

Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) balığı dokularında kalsiyum ve zeolit kadmiyum birikimine etkisi

The effects of calcium and zeolite on cadmium accumulation in tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) fish tissues

Hikmet Yeter Çoğun^{1*} • İpek Çimrin Reyhan²

¹ Çukurova Üniversitesi Ceyhan Veteriner Fakültesi Temel Bilimler Bölümü, Fizyoloji AD, Ceyhan, Adana

² Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kilis

*Corresponding author: hcogun@cu.edu.tr

Received date: 13.1.2016

Accepted date: 24.2.2016

How to cite this paper:

Çoğun, H.Y. & Reyhan, İ.Ç. (2016). The effects of calcium and zeolite on cadmium accumulation in tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) fish tissues (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(1): 41-46. doi: 10.12714/egejfas.2016.33.1.07

Öz: Araştırmamızda kalsiyum ve zeolit *Oreochromis niloticus* balık dokularında (böbrek, karaciğer, solungaç ve kas) kadmiyum birikimi üzerine etkileri incelenmiştir. Balıklar 5, 10 ve 15 gün sürelerle 1,0 mg/L Cd, 1,0 mg/L Cd+1,0 mg/L Ca (Cd+Ca), 1,0 mg/L Cd+0,1 g/L Zeolit (Cd+ZE) karışımının etkisine bırakılmış, dokulardaki kadmiyum birikimi ICP-MS Spektrometresi ile ölçülmüştür. Dokulardaki kadmiyum derişimi sürenin uzamasıyla artmıştır. En yüksek kadmiyum birikimi böbrek dokusunda bulunmuş olup, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokusu izlemiştir. Etkide kalınan tüm sürelerde, *O. niloticus*'un dokularında kadmiyum birikimi kalsiyum ve zeolit varlığında azalmıştır. Çalışma sonucunda, kadmiyum birikiminin zeolit ve kalsiyum tarafından azaltıldığı ve bu azalışta zeolit etkisinin, kalsiyuma göre, daha fazla olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Kadmiyum, birikim, kalsiyum, zeolit, *Oreochromis niloticus*

Abstract: In our study, effects of calcium and zeolite on the accumulation of cadmium in fish tissues (kidney, liver, gill and muscle) of *Oreochromis niloticus* was investigated. The fish was exposed to 1.0 mg/L Cd, 1.0 mg/L Cd+1.0 mg/L Ca (Cd+Ca), 1.0 mg/L Cd+1.0 g/L Zeolite (Cd+ZE) mixtures for 5, 10 and 15 days, and cadmium accumulation in tissues were measured by ICP-MS spectrophotometry. Cadmium accumulation also increased with increasing periods of exposure tissues studied. Highest accumulation of cadmium occurred in the kidney followed by liver, gill and muscle. In all exposure periods, accumulation of cadmium in whole tissues of *O. niloticus* decreased statistically significant in the presence of calcium and zeolite. The result of our study demonstrated that the accumulation of cadmium was decreased by calcium and zeolite, and that this decreasing effect of zeolite is more important than that of calcium.

Keywords: Cadmium, accumulation, calcium, zeolite, *Oreochromis niloticus*.

GİRİŞ

Ağır metaller doğal yollarla oluştuğu gibi (toprak erozyonu ve volkanik faaliyetler), insan faaliyetleri ve tarımsal aktivitelerin bir sonucu olarak da ortaya çıkmakta ve çevrede bulunma miktarları artabilmektedir (Moiseenko ve Kudryavtseva, 2001). Sucul ortama giren ağır metaller bir süre sonra sucul organizmalar tarafından ortamdan alınmakta ve besin zinciri yoluyla bir üst düzeye artan derişimlerde iletilmektedirler.

Kadmiyum biyolojik bir aktiviteye girmeyen ve toksik etki göstermesi bakımından ilk sıralarda bulunan önemli bir metaldir. Kadmiyumun endüstride kullanılmasıyla çevre kirliliği önemli derecede artmıştır (Pratap vd. 1989). Volkanik patlamalar, orman yangınları ve fosil yakıtların yanması ile atmosfere karışan kadmiyum yağmur yoluyla ayrıca zirai atıklar, maden atıkları, endüstriyel kullanım ve atık su deşarjlarıyla akuatik ortamlara karışmaktadır (Hollis vd. 1999;

Szebedinszky vd. 2001). Balıklarda kadmiyumun, solungaçlar yolu ile sudan alındığı ardından kan plazmasındaki taşıyıcı proteince bağlandığı ve dolaşım yoluyla farklı dokulara dağılarak doku hasarlarına, omurga rahatsızlıklarına, solunum değişimine ve iyon dengesinde bozukluklara neden olduğu bilinmektedir (Wong ve Wong, 2000; De Smet ve Blust, 2001).

