

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Deniz ŞAH

***OREOCHROMIS NILOTICUS*'UN DOKU VE ORGANLARINDA
KADMIYUM BİRİKİMİ ÜZERİNE ÇİNKO'NUN ETKİSİ**

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2007

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OREOCHROMIS NILOTICUS'UN DOKU VE ORGANLARINDA
KADMİYUM BİRİKİMİ ÜZERİNE ÇİNKO'NUN ETKİSİ

Deniz ŞAH
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Bu tez / / 2007 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

İmza:.....
Prof. Dr. Ferit KARGIN
DANIŞMAN

İmza:.....
Prof. Dr. İskender EMRE
ÜYE

İmza:.....
Yrd. Doç.. Dr. Fatma ÇEVİK
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Biyoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FEF2006YL60

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

**OREOCHROMIS NILOTICUS'UN DOKU VE ORGANLARINDA
KADMIYUM BİRİKİMİ ÜZERİNE ÇİNKO'NUN ETKİSİ**

Deniz ŞAH

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

Danışman: Prof. Dr. Ferit KARGIN

Yıl:2007 , **Sayfa:** 38

Jüri: Prof. Dr. Ferit KARGIN

Prof. Dr. İskender EMRE

Yrd. Doç. Dr. Fatma ÇEVİK

Bu araştırmada çinkonun *Oreochromis niloticus*'un böbrek, karaciğer, solungaç, kas ve kan dokularında kadmiyum birikimi üzerine etkileri incelenmiştir. Balıklar 7, 14 ve 21 gün sürelerle 0.1 mg/L Cd, 0.1 mg/L Cd+0.5 mg/L Zn ve 1.0 mg/L Cd, 1.0 mg/L Cd+5.0 mg/L Zn karışımının etkisine bırakılarak dokularda kadmiyum birikimi Atomik Absorbsiyon Spektrometresi ile belirlenmiştir.

Çalışılan dokularda kadmiyum birikimi ortam derişiminin ve sürenin uzamasıyla artmıştır. En yüksek kadmiyum birikimi böbrek dokusunda bulunmuş, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokusu izlemiştir.

Etkide kalınan tüm sürelerde, *O. niloticus*'un dokularında kadmiyum birikimi çinkonun varlığında azalmıştır. Denenen tüm koşullarda çinko *O. niloticus*'un böbrek ve solungaç dokularında kadmiyum birikimini önemli ölçüde düşürmüştür.

Anahtar Kelimeler : Kadmiyum, Çinko, Birikim, Balık, *Oreochromis niloticus*

ABSTRACT

MSc THESIS

EFFECTS OF ZINC ON ACCUMULATION OF CADMIUM IN VARIOUS TISSUES AND ORGANS OF *OREOCHROMIS NILOTICUS*

Deniz ŞAH

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

Supervisor: Prof. Dr. Ferit KARGIN

Year:2007 , **Pages:** 38

Jury: Prof. Dr. Ferit KARGIN

Prof. Dr. İskender EMRE

Yrd. Doç. Dr. Fatma ÇEVİK

In this study, effects of zinc on the accumulation of cadmium in kidney, liver, gill, muscle and blood of *Oreochromis niloticus* were investigated. The fish were exposed to 0.1 mg/L Cd, 0.1 mg/L Cd+0.5 mg/L Zn and 1.0 mg/L Cd, 1.0 mg/L Cd+5.0 mg/L Zn mixtures for 7, 14 and 21 days, cadmium accumulation in tissues were measured by Atomic Absorbtion Spectrophotometry.

Cadmium accumulation increased with increasing concentrations of cadmium in the medium and with increasing periods of exposure tissues studied. Highest accumulation occurred in the followed by liver, gill and muscle.

In all exposure period, accumulation of cadmium in whole tissues of *O. niloticus* decreased in the presence of zinc. In both mixed exposure concentrations, zinc significantly reduced the accumulation of cadmium in the gill and kidney of *O. niloticus*.

Key Words : Cadmium, Zinc, Fish, Accumulation, *Oreochromis niloticus*

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında bilimsel desteğini ve öngörülerini hiç esirgemeyen sayın hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Ferit KARGIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana her türlü yardım ve desteğini veren sayın Arş. Gör. Hikmet Yeter ÇOĞUN'a çok teşekkür ederim. Yine yardımlarından dolayı sayın Arş. Gör. Tüzin AYTEKİN YÜZEREROĞLU, uzman biyolog Özgür FIRAT ve Arş. Gör. Gülbin GÖK'e teşekkür ederim.

Bu güne kadar bana her türlü desteği sağlayan ve kararlarımda hep yanımda olan aileme de teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

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.....	9
4. BULGULAR.....	11
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	23
KAYNAKLAR.....	29
ÖZ GEÇMİŞ.....	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 4.1. <i>O. niloticus</i> ‘da 0.1 mg Cd/L ortam derişiminde 7 günde dokularda Kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).....	12
Çizelge 4.2. <i>O. niloticus</i> ‘da 0.1 mg Cd/L ortam derişiminde 14 günde dokularda Kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).....	13
Çizelge 4.3. <i>O. niloticus</i> ‘da 0.1 mg Cd/L ortam derişiminde 21 günde dokularda Kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).....	13
Çizelge 4.4. <i>O. niloticus</i> ‘da 1.0 mg Cd/L ortam derişiminde 7 günde dokularda Kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).....	14
Çizelge 4.5. <i>O. niloticus</i> ‘da 1.0 mg Cd/L ortam derişiminde 14 günde dokularda Kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).....	15
Çizelge 4.6. <i>O. niloticus</i> ‘da 1.0 mg Cd/L ortam derişiminde 21 günde dokularda Kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).....	15
Çizelge 4.7. <i>O. niloticus</i> ‘un kan dokusunda ortam derişiminde kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/mL}$).	16
Çizelge 4.8. <i>O. niloticus</i> ‘un kan dokusunda ortam derişiminde kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/mL}$).	17

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 4.1. Kadmiyum derişimi ve absorbands arasındaki doğrusal ilişki.	11
Şekil 4.2. <i>O. niloticus</i> 'da kas dokusunda kadmiyum birikimi üzerine çinko ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A:0.1 ppm Cd, B: 1.0 ppm Cd)	19
Şekil 4.3. <i>O. niloticus</i> 'da solungaç dokusunda kadmiyum birikimi üzerine çinko ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A:0.1 ppm Cd, B: 1.0 ppm Cd).	20
Şekil 4.4. <i>O. niloticus</i> 'da karaciğer dokusunda kadmiyum birikimi üzerine çinko ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A:0.1 ppm Cd, B: 1.0 ppm Cd).	21
Şekil 4.5. <i>O. niloticus</i> 'da böbrek dokusunda kadmiyum birikimi üzerine çinko ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A:0.1 ppm Cd, B: 1.0 ppm Cd).	22

1. GİRİŞ

Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Ni, Se ve V gibi metaller iz metaller olarak isimlendirilirler ve akuatik organizmaların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde devam ettirebilmeleri için düşük miktarlarda mutlaka almaları gereklidir. Hg, Cd, Pb, Au ve Ag gibi metaller ise akuatik organizmaların yaşamında veya metabolizmalarında önemli bir rol oynamayan ve çok düşük düzeylerde bile toksik etki gösteren metallerdir. Gerekli olmayan metallerin organizmalara toksik etkileri, gerekli metallere benzer kimyasal özellik göstermeleri ve metabolik döngüde gerekli olan bir metalin yerine geçerek metabolik döngüyü engellemesinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Rainbow, 1985).

Tarımsal üretim ve endüstrideki gelişmelerin sonucu ağır metalleri içeren atık suların çoğu tatlı su sistemlerine bırakılmaktadır. Kadmiyum derişimleri kirlenmemiş tatlı sularda genellikle 1 µg/L'nin altında olduğu ve bu metalin birçok endüstri kuruluşunda geniş kullanımları sonucu akuatik ortamlardaki düzeylerinin giderek arttığı belirtilmiştir (Kay ve ark., 1986). Her yıl yaklaşık olarak 30.000 ton kadmiyumun fuil-oil yakıtlarından ve madencilik gibi antropojenik aktiviteler sonucu karasal ve akuatik ortamlara bırakıldığı belirtilmiştir (Cooper ve ark., 2006).

Akuatik organizmalar tarafından ağır metallerin alınması genelde üç basamakta gerçekleşmektedir. Birinci basamakta metalin ortamda bulunan inorganik ve organik maddelerle etkileşime girerek yeni oluşan çözeltilerden biyolojik yüzeylere transfer olduğu, ikinci basamakta metalin hücre membran yüzeyinde koruyucu glikoprotein tabakasıyla karşılaştığı ve bunlara bağlanarak membran yüzeyinde dağıldığı ve üçüncü basamakta ise metal iyonlarının membranın dış yüzeyi üzerinde bağlanma yerleri ile etkileşime girerek membrandan iç ortama spesifik taşıma kanallarıyla taşındığı belirtilmiştir (Blust, 1999).

Organizmalar için herhangi bir işlevi bulunmayan kadmiyum nükleer reaktörlerde, seramikçilikte, batarya yapımında, cam, boya, gübre, ve plastik üretimi gibi endüstrinin çeşitli alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Sastry ve Subhadra, 1985). Kadmiyum organik ve inorganik maddelerle kompleks oluşturma yeteneğinden dolayı hücre yüzeyine hemen bağlandığı ve kalsiyumun benzer özelliklerini göstererek hücreye girdiği belirtilmiştir (Gagnon ve ark., 1998).

Kadmiyumun düşük derişimlerinin etkisinde kalan akuatik organizmalarda doku bozukluğu ve solunum aksaklıklarının oluştuğu (De Smet ve Blust, 2001), iyon düzeyinin bozulduğu (Torre ve ark., 2000) ve endokrin sisteminde çeşitli aksaklıkların oluştuğu (Suresh ve ark., 1993) belirtilmiştir.

Balıklar kadmiyumu su ve besin yoluyla ortamdaki farklı dokularında biriktirirler. Dokulardaki birikim alınıma kaynağına bağlı olarak değişim göstermektedir (Cinier ve ark., 1999). Balık dokularında kadmiyum birikimi ile ilgili yapılan araştırmalarda diğer dokulara kıyasla birikimin böbrek, karaciğer ve solungaç dokusunda daha fazla olduğu belirtilmiştir (Kargın, 1996 a, Cinier ve ark., 1999; McGeer ve ark., 2000). Kadmiyumun balıklarda genellikle solungaçlarla alındığı (Woo ve ark., 1993) ve solungaçlardaki kalsiyum taşıyıcı klor hücrelerinin kadmiyum için önemli alınıma yerleri oldukları belirtilmiştir (Verbost ve ark., 1987, 1989).

