

T. C.
KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Oreochromis niloticus' UN DOKULARINDA ALÜMİNYUM TOKSİSİTESİ
ÜZERİNE KALSİYUM'UN KORUYUCU ETKİSİ

Gönül URAS

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

EYLÜL 2012
KİLİS

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

***Oreochromis niloticus*' UN DOKULARINDA ALÜMİNYUM TOKSİSİTESİ ÜZERİNE KALSİYUM'UN KORUYUCU ETKİSİ**

Gönül URAS

Kilis 7 Aralık Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

Yıl:2012

Sayfa:46

Çalışmamızda, kalsiyumun *Oreochromis niloticus*'un kas, karaciğer, solungaç ve böbrek dokularında alüminyum birikimi üzerine engelleyici etkileri incelenmiştir. Balıklar 7, 14 ve 21 gün sürelerle 0.1 mg/L Al, 0.1 mg/L Al+0.1 g/L Ca, 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca ve 1.0 mg/L Al, 1.0 mg/L Al+1.0 mg/L Ca ve 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca karışımının etkisine bırakılmıştır. Dokularda alüminyum birikimi ICP-MS ile belirlenmiştir. Çalışılan dokularda en yüksek alüminyum birikimi böbrek dokusunda oluşmuş, bunu solungaç, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir. Etkide kalınan tüm sürelerde *O. niloticus*'un dokularında alüminyum birikimi kalsiyum varlığında azalmıştır. Denenen tüm karışımlarda (Al+Ca) *O. niloticus*'un böbrek, solungaç ve karaciğer dokularında alüminyum birikimini önemli ölçüde engellemiştir.

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

ABSTRACT

Msc. Thesis

THE PROTECTIVE EFFECT OF CALCIUM ON ALUMINUM TOXICITY IN *Oreochromis niloticus* TISSUES

Gönül URAS

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

Supervisor: Asist. Prof. Dr. Hikmet Yeter ÇOĞUN

Year:2012

Page:46

In our study, the protective effect of calcium on the accumulation of aluminum in muscle, liver, gill and kidney of *Oreochromis niloticus* were investigated. The fish were exposed to 0.1 mg/L Al, 0.1 mg/L Al+0.1 g/L Ca, 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca and 1.0 mg/L Al, 1.0 mg/L Al+1.0 mg/L Ca and 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca mixtures for 7, 14 and 21 days. Aluminum accumulations in tissues were measured by ICP-MS. Aluminum accumulation exposure tissues highest accumulation occurred in the kidney followed by gill, liver and muscle. In all exposure period, accumulation of aluminum in whole tissues of *O. niloticus* decreased in the presence of calcium. In both mixed exposure (Al+Ca) concentrations, significantly reduced the accumulation of aluminum in the kidney, gill and liver of *O. niloticus*.

Keywords: Aluminum, Calcium, Accumulation, *Oreochromis niloticus*

TEŞEKKÜR

Tez alıŐmamın konusunun belirlenmesinde, gerek araŐtırılmasında gerekse yazımı aŐamasında bilimsel desteğini, öngörülerini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam ve tez danıŐmanım Sayın Hikmet Yeter OğUN'a sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Bu araştırma Kilis 7 Aralık Üniversitesi'nde 2012/LTP/002 numaralı Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiŐtir. BAP birimine katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Laboratuvar alıŐmaları ve tez yazımında sırasında yardımını esirgemeyen Sayın Ahmet TOPALBEKİROğLU'na teşekkür ederim.

