

## Antalya Körfezi'nde Yetiştiriciliği Yapılan Mavi Yüzgeçli Orkinosların (*Thunnus thynnus*) Karaciğer ve Kas Dokularında Kurşun (Pb) Düzeyleri

Figen Esin KAYHAN<sup>1\*</sup>, Mehmet Nezh MUŞLU<sup>1</sup>, Sibel ÇOLAK<sup>2</sup>,  
Nazan Deniz KOÇ<sup>1</sup>, Adem ÇOLAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Zooloji Anabilim Dalı, Göztepe Kampüsü, 34722 İstanbul-TÜRKİYE

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Anabilim Dalı, 34470 Eminönü, İstanbul-TÜRKİYE

<sup>3</sup>Aktuna Gemicilik Balıkçılık Turizm ve Dış. Tic. Ltd. Şti., Uğur Mumcu Cad. No.311/A 07900 Gazipaşa, Antalya-TÜRKİYE

\*Corresponding author: fekayhan@mynet.com

### Özet

Bu çalışmada Antalya Körfezi'nde Mayıs-Haziran 2007 tarihlerinde yetiştiriciliği yapılan mavi yüzgeçli orkinosların (*Thunnus thynnus*) karaciğer ve kas dokusundaki kurşun (Pb) düzeyleri araştırılmıştır. Doku örneklerindeki kurşunun analizinde atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) kullanılmıştır. Kurşun seviyeleri balık örneklerinin karaciğer dokusunda; maksimum 1,10 ppm Pb, minimum 0,20 ppm Pb ve kas dokusunda; maksimum 1,18 ppm Pb, minimum 0,18 ppm Pb değerleri arasında belirlenmiştir. Bütün dokulardaki kurşun seviyeleri Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği'nce belirlenen kabul edilebilir limitlerin altında kalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, Antalya Körfezi, kirlilik, kurşun, Mavi Yüzgeçli Orkinos, *Thunnus thynnus*.

### Lead (Pb) Levels in Liver and Muscle Tissues of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758)

#### Abstract

In this study, lead (Pb) levels were investigated in liver and muscle tissues of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) caught in the Gulf of Antalya in May-June 2007. Atomic absorption spectrophotometer (AAS) was used to determine lead mean levels in tissues. Lead levels were determined at levels of maximum 1.10 ppm, minimum 0.20 ppm in liver and maximum 1.18 ppm, minimum 0.18 ppm in muscle tissue. Levels of lead are below the acceptable limits in almost all tissues.

**Keywords:** Bluefin tuna, Gulf of Antalya, heavy metal, lead, pollution, *Thunnus thynnus*.

Kayhan FE, Muşlu MN, Çolak S, Koç ND, Çolak A (2010) Antalya Körfezi'nde Yetiştiriciliği Yapılan Mavi Yüzgeçli Orkinosların (*Thunnus thynnus*) Karaciğer ve Kas Dokularında Kurşun (Pb) Düzeyleri. Ekoloji 19, 76, 65-70.

### GİRİŞ

Günümüzde doğayı ve doğal dengeleri etkileyen en önemli etken, çevre kirliliğidir. Ağır metal analizleri, çevre kirliliği araştırmalarının önemli bir parçasıdır. Çevre kirlleticiler içinde ağır metaller büyük ekolojik öneme sahiptirler (Vural 1993, Kalay ve ark. 2003). Hızlı nüfus artışı, modern tarım uygulamaları ve endüstriyel işletmelerin hızla artması; sucul ortamlarda fazla oranda ağır metal birikimine sebep olmuştur (Tüzen ve Soylak 2007, Gündoğdu ve Erdem 2008, Kalay ve ark. 2008). Balıklar, yağda eriyen vitaminlere sahip olmaları, kolay sindirilme özellikleri, yüksek protein, omega yağ asitlerine ve düşük yağ oranına sahip olmaları sebebiyle bütün dünyada tüketilen kaliteli, sağlıklı

ve ucuz protein kaynağıdır (Ikem ve Egiebor 2005, Yıldırım 2008). Ancak balıklar endüstriyel ve evsel atıklarla kirlenmiş sularda sürekli olarak birçok kimyasal kirlitici ve ağır metallerin toksik etkisine maruz kalırlar. Kurşun (Pb), sucul çevrelerde çok küçük dozlarda bile yüksek toksisiteye sahip olan bir ağır metaldir.