Kalsiyum suyun sertlik kalitesini belirlemede çok önemli bir iyondur (Berntssen vd. 2003). Genel olarak organizmalarda kalsiyum kasların kasılmasında, salgı hücrelerinin sekresyonunda, ekstraselüler protein ve enzimlerde kofaktör olarak görev alan önemli işlevleri olan bir iyondur (Hunn, 1985). Zeolitler alüminyum silikat ve kil mineralleri olup, sularda iyon değıştirme ve katyonları uzaklaştırma özelliğindedirler (Türkman vd. 2001; Babel, 2003). Zeolitler, pekçok araştırmada, sucul ortamda toksisitenin giderilmesinde

kullanılmışlardır (Jain, 1999; Mishra ve Jain, 2009; Çoğun ve Şahin, 2012).

Ağır metallerin giderilmesinde kullanılan birçok sentetik kimyasal bileşikler (EDTA, NTA ve DTPA gibi) vardır. Sentetik kimyasal bileşikler metaller için şelat ajan olmaları nedeniyle günümüzde endüstrinin tüm alanlarında geniş bir şekilde kullanılmaktadırlar. Bu kimyasal bileşiklere ek olarak, günümüzde suyun sertliği gibi ortamlar ve zeolit gibi iyon deşistirebilme kapasitesine sahip madenlerde kullanılmaktadır.

Oreochromis niloticus balıkları su kirliliğinde biyoindikatör olarak kullanılan bir türdür (Almeida vd. 2001). Ayrıca yapılan birçok araştırmada bu türün metallerle karşı çok dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Çoğun vd. 2003; Çoğun ve Kargın, 2004; Sağlamtimur vd. 2004; Çoğun ve Şahin, 2012).

Bu çalışmada, 5, 10 ve 15 günlük uygulama sürelerinde *Oreochromis niloticus* bireylerinde kadmiyumun toksisite etkisinin giderilmesinde, kalsiyum ve zeolit kullanılmıştır. Kadmiyum+kalsiyum (Cd+Ca) ve kadmiyum+zeolit (Cd+ZE) etkisine maruz bırakılan bireylerin solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularında metal birikimi ile kalsiyum ve zeolitin kadmiyum toksisitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu araştırmada kullanılan *Oreochromis niloticus* bireyleri Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nin yetiştirme havuzlarından alınmış ve üç ay süre ile 40X100X40 cm boyutlarındaki dokuz stok akvaryumu içinde laboratuvar koşullarına adaptasyonları sağlanmıştı. Bu süre sonunda balıklar uygun boy ve ağırlığa ulaşmıştı.

Deneyler 20 ± 10C sıcaklıkta yürütülmüş, akvaryumlar merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış ve günde sekiz saat aydınlatma / 16 saat gece periyodu uygulanmıştır. Balıklar, günde iki kez olmak üzere balık ağırlığının % 1'i kadar hazır balık yemi (Pinar Balık Yemi, Türkiye) ile beslenmişlerdir.

Deney 5, 10 ve 15 gün sürelerde kadmiyumun 1,0 mg/L ortam derişimi ve aynı kadmiyum ortam derişimi ile kalsiyum ve zeolit karışımlarına (1,0 mg/L Cd +1,0 mg/L Ca ve 1,0 mg/L Cd + 0,1 g/L Zeolit) maruz bırakılmıştır.

Deneylerde, 40X100X40 cm boyutlarında olan ve her birinin içerisinde 18 balık bulunan 50'şer litrelik 4 adet cam akvaryum kullanılmıştır. Bu akvaryumlardan ilkinde 1,0 mg/L kadmiyum, ikincisine kadmiyum+kalsiyum (1,0 mg/L Cd

+1,0mg/L Ca) (Cd+Ca), üçüncü akvaryuma kadmiyum+zeolit (1,0 mg/L Cd +0,1 g/L Zeolit) (Cd+ZE) miktarlarda karışımlar konulmuş ve dördüncü akvaryum kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Deneyler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve her tekrarda iki balık örnekleme yapılmıştır.

Deney ortamında metallerin konsantrasyonunda zamana bağlı deşistimler olabileceği için deney boyunca akvaryum suları ve çözeltiler iki günde bir deşistirilmiştir. Kullanılan kalsiyum, Ca(OH)₂ (MERCK) formunda, kadmiyum, CdCl₂ (MERCK) formunda olup, zeolit ise İstanbul Rota Madencilik A.Ş.'den <75 mikron çapında temin edilmiştir.

Her deney süresi bitiminde 2'şer adet balık numunesi alınmış ve balıkların kas, solungaç, karaciğer ve böbrek dokularının diseksiyonu yapılmıştır. Doku ve organlar etüvide 150 OC'de 48 saat süreyle kurumaya bırakılmışlardır. 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 (Muramoto, 1983) ve çeker ocakta 1200C' de 3 saat süreyle yakılmıştır. Yakımı tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktarılmış ve üzerleri deiyonize su ile 5 ml' ye tamamlanarak kadmiyum analizine hazır hale getirilmiştir. Doku ve organlardaki kadmiyum analizleri Perkin Elmer ICP-MS cihazı kullanılarak tespit edilmiştir.

