



Ekoloji

14, 55, 18-23
2005

Kadmiyumun *Cyprinus carpio* (L. 1758)'da Serum Aspartat Aminotransferaz, Alanin Aminotransferaz Ve Glukoz Düzeyi Üzerine Etkileri

Sahire KARATAŞ

Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yenişehir Kampüsü C Blok,
33169, MERSİN

Cahit ERDEM

Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
01330 Balcalı-ADANA

Bedii CİCİK

Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yenişehir Kampüsü C Blok
33169, MERSİN

Özet

Bu çalışmada *Cyprinus carpio* (L. 1758) 1, 3, 15 ve 30 gün sürelerle kadmiyumun 0,1, 0,2, 0,4 ve 0,8 ppm ortam derişimlerinin etkisinde bırakılarak, serum aspartat aminotransferaz, alanin aminotransferaz ve glukoz düzeylerindeki değişimler incelenmiştir. Serum parametrelerinin belirlenmesinde otoanalizator spektrofotometrik yöntemler kullanılmıştır. Metalin belirli bir derişiminin kısa süreli etkisinde serum aminotransferaz ve glukoz düzeyleri kontrole oranla değişim gösterirken, sürenin uzamasıyla bu etkinin ortadan kalktığı belirlenmiştir. Kadmiyum tüm ortam derişimlerinde serum glukoz düzeyini 30. günde 1. güne oranla yaklaşık %50 oranında düşürmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Aminotransferaz, Cyprinus carpio, glukoz, kadmiyum.*

Effects of Cadmium on Levels of Sera Aspartate Aminotransferase Alanine Aminotransferase and Glucose in *Cyprinus carpio* (L. 1758)

Abstract

In this study, changes in Sera aspartate, aminotransferase, alanine aminotransferase and glucose levels after exposing 0.1, 0.2, 0.4 and 0.8 ppm Cd over periods of 1, 3, 15 and 30 days to *Cyprinus carpio* (L. 1758) were investigated. Autoanalyser spectrophotometric methods were used in determining sera parameters. On short term exposure, sera aminotransferase and glucose levels in Cd exposed animals are varied compared with control, but the levels returned to normal on prolonged exposure. A 50% decrease was observed in sera glucose levels in day 30 compared with the levels in day 1 in all concentrations of cadmium tested.

Keywords: *Aminotransferase, cadmium, Cyprinus carpio, glucose.*

GİRİŞ

İnsan aktivitesine dayalı evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklarla jeolojik ayrışım, toprak erozyonu ve volkanik faaliyetler gibi doğal olaylar toksik etkili maddelerin sucul ortamlara katılımını arttırarak, hidrolojik döngüdeki suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini sürekli olarak artan bir şekilde olumsuz yönde değiştirmektedir. Kadmiyum, çok düşük derişimlerde biyolojik sistemler için toksik etkili bir ağır metal olup (Almeida ve ark. 2001), akümülatör yapımı, boya, plastik ve gübre sanayi gibi çeşitli endüstriyel alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Sastry ve Subhadra 1985). Kadmiyumun, gerek doğal gerekse belirtilen kaynaklardan sucul ortamlara düşük derişimlerde

deşarjı, sudaki derişiminin giderek artmasına ve duyarlı türlerin ortadan kalkmasına neden olurken, hoşgörüsü yüksek sucul organizmaların dokularında birikerek besin zinciri aracılığı ile artan derişimlerde üst trofik düzeylere iletilmesine, hücresel veya moleküler düzeyde yapısal ve işlevsel bozukluklara sonuçta mortaliteye neden olmaktadır (Ricard ve ark. 1998, DeConto-Cinier ve ark. 1999). Kronik kadmiyum etkisinin insanda İtai-itai hastalığına neden olduğu saptanmıştır (Vural 1984). Balıklarla yapılan çalışmalarda ise kronik kadmiyum etkisinin başlangıçta davranış değişikliklerine (Khunyakari ve ark. 2001), solungaç, karaciğer ve böbrek gibi metabolik bakımdan aktif dokularda yüksek derişimlerde birikime (Pelgrom ve ark. 1995,

Melgar ve ark. 1997), histopatolojik değişimlerin yanı sıra endokrin sistem aracılığı ile glukoneogenik enzimlerle proteazların aktivitesini etkileyerek protein ve karbonhidrat metabolizmalarında değişikliklere neden olduğu belirlenmiştir (Hontela ve ark. 1996).

