-Scientifica, İtalya) üzerine konulmuştur. Örneklerdeki makro (Na, Mg, P, K, Ca), iz (eser) element (Fe, Cu, Zn) ve potansiyel toksik ağır metal seviyeleri (Cd, Pb, Cr, As) düzeyleri (µg/g) tespit edilmiştir.

Tamamen berrak bir hal alan numunelerdeki metal düzeylerini belirlemek için ICP-MS (Agilent, 7500ce, Japonya) kullanılmıştır. ICP-MS çalışma koşulları şu şekildedir: Radyo frekansı (RF) (W), 1500; Plazma gaz akış hızı (L min<sup>-1</sup>), 15; Yardımcı gaz akış hızı (L min<sup>-1</sup>), 1; Taşıyıcı gaz akış hızı (L min<sup>-1</sup>), 1.1; Sprey haznesi T (°C), 2; Numune derinliği (mm), 8.6; Numune giriş hızı (mL dak<sup>-1</sup>), 1; nebülizör pompası (rps), 0.1; Çıkarıcı merceği (V), 1.5 mg g<sup>-1</sup> kuru ağırlık olarak. Metal analizlerinin belirlenmesi için Yüksek Safılıkta Çoklu Standart (Charleston, SC 29423) kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrileri için standart çözeltiler, makro ve eser elementlerin ve potansiyel toksik metallerin seyreltilmesi ile hazırlanmıştır. Toksik metaller için 1-50 ppb (0.001-0.050 mg/L) aralığında, makro ve iz elementler için 1-50 ppm (1 ila 50 mg/L) aralığındaki standart çözeltileri hazırlanmıştır.

Metal analizleri ahtapot dokuları kurutulduktan sonra gerçekleştirilmiştir. Ancak enstrümental analiz sonuçlarını FAO, AB ve Türk Gıda Kodeksi limit değerleri ile karşılaştırabilmek için elde edilen bulgular, nem değerleri kullanılarak yaş dokudaki metal değerlerine dönüştürülmüştür.

### Tüketici risk değerlendirmeleri

Ahtapot tüketiminden (haftada 1, 3 ve 5 gün) kaynaklı olası tüketici risklerini belirlemek için tahmini haftalık alım (Estimated Weekly Intake, EWI), hedef tehlike oranı (Target hazard quotient, THQ) ve yaşam boyu kanser riski (The Lifetime cancer risk, CR) hesaplamaları yapılmıştır. Yetişkin ve çocuk tüketicilerin herbiri için ayrı ayrı EWI, THQ ve CR hesaplamaları yapılmıştır. Yetişkinler için vücut ağırlığı 70 kg, yaşam süresi ise 70 yıl (USEPA, 2000), çocuklar için vücut ağırlığı 32 kg, yaşam süresi 7 yıl (USEPA, 2014) olarak kullanılmıştır.

Hesaplamalar yapılırken incelenen tüm metaller için enstrümental analiz sonuçları doğrudan kullanılmışken, As elementi için farklı bir dönüşüm faktörü uygulanmıştır. Dokularda bulunan As elementinin önemli bir kısmı organik formda olduğu için inorganik formlar kadar toksik etki göstermezler (Castro-Gonzalez ve Mendez-Armenta 2008). Bundan dolayı As düzeyinin tüketici için olası risk hesaplamaları yapılırken önceki çalışmalarda da (EFSA, 2009; Andaloro vd., 2012; Copat vd., 2013; Traina vd., 2019) uygulandığı gibi toplam As konsantrasyonunun % 3'ü kullanılmıştır.

Tüketici risk değerlendirmeleri kapsamında EWI (1), THQ (2), TTHQ (3) ve CR (4) hesaplamaları aşağıdaki formüller kullanılarak yapılmıştır.

$$EWI = (C_M \cdot IR) / BW \quad (1)$$

$C_M$ : Ahtapot dokularındaki metal düzeyi,  
 $IR$ : Tüketim oranı (Ingestion rate),  
 $BW$ : Tüketicinin vücut ağırlığı.

FAOSTAT verilerine göre (FAO, 2018) Türkiye'deki ahtapot tüketimi (IR) 0.8 g/kişi/gün'dür. EWI değerleri WHO/FAO ve EFSA tarafından bildirilen Geçici Haftalık Alım Tolerans (PTWI) limitleri ile karşılaştırılmıştır.

