

VAN GÖLÜ SUYUNUN DOĞAL KALİTESİ VE BURADAN AVLANAN İNCİ KEFALİ (CHALCALBURNUS TARICHI, PALLAS 1811) ÖRNEKLERİNDE BAZI AĞIR METAL DÜZEYLERİ

Ali BİLGİLİ*
Ender YARSAN****

Hülya SAĞMANLIGİL**

Nurcan ÇETİNKAYA***
İdris TÜREL*****

The natural quality of Van Lake and the levels of some heavy metals in grey mullet (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) samples taken from this lake.

Summary: *In this study the natural quality of Van Lake water and the residues of lead, cadmium, copper, manganese, iron and zinc in grey mullet samples obtained from Van Lake (which is one of the main aquatic products) were investigated.*

Two hundred samples containing 40 water and 160 fish samples were taken from Van Lake between November 1993 and October 1994. The levels of heavy metals were measured by atomic spectrophotometry after the destruction of organic part of the fish muscle with the method of dry ashing. In the investigation analysis of 40 water samples showed that the main of pH was 9.54 and the concentrations of cations were as follows; calcium 6.74 ppm, magnesium 97.66 ppm, sodium 7673.15 ppm, potassium 524.60 ppm, the concentrations of anions were as follows; bicarbonate 2110.63 ppm, carbonate 3412.41 ppm, chlorine 5320.13 ppm and sulphate 2466.36 ppm. In the analysis of 160 grey mullet samples about the residues of heavy metals, the main values were found as; 1.186 0.,760 ppm for lead, 0,023 0.015 ppm for cadmium, 4.326 1.694 ppm for copper, 0.396 0.262 ppm for manganese, 10.754 3.665 ppm for iron and 11.786 4.473 ppm for zinc.

The comparison of our findings with the some scientific dates show that the contents of the anions and cations, the salinity and the hardness of the lake's water samples were found very high levels from the Turkish control codes of water pollution's point of view (The quality of the water; IV class), but as a result of terrestrial contamination the soil the level of lead was quite high and hazardous for human health, although the values of cadmium, copper, manganese, iron and zinc residues measured in grey mullets were found in normal ranges.

Özet: *Bu çalışma kapsamında, Van Gölü suyunun doğal kalitesini yansıtan özellikleri ile başlıca su ürünü konumundaki inci kefali (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) örneklerinde kurşun, kadmiyum, bakır, mangan, demir ve çinko artıklarına bağlı kirlenmelerin düzeyi araştırıldı. Kasım 1993 ile Ekim 1994 tarihleri arasında Van Gölü'nden 40'ı su ve 160'ı inci kefali balığından oluşan 200 örnek alındı. Balık kaslarının organik madde kısmının kuru külleştirme metodu ile yıkımlanmasından sonra metal düzeyleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi ile ölçüldü. Araştırmada analiz materyalini oluşturan 40 adet su örneği-*

* Doç. Dr., A.Ü. Veteriner Fakültesi Farmakoloji-Toksikoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.

** Yard. Doç. Dr., Y.Y.Ü. Veteriner Fakültesi Farmakoloji-Toksikoloji Anabilim Dalı, Van, Türkiye.

*** Doç. Dr., Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Hayvan Sağlığı Nükleer Araştırma Enstitüsü Lalahan, Ankara, Türkiye.

**** Araş. Gör., Dr., A.Ü. Veteriner Fakültesi Farmakoloji - Toksikoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.

***** Araş. Gör., Y.Y.Ü. Veteriner Fakültesi Farmakoloji-Toksikoloji Anabilim Dalı, Van, Türkiye.

nin kimyasal yünden analizi sonucunda pH değeri 9.54 düzeyinde bulunurken, ortalama değer olarak başlıca katyonlardan kalsiyum 6.74 ppm, magnezyum 97.66 ppm, sodyum 7673.15 ppm, potasyum 524.60 ppm, başlıca anyonlardan bikarbonat 2110.63 ppm, karbonat 3412.41 ppm, klor 5320.13 ppm ve sülfat 2466.36 ppm derişiminde bulundu. Aynı gölden avlanan 160 adet inci kefali örneğinde gerçekleştirilen kalıntı analizleri sonucunda ise, ortalama 1.186 0.760 ppm kurşun, 0.023 0.015 ppm kadmiyum, 4.326 1.694 ppm bakır, 0.396 0.262 ppm mangan, 10.754 3.665 ppm demir ve 11.786 4.473 ppm çinko kalıntısı saptandı.

Analiz bulgularının literatür veriler ışığında değerlendirilmesi sonucunda; Van Gölü suyunun içerdiği anyon ve katyonlar bakımından Türkiye Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre oldukça Kirlenmiş (dördüncü sınıf su kalitesinde) yüksek derecede sert ve tuzlu nitelikte olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca karasal kaynaklı metalik kirlenmelerin yansması olarak inci kefali balıklarında ölçülen kadmiyum, bakır, mangan, demir ve çinko kalıntılarının doğal değerlere yakın bulunurken kurşun düzeylerinin ise insan sağlığı açısından bazı riskler taşıyacak kadar yüksek olduğu sonucuna varıldı.