Aspartat aminotransferaz (AST) ve Alanin aminotransferaz (ALT) karaciğer orijinli glukoneogenik enzimler olup, normal koşullarda kanda düşük derişimlerde bulunurlar. Balıklarda kadmiyum etkisinin serum aminotransferaz düzeylerinde değişime neden olduğu, bu değişimlerin metalin ortam derişimi ve etkide kalma süresine bağlı olarak değişim gösterdiği gibi dokulardaki yıkım düzeyine bağlı olarak da değiştiği belirlenmiştir (DeSmet ve Blust 2001). Serum aminotransferaz düzeylerindeki değişimler toksik etkili kimyasalların yanı sıra üreme, hipoksik koşullar, yoğun stoklama ve açlık gibi stres faktörlerinin etkisinde de meydana gelmektedir (Vijayan ve ark. 1997). Serum AST ve ALT düzeyindeki değişimler doku dejenerasyonu ile protein metabolizmasındaki değişimleri yansıtmaları bakımından önemlidir.

Glukoz, balıklarda başlıca enerji veren bileşik olup, fazlası kas ve karaciğer dokularında glikojen formunda depo edilir (Dange 1986). Ağır metal etkisinin neden olduğu stres ve hipoksik koşullar endokrin sistem aracılığı ile kortizol, epinefrin ve katekolamin gibi glukokortikoid hormonların salınımını arttırarak karbonhidrat metabolizmasında değişikliklere neden olmaktadır (Vosyliene 1999). Balıklarda serum glukoz düzeyi, metalin ortam derişimi ve etkide kalma süresine bağlı olarak değişim gösterdiği gibi ortam faktörlerine bağlı olarak da değişim gösterir (Lowe-Jinde ve Niimi 1984). Ağır metal etkisinde serum glukoz düzeyinin çok çabuk değişim göstermesi, metalin metabolik olaylar üzerindeki etkisini belirlemede kolaylık sağlar.

Araştırmada materyal olarak kullanılan *Cyprinus carpio*, iç suların balıklandırılmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Protein kaynağı olarak tüketilmesi, tatlı su ekosistemlerinde besin zincirinin önemli bir halkasını oluşturması ve yaşam ortamlarının genellikle evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerin dolaylı etkisinde olması nedeniyle, toksik etkili ağır metallerin biyokimyasal parametreler üzerine etkisinin incelenmesi, ortamdaki kirlilik düzeyi ile balık popülasyonunun sağlık durumunun belirlenmesi bakımından önemlidir.

Organizmalarda herhangi bir işleve sahip olmayan kadmiyumun, sucul ekosistemin önemli

bileşenlerinden biri olan balıklarda serum parametreleri üzerine etkilerinin incelenmesi, metalin metabolik ve fizyolojik olaylar üzerine etkisinin belirlenmesine olanak sağladığından bu araştırmada, literatür bilgisi ve laboratuvar çalışmalarında letal olmadığı belirlenmiş 0,1, 0,2, 0,4 ve 0,8 ppm kadmiyum ortam derişimlerinin etkisinde 1, 3, 15 ve 30 gün sürelerle bırakılan *C. carpio*'nun serum aminotransferaz ve glukoz düzeyleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Uygulama Birimlerinde bulunan Temel Bilimler Araştırma laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak kullanılan *C. carpio*, DSİ 6. Bölge Müdürlüğü üretim havuzlarından alınarak, kontrollü ortam koşullarına sahip laboratuvara getirilmiş ve her biri 40x120x40 cm boyutlarında olan içerisinde 120 L dinlenmiş çeşme suyu bulunan 12 adet stok cam akvaryum içerisinde üç ay süreyle bekletilerek ortam şartlarına adaptasyonları sağlanmıştır. Bu süreç sonunda balıklar, 15,3±0,8 cm boy ve 62,4±0,5 g ağırlığa ulaşmıştır. Serum aminotransferaz ve glukoz düzeyi, metabolik aktiviteyle ilişkili olarak boy, yaş ve ağırlığa bağlı olarak değişim gösterdiğinden araştırmada aynı yaşta, boy ve ağırlık bakımından bir birine yakın balıklar kullanılmıştır.

