



Tarım Bilimleri Dergisi
Tar. Bil. Der.

Dergi web sayfası:
www.agri.ankara.edu.tr/dergi

Journal of Agricultural Sciences

Journal homepage:
www.agri.ankara.edu.tr/journal

Beyşehir Gölü'ndeki Sudak (*Stizostedion lucioperca*, Linnaeus 1758) Balığı Kasında Bazı Ağır Metallerin Birikiminin Araştırılması

Emre ÇAĞLAK^a, Barış KARSLI^a

^a Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Rize, TÜRKİYE

ESER BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Emre ÇAĞLAK, E-posta: caglakemre@gmail.com, Tel: +90 (464) 223 33 85

Geliş Tarihi: 01 Ağustos 2013, Düzeltmelerin Gelişi: 04 Kasım 2013, Kabul: 03 Ocak 2014

ÖZET

Bu çalışma; Türkiye'nin 3. büyük gölü olan Beyşehir Gölü'nden avlanan, tüketimi ve ihracatı yapılan sudak balığının mevsimsel olarak bazı ağır metal konsantrasyonlarını tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Bu maksatla, sudak balıkları 2011-2012 yıllarında mevsimsel olarak bölge balıkçılarından temin edilmiştir. Sudak örneklerinin ağır metal analizleri induktif çiftleşmiş olarak plazma/optik emisyon spektroskopisi (ICP-OES) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda, sudak kasındaki ağır metal içeriklerinin minimum ve maksimum değerleri; Cd, 0.008-0.047 mg kg⁻¹; Co, 0.033-0.226 mg kg⁻¹; Pb, 0.024-0.368 mg kg⁻¹; Ni, 0.14-0.222 mg kg⁻¹; Cr, 0.14-0.301 mg kg⁻¹; Cu, 0.326-0.552 mg kg⁻¹; Fe, 2.784-4.72 mg kg⁻¹; Al, 5.449-8.859 mg kg⁻¹; Zn, 15.85-26.497 mg kg⁻¹; Mn, 0.215-0.311 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ulusal sınır değerler ve uluslararası tüketilebilir ve standart değerler açısından karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sudak; Ağır metal; Beyşehir Gölü; Mevsimsel

Investigation of Some Heavy Metals Accumulation in Muscle of Pike Perch (*Stizostedion lucioperca*, Linnaeus 1758) from Lake Beyşehir, Turkey

ARTICLE INFO

Research Article

Corresponding Author: Emre ÇAĞLAK, E-mail: caglakemre@gmail.com, Tel: +90 (464) 223 33 85

Received: 01 August 2013, Received in Revised Form: 04 November 2013, Accepted: 03 January 2014

ABSTRACT

This study was carried out in order to determine seasonally some heavy concentrations in pike perch (*Stizostedion lucioperca*) that is fished in Lake Beyşehir, which is the third biggest lake of Turkey, consumed and exported. For this purpose, pikeperch seasonally obtained from fishermen in the region in 2011-2012. Heavy metal analyzes of pikeperch were carried out by using inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). At the end of the study, minimum and maximum heavy metal concentrations in muscle of pike perch were detected as 0.008-0.047 mg kg⁻¹ for Cd, 0.033-0.226 mg kg⁻¹ for Co, 0.024-0.368 mg kg⁻¹ for Pb, 0.14-0.222 mg kg⁻¹ for Ni, 0.14-0.301 mg kg⁻¹ for Cr, 0.326-0.552 mg kg⁻¹ for Cu, 2.784-4.72 mg kg⁻¹ for Fe, 5.449-8.859 mg kg⁻¹ for Al, 15.85-26.497 mg kg⁻¹ for Zn, 0.215-0.311 mg kg⁻¹ for Mn. The obtained results were compared in terms of national limit values and international consumed and standart values.

Keywords: Pike perch; Heavy metal; Beyşehir Lake; Seasonal

1. Giriş

Göl ekosistemleri, çeşitli antropojenik etkiler, ötrofikasyona neden olan besinlerin aşırı artması, endüstriyel, zirai ve evsel kökenli toksik kirlilik, su toplama alanı ve atmosfer yoluyla göllere ulaşan ısı kirliliği gibi etmenlerden sürekli etkilenmektedir. İnsan faaliyetlerinin tipik sonucu olarak tatlı sularda mevcut ağır metal düzeylerinin arttığı kanıtlanmıştır (Atıcı et al 2010). Sucul organizmalarda ortalama ağır metal düzeylerinin tahmini ve standardize edilmesi oldukça zordur. Çünkü bunlar tür, cinsiyet, biyolojik döngü, balık büyüklüğü gibi faktörler ile mevsim, buldukları ortam, beslenme durumu, suyun sıcaklığı ve tuzluluğu gibi ekolojik faktörlere bağlıdır (Ersoy 2006). Antropojenik aktivitelerin olumsuz etkilerinin besin zincirindeki organizmaların farklı halkalarında farklı etki gösterdiği bilinmektedir. Sudaki ağır metallerin önemli bir kısmının askıda partikül halde ve sedimentte yoğunlaştığı bilinmektedir (Kayhan 2006; Koçbaş 2005). Özellikle iç sularda derişime bağlı olarak metal miktarları denizel ortamlara kıyasla daha yüksek seviyelere ulaşabilmektedir. Ayrıca mevsimsel yönden iç su miktarlarındaki azalma ve artışlar büyük farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar ortamdaki metal yoğunluğunu ve balıklarda metal birikimini etkilemektedir. Balık bünyesindeki ağır metaller deri, solungaçlar ve boşaltım yoluyla atılabileceği gibi, belirli bir dokuda da depolanabilirler (Uysal & Atalay 2007).

Biyolojik sistemlerde önemli bir role sahip olan demir, çinko, bakır gibi bazı metaller esansiyel olup, kadmiyum, kurşun gibi eser miktarda bile toksik olan bazı metaller ise esansiyel değildir. Mineraller ve iz elementler beslenmede çok önemli bileşenlerdir. Eksiklikleri ya da fazla miktarda bulunmaları insanlarda ciddi sağlık problemlerine neden olabilir. İz elementlerin eksikliği özellikle bebeklerin ve çocukların büyüme ve gelişme döneminde önemli etkiler yapmaktadır (Özden et al 2010). İnsan sağlığına çeşitli zararları olan kadmiyum, kurşun gibi bazı metallerin yanı sıra faydalı olanları da vardır. Örneğin, kobalt B12 vitamininin bir parçasıdır, demir

vücutta birçok hayati fonksiyona sahiptir, çinko birçok enzimin sentezinde ve indirgenmesinde, karbonhidratların, yağların, proteinlerin ve nükleik asitlerin indirgenmesinde ayrıca mikro besinlerin metabolizmasında bulunan önemli bir bileşiktir (Alina et al 2012; ATSDR 2004; Mol 2011; ATSDR 2013; Pazi 2011; Nisbet et al 2010; Özden et al 2010; Özparlak et al 2012).

