

T. C.
KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Oreochromis niloticus'DA BAKIR VE KADMIYUM BİRİKİMİNDE KALSİYUM
VE ZEOLİTİN ETKİLERİ

İpek ÇİMRİN REYHAN

DANIŞMAN: Doç. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN


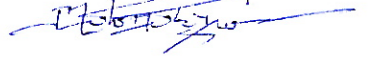
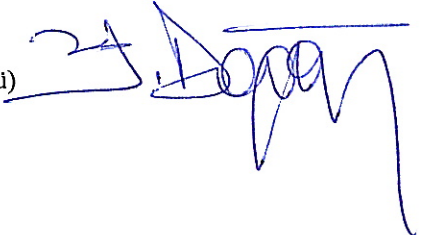
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

MART 2014
KİLİS

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Doç. Dr. Hikmet Y. ÇOĞUN danışmanlığında, İpek ÇİMRİN REYHAN tarafından hazırlanan “*Oreochromis niloticus*’da bakır ve kadmiyum birikiminde kalsiyum ve zeolitin etkileri” adlı tez çalışması 12.03.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı Soyadı (Kurumu)	İmza
Başkan	Doç. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN (Kilis 7 Aralık Ün. F. E. F. Biyoloji ABD)	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKYÜZ (Kilis 7 Aralık Ün. F. E. F. Kimya ABD)	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Yakup DOĞAN (Kilis 7 Aralık Ün. M. R. E. F. İlköğretim Bölümü)	

Bu tezin kabulü, Fen bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun/...../2014 tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Tez No:

Doç. Dr. Şükrü ÇAKMAKTEPE
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

***Oreochromis niloticus*'DA BAKIR VE KADMIYUM BİRİKİMİNDE KALSİYUM VE ZEOLİTİN ETKİLERİ**

İpek ÇİMRİN REYHAN

Kilis 7 Aralık Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

Yıl:2014

Sayfa: 44

Özet

Bu araştırmada kalsiyum ve zeolitin *Oreochromis niloticus*'un böbrek, karaciğer, solungaç ve kas dokularında bakır ve kadmiyum birikimi üzerine etkileri incelenmiştir. Balıklar 5, 10 ve 15 gün sürelerle 1.0 mg/L Cu, 1.0 mg/L Cu+1.0 mg/L Ca, 1.0 mg/L Cu+0.1 g/L Zeolite ve 1.0 mg/L Cd, 1.0 mg/L Cd+1.0 mg/L Ca, 1.0 mg/L Cd+0.1 g/L Zeolit karışımının etkisine bırakılmış, dokularda bakır ve kadmiyum birikimi ICP-MS Spektrometresi ile ölçülmüştür. Çalışılan dokularda bakır derişimi sürenin uzamasıyla artmıştır. En yüksek bakır birikimi karaciğer dokusunda bulunmuş, bunu böbrek, solungaç ve kas dokusu izlemiştir. Dokularda kadmiyum derişimi de 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 bakır ve kadmiyum birikimi kalsiyum ve zeolitin varlığında azalmıştır. Tüm karışımlarda kalsiyum ve zeolit *O. niloticus*'un böbrek, karaciğer ve solungaç dokularında bakır ve kadmiyum birikimini istatistiksel olarak önemli ölçüde azaltmıştır. Çalışma sonuçları göstermiştir ki bakır ve kadmiyum birikimi zeolit ve kalsiyum tarafından azaltılmış ve zeolit kalsiyumdan daha önemli koruyucu etki yapmıştır.

Anahtar sözcükler: Kadmiyum, Bakır, Birikim, Kalsiyum, Zeolit, *Oreochromis niloticus*.

ABSTRACT

Msc. Thesis

THE EFFECTS OF CALCIUM AND ZEOLITE ON COPPER AND CADMIUM ACCUMULATION IN *Oreochromis niloticus*

İpek ÇİMRİN REYHAN

Kilis 7 Aralık University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

Year:2014

Page: 44

Summary

In this study, effects of calcium and zeolite on the accumulation of copper and cadmium in kidney, liver, gill and muscle of *Oreochromis niloticus* were investigated. The fish were exposed to 1.0 mg/L Cu, 1.0 mg/L Cu+1.0 mg/L Ca, 1.0 mg/L Cu+1.0 g/L Zeolite and 1.0 mg/L Cd, 1.0 mg/L Cd+1.0 mg/L Ca, 1.0 mg/L Cd+1.0 g/L Zeolite mixtures for 5, 10 and 15 days, copper and cadmium accumulation in tissues were measured by ICP-MS. Spectrophotometry. Copper accumulation increased with increasing periods of exposure tissues studied. Highest accumulation of copper occurred in the liver followed by kidney, gill and muscle. Cadmium accumulation also increased with increasing periods of exposure tissues studied. Highest accumulation of cadmium occurred in the kidney followed by liver, gill and muscle. In all exposure period, accumulation of copper and cadmium in whole tissues of *O. niloticus* decreased statistically significant in the presence of calcium and zeolite. In both mixed exposure concentrations, calcium and zeolite significantly reduced the accumulation of copper and cadmium in the kidney, gill and liver of *O. niloticus*. The result of this study demonstrated that the accumulation of copper and cadmium was decreased by calcium and zeolite, and that the protective effects of zeolite are more important than calcium.

Keywords: Cadmium, Copper, Accumulation, Calcium, Zeolite, *Oreochromis niloticus*.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın konusunun belirlenmesinde, gerek araştırılmasında gerekse yazımı aşamasında bilimsel desteğini ve öngörülerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarında desteğini görmüş olduğum Kilis 7 Aralık Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü öğretim elemanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemde büyük emeği olan, maddi manevi her zaman bütün imkanlarını benden esirgemeyen ve bana sunan annem Ünel ÇİMRİN'e ve babam Mustafa ÇİMRİN'e ve ayrıca her zaman Kilis-Gaziantep yolculuğu için beni yalnız bırakmayan kız kardeşim Gaye ÇİMRİN'e teşekkür ederim.

Hayatımı kolaylaştırmak için elinden geleni yapan ve tez yazım aşamasında da yardımlarını esirgemeyen değerli eşim Gökay REYHAN'a teşekkür ederim.

İpek ÇİMRİN REYHAN
Mart, 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL VE METOD	8
4. BULGULAR	10
4.1. Bakır Birikimi	11
4.2. Kadmiyum Birikimi	17
5. TARTIŞMA	24
6. KAYNAKLAR	31
ÖZ GEÇMİŞ	43

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

$^{\circ}\text{C}$: Santigrat
Ca	: Kalsiyum
Cu	: Bakır
Cd	: Kadmiyum
CaCO_3	: Kalsiyum Karbonat
cm	: Santimetre
g	: Gram
L	: Litre
mg	: Miligram
pH	: Hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması
μg	: Mikro gram
Ze	: Zeolit

2. Kısaltmalar

D.A.	: Duyarlılık düzeyinin altında
K1	: 1.0 mg/L Cu+1.0 mg/L Ca
K2	: 1.0 mg/L Cu+1.0 g/L Zeolit
k. a.	: Kuru ağırlık
Ö.A.	: Özgül ağırlık (yoğunluk)
SNK	: Student Newman Keul's Test
$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Bakır derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.....	10
Şekil 4.2. <i>O. niloticus</i> 'da bakırın kas dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi	14
Şekil 4.3. <i>O. niloticus</i> 'da bakırın solungaç dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi	14
Şekil 4.4. <i>O. niloticus</i> 'da bakırın böbrek dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.	15
Şekil 4.5. <i>O. niloticus</i> 'da bakırın karaciğer dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.	15
Şekil 4.6. Kadmiyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.	17
Şekil 4.7. <i>O. niloticus</i> 'da kadmiyum'un kas dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi	21
Şekil 4.8. <i>O. niloticus</i> 'da kadmiyum'un solungaç dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.	21
Şekil 4.9. <i>O. niloticus</i> 'da kadmiyum'un böbrek dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.	22
Şekil 4.10. <i>O. niloticus</i> 'da kadmiyum'un karaciğer dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.	22

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. <i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 5. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).	11
Çizelge 4.2. <i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).	12
Çizelge 4.3. <i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 15. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).	13
Çizelge 4.4. <i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 5. günde doku ve organlarda kadmiyum birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).	18
Çizelge 4.5. <i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda kadmiyum birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).	19
Çizelge 4.6. <i>O. niloticus</i> 'da farklı ortam derişimlerinde 15. günde doku ve organlarda kadmiyum birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).	20

1. GİRİŞ

Yaşadığımız dünyada çevre kirliliği son derece hayati bir olgudur. En önemlisi hızlı artan dünya nüfusu, teknolojik gelişmeler ve nüfusun tüketim ihtiyacına bağlı atıklarının oluşturduğu kirliliklerdir. Bu kirlilikler içerisinde ağır metallerin meydana getirdiği kirlilik çok önemlidir.

Ağır metaller doğal yollarla oluştuğu gibi (toprak erozyonu ve volkanik faaliyetler) insan faaliyetleri ve tarımsal aktivitelerin bir sonucu olarak da ortaya çıkmakta ve çevrede de düzeylerini artırmaktadır (Moiseenko ve Kudryavtseva, 2001). Ağır metaller aynı zamanda su ortamına katılmakta ve sucul ortamda derişiminin artmasıyla, sucul organizmalar tarafından ortamdaki alınmakta ve besin zinciri aracılığı ile bir üst düzeye artan derişimlerde iletilmektedirler.

Su ortamının kimyasal içeriği, pH'sı (Cogun ve Kargin, 2004), sıcaklığı (Felts ve Heath, 1984), tuzluluğu (Viarengo ve ark., 1988) ve sertliği (Wood, 2001) gibi parametreler ağır metallerin alınımını ve toksisitesini etkilemektedir. Bu gibi çevresel faktörlerin yanı sıra organizmanın biyolojik aktivitesinin de (büyüme oranı, yaşı, ağırlığı, beslenmesi ve üremesi gibi) metal alınımında ve toksisitesinde önemli rolü vardır (Heath, 1987; Romeo ve ark., 1999).

Kadmiyum biyolojik bir aktiviteye girmeyen ve toksik etki göstermesi bakımından ilk sıralarda bulunan önemli bir metaldir. Kadmiyumun endüstride kullanılmasıyla çevre kirliliği önemli derecede artmıştır (Pratap ve ark., 1989). Volkanik patlamalar, orman yangınları ve fosil yakıtların yanması ile atmosfere karışan kadmiyum yağmur yoluyla ayrıca zirai atıklar, maden atıkları, endüstriyel kullanım ve atık su deşarjlarıyla aquatik ortamlara karışmaktadır (Hollis ve ark., 1999; Szebedinszky ve ark., 2001). Balıklarda kadmiyumun sudan, solungaçlar yolu ile kan plazmasındaki taşıyıcı proteinlere bağlandığı ve dolaşım yoluyla farklı dokulara dağılarak doku hasarlarına, omurga rahatsızlıklarına, solunum değişimine ve iyon dengesinde bozukluklara neden olduğu belirtilmiştir (Wong ve Wong 2000; De Smet ve Blust, 2001).

Bakır bir iz element olarak sınıflandırılmaktadır. Bakır tüm canlı organizmaların gereksinim duyduğu bir elementtir (Arrelano ve ark., 1999). Bakır hemen hemen tüm sularda eser düzeyde bulunmaktadır. Nüfus artışına bağlı ve endüstriyel gelişimin bir sonucu olarak yaygın bir şekilde kullanılan bakır, su ortamının kirlenmesine ve dolayısıyla organizmalarda birçok hasarlara neden olmaktadır (Munoz ve ark., 1991). Bakırın subletal derişimlerinin balıklarda büyüme, gelişme ve üreme üzerine olumsuz etkiler yaptığı (Buckley ve ark., 1982; Hilmy ve ark., 1985) ve ayrıca kan biyokimyasında değişikliklere neden olduğu bir çok araştırıcı tarafından belirtilmiştir (Dethloff ve ark., 1999; Fırat ve ark., 2011; çoğun ve ark., 2012).

Kalsiyumun suyun sertlik kalitesini belirtmede ve canlı organizmada verimliliğin artışında çok önemli bir iyon olduğu belirtilmiştir (Berntssen ve ark., 2003). Genel olarak sucul organizmalarda kalsiyum yapısal, elektriksel iletimde kasların kasılmasında, salgı hücrelerinin sekresyonunda, ekstraselüler protein ve enzimlerde kofaktör olarak rol alan ve intraselüler regülasyon gibi birçok önemli biyolojik işlevleri olan bir iyondur (Hunn, 1985). Su sertliği ağır metalin toksisitesi bakımından önemli role sahiptir. Örneğin gökkuşaağı alabalıkları ile yapılan bir çalışmada çinko'nun yumuşak sulardaki toksisitesinin, sert sulara oranla 27 kat daha toksik olduğu saptanmıştır (Bradley ve Sprague, 1985). Ichii ve Mugiya (1983) tarafından yapılan bir çalışmada, tatlı su balıklarının kalsiyumu direkt olarak ortamdan solungaç ve deri yoluyla aldıkları ve bu iyonun büyümeleri için gerekli olduğu saptanmıştır. Tatlı su balıklarında solungaçlar, barsak ve böbrekler iç ve dış ortam arasında kalsiyum değişiminde çok önemli organlardır (Hwang ve Yang,1997).

