

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Sahire KARAYTUĞ

**KADMİYUMUN *Cyprinus carpio* (L. 1758)'DA SERUM
PARAMETRELERİNE ETKİLERİ VE DOKU BİRİKİMİ**

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2004

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KADMIYUMUN *Cyprinus carpio* (L. 1758)'DA SERUM PARAMETRELERİNE
ETKİLERİ VE DOKU BİRİKİMİ**

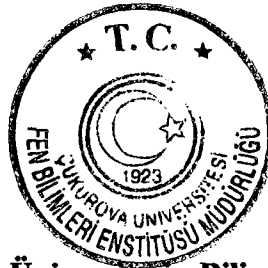
Sahire KARAYTUĞ
DOKTORA TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**Bu Tez 16 / 09 / 2004 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği /
Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir**

İmza Prof. Dr. Cahit ERDEM JÜRİ BAŞKANI	İmza Prof. Dr. Nevin ÜNER ÜYE	İmza Doç. Dr. M.Z. Lugal GÖKSU ÜYE
İmza Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK ÜYE	İmza Yrd. Doç. Dr. Özcan AY ÜYE	

Bu tez Enstitümüz Biyoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod no: 850



Prof. Dr. Fikri AKDENİZ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

**Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
Tarafından desteklenmiştir.
Proje No: FBE2002D133**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

**KADMIYUMUN *Cyprinus carpio* (L. 1758)'DA SERUM PARAMETRELERİNE
ETKİLERİ VE DOKU BİRİKİMİ**

Sahire KARAYTUĞ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Cahit ERDEM

İkinci Danışman : Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK

Yıl : 2004, Sayfa: 50

Jüri : Prof. Dr. Cahit ERDEM
Prof. Dr. Nevin ÜNER
Doç. Dr. M.Z. Lugal GÖKSU
Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK
Yrd. Doç. Dr. Özcan AY

Cyprinus carpio 1, 3, 15 ve 30 gün sürelerle kadmiyumun 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.8 ppm ortam derişimlerinin etkisinde bırakılarak yürütölen deneylerde metalin solungaç, karaciğer, böbrek, dalak, kas ve beyin dokularındaki birikimi ile serum aminotransferaz, total protein, albumin ve glukoz düzeylerindeki değışimler belirlenmiştir.

Doku metal düzeylerinin belirlenmesinde ICP-AES, serum parametrelerinde ise otoanalizatör spektrofotometrik yöntemler kullanılmıştır.

Kadmiyum etkisinde çalışılan tüm dokularda kontrole oranla önemli düzeyde birikim belirlenirken, dokular arasında aşağıdaki ilişki saptanmıştır;

Böbrek > Solungaç > Karaciğer > Dalak > Kas > Beyin

Metalin kısa süreli etkisinde, serum aminotransferaz, total protein, albumin ve glukoz düzeylerinin kadmiyumdan etkilendiğı, sürenin uzamasıyla bu etkinin ortadan kalktığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Cyprinus carpio*, Kadmiyum, Birikim, Serum, Enzim

ABSTRACT

PhD THESIS

EFFECTS OF CADMIUM ON SERA PARAMETERS AND TISSUE ACCUMULATION IN *Cyprinus carpio* (L. 1758)

Sahire KARAYTUĞ

UNIVERSITY OF ÇUKUROVA
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF BIOLOGY

Supervisor: Prof.Dr. Cahit ERDEM

Vice Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK

Year : 2004, **Page**: 50

Jury : Prof. Dr. Cahit ERDEM
Prof. Dr. Nevin ÜNER
Assoc. Prof. Dr. M.Z. Lugal GÖKSU
Assist. Prof. Dr. Bedii CİCİK
Assist. Prof. Dr. Özcan AY

Accumulation of cadmium in gill, liver, kidney, spleen, muscle and brain tissues and changes in levels of sera aminotransferase, total protein, albumin and glucose were determined after exposing *C. carpio* to 0.1, 0.2, 0.4 and 0.8 ppm Cd over 1, 3, 15 and 30 days.

Tissue metal levels and sera parameters were determined using ICP-AES and auto analyzer spectrophotometric methods respectively.

Tissue accumulation of cadmium was significantly higher in the tissues studied when compared with the controls. The following relationship was found between the tissues in accumulating cadmium;

Kidney > Gills > Liver > Spleen > Muscle > Brain

Short term exposure to cadmium affected the sera aminotransferase, total protein, albumin and glucose levels and this effect, however, disappeared on prolonged exposure periods.

Key Words: *Cyprinus carpio*, Cadmium, Accumulation, Sera, Enzyme

TEŞEKKÜR

Öncelikle araştırmalarımı yöneten ve her türlü desteğini esirgemeyen tez danışmanlarım Sayın Prof. Dr. Cahit ERDEM ve Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK'e, yapıcı eleştirileri ile desteğini gördüğüm Sayın Prof. Dr. Nevin ÜNER'e sonsuz teşekkür ederim.

Desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen sevgili hocam Yrd. Doç. Dr. Özcan AY'a, kendi çalışma zamanlarını bölerek sürekli desteklerini eksik etmeyen sevgili bölüm arkadaşlarım ve meslektaşlarım Arş.Gör. Fahri KARAYAKAR ve Arş.Gör. Yusuf SEVGİLER'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazım döneminin en zor zamanlarında manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyerek yanımda olan canım arkadaşlarım Sevgili Yasemin LEVENTELİ ve Güldemin ÖĞRÜNÇ'e teşekkür ederim.

Ağır metal analizlerinin ölçümü için imkanlarını kullandığım Balıkesir Üniversitesi Temel Bilimler Araştırma Merkezi (BÜTAM) sorumlularına ve deneysel materyalin sağlanmasında gösterdiği kolaylık nedeniyle Adana DSI personeli Seyfi ÇELİK'e teşekkür ederim.

Bu çalışmaya maddi destek veren Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne, değişik konularda desteklerini gördüğüm Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölüm Başkanlığı ve tüm personeline, Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanlığı ve tüm personeline ayrıca teşekkür ederim.

Tez yazımının en yoğun dönemlerimde her türlü desteklerini esirgemeyen tüm aileme ve özellikle kızımız Sidal'in zor bakımını üstlenen canım annem Makbule KARATAŞ ve ablam Sevgi KARATAŞ'a sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak çok büyük özveride bulunup tezimin her aşamasında beni destekleyen ve değerli zamanını benim için harcayan sevgili eşim Süphan KARAYTUĞ'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Materyal.....	11
3.2 Yöntem.....	12
3.2.1. Kimyasal Maddeler	13
3.2.2. Cihazlar ve Diğer Gereçler	13
3.2.3. Analiz Yöntemleri	13
3.2.3.1. Serum Parametrelerinin Ölçümü	13
3.2.3.2. Kadmiyum Ölçümü	14
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	15
4.1. Bulgular.....	15
4.2. Tartışma.....	29
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	50

Çizelge 4.1. <i>C. carpio</i> 'da Solungaç Dokusundaki Kadmiyum Birikimi (µg Cd/g k.a.) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri	16
Çizelge 4.2. <i>C. carpio</i> 'da Karaciğer Dokusundaki Kadmiyum Birikimi (µg Cd/g k.a.) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri.....	16
Çizelge 4.3. <i>C. carpio</i> 'da Böbrek Dokusundaki Kadmiyum Birikimi (µg Cd/g k.a.) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri.....	17
Çizelge 4.4. <i>C. carpio</i> 'da Dalak Dokusundaki Kadmiyum Birikimi (µg Cd/g k.a.) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri.....	17
Çizelge 4.5. <i>C. carpio</i> 'da Kas Dokusundaki Kadmiyum Birikimi (µg Cd/g k.a.) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri.....	19
Çizelge 4.6. <i>C. carpio</i> 'da Beyin Dokusundaki Kadmiyum Birikimi (µg Cd/g k.a.) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri.....	19
Çizelge 4.7. <i>C. carpio</i> 'da Serum Aspartat Aminotransferaz (AST) Düzeyi (U/L) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri	22
Çizelge 4.8. <i>C. carpio</i> 'da Serum Alanin Aminotransferaz (ALT) Düzeyi (U/L) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri.....	22
Çizelge 4.9. <i>C. carpio</i> 'da Serum Total Protein Düzeyi (mg/100 ml) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri.....	25
Çizelge 4.10. <i>C. carpio</i> 'da Serum Albumin Düzeyi (mg/100ml) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri.....	26
Çizelge 4.11. <i>C. carpio</i> 'da Serum Glukoz Düzeyi (mg/100ml) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri.....	26

Şekil 4.1. Kadmiyumun 0.1 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. carpio</i> 'nun Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak, Kas ve Beyin Dokularındaki Metal Birikimi	20
Şekil 4.2. Kadmiyumun 0.2 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. carpio</i> 'nun Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak, Kas ve Beyin Dokularındaki Metal Birikimi	20
Şekil 4.3. Kadmiyumun 0.4 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. carpio</i> 'nun Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak, Kas ve Beyin Dokularındaki Metal Birikimi	21
Şekil 4.4. Kadmiyumun 0.8 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. carpio</i> 'nun Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak, Kas ve Beyin Dokularındaki Metal Birikimi	21
Şekil 4.5. Kadmiyumun 0.1 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. carpio</i> 'nun Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler.....	23
Şekil 4.6. Kadmiyumun 0.2 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. carpio</i> 'nun Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler.....	23
Şekil 4.7. Kadmiyumun 0.4 ppm ortam derişiminin etkisinde <i>C. carpio</i> 'nun Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler.....	24
Şekil 4.8. Kadmiyumun 0.8 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde <i>C. carpio</i> 'nun Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler.....	24
Şekil 4.9. <i>C. carpio</i> 'da 0.1ppm Cd Ortam Derişiminin Etkisinde Serum Total Protein, Albumin, Glukoz Miktarının Değişimi	27
Şekil 4.10. <i>C. carpio</i> 'da 0.2 ppm Cd Ortam Derişiminin Etkisinde Serum Total Protein, Albumin, Glukoz Miktarının Değişimi	27
Şekil 4.11. <i>C. carpio</i> 'da 0.4 ppm Cd Ortam Derişiminin Etkisinde Serum Total Protein, Albumin, Glukoz Miktarının Değişimi	28
Şekil 4.12. <i>C. carpio</i> 'da 0.8 ppm Cd Ortam Derişiminin Etkisinde Serum Total Protein, Albumin, Glukoz Miktarının Değişimi	28

1. GİRİŞ

Yerkürede su, güneş enerjisi etkisi ile hidrolojik döngü içerisinde katı, sıvı ve gaz formlarında bulunur. 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. Suyun bipolar özelliği, homojen yapısı ve su hareketleri, belirtilen kaynaklardan sucul ortamlara katılan kirleticilerin, geniş alanlara yayılmasına neden olup, başlangıç ve yayılma bölgelerindeki sucul organizmaları aynı düzeyde etkilemektedir.

Kadmiyum, biyolojik sistemlerde herhangi bir işlevi olmayan, doku ve organlarda metal bağlayıcı bileşiklere bağlanarak uzun süre alıkonduğundan, yarılanma süresi oldukça uzun, birikim bakımından kümülatif etkili toksik bir ağır metaldir (USEPA, 1986; Kargın ve Coğun, 1999; Almeida ve ark., 2001).

Kadmiyum genellikle akümülatör yapımı, elektrod kaplama, boya, plastik sanayi, cam ve seramik üretimi, diğer metallerle alaşım oluşturma, demir, çelik, bakır ve çinko gibi metalleri korozyona karşı kaplama, nükleer reaktörlerde nötron absorblayıcısı, nikel-kadmiyum pili yapımı, insektisid ve süperfosfat gübre üretimi gibi endüstrilerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Vural, 1984; Sastry ve Subhadra, 1985; Ragan ve Mast, 1990). Kadmiyum'un belirtilen kaynaklardan letal olmayan derişimlerde sucul ortamlara katılımındaki artış sudaki derişiminin giderek artmasına ve duyarlı türlerin ortadan kalkmasına neden olurken, hoşgörüsü yüksek sucul organizmaların doku ve organlarında 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). Japonya'da "itai-itai" hastalığı adı verilen epidemik olayın insanlarda kadmiyuma kronik maruz kalma sonucu ortaya çıkan zehirlenme ile ilgili olduğu ve hastalığın beslenme eksikliği, gebelik, lohusalık ve yaşlılıkla arttığı bildirilmiştir (Vural, 1984).

Balıklarda kadmiyumun atılım, depolanma ve detoksifikasyon mekanizmaları, alınımı karşılamadığı durumlarda doku ve organlarda birikime neden olmaktadır (Kalay ve Canlı, 2000). Doku ve organlardaki kadmiyum birikiminin türe (Hilmy ve ark., 1985a; Hollis ve ark., 1999), türün gelişme evresine (Vinikour ve ark., 1980; Kuroshima ve Kimura, 1990; Rashed, 2001) eşeye (Zyadah, 1999), boy ve ağırlığa (Suresh ve ark., 1993) beslenme şekline (Langevoord ve ark., 1995; Odzak ve Zvonaric, 1995), suyun sıcaklık, alkalinite, sertlik, pH, çözünmüş oksijen derişimine, askıda katı madde miktarı gibi özelliklerine (Frank ve Robertson, 1979; Pascoe ve ark., 1986; Erdem, 1990; Bentley, 1991; Gupta ve Rajbanshi, 1991) alınım yoluna (Engel ve Brouwer, 1986; Hodson, 1988; Douben, 1989) bağlı olarak değiştiği gibi, ortamda birlikte bulunduğu diğer metallere (Allen, 1995a; Cicik ve ark., 2004), ortam derişimine (Sastry ve Sunita, 1982; Thomas ve ark., 1983; Hollis ve ark., 2001), etkide kalma süresine (Brown ve ark., 1986; Kuşatan ve Cicik, 2004) bağlı olarak da değiştiği saptanmıştır.

Ağır metallerin sucul ortamdan balıklar tarafından alınması, besin, su ve tüm vücut yüzeyinden absorbsiyon yolu ile olsa da en fazla alınım, lameller yapı nedeniyle geniş bir yüzeye ve doğrudan doğruya ortam ile etkileşim halinde olan solungaçlar aracılığı ile olmaktadır (Hodson, 1988). Vücuda alınan kadmiyum, dolaşım sistemi aracılığı ile öncelikle, karaciğer, böbrek ve dalak gibi metabolik bakımdan aktif doku ve organlara taşınarak, etkide kalma süresi ve ortam derişimine bağlı olarak birikime neden olmaktadır. Çeşitli balık türleri ile doğal ve laboratuvar koşullarında yapılan araştırmalarda kadmiyumun böbrek, karaciğer ve dalak dokularında yüksek derişimlerde biriktiği ve bu dokulardaki birikimin metabolik ve detoksifikasyon olayları ile yakından ilişkili olmasından kaynaklanabileceği belirlenmiştir (Sharma, 1983; Elliot ve ark., 1986; Flos ve ark., 1987; Pelgrom ve ark., 1995; Melgar ve ark., 1997).