Türkiye'nin en büyük tatlı su gölü olan Beyşehir Gölü, "A" grubu sulak alan ve SİT alanı kapsamı altındadır. Göl birinci derece içme suyu kıstasına uyması nedeniyle İçme ve Kullanma Suyu Koruma Sahası statüsüne sahiptir (Fakıoğlu & Demir 2011).

Beyşehir Gölü kirlilik açısından değerlendirildiğinde "Beyşehir Gölü'nün Sorunları ve Alınması Gereken Önlemler" başlıklı raporda gölün kirliliğinin önemli düzeylere ulaştığı belirtilmiştir. Bu rapora göre göldeki kirliliğin tarımsal, sanayileşme, evsel atıklar vb. nedenlerden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Babaoğlu 2007). Ayrıca yapılan çeşitli çalışmalar, su ürünlerinde ve sedimentte ağır metal birikiminin yüksek seviyelere ulaştığını belirtmektedir (Özparlak et al 2012; Atıcı et al 2010). Beyşehir Gölü'nde yıl içinde su sıcaklığı değerlerinin 20.9 - 0.7 °C (Sarı & İnan 2011), çözünmüş oksijen değerlerinin 11.8-8 mg L⁻¹, pH değerlerinin ise 7.8-8.2 arasında (Altındağ & Yiğit 2004) değiştiği bildirilmiştir.

Ekonomik bir tür olan sudak (*Stizostedion lucioperca*, L., 1785) Beyşehir Gölü'ne 1978 yılında aşılanmıştır (Tümgelir et al 2007). Bölgedeki su ürünleri işleme tesisleri sudak ve diğer balık türlerinin işlenmesinde faaliyet göstermektedir (Babaoğlu 2007). Bir çalışmada kadife balığının Göller Bölgesi'nde ve çoğu Beyşehir Gölü civarında yer alan 20 kadar tesiste fileto halinde işlendiği bildirilmiştir (Anonim 2003; Zencir & Korkmaz 2004). Sudak'ın ülkemizde 2010-2012 yılları arasında toplam avcılığı 2806.2 ton olarak gerçekleşmiş ve 2012 yılındaki toplam parasal değeri 3.830.780 TL olarak bildirilmiştir (TUİK 2012).

Bu çalışmada tüketimi yapılan sudakın kas yapısında bulunan bazı ağır metallerin (Cd, Co, Pb,

Ni, Cr, Cu, Fe, Al, Zn, Mn) mevsimsel değişimlerinin tespit edilmesi ve elde edilen sonuçların ulusal/uluslararası standart değerler ve uluslararası tüketilebilir sınır değerler ile karşılaştırılarak balığın tüketilebilirlik durumu ortaya konmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma bölgesi ve süresi

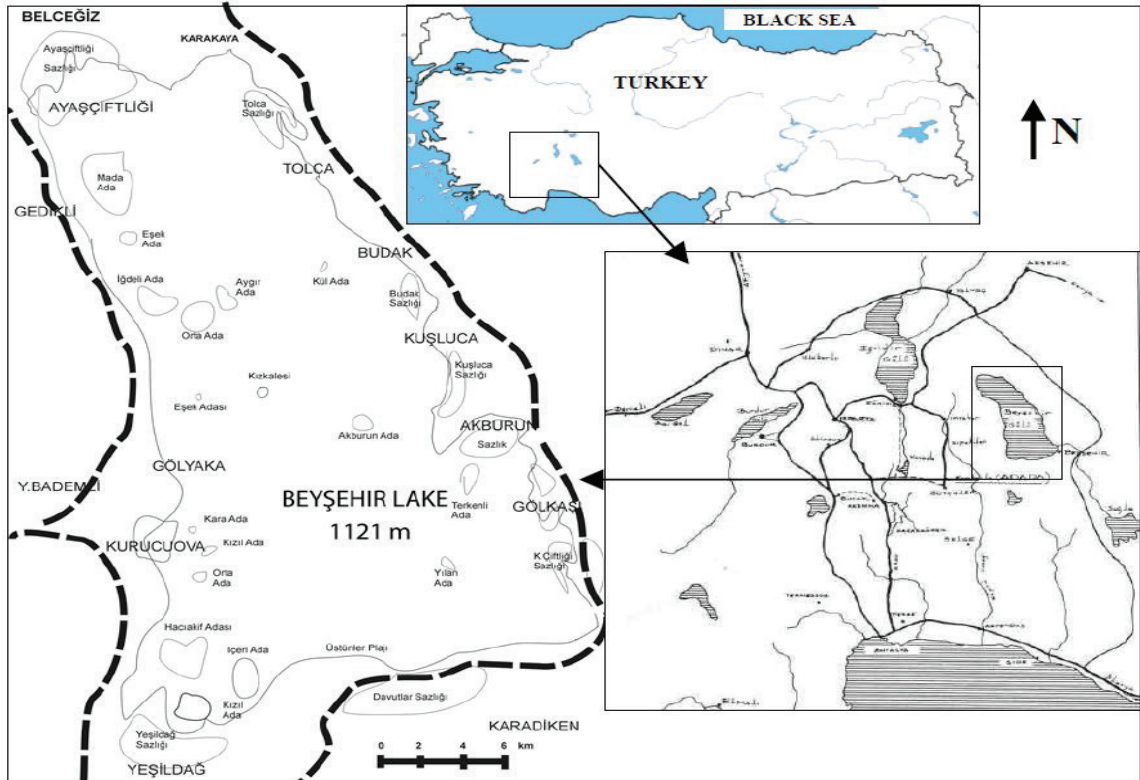
Bu çalışma 2011-2012 yıllarında mevsimsel olarak, Konya ve Isparta ili sınırları içerisinde $37^{\circ}47'0''K$, $31^{\circ}33'0''D$ koordinatlarında yer alan Beyşehir Gölü'nde yürütülmüştür. Ortalama yüzölçümü 650 km² olan Beyşehir Gölü'nün, ortalama derinliği 8.5 m ve deniz seviyesinden yüksekliği 1115 m civarındadır (Babaoğlu 2007) (Şekil 1).

2.2. Balık materyali

Sudak, gölün Beyşehir ilçesi sınırlarında uzatma ağlarıyla avlanan balıkçılardan temin edilmiştir. Ortalama boyları 34.91 ± 0.64 cm ve ortalama ağırlıkları 413.89 ± 33.5 g olan 2-3 yaş aralığında toplam 80 adet balık çalışma materyali olarak kullanılmıştır. Sudakların boy ve ağırlık ölçümleri 0.1 mm hassasiyetli dijital kumpas (Mahr 16ER) ve 0.01 gr hassasiyetli elektronik terazi (And GR-200) ile yapılmıştır. Analiz işlemleri öncesinde balıklar $-70^{\circ}C$ 'de muhafaza edilmiştir.

