

## MERSİN KÖRFEZİ'NDE AVLANAN BALIK TÜRLERİNDEKİ AĞIR METAL DÜZEYLERİ

Fahri Karayakar ORCID ID: [0000-0002-8114-350X](https://orcid.org/0000-0002-8114-350X), Oğuz Bavbek ORCID ID: [0000-0001-6049-7213](https://orcid.org/0000-0001-6049-7213),

Bedii Ciciik ORCID ID: [0000-0003-3982-9943](https://orcid.org/0000-0003-3982-9943)

Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yenişehir, Mersin, Türkiye

Received: 12.01.2017

Accepted: 18.04.2017

Published online: 18.06.2017

Corresponding author:

Fahri KARAYAKAR, Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yenişehir, Mersin, Türkiye

E-mail: [fkarayakar@mersin.edu.tr](mailto:fkarayakar@mersin.edu.tr)

### Öz:

Bu araştırmada Mersin Körfezinden örneklenen, tüketime sunulan ve ekonomik öneme sahip *Scomber japonicus*, *Caranx rhoncus*, *Pegusa lascaris* türlerinin solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki Zn, Cu, Pb ve Cd düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Doku metal düzeylerinin belirlenmesinde Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrik yöntem uygulanmıştır. İncelenen metal düzeyleri dokulara, metale, mevsime ve yaşam alanlarına bağlı olarak değişim göstermiştir. Zn için en yüksek düzey dalak, Cu ve Cd için karaciğer, Pb için ise Solungaç dokusunda olurken, en düşük birikimin kas dokusunda olduğu belirlenmiştir. Söz konusu türlerin kas dokusunda incelenen metal düzeyleri insan tüketimi için çok düşük olduğundan, Türk Gıda Kodeksi'ne göre kabul edilebilir düzeylerde olduğu saptanmıştır.

**Keywords:** Ağır Metal, Balık, Doku, Mersin Körfezi, Mevsim, *Scomber japonicus*, *Caranx rhoncus*, *Pegusa lascaris*

### Abstract:

#### HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN FISH SPECIES CAPTURED IN MERSIN BAY

In this study we aimed to determine of heavy metal levels in gills, liver, kidney, spleen and muscle tissues of various fish species, *Scomber japonicus*, *Caranx rhoncus*, *Pegusa lascaris*, consumed as nutrients and sampled from Mersin Bay. These species of fish were chosen since they have high economic value and consumed as a protein source. Levels of Cd, Cr, Cu, Pb and Zn in the tissues were determined using atomic absorption techniques. Heavy metal concentrations in sampled fish changed with different tissues, metals, seasons and habitat. The highest accumulation rate of Zn was observed in spleen tissue whereas Cu were found to be accumulated highest in liver tissue samples. In addition it was observed that Cd was mainly accumulated in liver tissue whereas Pb was detected in gill tissue samples. Metal levels investigated in muscle tissue of the species are very low for human consumption, it has been determined that they are acceptable levels according to the Turkish Food Codex.

**Keywords:** Heavy metals, Fish, Tissue, Mersin Bay, Seasons, *Scomber japonicus*, *Caranx rhoncus*, *Pegusa lascaris*

## Giriş

Su ortamları, insanlar tarafından sınırsız kapasitedeki atık bölgeleri olarak görülmektedir. Ağır metaller, su ortamına rüzgar, toprak erozyonu ve volkanik aktiviteler gibi doğal olaylar sonucu katıldığı gibi, günümüzde endüstri kollarında yaygın bir şekilde kullanımıyla, endüstriyel, tarımsal ve evsel atık sularla da katılmakta sonuçta sucül ortamlarda kirliliğin artmasına neden olmaktadır (Fergusson, 1990; Gregory vd, 2002; Taylan ve Özkoç, 2007).

Bakır (Cu), çinko (Zn) ve demir (Fe) gibi ağır metaller, organizmalar tarafından yaşamsal olaylar için belirli düzeylerde kullanılırken, metabolik olaylarda işlevleri olmadığı bilinen cıva (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) belirtilen kaynaklardan sucül ortamlara katılmaktadır. Anılan metallerin yüksek derişimleri sucül organizmalarda toplu ölümlere ve habitat değişimine neden olurken, düşük derişimleri çeşitli yollarla vücuda alınarak, metabolik, fizyolojik ve patolojik değişimlere, doku ve organlarda birikime, besin zinciri aracılığı ile artan derişimlerde üst trofik düzeylere iletilerek hücrenel veya moleküler düzeyde yapısal ve işlevsel bozukluklara sonuçta mortaliteye neden olurlar (Hilmy vd, 1985; De Conto- Cinier vd, 1999; Odzak vd, 2000).

Ağır metaller, balıklar tarafından su, besin, solungaçlar ve tüm vücut yüzeyinden absorpsiyon yolu ile ortamdan vücuda alınsa da, alımın yoluna bağlı olmaksızın başlıca karaciğer, solungaç, dalak ve böbrek gibi metabolik bakımdan aktif olan doku ve organlarda birikirler (Heath, 1995).

Bakır, yüzey sularında ve yerkabuğunda bol bulunan, hayvansal organizmalarda metabolik olaylarda işlev gören birçok enzimin kofaktörü olarak biyolojik öneme sahip bir iz elementtir. Bakır, günlük yaşamda kullanılan evsel ve endüstriyel ürünlerin üretiminde, tarımsal gübre ve pestisitlerin bileşiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bakır toksisitesi karaciğer ve böbrekte nekroze ve solungaçlarda hasara neden olabilir (Watanabe vd, 1997). Kanal yayın balığında bakırın yüksek düzeyleri, büyüme de yavaşlamaya (Murai vd, 1981), eksikliğinde ise karaciğerde Cu-Zn süperoksit dismutaz ve kalpte sitokrom c oksidaz aktivitelerini (Gatlin ve Wilson, 1986) etkilediği bildirilmiştir.

Çinko bileşikleri, insektisit, fungusit, tekstil boyama, termoelektrik cihazlar ve plastik üretimi gibi sanayinin birçok alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (WHO, 2001). Çinko, alkan

fosfataz, alkol dehidrogenaz ve karbonik anhidraz gibi yaklaşık 20 metalloenzimin yapısal bir bileşeni olup, kofaktör olarak işlev görmektedir. Çinko eksikliğinin, gökkuşağı alabalığında büyümede yavaşlama ve gecikmeye, deri ve yüzgeçlerde aşınmaya neden olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda çinko eksikliği, olası karboksipeptidaz aktivitesini azalttığı için, protein ve karbonhidrat sindirimini de düşürdüğü gözlenmiştir (Watanabe vd, 1997).

