

***Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'da kadmiyumun solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi.**

Zafer KUŞATAN Bedii CİCİK

Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi MERSİN

ÖZET

Bu araştırmada kadmiyumun, farklı süre ve ortam derişimlerinin etkisinde, besin olarak tüketilen *Clarias lazera* (kara balık) 'nın çeşitli doku ve organlarındaki birikimi incelenmiştir. Balıklar 1, 7 ve 14 gün sürelerle kadmiyumun 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 ppm'lik derişimlerinin etkisinde bırakılarak, karaciğer, solungaç, böbrek, dalak ve kas dokularındaki metal birikimi, atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmiştir.

Doku ve organlardaki kadmiyum birikimi etkide kalma süresi ve ortam derişimindeki artışa paralel olarak artmıştır. Kadmiyum birikimi bakımından incelenen doku ve organlar arasında aşağıdaki ilişki saptanmıştır; Böbrek > Dalak > Solungaç > Karaciğer > Kas

Anahtar kelimeler: Kadmiyum, birikim, *Clarias lazera*

Accumulation of cadmium in gill, liver, kidney, spleen and muscle tissues of *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)

ABSTRACT

Accumulation of cadmium in various tissues of the commercial fish *Clarias lazera* were studied after exposing the animals to sublethal concentrations of the metal over different periods. Fish were exposed to 0.25, 0.50, 0.75 and 1.00 ppm cadmium for 1, 7 and 14 days and metal accumulation in liver, gill, spleen and muscle tissues were measured using atomic absorption spectrophotometric techniques.

Accumulation of cadmium in the tissues studied increased with increasing exposure concentrations of the metal at a given period and with increasing exposure time to a given concentration. The following relationship was found between the tissues studied in accumulating cadmium; Kidney > Spleen > Gill > Liver > Muscle

Key words; Cadmium, accumulation, *Clarias lazera*

GİRİŞ

Antropojenik faktörler ve jeokimyasal olaylar, bakır ve çinko gibi biyotik derişimlerde metabolik olaylar için gereksinim duyulan ağır metallerle, kadmiyum, kurşun ve civa gibi çok düşük derişimlerde bile toksik etkili ağır metallerin sucul ortamlara katılımını arttırmakta, besin zinciri aracılığı ile artan derişimlerde üst trofik düzeylere iletilmesi sonucu doku ve organlarda birikime, hücrenel yapılarla etkileşimi toksik etkilere neden olmaktadır (DeConto-Cinier ve ark., 1999).

Kadmiyum, biyolojik sistemlerde herhangi bir işlevi olmayan, toksik etkili, yarılanma süresi oldukça uzun, alımın, depolama ve salınım gibi olayların meydana geldiği doku ve organlarda metal bağlayıcı bileşikler tarafından esterleştirilmesi sonucu birikim bakımından kümülatif etkili bir ağır metaldir (Almeida ve ark., 2001). Kadmiyum, genellikle akümülatör yapımı, elektrod kaplama, boya ve cam sanayinde, diğer metallerle alaşım oluşturma, demir, bakır ve çinko gibi metalleri korozyona karşı kaplamada, nikel-kadmiyum pili yapımında, insektisid üretiminde, plastik sanayinde stabilizatör olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Vural, 1984).

Kadmiyum'un belirtilen kaynaklardan letal olmayan derişimlerde sucul ortamlara katılımı, balıkların doku ve organlarında birikimle sonuçlanır (Kulikova ve ark., 1985). Akuatik canlılarda kadmiyum birikiminin metal derişimine, türe ve ortam şartlarına bağlı olarak değiştiği saptanmıştır (Kargın ve Coğun, 1999; Hollis ve ark., 1999 Cıcık ve ark., 2004).

Kadmiyumun balıklarda, aktif iyon taşıma sistemini bloke ederek, membran geçirgenliğini etkilediği ve iyon dengesini değiştirdiği (Rombough ve Garside, 1984), solungaç lamelleri epitelinde erime, hipertropi ve kılcal damarlarda tıkanma gibi solungaç yapısında patolojik değişikliklere, ayrıca mukus salınımını arttırarak doku düzeyinde hipoksiya'ya (Matei ve ark., 1993), glikoneogenik enzimlerle proteazların aktivitesini etkileyerek karbonhidrat ve protein metabolizmasında değişikliklere neden olduğu belirlenmiştir (Hilmy ve ark., 1985). Ayrıca eşeyssel olgunlaşmayı engellediği (Hatekeyama ve Yasuno, 1987), embriyo ve larva gelişimini yavaşlattığı (Levesque ve ark., 2002), karaciğer, testis, beyin ve sinir sisteminde patolojik değişikliklerle iskelette deformasyonlara neden olduğu saptanmıştır (Novelli ve ark., 1999).