Çinko balıklarda ve diğer akuatik organizmalarda eser miktarda önemli bir besleyici elementtir (Zhang ve Wang, 2005). Çinko membran bütünlüğünün korunmasında görev yaptığı gibi antioksidant bir rolünün olduğu da belirtilmiştir (Bray ve Bettger, 1990). Buna ek olarak çinko hücre bölünmesinde, büyüme, metabolizma ve bağışıklık sisteminde de önemli rol oynamaktadır (Cousins, 1985; Coleman, 1992). Organizmalarda çinkonun reaktif oksijen türleri, hidrojen peroksit, hidroksil radikalleri ve singlet O₂ gibi hücreye zarar veren radikallere karşı koruyucu görev yaptığı belirtilmiştir (Coudray ve ark., 1993). Çinkonun O₂ ve S donörleriyle çok kolay kompleks yapabildiği, nükleik asit biyosentezinde görev aldığı ve dokuların düzelmesiyle ilgisinin olduğu belirtilmiştir (Civin-Aralar, 1994). Çinkonun yüksek derişimleri ise akuatik organizmalara toksik etki yaptığı çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Kargın ve Erdem, 1992; Zhang ve Wang, 2005).

Metallerin çevresel risklerinin belirlenmesi çalışmaları genelde tek metalin etkisi üzerine yoğunlaşmıştır. Ortamda kirleticilerin birlikte bulunmaları nedeniyle metal karışım çalışmaları çevresel kirliliğin belirlenmesini daha iyi yansıtmaktadır. Cd ve Zn benzer kimyasal özellikleri nedeniyle madencilik ve endüstri atıklarında genelde birlikte bulunurlar. Buna ek olarak benzer kimyasal ilgileri nedeniyle bu iki metal akuatik organizmalara girişte aynı alınıma yolunu kullanmaktadırlar (Rainbow

ve ark., 2000). Kadmiyum ve çinko organizmalar için metabolik önem bakımından büyük farklılıklar göstermektedirler. Kadmiyum gerekli olmayan bir metaldir ve düşük düzeylerde bile organizmalara toksik etki yaparken, çinko biyolojik aktiviteler için gerekli bir metaldir ve metalloenzimlerin çoğunda bulunurlar (Fraysse ve ark., 2002; Odendal ve Reinecke, 2004).

Organizmalarda metal-metal etkileşimi, membran değişiklikleri, metal bağlayıcı proteinlerin sentezini teşvik etmek ve taşıyıcılar için rekabet gibi metaller arasındaki birçok kimyasal oluşumdan etkilenebilmektedir (Wicklund ve ark., 1990). Akuatik organizmalarda kadmiyumun birikimi ve toksisitesi diğer metallerle etkileşim sonucu değişebilir. *Tilapia nilotica*'nın dokularında kadmiyum birikimi çinkonun varlığında azalırken (Kargın ve Çoğun, 1999), *Fundulus heteroclitus*'un dokularındaki kadmiyum birikiminin ise bakırın varlığında arttığı saptanmıştır (Eisler ve Gardner, 1973). Akuatik organizmalarda bir metalin diğer metalin alınımı veya birikimi üzerine etkisi biyolojik membranlarda absorpsiyon yeri için rekabetin bir sonucu olduğu belirtilmiştir (Rainbow ve ark., 2000).

Kadmiyum ve Çinkonun fizikokimyasal özellikleri birbirine benzerlik gösterdiği ve bu iki metalin biyolojik olarak birbirinin antagonisti oldukları belirtilmiştir (McLeese ve Ray, 1984). Çeşitli akuatik organizmalarda çinko bulunan ortamlarda genelde kadmiyumun dokulardaki birikiminin azaldığı birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Eisler ve Gardner, 1973; Elliott ve ark., 1986; Verriopoulos ve ark., 1987; Kargın ve Çoğun, 1999).

Çinkonun akuatik organizmalarda kadmiyumun alınımı ve birikimine karşı koruyucu etkisinin olduğu belirtilmiştir (Hemelraad ve ark., 1987). *Channa punctatus*'da Cd toksisitesine karşı Zn'un koruyucu bir etki yaptığı saptanmıştır (Sastry ve Shukla, 1994). *Uca pugilator*'da dokularda Cd birikimi Zn'un bulunduğu ortamda azaldığı ve Zn'un koruyucu etki yaptığı belirtilmiştir (Weis, 1980). *Mytilus edulis planulatus*'da Cd ve Zn etkileşimi ile ilgili yapılan bir çalışmada Cd birikimi üzerine Zn'un koruyucu bir etki gösterdiği saptanmıştır (Elliott ve ark., 1986). Zn'un organizmaların dokularında Cd birikimine koruyucu etkisi, Zn'un teşvik ettiği metallothioneinlerin Cd'ü sıkı bağlayarak bu metali vücuttan detoksifiye etmesi sonucu olduğu kabul edilmektedir (Hemelraad ve ark., 1987). Zn organizmalarda

Cd'a ek olarak Cu, Hg, Pb gibi metallerinde toksisitesi ve birikimini azalttığı belirlenmiştir (Weis, 1980; Verriopoulos ve Dimas, 1988; Kargın ve Erdem, 1992).

Organizmalarda kadmiyumun birikimi ve toksisitesi komplekstirici bileşikler ve iyonlarla etkileşimi sonucu değişebilir. Akuatik organizmalarda Cd birikimi ve toksisitesine karşı EDTA, Ca, ve Mg gibi iyonların koruyucu etkisinin olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Pratap ve ark.,m 1989; Kargın, 1996 b; Hollis ve ark., 2000).

Bu araştırmada *Oreochromis niloticus*'un böbrek, karaciğer, solungaç, kas ve kan dokusunda kadmiyumun alınımı üzerine çinkonun koruyucu etkinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Webb (1972), erkek farelerde kadmiyum toksik etkisine karşı çinkonun koruyucu etkisinin saptanmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada çinkonun hayvanlarda kadmiyum toksisitesini azalttığını ve kadmiyuma karşı engelleyici etki yaptığını saptamıştır.

Rowe ve Massaro (1974), kadmiyum etkisine bırakılan *Ictalurus catus*'da karaciğer, böbrek ve solungaçlarda kadmiyum biriktiğini ve bu birikimin sürenin uzamasıyla arttığını belirtmişlerdir.

Thorp ve Lake (1974), *Paratya tasmaniensis*'de yaptıkları bir araştırmada Cd+Zn karışımının toksik etkisinin yalnız kadmiyuma oranla daha düşük olduğu ve Zn'un kadmiyumun toksik etkisini düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Thomas ve ark. (1985), *Salmo gairdneri*'de dokularda Cd birikimi üzerine yapılan bir araştırmada kadmiyumun % 99'unun böbrek, karaciğer ve solungaç dokusunda biriktiği saptanmıştır.

Waalkers ve ark. (1985), farelerle yapılan bir araştırmada çinkonun kadmiyum gibi ağır metalleri akut ve kronik toksik etkilerini iyileştirdiğini belirlemişlerdir.

Brown ve ark. (1986), *Rutilus rutilus*, *S. gairdneri* ve *Noemacheilus barbatulus* gibi farklı balık türlerinde kadmiyumun birikimi üzerine yapılan araştırmada kadmiyum birikiminin böbrek, karaciğer ve solungaçlarda yüksek düzeyde biriktiği belirlenmiştir.

Kay ve ark. (1986), kadmiyumun etkisine bırakılan *S. gairdneri*'de diğer dokulara kıyasla birikimin en fazla böbrek, karaciğer ve solungaçlarda olduğunu ve bunun metallothionein sentezinin artışından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir.

Elliott ve ark. (1986), *Mytilus edulis planulatus*'da dokularda kadmiyum birikiminin yüksek çinko derişimlerinin bulunduğu ortamlarda azaldığını belirlemişlerdir.

Hemelraad ve ark. (1987), *Anadonta cygnea*'da kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisinin belirlenmesi ile ilgili yapılan araştırmada dokularda kadmiyum birikiminin çinkonun varlığında azaldığını saptamışlardır. Bunun çinkonun

kadmiyumun alınımı üzerine antagonistik bir etki yapması sonucu olduğunu belirtmişlerdir.

Hilmy ve ark. (1987), Cu+Zn karışımına bırakılan *Clarias lazera*'da mortalite oranı yalnız bakıra oranla azaldığını ve böbrek, solungaç ve kas dokularında bakır birikiminin düştüğünü saptamışlardır.

Wicklund ve ark. (1988), *Brachydanio rerio*'da çinko ve kadmiyumun etkileşimi ile ilgili yapılan bir çalışmada çinkonun varlığında dokularda kadmiyum birikiminin azaldığı belirlenmiştir.

Norey ve ark. (1990), farklı balık türleriyle kadmiyum birikimi ve eliminasyonu ile ilgili yapılan bir çalışmada kadmiyum birikiminin böbrek, karaciğer ve solungaç dokusunda yüksek düzeyde biriktiğini belirtmişlerdir.

Woo ve ark. (1993), kadmiyum birikimi ile ilgili yapılan bir araştırmada *Oreochromis aureus*'da birikimin en fazla böbrekte olduğunu, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokusunun izlediğini saptamışlardır.

Cuvin-Aralar (1994), *O. niloticus*'da Zn+Cd ve Zn+Cu karışımlarıyla yaptığı çalışmada çinkonun hem kadmiyum hem de bakır üzerine antagonistik bir etki yaptığını belirlemiştir.

King ve ark. (1998), CdCl₂'un farklı derişimlerinin etkisine 24 saat bırakılan farelerin dokularında Cd'un yüksek düzeyde biriktiğini, Zn+Cd karışımına bırakılan hayvanlarda ise dokulardaki kadmiyum birikiminin ise yalnız Cd'a oranla oldukça azaldığını belirtmişlerdir.

Blust (1999), *Mytilus edulis*'de Zn ve Cd alınımı ve birikimi ile ilgili yapılan bir araştırmada Zn alınımının Cd alınımından on kat daha hızlı olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı Zn'un kimyasal aktivitesinin Cd iyonlarından daha yüksek ve organik bağlara ilgisinin daha fazla olması nedeniyle kadmiyum alınımının inhibe olduğunu belirtmiştir.

Cinier ve ark. (1999), *C. carpio*'da dokularda Cd birikimi üzerine yaptıkları bir araştırmada böbrek dokusundaki kadmiyum birikiminin karaciğerden 4 kat ve kas dokusunda ise 50 kat daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Kargın ve Çoğun (1999), *Tilapia nilotica*'da çinko ve kadmiyum etkileşiminde doku ve organlarda metal birikimi ve eliminasyonu ile ilgili yaptıkları

bir araştırmada, çinkonun kadmiyum birikimi üzerine antagonistik etki yaptığı ve çinko bulunan ortamda dokularda kadmiyum birikiminin oldukça azaldığını belirtmişlerdir.

Rainbow ve ark. (2000), akuatik organizmalarda kadmiyum ve çinkonun solungaçlarından aynı alınımlı yolunu kullanarak vücuda girdikleri ve bu nedenle solungaçlarda alınımlı için rekabete girdiklerini belirtmişlerdir.

Hollis ve ark. (2001), 30 gün süre ile kadmiyumun farklı derişimlerinin etkisine bırakılan *Oncorhynchus mykiss*'de en yüksek kadmiyum birikiminin böbreklerde olduğunu, bunu solungaç, karaciğer ve vücudun geri kalan kısmının izlediğini belirtmişlerdir.

Kirby ve ark. (2001), ağır metallerin (Cd, Cu, Zn, Se) *Mugil cephalus*'da birikimi üzerine yapılan bir araştırmada metallerin karaciğerde yüksek düzeyde biriktiğini, kas dokusunda ise birikimin az olduğunu belirtmişlerdir.