Metallerin referans dozu ( $RfD$ ) ile metallere maruz kalma arasındaki oran Hedef Tehlike Oranını (THQ) ifade etmektedir. THQ; tüketiciler açısından vücuda alınan metallerin konsantrasyonlarının kanserojen olmayan etki risklerini de ifade etmektedir. THQ hesaplamaları USEPA (2019) tarafından bildirilen formüle göre yapılmıştır.

$$THQ = [(EF \cdot ED \cdot IR \cdot C_M) / (RfD \cdot BW \cdot AT)] \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

$EF$ : Maruz kalma sıklığı,  
 $ED$ : Maruz kalma süresini (Yetişkinler için 70 yıl, çocuklar için 7 yıl),  
 $IR$ : Tüketim miktarını,  
 $C_M$ : Ahtapotun dokularındaki metal konsantrasyonunu

$RfD$ : Oral referans doz (Fe, Cu, Zn, Mn, Se, Al, Cr, As, Cd ve Pb elementleri için sırasıyla; 0.7, 0.04, 0.3, 0.14,  $5 \cdot 10^{-3}$ , 1.00,  $3 \cdot 10^{-3}$ ,  $3 \cdot 10^{-4}$ ,  $1 \cdot 10^{-3}$  ve  $4 \cdot 10^{-3}$ ),

$BW$ : Vücut ağırlığı,

$AT$ : Kanserojen olmayan ortalama süreyi (356 gün/yıl x ED).

Total THQ ya da HI (Tehlike İndeksi) olarak ifade edilen değer, araştırılan tüm elementlerin toplam THQ değerlerinin ile hesaplanır.

$$\sum THQ (TTHQ) = THQ_1 + THQ_2 + \dots + THQ_n \quad (3)$$

Total THQ değerinin 1'den büyük olması tüketici açısından kanserojen olmayan sağlık risklerinin olduğunu göstergesidir.

Yaşam boyu kanser riski (CR) hesaplamaları USEPA (2019) tarafından belirlenmiş olan formüle göre hesaplanmıştır. CR değerlerinin  $>10^{-5}$  olması, tüketilen gıdanın tüketici için kanserojen etki riskinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

$$CR = [(EF \cdot ED \cdot IR \cdot C_M \cdot C_sF) / (BW \cdot AT)] \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

Yaşam boyu kanser riski hesaplamalarında, EWI THQ formüllerinin yanı sıra farklı olarak  $C_sF$  (cancer slope factor) değeri kullanılmaktadır. Hesaplamalarda USEPA (2019) tarafından bildirilmiş  $C_sF$  değerleri (As, Pb, Cr ve Cd için sırasıyla 1.5, 8.5.  $10^{-3}$ , 0.5 ve 6.3) kullanılmıştır.

### İstatistiksel analizler

İstatistik analizler SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılarak yapılmıştır. Ahtapotların kol ve mantolarında metal düzeyi araştırmalarında mevsimler arası önemli farklılıkları belirlemek için ANOVA kullanılmıştır ( $p < 0.05$ ). Yapılan tüm analizlerde elde edilen bulgular değerlendirilirken aynı mevsime ait gruplarda manto ve kol örnekleri arasındaki farklılıkları belirlemek için T testi kullanılmıştır. Her grup için üç tekrarlı olarak istatistik karşılaştırma yapılmıştır.

### BULGULAR

#### Ahtapot dokularında metal düzeyleri

Mevsimsel olarak incelenen ahtapotların manto ve kol dokularındaki Mg, P, K, Fe, Cu, Zn, Mn, Se, Al, Cr, As, Cd ve Pb düzeyleri ( $\mu\text{g g}^{-1}$  w/w) Tablo 1'de gösterilmiştir. ICP-MS analizleri sonucunda elde edilen sonuçlar incelenen dokuların nem düzeyleri göz önünde bulundurularak yaş ağırlık değerlerine dönüştürülmüştür.

**Tablo 1.** Ahtapot dokularındaki metal düzeyleri (Ort±SD)  
**Table 1.** Metal levels of common octopus tissues (Mean±SD)