Laboratuvar koşullarında balıklarla yapılan araştırmalarda, kadmiyum etkisinin başlangıcında, kontrolsüz yüzme, besine karşı duyarsızlık, operkulum hareketleri ile mukus salgınlmında artış, su yüzeyine yönelme gibi davranış değişikliklerine neden olduğu belirlenmiştir (Khunyakari ve ark., 2001). Ayrıca balıklarda kadmiyum etkisinin, solungaç ve karaciğer hücrelerinde hiperplasi ve

hipertrofiye, sitoplazmik vakuollerin sayısında artışa, lizozomal veziküllerde büyümeye, nükleusda morfolojik değişikliklere, kılcal damarlarda tıkanma, safra kanalına bakan karaciğer hücreleri mikrovilluslarında kısalma gibi histopatolojik değişikliklerle, yağların dejenerasyonu ve glikojen derişiminde düşme gibi biyokimyasal değişimlere neden olduğu saptanmıştır (Heath, 1995). Kadmiyumun balıklarda, mineral metabolizmasını etkileyerek, Ca, Fe ve PO₄ kaybını arttırıp kemik erimesine ve buna bağlı olarak iskelette yapısal deformasyonlara, ayrıca anemiye, serum iyon kompozisyonunu etkileyerek ozmoregülasyon ve solunum bozukluğuna neden olduğu saptanmıştır (Rombough ve Garside, 1982; Sorensen, 1991; Novelli ve ark., 1999). Endokrin sistem aracılığı ile glukoneogenik enzimler ve proteazların aktivitesini etkileyerek, protein ve karbonhidrat metabolizmalarında değişime neden olduğu (Hontela ve ark., 1996), spesifik gelişim oranı ve kondüsyon faktörünü etkileyerek embriyo ve larva gelişimini yavaşlattığı (Levesque ve ark., 2002), eşeysel olgunlaşmayı engellediği (Hatekeyama ve Yasuno, 1987) belirlenmiştir.

Karaciğer, besin bileşenlerinin dönüşümünde işlev gören başlıca organ olduğundan karaciğer hücreleri özellikle aspartat aminotransferaz (AST, EC 2.6.1.1) ve alanin aminotransferaz (ALT, EC 2.6.1.2) gibi aminotransferazlar bakımından oldukça zengindir (Heath, 1995). Aminotransferazlar normal koşullarda kanda düşük derişimlerde bulunurken, karaciğer dokusunun zarar görmesi durumunda serumdaki derişimleri artış göstermektedir. AST'ın diğer bir kaynağı da eritrositlerdir. Serum aspartat aminotransferaz derişimindeki artış, örnekleme sırasında eritrositlerin hemolizinden kaynaklanmaktadır. Balıklarda, kadmiyum etkisinin serum AST ve ALT düzeyinde değişikliklere neden olduğu, bu derişimlerin metalin ortam derişimi ile etkide kalma süresine bağlı olarak derişim gösterdiği gibi dokulardaki yıkım düzeyine bağlı olarak da deriştiği belirlenmiştir (DeSmet ve Blust, 2001).

Serum aminotransferaz düzeyindeki derişiklikler, toksik etkili kimyasalların yanı sıra üreme, hipoksik koşullar, yoğun stoklama ve açlık gibi stres koşullarının etkisinde de meydana gelmektedir (Vijayan ve ark., 1997). Ağır metal etkisinde serum aminotransferaz düzeyindeki derişiklikler, protein metabolizmasındaki derişimleri yansıması bakımından oldukça önemlidir.

Albumin, karaciğer orijinli serum proteini olup, kanın ozmotik basıncı ile pH'nı düzenlerken, amino asit kaynağı, metal ve organik bileşikler gibi ekzojen kaynaklı kimyasallar ile hormonlar için taşıyıcı olarak işlev görmektedir (Heath, 1995). Ağır metallerin dolaşım sistemine alınması ve karaciğere taşınmasında albuminin yanı sıra seruloplazmin ve bir tripeptid olan glutasyon gibi serum proteinleri işlev yapmaktadır (Cousins, 1985). Çeşitli balık türleri ile yapılan araştırmalarda ağır metal etkisinde serum total protein derişimi (Hilmy ve ark., 1985a, b; 1987; Ruparelia ve ark., 1990; Cicik, 1995) ile albumin derişiminin (Romanenko ve Yevtushenko, 1985) arttığı belirlenmiştir. Serum albumin ve total protein derişimindeki değişimlerin, ağır metal etkisinin başlangıcında meydana gelmesi, bunların ağır metal etkisinin belirlenmesinde diagnostik parametre olarak kullanılabileceklerini gösterir.

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 (Sastri ve Subhadra, 1985; Vosyliene, 1999). Serum glukoz derişimi, metalin ortam derişimi ile etkiye 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* (Aynalı sazan), iç suların balıklandırılmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Protein kaynağı olarak tüketilmesi, tatlısu ekosistemlerinde besin zincirinin önemli bir halkasını oluşturması ve yaşam ortamlarının genellikle evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerin dolaylı etkisinde olması nedeniyle, toksik etkili ağır metallerin doku ve organlarındaki birikimi ile biyokimyasal parametreler üzerine etkisinin belirlenmesi, gerek insan ve balık popülasyonunun sağlığı, gerekse ortamdaki kirlilik düzeyinin belirlenmesi bakımından önemlidir.

Organizmalarda her hangi bir işleve sahip olmayan kadmiyumun, sucul ekosistemin önemli bileşenlerinden biri olan balıklarda, doku ve organlardaki birikim düzeyi ile doku ve serum parametreleri üzerine etkilerinin incelenmesi, metal toksisitesi ile 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 solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki metal birikimi ile serum glukoz, albumin, total protein ve aminotransferaz düzeyleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Nüfus artışı, endüstriyel gelişim ile birlikte madenlerin hammadde kaynağı olarak yaygın bir şekilde kullanımı, tarımda verimi arttırmak amacıyla yoğun kimyasal gübre ve insektisid uygulamaları, motorin, fuel oil ve taşkömürü gibi fosil yakıtların aşırı kullanımı sonucu atmosferik olayların, toksik etkili ağır metallerin sucul ortamlara katılımını arttırdığı ve akuatik organizmaları olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir (Hodson, 1988).

Balıklarda ağır metallerin doku ve organlarındaki birikimi türe bağlı olarak değişim göstermektedir. Berdan nehrinden yakalanan *C. carpio* ve *Capoeta capoeta*'da doku ve organlarındaki kadmiyum, bakır ve kurşun birikim düzeyleri incelenmiş, *C. capoeta*'nın *C. carpio*'ya oranla solungaç, karaciğer ve kas dokularında daha yüksek derişimde kadmiyum biriktirdiği belirlenmiştir (Erdem ve ark., 2004). İskenderun körfezinden örneklenen *Mullus barbatus* ve *Sparus aurata*'nın karaciğer, böbrek, dalak, solungaç ve kas dokularında Cd, Cu, Zn, Pb ve Fe birikim düzeyleri incelenmiş, *M. barbatus*'un doku ve organlarındaki ağır metal düzeyinin *S. aurata*'ya oranla daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Kargın, 1996). *C. carpio* ve *Tilapia nilotica* ile yapılan bir araştırmada, bakırın 1.0 ppm'lik ortam derişiminin etkisinde *C. carpio*'nun *T. nilotica*'ya oranla daha fazla metal biriktirdiği saptanmıştır (Erdem ve Kargın, 1992). *Oncorhynchus mykiss*, *Rutilus rutilus* ve *Noemacheilus barbatulus*'da Cd'un 500 ve 1250 ppb'lik ortam derişimlerinin kronik etkisinde doku ve organlardaki metal birikiminin, türe bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir (Brown ve ark., 1986).

Balıklarda ağır metal birikimi, doku ve organa bağlı olarak da değişim gösterir. Sucul organizmalarda ağır metaller subletal derişimlerde, diğer doku ve organlara göre karaciğer, böbrek ve dalak gibi metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda yüksek derişimlerde birikmektedir (Sharma, 1983). *Oreochromis aureus*'da 0.5 ve 1.0 ppm Cd ortam derişimlerinin kronik etkisinde doku ve organlardaki birikim düzeyleri incelenmiş, en fazla metal birikimi böbrek dokusunda olurken, bunu dalak, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir (Allen, 1995a). *C. carpio*'nun yavru ve fingerlikleri ile yapılan bir araştırmada, balıklar, 1, 2, 3 ve 4 gün

sürelerle Cd'un letal, 1, 7, 15 ve 30 gün sürelerle subletal derişimlerinin etkisinde bırakılmış, her iki etki şeklinde de en fazla metal birikiminin solungaç dokusunda olduğu gözlenmiştir (Suresh ve ark., 1993). Yüksek ortam derişimlerindeki Cd'un 7 gün süreyle etkisi, *Ictalurus punctatus*'un doku ve organlarında yüksek düzeyde birikime neden olurken, böbrek dokusundaki birikimin kas ve karaciğere oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir (Bentley, 1991). *C. carpio*'da 53 ve 443 ppb'lik ortam derişimlerinin 127 gün süreyle etkisi, böbrek dokusunda karaciğerin 2 katı, kas dokusundaki birikimin ise yaklaşık 100 katı kadar birikime neden olduğu saptanmıştır (DeConto-Cinier ve ark., 1999) *C. carpio* ve *T. nilotica* ile yapılan bir araştırmada bakırın subletal derişimlerinin kronik etkisinde en fazla metal birikimi, *C. carpio*'da karaciğerde olurken, *T. nilotica*'da dalak dokusunda olmuştur (Kargın, 1990).

Balıklarda doku ve organlardaki kadmiyum birikim düzeyi ile toksik etkileri, balığın gelişme evresine bağlı olarak değişim göstermektedir. *O. mykiss*'in juvenil ve erginleri ile yapılan bir araştırmada, 30 gün süreyle erginler, 10 ve 25 ppb Cd ortam derişimlerinin, juveniller ise 1 ve 5 ppb Cd ortam derişimlerinin etkisine bırakılmış, deney süresi sonunda juvenillerin doku ve organlarında, erginlere oranla daha yüksek düzeyde Cd biriktiği belirlenmiştir (Ricard ve ark., 1998). *C. carpio*'da 1, 7, 15 ve 30 gün sürelerle subletal Cd derişimlerinin etkisinde bırakılan yavru ve fingerlinglerin doku ve organlarındaki metal birikim düzeyi incelenmiş, yavruların fingerliklere göre daha fazla metal biriktirdiği gözlenmiştir (Suresh ve ark., 1993). 12 ppb Cd ortam derişiminin 60 gün süreyle yedi farklı tatlısu balık türünün embriyo ve larvaları üzerine etkisi embriyonal gelişimi yavaşlatırken, larvalarda mortaliteye neden olmuştur (Eaton ve ark., 1978).

Balıkların doku ve organlarındaki kadmiyum birikimi, organizmaya ait belirtilen özelliklerin yanı sıra balığın yaş, boy ve ağırlığına bağlı olarak da değişim gösterir. Mısır, Aswan Baraj gölünden örneklenen *T. nilotica*'nın doku ve organlarında Cd ve Pb birikim düzeyleri incelenmiş, metal birikiminin yaş ve ağırlığa bağlı olarak değiştiği saptanmıştır (Rashed, 2001). Cd, Cu, Zn ve Pb kontaminasyonu gösteren göllerden örneklenen *T. zilli*'de doku ve organlardaki

metal birikimi boya bağlı olarak değişim göstermiş, küçük balıklar, büyük balıklara oranla daha fazla metal biriktirmiştir (Zyadah, 1999).

Balıklarda ağır metal birikimi, metalin alınım yoluna bağlı olarak değişim gösterir. *O. mykiss* fingerlinglerinde 4 ppb Cd ortam derişiminin 10 hafta süreyle besin ve ortam yolu ile etkisinde, doku ve organlardaki Cd birikiminin alınım yoluna bağlı olarak değiştiği, besin yolu ile alınının, ortam yolu ile alınıma göre daha fazla olduğu belirlenmiştir (Kumada ve ark., 1980). *O. mykiss* juvenil ve erginlerinde, subletal Cd ortam derişimlerinin 21 gün süreyle besin ve ortam yolu ile etkisinde doku ve organlardaki metal birikim düzeyi incelenmiş, besin yolu ile etkide en fazla birikim barsakta olurken, ortam yolu ile etkide böbrek dokusunda olmuştur (Farag ve ark., 1994). *C. carpio*'da subletal Cd derişimlerinin besin ve ortam aracılığı ile kronik etkisinde, doku ve organlardaki Cd birikim düzeyi, alınım yoluna bağlı olarak değişim göstermiştir (Kraal ve ark., 1995).

Ağır metallerin sucul organizmalardaki birikim ve toksik etkileri türe ait özelliklerle birlikte ortam şartlarına bağlı olarak da değişim gösterir. *O. mykiss*'de subletal Cd ortam derişimlerinin kronik etkisinde, su sertliği ile su sıcaklığındaki artış, doku ve organlardaki Cd birikimini arttırmıştır (Larsson ve ark., 1984). Balıklarda, ağır metallerin solungaçlar aracılığı ile ortamdan alınınının, ortamın kimyasal kompozisyonuna bağlı olduğu, bu nedenle doku ve organlardaki birikimin, suyun pH, alkalinite ve sertlik gibi özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir (Pagenkopf, 1983). *O. mykiss*'de subletal Cd ortam derişimlerinin kronik etkisinde, su sertliği ile alkalitedeki artış, solungaç dokusundaki Cd birikimini önemli düzeyde arttırmıştır (Hollis ve ark., 1999). *Catostomus commersoni*'de karaciğer, böbrek, kas ve kemik dokularındaki Cd birikimi, ortamın pH'na bağlı olarak değişim göstermiştir (Bendell-Young ve ark., 1986).

Doku ve organlardaki ağır metal birikimi, ortamda bulunan diğer metal ve kompleksleştirici bileşiklere bağlı olarak değişim gösterir. *Oreochromis aureus*'da Cd, Pb ve Hg'nin subletal derişimlerdeki karışımının, uzun süreli etkisinde doku ve organlardaki metal birikimi incelenmiş, ortamda Pb ve Hg'nin bulunmasının Cd'un doku ve organlardaki birikimi üzerine arttırıcı yada azaltıcı bir etki yapmadığı, Cd ve Hg'nin ise Pb alınımasını azaltıcı etki yaptığı belirlenmiştir (Allen, 1995a, b).