Zeolitler alüminyum silikat ve kil mineralleridir. Sularda iyon değiştirme ve katyonları uzaklaştırma yeteneğindedirler (Türkman ve ark., 2001; Babel, 2003). Son zamanlarda yapılan birçok araştırmada kurşunun (Jain, 1999; Mishra ve Jain, 2009; oğun ve Şahin 2012), bakırın (James ve Sampath 2000) sucul ortamda toksisitesinin gideriminde zeolitler kullanılarak laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda balıkların dokularında metal birikimi üzerine zeolitinin etkisi incelenmiştir.

Son yıllarda yapılan araştırmalar bize göstermiştir ki kalsiyum ve zeolitin su ortamında bulunması, balıkların metalleri solungaçlardan alınımında rekabete girmiş olması (Hongstrand ve ark.,1995; Hongstrand ve ark., 1998; Spry ve Wood, 1984) zeolitin varlığında ise ağır metallerin iyon yüklerini değiştirebilme yetenekleri ve metalleri bünyesinde tutmasıyla ortamda metalin azalmasına neden olmuştur (James ve Sampath 2003; Mishra ve Jain, 2009; oğun ve şahin 2012).

Ağır metal gideriminde kullanılan birçok sentetik kompleksanlar (EDTA, NTA ve DTPA gibi) vardır. Sentetik kompleksanlar metaller için şelat ajan olmaları nedeni ile günümüzde endüstrinin tüm alanlarında geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kompleksanlara ek olarak günümüzde su sertliği ve zeolit gibi iyon değiştirebilme kapasitesine sahip madenlerde kullanılmaktadır. Bunlar ağır metallerle etkileşime girmeleri nedeni ile sucul yaşam için büyük önem taşımakta ve su kirliliği çalışmalarında kullanılmaları günümüzde giderek artmaktadır (Muramoto, 1980; James ve Sampath 2003; Mishra ve Jain, 2009; oğun ve şahin 2012).

O. niloticus'un bu çalışmada kullanılmasının nedeni, besin kaynağı olarak yaygın tüketilmesi (Almeida, 2001), fizyolojik mekanizmasının yüksek omurgalılara benzemesi, daha kısa zamanda verimli döl vermesi, kirleticilere karşı dirençli olması (Cogun ve ark., 2003; Cogun ve Kargin., 2004; Sağlamtimur ve ark., 2004; Cogun ve Sahin, 2012), fizyolojik cevapları kısa sürede vermesinden dolaydır.

Bu çalışmada; 5, 10 ve 15 günlük uygulama sürelerinde *Oreochromis niloticus* balıklarında bakır ve kadmiyumun toksisite etkisinin gideriminde, kalsiyum ve zeolit kullanılmıştır. Bakır+kalsiyum, bakır+zeolit, kadmiyum+kalsiyum ve kadmiyum+zeolit etkisine maruz bırakılan balıkların solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularında metal birikimi ile kalsiyum ve zeolitin metal toksisitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bournancin ve ark., (1972), yılan balığı *Anguilla anguilla* ile yaptıkları çalışmalarda solungaçlarda sodyum akımının ortamdaki kalsiyum ile değiştiğini saptamışlardır.

Rowe ve Massaro (1974), kadmiyum etkisine bırakılan *Ictalurus catus*'da, kadmiyumun karaciğer, böbrek ve solungaçlarda yüksek düzeyde birikim gösterdiği ve bu birikimin etkide kalınan sürenin uzaması ile arttığını belirtmişlerdir.

Semmens ve Sayfarth (1978), doğal clinoptiloidlerin ağır metaller üzerinde seçici özelliğine sahip ve bununla birlikte doğal zeolitlerin de iyon değiştirebilme yeteneğine sahip olduklarını saptamışlardır.

Calamari ve ark., (1980), *Salmo gairdneri*'de yaptıkları bir çalışmada, su sertliğinin kadmiyum birikimi üzerine azaltıcı bir etki yaptığını saptamışlardır.

Miller ve Mackoy (1980), *Salmo gairdneri* ile yaptıkları bir çalışmada, bakır toksisitesine karşı kalsiyumun koruyucu etki yaptığı, kalsiyumun balığı bakır toksisitesine karşı koruduğunu belirtmişlerdir.

Wright ve ark., (1985), kadmiyum etkisinde *Morone saxatilis*'de; düşük kalsiyum derişiminde mortalite gözlenirken, yüksek kalsiyum derişiminde ise mortalitenin olmadığını saptamışlardır. Kalsiyumun balığı kadmiyum toksisitesinden koruduğunu bildirmişlerdir.

Brown ve ark. (1986), *Rutilus rutilus*, *S. gairdneri* ve *Noemacheilus barbatulus* gibi balık türlerinde kadmiyum birikimi üzerine yaptıkları araştırmada, kadmiyumun böbrek, karaciğer ve solungaçlarda yüksek düzeyde birikim gösterdiğini saptamışlardır.

Kay ve ark. (1986), kadmiyumun etkisine bırakılan *S. gairdneri*'de diğer doku ve organlara oranla, kadmiyum birikiminin en fazla böbrek, karaciğer ve solungaçlarda olduğunu, ve bu birikimin nedeninin metallothionein sentezinin artışı olduğunu kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir.

Verbost ve ark., (1987), gökkuşuğu alabalıkları ile yaptıkları bir çalışmada, kadmiyumun su ortamında olduğunda, Ca^{++} birikimini inhibe ettiğini saptamışlardır.

Reid ve McDonald (1988), *Salmo gairdneri*'de solungaç dokusunda düşük pH da iyon alınımı su ortamında Cu ve Cd etkisinde incelemişlerdir.

Kargın ve Erdem (1991), *Cyprinus carpio*'da bakırın karaciğer, dalak, mide, barsak, solungaç ve kas dokularındaki birikiminin ortam derişimi ve çözeltide kalma süresi ile orantılı olarak en yüksek karaciğerde, en düşük ise kas dokusunda olduğunu gözlemlemişlerdir.

Gill ve ark. (1992), *A. rostrata*'da kadmiyumun farklı oranlardaki derişimlerinin 16 hafta süreyle etkisinde, doku ve organlardaki kadmiyum birikiminin ortam derişimindeki artışa bağlı olarak arttığı, ancak belirli bir derişimde deney süresi sonunda başlangıca oranla birikimin daha yüksek düzeyde olduğu belirtilmiştir.

Playle ve ark., (1992), balıkların solungaçlarda su sertliği ve pH değerinin bakır birikimi üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada su sertliğinde bakır birikiminin azaldığını, pH değeri asit olduğu zaman ise bakır birikiminin arttığını saptamışlardır.

Erikson ve ark., (1996), balığın yaşadığı su ortamının kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişikliklerden pH, sertlik, sodyum, çözünmüş organik madde ve askıntı maddeler bakır konsantrasyonunun toksisitesinde değişiklik meydana getirdiğini bildirmişlerdir.

Perry (1997), metal etkisine bırakılan balıkların solungaçlarında klorid hücrelerinin yapısı ve fonksiyonlarında değişikliklerin olduğunu saptamışlardır.

Vera ve Pocsidio (1998), *O. massambicus* ile yaptıkları bir çalışmada, bakır toksisitesinin kalsiyum karbonatla azaltılabileceğini saptamışlardır.

Aral ve ark., (1999), doğal zeolitlerin su ortamında bulunan amonyağın ortadan kaldırılması ile ilgili yaptıkları çalışmada, doğal zeolitlerin iyon değiştirebilme yeteneğine sahip olduğunu saptamışlardır.

Hollis ve ark., (1999), gökkuşağı alabalıkları ile yaptıkları bir çalışmada, su ortamında uzun dönem kadmiyum etkisinde dokularında Cd birikimi ve solungaçlarında Cd bağlanması üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Jain (1999), *Heteropneustes fossilis* balıklarında akut ve kronik kurşun etkisinde zeolitin koruyucu etkisinin olduğunu saptamış, özellikle zeolit-kurşun karışımının etkisindeki balıkların kan biyokimya değerlerinde kurşunun tek başına etkisine göre bir azalma saptamıştır.

Perschbacher ve Wurts (1999), bakır toksisitesinin *I. punctatus* balıklarında kalsiyum ve magnezyum ile su sertliği sağlandığında toksisitenin azaldığını saptamışlardır.

James (2000), *Oreochromis mossambicus* balığının kadmiyum-zeolit karışımı etkisinde hematolojik kan değerlerini incelemiş, kadmiyum etkisinin zeolitle azaldığını saptamıştır.

James ve Sampath (2000), *O. mossambicus* balıklarında ortamdaki bakır toksisitesinin doğal zeolitlerin kullanılmasıyla azaldığını saptamışlardır.

Taylor ve ark., (2000), *Oncorhynchus mykiss* ile yaptıkları çalışmada, su ortamında bakırın varlığında sert ve yumuşak sularda bakır birikimini incelemişlerdir. En az bakır birikiminin sert sularda olduğunu saptamışlardır.

Wood (2001), su ortamında bir kirleticinin varlığında balıkların ilk etkilenen organının solungaçlar olduğunu gözlemlemiş ve en çok bu organların etkilendiğini saptamıştır.

Çoğun ve ark., (2003), farklı boy ve ağırlıktaki *Oreochromis niloticus*'un solungaç, kas ve karaciğer dokularında bakır ve kadmiyum birikimlerini çalışmışlardır. Birikim metalin cinsine ve derişimine, balığın boy ve ağırlığına göre değişiklikler göstermiştir.

Çoğun ve Kargın., (2004), farklı ortam pH düzeylerinde *Oreochromis niloticus*'da bakırın solungaç ve karaciğer dokularında birikimi ve mortalite üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada görülmüştür ki düşük pH düzeylerinin bakırın etkisinde organlarda fazla biriktiği, artan süre ve derişimlerde mortaliteyi arttırdığı görülmüştür.

Matsuo ve ark., (2005), *Colossoma macropomum* ile yaptıkları bir çalışmada, bakır ve kadmiyum balığın solungaç dokusunda iyon taşıma ve metal bağlayıcıların yumuşak sularda etkilerini incelemişlerdir.

Chaurasia ve Jain (2006), civa etkisindeki balıkların toksisiteye verdiği cevabı incelemiş, doğal zeolitlerin balıkların dokularında civa düzeylerinin birikimi kontrol balıklarına göre azalttığı yönünde bulgular gözlemlemişlerdir.

Abdel-Tawwab ve ark., (2007), *Oreochromis niloticus* ile yaptıkları bir çalışmada bakırın toksik etkisinde ortamda bulunan kalsiyumların koruyucu etki yaptıklarını saptamışlardır.

Chen ve ark. (2012), su ortamında bulunan kalsiyumun *Pelteobagrus fulvidraco* balıkları üzerine bakır toksisitesinde koruyucu etki yaptığı ve aynı zamanda balığın enzimatik aktivitesinde kalsiyum varlığında değişmelerin olduğunu saptamışlardır.

Çoğun ve Şahin (2012), *Oreochromis niloticus* ile yaptıkları bir çalışmada, kurşun birikiminin zeolit varlığında önemli düzeylerde azaldığını ve ortamdaki kurşunun gideriminde zeolitin çok önemli bir koruyucu madde olduğunu saptamışlardır.

Çoğun ve Uras (2012), *Oreochromis niloticus* ile yaptıkları bir çalışmada, alüminyum birikiminin kalsiyum varlığında önemli düzeylerde azaldığını saptamışlardır. Ortamdaki kalsiyumun çok önemli bir koruyucu madde olduğunu saptamışlardır.

3. MATERYAL METOD

Bu araştırmada kullanılan *Oreochromis niloticus*'lar Çukurova Üniversitesi Su rnleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından eylül 2013 tarihinde alınmış ve üç ay süre ile 40X100X40 cm boyutlarındaki dokuz (9) stok akvaryum içersinde laboratuvar koşullarına adaptasyonları sağlanmıştır. *O. niloticus*'lar bu sürenin sonunda uygun boy ve ağırlığa ulaşmıştır.

Deneyler $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta yürütülmüş, akvaryumlar merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış ve günde sekiz saat aydınlanma (8 saat gündüz / 16 saat gece) periyodu uygulanmıştır. Balıklar, günde iki kez olmak üzere balık ağırlığının % 1'i kadar hazır balık yemi (Pınar Balık Yemi, Türkiye) ile beslenmişlerdir.

Deney iki seri olarak yrtlmştir. Birinci seride 5, 15 ve 20 gün sürelerde bakırın 1.0 mg/l derişimi ve bakırın aynı derişimiyle kalsiyum ve zeolit karışımları (1.0 mg/l Cu +1.0 mg/l Ca ve 1.0 mg/l Cu +0.1 g/l Zeolit), ikinci seride kadmiyumun 1.0 mg/l ortam derişimi ve aynı kadmiyum ortam derişimi ile kalsiyum ve zeolit karışımlarına (1.0 mg/l Cd +1.0 mg/l Ca ve 1.0 mg/l Cd +0.1 g/l Zeolit) maruz bırakılmıştır.