Türkiye'de 2002 yılından beri kurulmaya başlanan orkinos işletmeleri, ağ kafeslerde balıkları depolamakta ve 6-8 aylık periyotta balıkların yağlanmasını sağlayarak hasat etmektedirler. Türkiye'de halen beş adet aktif orkinos kafes işletmesi mevcut olup, toplam üretimleri 1500-2000 ton arasında değişmektedir. Orkinosların en önemli yuvalama alanlarının başında Türkiye ve Kıbrıs arasında kalan

Geliş: 01.04.2009 / Kabul: 28.12.2009

bölüm ile İspanya gelmektedir. Orkinoslar kıtalar arası yüzebilen, yaşam süreleri 15-20 yıl kadar olan göçmen balıklardır ve geniş bir beslenme yelpazesine sahiptirler. Dolayısıyla bu durumun balıkların kas dokularında ağır metal birikimini etkilediği belirtilmektedir (Ottolenghi ve ark. 2004). Mavi yüzgeçli orkinos balığı Atlantik ve Pasifik okyanusları ile Akdeniz'de dağılım gösteren en önemli balık kaynaklarından biridir (Alpbaz 2005). Mavi yüzgeçli orkinosların Türk karasularındaki avcılığı, balığın üreme zamanı olan Mayıs-Temmuz ayları arasında yapılmaktadır ve genellikle yumurtalı balıklar yakalanarak kafeslere nakledilmektedir. (Megalofonou ve ark. 2002, Yıldırım 2004, Soto ve ark. 2006). Kafeslerde besi dönemi boyunca balıkların sağlığına ve verimliliklerine etki eden; fiziko-kimyasal etkiler, toksikolojik ve kirlilik faktörleri, balıkların beslenme tipleri ve doğal düşmanları gibi faktörler de göz önüne alınmaktadır (Perçin 2006). Deniz ortamındaki ağır metal kirliliğini araştırmak amacıyla balıkların ve diğer sucül organizmaların kas, karaciğer, böbrek, solungaç, deri gibi doku ve organları biyobelirteç olarak kullanılmaktadır (Ayas ve ark. 2009, Kayhan ve ark. 2006). Karaciğer dokusu metal birikiminde büyük öneme sahiptir ve balığın diğer organlarına göre su kirliliğinin çevresel indikatörü olarak sıklıkla tavsiye edilmektedir (Olvisk 2001). Kas dokusu ise ağır metalleri bağlamada aktif bir doku sayılmaz ancak sıklıkla tüketildiği için düzenli analizlerinin yapılması toplum sağlığı açısından gereklidir (Isani ve ark. 2009).

Bu çalışmada Antalya Körfezi'nden Mayıs-Haziran 2007 tarihleri yakalanarak kafeslerde stoklanan ve 4-6 ay beslendikten sonra Ekim-Aralık 2007 tarihleri arasında hasatları yapılan mavi yüzgeçli orkinosların karaciğer ve kas dokularındaki kurşun düzeyleri belirlenmiştir.

