

T. C.  
KILIS 7 ARALIK UNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALÜMİNYUMUN *Oreochromis niloticus* (L.)'DA SOLUNGAÇ, KAS,  
KARACİĞER VE BÖBREK DOKULARINDAKİ BİRİKİMİ

Nurgül ARITÜRK

DANIŞMAN:  
Prof. Dr. İsmet HASENEKOĞLU  
Doç. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

HAZİRAN 2014  
KILIS  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ ONAYI

Prof. Dr. İsmet HASENEKOĞLU ve Doç. Dr. Hikmet Y. ÇOĞUN danışmanlıklarında, Nurgül ARITÜRK tarafından hazırlanan “**Aluminyumun *Oreochromis niloticus* (L.)'da Solungaç, Kas, Karaciğer ve Böbrek Dokularındaki Birikimi**” adlı tez çalışması 12.03.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji Ana Bilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak **Kabul/Red** edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı Soyadı (Kurumu)	İmza
Başkan	<b>Prof. Dr. İsmet HASENEKOĞLU</b> (Kilis 7 Aralık Üniv. F. E. F. Biyoloji ABD)	
Üye	<b>Doç. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN</b> (Çukurova Üniv. Ceyhan Veterinerlik Fak. Fizyoloji ABD)	
Üye	<b>Yrd. Doç. Dr. Yakup DOĞAN</b> (Kilis 7 Aralık Üniv. M. R. E. F. İlköğretim Bölümü)	
Üye	<b>Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKYÜZ</b> (Kilis 7 Aralık Üniv. F. E. F. Kimya ABD)	
Üye	<b>Yrd. Doç. Dr. Metin AÇIKYILDIZ</b> (Kilis 7 Aralık Üniv. F. E. F. Kimya ABD)	

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

### ALUMİNYUMUN *Oreochromis niloticus* (L.)'DA SOLUNGAÇ, KAS, KARACİĞER VE BÖBREK DOKULARINDAKİ BİRİKİMİ

Nurgül ARITÜRK

Kilis 7 Aralık Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Ana Bilim Dalı

1. Danışman: Prof. Dr. İsmet HASENEKOĞLU
2. Danışman: Doç. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

Yıl:2014

Sayfa: 38

#### Özet

Bu araştırmada *Oreochromis niloticus*'un kas, karaciğer, solungaç ve böbrek dokularında alüminyum (Al) derişim düzeyi 0,1, 1,0, 5,0 ve 10,0 mg/L ortam derişimlerinin etkisinde 1, 5 ve 15. günlerde araştırılmıştır. Dokulardaki alüminyum düzeyleri Kilis 7 Aralık Üniversitesi Toprak Analiz Laboratuvarında ICP-MS spektrofotometresi ile ölçülmüştür. Kas dokusu hariç tüm dokularda alüminyum düzeyleri ortam derişimi ve süreye bağılı olarak istatistiksel bir ayırım gösterecek düzeyde artmıştır. Tüm sürelerde en az alüminyum birikimi *O. niloticus*'un kas dokusunda bulunmasına karşın, en yüksek alüminyum birikimi böbreklerde bulunmuştur. Alüminyum birikiminde dokular arasında takip eden ilişkinin; böbrek> solungaç> karaciğer> kas şeklinde olduğu saptanmıştır. Kas dokusunda alüminyum düzeyleri ortam derişimi ve süreye bağılı olarak istatistik ayırım gösterecek düzeyde artmamıştır. Ancak, alüminyum birikimi karaciğer, solungaç ve böbrekte ortam derişimi ve süreye bağılı olarak istatistik ayırım gösterecek düzeyde artmıştır. *O. niloticus*'un karaciğer, solungaç ve böbrek dokularında alüminyum birikimi 15. gün sonunda 10,0 mg/L Al derişimin de 10,11, 12,32 ve 110,2 µg/g ulaşmıştır. Toplam alüminyum birikimi artması karaciğer, solungaç ve böbreklerde 3 ve 4 kat olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Alüminyum, Birikim, doku, *Oreochromis niloticus*.

## ABSTRACT

MSc. Thesis

### ACCUMULATION of ALUMINUM in GILL, MUSCLE, LIVER AND KIDNEY TISSUES of *Oreochromis niloticus* (L.)

Nurgül ARITÜRK

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

1. Supervisor: Prof. Dr. İsmet HASENEKOĞLU
2. Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

Year:2014

Page: 38

#### Summary

In the present study, the level of aluminum concentrations in muscle, liver, gill and kidney tissues of *Oreochromis niloticus* exposed to 0,1, 1,0, 5,0 and 10,0 mg/L aluminum (Al) for 1, 5 and 15. days were investigated. The concentration of aluminum in tissues were measured by ICP-MS spectrophotometry in Kilis 7 Aralık University Toprak Analiz Laboratuvarı. The aluminum concentrations in the except muscle all other tissues were statically increased in relation to medium concentration and period. In the all days, highest levels of aluminum were found in kidney of *O. niloticus*, whereas accumulation was the lowest levels of aluminum in muscle. The following relationship was found between tissues in accumulating aluminum; kidney> gill> liver> muscle. Aluminum levels of muscle tissues was not increase statically significant in relation to medium concentration and period. However, aluminum accumulation in liver, gill and kidney tissues increased statically significant in relation to medium concentration and period. The accumulation of aluminum in the liver, gill and kidney tissues of *O. niloticus* reached 10,11, 12,32, 110,2 µg/g at the concentration of 10,0 mg/L Al in the end of 15 days. To increasing total aluminum accumulation ratio in tissues were observed 3 and 4 fold in the liver, gill and kidney tissues.

**Keywords:** Aluminum, accumulation, tissues, *Oreochromis niloticus*

## TEŐEKKÖR

Tez alıőmamın konusunun belirlenmesinde, gerek araőtırılmasında gerekse yazımı aőamasında bilimsel desteğini ve öngörülerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocalarım ve tez danıőmanlarım Sayın Prof. Dr. İsmet HASENEKOğLU ve Doç. Dr. Hikmet Yeter OğUN'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmalarımda desteğini görmüş olduğum Kilis 7 Aralık Fen Edebiyat Fakóltesi Biyoloji Bölümü öğretim elemanlarına teőekkürü bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemde büyük emeği olan, maddi manevi her zaman bütün imkanlarını benden esirgemeyen ve bana sunan aileme teşekkür ederim.

Nurgöl ARITÖRK  
Haziran, 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 .....	12
3.1. Perkin Elmer ICP-MS cihazı .....	13
4. BULGULAR .....	14
5. TARTIŞMA .....	23
6. KAYNAKLAR .....	28
ÖZ GEÇMİŞ .....	38

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### 1. Simgeler

$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat
Al	: Alüminyum
$\text{CaCO}_3$	: Kalsiyum Karbonat
cm	: Santimetre
g	: Gram
L	: Litre
mg	: Miligram
pH	: Hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması
$\mu\text{g}$	: Mikro gram

### 2. Kısaltmalar

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. Alüminyum derişimi ve absorbens arasındaki doğrusal ilişki.....	14
Şekil 4.2. Alüminyum etkisinde <i>O. niloticus</i> 'un kas dokularında süreye ve derişime bağı birikimi ( $\mu\text{g Al/g k.a.}$ ).....	18
Şekil 4.3. Alüminyum etkisinde <i>O. niloticus</i> 'un karaciğer dokularında süreye ve derişime bağı birikimi ( $\mu\text{g Al/g k.a.}$ ).....	19
Şekil 4.4. Alüminyum etkisinde <i>O. niloticus</i> 'un solungaç dokularında süreye ve derişime bağı birikimi ( $\mu\text{g Al/g k.a.}$ ).....	20
Şekil 4.5. Alüminyum etkisinde <i>O. niloticus</i> 'un böbrek dokularında süreye ve derişime bağı birikimi ( $\mu\text{g Al/g k.a.}$ ).....	21



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 4.1.</b> <i>O. niloticus</i> doku ve organlarda 1. günde alüminyum birikimi ( $\mu\text{g}$ Al/g. k.a.).....	<b>15</b>
<b>Çizelge 4.2.</b> <i>O. niloticus</i> doku ve organlarda 5. günde alüminyum birikimi ( $\mu\text{g}$ Al/g. k.a.).....	<b>16</b>
<b>Çizelge 4.3.</b> <i>O. niloticus</i> doku ve organlarda 15. günde alüminyum birikimi ( $\mu\text{g}$ Al/g. k.a.).....	<b>17</b>

## 1. GİRİŞ

Hızla artmakta olan dünya nüfusu ile ortaya çıkan en büyük sıkıntı çevre kirliliğidir. Çevre kirliliğine neden olan en önemli kirleticilerin başında metaller gelmektedir. Çevre kirliliğine neden olan bu metaller genelde sanayi, tarım ve insan faaliyetleri sonucu toprağa ve suya kadar geçmektedir. Böylelikle suya kadar ulaşan kirleticiler su ortamında sucul canlılara ve özellikle balık gibi hassas organizmaları olumsuz etkilemekte ve ölmelerine neden olmaktadır (Moiseenko ve Kudryavtseva, 2001).

Alüminyum doğada yer kabuğunda üçüncü en bol bulunan karmaşık bir elementtir (Taylor ve Mc Lennan 1985) ve biyolojik sistemlerde çok az kullanılır. Bu element ilk defa 1972 yılında dializ hastalarında bir rahatsızlığa sebep olduğu saptanınca bu elementin zararlı olduğu düşünölmeye başlandı (Alfrey ve ark., 1976). Alüminyum günümüz tıbbın birçok alanında kullanılmaktadır. Birçok besinde, içme ve sulama suyunda ve hayvansal dokularda bol miktarda alüminyum bulunmaktadır (Koivistoinen, 1980). Canlı organizmalarda alüminyum, besin yoluyla çok düşük düzeylerde alınım olmaktadır. Bu düşük seviyeli alüminyum alınımı canlı organizma için zararlı değil, fakat yüksek derişimlerde son derece toksik olmaktadır.

Bir çok araştırmacı, ortamda alüminyumun bulunması organizmalarda özellikle fizyolojik bozukluklara, anemiye neden olmakta, kemik hasarları bırakmakta, bebeklerin erken doğmalarına ve beyin hasarlarına, böbrek fonksiyonlarını bozmakta ve ayrıca kemiklerde kalsiyum birikimi yerine alüminyumun biriktiğini saptamışlardır (Ellis ve ark., 1979; D'Arcy, 1985; Sedman ve ark.,1989; Winship, 1993; Şahin ve Duru, 1994). Alüminyumun düşük moleköl ağırlıklı formları inorganik monomerik alüminyum olarak tanımlanır ve balıklarda alüminyum toksisitesine neden olan çok önemli alüminyum türleri olduğuna inanılır (Driscoll ve ark., 1980; Poleo, 1995). Alüminyum konsantrasyonlarının tatlı sularda çok düşük düzeylerde olduğu fark edilmiştir. Bu düzeydeki alüminyum balıklarda akut toksisiteye neden olmaktadır.

Organik alüminyum komplekslerinin inorganik alüminyum türlerinden daha az toksik olduğu gösterilmiştir. Dahası Al komplekslerinin davranışı sucul ortamda asitleşmeyle

farklı olmuş ve toksik etkileri çoğu hassas türlerde gösterilmiştir (Sparling ve Lowe 1996). Alüminyum özellikle asitli sularda temel bir toksikandır (Dickson, 1978). Düşük pH'lı sularda alüminyum iyonları dominanttır (Gensemer ve Playle 1999). Bu daha çok H<sup>+</sup> iyonu ile alüminyum arasında hücreye girişte rekabetten kaynaklanmaktadır. Kabul edilir ki suda Al biyolojik kullanımı, kimyasal davranışı ve çevresel parametreler (pH, sıcaklık, su sertliği, hidrostatik basınç ve humik asit gibi organik maddeler) tarafından kontrol edilir (Babich ve Stotzky 1983; Pavlova ve Sigg 1988; Stackhouse ve Benson 1988; Poleo 1995; Da silva ve ark., 1997).