Deneylerde, her bir seride 40X100X40 cm boyutlarında olan ve her birinin içeresinde 18 balık bulunan 50'şer litre 4 cam akvaryum kullanılmıştır. Birinci seride bu akvaryumlardan ilkinde 1.0 mg/l bakır derişimi, ikincisine bakırın ortam derişimi ile birlikte kalsiyum ve zeolit derişimi (1.0 mg/l Cu +1.0 mg/l Ca ve 1.0 mg/l Cu +0.1 g/l Zeolit) zelteleri, ikinci seride 1.0 mg/l kadmiyum derişimlerinde ve aynı ortam derişimi ile kalsiyum ve zeolit derişimi karışımları (1.0 mg/l Cd +1.0 mg/l Ca ve 1.0 mg/l Cd +0.1 g/l Zeolit) konulmuş, dördüncü akvaryumlar kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Deneyler üç tekrarlı ve her tekrarda iki balık örnekleme yapılmıştır.

Deney ortamında metallerin derişiminde zamana bağlı değişimler olabileceği için deney boyunca akvaryum suları ve metallerin derişimleri iki günde bir değiştirilmiştir. Kullanılan kalsiyum Ca(OH)_2 (Merk) olup, zeolit ise İstanbul Rota Madencilik A.ř.'den <75 mikron çapında temin edilmiştir. Bakır CuCl_2 (Merk) ve kadmiyum CdCl_2 (Merck)

formunda deney boyunca çözeltiler deiyonize su ile taze hazırlanmıştır. Bu hazırlanan çözeltiden uygun derişimler uygun sulandırmalarla akvaryumlara uygulanmıştır.

Her deney süresi bitiminde 2'şer adet balık numunesi alınmış ve balıkların kas, solungaç, karaciğer ve böbrek dokularının diseksiyonu yapılmıştır. Doku ve organlar etüvde 150 °C 'de 48 saat süreyle kurumaya bırakılmışlardır. Kuru ağırlıkları belirlenen doku ve organlar deney tüplerine aktarılarak 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. Yakımı tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktarılmış ve üzerleri deiyonize su ile 5 mL' ye tamamlanarak bakır ve kadmiyum analizine hazır hale getirilmiştir.

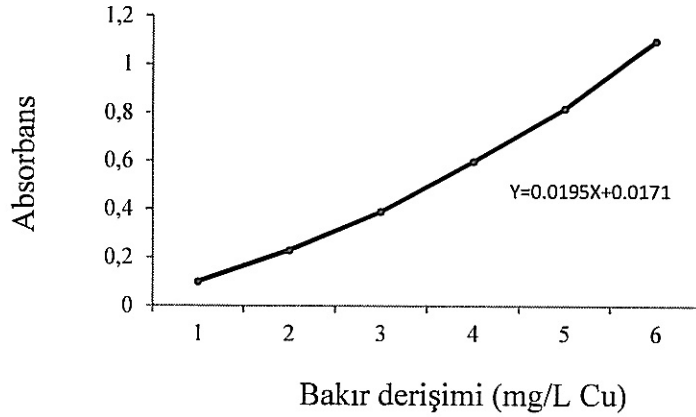
Doku ve organlardaki bakır ve kadmiyum analizleri Perkin Elmer ICP-MS cihazı kullanılarak tespit edilmiştir.

Deneylerden elde edilen verilerin istatistik analizleri, “ Regresyon analizi ve Student-Newman Keuls Test (SNK)” testleri uygulanarak yapılmıştır (Rohlf ve Sokal, 1969; Sokal ve Rohlf, 1969).

4. BULGULAR

4.1. Bakır Birikimi

O. niloticus'un dokularında bakır düzeylerini saptamak amacıyla bakır standartları ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.1). Bakır standartlarının absorbans değerlerinden $Y=0.0195X+0.0171$ formülü elde edilmiştir. Burada X bakır derişimini, Y absorbansı göstermektedir. Balıkların solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularındaki bakır düzeyleri bu regresyon formülü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Bakır derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.

O. niloticus 'da belirlenen derişim ve sürelerde bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan bakır düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.1-3'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı derişimde bakır birikimi bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki bakır birikimine etkisini belirlemek amacı ile veriler SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.1-3'de verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c ve d harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

Denenen tüm sürelerde (5, 10 ve 15 gün) ortamda bulunan Cu derişimi süreye bağı olarak doku ve organlardaki Cu birikiminin de arttığı saptanmıştır. Doku ve organlardaki Cu birikimi farklılık göstermektedir. Denenen ortam derişiminde de en yüksek Cu birikimi karaciğerde olmuş, bunu böbrek, solungaç ve kas dokusu izlemiştir (Çizelge 4.1-4.3, SNK; P<0.01).

Çizelge 4.1. *O. niloticus* 'da farklı ortam derişimlerinde 5. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM			
	0.0	1.0 (mg/L Cu)	K1	K2
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	0.25 \pm 0.03 xa	8.21 \pm 0.20 xb	7.01 \pm 0.12 xb	5.71 \pm 0.51 xc
Solungaç	0.32 \pm 0.17 xa	34.33 \pm 0.25 yb	27.70 \pm 1.20 yc	13.11 \pm 0.3 yd
Böbrek	3.22 \pm 0.16 ya	48.13 \pm 0.45 zb	36.11 \pm 0.20 zc	18.32 \pm 1.60 zd
Karaciğer	6.52 \pm 0.65 za	114.6 \pm 7.63 tb	106.1 \pm 2.38 tc	95.5 \pm 2.58 td

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

(K1: 1.0 mg/L Cu+1.0 mg/L Ca, K2: 1.0 mg/L Cu+0.1 g/L Zeolit)

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

5. günün sonunda bakır ve karışımlarının etkisindeki balıkların böbrek, karaciğer, solungaç ve kas dokularında bakır birikiminin, doğrudan bakır etkisine bırakılan balıklara oranla azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Bakırın kalsiyum ve zeolitin karışımlarının etkisine bırakılan balıkların doku ve organlardaki bakır birikimini önemli düzeyde düşürmüştür. Bu azalmalardan en fazla olanı solungaç ve böbrek dokusunda bakır+zeolit karışımında yaklaşık %62 oranında olmuş, aynı dokulardaki bakır+kalsiyum derişiminde ise %25 oranında olmuştur (Çizelge 4.1). Tüm derişimlerde ve dokular arasında istatistiksel olarak fark bulunurken bakır ortam derişimi ile bakır+kalsiyum ortam derişiminde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Çizelge 4.1 SNK; P<0.01).

Çizelge 4.2. *O. niloticus* 'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM			
	0.0	1.0 (mg/L Cu)	K1	K2
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	0.26 \pm 0.02 xa	18.11 \pm 0.20 xb	11.01 \pm 0.10 xc	9.52 \pm 0.31 xc
Solungaç	0.35 \pm 0.15 xa	46.43 \pm 0.21 yb	34.38 \pm 1.11 yc	23.22 \pm 0.22 yd
Böbrek	3.45 \pm 0.11 ya	57.56 \pm 0.40 zb	25.11 \pm 0.23 zc	20.20 \pm 1.40 zd
Karaciğer	6.65 \pm 0.63 za	256.6 \pm 5.33 tb	129.1 \pm 2.21 tc	99.5 \pm 2.68 td

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

(K1: 1.0 mg/L Cu+1.0 mg/L Ca, K2: 1.0 mg/L Cu+0.1 g/L Zeolit)

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

O. niloticus 'da 10. gün süre sonunda bakır derişimi tüm dokularda kontrole göre artmıştır (Çizelge 4.2). Bakır ortam derişimine göre, kalsiyum ve zeolit doku ve organlardaki bakır birikimini önemli düzeyde azaltmıştır. Bu azalmalardan en fazla olanı böbrek ve karaciğer dokularında bakır+zeolit karışımı etkisindeki balıklarda olup yaklaşık %64 oranındadır. Aynı ortam derişiminin kas ve solungaç dokularında ise bu azalma yaklaşık %50 oranındadır (Çizelge 4.2). Bakır+kalsiyum derişimlerindeki azalmalar ise böbrek dokusunda %56, karaciğer dokusunda %49, kas dokusunda %38 ve solungaç dokusunda %26 oranında olmuştur. 10. Gün sonunda tüm derişimlerde ve dokular arasında istatistiksel olarak fark bulunurken, kas dokusunun bakır+kalsiyum ortam derişimi ile bakır+zeolit ortam derişiminde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Çizelge 4.2 SNK; $P < 0.01$).

Çizelge 4.3. *O. niloticus* 'da farklı ortam derişimlerinde 15. günde doku ve organlarda bakır birikimi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$).

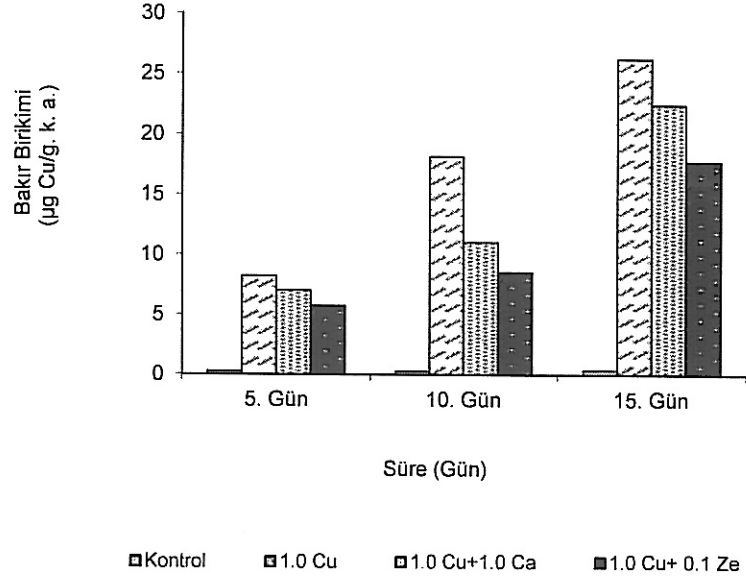
ORGAN	DERİŞİM			
	0.0	1.0 (mg/L Cu)	K1	K2
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	0.36 \pm 0.03 xa	26.17 \pm 0.23 xb	22.39 \pm 0.13 xc	17.69 \pm 0.11 xd
Solungaç	0.40 \pm 0.11 xa	53.07 \pm 0.32 yb	47.65 \pm 1.35 yc	36.11 \pm 0.21 yd
Böbrek	3.65 \pm 0.11 ya	108.4 \pm 6.40 zb	83.50 \pm 2.33 zc	58.50 \pm 2.48 zd
Karaciğer	6.88 \pm 0.21 za	488.6 \pm 5.58 tb	430.1 \pm 2.45 tc	385.5 \pm 3.77 td

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

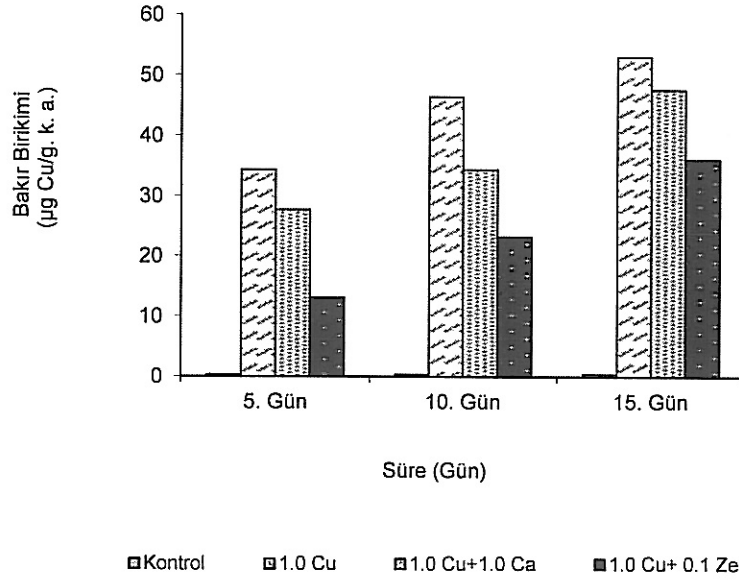
(K1: 1.0 mg/L Cu+1.0 mg/L Ca, K2: 1.0 mg/L Cu+0.1 g/L Zeolit)

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

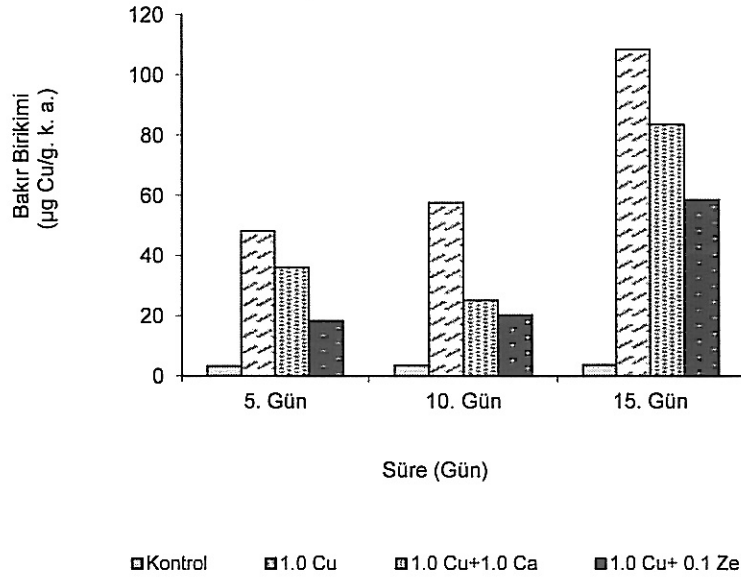
15. günün sonunda tüm derişimlerde ve dokular arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur (Çizelge 4.3 SNK; $P < 0.01$). Bakır ve karışımlarının etkisindeki balıkların böbrek, karaciğer, solungaç ve kas dokularında bakır birikiminin, doğrudan bakır etkisine bırakılan balıklara oranla azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Bu azalmalardan en fazla olanı bakır+zeolit karışımında böbrek dokusunda %46, kas dokusunda %34, solungaç dokusunda %32 ve karaciğer dokusunda %21 oranında olmuş, aynı dokulardaki bakır+kalsiyum derişiminde ise en fazla bakır düzeylerindeki azalma böbrek dokusunda %23 oranında olmuştur (Çizelge 4.3). Diğer doku ve organlarda azalmalar fazla olmamış kas dokusunda %15, solungaç ve karaciğer dokularında ise %11 oranında olmuştur (Çizelge 4.3).