2.3. Ağır metal analizi

Balık kası örnekleri $105^{\circ}C$ 'de kurutulmuş ve porselen havanda ezilerek homojenize olması sağlanmıştır. Karışımından alınan 0.5 gr örnek 5 ml



Şekil 1- Beyşehir Gölü Haritası (Özparlak et al 2012)

Figure 1- The map of Lake Beyşehir (Özparlak et al 2012)

(% 65'lik) nitrik asitte 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bekletme işleminden sonra 100 °C'de 4 saat asitle yakma işlemi yapılmıştır. Yakılmış ürünler oda sıcaklığında soğutulmuş ve filtre edilerek süzümüştür (Whatman No:42). Süzülen örnekler deiyonize su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Kadmiyum (Cd), kobalt (Co), kurşun (Pb), nikel (Ni), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), alüminyum (Al), çinko (Zn) ve mangan (Mn) değerlerinin belirlenmesinde Inductive Coupled Plasma Optic Spectrometer (ICP-OES) kullanılmıştır. Bütün örneklerin analize hazırlanma işlemleri FAO Teknik Rapor 158'e göre yapılmıştır (Bernhard 1976, Zhang et al 2007, Sukender et al 2012).

Uluslararası kuruluşlar tarafından bazı ağır metallerin insanlar tarafından 1 günlük kilogram başına ($\text{mg kg}^{-1} \text{day}^{-1}$) ve günlük tüketime izin verilen değerleri (mg day^{-1}) Çizelge 1'de gösterilmektedir. Kilogram başına tüketime izin verilen değerler insan vücut ağırlığı ile çarpılarak hesaplanmaktadır (genelde 60-70 kg^{-1} lık insanların vücut ağırlıkları dikkate alınmaktadır). Çalışmamızda 70 kg ağırlık dikkate alınarak tüketim yönünden değerlendirmelerde bulunulmuştur (Örnek; Co için; $70 \times 0.01 = 0.7 \text{ mg day}^{-1}$) (ATSDR 2004;2013, Özparlak et al 2012). Ulusal ve uluslararası referanslarda su ürünlerinde ağır metal sınır değerleri yaş ağırlık üzerinden verilmektedir. Bu kapsamda

çalışmamızda kuru ağırlık üzerinden yapılan ağır metal analiz konsantrasyonları hesaplanarak yaş ağırlık biriminde ifade edilmiştir (Çizelge 2).

2.4. İstatistik analizi

İstatistiki analizde SPSS 11.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) paket programı kullanılmıştır. Elde edilen verilerin farklarını saptamak amacı ile varyansları homojen bulunan gruplara önemlilik testi uygulanmıştır. Bu önemlilik testi için 'One Way Anova' ve en küçük önemli fark 'LSD' uygulanmış, önem derecesi $P < 0.05$ şeklinde kullanılmıştır (Sümbüloğlu & Sümbüloğlu 2000).

3. Bulgular ve Tartışma

Sudak kasının Cd, Co, Pb, Ni, Cr, Cu, Fe, Al, Zn ve Mn miktarları mevsimsel olarak Çizelge 3 ve Şekil 2'de mg kg^{-1} yaş ağırlık üzerinden gösterilmiştir. Cd miktarının en yüksek değeri sonbaharda $0.047 \pm 0.007 \text{ mg kg}^{-1}$, en düşük değeri ise ilkbaharda $0.008 \pm 0.000 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Sudak kası içerisindeki Cd miktarının mevsimlere göre en yüksek değerden en düşük değere göre sıralaması sonbahar, yaz, kış ve ilkbahar olmuştur. İlkbaharda Cd miktarının diğer mevsimlerden önemli oranda düşük bulunması istatistiki açıdan da farklılığını ortaya koymaktadır ($p < 0.05$).

İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimsel dönemlerinde Co miktarı sırasıyla $0.226 \pm 0.12 \text{ mg kg}^{-1}$,

Çizelge 1- Uluslararası standartlarda bazı ağır metallerin tüketilebilir sınır değerleri (mg kg^{-1} yaş ağırlık)

Table 1- Consumable limit values of certain heavy metals in International standards limit values (mg kg^{-1} wet weight)

	Cd	Co	Pb	Cr	Cu	Fe	Al	Zn	Mn
ATSDR (MRLs) (2004;2013)	0.0003	0.01	-	0.005	0.01	-	1.0	0.3	-
Or=Oral ($\text{mg kg}^{-1} \text{day}^{-1}$)	Or.	Or.	-	Or.	Or.	-	Or.	Or.	-
EPA 2000 ($\text{mg kg}^{-1} \text{day}^{-1}$)	0.001	-	-	-	-	-	-	-	-
Çin Besin Enstitüsü (mg day^{-1}) Chen et al (2007)	-	-	-	-	1.0	12	-	12	3.5
FAO/WHO ($\text{mg kg}^{-1} \text{day}^{-1}$)									
Codex Standard 193 (1995) Figueira et al (2011)	0.001	-	0.0035	-	0.5	-	1.0	1.0	-

Çizelge 2- Ulusal ve uluslararası standartlarda balık kasında bazı ağır metallerin sınır değerleri (mg kg⁻¹ yaş ağırlık)*Table 2- Limit values of certain heavy metals in fish muscle in National and International standards (mg kg⁻¹ wet weight)*

	<i>Cd</i>	<i>Co</i>	<i>Pb</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>	<i>Al</i>	<i>Zn</i>	<i>Mn</i>
TKB. KKGM. Su Ürünleri Kalite Kontrol El Kitabı (2000)	0.05-0.1	-	1.0	-	-	20	-	-	50	-
Türk Gıda Kodeksi (2002)	0.05-0.1	-	0.2-0.4	-	-	20	-	-	50	-
Türk Gıda Kodeksi (2011)	0.05-0.3	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-
Codex Standard 193 (1995)	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-
EC (2001)	0.05-0.1	-	0.2-0.4	-	-	-	-	-	-	-
EC (2008)	0.05-0.3	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-
IAEA (2003)	0.189	0.1	0.12	0.6	0.73	3.28	146	13.8	67.1	3.52
FAO / WHO (1989)	0.5	-	0.5	-	-	30	-	-	40	-
Özparlak et al (2012)										
Çin Gıda Standard (1999)										
Zhang et al (2007)	-	-	0.5-1.0	-	2<	10-50	-	-	50	-
Pan and Wang (2012)										
Özparlak et al (2012)										
Uluslararası Bazı Değer Aralıkları	0.0-2	-	0.5-10	-	-	10-100	-	-	40-100	-
Özparlak et al (2012)										

Çizelge 3- Sudak kasında ağır metal miktarları (mg kg⁻¹ yaş ağırlık)*Table 3- Heavy metals amount in muscle of pike perch (mg kg⁻¹ wet weight)*

