

***Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)'da kadmiyum'un solungaç, karaci er, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikim ve arıtımı**

Cahit ERDEM¹ Bedii C C K² Serda KARAYAKAR¹
Fahri KARAYAKAR² Sahire KARAYTU ²

¹Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 01330 Balcalı , ADANA
²Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yeni ehir Kampüsü, C Blok, Kat:2, 33169 ,
MERS N

ÖZET

Clarias gariepinus (Burchell, 1822) ile yapılan bu ara tırmada kadmiyumun 0 ,25, 0,50 ve 1.00 ppm ortam deri imlerinin etkisinde 30 gün süre ile solungaç, karaci er, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi ile bunu izleyen 15, 30 ve 45 günlük periyotlarda bu dokulardan arıtım düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmı tır. Doku metal düzeylerinin belirlenmesinde ICP-AES kullanılmı tır. Denenen ortam deri imlerinin etkisinde kadmiyum birikiminin kontrole oranla tüm dokularda önemli düzeyde arttı ı, en fazla birikimin böbrek dokusunda oldu u, bunu sırasıyla karaci er, dalak, solungaç ve kas dokularının i zledi i saptanmı tır. Farklı ortam deri imlerinin 30 gün etkisi sonunda belirlenen arıtım periyotlarında ise dalak ve karaci er dokularında herhangi bir de i im gözlenmemi , solungaç ve kas dokusundaki metal düzeyinde genel olarak bir azalma, böbrek dokusu nda ise bir artı belirlenmi tır.

Anahtar kelimeler; Birikim, *Clarias gariepinus*, doku arıtımı, kadmiyum

Accumulation and depuration of cadmium from the gill, liver, kidney, spleen and muscle tissues of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)

ABSTRACT

Clarias gariepinus (Burchell, 1822) was exposed to 0.25, 0.50 and 1.00 ppm Cd for 30 days period and accumulation of the metal was studied in the gill, liver, kidney, spleen and muscle tissues after 30 days and depuration from these tissues was studied over 15, 30 and 45 days. Metal levels in tissues were measured spectrophotometrically using an ICP -AES. Cadmium accumulation increased in all the tissues studied as the concentration of the metal in the medium increased. Highest accumulation of the metal observed in the kidney tissue followed by the liver, spleen, gill and muscle tissues. Following 30 days of exposure to Cd, no difference was observed in spleen and liver tissue Cd levels during the 15, 30 and 45 days of depuration periods. There was a general decrease in gill and muscle tissues and an increase in kidney tissue during these periods.

Key words; Accumulation, *Clarias gariepinus*, tissue depuration, cadmium

G R

Antropojenik faktörler ve biyojeokimyasal olaylar bakır, çinko gibi eser elementlerin yanı sıra çok düşük deri imlerde de organizmalar için toksik etkili olan kurun, kadmiyum ve civa gibi ağır metallerin sucul ortamlara katılımını arttırmaktadır. Ağır metallerin ortam deri imindeki artışı, duyarlı türlerde doğrudan mortalite veya habitat deri imine, hoşgörüsü yüksek türlerde ise birikime yapısal ve ilevsel olaylarda deri iklimlere neden olur.

Kadmiyumun biyolojik sistemlerde herhangi bir ilevi olmamasına karşın, özellikle sucul ortamlarda metabolik olaylarda gereksinim duyulan iyonlarla rekabet halinde olması akuatik organizmalar tarafından alınımına, metal bala yıcı bileşikler tarafından kolayca esterle tirilmesi organizmada birikimine, iz miktarda da gereksinim duyulmadığından regülasyonu yapılmamakta ve toksisiteye neden olmaktadır. Balıklarda kadmiyum etkisinin, gelişme, üreme, yaşam süresi ve osmoregülasyonu olumsuz yönde etkilediği (Sorensen, 1991), karaciğer, böbrek, dalak, testis ve immün sistemde patolojik deri imlere (Soengas et al., 1996), metabolik olaylarda ilev gören enzimleri etkileyerek protein ve karbonhidrat metabolizması ile serum kompozisyonunda deri iklimlere neden oldu u saptanmıştır (Sastri ve Subhadra, 1982).

Balıklar tarafından ağır metal alınımı su, besin, solungaçlar ve tüm vücut yüzeyinden absorpsiyon yolu ile olsa da dolaşım sistemi aracılığıyla karaciğer, böbrek ve dalak gibi metabolik bakımdan aktif organlara taşınarak birikmektedir. Çeşitli balık türleri ile yapılan ara tırmalarda, dokulardaki metal birikiminin metale (Allen, 1995a,b), metalin ortam deri imine (Gill et al., 1992) etkide kalma süresine (Suresh et al., 1993), türe (Erdem ve Kargın, 1990) ve türün gelişme evresine (Beaumont et al., 2000) bağılı olarak deri im gösterdiği gibi suyun fiziko-kimyasal özelliklerine (Pagenkopf, 1983) bağılı olarak da deri imi saptanmıştır.