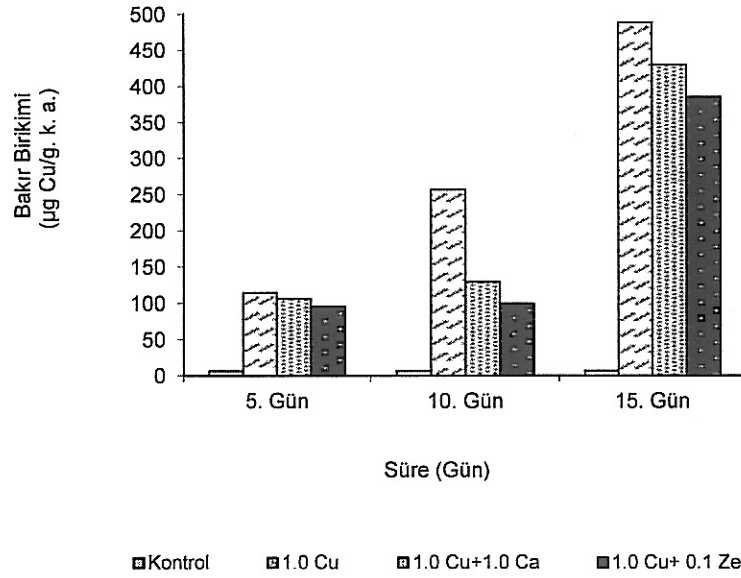
Şekil 4.2. *O. niloticus*'da bakırın kas dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.



Şekil 4.3. *O. niloticus*'da bakırın solungaç dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.



Şekil 4.4. *O. niloticus*'da bakırın böbrek dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.



Şekil 4.5. *O. niloticus*'da bakırın karaciğer dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.

Bakır, Cu+Ca ve Cu+Zeolit karışım derişimlerinin süreye bağlı olarak *O. niloticus*'un doku ve organlarındaki bakır birikimine etkisi; Şekil 4.2-4.5'de verilmiştir. Aynı ortam derişiminde etkide kalınan sürenin uzamasıyla dokulardaki bakır birikimi artmıştır. Denenen tüm sürelerde Cu+Ca ve Cu+Zeolit karışımlarına bırakılan balıkların dokularındaki bakır birikimi, doğrudan bakırın etkisine bırakılan balıklara oranla daha düşük olduğu saptanmıştır. Kalsiyum ve zeolit ortam derişiminde denenen tüm sürelerde dokulardaki bakır birikimini önemli düzeyde düşürmüştür (Şekil 4.2-4.5; SNK: $P<0.01$).

Kas dokusunda saptanan bakır düzeyleri Şekil 4.2'de verilmiştir. Aynı ortam derişiminde etkide kalınan sürenin uzamasıyla kas dokusundaki bakır birikiminin de arttığı saptanmıştır. Kastaki bakır birikimi kalsiyum ve zeolit derişimlerinin etkisinde azalmıştır (Şekil 4.2). 1.0 mg/L Cu+0.1 g/L Zeolit karışımındaki azalma yaklaşık 10 ve 15. günlerde ortalama 2 ve 1.5 katlık düzeylerinde gerçekleşmiştir.

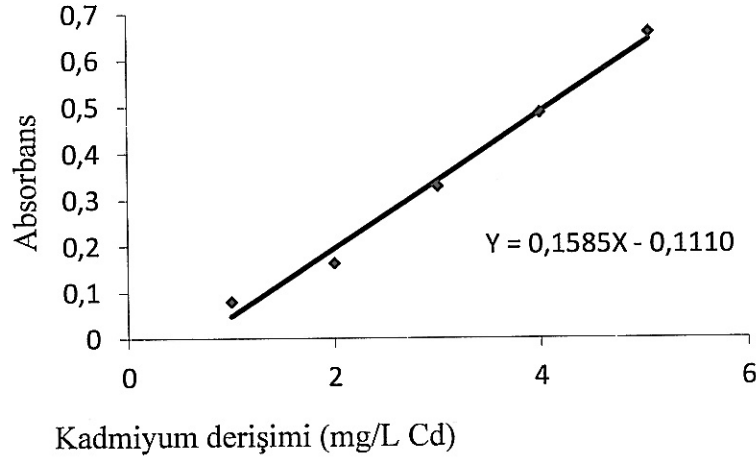
Solungaç dokusundaki bakır düzeylerinin belirli bir ortam derişiminde etkide kalınan sürenin uzamasıyla arttığı belirlenmiştir. Solungaç dokusundaki bakır düzeyleri denenen tüm derişim ve sürelerde kalsiyum ve zeolit etkisinde önemli miktarlarda azalmıştır (Şekil 4.3). Bakır+kalsiyum karışımında bakır düzeylerindeki azalma kalsiyumun etkisinde tüm sürelerde ortalama 1.25 katlık azalma olmuştur. Bakır+zeolit karışımında solungaç dokusundaki bakır düzeyleri 5, 10 ve 15 günlük süreler de ortalama 2.6, 2 ve 1.5 katlık azalma olmuştur. Bu azalmalar istatistiksel olarak önemlidir (Şekil 4.3; SNK: $P<0.01$).

Böbrek dokusunda bakır düzeyi, aynı ortam derişiminde etkide kalınan sürenin uzamasıyla artma göstermiştir. Böbrek dokusunda kalsiyum ve zeolit bakır birikimine etkisi istatistiksel olarak önem taşımaktadır (Şekil 4.4; SNK: $P<0.01$). Diğer dokularla kıyaslandığında bakır düzeyindeki azalmanın böbreklerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Böbrek dokusu bakır düzeyleri 10. günde bakır+kalsiyum derişiminde yaklaşık 2.5 katlık azalma olmuş, bakır+zeolit karışım derişiminde ise tüm sürelerde yaklaşık 2.5 katlık azalma olmuştur (Şekil 4.4).

Karaciğerde bakır düzeylerinin etkide kalınan sürenin uzamasıyla arttığı saptanmıştır. Karaciğerdeki bakır düzeyleri, kalsiyum ve zeolit derişimlerinde önemli miktarda azalmıştır (Şekil 4.5). Bu azalma 10.günde daha fazla olmuştur. Kalsiyum ve zeolitin bakırla olan karışımındaki azalma yaklaşık 10. günde 2 ve 2.5 kat olmuştur. Bu azalmalar istatistiksel olarak önemlidir (Şekil 4.5; SNK: $P<0.01$).

4.2. Kadmiyum Birikimi

O. niloticus'un dokularında kadmiyum düzeylerini saptamak amacıyla kadmiyum standartları ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.1). Kadmiyum standartlarının absorbans değerlerinden $Y = 0.1585X - 0.1110$ formülü elde edilmiştir. Burada X kadmiyum derişimini, Y absorbansı göstermektedir. Balıkların solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularındaki kadmiyum düzeyleri bu regresyon formülü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.6. Kadmiyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.

O. niloticus 'da belirlenen derişim ve sürelerde bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan kadmiyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.4-6'da verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı derişimde kadmiyum birikimi bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki kadmiyum birikimine etkisini belirlemek amacı ile

veriler SNK testi (Student Newman Keul's Test) ile analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.4-6'da verilmiştir. Bu çizelgelerde x, y, z ve t harfleri doku ve organlardaki, a, b, c ve d harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.01 düzeyinde istatistiksel ayırım vardır.

Denenen tüm sürelerde (5, 10 ve 15 gün) ortamda bulunan Cd derişimi süreye bağılı olarak doku ve organlardaki Cd birikiminin de arttığı saptanmıştır. Doku ve organlardaki Cu birikimi farklılık göstermektedir. Denenen ortam derişiminde de en yüksek Cd birikimi böbrek dokusu olmuş bunu karaciğer, solungaç ve kas dokusu izlemiştir (Çizelge 4.4-4.6, SNK; P<0.01). Tüm süre sonunda kadmiyum ve karışımlarının etkisindeki balıkların böbrek, karaciğer, solungaç ve kas dokularında kadmiyum birikimi, doğrudan kadmiyum etkisine bırakılan balıklara oranla azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.4-4.6, SNK; P<0.01).

Çizelge 4.4. *O. niloticus* 'da farklı ortam derişimlerinde 5. günde doku ve organlarda kadmiyum birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM			
	0.0	1.0 (mg/L Cd)	K1	K2
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. a	4.63 \pm 0.43 xb	3.44 \pm 1.02 xb	3.07 \pm 1.13 xb
Solungaç	D.A. a	13.66 \pm 0.21 yb	11.88 \pm 1.11 yb	8.45 \pm 0.01 yc
Karaciğer	D.A. a	17.24 \pm 0.10 zb	13.40 \pm 0.21 zc	12.33 \pm 1.52 zc
Böbrek	D.A. a	53.52 \pm 1.63 tb	36.22 \pm 1.38 tc	30.30 \pm 1.58 td

* : a, b, c ve d 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).

(K1: 1.0 mg/LCd+1.0 mg/L Ca, K2: 1.0 mg/L Cd+0.1 g/L Zeolit)

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

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

5. günün sonunda kadmiyum, kalsiyum ve zeolitin karışımlarının etkisine bırakılan balıkların doku ve organlardaki kadmiyum birikimini önemli düzeyde azaltmıştır. Bu

azalmalardan en fazla olanı solungaç ve böbrek dokusunda bakır+zeolit karışımında yaklaşık %43 ve %38 oranlarında, aynı dokulardaki bakır+kalsiyum derişiminde ise %32 ve %15 oranlarında olmuştur (Çizelge 4.4). Tüm derişimlerde ve dokular arasında istatistiksel olarak fark bulunurken kas dokusunun tüm derişimleri arasında ve solungaç dokusu kadmiyum derişimi ve kalsiyumla olan karışımlarında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Çizelge 4.4 SNK; P<0.01).

Çizelge 4.5. *O. niloticus* 'da farklı ortam derişimlerinde 10. günde doku ve organlarda kadmiyum birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM			
	0.0	1.0 (mg/L Cd)	K1	K2
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. a	5.16 \pm 0.26 xb	5.01 \pm 0.71 xb	3.55 \pm 0.30 xc
Solungaç	D.A. a	22.40 \pm 0.32 yb	16.88 \pm 1.21 yc	10.21 \pm 0.20 yd
Karaciğer	D.A. a	41.85 \pm 0.20 zb	37.24 \pm 0.11 zc	24.22 \pm 1.40 zd
Böbrek	D.A. a	76.75 \pm 2.12 tb	53.78 \pm 2.20 tc	42.42 \pm 2.55 td

* : a, b, c ve d 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).

(K1: 1.0 mg/LCd+1.0 mg/L Ca, K2: 1.0 mg/L Cd+0.1 g/L Zeolit)

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

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

O. niloticus 'da 10. gün süre sonunda kadmiyum derişimi tüm dokularda kontrole göre artmıştır (Çizelge 4.5). Kadmiyum ortam derişimine göre kalsiyum ve zeolit doku ve organlardaki kadmiyum birikimini önemli düzeyde azaltmıştır. Bu azalmalardan en fazla olanı tüm dokularında kadmiyum+zeolit karışımı etkisindeki balıklarda olup yaklaşık solungaç dokusunda %54, böbrek dokusunda %44, karaciğer dokusunda %41 ve kas dokusunda %40 oranındadır (Çizelge 4.5). Kadmiyum+kalsiyum derişimlerindeki azalmalar ise solungaç ve böbrek dokusunda %30 ve %27 oranında olmuştur. 10. Gün sonunda tüm derişimlerde ve dokular arasında istatistiksel olarak fark bulunurken, kas dokusunun kadmiyum ortam derişimi ile kadmiyum+kalsiyum ortam derişimi arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Çizelge 4.5 SNK; P<0.01).

Çizelge 4.6. *O. niloticus* 'da farklı ortam derişimlerinde 15. günde doku ve organlarda kadmiyum birikimi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$).