Ağır metaller (mg kg ⁻¹)	Sudak mevsimsel dönemler			
	<i>İlkbahar</i>	<i>Yaz</i>	<i>Sonbahar</i>	<i>Kış</i>
Cd	0.008±0.000 ^c	0.038±0.000 ^{ab}	0.047±0.007 ^a	0.03±0.000 ^b
Co	0.226±0.12 ^a	0.033±0.006 ^b	0.047±0.007 ^b	0.045±0.007 ^b
Pb	0.368±0.106 ^a	0.024±0.006 ^c	0.217±0.067 ^{ab}	0.15±0.000 ^b
Ni	0.222±0.006 ^a	0.14±0.006 ^b	0.164±0.007 ^b	0.159±0.000 ^b
Cr	0.207±0.000 ^b	0.14±0.006 ^c	0.196±0.007 ^b	0.301±0.14 ^a
Cu	0.552±0.006 ^a	0.411±0.006 ^b	0.371±0.000 ^c	0.326±0.007 ^d
Fe	4.72±0.046 ^a	3.173±0.013 ^b	4.625±0.067 ^a	2.784±0.063 ^c
Al	8.859±0.046 ^a	7.401±0.109 ^b	5.910±0.112 ^c	5.449±0.539 ^c
Zn	26.497±0.093 ^a	18.014±0.424 ^b	15.85±0.142 ^c	18.308±0.73 ^b
Mn	0.311± 0.000 ^a	0.217±0.006 ^b	0.233±0.000 ^b	0.215±0.007 ^b

a ve b harflerini taşıyan gruplar arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir (p<0.05)

0.033±0.006 mg kg⁻¹, 0.047±0.007 mg kg⁻¹ ve 0.045±0.007 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi en üst değer ilkbahar mevsiminde, en düşük değer yaz mevsiminde bulunmuştur. Yapılan değerlendirmede ilkbahardaki Co miktarı diğer mevsimlerden önemli oranda farklılık göstermiştir (p<0.05).

Mevsimsel olarak Pb miktarının dağılımı; ilkbahar mevsiminde 0.368±0.106 mg kg⁻¹, yaz mevsiminde 0.024±0.006 mg kg⁻¹, sonbahar mevsiminde 0.217±0.067 mg kg⁻¹ ve kış mevsiminde 0.15±0.000 mg kg⁻¹ şeklinde gerçekleşmiştir. İlkbahar ve sonbahar mevsiminde yüksek seviyelere ulaşan Pb miktarları arasında bir fark görülmemiştir (p>0.05). Yaz mevsiminde balık kasında düşüş gösteren Pb miktarı diğer gruplardan önemli derecede farklılık göstermiştir (p<0.05).

Ni miktarı yönünden yapılan incelemede en yüksek değer ilkbahar mevsiminde (0.222±0.006 mg kg⁻¹), en düşük değer (0.14±0.006 mg kg⁻¹) yaz mevsiminde belirlenmiştir. İlkbahar mevsimi Ni miktarının diğer mevsimlerden yüksek ölçülmesi diğer gruplardan farklılığını ortaya koymuştur (p<0.05). Yaz, sonbahar ve kış mevsiminde Ni miktarı yönünden birbirleri üzerinde bir fark oluşturacak değer bulunmamıştır (p>0.05).

Balıklarda Cr miktarı en küçük değerden büyüğe doğru sırasıyla yaz mevsiminde 0.14±0.006 mg kg⁻¹, sonbahar mevsiminde 0.196±0.007 mg kg⁻¹, ilkbahar mevsiminde 0.207±0.000 mg kg⁻¹, kış mevsiminde 0.301±0.14 mg kg⁻¹ olmuştur. Kış mevsiminde balık kasındaki Cr miktarı en üst seviyeye ulaşmış ve diğer mevsimlere göre önemli bir farklılık göstermiştir (p<0.05).

Kas içerisindeki Cu değerleri ilkbahar mevsiminde 0.552±0.006 mg kg⁻¹, yaz mevsiminde 0.411±0.006 mg kg⁻¹, sonbahar mevsiminde 0.371±0.000 mg kg⁻¹ ve kış mevsiminde 0.326±0.007 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi Cu miktarı ilkbahar mevsiminden itibaren düzenli bir azalış göstermiştir. Bütün mevsimler arasındaki farklılık bu düzenli azalıştan kaynaklanmaktadır ve önemli bir fark olarak tespit edilmiştir (p<0.05).

Mevsimsel olarak Fe miktarı 2.784±0.063 mg kg⁻¹ (kış) ile 4.72±0.046 mg kg⁻¹ (İlkbahar) değerleri arasında dağılım göstermiştir. Fe miktarının ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde yükselişte olduğu Şekil 2'de görülmektedir. Her iki mevsimde diğer gruplardan önemli oranda farklılık göstermiştir (p<0.05).