Balıklarda atılım mekanizmaları, alımını karşılamadığı durumlarda özellikle metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda yüksek düzeyde metal birikimine neden olmaktadır (Canlı ve ark., 2001). Kadmiyum balıklarda böbrek, solungaç, karaciğer gibi doku ve organların yanı sıra etkide kalma süresinin uzaması ile kas dokusunda da önemli oranda birirmektedir (Melgar ve ark., 1997).

Clarias lazera, ekolojik istekleri fazla olmayan bir tür olup, yetiştiriciliği yaygın bir şekilde yapılmasa da protein kaynağı olarak tüketilmesi, doğal koşullarda kolayca üremesi, yaşam ortamlarının genellikle tarımsal ve endüstriyel

aktivitelerin etkisinde olması nedeniyle çevre sağlığı bakımından kirletici ajanlara karşı tepkisinin belirlenmesi oldukça önemlidir.

Balıklarda ağır metallerin alımın, depolama ve atılımı doku ve organlara bağlı olarak değişim gösterdiğinden bu araştırmada, Cd'un letal olmadığı belirlenmiş 4 farklı ortam derişiminin 3 farklı zaman sürecinde *Clarias lazera*'nın karaciğer, böbrek, solungaç ve dalak gibi metabolik bakımdan aktif doku ve organlarla kas dokusundaki birikim düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada materyal olarak kullanılan *C.lazera* (Valenciennes, 1840), Mersin, Silifke ilçesinde yer alan özel sektöre ait yetiştirme havuzlarından alınarak, Mersin.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Uygulama birimlerindeki kontrollü ortam şartlarına sahip laboratuvara getirilmiş ve her biri 40 x 120 x 40 cm boyutlarında olan ve içerisinde 120 l. dinlenmiş çeşme suyu bulunan 8 adet stok akvaryum içerisinde 3 ay süreyle bekletilerek ortam şartlarına adaptasyonları sağlanmıştır. Bu süreç içerisinde deneyde kullanılacak balıklar, 25 ± 0,25 cm boy ve 100,7 ± 1,32 g ağırlığa ulaşmıştır. Metal birikimi, yaş, boy ve ağırlığa bağlı olarak değiştiğinden (Zyadah, 1999) deneylerde on dört aylık, birbirine yakın boy ve ağırlığa sahip balıklar kullanılarak bu faktörlerin etkisi minimum düzeye indirilmiştir. Deneylerin yürütüldüğü laboratuvar, 25 ± 1 °C durağan sıcaklığa sahip olup, 12 saat aydınlık 12 saat karanlık fotoperiyodu uygulanmıştır.

Belirlenen 1, 7 ve 14 günlük süreler dikkate alınarak deneyler, 3 seri halinde yürütülmüş ve her seride 40 X 120 X 40 cm boyutlarında 5 adet cam akvaryum kullanılmıştır. Araştırmada Cd'un *C. lazera* için 96 saatlik LC₅₀ değerinin 14 günlük süre içerisinde öldürücü olmadığı belirlenmiş %1 ve katları şeklindeki derişimleri kullanılmıştır. Bir serideki 5 adet cam akvaryumdan ilk dördüne sırasıyla 120 L. 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 ppm derişimindeki Cd çözeltisi, beşinci akvaryuma ise yine aynı hacimde Cd içermeyen dinlenmiş çeşme suyu konularak, kontrol grubu olarak incelenmiştir. Deney çözeltilerinin hazırlanmasında Cd'un suda çözünen tuzlarından olan CdCl₂.H₂O kullanılmıştır. Kontrol ve deney akvaryumlarında ortamın kimyasal özelliklerinden bazıları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

pH	7,40 ± 0,20
Çözünmüş Oksijen	6,4 ± 0,7 mg/l
Toplam Sertlik	230 ± 0,75 mg/l CaCO ₃
Toplam Alkalinite	326 ± 0,50 mg/l CaCO ₃

Deneyler üç tekrarlı olarak yürütülmüş, her tekrarda iki balık olacak şekilde bir seride her bir akvaryumda 6 balık olmak üzere toplam 30 balık, tüm deneylerde ise 90 balık kullanılmıştır. Balıklar deneyler süresince günde bir defa toplam ağırlığın %2'si kadar (Pelgrom ve ark., 1995) hazır balık yemi ile beslenmiştir.

Akvaryumlarda havalandırma, merkezi havalandırma sistemi ile sağlanmıştır. Evaporasyon, adsorbsiyon ve presipitasyon gibi nedenlerle deney çözümlerinin derişiminde zaman içerisinde değişimler olabileceğinden, deney çözümleri her iki günde bir taze olarak hazırlanan stok çözümden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiş ve ortam yenilenmiştir.