Alüminyum aquatik ortamlarda ciddi etki eden, ekolojik problemlerle neden olan bir metal olup, şu ana kadar bu metalin canlı organizmada normal fizyolojik fonksiyonları yoktur (Nayak, 2002). Araştırmacıların yapmış olduğu bir çok çalışmada bu elementin canlıda fizyolojik etkileri farklı balık türlerinde kardiyovasküler (Laitinen ve Voltonen, 1995), hematolojik (Barcarolli ve Martinez, 2004), solunum (Playle ve Wood 2000), iyon düzenleme, üreme (Vuorinen ve ark., 2003 ), metabolik (Brodeur ve ark. 2001) ve endokrin rahatsızlıkları (Waring ve ark., 1996) ve solungaç yapısal hasarlarla (Peuranen ve ark., 1993) ilgilidir.

Solungaçlar balıklarda osmoregülasyonda önemli rol oynayan bir organdır (Hwong ve Lee 2008). Bu organ aynı zamanda su ortamında kirliliğin balığa ilk giriş yapıları, aynı zamanda ortam canlı ilişkisini direkt sağlayan temel hedef organdır (Dang ve ark., 2000). Solungaçlar ortamda alüminyum varlığında çok etkilenen bir organdır (Playle ve Wood 1990). Solungaçlardaki klorid hücreleri balığın iyon regülasyonunda direkt ilişkilidir (Hirose ve ark., 2003). Klorid hücreleri mitokontri bakımından bol miktarda olmakla birlikte Na/K-ATPaz gibi yüksek yoğunluklu membran enzimlerine sahiptir (Dang ve ark., 2000).

Alüminyum tatlı su balıklarında iyon regülasyonu, solunum rahatsızlıklarına ve solungaçlarda Al<sup>+3</sup>olarak birikmesine sebep olur (Poleo, 1995). Alüminyum balık solungaçlarını etkileyerek iyon regülasyonunu, homeostasiyi ve balığın solunumunu etkiler (Neville ,1985; Howells ve ark., 1994). Ortamda alüminyum varlığı balıkta birçok katyonlar Na, Ca, Mg, ve H iyonları ile balık solungaç yüzeylerinde klorid

hücrelerinde bağlanma bölgelerinde rekabet eder (Exley ve ark., 1991; Hirose ve ar., 2003).

Genel olarak alüminyum balıklarda solungaçlarda hasara sebep olmuştur (Playle ve Wood, 1990). Bu hasarlar genel olarak sıralanacak olunursa: (I) İyon regülasyonunda plazma elektrolit kayıpları, (II) Plazmada asidozis ve hipoksiz gibi solunumda görülen rahatsızlıklar (Neville ,1985; Howells ve ark., 1994) ve (III) Osmoregülasyonun bozulmasıdır (Playle ve Wood, 1990; Exley ve ark.,1991; Playle, 1998). Alüminyumun balıklarda aşırı mukus ürettiği birçok araştırmacı tarafından saptanmıştır (Muniz ve Leivestod,1980). Ayrıca alüminyum karbonik anhidraz enzimi ile Na-K-ATPaz enzim aktivitelerini inhibe eder (Staurnes ve ark., 1984; Dang ve ark., 2000).

*O. niloticus*'un bu çalışmada, insanlar tarafından besin kaynağı olarak tüketilmesi (Almeida, 2001), fizyolojik mekanizmaların yüksek omurgalılara benzemesi, daha kısa zamanda verimli döl vermesi, kirleticilere karşı dirençli olması (Çogun ve ark., 2003; Sağlamtimur ve ark., 2004; Çogun ve Sahin, 2012) ve fizyolojik cevapları kısa sürede vermesinden dolayı kullanılma nedenidir.

Bu çalışmada; 1, 5 ve 15 günlük uygulama sürelerinde *Oreochromis niloticus* balıklarında alüminyumun 0,1, 1,0, 5,0 ve 10 mg/L ortam derişimlerinde solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularında birikimine etkisi araştırılmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Skidmore, (1964), balıklarda çinkonun yüksek derişimlerdeki akut etkisinin solungaçlarda yapısal bozukluklara, hipoksiye ve mortaliteye neden olduğunu saptamıştır

Sorenson ve ark., (1974), çevrede bulunan alüminyumun hava, su, toprak, bitki ve insanlar üzerinde olumsuz etkilere sebep olduğunu yaptığı bir çok çalışmada gözlenmiştir.

Miller ve Mackoy (1980), *Salmo gairdneri* ile yaptıkları bir çalışmada bakır toksisitesinin kalsiyum sertliği ile balığın bu toksisiteden koruduğuna ve balığın bakır toksisitesinde kalsiyum önemli yer tutmakta olduğunu saptamıştır.

Driscoll ve ark., (1980), çevre şartlarından suyun pH düzeyleri asit şartlarına ulaştığı zaman, asitli sularda alüminyumun, iyon türlerinin balıklarda toksite yönden zararlı olduğunu saptanmışlardır.

Eddy (1982), balıkların osmatik ve iyon kapasitesinde solungaçlar önemli yer tuttıkları ve ayrıca tatlı su balıklarının solungaçlarıyla iyonları yaşadıkları sudan aldıklarını bildirmiştir.

Sjögren ve ark., (1983), alüminyumun insan sağlığı üzerine etkisini çalışan araştırmacılar fabrika ortamında çalışan işçilerde yapılan araştırmada işçilerin kanlarında yüksek düzeyde üreye rastlamış ve bu durumun alüminyumla ilişkisinin olduğunu saptamıştır.

Perl (1985), alüminyumun insanlar üzerine etkilerinin çalışan araştırmacı Alzheimer hastaları üzerine yaptıkları incelemelerde insan sağlığı açısından alüminyumun çok önemli bir faktör olduğunu saptamıştır.

Wright ve ark. (1985), kadmiyum etkisinde *Morone saxatilis*'de düşük kalsiyumda mortalite gözlenirken, yüksek kalsiyumlu sularda mortalitenin olmadığını ve kalsiyumun balığı kadmiyum toksisitesinden koruduğunu belirtmişlerdir.

Dave (1985), *Brachydanio rerio* ile yaptığı çalışmada farklı pH'larda alüminyum, kadmiyum ve demirin yumurtalarda ve larvalarda etki ettiğini ve yüksek pH'da alüminyumun daha toksik olduğunu gözlemlemiştir.

Winner ve Gauss (1986), ortam suyunu kalsiyumla sert hale getiren araştırmacılar *Daphnie pulex* ile yaptığı çalışmada ağır metal toksik etkisinin ve birikimin yumuşak sularda sert sulara göre daha fazla olduğu gözlemlemiştir.

Brown ve ark., (1986) kadmiyumun *O.mykiss*'de böbreklerde en yüksek birikimi gösterdiğini, *Rutilus rutilus* ve *Noemachelius barbatulus*'da ise en yüksek kadmiyum birikiminin karaciğerde olduğunu saptamışlardır.

Wicklund ve Runn (1988), *P. phoxinus*'da sudaki kalsiyum düzeyinin artması kadmiyum gibi ağır metallerin karaciğer ve solungaçlarda birikiminin azaldığını gözlemlemiştir.

Reader ve Morris (1988), gökkuşuğu alabalığı (*Salmo trutta*) ile yaptıkları çalışmada farklı pH düzeylerinde yaptığı çalışmada, ortam suyuna kalsiyum zenginleşmesinde alüminyumun toksik etkisi üzerine çalışma yapmıştır.

Thomsen ve ark. (1988), gökkuşuğu alabalığı (*Salmo gairdneri*) yumurta ve larvaları ile yaptıkları çalışmada farklı pH'da alüminyum ve kalsiyum iyonlarının etkilerini incelemiş, alüminyumun LC<sub>50</sub> değerinin yumuşak sularda 3.8 mg Al/L, sert sularda ise 71mg Al/L olduğunu saptamışlardır.

Shephard (1988), balık yumurtalarının vitellus sıvısında alüminyum ve kalsiyumun etkisinde bu sıvıdaki potasyum düzeylerini araştırmıştır. Potasyum düzeyleri farklı pH'larda kalsiyum ve alüminyumda değiştiğini saptamıştır.

Verbost ve ark. (1989), *S. gairdneri*'de kadmiyum birikiminde balığın solungaçlarında  $Ca^{+2}$  ATPaz'ı inhibe ederek sudan kalsiyum alımını engellediğini ve bunun sonucunda hipokalsemiye neden olduğunu saptanmışlardır.

Dietrich ve Schlatter (1989), gökkuşuğu alabalıkları ile yaptıkları çalışmalarda düşük pH düzeylerinde alüminyum toksisitesini gözlemlemişlerdir. Alüminyum toksisitesinin düşük pH'da arttığını saptamışlardır.

Pavanetto ve ark. (1989), yaptıkları çalışmada çevrede bulunan kullanışlı malzemelerin çevreye salmış olduğu alüminyumun miktarlarının artmış olduğunu, yapmış oldukları çalışmalarda saptamışlardır.

Erdem (1990), *Tilapia nilotica* ile yürütülen bir araştırmada doku kadmiyum birikiminin ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak arttığını saptamıştır.

Exley ve ark. (1991), alüminyum asitli sularda balıklar üzerinde toksik etki yapmaktadır. Balıklarda başlıca ilk hedef organın solungaçlar olduğunu belirtmiştir.

Vuorinen ve Vuorinen (1991), yapmış oldukları çalışmada *Coregonus wartmanni* balıklarına asit, alüminyum etkisinde üreme üzerine etkilerini ve ayrıca balık kan plazma değerlerinde değişiklik olduğunu saptamışlardır.

Exley ve Birchall (1992), alüminyumun hücresel düzeydeki toksisitesi üzerine yaptıkları çalışmada genel olarak alüminyumun hücresel ölümü hızlandırdığını saptamışlardır.

Sedman (1992), yaptığı çalışmada alüminyumun insan sağlığı açısından çocukluk döneminde beslenmeye bağlı olarak vücuda alındığı saptanmıştır.

Peuranen ve ark. (1993), laboratuvar ortamlarında ve alan çalışmalarında balık solungaçlarının alüminyum ve asitli ortamdaki durumlarını araştırmışlardır. Morfolojik

difüzyon kapasitesi pH'nın düşmesi ve alüminyumla beraber azalma göstermiştir. Ayrıca solungaçlardaki 2. lameller alüminyumla kalınlaşma göstermiştir.

Comhaire ve ark. (1994), yaptıkları bir çalışmada sudaki kalsiyumun *C. carpio* balıklarında kobalt birikimini solungaç ve kan dokusunda azalttığını gözlemlemişlerdir.

Hogstrand ve ark. (1994), çinko ve kalsiyumunun balık solungaç dokularında rekabet etkilerini saptamışlardır.

Hongstrand ve ark. (1995), *O. mykiss* ile yaptıkları bir çalışmada, yüksek kalsiyumun çinko etkisinde solungaçlarda apikal hücrelerinde birbiri ile rekabet ettiğini göstermişler ayrıca bu bölgenin metal ile kalsiyumun giriş bölgesi olarak gösterilmektedir.

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

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

Roy ve Campbell (1995), atlantik salmon (*Salmo salar*) ile yaptıkları bir çalışmada düşük pH'lı yumuşak sularda alüminyum ve çinko karışımının balıklarda birikimini araştırmışlardır.

Pelgrom ve ark., (1997), *Oreochromis mossambicus*'da kronik kadmiyum etkisinin hypokalsemiye ve buna bağlı omurga deformasyonlarına neden olduğunu saptanmışlardır.