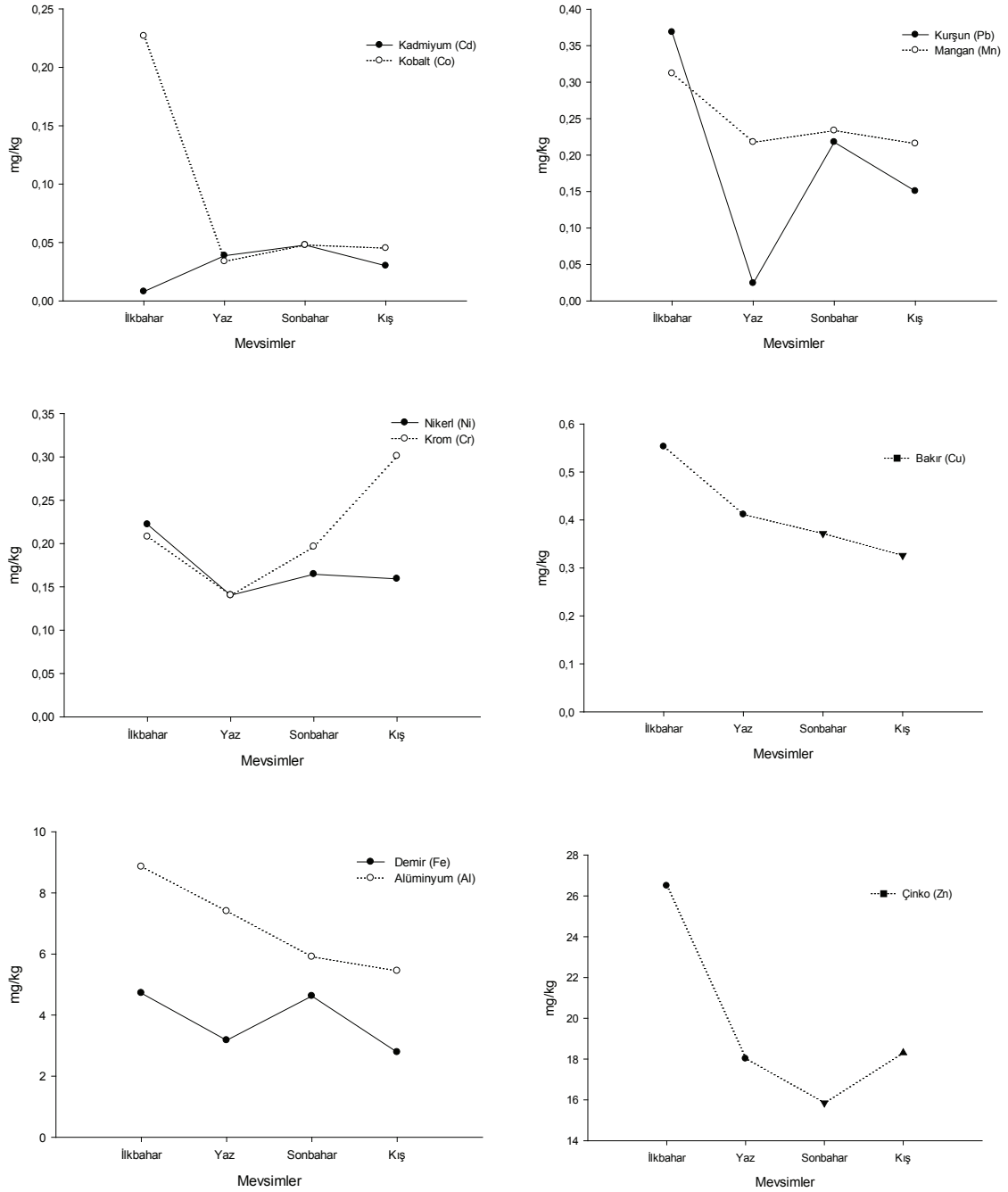
İlkbahar mevsiminde 8.859±0.046 mg kg⁻¹ ile en yüksek seviyeye ulaşan Al değeri, kış mevsiminde 5.449±0.539 mg kg⁻¹'a en düşük seviyeye inmiştir (Şekil 2). İlkbahar mevsimi ile diğer mevsimlerin Al miktarları arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.05).

Sudak kasında Zn miktarı ilkbahar mevsiminde 26.497±0.093 mg kg⁻¹ ile en yüksek değerine ulaşmıştır. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde sırasıyla 18.014±0.424 mg kg⁻¹, 15.850±0.142 mg kg⁻¹ değerleri ölçülmüştür. Kış mevsiminde yükselme eğilimi göstererek 18.308±0.73 mg kg⁻¹ seviyesine ulaşmıştır. Yapılan istatistiki değerlendirmede yaz ve kış mevsimlerinde bir fark görülmemiş (p>0.05), diğer mevsimler arasındaki farklılık önemli bulunmuştur (p<0.05).

Mn değerleri ilkbahar mevsiminde 0.311±0.000 mg kg⁻¹, yaz mevsiminde 0.217±0.006 mg kg⁻¹, sonbahar mevsiminde 0.233±0.000 mg kg⁻¹ ve kış mevsiminde 0.215±0.007 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. İlkbahar mevsimi Mn değeri diğer gruplardan yüksek olması ile farklılık göstermiştir (p<0.05). Diğer mevsimler arasında Mn değerleri yönünden istatistiki bir fark görülmemiştir (p>0.05).

4. Sonuçlar

Su ürünlerinde özellikle balık kasında, insan sağlığı dikkate alınarak ağır metallerin sınır değerlerinin belirlenmesi noktasında önemli çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde ulusal ve uluslararası veriler elde edilmiştir. Bölgesel olarak mineral maddelerin sınır değerlerinde farklılıklar gözlenirse de, dünya genelinde belirli bir standart oluşmaya başlamıştır (Çizelge 2). Türkiye iç suları balık türlerinde ağır metal içeriklerinin tespiti amacı ile yapılmış araştırmalar Çizelge 4'de gösterilmiştir.



Şekil 2- Sudak kasında ağır metal miktarlarının mevsimsel dağılımları

Figure 2- Seasonal distribution of the heavy metals amount in muscle of pike perch

Çalışmamızda Cd balık kasında en yüksek değer sonbahar mevsiminde (0.047 ± 0.007 mg kg⁻¹), en düşük değer ilkbahar mevsiminde (0.008 ± 0.000 mg kg⁻¹) ölçülmüştür. Göksu et al (2003)'ın yaptığı araştırma sonuçları ile çalışma verilerimiz paralellik göstermektedir. Diğer çalışmaların Cd sonuçları bulgularımızdan yüksek bulunmuştur (Çizelge 4).

Araştırma materyalimizde Co miktarı $0.033-0.226$ mg kg⁻¹ değerleri arasında tespit edilmiştir. Uysal et al (2009) yaptığı çalışmada Co miktarını sınır değerlerinin altında bulmuştur. Özparlak et al (2012) yaptığı çalışmada sudak kasında Co miktarını $2.5-2.82$ mg kg⁻¹ olarak bulmuşlardır. Çalışmamızdan yüksek bulunan sonuçların bölge, zaman, örnek sayısı ve materyal (boy-ağırlık yönünden) farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Pb miktarı yönünden yapılan çalışmalar incelendiğinde en düşük değer 0.675 mg kg⁻¹ ile Altındağ & Yiğit (2005) tarafından verildiği görülmektedir, diğer çalışma sonuçlarının tamamı bu değer üzerinde bulunmuştur. Araştırma sonucunda elde ettiğimiz Pb değerleri $0.024-0.368$ mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Elde edilen sonuçların yapılan bütün çalışmalardan düşük olduğu gözlenmiştir.

Ni miktarı çalışma süresince en yüksek değerine ilkbahar mevsiminde (0.222 ± 0.006 mg kg⁻¹) ulaşmıştır. Yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında Uysal et al (2009) tarafından Ni değerleri tespit limitlerinin altında bulunurken, diğer araştırmacıların sonuçları $1-3.5$ mg kg⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir. Araştırma sonucunda ilkbahar mevsiminde elde ettiğimiz en yüksek değer bile yapılan çalışmalardan oldukça düşük kaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4).

Araştırmamız süresince elde edilen Cr değerlerinin dağılımı Çizelge 3'de verilmiştir. Literatür çalışmaları ile karşılaştırıldığında aynı tür ve aynı bölge üzerine çalışan Altındağ & Yiğit (2005)'in elde ettiği sonuçlar ($0.25-0.26$ mg kg⁻¹) ile araştırma sonuçlarımız benzerlik göstermektedir. Diğer araştırmacıların elde ettiği sonuçlar çalışma değerlerimizden yüksek bulunmuştur.