ORGAN	DERİŞİM			
	0.0	1.0 (mg/L Cd)	K1	K2
	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$	$\bar{X} \pm S\bar{X} *$
Kas	D.A. a	7.23 \pm 0.21 xb	6.47 \pm 0.11 xb	4.75 \pm 0.10 xc
Solungaç	D.A. a	26.83 \pm 0.35 yb	19.01 \pm 1.30 yc	13.92 \pm 0.20 yd
Karaciğer	D.A. a	83.20 \pm 4.40 zb	63.13 \pm 2.50 zc	44.63 \pm 2.25 zd
Böbrek	D.A. a	109.7 \pm 4.60 tb	94.60 \pm 2.50 tc	66.90 \pm 3.40 td

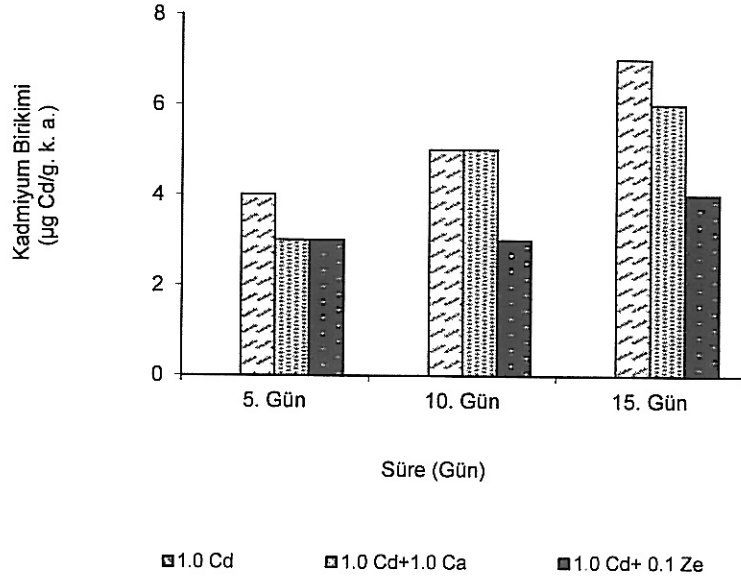
* : a, b, c ve d harfleri derişimleri belirlemek; x, y, z ve t harfleri organlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ($P < 0.01$).

(K1: 1.0 mg/L Cd+1.0 mg/L Ca, K2: 1.0 mg/L Cd+0.1 g/L Zeolit)

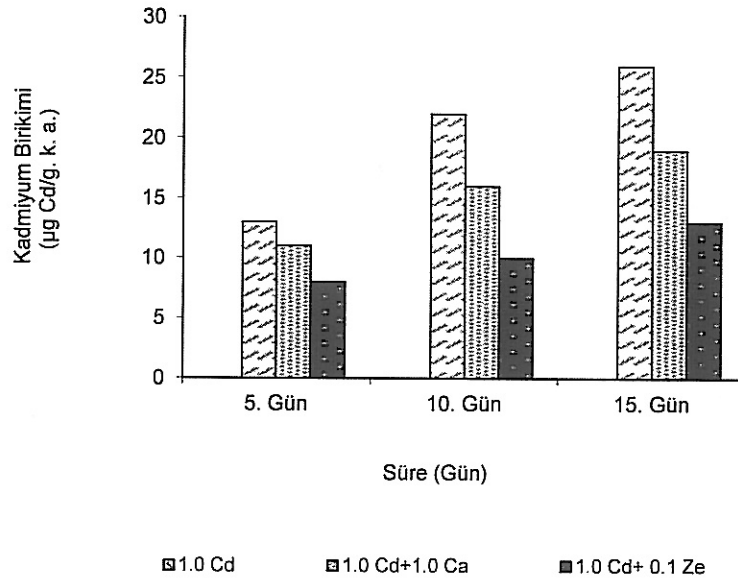
$\bar{X} \pm S\bar{X}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

D.A. : Duyarlılık düzeyinin altında

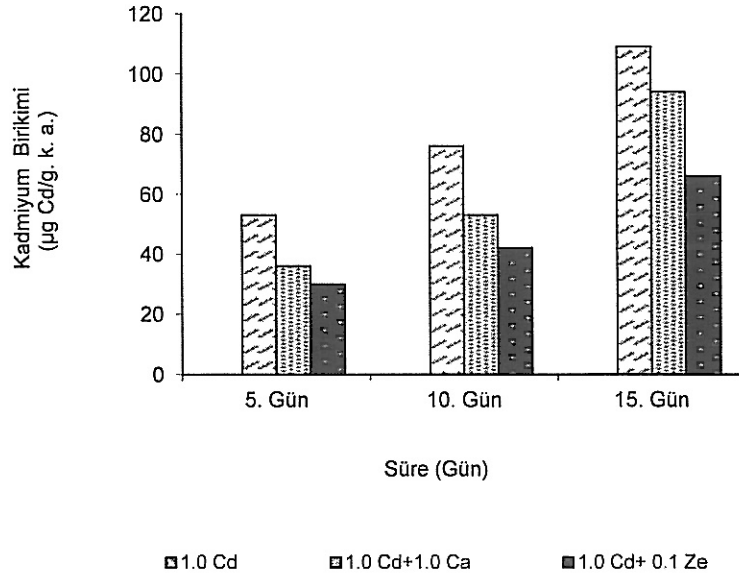
15. günün sonunda kas dokusu hariç tüm derişimlerde ve dokular arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (Çizelge 4.6 SNK; $P < 0.01$). Kadmiyum ve karışımlarının etkisindeki balıkların böbrek, karaciğer, solungaç ve kas dokularında kadmiyum birikiminin, doğrudan kadmiyum etkisine bırakılan balıklara oranla azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Bu azalmalardan en fazla olanı bakır+zeolit karışımında solungaç dokusunda %50, karaciğer dokusunda %46, kas dokusunda %42 ve böbrek dokusunda %39 oranında olmuş, aynı dokulardaki kadmiyum+kalsiyum derişiminde ise en fazla kadmiyum düzeylerindeki azalma, solungaç ve karaciğer dokusunda %25 oranında olmuştur (Çizelge 4.6). Diğer doku ve organlardaki azalmalar fazla olmamış, kas dokusunda %14, böbrek dokusunda ise %13 oranında olmuştur (Çizelge 4.3).



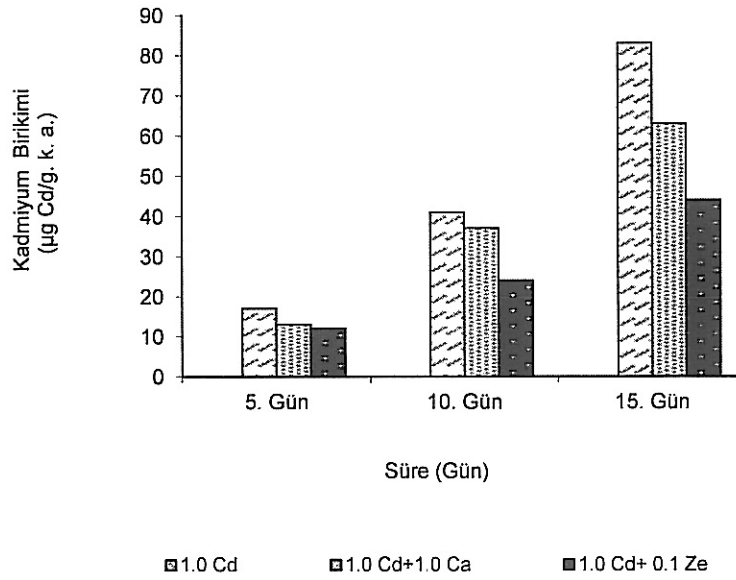
Şekil 4.7. *O. niloticus*'da kadmiyumun kas dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.



Şekil 4.8. *O. niloticus*'da kadmiyumun solungaç dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.



Şekil 4.9. *O. niloticus*'da kadmiyumun böbrek dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.



Şekil 4.10. *O. niloticus*'da kadmiyumun karaciğer dokularındaki birikimi üzerine ortam derişimi ve sürenin etkisi.

Kadmiyum, Cd+Ca ve Cd+Zeolit karışım derişimlerinin süreye bağlı olarak *O. niloticus*'un doku ve organlarındaki kadmiyum birikimine etkisi; Şekil 4.7-4.10'da verilmiştir. Denenen tüm sürelerde Cd+Ca ve Cd+Zeolit karışımlarına bırakılan balıkların dokularındaki kadmiyum birikiminin, doğrudan kadmiyum etkisine bırakılan balıklara oranla daha düşük olduğu saptanmıştır. Kalsiyum ve zeolit ortam derişiminde denenen tüm sürelerde dokulardaki kadmiyum birikimini önemli düzeyde düşürmüştür (Şekil 4.7-4.10; SNK: $P<0.01$).

Kas dokusunda saptanan kadmiyum düzeyleri Şekil 4.7'de verilmiştir. Aynı ortam derişiminde etkide kalınan sürenin uzamasıyla kas dokusundaki kadmiyum birikiminin 5. ve 10. günlerdeki artışının fazla değişmediği saptanmıştır. Kastaki kadmiyum birikimi, kalsiyum ve zeolit derişimlerinin etkisinde azalmıştır (Şekil 4.7). 5. günde olan azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı, 10 ve 15 günlerdeki zeolit karışımında ise kadmiyumun önemli derecede azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.7; SNK: $P<0.01$).

Solungaç dokusundaki kadmiyum düzeylerinin belirli bir ortam derişiminde etkide kalınan sürenin uzamasıyla arttığı belirlenmiştir. Solungaç dokusundaki kadmiyum düzeyleri, denenen tüm derişim ve sürelerde kalsiyum ve zeolitin etkisinde önemli miktarlarda azalmıştır (Şekil 4.8). Kadmiyum+zeolit karışımında kadmiyum düzeylerindeki azalma zeolitin etkisinde en fazla 10. ve 15. günlük sürelerde ortalama 2 katlık azalma olmuştur. Bu azalmalar istatistiksel olarak önemlidir (Şekil 4.8; SNK: $P<0.01$).

Böbrek dokusunda kalsiyum ve zeolitin kadmiyum birikimine etkisi istatistiksel olarak önem taşımaktadır (Şekil 4.9; SNK: $P<0.01$). Böbrek dokusu kadmiyum düzeylerinde 10. günde kadmiyum+kalsiyum derişiminde yaklaşık 1.5 katlık bir azalma, kadmiyum+zeolit karışım derişiminde ise tüm sürelerde yaklaşık 2 katlık bir azalma belirlenmiştir.

Karaciğerdeki kadmiyum düzeyleri, kalsiyum ve zeolit derişimlerinde önemli miktarda azalmıştır (Şekil 4.10). Bu azalma 15.günde daha fazla olmuştur. Kalsiyum ve zeolitin kadmiyumla olan karışımındaki azalma 15. günde yaklaşık 1.5 ve 2 kat olarak tespit edilmiştir. Bu azalmalar istatistiksel olarak önemlidir (Şekil 4.10; SNK: $P<0.01$).

5. TARTIŞMA

Araştırmamızda *O.niloticus*'un bakır, kadmiyum ve bunların zeolit ve kalsiyumlu karışımlarında her üç sürede de ölüm gözlenmemiştir. Ölümün olmaması balığın absorpsiyon, depolama ve atılım yöntemlerini çok iyi geliştirdiğini ve böylelikle ortam metal derişimlerine karşı balığın korunduğunu göstermektedir. Ayrıca solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularında regülasyon metabolizmasının yavaşlatılması (Thomas ve ark. 1985, Jain ve ark.1997) gibi uyum mekanizmalarının gelişmiş olduğu saptanmıştır.

Ağır metaller, su ortamında derişime ve süreye bağı olarak balıkların davranış değışikliğine neden olmaktadır (Venkataramona ve Radhakrishnaiah 2001). Mc. Geer ve ark. (2000) yaptıkları bir çalışmada, farklı kadmiyum derişimlerine bırakıldığı zaman balıklarda iştahın azaldığı, besine karşı yönelmediğı, harekette bir yavaşlamanın olduğunu bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da kadmiyum ve bakır konsantrasyonu olan akvaryumlarda ve bunların kalsiyumlu ve zeolitli karışimli akvaryumlarında balıkların hareketsiz olduğu, yemlere ilgisiz olduğu hatta balıkların kümeleşme yaptığı gözlenmiştir. Sürenin artmasıyla ortam koşullarına adaptasyon mekanizması yardımıyla balıkların davranışlar normale dönmüştür.

Ağır metaller, sucul canlıların solunum ve osmoregülasyon sistemini bozmaktadır (Thurberg ve ark., 1973; Bjerregaard ve Vislie 1985). Ayrıca balıkların fizyolojik özelliklerini etkileyerek doku ve organlarına zarar vererek; beslenme ve üremesini olumsuz yönde etkilemekte ve balıklarda fonksiyonel ve yapısal değışikliklere neden olmaktadır (Gabryelak ve ark., 2000). Ağır metaller tarafından kirletilmiş sularda yaşayan balıkların bağışıklık sisteminin zayıfladığı hastalıklara karşı hassasiyetinin arttığı ve büyük oranlarda ölümlerin gözlendiğı belirlenmiştir (Larsson ve ark., 1985). Ağır metaller balıklarda yüzme hareketini yavaşlatma, besin almaya karşı hareketsizlik

ve operkulumda artma gibi davranış değişikliklerine neden olmaktadır (Hilmy ve ark., 1987).