Subletal deri imlerinin kronik etkisinde kadmiyum *Cyprinus carpio*'da en fazla solungaç dokusunda birikirken (Suresh et al., 1993), *Oreochromis aureus*'da böbrek dokusunda birikmiştir (Woo et al., 1993). *Tilapia nilotica* (Kalay ve Karata, 1999) ve *O. mossambicus* (Woo et al., 1993) ile yapılan ara tırmalarda da

kadmiyumun en düşük düzeydeki birikiminin kas ve beyin gibi metabolik bakımdan inaktif dokularda olduğu belirlenmiştir.

Metalin dokulardan arıtım çalışmaları, kontamine organizmaların kirleticiyi vücuttan uzaklaştırma yeteneklerinin yanı sıra farklı metalik kirleticilerin biyolojik yarılanma sürelerinin belirlenmesi bakımından önem taşır (Kim et al., 2004). Balık dokularından metal arıtımı, ortam sıcaklığına, kompleksleştirici ajanlara, süreye, metalin biyolojik yarılanma süresine, balığın yaşı ve metabolik aktivitesine bağılı olarak deri im gösterir (Kargın, 1996; Nielsen and Anderson, 1996).

T. zillii ile yapılan bir ara tırmada, metal etkisini takiben dokulardan Cd arıtımının, metal içermeyen ve EDTA içeren ortamlarda sürenin uzamasıyla arttığı, arıtım oranının metal içermeyen ortamda EDTA'lı ortama oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir (Kargın, 1996).

Clariidae familyasına ait bir tür olan *Clarias gariepinus*, ülkemizde özellikle Akdeniz bölgesindeki akarsularda ve drenaj kanallarında yaygın olarak bulunmakta ve protein kaynağı olarak tüketilmektedir. Türün çevre koşullarındaki deri imlere ve kirleticilere hoşgörüsü yüksek düzeylerde olup, yaşam alanları tarımsal ve endüstriyel aktivitelerin doğrudan etkisinde olması nedeniyle bu ara tırmada materyal olarak kullanılmıştır.

Balık dokularındaki metal birikim ve arıtım düzeylerinin belirlenmesi, ortamdaki kirlilik düzeyini yansıtmaları ve metal atılım mekanizmasının etkinliğini belirleme bakımında önem taşındığından, *C. gariepinus* ile yapılan bu ara tırmada kadmiyumun 0,25, 0,50 ve 1,00 ppm deri imlerinin etkisinde 30 gün süre ile birikimi ve bunu izleyen 15, 30 ve 45 günlük periyotlarda arıtım düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Ara tırmada materyal olarak $65,00 \pm 5,00$ g ağırlık ve $20,00 \pm 2,00$ cm total boya sahip *C. gariepinus* türü balıklar kullanılmıştır. Balıklar, Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi uygulama birimlerinde bulunan yetiştiricilik ünitesinden sağlanmış, deneyler aynı birimler içerisinde yer alan 25 ± 1 °C dura an sıcaklığına sahip, 12 saat aydınlık 12 saat karanlık fotoperiyod uygulanan Temel Bilimler Araştırma laboratuvarında yürütülmüştür.

Laboratuvara getirilen balıklar, her biri 40X100X40 cm boyutlarında olan 8 adet stok cam akvaryum içerisinde 30 gün süreyle bekletilerek, ortam koşullarına uyumları sağlanmıştır. Deneylerde stok akvaryumlarla aynı boyutlarda olan 4 adet cam akvaryum kullanılmıştır. Cam akvaryumlardan ilk üçüne 120L., 0,25, 0,50 ve 1,00 ppm deri imlerindeki kadmiyum çözeltisi, dördüncü akvaryuma ise aynı hacimde metal içermeyen dinlenmiş su konarak kontrol grubu olarak incelenmiştir. Deneyler, her tekrar da 2 balık olacak şekilde üç tekrarlı olarak yürütülmüştür, tüm deneylerde toplam 96 balık kullanılmıştır. Deneyler, birikim ve dokulardan arıtım olmak üzere iki amaçla planlanmıştır olup, bu amaçla akvaryumların her birine 24 adet balık konmuştur. Deneylerin birinci aşamasında 30 günlük periyod sonunda incelenen deri imlerin etkisinde dokulardaki Cd birikim düzeyini belirlemek amacıyla her bir akvaryumdan gelen güzel altı balık çıkartılmıştır. Akvaryumların her birinde geriye kalan 18 balık ise doku metal arıtım düzeyini belirlemek amacıyla 15, 30 ve 45 gün sürelerle metal içermeyen dinlenmiş su bulunan akvaryumlara alınarak ikinci amaçla kullanılmıştır.