Kurşun, toksik etkili bir metal olup, özellikle kurşun-pil üretimi, cevherlerin arıtımı, kaplama işlemleri, kimya ve gübre sanayinde son derece kullanışlı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip bir metaldir (Ahmed ve Bibi, 2010; Victor vd, 2012). Kurşun, insanda özellikle merkezi sinir sistemi, üreme organları, böbrek ve bağışıklık sistemini olumsuz yönde etkileyen oldukça önemli çevresel bir kirleticidir. Kurşunun kadınlarda infertiliteye, düşüğe, gebelikte yüksek tansiyon ve erken doğuma neden olduğu belirlenmiştir (Winder, 1993).

Kadmiyum, doğada cevher halinde bulunmayıp, çinko ve diğer metallerin ekstraksiyon ürünü olarak ortaya çıkar ve başlıca kimyasal stabilizatör, metal kaplama, pil ve pigment üretiminde kullanılmaktadır. Kadmiyum, organizmalarda karsinogenik, teratojenik bir etkiye sahip olup, endokrin ve üreme sistemi üzerine toksik etkili olduğu belirlenmiştir (Coles vd, 1995; Zelikoff vd, 1995).

Balık, genellikle besin zincirinin en üst halkasında yer alan, sucül kirleticilere yüksek oranda maruz kalan ve insan tüketimi için de önemli olan bir besin kaynağıdır. Bu bağlamda yapılan araştırmada ekonomik öneme sahip ve protein kaynağı olarak tüketilen *Scomber japonicus* (pelajik), *Caranx rhonchus* (bentopelajik), *Pegasus lascaris* (bentik) türleri kullanılmıştır. *S. japonicus* (Houttuyn, 1782), kolyoz olarak bilinen pelajik bir tür olup, 0-300 m derinliklerde yaşar. Boy grupları itibarıyla sürü oluşturur. Sürü diğer pelajik türlerle karışık olabilir. Gün boyunca kıyıya yakın yerlerde kalır, geceleri ise açık sulara gider ve oralarda balık, kalamar, kopepod ve diğer kabuklularla beslenirler. *C. rhonchus* (Geoffroy Saint-Hilarie, 1817), İstavrit olarak adlandırılan, taban üstünde askıda ve su kolonunda dolaşan, sürü oluşturan, bentopelajik bir balık türü olup 60 cm boy ve 1 kg ağırlıkta olabilirler. Ticari öneme sahip olup, 30-200 m derinliklerde yaşarlar. Küçük balık ve omurgasızlarla beslenirler. *P. lascaris* (Risso,

1810), bentik bir tür olup, dil balığı olarak adlandırılır. Çakıllı ve çamurlu kesimlerde 5-350 m derinliklerde yayılım gösteren bu türün boyu 45-48 cm kadar olabilir. Çoğunlukla küçük bivalvlerle beslenip, amfipod, dekapod, karides ve poliketler gibi kabuklular da besinini oluşturmaktadır (Whitehead vd. 1984).

Mersin ili Doğu Akdeniz kıyı şeridinde yer alan, doğusunda çimento, cam, soda, krom, gübre sanayi, kauçuk, cam yünü, su bazlı polimer üretimi gibi endüstriyel aktivitelerin yoğun olduğu, aynı zamanda tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü, liman ve serbest bölgenin de yer alması nedeniyle deniz trafiğinin yoğun olduğu, batısında ise tarımsal aktivitelerin yanı sıra dinlenme ve turizm amaçlı tesislerin yoğun olduğu bir yerleşim bölgesidir. Anılan kirlilik kaynaklarının etkisinde kalan Mersin Körfezi'nde pek çok araştırma yapılmıştır (Ayas vd. 2009; Kalay vd, 2004; Karayakar vd, 2010).

Doğal koşullar altında yürütülen bu çalışmada, genelde evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan atıkların doğrudan ya da dolaylı etkisinde kalan sulara yaşayan, bölgede protein kaynağı olarak yaygın bir şekilde tüketilen, ekonomik öneme sahip balık türlerinin, doku ve organlarında bakır, çinko, kadmiyum ve kurşun gibi eser ve toksik metallerin düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

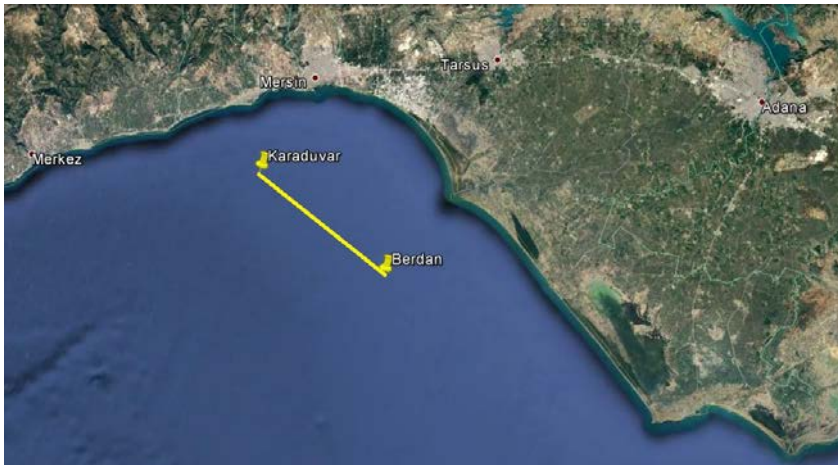
## Materyal ve Metot

Araştırmada materyal olarak *S. japonicus*, *C. rhonchus*, *P. lascaris* türleri kullanılmış, türlerin seçiminde ekonomik önemlerinin yanı sıra su kolonundaki yaşam alanlarındaki farklılık da dikkate alınmıştır.

Örneklemler 2012 Aralık - 2013 Kasım ayları arasında trol avcılığı yapan teknelerle Berdan - Karaduvar (36° 39' 23" K-034° 35' 54"D / 36° 35' 19" K-034° 51' 01"D) (Şekil 1.) arasını içeren bölgeden aylık olarak yapılmış, mevsimsel olarak değerlendirilmiştir. Bu bölgenin seçiminde sanayi, evsel ve tarımsal aktivitelerinin etkin olması dikkate alınmıştır.

Belirtilen türlerin her birinden 15 örnek alınıp, soğuk zincir içerisinde Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler araştırma laboratuvarına getirilmiştir. Balıklarda ağır metal birikimi boy ve ağırlığa bağlı olarak değişim gösterdiğinden (Canlı ve Atlı, 2003), örneklerin her birinin morfolometrik ölçümleri yapılmış, metal analizinde kullanılacak doku ve organlar balıklardan ayrı ayrı disekte edilmiştir.

Solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki Cu, Zn, Cd ve Pb düzeylerinin belirlenmesinde Spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla disekte edilen doku örnekleri petri kaplarına konulmuş ve 105°C ayarlı etüvde 72 saat süre ile bekletilerek sabit tartıma getirilmiştir. Doku örneklerinin kuru ağırlıkları belirlendikten sonra, deney tüplerine aktarılmış, üzerlerine nitrik (HNO<sub>3</sub>, %65, Ö.A.: 1.40, Merck) ve perklorik asit (HClO<sub>4</sub>, %60, Ö.A.:1.53, Merck) karışımı (2:1 v/v) eklenerek 8 saat süre ile 120°C'lik hotplate'de yakılmıştır (Muramoto, 1983). Yakma işlemi tamamlanan örnekler, polietilen tüplere aktararak, toplam hacim deiyonize su ile 10 mL'ye tamamlanarak analize hazır duruma getirilmiştir. Örneklerdeki ağır metal derişimleri Agilent 7500ce model ICP-MS (İndüktif olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) ile saptanmıştır. Deney verilerinin istatistiksel analizinde SNK (Student Newman Keul's) testi uygulanmıştır.



Şekil 1. Çalışma Alanının Haritası (Mersin Körfezi)

Figure 1. Map of the study area (Mersin Gulf)

## Bulgular ve Tartışma

Bu araştırmada, örnekleme istasyonundan elde edilen balıkların ortalama boy ve ağırlıkları (Tablo 1) ile suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri (Tablo 2) belirlenmiş, elde edilen veriler çizelgelerde gösterilmiştir.

Berdan-Karaduvar bölgesinden elde edilen ve su kolonundaki yaşam alanları farklı türlerle mevsimsel olarak yürütülen bu araştırmada, metallere bağlı olarak, incelenen dokular ve türler arasındaki farklılıkların istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3-6'da sunulmuştur.

Bakır düzeyi bakımından incelenen dokularda, tüm mevsimlerde en yüksek birikim karaciğer dokusunda olurken, en düşük birikimin ise kas dokusunda olduğu belirlenmiştir. Yaşam alanlarına göre incelendiğinde ise sonbahar mevsimi dışında en yüksek birikimin bentik türde olduğu gözlenmiştir. Cu karaciğer dokusunda mevsimsel olarak farklılıklar gözlenmiş en yüksek birikim yaz mevsiminde saptanmıştır (Tablo 3).

Dokular Zn düzeyleri bakımından incelendiğinde, tüm mevsimlerde en yüksek birikim dalak ve böbrek dokusunda olurken, en düşük birikimin kas dokusunda olduğu gözlenmiştir. Su kolonundaki yaşam alanlarına göre sonbahar ve kış mevsiminde

en yüksek birikim pelajik türde belirlenirken, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ise bentik türde olduğu saptanmıştır. Mevsimsel olarak dalak dokusunda en yüksek birikim kış mevsiminde, böbrek dokusunda ise sonbahar mevsiminde saptanmıştır (Tablo 4).

Kadmiyum bakımından, tüm mevsimlerde, en yüksek birikim karaciğer dokusunda gözlenirken, diğer incelenen dokularda birikim İndüktif olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrofotometresinin duyarlılık düzeyinin altında bir değer sergilemiştir. Yaşam alanlarına göre en yüksek birikim pelajik türde gözlenirken, en düşük birikim bentik türde saptanmıştır. Karaciğer dokusunda mevsimsel olarak farklılıklar gözlenmiş, en yüksek birikim yaz mevsiminde belirlenmiştir (Tablo 5).

Kurşun bakımından incelenen bütün türlerde, sonbahar mevsimi dışında tüm mevsimlerde, solungaç dokusu dışında birikime rastlanmamıştır. Yaşam alanlarına göre en yüksek birikim pelajik, en düşük birikim bentik türde gözlenmiştir. Mevsimsel olarak farklılıklar gözlenmekle beraber, en yüksek birikim kış mevsiminde saptanmıştır (Tablo 6).

**Tablo 1.** Araştırma istasyonundan elde edilen balıkların ortalama boy (cm) ve ağırlıkları (g).

**Table 1.** Mean length (cm) and weight (g) measurements of the species studied.

	<i>S. japonicus</i>	<i>C. rhoncus</i>	<i>P. lascaris</i>
	$\bar{X} \pm S_x^-$	$\bar{X} \pm S_x^-$	$\bar{X} \pm S_x^-$
Boy (cm)	16.83 ±0.33	15.50 ±0.29	22.00 ±0.50
Ağırlık (g)	44.56 ±2.69	39.68 ±2.72	88.02 ±2.50

$\bar{X} \pm S_x^-$  = Aritmetik ortalama ± Standart hata

$\bar{X} \pm S_x^-$  = Mean ± Standard error

**Tablo 2.** Araştırma istasyonundaki suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mevsimsel değişimi.

**Table 2.** Seasonal variations in some physical and chemical properties of seawater in the stations selected

Mevsim	KIŞ	İLKBAHAR	YAZ	SONBAHAR
Suyun Özellikleri	$\bar{X} \pm S_x^-$	$\bar{X} \pm S_x^-$	$\bar{X} \pm S_x^-$	$\bar{X} \pm S_x^-$
pH	8.09 ±0.06	8.24 ±0.07	8.08 ±0.13	8.02 ±0.14
Sıcaklık (°C)	15.53 ±0.57	19.60 ±0.84	27.85 ±1.11	25.14 ±0.17
Tuzluluk ‰	36.12 ±0.59	35.59 ±0.69	38.18 ±0.58	36.98 ±0.71
İletkenlik (µΩ/cm)	47.53 ±0.16	48.89 ±0.14	54.94 ±0.34	52.72 ±1.07
Çöz. Oksijen (mg/L)	8.22 ±0.26	7.77 ±0.09	6.23 ±0.17	7.28 ±0.30

$\bar{X} \pm S_x^-$  = Aritmetik ortalama ± Standart hata

$\bar{X} \pm S_x^-$  = Mean ± Standard error



**Table 3.** Mevsimsel Olarak Örneklenen Türlerin Doku Cu Düzeyleri ( $\mu\text{g/g}$  k.a.)**Table 3.** Copper levels in gill, liver, kidney, spleen and muscle tissues of the species studied ( $\mu\text{g Cu/g}$  dry weight).