Deneylerin yürütüldüğü laboratuvar, 25±1°C durağan sıcaklığa sahip olup, 12 saat aydınlık 12 saat karanlık fotoperiyodu uygulanmıştır. Araştırma belirlenen süreler dikkate alınarak dört seri halinde yürütülmüştür. Her seride biri kontrol, diğerleri deney akvaryumu olmak üzere 40x120x40 cm boyutlarında 5 adet cam akvaryum kullanılmıştır. Deney ve kontrol akvaryumlarındaki ortamın kimyasal özelliklerinden bazıları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir;

pH; 8,19±0,06

Çözünmüş oksijen; 7,02±0,27 mg/L

Toplam sertlik; 230±0,75 mg/L CaCO₃

Toplam alkalinite; 326±0,50 mg/L CaCO₃

Deneyler her tekrarda üç balık olacak şekilde üç tekrarlı olarak yürütülmüş, her seride 45, tüm deneylerde ise 180 adet balık kullanılmıştır. Balıklar deneyler süresince günde bir defa toplam ağırlığın %2'si kadar içerisinde kadmiyum bulunmayan hazır balık yemi (Pınar Yem, Türkiye) ile beslenmiştir.

Akvaryumlarda havalandırma, merkezi havalandırma sistemi ile sağlanmış, evaporasyon, adsorbsiyon ve presipitasyon gibi nedenlerle zaman içerisinde deney çözeltilerinin derişiminde değişimler olabileceğinden, deney çözeltileri iki

günde bir taze olarak hazırlanan stok çözeltilerden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiş ve ortam yenilenmiştir (Cicik ve Erdem 1992). Metalin akvaryum ortamında presipitasyonunu engellemek ve homojenliğini sağlamak için kullanılan deney ve stok kadmiyum çözeltilisi, 1,79 g CdCl₂ H₂O tuzunun sulu çözeltilisine 3,18 g tri sodyum sitrat (C₆H₅Na₃O₇ 5,5 H₂O; Merck) eklenerek hazırlanmıştır (Brown ve Ahsanullah 1971).

Belirlenen süreler sonunda deney akvaryumlarından çıkartılacak bir seriye ait balıklar, incelenen parametrelerin deneyden çıkartılma sırasında oluşabilecek stres koşullarına bağlı olarak değişim gösterdiğinden, akvaryum ortamında 75 ppm'lik MS222 (3 Amino Benzoik Asit Etil Ester, C₉H₁₁NO₂CH₄SO₃) anestezi maddesi eklenerek bayıltılmıştır. Çeşme suyu ile yıkayıp, kurutma kağıdı ile kurulan balıklardan serum parametrelerinin belirlenmesinde kullanılacak kan örnekleri, kaudal pedinkülün kesilmesi ile dorsal aorttan sağlanmıştır (Verma ve ark. 1983). Alınan kan örnekleri içerisinde herhangi bir antikoagülant madde bulunmayan santrifüj tüplerine aktarılıp, 3500 dev/dak.'da 10 dakika süreyle santrifüjlenerek, aminotransferaz ve glukoz analizinin yapılacağı serum örnekleri elde edilmiştir. Serum aminotransferaz ve glukoz derişimi, Cobas Integra 400/700/800 marka otoanalizörde belirlenmiştir.