O. niloticus'da 1 ppm Pb ve Cd ortam derişimlerinin 7 ve 15 gün sürelerle etkisinde, 7. günde ortamda Pb'un bulunması, Cd'un doku ve organlardaki birikiminde herhangi bir değişime neden olmazken, 15. günde Cd birikimini arttırmıştır (Cicik ve ark., 2004). *T. zilli*'de subletal Cd ortam derişimlerinin EDTA ile birlikte etkisi, Cd'un tek başına etkisinde doku ve organlarda belirlenen birikim düzeyini düşürmüştür (Kargın, 1996). *O. kisutch*'da Cd ve Zn'nun subletal derişimlerdeki karışımının etkisinde kalan balıkların, metallerin tek tek etkisinde kalanlara göre daha uzun süre yaşadığı, ortamda çinko bulunmasının, doku ve organlardaki Cd birikimini azalttığı saptanmıştır (Roch ve McCarter, 1984). *Fundulus heteroditus*'da Cu – Zn karışımına Cd ilavesi, yaşayan birey sayısını azaltmıştır (Eisler ve Gardner, 1973).

Balıkların doku ve organlarında Cd'un yüksek derişimlerde birikimi, metabolik, fizyolojik, morfolojik ve patatolojik değişimlere neden olmaktadır. *Puntius conchoni*'da 60, 840 ppb Cd ortam derişimlerinin 12 hafta süreyle etkisi, solungaç sekonder lamelleri epitel hücrelerinde hipertrofi ve hiperplasiye, kılcak damarlarda tıkanmaya, solungaçların soluk bir renk almasına neden olduğu saptanmıştır (Gill ve ark., 1988). *O. mossambicus*'da iki ay süreyle 5 ppm Cd ortam derişiminin etkisi, solungaç lamellerinde erimeye neden olmuştur (Matei ve ark., 1993). Bakırın subletal derişimlerinin etkisinde kalan balıkların solungaçlarında da benzer değişikliklerin yanı sıra karaciğer hücrelerinde hipertrofi, hiperplasi, stoplazmik vakuol ve lizozomal veziküllerin sayısında artış, nükleus şeklinde değişiklik, granüler ve agranüler endoplazmik retikulum sayısında çoğalma, mitokondrilerin sayısında azalma gibi değişiklikler gözlenmiştir (Heath, 1995). Cd kontaminasyonu gösteren göllerden örneklenen *Perca fluviatilis*'de Cd toksisitesi anemi ile iyon kompozisyonunda değişimlere neden olmuştur (Sjöbeck ve ark., 1984).

Balıklarda ağır metal etkisi doku ve organlarda birikimin yanı sıra, davranış, metabolik ve fizyolojik olaylarla doku ve serumdaki biyokimyasal parametrelerde değişime neden olmaktadır. *Heteropneustes fossilis* (Sastri ve Subhadra, 1982), *Channa punctatus* (Dubale ve Sahah, 1981) ve *O. mossambicus* (Dange, 1986)'da subletal Cd ortam derişimlerinin uzun süreli etkisi, serum glukoz düzeyini arttırırken,

kas ve karaciğer dokularında glikojen derişimini düşürmüştür. Serum glukoz düzeyi üzerine etkileri metale, etkide kalma süresine ve türe bağlı olarak değişim gösterir. *Anquilla rostrata*'da subletal derişimlerdeki Cd etkisinin başlangıcında serum glukoz ve kortizol düzeyi artmıştır (Gill ve ark., 1993). Subletal kadmiyum ortam derişimlerinin kronik etkisinde serum glukoz düzeyinde *Mugil cephalus*'da (Hilmy ve ark., 1985b) artışa, *Salvenilus fontinalis*'de (Christensen ve ark., 1977) azalmaya, *O. mykiss*'de (Ricard ve ark.,1998) ise hiçbir değişime neden olmamıştır. *C. carpio*'da kadmiyum etkisinin serum albumin düzeyini artırdığı bildirilmektedir (Romanenko ve Yevtushenko, 1985). Serum total protein düzeyi bakır etkisinde *C. carpio*'da (Cicik, 1995), kadmiyum etkisinde ise *Mugil cephalus*'da (Hilmy ve ark.,1985b) artmıştır.

Notemigonus crysoleucas'da (Benson ve ark., 1987) ve *Chana punctatus*'da (Sastry ve ark., 1997) subletal kadmiyum ortam derişimlerinin serum AST ve ALT düzeyini önemli derecede arttırdığı, *Lepomis macrochirus*'da (Versteeg ve Giesy, 1986) ise herhangi bir değişime neden olmadığı saptanmıştır.

Balıklarda ağır metal etkisinde serum parametrelerinde gözlenen değişiklikler, açlık, yoğun stoklama, hipoksik koşullar, üreme gibi organizmanın stres etkisinde olduğu koşullarda da meydana gelebilmektedir. *Salmo salar*'da (Mommensen ve ark., 1980) açlığın, *O. mossambicus*'da (Vijayan ve ark., 1997) yoğun stoklamanın, *Perca flavescens*'de (Levesque ve ark., 2002) ise üremenin serum parametrelerinde değişime neden olduğu bildirilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma materyali olarak kullanılan *C. carpio*, DSİ. 6. Bölge Müdürlüğü üretim havuzlarından alınarak, kontrollü ortam koşullarındaki 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 deneyde kullanılacak balıklar sırasıyla 15.3 ± 0.8 cm boy ve 62.4 ± 0.5 g ağırlığa ulaşmıştır. İncelenen parametrelerden metal birikimi, serum glukoz ve protein derişimi ile enzim aktivitesi boy, yaş ve ağırlığa bağlı olarak değişim gösterdiğinden aynı yaşta, boy ve ağırlık bakımından birbirine yakın balıklar kullanılarak, bu faktörlerin etkisi minimum düzeye indirilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü laboratuvar, 25 ± 1 °C durağan sıcaklığa sahip olup, 12 saat aydınlık 12 saat karanlık fotoperiyodu uygulanmıştır. Deney çözeltilerinin hazırlanmasında kadmiyumun suda çözünebilen tuzu olan $CdCl_2 \cdot H_2O$ (Merck) kullanılmıştır. Deneyler 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.8 ppm Cd derişimlerinin etkisinde 1, 3, 15 ve 30 günlük sürelerde yürütülmüştür. Süreler dikkate alınarak dört seri halinde yürütülen deneylerde, her seride 40x120x40 cm boyutlarında olan, biri kontrol diğerleri deney akvaryumu olmak üzere 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 Alkalinite: 326 ± 0.50 mg/L $CaCO_3$

Toplam Sertlik: 230 ± 0.75 mg/L $CaCO_3$

Deney akvaryumlarında havalandırma, merkezi havalandırma sistemi ile sağlanmıştır. Deney ve kontrol balıkları, günde bir defa vücut ağırlığının % 2'si kadar, içerisinde kadmiyum bulunmayan hazır balık yemi (Pınar Yem, Türkiye) ile

beslenmiştir. Deneyler her tekrarda üç balık olacak şekilde üç tekrarlı olarak yürütülmüş, her seride 45, tüm deneylerde ise toplam 180 adet balık kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Kadmiyumun incelenen ortam derişimlerinin belirlenen sürelerdeki etkisini saptamak için her seride cam akvaryumlardan ilk dördüne, yapılan analizlerde içerisinde ölçülebilir düzeyde kadmiyum bulunmayan çeşme suyu ile hazırlanmış 120 L. 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.8 ppm derişimlerindeki kadmiyum çözeltileri konurken, beşinci ve kontrol grubu olarak incelenen akvaryuma yalnız dinlendirilmiş çeşme suyu konmuştur.

Adsorbsiyon, presipitasyon ve evaporasyon gibi nedenlerle deney çözeltilerinin derişiminde zaman içerisinde değişimler olabileceğinden, deney çözeltileri, her iki güne bir taze olarak hazırlanmış stok çözeltiden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiş ve ortam yenilenmiştir. Metalin akvaryum ortamında presipitasyonunu engellemek ve homojenliğini sağlamak için kullanılan deney ve stok kadmiyum çözeltisi, 1.79 g $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ tuzunun sulu çözeltisine 3.18 g tri sodyum sitrat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 5.5 \text{H}_2\text{O}$; Merck) eklenerek toplam hacim bir litreye tamamlanmıştır (Brown ve Ahsanullah, 1971; Kargın ve Erdem, 1992).

Belirlenen süreler sonunda doku ve kan örneklemeleri için deneyden çıkartılacak balıklar, incelenen parametreler deneyden çıkartılma sırasında oluşabilecek stres koşullarına bağlı olarak değişim gösterdiğinden, akvaryum ortamında 75 ppm'lik MS 222 (3 Amino Benzoik Asit Etil Ester, $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_2\text{CH}_4\text{SO}_3$) anestezi maddesi eklenerek bayıltılmıştır. Çeşme suyu ile yıkanıp, kurutma kağıdı ile kurulanan balıklardan serum glukoz, albumin, total protein ve enzim aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılacak kan örnekleri, kaudal pedinkülün kesilmesi ile dorsal aorttan sağlanmıştır (Verma ve ark., 1983). Daha sonra balıkların solungaç, karaciğer, böbrek, dalak, kas ve beyin dokuları ayrı ayrı disekte edilerek dokulardaki kadmiyum derişiminin belirlenmesinde kullanılmıştır.

3.2.1. Kimyasal Maddeler

3-Amino Benzoik AsitEtil Ester	MS – 222	Sigma
Tri sodyum sitrat		Merck
CdCl ₂ H ₂ O		Merck
Cd standardı		Merck
Nitrik asit		Merck
Perklorik asit		Merck

3.2.2. Cihazlar ve Diğer Gereçler

Analitik Terazî	Schimadzu AX120
Distile Su Cihazı	Şimşek Labor Teknik SS-200
Oksijenmetre	Metler Toledo MO 128-2
Otomotik Pipetler	Gillman
pH metre	Ino Lab pH level 2
Santrifüj	Hettich, EBA 12
Santrifüj	Potter S (bio lab)
Terazi	Schimadzu
ICP-AES	Perkin Elmer Optima 3100 – XL ICP - AES
Otoanalizatör	Cobas Integra 400/700/800
Hot Plate	TSEK Elektro-Mag

3.2.3. Analiz Yöntemleri**3.2.3.1. Serum Parametrelerinin Ölçümü**

Serum parametrelerinin analizinde, üç balığın kan örnekleri içerisinde her hangi bir antikoagülant madde bulunmayan aynı santrifüj tüpüne konmuş, böylece her bir derişimin etkisinde 9 balığın kan örnekleri üç örnek olacak şekilde gruplandırılmıştır. Alınan kan örnekleri 3500 dev/dak.'da (Hettich, EBA 12) 10 dakika süreyle santrifüjlenerek hematolojik parametrelerin analizinin yapılacağı serum örnekleri elde edilmiştir. Serum aspartat aminotransferaz (AST), alanin aminotransferaz (ALT) aktivitesi ile total protein, albumin ve glukoz derişimi Cobas Integra 400/700/800 marka otoanalizatöründe belirlenmiştir.

Diseksiyon sonunda alınan solungaç, karaciğer, böbrek, dalak, kas ve beyin dokuları % 5.9 NaCl çözeltisi ile yıkandıktan sonra Cd analizleri yapılmak üzere petri kaplarına alınarak etüvde kurutulmuştur.

3.2.3.2. Kadmiyum Ölçümü

Doku örneklerinin kadmiyum analizi Coupled Plasma – Atomic Emission Spektrofotometresi (Perkin Elmer Optima 3100 – XL ICP AES) ile belirlenmiştir. Bu amaçla 150 °C'ye ayarlı etüvde 72 saat süreyle bekletilerek sabit tartıma getirilen doku örnekleri, kuru ağırlıkları belirlendikten sonra deney tüplerine aktarılmıştır. Daha sonra toplam hacim 3 ml olacak şekilde üzerlerine (2:1 v/v) oranında nitrik asit (HNO_3 , Merck, %65: Ö.A.; 1.40) – perklorik asit (HClO_4 , Merck, %60: Ö.A.; 1.53) karışımı eklenerek (Muramoto, 1983), 120°C'de 60 dakika süreyle kaynatılarak yakılmıştır. Yakma işleminden sonra polietilen tüplere aktarılan doku örneklerinin hacmi damıtık su ile 5 ml'ye tamamlanarak analize hazır hale getirilmiştir. Dokulardaki kadmiyum derişimi ICP AES'de saptanmıştır. ICP-AES'de çalışma koşulları aşağıda verilmiştir.

Örnek akış oranı (Sample Flow Rate)	1.50 mL/min
Basınçla yıkama süresi (Flush Time)	10 sn
Gecikme süresi (Delay Time)	45 sn
Yıkama zamanı (Wash Time)	30 sn
Kalibrasyon çözeltilerinin derişimleri	10-100-1000 ($\mu\text{g/mL}$)

Deney verilerinin istatistik analizinde Student Newman Keul's (SNK) testi uygulanmıştır (Rohlf ve Sokal, 1969; Sokal ve Rohlf, 1969).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

C. carpio ile yürütülen bu araştırmada metal etkisinde bırakılan balıklarda deney başlangıcında yüzme performanslarında düşme, besin almama, solungaç kapaklarının hareketinde artma, akvaryum yüzeyine yönelme ve fiziki tepkilere 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 solungaç, karaciğer, böbrek, dalak, kas ve beyin dokularında üç tekrarlı olarak belirlenen Cd birikim düzeylerinin aritmetik ortalamaları ile süre ve derişime bağlı etkilerinin istatistik değerlendirme sonuçları Çizelge 1-6'da verilmiştir. Belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisinde incelenen doku ve organlardaki metal birikiminin kontrole oranla önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir.

Solungaç dokusunda 0.8 ppm Cd dışındaki ortam derişimlerinde 1 ve 3 günlük etkide kalma süreleri sonunda metal birikimi bakımından önemli bir ayrım gözlenmezken, süre ve ortam derişimindeki artış bu dokudaki metal birikimini arttırmıştır (Çizelge 4.1).

Deneyin ilk 3 günlük periyodunda düşük kadmiyum derişimlerinde karaciğer dokusundaki birikim düzeyleri arasında önemli ayrım bulunmamış, süre ve ortam derişimindeki artışa bağlı olarak birikim artmıştır (Çizelge 4.2).