Ağır metaller, organizmalarda sülfidril, karboksil, imidazole, amino ve peptid grupları gibi proteinlerin fonksiyonel gruplarına bağlanmaktadır (Viarengo 1985). Ağır metaller genelde metallothionein gibi metabolik olarak inaktif proteinlerle kompleks yapmakta ve toksik olmayan formlarda birikmektedirler (Winner ve Gaus 1986). Balıklarda ağır metallerin alınması genelde solungaç yoluyla, besin yoluyla ve vücut yüzeyiyle olmaktadır. Vücuda alınan metaller, taşıyıcı proteinlerle kan yoluyla hedef doku ve organlara taşınmakta ve bu hedef dokularda metal bağlayıcı proteinlere bağlanmaktadır. Böylece doku ve organlarda metal derişimi artmaktadır (Health 1995). Bu doku ve organlardaki ağır metal düzeyleri ortamdaki metal kirliliğinin belirlenmesi açısından çok önemlidir (Handy ve ark., 2002).

Kadmiyum canlı organizmada toksik etki yapmaktadır ve özellikle enzimleri inhibe etmektedir (Kayhan 2006). Kadmiyum, enzimlerin tiyol gruplarına bağlanır ve hedef organı böbreklerdir. Kadmiyum çok düşük derişimlerde bile balıklarda solungaç anormalliklerine (Glynn ve ark., 1992), yüzme hareketlerine (Pascoe ve ark., 1986), iyon regülasyonuna sebep olmakta (Torre ve ark., 2000) ve solunumu bozmaktadır (Bjerreguard ve Vislie 1985). Yapılan birçok araştırmada kadmiyum ortam derişimi (Brown ve ark., 1986) ve ortam süresinin artmasıyla (Verbost ve ark., 1989; Mc Geer ve ark., 2000) kadmiyum düzeyinin balık doku ve organlarında arttığı bildirilmiştir. Yaptığımız çalışmada da bakır, kadmiyum ve bunların kalsiyum ve zeolitle karışımlarında sürenin artmasıyla kadmiyum birikiminin arttığı saptanmıştır.

Bakır gerekli bir metal olarak hücrenel metabolizmalarda önemli rol oynar. Birçok enzimde kofaktör olarak bakır kullanılmaktadır (Arellano ve ark., 1999). Bakır tüm sularda çok düşük düzeyde bulunur. Çok düşük düzeyde bile balıklarda büyüme, gelişme ve üreme üzerine olumsuz etki yaptığı saptanmıştır (Hilmy ve ark., 1985).

Ayrıca bakır tüm canlı organizmalar için gereksinim duyulan bir elementtir. Yapılan birçok araştırmada bakır etkisinde kalan balıklarda yüzme hareketlerinde anormallikler ve yeme karşı ilgisiz davranışları saptanmıştır (Buckley ve ark., 1982).Yaptığımız çalışmada da bakır etkisinden ve bakırın kalsiyum ve zeolitli karışımlarında balıklarda yemlere karşı iştahsızlık, anormal yüzme hareketleri ve grup halinde akvaryumun bir yerinde kümeleşme gibi davranış değişiklikleri saptanmıştır.

O. niloticus balıkları su kirliliğinde biyoindikatör olarak (Almeida ve ark., 2001) kullanılan bir türdür. Ayrıca bu balıklarla yapılan birçok araştırmada metallere karşı çok dayanıklı bir tür olduğu bildirilmiştir (Çoğun ve ark., 2003; Çoğun ve Kargin 2004; Sağlamtimur ve ark 2004; Çoğun ve Şahin 2012).

Ağır metallerin organizmadaki toksisitesinin azaltılmasıyla ilgili birçok araştırma yapılmıştır (Allen 1994; Regoli ve Orlando 1994; Suresh ve ark., 1993; Riget ve ark 1997; Baden ve ark 1999). Bu amaçla yapılan birçok araştırmada EDTA, NTA, sitrat ve zeolit gibi şelatlaştırıcı madde kullanılmıştır (Muramoto 1980; Simon 1981; James ve ark., 1998; Çoğun ve Şahin 2012). Bazı araştırmalarda kadmiyumun organizmadaki toksisitesini azaltmak amacıyla çözülmüş organik madde (Burnison ve ark., 2006), aliminyum oksit, aliminyum (Maller ve Wilhelm 1987), kalsiyum karbonat (Baldisserotto ve ark., 2004) ve humik asit (Uçar ve ark 2012) kullanıldığı bildirilmiştir. James ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada *O. mossambicus* balıklarında bakır toksisitesini azaltmak için zeolit kullanılmıştır. Aynı şekilde Perschbacher ve Wurts (1999) tarafından yapılan çalışmada *I. punctatus* balıklarında bakır toksisitesini azaltmak için kalsiyum ve magnezyumu kullanmıştır. Yaptığımız çalışmada gerek bakır gerekse kadmiyum olsun bunların kalsiyumlu ve zeolitli karışımlarıyla bu metallerin *O.niloticus* doku ve organlarında metal birikimini azalttığı saptanmıştır. Yapılan birçok araştırmada göstermiştir ki; metalin su ortamında varlığında su sertliğinin metalinin çözünebilirliğinin değişmesine, ayrıca sert sularda solungaç geçerliliğinin azalmasına böylelikle metal birikiminin azalması şeklinde saptanmıştır (Pascoe ve ark., 1986; Baldisserotto ve ark., 2004).

Zeolitler, katyon değiştirebilme yeteneklerinden dolayı birçok çalışmada ağır metal giderimi için kullanılmışlardır (Jain 1999; Mishra ve Jain 2009; oğun ve şahin 2012). Ayrıca zeolitlerin ağır metal katyonlarına ilgisi çok fazladır (Semmens ve Seyfarth 1978). Bu yetenekleriyle su ortamındaki ağır metal konsantrasyonunu azaltmasıyla beraber canlı dokulardaki ağır metal düzeyini de azalttığı bildirilmiştir (Jain ve ark., 1997; Sherivastava ve ark 2001).

Karaciğer, canlıda biyokimyasal işlevi olan Fe, Mg, Mn, Co, Zn ve Cu gibi ağır metallerin en fazla biriktiği bir organdır (Murphy ve Spiegel, 1983; Viarengo, 1985). Balıklarda karaciğer, ortamda bulunan kirleticilerin biyotransformasyonunda, detoksifikasyonunda ve atılımında (Ali ve ark., 2003), minerallerin depolanmasında ve sindirimde işlevi olan önemli bir organdır. Ayrıca karaciğer metallothionein gibi detoksifikasyon proteinlerinin başlıca sentezlendiği yerdir (Cinier ve ark., 1999). Araştırmamızda *O. niloticus*'da bakır ve kadmiyumun karaciğerde fazla birikmesi bu metallerin karaciğerde depolandığını ve karaciğerin detoksifikasyon olayında etkin bir işlevinin olduğunu göstermektedir. Karaciğerde bakır ve kadmiyum birikimi bunların kalsiyum ve zeolit karışımlarında önemli düzeyde azaldığı saptanmıştır.

Bu azalma bakır düzeyleri etkide kalınan süresinin uzamasıyla arttığı saptanmıştır. Ayrıca bu azalma 10. günde daha fazla olmuştur. Kalsiyum ve zeolitin kadmiyumla olan karışımındaki azalma 15. günde yaklaşık 1.5 ve 2 kat olarak tespit edilmiştir. Kalsiyum ve zeolitin bakırla olan karışımındaki azalma ise 10. günde yaklaşık 2 ve 2.5 kat olarak tespit edilmiştir. Bu azalmanın sebebi, zeolitin iyon değiştirebilme yeteneği ile iyonik bakırın zeolit etkisinde başka bir katyona dönüşmesi sonucu balığın bakır daha az almasına neden olabilir. *Heteropneustes fossilis* karaciğer dokusunda kurşun etkisinde azalan protein, RNA ve glikojen düzeyini zeolitin varlığında arttırmış ve zeolit koruyucu etki yapmıştır (Jain, 1999). oğun ve şahin (2012), tarafından yapılan bir çalışmada zeolitin karaciğer dokusunda kurşun birikimini azalttığı bildirilmiştir. Kalsiyumun ortamda bulunması bakır ve kadmiyum birikiminde azalmaya neden

olduğu, kalsiyumun su sertliğini yükselttiğini ve sert sularda metaller daha az aktif olduğu için, balık tarafından birikimi azaltmaktadır. (Reichert ve ark., 1979).

Solungaçlar, bir balığın suyla temasının sağlandığı çok önemli bir organıdır. Bu nedenle balık solungaçları dış ortamdaki metaller için toksikolojide ilk hedef dokudur ve metalin vücuda girişinde önemli bir yer olduğu belirtilmiştir (Pelgrom ve ark., 1995; Tao ve ark., 1999). Ortamda ağır metallerin bulunması balık solungaç aktivitesini etkilemekte mukus salınımı artmakta ve solunumu etkilemektedir (Howells ve ark.,1994). Bu araştırmada *O.niloticus*'da bakır ve kadmiyum birikimi solungaçlarda sürenin artmasıyla arttığı saptanmıştır. Yani sürenin artışıyla bakır ve kadmiyum birikimi arasında doğru bir orantı vardır. Bunun büyük bir olasılıkla solungaçların geniş bir yüzey alanına sahip olması ve solungaçları kaplayan mukusun metalleri tutmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca ağır metallerin solungaç dokusunda yüksek derişimde birikimi sonucu solungaç dokusunda meydana gelen mukus salınımı ve yapısal bozukluklarla açıklanabilir (Pratap ve Bonga, 1993).

Yaptığımız çalışmada bakır ve kadmiyum ortam derişimi etkide kalınan süreye bağlı olarak balığın solungaçlarında arttığı saptanmıştır. Metallerin kalsiyumla ve zeolitle olan karışımlarında *O. niloticus* solungaçlarında bakır birikimi en fazla azalma kalsiyumun etkisinde tüm sürelerde ortalama 1.25 katlık azalma olmuştur. Bakır+zeolit karışımında solungaç dokusundaki bakır düzeylerinde 5, 10 ve 15 günlük süreler de ortalama 2.6, 2 ve 1.5 katlık azalma tespit edilmiştir. Solungaç dokusundaki kadmiyum düzeyleri denenen tüm derişim ve sürelerde kalsiyum ve zeolitin etkisinde önemli miktarlarda azalmıştır. Kadmiyum+zeolit karışımında kadmiyum düzeylerindeki azalma zeolitin etkisinde en fazla 10 ve 15 gün sürelerde ortalama 2 katlık azalma olmuştur. Bu azalmaların sebebi bakır ve kadmiyumun birçok katyonla (Ca, Mg, Na ve H) solungaç yüzeylerine bağlanmada rekabet etmesi (Exley ve ark., 1991), kalsiyumun su ortamını sert hale getirerek metallerin çökmesine sebep olması ve sudaki metal konsantrasyonunu azaltması sonucu dokulardaki metal birikiminin azalmasıdır. Aynı şekilde zeolitlerinde metal bağlayabilme yeteneğinin fazla olduğu, sudaki metal konsantrasyonunu ve dokularda metal birikimini azalttığı bildirilmiştir (Çoğun ve Şahin 2012).

Balıklarda ve canlı organizmalarda herhangi bir biyolojik işlevleri bulunmayan Cd, Hg, Cr ve Pb gibi ağır metallerin böbreklerde yüksek düzeyde biriktiği bildirilmiştir (Thomas ve ark., 1985; Suresh ve ark., 1993). Metallerin böbreklerde yüksek miktarlarda birikmesinin nedeninin bu organın metalleri vücuttan dışarı atabilme işlevinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Böbrekler aynı zamanda ağır metalleri bağlayan metallothionein proteinlerini sentezlemektedir (Kito ve ark., 1986). *M. salmoides* ile yapılan bir çalışmada, kadmiyumun karaciğer, böbrek ve solungaçlarda yüksek düzeyde biriktiği ve bu organların önemli oranda metal depolayabildikleri ve boşaltım yapabildikleri belirtilmiştir (Cearley ve Coleman, 1974). Yapılan bir çalışmada kadmiyumun etkisine bırakılan *C. carpio*'da karaciğer ve böbrekte kadmiyum birikiminin yüksek düzeyde olduğu bildirilmiştir (Cinier ve ark., 1999).

Çalışmamızda böbrek dokusunda bakır düzeyi, aynı ortam derişiminde etkide kalınan süresinin uzamasıyla artma göstermiştir. Diğer dokularla kıyaslandığında bakır düzeyindeki azalmanın böbreklerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Böbrek dokusunda bakır düzeyleri, 10. günde bakır+kalsiyum derişiminde yaklaşık 2.5 katlık azalma, bakır+zeolit karışım derişiminde ise tüm sürelerde yaklaşık 2.5 katlık azalma göstermiştir. Böbrek dokusunda kadmiyum düzeylerinde 10. günde kadmiyum+kalsiyum derişiminde yaklaşık 1.5 katlık bir azalma, kadmiyum+zeolit karışım derişiminde ise tüm sürelerde yaklaşık 2 katlık bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalma, sudaki bakır ve kadmiyum düzeylerinin kalsiyum ve zeolit tarafından azaltılması sayesinde olmaktadır. Böbrek dokusunda metallerin azalması fazla gözlenmemiştir. Bunun sebebi, metal bağlayıcı proteinlerin sentezinin yapım yerinin böbrekler olmasından (Schulz-Baides, 1974; Thomas ve ark., 1985; Wood, 1988; Abdulla ve Chmielnici, 1990) dolayı olabilir.

