

Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758)'da Kurşun Toksisitesinin Azaltılmasında Zeolit'in Etkisi ^[1]

Hikmet Yeter ÇOĞUN *  Mehmet ŞAHİN *

[1] Bu araştırma Kilis 7 Aralık Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje NO: 2011/1/LTP05)

* Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, TR-079100 Kilis - TÜRKİYE

Makale Kodu (Article Code): KVFD-2011-5170

Özet

Bu çalışmada, kation değiştirilme yeteneğinde olan zeolit'in Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*)'nın kas, karaciğer, solungaç ve böbrek dokularında kurşun birikimi üzerine etkileri incelenmiştir. Balıklar 0.1 mg/l Pb, 0.1 mg/l Pb+0.1 g/l zeolite, 0.1 mg/l Pb + 0.2 g/l zeolite ve 1.0 mg/l Pb, 1.0 mg/l Pb + 0.1 g/l zeolit ve 1.0 mg/l Pb + 0.2 g/l zeolit konsantrasyonundaki karışımının etkisine 10, 20 ve 30 gün sürelerle bırakılarak doku ve organlardaki kurşun birikimi atomik absorpsiyon spektrometresi ile belirlenmiştir. Çalışılan dokularda kurşun birikimi ortam derişiminin ve sürenin uzamasıyla artmıştır. Tüm dokularda kurşun birikimi 10, 20 ve 30 günlerde 0.1 ve 1.0 mg/l kurşun konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. En yüksek kurşun birikimi böbrek dokusunda oluşmuş, bunu solungaç, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir. Etkide kalınan tüm sürelerde *O. niloticus*'un dokularında kurşun birikimi zeolit'in varlığında azalmıştır. Denenen tüm karışımlarda (kurşun + zeolit) zeolit *O. niloticus*'un böbrek ve karaciğer dokularında kurşun birikimini önemli ölçüde azaltmıştır.

Anahtar sözcükler: Kurşun, Zeolit, Birikim, *Oreochromis niloticus*

The Effect of Zeolite on Reduction of Lead Toxicity in Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758)

Summary

In this study, effects of cation exchanger zeolite on the accumulation of lead in muscle, liver, gill and kidney of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) were investigated. The fish were exposed to 0.1 mg/l Pb, 0.1 mg/l Pb + 0.1 g/l zeolite, 0.1 mg/l Pb + 0.2 g/l zeolite and 1.0 mg/l Pb, 1.0 mg/l Pb + 0.1 g/l zeolite and 1.0 mg/l Pb + 0.2 g/l zeolite mixtures for 10, 20 and 30 days, lead accumulation in tissues were measured by atomic absorption spectrophotometry. Lead accumulation increased with increasing concentrations of lead in the medium and with increasing periods of exposure tissues studied. All tissues lead accumulation was found to be statistically significant in the 0.1 and 1.0 mg/l of lead concentrations at 10, 20 and 30 days. Highest accumulation occurred in the kidney followed by gill, liver and muscle. In all exposure period, accumulation of lead in whole tissues of *O. niloticus* decreased in the presence of zeolite. In both mixed exposure (lead + zeolite) concentrations, zeolite significantly reduced the accumulation of lead in the kidney and liver of *O. niloticus*.

Keywords: Lead, Zeolite, Accumulation, *Oreochromis niloticus*

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması sonucunda doğal çevre kirlenmekte ve bu kirliliğe neden olan en büyük etmenlerin başında ağır metaller gelmektedir.

Ağır metaller sucul canlılar tarafından sudan, sedimentten ve besin yolu ile olmak üzere çeşitli yollarla alır ¹. Ağır metaller genel olarak canlıda imidazole, sülfidril, karboksil,

amino ve peptid grupları gibi proteinlerin fonksiyonel gruplarına bağlanırlar ^{2,3}. Enzim-metal toksisitesinde toksik metal enzimin aktif bölgesinden yararlı bir metali yerinden çıkarır ve toksik metal aktive olmamış bölgeye bağlanması şeklinde bir mekanizmayla etki eder ³.

Kurşun organizmada herhangi bir biyolojik işlevi yoktur. Su ortamına madencilik, akü, boya ve pil yapımı gibi



İletişim (Correspondence)



+90 348 8222350



hcogun@kilis.edu.tr

sanayi aktiviteleri ile girmektedir ^{4,5}. Kurşun balıklarda büyüme ve eritrositlerde hem sentezinde görev alan δ -aminolevulinik asit dehidretaz enzimini inhibe ettiği ⁶ ve lipid peroksidazyon enzimine etki ettiği saptanmıştır ⁷. Ayrıca kurşun, Na^+ , K^+ -ATPaz enzim aktivitesini inhibe ettiği ve hücreler arası biyokimyasal düzenlemelerde önemli rol oynayan transaminazlardan alanin aminotransferaz (ALT) ve aspartat aminotransferazların (AST) doku ve organlarda düzeylerinde bir değişikliğe sebep olduğu gözlenmiştir ^{8,9}.