Doku ve organlardaki kadmiyum analizleri Kilis 7 Aralık Üniversitesi Toprak Analiz Laboratuvarında Perkin Elmer ICP-MS cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen verilerle, SPSS 10 istatistik programı kullanılarak tanımlayıcı istatistikler yapılmış ve ANOVA ile karşılaştırmalar yapılmış Student Newman Keuls ile farklılıklar ortaya çıkarılmıştır.

BULGULAR

Denenen tüm sürelerde (5, 10 ve 15 gün) ortamda bulunan Cd derişimine ve süreye bağlı olarak doku ve organlardaki Cd birikiminin de arttığı saptanmıştır. Denenen ortam derişiminde de en yüksek Cd birikimi böbrekte olmuş, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokusu izlemiştir (Tablo 1-3, p<0,01). Kadmiyum'un kalsiyum ve zeolit ile (Cd+Ca ve Cd+ZE) karışımlarının etkisine bırakılan balıkların doku ve organlardaki kadmiyum birikimi 5. günün sonunda önemli düzeyde azalmıştır. Bu azalmalardan en fazla olanı Cd+ZE karışım derişiminde solungaç ve böbrek dokusunda %38 ve %43 oranlarında olmuştur (Tablo 1 p<0,01).

Tablo 1. *Oreochromis niloticus* balık doku ve organlarında 5. günde kadmiyum birikimi (µg Cd/g k.a.)

Table 1. The accumulation of cadmium in tissues and organs of *Oreochromis niloticus* at the 5th day (µg Cd/g d.w.)

ORGAN	Derişimler (mg/L)			
	0,0	1,0 (mg/L Cd)	Cd+Ca	Cd+ZE
	$\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{X}^*$
Kas	DA a	4,63 ± 0,43 xb	3,44 ± 1,02 xb	3,07 ± 1,13 xb
Solungaç	DA a	13,66 ± 0,21 yb	11,88 ± 1,11 yb	8,45 ± 0,01 yc
Karaciğer	DA a	17,24 ± 0,10 zb	13,40 ± 0,21 zc	12,33 ± 1,52 zc
Böbrek	DA a	53,52 ± 1,63 tb	36,22 ± 1,38 tc	30,30 ± 1,58 td

* : 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). (Cd+Ca: 1,0 mg/L Cd+1,0 mg/L Ca, Cd+ZE: 1,0 mg/L Cd+1,0 g/L Zeolit) $\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata, DA: Duyarlılık düzeyinin altında

O. niloticus'da 10. gün süre sonunda ortam derişimine göre kalsiyum ve zeolit doku ve organlardaki kadmiyum birikimini önemli düzeyde düşürmüştür. Bu azalmalardan en fazla olanı tüm dokularında Cd+ZE karışımı etkisindeki balıklarda olup yaklaşık solungaç dokusunda %54, böbrek dokusunda %44, karaciğer dokusunda %41 oranındadır (Tablo 2).

Ortam süresi 10. gün sonunda tüm derişimlerde ve dokular arasında istatistik olarak fark bulunurken kas dokusunun kadmiyum ortam derişimi ile Cd+Ca ortam derişimi arasında

istatistik olarak fark bulunmamıştır (Tablo 2; $p>0,01$).

Kadmiyum ve karışımlarının etkisindeki balıkların böbrek, karaciğer, solungaç ve kas dokularında kadmiyum birikimi, 15. günün sonunda doğrudan kadmiyum etkisine bırakılan balıklara oranla azaldığı belirlenmiştir (Tablo 3). Bu azalmalardan en fazla olanı Cd+ZE karışımında solungaç ve karaciğer dokusunda %50 ve %46 oranında bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 2. *Oreochromis niloticus* balık doku ve organlarında 10. günde kadmiyum birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$)

Table 2. The accumulation of cadmium in tissues and organs of *Oreochromis niloticus* at the 10 th day ($\mu\text{g Cd/g d.w.}$)

ORGAN	Derişimler (mg/L)			
	0,0 $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	1,0 (mg/L Cd) $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	Cd+Ca $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	Cd+ZE $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$
Kas	DA a	5,16 \pm 0,26 xb	5,01 \pm 0,71 xb	3,55 \pm 0,30 xc
Solungaç	DA a	22,40 \pm 0,32 yb	16,88 \pm 1,21 yc	10,21 \pm 0,20 yd
Karaciğer	DA a	41,85 \pm 0,20 zb	37,24 \pm 0,11 zc	24,22 \pm 1,40 zd
Böbrek	DA a	76,75 \pm 2,12 tb	53,78 \pm 2,20 tc	42,42 \pm 2,55 td

* : 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 ($p<0,01$). (Cd+Ca: 1,0 mg/L Cd+1,0 mg/L Ca, Cd+ZE: 1,0 mg/L Cd+1,0 g/L Zeolit) $\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata. DA: Duyarlılık düzeyinin altında

Tablo 3. *Oreochromis niloticus* balık doku ve organlarında 15. günde kadmiyum birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$)