Cu sonuçları ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 0.552 ± 0.006 , 0.411 ± 0.006 , 0.371 ± 0.000 ve 0.326 ± 0.007 mg kg⁻¹ bulunmuştur. Özyurt et al (2009)'un yaptığı çalışmada elde ettiği 0.13 mg kg⁻¹ Cu sonucundan çalışma verilerimiz daha yüksek tespit edilmiştir. Uysal et al (2009)'un *Carassius carassius* türünde tespit ettikleri Cu miktarı (0.39 mg kg⁻¹) ile araştırma sonuçlarımız benzerlik göstermektedir. Diğer araştırmacıların verileri ile karşılaştırıldığında elde ettiğimiz bakır değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz Fe miktarları ile Çizelge 4'de verilen Özparlak et al (2012), Tekin-Özan & Kır (2008), Tekin-Özan (2008), Tekin-Özan & Kır (2007a) ve Göksu et al (2003)'ün sonuçları ile paralellik göstermektedir.

İlkbahar mevsiminde sudak kasında 8.859 ± 0.046 mg kg⁻¹ olarak ölçülen Al miktarı yaz ve sonbahar mevsiminde düşüş göstermiştir. Kış mevsiminde düşüşe devam eden Al miktarı 5.449 ± 0.539 mg kg⁻¹ değerini almıştır. Literatür araştırmalarında Al yönünden değerlendirme yapılacak kaynağa rastlanılmamıştır, bu yönüyle iç sular balık türleri ve sudak balığı için araştırma sonuçlarımızın bir kaynak oluşturabileceği kanaatine varılmıştır.

Mevsimsel olarak Zn miktarı yönünden araştırma sonuçlarımız $26.497 \pm 0.093-15.850 \pm 0.142$ mg kg⁻¹ değerleri arasında bulunmuştur. Elde ettiğimiz sonuçların, Mendil et al (2005) ve Uysal et al (2009)'ün araştırma verileri ile karşılaştırıldığında benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca Tekin-Özan & Kır (2008)'ün yaptığı çalışma verileri elde ettiğimiz değerlere yakın bulunmuştur. Diğer literatür verilerinin araştırma sonuçlarımızdan düşük bulunduğu gözlenmiştir (Çizelge 4).

Mn değerleri yaptığımız çalışmada sudak kasında en düşük kış mevsiminde 0.215 ± 0.007 mg kg⁻¹, en yüksek ilkbahar mevsiminde 0.311 ± 0.000 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4'de yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında araştırma sonuçlarımızın tüm çalışmalardan düşük olduğu bulunmuştur. Uysal et al (2009) ve Özyurt et al (2009)'ün yaptıkları çalışmalarda elde ettikleri Mn

Çizelge 4- Türkiye iç suları balık türlerinde ağır metal içerikleri üzerine yapılmış çalışmalar

Table 4- The conducted studies on the content of heavy metals in freshwater fish species of Turkey

Araştırmacı; Materyal; Bölge ve zaman	Ağır metaller (minimum-maksimum) mg kg ⁻¹								
	Cd	Co	Pb	Ni	Cr	Cu	Fe	Zn	Mn
Özparlak et al (2012) (kuru ağırlık)	2.0	2.5	1.03	1.01	12.02	1.32	1.49	7.0	9.0
Sudak Balığı (<i>Sander lucioperca</i>)	2.36	2.82	2.32	1.22	12.58	1.43	2.6	9.7	9.2
Beyşehir Gölü, Mart-Nisan (2010)									
Tekin-Özan (2008) (yaş ağırlık)							3.26	2.97	
Kadife Balığı (<i>Tinca tinca</i>)							8.51	11.68	
Beyşehir Gölü (2003-2004)									
Altındağ & Yigit (2005) (yaş ağırlık)									
Sudak Balığı (<i>Lucioperca lucioperca</i>)	0.62		0.675		0.25				
Beyşehir Gölü, İlkbahar (2001)	0.665		0.68		0.26				
Tekin-Özan & Kır (2008) (kuru ağırlık)							1.46	4.79	
Sazan Balığı (<i>Cyprinus carpio</i>)							19.72	13.73	
Beyşehir Gölü, Mart (2003)-Şubat (2005)									
Göksu et al (2003) (yaş ağırlık)									
Sudak Balığı (<i>Stizostedion lucioperca</i>)	0.00						1.68	0.41	
Seyhan Baraj Gölü, Sonbahar-Kış (1998)	0.55						2.24	0.83	
Özyurt et al (2009) (yaş ağırlık)									
Sudak Balığı (<i>Sander lucioperca</i>)						0.13		1.32	0.85
Seyhan Baraj Gölü									
Tekin-Özan & Kır (2007a) (yaş ağırlık)									
Sudak Balığı (<i>Sander lucioperca</i>)							5.06	4.23	
Kovada Gölü							23.97	8.94	
Mart 2004-Şubat 2005									
Mendil et al (2005) (yaş ağırlık)	0.1		0.9	1.6	0.7	1.0	64.3	22.6	17.3
Tatlı Su Kefali (<i>Leuciscus cephalus</i>)	0.3		2.1	2.3	1.6	2.0	145	38.6	31
Yayın Balığı (<i>Siluris glanis</i>)	0.2		1.1	1.2	0.8	1.0	96.3	22.4	22.1
Sazan Balığı (<i>Cyprinus carpio</i>)			1.3	1.6	1.3	1.5	107	25.2	28.5
Siraz Balığı (<i>Capoeta capoeta</i>)	0.2		0.7	2.0	0.8	1.2	86.8	17.4	28.6
Siraz Balığı (<i>Capoeta capoeta</i>)	1.0		1.8	3.4	1.3	2.6	150	37.1	38
Hampınar, Akbelen, Dutluca, Almus,	0.2		0.8	2.4	0.6	1.8	143	19.2	35.5
Kızık, Uluöz Göletleri, İlkbahar-Yaz (2003)	1.2		2.4	3.4	1.5	4.1	197	26.4	72.9
Öztürk et al 2009 (yaş ağırlık)									
Sazan Balığı (<i>Cyprinus carpio</i>)	0.17		2.14	1.27	1.18	3.85	16.55		
Avsar Baraj Gölü, 2008									
Tekin-Özan & Kır 2007b (yaş ağırlık)									
Turna Balığı (<i>Esox lucius</i>)							0.25	0.13	
Işıklı Gölü, Aralık 2002- Kasım 2003									
Uysal et al 2009 (yaş ağırlık)	0.16	TLA		TLA	0.39	1.51	18.44	30.06	0.48
Havuz balığı (<i>Carassius carassius</i>)	43.2	TLA		TLA		503.3	242.6	1366.3	480
İnci balığı (<i>Alburnus alburnus</i>)	0.05	TLA		TLA	TLA	TLA	24.88	21.1	TLA
Enne baraj gölü, Temmuz 2005	13.5						327.3	959.09	
TLA, tespit limitlerinin altında									

değerleri bulduğumuz Mn sonuçlarına en yakın değerleri göstermektedir.