Roy ve Campbell, (1997), *Salmo salar* da alüminyum toksisitesinin gideriminin de pH değışiklerinde organik maddelerin etkilerini incelemişlerdir.

Poleo ve ark. (1997), laboratuvar ortamında 7 adet tatlı su balık türünün asitli ortamda alüminyumun toksit etkisini araştırmıştır. Bunlardan alüminyuma hassas olanlar ve dayanıklı olanlar şeklinde tespitlerde bulunmuştur.

Vera ve Poscidio (1998), *O. mossambicus* 'la yaptıkları bir çalışmada suya ilave edilen  $\text{CaCO}_3$  'ın bakır toksisitesine karşı koruyucu bir etki sağladığını bildirmişlerdir.

Galvez ve ark. (1998), kalsiyum ve çinkonun balık solungaçlarında aynı alınımları için rekabet ettiklerini bildirmişlerdir.

Playle (1998), balıklardaki solungaçlarda kalsiyum gibi katyonların çözünmüş organik maddelerle birlikte rekabet ettiğini ve bununla birlikte solungaçlardaki metallerin bağlanma yerlerinde kendini gösterdiğini saptamıştır.

Persbacher ve Wurz (1999), kalsiyum sertliğinin bakır sülfatın toksik konsantrasyonuna maruz bırakılan düşük alkaliniteli sularda *I. punctatus* 'un hayatta kalmasını önemli derecede etkilediğini bildirmişlerdir.

Hollis ve ark., (1999), *O. mykiss* 'de kadmiyumun larva ölümlerini büyük oranda arttırdığını, yaşayan bireylerde ise omurga eğriliği ve serebral anomaliliğe neden olduğunu bildirmişlerdir.

Baron ve Albeke (2000), gökkuşağı alabalığına çinkonun birikiminde kalsiyum etkisiyle birikimin azaldığı gözlemlenmişlerdir. Ortamda kalsiyum varlığında balığın solungaç dokularında önemli derecede çinko birikiminin azaldığını gözlemlenmişlerdir..

Hollis ve ark. (2001), kadmiyumun *Oncorhynchus mykiss* juvenillerinde 3 ppm'lik ortam derişiminin 30 gün süreyle etkisinin %10 oranında mortaliteye neden olduğunu bildirmişlerdir.

Khunyakari ve ark. (2001), *Poecilia reticulata*'da kronik bakır etkisinin başlangıcında solungaçlarda mukus salgınmasında artış, fiziksel etkilere karşı duyarsızlık ve yüzgeç ışınlarında dikleşme gibi değişikliklerin oluştuğu belirtmişlerdir..

Witeska ve Baka (2002), kadmiyumun etkisi *C.carpio*, *Anguilla rostrata* ve *Salvelinus alpinus*'da membran bütünlüğü bozduğunu hücre yüzeyi anomalileri olan amitotik eritrositlerin sayısını arttırdığını bildirmişlerdir.

Amonette ve ark., (2003), yapmış oldukları çalışmada *Desulfovibrio defulricans*'ın farklı pH değerlerinde alüminyum birikimini incelemişlerdir.

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

Erdem ve ark., (2004), Berdan nehrinden örneklenen *C.carpio* ve *Capoeta capoeta* ile yürütülen bir araştırmada karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki Cd, Pb ve Cu birikim düzeyleri incelenmiş, dokulardaki birikim düzeylerinin *C. carpio*'ya oranla *C. capoeta*'da daha yüksek olduğu saptamıştır.

Witeska (2004), *C.carpio*'da Cu, Zn, Cd ve Pb'nun eritrosit morfolojisi üzerine etkilerin incelediği bir araştırmada, bakırın bu parametre üzerinde herhangi bir etkisi saptanamazken, Zn, Cd ve Pb'nin ise eritrositlerde şişme, nukleus ve stoplazmada vakuolleşmeye neden olduğunu bildirmiştir.

Erdem ve ark., (2005), *Clarias gariepinus*'da 0.25, 0.50 ve 1 ppm ortam derişimlerinin aynı süredeki etkisinin mortaliteye neden olmadığını, bu durumun incelenen derişimlerin anılan türde tolere edilebilir sınırlar içerisinde yer almasından kaynaklanabileceği belirtmişlerdir.

Alstad ve ark., (2005), *Salmo trutta* da alüminyumun farklı konsantrasyonlardaki etkisinde ölüm oranlarında artış olduğunu saptamışlardır.

Erdem ve ark., (2005), *C. gariepinus*'da kadmiyumun 0.25, 0.50 ve 1.0 ppm derişimlerinin 30 gün süreyle etkisinde solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi ile metal etkisi izleyen 15, 30 ve 45 günlük periyotlarda dokulardaki metal arıtım düzeyleri incelenmiştir. Birinci aşamada en yüksek birikim böbrek dokusunda gözlenirken, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokularının izlediği belirlenmiştir. İkinci aşama olan arıtım periyodunda ise dalak ve karaciğer dokularındaki metal düzeyinde önemli bir değişim gözlenmezken, solungaç ve kas dokusunda düşme, böbrek dokusunda ise artış saptamıştır.

Abdel-Tawwab ve ark. (2007), *Oreochromis niloticus* balıklarında 4 günlük bir süreçte bakır toksisitesini azaltmak için kalsiyumu kullanmışlardır.

Monette ve ark., (2008), *Salmo salar* da 2-6 günlük çalışma sonunda asit etkisinde artan alüminyum konsantrasyonunda kas ve solungaçlarda toksik etki yaptığını saptamışlardır.

Camargo ve ark. (2009), *Prohilus lineatus* balıkları ile yaptıkları bir çalışmada düşük pH ile alüminyum arasındaki etkileşimi araştırmışlardır. Ayrıca balığın hematolojik parametrelerinde de değişimlerin olduğunu saptamışlardır.

Correia ve ark. (2010), *Oreochromis niloticus* ile yaptıkları bir çalışmada alüminyum plazma iyonlarında lipit, protein ve steroid hormon konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda ise alüminyumun karaciğer solungaçlarında toksik etki yaptığı gözlenmiştir.

Wauer ve Teinen (2010), yaptıkları çalışmada sert sulu göllerdeki alüminyumun balıklarda akut toksiteye sebep olduğunu saptamışlardır.

Bondy (2010), çevresel alümiyumun çok düşük konsantrasyonlarda bile organizmalar da nörotoksiteye sebep olduğunu saptamıştır.

García-Medina ve ark., (2011), *Cyprinus carpio* da alümiyumun genotoksik ve sitotoksik etkisi incelemiş ve 72-96 saatlik yapılan çalışma sonunda DNA 'da alümiyumun büyük hasara neden olduğunu tespit etmişlerdir..

Çoğun ve Şahin (2012), *Oreochromis niloticus* balıklarına verilen kurşun ve kurşun zeolit karışımının balıklarda kurşun birikiminin zeolitin varlığı ile azaldığını saptamışlardır.

### 3. MATERYAL METOD

Bu araştırmada *Oreochromis niloticus*'lar Çukurova Üniversitesi Su rnleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından alınarak ve üç ay süre ile 40X100X40 cm boyutlarındaki dokuz (9) stok akvaryum içersinde laboratuvar koşullarına adaptasyonları ve uygun boy-ağırlığa ulaşması sağlanmıştır. Balıklar 3 ay süre sonunda  $13,52 \pm 0,21$  cm boy ve  $29,23 \pm 2,32$  g ağırlığına ulaşmışlardır. Deneyler  $20 \pm 1$  °C sıcaklıkta yürütülmüş, akvaryumlar merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış ve günde sekiz saat aydınlanma (8 saat gündüz / 16 saat gece) periyodu uygulanmıştır.

Deney 1, 5 ve 15 gün sürelerde alüminyumun  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$  ve  $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$  derişimlerine maruz bırakılmıştır. Deneyler 40X100X40 cm. boyutlarında olan ve her birinin içerisinde 18 balık bulunan 5 cam akvaryum kullanılacak şekilde yapılmıştır. Akvaryumlardan her birine 50'şer litre su ve ilkine  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  alüminyum derişimi, ikincisine  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$  alüminyum derişimi, üçüncüsüne  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$  alüminyum derişimi, dördüncüsüne  $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$  alüminyum derişimi ve son olarak beşinci akvaryum kontrol olarak kullanılmıştır. Deneyler üç tekrarlı olarak yürütülmüş ve her tekrarda iki balık kullanılmıştır.

Deney ortamında metallerin derişiminin zamana bağlı değişimler olabileceği için deney boyunca akvaryum suları ve alüminyum derişimleri iki günde bir değiştirilmiştir. Kullanılan alüminyum  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Merck) olmuş, deney boyunca zltiler deiyonize su ile taze hazırlanmıştır. Bu hazırlanan zltiden uygun derişimler uygun seyretmelerle akvaryumlara uygulanmıştır.

Her deney süresi bitiminde akvaryumdan alınan balıklar önce eşme suyu ile iyice yıkanmış ve kurutma kağıdı ile yüzeylerinde bulunan su damlacıkları alınmıştır. Daha sonra balıkların solungaç, kas, böbrek ve karaciğer dokularının diseksiyonu yapılmıştır. Doku ve organlar etüvde  $150$  °C'de 48 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kuru ağırlıkları belirlenen doku ve organlar deney tüplerine aktarılarak üzerlerine 2 mL. nitrik asit (Merck, % 65, . A. : 1.40) ve 1 mL. perklorik asit (Merck, % 60, . A. :1.53) eklenmiş (Muramoto, 1983) ve eker ocakta  $120$  °C' de 3 saat süreyle yakılmıştır.

Yakımı tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktarılmış ve üzerleri deiyonize su ile 5 mL.' ye tamamlanarak alüminyum analizine hazır hale getirilmiştir. Doku ve organlardaki alüminyum analizleri Kilis 7 Aralık Üniversitesi Toprak Analiz Laboratuvarında Perkin Elmer ICP-MS cihazı ile Spektrofotometrik yöntemlerle saptanmıştır.

### **3.1. Perkin Elmer ICP-MS cihazı**

**Teknik Özellikleri:** ICP-MS katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, hassas ve doğru biçimde ölçülmesine olanak sağlayan bir analiz tekniğidir. ICP-MS teknolojisi sayesinde katı veya sıvı örneklerde 76 element aynı anda ve çok düşük derişimlerde (nanogram-pikogram/l) hassas ve hızlı bir şekilde analiz edilebilmektedir. ICP-MS ile tek bir örnek içindeki 35 kadar elementin analizi üç dakika kadar az bir sürede ölçülebilir.

**ICP-MS Çalışma Prensi:** Endüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometrisi, örneklerin yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya, genellikle argon, gönderilerek moleküler bağların kırıldığı ve atomların iyonlaştırıldığı bir analitik tekniktir. Örnek, genel olarak bir solüsyon halinde örnek giriş sistemi aracılığıyla nebulizöre ve spreyci odacığına sunulur. Burada yüksek hızlı argon akışı sayesinde örnek solüsyonu sisleştirilir. Sadece çok küçük damlacıklar argon plazmasına taşınır, diğerleri doğrudan atığa gider. 6000 K sıcaklıklardaki plazma örneği buharlaştırır ve iyonize eder. İyon akışı atmosferik basınçtan örnekleyici (sampler) ve süzücü (skimmer) konular aracılığıyla yüksek vakumlu bir ortama gider. Sonra iyon akımı iyon lensleri aracılığıyla quadropola odaklanarak kütle filtresine yönlendirilir. İyonlar kütle spektrometrede kütle yük oranına göre ayrılırlar ve detektör tarafından ölçülürler.