Doğal ortamda büyük rezervler halinde bulunan zeolitler ($\text{Na}_{12}[(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12}]_{27}\text{H}_2\text{O}$) sodyum alüminosilikat ve kil mineralleridir. Sularda iyon değiştirme ve katyonları uzaklaştırma yeteneğindedirler ^{10,11}. Son zamanlarda yapılan birçok araştırmalarda kurşunun sucul ortamda toksisitesinin giderilmesinde zeolitler kullanılarak laboratuvar çalışmaları yapılmıştır ^{12,13}. Zeolitler katyon değiştirebilme yeteneklerinden ¹² ve maliyeti düşük olmasından dolayı; özellikle sulardaki ağır metallerin giderimi için kullanılmaktadır. Ayrıca bu metallerin sucul ortamdan giderimi ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır ¹²⁻¹⁴.

Bu çalışmada 10, 20 ve 30 günlük sürelerde Nil tilapia (*O. niloticus*) balıklarında kurşun toksisitesinin gideriminde zeolit kullanımı incelenmiştir. Zeolit ve kurşun etkisinde balıklarda solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularında metal birikimi araştırılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Oreochromis niloticus balıkları Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından Eylül 2010 tarihinde temin edildi ve 40x100x40 cm boyutlarındaki stok akvaryumlarda üç ay süre ile adaptasyonları sağlanmıştır. Deneyler $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 'deki su sıcaklığında, merkezi havalandırma ile çözünmüş oksijen miktarı 7.32 ± 0.1 mg/l ayarlanmış, toplam sertlik 376.55 ± 0.23 mg/l CaCO_3 ve pH 7.88 ± 0.08 olduğu saptanmıştır. Balıklar, günde iki kez olmak üzere balık ağırlığının %1'i kadar hazır balık yemi (Pınar Balık Yemi, Türkiye) ile beslenmiştir.

Deney iki seri olarak yürütülmüştür. Birinci seride 10, 20 ve 30 gün sürelerde kurşunun (PbCl_2 -Merck) 0.1 mg/l derişimi ve 0.1 mg/l Pb + 0.1 g/l zeolit ve 0.1 mg/l Pb + 0.2 g/l zeolit, ikinci seride kurşunun 1.0 mg/l ortam derişimi ve 1.0 mg/l Pb + 0.1 g/l zeolit ve 1.0 mg/l Pb + 0.2 g/l zeolit'e (İstanbul Rota Madencilik A.Ş.'den <75 mikron çapında temin edildi) maruz bırakılmıştır.

Deneylerde her bir seride 40X100X40 cm boyutlarında olan ve her birinin içersinde 18 balık bulunan 50'şer litre dört cam akvaryum kullanılmıştır. Birinci seride bu akvaryumlardan ilkinde 0.1 mg/l kurşun derişimi ve diğer ikisine aynı kurşun ortam derişimi ile birlikte iki farklı zeolit derişim karışımları (0.1 mg/l Pb + 0.1 g/l zeolit ve 0.1 mg/l Pb + 0.2 g/l zeolit), ikinci seride ilk akvaryuma 1.0 mg/l kurşun derişimi ve diğer iki akvaryuma aynı ortam

derişiminin iki farklı zeolit derişimi karışımları (1.0 mg/l Pb + 0.1 g/l zeolit ve 1.0 mg/l Pb + 0.2 mg/l zeolit) konulmuş, dördüncü akvaryumlar da kontrol grubudur. Deneyler üç tekrarlı ve her tekrarda iki balık örnekleme yapılmıştır.

Her deney süresi bitiminde 2'şer adet balık numunesi alındı ve balıkların kas, solungaç, karaciğer ve böbrek dokularının diseksiyonu yapılmıştır. Doku ve organlar etüvde 150°C 'de 48 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kuru ağırlıkları belirlenen doku ve organlar deney tüplerine aktararak üzerlerine 2 ml nitrik asit (Merck, %65, Ö.A.:1.40) ve 1 ml perklorik asit (Merck, %60, Ö.A.:1.53) eklenmiş ¹⁵ ve çeker ocakta 120°C 'de 3 saat süreyle yakılmıştır. Yakımı tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktarılmış ve üzerleri deiyonize su ile 5 ml'ye tamamlanarak kurşun analizine hazır hale getirilmiştir. Doku ve organlardaki kurşun analizleri Perkin Elmer AS 3100 Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi kullanılarak tespit edilmiştir.

Deneylerden elde edilen verilerin istatistik analizleri "Regresyon analiz ve Student-Newman Keuls (SNK)" testleri uygulanarak yapılmıştır ^{16,17}.