Bugüne kadar bana her türlü desteği sağlayan ve kararlarımda hep yanımda olan, çocukları olmaktan gurur duyduğum sevgili annem Mualla URAS, babam Őuayip URAS, ablam Nadire URAS ÖğMEN, eniŐtem Serkan ÖğMEN ve kardeŐim Birol Ramazan URAS'a sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Gönül URAS

Kilis, Eylül 2012

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 | 6 |
| 3. MATERYAL VE METOD | 17 |
| 4. BULGULAR | 20 |
| 5. TARTIŞMA | 32 |
| 6. KAYNAKLAR | 37 |
| ÖZ GEÇMİŞ | 54 |

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

| | |
|--------------------|--------------------------------|
| $^{\circ}\text{C}$ | : Santigrat |
| CaCO_3 | : Kalsiyum Karbonat |
| cm | : Santimetre |
| g | : Gram |
| L | : Litre |
| mg | : Miligram |
| Al | : Alüminyum |
| AlCl_3 | : Alüminyum klorür |
| pH | : Hidrojen iyon konsantrasyonu |
| μg | : Mikro gram |
| Ca | : Kalsiyum |

2. Kısaltmalar

| | |
|------------------------|--|
| k. a. | : Kuru ağırlık |
| Ö.A. | : Özgül ağırlık |
| SNK | : Student Newman Keul's Test |
| U1 | : Uygulama 1 (Al+Ca) |
| U2 | : Uygulama 2 (Al+Ca) |
| $\bar{X} \pm S\bar{X}$ | : Aritmetik ortalama \pm Standart hata |

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 4.1.** Alüminyum derişimi ve absorbands arasındaki doğrusal ilişki. **20**
- Şekil 4.2.** *O. niloticus*'un solungaç dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 0.1 mg/L Al+0.1 mg/L Ca, U2: 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca) **24**
- Şekil 4.3.** *O. niloticus*'un kas dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 0.1 mg/L Al+0.1 mg/L Ca, U2: 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca) **25**
- Şekil 4.4.** *O. niloticus*'un karaciğer dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 0.1 mg/L Al+0.1 mg/L Ca, U2: 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca) **26**
- Şekil 4.5.** *O. niloticus*'un böbrek dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 0.1 mg/L Al+0.1 mg/L Ca, U2: 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca) **27**
- Şekil 4.6.** *O. niloticus*'un solungaç dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 1.0 mg/L Al+1.0 mg/L Ca, U2: 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca) **28**
- Şekil 4.7.** *O. niloticus*'un kas dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 1.0 mg/L Al+1.0 mg/L Ca, U2: 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca) **29**
- Şekil 4.8.** *O. niloticus*'un karaciğer dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 1.0 mg/L Al+1.0 mg/L Ca, U2: 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca) **30**
- Şekil 4.9.** *O. niloticus*'un böbrek dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 1.0 mg/L Al+1.0 mg/L Ca, U2: 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca) **31**

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|---|-----------|
| Çizelge 4.1. <i>O. niloticus</i> doku ve organlarda alüminyum ve alüminyum+kalsiyum karışımının etlisinde 7. günde alüminyum birikimi ($\mu\text{g Al/g. k.a.}$). | 21 |
| Çizelge 4.2. <i>O. niloticus</i> doku ve organlarda alüminyum ve alüminyum+kalsiyum karışımının etlisinde 14. günde alüminyum birikimi ($\mu\text{g Al/g. k.a.}$). | 22 |
| Çizelge 4.3. <i>O. niloticus</i> doku ve organlarda alüminyum ve alüminyum+kalsiyum karışımının etlisinde 21. günde alüminyum birikimi ($\mu\text{g Al/g. k.a.}$). | 23 |

1. GİRİŞ

Çevre kirliliği etkenlerinden olan teknolojik gelişme ve aşırı nüfus artışı küresel bir tehlike oluşturmaktadır. Çevre kirlilik etmenlerinin en büyüklerinden biri olan ağır metal kirliliği canlılar için ciddi tehdit haline gelmiştir. Bu kirlilik gerek fabrika atıkları gerek evsel atıklarla sucul ortamlarda ciddi tehlikelere neden olmaktadır. Özellikle balıklar bu kirlilikten en çok etkilenen sucul organizmalardır.