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

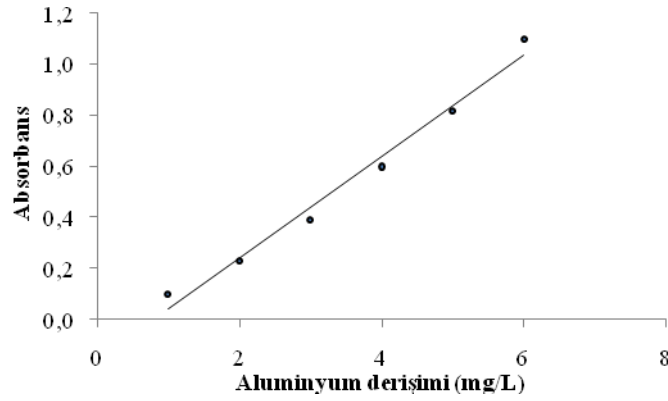
#### 4. BULGULAR

*O. niloticus*'un dokularında alüminyum düzeylerini saptamak amacıyla alüminyum standartları ve absorbansı arasındaki ilişkiyi gösteren kalibrasyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.1). Hazırlanan alüminyum standartlarının absorbans değerleri kullanılarak elde edilen doğru denklemi aşağıda sunulmuştur.

$$\text{Absorbans: } 0,199.C - 0,158$$

$$R^2=0,983$$

Bu eşitlikte C:standart alüminyumçözeltileri derişimini (mg/L) göstermektedir. Balıkların solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularındaki alüminyum düzeyleri bu denklem kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Alüminyum derişimi ve absorbans arasındaki doğrusal ilişki.

*O. niloticus*' da belirlenen derişim ve sürelerde bir doku için üç tekrarlı olarak saptanan alüminyum düzeylerinin aritmetik ortalamaları ve standart hataları Çizelge 4.1-3'de verilmiştir. Belirli bir süre sonunda ve aynı derişimde alüminyum birikimi bakımından dokular arasındaki ayrımı belirlemek, aynı şekilde belirli bir süre sonunda artan derişimin bir doku ve organdaki alüminyum 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, d ve e harfleri ise bir doku ve organda derişimlerin etkisini göstermek amacıyla

kullanılmıştır. Çizelgelerde farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $p<0,05$  düzeyinde istatistik ayrım vardır.

Tüm sürelerde (1, 5 ve 15. gün) 0,1 ve 1,0 mg/L alüminyum ortam derişimlerinin çalışılan tüm dokularda alüminyum birikimi istatistiksel olarak ayrım göstermiştir ( $p<0,05$ ). Alüminyum birikimi en fazla böbrek dokusunda gerçekleşmiş, bunu solungaç, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir.

**Çizelge 4.1.** *O. niloticus* doku ve organlarda 1. günde alüminyum birikimi ( $\mu\text{g Al/g}$  k.a.).

Derişimler	Kas	Karaciğer	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
0,0	1,33 $\pm$ 0,04 <b>ax</b>	1,01 $\pm$ 0,01 <b>ax</b>	2,80 $\pm$ 0,35 <b>bx</b>	15,33 $\pm$ 0,23 <b>cx</b>
0,1 mg/L Al	1,54 $\pm$ 0,01 <b>ax</b>	1,66 $\pm$ 0,06 <b>by</b>	3,21 $\pm$ 0,08 <b>cy</b>	23,25 $\pm$ 0,35 <b>dy</b>
1,0 mg/L Al	2,01 $\pm$ 0,14 <b>ay</b>	2,22 $\pm$ 0,13 <b>by</b>	4,62 $\pm$ 0,04 <b>cz</b>	35,00 $\pm$ 0,29 <b>dz</b>
5,0 mg/L Al	2,82 $\pm$ 0,03 <b>ay</b>	2,88 $\pm$ 0,01 <b>ay</b>	4,88 $\pm$ 0,35 <b>bz</b>	43,57 $\pm$ 0,29 <b>ct</b>
10 mg/L Al	3,02 $\pm$ 0,01 <b>ay</b>	3,54 $\pm$ 0,11 <b>az</b>	5,01 $\pm$ 0,01 <b>bz</b>	50,23 $\pm$ 0,25 <b>ce</b>

\* : a, b, c ve d harfleri organlar arası ayrımı belirlemek; x, y, z, t ve e harfleri derişimleri belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ( $p<0,05$ ).

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

*O. niloticus* 'un 1. gün süre sonunda ortam alüminyum düzeylerinde derişime bağılı olarak tüm dokularda kontrol balıklarına göre artış olmuştur. Bu artışlardan en fazla böbrek dokusunda olmuştur (3 kat). İstatistiksel olarak incelendiğinde böbrek dokusu hariç diğer tüm dokulardan kas ve solungaç dokularında yüksek derişimler arasında (5,0 ve 10,0 mg/L), karaciğer dokusunda ise düşük derişimler arasında (0,1, 1,0 ve 5,0 mg/L) istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.1; SNK;  $p<0,05$ ). Doku ve organlar arasında da karaciğer ve kas dokuları hariç tüm doku ve organlar arasında tüm ortam derişimleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1; SNK;  $p<0,05$ ).



**Çizelge 4.2.** *O. niloticus* doku ve organlarda 5. günde alüminyum birikimi ( $\mu\text{g Al/g}$  k.a.).

Derişimler	Kas	Karaciğer	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
0,0	2,10 $\pm$ 0,05 <b>ax</b>	1,10 $\pm$ 0,01 <b>bx</b>	2,44 $\pm$ 0,15 <b>ax</b>	18,10 $\pm$ 0,12 <b>cx</b>
0,1 mg/L Al	2,55 $\pm$ 0,01 <b>ax</b>	3,23 $\pm$ 0,02 <b>by</b>	4,44 $\pm$ 0,03 <b>cy</b>	35,32 $\pm$ 0,33 <b>dy</b>
1,0 mg/L Al	3,92 $\pm$ 0,11 <b>ay</b>	3,85 $\pm$ 0,25 <b>bz</b>	6,21 $\pm$ 0,02 <b>cy</b>	55,72 $\pm$ 0,19 <b>dz</b>
5,0 mg/L Al	4,33 $\pm$ 0,01 <b>ay</b>	5,11 $\pm$ 0,01 <b>az</b>	6,87 $\pm$ 0,41 <b>bz</b>	77,88 $\pm$ 0,22 <b>ct</b>
10 mg/L Al	4,55 $\pm$ 0,01 <b>ay</b>	5,84 $\pm$ 0,21 <b>at</b>	8,11 $\pm$ 0,01 <b>bz</b>	98,32 $\pm$ 0,35 <b>ce</b>

\* : a, b, c ve d harfleri organlar arası ayrımı belirlemek; x, y, z, t ve e harfleri derişimleri belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ( $p<0,05$ ).

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

Ortam derişimlerinde 5. gün süre sonunda *O. niloticus* balıklarının alüminyum birikimi incelendiğinde belirtilen süre sonunda tüm doku ve organlarda derişimler arttıkça birikimde arttığı saptanmıştır. İstatistiksel olarak incelendiğindekaraciğer ve böbrek dokularında derişimler arasında istatistiksel olarak fark olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.2; SNK;  $p<0,05$ ). Kas dokusunda düşük derişimler arasında (0,1 ve 1,0 mg/L) ve solungaç dokusunda ise tüm derişimler arasında (0,1 ile 1,0 mg/L ve 5,0 ile 10,0 mg/L) istatistiksel olarak fark bulunmadığı saptanmıştır (Çizelge 4.2; SNK;  $p<0,05$ ).Derişime bağlı doku ve organlarda artış oranları kas dokusunda 2 kat, solungaç dokusunda 4 kat olmuş, karaciğer ve böbrek dokularında ise 5 kat olduğu saptanmıştır.Doku ve organlar arasında da karaciğer ve kas dokuları hariç tüm doku ve organlar arasında tüm ortam derişimleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.2; SNK;  $p<0,05$ ).

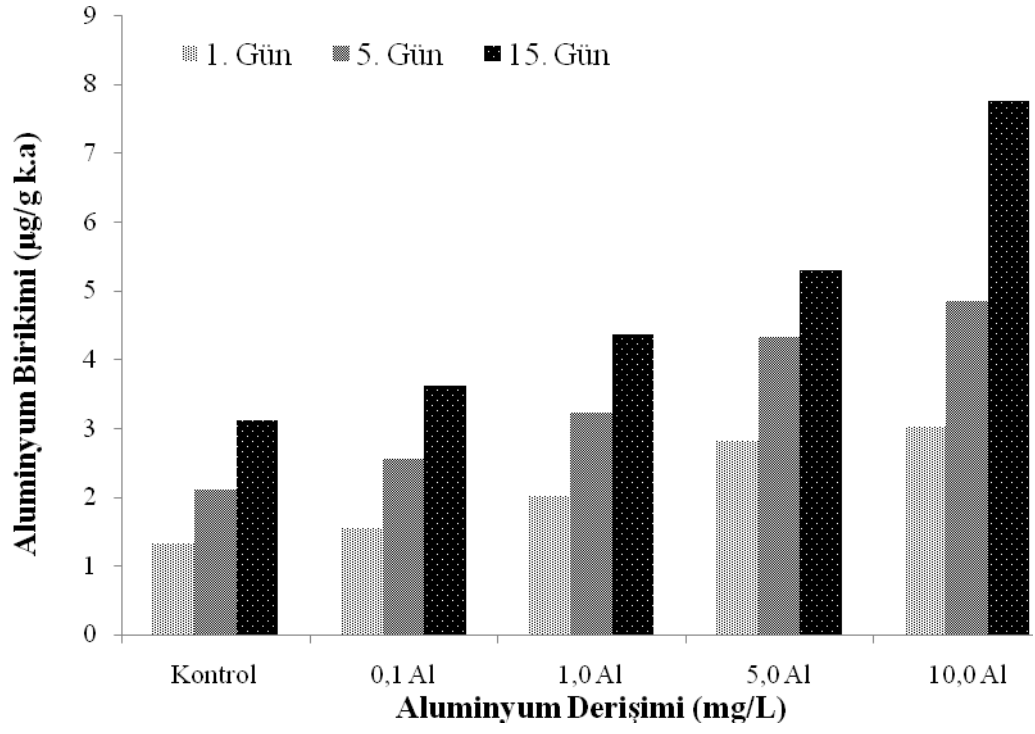
**Çizelge 4.3.** *O. niloticus* doku ve organlarda 15. günde alüminyum birikimi ( $\mu\text{g Al/g}$ . k.a.).