BULGULAR

Doku ve organlardaki kurşun birikimine zeolitinin etkisini belirlemek amacı ile veriler SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar *Tablo 1-3*'te verilmiştir. Tablolardaki farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

Deneme süresince 0.1 ve 1.0 mg/l kurşunun farklı konsantrasyonlardaki uygulaması sonrası (10, 20 ve 30. gün) çalışılan tüm dokularda kurşun birikimi istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.01$). Kurşun birikimi en fazla böbrek dokusunda olmuş, bunu solungaç, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir. *O. niloticus* doku ve organlarındaki kurşun düzeyleri 10. günde zeolitinin varlığında, yalnız kurşun derişimlerinin etkisine göre azaldığı belirlenmiştir. Kurşunun 0.1 mg/l derişimlerinde ise kas ve böbrek dokusunda, 0.1 mg/l Pb derişimi ve 0.1 mg/l Pb + 0.1 g/l zeolit karışımında ise karaciğer ve solungaç dokularında kurşun + zeolit karışımları arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur (*Tablo 1*; SNK; $P < 0.01$). Ortam derişimlerinde zeolit varlığında kurşun miktarında azalma en fazla böbrek dokusu ve karaciğer dokusunda (%16 ve %13) olduğu saptanmıştır.

O. niloticus balıklarının 20. günde kurşun ve kurşun + zeolit karışımlarının doku ve organlarda birikimi *Tablo 2*'de gösterilmiştir. Bu süre sonunda etkide kalınan kurşun derişiminin yalnız kurşun etkisi ile karşılaştırıldığında kurşun + zeolit karışımında önemli bir azalma olduğu gözlenmiştir. Bu azalma 0.1 mg/l kurşun ortam derişiminde zeolit karışımında böbrek ve karaciğer her iki dokuda olmuştur (yaklaşık %12). Kurşunun 1.0 mg/l ortam derişiminde ise solungaç dokusunda olmuştur (%18).

Tablo 1. *O. niloticus*'un doku ve organlarında 10. günde kurşun birikimi üzerine zeolitin etkisi ($\mu\text{g Pb/g k.a.}$)**Table 1.** The effect of zeolite on accumulation of lead in *O. niloticus* tissue and organs at 10. Day ($\mu\text{g Pb/g w.w.}$)

DERİŞİM	Kas		Karaciğer		Solungaç		Böbrek	
	X \pm Sx	*	X \pm Sx	*	X \pm Sx	*	X \pm Sx	*
0.0	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a
0.1 Pb	3.76 \pm 0.1	bx	7.72 \pm 1.3	by	12.40 \pm 1.1	bz	36.36 \pm 0.1	bt
0.1 Pb+0.1 Ze	3.70 \pm 0.2	bx	7.01 \pm 1.1	cy	12.00 \pm 0.1	cz	36.20 \pm 1.1	bt
0.1 Pb+0.2 Ze	3.61 \pm 0.1	bx	6.80 \pm 1.0	cy	11.80 \pm 1.2	cz	30.40 \pm 1.3	ct
0.0	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a
1.0 Pb	9.80 \pm 0.7	bx	11.50 \pm 1.0	by	15.90 \pm 1.2	bz	56.40 \pm 0.1	bt
1.0 Pb+0.1 Ze	9.50 \pm 0.6	cx	10.40 \pm 1.1	cy	15.20 \pm 1.0	cz	55.78 \pm 2.3	ct
1.0 Pb+0.2 Ze	9.40 \pm 0.3	cx	10.01 \pm 1.0	dy	14.50 \pm 1.1	dz	53.71 \pm 0.3	dt

* a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01)
X \pm Sx: Aritmetik ortalama \pm Standart hata, D.A.: Duyarlılık düzeyinin altında

Tablo 2. *O. niloticus*'un doku ve organlarında 20. günde kurşun birikimi üzerine zeolitin etkisi ($\mu\text{g Pb/g k.a.}$)**Table 2.** The effect of zeolite on accumulation of lead in *O. niloticus* tissue and organs at 20. Day ($\mu\text{g Pb/g w.w.}$)