Belirlenen süreler sonunda deney akvaryumlarından çıkartılan bir seriye ait balıklar, 75 ppm derişimindeki MS222 (Etil ester 3 – aminobenzoikasit) anestezi maddesi ile bayıltılmıştır. Balıklar, çeşme suyu ile yıkanıp, kurutma kâğıdı ile kurulandıktan sonra her bir tekrardaki iki balıktan karaciğer, böbrek, dalak, solungaç ve kas dokuları disekte edilerek 105 °C de 72 saat süreyle sabit tartıma getirilip kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru ağırlıkları belirlenen doku örnekleri, nitrik asit – perklorik asit (2:1, v/v) karışımı ile yaş yakıldıktan sonra polietilen tüplere aktarılmış ve destile su ile toplam hacimleri 5 ml'ye tamamlanarak analize hazır hale getirilmiştir (Muramoto, 1983).

İncelenen doku ve organlardaki Cd birikim düzeyleri Perkin Elmer marka, (3100) model atomik adsorbsiyon spektrofotometresinde belirlenmiştir. Deney verilerinin istatistik analizinde “Student Newman Keul’s Test (SNK)” kullanılmıştır.

BULGULAR

Belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisinde karaciğer, böbrek, dalak, solungaç ve kas dokularında üç

tekrarlı olarak saptanan kadmiyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ile derişim ve etkide kalma süresinin doku ve organlardaki birikim üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan istatistik analizlerin sonuçları sırasıyla Çizelge 1-5’de verilmiştir. Deney süresince incelenen ortam derişimlerinin etkisinde mortalite gözlenmemiştir. Ancak metal etkisinin başlangıcında kontrolsüz yüzme, yem tüketiminde azalma, operkulum hareketlerinde artış gibi davranış değişiklikleri gözlenmiş, etkide kalma süresinin uzaması ile bu değişikliklerin ortadan kalktığı saptanmıştır.

Kontrol grubu balıkların incelenen doku ve organlarında değerlendirilebilir düzeyde kadmiyum absorbanı alınmadığından, tüm çizelgelerde DA (duyarlılık düzeyi altında) olarak gösterilmiştir. Denenen koşullarda *C. lazera*’nın belirtilen tüm doku ve organlarındaki kadmiyum düzeyi, kontrole göre önemli düzeyde artmıştır.

Karaciğer dokusunda kadmiyumun 1,00 ppm dışında incelenen ortam derişimlerinin 1, 7 ve 14 günlük etki süreleri sonunda metal birikim düzeyleri arasında istatistiksel bakımdan bir ayırım bulunmazken, etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak artmıştır (Çizelge 1.).

Böbrek dokusu kadmiyum birikim düzeyi, ortam derişimi ve etkide kalma süresine bağlı olarak artış göstermiştir. Ancak bu artış, 1. ve 7. günler 1,00 ppm dışındaki ortam derişimleri ile denenen en düşük ortam derişiminin etkisinde 7. ve 14. günler arasında istatistik fark gösterecek düzeyde olmamıştır (Çizelge 2.).

Çizelge 1. *Clarias lazera*’da kadmiyumun karaciğer dokusundaki birikimi ($\mu\text{g cd/g}$ k.a.) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri.

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)		
	1	7	14
	$X \pm sx$ *	$X \pm sx$ *	$X \pm sx$ *
0,00	DA ^a	DA ^a	DA ^a
0,25	$0,11 \pm 0,05^{bs}$	$0,33 \pm 0,04^{bt}$	$0,79 \pm 0,02^{bx}$
0,50	$0,14 \pm 0,03^{bs}$	$0,47 \pm 0,05^{bt}$	$0,93 \pm 0,07^{bx}$
0,75	$0,14 \pm 0,02^{bs}$	$0,43 \pm 0,04^{bt}$	$0,84 \pm 0,01^{bx}$
1,00	$0,26 \pm 0,03^{cs}$	$0,79 \pm 0,07^{ct}$	$1,55 \pm 0,08^{cx}$

*: SNK: a, b ve c derişimler, s, t ve x harfleri süreler arası ayırımı belirtmek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0,05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$X \pm sx$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata.

DA: Duyarlılık düzeyi altında.

Çizelge 2. *Clarias lazera*'da kadmiyumun böbrek dokusundaki birikimi ($\mu\text{g cd/g k.a.}$) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri.

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)		
	1	7	14
	$X \pm sx$ *	$X \pm sx$ *	$X \pm sx$ *
0,00	DA ^a	DA ^a	DA ^a
0,25	$0,31 \pm 0,02$ ^{bs}	$0,92 \pm 0,05$ ^{bt}	$0,96 \pm 0,02$ ^{bt}
0,50	$0,35 \pm 0,05$ ^{bs}	$0,96 \pm 0,08$ ^{bt}	$1,72 \pm 0,15$ ^{cx}
0,75	$0,36 \pm 0,00$ ^{bs}	$0,97 \pm 0,12$ ^{bt}	$1,89 \pm 0,15$ ^{cx}
1,00	$0,65 \pm 0,02$ ^{cs}	$1,89 \pm 0,02$ ^{ct}	$2,30 \pm 0,02$ ^{dx}

*: SNK: a, b, c ve d derişimler, s, t ve x harfleri süreler arası ayrımı belirtmek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0,05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$X \pm sx$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata.

