

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Burcu YEŞİLBUDAK**

***Cyprinus carpio* ve *Oreochromis niloticus*'un SOLUNGAÇ, KARACİĞER  
BÖBREK ve KAS DOKULARINDA ÇİNKO ve KADMİYUM BİRİKİMİ**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2009**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***Cyprinus carpio* ve *Oreochromis niloticus*'un SOLUNGAÇ, KARACIĞER  
BÖBREK ve KAS DOKULARINDA ÇİNKO ve KADMIYUM BİRİKİMİ**

**Burcu YEŞİLBUDAK**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez ..../..../2009 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.**

İmza..... İmza..... İmza.....

Prof. Dr. Cahit ERDEM  
DANIŞMAN

Doc. Dr. Bedii CİCİK  
ÜYE

Yrd. Doc. Dr. Özcan AY  
ÜYE

Bu Tez Enstitümüzün Biyoloji Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ**  
**Enstitü Müdürü**  
**İmza ve Mühür**

**Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.**

**Proje No:FEF 2007 YL 44**

**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

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

***Cyprinus carpio* ve *Oreochromis niloticus*'un SOLUNGAÇ, KARACİĞER  
BÖBREK ve KAS DOKULARINDA ÇİNKO ve KADMIYUM BİRİKİMİ**

**Burcu YEŞİLBUDAK**

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

Danışman : Prof. Dr. Cahit ERDEM  
Yıl : 2009, Sayfa: 46  
Jüri : Prof.Dr. Cahit ERDEM  
: Doç.Dr. Bedii CİCİK  
: Yrd.Doç.Dr. Özcan AY

Bu çalışmada çinko ve kadmiyumun 0.5 ppm ortam derişimlerinin etkisinde 1, 15 ve 30 gün sürelerle tutulan *Cyprinus carpio* ve *Oreochromis niloticus*'un solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularındaki birikim düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Dokulardaki metal düzeylerinin belirlenmesinde Atomik Absorbsiyon Spektrometrik yöntemler kullanılmıştır.

Belirlenen derişimde her iki türün incelenen dokularındaki çinko ve kadmiyum birikimi etkide kalma süresinin artmasıyla artmıştır. Çalışılan türlerde denenen tüm sürelerde en yüksek kadmiyum ve çinko birikimi böbreklerde bulunmuş, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokuları izlemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Birikim, Çinko, Kadmiyum, *C. carpio*, *O. niloticus*

## ABSTRACT

### MSc THESIS

<p><b>ZINC and CADMIUM ACCUMULATION in GILL, LIVER, KIDNEY and MUSCLE TISSUES of <i>Cyprinus carpio</i> and <i>Oreochromis niloticus</i></b></p>
--

**Burcu YEŞİLBUDAK**

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

Supervisor : Prof. Dr. Cahit ERDEM

Year : 2009 , Pages: 46

Jury : Prof. Dr. Cahit ERDEM

: Assoc.Prof.Dr. Bedii CİCİK

: Assist.Prof.Dr. Özcan AY

Accumulation of zinc and cadmium in gill, liver, muscle and kidney tissues of *Cyprinus carpio* and *Oreochromis niloticus* were investigated. The fish were exposed to 0.5 mg/L Cd ppm and 0.5 mg/L Zn ppm for 1, 15 and 30 days and heavy metal accumulations in the tissues were measured using Atomic Absorbtion Spectrophotometric techniquis.

Zinc and cadmium accumulation in the tissues of metal exposed fish increased with increasing exposure periods. Highest metal accumulation was observed in kidneys followed by liver, gill and muscle tissues.

**Key Words** : Accumulation, Zinc, Cadmium, *C. carpio*, *O. niloticus*

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında bilimsel desteğini esirgemeyen sayın hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Cahit ERDEM 'e ve tez çalışmalarım sırasında deney düzeneğinin kurulmasından, tez yazımına kadar desteğini gördüğüm Doç. Dr. Bedii CİCİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneyleirim sırasında eleştirici bir dille hatalarımı gösteren, desteğini gördüğüm ve bende her zaman değerli bir yeri olacak olan Yard.Doç. Dr. Özcan AY'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında kendi çalışma zamanlarından çalarak bana destek olan sayın Yard. Doç. Dr. Fahri KARAYAKAR ve Yard. Doç. Dr. Sahire KARAYTUĞ'a çok teşekkür ederim. Yine yardımlarından dolayı sayın Arş. Gör. Zafer Kuşatan ve Arş. Gör. Deniz AYAŞ'a arkadaşım Hülya DURMAZ'a en içten duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim.

Ve bu güne kadar bana her türlü desteği sağlayan ve kararlarım hep saygı duyan bu dünyadaki tek kıymetlim annem Ayşe ŞANLI'ya tüm ruhumla teşekkür ediyorum.

Ayrıca çalışmalarımızı maddi olarak destekleyen Ç.Ü. Araştırma Fonuna da teşekkür ederim.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>SAYFA</b>
ÖZ .....	I
ABSTRACT .....	II
TEŞEKKÜR .....	III
İÇİNDEKİLER .....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VI
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	5
3. MATERYAL VE METOD .....	10
4.BULGULAR VE TARTIŞMA .....	12
4.1. Bulgular .....	12
4.2. Tartışma .....	21
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	25
KAYNAKLAR .....	26
ÖZGEÇMİŞ.....	35

<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	<b>SAYFA</b>
Çizelge 3.1. Deney ortam suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	11
Çizelge 4.1. Çinkonun belirlenen derişiminin etkisinde <i>C.carpio</i> 'nun solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında süreye bağlı birikim düzeyleri ( $\mu\text{g Zn/g k.a.}$ ) .....	14
Çizelge 4.2. Çinkonun belirlenen derişiminin etkisinde <i>O.niloticus'un</i> solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında süreye bağlı birikim düzeyleri ( $\mu\text{g Zn/g k.a.}$ ) .....	14
Çizelge 4.3. Kadmiyumun belirlenen derişiminin etkisinde <i>C.carpio</i> 'nun solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında süreye bağlı birikim düzeyleri ( $\mu\text{g Cd/g k.a.}$ ) .....	15
Çizelge 4.4. Kadmiyumun belirlenen derişiminin etkisinde <i>O.niloticus'un</i> solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında süreye bağlı birikim düzeyleri ( $\mu\text{g Cd/g k.a.}$ ) .....	16

<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>SAYFA</b>
Şekil 4.1. Çinko derişimi ve absorbands arasındaki doğrusal ilişki. ....	13
Şekil 4.2. Kadmiyum derişimi ve absorbands arasındaki doğrusal ilişki.....	13
Şekil 4.3. Çinkonun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde <i>C.carpio</i> ve <i>O.niloticus</i> 'un kas dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması	17
Şekil 4.4. Çinkonun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde <i>C.carpio</i> ve <i>O.niloticus</i> 'un solungaç dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması .....	18
Şekil 4.5. Çinkonun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde <i>C.carpio</i> ve <i>O.niloticus</i> 'un karaciğer dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması .....	18
Şekil 4.6. Kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde <i>C.carpio</i> ve <i>O.niloticus</i> 'un kas dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması .....	19
Şekil 4.7. Kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde <i>C.carpio</i> ve <i>O.niloticus</i> 'un solungaç dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması .....	19
Şekil 4.8. Kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde <i>C.carpio</i> ve <i>O.niloticus</i> 'un karaciğer dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması .....	20



Şekil 4.9. Kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde <i>C.carpio</i> ve <i>O.niloticus</i> 'un böbrek dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması .....	20
---	----

## 1. GİRİŞ

Su ortamlarının her türlü karasal ve atmosferik atıklar için bir rezervuar işlevi yapması ve su organizmalarının bu tür kirleticilerle doğrudan ilişkide bulunmaları nedeniyle, bu ortamların çeşitli yönleriyle kontrol altında tutulmaları önem taşımaktadır. Diğer taraftan bu ortamlarda yaşayan özellikle kirlilik belirleyicisi ve ekonomik önem taşıyan türlerin çeşitli kirleticilere hoşgörü sınırlarının saptanması bu ekosistemlerde devamlılığın sağlanmasının yanı sıra insan sağlığı bağlamında da gerekmektedir.

Ağır metaller normalde akuatik sistemlere doğal yollardan girerler ve bunların sudaki düzeyleri genelde litrede nanogram ya da mikrogram düzeyindedir (Nussey ve ark., 1995). Ancak günümüzde insan popülasyonunun artmasına bağlı olarak evsel, endüstriyel ve tarımsal atıkların çoğalması bunların döngüsünü büyük oranda hızlandırmıştır (Viljoen, 1999). Diğer kirleticilerin çoğunun biyolojik olarak parçalanarak yok olmasına karşın metaller biyolojik olarak parçalanmaz, ne oluşturulabilir ne de yok edilebilirler (Wepener ve ark., 2001). Metaller su organizmalarının genetik, fizyolojik, biyokimyasal ve davranış parametrelerini değiştirerek bu organizmalar için önemli bir risk oluştururlar (Ay ve ark., 1999; Scott ve Sloman, 2004).

Ağır metallerin su ortamında önemli çevre kirleticileri olarak değerlendirilmesinin nedenleri arasında bu ortamda uzun süre kalabilmeleri, su, sediment ve organizmalardaki derişiminin süreye bağlı olarak artması ve besin zinciri içerisinde üst trofik düzeylere daha derişik olarak aktarılmalarıdır (Ünlü ve Gümgüm, 1993).

Çözünmüş oksijen, sıcaklık, sertlik, tuzluluk ve ortamda diğer metallerin bulunması gibi çevresel faktörler ağır metallerin su organizmalarına toksisitesini etkilemektedir. Örneğin hipoksik koşullar ve sıcaklığın artması toksisiteyi arttırırken, tuzluk ve sertlik azaltmaktadır (Witeska ve Jezierska, 2003).

Yüksek organizasyonlu organizmalar bakır ve çinko gibi ağır metallere yapısal ve metabolik olaylarının gerçekleşebilmesi için iz miktarlarda gereksinim duyarlar ancak belirli bir derişimin üzerinde alındıklarında organizmada özellikle

metabolik olarak aktif dokularda birikerek toksik etkilerini gösterirler (Galvez ve ark, 1998; Cicik, 2003).

Çinko iz miktarlarda büyüme ve hücre bölünmesi, metabolizma, yara onarımı, bağışıklık, gonad gelişimi, tat ve görme işlevleri gibi çok sayıda fizyolojik olaylar için gereksinim duyulan ve 300 kadar proteinin yapısal ve işlevselliğinde rol oynayan bir iz elementtir (Valee ve Falchuk, 1993; Akahori ve ark., 1999). Balıklarda çinko alınımında temel yol sindirim sistemi olmakla birlikte, çinko eksikliğinde veya ortamda fazla çinko bulunması durumlarında solungaçlar önemli bir alım yolu oluşturmaktadır (Kraal ve ark., 1995; Galvez ve ark., 1998; Giguere ve ark., 2004). Tatlı su balıklarında çinko alınımı, su içmemeleri nedeniyle temelde solungaçlar aracılığıyla olurken, tuzlu su balıklarında, ozmotik dengeyi sağlamak amacıyla su içmeleri nedeniyle, daha çok sindirim sistemi aracılığıyla olmaktadır (Zhang ve Wang, 2006).

Çinko subletal derişimlerde balıklarda patolojik, morfolojik ve fizyolojik bozukluklara yol açmaktadır (Heath, 1995). Yüksek derişimlerinin akut etkisi solungaç dokusunda yapısal bozulmaların yanı sıra kalsiyum taşınımını etkileyerek hypokalsemiye neden olmaktadır (Hogstrand ve ark., 1994).