DERİŞİM	Kas		Karaciğer		Solungaç		Böbrek	
	X \pm Sx	*	X \pm Sx	*	X \pm Sx	*	X \pm Sx	*
0.0	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a
0.1 Pb	5.30 \pm 0.3	bx	9.11 \pm 1.0	by	12.01 \pm 0.2	bz	41.16 \pm 1.1	bt
0.1 Pb+0.1 Ze	5.02 \pm 0.1	bx	8.80 \pm 0.1	cy	11.90 \pm 0.1	cz	40.41 \pm 0.1	ct
0.1 Pb+0.2 Ze	4.90 \pm 0.2	bx	8.00 \pm 0.2	dy	11.80 \pm 0.2	cz	36.16 \pm 1.2	dt
0.0	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a
1.0 Pb	9.60 \pm 1.1	bx	11.20 \pm 1.1	by	16.83 \pm 0.2	bz	68.18 \pm 1.1	bt
1.0 Pb+0.1 Ze	9.05 \pm 1.3	cx	11.00 \pm 0.1	by	16.11 \pm 0.1	cz	66.63 \pm 2.2	ct
1.0 Pb+0.2 Ze	8.80 \pm 0.3	dx	9.80 \pm 1.1	cy	13.66 \pm 0.3	dz	60.13 \pm 1.0	dt

* a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01)
X \pm Sx: Aritmetik ortalama \pm Standart hata, D.A.: Duyarlılık düzeyinin altında

Tablo 3. *O. niloticus*'un doku ve organlarında 30. günde kurşun birikimi üzerine zeolitin etkisi ($\mu\text{g Pb/g k.a.}$)**Table 3.** The effect of zeolite on accumulation of lead in *O. niloticus* tissue and organs at 30. Day ($\mu\text{g Pb/g w.w.}$)

DERİŞİM	Kas		Karaciğer		Solungaç		Böbrek	
	X \pm Sx	*	X \pm Sx	*	X \pm Sx	*	X \pm Sx	*
0.0	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a
0.1 Pb	9.00 \pm 0.3	bx	12.01 \pm 1.2	by	20.78 \pm 1.3	bz	53.16 \pm 0.1	bt
0.1 Pb+0.1 Ze	8.75 \pm 0.2	bx	11.40 \pm 2.1	cy	20.11 \pm 1.1	cz	50.70 \pm 2.1	ct
0.1 Pb+0.2 Ze	8.69 \pm 0.1	bx	10.11 \pm 1.1	dy	19.66 \pm 0.1	dz	46.48 \pm 1.1	dt
0.0	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a	D.A.	a
1.0 Pb	12.05 \pm 1.2	bx	18.25 \pm 1.2	by	28.78 \pm 0.1	bz	79.71 \pm 1.2	bt
1.0 Pb+0.1 Ze	10.11 \pm 1.1	cx	16.10 \pm 2.1	cy	27.13 \pm 1.1	cz	77.66 \pm 1.3	ct
1.0 Pb+0.2 Ze	10.80 \pm 1.3	dx	13.01 \pm 1.1	dy	25.66 \pm 2.1	dz	70.12 \pm 1.1	dt

* a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01)
X \pm Sx: Aritmetik ortalama \pm Standart hata, D.A.: Duyarlılık düzeyinin altında

Etkide kalınan 30. gün süre sonunda yalnız kurşun ve kurşun + zeolit karışım derişimleri *O. niloticus* doku ve organlarında kas dokusu hariç istatistiksel olarak fark vardır (Tablo 3; SNK; $P < 0.01$). Bu süre sonunda hem kurşun ortam derişimi hem de kurşun + zeolit karışım derişiminde azalmalar olmuştur. Bu azalmalar 0.1 mg/l kurşun ve zeolit varlığında *O. niloticus* doku ve organları arasında en fazla karaciğer ve kas dokusunda olmuştur (%15 ve %10). 1.0 mg/l kurşun ve zeolit varlığında ise en fazla karaciğer, böbrek ve solungaç dokularında (%28, %12 ve %10) olmuştur.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu araştırmada *O. niloticus*'un kurşun ve kurşun + zeolit derişimleri etkisinde her üç süre sonunda da ölüm gözlenmemiştir. Ölümün gözlenmemesi balığın kurşun etkisinde solungaç, kas, karaciğer ve böbrek gibi dokularda metallothionein gibi moleköl ağırlığı düşük, sistein bakımından zengin metal bağlayıcı proteinlerle, bir tripeptid olan glutatyona bağlanması ve metabolizmanın yavaşlatılması^{18,19} gibi uyum mekanizmalarını geliştirmeyle meydana geldiği bildirilmektedir.

Kurşun balıklarda çok önemli enzim inhibitörü olarak görev yapan toksik bir metaldir^{19,20}. Kurşunun ayrıca iyon regülasyonunun bozulması, solungaçlarda oksijen alımının engellenerek hipoksiyanın oluşması^{21,22} ve enzim aktivitelerinin engellenmesi gibi etkilerinin olabileceği belirlenmiştir.

Önceki çalışmalarda ağır metale maruz bırakılan balıkların yem almadıkları tespit edilmiştir²³. Bu araştırmada deney süresince kurşun ve kurşun + zeolit ortam derişimlerinin etkisinde bulunan balıkların, kontrol grubu balıklarına oranla hareketsiz oldukları ve verilen yemleri almadıkları gözlenmiştir.