Böbrek dokusunda belirlenen sürelerde 0.8 ppm Cd etkisindeki birikim düzeyi 0.1 ppm Cd'un etkisindeki orana 2 kat artış gösterirken, deney süresinin sonunda birinci güne oranla 26 kat birikim artışı saptanmıştır (Çizelge 4.3).

C. carpio'nun dalak dokusundaki kadmiyum birikimi etkide kalma süresi ve ortam derişimindeki artışa paralel olarak artma göstermiştir (Çizelge 4.4). Deney süresinin başlangıcında 0.8 ppm ortam derişiminin etkisinde 2 katlık bir birikim artışı olurken etki süresinin artmasıyla birikim 4 katına çıkmıştır.

Çizelge 4.1. *C. carpio*'da Solungaç Dokusundaki Kadmiyum Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)			
	1	3	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	DA a	DA a	DA a	DA a
0.1	2.60±0.24 bs	2.58±0.16 bs	9.26 ±0.02 bt	18.15±1.97 bt
0.2	3.88±0.52 bs	3.30±0.14 bs	13.48±2.10 bt	23.16±1.39 cx
0.4	3.44±0.54 bs	11.12±1.59 cs	33.93±1.40 ct	41.71±2.17 dx
0.8	5.38±0.40 cs	12.33±1.50 ct	39.95±4.43 dx	36.32±1.29 ey

* SNK; a, b, c, d ve e harfleri derişimler s, t, x ve y harfleri süreler arasındaki ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata.

D.A. Duyarlılık Düzeyinin Altında.

Çizelge 4.2. *C. carpio*'da Karaciğer Dokusundaki Kadmiyum Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)			
	1	3	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	DA a	DA a	DA a	DA a
0.1	1.16±0.24 bs	2.76±0.14 bs	14.30 ±1.89 bt	16.31±1.02 bt
0.2	1.68±0.03 cs	2.62±0.20 bs	12.63±2.78 bt	19.43±1.56 cx
0.4	3.24±0.12 ds	4.79±0.29 cs	18.66±1.49 bt	25.48±0.48 dx
0.8	3.37±0.14 ds	9.20±1.28 dt	23.24±2.55 cx	46.65±1.61 ey

* SNK; a,b, c, d ve e harfleri derişimler s, t, x ve y harfleri süreler arasındaki ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata.

D.A. Duyarlılık Düzeyinin Altında.

Çizelge 4.3. *C. carpio*'da Böbrek Dokusundaki Kadmiyum Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)			
	1	3	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	DA a	DA a	DA a	DA a
0.1	3.81 $\pm$ 0.16 bs	4.33 $\pm$ 0.32 bs	44.34 $\pm$ 3.11 bt	68.81 $\pm$ 4.40 bx
0.2	4.32 $\pm$ 0.14 bs	4.93 $\pm$ 0.05 bcs	77.74 $\pm$ 5.30 ct	92.77 $\pm$ 3.64 cx
0.4	5.52 $\pm$ 0.17 cs	5.64 $\pm$ 0.35 bcs	84.54 $\pm$ 6.53 ct	128.27 $\pm$ 4.13 dx
0.8	6.36 $\pm$ 0.19 ds	6.42 $\pm$ 0.56 cs	99.60 $\pm$ 0.43 dt	193.67 $\pm$ 6.33 ex

* SNK; a, b, c, d ve e harfleri derişimler s, t ve x harfleri süreler arasındaki ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata.

D.A. Duyarlılık Düzeyinin Altında.

Çizelge 4.4. *C. carpio*'da Dalak Dokusundaki Kadmiyum Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)			
	1	3	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	DA a	DA a	DA a	DA a
0.1	2.23 $\pm$ 0.12 bs	2.29 $\pm$ 0.08 bs	5.38 $\pm$ 0.21 bt	6.32 $\pm$ 0.15 bx
0.2	2.87 $\pm$ 0.03 cs	2.99 $\pm$ 0.02 cs	7.96 $\pm$ 0.07 ct	9.59 $\pm$ 0.36 cx
0.4	4.11 $\pm$ 0.16 ds	4.22 $\pm$ 0.13 ds	9.88 $\pm$ 0.19 dt	23.27 $\pm$ 0.80 dx
0.8	4.66 $\pm$ 0.14 es	4.88 $\pm$ 0.12 es	17.34 $\pm$ 0.90 et	27.96 $\pm$ 0.63 ex

* SNK; a, b, c, d ve e harfleri derişimler s, t ve x harfleri süreler arasındaki ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata.

D.A. Duyarlılık Düzeyinin Altında.

Kas dokusunda tüm ortam derişimlerinde 30. günde 1. güne oranla yaklaşık 2.5 katlık bir birikim artışı saptanmıştır (Çizelge 4.5). Çalışılan süreler dikkate alındığında 3. ve 15. günlerde kas dokusunda % 35 düzeyinde birikim artışı gözlenirken, 1. ve 30 günlerde bu artış % 70 oranında olmuştur.

Deney süresince beyin dokusunda 0.8 ppm Cd ortam derişimleri dışındaki tüm derişimlerde birikim bakımından ayırım yoktur (Çizelge 4.6). Üçüncü günden sonra etkide kalma süresindeki artış 0.2 ve 0.4 ppm Cd ortam derişimleri dışında önemli düzeyde artışa neden olmuştur.

İncelenen tüm Cd ortam derişimlerinde 1. ve 3. gün sonunda metal birikimi bakımından çalışılan dokular arasında belirgin bir ayırım gözlenmezken, 15. ve 30. günlerde en fazla birikim böbrek dokusunda olurken bunu sırasıyla solungaç, karaciğer, dalak, kas ve beyin dokularının izlediği saptanmıştır (Şekil 4.1-4.4).

Denenen en uzun etki süresi dışında belirlenen sürelerde kadmiyum etkisi, serum aspartat aminotransferaz düzeyini kontrole göre önemli düzeyde arttırmıştır (Çizelge 4.7). Birinci ve üçüncü günlerde serum AST düzeyi üzerine ortam derişimindeki artışın etkisi olmamıştır. Onbeşinci günde 0.2 ve 0.8 ppm Cd ortam derişimlerinde serum AST düzeyi 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 (Çizelge 4.8). 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, etkide kalma süresinin artması ile kontrol düzeyine düşmüş ve deney süresi sonuna kadar da 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 (Şekil 4.5-4.8).

Çizelge 4.5. *C. carpio*'da Kas Dokusundaki Kadmiyum Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)							
	1		3		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	DA	a	DA	a	DA	a	DA	a
0.1	1.47 $\pm$ 0.32	bs	1.94 $\pm$ 0.22	bs	2.50 $\pm$ 0.15	bst	3.01 $\pm$ 0.05	bt
0.2	1.93 $\pm$ 0.05	bcs	2.00 $\pm$ 0.01	bs	2.70 $\pm$ 0.15	bct	3.84 $\pm$ 0.05	cx
0.4	2.66 $\pm$ 0.10	cs	2.61 $\pm$ 0.04	bs	3.04 $\pm$ 0.10	cs	4.09 $\pm$ 0.10	ct
0.8	2.59 $\pm$ 0.24	cs	2.69 $\pm$ 0.24	bs	3.47 $\pm$ 0.06	ds	4.88 $\pm$ 0.22	dt

* SNK; a, b, c, d ve e harfleri derişimler s, t ve x harfleri süreler arasındaki ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata.

D.A. Duyarlılık Düzeyinin Altında.

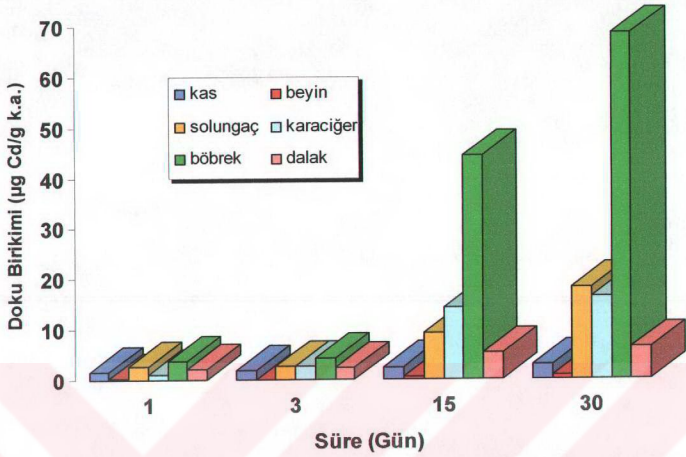
Çizelge 4.6. *C. carpio*'da Beyin Dokusundaki Kadmiyum Birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$) Üzerine Ortam Derişimi ve Sürenin Etkileri.

Derişim (ppm Cd)	Süre (Gün)							
	1		3		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	DA	a	DA	a	DA	a	DA	a
0.1	0.15 $\pm$ 0.004	bs	0.09 $\pm$ 0.05	bs	0.55 $\pm$ 0.06	bt	0.83 $\pm$ 0.03	bx
0.2	0.18 $\pm$ 0.09	bs	0.26 $\pm$ 0.05	bs	0.71 $\pm$ 0.06	bt	0.84 $\pm$ 0.10	bt
0.4	0.21 $\pm$ 0.05	bs	0.20 $\pm$ 0.07	bs	0.71 $\pm$ 0.12	bt	1.06 $\pm$ 0.10	bt
0.8	0.42 $\pm$ 0.04	bs	0.41 $\pm$ 0.07	bs	1.25 $\pm$ 0.20	ct	1.93 $\pm$ 0.24	cx

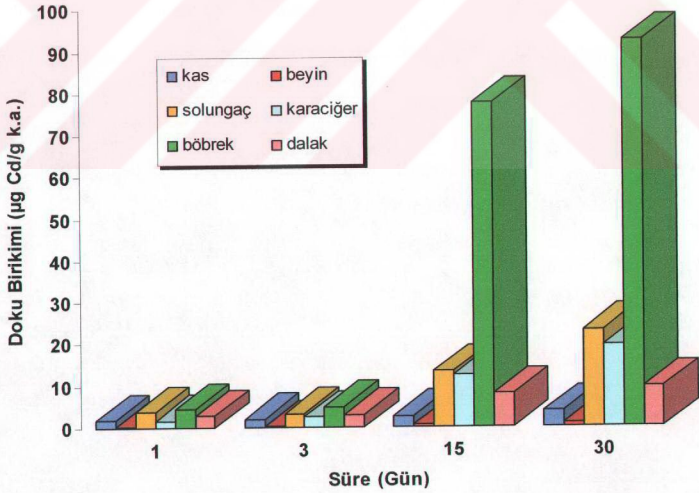
* SNK; a, b ve c harfleri derişimler s, t ve x harfleri süreler arasındaki ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata.

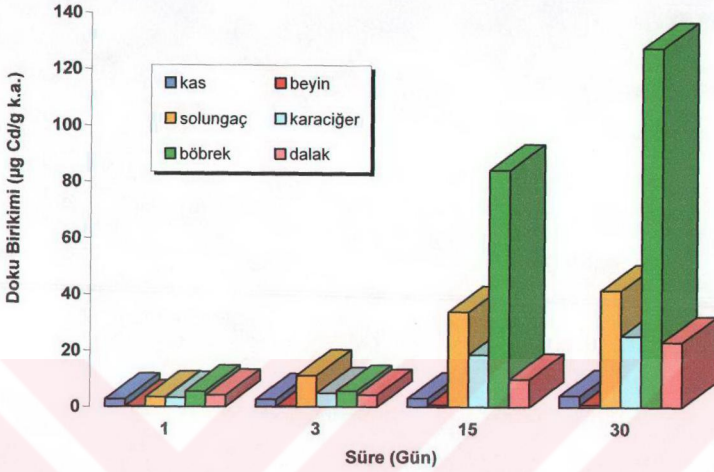
D.A. Duyarlılık Düzeyinin Altında.



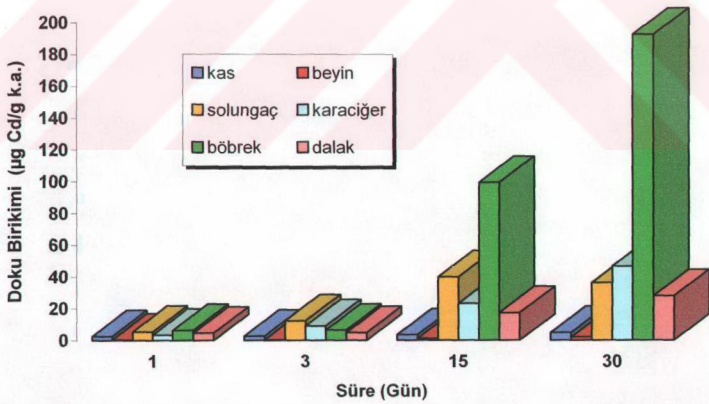
Şekil 4.1. Kadmiyumun 0.1 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. carpio*'nun Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak, Kas ve Beyin Dokularındaki Metal Birikimi



Şekil 4.2. Kadmiyumun 0.2 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. carpio*'nun Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak, Kas ve Beyin Dokularındaki Metal Birikimi



Şekil 4.3. Kadmiyumun 0.4 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. carpio*'nun Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak, Kas ve Beyin Dokularındaki Metal Birikimi



Şekil 4.4. Kadmiyumun 0.8ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. carpio*'nun Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak, Kas ve Beyin Dokularındaki Metal Birikimi

Çizelge 4.7. *C. carpio*'da Serum Aspartat Aminotransferaz (AST) Düzeyi (U/L) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri

Derişim (ppm Cd)	SÜRE (Gün)			
	1 $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	3 $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	15 $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	30 $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	70 $\pm$ 12.7 as	83 $\pm$ 3.0 as	72 $\pm$ 5.0 as	80.5 $\pm$ 16.5 as
0.1	190 $\pm$ 23.0 bs	93.5 $\pm$ 0.5 abs	174 $\pm$ 24 bs	116.5 $\pm$ 24 as
0.2	258.5 $\pm$ 13.5 bs	134 $\pm$ 10.0 bt	84.5 $\pm$ 0.5 acx	91 $\pm$ 7.5 ax
0.4	227.5 $\pm$ 1.5 bs	120 $\pm$ 5.0 abt	128 $\pm$ 6.0 ct	109 $\pm$ 10 at
0.8	123 $\pm$ 11.0 bs	103.1 $\pm$ 11.0 abs	85 $\pm$ 6.0 acs	134 $\pm$ 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.