Araştırma süresince deney ve kontrol akvaryumlarındaki ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerinden sıcaklık, pH ve çözünmüş oksijen düzeyi enstrümental (pH metre, Hanna Instruments, HI 8314; oksijen metre, Schott Geräte, CG 867), toplam sertlik ve toplam alkalinite ise titrimetrik yöntemlerle (Egemen ve Sunlu, 1999) belirlenmiş ve amaçlarındaki sonuçlar elde edilmiştir.

Sıcaklık; 24 ± 1 °C, pH; $8,18 \pm 0,07$,
Çözünmüş Oksijen; $6,82 \pm 0,39$ mg/L
Toplam Sertlik; $257,8 \pm 3,67$ ppm CaCO₃,
Toplam Alkalinite; $420 \pm 0,57$ ppm CaCO₃

Akvaryumlarda havalandırma merkezi havalandırma sistemi ile sağlanmıştır, akvaryum ortamının statik olması, metal çözeltilerinin deri iminde zaman içerisinde deri imlere neden olacağından deney çözeltileri her iki günde bir değiştirilerek ortam yenilenmiştir. Birinci ve ikinci amaçta belirlenen süreler sonunda akvaryumlardan çıkarılan 6 balık, iki farklı gruba ayrılarak, Etilen Glikol Monofenil Eter (C₈H₁₀O₂, Merck) anestezi ile bayıltılmış, mükus ve metal rezidülerinin vücut yüzeyinden uzaklaştırılması için çeme suyu ile yıkanmıştır.

Her grupta bulunan iki balık, kurutma kabı ile kurulandıktan sonra, metal analizinde kullanılacak karaciğer, solungaç, böbrek, dalak ve kas dokuları disekte edilerek bir araya getirilmiştir.

Metal analizinde kullanılacak doku örnekleri, 150 °C'de 72 saat süre ile bekletilerek sabit tartıma getirilmiş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Deney tüplerine aktarılan doku örneklerinin üzerine 2 ml nitrik asit (HNO₃, % 65, Ö.A.: 1.40, Merck) ve 1 ml perklorik asit (HClO₄, % 60, Ö.A.:1.53, Merck) karışımı eklenerek (Muramoto, 1983) 120 °C'de 8 saat süre ile yakılmıştır. Yakma işlemi tamamlanan doku örnekleri daha sonra polietilen tüplere aktarılıp deiyonize su ile toplam hacim 5 ml'ye tamamlanmıştır ve analize hazır hale getirilmiştir. Örneklerin kadmiyum içeriği Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometersi (Perkin Elmer Optima, 3100-XL ICP AES) (Okamoto et al., 1997) ile saptanmıştır.

Deney verilerinin istatistik analizinde Student Newman Keul's (SNK) testi ve varyans analizi kullanılmıştır (Sokal and Rohlf, 1969).

BULGULAR

Birinci amaçta balıklarda metal etkisinin bağımlılığında kontrolsüz yüzmeye, yüzgeçlerde kanlanma ve yırtılma, besine karşı ilgisizlik, akvaryum yüzeyine yönelme, fiziki uyarılara duyarsızlık ve renkte açılma gibi çeşitli morfolojik ve davranış değişiklikleri gözlemlenmiştir.

Kadmiyumun 0,25, 0,50, 1,00 ppm'lik ortam deri imlerinin 30 gün süre ile etkisinde *C. gariepinus*'un solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularında üç tekrarlı olarak belirlenen kadmiyum deri imlerinin aritmetik ortalamaları ile istatistik analiz sonuçları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Kadmiyumun belirlenen süre ve deri imlerdeki etkisi incelenen dokulardaki metal birikimini kontrole oranla önemli düzeyde artırmıştır (Çizelge 1) (P<0,05). Metal birikimi bakımından incelenen dokular amaçlarındaki şekilde sıralanırken, en fazla birikimin böbrekte en az birikimin ise kas dokusunda olduğu saptanmıştır.

Böbrek >Karaciğer >Dalak >Solungaç >Kas

Çizelge 1. Kadmiyumunun farklı ortam deri imlerinin etkisinde 30 gün süre ile bırakılan *C. gariepinus*'un dokularındaki metal birikimi ($\mu\text{gCd/g k.a.}$)

DOKU	N	DER M (ppm Cd)							
		Kontrol		0,25		0,50		1,00	
		$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*
Solungaç	6	DA	as	3,65 ± 0,12	at	3,74 ± 0,23	at	6,29 ± 0,27	ax
Karaci er	6	DA	as	44,00 ± 0,84	bt	62,70 ± 1,67	bx	86,05 ± 2,11	by
Böbrek	6	DA	as	57,69 ± 0,75	ct	64,01 ± 0,98	bt	107,2 ± 0,80	cx
Dalak	6	DA	as	8,34 ± 1,06	dt	12,52 ± 1,36	ct	12,73 ± 0,32	dt
Kas	6	DA	as	0,28 ± 0,04	et	1,22 ± 0,10	ax	1,84 ± 0,04	ey

*= SNK; a, b, c, d ve e dokular; s, t, x ve y harfleri deri imler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır.

Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0,05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x^-$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata; DA= Duyarlılık düzeyi altında

Karaci er, böbrek ve kas dokularındaki kadmiyum birikimi ortam deri imindeki artı olarak istatistiksel bakımdan önemli düzeyde artmıştır (Çizelge 1) ($P < 0,05$).

Deneylerin ikinci aşamasında, 30 gün süreyle Cd'un belirlenen deri imlerinin etkisini takiben 15, 30 ve 45 gün sürelerle metal içermeyen ortama alınan balıkların solungaç, karaci er, böbrek, dalak ve kas dokularında üç tekrarlı olarak belirlenen Cd düzeylerinin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri sırasıyla Çizelge 2-6'da verilmiştir.

Artım periyodunda balıkların solungaç dokusundaki kadmiyum düzeyi 30 günlük birikim periyoduna oranla önemli düzeyde düşme göstermiştir (Çizelge 2). Ancak bu azalma belirlenen artım periyodları arasında önemli bir ayırım göstermeyip dura an bir düzeyde kalmıştır ($P > 0,05$).

Birikimin incelendi i deney aşamasında, karaci er ve böbrek dokularındaki Cd düzeyi, 30 günlük etki süresinde ortam deri imindeki artı olarak artmıştır (Çizelge 3-4).

Düşük ortam deri imlerinin etkisinde kalan balıkların karaci er dokusundaki kadmiyum düzeyi, tüm artım periyodlarında birikim düzeyine oranla önemli bir düşme göstermezken, böbrek dokusunda önemli düzeyde artmıştır. Kadmiyumun 1,00 ppm ortam deri iminin etkisinde 30 gün süreyle bırakılan balıkların böbrek dokusundaki kadmiyum düzeyi 15 günlük artım periyodunda düşme gösterirken, deri artım sürelerinde birikim düzeyine ulaşmıştır. Karaci er dokusunda ise 15 ve 30 günlük artım sürelerinde birikime oranla Cd düzeyinde önemli bir ayırım belirlenmezken, 45. günde artı meydana gelmiştir.

Çizelge 2. *C. gariepinus*'da solungaç dokusundaki kadmiyum birikimi ve artımı ($\mu\text{gCd/g k.a.}$) üzerine ortam deri imi ve sürenin etkileri

DER M (ppm Cd)	N	SÜRE							
		30 Gün				15 Gün			
		B R K M		DEPURASYON		30 Gün		45 Gün	
$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*		
Kontrol	6	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as
0,25	6	3,65 ± 0,12	bs	1,88 ± 0,14	bt	1,62 ± 0,28	bt	1,72 ± 0,02	bt
0,50	6	3,74 ± 0,23	bs	3,45 ± 0,54	cst	2,50 ± 0,14	ctx	1,76 ± 0,07	bx
1,00	6	6,29 ± 0,27	cs	2,06 ± 0,17	bt	2,85 ± 0,13	ct	2,23 ± 0,10	bt

*= SNK; a, b ve c deri imler, s, t ve x harfleri süreler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır.

Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0,05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x^-$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 3. C. gariepinus'da karaci er dokusundaki kadmiyum birikimi ve artımı ($\mu\text{gCd/g k.a.}$) üzerine ortam deri imi ve sürenin etkileri

DER M (ppm Cd)	N	SÜRE															
		30 Gün				15 Gün				30 Gün				45 Gün			
		B R K M		DEPURASYON		B R K M		DEPURASYON		B R K M		DEPURASYON		B R K M		DEPURASYON	
$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*		
Kontrol	6	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as		
0,25	6	42,09 \pm 3,41	bs	43,79 \pm 2,51	bs	35,67 \pm 4,95	bs	32,73 \pm 2,40	bs	62,70 \pm 1,67	cs	56,22 \pm 1,43	cs	79,71 \pm 0,47	ct	59,57 \pm 4,63	cs
0,50	6	62,70 \pm 1,67	cs	56,22 \pm 1,43	cs	79,71 \pm 0,47	ct	59,57 \pm 4,63	cs	86,05 \pm 2,11	ds	68,76 \pm 4,47	ds	65,25 \pm 3,84	ds	118,6 \pm 7,12	dt
1,00	6	86,05 \pm 2,11	ds	68,76 \pm 4,47	ds	65,25 \pm 3,84	ds	118,6 \pm 7,12	dt								

*Açıklamalar Çizelge 2'de verilmi tir

Çizelge 4. C. gariepinus'da böbrek dokusundaki kadmiyum birikimi ve artımı ($\mu\text{gCd/g k.a.}$) üzerine ortam deri imi ve sürenin etkileri.