Balıklarda çinko protein ve karbonhidrat metabolizmasında değişikliklere neden olmaktadır. Bakır, çinko ve bakır+çinko karışımlarında *C. carpio*'nun solungaç ve karaciğer proteinlerindeki artmaya karşın, kas proteinlerindeki azalmanın metallerin depolanma ve taşınması sırasın da gereksinim duyulan proteinlerin sentezlenmesinde kullanılan aminoasitlerin kas proteinlerinin yıkımı ile sağlandığı belirtilmiştir (Cicik, 1995). *Tilapia zilli* ve *Clarias lazera*'da çinko etkisinin kas ve karaciğerde laktik asit derişimini arttırırken, glikojen düzeylerinde düşmeye neden olduğu, bununda glikojenin laktatın başlıca metabolik kaynağı olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Hilmy ve ark., 1987)

Biyolojik herhangi bir işlevi olmayan kadmiyum, çinkoyle yakından ilişkili olup doğada çinkonun bulunduğu yerlerde bulunmakta ve çinko ve diğer bazı metallerin arındırılması sırasında yan ürün olarak alınmaktadır (May ve ark., 2001). Kadmiyum erozyon, orman yangınları ve volkan püskürmeleri gibi doğal yollarla ortama katıldığı gibi boya ve plastik sanayilerinde, alkalın pillerde, fotoğraf

malzemelerinde ve alaşımlarda kullanılması nedeniyle de ortamdaki derişimi artmaktadır.

Su ortamında çok düşük derişimlerde bile balıklarda doku ve omurga bozukluklarına, solunum değişimine ve ölüme neden olabilmektedir (De Smet ve Blust, 2001). Kadmiyumun balıklarda anemik tepki oluşturarak hematokrit ve hemoglobin düzeyleri ile eritrosit sayısında (Haux ve Larson, 1984) ve serum glukoz düzeyinde (Karataş ve ark., 2005) önemli düşmeye neden olduğu belirtilmiştir. Balıklarda kadmiyumun diğer önemli bir etkisi ise, iyonik boyutunun kalsiyuma yakın olması nedeniyle, iyon dengesini bozması ve kalsiyumla rekabete girerek hypokalsemi'ye neden olmasıdır (Chowdhury ve ark., 2004). *C. carpio*'da kadmiyum etkisinde en belirgin etkinin iyon dengesinin bozulması sonucu ortaya çıkan hipokalsemi olduğu belirtilmiştir (Reynders ve ark., 2006). Lowe-Jinde ve Niimi (1984) *Salmo gairdneri*'de kadmiyumun karaciğer ve kas dokusu glikojeninde önemli düşmeye neden olduğunu saptamışlardır. Balıklarda kadmiyum özellikle pankreasta birikerek insülin salınmasını bloke ederek serum glikoz derişiminde artışa neden olmaktadır (Sastry ve Rao. 1984; Larsson ve ark., 1985; Sastry ve Subhadra, 1985).

Araştırmada materyal olarak kullanılan türlerden *O. niloticus* tropikal kökenli bir balık olup, protein kaynağı olarak tüketildiğinden günümüz kültür koşullarında yetiştiriciliği yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Kültür koşullarındaki yetiştiriciliğinin yaygın olmasındaki faktörler arasında tropik ve subtropik bölgelerde sıcaklık ve tuzluluk değişimlerine karşı oldukça dirençli olmaları, besin kaynağının çeşitli ve yem değerlendirme yeteneklerinin yüksek olması, kısa bir besin zincirine sahip olmaları, yoğun stoklamaya karşı kısa sürede adapte olmaları, kültür koşullarında bakım ve beslenmelerinin uygun olması, uygun ortam koşullarında yılda 3-4 kez döl verebilmeleri, paraziter hastalıklara ve uygun olmayan ortam koşullarına karşı oldukça dirençli olmaları sayılabilir.

*C. carpio* da iç sularda çeşitli yöntemlerle yetiştiriciliği yaygın bir şekilde yapılan ve avlanan türlerden birisidir. Yerkürede çok geniş yayılım alanına sahip olup, tabanı kumlu, çamurlu ve su altı bitkilerinin gelişim gösterdiği durgun göller ve yavaş akan sular başlıca habitatını oluşturur. Beslenme bakımından omnivor bir tür

olup, sıcaklık değişimlerine karşı oldukça dirençlidir. Kuluçka ve yumurta açılım süreleri oldukça kısadır. Kültür koşullarında büyümelerinin hızlı, yaşama oranlarının yüksek, hastalıklara karşı dirençli olmaları, protein kaynağı olarak yaygın bir şekilde tüketilmeleri materyal olarak seçilmesinde etkili olmuştur.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bakır, çinko, demir, alüminyum, krom, kurşun ve kadmiyum gibi ağır metallerin evsel, endüstriyel ve tarımsal ürünlerde ham madde olarak yaygın bir şekilde kullanımı bu metallerin başlıca alıcı ortam olan su ekosistemlerine katılımını arttırmış, su organizmalarında toplu ölümlere, habitat değişimlerine, özellikle metaolik bakımda aktif organlarda birikerek yapısal ve işlevsel bozukluklara neden olmaktadır (Heath, 1995).

Ağır metallerin balıklarda mortalite üzerine etkileri türe, metale, ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağlı olarak değişim gösterse de belirli bir süre ve derişim aralığı üzerinde mortalite oranının hızlı bir şekilde arttığı saptanmıştır (Sorensen, 1991). Kadmiyumun *Oncorhynchus mykiss* juvenillerinde 3 ppm lik ortam derişiminin 30 gün süreyle etkisi %10 oranında mortaliteye neden olurken (Hollis ve ark., 2001), *Clarias gariepinus*'da 0.25, 0.50 ve 1 ppm ortam derişimlerinin aynı süredeki etkisinin mortaliteye neden olmadığı, bu durumun incelenen derişimlerin anılan türde tolere edilebilir sınırlar içerisinde yer almasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Erdem ve ark., 2005). Balıklarda çinkonun yüksek derişimlerdeki akut etkisinin solungaçlarda yapısal bozukluğa bağlı olarak hipoksiyaya ve sonuçta mortaliteye neden olduğu saptanmıştır (Skidmore, 1964).

Balıklarda ağır metal toksisitesi türün yanı sıra ortam koşullarına da bağlı olarak değişim gösterir. Çeşitli balık türleri ile yapılan araştırmalarda çinko toksisitesinin su sertliği, sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen derişimi gibi suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiği saptamıştır (Nussey, 1998). Su sıcaklığındaki artış ve buna bağlı olarak oksijen derişimindeki düşme çinko toksisitesini artırırken (Rattner ve Heath, 1995), su sertliği, alkalinite ve kompleksleştirici bileşiklerdeki artışın toksisiteyi azalttığı belirlenmiştir (Chappman, 1978). Su sıcaklığındaki artmanın balıklarda kadmiyum toksisitesini arttırdığı, ortam pH'ındaki düşmenin ise hidrojen iyonlarının hücre membranındaki bağlanma yerleri için kadmiyum ile rekabet halinde olmaları nedeniyle toksisiteyi azalttığı

belirtilmektedir (Carpene ve ark., 1987). *Pimephales promelas*'da tuzluluğun bakır toksisitesini azalttığı, LC<sub>50</sub> değerini yükselttiği saptanmıştır (Erickson ve ark., 1996).

Ağır metaller balıklarda düşük derişimlerin uzun süreli etkisinde davranış ve yapısal değişimlere neden olmaktadır. *C. carpio*'da Cd'un 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.8 ppm'lik derişimlerinin 1, 3, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinin incelendiği bir araştırmada metal etkisinin başlangıcında balıklarda besin almama, akvaryum yüzeyine yönelme, yüzme performansında düşme ve operculum hareketlerinde artma gibi davranış değişiklerinin oluştuğu, etkide kalma süresinin uzamasıyla bu değişiklerin normale döndüğü gözlenmiştir (Karaytuğ ve ark., 2007). *Poecilia reticulata*'da kronik bakır etkisinin başlangıcında solungaçlardan mukus salgınmasındaki artış, fiziksel etkilere karşı duyarsızlık ve yüzgeç ışınlarında dikleşme gibi değişikliklerin oluştuğu belirlenmiştir (Khunyakari ve ark., 2001).

*O. mykiss*'de bakırın uzun süreli etkisinin solungaçlarda Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase aktivitesinde inhibisyona, membran permeabilitesini etkileyerek solungaç epitelyum hücrelerinde ödem oluşumuna, osmoregülasyondaki bozukluğa bağlı elektrolit kaybına ve sonuçta kardiyovasküler sistemdeki çökmeye bağlı mortaliteye neden olduğu saptanmıştır (Handy, 2003). Balıklarda ağır metal etkisi, solungaç klorit hücrelerinde vakuolleşme, apikal yüzeyde daralma gibi nekrozlara bağlı olarak osmoregülasyonda bozukluğa ve epitel tabakanın intralamellar yapıdan ayrılarak difüzyon mesafesinin artması sonucu hipoksiyaya neden olduğu belirtilmiştir (Jezierska ve Witeska, 2002).

*Phoxinus phoxinus*'da Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>'nin farklı derişimlerindeki etkisinin deride hemoraji ve lezyon gelişimi ile omurga deformasyonlarına neden olduğu belirlenmiştir (Bengtsson, 1974). Yumurtada yeni çıkan balık larvalarında çinko etkisi gözlerde, otik, mandibular ve operkular yaylarda deformasyonlara neden olmaktadır (Somasundaram ve ark., 1984).

Subletal derişimlerdeki çinko etkisinin dişi ve erkeklerde gonadal gelişimi engellediği, çinko sülfatın 300 ppm'lik derişiminin 20 gün süreyle etkisinin erkeklerde testislerde belirgin değişikliklere neden olduğu saptanmıştır (Sehgal ve Saxena, 1986). *Salvelinus fontinalis*'de çinko etkisinin yumurta korion tabakasının

kırılganlığını arttırdığı, bunun da üreme başarısını düşürdüğü belirlenmiştir (Holcombe ve ark., 1979).

*Oncorhynchus nerca*'da çinkonun 242 ppb'lik derişimdeki etkisi gelişimi çok az stimüle ederken (Chapman, 1978), *Lebistes reticulatus* (Crandall ve Goodnight, 1962) ve *P. phoxinus* 'da (Bengtsson, 1974) gelişimi yavaşlattığı belirlenmiştir.

*Oreochromis mossambicus*'da kronik kadmiyum etkisinin hypokalsemiye ve buna bağlı omurga deformasyonlarına neden olduğu saptanmıştır (Pelgrom ve ark., 1997). *C. carpio* ve *O. mykiss* 'de kadmiyum larval ölümleri büyük oranda arttırırken, yaşayan bireylerde omurga eğriliği ve serebral anomaliliğe neden olmuştur (Witeska ve ark., 1995; Hollis ve ark., 1999).

*C. carpio*'da Cu, Zn, Cd ve Pb'nun eritrosit morfolojisi üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada, bakırın bu parametre üzerinde herhangi bir etkisi saptanamazken, Zn, Cd ve Pb'nin eritrositlerde şişme, nukleus ve stoplazmada vakuolleşmeye neden olduğu belirlenmiştir (Witeska, 2004). Kadmiyum etkisi *C. carpio*, *Anguilla rostrata* ve *Salvelinus alpinus*'da membran bütünlüğü bozulmuş hücre yüzeyi anomalileri olan amitotik eritrositlerin sayısını arttırmıştır (Hofer ve ark., 1992; Gill ve Epple, 1993; Witeska ve Baka, 2002).

Ağır metallerin su ortamlarında doğal düzeylerini aşması, birbirini izleyen trofik düzeylerde artarak birikimine neden olmaktadır. Metal birikimi türe, gelişim evresine, beslenme alışkanlığına, eşeye, metale, ortam derişimine, etkide kalma süresine ve çevresel faktörlere bağlı değişim gösterir (Witeska ve ark., 1995).