Table 3. The accumulation of cadmium in tissues and organs of *Oreochromis niloticus* at the 15th day ($\mu\text{g Cd/g d.w.}$)

ORGAN	Derişimler (mg/L)			
	0,0 $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	1,0 (mg/L Cd) $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	Cd+Ca $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	Cd+ZE $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$
Kas	DA a	7,23 \pm 0,21 xb	6,47 \pm 0,11 xb	4,75 \pm 0,10 xc
Solungaç	DA a	26,83 \pm 0,35 yb	19,01 \pm 1,30 yc	13,92 \pm 0,20 yd
Karaciğer	DA a	83,20 \pm 4,40 zb	63,13 \pm 2,50 zc	44,63 \pm 2,25 zd
Böbrek	DA a	109,7 \pm 4,60 tb	94,60 \pm 2,50 tc	66,90 \pm 3,40 td

* : 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 ($p<0,01$). (Cd+Ca: 1,0 mg/L Cd+1,0 mg/L Ca, Cd+ZE: 1,0 mg/L Cd+1,0 g/L Zeolit) $\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata, DA: Duyarlılık düzeyinin altında

TARTIŞMA ve SONUÇ

Ağır metaller, su ortamında derişime ve süreye bağlı olarak balıkların davranış değişikliğine neden olmaktadır (Venkataramona ve Radhakrishnaiah, 2001). Mc. Geer vd. (2000) yaptıkları bir çalışmada, farklı kadmiyum derişimlerine bırakıldığı zaman balıklarda iştahın azaldığı, besine karşı yönelmediği, harekette bir yavaşlamanın olduğunu bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da kadmiyum konsantrasyonu olan akvaryumlarda ve bunların kalsiyumlu ve zeolitli karışimli akvaryumlarında balıkların hareketsiz olduğu, yemlere ilgisiz olduğu hatta balıkların kümeleşme yaptığı gözlenmiştir. Sürenin artmasıyla ortam koşullarına adaptasyon mekanizması yardımıyla balıkların davranışları normale dönmüştür.

Ağır metaller, sucul canlıların solunum ve osmoregülasyon sistemini bozmaktadır (Thurberg vd. 1973). Ayrıca balıkların fizyolojik özelliklerini etkileyerek doku ve organlarına zarar vererek; beslenme ve üremesini olumsuz yönde etkilemekte ve balıklarda fonksiyonel ve yapısal değişikliklere neden olmaktadır (Gabryelak vd. 2000). Ağır metaller tarafından

kirlenmiş sularda yaşayan balıkların bağışıklık sisteminin zayıfladığı hastalıklara karşı hassasiyetinin arttığı ve büyük oranlarda ölümlerin gözlendiği belirlenmiştir (Larsson vd. 1985). Ağır metaller balıklarda yüzme hareketini yavaşlatma, besin almaya karşı hareketsizlik ve operkulumda artma gibi davranış değişikliklerine neden olmaktadır (Hilmy vd. 1987).

Kadmiyum canlı organizmada toksik etki yapmakta ve özellikle enzimleri inhibe etmektedir (Kayhan 2006). Kadmiyum, enzimlerin tiyol gruplarına bağlanır ve hedef organı böbreklerdir. Kadmiyum çok düşük derişimlerde bile balıklarda solungaç anormalliklerine (Glynn vd. 1992), yüzme hareketlerine (Pascoe vd. 1986), iyon regülasyonuna sebep olmakta (Torre vd. 2000) ve solunumu bozmaktadır (Bjerregaard ve Vislie, 1985). Yapılan birçok çalışmada kadmiyum ortam derişimi (Brown vd. 1986) ve ortam süresinin artmasıyla (Verboost vd. 1989; Mc Geer vd. 2000) kadmiyum düzeyinin balık doku ve organlarında arttığı bildirilmiştir. Yaptığımız çalışmada da kadmiyum ve bunların kalsiyum ve zeolitli karışımlarında sürenin artmasıyla balığın doku ve organlarında Cd birikiminin azaldığı saptanmıştır.

Toksik metallerin ortamda ve canlı organizmada toksisitesinin azaltılmasıyla ilgili birçok araştırma yapılmıştır (Allen, 1994; Regoli ve Orlando, 1994; Suresh vd. 1993; Riget vd. 1997; Baden vd. 1999). Bu araştırmaların çoğunda toksik madde gideriminde EDTA, NTA, sitrat ve zeolit gibi şelatlayıcı madde kullanılmıştır (Muramoto, 1980; Simon, 1981; James vd. 1998; Çoğun ve Şahin, 2012; Çoğun ve Uras, 2012). Bazı araştırmalarda kadmiyumun organizmadaki toksisitesini azaltmak amacıyla çözülmüş organik madde (Burnison vd. 2006), aliminyum oksit, aliminyum, kalsiyum karbonat (Baldisserotto vd. 2004) ve humik asit (Uçar vd. 2012) kullanıldığı bildirilmiştir.