Balıklarda kaslar, metal biriktirmede metabolik olarak aktif bir doku değildir (Çoğun ve Şahin 2012). Farklı balık türleriyle yapılan araştırmalarda kas dokusunda kadmiyum birikiminin çok düşük düzeylerde gerçekleştiği belirtilmiştir (Cearley ve Coleman, 1974; Cinier ve ark., 1999; Szebedinszky ve ark., 2001). Ayrıca bakır birikiminin de kas dokusunda çok düşük düzeyde olduğu yapılan çalışmalarda saptanmıştır (Çoğun ve ark.,

2003; çoğun ve Kargın 2004). Ancak etkide kalınan sürenin uzamasıyla kas dokusundaki bakır ve kadmiyum birikiminin arttığı bildirmiştir (Papoutsoglou ve Abel, 1988; oğun ve ark., 2003; çoğun ve Kargın 2004). *T. nilotica* ile yapılan bir çalışmada, kadmiyumun kas dokusundaki birikiminin çok düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir (Erdem, 1990).

Yaptığımız çalışmada etkide kalınan süresinin uzamasıyla kas dokusundaki bakır ve kadmiyum birikiminin arttığı saptanmıştır. Kastaki bakır birikimi kalsiyum ve zeolit derişimlerinin etkisinde azalmıştır. 1.0 mg/L Cu+0.1 g/L zeolit karışımındaki azalma yaklaşık 10 ve 15. günlerde ortalama 2 ve 1.5 katlık düzeylerinde gerçekleşmiştir. 5. günde kadmiyum birikiminde olan azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı, 10. ve 15. günde ki zeolit karışımında ise kadmiyum düzeylerinde önemli derecede azalma olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki; bakır ve kadmiyum birikimi etkide kalınan süreye bağlı olarak artma gösterirken, metallerin kalsiyumlu ve zeolitli karışımında metal birikimi *O. niloticus* doku ve organlarında önemli düzeyde azalmıştır. Bu azalmanın sebebi, (I) kalsiyumun su ortamının sertliğini arttırarak ortamdaki metal derişimi ve dokulardaki metal birikimini azalttığı, (II) taşıyıcı protein üzerinde aynı bağlanma bölgeleri için metal ile rekabete girerek metal bağlanmasını engellediği, (III) zeolitin iyon değiştirebilme yeteneği ile ortamdaki metal derişimini ve dokulardaki metal birikimini azalttığı düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Tawwab, M., Mousa, M.A.A., Ahmad, M.H., and Sakir, S.F.M. 2007. The use of calcium pre-exposure as a protective agent against environmental copper toxicity for juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 264, 236-246.
- Abdulla, M., Chmielnicka, J. 1990. New aspects of the distribution and metabolism of essential trace elements. after exposure to toxic metals. *Biological Trace Element Research*, 23, 25-53.
- Ali, B. A., Al-Ogaily, S. M., Al-Asghar, N. A., Gropp, J: 2003. Effect of sublethal concentrations of copper on the growth performance of *Oreochromis niloticus*. *J Appl Ichthyol*, 19, 183-188.
- Allen, P. 1994. Mercury accumulation profiles and their modification by interaction with cadmium and lead in the soft tissues of the cichlid *Oreochromis aureus* during chronic exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 53, 684-692.
- Almeida, J. A., Novelli, E. L. B, Dal Pai Silva, M. And Alves, J. R. 2001 Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Environmental Pollution*. 114-2, 169-175.
- Aral, N., Gunay, A., Serimoglu, O., Cali, M., Debik, E. 1999. Ammonia removal from aqueous solution by ion exchange using natural zeolite. *Fresenius Environmental Bulletin*, 8, 344-349.
- Arellano, J. M., Storch, V. And Sarasquete, C. 1999. Histological Changes and Copper Accumulation in Liver and Gills of the Senegales Sole, *Solea senegalensis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 44, 62-72.
- Babel, S., Kurniawan, T. A. 2003. A Research study on Cr (VI) removal from contaminated wastewater using natural zeolite. *Ion Exchange*, 14, 289-292.
- Baden, S. P., Eriksson, S. P., Gerhardt, L. 1999. Accumulation and elimination kinetics of manganese from different tissues of the Norway Lobster *Nephrops norvegicus* (L.). *Aquatic Toxicology* 46, 127-137.

- Baldisserotto, B., C. Kamunde, A. Matsuo and C.M. Wood, 2004. A protective effect of dietary calcium against acute waterborne cadmium uptake in rainbow trout. *Aquatic Toxicology*. 67: 57-73.
- Berman, E. 1980. Copper in "Toxic Metals and Their Analysis". Chapter 12, 88-100., Heyden&Son LTD, London.
- Berntssen, M. H. G., Waagbo, R., Toften, H. And Lundebye, A.-K., 2003. Effects of dietary cadmium on calcium homeostasis, Ca mobilization and bone deformities in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). *Parr. Aquaculture Nutrition*. 9; 175-183.
- Bjerregaard, P. and Vislie, T. 1985. Effect of Mercury on Ion and Osmoregulation in the Shore Crab *Carcinus maenas* (L.). *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol. 82C, 1; 227-230.
- Bournancin, M., Cuthbert, A.W., Meatz, J. 1972. The effect of calcium on branchial sodium flux in the sea water adapted el, *Anguilla Anguilla* L. *Journal of Physiology*. 222, 487-496.
- Bradley, R. W. And Sprague, J. B., 1985. Accumulation of zinc by Rainbow Trout as influenced by pH, water hardness and fish size. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 4, 685-694.
- Brown, M.W., Thomas, D.G., Shurben, D., Solbe, J.F., Kay, J. And Creyer, D., 1986. A comparasion of the differential accumulation cadmium in the tissues of three species of freshwater fish, *Salmo gairdneri*, *Rutilus rutilus* and *Noemacheilus barbatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 84C, No.2, 213-217.
- Buckley, J. T., Roch, M., Mccarter, J. A., Rendell, C. A. And Matherson, A. T. 1982. Chronic exposure of *coho salmon* to sublethal concentrations of copper 1. effects of growth, on accumulation and distribution of copper and on copper tolerance. *Comparative Biochemistry and Physiology*., 72 C (1), 15-19.
- Burnison, B. K., T. Meinelt, R. C. Playle, M. Pietrock, A, Wienke and C. E. W. Steinberg. 2006. Cadmium accumulation in zebrafish (*Danio rerio*) embryos is modulated by dissolved organic matter. *Aquatic Toxicology*. 79: 185–191.

- Calamari, D., Marchetti, R., Vailati, G. 1980 Influence of water hardness on cadmium toxicity to *Salmo gairdneri* Water Research. 14, 1421–1426.
- Cearley, J. E. And Coleman, R. L., 1974. Cadmium toxicity and bioconcentration in largemouth bass and bluegill. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. Vol.11, 146-151.
- Chaurasia, M. K., Jain, S. K. 2006. Natural zeolite mediated mercury toxicity in fish. Asian Journal of Experimental Sciences. 20(2) 303-308.
- Chen, Q.-L., Luo, Z., Zheng, J.-L., Li, X.-D., Liu, C.-X., Zhao, Y.-H., Gong, Y. 2012. Protective effects of calcium on copper toxicity in *Pelteobagrus fulvidraco*: Copper accumulation, enzymatic activities, histology. Ecotoxicology and Environmental Safety, 76, 1; 126–134.
- Cinier, C. De C., Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D. And Bouvet, Y. 1999. Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues. Comparative Biochemistry and Physiology. 122, 345-352.
- Çoğun, H. Y., Kargın, F. And Yuzereroğlu T. A. 2003. Accumulation of copper and cadmium in small and large Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 71: 8523-8528.
- Çoğun, H. Y. And Kargın, F., 2004. Effects of pH on the mortality and accumulation of copper in tissues of *Oreochromis niloticus*. Chemosphere. 55, 277–282.
- Çoğun H. Y., Ö. Fırat, Ö. Fırat, T.A. Yüzereroğlu, G. Gök, F. Kargın Ve Y. Kötemen 2012. Protective effect of selenium against mercury induced toxicity on hematological and biochemical parameters of *Oreochromis niloticus*. Journal of Biochemical and Molecular Toxicology 26, 3, 117-122.
- Çoğun H. Y. Ve M. Şahin 2012 The effect of zeolite on reduction of lead toxicity in Nil tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakülte Dergisi. 18 (1): 135-140.
- Çoğun H.Y., Uras, G. 2012. *Oreochromis niloticus* dokularında alüminyum toksisitesi üzerine kalsiyum'un koruyucu etkisi. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (EgeJFAS) 29(1): 41-47.

- De Smet, H. And Blust, R., 2001. Stress responses and changes in protein metabolism in carp *Cyprinus carpio* during cadmium exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 48, 255-262.
- Dethloff, G. M., Schlenk, D., Khan, S. And Bailey, H. C. 1999. The effects of copper on blood and biochemical parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 36; 415-423.
- Erdem, C., 1990. Cadmium accumulation in liver, spleen, gill and muscle tissues of *Tilapia nilotica* (L.). *Biyokimya Dergisi* XV (3), 13-22.
- Exley, C., Chappell, J. S. and Birchall, J. D. 1991. A mechanism for acute aluminum toxicity in fish. *The Journal of Theoretical Biology* 151, 418-428.
- Erickson, R. J., Benoit, D. A., Mattson, V. R., Nelson, H. P. And Leonard, E. N., 1996. The effects of water chemistry on the toxicity of copper to fathead minnows. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 15, 2. 181193.
- Felts, P. A. And Heath, A. G., 1984. Interaction of temperature and sublethal environmental copper exposure on the energy metabolism of Bluegill, *Lepomis macrochirus rafinesque*. *Journal of Fish Biology*. 25; 445-453.
- Firat Ö., Çoğun H. Y., T. A. Yüzereroğlu, G. Gök, Ö. Firat, F. Kargin, Y. Kötemen 2011. A comparative study on the effects of a pesticide (cypermethrin) and two metals (copper, lead) to serum biochemistry of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiology and Biochemistry*. 37: 657-666
- Gabryelak, T., Filipiak, A., Bricchon, G., 2000. Effects of zinc on lipids of erythrocytes from carp (*Cyprinus carpio* L.) acclimated to different temperatures, *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 127, 335-343.
- 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. *Comparative Biochemistry and Physiology* 102, 361- 371.
- Glynn, A., Norrgren, L. And Malmberg, O., 1992. The influence of calcium and humic substances on aluminium accumulation and toxicity in the minnow,

- phoxinus phoxinus at low pH. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 102 C. 3, 427-432.
- Handy, R. D., Eddy, F. B. and Baines, H. 2002. Sodium-dependent copper uptake across epithelia: a review of rationale with experimental evidence from gill and intestine. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1566, 104-115.
- Heath, A. G., 1987. *Water Pollution and Fish Physiology* CRC Press. 24 pp., Florida, USA.
- Heath, A. G., 1995. *Water pollution and fish physiology*. CRC Press, 359 pp. Florida USA.
- Hilmy, A. M., Shabana, M. B. And Daabees, A. Y. 1985. Bioaccumulation of Cadmium: Toxicity in *Mugil cephalus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 81C(1), 139-143.
- Hilmy, A. M., El Domiaty, N. A., Daabees, A. Y. and Alsarha, A. 1987. The toxicity to clarias lazera of copper and zinc applied jointly. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 87 C (2), 309-314.
- 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. *Aquatic Toxicology*. 46, 101-119.
- Hogstrand, C., Reid, S. D. And Wood, C. M., 1995. Ca transport in the gills of fresh water Rainbow Trout and the cost of adaptation to waterborne Zn. *Journal of Experimental Biology*. 198, 337-348.
- Hogstrand, C., Verbost, P. M., Bonga, S. E. W. And Wood, C. M., 1998. Mechanisms of zinc uptake in gills of fresh water Rainbow Trout: Interplay with Ca transport. *The American Journal of Physiology*. 270, 1141-1147.
- Howells, G., Dalziel, T. R. K., Reader, J. P., Solbe, J. F. 1994. Aluminum and fresh waterfish water quality criteria. In: Howells, G. (Ed) *Water quality for freshwater fish*. Gordon and Breach Science Publication 55-115.
- Hunn, J. B., 1985. Role of calcium in gill function in freshwater fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 82A, 543-547.