Manzallah gölünden örneklenen *T. zillii*'nin dokularındaki kadmiyum birikiminin boy, ağırlık ve yaşa bağlı değişim gösterdiği belirlemiştir (Zyadah, 1999). *A. rostrata*'da kadmiyumun 75 ve 150 ppb'lik derişimlerinin 16 hafta süreyle etkisinde doku birikiminin ortam derişimindeki artışa bağlı olarak arttığı, yine belirli bir derişimde deney süresi sonunda başlangıca oranla birikimin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Gill ve ark., 1992). *Tilapia nilotica* ile yürütülen bir araştırmada da doku kadmiyum birikiminin ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak arttığı saptanmıştır (Erdem, 1990). *S. gairdneri*'de düşük pH ve su sertliğindeki artış dokulardaki Zn birikimini düşürmekte, her iki durumda da balık



büyükliğindeki artış Zn toksisitesine karşı hoşgörüyü azaltmaktadır (Bradley ve Spraque, 1985).

Berdan nehrinden örneklenen *C. carpio* ve *Capoeta capoeta* ile yürütülen bir araştırmada karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki Cd, Pb ve Cu birikim düzeyleri incelenmiş, dokulardaki birikim düzeylerinin *C. carpio*'ya oranla *C. capoeta*'da daha yüksek olduğu saptanmıştır (Erdem ve ark., 2004). *C. carpio*'da Cu+Zn karışımı etkisinde karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikiminin metallerin tek tek etkisinde saptanan birikimden daha düşük olduğu belirlenmiştir (Cicik, 2003). *O. niloticus*'da Cd ve Cd+Cu karışımının dokulardaki Cd birikimi üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada, kadmiyum etkisinde en fazla birikimin solungaç dokusunda, karışımın etkisinde ise böbrek dokusunda olduğu saptanmıştır (Sağlamtimur ve ark., 2004). Kadmiyum *O. mykiss*'de böbreklerde en yüksek birikimi gösterirken, *Rutilus rutilus* ve *Noemacheilus barbatulus*'da maksimum birikim karaciğerde olmuştur (Brown ve ark., 1986).

*T. nilotica*'da Cd ve Zn'nin ayrı ayrı subletal derişimlerinin etkisinde karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki birikim düzeyleri incelenmiş, anılan dokularda kadmiyum çinkoya oranla daha yüksek düzeyde biriktiği belirlenmiştir (Kargin ve Çoğun, 1999).

Kadmiyum subletal derişimlerinin uzun süreli etkisinde *T. nilotica*'da dalak dokusunda birikirken (Kalay, 1996), besin yoluyla etkide *A. anguilla*'da en fazla böbrek dokusunda birikmiştir (Haesloop ve Schrimmer, 1985). *C. gariepinus*'da kadmiyumun 0.25, 0.50 ve 1.0 ppm derişimlerinin 30 gün süreyle etkisinde solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi ile metal etkisi izleyen 15, 30 ve 45 günlük periyotlarda dokulardaki metal arıtım düzeyleri incelenmiştir. Birinci aşamada en yüksek birikim böbrek dokusunda gözlenirken, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokularının izlediği belirlenmiştir. İkinci aşama olan arıtım periyodunda ise dalak ve karaciğer dokularındaki metal düzeyinde önemli bir değişim gözlenmezken, solungaç ve kas dokusunda düşme, böbrek dokusunda ise artış gözlenmiştir (Erdem ve ark., 2005).

*S. fontinalis*'de çinko birikimi öncelikle solungaç, karaciğer ve böbrek dokuları ile operkulum kemiğinde yüksek derişimde olurken, kas dokusundaki birikimin yok denecek kadar az ya da çok düşük düzeyde olduğu belirtilmektedir (Holcombe ve ark., 1979). *Channa punctatus*'da çinkonun 6.62 ve 13.24 ppm ortam derişimlerinin 45gün süre ile etkisinde metal birikimi bakımından dokular arasında Karaciğer > Böbrek > Bağırsak > Solungaç > Kas ilişkisi saptanmış, bu sonuçlardan anılan türde karaciğer ve böbreğin çinko toksisitesi bakımından hedef dokular olduğu belirtilmiştir (Murugan ve ark., 2008).

Subletal Cd derişimlerinin etkisinde *C. carpio*'da kas dokusundaki metal birikiminin ancak 106 günlük etki süresi sonunda önemli düzeye ulaştığı belirtilmiştir (DeConto Cinier ve ark., 1999). *S. trutta*'da doku birikiminin metale bağlı değişim gösterdiği, bakır en fazla karaciğerde birikirken kadmiyumun en fazla böbrekte biriktiği saptanmıştır (Olsvik ve ark., 2001). *O. mykiss*'de Pb, Cd ve Cr en fazla solungaç dokusunda birikirken, bakırın karaciğerde biriktiği belirlemiştir (Dallinger ve Kautzky, 1985). *Scyliorhinus canicula*'da subletal derişimlerdeki çinko etkisinde metal en fazla karaciğerde birikirken en az kas dokusunda birikmiştir (Sanpera ve ark., 1983).

### 3. MATERYAL VE METOD

Araştırmada materyal olarak iki tatlı su balığı türü olan *O. niloticus* ve *C. carpio* türleri kullanılmıştır. Balıklar Adana Devlet Su İşleri 6. Bölge Müdürlüğü Su ürünleri üretim havuzlarından sağlanmıştır. Deneyler Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi uygulama birimlerinde yer alan kontrollü ortam koşullarına sahip Temel Bilimler araştırma laboratuvarlarında yürütülmüştür.

Üretim havuzlarından laboratuara getirilen balıklar 40x120x40cm. boyutlarında olan cam akvaryumlar içerisinde bir ay süre ile bekletilerek ortam koşullarına uyumları sağlanmıştır. Bu süre sonunda deneylerde kullanılan türlerden *O.niloticus* 16.40 ± 1.02 cm boy ve 21.49 ± 0.98 g ağırlığa, *C.carpio* ise 15.66 ± 1.24 cm boy ve 18.72 ± 0.73 g ağırlığa ulaşmışlardır. Deneyler incelenen türler dikkate alınarak iki seri halinde yürütülmüştür. Her seride 40x120x40 cm boyutlarında 3 adet cam akvaryum kullanılmıştır. Akvaryumlardan ilk ikisine 120 litre 0.5 ppm derişimlerinde sırasıyla kadmiyum ve çinko çözeltileri konmuştur. Üçüncü akvaryuma ise aynı hacimde dinlenmiş çeşme suyu konmuş ve kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Deney çözeltilerinin hazırlanmasında çinkonun sülfat ( $ZnSO_4 \cdot 5H_2O$ ), kadmiyumun ise klorür ( $CdCl_2 \cdot H_2O$ ) tuzları kullanılmıştır. Deneyler sırasında kullanılan metal çözeltilerinin presitpitasyonunu engellemek amacıyla metallerin stok çözeltilerine trisodyumsitrat [ $C_6H_5Na_3O_7 \cdot 5H_2O$ ] eklenmiştir.

Deneyler her tekrarda iki balık olacak şekilde üç tekrarlı olarak yürütülmüş ve incelenen süreler dikkate alınarak akvaryumların her birine 18 adet balık konmuş, toplam olarak 108 adet balık kullanılmıştır. Deney akvaryumlarında havalandırma merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış deneyler süresince balıklar günde 1 kez toplam biyomasın vücut ağırlıklarının % 2 si kadar hazır balık yemi (Pınar; Pelet No:2) ile beslenmişlerdir.

Deneylerin yürütüldüğü laboratuvar ve stok akvaryumlardaki ortamın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Deney ortam suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri

---

Aydınlatma (Lab.)	: 12 saat aydınlık- 12 saat karanlık periyot,
Sıcaklık(Lab. ort.)	: 25± 1°C
Sıcaklık( Akvaryum ort.):	21.2±1 °C
Toplam sertlik	: 268.7 ± 4,8 mg CaCO <sub>3</sub> / L
Toplam alkalinite	: 319 ± 0.5 mg CaCO <sub>3</sub> /L
Çözünmüş oksijen	: 6.46 ± 0,6 mg/L
pH	: 6.91 ± 1

---

Deneyle süresince adsorbsiyon ve evaporasyon gibi nedenlerle metal çözeltilerinin derişimlerinde süreye bağıli değişimler olabileceğinden, deney çözeltileri 2 günde bir taze olarak hazırlanan stok çözeltilerinden uygun seyreltilmeler yapılarak değiştirilmiştir.

Belirlenen süreler sonunda akvaryumların her birinden metal analizinde kullanılacak doku örneklemeleri yapmak üzere altı balık çıkartılmıştır. Her tekrarda kullanılan iki balığın solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokuları disekte edilerek birleştirilmiştir. Dokular 150 °C sabit sıcaklıkta 48 saat süreyle bekletilerek sabit tartıma getirilmiştir.

Etüvden çıkarılan dokular, hassas terazide (Sartorius CP-224S) kuru ağırlıkları alındıktan sonra yakma işlemi için deney tüplerine aktarılmış, üzerlerine 2:1 oranında nitrik asit (Merck, %65, Ö.A. 1.40) ve perklorik asit (Merck, %60, Ö.A. 1.53) karışımı eklenerek çeker ocakta 105°C'de 3 saat süreyle yakılmıştır (Muramoto, 1983). Yakma işlemi tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktararak toplam hacimleri damıtık su ile 5 ml'ye tamamlanmış ve metal analizine hazır hale getirilmiştir. Dokulardaki kadmiyum ve çinko düzeyleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (GBC 999) kullanılarak saptanmıştır.

Deneylelerden elde edilen verilerin istatistik analizleri SPSS 15.0 bilgisayar paket programı kullanılarak varyans analizi ve "Student – Newman Keul's Test (SNK)" testleri uygulanarak yapılmıştır (Sokal ve Rohlf, 1995).