Yaptığımız çalışmada kadmiyum kalsiyumlu (Cd+Ca) ve zeolitli (Cd+ZE) karışımlarıyla *O. niloticus* türü balık doku ve organlarında kadmiyum birikimini azalttığı saptanmıştır. Yapılan birçok araştırmada göstermiştir ki; metalin su ortamında varlığında su sertliğine metalin çözünürlüğünün değişmesine, ayrıca sert sularda solungaç geçirgenliğinin azalmasına böylelikle metal birikiminin azalması şeklinde saptanmıştır (Pascoe vd. 1986; Baldisserotto vd. 2004). Zeolitler katyon değiştirilme yeteneğine sahiptirler (Jain, 1999; Mishra ve Jain, 2009; Çoğun ve Şahin, 2012) ve katyonlara ilgisi çok fazladır (Semmens ve Seyfarth, 1978). Bu yetenekleri sayesinde canlı dokulardaki ağır metal düzeyini de azalttığı bildirilmiştir (Jain vd. 1997).

Karaciğer, canlıda biyokimyasal işlevi olan Fe, Mg, Mn, Co, Zn ve Cu gibi ağır metallerin en fazla biriktiği bir organdır (Murphy ve Spiegel, 1983; Viarengo, 1985). Balıklarda karaciğer, detoksifikasyon organıdır (Ali vd. 2003). Karaciğerde kadmiyum birikimi, Cd+Ca ve Cd+ZE karışımlarında önemli düzeyde azaldığı saptanmıştır. Kalsiyum ve zeolitli kadmiyumla olan karışımındaki azalma 15. günde yaklaşık 1,5 ve 2 kat olarak tespit edilmiştir. Bu azalmalar kalsiyumun su sertliğini yükselttiğini ve sert sularda metaller daha az aktif olduğu için, balık tarafından birikimi daha az olmaktadır (Reichert vd. 1979).

Solungaçlar, balığın suyla temasının sağlandığı ve ortamdaki kirleticilerle ilk hedef dokudur (Pelgrom vd. 1995; Tao vd. 1999). Ortamda ağır metallerin bulunması balığın buna karşı ilk tepkisi mukus salgılamasını artırması ve bunun sonucunda solunumu etkilemesidir (Howells vd. 1994). Araştırmamızda *O. niloticus*'da kadmiyum birikimi solungaçlarda süreye bağlı olarak arttığı saptanmıştır. Bunun büyük bir olasılıkla solungaçların geniş bir yüzey alanına sahip olması ve solungaçları kaplayan mukusun metalleri tutmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Kadmiyum

birikimi Cd+Ca ve Cd+ZE olan karışımlarında *O. niloticus* solungaçlarında denenen tüm derişim ve sürelerde önemli miktarlarda azalmıştır. Kadmiyum+zeolit karışımında kadmiyum düzeylerindeki azalma zeolitinin etkisinde en fazla 10 ve 15 gün sürelerde ortalama 2 katlık azalma olmuştur. Bu azalmaların sebebi, kalsiyumun su ortamını sert hale getirerek metallerin çökmesine (Exley vd.1991), zeolitlerinde metal bağlayabilme yeteneğinin fazla olmasıyla dokulardaki metal birikimini azaltması olarak düşünülmektedir (Çoğun ve Şahin, 2012; Çoğun ve Uras, 2012).

Balıklarda ve canlı organizmalarda herhangi bir biyolojik işlevleri bulunmayan Cd, Hg, Cr ve Pb gibi ağır metallerin böbreklerde yüksek düzeyde biriktiği bildirilmiştir (Thomas vd. 1985; Suresh vd. 1993). Metallerin böbreklerde yüksek miktarlarda birikmesinin nedeninin bu organın metalleri vücuttan dışarı atabilme işlevinden kaynaklandığı düşünülmektedir. *Micropterus salmoides* ile yapılan bir çalışmada, kadmiyumun karaciğer, böbrek ve solungaçlarda yüksek düzeyde biriktiği ve bu organların önemli oranda metal depolayabildikleri ve boşaltım yapabildikleri belirtilmiştir (Cearley ve Coleman, 1974). Çalışmamızda kadmiyum en fazla böbrek dokusunda birikmiştir. Böbrek dokusunda kadmiyum düzeylerinde 10. günde Cd+Ca derişiminde yaklaşık 1,5 katlık bir azalma, Cd+ZE karışım derişiminde ise tüm sürelerde yaklaşık 2 katlık bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalma, sudaki kadmiyum düzeylerinin kalsiyum ve zeolit tarafından azaltılması sayesinde olmaktadır. Böbrek dokusunda kadmiyum azalması fazla gözlenmemiştir. Bunun sebebi, metal bağlayıcı proteinlerin sentezinin yapım yerinin böbrekler olmasından (Schulz-Baides, 1974; Thomas vd. 1985; Wood, 1988) dolayı olabilir.