#### MATERYAL VE METOT

##### Deney Materyali

Bu çalışma, Türkiye karasularında Mayıs-Aralık 2007 tarihlerinde Antalya Körfezi'nde bulunan ve T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Su Ürünleri Dairesi tarafından onaylı işletme ve üretim lisansına sahip olan orkinos çiftliğinden elde edilen yirmi adet orkinos (*Thunnus thynnus* L. 1758) ile yapılmıştır. Balıkların yakalanmasından sonra hızla kesim işlemleri yapılmıştır. Karaciğer ve kas dokuları tartılarak plastik torbalarda -20°C'de saklanmıştır. Soğuk zincir uygulaması ile laboratuara getirilen balık dokuları, yıkanıp, temizlendikten sonra

ağırlıkları ölçülmüştür. Bu çalışmada, insanlar tarafından hem taze, hem de konserve olarak tüketildiği için kas dokusu ve balığın metabolik fonksiyonlarını değerlendirmek açısından da karaciğer dokusu araştırma materyali olarak seçilmiştir.

##### Ağır Metal Analizleri

Ağır metal analizleri için balıkların karaciğer ve kas dokuları metal kontaminasyonuna engel olacak şekilde çıkartıldı. Dokular tartım işlemlerinden hemen sonra dondurarak kurutma yolu ile kurutuldu ve tartıldı. Örnekler teflon kaplara alınarak üzerlerine derişik sülfirik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ve Nitrik asit-Hidrojen peroksit (1:1) karışımı eklendi. Isıtma tablası üzerinde asit uçuruldu. Teflon kabın dibinde kalan koyu renkli çökelti üzerine 50 ml % 2,5'lük Nitrik asit ilave edildi. Elde edilen karışım analiz zamanına kadar buzdolabında plastik şişelerde +4°C'de saklandı. Tüm kurutma ve asitleme işlemleri kontaminasyonu önlemek ve kayıpları engellemek amacıyla kapalı bir sistem içinde yapıldı. Dokulardaki kurşun değerleri standart stok çözeltilerle kalibre edilmiş Shimadzu 6701 F modeli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile belirlendi (Bernhard 1976, Muramoto 1983). Deney verilerinin istatistik analizinde student t-testi uygulandı. Karşılaştırma için kritik değer  $\alpha = 0,05$  olarak alındı (Sokal ve Rohlf 1969).

##### BULGULAR

Doğal ortamında yetiştiriciliği yapılan mavi yüzgeçli orkinosların karaciğer ve kas dokularından elde edilen kurşun düzeyleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Mavi yüzgeçli orkinoslar ile ilgili ağır metal araştırması ülkemizde daha önce yapılmadığından karşılaştırma yapabileceğimiz bir veri bulunamamıştır. Bu nedenle Akdeniz'de bulunan diğer bazı ülkelere ait veriler sunulmuştur. Ülkemizde ağır metallerin gıdalardaki miktarı belli limitlerle sınırlandırılmıştır. Taze balıklarda, kurşunun Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Konseyi tarafından belirlenen tüketim için kabul edilebilir maksimum miktarı 1 µg/g'dır. (Anonymous 2001, Anonymous 2002). Bu araştırmada balıklara ait doku örneklerindeki kurşun seviyeleri karaciğer dokusunda minimum 0,20 µg/g, maksimum 1,10 µg/g Pb, kas dokusunda ise minimum 0,18 µg/g, maksimum 1,18 µg/g Pb olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada ağır metal analizleri sonucunda elde edilen kurşun düzeyleri her ne kadar ulusal ve uluslararası kabul edilebilir limitlerin altında kalmış

**Tablo 1.** Antalya Körfezi'nde yetiştiriciliği yapılan mavi yüzgeçli orkinos balıklarının karaciğer ve kas dokularından elde edilen ortalama kurşun düzeyleri.