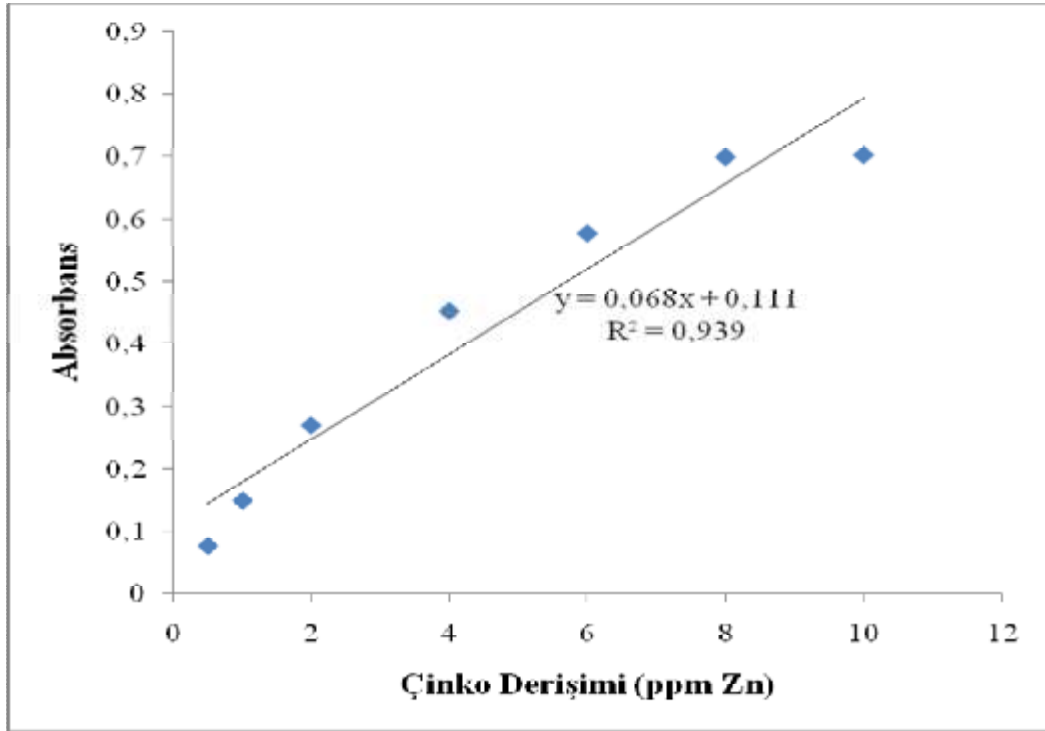
## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Bulgular

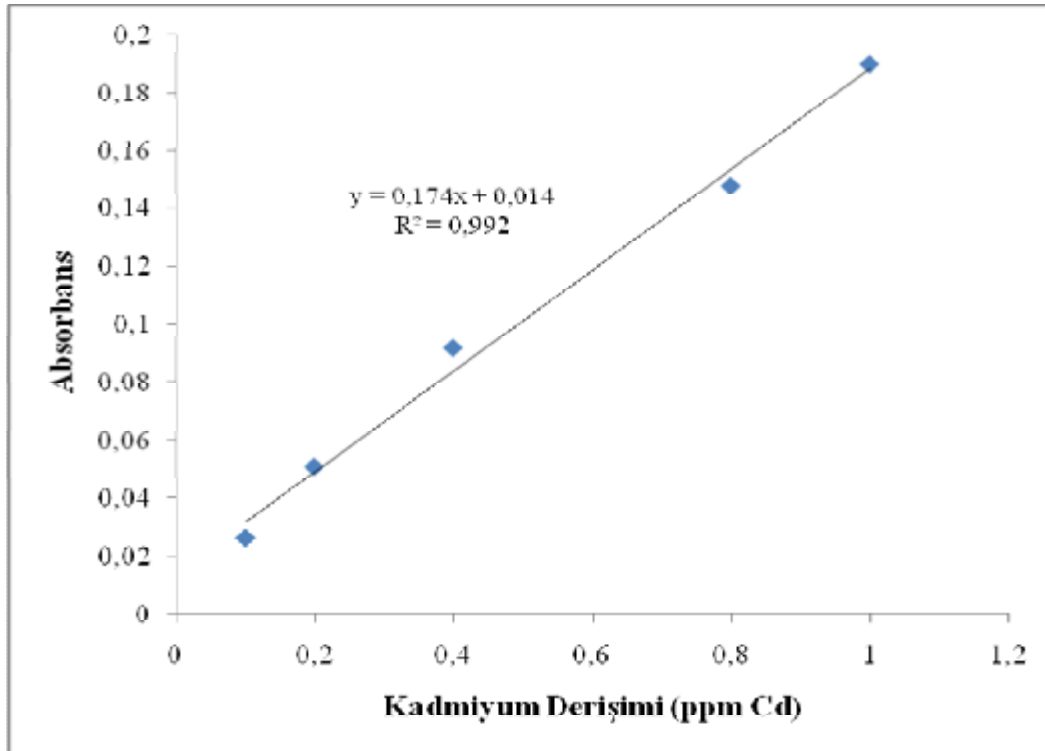
Kadmiyum ve çinkonun 0.5 ppm'lik ortam derişimlerinin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde bırakılan gerek *O. niloticus* gerekse *C. carpio*'da mortalite gözlenmemiştir. Metal etkisinin başlangıcında her iki türde de besin almama, akvaryum yüzeyine yönelme, akvaryum tabanında hareketsiz kalma, operkulum hareketlerinde artış gibi davranış değişiklikleri ile yüzgeçlerde dikleşme renkte koyulaşma gibi morfolojik değişiklikler gözlenmiştir. Etkide kalma süresinin uzaması ile anılan davranış ve morfolojik değişikliklerin normale döndüğü belirlenmiştir.

İncelenen türlerin solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularındaki çinko ve kadmiyum derişimlerinin belirlenmesi amacıyla Şekil 4.1 ve 4.2 de verilen absorbans ve metal derişimi arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğruları kullanılmıştır. Regresyon doğrularının eldesinde stok çözeltilerden belirli derişimlerde hazırlanan metal çözeltilerinin absorbans değerleri saptanarak bu değerlerden çinko ve kadmiyum için sırasıyla  $Y = 0.068X + 0.111$  ve  $Y = 0.174X + 0.014$  olarak hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde Y absorbans, X ise metal derişimini göstermektedir.

Çinkonun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde *C. carpio* ve *O. niloticus*'un solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında üç tekrarlı olarak saptanan çinko düzeylerinin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri sırasıyla Çizelge 4.1 ve 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çinko derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki



Şekil 4.2. Kadmiyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki

**Çizelge 4.1.** Çinkonun belirlenen derişiminin etkisinde *C. carpio*'nun solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında süreye bağılı birikim düzeyleri ( $\mu\text{g Zn/g k.a.}$ ).

Süre (Gün)	Doku			
	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
K	0,03 $\pm$ 0,01 as	0,31 $\pm$ 0,01 at	0,15 $\pm$ 0,05 ax	0,66 $\pm$ 0,13 ay
1	0,15 $\pm$ 0,03 bs	0,69 $\pm$ 0,07 bt	0,22 $\pm$ 0,06 as	0,73 $\pm$ 0,12 at
15	0,08 $\pm$ 0,01 as	0,58 $\pm$ 0,04 bt	0,25 $\pm$ 0,03 ax	1,49 $\pm$ 0,11 by
30	0,04 $\pm$ 0,004 as	0,49 $\pm$ 0,07 bt	0,58 $\pm$ 0,07 bt	1,70 $\pm$ 0,15 bx

\*= SNK: a ve b harfleri süreler s, t, x ve y harfleri ise organlar arası ayrımı belirtmek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

**Çizelge 4.2.** Çinkonun belirlenen derişiminin etkisinde *O. niloticus*'un solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında süreye bağılı birikim düzeyleri ( $\mu\text{g Zn/g k.a.}$ ).

Süre (Gün)	Doku			
	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
K	0,03 $\pm$ 0,003 as	0,10 $\pm$ 0,01 at	0,12 $\pm$ 0,02 at	0,11 $\pm$ 0,05 at
1	0,03 $\pm$ 0,01 as	0,09 $\pm$ 0,01 at	0,04 $\pm$ 0,01 as	**
15	0,05 $\pm$ 0,01 as	0,11 $\pm$ 0,01 at	0,06 $\pm$ 0,002 as	**
30	0,04 $\pm$ 0,003 as	0,06 $\pm$ 0,03 as	0,07 $\pm$ 0,01 as	0,06 $\pm$ 0,03 as

\*= SNK: a ve b harfleri süreler s ve t harfleri ise organlar arası ayrımı belirtmek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $P < 0.05$  düzeyinde istatistik ayırım vardır.

\*\*= Veri elde edilememiştir.

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

*C. carpio*'da çinkonun 0.5 ppm'lik ortam derişiminin belirlenen sürelerdeki etkisi incelenen dokulardaki çinko birikim düzeyini kontrole göre arttırmıştır (Çizelge 4.1). Bu artış 30 günlük süre dikkate alındığında kas dokusu dışında solungaç, karaciğer ve böbrek dokularında istatistiksel bakımdan önemli düzeyde olmuştur ( $P < 0.05$ ). Belirlenen derişim ve sürelerde çinko birikimi bakımından incelenen dokular karşılaştırıldığında en fazla birikimin böbrek ve solungaç dokularında olduğu, bunları karaciğer ve kas dokularının izlediği belirlenmiştir.

*O. niloticus*'da çinkonun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde böbrek, solungaç, karaciğer ve kas dokularındaki çinko birikim düzeyleri süreye bağılı olarak önemli düzeyde bir değişim göstermemiştir ( $P>0.05$ ). Böbrek dokusunda 1 ve 15. gün örneklerinde veri elde edilmediği için değerlendirmeye alınmamıştır.

Bir ve on beşinci günlerde kas ve karaciğer dokularında, otuzuncu günde ise incelenen tüm dokularda birikim bakımından önemli bir ayırım belirlenmezken ( $P>0.05$ ), solungaç dokusundaki metal birikiminin 1 ve 15. günlerde diğer dokulara oranla önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde *C. carpio* ve *O. niloticus*'un solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında üç tekrarlı olarak saptanan kadmiyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri sırasıyla Çizelge 4.3 ve 4.4'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Kadmiyumun belirlenen derişiminin etkisinde *C. carpio*'nun solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında süreye bağılı birikim düzeyleri ( $\mu\text{g Cd/g k.a.}$ ).

Süre (Gün)	Doku			
	Kas $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
Kontrol	0,003 $\pm$ 0,0 as	0,01 $\pm$ 0,0 as	0,02 $\pm$ 0,01 as	0,07 $\pm$ 0,02 at
1	0,04 $\pm$ 0,01 bs	0,05 $\pm$ 0,01 bs	0,08 $\pm$ 0,01 bt	0,31 $\pm$ 0,04 bx
15	0,03 $\pm$ 0,01 bs	0,21 $\pm$ 0,03 ct	0,23 $\pm$ 0,06 ct	0,45 $\pm$ 0,05 cx
30	0,03 $\pm$ 0,01 bs	0,09 $\pm$ 0,01 dt	0,51 $\pm$ 0,04 dx	1,08 $\pm$ 0,09 dy

\* =SNK: a, b, c ve d harfleri süreye bağılı değişimi belirlemek; s, t, x ve y harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ( $P<0.05$ ).

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

*C. carpio*'da kadmiyumun belirlenen ortam derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisi, kas, karaciğer, solungaç ve böbrek dokularındaki metal birikimini kontrole oranla önemli düzeyde arttırmıştır ( $P<0.05$ ). Kadmiyumun doku birikimi kas dokusu dışında incelenen tüm dokularda etkide kalma süresindeki artışa paralel olarak artmıştır. Bu artış 30. günde solungaç, böbrek ve karaciğer dokularında 1. güne oranla sırasıyla yaklaşık 2, 3 ve 6 kat olmuştur (Çizelge 4.3). Metal birikimi



bakımından *C. carpio*'nun incelenen dokuları karşılaştırıldığında tüm sürelerde en fazla Cd birikiminin böbrek dokusunda olduğu ve bu dokuyu sırasıyla karaciğer, solungaç ve kas dokularının izlediği saptanmıştır (Çizelge 4.3.).

*O. niloticus*'da kas dokusu dışında solungaç, karaciğer ve böbrek dokularındaki Cd birikimi etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak önemli düzeyde artmıştır ( $P<0.05$ ) (Çizelge 4.4). Bu artış birinci güne oranla otuzuncu günde dokuz katla solungaç dokusunda olmuştur. Metal birikimi bakımından incelenen dokular karşılaştırıldığında birikimin *C. carpio*'daki birikime benzerlik gösterdiği ve en fazla böbrek dokusunda olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.4.** Kadmiyumun belirlenen derişiminin etkisinde *O. niloticus*'un solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokularında süreye bağlı birikim düzeyleri ( $\mu\text{g Cd/g k.a.}$ ).