Ağır metallerin düşük derişimlerinde etkisine bırakılan balıklarda solungaç ve iç organlarda hasarların oluştuğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir²¹⁻²⁵. Bu araştırmada Pb'un düşük derişimlerinin etkisine bırakılan balıklarda metalin, solungaçlarda aşırı derecede mukus birikimine, operkulum hareketlerinin sıklığında bir artışa ve yüzgeçlerde dejenerasyona neden olduğu gözlenmiştir. Benzer olarak bakır derişiminin etkisine bırakılan *Salmo trutta*'da solungaçların epitelyum tabakasının incelendiği, klor hücrelerinin çoğaldığı, lamellerin çöktüğü ve bu nedenle solungaç yüzey alanının azaldığı ve sonuçta oksijen alınımında bozulmaların oluştuğu gözlenmiştir²⁶.

Sucul ortamda kurşunun doku ve organlarda etkide kalınan derişime ve süreye bağlı olarak arttığı saptanmıştır²⁷. *Procambarus clarkii*'de metal birikimi ile ilgili bir çalışmada dokularda kurşun birikiminin etkide kalınan süre ve ortam derişimine bağlı olduğu belirtilmiştir²⁸. Bu araştırmada her üç sürede de kurşunun tüm doku ve

organlarda arttığı saptanmıştır. Bunun sebebinin metallerin sürekli olarak solungaçlardan depolanmak üzere karaciğere ve böbreklere taşınması nedeniyle olabileceği düşünülmektedir.

Sucul organizmalarda, laboratuvar koşullarında ağır metallerin alımı ve eliminasyonu ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır²⁹⁻³³. Bu araştırmaların çoğunda metal toksisitesini azaltmakda kullanılan şelatlaştırıcı maddelerle ilgili olduğu rapor edilmiştir³⁴⁻³⁶. Özellikle metal toksisitesinin azalmasında Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), Nitritotriacetic acid (NTA) ve sitrat gibi birçok şelatlaştırıcı madde kullanılmıştır³⁷⁻³⁹. Bunlar içerisinde zeolitler, daha ucuz, hiçbir yan etkisi olmayan, kirli çevrelerden toksik elementlerin gideriminde kullanılan kimyasal bir ajandır. Yapılan bir araştırmada, doğal zeolit kullanarak sudaki amonyak konsantrasyonu azalmıştır⁴⁰. Zeolitlerin ağır metal katyonlarına ilgisi çok fazladır^{41,42}. Bu ilgisi sudaki metal konsantrasyonun azalmasına ve bunun sonucunda canlı dokularda metal düzeylerini de azaltmıştır^{12,19,20}.

Karaciğer ağır metallerin en fazla biriktiği organlardandır^{43,44}. Karaciğer balıklarda ortamda bulunan kirleticilerin biotransformasyonunda, detoksifikasyonunda ve atılımında⁴⁵, minerallerin depolanmasında ve sindirimde işlevi olan önemli bir organdır. Ayrıca karaciğer metallothionein gibi detoksifikasyon proteinlerinin başlıca sentezlendiği yerdir⁴⁶. Bu araştırmada *O. niloticus*'da kurşunun karaciğerde fazla birikmesi kurşunun depolanması ve detoksifikasyonunda etkin bir işlevi olduğunu göstermektedir. Karaciğerde kurşun birikimi kurşun + zeolit karışımında ise önemli düzeyde azaldığı saptanmıştır. Bu azalma en fazla 30. günde yaklaşık %28 kadar olmuştur. Azalmanın sebebi zeolitin iyon değıştirebilme yeteneği ile iyonik kurşunun zeolit etkisinde başka bir katyona dönüşmesi ve balığın kurşunu daha az biriktirmesine neden olabilir. *Heteropneustes fossilis* karaciğer dokusunda kurşun etkisinde azalan protein, RNA ve glikojen düzeyi zeolitin varlığında artmış ve zeolitin koruyucu etki yaptığı rapor edilmiştir¹².

Böbrekler balıklarda metallerin atılımını sağlayan önemli bir organ olduğu ve *Anabas testudines*'de kurşun birikimi üzerine yapılan bir araştırmada en yüksek birikimin böbreklerde olduğunu bunu solungaç ve karaciğerin izlediği bildirilmiştir⁴⁷. *S. trutta* ve *Anguilla anguilla* ile yapılan bir araştırmada böbreklerin kurşun birikimi için bir hedef organ olduğu belirlenmiştir⁴⁸. Bu çalışmada en fazla kurşun birikiminin dokular arasında böbreklerde olduğu saptanmıştır. Kurşun + zeolit karışımında ise yalnız kurşun etkisindeki balıklara göre kurşun birikiminde bir azalma olmuştur. Bu azalma sudaki kurşun düzeylerinin zeolitler tarafından azaltılması sayesinde olduğu düşünülmektedir. Tüm doku ve organlar karşılaştırıldığında bu azalma çok fazla olmuştur (10. günde yaklaşık %16 kadar). Bunun sebebinin metal bağlayıcı proteinlerin sentez yerinin böbrekler olmasından^{18,49} kaynaklandığı düşünülmektedir.