Sudak kasında Cd, Co, Pb, Ni, Cr, Cu, Fe, Al, Zn ve Mn değerlerinin araştırma süresince mevsimsel dağılımları incelendiğinde genel olarak mineral madde miktarlarının bahar mevsimlerinde daha yüksek olduğu, yaz ve kış mevsimlerinde düşük değerlerde görüldüğü tespit edilmiştir. Göksu et al (2003)'un çalışmasında Zn değerlerinin; Tekin-Özan & Kır (2007a)'ın araştırmasında Fe ve Zn verilerinin; Mendil et al (2005)'in araştırma verilerinde mevsimsel dağılımın benzer sonuçlar gösterdiği gözlenmiştir.

Çizelge 2'de belirtilen Ulusal ve Uluslararası standartlarda balık kasında bazı ağır metallerin sınır değerleri üzerine yapılan karşılaştırmada; çalışmamızda elde ettiğimiz Cd, Ni, Cr, Cu, Fe, Al, Zn, ve Mn sonuçlarının sınır değerleri aşmadığı görülmüştür. Co miktarının bir tek ilkbahar mevsiminde aldığı 0.226 ± 0.12 mg kg⁻¹ sonucu ile IAEA (2003) değerini aştığı, fakat diğer sınır değerlerinin altında kaldığı belirlenmiştir. Araştırmamızda elde edilen Pb miktarı yönünden yapılan değerlendirmede; FAO/WHO (1989), Çin Gıda Standartları (1999) ve uluslararası bazı değer aralıklarında 0.5 mg kg⁻¹ olarak verilen sınır değerlerin altında kaldığı bulunmuştur (Özparlak et al 2012; Zhang et al 2007; Pan & Wang 2012). Bunun yanında ilkbahar mevsiminde 0.368 ± 0.106 mg kg⁻¹ olan Pb değeri 0.3 mg kg⁻¹ olan referans sınır değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Yine Pb miktarının sonbahar mevsiminde ölçülen 0.217 ± 0.067 mg kg⁻¹ sonucu sınır değeri 0.3 mg kg⁻¹ olan referans değerlerinden düşük, $0.2-0.12$ mg kg⁻¹ referans değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Kış mevsiminde elde edilen 0.15 mg kg⁻¹ Pb değerinin sınır değerler yönünden sadece IAEA (2003) sınır değerlerini geçtiği belirlenmiştir.

Bazı mineral maddelerin tüketilebilir sınır değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Tüketilebilir sınır değerler ile araştırma sonuçlarımız karşılaştırıldığında; Co, Ni, Cr, Cu, Fe, Al ve Mn sonuçlarının tüketilebilir limit değerlerini aşmadığı tespit edilmiştir. EPA 2000 ve FAO/WHO-Codex

Stan 193-1995'e göre sınır değerleri aşmayan Cd miktarının ATSDR değerlerine göre yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde belirtilen limit değerlerin üzerine çıktığı belirlenmiştir. Pb için limit değer sadece FAO/WHO-Codex Stan 193-1995'de belirtilmiştir (Figueira et al 2011). Sadece ilkbahar mevsiminde sudak kasında bulunan Pb miktarının belirtilen sınır değeri aştığı görülmüştür. Mevsimsel olarak sudak kasında tespit edilen Zn sonuçlarının ATSDR ve Çin Besin Enstitüsü sınır değerlerinin üzerinde bulunduğu, FAO/WHO-Codex Stan 193-1995 limit değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir (hesaplamalar 70 kg insan ağırlığı değerlerine göre yapılmıştır).

Çalışma sonucunda Pb miktarının limit değerler üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Yapılan diğer araştırmalarda da Pb miktarlarının sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Ulusal ve uluslararası sınır değerler yönünden iç su kaynaklarımızın Pb miktarı yönünden takip edilmesinin ve kirletici faktörlerin önüne geçilmesi gerektiği kanaati hâsıl olmuştur. Yine araştırma süresince tespit edilen Cd, Pb ve Zn sonuçlarının uluslararası standartlarca verilen tüketilebilir limit değerlerinin üzerlerinde olduğu görülmüştür. Ağır metal sınıfında bulunan ve insan beslenmesinde olumlu bir etkisi bulunmayan Pb ve Cd miktarlarının sınır değerler ve tüketilebilir limitlerin üzerinde olması insan ve çevre sağlığı açısından dikkat edilmesi gereken nokta olarak görülmektedir. Çalışma verilerimizde elde ettiğimiz Al sonuçlarına daha önceki literatür araştırmalarında rastlanılmamıştır, bu yönüyle Al verileri yönünden araştırmamızın bir kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Alina M, Azrina A, Y. Mohd Yunus A S, Mohd Zakiuddin S, Mohd Izuan Effendi H & M. Rizal R (2012). Heavy metals (mercury, arsenic, cadmium, plumbum) in selected marine fish and shellfish along the Straits of Malacca. *International Food Research Journal* **19** (1): 135-140
- Altındağ A & Yiğit S (2004). The zooplankton fauna and seasonal distribution Beyşehir Lake. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi* **24**: 217-225