DER M (ppm Cd)	N	SÜRE															
		30 Gün				15 Gün				30 Gün				45 Gün			
		B R K M		DEPURASYON		B R K M		DEPURASYON		B R K M		DEPURASYON		B R K M		DEPURASYON	
$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*		
Kontrol	6	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as		
0,25	6	57,69 \pm 0,75	bs	68,72 \pm 1,18	bt	64,61 \pm 1,44	bt	81,02 \pm 2,51	bx	64,01 \pm 0,98	cs	88,21 \pm 2,85	ct	114,33 \pm 0,65	cx	105,13 \pm 7,0	bcx
0,50	6	64,01 \pm 0,98	cs	88,21 \pm 2,85	ct	114,33 \pm 0,65	cx	105,13 \pm 7,0	bcx	107,18 \pm 0,80	ds	76,16 \pm 4,60	bt	123,79 \pm 2,03	ds	114,32 \pm 9,54	cs
1,00	6	107,18 \pm 0,80	ds	76,16 \pm 4,60	bt	123,79 \pm 2,03	ds	114,32 \pm 9,54	cs								

*Açıklamalar Çizelge 2'de verilmi tir.

Deneilerin birinci a aması nda dalak dokusundaki Cd birikimi üzerine incelenen deri imler arasında önemli bir ayırım belirlenmemi tir. (Çizelge 5). Denenen en yüksek ortam deri iminde 45 günlük arıtım periyodu dı nda belirlenen deri imler ve sürelerde önemli düzeyde arıtım olmamı tır. C. gariepinus'un kas dokusundaki metal birikimi

30 günlük etkide kalma sürecinde ortam deri imindeki artı a ba lı olarak artımı tir (Çizelge 6). Deneilerin ikinci a amasında, kadmiyumun incelenen tüm deri imlerinin etkisinde kalan balıkların kas doku sundan birikime oranla istatistiksel bakımdan önemli düzeyde arıtım gerçekte mi tir. Ancak arıtım süreleri arasında ayırım belirlenmemi tir.

Çizelge 5. C. gariepinus'da dalak dokusundaki kadmiyum birikimi ve artımı ($\mu\text{gCd/g k.a.}$) üzerine ortam deri imi ve sürenin etkileri

DER M (ppm Cd)	N	SÜRE															
		30 Gün				15 Gün				30 Gün				45 Gün			
		B R K M		DEPURASYON		B R K M		DEPURASYON		B R K M		DEPURASYON		B R K M		DEPURASYON	
$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*		
Kontrol	6	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as		
0,25	6	8,34 \pm 1,06	bs	8,90 \pm 0,06	bs	8,83 \pm 1,15	bs	9,88 \pm 0,84	bs	12,52 \pm 1,36	bs	17,93 \pm 1,91	cs	15,26 \pm 1,59	cs	16,37 \pm 1,54	cs
0,50	6	12,52 \pm 1,36	bs	17,93 \pm 1,91	cs	15,26 \pm 1,59	cs	16,37 \pm 1,54	cs	12,73 \pm 0,32	bs	13,65 \pm 1,50	bcs	13,44 \pm 1,40	bcs	19,26 \pm 0,81	ct
1,00	6	12,73 \pm 0,32	bs	13,65 \pm 1,50	bcs	13,44 \pm 1,40	bcs	19,26 \pm 0,81	ct								

*Açıklamalar Çizelge 2'de verilmi tir.

Çizelge 6. *C. gariepinus*'da kas dokusundaki kadmiyum birikimi ve arıtımı ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$)
üzerine ortam deri imi ve sürenin etkileri

DER M (ppm Cd)	N	SÜRE							
		30 Gün		15 Gün		30 Gün		45 Gün	
		B	R K M	B	R K M	DEPURASYON			
		$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*	$\bar{X} \pm S_x^-$	*
Kontrol	6	DA	as	DA	as	DA	as	DA	as
0,25	6	0,28 \pm 0,04	bs	0,65 \pm 0,03	bt	1,13 \pm 0,03	bx	0,51 \pm 0,11	bt
0,50	6	1,22 \pm 0,10	cs	0,60 \pm 0,03	bt	0,73 \pm 0,09	ct	0,73 \pm 0,06	bt
1,00	6	1,84 \pm 0,04	ds	1,12 \pm 0,06	ct	1,08 \pm 0,02	bt	0,87 \pm 0,10	bt

*Açıklamalar Çizelge 2'de verilmi tir.