Solungaçlar iyon ve gaz değişiminde önemli rol oynayan ve metal bağlayıcı proteinler sentezleyerek ağır metallerin vücuda geçişini önlemektedir^{50,51}. *O. mykiss* ile yapılan bir çalışmada solungaçların diğer dokularla kıyaslandığında kurşunun toksik etkisinin en fazla bu organda olduğu ve birikimin de yüksek düzeyde gerçekleştiği saptanmıştır⁵. Bu çalışmada kurşun derişimleri etkide kalınan süreye bağlı olarak balığın solungaçlarında arttığı saptanmıştır. Ortamda zeolit varlığında kurşun birikimi *O. niloticus* solungaçlarında kurşunun yalnız etkisine göre bir azalma göstermiştir. Bu azalma en fazla 20. günde yaklaşık %18 kadardır. Solungaç dokusunda kurşun birikimi (I) balığın solungaçlarında fazla miktarda mukus oluşturmasından²⁷, (II) oluşan mukusun metali bağlayarak vücuda girişini engellemesinden²¹, (III) ortamdaki zeolitlerin metali bağlanabilme yeteneğinin fazla olması¹⁴ ile sudaki konsantrasyonunu azaltması gibi nedenlerden dolayı kurşun balık dokularında az bulunduğu düşünülmektedir.

Kaslar balıklarda ağır metalleri biriktirmede metabolik olarak aktif bir doku olmadığı ve tatlı su balıklarıyla yapılan araştırmalarda kas dokusunun kurşunu diğer dokulara oranla düşük düzeyde biriktirdikleri saptanmıştır^{47,52,53}. Bu araştırmada da kurşun birikimi diğer doku ve organlara göre kas dokusunda daha az olmuştur. Ortamda zeolit varlığında ise bir azalma saptanmıştır. Bu azalma istatistiksel olarak önem göstermediği tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki zeolit *O. niloticus*'u kurşun toksisitesine karşı korumuştur. Kurşun birikimi etkide kalınan süreye ve ortam derişimine bağlı olarak artma gösterirken, kurşun + zeolit karışımında kurşun birikimi *O. niloticus* doku ve organlarında önemli azalmalara neden olmuştur. Bu azalma zeolit iyon değiştirebilme yeteneği ile ortamdaki kurşun derişimini azaltarak dokularda birikimi azalttığı düşünülmektedir. Bu bağlamda zeolitlerin balıklar için zararsız olduğu ve sudaki balık için toksik olan ağır metalleri tutması nedeniyle faydalı bir etkiye sahip oldukları da gösterilmiştir

KAYNAKLAR

- 1. Douben PET:** Uptake and elimination of waterborne cadmium by the fish *Neomacheilus barbatus* (Stone Loach). *Arch Environ Contam Toxicol*, 18, 576-586, 1989.
- 2. Murphy CB Jr, Spiegel SJ:** Bioaccumulation and toxicity of heavy metals and related trace elements. *Water Pollution*, 55 (6): 816-821, 1983.
- 3. Viarengo A:** Biochemical effects of trace metals. *Mar Pollut Bull*, 16 (4): 153-158, 1985.
- 4. Berman E:** Copper in Toxic Metals and Their Analysis. Capter 12, pp. 88-100, Heyden&Son Ltd, London, 1980.
- 5. Roger JT, Richards JG, Wood CM:** Ionoregulatory disruption as the toxic mechanism for lead in the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Toxicol*, 64 (2), 1-20, 2003.
- 6. Burden VM, Sandheinrich MB, Caldwell CA:** Effects of lead on the growth and d-aminolevulinic acid dehydratase activity of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Environ Pollut*, 101, 285-289, 1998.
- 7. Campana O, Sarasquete C, Blasco J:** Effect of lead on ALA-D activity, metallothionein levels, and lipid peroxidation in blood, kidney, and liver

of the toadfish *Halobatrachus didactylus*. *Ecotoxic Environ Safe*, 55, 116-125, 2003.