DA: Duyarlılık düzeyi altında.

Dalak dokusunda 1. ve 7. günde, solungaç dokusunda ise belirlenen tüm sürelerde 0,5 ve 0,75 ppm ortam derişimlerinin etkisinde kadmiyumun birikim düzeyi istatistiksel bakımdan önemli bir ayrım göstermezken, metal birikimi ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak artmıştır (Çizelge 3, 4.).

Kas dokusunda 1. ve 14. günde 0,25 ve 0,50 ppm, 7. günde 1,00 ppm dışındaki ortam derişimlerinin etkisindeki

kadmiyum birikim düzeyleri istatistiksel bakımdan önemli düzeyde ayrım göstermemiştir (Çizelge 5.).

14 günlük deney süresi sonunda 1. güne oranla kadmiyum birikim düzeyi böbrek dışında karaciğer, dalak, solungaç ve kas dokularında birbirine yakın oranlarda artmıştır. Her bir dokunun biriktirdiği kadmiyumun incelenen tüm doku ve organların biriktirdiği kadmiyumdaki yüzde değeri hesaplandığında Cd birikiminin en fazla böbrekte (%29), en az ise kasta (%10) biriktiği saptanmıştır.

Çizelge 3. *Clarias lazera*'da kadmiyumun dalak dokusundaki birikimi ($\mu\text{g cd/g k.a.}$) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri.

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)		
	1	7	14
	$X \pm sx$ *	$X \pm sx$ *	$X \pm sx$ *
0,00	DA ^a	DA ^a	DA ^a
0,25	$0,21 \pm 0,00$ ^{bs}	$0,63 \pm 0,00$ ^{bt}	$1,17 \pm 0,05$ ^{bx}
0,50	$0,27 \pm 0,01$ ^{cs}	$0,82 \pm 0,02$ ^{ct}	$1,64 \pm 0,01$ ^{cx}
0,75	$0,34 \pm 0,05$ ^{cs}	$1,01 \pm 0,01$ ^{ct}	$2,09 \pm 0,08$ ^{dx}
1,00	$0,50 \pm 0,01$ ^{ds}	$1,58 \pm 0,04$ ^{dt}	$2,61 \pm 0,03$ ^{ex}

*: SNK: a, b, c, d ve e derişimler, s, t ve x harfleri süreler arası ayrımı belirtmek amacıyla kullanılmıştır.

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

$X \pm sx$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata.

DA: Duyarlılık düzeyi altında.

Çizelge 4. *Clarias lazera*'da kadmiyumun solungaç dokusundaki birikimi ($\mu\text{g cd/g k.a.}$) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri.

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)		
	1	7	14
0,00	DA ^a	DA ^a	DA ^a
0,25	0,15 \pm 0,01 ^{bs}	0,40 \pm 0,01 ^{bt}	0,86 \pm 0,02 ^{bx}
0,50	0,18 \pm 0,05 ^{cs}	0,53 \pm 0,01 ^{ct}	0,98 \pm 0,02 ^{cx}
0,75	0,19 \pm 0,00 ^{cs}	0,56 \pm 0,01 ^{ct}	1,00 \pm 0,03 ^{cx}
1,00	0,38 \pm 0,05 ^{ds}	1,09 \pm 0,05 ^{dt}	2,01 \pm 0,03 ^{dx}

*: SNK: a, b, c ve d derişimler, s, t ve x harfleri süreler arası ayırımı belirtmek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0,05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır. X \pm sx: Aritmetik ortalama \pm Standart hata. DA: Duyarlılık düzeyi altında.

Çizelge 5. *Clarias lazera*'da kadmiyumun kas dokusundaki birikimi ($\mu\text{g cd/g k.a.}$) üzerine ortam derişimi ve sürenin etkileri.

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)		
	1	7	14
0,00	DA ^a	DA ^a	DA ^a
0,25	0,05 \pm 0,00 ^{bs}	0,17 \pm 0,02 ^{bt}	0,42 \pm 0,00 ^{bx}
0,50	0,07 \pm 0,01 ^{bs}	0,23 \pm 0,01 ^{bt}	0,53 \pm 0,00 ^{bx}
0,75	0,11 \pm 0,00 ^{cs}	0,34 \pm 0,05 ^{bt}	0,80 \pm 0,01 ^{cx}
1,00	0,21 \pm 0,02 ^{ds}	0,62 \pm 0,07 ^{ct}	1,06 \pm 0,11 ^{dx}

*: SNK: a, b, c ve d derişimler, s, t ve x harfleri süreler arası ayırımı belirtmek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0,05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır. X \pm sx: Aritmetik ortalama \pm Standart hata. DA: Duyarlılık düzeyi altında.