	Kış	İlkbahar	Sonbahar
Mg	M 1038.55±27.88 <sup>bx</sup> (226.20)	1103.93±43.60 <sup>ax</sup> (205.00)	827.95±48.01 <sup>cx</sup> (168.90)
	K 1082.99±39.99 <sup>ax</sup> (221.90)	872.68±7.41 <sup>by</sup> (162.40)	880.24±39.50 <sup>bx</sup> (172.35)
P	M 7735.40±222.37 <sup>ax</sup> (1684.77)	6971.62±70.11 <sup>bx</sup> (1294.63)	5322.59±125.05 <sup>cx</sup> (1085.81)
	K 7590.00±271.28 <sup>ax</sup> (1555.19)	5766.98±261.91 <sup>by</sup> (1073.24)	4939.57±78.99 <sup>cy</sup> (967.17)
K	M 17365.35±525.02 <sup>ax</sup> (3782.17)	15934.32±817.01 <sup>bx</sup> (2959.00)	11780.53±875.55 <sup>cx</sup> (2403.23)
	K 16433.82±333.94 <sup>ay</sup> (3367.29)	13046.43±504.05 <sup>by</sup> (2427.94)	11057.70±231.93 <sup>cx</sup> (2165.10)
Fe	M 65.12±3.53 <sup>by</sup> (14.18)	86.03±6.16 <sup>ax</sup> (15.97)	85.14±0.28 <sup>ax</sup> (17.37)
	K 87.23±0.26 <sup>ax</sup> (17.87)	58.50±1.22 <sup>by</sup> (10.89)	64.55±2.33 <sup>cy</sup> (12.64)
Cu	M 19.92±1.11 <sup>cy</sup> (4.34)	103.10±4.14 <sup>ax</sup> (19.15)	72.50±2.88 <sup>bx</sup> (14.79)
	K 61.25±2.86 <sup>ax</sup> (12.55)	17.54±0.30 <sup>by</sup> (3.26)	17.24±1.43 <sup>by</sup> (3.38)
Zn	M 127.16±1.93 <sup>ay</sup> (27.70)	104.84±1.28 <sup>bx</sup> (19.47)	105.15±0.89 <sup>by</sup> (21.45)
	K 147.39±8.27 <sup>ax</sup> (30.20)	100.72±9.54 <sup>cx</sup> (18.74)	117.13±7.04 <sup>bx</sup> (22.93)
Mn	M 1.96±0.13 <sup>cy</sup> (0.43)	4.11±0.09 <sup>ax</sup> (0.76)	3.61±0.02 <sup>bx</sup> (0.74)
	K 4.11±0.38 <sup>ax</sup> (0.84)	2.98±0.13 <sup>by</sup> (0.55)	2.48±0.08 <sup>cy</sup> (0.49)
Se	M 5.85±0.46 <sup>by</sup> (1.27)	7.95±0.27 <sup>ax</sup> (1.48)	7.87±0.12 <sup>ax</sup> (1.60)
	K 7.74±0.88 <sup>ax</sup> (1.59)	7.46±0.60 <sup>ax</sup> (1.39)	5.62±0.47 <sup>by</sup> (1.10)
Al	M 10.23±0.56 <sup>cy</sup> (2.23)	20.87±0.08 <sup>ax</sup> (3.87)	13.43±0.06 <sup>by</sup> (2.74)
	K 24.93±0.69 <sup>ax</sup> (5.11)	19.21±0.71 <sup>by</sup> (3.57)	18.33±1.72 <sup>bx</sup> (3.59)
Cr	M 1.62±0.01 <sup>bx</sup> (0.35)	1.69±0.03 <sup>ax</sup> (0.31)	1.41±0.01 <sup>cx</sup> (0.29)
	K 1.38±0.09 <sup>ay</sup> (0.28)	1.06±0.03 <sup>by</sup> (0.20)	1.28±0.03 <sup>cy</sup> (0.25)
As	M 32.65±0.65 <sup>bx</sup> (7.11)	8.98±0.56 <sup>cy</sup> (1.67)	44.85±0.61 <sup>ax</sup> (9.15)
	K 26.20±0.61 <sup>by</sup> (5.37)	13.79±0.56 <sup>cx</sup> (2.57)	36.92±0.59 <sup>ay</sup> (7.23)
Cd	M 0.46±0.06 <sup>ax</sup> (0.10)	0.45±0.03 <sup>ax</sup> (0.08)	0.38±0.01 <sup>bx</sup> (0.08)
	K 0.35±0.01 <sup>ay</sup> (0.07)	0.30±0.01 <sup>by</sup> (0.06)	0.36±0.01 <sup>ax</sup> (0.07)
Pb	M 2.90±0.25 <sup>ax</sup> (0.63)	2.27±0.19 <sup>bx</sup> (0.42)	2.00±0.18 <sup>bx</sup> (0.41)
	K 2.41±0.12 <sup>ay</sup> (0.49)	1.60±0.29 <sup>cy</sup> (0.30)	1.99±0.04 <sup>bx</sup> (0.39)

Her satırda farklı harfler (a, b, c, d) mevsimler arası önemli farklılıklar göstermektedir (p < 0.05). Her mevsimde aynı sütundaki farklı harfler (x, y) her iki cinsiyet için de önemli farklılıklar göstermektedir (p < 0.05). M: manto, K: kol

Mg, K ve P değerleri hem kol hem de manto örneklerinde kış mevsiminde daha yüksek düzeylerde tespit edilmiş ve her

iki dokuda da mevsimler arası istatistiksel farklılıklar tespit edilmiştir (p < 0.05). Mg, P ve K elementleri için minimum ve maksimum değerler manto örnekleri için sırasıyla 168.90-226.20, 1085.81-1684.77 ve 2403.23-3782.17 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  w/w) olarak belirlenmişken, kol örneklerinde 162.40-221.90, 967.17-1555.19 ve 2165.10-3367.17 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  w/w) olarak belirlenmiştir.

Fe, Cu, Zn, Mn, Se ve Al düzeylerinin tamamında hem dokular arasında hem de mevsimler arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir (p < 0.05). Manto örneklerindeki minimum ve maksimum Fe, Cu, Zn, Mn, Se ve Al değerleri sırasıyla; 14.18-17.37, 4.34-19.15, 19.47-27.70, 0.43-0.76, 1.27-1.60 ve 2.23-3.87 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  w/w) olarak belirlenmiştir. Kol örneklerinde ise Fe, Cu, Zn, Mn, Se ve Al değerleri sırasıyla; 10.89-17.87, 3.26-12.55, 18.74-30.20, 0.49-0.84, 1.10-1.59 ve 3.57-5.11 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  w/w) olarak belirlenmiştir.