Derişimler	Kas	Karaciğer	Solungaç	Böbrek
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
0,0	3,11 $\pm$ 0,01 <b>ax</b>	2,35 $\pm$ 0,01 <b>bx</b>	3,20 $\pm$ 0,21 <b>ax</b>	25,15 $\pm$ 0,15 <b>cx</b>
0,1 mg/L Al	3,62 $\pm$ 0,01 <b>ax</b>	4,87 $\pm$ 0,04 <b>by</b>	5,30 $\pm$ 0,01 <b>cy</b>	45,60 $\pm$ 0,10 <b>dy</b>
1,0 mg/L Al	4,66 $\pm$ 0,25 <b>ay</b>	5,56 $\pm$ 0,36 <b>bz</b>	8,11 $\pm$ 0,04 <b>cz</b>	60,70 $\pm$ 0,11 <b>dz</b>
5,0 mg/L Al	5,30 $\pm$ 0,73 <b>ay</b>	6,10 $\pm$ 0,02 <b>bt</b>	10,40 $\pm$ 0,70 <b>ct</b>	88,82 $\pm$ 1,20 <b>dt</b>
10 mg/L Al	5,95 $\pm$ 0,85 <b>ay</b>	8,11 $\pm$ 0,41 <b>at</b>	12,32 $\pm$ 0,01 <b>be</b>	110,2 $\pm$ 2,11 <b>ce</b>

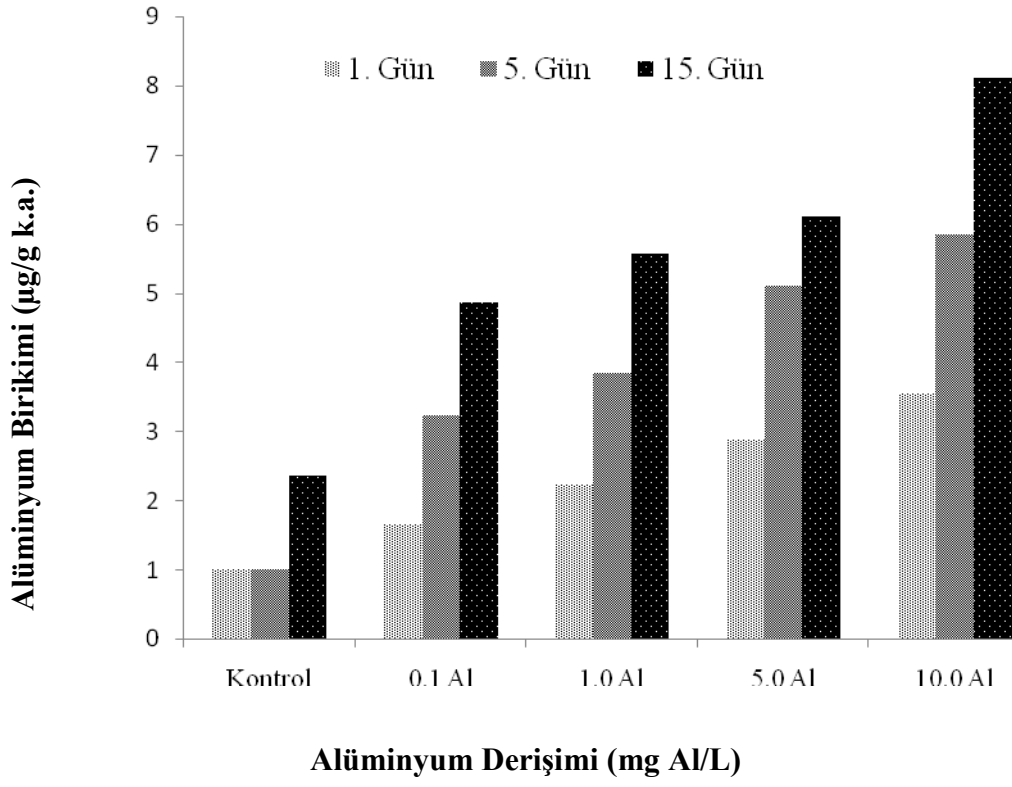
\* a, b, c ve d harfleri organlar arası ayrımı belirlemek; x, y, z, t ve e harfleri derişimleri belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayrım vardır ( $p < 0,05$ ).

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

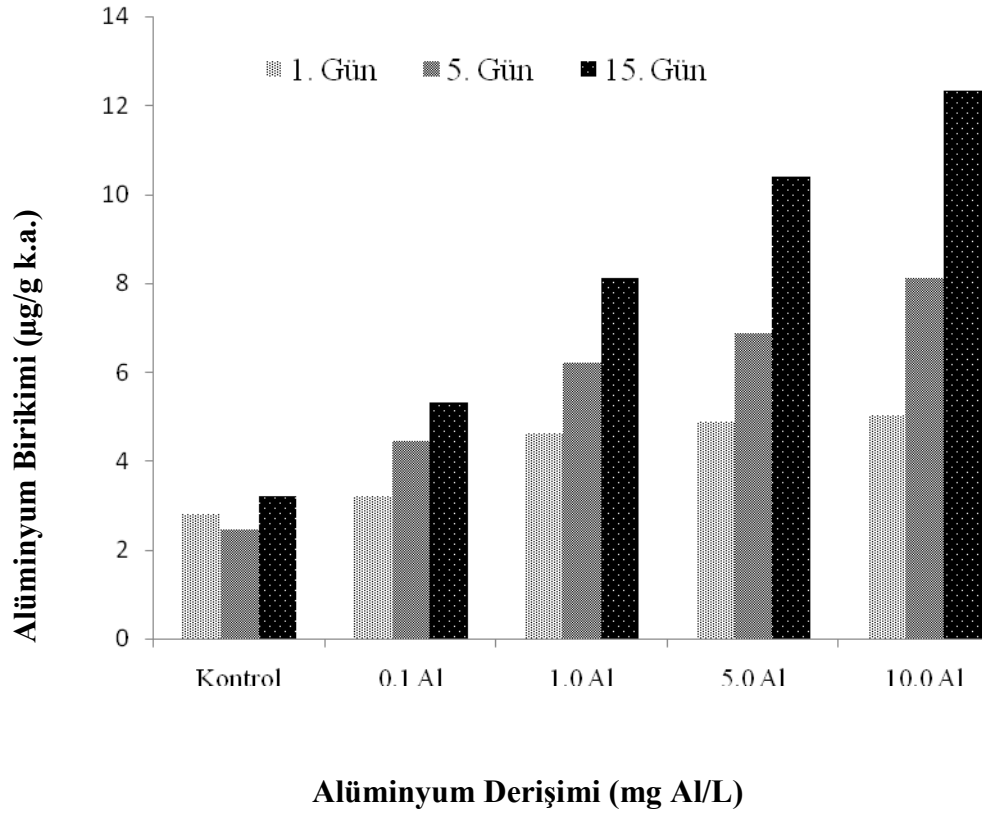
*O. niloticus* 'un 15. günortam süre sonunda alüminyum düzeylerinde derişime bağı olarak tüm dokularda kontrol balıklarına göre artış olmuştur. Derişime bağı doku ve organlarda artış oranları kas dokusunda 2 kat, solungaç ve böbrek dokularında 4 kat olduğu ve karaciğer dokusunda ise 5 kat olduğu saptanmıştır. İstatistiksel olarak incelendiğinde solungaç ve böbrek dokusu hariç diğer dokulardan kas dokularında yüksek derişimler arasında (1,0 ve 5,0 mg/L), karaciğer dokusunda ise yüksek derişimler arasında (5,0 ve 10,0 mg/L) istatistiksel olarak bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.3; SNK;  $p < 0,05$ ). Doku ve organlar arasında da karaciğer ve kas dokuları hariç tüm doku ve organlar arasında tüm ortam derişimleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.3; SNK;  $p < 0,05$ ).



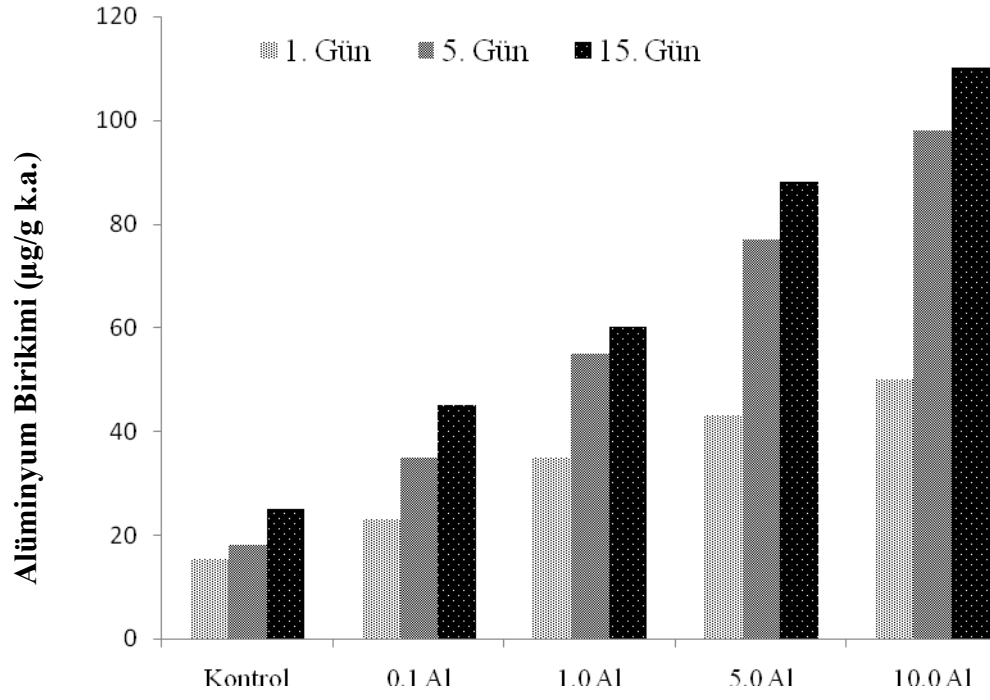
**Şekil4.2.** Alüminyum etkisinde *O. niloticus*'ün kas dokularında süreye ve derişime bağı birikimi (µg Al/g k.a.)



**Şekil4.3.**Alüminyum etkisinde *O. niloticus*'un karaciğer dokularında süreye ve derişime bağlı birikimi (µg Al/g k.a.)



**Şekil4.4.**Alüminyum etkisinde *O. niloticus*'un solungaç dokularında süreye ve derişime bağılı birikimi (µg Al/g k.a.)



#### Alüminyum Derişimi (mg Al/L)

**Şekil 4.5.** Alüminyum etkisinde *O. niloticus*'un böbrek dokularında süreye ve derişime bağlı birikimi (µg Al/g k.a.)

Alüminyumun tüm doku ve organlarda etki süresine ve ortam derişimlerine bağlı olarak hem artan süreye hem de artan derişimlere bağlı olarak artış göstermiştir. Bu artışlar her bir doku için Şekil 4.2-4.5’de gösterilmiştir. Bu artışlar arasında istatistiksel olarak fark bulunmaktadır (SNK;  $p<0,05$ ).

*O. niloticus*’unkas dokusunda artan tüm sürelerde ve ortam derişimlerinde artmaya bağlı olarak alüminyum birikiminde artışlar gözlenmiştir. Bu artışlar 1.ve 15. günlerde tüm ortam derişimlerde ortalama 2 kat artış olduğu gözlenmiş, 5. gün süre sonunda ise yaklaşık 3 katlık artış olduğu saptanmıştır (Şekil 4.2; SNK;  $p<0,05$ ).

Karaciğer dokusunda ortam süresi ve derişime bağlı alüminyum birikimi 1. gün süre sonunda 10,0 mg/L ortam derişiminde kontrol balıklarına göre 3 katlık artış olmuş ve bunu 2 katlık artış ile 5,0 mg/L ortam derişimi izlemiştir. En fazla artış 5. günde 10,0 ve 5,0 mg/L ortam derişimlerinde 5 katlık bir artış olmuştur. Bunu 15 günde aynı derişimlerde 4 katlık artış izlemiştir (Şekil 4.3; SNK;  $p<0,05$ ).

*O. niloticus*’un solungaç dokusunda artan derişimle süreye bağlı artışlar olmuştur. Bu artışlardan 1. gün süre sonunda tüm ortam derişiminde kontrol balıklarına göre 2 katlık artış olmuş, 5. ve 15. günler sonunda solungaç dokusunda alüminyum birikimi 5,0 mg/L ortam derişiminde 3 katlık, 10,0 mg/L ortam derişiminde kontrol balıklarına göre 4 katlık artış olduğu saptanmıştır (Şekil 4.4; SNK;  $p<0,05$ ).

Böbrek dokusunda ise ortam süresi ve derişime bağlı alüminyum birikimi artmıştır. Bu artışlar 1.ve 5. günlerde tüm ortam derişimlerde ortalama 3 kat artış olduğu gözlenmiş, 15. gün süre sonunda ise 10,0 mg/L ortam derişiminde yaklaşık 5 katlık artış olduğu saptanmıştır (Şekil 4.5; SNK;  $p<0,05$ ).