Metal birikimi bakımından incelenen doku ve organlar arasında; Böbrek > Dalak > Solungaç > Karaciğer > Kas şeklinde bir ilişki belirlenmiştir.

TARTIŞMA

Kadmiyum'un belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisinde kalan balıkların doku ve organlarında kontrole oranla yüksek düzeyde metal birikmekle birlikte mortalite gözlenmemiştir. Çeşitli balık türleri ile yapılan araştırmalarda Cd'un incelenen düzeydeki derişimlerinin yaklaşık aynı sürelerdeki etkisinde de mortaliteye neden olmadığı saptanmıştır (Kalay ve Canlı, 2000; DeSmet ve Blust, 2001). *Anadonta cygnea*'da Cd'un subletal derişimlerinin kısa süreli etkisinde mortalite gözlenmezken, karaciğer hücrelerinde sitoplazmik metal bağlayıcı proteinlerin derişimi ile lizozomal veziküllerin sayısının arttığı belirlenmiştir (Hemelraad ve ark., 1990). *C. lazera* ile yapılan bu araştırmada da Cd'un kısa süreli etkisinde mortalite gözlenmemesi, deney süresinin belirlenen derişimlerin mortaliteye neden olabilecek kadar uzun olmamasından, Cd

etkisinde metal bağlayıcı proteinlerin sentezi ile lizozomal veziküllerin sayısındaki artış gibi detoksifikasyon mekanizmalarının stimülasyonundan kaynaklanabilir.

Balıklarda ağır metaller, etki süresinin başlangıcında yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, çeşitli fiziki etkilerle besin almaya karşı duyarsızlık, operkulum hareketlerinde artış gibi çeşitli davranış değişikliklerine neden olmakta, etkide kalma süresinin uzaması ile davranışlarda gözlenen derişimler ortadan kalkmaktadır (Hilmy ve ark., 1987). Bu araştırmada da Cd etkisinin başlangıcında benzer davranış değişiklikleri gözlenmiş ve etkide kalma süresinin uzaması ile davranışların normale döndüğü belirlenmiştir. Davranışlarda gözlenen derişimlerle etkide kalma süresine bağlı düzelmelerin balığın ortama katılan kirletici ajana karşı tepkisinden ve derişen ortam şartlarına aklimatizasyonundan kaynaklandığı olasıdır.

Tilapia zilli ve *Cyprinus carpio* ile yapılan araştırmalarda doku ve organlardaki Cd birikiminin boy, ağırlık ve yaşa bağlı olarak deriştiği belirlenmiştir (Suresh ve ark., 1993; Zyadah, 1999). *C. lazera* ile yapılan bu araştırmada da

yaklaşık aynı boy, ağırlık ve yaşta balıklar kullanılarak bunlardan kaynaklanabilecek değişimler minimum düzeye indirilmiştir.

Balıklarda ağır metal birikimi metale, ortam derişimine, etkide kalma süresine (Melgar ve ark., 1997), türe, gelişme evresine, metabolik aktivitesine (Hilmy ve ark., 1987), suyun fizikokimyasal özelliklerine (Hollis ve ark., 1999), ortamda bulunan diğer metallere (Sağlamtimur ve ark., 2003) bağlı olarak değiştiği gibi alınım ve atılım oranına, doku ve organlara bağlı olarak da değişim gösterir. *T. nilotica*'da Cd'un Zn'ya oranla karaciğer, solungaç ve kas dokularında yüksek düzeyde biriktiği (Kargın ve Çoğun, 1999), birikimin Cd'un biyolojik yarılanma süresinin uzun ve atılımının yavaş olmasından kaynaklandığı saptanmıştır. *C. lazera* ile yapılan bu çalışmada da belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisinde incelenen doku ve organlarda kontrole göre önemli düzeyde Cd birikimi, metalin regüle edilememesinden kaynaklanabilir.

Cd'un belirlenen ortam derişimlerinin 1 ve 7 gün süreyle etkisinde solungaç dokusundaki kadmiyum birikiminin böbrek ve dalak dokularındaki birikime yakın düzeyde olduğu saptanmıştır. *Brachydanio rerio* (Norgreen ve ark., 1985) ve *Anguilla anguilla* (Noel-Lambot ve ark., 1978) da Cd etkisinin başlangıcında benzer bir şekilde solungaç dokusundaki Cd birikim düzeyinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Metal etkisinin başlangıcında Cd'un solungaç dokusunda yüksek derişimlerde birikimi, solungaçların lamellar yapı sayesinde oldukça geniş yüzey alanına sahip olması, ortamla doğrudan doğruya temas halinde olması, su ile kan arasındaki difüzyon aralığının kısa olması gibi nedenlerle açıklanabilir.