Kurşun (Pb) Düzeyleri ( $\mu\text{g/g}$ k.a.)		
	Karaciğer	Kas
Minimum-Maksimum değerler ( $n=20$ )	0,20-1,10	0,18-1,18
Ortalama $\pm$ SH	0,42 $\pm$ 0,001	0,16 $\pm$ 0,001

k.a : kuru ağırlık

$X \pm Sx$  : Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

olsa da, karaciğerdeki kurşun seviyelerinin kas dokuya oranla çok az bir miktar yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu da karaciğerin, kas dokuya oranla daha fazla metal bağlayabildiğini göstermektedir. Balıklarda fizyolojik olaylar çevresel ve biyolojik faktörlerden etkilenmektedirler. Biyolojik faktörlerin başında balık türü, populasyon, üreme ve cinsiyet gelirken çevresel faktörlerin başında ise suyun özellikleri, sudaki toksik ve kirlenici maddeler, mevsim ve yıllık döngü gelmektedir. Genellikle balık dokularında ağır metal birikimi araştırmalarında mevsimsel bir döngü izlenir. Ancak bu araştırmada sadece hasat mevsimi toplanan balık türü kullanıldığı için mevsimsel döngü faktörü irdelenmemiştir. Bu araştırmada karaciğer ve kas dokularından elde edilen kurşun seviyelerinin kabul edilen limitlerin alt sınırına yakın olduğu gözlenmiştir. Deney verilerinin istatistiksel analizinde ise karaciğer kurşun değerleri, kas dokudan elde edilen değerlere göre daha yüksek ve olasılık değeri  $p=0,002$  olduğu için aralarındaki fark anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Bu çalışmada, mavi yüzgeçli orkinos balıklarının karaciğer ve kas dokularından elde edilen kurşun düzeylerinin, Türk Gıda Kodeksi (Anonymous 2002) ve Avrupa Birliği (Anonymous 2001) tarafından önerilen tüketim limitlerinden çok daha düşük olduğu belirlenmiştir.

### TARTIŞMA

Besin olarak tüketilen ve yüksek ekonomik değere sahip sucul canlı türlerinin içerdikleri ağır metal düzeylerinin belli aralıklarla ölçülmesi insanların taşıdığı sağlık riski açısından çok önemlidir. Son yıllarda Türkiye kıyılarında sucul omurgasız ve sucul omurgalı canlılarda ağır metal düzeylerini belirleyen pek çok çalışma göze çarpmaktadır (Göksu ve ark. 2005, Yılmaz 2005, Kayhan ve ark. 2007, Uluturhan ve Küçüksezgin 2007, Özden 2008, Ayas ve ark. 2009). Ağır metaller, canlıların metabolik yönden aktif olan doku ve organlarında birikirler ve bunun sonucunda da

hücrenel ve moleküler düzeyde fonksiyon bozukluklarına neden olurlar (Kalay ve ark. 2004, Sekhar ve ark. 2003, Çavaş 2008). Birçok metal normal hücre aktivitesi için gerekli olmasına rağmen bakır ve çinko gibi ağır metaller belirli limitlerin üzerinde, kurşun ve kadmiyum ise çok düşük düzeylerde bile vücuda alındığında sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Kurşun, beyinde hasar, kansızlık, böbrek hastalıkları ve nörolojik fonksiyon bozukluklarına sebep olmaktadır (Oehlenschläger 2002, Yazkan ve ark. 2002). Ağır metal kontaminasyonu balıkların et verimini ve yağ oranlarını da olumsuz yönde etkilemektedir. Balıkta ağır metal etkisi sonucu meydana gelen değişimler balığın türüne, yaşına, ağır metale maruz kalma süresine göre değişmektedir. Ayrıca türe özgü bazı farklılıklar olarak bilinen metabolizma hızı, solungaçların yüzey alanı genişliği ve metalotiyonein gibi metal bağlayıcı proteinlerin sentez düzeyleri de önemli değişikliklere neden olabilir (Shukla ve ark. 2002, Yazkan ve ark. 2002, Sağlamtimur ve ark. 2004, Özden ve ark. 2009). Kurşunun öldürücü olmayan etkilerinin, balık eritrositlerinin erken ölümüne neden olduğu ve hemoglobin oluşumunu kısıtladığı bildirilmiştir (Adeyemo 2007, Isani ve ark. 2009). Balıkların kas dokusu ağır metalleri bağlamada aktif bir doku sayılmaz. Ancak, bazı araştırmalara göre balıkların deri ve kas dokularında kabul edilebilir değerlerin çok üzerinde ağır metal düzeyleri ölçüldüğü rapor edilmiştir (Fernandes ve ark. 2007, Storelli 2008).