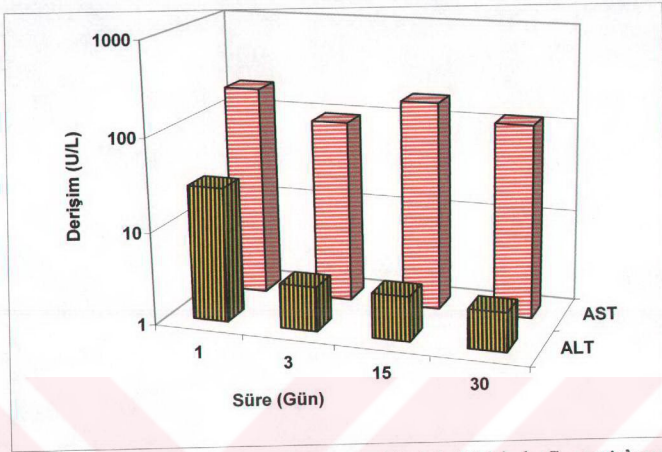
$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Çizelge 4.8. *C. carpio*'da Serum Alanin Aminotransferaz (ALT) Düzeyi (U/L) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri

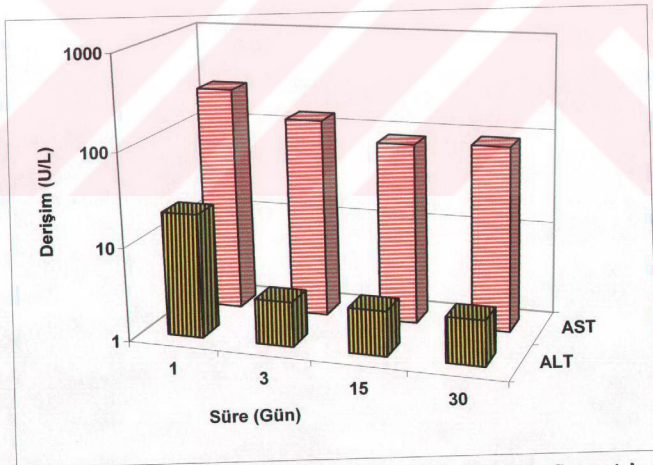
Derişim (ppm Cd)	SÜRE (gün)			
	1 $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	3 $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	15 $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	30 $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	2.5 $\pm$ 0.5 as	2.5 $\pm$ 0.5 as	2.3 $\pm$ 0.3 as	2.6 $\pm$ 0.3 as
0.1	28 $\pm$ 3.0 bs	3.0 $\pm$ 0.0 at	3.0 $\pm$ 0.5 at	2.6 $\pm$ 0.3 at
0.2	21 $\pm$ 0.5 bs	3.0 $\pm$ 0.0 at	3.0 $\pm$ 0.0 at	3.0 $\pm$ 0.0 at
0.4	18 $\pm$ 1.0 bs	2.5 $\pm$ 0.5 at	3.3 $\pm$ 0.3 at	3.0 $\pm$ 0.5 at
0.8	22.5 $\pm$ 4.5 bs	3.0 $\pm$ 0.0 at	2.7 $\pm$ 0.5 at	2.3 $\pm$ 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.

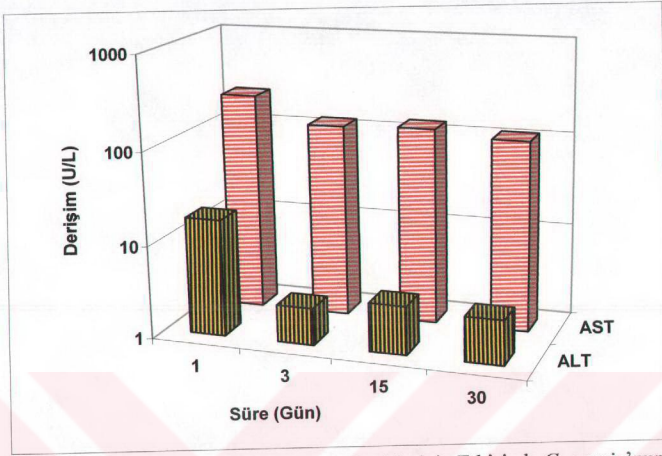
$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata



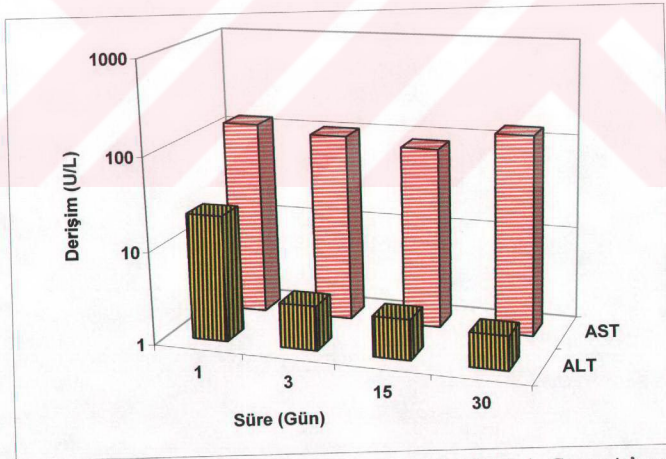
Şekil 4.5. Kadmiyumun 0.1 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. carpio*'nun Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler.



Şekil 4.6. Kadmiyumun 0.2 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. carpio*'nun Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler



Şekil 4.7. Kadmiyumun 0.4 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. carpio*'nun Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler



Şekil 4.8. Kadmiyumun 0.8 ppm Ortam Derişiminin Etkisinde *C. carpio*'nun Serum AST ve ALT Düzeyinde Süreye Bağlı Değişimler

Kadmiyumun serum total protein düzeyi üzerine etkisi, 3 ve 30 günlük etki periyotlarında kontrol ve incelenen ortam derişimleri arasında önemli bir farklılık göstermemiştir (Çizelge 4.9). Bir ve onbeş günlük etki sürelerinde, Cd derişimlerinin etkisi serum total protein düzeyini kontrole göre arttırmıştır. 0.1 ppm Cd ortam derişiminin etkisinde serum total protein düzeyi etkide kalma süresindeki artışa paralel olarak düşerken, 0.2, 0.4 ve 0.8 ppm Cd ortam derişimlerinin etkisinde süreye bağlı olarak dalgalanmalar göstermiştir.

Çizelge 4.9. *C. carpio*'da Serum Total Protein Düzeyi (mg/100 mL) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri

Derişim (ppm Cd)	SÜRE (gün)							
	1		3		15		30	
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	*
0.0	1.9 ± 0.01	as	2.1 ± 0.05	as	1.7 ± 0.01	as	2.1 ± 0.3	as
0.1	2.7 ± 0.05	bs	2.2 ± 0.05	at	2.1 ± 0.05	abt	1.8 ± 0.05	ax
0.2	2.4 ± 0.01	cs	1.9 ± 0.15	as	2.2 ± 0.01	abs	2.0 ± 0.07	as
0.4	2.3 ± 0.05	cs	2.2 ± 0.01	as	2.9 ± 0.3	ct	2.0 ± 0.1	as
0.8	2.3 ± 0.01	cs	2.0 ± 0.05	as	1.5 ± 0.03	at	1.9 ± 0.05	ast

* 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.

$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Belirlenen sürelerde, incelenen Cd ortam derişimlerinin etkisinde kalan *C. carpio*'nun serumunda üç tekrarlı olarak belirlenen albumin derişimlerinin aritmetik ortalamaları ile, istatistik analiz sonuçları Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Kadmiyum, serum albümin düzeyini 1. günde artırırken diğer sürelerde herhangi bir değişime neden olmamıştır. Belirli bir ortam derişiminde etkide kalma süresindeki artış 1. güne oranla serum albümin düzeyini düşürmüştür.

Kadmiyum 1.ve 3. günlerde serum glukoz düzeyini arttırken, 15. ve 30. günlerde serum glukoz düzeyi kontrol düzeyinde kalmıştır (Çizelge 4.11). Belirli bir kadmiyum derişiminde etkide kalma süresinin uzaması serum glukoz düzeyini düşmüştür.

C. carpio'da kadmiyumun serum glukoz, albumin ve total protein düzeyleri üzerine etkileri karşılaştırmalı olarak Şekil 4.9-4.12 de gösterilmiştir. Kadmiyum tüm

ortam derişimlerinde 30. günde 1. güne oranla serum glukoz düzeyini %50 oranında düşürürken, serum albumin ve total protein düzeylerini sırasıyla %25 ve %20 oranlarında düşürmüştür

Çizelge 4.10. *C. carpio*'da Serum Albumin Düzeyi (mg/100 mL) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri

Derişim (ppm Cd)	SÜRE (gün)			
	1	3	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	0.50 ± 0.05 as	0.56 ± 0.03 as	0.56 ± 0.06 as	0.53 ± 0.08 as
0.1	0.86 ± 0.03 bs	0.66 ± 0.03 at	0.60 ± 0.01 at	0.65 ± 0.05 at
0.2	0.80 ± 0.01 bs	0.73 ± 0.08 abs	0.70 ± 0.01 abs	0.63 ± 0.03 at
0.4	0.80 ± 0.01 bs	0.73 ± 0.03 abs	0.73 ± 0.06 abs	0.63 ± 0.03 at
0.8	0.80 ± 0.05 bs	0.60 ± 0.01 at	0.50 ± 0.01 at	0.56 ± 0.03 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.

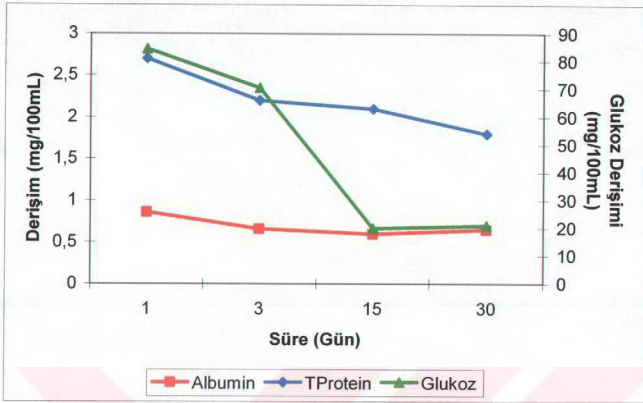
$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.11. *C. carpio*'da Serum Glukoz Düzeyi (mg/100 mL) Üzerine Kadmiyum Ortam Derişimlerinin Süreye Bağlı Etkileri

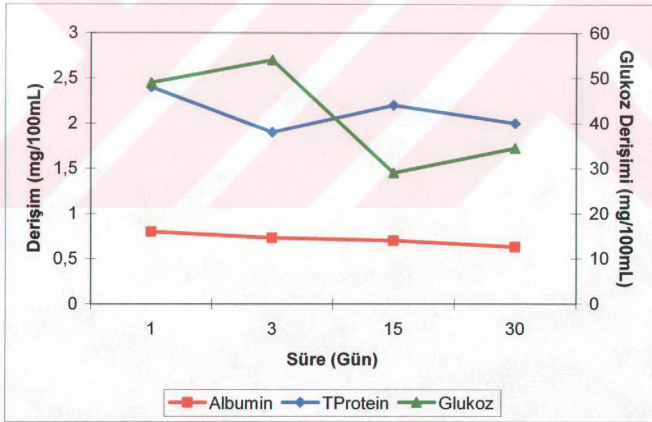
Derişim (ppm Cd)	SÜRE (gün)			
	1	3	15	30
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	31.2 ± 2.0 as	32.0 ± 5.0 as	34.5 ± 2.5 as	34.5 ± 2.5 as
0.1	84.5 ± 1.5 bs	70.5 ± 1.5 bt	20.0 ± 0.1 ax	21.0 ± 1.0 ax
0.2	49.0 ± 10.0 cs	54.0 ± 1.0 cs	29.0 ± 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.

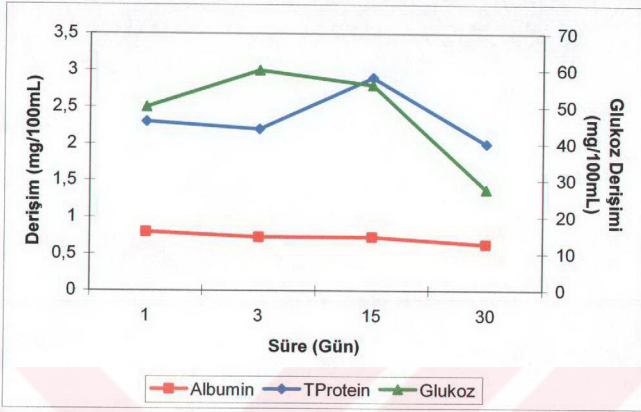
$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata



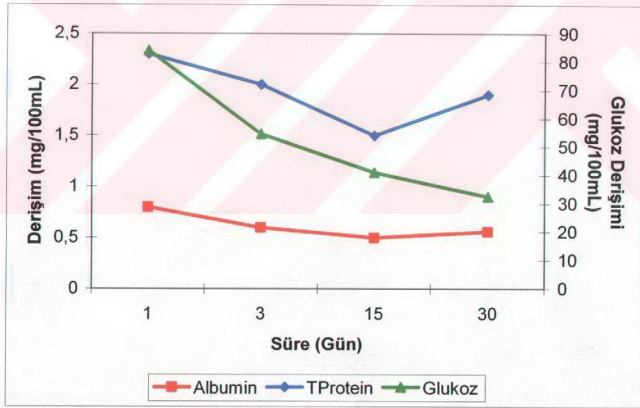
Şekil 4.9. *C. carpio*'da 0.1ppm Cd Ortam Derişiminin Etkisinde Serum Total Protein, Albumin, Glukoz Miktarının Değişimi



Şekil 4.10. *C. carpio*'da 0.2 ppm Cd Ortam Derişiminin Etkisinde Serum Total Protein, Albumin, Glukoz Miktarının Değişimi



Şekil 4.11. *C. carpio*'da 0.4 ppm Cd Ortam Derişiminin Etkisinde Serum Total Protein, Albumin, Glukoz Miktarının Değişimi



Şekil 4.12. *C. carpio*'da 0.8 ppm Cd Ortam Derişiminin Etkisinde Serum Total Protein, Albumin, Glukoz Miktarının Değişimi

4.2. Tartışma

Kadmiyumun 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.8 ppm ortam derişimlerinde 1, 3, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde bırakılan *C. carpio*'da deney süresince mortalite gözlenmemiştir. *Dicentrarchus labrax* (Odzak ve Zvonaric, 1995) ve *C. carpio*'da (DeSmet ve Blust, 2001) kadmiyumun bu çalışmada belirlenen süre ve derişimlere benzer deney koşullarında mortaliteye neden olmadığı saptanmıştır. Kadmiyumun anılan derişimlerde mortalitenin gözlenmemesi bir tripeptid olan glutatyon ile metallothionein gibi metal bağlayıcı proteinlerin sentezindeki artma, stoplazmik granüllerin sayıca artarak ve serbest metalleri esterleştirerek depolaması, metabolizmanın yavaşlatılması ile metabolik ve fizyolojik reaksiyonlarda değişim gibi uyum mekanizmalarıyla açıklanabilir (Martinez ve ark., 1991).