- 8. Ruparelia SG, Verma Y, Mehta NS, Salyed SR:** Lead-induced biochemical changes in freshwater fish *Oreochromis mossambicus*. *Bull Environ Contam Toxicol*, 43, 310-314, 1989.
- 9. Blasco J, Puppo J:** Effects of heavy metals (Cu, Cd and Pb) on aspartate and alanine aminotransferase in *Ruditapes philippinarum* (Mollusca: Bivalvia). *Comp Biochem Physiol C*, 122, 253-263, 1999.
- 10. Türkman A, Aslan Ş, Ege I:** Doğal zeolitlerle atık sulardan kurşun giderimi. *DEÜ Müh Fak Fen Müh Derg*, 3 (2): 13-19, 2001.
- 11. Babel S, Kurniawan TA:** A research study on Cr (VI) removal from contaminated wastewater using natural zeolite. *J Ion Exchange*, 14, 289-292, 2003.
- 12. Jain SK:** Protective roles of zeolite on short and long term lead toxicity in teleost fish *Heteropneustes fossilis*. *Chemosphere*, 39 (2): 247-251, 1999.
- 13. Mishra M, Jain SK:** Effect of natural ion exchanger chabazite for remediation of lead toxicity: An experimental study in teleost fish *Heteropneustes fossilis*. *Asian J Exp Sci*, 23 (1): 39-44, 2009.
- 14. Tepe Y, Akyurt I, Ciminli C, Mutlu E, Çalıřkan M:** Protective effect of Clinoptilolite on lead toxicity in Common Carp *Cyprinus carpio*. *Fres Environ Bull*, 13 (7): 639-642, 2004.
- 15. Muramoto S:** Elimination of copper from Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and fresh water. *J Environ Sci Health*, 18 (3): 455-461, 1983.
- 16. Sokal RR, Rohlf JF:** Biometry. p. 776, WH Freeman and Co, San Francisco, USA, 1969.
- 17. Rohlf JF, Sokal RR:** Statistical Tables. p. 253, WH Freeman and Co, San Francisco, USA, 1969.
- 18. Thomas DG, Brown MW, Shurben D, Solbe JFDG, Cryer A, Kay J:** A comparison of the sequestration of cadmium and zinc in the tissues of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Following exposure to the metals singly or in combination. *Comp Biochem Physiol*, 82, 55-62, 1985.
- 19. Jain SK, Raizada AK, Jain K:** Protective role of zeolite on lead toxicity in freshwater fish. *XIII ISEB*, Monopoli, Bari, Italy, 1997.
- 20. Shrivastava S, Mishra M, Jain SK:** Remediation of lead toxicity in fish tissues through zeolite with reference to glycogen content. *J Natcon*, 13 (2): 231-235, 2001.
- 21. Health AG:** Water pollution and fish physiology. p. 24, CRC Pres. Florida USA, 1987.
- 22. Lacrox GL, Gordon DJ, Johnstan DJ:** Effects of low environmental pH on the survival, growth, and ionic composition of postemergent Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can J Fish Aquat Sci*, 42, 768-775, 1985.
- 23. Buckley JT, Roch M, McCarter JA, Rendell CA, Matherson AT:** Chronic exposure of coho salmon to sublethal concentrations of copper-I. Effects of growth, on accumulation and distribution of copper and on copper tolerance. *Comp Biochem Physiol*, 72 (1): 15-19, 1982.
- 24. Nemcsok JG, Hughes GM:** The effect of copper sulphate on some biochemical parameters of Rainbow trout. *Environ Pollut*, 49, 77-85, 1988.
- 25. Hutcinson NJ, Sprague JB:** Lethality of trace metal mixtures to Americans flagfish in neutralized acid water. *Arch Environ Contam Toxicol*, 18, 249-254, 1989.
- 26. Beaumont AR, Tserpes G, Budd MD:** Some effects of copper on the veliger larvae of the mussel *Mytilus edulis* and the scallop *Pecten maximus* (Mollusca, Bivalvia). *Mar Environ Res*, 21, 299-309, 1995.
- 27. Tao S, Liu C, Dawson R, Cao J, Li B:** Uptake of particulate lead via the gills of fish (*Carassius auratus*). *Arch Environ Contam Toxicol*, 37, 352-357, 1999.
- 28. Anderson MB, Preslan JE, Jolibois L, Bollinger JE, Gearge WJ:** Bioaccumulation of lead nitrate in red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *J Hazard Mater*, 54, 15-29, 1997.
- 29. Allen P:** Accumulation profiles of lead and the influence of cadmium and mercury in *Oreochromis aureus* (Steindachner) during chronic exposure. *Toxicol Environ Chem*, 44, 101-112, 1994.
- 30. Regoli F, Orlando E:** Seasonal variation of trace metal concentrations in

the digestive gland of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*: Comparison between a polluted and a non-polluted site. *Arc Environ Contam Toxicol*, 27, 36-43, 1994.

31. Suresh A, Sivaramakrishna B, Radhakrishnaiah K: Cadmium induced changes in ion levels and ATPase activities in the muscle of the fry and fingerlings of the freshwater fish, *Cyprinus carpio*. *Chemosphere*, 30 (2): 365-375, 1995.