- Hwang, P. P. And Yang, C. H., 1997. Modulation of calcium uptake in cadmium-pretreated Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) larvae. Fish Physiology and Biochemistry 16: 403-410
- Ichii, T. And Mugiya, Y., 1983. Effects of a dietary deficiency in calcium on growth and calcium uptake from the aquatic environment in the Goldfish, *Carassius auratus*. Comparative Biochemistry and Physiology. 74A, 2, 259-262.
- Jain, S. K. 1999. Protective roles of zeolite on short and long term lead toxicity in Teleost fish *Heteropneustes fossilis*. Chemosphere, 39(2): 247-251.
- Jain, S.K., Raizada, A. K., Jain, K. 1997. Protective role of zeolite on lead toxicity in freshwater fish. XIII ISEB., Monopoli, Bari, Italy,
- James, R. 2000. Effect of zeolite on reduction of cadmium level in water and improvement of haematological parameters in *Oreochromis mossambicus* (Peters). Indian J. Fish. 47(1), 29-35.
- James, R., Sampath, K., Selvamani, P., 1998. Effect of EDTA on reduction of copper toxicity in *Oreochromis mossambicus*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 60, 487-493.
- James, R., Sampath, K. 2000. Effect of zeolite on the reduction of cadmium level in water and fish body and growth improvement in a catfish *Heteropneustes fossilis* (Bloch). Journal of Aquaculture in the Tropics. 15(4), 329-338.
- Kayhan, F. E. 2006. Su ürünlerinde kadmiyumun biyobirikimi ve toksisitesi. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences. 01, 23: 1-2.
- Kargin, F. ve Erdem, C. 1991. *Cyprinus carpio*'da bakırın karaciğer, dalak, mide, barsak, solungaç ve kas dokularındaki birikimi. Doğa: Turkish Journal of Zoology. 15; 306-314.
- 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 Rainbow Trout *Salmo gairdneri*. Environmental Health Perspectives. 65, 133-139.
- Kito, H., Ose, Y. and Sato, T., 1986. Cadmium-binding protein (Metallothionein) in Carp. Environmental Health Perspectives. 65,117-124.

- Larsson, A., Bengtsson, B. E., and Haux, C., 1981. Disturbed ion balance in flounder, *Platichthys flesus* L., exposed to sublethal levels of cadmium. *Aquatic Toxicology*. 1:19-35.
- Matsuo, A.Y.O.; Wood, C.M.; Val, A.L. 2005 Effects of copper and cadmium on ion transport and gill metal binding in the Amazonian teleost tambaqui (*Colossoma macropomum*) in extremely soft water. *Aquatic Toxicology*, New York, 74: 351-364.
- McGeer, J. C., Szebedinszky 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.
- Miller, T. G. and Mackay, W. C., 1980. The effects of hardness, alkalinity and pH of Test water on the toxicity of copper to Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Water Research*. 14, 129-133.
- Mishra, M., Jain, S. K. 2009. Effect of natural ion exchanger Chabazite for remediation of lead toxicity: an experimental study in teleost fish *Heteropneustes fossilis*. *Asian Journal of Experimental Sciences*, 23(1): 39-44.
- Moiseenko, T. I. and Kudryavtseva, L. P., 2001. Trace metal accumulation and fish pathologies in areas affected by mining and metallurgical enterprises in the Kola Region, Russia. *Environmental Pollution*. 114, 285-297.
- Munoz, M. J., Carballo, M. And Tarazona, J. V. 1991. The effect of sublethal levels of copper and cyanide on some biochemical parameters of Rainbow Trout Along Subacute Exploitation. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 100C, 3; 577-582.
- Muramoto, S. 1980. Effects of complexans (EDTA, NTA And DTPA) on the exposure to high concentrations of cadmium, copper, zinc and lead. *The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 25, 941-946.
- Muramoto, S., 1983. Elimination of Copper From Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and freshwater. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*. 19 (3), 455-461.

- Murphy, C. B. Jr, and Spiegel, S. J. 1983. Bioaccumulation and toxicity of heavy metals and related trace elements. *Water Pollution*. 55, 6, 816-821.
- Papoutsoglou, S. E. and Abel, P. D., 1988. Sublethal toxicity and accumulation of cadmium in *Tilapia aurea*. *The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 41, 404-411.
- Pascoe, D., Evans, S. A. and Woodworth, J., 1986. Heavy metal toxicity to fish and influences of water hardness. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 15, 481-487.
- Pelgrom, S. M. G. J., Lock, R. A. C., Balm, P. H. M. and Wendelaar Bonga, S. E. 1995. Integrated Physiological Response of Tilapia, *Oreochromis mossambicus*, to sublethal copper exposure. *Aquatic Toxicology*. 32, 303-320.
- Perschbacher, P.W and Wurtz, A. W. 1999. Effect of calcium and magnesium hardness on acute copper toxicity to juvenil channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture* 172, 275-280.
- Perry, S.F., 1997. The chloride cell: structure and function in the gills of freshwater fishes. *Annual Review of Physiology* 59, 325–347.
- Playle, R. C., Gensemer, R. W and Dixon, D. G., 1992. Copper accumulation on gills of *fathead minnows*: influence of water hardness, complexation and pH of the gill micro-environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 11: 381-391.
- Pratap, H. B. and Wendelaar Bonga, S. E. 1993. Effects of ambient and dietary cadmium on pavement cells, chloride cells and Na⁺-ATPase of the fresh water teleost *Oreochromismossambicus* at normal and high calcium levels in the ambient water. *Aquatic Toxicology* 26, 133-150.
- 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. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 18, 568-575.
- Regoli, F., Orlando, E., 1994. Seasonal variation of tracemetal concentrations in the digestive gland of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*,

- Comparison between a polluted and a non-polluted site. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 27, 36–43.
- Reichert, W. L., Federigh, D. A. and Malins, D. C. 1979. Uptake and metabolism of lead and cadmium in Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 63 C, 229-234.
- Reid, S. D. And Mc Donald, D. G. 1988. Effects of cadmium, copper and low pH on ion fluxes in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 45, 244-253.
- Riget, F., Dietz, R., Johansen, P., 1997. Zinc, cadmium, mercury and selenium in Greenland fish. *Bioscience Meddelelser om Grønland* 48, 1–29.
- Rohlf, J. F. and Sokal, R. R. 1969. *Statistical Tables*. W. H. Freeman and Company, San Francisco. 253 pp.
- Romeo, M., Siau, Y., Sidomou, Z. And Gnassia – Barelli. 1999. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania Coast. *The Science of the Total Environment*. 232, 169-175.
- 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). *The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 11 (3); 244-249.
- Sağlamtimur, B., Cicik, 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, 33-38.
- Schulz - Baides, M. 1974. Lead uptake from the sea water and food, and lead loss in the common Mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 25, 177-193.
- Semmens, M. J., Seyfarth, M. 1978. The selectivity of clinoptilolite for certain heavy metals. In, Sand LB, Mumpton FA (Eds): *Natural zeolite occurrence, properties, use*, pp. 517-526, Pergamon Press, Elmsford, New York,
- Simon, C. M., 1981. Design and operations of a large scale commercial penaeid shrimp hatchery. *Journal of the World Mariculture Society* 12, 322-334.

- Sokal, R. R. and Rohlf, J. F. 1969. "Biometry" W. H. And Freeman and Company, San Francisco. 776 pp.
- Suresh, A., Sivaramakrishna, B. and Radhakrishnaiah, K. 1993. Cadmium induced changes in ion levels and ATPase activities in the muscle of the fry and fingerlings of the freshwater fish, *Cyprinus carpio*. *Chemosphere*,30,2; 365-375.
- Spry, D. J. and Wood, C. M. 1984. Acid-base, plasma ion and gas changes in Rainbow Trout during short term toxic zinc exposure. *Journal of Comparative Physiology B*. 154; 149-158.
- Szebedinszky, C., Mc Geer, J. C., Mc Donald, 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. *Environmental Toxicology Chemosphere* 20, 597-607.
- Tao, S., Liu, C., Dawson, R., Cao, J. and Li, B. 1999. Uptake of Particulate Lead via the Gills of Fish (*Carassius auratus*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 37, 352-357.
- Taylor, L. N., Mc Geer, J. C., Wood, C. M. And Mc Donald, D. G. 2000. Physiological effects of chronic copper exposure to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in hard and soft water: evaluation of chronic indicators. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19, 9, 2298-2308.
- 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. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*. 82,1, 55-62.
- Thurberg, F. P., Dawson, M. A. and Collier, R. S. 1973. Effects of copper and cadmium on osmoregulation and oxygen consumption in two species of estuarine crabs. *Marine Biology*, 23(3); 171-175.
- Torre, F. R., Salibian, A. and Ferrari, L., 2000. Biomarkers assessment in juvenile *Cyprinus carpio* exposed to waterborne cadmium. *Environmental Pollution* 109, 277-282.

- Türkman, A., Aslan, Ş., Ege, I. 2001. Doğal zeolitlerle atık sulardan kurşun giderimi. DEU Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. 3(2): 13-19.
- Uçar, A., Alak, G., Topal, A., Arslan, H., Parlak, V., Şensurat, T., Atamanalp, M. 2012 Kadmiyum toksisitesine Karşı humik asitin koruyucu etkisinin kahverengi alabalıklar (*Salmo turutta fario*)'ın elektrolitlerinde araştırılması. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi. 5(2); 139-143.
- Vera, M., P. and Poscidio, G. N. 1998. Protential protective effect of calcium carbonate as liming agent against copper toxicity in the afrikan tilapia *Oreochromis mossambicus* . The Science of the Total Environment 214,193-202.
- Venkataramana, P. and K. Radhakrishnaiah. 2001. Copper influenced changes in lactate dehydrogenase and glucose 6- phosphate dehydrogenase activities in the freshwater fish, *Labeo rohita* (Hamilton). The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 67, 257-263.
- 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. The Journal of Experimental Biology. 145, 185-197.
- Verbost, P. M., Flik, G., Lock, R. A. C. and Wendelaar Bonga, S. E., 1987. Cadmium inhibition of Ca²⁺ uptake in Rainbow Trout gills. The American Journal of Physiology. 253, 216-221.
- Viarengo, A. 1985. Biochemical effects of trace metals. Marine Pollution Bulletin, 16, 4, 153-158.
- Viarengo, A., Mancinelli, G., Orunesu, M., Martjno, G., Faranda, F. and Mazzucotelli, A., 1988. Effects of sublethal copper concentrations, temperature, salinity and oxygen levels on calcium content and on cellular distribution of copper in the gills of *Mytilus galloprovincialis*. lam: A multifactorial experiment. Marine Environmental Research. 24; 227-231.

- Winner, R. W., and Gauss, J. D., 1986. Relationship between chronic toxicity and bioaccumulation of copper, cadmium and zinc as affected by water hardness and humic acid. *Aquatic Toxicology*, 8, 149-161.
- Wong, C. K. C., Wong, M. H., 2000. Morphological and biochemical changes in the gills of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to ambient cadmium exposure. *Aquatic Toxicology*. 48, 517-527.
- Wood, C. M. 1988. Acid-base and ionic exchanges at gills and kidney after exhaustive exercises in the Rainbow Trout. *The Journal of Experimental Biology*. 136, 461-481.
- Wood, C. M., 2001. Toxic responses of the gill. In: Schlenk, D.W., Benson, W.H. (Eds.), *Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts*. vol. 1, Organs. Taylor and Francis, Washington, DC, 1-89.
- Wright, D. A., Meteyer, M. J and Martin, F. D., 1985. Effect of calcium on cadmium uptake and toxicity in larvae and juvenils of Striped Bass. *The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 34:196-204.

ÖZ GEÇMİŞ

Adı Soyadı : İpek Çimrin REYHAN

Doğum Yeri : Gaziantep

Doğum Tarihi : 19.04.1984

E posta : peki-pek@hotmail.com

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Okul, başlama ve mezuniyet yılı, şehir) :

Orta Öğretim: Gaziantep Anadolu Lisesi, 2003

Lisans : Çukurova Üniversitesi FEF Biyoloji Bölümü, 2008

Yüksek Lisans :Kilis 7 Aralık Üniversitesi FEF Biyoloji Bölümü 2014

Bilimsel Çalışmalar

-Hikmet Y. ÇOĞUN, S. Özge ÇAPAR, Rabia ÇAĞLAR, Kadir TAŞYÜREK, Büşra TANRIVER, Senem ÖZDEMİR, Cem Baran ER, **İpek ÇİMRİN**, Emine SARIÇİCEK.2013. *Oreochromis niloticus*(Linnaeus, 1758)' da Dimethoat'ın Bazı Enzim Sistemlerine Toksik Etkileri. **Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi**, 4(2): 33-36.

-Kadir TAŞYÜREK, Büşra TANRIVER, S. Özge ÇAPAR, Rabia ÇAĞLAR, Senem ÖZDEMİR, **İpek Çimrin**, Cem Baran ER, Emine SARIÇİCEK, Hikmet Yeter ÇOĞUN. Dimethoat'ın *Oreochromis niloticus* Kan Dokusundaki Kolesterol Düzeylerinde Etkisi: **Ekoloji 2013 Sempozyumu 2-4 Mayıs 2013. Tekirdağ**. 161p.

-Cem Baran ER, **İpek ÇİMRİN**, Hikmet Y. ÇOĞUN, S. Özge ÇAPAR, Rabia ÇAĞLAR, Kadir TAŞYÜREK, Büşra TANRIVER, Senem ÖZDEMİR, Emine SARIÇİCEK. 2013. *Oreochromis niloticus* Kan dokusundaki Glikoz düzeylerine Dimethoat'ın Etkisi. **FABA 30 Mayıs-01 Haziran 2013, Erzurum**. 180p.

-Hikmet Y. ÇOĐUN, S. Özge ÇAPAR, Rabia ÇAĐLAR, Kadir TAŐYÜREK, Bűra TANRIVER, Senem ÖZDEMİR, Cem Baran ER, İpek ÇİMRİN, Emine SARIÇİCEK. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)' da Dimethoat'ın Bazı Enzim Sistemlerine Toksik Etkileri. **XI Ulusal Ekoloji ve evre Kongresi. 01-04 Ekim 2013, Samsun. 136p.**