Kadmiyum balıkta her hangi bir işlevi olmayıp, çok düşük derişimlerde bile toksik etkili olduğundan, vücuda alınan metalin bir kısmı su ve metabolizma atıkları ile dışarı atılmak üzere böbreğe taşınmakta ve MT gibi metal bağlayıcı proteinlere bağlanması sonucu bu dokuda oldukça yüksek derişimlerde biriktirmektedir (Hongstrand ve ark., 1990; Hollis ve ark., 1999). *C. carpio* ile yapılan çalışmalarda kronik kadmiyum etkisinde solungaç ve karaciğere oranla böbreğin daha fazla metal biriktirdiği (DeSmet ve Blust, 2001), böbrekteki Cd birikiminin karaciğerdeki birikimden 2, kastaki birikimden ise 100 kat daha fazla olduğu saptanmıştır (DeConto-Cinier ve ark., 1999). *C. lazera* ile yapılan bu çalışmada da kadmiyumun incelenen en yüksek ortam derişiminin 1 ve 7 gün süreyle etkisinde en fazla metal birikimi böbrekte olurken, belirlenen doku ve organlarda biriken toplam metalin % 29'u bu dokuda ölçülmüştür. Böbrek dokusunda yüksek düzeydeki Cd birikimi, metalin MT'e bağlanarak depolanması ve metal atılımının önemli düzeyde bu doku üzerinden olması ile açıklanabilir.

Balıklarda karaciğer, metallothionein gibi metal bağlayıcı proteinlerin başlıca sentez yeri olduğundan (Olsson ve Haux, 1986) Cd, Cu ve Zn gibi ağır metalleri yüksek düzeyde

biriktirmektedir (Cicik ve Erdem, 1992). *Oncorhynchus mykiss*, *Rutilus rutilus* ve *Noemacheilus barbatulus* ile yapılan bir çalışmada Cd'un *R. rutilus* ve *N. barbatulus*'da en fazla karaciğerde birikirken, *O. mykiss*'de böbrekte biriktiği (Brown ve ark., 1986) karaciğerdeki birikimin böbrek ve solungaca oranla düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir (Szebedinszky ve ark., 2001). *C. lazera*'nın karaciğer dokusundaki Cd birikiminin böbrek, dalak ve solungaca göre düşük düzeyde olduğu, bununda karaciğerdeki Cd'un alınımı karşılamak üzere atılım olaylarının gerçekleştiği doku ve organlara taşınmasından kaynaklandığı olasıdır. Cd'un birikim düzeyine bağlı olarak dalak dokusunda da MT sentezini stimüle ettiği belirlenmiştir (Cherian ve Goyer, 1978). *T. nilotica*'da Cd'un ortam derişimlerinin etkisinde en yüksek kadmiyum birikimi dalakta olurken (Kalay, 1996), *A. anguilla*'da besin yoluyla Cd etkisinde böbrek dokusundan sonra en fazla birikim dalakta olmuştur (Haesloop ve Schrimmer, 1985). Bu çalışmada da böbrek dokusundan sonra en fazla kadmiyum birikiminin dalakta olduğu belirlenmiştir. *Oreochromis mossambicus*'da Cd'un subletal derişimlerinin uzun süreli etkisinin eritrosit sayısı ile hemoglobin ve hematokrit düzeyini düşürdüğü ve anemiye neden olduğu saptanmıştır (Ruparelia ve ark., 1990). Böbrek dokusundan sonra dalak dokusunda yüksek düzeydeki Cd birikimi, metalin metal bağlayıcı proteinlere bağlanması ile metal etkisinde ortaya çıkan anemik durumdan kaynaklanabilir.