- Altındağ A & Yiğit S (2005). Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake Beyşehir, Turkey. *Chemosphere* **60**: 552-556
- Atici T, Obalı O, Altındağ A, Ahıska S & Aydın D (2010). The accumulation of heavy metals (Cd, Pb, Hg, Cr) and their state in phytoplanktonic algae and zooplanktonic organisms in Beyşehir Lake and Mogan Lake, Turkey. *African Journal of Biotechnology* **9**(4): 475-487
- ATSDR (2004). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Division of Toxicology ToxFAQs, CAS, 7440-48-4
- ATSDR (2013). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Services. Atlanta, GA 30333: U.S. Available via: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-2.pdf>
- Babaoğlu M (2007). Beyşehir Gölü'nün Sorunları ve Alınması Gereken Önlemler. Konya İl Genel Meclisi "Beyşehir Gölü Araştırma Komisyonu" Raporu, s. 1-34
- Bernhard M (1976). Manuel of Methods in Aquatic Environment Research. FAO Fisheries Technical Paper No 158 FIRI/T 158, Rome, pp. 123
- Chen W D, Zhang M & Shrestha S (2007). Compositional Characteristics and Nutritional Quality of Chinese Mitten Crab (*Eriocheir sinensis*). *Food Chemistry* **103**:1343-1349
- Codex Standard 193 (1995). Codex General Standard For Contaminants and Toxins in Food and Feed (PTWI). http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/1_CXS_193e.pdf
- EC (2001). Commission Regulation (EC) 466/2001. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Communities*, pp. 77
- EC (2008). Commission Regulation (EC) No 629/2008 of 2 July 2008 amending regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L173, 0006–0009
- EPA (2000). United States Environmental Protection Agency. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories, Volume 2 Risk Assessment and Fish Consumption Limits Third Edition.
- Ersoy B (2006). Kuzeydoğu Akdeniz (Adana/Karataş) Bölgesinde Avlanma Mevsiminde Tüketilen Balıkların Besin Kompozisyonu ve Ağır Metal İçerikleri. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı (Basılmamış), Adana
- Fakıoğlu Ö & Demir N (2011). Beyşehir Gölü Fitoplankton Biyokütlesinin Mevsimsel ve Yersel Değişimleri. *Ekoloji* **20**(80): 23-32
- Figueira E, Lima A, Branco D, Quintino V, Rodrigues A M & Freitas R (2011). Health concerns of consuming cockles (*Cerastoderma edule* L.) from a low contaminated coastal system. *Environment International* **37**: 965-972
- Göksu M Z L, Çevik F, Fındık Ö & Sarıhan E (2003). Seyhan Baraj Gölü'ndeki Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)'larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. *E.U Journal of Fisheries & Aquatic Sciences* **20**(1-2): 69-74
- IAEA (2003). World-Wide Intercomparison Exercise For The Determination of Trace Elements and Methylmercury in Fish Homogenate International Atomic Energy Agency - 407 Report No IAEA/AL/144 IAEA/MEL/72 Kayhan E F (2006). Su Ürünlerinde Kadmiumun Biyobirikimi ve Toksikitesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi* **23**(1-2): 215-220
- Koçbaş F (2005). Kuzey Ege Kıyılarında Yayılış Gösteren *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) ve Ortam Sedimentlerinde Bazı Ağır Metal (Cu, Zn, Pb ve Cd) Dağılımlarının Araştırılması. Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Manisa
- Mendil D, Uluozlu O D, Hasdemir E, Tuzen M, Sari H & Suicmez M (2005). Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat, Turkey. *Food Chemistry* **90**: 175–179
- Mol S (2011). Levels of Heavy Metals in Canned Bonito, Sardines and Mackerel Produced in Turkey. *Biological Trace Element Research* **143**(2): 974-982
- Nisbet C, Terzi G, Pilgir O & Sarac N (2010). Determination of Heavy Metal Levels in Fish Samples Collected from the Middle Black Sea. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* **16**(1): 119-125
- Özden Ö, Ulusoy Ş & Erkan N (2010). Study on the behavior of the trace metal and macro minerals in *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Marmara Sea, Turkey. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* **5**: 407-412

- Özparlak H, Arslan G & Arslan E (2012). Determination of Some Metal Levels in Muscle Tissue of Nine Fish Species from Beyşehir Lake, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **12**: 761-770
- Öztürk M, Özözen G, Minareci O & Minareci E (2009). Determination of Heavy Metals in Fish, Water and Sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering* **6**(2): 73-80
- Özyurt G, Polat A & Loker G B (2009). Vitamin and mineral content of pike perch (*Sander lucioperca*), common carp (*Cyprinus carpio*) and European catfish (*Silurus glanis*). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* **33**(4):351-356
- Pan K & Wang W X (2012). Trace metal contamination in estuarine and coastal environments in China. *Science of Total Environment* **16**(3): 421-422
- Pazi İ (2011). Assessment of heavy metal contamination in Candarli Gulf Sediment, Eastern Aegean Sea. *Environmental Monitoring and Assessment* **174**:199-208
- Sarı S & İnan N (2011), Seydişehir ile Beyşehir'in iklimlerinin karşılaştırılması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Konya
- Sukender K, Jaspreet S, Sneha D & Munish G (2012). AAS Estimation of Heavy Metals and Trace Elements in Indian Herbal Cosmetic Preparations. *Research Journal of Chemical Sciences* **2**(3): 46-51
- Sümbüloğlu K & Sümbüloğlu V (2000). Biyoistatistik, Hatiboğlu Yayınları:53, 9. Baskı, Ankara, s. 269
- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı (2000). Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri Kalite Kontrol El Kitabı, s. 187-198
- Tekin-Ozan S & Kir İ (2007a). Seasonal variation of some heavy metals in pike perch (*Sander lucioperca* L., 1758) and crucian carp (*Carassius carassius* L., 1758) from Kovada Lake, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* **16**: 904-909
- Tekin-Özan S & Kir İ (2007b). Accumulation of some heavy metals in *Raphidascaris acus* (Bloch, 1779) and its host (*Esox lucius* L., 1758). *Türkiye Parazitoloji Dergisi* **31**(4): 327-329
- Tekin-Özan S (2008). Determination of heavy metal levels in water, sediment and tissues of tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Beyşehir Lake Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* **145**: 295-302. DOI 10. 1007/s10661-007-0038-z
- Tekin-Özan S & Kir İ (2008). Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* **138**: 201-206
- TÜİK (2012). Turkish Statistical Institute, Fishery Statistics, Ankara, Turkey
- Tümgelir L, Çubuk H, Çınar Ş, Özkök R, Küçükpara R, Ceylan M, Erol K G & Çetinkaya S (2007). Beyşehir Gölü'ndeki Tatlısu Kefali (*Leuciscus lepidus* Heckel, 1843) Populasyonunun Büyüme Özellikleri. *Türk Sucul Yaşam Dergisi* **5-8**: 200-208
- Türk Gıda Kodeksi (2002). Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ 23.09.2002-24885 Sayılı Resmî Gazete
- Türk Gıda Kodeksi (2011). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, 29 Aralık 2011-28157 Sayılı Resmî Gazete
- Uysal K & Atalay M A (2007). DPÜ Göleti'nde Ekstantif Yetiştiriciliği Yapılan Aynalı Sazanların (*Cyprinus carpio*) Gelişimi ve Ağır Metal Akümülyasyon Oranlarının Değerlendirilmesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi, Ulusal Su Günleri 2007 Sempozyum Özel Sayısı* **5-8**: 663-670
- Uysal K, Köse E, Bülbül M, Dönmez M, Erdoğan Y, Koyun M, Ömeroğlu Ç & Özmal F (2009). The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dame Lake (Kütahya/ Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment* **157**: 355-362
- WHO/FAO (1989). National Research Council Recommended Dietary 626 Allowances 10th ed. *National Academy Press.*, Washington, DC. USA
- Zencir Ö & Korkmaz A Ş (2004). Beyşehir Gölü Kadife Balıklarının (*Tinca tinca* L., 1758) Et Verimi ve Vücut Kompozisyonu. *Tarım Bilimleri Dergisi* **10**(4): 474-480.
- Zhang Z, He L, Li J & Wu Z B (2007). Analysis Heavy Metals of Muscle and Intestine Tissue in Fish in Banan Section of Chongqing from Three Gorges Reservoir, China. *Polish Journal of Environmental Studies* **16**(6): 949-958