Labeo rohita (Venkataramana ve Radhakrishnaiah, 2001), *Channa punctatus* (Ansari, 1984), *Poecilia reticulata* (Khumyakari ve ark., 2001)'da bakırın, *Mugil cephalus* (Hilmy ve ark., 1985a)'da kadmiyumun kronik etkisinin başlangıcında yüzme hareketinde koordinasyonsuzluk, besin almama, fiziksel uyarılara karşı duyarsızlık, solungaç epiteli ile vücut yüzeyinin mukusla kaplanması, operkulumun açılıp kapanmasında artma gibi çeşitli davranış bozuklukları belirlemişlerdir. Etkide kalma süresinin artması ile bu davranış değişikliklerinin normale döndüğü gözlenmiştir. *C. carpio* ile yapılan bu araştırmada da kadmiyum etkisinin başlangıcında benzer davranış değişiklikleri meydana geldiği, etkide kalma süresinin uzamasıyla bu değişikliklerin normale döndüğü gözlenmiştir. Metal etkisinin başlangıcında ortaya çıkan bu davranış değişikliklerinin balığın ortam kirliliğine karşı olan tepkisi sonucu ortaya çıktığı, etkide kalma süresinin uzaması ile normale dönme ise adaptasyon mekanizmalarının stimülasyonu ile açıklanabilir.

Balıklar tarafından ağır metallerin ortamdan alınması solungaç, besin ve tüm vücut yüzeyinden absorbsiyon yolları ile gerçekleşmektedir. Bu araştırmada deneylerin başlangıcında en yüksek derişim solungaçlarda bulunmuştur. Solungaçlar aracılığı ile alınan metal düzeyinin diğer alım yollarından daha fazla olduğu, *C. carpio* ile yapılan araştırmalarda kadmiyumun etkide kalma süresinin başlangıcında özellikle solungaç dokusunda yüksek derişimlerde biriktiği, sürenin artmasıyla bu

dokudaki birikimin azaldığı belirlenmiştir (Kraal ve ark., 1995; DeConto-Cinier ve ark., 1999; Hollis ve ark., 1999). *Oncorhynchus mykiss*'de metal etkisinin başlangıcında ortamdan alınan kadmiyumun primer lamellerde, besin yolu ile alınımında ise sindirim sisteminden çok solungaçların sekonder lamellerinde olduğu belirtilmektedir (Szebedinszky ve ark., 2001). *Anguilla anguilla*'da akut kadmiyum etkisinde en fazla birikimin solungaç dokusunda olmasının, normal koşullarda bulunmayan Cd-thionein'in metal etkisinde sentezlenmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir (Noel-Lambot ve ark., 1978). Solungaçlardaki yüksek düzeydeki birikimin nedeni solungaçların lamellar yapı nedeniyle oldukça geniş yüzey alanının bulunması, ortamla doğrudan etkileşim içerisinde olması, metal etkisinde metallothionein sentezinin yapılması ve su ile kan arasındaki difüzyon aralığının kısa olması ile açıklanabilir.

Balıklarda karaciğer besin bileşenlerinin dönüşümü, glikojenin depolanması, ksenobiyotiklerin kandan alınarak metabolize edilmesi, safra oluşumu, serum proteinleri ve steroid hormonların yapısal bileşeni olan kolesterol sentezi ve hormon metabolizmasında işlevi olan bir organdır. Ağır metalleri bağlayarak toksik etkilerinin giderilmesinde işlevi olan metallothionein gibi metal bağlayıcı proteinlerin başlıca sentez yeri karaciğerdir (Heath, 1995). Metallothioneinler eser ve toksik etkili metalleri bağlayarak enzim gibi yüksek molekül ağırlıklı bileşiklere bağlanmasını engelleyerek organizmayı toksik etkilerinden koruyan düşük molekül ağırlıklı bir proteindir (Cousins, 1985).

O. mykiss (Dethloff ve ark., 1999), *T. nilotica* (Cicik ve Erdem, 1992), *Perca fluviatilis* (Collvin, 1984), *C. carpio*'da (Kargın, 1990) bakırın subletal ortam derişimlerinde en fazla birikim karaciğerde olurken, *O. niloticus* (Sağlamtimur ve ark., 2003), *Anguilla rostrata* (Gill ve ark., 1992), *Ichthalurus punctatus* (Bentley, 1991) ve *T. nilotica*'da (Kalay., 1992) subletal ortam derişimlerinde kadmiyumun karaciğere oranla böbreklerde daha fazla biriktiği belirlenmiştir. Kadmiyum ile yürütölen bu araştırmada da *C. carpio*'da karaciğerdeki metal birikiminin böbreklere oranla daha düşük olduğu saptanmıştır. Kadmiyumun karaciğerde böbreklere oranla daha düşük derişimlerde birikimi, organizmalarda herhangi bir biyokimyasal işlevi

olduğu belirlenemeyen metalin doğrudan doğruya atılım organı olan böbreklere iletilmesinden kaynaklanabilir.

Yüksek organizasyonlu canlılarda böbrekler iyon dengesinin korunmasında ve metabolik atıkların uzaklaştırılmasında işlev yapar. *C. carpio* (DeConto Cinier ve ark., 1999) ve *O. mykiss*'de (Thomas ve ark., 1985; Melgar ve ark., 1997) kadmiyum birikiminin diğer doku ve organlara oranla en fazla böbreklerde olduğu bildirilmektedir. *A. rostrata*'da subletal kadmiyum etkisinde, adrenomedulladan katekolamin ve kortizol salınmasını arttırdığı, bu artışın böbrek dokusunda yüksek düzeylerde metal birikimi nedeniyle olduğu saptanmıştır (Gill ve Epple, 1992). Balıklarda kadmiyum gibi herhangi bir metabolik işlevi olmayan ağır metaller su ve metabolizma atıkları ile birlikte böbreklere taşınmakta ve metallothionein gibi metal bağlayıcı bileşiklere bağlanarak bu dokuda birirmektedir. Balık ve memelilerde bakır ve çinkoya oranla kadmiyumun böbrek ve dalakta daha fazla metallothionein sentezine neden olduğu belirtilmektedir (Cherian ve Goyer, 1978; Pelgrom ve ark., 1995). *Lates calcarifer*'de kadmiyumun böbrek dokusundaki birikiminin tübül hücrelerinde stoplazmik vesikül ve granüllerin sayıca artmasına ve ödem oluşumuna neden olduğu ve bu durumun metalin böbrek tübül hücrelerinin membran permeabilitesinde oluşturduğu değişimden kaynaklanabileceğini ileri sürmüştür (Thophon ve ark., 2003). *C. carpio* ile yapılan bu çalışmada da diğer dokulara oranla en fazla kadmiyum birikiminin böbreklerde olması, kadmiyumun organizma için gerekli olmaması nedeniyle doğrudan başlıca atılım organı olan böbreklere iletilmesi, membran permeabilitesini etkileyerek yüksek düzeylerde böbrek hücrelerine alınması ve hücre içerisinde metallothionein sentezini indükleyerek Cd-thionein oluşturması ile açıklanabilir.

Dalak retikülo-endotelial sistemin yapısal bileşeni olup, işlevsel sürecini tamamlamış eritrositlerin başlıca yıkım ve depolandığı organdır. *T. nilotica*'da bakır (Kargın, 1990) en fazla dalak dokusunda birikirken, *C. lazera*'da kadmiyum birikiminin en fazla böbrekten sonra dalakta olduğu saptanmıştır (Kuşatan ve Cıçık, 2004). *Salmo trutta* ve *S. gairdneri*'de dalak dokusundaki kadmiyum birikiminin kas ve kalp dokularında olduğu gibi çok düşük düzeylerde olduğu belirlenmiştir (Roberts ve ark., 1979). Kadmiyumun 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.8 ppm ortam derişimlerinde 1, 3, 15

ve 30 günlük sürelerle etkisinde bırakılan *C. carpio*'nun dalak dokusundaki metal birikiminin kas ve beyin dokularında olduğu gibi düşük düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmadakine benzer kadmiyum ortam derişimlerinde *T. nilotica* ile yürütölen bir araştırmada, incelenen etki sürelerinden 30. güne kadar dalak dokusundaki metal birikiminin düşük olduğu 45 ve 50 günlük sürelerde ise böbrek ve karaciğer dokularından sonra en yüksek metal birikiminin dalak dokusunda olduğu saptanmıştır (Kalay, 1996). Kadmiyum etkisinde dalak dokusunda metal birikimine bağılı olarak metallothionein sentezinin uyarıldığı belirtilmektedir (Cherian ve Goyer, 1978). Kadmiyumun 0.1 ppb ve 10 ppb derişimlerinin 45 gün süre ile etkisinde bırakılan *O. mossambicus*'un eritrosit sayısı ile hemoglobin derişimini düşürerek anemiye neden olduğu belirtilmektedir (Ruparella ve ark., 1990). Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar kadmiyum etkisinde *C. carpio*'nun dalak dokusundaki metal birikiminin süreye bağılı olarak artması bu dokuda metallothionein sentezinin uyarılması ve anemi nedeni ile olabileceğini göstermektedir.

C. carpio kas dokusundaki kadmiyum birikimi incelenen diğerk dokulara oranla oldukça düşük düzeylerde dir. Kadmiyumun tek başına ve diğerk metallerle etkileşiminde *O. aureus*'da tüm doku ve organlara göre kas dokusunda düşük düzeyde biriktiğı saptanmıştır (Allen, 1995a; Odzak ve Zvonaric, 1995). *C. carpio* ile kadmiyumun subletal ortam derişimlerinde 29 gün süre ile yürütölen diğerk bir araştırmada en düşük metal birikiminin kas dokusunda olduğu belirtilmektedir (DeSmet ve Blust, 2001). *C. carpio*'da subletal kadmiyum derişimlerinin uzun süreli etkisinde böbrek dokusundaki metal birikiminin karaciğerdeki birikimin 2 katı, kastaki birikimin ise 100 katı olduğu, kas dokusundaki birikim düzeyinin 106 günlük etkide kalma süresi sonunda tüketim bağlamında tehlikeli düzeye ulaştığı bildirilmiştir (DeConto-Cinier ve ark., 1999). *Scyllorhinus canicula*'da kadmiyumun subletal derişimlerinin kas dokusundan kana su geçmesine ve sonuçta hemodilüsyona neden olduğu belirtilmektedir (Tort ve Torres, 1988). Kas dokusundaki kadmiyum birikiminin düşük düzeylerde olması kasın metal birikimi bakımından aktif bir doku olmaması ve metal etkisinde hemodilüsyona neden olan kastaki su kaybı ile açıklanabilir.

Beyin, hayvansal organizmalarda yaşamsal olayların kontrol merkezi olması bakımından oldukça önemli bir organdır. Balıklarda kas ve kemik doku yanı sıra beyin dokusunun da kadmiyum birikimi bakımından aktif olmadığı, bu dokudaki metal birikiminin MT sentezi gibi metabolik aktivitenin yoğun olduğu solungaç, karaciğer ve böbrek gibi dokulardakinden düşük düzeyde olduğu saptanmıştır (Thomas ve ark., 1983). *T. nilotica*'da 0.1, 0.5 ve 1.0 ppm Cd ortam derişimlerinin 15, 30 ve 60 gün sürelerle etkisinde kas, kemik (omurga) ve beyin dokularında birikim düzeyleri incelenmiş, beyin dokusundaki metal birikiminin diğer dokulara göre ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak arttığı ve 60. günde oldukça yüksek derişimlere ulaştığı bildirilmiştir (Kalay ve Karataş, 1999). *T. zilli*'de Pb (Karataş ve Kalay, 2002), *O. mossambicus*'da Cd (Woo ve ark., 1993) subletal derişimlerinin kronik etkisinde beyin dokusundaki metal birikiminin kas dokusundan daha fazla olduğu belirlenmiştir. *Lepomis macrochirus* ile yapılan araştırmada ise farklı sıcaklıklarda subletal bakır derişimlerinin kronik etkisinde kas dokusundaki metal birikiminin beyindeki birikimden fazla olduğu (Felts ve Heath, 1984), *C. carpio* ile yapılan bu araştırmada da kas ve beyin dokularındaki Cd birikimi bakımından benzer sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür. Deney süresi sonunda *C. carpio*'nun beyin dokusunda Cd birikimindeki artışın, metal etkisinde kan beyin engelinin, sürenin uzaması ile işlevini kaybetmesinden ve Ca kanalları aracılığı ile Cd alınımından kaynaklandığı olasıdır.

Balıklarda ağır metal etkisinin strese neden olduğu ve stres koşullarında enerji gereksiniminin arttığı belirlenmiştir (Sovenyi ve Szakolczai, 1993; 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 lipit gibi karbonhidrat olmayan kaynaklardan da sağlanmaktadır (Levesque ve ark., 2002). Aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) glukoneogenik enzimler olup başlıca sentez yerleri karaciğerdir. Normal koşullarda serumda bulunmazlar. *Mugil cephalus*'da kadmiyumun düşük derişimlerinin 48 saat süre ile etkisinde karaciğer AST düzeyi artmış, 96 saatlik etki süresinde ise karaciğer hücrelerindeki sentezi sona ermiştir (Hilmy ve ark., 1985b). Enzim sentezinin 48 saatlik etki süresi sonunda durdurulması, ortam koşullarına

adaptasyon sağlanması sonucu enerji gereksiniminin karbonhidrat olmayan kaynaklardan sağlanması durdurulması ile açıklanmıştır. *Channa 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 (Sastry ve ark., 1997; Versteeg ve Giesy (1986). *Lepomis macrochirus*'da 363 ppb ve 12.7 ppm Cd ortam derişimlerinde 32 günlük süre sonunda kadmiyum etkisinin serum AST ve ALT düzeyinde herhangi bir değişime neden olmadığını belirtmişlerdir. *M. cephalus*'la yapılan bir araştırmada 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.