Antalya Körfezi'nde avlanan bazı balık türlerinde bakır, çinko, kurşun ve kadmiyum içeriğinin incelendiği bir çalışmada, elde edilen sonuçlar incelenen türlerin tamamında analiz edilen ağır metaller açısından Antalya Körfezi'nde henüz bir ağır metal kirliliği tehlikesinin olmadığı belirtilmiştir (Yazkan ve ark. 2002). Bizim çalışmamızda da Antalya Körfezi'nin kirliliği açısından benzer bulgular elde edilmiştir. Orkinos kafeslerinin bulunduğu bölgelerde yapılan ekolojik ve toksikolojik çalışmalarda deniz suyunda ve sedimentte kirlenici etkileri sürekli incelenmelidir.

Taze yem olarak kullanılan sardalya, tırsi, uskumru, kalamar türlerinin bir kısmı yurtdışından ithal edilmektedir. Genellikle açık denizlerden avlanan ve ithal edilen yemlerdeki toksik kirlilik etkenleri, mikrobiyolojik kontaminantlar, pestisit kalıntıları ve ağır metaller beslenme yolu ile orkinosları etkilemektedir. Ayrıca kirliliğin yoğun olduğu bölgelere beslenme amacıyla göç eden

orkinoslarda ağır metal birikimleri görülebilir (Vita ve Marin 2007). Yapılan bir araştırmada, kafes ve doğal ortamından elde edilen orkinosların karaciğer, kalp, baş ve kuyruk bölgesinden dokular alınarak demir, magnezyum ve çinko düzeyleri incelenmiştir. Çalışmada, tüm metaller yüksek oranlarda bulunmuştur. Eser element düzeylerindeki değişimlerin, orkinosların beslenme ve yaşam ortamları ile yakından ilişkili olduğu bildirilmiştir (Yalçın ve ark. 2004).

İtalya'da, Messina Boğazı'ndan yakalanan orkinosların karaciğer ve kas dokularında kadmiyum, bakır, civa, mangan, kurşun ve çinko düzeyleri incelenmiştir. Çalışmada kadmiyum ve kurşun ağır metalleri örneklerin tümünün kas dokularında inceleme limitlerinin altında bulunmuştur (Licata ve ark. 2005). Bu veriler bizim çalışmamızla benzer bir durum sergilemektedir.

Akdeniz'de, Sicilya Adası açıklarında yakalanan orkinosların kas ve karaciğer dokuları üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise, civa, kadmiyum ve kurşun gibi ağır metal düzeylerinin yüksek oranda bulunduğu ortaya konmuştur. Bulunan yüksek ağır metal düzeyleri balığın beslenme rejiminden veya yaşam ortamından kaynaklandığı ve ağır metal etkileşiminin balığın yaşam süresi ile doğru orantılı olarak arttığı belirtilmiştir (Storelli 2001). Bizim çalışmamızda hem karaciğer hem de kas dokularında oldukça düşük kurşun derişimleri belirlenmiştir. Elde edilen bu verilere göre, Antalya Körfezi'nin orkinoslar için temiz bir yaşam alanı olduğu sonucu da çıkartılabilir.

Padula ve ark. (2008) tarafından yapılan bir araştırmada Avustralya'nın doğadan toplanan ve çiftlik orkinoslarının (*Thunnus maccoyii*) kas dokularında bazı metal, metalloid ve pestisitlerin düzeyleri incelenmiştir. Bütün orkinosların kas dokularında incelenen kurşun miktarları inceleme

limitlerinin altında olduğu rapor edilmiştir. Bizim araştırmamızda da inceleme limitlerinin alt sınırına yakın değerler bulunmuştur. Bulunan değerlerin aynı tür ve benzer yaşam koşullarına sahip olan balıklardan elde edilmesi bizim çalışmamızı destekler niteliktedir (Padula ve ark. 2008).