Ahtapot dokularındaki toksik metal (Cr, As, Pb ve Cd) düzeylerinin tamamında mevsimler arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir (p < 0.05). Manto ve kol dokularındaki metal seviyelerinin karşılaştırmalarında ise genel itibarı ile önemli farklılıklar gözlenirse de Pb ve Cd yaz mevsimi değerlerinde iki doku arasında istatistiksel farklılıklar gözlenmemiştir (p > 0.05). Manto örneklerindeki minimum ve maksimum Cr, As, Pb ve Cd değerleri sırasıyla; 0.29-0.35, 1.67-7.11, 0.41-0.63 ve 0.08-0.10 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  w/w) olarak belirlenmiştir. Kol örneklerinde ise Cr, As, Pb ve Cd değerleri sırasıyla; 0.20-0.28, 2.57-7.23, 0.30-0.49 ve 0.06-0.07 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  w/w) olarak belirlenmiştir.

#### Tüketici sağlığı risk değerlendirmesi

Ahtapot tüketiminden kaynaklı olası sağlık risklerinin değerlendirilmesi amacıyla EWI (Tablo 2), THQ (Tablo 3) ve CR (Tablo 4) hesaplamaları yapılmıştır. Bu kapsamda ilgili hesaplamalar, yetişkin ve çocuk tüketicilerin haftada 1, 3 ya da 5 gün ahtapot tüketmeleri olasılıkları doğrultusunda yapılmıştır. EWI değerleri PTWI değerleri ile karşılaştırılmıştır. Cu, Fe, Zn, Al (JECFA, 2010), As (EFSA, 2009) ve Cd (EFSA, 2011) elementleri için otoriteler tarafından belirlenen PTWI değerleri sırasıyla 3500, 5600, 300-1000 aralığı, 2000, 15 ve 2.5 ( $\mu\text{g/kg}$ ) şeklindedir. Bu kapsamda Cu, Fe, Zn, Al, As ve Cd elementleri için PTWI limitlerinin birey vücut ağırlıkları göz önünde bulundurularak yetişkinlerde sırasıyla; 245000, 392000, 147000-490000 aralığı, 140000, 1050 ve 175 ( $\mu\text{g/kg}$ ); çocuklarda sırasıyla 112000, 179200, 67200-224000 aralığı, 64000, 480 ve 80 olduğu hesaplanmıştır. Hesaplanan EWI değerlerinin PTWI düzeyleri ile karşılaştırılabilen Cu, Fe, Zn, Al, As ve Cd elementleri bakımından limitlerin altında olduğu ve ahtapot tüketiminde bu metallerin haftalık alım tolerans limitleri açısından herhangi bir risk oluşturmadığı belirlenmiştir. Ancak daha önce birçok araştırmada kullanılmış olan Pb PTWI değeri WHO/FAO tarafından 2011 yılında geri çekildiğinden dolayı (JECFA, 2011) Pb için EWI-PTWI karşılaştırması yapılmamıştır.

Tüketicilerin metal kirleticilerine maruz kalması durumunda olası sağlık risklerini doğrudan ve kesin bir şekilde ortaya koymasa da potansiyel sağlık risklerinin belirlenmesi amacıyla THQ değeri önemli bir parametredir. THQ > 1 olması; metal tüketiminin tüketici açısından risk teşkil ettiğini ortaya koymaktadır. Ahtapotların manto ve kol dokularında ölçülen metallerin miktarları kullanılarak hesaplanan THQ düzeyleri arasında en yüksek değer As elementinde tespit edilmiştir. Fakat incelenen tüm metallerle ait THQ değerlerinin tehlikeli eşik ( $< 1$ ) altında olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 2.** Ahtapot dokularındaki Tahmini Haftalık Alım (EWI) düzeyleri  
**Table 2.** The estimated weekly intake (EWI) levels of common octopus tissues