Süre (Gün)	Doku			
	Kas $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
Kontrol	0,01 $\pm$ 0,001 as	0,01 $\pm$ 0,01 as	0,03 $\pm$ 0,01 at	0,30 $\pm$ 0,14 ax
1	0,02 $\pm$ 0,004 bs	0,02 $\pm$ 0,001 as	0,11 $\pm$ 0,08 bt	0,41 $\pm$ 0,16 bx
15	0,01 $\pm$ 0,001 as	0,07 $\pm$ 0,02 bt	0,16 $\pm$ 0,021 cx	0,98 $\pm$ 0,19 cy
30	0,02 $\pm$ 0,004 bs	0,18 $\pm$ 0,02 ct	0,41 $\pm$ 0,15 dx	2.79 $\pm$ 0,26 dy

\* =SNK: a, b, c ve d harfleri süreye bağlı değişimi belirlemek; s, t, x ve y harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ( $P<0.05$ ).

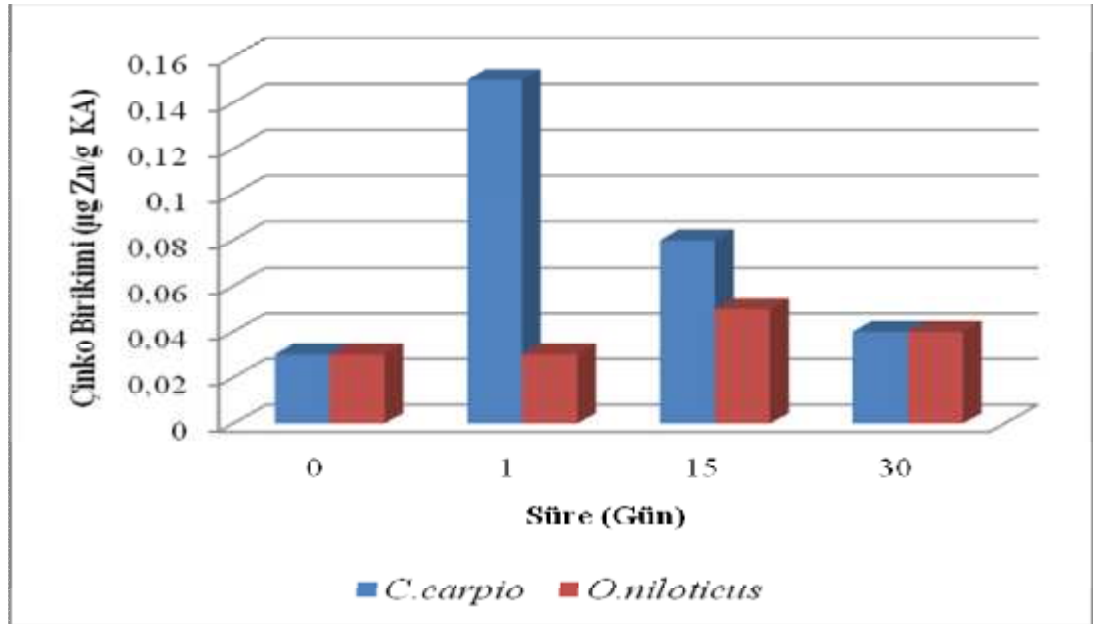
$\bar{X} \pm S\bar{X}$  : Aritmetik ortalama  $\pm$  Standart hata

Çinko birikimi bakımından türlerin kas, solungaç ve karaciğer dokuları karşılaştırılarak sonuçlar sırasıyla Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5'de verilmiştir. Çinkonun 0.5 ppm'lik derişiminin belirlenen sürelerdeki etkisi *C. carpio*'nun incelenen dokulardaki çinko düzeyini *O. niloticus*'a oranla önemli düzeyde arttırmıştır. *C. carpio*'da çinkonun belirlenen derişim ve sürelerdeki etkisi birinci günden sonra kas ve solungaç dokularındaki çinko düzeyini süreye bağlı olarak düşürürken, karaciğerde arttırmıştır.

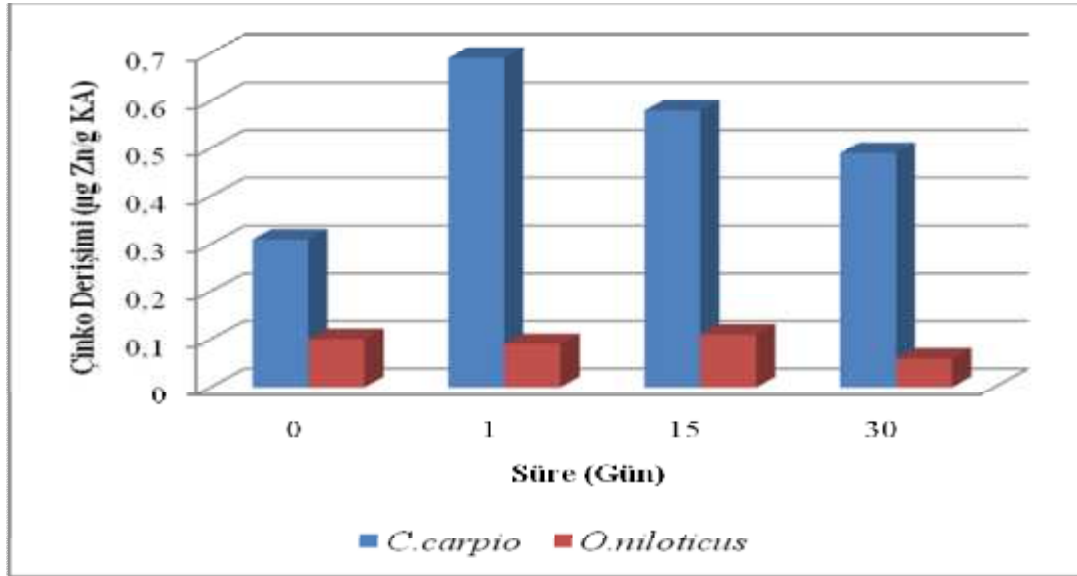
*O. niloticus*'da çinkonun belirlenen derişiminin etkisi, deney süresi sonunda başlangıca göre kas dokusundaki çinko düzeyini arttırırken, solungaç ve karaciğer dokularında azaltmıştır. Kadmiyum birikimi bakımından türlerin kas, solungaç,

karaciğer ve böbrek dokuları karşılaştırılarak sonuçlar sırasıyla Şekil 4.6, 4.7, 4.8 ve 4.9'de verilmiştir. Kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişiminin belirlenen sürelerdeki etkisi, *C. carpio*'nun incelenen dokularındaki Cd düzeyini kontrole oranla önemli düzeyde arttırmış, bu artış kas ve solungaç dokularında dalgalanma gösterirken, karaciğer ve böbrek dokularında süreye paralellik göstermiştir. *O. niloticus*'ta ise kas dokusu kadmiyum düzeyi 30 günlük denemeler süresince dalgalanma gösterirken, solungaç, karaciğer ve böbrek dokularında süreye bağlı olarak artmıştır.

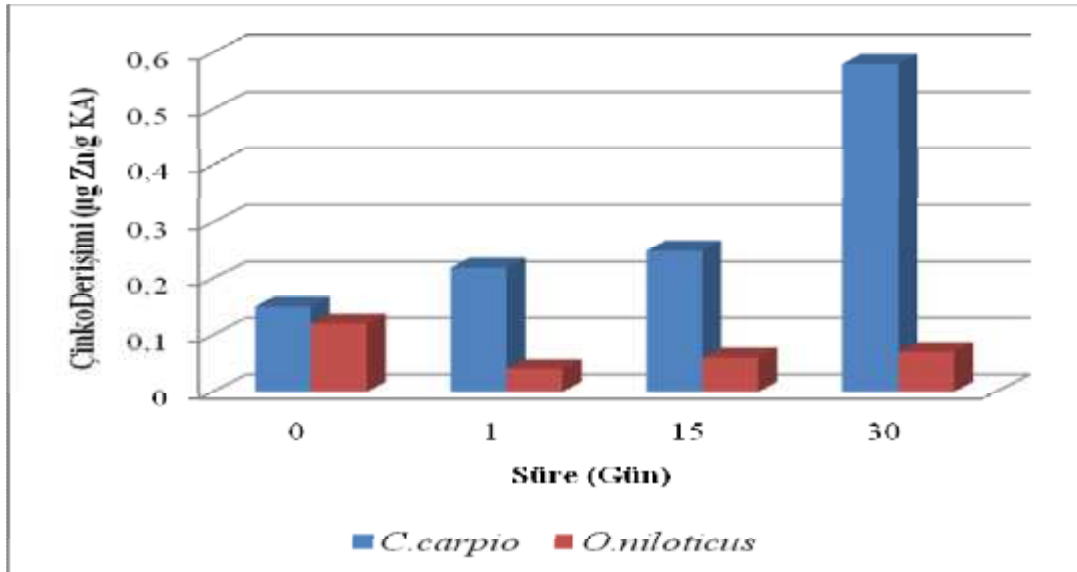
Çinko ve kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişimlerinin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde her iki türde de incelenen tüm organlarda metal düzeyi bakımından çinkonun kadmiyuma oranla yüksek olduğu belirlenmiştir.



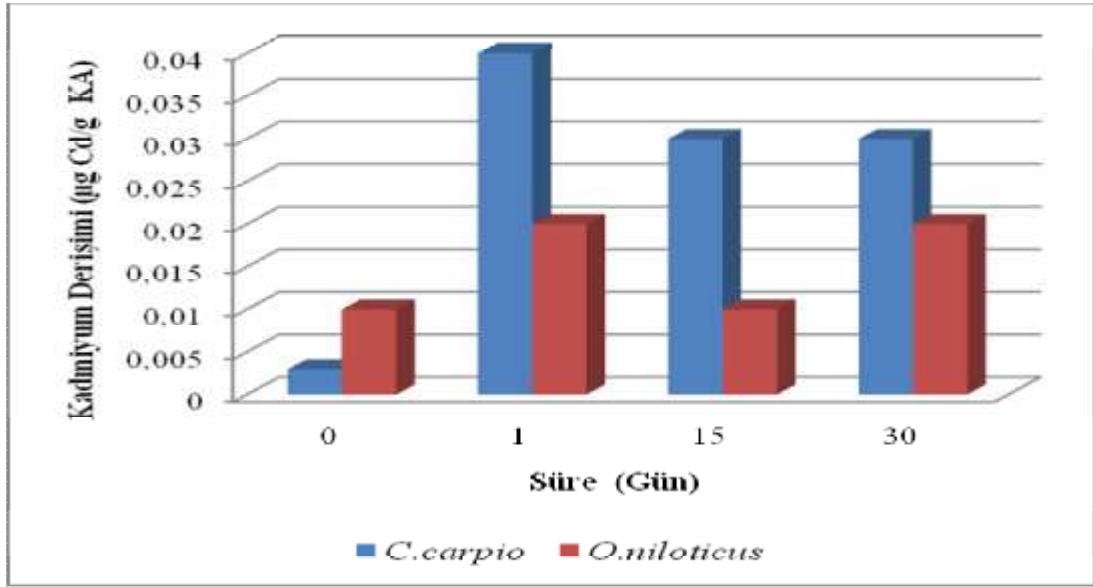
Şekil 4.3. Çinkonun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde *C. carpio* ve *O. niloticus*'un kas dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması.