Szebedinszky ve ark. (2001), kadmiyumun *O. mykiss*'de özellikle böbreklerde yüksek düzeyde birikmesi nedeniyle nefrotoksik olduğunu belirtmişlerdir.

Wicklund Glynn (2001), Kadmiyum birikiminin üzerine çinkonun etkisiyle ilgili yapılan araştırmada *Danio rerio*'da solungaçlarda kadmiyum alınımlının çinkonun varlığında azaldığını belirtmişlerdir. Araştırmacı inkonun kadmiyumun alınımlını engellemesinin kadmiyum derişiminin düşük çinko derişimlerinin ise yüksek olmasına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Agirdir ve ark. (2002), Cd ve Cd+Zn karışımı verilen farelerde kadmiyumun yalnız etkisine göre karışımın etkisine bırakılan hayvanların böbreklerinde kadmiyum birikiminin azaldığını belirtmişlerdir.

Fraysse ve ark. (2002), *Dreisseria polymorpha*'da kobalt alınımlı üzerine çinkonun etkisiyle ilgili yapılan bir araştırmada, çinkonun kobalt alınımlı üzerine inhibitör etkisinin olduğu saptanmıştır.

Morley ve ark. (2002), *Diplostomum spathaceum*'da çinkonun kadmiyum alınımlı üzerine antagonistik etkisinin olduğu ve bunun kadmiyum ve çinkonun benzer özellikler göstermesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Odendal ve Reinecke (2004), isopodlarda metal etkileşimiyle ilgili yapılan bir araştırmada, kadmiyum ve çinkonun antagonistik bir etki gösterdikleri belirtilmiştir.

Daka ve Hawkins (2006), *Littorina saxatilis*'de çinkonun kadmiyum, bakır ve kurşun birikimi üzerine antagonistik bir etki gösterdiğini ve çinkonun varlığında dokularda kadmiyum birikiminin azaldığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada kullanılan *O. niloticus*'lar Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından alınarak 2 ay süre ile $25 \pm 1^\circ\text{C}$ sabit sıcaklıkta laboratuvar koşullarına adaptasyonları sağlanmıştır. Bu süre sonunda balıklar 13.12 ± 0.27 cm boy ve 29.16 ± 0.58 g ağırlığa ulaşmışlardır. Adaptasyon ve deney süresince akvaryumlar merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış, günde 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık fotoperiyodu uygulanmıştır. Balıklar laboratuvar koşullarına adaptasyon ve deney süresince, günde 2 defa vücut ağırlıklarının % 1-2 g.'ı kadar hazır balık yemi (Pınar Balık Yemi, Türkiye) ile beslenmişlerdir.

Deney süresince metabolik atıklar, buharlaşma ve çökme gibi nedenlerle deney akvaryumlarında kullanılan kadmiyum ve çinko çözeltilerinin derişimlerinde zaman içerisinde bir değişim olabileceği dikkate alınarak çözeltiler 2 günde bir yeniden hazırlanan taze stok çözeltilerden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiştir.

Deneylerde kullanılan kadmiyum çözeltileri 1M kadmiyum klorür [$\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$] (Merck, 2011) stok çözeltisinden, çinko çözeltileri 1M çinko klorür [ZnCl_2] (Merck, 1.08816.0250) stok çözeltisinden seri seyreltme yöntemi ile hazırlanmıştır. Deneylerde kullanılan kadmiyumun akvaryumlarda cama yapışmadan ve tabana çökmeden homojen dağılması için kadmiyum klorür ve çinko klorüre trisodyumsitrat [$\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] (Merck, 0101773) eklenerek çözeltiler hazırlanmıştır.

Deney ortam suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri:

Toplam sertlik:	371.11 ± 12.10 ppm CaCO_3
Toplam alkalinite:	369 ± 5.21 ppm CaCO_3
Çözünmüş oksijen:	7.43 ± 0.32 mg/L
pH:	8.16 ± 0.64

Deneyle iki seri halinde yürütülmüştür. Birinci seride balıklar kadmiyumun 0.1mg Cd/L, ve 1.0 mg Cd/L derişimlerine 7, 14 ve 21 gün sürelerle bırakılmıştır. İkinci seride metallerin 0.1 mg Cd/L+0.5 mg Zn/L ve 1.0 mg Cd/L+5.0 mg Zn/L derişimlerine aynı sürelerle bırakılmıştır. Bu amaçla 40x120x40cm. boyutlarında olan ve her birinin içersinde 18 balık olacak şekilde ve her seride üç akvaryum olacak şekilde toplam 6 akvaryum kullanılmıştır.

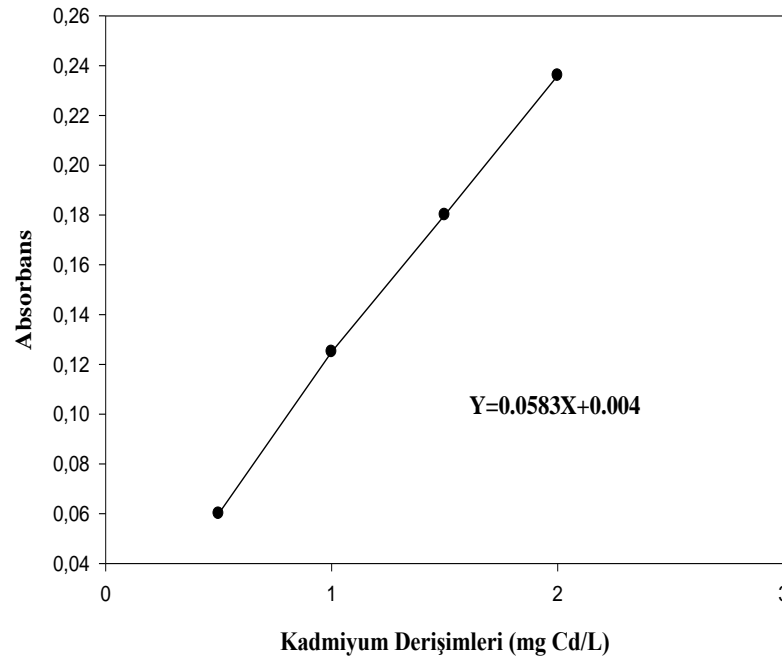
Birinci seride bulunan 3 akvaryumdan ikisine 100 L farklı Cd derişimleri, ikinci serideki akvaryumların ikisine 100'er L farklı derişimdeki Cd + Zn karışımları konulmuş, her serideki üçüncü akvaryum ise 100 L çeşme suyu konarak kontrol akvaryumu olarak kullanılmıştır. Deneyle denenen her derişim için üç tekrarlı olarak yürütülmüş ve her tekrarda iki balık kullanılmıştır. Belirtilen süreler sonunda deneyden çıkartılan balıkların dokularından kadmiyum analizi yapılmıştır.

Balıklar kadmiyum analizine hazırlamak amacıyla çeşme suyunda iyice yıkanıp kurutma kağıdı ile kurulandıktan sonra disekte edilerek solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokuları çıkarılmıştır. Daha sonra doku ve organlar etüvde 150 °C'de 48 saat süreyle kurutulmaya bırakılmışlardır. Etüvden çıkarılan doku ve organlar, hassas terazide kuru ağırlıkları alındıktan sonra tüp içine alınarak üzerlerine 2 mL nitrik asit (Merck, %65, Ö.A. 1.40) ve 1 mL perklorik asit (Merck, %60, Ö.A. 1.53) eklenmiş (Muramoto, 1983) ve çeker ocakta 120 °C'de 3 saat süreyle yakılmıştır. Yakım işlemi tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktarılmış ve üzerleri damıtık su ile 5 ml'ye tamamlanarak kadmiyum analizine hazır hale getirilmiştir. Doku ve organlardaki kadmiyum analizleri Perkin Elmer 3100 Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrik yöntemlerle saptanmıştır.

Deneylelerden elde edilen verilerin istatistik analizleri SPSS 10.0 bilgisayar paket programı kullanılarak "Regresyon analizi" ve "Student – Newman Keul's Test (SNK)" testleri uygulanarak yapılmıştır.

4. BULGULAR

O. niloticus dokularında kadmiyum düzeylerini belirlemek amacıyla kadmiyum standartları ile absorbands arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.1). Kadmiyum standartının absorbands değerlerinden $Y=0.0583X + 0.004$ formülü bulunmuştur. Burada X kadmiyum derişimini; Y değeri de absorbandsı göstermektedir. Kas, karaciğer, böbrek, kan ve solungaç dokularındaki kadmiyum düzeyleri, bu regresyon formülü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Kadmiyum derişimi ve absorbands arasındaki doğrusal ilişki.

O. niloticus'da belirlenen her derişim ve sürede bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan kadmiyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları ile belirli bir süre sonunda ve aynı derişimde kadmiyum birikimi bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda ve aynı derişimde bir doku ve organdaki kadmiyum birikimine çinkonun etkisini belirlemek amacı ile verilerin SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz sonuçları Çizelge 4.1-4.6'da verilmiştir. Bu

çizelgelerde a, b ve c harfleri derişimler arasında, x, y, z ve t harfleri ise doku ve organlar arasındaki ayrımı göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çinkonun kan dokusunda kadmiyum birikimine etkisini saptamak amacıyla veriler SNK testi ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.7 ve 4.8 verilmiştir. Bu çizelgelerde a, b ve c harfleri derişimler arasında x, y ve z harfleri ise süreler arasındaki ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.01$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

0.1 mg/L Cd ortam derişiminde denenen tüm sürelerde (7, 14 ve 21 gün) çalışılan tüm dokularda kadmiyum birikimi istatistiksel ayırım göstermiştir. Kadmiyum birikimi en fazla böbrek dokusunda olmuş, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokusu izlemiştir. Denenen tüm sürelerde 0.1 mg/L Cd+0.5 mg/L Zn karışımına bırakılan balıkların dokularındaki kadmiyum birikimi, doğrudan kadmiyumun etkisine bırakılan balıklara oranla düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1-4.3; SNK; $P < 0.01$). Çinko derişimleri, 14 ve 21. günlerde kas dokusu hariç tüm dokulardaki kadmiyum birikiminin önemli ölçüde azalmasına neden olmuştur. 21. gün sonunda dokulardaki kadmiyum birikimindeki azalma yaklaşık %30 düzeyinde olmuştur.

Çizelge 4. 1. *O. niloticus* 'da 0.1 mg Cd/L ortam derişiminde 7. günde dokularda kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg /L)		
	0.0 $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	0.1 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	0.5 Zn + 0.1 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
Kas	D. A. a	8.05±0.44 xb	5.29±0.27 xc
Solungaç	D. A. a	27.99±0.53 yb	18.34±0.10 yc
Karaciğer	D. A. a	35.49±0.73 zb	13.65±0.95 zc
Böbrek	D. A. a	60.99±0.88 tb	41.66±0.18 tc

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P < 0.01$).