Giriş

Günümüzde hızlı endüstriyel gelişim, kentleşme, nüfus artışı ve yoğun tarımsal ilaç uygulamaları yüksek düzeylere varan bir çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu kirleticiler arasında metaller ve metal bileşikleri önemli yer tutarlar (11, 12, 15, 26, 27, 34, 42). Bunlardan bazıları esasta canlı yaşamı için de gereklidir. Canlı organizmaların çevre kirliliğine neden olan metal veya metal bileşiklerinin çok az bulunduğu bir ortamda gelişmelerini sürdürebildikleri ve bunların toksik etkilerini ortadan kaldıracak bir mekanizmaya sahip olmadıkları da bilinmektedir (3, 25, 31, 43, 46). Doğal veya biyolojik ortamda ortaya çıkan metaller ya da metalik bileşikler çevre şartlarına çok dayanıklı olduklarından, çevredeki biyolojik sistemlerde ve besinlerdeki miktarları giderek artar (19, 29, 30, 33). Karasal kesimde ortaya çıkan çeşitli atık ve artıklar yağmur, dere, sel suları, erezyon ve rüzgar gibi doğal olaylarla akarsu, göl ve denizlere ulaşır (35, 36, 39, 40, 48). Su kirliliğinin önemli sebeplerinden birisi de su sistemlerine doğrudan karışan endüstriyel ve kentsel atık sulardır (4, 16, 32, 37, 38). Su ortamında oluşan kirlilikler, ekosistemlerde besin zinciri boyunca giderek artan derişimlerde birikmek suretiyle zincirin son halkasında bulunan balıklara, hayvanlara ve insanlara ulaşır (13, 17, 21, 23, 24, 44).

Sakıncalı boyutlarda metal artıklarının sulara yansması sonucunda doğal suların kalitesi bozulmakta, bu ortamdaki doğal denge, ekonomik kayıp ve insan sağlığı açısından önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Tatlı su ortamında çeşitli tuzlar halinde bulunan 0.01-0.15 ppm civa, 0.02-0.18 ppm bakır, 0.01-3.0 ppm kadmiyum, 0.1-2.4 ppm kurşun ve 0.01-1.0 ppm düzeylerindeki arsenik hemen her türden su canlısında akut zehirlenmeler sonucu kitle halinde

ölümlere sebep olurken, alüminyum, çinko, demir, sodyum, potasyum ve magnezyum gibi metallerin benzeri bir etki yapabilmeleri için 5 ppm veya daha yüksek yoğunluklarda bulunmaları gerekmektedir (31, 45). Bununla beraber, su ortamındaki metal kirliliklerinin toksisitesi bileşik şekline, seyrelme hızına, suların pH'sı ve sertlik derecesine, diğer metal çeşitleri ile organik maddelerin varlığına göre önemli derecede değişebilmektedir (10, 14, 47, 49, 51).

Ülkemizin en büyük gölü olan Van Gölü, Van ili ile Bitlis il sınırları arasında, doğu-batı yönündeki uzunluğu 70 km, yüzölçümü 3574 km², maksimum derinliği 451 m ve toplam hacmi 607 km³ olan dünyanın en büyük sodalı gölü ve dördüncü büyük kapalı su havzasıdır (18). Van Gölü çevresinde 500 bine yakın insan yaşamaktadır. Kapalı havzaya sahip bir göl olan Van Gölü'nün çevresindeki yerleşim alanlarının kanalizasyon artıkları da hiçbir arıtmaya tabi tutulmadan göle akıtılmaktadır (1). Bu nedenle tabakalaşma özelliği gösteren Van Gölü, her geçen gün gittikçe artan oranlarda kirlenmeye maruz kalmaktadır. Yurdumuzda sadece Van Gölü'nde yaşayan inci kefali balığı göl etrafındaki yerleşim alanlarındaki büyük halk kesimi tarafından yoğun şekilde tüketilmektedir. Van Gölü'nden 1975 yılında tutulan inci kefalinin yıllık miktarı 500 ton iken, 1990 yılında bu miktar 9500 ton olarak gerçekleşmiştir (20). Her yıl artan miktarlarda tutulan balıklar, halkın temel besinleri arasında yerini almıştır.