Besin içeriğinde bulunabilecek ağır metaller insan sağlığı açısından çok önemlidir. Dünyada yaşayan tüm canlıların ortak serveti olan denizler, göller ve içindeki canlılar, kaliteli protein arayışı içinde olan toplumların gıda deposudur. Endüstrileşmenin kaçınılmaz olduğu dünyamızda, yaşam kalitesini bozmadan, taze ve temiz ürünlerle sağlıklı beslenme olanaklarını korumak ve arttırmak tüm toplumların ana hedefidir. Orkinos kafes yetiştiriciliği yapılan bölgelerde deniz suyundaki fiziksel ve kimyasal değişiklikler ile ekolojik ve toksikolojik etkenler kafes işletmeleri kurulmadan önce ve sonra, sürekli ve ayrıntılı çevre değerlendirme raporları ile izlenmelidir. Sonuç olarak, orkinosların karaciğer ve kas dokularından elde edilen düşük kurşun değerleri Antalya Körfezi'nde henüz ağır metal kirliliği açısından ciddi bir tehlike olmadığını göstermektedir. Antalya Körfezi sularının evsel ve endüstriyel atıklar ile henüz kirlenmediğinin tespiti, buradan elde edilecek çeşitli su ürünleri üretimi, balıkçılık faaliyetleri gibi ekonomik sonuçlar kadar, toplum sağlığı ve gelecek nesillerin temiz kaynaklarla beslenebilme hakları yönünden de sevindirici bir bulgu olarak değerlendirilmiştir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın biyoistatistik değerlendirmeleri sırasındaki yardımları için Marmara Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Uygulamalı Matematik Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi, Yrd. Doç. Dr. Birsen EYGİ ERDOĞAN'a teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

- Adeyemo OK (2007) Haematological Profile of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Exposed to Lead. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 7, 163-169.
- Alpbaz A (2005) Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Yetiştirilen Su Canlıları ve Üretim Yöntemleri. Alp Yayınları, İzmir.
- Anonymous (2001) Commission regulation as regards heavy metals. Directive 2001/22/EC, No:466/2001. Setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs.
- Anonymous (2002) T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. 3.2.2001 Tarihli, 24307 Sayılı Resmi Gazete.
- Ayas, D, Kalay M, Sangün MK (2009) Mersin Körfezi'nden örneklenen yüzey suyu ve *Patella* türlerindeki (*Patella caerulea*, *Patella rustica*) Cr, Cd ve Pb düzeylerinin belirlenmesi. Ekoloji 70, 32-37.

Bernhard M (1976) Manual of Methods in Aquatic Environment Research, Part 3-Sampling and Analysis of Biological Material. FAO Fisheries Technical Paper (FAO/UNEP) No: 158, Rome.

Çavaş T (2008) In vivo Genotoxicity of Mercury Chloride and Lead Acetate: Micronucleus Test on Acridine Orange Stained Fish Cells. Food and Chemical Toxicology 46, 352-358.

Fernandes C, Fontainhas-Fernandes A, Peixoto F, Salgado MA (2007) Bioaccumulation of Heavy Metals in *Liza saliens* From the Esmoriz-Paramos Coastal Lagoon, Portugal. Ecotoxicology and Environmental Safety 66, 426-431.

Göksu MZL, Akar M, Çevik F, Fındık Ö (2005). Bioaccumulation of Some Heavy Metals (Cd, Fe, Zn, Cu) in Two Bivalvia Species (*Pinctada radiata* Leach, 1814 and *Brachidontes pharaonis* Fischer, 1870). Turkish Journal of Veterinary Animal Sciences 29, 89-93.