			Mg	P	K	Fe	Cu	Zn	Mn	Se	Al	Cr	As	Cd	Pb	
EWI	Manto	Y	5	11.43	77.43	174.18	0.91	0.73	6.42	0.04	0.41	0.17	0.02	0.34	0.00	0.03
			3	6.86	46.46	104.51	0.54	0.44	3.85	0.02	0.25	0.10	0.01	0.20	0.00	0.02
			1	2.29	15.49	34.84	0.18	0.15	1.28	0.01	0.08	0.03	0.00	0.07	0.00	0.01
		Ç	5	25.00	169.38	381.02	1.98	1.59	14.05	0.08	0.90	0.37	0.04	0.75	0.01	0.06
			3	15.00	101.63	228.61	1.19	0.96	8.43	0.05	0.54	0.22	0.02	0.45	0.01	0.04
			1	5.00	33.88	76.20	0.40	0.32	2.81	0.02	0.18	0.07	0.01	0.15	0.00	0.01
	Kol	Y	5	10.60	68.49	151.63	0.79	0.37	6.96	0.04	0.40	0.23	0.01	0.29	0.00	0.02
			3	6.36	41.09	90.98	0.47	0.22	4.17	0.02	0.24	0.14	0.01	0.17	0.00	0.01
			1	2.12	13.70	30.33	0.16	0.07	1.39	0.01	0.08	0.05	0.00	0.06	0.00	0.00
		Ç	5	23.19	149.82	331.68	1.72	0.80	15.22	0.08	0.87	0.51	0.03	0.63	0.01	0.05
			3	13.92	89.89	199.01	1.03	0.48	9.13	0.05	0.52	0.31	0.02	0.38	0.00	0.03
			1	4.64	29.96	66.34	0.34	0.16	3.04	0.02	0.17	0.10	0.01	0.13	0.00	0.01

Y: Yetişkin, Ç: Çocuk, EWI: Tahmini Haftalık Alım

**Tablo 3.** Ahtapot dokularındaki Hedef Tehlike Oranı (THQ)  
**Table 3.** The target hazard quotient (THQ) of common octopus tissues

			Fe	Cu	Zn	Mn	Se	Al	Cr	As	Cd	Pb	
THQ	Manto	Y	5	0.0002	0.0026	0.0030	0.0000	0.0118	0.0000	0.0009	0.1622	0.0007	0.0010
			3	0.0001	0.0016	0.0018	0.0000	0.0071	0.0000	0.0005	0.0973	0.0004	0.0006
			1	0.0000	0.0005	0.0006	0.0000	0.0024	0.0000	0.0002	0.0324	0.0001	0.0002
		Ç	5	0.0004	0.0057	0.0067	0.0001	0.0257	0.0001	0.0019	0.3547	0.0016	0.0022
			3	0.0002	0.0034	0.0040	0.0000	0.0154	0.0000	0.0011	0.2128	0.0009	0.0013
			1	0.0001	0.0011	0.0013	0.0000	0.0051	0.0000	0.0004	0.0709	0.0003	0.0004
	Kol	Y	5	0.0002	0.0013	0.0033	0.0000	0.0113	0.0000	0.0007	0.1372	0.0005	0.0008
			3	0.0001	0.0008	0.0020	0.0000	0.0068	0.0000	0.0004	0.0823	0.0003	0.0005
			1	0.0000	0.0003	0.0007	0.0000	0.0023	0.0000	0.0001	0.0274	0.0001	0.0002
		Ç	5	0.0004	0.0028	0.0072	0.0001	0.0247	0.0001	0.0014	0.3000	0.0012	0.0018
			3	0.0002	0.0017	0.0043	0.0000	0.0148	0.0000	0.0009	0.1800	0.0007	0.0011
			1	0.0001	0.0006	0.0014	0.0000	0.0049	0.0000	0.0003	0.0600	0.0002	0.0004

Y: Yetişkin, Ç: Çocuk, THQ: Hedef Tehlike Oranı

Ahtapot tüketimi ile vücuda alınan metallerden kaynaklı olası kanserojen risklerin değerlendirilmesi kapsamında Cr, As, Cd ve Pb metalleri için CR değeri hesaplanmıştır. Sağlıklı insanlarda CR değerinin bu eşik değerin ( $10^{-5}$ ) altında olması beklenir. Ancak mevcut çalışmada CRPb dışındaki CR değerleri (CRCr, CRCd ve CRPb),  $>10^{-5}$  olarak belirlenmiştir. Özellikle As, Cd ve Pb toksik metalleri gıdalardaki önemli kontaminantlar olarak görülmektedir. ATSDR (2017) periyodik olarak güncellediği "Tehlikeli Maddeler Listesi"nde As, Cd ve Pb elementlerinin en tehlikeli 10 toksik madde arasında olduğunu, Cr metalinin ise en tehlikeli 100 madde içerisinde yer aldığını bildirmiştir. Bu metallerin, gıda güvenliği ve tüketici sağlığı açısından izlenmesi önem arz etmektedir.

**Tablo 4.** Ahtapot dokularındaki Yaşam boyu kanser riski (CR) düzeyleri

**Table 4.** The lifetime cancer risk (CR) levels of common octopus tissues

Doku	Gün	Cr	As	Cd	Pb		
Manto	5	1.29E-03	7.30E-02	4.47E-03	3.37E-05		
	Y	3	7.76E-04	4.38E-02	2.68E-03	2.02E-05	
	Ç	1	2.59E-04	1.46E-02	8.93E-04	6.75E-06	
		5	2.83E-03	1.60E-01	4.47E-02	7.38E-05	
	CR	Y	3	1.70E-03	9.58E-02	5.86E-03	4.43E-05
			1	5.66E-04	3.19E-02	1.95E-03	1.48E-05
Ç		5	9.89E-04	6.17E-02	3.38E-03	2.72E-05	
		3	5.94E-04	3.70E-02	2.03E-03	1.63E-05	
Kol		1	1.98E-04	1.23E-02	6.76E-04	5.45E-06	
		5	2.16E-03	1.35E-01	3.38E-02	5.96E-05	
	Ç	3	1.30E-03	8.10E-02	4.44E-03	3.58E-05	
	1	4.33E-04	2.70E-02	1.48E-03	1.19E-05		