## 5. TARTIŞMA

Bu araştırmada alüminyum ortam derişimleri etkisinde ve süre sonunda balıklarda mortalite gözlenmemiş, seçilen alüminyum derişimlerin *O. niloticus* türü için lethal etkide olmadığını göstermiştir. Etki edilen süre ve alüminyum ortam derişimlerinin etkisinde doku ve organlarda alüminyum birikiminin meydana gelmesine rağmen mortalitenin meydana gelmemesi, balıktaki homeostatik denge mekanizmalarının iyi çalıştığının bir göstergesidir (Thomas ve ark.1985; Çoğun ve Uras, 2012).

Balıklar hassas organizmalardır (Çoğun ve Şahin, 2012). Su ortamda bir stres etkeninin bulunması, balıkları çok hızlı bir şekilde kötü yönde etkilemektedir. Herhangi bir dış etken stresi, yemlere ilgisizliğe, akvaryumlarda bir tarafa toplanarak kümeleşmeye ve hareketlerinde bir azalma olarak kendini gösterir (McGeer ve ark., 2000). Yaptığımız çalışmada etki süresince alüminyum ortam derişimlerinde bulunan balıkların kontrol balıklarına oranla daha az hareketli oldukları, verilen yemlere ilgisiz davrandıkları ve bu yemleri almadıkları gözlenmiştir.

Sucul ortamda balıklar üzerine toksikolojik etki gösteren maddelerle ilgili araştırmalarda, bu toksik maddeler balıkların iyon regülasyonunun bozulmasına, solungaçlarda oksijen alınımının engellenerek hipoksiyanın oluşmasına (Heath, 1987; Lacrox ve ark., 1985; Wu ve ark., 2002) ve enzim aktivitelerinin engellenmesi (Viarengo, 1985) gibi etkilerin olduğu belirlenmiştir.

Bir çok araştırıcıya göre ortamda alüminyumun bulunması organizmalarda özellikle fizyolojik bozukluklara ve anemiye neden olduğunu, kemik hasarları bıraktığını, bebeklerin erken doğmalarına ve beyin hasarlarına neden olduğunu, böbrek fonksiyonlarını bozduğunu ve ayrıca kemiklerde kalsiyum birikimi yerine alüminyumun biriktiğini saptamışlardır (Ellis ve ark., 1979; D'Arcy, 1985; Sedman ve ark.,1989; Winship, 1993; Şahin ve Duru, 1994). Alüminyum düşük moleköl ağırlıklı formları inorganik monomerik alüminyum olarak tanımlanır ve balıklarda alüminyum toksisitesine neden olan çok önemli alüminyum türleri olduğuna inanılır (Driscoll ve ark., 1980; Poleo, 1995). Alüminyum konsantrasyonları tatlı sularda çok düşük



düzeyleerde olduğu fark edilmiştir. Bu düzeydeki alüminyum balıklarda akut toksisiteye neden olmaktadır.

Balıklarda alüminyum doku birikimi ve toksik etkileri ortam koşullarına bağlı olarak değişim gösterir. Alüminyum toksisitesinin sertlik, sıcaklık, pH, humik asit gibi suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiği saptanmıştır (Poleo 1995; Da silva ve ark., 1997). *O. niloticus* ile yürütölen bu araştırmada ortam koşulları sabit tutularak alüminyumun doku ve organlarda birikimi ve toksisitesi üzerine etkileri minimum düzeye indirgenmiştir. Kas, karaciğer, böbrek, gonad, mide ve solungaç gibi balık dokuları su ortamındaki metal konsantrasyon derecesini belirlemek için indikatör olarak kullanılmaktadır.

Sucul organizmalar ortamda toksik madde varlığında direkt olarak bu toksik maddeye maruz kalırlar. Bu etki, organizmanın regölasyon yeteneği ile toksik maddeyi kendisi için en az zararlı hale getirir. Balıklar metalleri vücudunda biriktirebilme özellikleri metalin cinsine, organizmanın türüne(Melgar ve ark.,1997), canlının beslenme özelliğine ve ortam özelliklerine göre farklılıklar göstermektedir (Heath, 1987; Lacrox ve ark., 1985). Bu birikim daha çok balıklarda metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda yüksek derişimlerde meydana gelmektedir (Amiard ve ark. 1987).Metal birikimi bakımından doku ve organlar arasında oluşın bu fark, bu organların işlevlerindeki farklılıkla açıklanabilir (Hogstrand ve Haux, 1990; Cicik ve Erdem 1992; Melgar ve ark. 1997; DeContoCinier ve ark. 1999).

Solungaçlar balıklarda osmoregölasyonda önemli rol oynayan ve balık solungaçları dış ortamdaki metaller için toksikolojide ilk hedef organdır (Tao ve ark., 1999; Hwong ve Lee 2008). Bu organ aynı zamanda su ortamında kirliliğin balığa ilk giriş yapıları, aynı zamanda ortam canlı ilişkisini direkt sağlayan temel hedef dokudur (Pelgrom ve ark., 1995; Dang ve ark., 2000). Solungaçlar ortamda alüminyum varlığında çok etkilenen bir organdır (Playle ve Wood 1990). Solungaçlardaki klorid hücreleri balığın iyon regölasyonunda direkt ilişkilidir (Hirose ve ark., 2003). Klorid hücreleri mitokondri bakımından bol miktarda olmakla birlikte Na/K-ATPaz gibi yüksek yoğunluklu membran enzimlerine sahiptir (Dang ve ark., 2000).Alüminyum balıklarda iyon

regülasyonu, solunum rahatsızlıkları ve solungaçlarda  $Al^{+3}$  olarak depolanmasına sebep olur (Poleo, 1995). Sucul ortamda alüminyum varlığında balık solungaç fonksiyonlarını etkiler, mukus salınımı arttırır ve solunumu olumsuz yönde etkiler (Muniz ve Leivestod,1980; Mc Donald ve ark., 1989;Howells ve ark.,1994). Yaptığımız çalışmada ortam alüminyum derişimi artışı ile balığın mukus salınımının arttığı saptanmıştır.

Solungaçlarda ortam alüminyum derişimi ve etki süresine bağılı olarak alüminyum birikiminin arttığı saptanmıştır. Bu büyük bir olasılıkla solungaçların geniş bir yüzey alanına sahip olması ve solungaçları kaplayan mukusun metalleri tutmasından kaynaklanabileceğı düşünölmektedir. Çalışmamızda alüminyum ortam derişimleri etkide kalınan süreye bağılı olarak *O. niloticus* solungaçlarında arttığı saptanmıştır. Bu artışlardan 1. gün süre sonunda tüm ortam derişiminde kontrol balıklarına göre 2 katlık artış olmuş, 5. ve 15. günler sonunda solungaç dokusunda alüminyum birikimi 5,0 mg/L ortam derişiminde 3 katlık, 10,0 mg/L ortam derişiminde kontrol balıklarına göre 4 katlık artış olduğu saptanmıştır. Pratap ve Bonga, (1993) yaptıkları çalışmada da alüminyum solungaçlarda biriktiğini saptamışlardır.

Yapılan bir çok araştırmada, balıklarda böbreklerin boşaltımın yanında metallerinde atılım organı olduğu gözlenmiştir (Thomas ve ark., 1985; Wood, 1988; Abdulla ve Chmielnicka, 1990). Canlı böbrek dokusu ile ilgili Tulasi ve ark. (1992) *A. Testudines* ile yaptığı çalışmada, Linde ve ark. (1999) *S. Trutta*, ve *Anguilla anguilla* ile yaptıkları çalışmada bu dokuların bu canlılarda metabolizmaya zarar veren kurşun gibi metaller için birikimin hedef bir organ olduğu gözlemlemişlerdir.

Yaptığımız çalışmada en fazla alüminyum birikimi dokular arasında böbrekler olduğu saptanmıştır. Çalışmamızda böbrek dokusunda alüminyum birikimi ortam süresi ve derişime bağılı olarak artmıştır. Bu artışlar 1.ve 5. günlerde tüm ortam derişimlerde ortalama 3 kat artış olduğu gözlenmiş, 15. gün süre sonunda ise 10,0 mg/L ortam derişiminde yaklaşık 5 katlık artış olduğu saptanmıştır. Doku ve organlar içerisinde en fazla alüminyum birikim oranı böbreklerde olduğu saptanmıştır. Bununsebebinin metal bağlayıcı proteinlerin sentez yerinin balıklarda böbreklerden kaynaklandığı düşünölmektedir (Thomas ve ark., 1985; Wood, 1988).Abdulla ve Chmielnicka (1990)

yaptıkları çalışmada toksik iz metallerin balık böbrek dokusunda metal bağlayıcı proteinlerin sentezini aktive ettiği, bu dokudaki metalin yüküne bağlı olarak proteinlerin tutamadığı serbest metalin tübüllerin geri emme fonksiyonunu zayıflatarak amino asit, glikoz ve fosfat kaybına neden olduğu saptamışlardır. Çalışmamızda olduğu gibi Çoğun ve Uras (2012) yaptıkları çalışmada da alüminyum birikimi en fazla böbrek dokusunda olduğunu ölçmüşlerdir. Bunun sebebi metal bağlayıcı proteinlerin sentezinin yapım yerinin böbrekler olmasından dolayı olabilir (Schulz-Baides, 1974; Thomas ve ark., 1985; Wood, 1988; Abdulla ve Chmielnicka, 1990).

Balıklarda karaciğer metal birikiminde büyük öneme sahip bir dokudur (Olsvik ve ark., 2001). Bu doku aynı zamanda metallerin taşınmasında görev alır. Balıklarda karaciğer, metallerin detoksifikasyonunda görev yapan metal bağlayıcı proteinlerin başlıca sentez yerleridir. Alüminyum detoksifikasyonundaki karaciğerin işlevi oldukça fazladır. Buna rağmen, alüminyum birikim düzeyi bakımından özellikle uzun dönem çalışmalarında, alüminyum karaciğer dokusuna oranla birikimin en fazla böbrek dokusunda olduğu belirtilmiştir (Çoğun ve Uras 2012). Ayrıca balıklarda karaciğer besin maddelerinin dönüşümünde, zararlı bileşiklerin etkisiz hale getirilmesinde, özellikle yağların sindirilmesinde iş gören metabolik bakımdan aktif bir organdır (Heath, 1995; Ali ve ark., 2003).

Yaptığımız çalışmada karaciğer dokusunda ortam süresi ve derişime bağlı alüminyum birikimi 1. gün sonunda 10,0 mg/L ortam derişiminde kontrol balıklarına göre 3 katlık artış olmuş ve bunu 2 katlık artış ile 5,0 mg/L ortam derişimi izlemiştir. En fazla artış 5. günde 10,0 ve 5,0 mg/L ortam derişimlerinde 5 katlık bir artış olmuştur. Bunu 15 günde aynı derişimlerde 4 katlık artış izlemiştir. Alüminyum birikiminin fazla olması karaciğerin detoksifikasyon mekanizmalarıyla ilgili olduğu belirlenmiştir (Olsson ve Haux, 1986; Erdem, 1990; Hollis ve ark., 2001; Ali ve ark., 2003; Çoğun ve Kargın, 2004). Reichert ve ark., (1979) yaptıkları çalışmada ortamda metalin varlığı karaciğerde metallothionein sentezini teşvik ettiğini saptamışlardır.