MEVSİM	DOKU	Solungaç	Kas	Böbrek	Karaciğer	Dalak
	TÜR					
SONBAHAR		$\bar{X} \pm S_x^*$	$\bar{X} \pm S_x^*$	$\bar{X} \pm S_x^*$	$\bar{X} \pm S_x^*$	$\bar{X} \pm S_x^*$
	<i>S. japonicus</i>	2.81 $\pm$ 0.18 <sup>as</sup>	1.62 $\pm$ 0.08 <sup>ast</sup>	12.15 $\pm$ 0.26 <sup>bs</sup>	54.20 $\pm$ 2.52 <sup>cs</sup>	1.63 $\pm$ 0.28 <sup>as</sup>
	<i>C. rhoncus</i>	7.65 $\pm$ 0.72 <sup>at</sup>	2.37 $\pm$ 0.42 <sup>bt</sup>	8.62 $\pm$ 0.73 <sup>at</sup>	16.87 $\pm$ 0.42 <sup>ct</sup>	4.65 $\pm$ 0.32 <sup>dt</sup>
	<i>P. lascaris</i>	2.24 $\pm$ 0.12 <sup>as</sup>	1.13 $\pm$ 0.18 <sup>as</sup>	6.55 $\pm$ 0.73 <sup>bx</sup>	15.04 $\pm$ 0.70 <sup>ct</sup>	2.01 $\pm$ 0.04 <sup>as</sup>
KIŞ	<i>S. japonicus</i>	2.53 $\pm$ 0.29 <sup>asx</sup>	1.28 $\pm$ 0.17 <sup>as</sup>	12.45 $\pm$ 1.11 <sup>bs</sup>	25.67 $\pm$ 0.46 <sup>cs</sup>	1.67 $\pm$ 0.03 <sup>as</sup>
	<i>C. rhoncus</i>	16.63 $\pm$ 0.67 <sup>at</sup>	4.64 $\pm$ 0.61 <sup>bt</sup>	12.63 $\pm$ 0.97 <sup>as</sup>	36.11 $\pm$ 3.26 <sup>ct</sup>	1.14 $\pm$ 0.04 <sup>bs</sup>
	<i>P. lascaris</i>	3.17 $\pm$ 0.17 <sup>as</sup>	0.77 $\pm$ 0.05 <sup>as</sup>	7.19 $\pm$ 0.15 <sup>at</sup>	180.86 $\pm$ 3.69 <sup>bx</sup>	4.08 $\pm$ 0.44 <sup>at</sup>
İLKBAHAR	<i>S. japonicus</i>	4.67 $\pm$ 0.20 <sup>as</sup>	9.20 $\pm$ 0.74 <sup>bs</sup>	14.69 $\pm$ 1.02 <sup>cs</sup>	35.99 $\pm$ 0.31 <sup>ds</sup>	7.42 $\pm$ 0.18 <sup>bs</sup>
	<i>C. rhoncus</i>	11.47 $\pm$ 0.80 <sup>at</sup>	7.88 $\pm$ 1.25 <sup>at</sup>	19.47 $\pm$ 0.86 <sup>bt</sup>	24.20 $\pm$ 1.31 <sup>ct</sup>	12.28 $\pm$ 1.72 <sup>at</sup>
	<i>P. lascaris</i>	7.51 $\pm$ 0.38 <sup>ax</sup>	1.82 $\pm$ 0.18 <sup>bx</sup>	11.43 $\pm$ 0.15 <sup>as</sup>	240.43 $\pm$ 3.34 <sup>cz</sup>	18.84 $\pm$ 1.47 <sup>dx</sup>
YAZ	<i>S. japonicus</i>	3.11 $\pm$ 0.48 <sup>as</sup>	6.43 $\pm$ 0.30 <sup>bs</sup>	10.54 $\pm$ 0.70 <sup>cs</sup>	27.99 $\pm$ 0.56 <sup>ds</sup>	13.00 $\pm$ 1.46 <sup>cs</sup>
	<i>C. rhoncus</i>	5.17 $\pm$ 0.26 <sup>at</sup>	3.40 $\pm$ 0.28 <sup>atx</sup>	10.63 $\pm$ 0.71 <sup>bs</sup>	15.92 $\pm$ 1.66 <sup>ct</sup>	9.16 $\pm$ 1.14 <sup>bt</sup>
	<i>P. lascaris</i>	3.49 $\pm$ 0.13 <sup>as</sup>	4.31 $\pm$ 0.58 <sup>at</sup>	11.34 $\pm$ 0.25 <sup>as</sup>	296.53 $\pm$ 6.51 <sup>by</sup>	21.17 $\pm$ 0.44 <sup>cx</sup>

$\bar{X} \pm S_x^*$  = Aritmetik ortalama  $\pm$  Standart hata; D.A. = Duyarlılık Düzeyinin Altında

\*SNK = a, b, c, d ve e harfleri dokular arası ayrımı; s, t, x, y ve z harfleri ise türler arası ayrımı ifade etmektedir. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$X \pm S_x$  = mean  $\pm$  standard error; Letters were used to show differences among tissues and species. Data shown with different letters are significant at the  $P < 0.05$  level.

**Table 4.** Mevsimsel Olarak Örneklenen Türlerin Doku Zn Düzeyleri ( $\mu\text{g/g}$  k.a.)**Table 4.** Zinc levels in gill, liver, kidney, spleen and muscle tissues of the species studied ( $\mu\text{g Zn/g}$  dry weight).