Deney verilerinin istatistik analizinde "Student Newman Keul's Test (SNK)" kullanılmıştır.

BULGULAR

Cyprinus carpio ile yürütülen bu çalışmada metal etkisinde bırakılan balıklarda deney başlangıcında yüzme performanslarında düşme, besin almama, operkulum hareketlerinde artış, akvaryum yüzeyine yönelme ve fiziki etkilere karşı duyarsızlık gibi davranış değişiklikleri gözlenirken, etkide kalma süresindeki artışa paralel olarak bu davranış değişikliklerinin normale döndüğü gözlenmiştir.

Kadmiyumun 0,1, 0,2, 0,4 ve 0,8 ppm ortam derişimlerinin 1, 3, 15 ve 30 gün süre ile etkisinde bırakılan *C. carpio*'nun serumunda üç tekrarlı olarak belirlenen AST, ALT ve glukoz düzeylerinin aritmetik ortalamaları ile istatistik değerlendirme sonuçları Tablo 1-3'de verilmiştir.

Denenen en uzun etki süresi dışında belirlenen sürelerde kadmiyum etkisi, serum AST düzeyini kontrole göre önemli düzeyde arttırmıştır (Tablo 1, SNK, P<0,05). Birinci ve üçüncü günlerde serum AST düzeyi üzerine ortam derişimindeki artışın etkisi olmamıştır (P>0,05). Onbeşinci günde 0,2 ve 0,8 ppm Cd ortam derişimlerinde serum AST

Tablo 1. *C. carpio*'da serum aspartat aminotransferaz (AST) düzeyi (U/mg protein) üzerine kadmiyum ortam derişimlerinin süreye bağlı etkileri

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)			
	1 X±sx*	3 X±sx*	15 X±sx*	30 X±sx*
0,0	70±12,7 as	83±3,0 as	72±5,0 as	80,5±16,5 as
0,1	190±23,0 bs	93,5±0,5 abs	174±24 bs	116,5±24 as
0,2	258,5±13,5 bs	134±10,0 bt	84,5±0,5 acx	91±7,5 ax
0,4	227,5±1,5 bs	120±5,0 abt	128±6,0 ct	109±10 at
0,8	123±11,0 bs	103,1±11,0 abs	85±6,0 acs	134±5,5 as

*SNK; a,b derişimler, s,t ve x harfleri süreler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır, Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0,05 düzeyinde istatistik ayrım vardır, X±sx; Aritmetik ortalama±Standart hata

düzeyle kontrole göre değişim göstermezken, 0,1 ve 0,4 ppm Cd'da artmıştır. Etkide kalma süreleri dikkate alındığında 0,1 ve 0,8 ppm Cd derişimlerinde sürenin artması serum enzim düzeyinde bir değişime neden olmamıştır. Diğer ortam derişimlerinde ise süreye bağlı olarak düşme gözlenmiştir.

Bir günlük etki süresi dışında Cd'un incelenen ortam derişimlerinin kontrole oranla serum ALT düzeyi üzerine etkisi belirlenmemiştir (Tablo 2). Birinci gün dışında denenen ortam derişimlerinin tümünde serum ALT düzeyinde ortalama %20'lik bir artış olsa da bu farklılık istatistiksel bakımdan önemli bulunmamıştır. Belirli bir ortam derişiminde etkide kalma süresi dikkate alındığında, belirlenen tüm ortam derişimlerinde birinci günde serum ALT düzeyi oldukça yüksek düzeyde bulunurken (P<0,05), etkide kalma süresinin artması ile kontrol düzeyine düşmüş ve deney süresi sonuna kadar yaklaşık aynı düzeyde kalmıştır. Kadmiyumun 0,8 ppm dışındaki tüm ortam derişimlerinde serum AST ve ALT düzeyleri 30. günde 1. güne oranla düşmüş, 0,8 ppm Cd'da ise artmıştır.