Genelde ağır metaller toprak erozyonu ve volkanik faaliyetler gibi doğal yollarla oluştuğu gibi endüstriyel, kentsel ve tarımsal aktivitelerin bir sonucu olarak da ortaya çıkmakta ve çevrede de düzeylerini artırmaktadır (Moiseenko ve Kudryavtseva, 2001). Ağır metallerin sucul ortamda derişiminin artmasıyla, sucul organizmalar tarafından ortamdan alınmakta ve besin zinciri aracılığı ile bir üst düzeye artan derişimlerde iletilmektedirler.

Ağır metaller sucul ekosistemlere genelde doğal yollardan girerler ve bunların sudaki etki düzeyleri genelde çok düşük düzeydedir (Nussey ve ark., 1995). Ancak günümüzde hızlı nüfus artışı, evsel, endüstriyel ve tarımsal atıkların artması, ağır metallerin döngüsünü oldukça hızlandırmıştır (Viljoen, 1999).

Ağır metaller dışındaki kirleticilerin birçoğunun biyolojik olarak parçalanarak yok olmasına karşın, ağır metaller biyolojik olarak parçalanamaz, ne yeniden oluşturulabilir, ne de yok edilebilirler (Wepener ve ark., 2001). Metaller sucul organizmalarının genetik, fizyolojik, biyokimyasal ve davranış özelliklerini değiştirerek sucul organizmalar için önemli bir risk faktörü oluştururlar (Ay ve ark., 1999; Scott ve Sloman, 2004).

Ağır metaller enzim-metal toksisitesinde, toksik metal enzimin aktif bölgesinden gerekli olan metali yerinden çıkarır ve toksik metali aktive olmamış bölgeye bağlanmasını sağlayarak enzim mekanizmasının yapısını bozarlar (Viarengo, 1985).

Alüminyum periyodik cetvelin III A grubu elementlerinden olup, atom numarası 13 olan yumuşak ve hafif bir metal olup mat gümüşümsü renktedir. Alüminyum günümüz tıbbında kan durdurucu ve damar büzücü olarak kullanılmaktadır. Alüminyum doğada denge halinde bulunur Yerkabuğunun %8'i alüminyumdan oluştuğu gibi besinlerde, suda ve hayvansal dokularda bol miktarda bulunmaktadır (Koivistoinen, 1980; Sienko, 1983; Ganrot, 1986; Flaten, 2001; Dökmeci ve Dökmeci, 2005; Krewski ve ark., 2007).

Alüminyumun canlı organizmalarda besin yoluyla çok düşük düzeylerde alınmaktadır. Bu düşük seviyeli alüminyum zararlı değil, fakat yüksek konsantrasyonlarda son derece zehirli olmaktadır (Roy ve Campbell, 1997; Brodeur ve ark., 2001)

Alüminyum doğada oksijen ve silikondan sonra üçüncü bol bulunan karmaşık bir elementtir. Alüminyum bol bulunmasına rağmen tatlı sularda alüminyum konsantrasyonları çok düşük düzeylerde fark edilmiştir. Bu yüzden alüminyum tatlı su biyolojisinin dışında tutulmuştur. Yine de alüminyum balıklarda akut toksisiteye neden olmaktadır (Heath, 1995).

Alüminyum tatlı su balıklarında akut iyon regulasyonu solunum rahatsızlıklarına hatta solungaçlarda Al^{+3} olarak depolanmasına sebep olur (Poleo,1995). Alüminyum balık solungaçlarını fonksiyonlarını etkilediğinden iyon regulasyonu ve solunumu etkiler (Neville ,1985; Howells ve ark., 1994). Alüminyum birçok katyonlarla Ca, Mg, Na ve H'lerle balık solungaç yüzeylerine bağlanmada rekabet eder (Exley ve ark., 1991)

Yapılan bazı araştırmalarda alüminyum alımı anemiye neden olmakta, kemik hasarları bırakmakta, bebeklerin erken doğumlarında beyin hasarlarına sebebiyet vermekte, böbrek fonksiyonlarını bozmaktadır (Sedman ve ark., 1989; D'Arcy, 1985; Mc Graw ve ark.,1986). Alüminyum özellikle asitli sularda temel bir toksikandır (Dickson, 1978).