Metabolik olarak hiçbir aktifiği olmayan kas dokusu (Çoğun ve Şahin 2012) ortamda kadmiyum varlığında birikiminin çok düşük düzeylerde gerçekleştiği belirtilmiştir (Cearley ve Coleman, 1974; Cinier vd. 1999). Çalışmamızda kas dokusunda kadmiyum birikimi çok az olduğu gözlenmiştir. Ancak etkide kalınan sürenin uzamasıyla kas dokusundaki kadmiyum birikiminin arttığı bildirmiştir (Çoğun vd. 2003; Çoğun ve Kargin, 2004).

Sonuç olarak kadmiyum balık doku ve organlarda etkide kalınan süreye bağlı olarak artma gösterirken, kadmiyumun kalsiyumlu ve zeolitli karışımında önemli düzeyde azalmıştır. Bu azalmalar genellikle kalsiyumun su ortamının sertliğini arttırması, zeolitinin de iyon değiştirilme yeteneği ile ortamdaki metal derişimini ve dokulardaki metal birikimini azalttığı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Ali, B.A., Al-Ogaily, S.M., Al-Asghar, N.A. & Gropp, J. (2003). Effect of sublethal concentrations of copper on the growth performance of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Ichthyology*. 19: 183-188. doi:10.1046/j.1439-0426.2003.00440.x
- Allen, P. (1994). Mercury accumulation profiles and their modification by interaction with cadmium and lead in the soft tissues of the cichlid

- Oreochromis aureus* during chronic exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 53: 684-692. doi:10.1007/BF00196940
- Almeida, J.A., Novelli, E.L.B., Dal Pai Silva, M. & Alves, J.R. (2001). Environmental cadmium exposure and metabolic responses of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Environmental Pollution*. 114-2: 169-175. doi:10.1016/S0269-7491(00)00221-9