D. A. : Duyarlılık düzeyi altı

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

Çizelge 4. 2. *O. niloticus* 'da 0.1 mg Cd/L ortam derişiminde 14 günde dokularda kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg /L)		
	0.0 $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	0.1 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	0.5 Zn + 0.1 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
Kas	D. A. a	8.61±0.78 xb	6.98±0.11 xb
Solungaç	D. A. a	41.45±1.92 yb	30.60±0.30 yc
Karaciğer	D. A. a	40.23±1.02 yb	31.20±0.47 yc
Böbrek	D. A. a	75.34±1.15 zb	48.84±0.72 zc

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

D. A. : Duyarlılık düzeyi altı

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

Çizelge 4. 3. *O. niloticus* 'da 0.1 mg Cd/L ortam derişiminde 21 günde dokularda kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg /L)		
	0.0 $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	0.1 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	0.5 Zn + 0.1 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
Kas	D. A. a	9.58±0.22 xb	7.73±0.12 xb
Solungaç	D. A. a	56.71±0.12 yb	41.13±0.49 yc
Karaciğer	D. A. a	73.36±1.44 zb	55.12±1.11 zc
Böbrek	D. A. a	94.60±0.78 tb	64.89±0.90 tc

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

D. A. : Duyarlılık düzeyi altı

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

1.0 mg/L Cd ortam derişiminde 7, 14 ve 21. günlerde kadmiyum birikimi bakımından dokular arasında ayırım istatistik olarak önem taşımaktadır. Kadmiyum birikimi en fazla böbrek ve karaciğerde olurken, kas dokusunda birikim düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Denenen tüm süreler sonunda kas dokusu hariç 1.0 mg/L Cd+5.0mg/L Zn karışımına bırakılan balıkların böbrek, karaciğer ve solungaç dokularında kadmiyum birikimi, doğrudan kadmiyumun etkisine bırakılan balıklara oranla azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.4-4.6; SNK; P<0.01). Çinko ortam derişimi kas dokusu hariç diğer tüm dokularda kadmiyum birikimini önemli düzeyde düşürmüştür. 7. gün sonunda dokularda kadmiyum birikimindeki azalma, karaciğerde %34, solungaç ve böbrek dokusunda ise %41 düzeyinde olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4. 4. *O. niloticus* 'da 1.0 mg Cd/L ortam derişiminde 7 günde dokularda kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg /L)		
	0.0 $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	1.0 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	5.0 Zn + 1.0 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
Kas	D. A. a	10.29±0.23 xb	8.87±0.53 xb
Solungaç	D. A. a	36.37±0.53 yb	21.51±1.12 yc
Karaciğer	D. A. a	146.1±6.67 zb	96.30±1.16 zc
Böbrek	D. A. a	180.8±1.10 tb	105.3±1.32 tc

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0.01).

D. A. : Duyarlılık düzeyi altı

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

Çizelge 4. 5. *O. niloticus* 'da 1.0 mg Cd/L ortam derişiminde 14 günde dokularda kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg /L)		
	0.0 $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	1.0 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	5.0 Zn + 1.0 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$
Kas	D. A. a	15.59±0.53 xb	11.84±0.53 xb
Solungaç	D. A. a	46.08±0.36 yb	32.47±0.89 yc
Karaciğer	D. A. a	152.2±1.09 zb	101.5±1.08 zc
Böbrek	D. A. a	202.7±1.96 tb	163.3±4.47 tc

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

D. A. : Duyarlılık düzeyi altı

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

Çizelge 4. 6. *O. niloticus* 'da 1.0 mg Cd/L ortam derişiminde 21 günde dokularda kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM (mg /L)		
	0.0 $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	1.0 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	5.0 Zn + 1.0 Cd $\bar{X} \pm S\bar{X}^*$
Kas	D. A. a	17.30±0.50 xb	13.72±0.68 xb
Solungaç	D. A. a	62.01±0.81 yb	38.31±0.64 yc
Karaciğer	D. A. a	181.4±1.81 zb	139.9±0.51 zc
Böbrek	D. A. a	251.6±0.55 tb	208.3±0.64 tc

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır ($P<0.01$).

D. A. : Duyarlılık düzeyi altı

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

Denenen her iki ortam derişimde de doğrudan kadmiyumun etkisine bırakılan balıklarla kıyaslandığında, Cd+Zn karışımına bırakılan balıkların solungaç ve böbrek dokularındaki kadmiyum birikimindeki azalma diğer dokulara göre daha yüksek olmuştur. Cd+Zn karışımının etkisinde kalan balıkların dokularındaki kadmiyum düzeyindeki azalma 0.1 mg/L Cd ortam derişimine göre 1.0 mg/L Cd ortam derişiminde daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Belirli bir ortam derişiminde kan dokusunda kadmiyum birikimi süreye bağlı olarak artış göstermiştir. Bu artış tüm süreler arasında istatistik önem taşımaktadır. 0.1 mg/L Cd ortam derişiminde 7. gün hariç, denenen tüm derişim ve sürelerde Cd+Zn karışımına bırakılan balıkların kan dokusundaki kadmiyum birikimi, doğrudan kadmiyumun etkisine bırakılan balıklara oranla azaldığı saptanmıştır (Çizelge 4.7-4.8; SNK: P<0.01).

Çizelge 4. 7. *O. niloticus* 'un kan dokusunda ortam derişiminde kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/mL}$).

DERİŞİM	Süre (Gün)		
	7	14	21
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kontrol	D. A. a	D. A. a	D. A. a
0.1 mg Cd /L	0.0375±0.0001 bx	0.0516±0.0003 by	0.0616±0.0003 bz
0.5 mg Zn /L+0.1 mg Cd /L	0.0371±0.0003 bx	0.0375±0.0002 cy	0.0460±0.0003 cz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır (P<0.01).

D. A. : Duyarlılık düzeyi altı

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

Çizelge 4. 8. *O. niloticus* 'un kan dokusunda ortam derişiminde kadmiyum birikimi üzerine çinkonun etkisi ($\mu\text{g Cd/mL}$).

DERİŞİM	Süre (Gün)					
	7		14		21	
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *		$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *		$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	
Kontrol	D. A.	a	D. A.	a	D. A.	a
1.0 mg Cd /L	0.0623±0.0002	bx	0.0633±0.0002	bx	0.0745±0.0002	by
5.0 mg Zn /L+1.0 mg Cd /L	0.0575±0.0003	cx	0.0603±0.0003	cy	0.0643±0.0002	cz

* : a, b ve c harfleri derişimleri belirlemek; x, y ve z harfleri günler arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P<0.01$).

D. A. : Duyarlılık düzeyi altı

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

Çinko derişimlerinin süreye bağılı olarak *O. niloticus*'un doku ve organlarındaki kadmiyum birikimine etkisi Şekil 4.2-4.5'de verilmiştir. Aynı ortam derişiminde etkide kalma süresinin uzamasıyla dokulardaki kadmiyum birikimi artmıştır. Denenen tüm sürelerde Cd+Zn karışımına bırakılan balıkların dokularındaki kadmiyum birikimi, doğrudan kadmiyumun etkisine bırakılan balıklara oranla daha düşük olduğu saptanmıştır. Çinkonun her iki ortam derişimi de denenen tüm sürelerde dokulardaki kadmiyum birikimini önemli düzeyde düşürmüştür (Şekil 4.2-4.5; SNK: $P<0.01$).

Kas dokusunda saptanan kadmiyum düzeyleri Şekil 4.2 A ve B'de verilmiştir. Aynı ortam derişiminde etkide kalma süresinin uzamasıyla kas dokusundaki birikiminde arttığı saptanmıştır. 0.1 mg/L Cd+0.5 mg/L Zn karışımında kas dokusundaki kadmiyum düzeyi 7. günde azalırken, 14 ve 21. günlerde etkilenmemiştir (Şekil 4.2 A). 1.0 mg/L Cd+ 5.0 mg/L Zn karışımında kas dokusundaki kadmiyum düzeyleri çinko ortam derişimlerinden etkilenmediği saptanmıştır (Şekil 4.2 B).

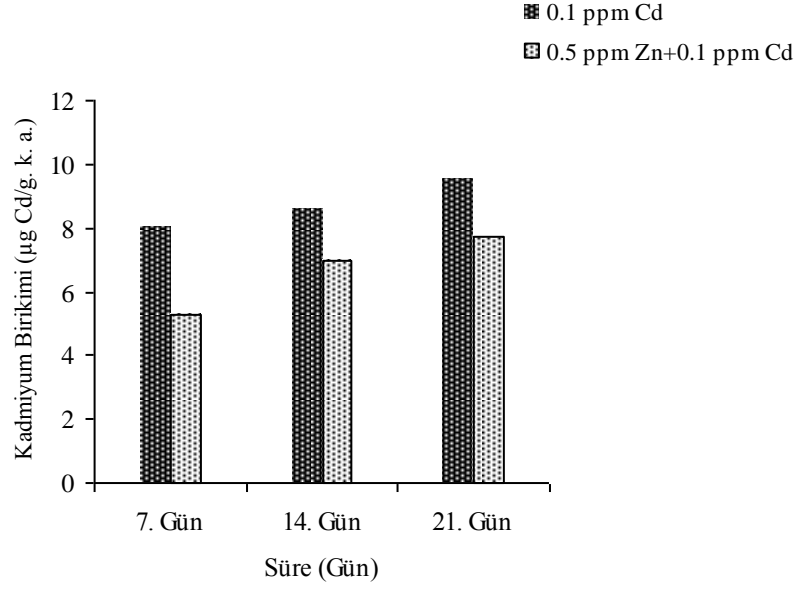
Solungaç dokusundaki kadmiyum düzeyleri belirli bir ortam derişiminde etkide kalınan sürenin uzamasıyla arttığı belirlenmiştir. Solungaç dokusu kadmiyum

düzeyle denenen tüm derişim ve sürelerde çinkonun etkisinde önemli miktarlarda azalmıştır (Şekil 4.3 A ve B). Diğer dokularla kıyaslandığında kadmiyum düzeyindeki azalmanın solungaçlarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 1.0 mg/L Cd+ 5.0 mg/L Zn karışımındaki azalma 7. günde %41, 14. günde %30 ve 21.günde %38 düzeyinde gerçekleşmiştir.

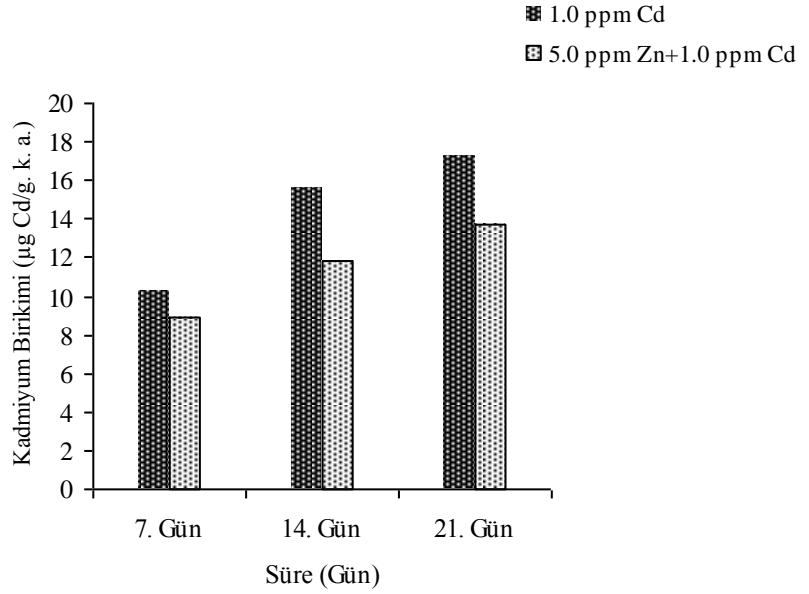
Karaciğer kadmiyum düzeyleri her iki ortam derişiminde de etkide kalma süresinin uzamasıyla arttığı saptanmıştır. Karaciğer kadmiyum düzeyleri denenen tüm çinko derişimlerinde önemli miktarlarda azalmıştır (Şekil 4.4 A ve B). Bu azalma yüksek ortam derişimlerinde daha fazla olmuştur. 1.0 mg/L Cd+ 5.0 mg/L Zn karışımındaki azalma 7. günde %34, 14. günde %33 ve 21.günde %23 düzeyinde gerçekleşmiştir.