MEVSİM	DOKU	Solungaç	Kas	Böbrek	Karaciğer	Dalak
	TÜR					
SONBAHAR		$\bar{X} \pm S_x^*$	$\bar{X} \pm S_x^*$	$\bar{X} \pm S_x^*$	$\bar{X} \pm S_x^*$	$\bar{X} \pm S_x^*$
	<i>S. japonicus</i>	145.86 $\pm$ 2.89 <sup>as</sup>	32.20 $\pm$ 2.85 <sup>bs</sup>	731.91 $\pm$ 5.93 <sup>cs</sup>	238.03 $\pm$ 4.44 <sup>ds</sup>	555.24 $\pm$ 5.15 <sup>es</sup>
	<i>C. rhoncus</i>	149.62 $\pm$ 2.77 <sup>as</sup>	67.65 $\pm$ 1.98 <sup>bt</sup>	736.77 $\pm$ 6.63 <sup>cs</sup>	169.79 $\pm$ 2.68 <sup>dt</sup>	415.62 $\pm$ 9.58 <sup>et</sup>
	<i>P. lascaris</i>	84.40 $\pm$ 1.72 <sup>ay</sup>	24.32 $\pm$ 0.51 <sup>bx</sup>	164.53 $\pm$ 3.40 <sup>cy</sup>	223.46 $\pm$ 4.49 <sup>dz</sup>	236.04 $\pm$ 3.36 <sup>ez</sup>
KIŞ	<i>S. japonicus</i>	168.15 $\pm$ 4.24 <sup>as</sup>	50.18 $\pm$ 4.39 <sup>bs</sup>	448.51 $\pm$ 4.07 <sup>cs</sup>	213.87 $\pm$ 4.23 <sup>ds</sup>	2987.50 $\pm$ 19.96 <sup>es</sup>
	<i>C. rhoncus</i>	120.12 $\pm$ 5.11 <sup>at</sup>	29.27 $\pm$ 3.24 <sup>bt</sup>	139.73 $\pm$ 4.16 <sup>ct</sup>	200.45 $\pm$ 1.58 <sup>dt</sup>	503.62 $\pm$ 4.84 <sup>et</sup>
	<i>P. lascaris</i>	109.87 $\pm$ 1.80 <sup>axt</sup>	31.61 $\pm$ 2.02 <sup>bt</sup>	135.80 $\pm$ 4.27 <sup>ct</sup>	154.14 $\pm$ 2.06 <sup>dx</sup>	142.26 $\pm$ 1.38 <sup>cy</sup>
İLKBAHAR	<i>S. japonicus</i>	148.65 $\pm$ 2.33 <sup>as</sup>	42.43 $\pm$ 3.14 <sup>bs</sup>	163.52 $\pm$ 3.21 <sup>cs</sup>	194.17 $\pm$ 3.42 <sup>ds</sup>	144.70 $\pm$ 0.64 <sup>as</sup>
	<i>C. rhoncus</i>	125.97 $\pm$ 1.87 <sup>at</sup>	30.44 $\pm$ 1.61 <sup>bt</sup>	677.94 $\pm$ 6.19 <sup>ct</sup>	204.42 $\pm$ 4.74 <sup>ds</sup>	266.10 $\pm$ 9.42 <sup>et</sup>
	<i>P. lascaris</i>	189.83 $\pm$ 3.19 <sup>ay</sup>	49.31 $\pm$ 1.04 <sup>bs</sup>	501.20 $\pm$ 7.84 <sup>cz</sup>	174.64 $\pm$ 2.84 <sup>dx</sup>	564.60 $\pm$ 4.70 <sup>ey</sup>
YAZ	<i>S. japonicus</i>	168.75 $\pm$ 3.44 <sup>as</sup>	50.44 $\pm$ 3.05 <sup>bs</sup>	127.11 $\pm$ 3.41 <sup>cs</sup>	142.31 $\pm$ 2.91 <sup>ds</sup>	291.13 $\pm$ 4.16 <sup>es</sup>
	<i>C. rhoncus</i>	88.59 $\pm$ 4.08 <sup>at</sup>	26.01 $\pm$ 3.08 <sup>bt</sup>	339.13 $\pm$ 6.73 <sup>ct</sup>	102.07 $\pm$ 2.59 <sup>dt</sup>	209.50 $\pm$ 3.18 <sup>et</sup>
	<i>P. lascaris</i>	115.97 $\pm$ 2.56 <sup>ay</sup>	48.71 $\pm$ 2.45 <sup>bs</sup>	160.85 $\pm$ 1.66 <sup>cx</sup>	147.20 $\pm$ 4.55 <sup>ds</sup>	311.66 $\pm$ 2.45 <sup>ey</sup>

Not : Tablo 3'teki açıklamalarla aynıdır.

Note : It is the same as the explanations in Table 3.

**Table 5.** Mevsimsel Olarak Örneklenen Türlerin Doku Cd Düzeyleri ( $\mu\text{g/g}$  k.a.)**Table 5.** Cadmium levels in gill, liver, kidney, spleen and muscle tissues of the species studied ( $\mu\text{g Cd/g}$  dry weight).

MEVSİM	DOKU		Solungaç	Kas	Böbrek	Karaciğer	Dalak
	TÜR						
SONBAHAR			$\bar{X} \pm S_x^- *$	$\bar{X} \pm S_x^- *$	$\bar{X} \pm S_x^- *$	$\bar{X} \pm S_x^- *$	$\bar{X} \pm S_x^- *$
	<i>S. japonicus</i>		D.A.	D.A.	D.A.	$4.64 \pm 0.50^{\text{as}}$	D.A.
	<i>C. rhoncus</i>		D.A.	D.A.	D.A.	$2.81 \pm 0.10^{\text{at}}$	D.A.
	<i>P. lascaris</i>		D.A.	D.A.	D.A.	$0.35 \pm 0.06^{\text{ax}}$	D.A.
KIŞ	<i>S. japonicus</i>		D.A.	D.A.	D.A.	$2.10 \pm 0.15^{\text{as}}$	D.A.
	<i>C. rhoncus</i>		D.A.	D.A.	D.A.	$1.74 \pm 0.08^{\text{at}}$	D.A.
	<i>P. lascaris</i>		D.A.	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
İLKBAHAR	<i>S. japonicus</i>		D.A.	D.A.	D.A.	$1.84 \pm 0.20^{\text{as}}$	D.A.
	<i>C. rhoncus</i>		D.A.	D.A.	D.A.	$4.65 \pm 0.15^{\text{at}}$	D.A.
	<i>P. lascaris</i>		D.A.	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
YAZ	<i>S. japonicus</i>		D.A.	D.A.	D.A.	$7.19 \pm 0.58^{\text{as}}$	D.A.
	<i>C. rhoncus</i>		D.A.	D.A.	D.A.	$2.53 \pm 0.09^{\text{at}}$	D.A.
	<i>P. lascaris</i>		D.A.	D.A.	D.A.	$0.03 \pm 0.003^{\text{ax}}$	D.A.

Not : Tablo 3'teki açıklamalarla aynıdır.

Note : It is the same as the explanations in Table 3.

**Table 6.** Mevsimsel Olarak Örneklenen Türlerin Doku Pb Düzeyleri ( $\mu\text{g/g}$  k.a.)**Table 6.** Lead levels in gill, liver, kidney, spleen and muscle tissues of the species studied ( $\mu\text{g Pb/g}$  dry weight).