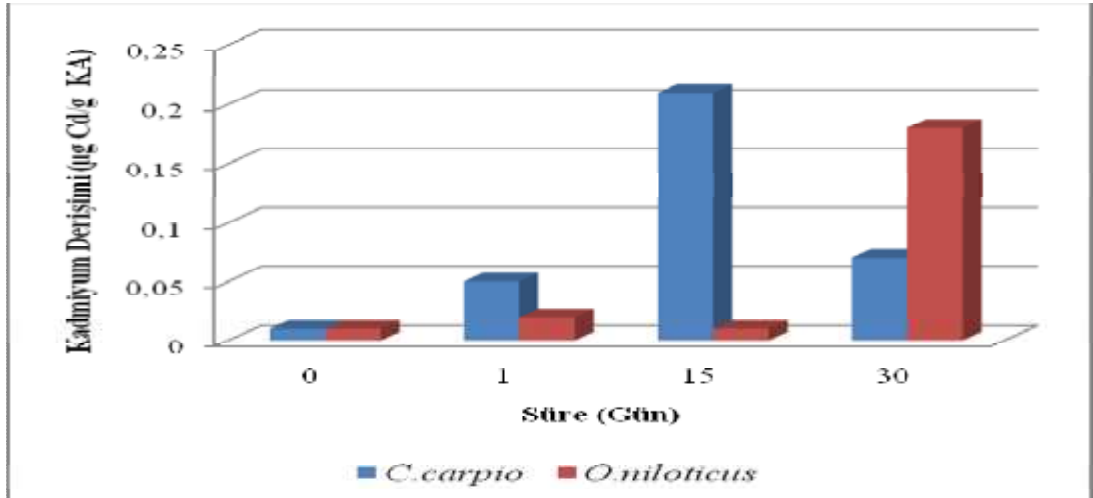
Şekil 4.4. Çinkonun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde *C. carpio* ve *O. niloticus*'un solungaç dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması.



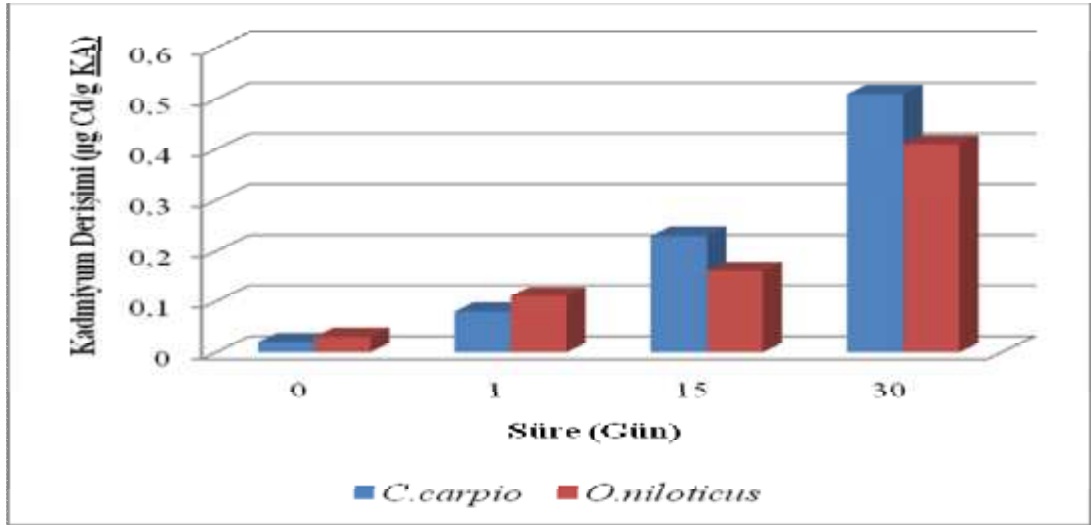
Şekil 4.5. Çinkonun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde *C. carpio* ve *O. niloticus*'un karaciğer dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması.



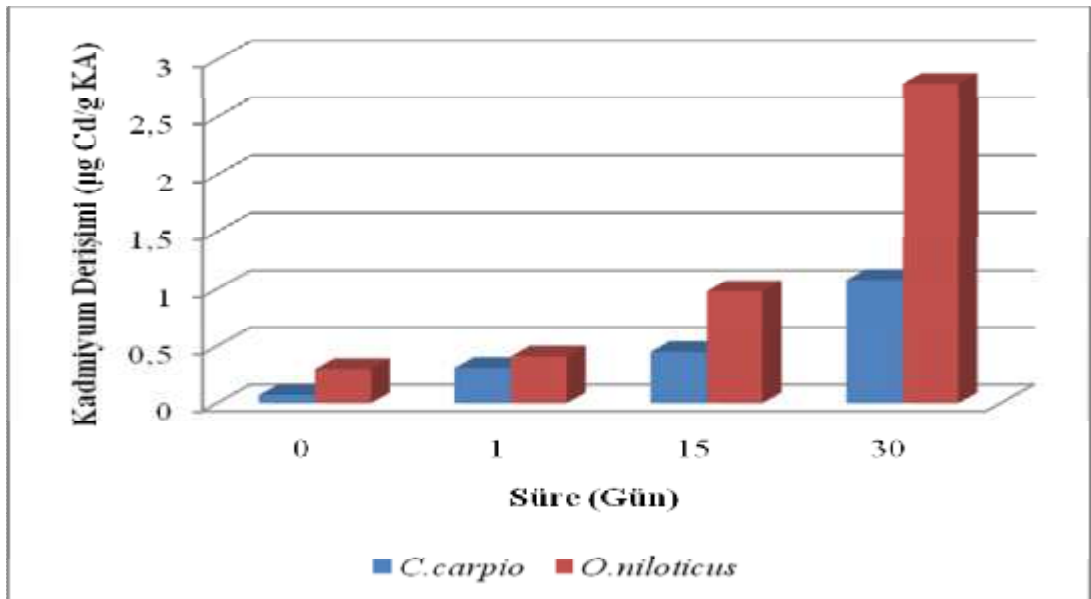
Şekil 4.6. Kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde *C. carpio* ve *O. niloticus*'un kas dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.7. Kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde *C. carpio* ve *O. niloticus*'un solungaç dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.8. Kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde *C. carpio* ve *O. niloticus*'un karaciğer dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.9. Kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde *C. carpio* ve *O. niloticus*'un böbrek dokularındaki birikim düzeylerinin karşılaştırılması.

İncelenen her iki metal de böbrek dışındaki dokularda *O. niloticus*'a oranla *C. carpio*'da daha yüksek olarak saptanırken, böbrekte ise tam tersi bir durum gözlenmiştir.

#### 4.2. Tartışma

Su organizmalarında ağır metallerin mortalite üzerine etkileri türün biyolojik özelliklerine ek olarak ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir ve mortalite oranı belirli bir süre ve derişim aralığı üzerinde hızla artmaktadır. *O. mykiss* juvenillerinde kadmiyumun 3 ppm lik ortam derişiminin 30 gün süreyle etkisi %10 oranında mortaliteye neden olurken (Hollis ve ark., 2001), *C. gariepinus*'da 0.25, 0.50 ve 1 ppm ortam derişimlerinin aynı süredeki etkisinin mortaliteye neden olmadığı saptamıştır (Erdem ve ark., 2005). *O. niloticus* ve *C. carpio* ile yürütülen bu araştırmada da kadmiyum ve çinkonun 0.5 ppm'lik ortam derişimlerinin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde balıklarda mortalite gözlenmemiştir. Mortalitenin gözlenmemesi anılan türlerin incelenen metalleri belirlenen derişim ve sürelerde tolere edebilmesinden, detoksifikasyon merkezi olan karaciğer ve böbrekte sentezlenen glutatyon ve metallothionein gibi metal bağlayıcı proteinlerin metalleri esterleştirerek toksifikasyonun diğer dokulara yayılmasını engellemesinden kaynaklanabilir.

Balıklar ağır metal etkisi gibi ortam koşullarındaki değişimlere karşı öncelikli tepki olarak davranış değişimi göstermektedirler. *C. carpio*'da Cd, *P. reticulata*'da Cu etkisinin başlangıcında besin almama, akvaryum yüzeyine yönelme, yüzme performansında düşme, operculum hareketlerinde ve solungaçlardan mukus salgımasındaki artış, fiziksel etkilere karşı duyarsızlık ve yüzgeç ışınlarında dikleşme gibi değişikliklerin oluştuğu belirtilmiştir (Khunyakari ve ark., 2001; Karataş ve ark., 2005). Bu araştırmada da benzer davranış ve morfolojik değişiklikler gözlemiş, etkide kalma süresinin uzamasıyla balıkların normale döndüğü saptamıştır. Balıklarda gözlenen bu davranış değişikliklerinin metal etkisinde metabolik aktiviteyi minimum düzeye indirerek davranış için gereksinim duyulan enerjiyi değişen ortam koşullarına uyum amacıyla kullanmasından kaynaklanabilir.

Balıklarda ağır metallerin doku birikimi ve toksik etkileri ortam koşullarına bağlı olarak değişim gösterir. Çinko ve kadmiyum toksisitesinin sertlik, sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen derişimi gibi suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiği saptamıştır (Nussey, 1998). *O. niloticus* ve *C. carpio* ile yürütülen

bu araştırmada ortam koşulları sabit tutularak birikim ve toksisite üzerine etkileri minimum düzeye indirgenmiştir.

Su organizmalarında ağır metal birikiminin incelenmesi metal toksisitesine duyarlı türlerde yapısal ve işlevsel bozuklukları belirlenmesine ek olarak kirliliğin çevresel etkilerini, metalin alınım, biyotransformasyon ve atılımının değerlendirilmesi bakımından da önem taşımaktadır (Wicklund ve ark., 1988).

Balıklarda ağır metaller düşük derişimlerin uzun süreli etkisinde öncelikle solungaç, karaciğer, böbrek ve dalak gibi metabolik bakımdan aktif dokularda yüksek derişimlerde birirmektedir (Hogstrand ve Haux, 1990). Doğal ortam koşullarında *C.capoeta* ve *C.carpio* ile yürütülen bir araştırmada Cd, Pb ve Cu düzeyleri incelenmiş, her iki türde de anılan metallerin solungaç ve karaciğer dokularında diğer dokulara oranla daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Erdem ve ark., 2004). *O.niloticus* ile laboratuvar koşullarında yürütülen bir araştırmada bakır, kadmiyum ve bakır+kadmiyum karışımı etkisinde, bakır en fazla karaciğerde birikirken, kadmiyumun böbrek dokusunda biriktiği, her iki metalin en düşük düzeylerinin kas dokusunda bulunduğu saptanmıştır (Sağlamtimur ve ark., 2003; 2004). *S.canicula*'da çinkonun subletal derişimlerinin etkisinde birikim en fazla karaciğerde olurken, en az birikim kas dokusunda olmuştur (Sanpera ve ark., 1983).

*A.anguilla* ve *Brachydanio rerio*'da kadmiyum etkisinin başlangıcında solungaç dokusundaki metal birikiminin karaciğer, böbrek ve dalağa oranla daha yüksek olduğu, bu durumun solungaçların lamellar yapısı nedeniyle geniş bir yüzey alanına sahip olması ve ortamla doğrudan ilişki içerisinde olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Noel-Lambot ve ark., 1978; Norgreen ve ark., 1985). Bu araştırmada da gerek *O.niloticus* ve gerekse *C.carpio*'da çinkonun 0.5 ppm'lik derişiminin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde karaciğer ve kasa oranla en fazla solungaç dokusunda biriktiği saptanmıştır. Balıklarda ağır metal etkisi solungaçlardan alınımı engellemek amacıyla mukus salgınımını artırdığından, solungaç dokusundaki yüksek metal derişimi ortamdaki metalin mukusa bağlanmasından kaynaklanabilir.