Kadmiyum 1. ve 3. günlerde serum glukoz düzeyini artırırken, 15. ve 30. günlerde serum glukoz düzeyi kontrol düzeyinde kalmıştır (Tablo 3).

Tablo 2. *C. carpio*'da serum alanin aminotransferaz (ALT) düzeyi (U/mg protein) üzerine kadmiyum ortam derişimlerinin süreye bağlı etkileri.

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)			
	1 X±sx*	3 X±sx*	15 X±sx*	30 X±sx*
0,0	2,5±0,5 as	2,5±0,5 as	2,3±0,3 as	2,6±0,3 as
0,1	28±3,0 bs	3,0±0,0 at	3,0±0,5 at	2,6±0,3 at
0,2	21±0,5 bs	3,0±0,0 at	3,0±0,0 at	3,0±0,0 at
0,4	18±1,0 bs	2,5±0,5 at	3,3±0,3 at	3,0±0,5 at
0,8	22,5±4,5 bs	3,0±0,0 at	2,7±0,5 at	2,3±0,8 at

*SNK; a,b derişimler, s ve t harfleri süreler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında p<0,05 düzeyinde istatistik ayrım vardır. X±sx; Aritmetik ortalama±Standart hata

Tablo 3. *C. carpio*'da serum glukoz düzeyi (mg/100 ml) üzerine kadmiyum ortam derişimlerinin süreye bağı etkileri.

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)			
	1 X±sx*	3 X±sx*	15 X±sx*	30 X±sx*
0,0	31,2±2,0 as	32,0±5,0 as	34,5±2,5 as	34,5±2,5 as
0,1	84,5±1,5 bs	70,5±1,5 bt	20,0±0,1 ax	21,0±1,0 ax
0,2	49,0±10,0 cs	54,0±1,0 cs	29,0±6,0 as	34,5±0,5 as
0,4	50,0±0,1 cs	60,0±3,0 cs	56,0±3,0 bs	27,5±1,5 at
0,8	84,0±6,0 bs	54,5±0,5 ct	41,0±6,0 at	32,5±3,5 at

*SNK; a, b ve c derişimler, s, t ve x harfleri süreler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0,05 düzeyinde istatistik ayrım vardır. X ± sx; Aritmetik ortalama ± Standart hata

Belirli bir kadmiyum derişiminde etkide kalma süresinin uzaması serum glukoz düzeyini düşürmüştür. Kadmiyum tüm ortam derişimlerinde 30. günde 1. güne oranla serum glukoz düzeyini yaklaşık %50 oranında düşürmüştür.

TARTIŞMA

Balıklarda, ağır metal etkisi süre ve derişime bağı olarak davranış değişikliklerine neden olmaktadır. *Labeo rohita* Hamilton, 1822 (Venkataramana ve Radhakrishnaiah 2001), *Channa punctatus* Bloch, 1793 (Ansari 1984)'da bakırın, *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 (Hilmy ve ark. 1985a)'da kadmiyumun düşük derişimlerinin uzun süreli etkisinin başlangıcında, yüzme hareketlerinde koordinasyonsuzluk, besin almama, operkulumun açılıp kapanmasında artış gibi davranış değişikliklerine neden olduğu saptanmıştır. *C. carpio* ile yapılan bu çalışmada da kadmiyum etkisinin başlangıcında benzer davranış değişikliklerinin meydana geldiği gözlenmiştir. Etkide kalma süresinin uzaması ile davranışların normale dönmesi, değişen ortam koşullarına adaptasyon mekanizmalarının stimülasyonu ile açıklanabilir.

Balıklarda ağır metal etkisinin strese neden olduğu ve stres koşullarında enerji gereksiniminin arttığı belirlenmiştir (Vijayan ve ark. 1997). Gereksinim duyulan enerji balıklarda başlıca enerji rezervi olan glukoz ve glikojen gibi karbonhidratların yanı sıra glukoneogenik enzimler aracılığı ile protein ve lipid gibi karbonhidrat olmayan kaynaklardan da sağlanmaktadır (Levesque ve ark. 2002).