MEVSİM	DOKU		Solungaç	Kas	Böbrek	Karaciğer	Dalak
	TÜR						
SONBAHAR			$\bar{X} \pm S_x^- *$	$\bar{X} \pm S_x^- *$	$\bar{X} \pm S_x^- *$	$\bar{X} \pm S_x^- *$	$\bar{X} \pm S_x^- *$
	<i>S. japonicus</i>		$0.96 \pm 0.14^{\text{as}}$	D.A.	D.A.	$0.95 \pm 0.06^{\text{as}}$	D.A.
	<i>C. rhoncus</i>		$1.20 \pm 0.23^{\text{as}}$	D.A.	D.A.	$1.37 \pm 0.20^{\text{at}}$	D.A.
	<i>P. lascaris</i>		$1.14 \pm 0.12^{\text{as}}$	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
KIŞ	<i>S. japonicus</i>		$0.82 \pm 0.04^{\text{as}}$	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
	<i>C. rhoncus</i>		$1.22 \pm 0.09^{\text{at}}$	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
	<i>P. lascaris</i>		D.A.	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
İLKBAHAR	<i>S. japonicus</i>		$1.15 \pm 0.09^{\text{as}}$	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
	<i>C. rhoncus</i>		$0.54 \pm 0.04^{\text{at}}$	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
	<i>P. lascaris</i>		$0.73 \pm 0.13^{\text{at}}$	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
YAZ	<i>S. japonicus</i>		$1.17 \pm 0.08^{\text{as}}$	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
	<i>C. rhoncus</i>		D.A.	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.
	<i>P. lascaris</i>		$0.26 \pm 0.02^{\text{at}}$	D.A.	D.A.	D.A.	D.A.

Not : Tablo 3'teki açıklamalarla aynıdır.

Note : It is the same as the explanations in Table 3.

Sucul organizmalarda, ağır metal düzeylerinin yaş, boy, ağırlık, eşey ve suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiği pek çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Romeo vd, 1999; Canlı ve Atlı 2003; Özgür ve Çalta, 2003; Anan vd, 2005). Üç farklı balık türü ile mevsimsel olarak yapılan bu çalışmada da birikim düzeyini etkileyebileceğinden türler arasında birbirine yaklaşık boy ve ağırlıkta balıklar kullanılmıştır. Ancak bu çalışmada, birbirine yakın boy ve ağırlıkta bireyler seçilmesine rağmen türler arasında ağır metal düzeyleri bakımından farklılıkların gözlenmesi, seçilen türlerin beslenme alışkanlıkları, yaşam alanları, metabolik aktiviteleri, solungaçlarının oluşturduğu yüzey alanı genişliği gibi biyolojik özelliklerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklanabilir (Kargin, 1996; Kalay vd, 1999; Özgür ve Çalta, 2003; Erdem vd, 2004).

Balıklarda ağır metal birikimi doku ve organlara bağlı olarak değişim göstermektedir. Birçok araştırmacı tarafından çeşitli balık türlerinde yapılan doğal çalışmalarda dokular arasında önemli farklılıklar elde edilmiş, birikimin en yüksek karaciğerde, en düşük ise kas dokusunda olduğu saptanmıştır (Kalay vd, 1999; Romeo vd, 1999; Dural vd, 2007; Karayakar vd, 2010). Yapılan bu çalışmada da bakır düzeyi bakımından benzer ilişki gözlenmiştir. Diğer incelenen metallerden çinkoda, en yüksek birikim dalak ve böbrek dokusunda olurken, en düşük birikimin ise kas dokusunda olduğu saptanmıştır. Kadmiyum bakımından, tüm istasyon ve mevsimlerde, incelenen tüm türlerde, karaciğer dokusu dışında, kurşun bakımından ise solungaç dokusu dışında birikime rastlanmamıştır. Metal derişimi bakımından doku ve organlar arasındaki bu farklılık, metabolik aktivitelerinin yanı sıra, yapı ve işlevlerinin farklı olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca, karaciğerde ağır metal düzeyinin fazla olması; karaciğerin molekül ağırlığı düşük, sistein bakımından zengin, metal bağlayıcı metallothionein (MT) gibi proteinleri yüksek düzeyde içermesi, ayrıca ağır metallerin etkisinde karaciğerdeki MT sentezinin artış göstermesi ile açıklanmaktadır (Heath, 1995; Kalay vd, 2004).

Balıkların doku ve organlardaki metal birikimi türe bağlı olarak değişim gösterir. Çeşitli araştırmacılar tarafından farklı balık türleri ile yapılan çalışmalarda türe bağlı değişimler gözlenmiştir (Canlı ve Atlı, 2003; Romeo vd, 1999; Erdem vd, 2004; Türkmen vd, 2005; Dural vd, 2007; Karayakar vd, 2010). Bu çalışmada da farklı balık türlerinden alınan her bir dokuda, metal derişimleri

bakımından istatistiksel olarak önemli ayrımlar ortaya çıkmıştır. Tüm mevsimlerde incelenen türlerde Pb solungaç dokusu ve Cd karaciğer dokusu dışında birikim sergilememiştir. Cd birikim düzeyi bakımından ilkbahar mevsimi dışında *S. japonicus* > *C. rhoncus* > *P. lascaris* şeklinde bir sıralama saptanırken, Pb birikim düzeyi bakımından en yüksek birikim kış mevsiminde *C. rhoncus* türünde gözlenmiştir. Karaciğer dokusu, Cu birikim düzeyi sonbahar mevsimi dışında en yüksek *P. lascaris* türünde saptanmıştır. Sonbahar ve kış mevsiminde tüm dokularda Zn birikim düzeyi bakımından en yüksek birikim *S. japonicus* türünde belirlenmiştir. Birikim bakımından türler arasındaki bu farklılık, yaşam alanları ve beslenme alışkanlıkları gibi biyolojik özelliklerinin farklı olmasıyla açıklanabilir (Kalay vd, 1999; Yılmaz, 2003).

Doku ve organlardaki metal birikimi, balıkların su kolonundaki yaşam alanlarına bağlı olarak değişim gösterir. Bir çok araştırmacı (Prudente vd, 1997; Kalay vd, 1999; Romeo vd, 1999; Canlı ve Atlı, 2003; Karayakar vd, 2010) pelajik ve bentik alanlarda yaşayan balıklarla yapmış oldukları çalışmalarda farklı sonuçlar elde etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada Zn sonbahar ve kış mevsiminde pelajik türde daha yüksek düzeyde birikirken, diğer mevsimlerde bentik bölgelerde yaşayan balıkların pelajik bölgelerde yaşayanlara oranla daha yüksek derişimlerde biriktiği saptanmıştır. Tüm mevsimlerde Cu'nun en yüksek birikim düzeyleri bentik türde, Cd'da pelajik bölgelerde yaşayan türde olduğu gözlenmiştir. Bu farklılık, beslenme alışkanlıkları, yaşam alanları gibi ekolojik gereksinimlerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklanabilir (Kalay vd, 1999; Yılmaz, 2003).