Y: Yetişkin, Ç: Çocuk, CR: Yaşam boyu kanser riski

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Ahtapot dokularındaki metal seviyeleri ile ilgili ülkemizde yapılmış çalışmalar kısıtlı düzeydedir (Yazkan vd., 2004; Küçüksezgin, 1999). Mevcut çalışmada elde edilen bulgular Akdeniz ve doğu Atlantik kıyılarında *O. vulgaris* dokularında yapılan metal çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Mevcut çalışmada belirlenen Fe, Mn ve Zn düzeylerinin; Arechavala-Lopez vd. (2019) tarafından belirlenen düzeylerle benzerlik gösterdiği fakat Napoleão vd. (2005) ve Miramand ve Guary (1980) tarafından bildirilen Fe, Mn ve Zn düzeylerinden daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Cu metali birçok çalışmada incelenmemiş olup; Napoleão vd. (2005) tarafından Portekiz kıyılarında üç farklı bölgeden yakalanan ahtapotların kol ve manto dokularındaki bildirilen Cu düzeylerinin mevcut çalışma ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Ahtapotlardaki toksik metal düzeylerinin araştırıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur (Yazkan vd., 2004; Küçüksezgin, 1999; Storelli, 2009; Miramand ve Guary, 1980; Arechavala-Lopez vd., 2019; Napoleão vd., 2005; Barone vd., 2015; Storelli vd., 2012). Benzer şekilde kamu otoriteleri de toksik metal düzeyleri ilgili düzenlemeler uygulamaktadır. Bu bağlamda Mersin Körfezi'nden yakalanan ahtapotların manto ve kollarındaki metal düzeyleri FAO (2011), Türk Gıda Kodeksi

(TGK, 2011) ve Avrupa Birliği (EC, 2006) limit değerleri ile karşılaştırılmıştır. Mevcut çalışmada elde edilen Pb değerlerinin, her üç otorite tarafından belirlenen yumuşakçalardaki limit değerin ( $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  w/w) üzerinde tespit edilmiştir. Arechavala-Lopez vd., (2019); Nessim ve Riad (2003) ve Küçüksezgin, (1999) tarafından bildirilen Pb değerleri de otoriteler tarafından belirlenen limitlerin üzerinde bildirilmiştir. Benzer şekilde Cd için de her üç otorite tarafından limit değeri  $1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  w/w olarak belirlenmiştir. Mevcut çalışmada incelenen tüm dokulardaki belirlenen Cd düzeyleri bildirilen limit değerin altında bulunmuştur. Yazkan vd., (2004); Storelli vd. (2012); Storelli (2009); Barone vd. (2015) ve Arechavala-Lopez vd., (2019) tarafından ahtapot dokuları için bildirilen Cd düzeyleri de mevcut çalışma ile uyumludur.

Tüketici sağlığı risk değerlendirmeleri açısından EWI değerlerinin, EFSA (2009, 2011) ve FAO/WHO (JECFA, 2011) tarafından belirlenen PTWI değerlerinin aşılmamış olması ahtapotun Türkiye'deki tüketiciler için haftalık alım düzeyleri açısından risk teşkil etmediğini göstermiştir. Benzer şekilde THQ ve  $\sum$ THQ değerlerinin  $<1$  olarak belirlenmesi de tüketici açısından kanser dışı sağlık problemlerinin ortaya çıkma olasılığının düşük olduğunu göstermiştir. Ancak bu durumun ahtapotun belirlenen metal konsantrasyonundan ziyade, ülkemizdeki düşük ahtapot tüketiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ahtapot tüketiminden kaynaklı metal alımına maruz kalma sonucunda ortaya çıkabilen yaşam boyu kanser riski (CR) hesaplamaları da yapılmıştır. CR değerinin  $10^{-5}$  düzeyinin üzerinde olması, sağlıklı bir insanın kansere yakalanma olasılığının ( $100.000$ 'de 1) artacağını ifade etmektedir (USEPA, 2000). Mevcut çalışmada Cr, As ve Cd düzeylerinin kanser riskini arttırabileceği belirlenmişken, Pb değerlerinin yaşam boyu kanser riski açısından tehlike oluşturmadığı belirlenmiştir. Kıyılarımızda ya da diğer Akdeniz ülkelerinde ahtapotlarda THQ ve CR hesaplamalarının yapıldığı bir araştırmaya rastlanmamıştır. Ancak Loaiza vd. (2018) tarafından Peru'da yapılan çalışmada; *Octopus mimus* türü ahtapotların dokularındaki metal seviyelerine göre hesaplanan THQ değerleri ile benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Ancak Loaiza vd. (2018) tarafından hesaplanan CR değerlerin ve mevcut çalışma ile benzer şekilde As ve Cr elementlerinin CR açısından risk teşkil ettiği ve kanser riskini arttırdığı bildirilmiştir.