- Babel, S. & Kurniawan, T.A. (2003). A Research study on Cr (VI) removal from contaminated wastewater using natural zeolite. *Ion Exchange*, 14: 289-292.
- Baden, S.P., Eriksson, S.P. & Gerhardt, L. (1999). Accumulation and elimination kinetics of manganese from different tissues of the Norway Lobster *Nephrops norvegicus* (L.). *Aquatic Toxicology*, 46: 127-137. doi:10.1016/S0166-445X(98)00123-4
- Baldisserotto, B., Kamunde, C., Matsuo, A. & Wood, C.M. (2004). A protective effect of dietary calcium against acute waterborne cadmium uptake in rainbow trout. *Aquatic Toxicology*, 67: 57-73. doi:10.1016/j.aquatox.2003.12.004
- Berntssen, M.H.G., Waagbo, R., Tofen, H. & Lundebye, A.-K. (2003). Effects of dietary cadmium on calcium homeostasis, Ca mobilization and bone deformities in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). *Parr. Aquaculture Nutrition*, 9: 175-183. doi:10.1046/j.1365-2095.2003.00245.x
- Bjerregaard, P. & Vislie, T. (1985). Effects of cadmium on hemolymph composition in the shore crab *Carcinus maenas*. *Marine Ecology Progress Series*, 27: 135-142.
- Brown, M.W., Thomas, D.G., Shurben, D., Solbe, J.F., Kay, J. & Creyer, D., (1986). A comparison of the differential accumulation cadmium in the tissues of three species of freshwater fish, *Salmogairdneri*, *Rutilus rutilus* and *Noemacheilus barbatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 84C, 2: 213-217. doi:10.1016/0742-8413(86)90085-X
- Burnison, B.K., Meinelt, T., Playle, R.C., Pietrock, M., Wienke, A. & Steinberg, C.E.W. (2006). Cadmium accumulation in zebrafish (*Danio rerio*) embryos is modulated by dissolved organic matter. *Aquatic Toxicology*, 79: 185-191. doi:10.1016/j.aquatox.2006.06.010
- Cearley, J.E. & Coleman, R.L. (1974). Cadmium toxicity and bioconcentration in largemouth bass and bluegill. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 11: 146-151. doi:10.1007/BF01684594
- Cinier, C. De C., Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D. & Bouvet, Y. (1999). Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 122: 345-352. doi:10.1016/S0742-8413(98)10132-9
- Çoğun, H.Y., Kargın, F. & Yuzeroglu T.A. (2003). Accumulation of copper and cadmium in small and large Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 71: 8523-8528. doi:10.1007/s00128-003-8523-8
- Çoğun, H.Y. & Kargın, F. (2004). Effects of pH on the mortality and accumulation of copper in tissues of *Oreochromis niloticus*. *Chemosphere*, 55: 277-282. doi:10.1016/j.chemosphere.2003.10.007
- Çoğun H.Y. & Şahin, M. (2012). The effect of zeolite on reduction of lead toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakülte Dergisi*, 18 (1): 135-140. doi:10.5772/53076
- Çoğun H.Y. & Uras, G. (2012). The protective effect of calcium on aluminum toxicity in *Oreochromis niloticus* tissues (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 29(1): 41-47. doi:10.12714/egejfas.2012.29.1.07
- De Smet, H. & Blust, R. (2001). Stress responses and changes in protein metabolism in carp *Cyprinus carpio* during cadmium exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 48: 255-262. doi:10.1006/eesa.2000.2011
- Exley, C., Chappell, J.S. & Birchall, J.D. (1991). A mechanism for acute aluminum toxicity in fish. *The Journal of Theoretical Biology*, 151: 418-428. doi:10.1016/S0022-5193(05)80389-3
- Gabryelak, T., Filipiak, A. & Brichon, G. (2000). Effects of zinc on lipids of erythrocytes from carp (*Cyprinus carpio* L.) acclimated to different temperatures. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 127: 335-343. doi:10.1016/S0742-8413(00)00161-4
- Glynn, A., Norrgren, L. & Malmborg, O. (1992). The influence of calcium and humic substances on aluminum accumulation and toxicity in the minnow, *phoxinus phoxinus* at low pH. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 102 C, 3: 427-432. doi:10.1016/0742-8413(92)90137-V
- Hilmy, A.M., El Domiaty, N.A., Daabees, A.Y. & Alsarha, A. (1987). The toxicity to *Ciarias lazera* of copper and zinc applied jointly. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 87 C (2): 309-314. doi:10.1016/0742-8413(87)90013-2
- Hollis, L., McGeer, J.C., McDonald, D.G. & Wood, C.M. (1999). Cadmium accumulation gill cd binding, acclimation, and physiological effects during long term sublethal Cd exposure in Rainbow Trout. *Aquatic Toxicology*, 46: 101-119. doi:10.1016/S0166-445X(98)00118-0
- Howells, G., Dalziel, T.R.K., Reader, J.P. & Solbe, J.F. (1994). Aluminum and fresh waterfish water quality criteria. In: Howells, G. (Ed) Water quality for freshwater fish (pp. 55-115). Gordon and Breach Science Publication,
- Hunn, J.B. (1985). Role of calcium in gill function in freshwater fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 82A: 543-547. doi:10.1016/0300-9629(85)90430-X
- Jain, S.K. (1999). Protective roles of zeolite on short and long term lead toxicity in Teleost fish *Heteropneustes fossilis*. *Chemosphere*, 39(2): 247-251. doi:10.1016/S0045-6535(99)00106-X
- Jain, S.K., Raizada, A.K. & Jain, K. (1997). Protective role of zeolite on lead toxicity in freshwater fish. XIII ISEB., Monopoli, Bari, Italy,
- James, R., Sampath, K. & Selvamani, P. (1998). Effect of EDTA on reduction of copper toxicity in *Oreochromis mossambicus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 60: 487-493. doi:10.1007/s001289900651
- Kayhan, F.E. (2006). Cadmium bioaccumulation and toxicity in seafood (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1-2): 215-220.
- Larsson, A., Bengtsson, B.E. & Haux, C. (1981). Disturbed ion balance in flounder, *Platichthys flesus* L., exposed to sublethal levels of cadmium. *Aquatic Toxicology*, 1: 19-35. doi:10.1016/0166-445X(81)90004-7
- McGeer, J.C., Szebedinszky, C., McDonald, D.G. & Wood, C.M. (2000). Effect of chronic sublethal exposure to waterborne Cu, Cd or Zn in Rainbow trout 2: Tissue specific metal accumulation. *Aquatic Toxicology*, 50: 245-256. doi:10.1016/S0166-445X(99)00105-8
- Mishra, M. & Jain, S.K. (2009). Effect of natural ion exchanger Chabazite for remediation of lead toxicity: an experimental study in teleost fish *Heteropneustes fossilis*. *Asian Journal of Experimental Sciences*, 23(1): 39-44.
- Moiseenko, T.I. & Kudryavtseva, L.P. (2001). Trace metal accumulation and fish pathologies in areas affected by mining and metallurgical enterprises in the Kola Region. *Russia Environmental Pollution*, 114: 285-297. doi:10.1016/S0269-7491(00)00197-4
- Muramoto, S. (1980). Effects of complexans (EDTA, NTA and DTPA) on the exposure to high concentrations of cadmium, copper, zinc and lead. *The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 25: 941-946. doi:10.1007/BF01985635
- Muramoto, S. (1983). Elimination of Copper from Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and freshwater. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 19 (3): 455-461. doi:10.1080/10934528309375113
- Murphy, C.B. Jr. & Spiegel, S.J. (1983). Bioaccumulation and toxicity of heavy metals and related trace elements. *Water Pollution*, 55, 6: 816-821.
- Pascoe, D., Evans, S.A. & Woodworth, J. (1986). Heavy metal toxicity to fish and influences of water hardness. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 15: 481-487. doi:10.1007/BF01056559
- Pelgrom, S.M.G.J., Lock, R.A.C., Balm, P.H.M. & Wendelaar Bonga, S.E. (1995). Integrated Physiological Response of Tilapia, *Oreochromis mossambicus*, to sublethal copper exposure. *Aquatic Toxicology*, 32: 303-320. doi:10.1016/0166-445X(95)00004-N
- Pratap, H.B. & Lock, R.A.C., Wendelaar Bonga, S.E. (1989). Effect of waterborne and dietary cadmium on plasma ions of the Teleost *Oreochromis mossambicus* in relation to water calcium levels. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 18: 568-575. doi:10.1007/BF01055024
- Regoli, F. & Orlando, E. (1994). 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. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 27: 36-43. doi:10.1007/BF00203885
- Reichert, W.L., Federigh, D.A. & Malins, D.C. (1979). Uptake and metabolism of lead and cadmium in Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 63 C: 229-234. doi:10.1016/0306-4492(79)90066-2