32. Riget F, Dietz R, Johansen P: Zinc, cadmium, mercury and selenium in Greenland fish. *Meddelelser om Grønland Bioscience*, 48, 1-29, 1997.

33. Baden SP, Eriksson SP, Gerhardt L: Accumulation and elimination kinetics of manganese from different tissues of the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (L.). *Aquatic Toxicol*, 46, 127-137, 1999.

34. Friedhein E, Graziano JH, Popovac D, Dragaric D, Kaul B: Treatment of lead poisoning by 2,3-dimercaptosuccinic acid. *Lancet*, 2, 1234-1236, 1978.

35. Graziano JH, Siris ES, Lolocono N, Silverberg SJ, Turgeon L: 2,3-Dimercaptosuccinic acid as an antidote for lead intoxication. *Clin Pharmacol Ther*, 37, 431-438, 1985.

36. Klavassen CD: Heavy metals and heavy metals antagonist. In, Gilman AG, Goddman LS, Rail TW, Murad F (Eds): *The Pharmacological Basis of Therapeutics*. pp. 1605-1627, Mc Millan, New York, USA, 1985.

37. Muramoto S: Effects of complexans (EDTA, NTA and DTPA) on the exposure to high concentrations of cadmium, copper, zinc and lead. *Bull Environ Contam Toxicol*, 25, 941-946, 1980.

38. Simon CM: Design and operations of a large scale commercial penaeid shrimp hatchery. *J World Maricult Soc*, 12 (2): 322-334, 1981.

39. James R, Sampath K, Selvamani P: Effect of EDTA on reduction of copper toxicity in *Oreochromis mossambicus*. *Bull Environ Contam Toxicol*, 60, 487-493, 1998.

40. Aral N, Gunay A, Serimoglu O, Cali M, Debik E: Ammonia removal from aqueous solution by ion exchange using natural zeolite. *Fres Environ Bull*, 8, 344-349, 1999.

41. Sherman JD: Ion exchange separation with molecular sieve zeolite. *AICL symposium series*, 179 (74): 98-116, 1978.

42. Semmens MJ, Seyfarth M: The selectivity of clinoptilolite for certain heavy metals. In, Sand LB, Mumpton FA (Eds): *Natural zeolites:*

Occurance, properties, use. pp. 517-526, Pergamon Press, Elmsford, New York, 1978.

43. Hollis L, Hogstrand C, Wood CM: Tissue-specific cadmium accumulation, metallothionein induction, and tissue zinc and copper levels during chronic sublethal Cd exposure in juvenile rainbow trout. *Arc Environ Contam Toxicol*, 41, 468-474, 2001.

44. Cogun HY, Kargin F: Effects of pH on the mortality and accumulation of copper in tissues of *Oreochromis niloticus*. *Chemosphere*, 55, 277-282, 2004.

45. Ali BA, Al-Ogaily SM, Al-Asgah NA, Gropp J: Effect of sublethal concentrations of copper on the growth performance of *Oreochromis niloticus*. *J Appl Ichthyol*, 19, 183-188, 2003.

46. Cinier CDe C, Petit-Ramel M, Faure R, Garin D, Bouvet Y: Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues. *Comp Biochem Physiol*, 122, 345-352, 1999.

47. Tulasi SJ, Reddy PU, Rao JVR: Accumulation of lead and effects on total lipids and lipid derivatives in the freshwater fish *Anabas testudines*. *Ecotox Environ Saf* 23, 33-38, 1992.

48. Linde AR, Sanchez-Galan S, Klein D, Garcia-Vaquez E, Summer KH: Metallothionein and heavy metals in brown trout (*Salmo trutta*) and European eel (*Anguilla anguilla*): A comparative study. *Neotoxicol Environ Saf*, 44, 168-173, 1999.

49. Wood CM: Acid-base and ionic exchanges at gills and kidney after exhaustive exercises in the rainbow trout. *J Exp Biol*, 136, 461-481, 1988.

50. Lauren DJ, McDonald DG: Acclimation to copper by rainbow trout, *Salmo gairdneri*: physiology. *Can J Fish Aquat Sci*, 44, 99-104, 1987.

51. Yilmaz M, Yusuf Ersan Y, Koç E, Özen H, Karaman M: Toxic effects of cadmium sulphate on tissue histopathology and serum protein expression in European Chub, *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758). *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 17 (Suppl. A): S131-S135, 2011.

52. Blevins RD, Pancorbo OC: Metal concentrations in muscle of fish from aquatic systems in East Tennessee, U. S. A. *Water Air Soil Pollut*, 29, 361-371, 1986.

53. Kargin F: Metal concentrations in tissues of the freshwater fish *Capoeta barroisi* from the Seyhan River (Turkey). *Bull Environ Contam Toxicol*, 60 (5): 822-828, 1998.