Böbrek dokusunda kadmiyum düzeyi aynı ortam derişiminde etkide kalma süresinin uzamasıyla artma göstermiştir. Böbrek dokusunda çinkonun kadmiyum birikimine etkisi istatistik olarak önem taşımaktadır (Şekil 4.5 A ve B). Böbrek dokusu kadmiyum düzeyleri 0.1 mg/L Cd+0.5 mg/L Zn ve 1.0 mg/L Cd+ 5.0 mg/L Zn karışımlarında önemli miktarlarda azalmıştır. 0.1 mg/L Cd+0.5 mg/L Zn karışımında kadmiyum düzeyindeki azalma denenen tüm sürelerde %30'un üzerinde olduğu saptanmıştır.

A

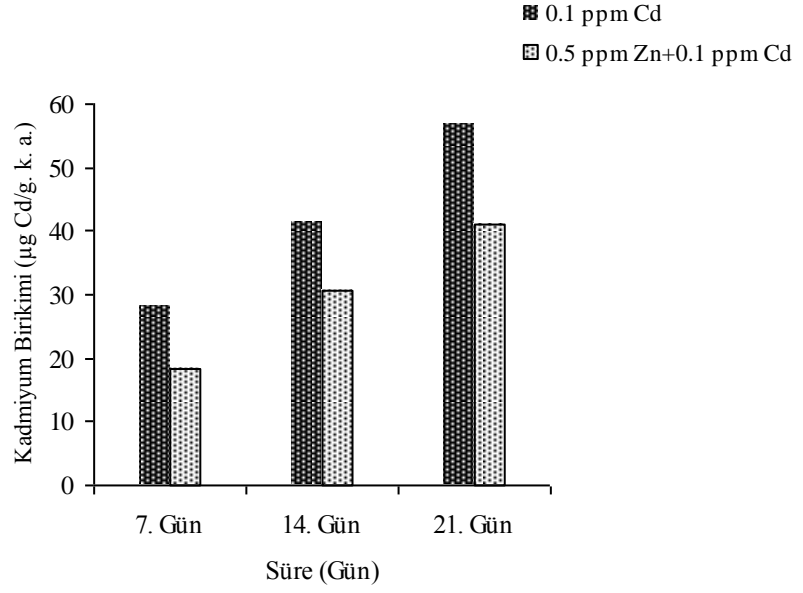


B

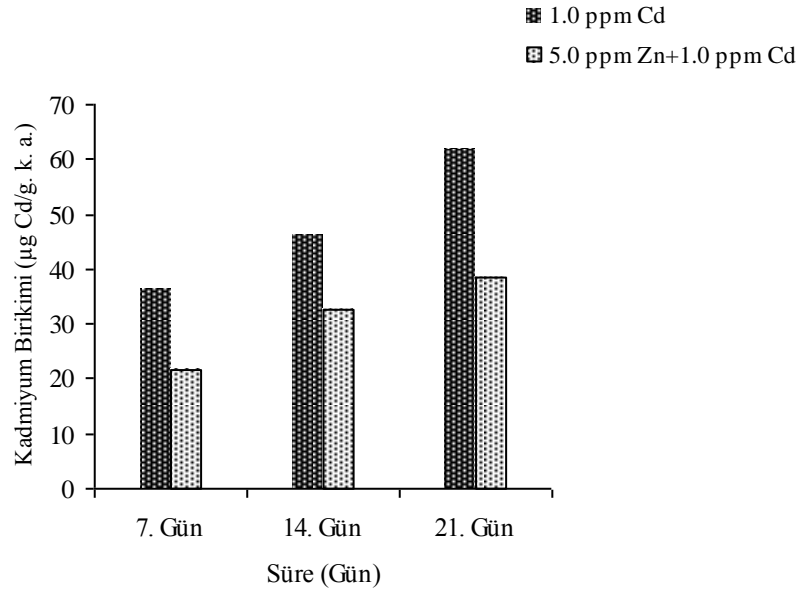


Şekil 4. 2. *O. niloticus*'da kas dokusunda kadmiyum birikimi üzerine çinko ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A:0.1 ppm Cd, B: 1.0 ppm Cd)

A

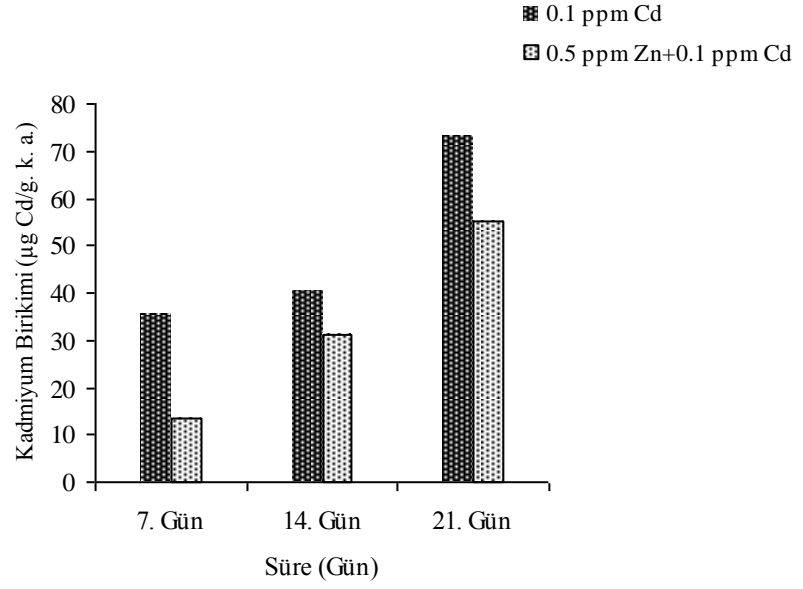


B

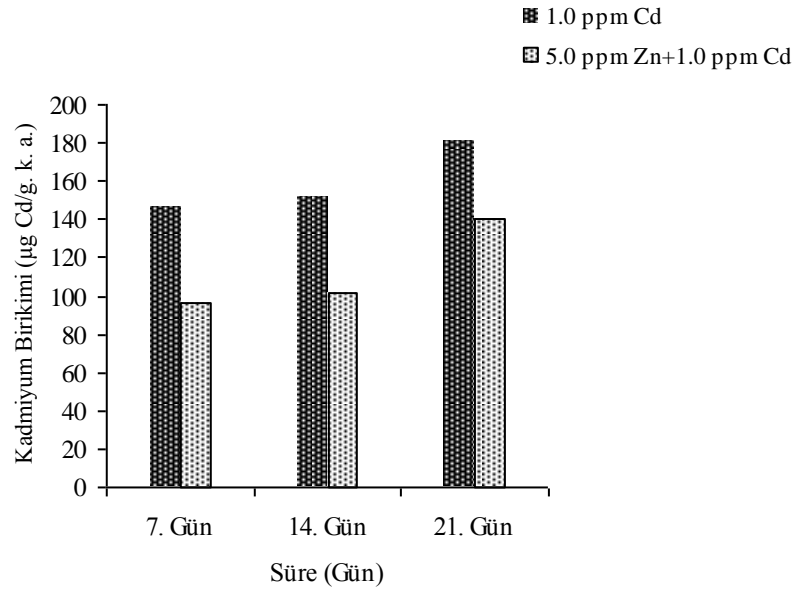


Şekil 4. 3. *O. niloticus*'da solungaç dokusunda kadmiyum birikimi üzerine çinko ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A:0.1 ppm Cd, B: 1.0 ppm Cd).

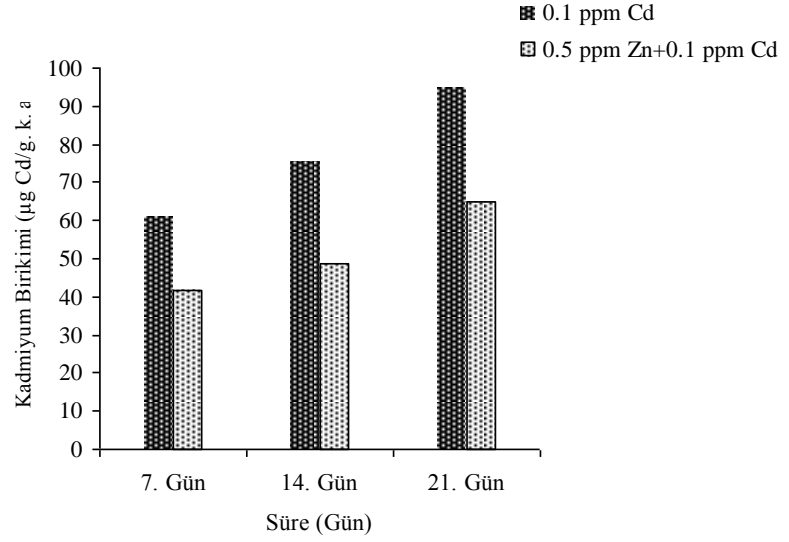
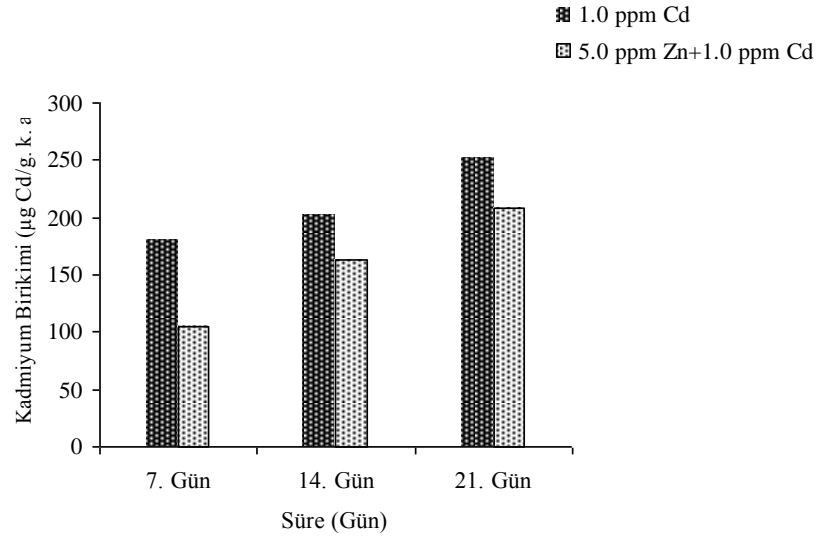
A



B



Şekil 4. 4. *O. niloticus*'da karaciğer dokusunda kadmiyum birikimi üzerine çinko ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A:0.1 ppm Cd, B: 1.0 ppm Cd).