Balıklarda kaslar, metal gibi toksik maddeleri biriktirmede metabolik olarak aktif bir doku değildir, fakat tatlı su balıklarıyla yapılan birçok araştırmada kas dokusunun

alüminyumu diğer dokulara oranla düşük düzeyde biriktirdiği saptanmıştır (Kargın, 1998; Çoğun ve Şahin, 2012; Çoğun ve Uras, 2013). *O. niloticus*'un kas dokusunda artan tüm sürelerde ve ortam derişimlerinde artmaya bağlı olarak alüminyum birikiminde artışlar gözlenmiştir. Bu artışlar 1.ve 15. günlerde tüm ortam derişimlerde ortalama 2 kat artış olduğu gözlenmiş, 5. gün süre sonunda ise yaklaşık 3 katlık artış olduğu saptanmıştır

Sonuçlar göstermiştir ki; alüminyum, *O. niloticus* etkide kalınan süreye ve ortam derişimine bağlı olarak artma göstermiştir. Tüm sürelerde en az alüminyum birikimi *O. niloticus*'un kas dokusunda bulunmasına karşın, en yüksek alüminyum birikimi böbrekte bulunmuştur. Alüminyum birikiminde dokular arasında takip eden ilişki; böbrek> solungaç> karaciğer>kas şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Kas dokusunda alüminyum düzeyleri ortam derişimi ve süreye bağlı olarak istatistik ayırım gösterecek düzeyde artmamıştır. Ancak, alüminyum birikimi karaciğer, solungaç ve böbrekte ortam derişimi ve süreye bağlı olarak istatistik ayırım gösterecek düzeyde artmıştır.

## KAYNAKLAR

- Abdullah, M. and Chmielnicka, J. 1990. New aspects on the distribution and metabolism of essential trace elements after dietary exposure to toxic metals. *Biological Trace Elements Research* 23; 25-53.
- Abdel-Tawwab, M., Mousa, M.A.A., Ahmad, M.H., and Sakr, 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.
- Ali, B. A., Al-Ogaily, S. M., Al-Asgah, N. A., Gropp, J. 2003. Effect of sublethal concentrations of copper on the growth performance of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Ichthyology* 19, 183-188.
- Allen, G., Alfrey, M. A. G., Gary, R., Legendrey, M.S., and Kaehny, M. D. W. D. 1976. The Dialysis Encephalopathy Syndrome. 294:184-188.
- Alstad, N.E.W., Kjelsberg, B.M., Vøllestad, L.A., Lydersen, E., Poléo, A.B.S., 2005. The significance of water ionic strength on aluminium toxicity in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Environmental Pollution* 133, 333–342.
- Almeida, J.A. and Novelli, E.L.B. 2001. Environmental cadmium exposure and metabolic responses of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. 169-175
- Amiard, J.C., Amiard-Triquet, C., Berthet, B., and Métayer, C. 1987. Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 106, 73-89.
- Amonette, E., Russell, C. K., Carosino, K. A., Robinson, N. L. and Ho J. T. 2003. Toxicity of Al to *Desulfovibrio desulfuricans*. *Applied and Environmental Microbiology* 69(7), 4057-4066.
- Babich, H. and Stotzky, G. 1983. Effect of cadmium on fungi and on interactions between fungi and bacteria in soil: influence of clay minerals and pH. *Applied Environmental Microbiology*, 33(5); 1059–1066.
- Barcarolli, I.F., Martinez, C.B.R., 2004. Effects of aluminium in acidic water on hematological and physiological parameters of the neotropical fish *Leporinus macrocephalus* (Anostomidae). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 72, 639-646.

- Barron, M.G. and Albeke, S.2000. Calcium control of zine uptake in rainbow trout. *Aquatic Toxicology* 50,257-264.
- Brodeur, J. C., Okland, F., Finstand, B., Dixon, D. G., Mc Kinley, R. S. 2001. Effects of subchronic exposure to aluminum in acidic water o bioenergetics of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 49, 226-234.
- 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.
- Bondy, S. C. 2010. The neurotoxicity of environmental aluminum is still an issue *Neurotoxicology*, 31(5); 575-581.
- Camargo, M.M.P., Fernandes, M.N. and Martinez,C.B.R. 2009. How aluminium exposure promotes osmoregulatory disturbances in the neotropical freshwater fish *Prochilus lineatus*. *Aquatic Tokxicologoy* 94, 40-46.
- Cicik, B., Erdem, C. 1992.*Tilapia nilotica*'da bakırın karaciğer ve kas dokularındaki nicel protein derişimlerine etkileri. *Biyokimya Dergisi* XVII, 51-64.
- Çoğun, H. Y. And Kargin, F. 2004. Effects of pH on the mortality and accumulation of copper in tissues of *Oreochromis niloticus*. *Chemosphere* 55, 277–282.
- Çoğun, H. Y., Kargin, F. And Yuzereroglu T. A. 2003. Accumulation of copper and cadmium in small and large Nile Tiapia *Oreochromis niloticus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 71, 8523-8528.
- Çoğun, H. Y. ve Uras, G. 2012. *Oreochromis niloticus* Dokularında Aluminyum Toksisitesi Üzerine Kalsiyum'un Koruyucu Etkisi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (EgeJFAS)* 29(1): 41-47.
- Çoğun, H. Y., Şahin, M.2012. Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758)'da kurşun toksisitesinin azaltılmasında zeolitin etkisi. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakülte Dergisi* 18(1): 135-140.
- Comhaire, S., Blust, R., Ginneken, L.V. and Vanderborght, O. L. J. 1994. Cobalt uptake across the gills of the common carp, *Cyprinus carpio*, as a Function of the calcium concentration in the water of acclimation and exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology* 109 C, No.1, 63-76.

- Correia, T.G., Narcizo, A. M., Bianchini, A., Moreira, R.G. 2010. Aluminum as an endocrine disruptor in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 151, 461-466.
- D'Arcy, P. F. 1985. Aluminium toxicity and the premature infant. *Pharmaceutical International* 6, 190-191.
- Dang, P.H., Balm, G., Flik, S. E., Wendelaar Bonga, and Lock, R. A. 2000. Cortisol increases Na(+)/K(+)-ATPase density in plasma membranes of gill chloride cells in the freshwater tilapia *Oreochromis mossambicus*. August 1, 2000 *Journal of Experimental Biology*, 203; 2349-2355.
- Dave, G. 1985. The Influence of pH on the toxicity of aluminum, cadmium and iron to eggs and larvae of the zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 10, 253-267.
- DeConto-Cinier, C., Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D., Bouvet, Y. 1999. Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 122, 345-352.
- Dickson, W. 1978. Some effects of the acidification of Swedish lakes. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 20, 851-856.
- Dietrich, D. and Schlatter, C. 1989. Aluminium toxicity to rainbow trout at low pH. *Aquatic Toxicology* 15, 197-212.
- Driscoll, J. R., Joan, P., Baker, James, J., Nisogni, J.R. and Carl, L. 1980. Effect of aluminium speciation on fish in dilute acidified waters. *Nature*, 284; 161 – 164.
- Eddy, F. B. 1982. Osmotic and ionic regulation in captive fish with particular reference to Salmonids. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B, 125-141.
- Ellis, J., McCarthy, H. and Herrington, J. 1979. Bone aluminium in haemodialysed patients and in rats injected with aluminium chloride: relationship to impaired bone mineralisation. *J Clin Pathol*, 832-844.
- Erdem, C. 1990. Cadmium accumulation in liver, spleen, gill and muscle tissues of *Tilapia nilotica* (L.). *Biyokimya Dergisi* XV(3), 13-22.
- Erdem, C., Ay, Ö., Cicik, B. ve Karayakar, F. 2004. Berdan nehrinde yaşayan balıkların (*Cyprinus carpio*, *Capoeta caoeta*) dokularında bakır, kadmiyum ve kurşun düzeyleri. *S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi* 1(11), 32-37.

- Erdem, C., Cicik, B., Karayakar, S., Karayakar, F. ve Karaytuğ, S. 2005. *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)'da kadmiyum'un solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi ve atılımı. S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi 1, No:2, 17-24.
- 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.
- Exley C. And Birchall J. D. 1992. The cellular toxicity of aluminium. *The Journal of Theoretical Biology* 159, 83-98.
- Galvez, F., Webb, N., Hogstrand, C. And Wood, C. M. 1998. Zinc binding to the gills of rainbow trout: the Effect of long term exposure to sublethal zinc. *The Journal of Fish Biology* 52, 1089-1104.
- Garcia-Medina, S., Razo-Estrada, A. C., Gomez-Olivan, L. M., Amaya-Chavez, A., Madrigal-Bujaidar, E., Galar-Martinez, M. 2011. Aluminium-induced oxidative stress in lymphocytes of common carp (*Cyprinus carpio*). *Fish Physiology and Biochemistry* 36, 875–882.
- Gensemer, R. W., AND R. C. Playle. 1999. The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. *Crit. Rev. Environ. Technol* 29: 315- 450
- Heath, A. G., 1987. *Water pollution and fish physiology*. CRC Pres. 24 pp. Florida USA.
- Heath, A.G., 1995. *Water pollution and fish physiology*. CRC Press, 359pp. Florida USA.
- Hirose, S., Kaneko, T., Naito, N., Takei, Y., 2003. Molecular biology of major components of chloride cells. *Comparative and Biochemical Physiology B*, 136; 593–620.
- 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 juvenile rainbow trout. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 41, 468-474.
- Hollis, L., Mc Geer, J.C., Mc Donald, 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., Wilson, R. W., Polgar, D. And Wood, C. M. 1994. Effects of zinc on the kinetics of branchial calcium uptake in freshwater rainbow trout during adaptation to waterborne zinc. *The Journal of Experimental Biology* 186, 55-73.
- Hogstrand, C., Reid, S. D. and Wood, C. M., 1995.  $\text{Ca}^{+2}$  versus  $\text{Zn}^{+2}$  Transport in the gills of fresh water rainbow trout and the cost of adaptation to waterborne  $\text{Zn}^{+2}$ . *The Journal of Experimental Biology* 198, 337-348.
- Hogstrand, Carl Haux., 1990. Metallothionein as an indicator of heavy-metal exposure in two subtropical fish species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 138:69–84
- Howells, G., Dalziel, T. R. K., Reader, J. P., Solbe, J. F. 1994. Aluminum and fresh water fish water quality criteria. In: Howells, G. (Ed) *Water quality for freshwater fish*. Gordon and Breach Science Publication 55-115.
- Hwang, P.P., Lee, T.H., 2008. New insights into fish ion regulation and mitochondria rich cells. *Comparative Biochemistry and Physiology. A* 148, 475–497.
- Kargin, F. 1998. Metal concentrations in tissues of the freshwater fish *Capoeta barroisi* from the Seyhan River (Turkey). *Water Air and Soil Pollution* 60(5), 822-828.
- Khunyakari, R. P. Tare, V. And Sharma, R. N., 2001. Effects of some trace heavy metals on *Poecilia reticulata* (Peters). *Journal of Environmental Biology* 22(2), 141-144.
- Koivistoinen, P. 1980. Mineral element composition of Finnish foods: N, K, Ca, Mg, P, S, Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, Co, Ni, Cr, F, Se, Si, Rb, Al, B, Br, Hg, As, Cd, Pb and ash. *Acta Agricultura Scandinavica* 22, 171-175.
- Lacroix, G. L., Gordon, D. J., Johnston, D. J. 1985. Effects of low environmental pH on the survival, growth, and ionic composition of postemergent Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fish Aquatic Science* 42, 768-775.
- Laitinen, M., Voltonen, T. 1995. Cardiovascular, ventilatory and haematological responses of brown trout (*Salmo trutta* L.) to the combined effects of acidity and aluminium in humic water at winter temperatures. *Aquatic Toxicology* 31, 99-112.
- Linde, A. R., Sanchez-Galan, S., Klein, D., Garcia-Vaquez, E., Summer, K. H. 1999. Metallothionein and heavy metals in brown trout (*Salmo trutta*) and European eel

- (*Anguillaanguilla*): A comparative study. *Neotoxicol Environmental Safety*, 44, 168-173.
- McDonald, D.G. and Milgan, C.L. 1988. Sodium transport in the brook trout, *Salvelinus fontinalis*: effect of prolonged low pH exposure in the presence and absence of aluminum. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45. 1606-1613.
- McDonald, D. G., Tang, Y. and Boutilier, R. G. 1989. Acid and ion transfer across the gills of fish: mechanisms and regulation. *Canadian Journal of Zoology* 67, 3046-3054.
- McGeeR, J.C., Szebedinszky, C., Mc Donald, D.G., and Wood, C.M., Muramoto, S. 2000. Elimination of copper from Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and freshwater. *Journal of Environmental Science and Health A*, 18 (3), 455-461.
- Melgar, M. J., Perez, M., Garcia, M. A., Alonso, J., Miquez, B. 1997. The toxic and accumulative effects of short term exposure to cadmium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinary & Human Toxicology* 39, 79-83.
- Miller, T. G., 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.
- Moiseenko, T. I., 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, 2, 285-297.
- Monette, M. Y., Björnsson, B. T., McCormick, S. D. 2008. Effects of short-term acid and aluminum exposure on the parr-smolt transformation in Atlantic salmon (*Salmo salar*): Disruption of seawater tolerance and endocrine status. *General and Comparative Endocrinology* 158, 122–130.
- Muniz, I.P. Leivestad, H. 1980. Toxic effects of aluminium on the brown trout, *Salmo trutta*, L. *Proceedings of the International Conference Ecological Impact of Acid Precipitation*. pp. 320-321. Oslo, Norway: SNSF Project.
- Muramoto, S. 1983. Elimination of copper from Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and freshwater. *Journal of Environmental Science and Health A* 18, 3, 455-461.
- Nayak, P., 2002. Aluminium impacts and disease. *Environmental Research* 89A, 101-115.