TARTI MA ve SONUÇ

Balıklarda a ır metallerin mortalite üzerine etkisi türe ba lı olarak de i im göstersedir belirli bir süre ve deri im aralı ndan sonra artı göstermektedir. *O. mykiss* juvenilleri ile yapılan bir ara tırmada kadmiyumun 3,00 ppm ortam deri iminin 30 gün süreyle etkisi, geli mede herhangi bir de i ime neden olmazken % 10 oranında mortaliteye neden oldu u saptanmı tir (Hollis et al., 2001). *T. zillii*'de kadmiyumun 0,1 ve 1,0 ppm ortam deri imlerinin 30 gün süreyle etkisi mortaliteye neden olmamı tir (Kargin, 1996). Bakırın 10,0 ppm ortam deri imi *C. carpio*'da 10. günde % 100 mortaliteye neden olurken, *T. nilotica*'da 30. günde % 33 oranında mortaliteye neden oldu u belirlenmi tir (Erdem ve Kargin, 1992). *C. gariepinus* ile yürütülen bu ara tırmada da kadmiyumun 0,25, 0,50 ve 1,00 ppm ortam deri imlerinin 30 gün süreli etkisinde ve 15, 30 ve 45 günlük arıtım sürelerinde mortalite gözlenmemesi belirlenen sürelerde çalı lan deri imlerin türün tolere edebilir sınır içerisinde oldu unu göstermektedir.

Balıklarda kadmiyumun doku birikimi, ortam deri imi ve etkide kalma süresine ba lı olarak artı göstermektedir. Gill et al., (1992) *Anguilla rostrata*'da 75 ve 150 ppb ortam deri imlerindeki kadmiyumun 16 hafta süreyle etkisinde, doku birikiminin ortam deri imindeki artı a ba lı olarak arttı ı ve belirli bir deriimde ba langıç düzeyine oranla birikimin daha yüksek oldu unu belirlemi tir. *T. nilotica*'da subletal kadmiyum deri imlerinin kronik etkisinde doku birikiminin süre ve deri imdeki artı a ba lı olarak arttı ı saptanmı tir (Erdem, 1990). Kadmiyumun incelenen deri imlerinin 30 gün süre ile etkisinde *C. gariepinus*'un dokularındaki metal birikimi ortam deri imine ba lı olarak artma göstermi tir.

Balıklarda a ır metal birikimi dokulara ba lı olarak de i im göstermektedir. *C. carpio*'da kadmiyumun 53 ve 443 ppb ortam deri imlerinin 127 gün süre ile etkisi tüm dokularda önemli düzeyde birikime neden olurken böbrek ve karaci erin di er dokulara oranla daha fazla metal biriktirdi i saptanmı tir (De Conto-Cinier et al., 1999). *C. carpio*'da kadmiyumun subletal deri imlerinin 29 gün süreyle etkisinde böbrek dokusunun metal birikimi bakımından hedef doku oldu u (De Smet and Blust, 2001), *O. mykiss*'de de kadmiyum birikimi bakımından incelenen dokuların Böbrek>Karaci er>Solungaç>Kas ekinde sıralandı ı belirlenmi tir (Melgar et al., 1997). *C. gariepinus* ile yapılan bu ara tırmada da en fazla kadmiyum birikimi böbrek dokusunda olurken, bunu karaci er, dalak, solungaç ve kas dokularının izledi i saptanmı tir. Kadmiyum birikiminin en fazla böbrek dokusunda olması, i levsel özelli i olmayan bu metalin, arıtım sırasında reabsorbsiyonundan, alını m ve detoksifikasyon ile ilgili organlarda kadmiyum birikim kapasitesinin a ılması sonucu dola ım sistemi ile do rudan do ruya su ve metabolizma artıkları ile birlikte ba lıca bo altım organı olan böbreklere ta ınmasından ve bu dokuda metallothionein gibi metal ba layıcı proteinlere ba lanarak alıkonmasından kaynaklanması olasıdır.

Balıklarda kadmiyum etkisi, böbrek dokusunun yanı sıra karaci er ve dalak gibi metabolik bakımdan aktif dokularda molekül a ırlı ı dü ük, metal ba layıcı proteinlerin sentezini arttırmaktadır (Hogstrand ve Haux, 1990). Bu ara tırmada da böbrek dokusundan sonra en fazla kadmiyum birikiminin karaci er ve dalak dokularında saptanması, metalin metal ba layıcı proteinlere ba lanarak bu dokularda

alikonması, lizozomal veziküller tarafından fagosite edilerek tutulması ve dejenere eritrositlerin dala a ta ınarak parçalanması nedeniyle olabilir.

Balıklarda a ır metaller, etkide kalma süresinin ba langıcında solungaçlarda yüksek düzeyde birikirken, sürenin uzamasıyla bu dokudaki deri imi dü me gösterir (Tort et al., 1984). *C. gariepinus* ile yapılan bu ara tırmada 30 günlük birikim periyodunun sonunda solungaç dokusundaki kadmiyum birikiminin kas dı nda incelenen dokulara oranla dü ük düzeyde olması etkide kalma süresinin uzun olmasından kaynaklanabilir.