Bu çalışma kapsamında, Van Gölü'nde metal artıklarından ileri gelecek karasal kaynaklı kirlenmelerin boyutlarını belirleyebilmek amacıyla göl suyunun doğal kalitesini yansıtan analitik çalışmalar ile başlıca canlı faunasını oluşturan inci kefali balıklarında kurşun, kad-

miyum, bakır, mangan, demir ve çinko kalıntı analizlerinin gerçekleştirilmesi ve sonuçların insan sağlığı açısından risk oluşturup oluşturmadığının irdelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Araştırma Materyali: Çalışmada su ve balık örnekleri Kasım 1993-Ekim 1994 tarihleri arasında Van Gölü'nün önceden belirlenmiş dört bölgesinden (Çarpanak, Kale, Akdamar ve Engil) alındı. Yıl boyunca mevsimleri temsil edecek şekilde avlanarak Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Farmakoloji Toksikoloji Anabilim Dalı'na gönderilen balık örnekleri, analizleri sürecinde derin soğutucuda korundu. Aynı bölgelerden alınan su örnekleri, örneklenmeyi izleyen ilk iki gün içerisinde Devlet su İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Van Bölge Laboratuvarı'nda kimyasal yünden analiz edildi.

Ayrıraçlar:

1. Derişik hidroklorik asit (Merck, Art.314)
2. 6 N hidroklorik asit çözeltisi
3. 2 N hidroklorik asit çözeltisi
4. Derişik sülfürik asit (Merck Art. 714)
5. 8 N Sülfürik asit çözeltisi
6. 2 N sülfürik asit çözeltisi
7. 8 N nitrik asit çözeltisi
8. 5.6 N Nitrik asit çözeltisi
9. Magnezyum asetat (Merck, Art.5819)
10. Magnezyum asetat çözeltisi: 2 mg/ml yoğunluğunda damıtık su ile hazırlanmış çözeltisi kullanıldı.

Cihazlar

1. Atomik absorbsiyon Spektrofotometre (Termo Jarel ASH video 12 E elektrosensitife, Germany).
2. Homojenizatör, bain-marie, külleştirme fırını ve gerekli cam malzemeler.

Analiz Örneklerinin hazırlanması: Seyreltik hidroklorik asit+seyreltik nitrik asit (1+1) karışımıyla yıkanıp 2 kez deiyonize suyla durulanıp kurutulan kaplara alınan 40 adet su (100 ml) örneği laboratuvara getirilmeyi takiben iki gün içinde analiz edildi. Yukarıda belirtilen aylar arasında gölden seçilen dört ayrı istasyon-

dan, her mevsimi temsilen 10'ar adet olmak üzere, toplam 160'inci kefali (chalcalburnus tarichi) örneği analiz için kullanıldı. Balıklar yukarıda belirtildiği şekilde temizlenen, polietilen torbalara konulup laboratuvara gönderilerek analiz edilene kadar -18°C'de saklandılar ve aynı hafta içinde de analiz edildiler.

Nicel Ölçümler: Analiz edilen balık örneklerindeki kurşun, kadmiyum, bakır, mangan, demir ve çinko içerikleri Stahr (41) tarafından tanımlanan atomik absorbsiyon spektrofotometri esasına dayanan yöntemle göre yapıldı. Bunun için, homojenize edilmiş balık kası örneklerinden 5 g analiz örneği porselen kapsüle tartılarak üzerine 2 mg/g hesabıyla magnezyum asetat çözeltisi katıldıktan sonra, önce 3-4 saat süreyle 100 °C'lik etüvde kurutuldu ve sonra da 600 °C'lik külleştirme fırınında 6-8 saat süreyle külleştirildi. Elde edilen kül içeriği 15 ml 2 N hidroklorik asitte çözdürülerek atomik absorbsiyon spektrofotometreye uygulandı. Kurşun, kadmiyum, bakır, mangan, demir ve çinkoya özgü dalga boylarında okunan absorpsiyon değerleri aynı koşullarda aletin bilgisayarında hazırlanmış kalibrasyon eğrilerine uygulanmak suretiyle, örneklerin belirtilen metaller yönünden içerikleri ppm olarak hesaplandı. Su örneklerindeki Na ve K içerikleri Türk Standartları (TS) 4530 (7), Cl içeriği TS 4164 (6), SO₄ içeriği TS 5095 (8), Ca, Mg, Co₃ ve HCO₃ içerikleri TS 266 (5) yöntemlerine göre yapıldı.

Bulgular

Aralık 1993 ile Ekim 1994 tarihleri arasında Van Gölü'nde seçilen dört örnekleme istasyonunun üç farklı derinliğinden alınan toplam 40 adet su örneği doğal tuzluluk ve pH durumunu ortaya çıkarabilecek şekilde kimyasal yünden analiz edilmiştir. Bu kapsamda olmak üzere, başlıca katyonlardan kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum ile önemli anyonlardan bikarbonat, karbonat, klor ve sülfat, pH değerleri ve organik madde içeriğine ilişkin

Parametreler	Sayı	En düşük	En yüksek	Ortalama
pH	40	9.48	9.60	9.54
Bikarbonat (mg/l)	40	2110.20	2110.92	2110.63
Karbonat (mg/l)	40	3412.36	3412.48	3412.41
Klor (mg/l)	40	5320.09	5320.16	5320.13
Sülfat (mg/l)	40	2466.33	2466.39	2466.36
Kalsiyum (mg/l)	40	7.70	8.78	6.74
Magnezyum (mg/l)	40	97.62	97.70	97.66
Sodyum (mg/l)	40	7873.11	7873.19	7873.15
Potasyum (mg/l)	40	524.56	524.64	524.60

Tablo 1. Van Gölü su örneklerinde gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçlarına ilişkin en düşük, en yüksek ve ortalama değerler.