C. batrachus'da kadmiyumun (Jana ve ark., 1986; Jana ve Shana, 1988), *T. nilotica* (Cicik, 1991) ve *C. carpio*'da (Cicik, 1995) bakırın karaciğer solungaç ve böbrek dokularında total protein düzeylerini arttırırken kas total protein düzeyini dştrdğ saptanmıştır. Ortamda bulunan kadmiyum *M. cephalus*'da (Hilmy ve ark., 1985b), bakır, inko (Cicik, 1995) ve kadmiyum *C. carpio*'da (DeSmet ve Blust, 2001), inko *T. zilli* ve *C. lazera*'da (Segner, 1987), kurşun *O. mosambicus*'da serum total protein düzeyini arttırırken, kadmiyum *C. carpio*'da (Romanenko ve Yevtushenko, 1985) serum albümin düzeyini arttırmaktadır. Ek olarak kadmiyum ve bakırın serumda transport işlevi olan seruloplazmin ve glutatyon düzeyini arttırdığı bildirilmektedir (Yamamoto ve ark., 1977; Cherian ve Goyer, 1978). Deneylerin başlangıcında metal etkisinde serum total protein ve albümin düzeylerinde artma saptanmıştır. Bu artışın *C. carpio*'da glukoneogenik enzimlerin salınmasındaki artmaya bağlı olarak kas proteinlerinin yıkılarak protein fraksiyonlarının seruma

verilmesinden, karaciğerin taşıma kapasitesini arttırmak amacıyla metallerin metal bağlayıcı proteinlere bağlanarak seruma salınmasından kaynaklanmış olması olasıdır.

H. fossilis'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 (Sastry ve Subhadra, 1982). *O. mykiss*'in erginleri 30 gün süre ile 10.0 ve 25.0 ppb Cd, jüvenilleri ise 1.0 ve 5.0 ppb Cd ortam derişimlerinin etkisinde bırakılmış, her iki grupta da anılan sürede serum glukoz düzeyinde değişim gözlenmemiştir (Ricard ve ark., 1998). *Puntius conchoni*'da kadmiyumun yüksek derişimlerinin kısa süreli etkisi hiperglisemiye, düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi hypoglisemiye 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 *O. niloticus*'un karaciğerinde glikojenlize işlev gören enzimlerin aktivitesini uyardığı saptanmıştır (Almeida ve ark., 2001). *C. punctatus* (Dubale ve Shah, 1981) ve *Carassius auratus*'da (Zikic ve ark., 2001) kadmiyumun subletal derişimlerinin kısa süreli etkisi katekolamin salınmasını artırarak karaciğer glikojen derişimini düşürürken, serum glukoz düzeyini arttırdığı belirtilmektedir. *O. mosambicus*'da yoğun stoklamanın (Vijayan ve ark., 1997), *Perca flavescens*'de türemenin (Levesque ve ark., 2002), *Scyliorhinus canicula*'da hipoksik koşulların (Tort ve Torres, 1988) serum glukoz ve laktat düzeyi ile kortikosteroid salınmasını artırırken, kas ve karaciğer glikojen derişimini düşürdüğü saptanmıştır. Kadmiyumun denenen tüm derişimlerinde denemelerin ilk 3 gününde serum glukoz düzeyinde önemli artma gözlenmiş, sürenin artmasıyla kontrol düzeyine düşmüştür. Bu değişimlerin metal etkisinin başlangıcında kadmiyumun kas ve karaciğer dokularında glikojenlize uyarmasından, endokrin sistem aracılığı ile glikoneogenik enzimlerin aktivitesini artırarak karbonhidrat olmayan kaynaklardan glukoz sentezini yükseltmesinden, etkide kalma süresinin uzamasıyla balığın metal etkisine metabolik adaptasyonundan kaynaklanması olasıdır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, canlılarda herhangi bir biyolojik işlevi olduğu saptanmamış olan kadmiyumun 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.8 ppm Cd derişimlerinin 1, 3, 15 ve 30 günlük sürelerde *Cyprinus carpio*'nun doku ve organlarındaki birikimi ile serum transaminaz, total protein, albumin ve glukoz düzeyindeki değışimlerin bu tür için toksisite biyomarkırları olup olamayacağı incelenmiştir.

- Denenen süre ve kadmiyum ortam derişimlerinin etkisinde solungaç, karaciğer, böbrek, dalak, kas ve beyin dokularında kontrole oranla önemli düzeylerde metal biriktiğı, birikim bağlamında dokular arasında aşağıdaki ilişkinin bulunduğu saptanmıştır.

Böbrek > Solungaç > Karaciğer > Dalak > Kas > Beyin

- Kadmiyumun incelenen ortam derişimlerinin, serum transaminaz, total protein, albumin ve glukoz düzeylerini 1. ve 3. günlerde etkilediğı, sürenin uzamasıyla etkinin ortadan kalktığı belirlenmiştir.
- Çalışılan dokulardaki kadmiyum birikim farklılıklarının metabolik, yapısal ve işlevsel farklılıklardan kaynaklanması olasıdır.
- Kadmiyum etkisinde serum parametrelerinde gözlenen değışimlerin metal etkisinde ortaya çıkan stresle, etkide kalma süresinin uzamasıyla bu parametrelerin normale dönmesi ise balığın stres koşullarına adaptasyonu ile açıklanabilir.
- Günümüze değin yapılan çalışmalar balığın stres koşullarına adaptasyonunun enzimatik ve hormonal mekanizmalarla sağlandığını göstermekte olup, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar da bu bulgularla örtüşmektedir.

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.
- 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.
- ALMEIDA, J.A., NOVELLI, E.L.B., DAL PAI SILVA, M., and ALVES JÚNIOR, R., 2001. Environmental Cadmium Exposure and Metabolic Responses of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Environmental Pollution, 114(2): 169-175.
- ANSARI, I.A., 1984. Studies on the Toxicity of Copper Sulphate on *Channa punctatus* and *Mystus vittatus*; Determination of LC₅₀ Values. Accttaciencis India, 10: 154-160.
- BENDELL-YOUNG, L., HARVEY, H.H., and YOUNG, C.F., 1986. Accumulation of Cadmium by White Suckers (*Catostomus commersoni*) in Relation to Fish Growth and Lake Acidification. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43(4): 806-811.
- BENSON, W.H., BAER, K.N., STACKHOUSE, R.A., and WATSON, C.F., 1987. Influence of Cadmium Exposure on Selected Hematological Parameters in Freshwater Teleost *Notemigonus crysoleucas*. Ecotoxicol. Environ. Safe., 13(1): 92-96.
- BENTLEY, P.J., 1991. Accumulation of Cadmium by Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*): Influx from Environmental Solution. Comp. Biochem. Physiol. C., 99(3): 527-529.
- BROWN, B. and AHSENULLAH, M., 1971. Effect of Heavy Metals on Mortality and Growth. Mar. Poll. Bull., 2(12): 182-187.
- BROWN, N.W., THOMAS, D.G., SHURBEN, D., SOLBE, J.F.D.G., KAY, J., and CRYER, A., 1986. A Comparison of the Differential Accumulation of Cadmium in the Tissue of Three Species of Freshwater Fish, *Salmo gairdneri*, *Rutilus rutilus*, *Noemacheilus barbatulus*. Comp. Biochem. Physiol., 84(2): 213-217.

- CHERIAN, M.G., and GOYER, R.A., 1978. Metallothioneins and Their Role in the Metabolism and Toxicity of Metals. *Life Sciences*, 23:1-10.
- CHRISTENSEN, G.M., HUNT, E.P., and FIANDT, J.T., 1977. The Effect of Methylmercuric Chloride, Cadmium Chloride, and Lead Nitrate on Six Biochemical Factors of the Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*). *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 41: 523-530.
- CİCİK, B., 1991. *Tilapia nilotica*'da Bakırın Karaciğer ve Kas Dokularındaki Nicel Protein Derişimlerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 52s.
- CİCİK, B., 1995. *Cyprinus carpio*'da Bakır, Çinko ve Bakır + Çinko Karışımında Solungaç, Karaciğer ve Kas Dokularındaki Metal Birikiminin Nicel Protein, Glikojen ve Kandaki Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Adana, 107s.
- CİCİK, B., ve ERDEM, C., 1992. *Tilapia nilotica*'da Bakırın Karaciğer ve Kas Dokularındaki Nicel Protein Derişimlerine Etkileri. *Biyokimya Dergisi*, XVII, 1: 51-64.
- CİCİK, 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.
- COLLVIN, L., 1984. Uptake of Copper on Growth and Starvation in Perch, *Perca fluviatilis*. *Ecological Bulletins*, 36: 57-61.
- COUSINS, R.J., 1985. Absorbtion, Transport and Hepatic Metabolism of Copper and Zinc: Special Reference to Metallothionein and Ceruloplasmin. *Physiological Reviews*, 65(2): 238-309.
- DANGE, A.D., 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., and 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., and BLUST, R., 2001. Stress Responses and Changes in Protein Metabolism in Carp *Cyprinus carpio* during Cadmium Exposure. *Ecotoxicol. Environ. Safe*, 48(3): 255-262.
- DETHLOFF, G.M., BAILEY, H.C., and MAIER, K.J., 1999. Effects of Dissolved Copper on Selected Hematological, Biochemical and Immunological Parameters of Wild Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 40: 371-380.
- DOUBEN, P.E.T., 1989. Metabolic Rate and Uptake and Loss of Cadmium from Food by the Fish *Noemacheilus barbatulus* L. (Stone Loach). *Environmental Pollution*, 59: 177-202.
- DUBALE, M.S., and SHAH, P., 1981. Biochemical Alterations Induced by Cadmium in the Liver of *Channa punctatus*. *Environmental Research*, 26: 110-118.
- EATON, J.G., MC KIM, J.M., and HOLCOMBE, G.W., 1978. Metal Toxicity to Embryos and Larvae of Seven Freshwater Fish Species-I. Cadmium. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 45: 95-103.
- EISLER, R., and GARDNER, G.R., 1973. Acute Toxicology to an Estuarine Teleost of Mixtures of Cadmium, Copper and Zinc Salts. *J. Fish Biol.*, 5: 131-142.
- ELLIOT, N.G., SWAIN, R., and RITZ, D.A., 1986. Metal Interaction during Accumulation by the Mussel *Mytilus edulis planulatus*. *Marine Biology*, 93: 395-399.
- ENGEL, D.W., and BROUWER, M., 1986. Cadmium and Copper Metallothioneins in the American Lobster, *Homarus americanus*. *Environmental Health Perspectives*, 65: 87-92.
- ERDEM, C., 1990. Cadmium Accumulation in Liver, Spleen, Gill and Muscle Tissues of *Tilapia nilotica* (L.). *Biyokimya Dergisi*, XV(3): 13-22.
- ERDEM, C., ve KARGIN, F., 1992. *Cyprinus carpio* ile *Tilapia nilotica*'nın Karaciğer, Dalak, Barsak, Solungaç ve Kas Dokularındaki Bakır Birikiminin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması. *Biyokimya Dergisi*, XVII, 1, 13-27.
- ERDEM, C., AY, Ö., CİCIK, B., and KARAYAKAR, F., 2004. Levels of Copper, Cadmium and Lead in Tissues of Fish (*Cyprinus carpio*, *Capoeta capoeta*)

- from the Berda River. Süleyman Demirel Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, II Cilt, XI Sayı (Basımda).
- FARAG, A.M., BOESE, C.J., WOODWARD, D.F., and BERGMAN, H.L., 1994. Physiological Changes and Tissue Metal Accumulation in Rainbow Trout Exposed to Foodborne and Waterborne Metals. *Environ. Toxicol. Chem.*, 13(12): 2021-2029.
- FELTS, P.A., and HEATH, A.G., 1984. Interactions of Temperature and Sublethal Environmental Copper Exposure on the Energy Metabolism of Bluegill, *Lepomis macrochirus*. *J. Fish Biol.*, 25: 444-453.
- FLOS, R., TORT, L., and BALASCH, J., 1987. Effects of Zinc Sulphate on Haematological Parameters in the Dogfish *Scyliorhinus canicula* and Influences of MS – 222. *Mar. Env. Res.*, 21, 289-298.
- FRANK, P.M., and ROBERTSON, P.B., 1979. The Influence of Salinity in Toxicity of Cadmium and Chromium to the Blue Crab, *Callinectes sapidus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 21: 74-78.
- GILL, T.S., and EPPLER, A., 1992. Effects of Cadmium on Plasma Catecholamines in the American Eel, *Anguilla rostrata*. *Aquat. Toxicol.*, 23: 107-117.
- GILL, T.S., and PANT, J.C., 1983. Cadmium Toxicity: Inducement of Changes in Blood and Tissue Metabolites in Fish. *Toxicol. Lett.*, 18: 195-200.
- GILL, T.S., BIANCHI, C.P., and EPPLER, A., 1992. Trace Metal (Cu-Zn) Adaptation of Organs Systems of the American Eel *Anguilla rostrata* to External Concentrations of Cadmium. *Comp. Biochem. Physiol., C*, 102 (3): 361-371.
- GILL, T.S., LEITNER, G., PORTA, S., and EPPLER, A., 1993. Response of Plasma Cortisol to Environmental Cadmium in the Eel, *Anguilla rostrata* LeSueur. *Comp. Biochem. Physiol C.*, 104 (3): 489-495.
- GILL, T.S., PANT, J.C., and TEWARI, H., 1988. Branchial Pathogenesis in a Freshwater Fish *Puntius conchonius* Ham., Chronically Exposed to Sublethal Concentrations of Cadmium. *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, 15(2): 153-161.
- GUPTA, A.K., and RAJBANSHI, V.K., 1991. Toxicity of Copper and Cadmium to *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, 3: 331-340.

- HATEKEYAMA, S., and YASUNO, M., 1987. Chronic Effects of Cd on Reproduction of the Guppy (*Poecilia reticulata*) through Cd Accumulated Midge Larvae (*Chironomous yoshimatsui*). *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, 14(3); 191-207.
- HEATH, A.G., 1995. *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Press. New York, Inc. 2nd ed. 359pp.
- HILMY, A.M., SHABANA, M.B., and DAABEES, A.Y. 1985a. Bioaccumulation of Cadmium Toxicity in *Mugil cephalus*. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 81(1): 139-143.
- HILMY, A.M., SHABANA, M.B., and DAABEES, A.Y., 1985b. Effects of Cadmium Toxicity upon the *in vivo* and *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.
- HILMY, A.M., EL DOMIATY, N.A., DAABEES, A.Y., and ABDEL LATIFE, H.A., 1987. Some Physiological and Biochemical Indices of Zinc Toxicity in Two Freshwater Fishes, *Clarias lazera* and *Tilapia zilli*. *Comp. Biochem. Physiol. C.*, 87(2): 297-301.
- HODSON, P.V., 1988. The Effects of Metal Metabolism on Uptake, Disposition and Toxicity in Fish. *Aquat. Toxicol.*, 11: 3-18.
- HOLLIS, L., MCGEER, J.C., MCDONALD, D.G., and WOOD, C.M., 1999. Cadmium Accumulation, Gill Cadmium Binding, Acclimation, and Physiological Effects during Sublethal Cd Exposure in Rainbow Trout. *Aquat. Toxicol.*, 46: 101-119.
- HOLLIS, L., HOGSTRAND, C., and 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. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 41(4): 468-474.
- HONTELA, A., DANIEL, C., and RICARD, A.C., 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.