AST ve ALT glukoneogenik enzimler olup, başlıca sentez yerleri karaciğerdir. Serumda normal koşullarda bulunmazlar. *M. cephalus*'da kadmiyumun düşük derişimlerinin 48 saat süreyle etkisinde AST düzeyi artmış, 96 saatlik etki süresinde ise karaciğer hücrelerindeki sentezi sona ermiştir (Hilmy ve ark. 1985a). Enzim sentezinin 48 saatlik etki süresi sonunda durdurulması, ortam koşullarına adaptasyon sağlanması sonucu enerji gereksiniminin

karbonhidrat olmayan kaynaklardan sağlanmasının durdurulması ile açıklanmıştır. *C. punctatus* subletal kadmiyum derişimlerinin uzun süreli etkisine bırakılmış, metal etkisinin başlangıcında serum AST, ALT ve Laktat dehidrojenaz (LDH) düzeyini arttırdığı, etkide kalma süresinin uzaması ile kontrol düzeyine düştüğü saptanmıştır (Sastri ve ark. 1997). Versteeg ve Giesy (1986), *Lepomis macrochirus* Rafinesque, 1819'da 363 ppb ve 12,7 ppm Cd ortam derişimlerinde 32 günlük süre sonunda kadmiyum etkisinin serum AST ve ALT düzeyinde her hangi bir değişime neden olmadığını belirtmişlerdir. *M. cephalus* ile yapılan bir çalışmada, kadmiyumun uzun süreli etkisinde serum AST ve ALT düzeyini arttırdığı ve bu artışın da metalin membran permeabilitesini etkileyerek bu enzimlerin doğrudan kana salınmasından kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Hilmy ve ark. 1985b). Kadmiyumun subletal derişimlerinin etkisinde 30 gün süre ile bırakılan *C. carpio*'da deneylerin başlangıcında serum AST ve ALT düzeylerinde artış gözlenmiş ancak etkide kalma süresindeki artma bu enzimlerin düzeyinde bir düşmeye neden olmuştur. Serum enzim düzeyindeki bu değişimlerin metal etkisinin başlangıcında ortaya çıkan stres koşullarından kaynaklanması olasıdır.

Balıklarda ağır metal etkisi karbonhidrat metabolizmasında değişikliklere neden olmaktadır. *Heteropneustes fossilis* Bloch, 1794'de kadmiyumun 0,26 ppm ortam derişiminde 15 ve 30 gün süre ile etkisi, serum glukoz ve laktik asit derişimini artırırken, kas ve karaciğer dokularının glikojen derişiminde düşmeye neden olmuştur (Sastri ve Subhadra 1982). *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792'in erginleri 30 gün süre ile 10,0 ve 25,0 ppb Cd, juvenilleri ise 1,0 ve 5,0 ppb Cd ortam derişimlerinin etkisinde bırakılmış, her iki grupta anılan sürede serum glukoz düzeyinde değişim gözlenmemiştir (Ricard ve ark. 1998). *Puntius conchoniis* Hamilton, 1822'da kadmiyumun yüksek derişimlerinin kısa süreli etkisi hiperglisemiye, düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi hipoglisemiye neden olurken karaciğer glikojen derişimi her iki durumda da artma göstermiştir (Gill ve Pant 1983).

Kadmiyumun 320, 640, 1280 ve 2560 ppb ortam derişimlerinin 7 gün süre ile etkisinde *Oreochromis niloticus* L., 1758'un karaciğerinde glikojenlize işlev gören enzimlerin aktivitesini uyardığı saptanmıştır (Almeida ve ark. 2001). *C. punctatus* (Dubale ve Shah 1981) ve *Carassius auratus* L., 1758'da (Zikic ve ark. 2001) kadmiyumun subletal derişimlerinin kısa süreli etkisi katekolamin salınımını artırarak karaciğer glikojen derişimini

düşürürken, serum glukoz düzeyini arttırdığı belirtilmektedir.