Tablo 1. The maximum, minimum and average values of the chemical analyse results of the water samples obtained from Van Lake.

Parametreler	Sayısı	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
pH	40	9.52	9.48	9.60	9.58
Bikarbonat (mg/l)	40	2110.20	2110.62	2110.78	2110.92
Karbonat (mg/l)	40	3412.45	3412.37	3412.48	3412.36
Klor (mg/l)	40	5320.13	5320.16	5320.09	5320.15
Sulfat (mg/l)	40	2466.34	2466.38	2466.33	2466.39
Kalsiyum (mg/l)	40	6.76	6.72	6.70	6.78
Magnezyum (mg/l)	40	97.83	97.82	97.69	97.70
Sodyum (mg/l)	40	7673.13	7673.11	7673.17	7673.19
Potasyum (mg/l)	40	524.62	524.58	524.56	524.64

Tablo 2. Van Gölü'nden alınan su örneklerinde gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçlarının mevsimlere göre ortalama değerleri.

Table 2. The average values of chemical analyse results of water samples obtained from Van Lake in the different season.

Dönemler	Pb	Cd	Cu	Mn	Fe	Zn
1. inci dönem	0.038±0.616	0.014±1.525	2.727±1.525	0.369±0.253	9.383±3.219	10.166±2.853
Kış (40 adet)	(0.245-3.545)	(0.000-0.030)	(0.360-5.126)	(0.200-1.790)	(1.450-19.400)	(2.725-22.115)
2. nci dönem	1.212±0.919	0.021±0.010	4.544±1.196	0.404±0.355	10.950±3.914	10.993±3.293
İlkbahar (40 adet)	(0.225-4.550)	(0.000-0.040)	(2.465-5.360)	(0.039-2.460)	(6.015-27.913)	(3.055-20.250)
3. ncu dönem	1.148±0.448	0.028±0.018	4.778±1.134	3.394±0.252	11.300±3.355	13.223±5.181
Yaz (40 adet)	(0.490-2.210)	(0.010-0.075)	(3.170-9.525)	(0.085-1.700)	(6.800-26.330)	(7.785-31.340)
4. ncu dönem	1.365±0.942	0.029±0.020	5.261±1.755	0.420±0.156	11.496±3.821	12.871±5.376
Sonbahar (40 adet)	(0.409-5.250)	(0.005-0.110)	(3.100-11.735)	(0.095-0.760)	(6.055-23.405)	(4.500-33.000)

Tablo 4. Van Gölü'nden avlanan inci kefalı balığı örneklerinde mevsimlere göre ölçülen kurşun, kadmiyum, bakır, mangan, demir ve çinko kalıntı düzeyleri (ppm).

Table 4. The residue levels of lead, cadmium, copper, mangan, iron and zinc in the flesh of Chalcalburnus tarichi obtained from Van Lake in the different season.

toplam 360 adet bireysel analiz gerçekleştirilmiştir. Su örneklerinin Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında yapılan kimyasal analiz sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Van Gölü'nden avlanan 160 adet inci kefalı balığı örneğinde kurşun, kadmiyum, bakır, mangan, demir ve çinko kalıntı düzeylerinin mevsimlere, balıkların boylarına ve ağırlıklarına göre ortalama, alt ve üst sınırların değerleri Tablo 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Van Gölü suyunun, doğal kalitesini etkileyen faktörler yanında, su ortamı ve buradan avlanan inci kefalı balıkları için önemli kirlenmeler konumunda olan kurşun, kadmiyum, bakır, mangan, demir ve çinko gibi ağır metallerin kalıntı düzeyleri ortaya konulmuştur.

Çevresel kaynaklı kirlenmelerin bulaşmadığı ve sürekli aynı kaynaklardan beslenen baraj ve tatlı su bölgelerinin tuzluluk ve pH değerleri ile organik madde içeriği genelde duragan özellik gösterir. Su yataklarındaki kayaların yapısı, yağışlar, buharlaşma ve yağış oranı arasındaki dengeye göre önemli ayrımlar gösteren bu tür doğal sular, genellikle 6-9 arasında

Genel değerlendirme	Pb	Cd	Cu	Mn	Fe	Zn
Tüm balıklarda (160 adet)	1.866±0.760 (0.225-5.250)	0.023±0.015 (0.000-0.110)	4.326±1.694 (0.350-11.735)	0.396±0.262 (0.390-2.460)	10.754±3.665 (1.450-27.913)	11.786±4.473 (2.725-33.000)

Tablo 3. Örnekleme zamanına bakılmaksızın inci kefalı balığı örneklerinde ölçülen ağır metal düzeyleri (ppm)
Table 3. The average heavy metal levels (ppm) in the flesh samples of Chalcalburnus tarichi.