*C.gariiepinus*'da kadmiyumun 30 günlük birikim ve 15, 30 ve 45 günlük arıtım periyotlarda dokulardaki metal düzeyleri incelenmiştir. Birikim aşamasında en yüksek kadmiyum düzeyi böbrek dokusunda gözlenirken, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokularının izlediği belirlenmiştir. Arıtım periyodunda ise dalak ve karaciğer dokularındaki metal düzeyinde önemli bir değişim gözlenmezken, solungaç ve kas dokusunda düşme, böbrek dokusunda ise artış gözlenmiştir (Erdem ve ark., 2005). Kadmiyum subletal derişimlerinin uzun süreli etkisinde *T.nilotica*'da dalak dokusunda birikirken (Kalay, 1996), besin yoluyla etkide *A.anguilla*'da en fazla böbrek dokusunda birikmiştir (Haesloop ve Schrimmer, 1985). *C.carpio* ile yürütülen bir araştırmada kadmiyumun uzun süreli etkisinde böbrekteki metal birikiminin karaciğer ve kasa oranla sırasıyla 2 ve 100 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (DeSmet ve Blust, 2001). *C.carpio* ve *O.niloticus* ile yürütülen bu araştırmada da denenen tüm sürelerde kadmiyumun en fazla böbrek dokusunda biriktiği, bunu sırasıyla karaciğer, solungaç ve kas dokularını izlediği saptamıştır. Böbrekteki birikimin diğer dokulara oranla daha yüksek olması kadmiyumun herhangi bir biyolojik işlevi olmaması nedeniyle su ve metabolizma atıkları ile vücuttan atılmak üzere böbreğe taşınmasından, atılım sürecinde bu dokuda reabsorbsiyonundan ve metallothionein gibi metal bağlayıcı proteinlere bağlanmasından kaynaklanabilir.

*T.nilotica*'da çinko ve kadmiyumun subletal derişimlerinin uzun süreli etkisinde karaciğer, solungaç ve kas dokularında kadmiyum düzeyinin çinkoya oranla daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Kargın ve Çoğun, 1999). *S.trutta*'da bakır ve kadmiyum etkisinde karaciğerde bakır kadmiyuma oranla daha fazla birikirken böbrekte bunun tam tersi bir durum gözlenmiştir (Olsvik ve ark, 2001). Bu araştırmada çinko ve kadmiyumun 0.5 ppm'lik derişimlerinin 1, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde her iki türde de incelenen tüm organlarda metal düzeyi bakımından çinkonun kadmiyuma oranla yüksek olduğu, bunun da çinkonun sabit bir mikrobileşen olarak dokularda bulunmasından, kadmiyumun ise vücutta herhangi bir işlevi olmaması nedeniyle atılmaya çalışılmasından kaynaklanması olasıdır.

Erdem ve ark. (2004) doğal koşullarda *C.carpio* ve *C.capoeta* ile yürütülen bir araştırmada karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki Cd, Pb ve Cu birikim düzeyleri incelemiş, dokulardaki birikim düzeylerinin *C. carpio*'ya oranla



*C. capota*'da daha yüksek olduğunu, bu durumun türlerin beslenme alışkanlıklarındaki ayrımlardan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. İskederun körfezinden örneklenen *Mullus barbatus* ve *Sparus aurata*'nın karaciğer, solungaç, böbrek, dalak ve kas dokularındaki Cu, Zn, Cd ve Pb düzeylerinin *S. aurata*'ya oranla *M. barbatus*'ta daha yüksek olduğu saptanmış, türler arasındaki bu ayrımın da habitat farklılığından kaynaklanabileceğini belirtilmiştir (Kargın, 1996). Laboratuvar koşullarında yürütülen bu araştırmada incelenen her iki metal de böbrek dışındaki dokularda *O. niloticus*'a oranla *C. carpio*'da daha yüksek olarak saptanırken, böbrekte ise tam tersi bir durum gözlenmiştir. Türler arasındaki bu ayrım iki türü metabolizmaları arasındaki farklılıklarla açıklanabilir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Canlıların ağır metali içeren ortamlarda yaşamını devam ettirebilmesi ve metallerin olumsuz etkilerinden korunması adaptasyon yetenekleri ve detoksifikasyon mekanizmalarına bağlı olarak oluşmaktadır.

Akuatik ortamlar doğal ve antropojenik kaynaklı kirleticilerin son uğrak yerleri olduğundan bu ortamlardaki ağır metal birikimi biyolojik yaşamı tehdit etmektedir. Balıklar çevreleriyle sürekli ilişki halinde yaşadıklarından fizyolojik ve kimyasal değişikliklere oldukça duyarlıdır. Balıklar su ekosistemlerinin önemli bir canlı grubudur ve protein bakımından zengin olup insanların besin kaynağını oluşturmaktadır.

Sunulan bu çalışmayla gereksinimi duyulan ya da duyulmayan ağır metallerce kirlenen sucul çevrede kendine yaşam alanı oluşturan aynı zamanda insanoğlunun besin zincirinde yerini alan iki farklı tatlı su balığının doku ve organlarında ağır metalin ne kadar biriktiği, toksik etkileri ifade edilmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak toksik ve eser metal etkisi incelenmiş, her bir metalin her bir türde süreye bağlı birikimi, dokular oranı ayrımı incelenmiştir ve Kadmiyum birikimi her iki türde de en yüksek böbrekte daha sonra karaciğer, solungaç ve kas dokusunda birikmiştir. Çinko birikimi ise *C. carpio*' da 30. gün sonunda en yüksek böbrekte daha sonra karaciğer, solungaç ve kas dokusunda birikmiştir. *O. niloticus*'da böbrek dokusu absorbansını okunamadığı için en yüksek karaciğer sonra solungaç sonra kas dokusunda birikmiştir.

Ağır metallerin giderek artan derişimlerde üst trofik düzeylere iletilmesi ve balıkların trofik seviyenin en üstünde bulunan insan tarafından tüketilmesi nedeniyle özellikle ekonomik değeri olan balık türlerindeki metal birikiminin sıklıkla belirlenmesi önerilir.

## KAYNAKLAR

- AKAHORI, A., JOZWIAK, Z., GABRYELAK, T. and GONDKO, R., 1999. Effect of Zinc on Carp (*Cyprinus carpio* L.) Erythrocytes. *Comp. Biochem. Physiol.*, 123C, 209-215.
- AY, O., KALAY, M., TAMER, L. and CANLI, M., 1999. Copper and Lead Accumulation in Tissues a Ferswater Fish *Tilapia zillii* and Its Effects on the Branchial Na, K-ATPase Activity. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 62, 160-168.
- BENGTSSON, B.E., 1974. Vertebral Damage to Minnows *Phoxinus phoxinus* Exposed to Zinc. *Oikos*, 25, 134-139.
- BRADLEY, R.W. and SPRAGUE, J.B., 1985. Accumulation of Zinc by Rainbow Trout as Influenced by pH, Water Hardness and Fish Size. *Environ. Toxicol. Chem.*, 4(5), 685-694.
- BROWN, M.W., THOMAS, D.G., SHURBEN, D. SOLBE, J.F.D., KAY, J. and CRYER, A., 1986. A Comparison of the Differential Accumulation of Cadmium in the Tissues of Three Species of Freshwater Fish, *Salmo gairdneri*, *Rutilus rutilus* and *Noemacheilus barbatulus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 84C (2), 213- 217
- CARPENE, E., CORTESI, P., TACCONI, S., CATTANI, O., ISANI, G. and SERRAZANETTI, G.P., 1987. Cd-Metallothionein and Metal-Enzymes Interactions in the Goldfish *Carassius auratus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 86(2), 267-272.
- CHAPMAN, G.A., 1978. Effects of Continuous Zinc Exposure on Sockeye Salmon during Adult to Smolt Freshwater Residency. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107(6), 828-836.
- CHOWDHURY, M.J., PANE, E.F. and WOOD, C.M., 2004. Physiological Effects of Dietary Cadmium Acclimation and Waterborne Cadmium Challenge in Rainbow Trout; Respiratory, Ionoregulatory, and Stress Parameters. *Comp. Biochem. Physiol.*, 139C, 163-173.

- CİCİK, B., 1995. *Cyprinus carpio* (L.)’da Bakır, Çinko ve Bakır + Çinko Karışımında Solungaç, Karaciğer ve Kas Dokularındaki Metal Birikiminin Nicel Protein, Glikojen ve Kandaki Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 107s.
- CİCİK, B., 2003. Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio* L.)’nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri. *Ekoloji*, 12(48), 32-36.
- CRANDALL, C.A. and GOODNIGHT, C.J., 1962. Effects of Sublethal Concentrations of Several Toxicants on Growth of the Guppy, *Lebistes reticulatus*. *Limnology and Oceanography*, 7, 233-239.
- DALLINGER, D. and KAUTZKY, H., 1985. The Importance of Contaminated Food for the Uptake of Heavy Metals by Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) in a Field Study. *Oecologia*, 67, 82-89.
- DeCONTO-CINIER, C., PETIT-RAMEL, M., FAURE, R., GARIN, D. and BOUVET, Y., 1999. Kinetics of Cd Accumulation and Elimination in Carp, *Cyprinus carpio*, Tissues. *Comp.Biochem.Physiol.*, 122C, 345-352.
- DeSMET, H. and BLUST, R., 2001. Stress Responses and Changes in Protein Metabolism in Carp *Cyprinus carpio* during Cadmium Exposure. *Environ. Safe.*, 48, 255-262.
- ERDEM, C., 1990. Cadmium Accumulation in Liver, Spleen, Gill and Muscle Tissues of *Tilapia nilotica* (L.). *Biyokimya Dergisi*, XV(3), 13-22.
- ERDEM, C., AY, Ö., CİCİK, B. ve KARAYAKAR, F., 2004. Berdan Nehrinde Yaşayan Balıkların (*Cyprinus carpio*, *Capoeta caoeta*) Dokularında Bakır, Kadmiyum ve Kurşun Düzeyleri. *SDÜ. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1(11), 32-37.
- ERDEM, C., CİCİK, B., KARAYAKAR, S., KARAYAKAR, F. ve KARAYTUĞ, S., 2005. *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)’da Kadmiyum’un Solungaç, Karaciğer, Böbrek, Dalak ve Kas Dokularındaki Birikimi ve Arıtımı. *SDÜ. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1, No:2, 17-24.

- ERICSON, R.J., BENOIT, D.A., MATTSON, V.R., NELSON, H.P. and LEONARD, E.N., 1996. The Effect of Water Chemistry on the Toxicity of Copper to Fathead Minnows. *Environ.Toxicol.Chem.*, 15, 181-193.
- GALVEZ, F., NEBB, N., HOGSTRAND C. and WOOD, C.M., 1998. Zinc Binding to the Gills of Rainbow Trout: The Effect of Long-Term Exposure to Sublethal Zinc. *Journal of Fish Biology*, 52, 1089-1104.
- GILL, T.S., BIANCHI, C.P. and EPPLE, A., 1992. Trace Metal (Cu and Zn) Adaptation of Organ Systems of the American Eel *Anguilla rostrata* to External Concentrations of Cadmium. *Comp.Biochem.Physiol.*, 102, 361-371.
- GILL, T.S. and EPPLE, A., 1993. Stress-Related Changes in Hematological Profile of the American Eel (*Anguilla rostrata*). *Ecotoxicol.Environ.Safe.*, 25, 227-235.
- GIGUERE, A., CAMPBELL, P.G.C., HARE, L. and RASMUSSEN, J.B., 2004. Influence of Lake Chemistry and Fish Age on Cadmium, Copper and Zinc Concentrations in Various Organs of Indigenous Yellow Perch (*Perca flavescens*). *Can. J.Fish.Aquat.Sci.*, 61, 1702-1716.
- HAESLOOP, U. and SCHRIMER, M., 1985. Accumulation of Orally Administered Cadmium by the Eel (*Anguilla anguilla*). *Chemosphere*, 14, 1627-1634.
- HANDY, R.D., 2003. Chronic Effects of Copper Exposure versus Endocrine Toxicity; Two Sides of the Same Toxicological Process. *Comp.Biochem.Physiol.*, 135, 25-38.
- HAUX, C. and LARSSON, A., 1984. Long-term Sublethal Physiological Effects on Rainbow Trout *Salmo gairdneri*, during Exposure to Cadmium and after Subsequent Recovery. *Aquat.Toxicol.*, 5, 129-142.
- HEATH, A.G., 1995. *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Press, Florida. 359pp.
- HILMY, A.M., EL- DOMIATY, N.A., DAABESS, A.Y. and ABDEL LATÏFE, H.A., 1987. Some Physiological and Biochemical Indices of Zinc Toxicity in Two Freshwater Fishes, *Clarias lazera* and *Tilapia zilli*. *Comp.Biochem. Physiol.*, 87C (2), 297-301.