- Riget, F., Dietz, R. & Johansen, P. (1997). Zinc, cadmium, mercury and selenium in Greenland fish. *Bioscience Meddelelser om Grønland*, 48: 1–29.
- Sağlamtimur, B., Ciciik, B. & Erdem, C. (2004). Cadmium Accumulation in Liver, Kidney, Gill and Muscle Tissues of Freshwater Bream (*Oreochromis niloticus* L. 1758) after a Short-Term Exposure to Copper-Cadmium Mixture (in Turkish with English abstract). *Ekoloji*, 14: 33-38.
- Schulz - Baides, M. (1974). Lead uptake from the sea water and food, and lead loss in the common Mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 25: 177-193. doi:10.1007/BF00394964
- Semmens, M.J. & Seyfarth, M. (1978). Theselectivity of clinoptilolite for certain heavymetals. In, Sand LB, Mumpton FA (Eds): Natural zeolite occurrence, properties,use, (pp. 517-526). New York: Pergamon Press, Elmsford.
- Simon, C.M. (1981). Design and operations of a large scale commercial penaeid shrimp hatchery. *Journal of the World Mariculture Society*, 12: 322-334. doi:10.1111/j.1749-7345.1981.tb00305.x
- Suresh, A., Sivaramakrishna, B. & Radhakrishnaiah, K. (1993). 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. doi:10.1016/0045-6535(94)00403-H
- Szebedinszky, C., Mc Geer, J.C., Mc Donald, D.G. & Wood, C.M. (2001). Effects of Chronic Cd Exposure via the Diet or Water on Internal Organ-Specific Distribution and Subsequent Gill Cd Uptake Kinetics in Juvenile Rainbow Trout. *Environmental Toxicology Chemistry*, 20: 597–607. doi:10.1002/etc.5620200320
- Tao, S., Liu, C., Dawson, R., Cao, J. & Li, B. (1999). Uptake of Particulate Lead via the Gills of Fish (*Carassius auratus*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 37: 352-357. doi:10.1007/s002449900524
- Thomas, D.G., Brown, M.W., Shurben, D., Solbe, J.F.G., Cryer, A. & Kay, J., (1985). 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. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 82(1): 55-62. doi:10.1016/0742-8413(85)90209-9
- Thurberg, F.P., Dawson, M.A. & Collier, R.S. (1973). Effects of copper and cadmium on osmoregulation and oxygen consumption in two species of estuarine crabs. *Marine Biology*, 23(3): 171-175. doi:10.1007/BF00389481
- Torre, F.R., Salibian, A. & Ferrari, L. (2000). Biomarkers assessment in juvenile *Cyprinus carpio* exposed to waterborne cadmium. *Environmental Pollution*, 109: 277-282. doi:10.1016/S0269-7491(99)00263-8
- Türkman, A., Aslan, Ş. & Ege, I. (2001). Lead removal from wastewaters by natural zeolites (in Turkish with English abstract). *DEU Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(2): 13-19.
- Uçar, A., Alak, G., Topal, A., Arslan, H., Parlak, V., Şensurat, T. & Atamanalp, M. (2012). Investigation of preservative effect of humic acid versus cadmium toxicity on electrolyte of brown trout (*Salmo trutta fario*) (in Turkish with English abstract). *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2): 139-143.
- Venkataramana, P. & Radhakrishnaiah, K. (2001). Copper influenced changes in lactate dehydrogenase and glucose 6- phosphate dehydrogenase activities in the freshwater fish, *Labeo rohita* (Hamilton). *The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 67: 257-263. doi:10.1007/s001280118
- Verboost, P.M., Flik, G., Lock, R.A.C. & Wendelaar Bonga, S.E. (1989). The movement of cadmium through freshwater trout branchial epithelium and its interference with calcium transport. *The Journal of Experimental Biology*, 145, 185-197.
- Viarengo, A. (1985). Biochemical effects of trace metals. *Marine Pollution Bulletin*. 16, 4: 153-158. doi:10.1016/0025-326X(85)90006-2
- Wong, C.K.C. & Wong, M.H. (2000). Morphological and biochemical changes in the gills of *Tilapia* (*Oreochromis mossambicus*) to ambient cadmium exposure. *Aquatic Toxicology*, 48: 517-527. doi:10.1016/S0166-445X(99)00060-0
- Wood, C.M. (1988). Acid-base and ionic exchanges at gills and kidney after exhaustive exercises in the Rainbow Trout. *The Journal of Experimental Biology*, 136: 461-481.