Ağırlık (g)	Pb	Cd	Cu	Mn	Fe	Zn
30-50 (37 adet)	0.789±0.377 (0.245-1.710)	0.018±0.008 (0.000-0.030)	4.104±1.076 (0.485-5.960)	0.318±0.061 (0.170-0.420)	10.129±2.664 (5.635-15.485)	9.798±7.893 (4.945-20.250)
50-70 (87 adet)	1.183±0.472 (0.225-2.210)	0.021±0.016 (0.005-0.110)	4.581±1.613 (1.255-11.735)	0.421±0.381 (0.039-3.360)	10.848±3.480 (0.360-26.330)	11.401±3.884 (4.500-31.340)
70 ve üzeri (36 adet)	1.536±1.741 (0.470-5.250)	0.034±0.013 (0.015-0.065)	5.257±1.054 (3.485-4.495)	0.518±0.428 (0.210-2.460)	11.784±4.506 (7.199-27.913)	14.837±4.854 (9.130-33.000)

Tablo 5. Van Gölü'nden avlanan inci kefalı balığı örneklerinde ağırlık gruplarına göre hesaplanan kirlilik düzeyleri (ppm).

Table 5. The residue levels in the flesh samples of the different weight groups of Chalcalburnus tarichi obtained from Van Lake.

Boy (cm)	Pb	Cd	Cu	Mn	Fe	Zn
16-18 (10 adet)	0.864±0.422 (0.225-1.895)	0.014±0.007 (0.000-0.030)	2.869±1.386 (0.360-5.100)	0.317±0.069 (0.200-0.470)	9.141±2.781 (1.450-13.575)	9.571±2.313 (2.725-13.250)
19-21 (87 adet)	1.183±0.663 (0.409-4.550)	0.024±0.013 (0.005-0.075)	4.717±1.092 (2.750-9.525)	0.426±0.334 (0.039-2.460)	11.107±3.608 (6.055-27.913)	11.728±4.347 (4.500-31.340)
22 ve üzeri (23 adet)	1.916±1.142 (0.850-5.250)	0.041±0.020 (0.020-0.110)	6.021±1.892 (4.023-11.735)	0.453±1.158 (0.095-0.760)	12.947±4.219 (8.935-23.405)	16.951±4.536 (12.950-33.000)

Tablo 6. Van Gölü'nden avlanan inci kefalı balığı örneklerinde boy uzunluğu gruplarına göre hesaplanan kirlilik düzeyleri (ppm).

Table 6. The residue levels in the flesh samples of the different length groups of Chalcalburnus tarichi obtained from Van Lake.

pH'ya sahip olurken, kullanılabilir organik madde içeriği %5 dolayında olan sert su özelliğini taşır (2, 22). Bu çalışma sonuçlarına ilişkin olarak Tablo 1 ve 2'de verilen analitik ve istatistik sonuçlar incelendiğinde, Van Gölü suyunun da hafif alkali pH'ya sahip (ortalama pH: 9.54), yüksek sertlik derecesi gösteren doğal su özelliğini koruduğu ortaya çıkmaktadır.

Van Gölü anyon ve kation içerikleri ile pH değerlerinin farklı mevsimlere göre çok az değişim gösterdiği anlaşılmaktadır (Tablo 2). Bu durum ise, su yatağını oluşturan doğal kaynaklardan ileri gelen tuzluluk öğelerinin kalıcı özellikte olduğunun ve içerikte bulunan karbonat (CO₃), bikarbonat (HCO₃) ve hidroksit (OH) gibi önemli anyonların etkin tampon ortamı oluşturduğunu göstermektedir. İçerdiği iyonlar, özellikle sodyum, klor ve sülfat bakımından Türkiye Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre oldukça kirlenmiş (dördüncü sınıf su kalitesinde) olduğu anlaşılmıştır.

Su canlılarında doğal veya insan etkinliğiyle meydana gelen kirlenmelerin bir yansıması olarak bulunan kurşun, kadmiyum, bakır, mangan, demir ve çinko yoğunlukları hayvanın yaşına, vücut ağırlığına, deniz veya tatlı su ortamında bulunmasına göre de önemli derecede

farklılık gösterir. Almanya iç sularından sağlanan balık çeşitlerinde 0.2-0.9 ppm bakır ve 2-15 ppm düzeyleri arasında çinko ölçülmesine (2) karşın Türkiye'nin Ege Denizi Kıyıları'ndan avlanan altı çeşit balık türünde 0.8-15.5 ppm bakır ve 5.08-27.3 ppm değerleri arasında çinko varlığı saptanmıştır (50).