Gıda, Cd ve Pb maruziyetinin ana kaynağıdır. Cd, çoğunlukla böbreklerde (böbrek fonksiyon bozukluğuna yol açan) ve kemiklere uzun süre maruz kaldıktan sonra toksik etkiler açığa çıkarken, aşırı miktarda Pb, nörotoksite gelişimi, yetişkinlerde sistolik kan basıncı ve kronik böbrek hastalığının prevalansı üzerine olumsuz etkilere neden olabilir (EFSA, 2013).

Sonuç olarak, Mersin Körfezi'nden kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde avlanan *O. vulgaris* türü ahtapotların düşük tüketim oranlarına rağmen tüketici için sağlık riskleri oluşturabileceği belirlenmiştir. Bu durumun Mersin Körfezi'nde yoğun olarak gerçekleştirilen denizcilik faaliyetleri, kentsel atıklar, tarımsal faaliyetler vb. (Külcü vd., 2014; Kosker vd., 2019) antropojenik etkilerden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda tüketici sağlığı ve ekosistem

sürekliliği açısından bölgedeki denizel türlerde metal kirliliği çalışmalarının artırılması önerilmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi süresince gösterdikleri destek ve yardımlardan dolayı Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Laboratuvarındaki meslektaşlarıma çok teşekkür ederim.