A**B**

Şekil 4. 5. *O. niloticus*'da böbrek dokusunda kadmiyum birikimi üzerine çinko ortam derişimleri ve sürenin etkisi (A:0.1 ppm Cd, B: 1.0 ppm Cd).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kadmiyum akuatik organizmalar üzerine toksik etkiye sahip olan çok tehlikeli bir çevre kirleticisidir. Su organizmalarıyla yapılan çalışmalarda civadan sonra en toksik ikinci metalin kadmiyum olduğu belirtilmiştir (Eisler ve Hennekey, 1977). Kadmiyum organizmalara toksik etkiyi enzim aktivitelerini değiştirerek, solungaçlarda iyon dengesini bozarak ve solunumu engelleyerek yaptığı belirtilmiştir (Hunn, 1985; Lionetto ve ark., 2000). Araştırmamızda 1.0 mg/L Cd ortam derişiminde *O. niloticus*'da mortalitenin gözlenmediği saptanmıştır. *O. niloticus*'da dokularda yüksek düzeyde Cd birikmesine rağmen balıklarda ölüm gözlenmemesi, karaciğer ve böbrek gibi organlarda detoksifikasyon sisteminin çok etkili olduğunu göstermektedir. Bu dokularda metallothionein (MT) adı verilen detoksifiye proteinlerinin yüksek düzeyde sentezlendiği bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Thomas ve ark.,1983; Kay ve ark., 1986).

Kadmiyumun subletal derişimleri balıklarda büyüme ve üremede aksamalara (Kirby ve ark., 2001), enzim aktivitelerinde değişikliklere (Almeida ve ark., 2001) iyon dengesinin bozulmasına (Torre ve ark., 2000) ve solungaçlarda hipoksiyanın oluşumuna (Heath, 1987) neden olduğu belirtilmiştir.

Kadmiyumun balıklarda birikimi, alınım ve eliminasyon mekanizmalarına bağlı olarak derişim göstermektedir. *Lepomis macrochirus* ve *Micropterus salmoides* gibi balıklarla yapılan araştırmalarda dokularda kadmiyum birikiminin, Cd alınımının eliminasyondan fazla olması sonucu olduğu belirtilmiştir (Cearley ve Coleman, 1974). Kadmiyum balıklarda genelde solungaç ve besin yoluyla alınır. Ortamdan solungaçlar yoluyla alınan Cd kana transfer olur buradan da arteriyal sistemle iç organlara dağılırken, besin yoluyla alınan Cd barsaklardan kana geçerek buradan hepatik portal sistemle karaciğere taşınır (Szebedinszky ve ark., 2001).

Balıklarda doku ve organlarda kadmiyum birikimi etkide kalınan sürenin uzaması ve ortam derişimindeki artışa bağlı olarak arttığı saptanmıştır (Cearley ve Coleman, 1974; Kay ve ark., 1986; Kargin ve Çoğun, 1999). *O. niloticus* ile yapılan bu araştırmada ortam derişimindeki artış ve sürenin uzamasıyla doku ve organlardaki kadmiyum birikiminin de arttığı saptanmıştır.

Ağır metallerin dokulardaki dağılımı, metallerin depolanma yerlerindeki hassaslığına ve MT sentezinin oluşumuna bağlı olarak değişim gösterir (Ramamoorthy ve Blumhagen, 1984). Ağır metaller belirli dokularda yüksek düzeyde birikmektedirler. Böbrek, karaciğer ve solungaç dokusu ağır metallerin birikmesinde indikatör organlardır. Bu dokular metallerin detoksifikasyonunda önemli rol oynadıkları gibi MT'lerin başlıca sentezlendiği organlardır (Cousins, 1985). *O. niloticus*'da denenen her iki derişimde de kadmiyum birikimi en fazla böbreklerde olmuş bunu karaciğer, solungaç ve kas dokusu izlemiştir. *Salmo gairdneri* ile yapılan bir çalışmada kadmiyumun %99'unun böbrek, karaciğer ve solungaç dokusunda biriktiği belirtilmiştir (Thomas ve ark., 1985).

Böbrek ve karaciğer metal birikiminde önemli organlar olduğu gibi aynı zamanda metal toksisitesinden de en fazla etkilenen organlardır. Bu dokuların metabolizmada önemli rol oynadığı ve birçok enzimin bu dokularda işlev yaptığı belirtilmiştir (Kay ve ark., 1986; Cinier ve ark., 1999). *S. gairdneri*' de Cd birikimi ile ilgili yapılan bir araştırmada birikimin en fazla böbreklerde olduğu bunu karaciğer ve solungaç dokusunun izlediği belirtilmiştir (Thomas ve ark., 1985). *C. carpio*'da böbrekte Cd birikiminin karaciğer ve kas dokusundan oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir (Cinier ve ark., 1999). Kadmiyumun etkisine bırakılan *Oreochromis aureus*'da birikimin en fazla böbreklerde olduğu ve bunu karaciğer, solungaç ve kas dokusunun izlediği saptanmıştır (Woo ve ark., 1993). Araştırmacılar bu organların balık vücudundaki diğer organlara kıyasla hacim olarak büyük olmalarının da bu birikimde önemli rol oynadığını belirtmişlerdir. Kadmiyum bu organlarda özellikle MT'lere bağlanarak depolandığı saptanmıştır (Thomas ve ark., 1985; Hollis ve ark., 1999). Bu araştırmada denenen tüm derişimlerde en yüksek Cd birikimi böbrekte olup bunu karaciğer, solungaç ve kas dokusu izlemiştir. Kadmiyum birikimi karaciğer ve böbrek dokusunda doygunluğa ulaştığında diğer dokulara (kas gibi) taşınmaktadır.

Kadmiyum başlıca solungaçlar yoluyla alınmakta ve kan plazmasıyla iç organlara taşınmaktadır. Karaciğer ve böbrek gibi iç organlarda kadmiyum birikiminin büyük bir olasılıkla solungaçlardan kaynakladığı veya solungaç orijinli olduğu belirtilmiştir (Wicklund ve Runn, 1990). Balıklarda solungaçlar geniş bir

yüzeyle sahip olmaları ve dış ortamdaki metal ile doğrudan ilişkide olması nedeniyle metal birikimi yüksek düzeyde gerçekleşmektedir (Blasco ve Puppo, 1999). *Ictalurus catus*'da Cd birikimi ile ilgili yapılan bir çalışmada böbrek ve karaciğerden sonra en yüksek birikimin solungaçlarda olduğu saptanmıştır (Rowe ve Massaro, 1974). Farklı balık türleriyle yapılan araştırmalarda solungaçlarda kadmiyum birikiminin yüksek düzeyde gerçekleştiği belirtilmiştir (Brown ve ark., 1986). *O. mykiss*'de solungaç kadmiyum birikiminin karaciğerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Hollis ve ark., 2001). Bu araştırmada 0.1 ve 1.0 mg/L Cd ortam derişimlerinde solungaçlarda yüksek düzeyde kadmiyum biriktiği saptanmıştır.

Gerekli metaller (Zn, Cu, Fe) kas dokusunda homeostatik regülasyon ile kontrol edilebilirken (Cross ve ark., 1973; Phillips, 1980), gerekli olmayan metallerin (Hg, Cd, Pb) kas dokusunda regüle edilmemesi nedeniyle bu metallerin birikimi önemli düzeylere ulaşabilmektedir. *Mugil cephalus*'da kas dokusunda Cd birikimi 14. gün sonunda en yüksek ortam derişiminde 30.59 µg/g olarak saptanmıştır (Kirby ve ark., 2001). Bu araştırmada *O. niloticus*'un kas dokusunda Cd düzeyi 1.0 mg/L ortam derişiminde deneylerin sona erdirildiği 21. gün sonunda 37.30 µg/g olarak saptanmıştır.

O. niloticus'da kan dokusu Cd derişimi diğer dokularla kıyaslandığında oldukça düşük düzeyde olduğu saptanmıştır. Her iki ortam derişiminde de sürenin uzamasıyla kan Cd derişiminin arttığı fakat bu artışın çok düşük düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. *I. catus*'da kan dokusu Cd düzeyi diğer dokulara göre çok düşük düzeyde olup sürenin uzamasıyla artış eğilimi gösterdiği belirtilmiştir (Rowe ve Massaro, 1974). Akuatik organizmalarda kan dokusunda kadmiyum dışındaki diğer metallerinde hemen hiç birikmediği veya çok düşük düzeylerde biriktiği belirlenmiştir (Everaarts, 1986; Anderson ve ark., 1997; Baden ve ark., 1999).

Çinko balıklarda büyüme ve gelişme için çok düşük düzeylerde gerekli bir elementtir ve geniş bir derişim aralığında balıklar tarafından regüle edildiği belirtilmiştir (Kock ve Bucher, 1997). Çinkonun omurgasız hayvanlarda (Thorp ve Lake 1974; Oakden ve ark., 1984) ve omurgalı hayvanlarda (Hilmy ve ark., 1987; Agirdir ve ark., 2002) ağır metallerin toksik etkisini azalttığı saptanmıştır. Cd ve Cd+Zn verilen farelerde yalnız Cd'a oranla Cd+Zn karışımında farelerdeki toksik

etkilerin kısmen engellendiği belirtilmiştir (Agirdir ve ark., 2002). *Clarias lazera*'da Zn, Cu'nun toksik etkisini azaltarak mortalite oranını düşürmüştür (Hilmy ve ark., 1987). *Anadonta cygnea*'da Zn, Cd toksisitesine karşı koruyucu bir etki yaptığı belirlenmiştir (Hemelraad ve ark., 1987). Webb (1972) erkek farelerde Cd toksisitesine karşı Zn'un koruyucu etkisinin olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı Zn'un farelerin karaciğerinde kadmiyumun yüksek afinite gösterdiği Cd bağlayıcı proteinlerin sentezini arttırarak kadmiyum iyonlarının buna bağlanması sonucu toksik etki gösteremediğini belirtmiştir.,

Zn, Fe, Cr ve Ca gibi iyonlar organizmalarda metal birikimini engelleyen elementlerdir. Omurgalı ve omurgasız hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda bu elementlerin yüksek derişimleri dokularda metal birikimini engellediği belirtilmiştir (Stacey ve ark., 1983; Hemelraad ve ark., 1987; Cuvin-Aralar, 1994; Wicklund Glynn, 2001; Morley ve ark., 2002; Qui ve ark., 2005; Cooper ve ark., 2006).