Balıklarda kas dokusu metal birikimi bakımından aktif olmamakla birlikte, tüketilen kısmı oluşturması bakımından bu dokudaki metal birikiminin belirlenmesi oldukça önemlidir. *T. nilotica*'da kronik (Rashed, 2001), *Ictalurus punctatus*'da akut (Bentley, 1991) Cd etkisinde kas dokusundaki Cd birikiminin diğer doku ve organlara göre düşük düzeyde olduğu saptanmıştır. *C. carpio* ile yapılan bir çalışmada da kas dokusundaki metal birikiminin ancak 106 günlük etki süresi sonunda önemli düzeye ulaştığı belirlenmiştir (DeConto-Cinier ve ark., 1999). *C. lazera* ile yapılan bu çalışmada da 1, 7 ve 14 gün süreyle belirlenen derişimlerin etkisinde kas dokusundaki Cd birikimi diğer doku ve organlara göre düşük düzeyde olmuştur.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, Cd'un 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 ppm'lik ortam derişimlerinin 1, 7 ve 14 gün süreyle etkisinde kalan *C. lazera*'nın incelenen doku ve organlarında kontrol grubuna göre önemli düzeyde Cd biriktiğini, birikim bakımından belirlenen doku ve organlar arasında önemli düzeyde ayrımın olduğunu göstermiştir. Yüksek düzeydeki Cd birikimi, detoksifikasyon amacıyla Cd'un metal bağlayıcı bileşik ve yapılarla bağlanması, doku ve organlar arasındaki ayrım ise incelenen doku ve organların metabolik, yapısal ve işlevsel olarak farklı olması ile açıklanabilir.

KAYNAKLAR

- Almeida, J.A., Novelli, E.L.B., DalPai-Silva, M. and Alves Junior, R. (2001). Environmental cadmium exposure and metabolic responses of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Environ. Pollut., 114, 169-175. pp
- Bentley, P. J. (1991). Accumulation of Cadmium by Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) influx from Environmental Solution. Comp. Biochem. Physiol. C., 99 (3); 527-529. pp
- Brown, M.W., Thomas, D.G., Shurben, D., Solbe, J.F.D., Kay, J. and Cryer, A. (1986). A comparison of the differential accumulation of Cadmium in the tissues of three species of freshwater fish, *Salmo gairdneri*, *Rutilus rutilus* and *Noemacheilus barbatulus*. Comp. Biochem. Physiol., 84C (2), 213-217. pp
- Canlı, M., Kalay, M. and Ay, Ö. (2001). Metal (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Cr, Ni) concentrations in tissues of a fish *Sardina pilchardus* and a prawn *Peaenus japonicus* from three stations on the Mediterranean Sea. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 67, 75-82. pp
- Cherian, M.G. and Goyer, R.A. (1978). Metallothioneins and their role in the metabolism and toxicity of metals. Life Sci., 23, 1-10. pp
- Cicik, B. ve Erdem, C. (1992). Effect of Copper on the quantitative protein changes in liver and muscle tissues of *Tilapia nilotica*. Biyokimya Dergisi, cilt XVII, Sayı: 1, 54-64. pp
- Cicik, B., Ay, Ö. and Karayakar, F. (2004). Effects of Lead and Cadmium interactions on the metal accumulation in tissue and organs of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Bull. Environ. Contam. Toxicol., 72, 141-148. pp
- DeConto-Cinier, C., Petit-Ramel, M. Faure, R., Garin, D. And Bouvet, Y. (1999). Kinetics of Cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* Tissues. Comp. Biochem. Physiol., 122C, 345-352. pp
- DeSmet, H. and Blust, R. (2001). Stress responses and changes in protein metabolism in carp *Cyprinus carpio* During Cadmium Exposure. Ectotoxicology and Environmental Safety, 48, 225-256. pp
- Haesloop, U. and Schirmer, M. (1985). Accumulation of orally administered Cadmium by the eel (*Anguilla anguilla*). Chemosphere, 14, 1627-1634. pp
- Hatekeyama, S. and Yasuno, M. (1987). Chronic effects of Cadmium on reproduction of the guppy (*Poecilia reticulata*) through Cd accumulated midge larvae (*Chironomus yoshimatsui*) Ecotoxicol. Environ. Safe., 14 (3), 191-207. pp
- Hemelraad, J., Hervig, H.J., VanDonselaar, E.G., Hohverda, D.A. and Zandee, D.I. (1990). Effects of Cadmium in freshwater Clams. II. Ultra structural changes in the renal system of *Anadonta aygnea*. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 19, 691-698. pp
- Hilmy, A.M., Shabana, M.B. and Daabees, A.Y. (1985). Bioaccumulation of Cadmium: Toxicity in *Mugil cephalus*. Comp. Biochem. Physiol., 81C, 139-143. pp
- Hilmy, A.M., El-Domiaty, N.A., Daabees, A.Y. and Abdel – Latife, H.A. (1987). Toxicity in *Tilapia zilli* and *Clarias lazera* (Pisces) induced by Zinc seasonally. Comp. Biochem. Physiol., 86C, 263-265. pp
- Hongstrand, C., Lithener, G. And Haux, C. (1990). The importance of metallothionein for the accumulation of Copper, Zinc and Cadmium in environmentally exposed perch *Perca fluviatilis*. Pharmacol. Toxicol., 68 (6); 492-502. pp
- Hollis, L., McGeer, J.C., McDonald, D.G. and Wood, C.M. (1999). Cd accumulation gill, Cd-binding, accumulation and physiological effects during long term sublethal Cd exposure in rainbow trout. Aquat. Toxicol., 46, 101-119. pp
- Kalay, M. and Canlı, M. (2000). Elimination of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) metals from tissues of freshwater fish *Tilapia zilli*. Türk. J. Zool. 24, 429-436. pp
- Kalay, M. (1996). *Tilapia nilotica*'da karaciğer, dalak, böbrek, kas ve solungaç dokularındaki Kadmiyum birikiminin total protein düzeyi ile iyon dağılımı üzerine etkileri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 72s.
- Kargin, F. and Çoğun, H. Y. (1999). Metal interactions during accumulation and elimination of Zinc and Cadmium in tissues of the freshwater fish *Tilapia nilotica*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 63, 511-519. pp
- Kulikova, I., Selsuma, Z. And Lengzdina, M. (1985). Heavy Metals in marine organisms. Symposia Biologica Hungarica, 29, 141-145. pp
- Levesque, H.M., Moon, T.W., Campbell, P.G.C. and Hontela, A. (2002). Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of yellow perch (*Perca flavescens*) Chronically Exposed to Metals in the Field. Aquat. Toxicol., 60, 257-267. pp
- Matei, V.E., Pavlov, D.F. and Chuiko, G.M. (1993). The Effect of Cadmium on the gill structure in tilapia. Tsitologia, 35 (10), 13-19. pp
- Melgar, M.J., Perez, M. Garcia, M.A., Alonso, J. and Miquez, B. (1997). The toxic and accumulative effects of short term exposure to Cadmium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Vet. Hum. Toxicol., 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
- Noel – Lambot, F., Gerday, C.H. and Disteché, A. (1978). Distribution of Cd, Zn and Cu in liver and gills of the eel *Anguilla anguilla* with Special Reference to Metallothioneins. Comp. Biochem. Physiol., 61C, 177-187. pp
- Norgreen, L. K., Ruan, P., Haux, C. and Frodin, L. (1985). Cadmium induced changes in gill morphology of zebra fish *Brachydanio rerio* (Hamilton-Buchanan) and

- rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish. Biol. 27, 81-95. pp
- Novelli, E.L.B., Lopes, A.M., Rodrigues, A.S.E., Novelli – Filho, J.L.V.B. and Ribas, B.O. (1999). Superoxide Radical and Nephrotoxic effect of Cadmium exposure. Int. J. Environ. Health Res., 9, 109 – 116. pp
- Olsson, P. and Haux, C. (1986). Increased hepatic metallothionein content correlates to Cadmium accumulation in experimentally exposed perch (*Perca fluviatilis*). Aquatic Toxicology, 9, 231-242. pp
- Pelgrom, S.M.G.J., Lamers, L.P.M., Lock, R.A.C., Palm, P.H.M. and Wendelaarbonding, S.E. (1995). interactions between Copper and Cadmium modify metal organ distribution in mature tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Environ. Pollut., 90 (3), 415-423. pp
- Rashed, M.N. (2001). Cadmium and Lead level in fish (*Tilapia nilotica*) tissues as biological indicator for Lake Water Pollution. Environ. Moint. Assess., 68 (1), 75-89. pp
- Rombough, P.J. and Garside, E.T. (1984). Disturbed ion balance in alevins of Atlantic salmon *Salmo salar* chronically exposed to sublethal concentration of Cadmium. Can. J. Zool., 62, 1443-1450. pp
- Ruparelia, S.G., Verma, Y., Saiyed, S.R. and Rawal, U.M. (1990). Effects of Cadmium on blood of tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), during Prolonged Exposure. Bull. Environ.Contam. Toxicol., 45, 305-312. pp
- Sağlamtimur, B. Cicik, B. and Erdem, C. (2003). Effects of different concentrations of Copper+Cadmium mixture on the accumulation of copper in the gill, liver, kidney and muscle tissues of *Oreochromis niloticus* (L). Türk.J. Vet. Anim. Sci. 27;813-820. pp
- Suresh, A., Sivaramakrishna, B., Victoriamma, P.C., and Radhakrishnaiah, K. (1993). Comparative study on the inhibition of Acetylcholinesterase activity in the freshwater fish *Cyprinus carpio* by Mercury and Zinc. Biochem. Int., 26 (2); 362-375. pp
- Szebedinszky, C., McGeer, J.C., McDonald, D.G. and Wood, C.M. (2001). Effects of chronic Cadmium exposure via the diet or water on internal organ – specific distribution and subsequent gill Cd uptake kinetics in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Environ. Toxicol. Chem., 20(3), 597-607. pp
- Vural, N. (1984). Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, No:65, 416s.
- Zyadah, M.A. (1999). Accumulation of some Heavy Metals in *Tilapia zilli* organs from Lake Manzalah Egypt. Tr. J. of Zoology, 23,367-372. pp