Ayrıca analizi gerçekleştirilen metallere bazılarının su canlılarının vücudunda hayati öneme sahip bazı protein ve enzimlerin yapısına da girerler; onun için, çeşitli doku ve organlarında bu sebeple normal olarak belli miktarlarda bulunurlar. Bu durumun bir sonucu olarak balıklarda 0.1-5 ppm arasında bakır ve 120 ppm'e kadar varan miktarlarda çinkoya rastlanır (45). İç su kaynaklarına fazlasıyla sahip olan ülkemizde buralardan sağlanan su ürünlerinde metal kirliliğine ilişkin yeterli sayıda çalışma mevcut değildir. Şanlı ve ark. (45) Buldan Baraj Gölü suyundan sağladıkları 55 sazan balığı örneğinde 0.1-0.68 ppm bakır, 0.13-1.46 ppm civa ve 0.86-2.34 ppm çinko bulunduğunu; balıklardaki bakır ve çinko düzeylerinin doğal değerlere yakın, ama civa değerlerinin sakıncalı sayılabilecek düzeylerde olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Yavuz ve ark. (52) Mogan Gölü'nden sağladıkları 17 sazan örneğinde 0-0.16 ppm kadmiyum, 0.04-0.1 ppm bakır, 0.09-0.58 ppm çinko, 0.18-0.70 ppm demir ve 0.01-1.74 ppm düzeylerinde kurşun, 8 adet turna örneğinde ise 0-0.06 ppm mangan, 0-0.034 ppm kadmiyum, 0-0.19 ppm bakır, 0.02-0.45 ppm çinko, 0.06-0.58 ppm demir ve 0-1.96 ppm miktarlarında çinko bulunduğunu; balıklarda ölçülen metallere sadece kurşun düzeylerinin tüketiciler için sakıncalı olabilecek düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Van Gölü'nden yakalanan balıklarda ölçülen kadmiyum, bakır, mangan, demir ve çinko kalıntılarını gösteren sonuçların (Tablo 3, 4, 5 ve 6) verilen literatür verileriyle (27, 31, 45, 50, 52) uyum halinde olduğu, inci kefal balığı örneklerinde ölçülen metallere sadece kurşun düzeylerinin tüketiciler için sakıncalı olabilecek boyutta olduğu (28), diğer metallere ilişkin değerlerin doğal düzeyleri karşılığı anlaşılmıştır.

Bulunan sonuçlara göre Van Gölü suyunun Türkiye Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre (9) kimyasal analiz parametreleri bakımından oldukça kirlenmiş (dördüncü sınıf) su özelliğini taşıdığı; buradan avlanan inci kefal balıklarında saptanan ortalama 1.186 ppm'lik kurşun kirlilik düzeyinin tüketici durumunda olan insanların sağlığını olumsuz yönde etkileyecek ölçüde sakıncalı boyutta olduğu sonucuna varılmıştır. Belirtilen duruma bağlı olarak gölün etrafının bir sağlık koruma bandı ile çevrilmesi, tüm şehrin göle akan kanalizasyon atıkları ile

göl kenarında kurulu olan fabrikaların atık ve atıkları için arıtma tesislerinin kurulması ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyecek kirlenmeler yönünden yıllık periyotlar halinde analizler yapılmasının problemlerin çözülmesinde faydalı olacağı düşüncesindeyiz.