- Neville, C.M. 1985. Physiological response of juvenile rainbow trout, *Salmo gairdneri*, to acid and aluminum-prediction of field responses from laboratory data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42, 2004-2019.
- Olsvik, P.A., Hindar, K., Zachariassen, K. E., Andersen, R. A. 2001 Brown trout (*Salmo trutta*) metallothioneins as biomarkers for metal exposure in two Norwegian rivers. *Biomarkers*, 6(4); 274-288.
- Olsson, P. E., Haux, C. 1986. Increased hepatic metallothionein content correlate to cadmium accumulation in environmentally exposed Perch (*Perca fluviatilis*). *Aquatic Toxicology* 9, 231-242.
- Pavanetto, F. and Genta, I. 1989 Alüminyum, cadmium and lead in large volume parenterals: contamination levels and sources *International Journal of Pharmaceutics* (Kidlington). 54(2): 143-148.
- Pavlova, V. and Sigg, L. 1988. Adsorption of trace metals on aluminium oxide: Simulation of processes in freshwater systems: *Water Research*, 22; 1571-1575.
- 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.
- Pelgrom, S.M.G.J., Lock, R.A.C., Balm, P.H.M. And Wendelaar Bonga, S.E. 1997. Calcium fluxes in juvenile Tilapia, *Oreochromis mossambicus*, exposed to sublethal waterborne Cd, Cu or mixtures of these metals. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(4), 770-774.
- Perl, D. P. 1985. Relationship of aluminum to Alzheimer's disease. *Environmental Health Perspectives* 63, 149-153.
- Perschbacher, P.W and Wurtz, A. W. 1999. Effect of calcium and magnesium hardness on acute copper toxicity to juvenile channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture* 172, 275-280.
- Peuranen S., Vuorinen P.J., Vuorinen M., and Tuurala H. 1993. Effects of acidity and aluminium on fish gills in laboratory experiments and in the field. *The Science of the Total Environment* 134(S2), 953-967.
- Playle, R. C. 1998. Modelling metal interactions at fish gills. *The Science of the Total Environment* 219, 147-163.

- Playle, R. C. and Wood, C. M. 1990. Is precipitation of aluminum fast enough to explain aluminum deposition on fish gills? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 47; 1558-1561.
- Playle, R., Chris M. Wood, C. M., and Galvez, F. 2000. A Physiologically Based Biotic Ligand Model for Predicting the Acute Toxicity of Waterborne Silver to Rainbow Trout in Freshwaters. *Environmental Science Technology*, 34(19).
- 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 *Oreochromis mossambicus* at normal and high calcium levels in the ambient water. *Aquatic Toxicology* 26, 133-150.
- Poleo, A.B.S. 1995. Aluminium polymerization – a mechanism of acute toxicity of aqueous aluminium to fish. *Aquatic Toxicology* 31.347-356.
- Poleo, K., Sigurd, A., Ronny, A., Andersen, Heibo, E.L., Vollestad, E. 1997. Toxicity of acid aluminium-rich water to seven freshwater fish species: A comparative laboratory study. 96(2); 129-139.
- Poléo, A. B. S., Lydersen, E. and Muniz, I. P. 1991. The influence of temperature on aqueous aluminium chemistry and survival of Atlantic salmon (*Salmon salar* L.) fingerlings *Aquatic Toxicology*, 21; 267-278.
- Poléo, A. B. S. and Muniz, I. P. 1993. The effect of aluminium in soft water at low pH and different temperatures on mortality, ventilation frequency and water balance in smoltifying Atlantic salmon, *Salmon salar*. *Environmental Biology of Fishes*, 36; 193-203.
- Reader, J. P. and Morris, R. 1988. Effects of aluminium and pH on calcium and sodium fluxes in Brown trout (*Salmo trutta* L.) *Comparative Biochemistry and Physiology* 91C, 2, 449-457.
- 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* 63C, 229-234.
- Rohlf, J. F. and Sokal, R. R. 1969. *Statistical Tables*. W. H. Freeman and Company, San Francisco. 253 pp.

- Roy, R. L., Campbell, P. G. C. 1995 Decreased toxicity of Al to juvenile atlantic salmon (*Salmosalar*) in acidic soft water containing natural organic matter: a test of the free ion model. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16, 1995-1996.
- Sağlamtimur, B., Cıçık, 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.
- Şahin, G., Taşkın, T., Benli, K. ve Duru, S. 1994., Impairment of motor coordination in mice after ingestion of aluminum chloride. *Biological Trace Element Research*, 50(1); 79-85.
- Sparling, T., Lowe, L. 1996 Environmental Hazards of Aluminum to Plants, Invertebrates, Fish, and Wildlife., 121-127.
- 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.
- Sedman, A. 1992. Aluminum toxicity in childhood, 6(4); 383-393.
- Sedman, A., Bozynski, M., Karra, M., Chan, J. 1989. Risk factors for aluminum (Al) toxicity in childhood. *The International Pediatric Nephrology* 3C, 134.
- Shephard, K.L. 1988. Aluminium and calcium affect the perivitelline fluid in fish eggs. *Comparative Biochemistry and Physiology* 91C, 2,503-505.
- Sjögren, B., Lundberg, I. And Lidums, V. 1983. Aluminum in the blood and urine of industrially exposed workers. *British Journal of Industrial Medicine* 40, 301-304.
- Skidmore, J.F. 1964. Toxicity of zinc compounds to aquatic animals, with special reference to fish. *The Quarterly Review of Biology* 39(3), 227- 247.
- Sokal, R. R. And Rohlf, J. F. 1969. "Biometry" W. H. And Freeman and Company, San Francisco. 776 pp.
- Sorenson, J.R.J., Campbell, I.R., Tepper, L.B. and Lingg, R.D. 1974. Aluminum in the environment and human health. *Environmental Health Perspectives* 8,3-95.
- Staurnes, M., Sigholt, T., Reite, O.B. 1984. Reduced carbonic anhydrase and Na-K-ATPase activity in gills of salmonids exposed to aluminium – containing acid water. *Experientia* 40,226-227.
- Stackhouse, R. A. and W. H. Benson. 1988. The influence of humic acid on the toxicity and bioavailability of selected trace metals. *Aquatic Toxicology*, 13; 99-108.

- Suresh, A., Sivaramakrishna, B., Radhakrishnaiah, K. 1995. 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.
- Taylor, S. R. and McLennan, S. M. 1985. *The continental crust: its composition and evolution* Blackwell, Oxford, England.
- Tao, S., Liu, C., Dawson, R., Cao, J., Li, B. 1999. Uptake of particulate lead via the gills of fish (*Carassius auratus*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 37, 352-357.
- Thomas, D. G., Brown, M. W., Shurben, D., Solbe, J. F. D. G., Cryer, A., Kay, J. 1985. A comparison of the sequestration of cadmium and zinc in the tissues of Rainbow Trout (*Salmogairdneri*). Following exposure to the metals singly or in combination. *Comperative Biochemistry and Physiology* 82, 55-62.
- Thomsen, A., Korsgaard, B., Joensen, J. 1988. Effect of aluminum and calcium ions on survival and physiology of rainbow trout *Salmo gairdneri* (Richardson) eggs and larvae exposed to acid stress. *Aquatic Toxicology*, 12, 291-300.
- Tulasi, S. J., Reddy, P. U., Rao, J. V. R. 1992. Accumulation of lead and effects on total lipids and lipid derivatives in the freshwater fish *Anabas testudines*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 23, 33-38.
- Vera, M., P. and Poscidio, G. N. 1998. Potential 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.
- Verboost, P. M., 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* 14, 185-197.
- Viarengo, A 1985. Biochemical effects of trace metals. *Marine Pollution Bulletin* 16, No.4, 153-158.
- Vuorinen,P.J.,Vuorinen, M. 1991. Effects of long term prespawning acid/aluminum exposed on Whitefish (*Coregonus wartmanni*) reproduction and blood and plasma parameters. *Finn. Fish. Res.* 12, 125-133.
- Vuorinen,P.J., Keinänen, M., Peuranen, S., Tigerstedt, C. 2003. Reproduction, blood and plasma parameters and gill histology of vendace (*Coregonus albula* L.) in

- long-term exposure to acidity and aluminum. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 54, 3, 255-276.
- Waring, C. P. Brown. I. A. Collins, J. E., Prunet, P. 1996. Plasma prolactin, cortisol, and thyroid responses of the brown trout (*Salmo trutta*) exposed to lethal and sublethal aluminum in acidic soft waters. *General and Comparative Endocrinology* 102, 377-385.
- 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.
- Winship, D Fretland, M Olyae, S Sedghi, J Z Fields, M Klamut, G Urban, M Durkin., 1993 Increased production of luminol enhanced chemiluminescence by the inflamed colonic mucosa in patients with ulcerative colitis. 1993; 34: 1191-1197
- Witeska, M. and Baka, I. 2002. The effect of long term cadmium exposure on common carp blood. *Fresenius Environmental Bulletin* 12, 1059-1065.
- Witeska, M., 2004. The effect of toxic chemicals on blood cell morphology in fish. *Fresenius Environmental Bulletin* 13(12), 1379-1384.
- Witeska, M., Jezierska, B. And Chaber, J. 1995. The influence of cadmium on common carp embryos and larvae. *Aquaculture* 129, 129- 132.
- Wicklund, A., and Runn, P. 1988. Calcium effects on cadmium uptake, redistribution, and elimination in minnows, *Phoxinus phoxinus*, acclimated to different calcium concentrations. *Aquatic Toxicology* 13, 109-122.
- 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., Benson, W. H. (Eds), *Target organ toxicity in marine and freshwater teleost*. Taylor and Francis, London, pp. 1-87.
- 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. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 34, 196-204.

Wu, R. S. S., Lam, P. K. S., Wan, K. L. 2002. Tolerance to, and avoidance of, hypoxia by the penaeid shrimp (*Metapenaeus ensis*). *Environmental Pollution* 118, 351-355.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nurgül ARITÜRK  
Doğum Yeri : Siverek/Şanlıurfa  
Doğum Tarihi : 11.09.1985  
E posta : nrgldlar@hotmail.com  
Yabancı Dili : İngilizce

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

Lisans : Dicle Üniversitesi FEF Biyoloji Bölümü, 2004-2008  
Yüksek Lisans : Kilis 7 Aralık Üniversitesi FEF Biyoloji Bölümü, 2010-2014