Gündoğdu A, Erdem M (2008) The Accumulation of the Heavy Metals (Copper and Zinc) in the Tissues of Rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792). Journal of Fisheries Sciences 2, 1, 41-50.

Ikem A, Egiebor NO (2005) Assessment of Trace Elements in Canned Fishes (Mackerel, Tuna, Salmon, Sardines and Herrings) Marketed in Georgia and Alabama (USA). Journal of Food Composition and Analysis 18, 771-787.

Isani G, Andreani G, Cocchioni F, Fedeli D, Carpena E, Falcioni G (2009) Cadmium Accumulation and Biochemical Responses in *Sparus aurata* Following Sublethal Cd Exposure. Ecotoxicology and Environmental Safety 72, 224-230.

Kalay M, Dönmez AE, Koyuncu CE (2003) Tilapia nilotica (L., 1758)'nin Solungaç ve Karaciğer dokularındaki Mangan, Demir ve Çinko Düzeyleri Üzerine Bakırın Etkisi. Ekoloji 49, 1-5.

Kalay M, Sangün MK, Ayas D, Göçer M (2008) Chemical Composition and Some Trace Element Levels of Thinlip mullet, *Liza ramada* Caught from Mersin Gulf. Ekoloji 68, 11-16.

Kalay M, Koyuncu CE, Dönmez AE (2004) Comparison of Cd Levels in the Muscle and Liver tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* Caught from the Mersin Gulf (in Turkish). Ekoloji 52, 23-27.

Kayhan FE, Balkıs N, Aksu A (2006) İstanbul Balık Halinden Alınan Akdeniz Midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) Arsenik Düzeyleri. Ekoloji 61, 1-5.

Kayhan FE, Gülsoy N, Balkıs N, Yüce R (2007). Cadmium and Lead (Cd, Pb) Levels of Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from Bosphorus, İstanbul, Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences 10, 6, 915-919.

Licata P, Trombetta D, Cristani M, Naccari C, Martino D, Caló M, Naccari F (2005) Heavy Metals in Liver and Muscle of Bluefin Tuna (*T. thynnus*) Caught in the Straits of Messina (Sicily, Italy). Environmental Monitoring and Assessment 107, 1-3, 239-248.

Megalofonou P, De Metrio G (2000) Age estimation and annulus-formation in dorsal spines of juvenile bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, from the Mediterranean Sea. Journal of the Marine Biological Association 80, 753-754.

Muramoto S (1983) Elimination of Copper from Cu-contaminated Fish by Long-term Exposure to EDTA and Freshwater. Journal of Environmental Science and Health 18, 455-461.

Oehlenschläger J (2002) Identifying Heavy Metals in Fish. In: Bremner HA (ed), Safety and Quality Issues in Fish Processing, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, USA, 95-113,

Olsvik PA, Gundersen P, Andersen RA, Zachariassen KE (2001) Metal accumulation and metallothionein in brown trout, *Salmo trutta*, from two Norwegian rivers differently contaminated with Cd, Cu and Zn. Comparative Biochemistry and Physiology 128, 2, 189-201.

Ottolenghi F, Sivestri C, Giordano P, Lovatelli A, New B (2004) Capture-based aquaculture: The Fattening of Groupers, Tunas and Yellowtails. Food and Agriculture Organization of the United Nations Reports, Rome.

Özden Ö (2008) Study of Seasonal Heavy Metal and Macronutrient Mineral Profile of Mussels (*M. galloprovincialis*) Using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Methods. Fresenius Environmental Bulletin 17, 9a, 1300-1306.

Özden Ö, Erkan N, Deval MC (2009) Trace Mineral Profiles of the Bivalve Species *Chamelea gallina* and *Donax trunculus*. Food Chemistry 113, 222-226.