Balıklarda ağır metal etkisinin yanı sıra *Oreochromis mossambicus* Peters, 1852'da yoğun stoklamanın (Vijayan ve ark. 1997), *Perca flavescens* Mitchill, 1814'de üremenin (Levesque ve ark. 2002), *Scyliorhinus canicula* L., 1758'da hipoksik koşulların (Tort ve Torres 1988) serum glukoz ve laktat düzeyi ile kortikosteroid salınmasını artırırken, kas ve karaciğer glikojen derişimini düşürdüğü saptanmıştır. *C. carpio* ile yürütülen bu araştırmada da kadmiyumun denenen tüm derişimlerinde denemelerin ilk 3 gününde serum glukoz düzeyinde önemli artış gözlenmiş, sürenin artması ile kontrol düzeyine düşmüştür. Bu değişimler olasılıkla metal

etkisinin başlangıcında kadmiyumun kas ve karaciğer dokularında glikojenlizi uyarmasından, endokrin sistem aracılığı ile glikoneogenik enzimlerin aktivitesini artırarak karbonhidrat olmayan kaynaklardan glukoz sentezini arttırmamasından, etkide kalma süresinin uzaması ile balığın metal etkisine metabolik adaptasyonundan kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak kadmiyum etkisinde *C. carpio*'nun serum aminotransferaz ve glukoz düzeyinde gözlenen değişimler, metal etkisinde ortaya çıkan stresle, etkide kalma süresinin uzamasıyla bu parametrelerin normale dönmesi ise balığın stres koşullarına adaptasyonu ile açıklanabilir.

KAYNAKLAR

- Almeida JA, Novelli ELB, Dal Pai Silva M, Alves Junior R (2001) Environmental Cadmium Exposure and Metabolic Responses of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Environmental Pollution 114 2, 169-175.
- Ansari IA (1984) Studies on the Toxicity of Copper Sulphate on *Channa punctatus* and *Mystus vittatus*; Determination of LC50 Values. Acctciencis India 10, 154-160.
- Brown B, Ahsanullah M (1971) Effect of Heavy Metals on Mortality and Growth, Mar. Poll. Bull. 2, 1, 182-187.
- Cicik B, Erdem C (1992) *Tilapia nilotica*'da Bakırın Karaciğer ve Kas Dokularındaki Nicel Protein Derişimlerine Etkileri. Biyokimya Dergisi XVII, 1, 51-64.
- Dange AD (1986) Changes in Carbohydrate Metabolism in Tilapia *Oreochromis mossambicus*, During Short-term Exposure to Different Types of Pollutants. Environmental Pollution (Series) 41, 165-177.
- 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.
- De Smet H, Blust R (2001) Stress Responses and Changes in Protein Metabolism in Carp *Cyprinus carpio* during Cadmium Exposure. Ecotoxicol. Environ. Safe 48, 3, 255-262.
- Dubale MS, Shah P (1981) Biochemical Alterations Induced by Cadmium in the Liver of *Channa punctatus*. Environmental Research 26, 110-118.
- Gill TS, Pant JC (1983) Cadmium Toxicity: Inducement of Changes in Blood and Tissue Metabolites in Fish. Toxicology Letters 18, 195-200.
- Hilmy AM, Shabana MB, Daabees AY (1985a) Bioaccumulation of Cadmium Toxicity in *Mugil cephalus*. Comp. Biochem. Physiol. C. 81, 1, 139-143.
- Hilmy AM, Shabana MB, Daabees AY (1985b) Effects of Cadmium Toxicity upon the in vivo an in vitro Activity of Proteins and Five Enzymes in Blood Serum and Tissue Homogenates of *Mugil cephalus*. Comp. Biochem. Physiol. C. 81, 1, 145-153.
- Hontela A, Daniel C, Ricard AC (1996) Effects of Acute and Subacute Exposures to Cadmium on the Interrenal and Thyroid Function in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquat. Toxicol. 35, 171-182.
- Khunyakari RP, Tare V, Sharma RN (2001) Effects of Some Trace Heavy Metals on *Poecilia reticulata* (Peters). J. Environ. Biol. 22, 2, 141-144.
- Levesque HM, Moon TW, Campbell GC, Hontela A (2002) Seasonal Variation in Carbohydrate and Lipid Metabolism of Yellow Perch (*Perca flavescens*) Chronically Exposed to Metals in the Field. Aquatic Toxicology 60, 3-4, 257-267.
- Lowe-Jinde L, Niimi AJ (1984) Short Term and Long Term Effects of Cadmium on Glycogen Reserves and Liver Size in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Arch. Env. Contam. Toxicol. 13, 759-764.