- JANA, S., and SAHANA, S.S., 1988. Effects of Copper, Cadmium and Chromium Cations on the Freshwater Fish *Clarias batrachus* L. *Physiol. Bohemoslov.*, 37(1), 79-82.
- JANA, S., SAHANA, S.S., CHOUDHURI, M.A., and CHOUDHURI, D.K., 1986. Heavy Metal Pollutant Induced Changes in Some Biochemical Parameters in the Freshwater Fish *Clarias batrachus* L. *Acta Physiologica Hungarica*, 68, (1): 39-43.
- KALAY, M., 1992. *Tilapia nilotica*'da Bakırın Karaciğer, Solungaç, Kas, Böbrek, Beyin ve Kan Dokularındaki Birikimi ve Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkisi. Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 65s.
- KALAY, M., 1996. *Tilapia nilotica*'da Karaciğer, Dalak, Böbrek, Kas ve Solungaç Dokularındaki Kadmiyum Birikiminin Total Protein Düzeyi ve İyon Dağılımı Üzerine Etkileri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Doktora Tezi, Eylül-. Adana, 109s.
- KALAY, M., and CANLI, M., 2000. Elimination of Essential (Cu, Zn) and Non Essential (Cd, Pb) Metals from Tissues of a Freshwater Fish *Tilapia zilli*. *Turk. J. Zool.*, 24: 429-436.
- KALAY, M., ve KARATAŞ, S., 1999. Kadmiyumun *Tilapia nilotica* (L.)' da Kas, Beyin ve Kemik (Omurga Kemiği) Dokularındaki Birikimi, *Turk. J. Zool.*, 23(3): 985-991.
- KARATAŞ, S., ve KALAY, M., 2002. *Tilapia zilli*'nin Solungaç, Karaciğer, Böbrek ve Beyin Dokularında Kurşun Birikimi. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 26: 471-477.
- KARGIN, F., 1990. Bakırın *Cyprinus carpio* ve *Tilapia nilotica*'da Doku ve Organlardaki Birikimi ile Mortalite Üzerine Etkisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Doktora Tezi. Eylül-. Adana, 134s.
- KARGIN, F., 1996. Effects of EDTA on Accumulation of Cadmium in *Tilapia zilli*. *Turk. J. Zool.*, 20(4): 419-421.
- 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(4): 511-519.

- KARGIN, F., ve ERDEM, C., 1992. Bakır-Çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica* (L.)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi, Turk. J. Zool., 16: 343-348.
- KHUNYAKARI, R.P., TARE, V., and SHARMA, R.N., 2001. Effects of Some Trace Heavy Metals on *Poecilia reticulata* (Peters). J. Environ. Biol. 22(2): 141-144.
- KRAAL, M.H., KRAAK, M.H., DEGROOT, C.J., and DAVIDS, C., 1995. Uptake and Tissue Distribution of Dietary and Aqueous Cadmium by Carp (*Cyprinus carpio*). Ecotoxicol. Environ. Safe., 31(2): 179-183.
- KUMADA, H., KIMURA, S., and YOKOTE, M., 1980. Accumulation and Biological Effects of Cadmium in Rainbow Trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 46(1): 97-104.
- KUROSHIMA, R., and KIMURA, S., 1990. Changes in Toxicity of Cd and Hg Accumulation in Girella and Goby with their Growth. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 56(3): 431-435.
- KUŞATAN, Z., and CİCİK, B., 2004. *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'da Kadmiyumun Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak ve Kas Dokularındaki Birikimi. XVII. Ulusal Biyoloji Kongresi Sözlü, Poster ve Bildiri Özetleri, 21-24 Haziran 2004 Çukurova Üniversitesi ADANA.
- LANGEVOORD, M., KRAAK, M.H.S., and DAVIDS, C., 1995. Importance of Prey Choice for Cd Uptake by Carp (*Cyprinus carpio*) Fingerlings. J. of North American Benthological Society, 14(3): 423-429.
- LARSSON, A., HAUX, C., SJÖBECK, M.L., and LITHNER, G., 1984. Physiological Effects of an Additional Stressor on Fish Exposed to a Simulated Heavy-Metal-Containing Effluent from a Sulfide Ore Smeltery. Ecotoxicol. Environ. Safe., 8: 118-128.
- LEVESQUE, H.M., MOON, T.W., CAMPBELL, 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(3-4): 257-267.

- LOWE-JINDE, L., and NIIMI, A.J., 1984. Short Term and Long Term Effects of Cadmium on Glycogen Reserves and Liver Size in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Arch. Environ. Contam. Toxicol., 13: 759-764.
- MARTINEZ, M., DEL-RAMO, J., TORREBLANCA, D.M., and PASTOR, A., 1991. Presence of Cd Binding Proteins in Brine Shrimp *Artemia* Pre-exposed and Not Pre-exposed to Cd. Toxicology and Environmental Chemistry, 31: 417-424.
- 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.
- MELGAR, M.J., PEREZ, M., GARCIA, M.A., ALONSO, J., and MIGUEZ, 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.
- MOMMSEN, T.P., FRENCH, C.J., and HOCHACHKA, P.W., 1980. Sites and Patterns of Protein and Amino Acid Utilization during the Spawning Migration of Salmon. Can. J. Zool., 58: 1785-1799.
- MURAMOTO, S., 1983. Elimination of Copper From Cu-Contaminated Fish by Long term Exposure to EDTA and Freshwater. J. Environ. Sci. Health, 18(3): 455-461.
- NOEL-LAMBOT, F., GERDAY, C.H., and DISTECHE, 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(2): 177-187.
- NOVELLI, E.L.B., LOPES, A.M., RODRIGUES, A.S.E., NOVELLI FILBO, 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.
- ODZAK, N., and ZVONARIC, T., 1995. Cadmium and lead Uptake from Food by the Fish *Dicentrarchus labrax*. Water Science and Technology, 32(9-10): 49-55.
- PAGENKOPF, G.K., 1983. Gill Surface Interaction Model for Trace Metal Toxicity to Fishes Role of Complexation pH and Water Hardness. Environ. Sci. Technol., 17(6): 342-347.

- PASCOE, D., EVANS, S.A., and WOODWORTH, J., 1986. Heavy Metal Toxicity to Fish and Influence of Water Hardness. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 15: 481-487.
- PELGROM, S.M.G.J., LAMERS, L.P.M., LOCK, R.A.C., BALM, P.H.M., and WENDELAARBONGA, S.E., 1995. Interactions between Copper and Cadmium Modify Metal Organ Distribution in Mature Tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Environmental Pollution*, 90: 415-423.
- RASHED, M.N., 2001. Cadmium and Lead in Fish (*Tilapia nilotica*) Tissues as Biological Indicator for Lake Water Pollution. *Environ. Monit. Assess.*, 68(1): 75-89.
- RAGAN, H. A., and MAST, T.J., 1990. Cadmium Inhalation and Male Reproductive Toxicity. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 114: 1-22.
- RICARD, A.C., DANIEL, C., ANDERSON, P., and HONTELA, A., 1998. Effects of Subchronic Exposure to Cadmium Chloride on Endocrine and Metabolic Functions in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 34(4): 377-381.
- ROCH, M., and McCARTER, J.A., 1984. Metallothionein Induction, Growth and Survival of Chinook Salmon Exposed to Zinc, Copper and Cadmium. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 32: 478-485.
- ROBERTS, K.S., CRYER, A., KAY, J., SOLBE, J.F.D.G., WHARFE, J.R., and SIMPSON, W.R., 1979. The Effects of Exposure to Sublethal Concentrations of Cadmium on Enzyme Activities and Accumulation of the Metal in Tissues and Organs of Rainbow and Brown Trout (*Salmo gairdneri*, Richardson and *Salmo trutta* L.). *Comp. Biochem. Physiol.*, 62C: 135-140.
- ROHLF, J.F., and SOKAL, R.R., 1969. 'Statistical Tables'. W.H. and Freeman and Company, San Francisco, 253pp.
- ROMANENKO, V.D., and YEVTUSHENKO, N.Y., 1985. The Tissue Accumulation of Heavy Metals and Their Influence on the Biosynthesis in the Fish Organism. *Symposia Biologica Hungarica*, 29: 299-311.

- ROMBOUGH, P.J., and GARSIDE, E.T., 1982. Cadmium Toxicity and Accumulation in Eggs and Alevins of Atlantic Salmon *Salmo salar*. Can. J. Zool., 60: 2006-2014.
- RUPARELIA, S.G., VERMA, Y., SAIYED, S.R., and RAWAL, U.M., 1990. Effects of Cadmium on Blood of Tilapia, *Oerochromis mossambicus* (L). Bull. Environ. Contam. Toxicol., 45V. 305-312.
- SAĞLAMTİMUR, B., CİCİK, 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 *Oerochromis niloticus* (L.). Turk. J. Vet. Anim. Sci. 27: 813-820.
- SASTRY, K.V., and SUNITA, K., 1982. Effect of Cadmium and Chromium on the Intestinal Absorption of Glucose in the Snakhead Fish *Channa punctatus*. Toxicol. Lett., 10(2-3): 293-296.
- SASTRY, K.V., and 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
- SASTRY, K.V., and SUBHADRA, K.M., 1985. In-vivo Effects of Cadmium on Some Enzyme Activities in Tissues of the Freshwater Catfish *Heteropneustes fossilis*. Environmental Research, 36: 32-45.
- SASTRY, K.V., SACHDEVA, S., and 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.
- SEGNER, H., 1987. Response of Fed and Starved Roach, *Rutilus rutilus*, to Sublethal Copper Contamination. J. Fish Biol., 30: 423-437.
- SHARMA, R.P., 1983. Ligands Binding Cadmium Zinc and Copper in a Species of New Zealand Oyster (*Ostrea lutaria*). Bull. Environ. Contam. Toxicol., 30: 428-434.
- SJÖBECK, M.L., HAUX, C., LARSSON, A., and LITHNER, G., 1984. Biochemical and Hematological Studies on Perch *Perca fluviatilis* from the Cadmium Contaminated River Eman. Ecotoxicol. Environ. Safe., 8(3): 303-312.

- SOKAL, R.R., and ROHLF, J.F., 1969. "Biometry". W.H. Freeman and Company, San Francisco, 776 pp.
- SORENSEN, E.M., 1991. Metal Poisoning in Fish. CRC Press, Boca Raton, FL. 243pp
- SOVENYI, L., and SZAKOLCZAI, J., 1993. Studies on the Toxic and Immunosuppressive Effects of Cadmium on the Common Carp. Acta Vet. Hung, 41(3-4); 415-426.
- SURESH, A., SIVARAMAKRISHNA, B., and RADHAKRISHNAIAH, K., 1993. Effect of Lethal and Sublethal Concentrations of Cadmium on Energetics in the Gills of Fry and Fingerlings of *Cyprinus carpio*. Bull. Environ. Contam. Toxicol, 51(6): 920-926.
- 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.
- THOMAS, D.G., CRYER, A., SOLBE, J.F.D.G., DEL, G., and KAY, J.A., 1983. Comparison of the Accumulation and Protein Binding of Environmental Cadmium in the Gills, Kidney and Liver of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Comp. Biochem. Physiol., 76C(2): 241-246.
- THOMAS, D.G., BROWN, M.W., SHURBEN, D., SOLBE, J.F.D.G., CRYER, A., and KAY, J.A., 1985. A Comparison of the Sequestration of Cadmium and Zinc in the Tissues of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Comp. Biochem. Physiol., 82C(1): 55-62.
- THOPHON, S., KRUATRACHUE, M., UPATHAM, E.S., POKETHITIYOOK, P., SAHAPHONG, S., and JARITKHUAN, S., 2003. Histopathological Alterations of White Seabass, *Lates calcarifer*, in Acute and Subchronic Cadmium Exposure. Environmental Pollution, 121: 307-320.
- TORT, L., and TORRES, P., 1988. The Effects of Sublethal Concentrations of Cadmium on Haematological Parameters in the Dog Fish. Biol., 32: 277-282.

- USEPA, 1986. Environmental Quality Criteria for Water, EPA Report No: 440/5-86-001, USEPA, Washington, DC.
- VENKATARAMANA, P., and 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, S.R., RANI, S., TONK, P.I., and DALELA, R.C., 1983. Pesticide Induced Dysfunction in Carbohydrate Metabolism in Three Freshwater Fishes. Environmental Research, 32: 127-133.
- VERSTEEG, D.J., and GIESY, J.P., 1986. The Histological and Biochemical Effects of Cadmium Exposure in the Bluegill Sunfish (*Lepomis macrochirus*). Ecotoxicol. Environ. Safe., 11(1): 31-43.
- VIJAYAN, M.M., PEREIRA, C., GRAU, E.G., and IWAMA, G.K., 1997. Metabolic Responses Associated with Confinement Stress in Tilapia; The Role of Cortisol. Biochem. Physiol., 116C, No: 1, 89-85.
- VINIKOUR, W.S., GOLDSTEIN, R.M., and ANDERSON, R.V., 1980. Bioconcentration Patterns of Zinc, Copper, Cadmium and Lead in Selected Fish Species from the Fox River Illinois. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 24: 727-734.
- VOSYLIENE, M.Z., 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, 416s.
- WOO, P.T.K., SİN, Y.M., and WONG, M.K., 1993. Effects of Short-Term Acute Cadmium Exposure on the Blue Tilapia, *Oerochromis mossambicus*. Environmental Biology of Fishes, 37: 67-74.
- YAMAMATO, Y., ISHII, T., and IKEDA, S., 1977. Studies on Copper Metabolism in Fishes – The Site of Copper Accumulation in Tissues of Carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43: 1327-1332.
- ZIKIC, R.W., STAJN, S.V., PAVLOVIC, B.I., OGNJANOVIC, Z., and SAICIC, Z.S., 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.

ZYADAH, M.A., 1999. Accumulation of Some Heavy Metals in *Tilapia zilli* Organs
from Lake Manzalah Egypt. *Turk. J. Zool.*, 23, 367-372.



ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Adana'nın Karataş ilçesinde doğdum. İlk öğrenimimi Karataş Cumhuriyet ilkokulunda, orta öğrenimimi Adana Abdülkadir Paksoy Kız Lisesinde tamamladım. 1991 yılında Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümünden “Biyolog” unvanı ile mezun oldum. 1995 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisansımı tamamladım. 1997 yılında Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ne Araştırma Görevlisi olarak atandım. Halen aynı fakültede Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya devam etmekteyim.