Balıklarda metal birikim düzeyleri mevsime bağlı olarak değişim gösterir. Bazı araştırmacıların doğal ortamda yapmış oldukları çalışmalarda (Özgür ve Çalta, 2003; Dural vd, 2007; Aktan ve Özan, 2012; Zineb ve Nacera, 2013) mevsimsel olarak farklılıklar saptamışlardır. Yapılan bu çalışmada da incelenen türlerin dokuları arasında mevsimsel olarak farklılıklar gözlenmiştir. Cu bakımından mevsimsel olarak karaciğer dokusunda en yüksek birikim yaz mevsiminde, Zn dalak dokusunda en yüksek birikim kış mevsiminde gözlenirken en düşük birikim yaz mevsiminde, Cd karaciğer dokusunda en yüksek birikim yaz mevsiminde, Pb solungaç dokusunda en yüksek birikim kış mevsiminde saptanmıştır. Doku ve organların metal düzeylerindeki bu mevsimsel değişimler, az da olsa pH, sıcaklık, tuzluluk gibi suyun fiziksel

ve kimyasal özelliklerindeki mevsimsel değişimlerinden (Başyigit ve Tekin-Özan, 2013), kıyasal alanlardaki antropojenik faktörlerin yoğunluğundaki mevsime bağlı değişimlerden (Zineb ve Nacera, 2013) ayrıca türe özgü büyüme ve üreme gibi biyolojik özelliklerindeki değişimlerden kaynaklanabilir (Özgür ve Çalta, 2003; Dural vd, 2007).

Sucul ortamdaki canlılarda doku ve organlardaki birikim metale bağlı olarak farklılık gösterir. Pek çok araştırmacı (Türkmen vd, 2005; Tepe vd, 2008; Agah vd, 2009; Türkmen vd, 2009) yapmış oldukları araştırmalarda metale bağlı olarak doku ve organlarda farklılıklar saptamışlardır. Yapılan bu araştırmada istatistiksel bakımdan metaller arası ayırım gözlenmiştir. En yüksek Zn birikim düzeyi kış mevsiminde dalak dokusunda  $2987,50 \pm 19,96 \mu\text{g/g}$ , Cu birikimi yaz mevsiminde karaciğer dokusunda  $296,53 \pm 6,51 \mu\text{g/g}$ , Cd birikimi yaz mevsiminde karaciğer dokusunda  $7,19 \pm 0,58 \mu\text{g/g}$  ve Pb birikim düzeyi ise kış mevsiminde solungaç dokusunda  $1,22 \pm 0,09 \mu\text{g/g}$  olarak saptanmıştır. En yüksekten en düşüğe doğru metaller arası sıralama  $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Pb}$  şeklinde belirlenmiştir. Metaller arası ayırım, incelenen türlerin farklı beslenme alışkanlıklarından ve yaşam alanlarından kaynaklanabilir (Kalay vd, 1999; Yılmaz, 2003).

## Sonuç

Tüm metal iyonlarının yüksek derişimleri, insan sağlığı üzerine tehdit oluşturmasına rağmen, bazı metal iyonlarına, vücut içerisinde metabolik aktivitenin sürdürülebilmesi için düşük derişimlerde gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle, insanların tükettiği yiyecek ve sudaki ağır metal iyonunun seviyeleri önemlidir. Örneklenen tüm türlerde, balıkların tüketilebilir kısmı olan kas dokusunda Zn, Cu, Pb ve Cd düzeyleri belirlenmiş (Tablo 3-6) ve bu düzeylerin Türk Gıda Kodeksi'ne göre, insan tüketimi için, belirtilen kabul edilebilir düzeylerde (Cd : 0.050 mg/kg; Cu : 20.0 mg/kg; Pb : 0.30 mg/kg; Zn: 50.0 mg/kg) (Anonymous, 2002; 2011) olduğu saptanmıştır. FAO (1983)'ya göre ise bu değerler Cd ve Pb için 0.5 mg/kg; Cu ve Zn için 30.0 mg/kg'dır. Vücut ağırlığı 60 kg olan bir bireyin, ağır metalleri günlük tolere edilebilir miktarı, FAO / WHO tarafından, Zn için 60 mg, Cu için 3 mg, Pb için 214  $\mu\text{g}$  olarak belirlenmiş, Cd için herhangi bir değer bildirilmemiştir (Joint FAO/WHO, 1999).

## Teşekkür

BAP-FBE-TB(OB)-2013-2 YL numaralı proje ile maddi olarak destek sağlayan Mersin Üniversitesi

Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

## Kaynaklar

- Ahmed, M.S. & Bibi, S. (2010). Uptake and Bioaccumulation of Water Borne Lead (Pb) in the Fingerlings of a Freshwater Cyprinid, *Catla catla* L. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 20 (3), 201-207.
- Agah, H., Leermakers, M., Marc Elskens, S., Fatemi, M.R. & Baeyens, W. (2009). Accumulation of Trace Metals in The Muscle and Liver Tissues of Five Fish Species from The Persian Gulf. *Environmental Monitoring and Assessment*, 157, 499-514.
- Aktan, N. & Özan, S.T. (2012). Levels of some Heavy Metals in Water and Tissues of Chub Mackerel (*Scomber japonicus*) Compared with Physico-Chemical Parameters, Seasons and Size of the Fish. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(3), 605-613.
- Anan, Y., Kunito, T., Tanabe, S., Mitrofanov, I. & Aubrey, D.G. (2005). Trace Element Accumulation in Fishes Collected from Coastal Waters of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 51(8-12), 882-888.
- Anonymous, (2002). Regulation of Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. Official Gazette, October 16, Iss: 24908.
- Anonymous, (2011). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, Resmî Gazete 29 Aralık, Sayı: 28157.
- Ayas, D., Kalay, M. & Sangün M.K. (2009). Mersin Körfezi'nden Örneklenen Yüzey Suyu ve *Patella* Türlerindeki (*Patella caerulea*, *Patella rustica*) Cr, Cd ve Pb Düzeylerinin Belirlenmesi. *Ekoloji*, 18(70), 32-37.
- Başyigit, B. & Tekin-Özan, S. (2013). Concentrations on Some Heavy Metals in Water, Sediment and Tissues of Pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake Related to Physico-Chemical Parameters, Fish Size and Seasons. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(3), 633-644.
- 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, 129-136.
- Coles, J.A., Farley, S.R. & Pipe, R.K. (1995). Alteration of the Immune Response of the Common Marine Mussel *Mytilus edulis* Resulting from Exposure to Cadmium. *Diseases of Aquatic Organisms*, 22, 59-65.
- De Conto- Cinier, C, Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D. & Baouvet, Y. (1999). Kinetics of Cadmium Accumulation and Elimination in Carp *Cyprinus carpio* Tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 122(3), 345-352.
- Dural, M., Göksu, M.Z.L. & Özak, A.A. (2007). Investigation of Heavy Metal Levels in Economically Important Fish Species Captured from the Tuzla Lagoon. *Food Chemistry*, 102, 415-421.
- Erdem, C., Ay, Ö., Cicik, B. & Karayakar, F. (2004). Levels of Copper, Cadmium and Lead in Tissues of Fish (*Cyprinus carpio*, *Capoeta capoeta*) from the Berdan River. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1(6), 32-37.
- FAO (Food and Agriculture Organization), (1983). Compilation of Legal Limits for Hazardous Substances in Fish and Fishery Products. FAO Fishery Circular No. 764, 5-102. FAO Library An:237535, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fergusson, J. (1990). *The heavy element: Chemistry, Environmental impact and health effects*. Pergamon Press. Oxford 614s, ISBN 0080348602
- Gatlin, III, D.M. & Wilson, R.P. (1986). Dietary copper requirement of fingerling channel cattish. *Aquaculture*, 54, 277-285.
- Gregory, M.A., Marshall, D.J., George, R.C., Anandraj, A. & McClurg, T.P. (2002). Correlations Between Metal Uptake in the Soft Tissue of *Perna perna* and Gill Filament Pathology After Exposure to Mercury. *Marine Pollution Bulletin*, 45, 114-125.
- Heath, A.G. (1995). *Water pollution and fish physiology*. 2. Edition, CRC Press Inc., Florida USA, 359 s. ISBN 9780873716321
- Hilmy, AM., Shabana, MB. & Daabees, AY. (1985). Effects of Cadmium Toxicity upon the in vivo an in vitro Activity of Proteins and Five Enzymes in Blood Serum and Tissue Homogenates of *Mugil cephalus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 81(1), 145-153.
- Joint FAO/WHO (1999). Expert Committee on Food Additives. Summary and Conclusions, 53rd meeting, Rome, 1–10 June. ISBN 92 4 120896 1
- Kalay, M., Ay, Ö. & Canlı, M. (1999). Heavy Metal Concentrations in Fish Tissues from the Northeast Mediterranean Sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 63, 673-681.
- Kalay, M., Koyuncu C.E. & Dönmez, A.E. (2004). Mersin Körfezi'nden Yakalanan *Sparus aurata* (L. 1758) ve *Mullus barbatus* (L. 1758)'un Kas ve Karaciğer Dokularındaki Kadmiyum Düzeylerinin Karşılaştırılması. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 13(52) 23-27.
- Karayakar, F., Karaytuğ, S., Cicik, B., Erdem, C., Ay, Ö. & Çiftçi, N. (2010). Heavy Metal Levels in Five Species of Fish Caught from Mersin Gulf. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 19, No 10, 2222-2226.
- Kargın, F. (1996). Seasonal Changes in Levels of Heavy Metals in Tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* Collected from Iskenderun Gulf (Turkey). *Water, Air, & Soil Pollution*, 90, 557-562.
- Murai, T., Andrew, J.W. & Smith, R.G.Jr. (1981). Effects of dietary copper on channel catfish. *Aquaculture*, 22, 353-357.
- Muramoto, S. (1983). Elimination of Copper from Cu-Contaminated Fish by Long Term Exposure to EDTA and Freshwater. *Journal of Environmental Science and Health*, A18(3), 455-461.
- Odzak, N., Zvonaric, T., Kljaković, Z.G., Horvat, M. & Baric, A. (2000). Biomonitoring of Mercury in the Kastela Bay Using Transplanted Mussels. *The Science of the Total Environment*, 261, 61-68.
- Özgür, C. & Çalta, M. (2003). Heavy Metals in Some Tissues and Organs of *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) Fish Species in Relation to Body Size, Age, Sex and Seasons. *Fresenius Environmental Bulletin* 12(9), 961-966.
- Prudente, M., Kim, E.Y., Tanabe, S. & Tatsu-kawa, R. (1997). Metal Levels in some Commercial Fish Species from Manila Bay,

- the Philippines. *Marine Pollution Bulletin*, 34(8), 671-674.
- Romeo, M., Siau, Y., Sidoumou, Z. & Barelli, M.G. (1999). Heavy Metal Distribution in Different Fish Species from the Mauritania Coast. *The Science of the Total Environment*, 232, 169-175.
- Taylan, Z.S. & Özkoç, H.B. (2007). Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 17-33.
- Tepe, Y., Türkmen, M. & Türkmen, A. (2008). Assessment of Heavy Metals in Two Commercial Fish Species of Four Turkish Seas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 146, 277-284.
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y. & Akyurt, İ. (2005). Heavy Metals in Three Commercially Valuable Fish Species from İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chemistry*, 91, 167-172.
- 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, 233-237.
- Victor, K., Patience, A. & Oluwatoyin, A.J. (2012). Accumulation of Lead in the Tissues of Freshwater Catfish *Clarias gariepinus* Exposed to Static Nominal Concentrations of Lead Nitrate. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 3(12), 510-515.
- Yılmaz, A.B. (2003). Levels of Heavy Metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb and Zn) in Tissue of *Mugil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from İskenderun Bay, Turkey. *Environmental Research*, 92, 277-281.
- Zelikoff, J.T., Bowser, D., Squibb, K.S. & Frenkel, K. (1995). Immunotoxicity of Low Level Cadmium Exposure in Fish: An Alternative Animal Model for Immunotoxicological Studies. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 45, 235-248.
- Zineb, D. & Nacera, D.Y. (2013). Seasonal Variations of some Heavy Metals in Common Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) Collected from El Izdihar Dam of Sidi Abdelli (Tlemcen) in North-Western Algeria. *Annals of Biological Research*, 4(1), 232-237.
- Watanabe, T., Kiron, V. & Satoh, S. (1997). Trace Minerals in Fish Nutrition. *Aquaculture*, 151, 185-207.
- Whitehead P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nilsen, J. & Tortonese, E. (1984). *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean*. Published by the United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO)", Printed in the United Kingdom. Volume I, ISBN 92-3-002215-2; Volume II, ISBN 92-3-002308-6; Volume III, ISBN 92-3-002309-4
- WHO (2001). *Library Cataloguing-in-Publication Data Zinc*. ISBN 92 4 157221 3, (NLM Classification: QD 181.Z6), ISSN 0250-863X, Geneva.
- Winder, C. (1993). Neurotoxicology. Summer-Fall, 14(2-3), 303-317.