- Melgar MJ, Perez M, Garcia MA, Alonso J, 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.
- Pelgrom SMGJ, Lamers LPM, Lock RAC, Balm PHM, Wendelaarbonga SE (1995) Interactions between Copper and Cadmium Modify Metal Organ Distribution in Mature Tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Environmental Pollution* 90, 415-423.
- Ricard AC, Daniel C, Anderson P, Hontela A (1998) Effects of Subchronic Exposure to Cadmium Chloride on Endocrine and Metabolic Functions in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. *Arch. Environmental Contam. Toxicol.* 34, 4, 377-381.
- Sastry KV, Subhadra KM (1982) Effect of Cadmium on Some Aspects of Carbohydrate Metabolism in a Freshwater Catfish *Heteropneustes fossilis*. *Toxicol. Lett.* 14, 1-2, 45-55.
- Sastry KV, Subhadra KM (1985) In-vivo Effects of Cadmium on Some Enzyme Activities in Tissues of the Freshwater Catfish *Heteropneustes fossilis*. *Environmental Research* 36, 32-45.
- Sastry KV, Sachdeva S, Rathee P (1997) Chronic Toxic Effects of Cadmium and Copper and their Combination on some Enzymological and Biochemical Parameters in *Channa punctatus*. *J. Environ. Biol.* 18, 291-303.
- Tort L, Torres P (1988) The Effects of Sublethal Concentrations of Cadmium on Haematological Parameters in the Dog Fish *Scyliorhinus canicula*. *J. Fish Biol.* 32, 277-282.
- Venkataramana P, Radhakrishnaiah K (2001) Copper Influenced Changes in Lactate Dehydrogenase and G-6-PDH Activities of Freshwater Teleost, *Labeo rohita*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 67, 247-263.
- Verma SR, Rani S, Tonk PI, Dalela RC (1983) Pesticide Induced Dysfunction in Carbohydrate Metabolism in Three Freshwater Fishes. *Environ. Res.* 32, 127-133.
- Versteeg DJ, Giesy JP (1986) The Histological and Biochemical Effects of Cadmium Exposure in the Bluegill Sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Ecotoxicol. Environ. Safe.* 11, 1, 31-43.
- Vijayan MM, Pereira C, Grau EG, Iwama GK (1997) Metabolic Responses Associated with Confinement Stress in Tilapia; The Role of Cortisol. *Biochem. Physiol.* 116C, 1, 89-85.
- Vosyliene MZ (1999) The Effect of Heavy Metal on Hematological Indices. *Acta Zoologica Litvanica Hydrobiologia* 9, 76-82.
- Vural N (1984) Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Zikic RW, Stain SV, Pavlovic BI, Ognjanovic Z, Saicic ZS (2001) Activities of Superoxide Dismutase and Catalase in Erythrocytes and Plasma Transaminases of Goldfish (*Carassius auratus gibelio* Bloch) Exposed to Cadmium. *Physiol. Res.* 50, 105-111.