- HOFER, R., WEYRER, S., KOCK, G. and PITTRACHER, H., 1992. Heavy Metal Intoxication of Arctic Charr (*Salvelinus alpinus*) in a Remote Acid Alpine Lake. EIFAC/XVII Symp., E31.
- HOGSTRAND, C.L. and HAUX, C., 1990. Metallothionein as an Indicator of Heavy Metal Exposure in Two Subtropical Fish Species. J.Exp.Mar.Biol.Ecol., 138, 69-84.
- HOLCOMBE, G.W., BENOIT, D.A. and LEONARD, E.N., 1979. Long-term Effects of Zinc Exposures on Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*). Trans. Am. Fish. Soc., 108, 76-87.
- HOLLIS, L., McGEER, J.C., McDONALD, D.G. and WOOD, C.M., 1999. Cadmium Accumulation, Gill Cd Binding, Acclimation and Physiological Effects during Long Term 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 Cd Exposure in Juvenil Rainbow Trout. Arc.Environ.Contam.Toxicol., 41: 468-474.
- HOGSTRAND, C., WILSON, R.W.; POLGAR, D. and WOOD, C.M., 1994. Effects of Zinc on the Kinetics of Branchial Calcium Uptake in Freshwater Rainbow Trout during Adaptation to Waterborne Zinc. J. Exp. Biol. 168, 55-73.
- JEZIERSKA, B. and WITESKA, M., 2002. Metal-Induced Changes in Structure and Function of Various Fish Organs. Fersenius Environmental Bulletin, 11(2), 52-59.
- KALAY, M., 1996. *Tilapia nilotica*'da Karaciğer, Dalak, Böbrek, kas ve Solungaç Dokularındaki Kadmiyum Birikiminin Total Protein Düzeyi ile İyon Dağılımı Üzerine Etkileri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 72s.

- KARAYTUĞ, S. ERDEM, C. and CİCİK, B., 2007. Accumulation of Cadmium in the Gill, Liver, Kidney, Spleen, Muscle and Brain Tissues of *Cyprinus carpio*. *Ekoloji*, 63(16), 16-22.
- KARATAŞ, S., ERDEM, C. and CİCİK, B., 2005. Kadmiyumun *Cyprinus carpio* (L. 1758)'da Serum Aspartat Aminotransferaz, Alanin Aminotransferaz ve Serum Glukoz Düzeyi Üzerine Etkileri. *Ekoloji*, 14(55), 18-23.
- KARGIN, F., 1996. Seasonal Changes in Levels of Heavy Metals in Tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* Collected from Iskenderun Gulf (Turkey). *Water Air Soil Pollution*, 90, 557-562.
- KARGIN, F. and ÇOĞUN, H. Y., 1999. Metal Interactions during Accumulation and Elimination of Zinc and Cadmium in Tissues of the Freshwater Fish *Tilapia nilotica*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 63, 511-519.
- 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.S., DeGROOT, C.J. and DAVIDS, C., 1995. Uptake and Tissue Distribution of Dietary and Aqueous Cadmium by Carp (*Cyprinus carpio*). *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, 31, 179-183.
- LARSSON, A., HAUX, A. and SJÖBECK, M.L., 1985. Fish Physiology and Metal Pollution; Results and Experiences from Laboratory and Field Studies. *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, 9, 250-281.
- LOWE-JINDE, L. and NIIEMI, 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.
- MAY, T.W, WIEDMEYER, R.R. and LARSON, S., 2001. Influence of Mining-Related Activities on Concentration of Metals in Water and Sediment from Streams of the Black Hills, South Dakota. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 40, 1-9.

- MURAMOTO, S., 1983. Elimination of Copper from Cu-Contaminated Fish by Long- Term Exposure to EDTA and freshwater. *J.Environ.Sci.Health*, A18 (3), 455-461.
- MURUGAN, S.S., KARUPPASAMY, R., POONGODI, K. and PUVANESWARI, S., 2008. Bioaccumulation Pattern of Zinc in Freshwater Fish *Channa punctatus* (Bloch) after Chronic Exposure. *Turk.J. of Fish.Aqua.Sci.*, 8, 55-59.
- 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, 177-187.
- NORGREEN, L.K., RUAN, P. HAUX, C. and FROLIN, L., 1985. Cadmium Induced Changes in Gill Morphology of Zebra Fish *Brachydanio rerio* (Hamilton-Buchanan) and Rainbow Trout *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, 27, 81-95.
- NUSSEY, G., VAN VUREN, J. H. J. and DU PREEZ, H. H., 1995. Effect of Copper on the Haematology and Osmoregulation of the Mozambique Tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae). *Comp.Biochem.Physiol.*, 111C (3), 369–380.
- NUSSEY, G., 1998. Metal Ecotoxicology of the Upper Olifants River at Selected Localities and the Effect of Copper and Zinc on Fish Blood Physiology. Rand Afrikaans University, Ph. Thesis, South Africa, 158 pp.
- OLSVIK, PA., GUNDERSEN, P., ANDERSEN R.A. and ZACHARIASSEN, K.E., 2001. Metal Accumulation and Metallothionein in Brown Trout, *Salmo trutta*, from Two Norwegian Rivers Differently Contaminated with Cd, Cu and Zn. *Comp.Biochem.Physiol.*, 128 (2), 189-201.
- PELGROM, S.M.G.J., LOCK, R.A.C., BALM, P.H.M. and WENDELAAR BONGA, S.E., 1997. Calcium Fluxes in Juvenile Tilapia, *Oreochromis mossambicus*, Exposed to Sublethal Waterborne Cd, Cu or Mixtures of These Metals. *Environ.Toxicol Chem.*, 16(4), 770-774.



- RATTNER, B.A. and HEATH, A.G., (1995). Environmental Factors Affecting Contaminant Toxicity in Aquatic and Terrestrial Vertebrates. Lewis Pub., Boca Raton, 545pp.
- REYNDERS, H., CAMPENHOUT, K.V., BERVOETS, L., DE COEN, W.M. and BLUST, R., 2006. Dynamics of Cadmium Accumulation and Effects in Common Carp (*Cyprinus carpio*) during Simultaneous Exposure to Water and Food (*Tubifex tubifex*). Environ.Toxicol.Chem., 25, 1558-1567.
- SAĞLAMTİMUR, B., CİCİK, B. ve ERDEM, C., 2003. Farklı Ortam Değişimleri Etkisinde Bakır, Bakır+Kadmiyum Karışımının *Oreochromis niloticus* (L.)'un Solungaç, Karaciğer Böbrek ve Kas Dokularındaki Bakır Birikimi Üzerine Etkileri. Turkish J.Vet.Ani.Sci., 27, 813-820.
- SAĞLAMTİMUR, B., CİCİK, B. ve ERDEM, C., 2004. Kısa Süreli Bakır-Kadmiyum Etkileşiminde Tatlı su Çipurası (*Oreochromis niloticus* L. 1758)'nın Karaciğer, Böbrek, Solungaç ve Kas Dokularındaki Kadmiyum Birikimi. Ekoloji, 14(53), 33-38.
- SANPERA, C., VALLRİBERA, M. and CRESPO, S., 1983. Zn, Cu and Mn Levels in the Liver Dogfish Exposed to Zn. Bull.Environ.Contam.Toxicol., 31, 415-417.
- SASTRY, K.V. and RAO, D.R., 1984. Effect of Mercuric Chloride on some Biochemical and Physiological Parameters of the Freshwater Murrel, *Channa punctatus*. Environ.Res., 34, 343-350.
- 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*. Environ.Res., 36, 32-45.
- SCOTT, G.R., and SLOMAN, K.A., 2004. The Effects of Environmental Pollutants on Complex Fish Behavior: Integrating Behavioral and Physiological Indicators of Toxicity. Aquat.Toxicol. 68(4), 369-392.
- SKIDMORE, J.F., 1964. Toxicity of Zinc Compounds to Aquatic Animals, with Special Reference to Fish. The Quarterly Review of Biology, 39(3), 227-247.

- SOKAL, R.R. and ROHLF, F.J., 1995. "Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research", 3<sup>rd</sup> edition. W.H. Freeman and Co., New York, 887s.
- SOMASUNDARAM, B. KING, P.E. and SHACKLEY, S., 1984. The Effects of Zinc on Postfertilization Development in Eggs of *Clupea harengus* L. *Aquat. Toxicol.*, 5, 167-178.
- SORENSEN, E.M., 1991. Metal Poisoning in Fish. CRC Press, Boca-Raton, FL., 243 pp.
- ÜNLÜ, E. and GÜMGÜM, B., 1993. Concentration of Copper and Zinc in Fish and Sediment from The Tigris River. *Chemosphere*, 26(11), 2055-2061.
- VALEE, B. L. and FALCHUK, K., 1993. The Biochemical Basis of Zinc Physiology. *Physiological Reviews*, 73, 79-118.
- VILJOEN, A., 1999. Effects of Zinc and Copper on the Post Ovulatory Reproductive Potential of the Sharptooth Catfish *Clarias gariepinus*. M.Sc-thesis, Rand Afrikaans University, South Africa.
- WEPENER, V., VAN VUREN, J.H.J and DU PREEZ, H.H., 2001. Uptake and Distribution of a Copper, Iron and Zinc mixture in Gill, Liver and Plasma of a Freshwater Teleost, *Tilapia sparmanii*. *Water SA*. 27(1), 99-108.
- WICKLUND, A., RUNN, P. and NORGREEN, L., 1988. Cadmium and Zinc Interaction in Fish, Effects of Zinc on the Uptake Organ Distribution and Elimination of <sup>109</sup>Cd in the Zebra Fish *Brachdanio rerio*. *Arch. Environ.Contam. Toxicol.*, 17, 345-354.
- WITESKA, M., JEZIERSKA, B. and CHABER, J., 1995. The Influence of Cadmium on Common Carp Embryos and Larvae. *Aquaculture*, 129 , 129-132.
- WITESKA, M. and BAKA, I., 2002. The Effect of Long Term Cadmium Exposure on Common Carp Blood. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12, 1059-1065.
- WITESKA, M. and JEZIERSKA, B., 2003. The Effects of Environmental Factors on Metal Toxicity to Fish (Review). *Fresenius Environmental Science*, 12(8), 824- 829.

- WITESKA, M., 2004. The Effect of Toxic Chemicals on Blood Cell Morphology in Fish. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13(12), 1379-1384.
- ZHANG, L. and WANG W., 2006. Alteration of Dissolved Cadmium and Zinc Uptake Kinetics by Metal Pre-Exposure in the Black Sea Bream (*Acanthopagrus schlegeli*). *Environ.Toxicol.Chem.*, 25(5), 1312-1321.
- ZYADAH, M. A., 1999. Accumulation of Some Heavy Metals in *Tilapia zilli* Organs from Lake Manzallah Egypt. *Tr. J. of Zool.*, 23, 367-372.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1983 yılında Konya'nın Ereğli ilçesinde doğdum. İlk öğrenimimi 1989-1997 yılları arasında Osmaniye'nin Cebelibereket İlköğretim Okulunda, lise öğrenimimi 1997-2000 yılları arasında Osmaniye'nin Atatürk Lisesinde tamamladım. Üniversite lisans öğrenimini Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümünde 2001-2005 yılları arasında tamamlayarak, 2006 yılında Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümünde Yüksek Lisans öğrenimine başladım.