C. carpio'da kadmiyumun subletal deri imlerinin uzun süreli etkisinde, kas dokusundaki metal birikiminin, böbrekteki birikimin 1/50 oranında oldu u ve kas dokusundaki birikim düzeyinin ancak 106 günlük etki süreci sonunda sa lık ve tüketilebilirlik açısından tehlikeli sayılabilecek düzeye ula tı ı belirlenmi tir (De Conto-Cinier et al., 1999). Birikim periyodunda *C. gariepinus*'un kas dokusundaki kadmiyum birikiminin di er dokulara oranla dü ük olması, bu dokudaki birikim için etkide kalma süresinin kısa olması ve kas dokusunun birikim bakımından aktif bir doku olmaması ile açıklanabilir.

C. carpio ile yapılan bir ara tırmada, balıklar 127 gün süreyle Cd'un 53 ve 443 ppb'lik deri imlerinin etkisinde bırakıldıktan sonra 43 gün süreyle metal içermeyen ortama alınarak dokulardaki metal artım düzeyi incelenmi tir. Bu süreç sonunda kas dokusundaki kadmiyum düzeyi önemli derecede dü erken, böbrek ve karaci er dokularındaki kadmiyum düzeyinde herhangi bir de i imin olmadı ı belirlenmi tir (De Conto-Cinier et al., 1999).

T. zillii ile yapılan artım çalı malarında, 30 günlük artım sürecinde, en fazla atılımın solungaçlardan oldu u bunu karaci er ve kas dokularının izledi i saptanmı tir (Kargin ve Ço un, 1999).

Kadmiyumun 0,50 ve 1,00 ppm ortam deri imlerinin 30 gün süreyle etkisini izleyen 34 gün süreli artım periyodunda *O. aureus*'un böbrek dokusunda metal düzeyi artarken, solungaç ve kas dokularında azaldı ı belirlenmi tir (Woo et al., 1993). *C. gariepinus* ile yapılan bu ara tırmada metal etkisini izleyen artım periyodlarında, karaci er ve dalak

dokularındaki Cd düzeyi, birikim düzeyinden farklılık göstermezken, solungaç ve kas dokusundaki metal düzeyi birikim düzeyine oranla azalmı , böbrek dokusunda ise artmı tir.

Artım periyodlarının tümünde solungaç dokusundaki metal düzeyinin azalması, dı ortamla do rudan ili ki içerisinde olması ve metalin dola ım sistemine geçmesi, kas dokusundaki azalma ise metal içermeyen ortamda deri aracılı ı ile yapılan salınımla açıklanabilir.

Deneylerin ikinci a masında karaci er ve dalak dokularındaki kadmiyum düzeylerinin birikime göre herhangi bir de i im göstermemesi, belirtilen dokuların birikim periyodunda do ygunluk kapasitesine ula maması ve bu nedenle artım periyodlarında metal alınımı olmadı ından salınıminin da yapılmamasından kaynaklanabilir.

Birinci seri deneylerde deney süresi sonunda kadmiyumun en fazla birikti i böbrek dokusunda, 2. seri deneylerdeki tüm artım periyodlarında metal deri iminde dü me yerine gözlenen artı , böbrek dokusu dı ndaki dokularda biriken metalin dola ım sistemi aracılı ı ile atılmak üzere böbreklere ta ınması, böbrek tübül hücrelerinde reabsorbsiyon olayı ve alınan metalin bu dokuda metal ba layıcı bile iklere ba lanarak tutulması ile açıklanabilir.

KAYNAKLAR

- Allen, P., 1995a. Chronic accumulation of cadmium in the edible tissue of *Oreochromis aureus* (Steindachner); modification by mercury and lead. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 29(1): 8-14 pp.
- Allen, P., 1995b. Soft-tissue accumulation of lead in the blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner), and the modifying effects of cadmium and mercury. Biol. Trace. Elem. Res., 50(3): 193-208 pp.
- Beaumont, M.W., Butler, P.J., Taylor, E.W., 2000. Exposure of brown trout *Salmo trutta*, to a sublethal concentration of copper in soft acidic water, effects upon muscle metabolism and membrane potential. Aquat. Toxicol., 51: 259-272 pp.
- De Conto-Cinier, C., Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D., Baouvet, Y., 1999. Kinetics of

- cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues. Comp. Biochem. Physiol. C., 122(3): 345-352 pp.
- De Smet, H., Blust, R., 2001. Stress responses and changes in protein metabolism in carp *C. carpio* during cadmium exposure, Ecotoxicol. Environ. Safe., 48(3): 255-262 pp.
- Egemen, Ö., Sunlu, U., 1999. Su kalitesi, III. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, zmir.
- Erdem, C., 1990. Cadmium accumulation in liver, spleen, gill and muscle tissues of *Tilapia nilotica* (L.). Biyokim. Derg., XV (3): 13-22 pp.
- Erdem, C., Kargin, F., 1990. Farklı ortam deri imlerinde *Tilapia nilotica* (L.)'nın doku ve organlarında bakır birikimi, Do a-Tr.J. of Zoology, 14: 173-178 pp.
- Erdem, C., Kargin, F., 1992. *Cyprinus carpio* ile *Tilapia nilotica*'nın karaci er, dalak, barsak, solungaç ve kas dokularındaki bakır birikiminin kar ıla trmalı olarak ara tırılması, Biyokimya Derg., 7(1):13-27 s.
- Gill, T.S., Bianchi, C.P., Epple, A., 1992. Trace metal (Cu and Zn) adaptation of organ systems of the american eel *Anguilla rostrata* to external concentrations of cadmium, Comp. Bio. Phys, 102:361-371 pp.
- Hogstrand, C.L., Haux, C., 1990. Metallothionein as an indicator of heavy metal exposure in two subtropical fish species, J. Exp. Mar. Bio. Ecol.,138:69-84 pp
- Hollis, L., Hogstrand, C., Wood, C.M., 2001. Tissue specific cadmium accumulation metallothionein induction and tissue zinc and copper levels during chronic sublethal cadmium exposure in juvenile rainbow trout, Arc. Environ. Cont. Toxic. 41(4):468-474 pp.
- Kalay, M., Karata, S., 1999. Kadmiyumun *Tilapia nilotica* (L.)' da kas, beyin ve kemik (omurga kemi i) dokularındaki birikimi, Tr. J. of Zool., 23(3): 985-991 s.
- Kargin, F., 1996. Effects of EDTA on accumulation of cadmium in *Tilapia zilli*, Tr. J. of Zoology, 20(4): 419-421 pp.
- Kargin, F., Ço un, H.Y., 1999. Metal interactions during accumulation and elimination of zinc and cadmium in tissues of the freshwater fish *Tilapia nilotica*, Bull. Environ. Contam. Toxic., 63(4): 511-519 pp.
- Kim, S.G., Jee, J.H., Kang, J.C., 2004. Cadmium accumulation and elimination in tissues of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* after sub-chronic cadmium exposure, Environ. Pollution, 127: 117-123 pp.
- Melgar, M.J., Perez, M., Garcia, M.A., Alonso, J., Miguez, B., 1997. The toxic and accumulative effects of short term exposure to cadmium in rainbow trout (*O. mykiss*), Vet. Hum. Toxic., 39(2): 79-83 pp.
- Muramoto, S., 1983. Elimination of copper from Cu-contaminated fish by long term exposure to EDTA and freshwater, J. Environ. Sci. Health, A18 (3): 455-461 pp.
- Nielsen, J.B., Anderson, O., 1996. Elimination of recently absorbed methyl mercury depends on age and gender, Pharmacol. Toxicol., 79: 60-64 pp.
- Okamoto, Y., Fujiwara, T., Kumamaru, T., 1997. Direct determination of trace elements in biological materials by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry with a tungsten boat furnace, Analytical Science, 13(6): 25-26 pp.
- Pagenkopf, G.K., 1983. Gill surface interaction model for trace-metal toxicity to fishes: role of complexation, pH and water hardness, Environ. Sci. Techl., 7(6):342-347 pp.
- Sastry, K.V., Subhadra, K.M., 1982. Effect of cadmium on some aspects of carbohydrate metabolism in a freshwater catfish *Heteropneustes fossilis*, Toxicol. Lett., 14 (1-2): 45-55 pp.
- Soengas, J.L., Agra-Lago, M.J., Carballo, B., Andres, M.D., Vieira, J.A.R., 1996. Effect of an acute exposure to sublethal concentrations of cadmium on liver carbohydrate metabolism of atlantic salmon (*Salmo salar*), Bull. Environ. Contam. Toxicol., 57: 625-631 pp.
- Sokal, R.R., Rohlf, J.F., 1969. Biometry. W.H. and Freeman and Company, San Francisco.
- Sorensen, E.M., 1991. Metal Poisoning in Fish. CRC Press, Boca Raton, FL., 243 pp.
- Suresh, A., Sivaramakrishna, B., Radhakrishnaiah, K., 1993. Effect of lethal and sublethal concentrations of cadmium on energetics in the gills of fry and fingerlings of *C. carpio*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 51(6): 920-926 pp.
- Tort, L., Torres, P., Hidalgo, J., 1984. Short-term cadmium effects on gill tissue metabolism, Mar. Pol. Bul., 15(12):448-450 pp.

Clarias gariepinus (Burchell, 1822)'da Kadmiyum'un
Solungaç, Karaci er, Böbrek, Dalak ve Kas
Dokularındaki Birikim ve Artımı

C. ERDEM, B. C C K,
S. KARAYAKAR, F. KARAYAKAR,
S. KARAYTU

Woo, P.T.K., Yoke, M.S., Wong, M.K., 1993
The effects of short-term acute cadmium

exposure on blue tilapia *Oreochromis
aureus*, Environ. Biol. Fish., 37: 67-74 pp.