Bu araştırmada denenen tüm sürelerde Zn+Cd karışımındaki balıkların tüm dokularında kadmiyum birikimi, Cd'un doğrudan etkisine bırakılan balıklara oranla azaldığı saptanmıştır. 21. gün sonunda dokularda kadmiyum miktarı, 0.1 mg/L Cd+0.5 mg/L Zn karışımındaki balıklarda 0.1 mg/L Cd etkisindeki balıklara oranla kasta %19, karaciğerde %25, böbrekte %31, kan dokusunda %25, solungaçta %27; 1.0 mg/L Cd + 5.0 mg/L Zn karışımındaki balıklarda 1.0 mg/L Cd etkindeki balıklara göre kasta %21, karaciğerde %23, böbrekte %17, kan dokusunda %14 ve solungaç dokusunda %37 düzeyinde bir azalma göstermiştir. *Brachydanio rerio*'da çinkonun, kadmiyumun barsaklar yoluyla alınımını azaltarak kadmiyumun iç organlardaki birikiminin azalmasına neden olmuştur (Wicklund ve ark., 1988). Hemelraad ve ark. (1987) *A. cygnea* ile yaptıkları bir araştırmada dokularda kadmiyumun birikimi çinkonun varlığında azaldığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar Zn'un Cd birikimine karşı koruyucu veya antagonist etkisi, Zn/Cd oranına ve metal derişimine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. *Diplostomum spathaceum*'da çinkonun kadmiyumun birikimi üzerine antagonist bir etki göstererek dokularda kadmiyumun birikimini azalttığı ve bunun Zn ve Cd'un benzer fizikokimyasal özellikler göstermesinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Morley ve ark., 2002). Daka ve Hawkins (2006) *Littorina saxatilis*'de çinkonun kadmiyum birikimini azalttığı ve bu iki metalin organizmaya girişte aynı

alınım yolunu paylaşmaları nedeniyle çinkonun kadmiyum alınımını engellediğini belirtmişlerdir. Cd ve Cd+Zn karışımına bırakılan farelerde yalnız Cd'a oranla karışımın etkisindeki hayvanların dokularındaki kadmiyum birikiminin oldukça azaldığı belirtilmiştir (King ve ark., 1998).

Cd+Zn karışımına bırakılan farelerin böbreklerinde kadmiyum birikiminin, yalnız Cd'un etkisine bırakılan hayvanlara oranla oldukça azaldığı saptanmıştır (Agirdir ve ark., 2002). *C.lazera*'da karaciğer, böbrek, solungaç ve kas dokusunda bakır birikiminin çinkonun varlığında azaldığı belirtilmiştir (Hilmy ve ark., 1987). *A. cygnea*'da çinko, solungaç ve böbrek dokusunda kadmiyum birikimini azalttığı, solungaç Cd düzeyindeki azalmanın yaklaşık olarak %25 civarında olduğu belirlenmiştir (Hemelraad ve ark.,1987). Kadmiyum ve çinkonun solungaçlardan alınımı Ca taşınma mekanizmasıyla olması nedeniyle *Danio rerio*'da solungaçlarda Cd alınımı Zn'un varlığında azaldığı bunun çinkonun solungaçlardan Cd permeabilitesini azaltması ve solungaçlarda Cd ile direkt rekabet ederek Cd alınımını engellemesi sonucu olduğu kabul edilmektedir (Wicklund Glynn, 2001). Bu çalışmada denenen derişimlerde Cd'un doğrudan etkisine bırakılan balıklara oranla Cd+Zn karışımına bırakılan balıkların solungaçlarında Cd düzeyindeki azalmanın diğer dokulara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Çinkonun kadmiyum dışında diğer metallerinde dokularındaki birikimini azaltmaktadır. *Dreissena polymorpha*'da Co alınımı üzerine Zn'un engelleyici etkisi olduğu belirlenmiştir (Frayssse ve ark., 2002). Farelerde çinkonun etkisiyle ilgili yapılan bir çalışmada çinkonun Ni'in alınımını engellediği saptanmıştır (Kasprzak ve ark., 1988). *Tilapia nilotica*'da karaciğer, solungaç ve kas dokusunda Cu birikimi üzerine Zn'un antagonistik etki yaptığı ve bu dokularda Cu birikimi Zn'un varlığında azaldığı belirtilmiştir (Kargin ve Erdem, 1992). Daka ve Hawkins (2006) *L. saxatilis*'de yaptıkları bir çalışmada Zn'un dokularda Cu ve Pb birikimi üzerine antagonist bir etkisinin olduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmada denenen tüm süre ve derişimlerde çinko *O. niloticus*'un karaciğer, kas, böbrek, kan ve solungaç dokularında kadmiyum birikimini önemli düzeyde azalttığı saptanmıştır. Bu azalma çinko iyonlarının kimyasal aktivitesinin kadmiyum iyonlarından yüksek olması ve organik ligandlara ilgisinin daha fazla

olması nedeniyle solungaç membranındaki taşıyıcılara kadmiyumdan önce bağlanarak kadmiyumun alınımını engellemesi sonucu olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AGIRDIR, B. V., BILGEN, I., DINC, O., OZCAGLAR, H. U., FISENK, F., TURHAN, M. and ONER, G., 2002. Effects of Zinc Ion on Cadmium-Induced Auditory Changes. *Biological Trace Element Research*, 2: 153-164.
- ALMEIDA, J. A., NOVELLI, E. L. B., DAL PAI SILVA, M. and ALVES, J. R., 2001. Environmental Cadmium Exposure and Metabolic Responses of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Environmental Pollution*, 114(2): 169-175.
- ANDERSON, M. B., PRESLAN, J. E., JOLIBOS, L., BOLLINGER, J. E. and GEORGE, W. J., 1997. Bioaccumulation of Lead Nitrate in Red Swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*). *Journal of Hazardous Materials*, 54: 15-29.
- BADEN, S. P., ERIKSSON, S. P. and GERHARDT, L., 1999. Accumulation and Elimination Kinetics of Manganese from Different Tissues of the Norway Lobster *Nephrops norvegicus* (L.). *Aquatic Toxicology*, 46: 127-137.
- BLASCO, J. and PUPPO, J., 1999. Effects of Heavy Metals (Cu, Cd and Pb) on Aspartate and Alanine Aminotransferase in *Ruditapes philippinarum* (Mollusca: Bivalvia). *Comp. Biochem. and Physiol., Part C.*, 122: 253-263.
- BLUST, K. V. R., 1999. Uptake of Cadmium and Zinc by the Mussel *Mytilus edulis* and Inhibition by Calcium Channel and Metabolic Blockers. *Marine Biology*, 135: 615-626.
- BRAY, T. M. and BETTGER, W. J. 1990. The Physiological Role of Zinc as Antioxidant. *Free Radical Biology and Medicine*, 8: 281-291.
- BROWN, M. W., THOMAS, D. G., SHURBEN, D., SOLBE, J. F., KAY, J. and CREYER, D., 1986. A Comparison of the Differential Accumulation Cadmium in the Tissues of Three Species of Freshwater Fish , *Salmo gairdneri*, *Rutilus rutilus* and *Noemacheilus barbatus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 84C (2): 213-217.

- CEARLEY, J. E. and COLEMAN, R. L., 1974. Cadmium Toxicity and Bioconcentration in Laregmouth Bass and Bluegill. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 11: 146-151.
- CINIER, C., PETIT-RAMEL, FAURE, R., GARIN, D and BOUVET, Y., 1999. Kinetics of Cadmium Accumulation and Elimination in Carp *Cyprinus carpio* Tissues. *Comp. Biochem. and Physiol., Part C.*, 122: 345-352.
- COLEMAN, J. E., 1992. Zinc Protein: Enzymes, Storage Protein, Transportation Factor, and Replication Protein. *Annu. Rev. Biochem.*, 61: 879-946.
- COOPER, C. A., HANDY, R. D. and BURY, N. R. 2006. The Effects of Dietary Iron Concentration on Gastrointestinal and Branchial Assimilation of Both Iron and Cadmium in Zebrafish (*Danio rerio*). *Aquatic Toxicology*, 79: 167-175.
- COUDRAY, C., RACHIDI, S. and FAVIER, A. 1993. Effect of Zinc on Superoxide Dependent Hydroxyl Radical Production in Vitro. *Biol. Trace. Elem. Res.*, 38: 273-287.
- COUSINS, R. J., 1985. Absorbtion, Transport and Hepatic Metabolism of Copper and Zinc Special Reference to Metallothionein and Ceruloplasmin. *Physiol. Rev.*, 65: 238-308.
- CROSS, F., HARDY, L., JONES, N. and BARBER, R., 1973. Relation Between Total Body Weight and Concentrations of Manganese, Iron, Coppeer, Zinc and Mercury in White Muscle of Bluefish (*Pomatomus saltatrix*) and a Bathyldemarsal Fish (*Antimora rostrata*). *J. Fish. Res. Biol. Can.*, 30: 1287-1291.
- CUVIN-ARALAR, M. L. A., 1994. Survival and Heavy Metal Accumulation of Two *Oreochromis niloticus* (L.) Strains Exposed to Mixtures of Zinc, Cadmium and Mercury. *The Science of the Total Environment*, 148: 31-38.
- DAKA, E. R. and HAWKINS, S. J., 2006. Interactive Effects of Copper, Cadmium and Lead on Zinc Accumulation in the Gastropod Mollusc *Littorina saxatilis*. *Water, Air and Soil Pollution*, 171: 19-28.

- DE SMET, H. and BLUST, R., 2001. Stress Responses and Changes in Protein Metabolism in carp *Cyprinus Caprio* During Cadmium Exposure. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 48: 255-262.
- 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.
- EISLER, R. and HENNEKEY, R. J., 1977. Acute Toxicities of Cd, Cr, Hg, Ni and Zn to Estuarine Macrofauna. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 6: 315-323.
- ELLIOTT, N. G., SWAIN, R. and RITZ, D. A. 1986. Metal Interaction During Accumulation by the Mussel *Mytilus edulis planulatus*. *Marine Biology*, 93: 395-399.
- EVERAARTS, J. M., 1986. The Uptake and Distribution of Copper in the Lugworm, *Arenicola marina* (Annelida, Polychaeta), Netherlands. *Journal of Sea Reseach*, 20: 253-267.
- FRAYSSE, B., BAUDIN, J. P. , GARNIER-LAPLACE, J., ADAM, C. and BOUDOU, A., 2002. Effects of Cd and Zn Waterborne Exposure on the Uptake and Depuration of ^{57}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ and ^{134}Cs by the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*) and Zebra Mussel (*Dreisson polymorpha*)-Whole Organism Study. *Environmental Pollution*, 118: 297-306.
- GAGNON, C., VAILLANCOURT, G. and PAZDERNIK, L. 1998. Influence of Water Hardness on Accumulation and Elimination of Cadmium in Two Aquatic Mosses Under Laboratory Conditions. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 34(1): 12-20.
- HEATH, A.G., 1987. *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Pres. 24 pp. Florida USA.
- HEMELRAAD, J., KLEINVELD, H. A., DE ROSS, A. M., HOLWERDA, D. A. and ZANDEE, D. I., 1987. Cadmium Kinetics in Freshwater Clams. III. Effects of Zinc on Uptake and Distribution of Cadmium in *Anadonta cygnea*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 16: 95-101.
- HILMY, A.M., EL DOMATIY, N.A., DAABEES, A.Y. and ALSAHRA, A., 1987. The Toxicity to *Clarias lazera* of Copper and Zinc Applied Jointly. *Comp. Biochem. Physiol.*, 83C: 309-314.