## KAYNAKÇA

- Andaloro, F., Romeo, T., Renzi, M., Guerranti, C., Perra, G., Consoli, P., ... & Focardi, S. E. (2012). Alteration of potential harmful elements levels in sediments and biota from the central Mediterranean Sea (Aeolian Archipelago) following an episode of intense volcanic activity. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(7), 4035-4047. DOI: [10.1007/s10661-011-2242-0](https://doi.org/10.1007/s10661-011-2242-0)
- Arechavala-Lopez, P., Capó, X., Oliver-Codorniu, M., Sillero-Rios, J., Busquets-Cortés, C., Sanchez-Jerez, P. & Sureda, A. (2019). Fatty acids and elemental composition as biomarkers of *Octopus vulgaris* populations: Does origin matter? *Marine Pollution Bulletin*, 139, 299-310. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2018.12.048](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.048)
- ATSDR (Agency for Toxic Substance and Disease Registry), 2017. Priority List of Hazardous Substances. Atlanta, Georgia, USA.
- Ayas, D. (2012). Seasonal variations of fat and fatty acid composition in muscle tissues of Mediterranean octopuses. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11(4), 724-731.
- Barone, G., Storelli, A., Garofalo, R., Busco, V. P., Quaglia, N. C., Centrone, G. & Storelli, M.M. (2015). Assessment of mercury and cadmium via seafood consumption in Italy: estimated dietary intake (EWI) and target hazard quotient (THQ). *Food Additives & Contaminants: Part A*, 32(8), 1277-1286. DOI: [10.1080/19440049.2015.1055594](https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1055594)
- Canlı, M., & Atlı, 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(1), 129-136. DOI: [10.1016/S0269-7491\(02\)00194-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00194-X)
- Castro-González, M. I. & Méndez-Armenta, M. (2008). Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 26(3), 263-271. DOI: [10.1016/j.etap.2008.06.001](https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.06.001)
- Copat, C., Arena, G., Fiore, M., Ledda, C., Fallico, R., Sciacca, S. & Ferrante, M. (2013). Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: consumption advisories. *Food and Chemical Toxicology*, 53, 33-37. DOI: [10.1016/j.fct.2012.11.038](https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.038)
- De Luca, D., Catanese, G., Procaccini, G. & Fiorito, G. (2016). *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797) in the Mediterranean Sea: Genetic diversity and population structure. *Plos One*, 11(2), e0149496. DOI: [10.1371/journal.pone.0149496](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149496)
- EC. (2006). European Union Commission regulation (1881/2006), maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *The Official Journal of the European Union* 50:5-14.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2009). Scientific Opinion on arsenic in food. *EFSA Journal*, 7(10), 1351.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). (2011). Statement on tolerable weekly intake for cadmium. *EFSA Journal*, 9(2), 1975.
- EFSA (2013). Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain on a request from the European Commission on lead in food. *EFSA Journal*, 8 (4), 1570.
- FAO, F. (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome.
- FAO (Food Agriculture Organization). (2019). *Octopus vulgaris* (Lamarck, 1798). <http://www.fao.org/fishery/species/3571/en>.
- FAO/WHO. (2011). Food Standards Programme Codex Committee on Contaminants in Foods. Fifth Session Codex Alimentarius Commission, The Hague, The Netherlands USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) (2019b) Regional screening level (RSL) summary table (TR=1E-06 THQ=1.0). <https://semsub.epa.gov/work/HQ/197414.pdf>
- JECFA. (2010). Joint FAO/WHO Expert committee on food additives. Seventy-second meeting. Rome, 16-25 February 2010. Summary and conclusions. JECFA/72/SC. Food and Agriculture Organization of the United Nations World Health Organization. Issued 16<sup>th</sup> March 2010
- JECFA (2011). Evaluation of certain food additives and contaminants: Seventyfourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO technical report series no. 966. Rome, Italy
- Kosker, A. R., Ozogul, F., Ayas, D., Durmus, M. & Ucar, Y. (2019). Elemental composition of pufferfish species from Northeastern Mediterranean Sea. *Environmental monitoring and assessment*, 191(6), 334. DOI: [10.1007/s10661-019-7469-1](https://doi.org/10.1007/s10661-019-7469-1)
- Küçüksezgin, F. (1999). Trace metal concentrations in marine organisms from the Eastern Aegean, Turkey (No. IAEA-TECDOC-1094).
- Külcü, A.M., Ayas, D., Köşker, A.R. & Yatkın, K. (2014). The Investigation of metal and mineral levels of some marine species from the Northeastern Mediterranean Sea. *Journal of Marine Biology and Oceanography* 3, 2. DOI: [10.4172/2324-8661.1000127](https://doi.org/10.4172/2324-8661.1000127)
- Loaiza, I., De Troch, M. & De Boeck, G. (2018). Potential health risks via consumption of six edible shellfish species collected from Piura-Peru. *Ecotoxicology and environmental safety*, 159, 249-260. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2018.05.005](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.05.005)
- Miramand, P. & Guary, J. C. (1980). High concentrations of some heavy metals in tissues of the Mediterranean octopus. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 24(1), 783-788.
- Napoleão, P., Pinheiro, T. & Reis, C. S. (2005). Elemental characterization of tissues of *Octopus vulgaris* along the Portuguese coast. *Science of The Total Environment*, 345(1-3), 41-49. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2004.10.026](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.10.026)
- Nessim, R. B. & Riad, R. (2003). Bioaccumulation of heavy metals in *Octopus vulgaris* from coastal waters of Alexandria (Eastern Mediterranean). *Chemistry and Ecology*, 19(4), 275-281. DOI: [10.1080/02757540310001595907](https://doi.org/10.1080/02757540310001595907)
- Ozogul, Y., Duysak, O., Ozogul, F., Özkütük, A.S. & Türeli, C. (2008). Seasonal effects in the nutritional quality of the body structural tissue of cephalopods. *Food Chemistry*, 108(3), 847-852. DOI: [10.1016/j.foodchem.2007.11.048](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.048)
- Sangiuliano, D., Rubio, C., Gutiérrez, A. J., González-Weller, D., Revert, C., Hardisson, A., ... & 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. DOI: [10.4315/0362-028X.JFP-17-184](https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-184)
- Storelli, M.M. (2009). Intake of essential minerals and metals via consumption of seafood from the Mediterranean Sea. *Journal of Food Protection*, 72(5), 1116-1120. DOI: [10.4315/0362-028X-72.5.1116](https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.5.1116)
- Storelli, M.M., Normanno, G., Barone, G., Dambrosio, A., Errico, L., Garofalo, R. & Giacomini-Stuffer, R. (2012). Toxic metals (Hg, Cd, and Pb) in

- fishery products imported into Italy: suitability for human consumption. *Journal of Food Protection*, 75(1), 189-194. DOI: [10.4315/0362-028X.JFP-11-212](https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-212)
- Şen, H. (2006). Ahtapot (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) Yetiştiriciliği. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(1), 207-213.
- TGK (Türk Gıda Kodeksi). 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Erişim 30 Eylül 2019. <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/yonetmelik/7.5.15692-ek.doc>
- Traina, A., Bono, G., Bonsignore, M., Falco, F., Giuga, M., Quinci, E. M., ... & Sprovieri, M. (2019). Heavy metals concentrations in some commercially key species from Sicilian coasts (Mediterranean Sea): Potential human health risk estimation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 168, 466-478. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2018.10.056](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.056)
- TUIK (2019). <http://www.tuik.gov.tr/ZipGetir.do?id=30697&class=onceki>.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2019). Regional screening levels (RSLs) – equations. <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-equations>
- USEPA (US Environmental Protection Agency). (2000). Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories, Volume II. Risk Assessment and Fish Consumption Limits. EPA 823-B-00-008. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Yazkan, M., Özdemir, F. & Gölükcü, M. (2004). Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Yumusakçalar ve Karideste Cu, Zn Pb ve Cd İçeriği. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28(1).
- Zlatanov, S., Laskaridis, K., Feist, C. & Sagredos, A. (2006). Proximate composition, fatty acid analysis and protein digestibility-corrected amino acid score of three Mediterranean cephalopods. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50(10), 967-970. DOI: [10.1002/mnfr.200600003](https://doi.org/10.1002/mnfr.200600003)