Kaynaklar

1. Akyüz, N., Çetinkaya, O., Boynukara, B. ve Sancak, Y.C. (1995). *Van Gölü'nün ekolojik yapısı, hayvansal protein potansiyeli ve ekolojik kirlenmenin bunlara etkileri*. Yüzyüncü Yıl Üniv Zir Fak Derg. Basımda.
2. Alabaster, J. and Lloyd, R. (1982). *Water quality criteria for freshwater fish*. Butterworth for FAO, London, pp.361.
3. Amorozo, M.C.M. and Shrimpton, R. (1984). *The effect of income and length of urban residence on food patterns food intake and nutrient adequacy in an amazonian periurban slum population*. Ecology of Food and Nutrition. 14: 307-323.
4. Anon. (1978). *UNEP. Report on cadmium and fresh-water fish*. Water Res. 12: 281-283.
5. Anon. (1984). TS 266 (Haziran 1984). *Kalsiyum, magnezyum, karbonat ve bikarbonat miktar tayini. Su Analizleri Kitaplığı*.
6. Anon. (1984). TS 4164 (Şubat 1984). *Klorür tayini. Merkürimetrik ve arjantimetrik metodlar ve kolorimetrik metod*.
7. Anon (1985). TS 4530 (Haziran 1985). *Lityum, sodyum, potasyum tayini. Alev fotometrik, Atomik absorpsiyon spektrofotometrik ve kolorimetrik analiz metodları*.
8. Anon (1987). TS 5095 (Mart 1987). *Sülfat tayini. Gravimetrik, türbitimetrik ve titrimetrik metod*.
9. Anon (1988). *Su kirliliği kontrol yönetmeliği*. 4.9.1988 gün ve 19919 sayılı Resmî Gazete.
10. Bebbington, G.N., Mackey, N.J., Dunn, A. and Auty, E.D. (1977). *Heavy metals, seleniu and arsenic in nine species of Australian commercial fishes*. Aus J Mar Freshwater Res. 28: 277-286.
11. Bilgili, A., Kaya, S. ve Doğan, A. (1993). *Siğirların et ve iç organlarında bazı ağır metal kalıntı düzeylerinin araştırılması*. Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg. 40: 292-300.
12. Bilgili, A. ve Şanlı, Y. (1995). *Siğirlarda akut kurşun zehirlenmesi*. Vet. Hek. Dern. Derg. Basımda.
13. Borgstron, G. (1962). *Fish as food Vol. II. Nutrition, Sanitation and Utilization*. Academic Press, New York, pp: 205-234.
14. Branson, D.r. and Dickson, K.L. (1981). *Aquatic toxicology and hazard assesment proceedings of the fourth annual symposium on aquatic toxicology*. ASTM Sper Tech Publ. 737, pp: 466.
15. Bucke, D. (1993). *Aquatic pollution: effects on the health of fish and shellfish*. Parasitol. 106: 25-37.
16. Ceylan, S., Şanlı, Y. ve Kaya, S. (1980). *Ege Denizi Körfezinde avlanan çeşitli balık türlerinde civa ile kirlenme*. Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg. 27: 674-692.
17. Custer, T.W. and Myers, J.P. (1990). *Organochlorines, mercury and selenium in wintering shorebirds from Washington and California*. Calif Fish and Game. 76: 118-125.
18. Degens, E.T., Wong, H.K., Kurtman, F. and Pinnick, P. (1978). *Geological Development of Van Lake*. In: E.T. Degens and F. Kurtman eds. M.T.A. Yayın No: 169. Ankara.