Alüminyum balıklarda solungaçlarda hasara sebep olmuştur. Bu hasarlar: (I) İyon regülasyonundaki plazma elektrolit kayıpları, (II) Plazmada asidozis, hipoksiz gibi solunumda görülen rahatsızlıklar ve (III) Osmoregülasyonu bozması (Exley ve ark.,1991). Alüminyumun balıklarda aşırı mukus üretimine sebep olduğu birçok

araştırıcı tarafından gözlenmiştir (Muniz ve Leivestod,1980). Ayrıca alüminyum karbonik anhidraz enzimi ile Na-K-ATPaz enzim aktivitesini inhibe eder (Staurnes ve ark., 1984)

Metallerin toksik etkileri her metalin özelliğine, organizmanın metale maruz kalma süresine, organizmanın beslenme rejimine , suyun pH'sına, (Erickson ve ark., 1996; Cogun ve Kargin, 2004) ve sıcaklığına göre değişmektedir (Felts ve Heath, 1984).

Su ortamının sıcaklığı (Heath, 1987), pH'sı (Çoğun ve Kargin 2004), tuzluluğu (Viarengo, 1985) ve suyun sertliği (Wood, 2001) gibi su değişkenleri balığın metal alım düzeyini ve toksisitesini etkilemektedir. Bu gibi çevresel faktörlerin yanı sıra balığın yaşı, ağırlığı, metabolik aktivitesi, beslenme alışkanlığı, üremesi gibi faktörler de metal alımını ve toksisitesini etkilemektedir (Heath, 1987; Romeo ve ark.,2000).

Sert suların koruyucu etkisinden sorumlu katyonların başında gelen kalsiyum aynı zamanda balıkların solungaç dokularında osmoregölasyonun düzenlenmesi ve korunmasında önemlidir (Pagenkopf, 1983). Su sertliği ağır metalin toksisitesi bakımından önemli role sahiptir. Örneğin gökkuşağı alabalıkları ile yapılan bir çalışmada Çinko'nun yumuşak sulardaki (31 mg CaCO₃/L)'ki toksisitesi sert sulara oranla (390 mg CaCO₃/L) 27 kat daha toksiktir (Bradley ve Sprague, 1985). Chakraborti ve Mukherjee yaptıkları çalışmada sazan balıklarının 3mü düzeyinde Ca²⁺ içeren eşme suyu bulunan ortama bırakıldıklarında balıkların hiperkalsemik yanıtlar gösterdiğini bulmuşlardır (Chakraborti ve Mukherjee, 1995).

Kalsiyumun suyun 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 ve intraselüler regölasyonda önemli biyolojik işlevleri olan bir iyondur (Hunn, 1985)

. Kalsiyum yapısal olarak hem kemik, pul gibi iskelet dokularında hem de yumuşak dokularda (membran akıcılığı ve bütünlüğü, hücre adhezyonu) önemli işlevi bulunmaktadır.

Omurgalıların iskelet formasyonu ve birçok hücrel fonksiyonları kalsiyuma bağlıdır. Hücreler arası ve hücre içinde kalsiyum düzeyleri farklılık gösterir. Hücreler arasındaki değişimler sinirsel, kas ve kardiyovasküler fonksiyonlarda bozukluklara ve hipokalsemiye (Pratap ve ark., 1989; Mc Geer ve ark., 2000) , hiperkalsemiye ve balığın ölümüne kadar bile sonuçlanabilir. Su organizmalarında kalsiyum artışı çevresel kalsiyum miktarının artmasıyla yükselmektedir.