- Padula DJ, Daughtry BJ, Nowak B (2008) Dioxins, PCBs, Metals, Metalloids, Pesticides and Antimicrobial Residues in Wild and Farmed Australian Southern Bluefin Tuna (*T. macyii*). Chemosphere 72, 34-44.
- Perçin F, Tanrıkuş TT (2006) Kafes İşletmeciliğinde Orkinos (*T. thynnus* L.,1758) Sağlığını Olumsuz Etkileyen Faktörler. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi 23, 3-4, 479-484.
- Sağlamtimur B, Cıçık B, Erdem C (2004). Kısa Süreli Bakır-Kadmiyum Etkileşiminde Tatlısu Çipurası (*Oreochromis niloticus* L.1758)'nın Karaciğer, Böbrek, Solungaç ve Kas Dokularındaki Kadmiyum Birikimi. Ekoloji 53, 33-38.
- Sekhar KC, Chary NS, Kamala CT, Raj DSS, Rao AS (2003) Fractionation Studies and Bioaccumulation of Sediment-bound Heavy Metals in Kolleru Lake by Edible Fish. Environment International 29, 1001-1008.
- Shukla V, Rathi P, Shastry KV (2002). Effect of Cadmium Individually and in Combination with Other Metals on the Nutritive Value of Fresh Water Fish, *Channa punctatus*. Journal of Environmental Biology 23, 2, 105-110.
- Sokal RR, Rohlf JF (1969) Biometry. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Soto F, Villarejo JA, Mateo A, Roca-Dorda J, Gandara F, Garcia A (2006) Preliminary Experiences in the Development of Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus* L., 1758) Electroaerating Techniques in Rearing Cages. Aquacultural Engineering 34, 83-91.
- Storelli MM, Marcotrigiano GO (2001) Total Mercury Levels in Muscles Tissue of Swordfish (*Xiphias gladius*) and Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) From the Mediterranean Sea (Italy). Journal of Food Protection 64, 1058-1061.
- Storelli MM (2008) Potential Human Health Risks from Metals (Hg, Cd, and Pb) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) Via Seafood Consumption: Estimation of Target Hazard Quotients (THQs) and Toxic Equivalents (TEQs). Food and Chemical Toxicology 46, 2782-2788.
- Tüzen M, Soylak M (2007) Determination of Trace Metals in Canned Fish Marketed in Turkey. Food Chemistry 101, 4, 1378-1382.
- Uluturhan E, Küçüksezgin F (2007). Heavy Metal Contaminants in Red pandora (*Pagellus erythrinus*) Tissue from the Eastern Aegean Sea, Turkey. Water Research 41, 1185-1192.
- Vita R, Marin A (2007) Environmental Impact of Capture-Based Bluefin Tuna Aquaculture on Benthic Communities in the Western Mediterranean. Aquaculture Research 38, 4, 331-339.
- Vural H (1993) Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. Ekoloji 3, 3-8.
- Yalçın G, Ertaş OS, Perçin F, Konyaloğlu S (2004) Determination of trace amounts of Fe, Mg, Zn in bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). In: Proceedings of Adnan Menderes University 4th AACD Congress, 29 September-3 October 2004, Kuşadası-Aydın, 229-231.
- Yazkan M, Özdemir F, Gölükcü M (2002). Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Balık Türlerinde Cu, Zn, Pb ve Cd içeriği. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 26, 1309-1313.
- Yıldırım Ö (2008). Aquafeed Industry in Turkey: Its Aquafeed Projections Towards the Year 2015. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 8, 93-98.
- Yıldırım Ş (2004) Türkiye'deki Orkinos (*Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758) Çiftliklerinin Bazı Saha, Sistem ve Faaliyet Özellikleri Üzerine Bir Çalışma. Ege Üniversitesi, Su ürünleri Dergisi 21, 3-4, 301-305.
- Yılmaz AB (2005) Comparison of Heavy Metal Levels of Grey mullet (*Mugil cephalus* L.) and Sea bream (*Sparus aurata* L.) Caught in İskenderun Bay (Turkey). Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 29, 257-262.