19. **Detlefsen, V.** (1988). *Status report on aquatic pollution problems in Europe*. Aquatic Toxicol. 11: 259-286.
20. **Doulat, E. and Selçuk, B.** (1992). *Life history and environmental conditions of the androms Chal. Taric. in the high.alka. Lake Van Turkey*. Arch Hydro Stutt. 126: 105-125.
21. **El Hraiki, A.** (1992). *An approach to the assesment of human health risks from the consumption of Moroccan Contaminated seafood. 3 rd World Congress Foodborne Infections and Intoxiations. 16-19 June 1992, Berlin. C-Vol. 1. pp: 230-236.*
22. **Ereçin, Z. ve Köksal, G.** (1981). *İçsular temel bilimleri. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları: 375, Yardımcı ders kitabı 273. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.*
23. **Fishbein, L., Furst, A. and Mehlman, M.A.** (1987). *Genotoxic and carcinogenic metals: environmental and occupational occurence and exposure*. Princeton Scientific Publishing Co, Inc, Princeton, New Jersey.
24. **Guterman, W.H., Bache, C.A., McCahan, J.B. and Lisk, D.J.** (1988). *Heavy metals and chlorinated hydrocarbons in marine fish products*. Nutrition Reports International. 38: 1157-1161.
25. **Hammand, P.B. and Beliles, R.P.** (1980). *Metals*. In: J. Doull, C.D. Klaassen and M.O. Amdur ed. Toxicology 2th.ed. McMillan Publishing Co.Inc.NewYork. pp: 409-462.
26. **Hapke, H.J.** (1991). *Effects of metals on domestic animals*. In: E. Merian ed. Metals and their compounds in the environment. VCH Verlagsesellschaft mbH press, Winheim. pp: 531-546.
27. **Harms, V.U.** (1974). *Bestimmung der übergangmetalle mangan, eisen, kobalt, kufber und zinc in fluslichen mit hilfe-der röntgen fluorescens analyse und der flammenlogen atomabsorbtiön*. Arch. Fish wiss. 25: 63-74.
28. **Hatch, R.C.** (1991). *Poisons causing nervous stimulation or depression: Lead*. In: Booth, N.H. and Leslie E. McDonald, Eds. Veterinary Pharmacology and Therapeutics. 6th Ed. pp: 1053-1101. Iowa Statc Univ. Press, Ames, USA.
29. **Hovinga, M.E. Sowers, M. and Humphrey, H.E.** (1993). *Environmental exposure and lifestyle predictors of lead, cadmium, PCB and DDT levels in great lakes fish eaters*. Arch Environ Health. 48: 98-104.
30. **Johnson, R.D., Manske, D.D., New, D.H. and Podrebarac, D.S.** (1984). *Pesticide, metal and other chemical residues in adult total diet samples*. JAOAC. 67: 154-166.
31. **Jones, J.R.F.** (1969). *Fish and river pollution*. Butterworth co. Press ltd. London, England. pp: 53-82.
32. **Kimura, I.** (1988). *Aquatic pollution problems in Japan*. Aquatic Toxicol. 11: 287-301.
33. **Lavel, L.B. and Upton, A.C.** (1987). *Toxic chemicals, health and the environment*. John Hopkins Univ. Press, USA.
34. **Lioy, P.J. and Daisey, J.M.** (1988). *Toxic air pollution*. Lewis Publishers Inc. Press, USA.
35. **Paçsivirta, J.** (1991). *Chemical ecotoxicology*. Lewis Publishers, Inc. Press, USA.
36. **Racke, K.D. and Coats, J.R.** (1990). *Enhanced biodegradation of pesticides in the environment*. American Chemical Society, Washington, D.C. USA.
37. **Ramelow, G., Tuğrul S., Özkan M.A., Tuncel, G., Saydam, C. and Balkas, T. I.** (1978). *The determinatiön of trace metals in marine organisms by atomic absorption spectrometry*. Intern. J. Environ Anal Chem. 5: 125-132.
38. **Reilly, W.K.** (1984). *Environmental contaminants in state of the environment*. An assesment at Mid-Decd. A report from conservation foundation, Washington D.C., USA.
39. **Romeo, M.** (1987). *Trace metals in fish roe from the Mauritania Coast*. Marine Pollut Bull. 18: 507-508.
40. **Savran, A. ve Ceylan, H.** (1992). *Van Gölü suyunun 1991 yılı içindeki kimyasal analizi*. Yüzcüncü Yıl Üniv Fen Bil Enst Derg. 1: 21-30.
41. **Stahr, M.M.** (1977). *Analytical toxicology methods manual*. Iowa Statc Univ. Press, Ames, Iowa. pp: 47-48.
42. **Stewart, J.C.** (1990). *Drinkingwater hazards: How to know if there are toxic chemicals in your water and what to do if there are*. Envirographics Press, Hiram, Ohio.
43. **Stokinger, H.E.** (1981). *The metals*. In: G.D. Clayton and F.E. Clayton eds. Patty's Industrial Hygiene and Toxicology. Vol: II A, 3th ed. John Wiley and Sons, Inc. Press, New York, USA.
44. **Şanlı, Y.** (1984). *Çevre sorunları ve besin kirlenmesi*. Selçuk Üniv. Vet. Fak. Derg. Özel sayı: 17-37.
45. **Şanlı, Y., Demet, Ö., Akar, F., Yavuz, H. Bilgili, A., Liman, B.C. ve Doğan, A.** (1990). *Buldan Barajı suyunun doğal kalitesi ve buradan avlanan sazın balığı örneklerinde bazı ağır metal artıkları üzerinde araştırmalar*. Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg. 37: 56-73.
46. **Şanlı, Y. ve Kaya, S.** (1992). *Veteriner klinik toksikoloji*. Medisan Yayınları. Yayın no: 5. Ankara.
47. **Taylor, D., Maddock, B.G. and Mance, G.** (1985). *The acute toxicity of nine "grey list" metals (arsenic, boron, chromium, copper, lead, nickel, tin, vanadium and zinc) to two marine fish species: Dab (Limanda limanda) and Grey mullet (chelon Labrosus)*. Aquat Toxicol. 7: 135-144.
48. **Tuğrul, S. Dumlu, G., Baştürk, Ö., İlhan, R. ve Balkas, T.** (1984). *Van Gölü özümleme kapasitesinin saptanması ve evsel nitelikli atıksu arıtımı ve deşarjı optimasyonu*, MBEAE Gebze. Yayın no: 145, 111-185.
49. **Ui, J.** (1971). *Mercury pollution of sea and fresh water its accumulation into water biomass*. Rev. Intern. Oceanogr. Med. 22-23: 79-128.
50. **Uysal, H., Tuncer, S. ve Yaramaz, Ö.** (1986). *Ege kıyılarındaki yenilebilen organizmalarda ağır metallerin karşılaştırılması olarak araştırılması*. Çevre-86 Sempozyumu, 2-5 Haziran 1986. Ege Üniv Atatürk Kültür Merkezi, İzmir.
51. **Ware, G.W.** (1989). *Reviews of environmental contamination and toxicology*. New York, USA. pp: 25-38.
52. **Yavuz, H. ve Filazi, A.** (1995). *Ankara Mogan Gölü'nden sağlanan su, çökelti ve balık örneklerinde ağır metal düzeyleri*. Vet Hek Derg. Basımda.