Tatlı su balıkları kalsiyumu direkt olarak akuatik ortamdan solungaç ve deri yoluyla almaktadırlar ve büyümeleri için gerekli bir iyon olduğu saptanmıştır (Ichii ve Mugiya,1983). Tatlı su balıklarında solungaçlar, barsak ve böbrekler iç ve dış ortam arasında kalsiyum değişiminde çok önemli organlardır (Hwang ve Yang., 1997). Kalsiyum solungaçların apikal membranlarında kalsiyum kanallarıyla alınmakta ve basolateral plazma membranlarında Ca^{+2} -ATPaz'larla kanın içerisine taşınmaktadır (Verbost ve ark., 1989). Kadmiyum, çinko, kurşun ve mangan gibi birçok metalin balıklarda kalsiyum kanallarıyla taşındığı belirtilmiştir (Baldisserotto ve ark ., 2004).

Son yıllarda yapılan araştırmalar bize göstermiştir ki; kalsiyum diğer ağır metallere, örneğin çinko ile solungaç alım bölgesinde rekabete girmiştir (Hongstrand ve ark., 1998). Hem kalsiyum hem çinkonun solungaçlardaki giriş bölgesi klorit hücrelerinin apikal zarlarıdır (Hongstrand ve ark., 1995; Galvez ve ark., 1998; Spry ve Wood, 1998).

Balıklarda kalsiyum ve magnezyum gibi katyonların ortamdaki artışının metal toksisitesini azalttığı _saptanmıştır (Pagenkopf, 1983; Pratap ve ark., 1989).

O. niloticus bu tür çalışmalarda bu balığın, besin kaynağı olarak yaygın tüketilmesi (Almeida, 2001), fizyolojik mekanizmaların insandakine benzerlik göstermesi, daha kısa zamanda verimli döl elde edilmesinden, 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 dolayı tercih edilir.

Bu çalışmada; 7, 14 ve 21 günlük uygulama sürelerinde *Oreochromis niloticus* balıklarında alüminyum toksisite etkisinin gideriminde kalsiyumun etkisi incelenmiştir. Alüminyum+kalsiyum (Al+Ca) etkisinde balıklarda solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularında metal birikimi ve kalsiyumun alüminyum toksisitesinde koruyucu etkisi araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

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.

Thorp ve Lake (1974), *Paratyatas maniensis*'de kadmiyum birikimi üzerine yapılan bir çalışmada Cd+Zn karışımının toksik etkisinin yalnız kadmiyuma oranla daha düşük olduğunu ve bu düşüşün nedeni olarak Zn'un kadmiyumun toksik etkisini düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Sorenson ve ark. (1974), Alüminyumun hava, su, toprak, bitki, hayvan ve insanlar üzerinde olumsuz etkilere sebep olduğunu belirtmişlerdir.

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

Eddy (1982), Tatlı su balıklarının, hemoastasileri için gerekli iyonların alınımında solungaçların etkin rol oynadığını bildirmiştir.

Pagenkopf (1983), kalsiyum ve magnezyum katyonlarının oluşturduğu sertliğin ağır metal toksisitesini azalttığını, sertlik oluşturan katyonların ve ağır metallerin solungaçtaki bağlayıcı yüzeylerde ve alınım bölgelerinde rekabete girdiklerini açıklamıştır.

Sjögren ve ark. (1983), Endüstri ortamında çalışan işçilerde yaptıkları çalışmada, işçilerin kanlarında yüksek düzeyde üreye rastlanmış ve ürenin yüksek çıkmasının sebebinin alüminyum ile ilişkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

Giles (1984), kadmiyumun subletal düzeylerinin *O. mykiss* 'in kan plazmasında sodyum, potasyum, kalsiyum ve klor iyonlarının azalmasına ve ayrıca hipokalsemiyaya neden olduğunu saptanmıştır.