- 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.
- 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., McGEER, J. C., McDONALD, D. G. and WOOD, C. M., 2000. Effects of Long Term Sublethal Cd Exposure in Rainbow Trout During soft Water Exposure: Implications for Biotic Ligand Modelling. *Aquat. Toxicol.*, 51: 93-105.
- HUNN, J. B., 1985. Role of Calcium in Gill Function in Freshwater Fishes. *Comp. Biochem. Physiol.*, 82A: 543-547.
- KARGIN, F., 1996. a Seasonal changes in Levels of Heavy Metals in Tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* Collected from İskenderun Gulf (Turkey). *Water, Air and Soil Pollution*, 89: 1-6.
- KARGIN, F., 1996. b. Effects of EDTA on Accumulation of Cadmium in *Tilapia zilli*. *Doğa-Tr. J. of Zoology*, 20: 419-421.
- KARGIN, F. and COGUN, 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.
- KARGIN, F. and ERDEM, C., 1992. Bakır-Çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica* (L.)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. *Doğa-Tr. J. of Zoology*, 16: 343-348.
- KASPRZAK, K. S., KOVATCH, R. M. and POIRIER, L. A., 1988. Inhibitory of Zinc on Nichel Subsulfide Carcinogenesis in Fisher Rats. *Toxicology*, 52: 253-262.
- KAY, J., THOMAS, D. G., BROWN, M. W., CRYER, A., SHURBEN, D., SOLBE, J. F. G. and GARVEY, S., 1986. Cadmium Accumulation and Protein

- Binding Patterns in Tissues of the Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*. Environmental Health Perspectives, 65: 133-139.
- KING, L. M., ANDERSON, M. B., SIKKA, S. C. and GEORGE, W.J., 1998. Murine Strain Differences and the Effects of Zinc on Cadmium Concentrations in Tissues After Acute Cadmium Exposure. Archives of Toxicology, 72: 650-655.
- KIRBY, J., MAHER, W. and KRIKOVA, F., 2001. Selenium, Cadmium, Copper and Zinc Concentrations in Sediments and Mullet (*Mugil cephalus*) from the Southern Basin of Lake Macquarie, NSW, Australia. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 40: 246-256.
- KOCK, G. and BUCHER, F., 1997. Accumulation of Zinc Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) After Waterborne and Dietary Exposure. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 58: 305-310.
- LIONETTO, M. G., GIORDANO, M. E., VILELLA, S. and SCHETTINO, T., 2000. Inhibition of Eel Enzymatic Activities by Cadmium. Aquatic Toxicology, 48: 561-571.
- McLEESE, D. W. and RAY, S., 1984. Uptake and Excretion of Cadmium, Cd EDTA and Zinc by *Macoma balthica*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 32: 85-92.
- McGEER, J. C., SZEDEDINSZKY, C., McDONALD D. G. and WOOD, C. M., 2000. Effect of Chronic Sublethal Exposure to Waterborne Cu, Cd or Zn in Rainbow Trout 2: Tissue Specific Metal Accumulation. Aquatic Toxicology, 50: 245-256.
- MORLEY, N. Y., CRANE, M. and LEWIS, J. W., 2002. Toxicity of Cadmium and Zinc Mixtures to *Dislostomom spathaceum* (Trematoda: Diplostomidae) Cercarial Survival. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 43: 28-33.
- MURAMOTO, S. 1983. Elimination of Copper from Cu-Contaminated Fish by Long-Term Exposure to EDTA and Fresh-Water . J. Environ. Sci. Health. A18 (3), 455-461
- NOREY, C. G., BROWN, M. W., CRYER, A. and KAY, J., 1990. A Comparison of the Accumulation, Tissue Distribution and Secretion of Cadmium in

- Different Species of Freshwater Fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 96C: 181-184.
- OAKDEN, J. M., OLIVER, J. S. and FLEGAL, A. R., 1984. EDTA Chelation and Zinc Antagonism with Cadmium in Sediment, Effects on the Behavior and Mortality of Two Infaunal Amphipods. *Marine Biology*, 84: 125-130.
- ODENDAL, J. P. and REINECKE, A. J., 2004. Effect of Metal Mixtures (Cd and Zn) on Body Weight in Terrestrial Isopods. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 46: 377-357.
- PHILLIPS, D., 1980. Quantitative Aquatic Biological Indicators. Pollution Monitoring Series, Applied Science Publishers. London.
- PRATAP, H. B., LOCK, R. A. C. and WENDELAAR BONGA, S. E., 1989. Effect of Waterborne and Dietary Cadmium on Plasma Ions of the Teleost *Oreochromis mossambicus* in Relation to Water Calcium Levels. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 18: 568-575.
- QUI, J. W., XIE, Z. C. and WANG, W. X., 2005. Effects of Calcium on the Uptake and Elimination of Cadmium and Zinc in aquatic Clams. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 48: 278-287.
- RAINBOW, P. S., 1985. The Biology of Heavy Metals in the Sea. *Intern. J. Environmental Studies*, 25: 195-211.
- RAINBOW, P. S., AMIARD-TRIQUET, C., AMIARD, J. C., SMITH, B. D. and LANGSTON, W. J., 2000. Observation on the Interaction of Zinc and Cadmium Uptake Rates in Crustaceans (Amphipods and Crabs) from Coastal Sites in UK and France Differentially Enriched With Trace Metals. *Aquatic Toxicology*, 50: 189-204.
- RAMAMOORTHY, S. and BLUMHAGEN, K., 1984. Uptake of Zn, Cd and Hg by Fish in the Presence of Competing Compartments. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.*, 41: 750-756.
- ROWE, D. W. and MASSARO, E. J., 1974. Cadmium Uptake and Time Dependent Alterations in Tissue Levels in the White Catfish *Ictalurus catus* (Pisces: Ictaluridae). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 3: 244-249.

- SASTRY, K. V. and SHUKLA, V., 1994. Influence of Protective Agents in the Toxicity of Cadmium to a Freshwater Fish (*Chanra punctatus*). Bull. Environ. Contam. Toxicol., 53: 711-717.
- 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.
- STACEY, N. H., WONG, K. and KLASSEN, C. D., 1983. Protective Effects of Chromium on the Toxicity of Cadmium in Vivo. Toxicology, 28: 147-153.
- SZEBEDINSZKY, C., McGEER, J. C., McDONALD, D. G. and WOOD, C. M., 2001. Effects of Chronic Cd Exposure via the Diet or Water on Internal Organ-Specific Distribution and Subsequent Gill Cd Uptake Kinetics in Juvenile Rainbow Trout. Environ. Toxicol. Chem., 20: 597-607.
- SURESH, A., SIVARAMKRISHNA, B. and RADHAKRISHNAIAH, K. 1993. Patterns of Cadmium Accumulation in the Organs of Fry and Fingerling of Freshwater Fish *Cyprinus carpio* Following Cadmium Exposure. Chemosphere, 26(5): 945-953.
- THOMAS, D. G., CRYER, A., SOLBE, J. F. L.G. and KAY, J., 1983. A Comparison of Accumulation and Protein Binding of Environmental Cadmium in the Gill, Kidney and Liver of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri richadson*). Comp. Biochem. Physiol. Part. C. Comp. Pharmacol. And Toxicol., 76: 241-246.
- THOMAS, D. G., BROWN, M. W., SHURBEN, D., SOLBE, J. F. G., CRYER, A. and KAY, J., 1985. A Comparison of the Sequestration of Cadmium and Zinc in the Tissues of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Following Exposure to the Metals Singly or in Combination. Comp. Biochem. Physiol. Part. C. Comp. Pharmacol. And Toxicol., 82(1): 55-62.
- THORP, V. J. and LAKE, P. S., 1974. Toxicity Bioassays of Cadmium on Selected Freshwater Invertabrates and the Interaction of Cadmium and Zinc on the Freshwater Shrimp, *Paratya tasmaniensis piek*. Aust. J. Mar. Freshwat. Res., 25: 97-104.

- TORRE, F. R., SALIBIAN, A. and FERRARI, L., 2000. Biomarkers Assessment in Juvenile *Cyprinus Carpio* Exposed to Waterborne Cadmium. *Environmental Pollution*, 109: 277-282.
- VERBOST, P. M., FLIK, G., LOCK, R. A. C. and WENDELAAR BONGA, S. E., 1987. Cadmium Inhibition of Ca^{2+} Uptake in Rainbow Trout Gills. *Am. J. Physiol.*, 253: 216-221.
- VERBOST, P. M., FLIK, G., LOCK, R. A. C. and WENDELAAR BONGA, S. E., 1989. The Movement of Cadmium Through Freshwater Trout Branchial Epithelium and Its Interference With Calcium Transport. *J. Exp. Biol.*, 145: 185-197.
- VERRIOPOULOS, G. and DIMAS, S., 1988. Combined Toxicity of Copper, Cadmium, Zinc, Lead, Nickel and Chrome to the Copepod *Tisbe holothuriae*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 41: 378-384.
- VERRIOPOULOS, G., MORAITOU-APOSTOPOULOU, M. and MILLIOU, E., 1987. Combined Toxicity of Four Toxicants (Cu, Cr, Oil, Oil Dispersant) to *Artemia salina*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 38: 483-490.
- WAALKERS, M. P., KASPRZAK, K. S., OHSHIMA, M. and POIRIER, L. A., 1985. Protective Effects of Zinc Acetate Toward the Toxicity of Nickelous Acetate in Rats. *Toxicology*, 34: 29-41.
- WEBB, M., 1972. Protection by Zinc Against Cadmium Toxicity. *Biochemical Pharmacology*, 21: 2767-2771.
- WEIS, J. S., 1980. Effects of Zinc on Regulation in the Fiddler Crab *Uca pugilator* and Interactions With Methylmercury and Cadmium. *Marine Environmental Research*, 3: 249-255.
- WICKLUND, A., NORRGREN, L. and RUNN, P., 1988. The Influence of Cadmium and Zinc in the Cadmium Turnover in the Zebrafish (*Brachydanio rerio*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 19: 348-353.
- WICKLUND, A., and RUNN, P., 1990. Calcium Effects on Cadmium Uptake, Redistribution, and Elimination in Minnows, *Phoxinus phoxinus*, Acclimated to Different Calcium Concentrations. *Aquatic Toxicology*, 13: 109-122.

- WICKLUND GLYNN, D., 2001. The Influence of Zinc on Apical Uptake of Cadmium in the Gills and Cadmium Influx to the Circulatory System in Zebrafish (*Danio rerio*). *Comp. Biochem. Physiol. Part C.*, 128: 165-172.
- WOO, P. T. K., SIN, Y. M. and WONG, M. K. 1993. The Effects of Short-term Accute Cadmium Exposure on Blue Tilapia, *Oreochromis aureus*. *Environ. Biology of Fishes.*, 37: 67-74.
- ZHANG, L. and WANG, W. 2005. Effects of Zn Pre-exposure on Cd and Zn Bioaccumulation and Metallothionein Levels in Two Species of Marine Fish. *Aquatic Toxicology*, 73: 353-369.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Deniz ŞAH
Doğum Yeri ve Yılı: Samandağ, Antakya, 1979
Yabancı Dil: İngilizce
Email:

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Program	Yıl
Yüksek Lisans:	Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı	2003-2007
Tezsiz Yüksek Lisans:	Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı	2002-2003
Lisans:	Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü	1998-2002
Lise:		1993-1996
Orta Okul:		1990-1993
İlkokul:		1985-1990