Perl (1985), Yapmış olduğu çalışmada Alzheimer rahatsızlığının alüminyumla ilişkili olduğunu bildirmiştir.

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.

Dave (1985), *Brachydanio rerio* ile yaptığı çalışmada farklı pH aralıklarında alüminyum, kadmiyum ve demirin yumurtalara ve larvalara etki ettiğini saptamıştır. Ayrıca yüksek pH'da alüminyum toksik etki yaptığını bildirmiştir.

Hardy ve Shearer (1985), gökkuşuğu alabalığı *S. gairdneri* ile yaptıkları bir çalışmada; besinle verilen kalsiyum fosfat düzeyinin artmasıyla tüm vücuttaki çinko birikiminin azaldığını göstermişlerdir.

Winner ve Gauss (1986), *Daphnie pulex* ile yaptıkları bir çalışmada; bakır, kadmiyum ve çinkonun toksik etkisinin ve alüminium yumuşak sularda sert sulara göre daha fazla olduğunu göstermişlerdir.

Wicklund ve Runn (1990), *P. phoxinus*'da ortamdaki kalsiyum miktarının artması kadmiyum gibi ağır metallerin toksisitesini karaciğer ve solungaçlarda azalttığını bildirmişlerdir.

Reader ve Morris (1988), *Salmo trutta* ile yaptıkları bir çalışmada farklı pH'da ve farklı kalsiyum derişimlerinde alüminyumun toksik etkilerini saptamışlardır. Alüminyumun LC₅₀ değeri yumuşak sularda 71mg Al/L, sert sularda ise 3,8mg Al/L olduğunu saptamıştır.

Verbost ve ark. (1989), *S. gairdneri*'de solungaçlarında kadmiyum birikimin artması sonucunda balığın Ca^{+2} ATP az'ı inhibe ederek sudan kalsiyum alımını engellediği ve bunun sonucunda hipokalsemiye neden olduğu bildirmişlerdir

Dietrich ve Schlatter (1989), Gökkuşluğu alabalığı ile yaptığı çalışmada farklı pH aralıklarında alüminyum toksisitesini araştırmışlardır. Alüminyum toksisitesinin düşük pH düzeyinde arttığını saptamışlardır.

Norey ve ark. (1990), Farklı balık türleriyle kadmiyum birikimi ve alınımı ile ilgili yapılan bir çalışmada, kadmiyum birikiminin böbrek, karaciğer ve solungaç dokusunda yüksek düzeyde birikim gösterdiğini belirtmişlerdir.

Vuorinen ve Vuorinen (1991), *Coregonus wartmanni* ile yaptıkları bir çalışmada, balıkların alüminyum farklı pH aralıklarında üreme üzerine etkisi olduğu ve balık kan plazma değerlerinde değişikliğe neden olduğunu bildirmişlerdir.

Exley ve ark. (1991), Alüminyum asitli sularda balıklar üzerinde toksik etki yapmaktadır. Balıklarda alüminyumun birikim gösterdiği başlıca hedef organın solungaçlar olduğunu belirtmiştir.

Bentley (1991), kadmiyumun balıklardaki alınımının, kalsiyum derişiminin artması ile azaldığını göstermiştir.

Diamond ve ark., (1992) yaptıkları bir çalışmada; sularda sertlik oluşturan kalsiyum veya magnezyumun solungaç yüzeyindeki bağlanma bölgelerinde kobaltla rekabete girerek akut toksisiteyi azalttıklarını gözlemlemişlerdir.

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

Gill ve ark. (1992), *A. rostrata*'da kadmiyumun farklı oranlardaki derişimlerinin 16 hafta süreyle etkisinde doku ve organlardaki kadmiyum birikiminin ortam derişimindeki

artıŖa bağlı olarak arttığı, yine belirli bir deriŖimde deney sũresi sonunda baŖlangıca oranla birikimin daha yũksek dũzeyde birikim olduğu belirtilmiŖtir.

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

Flik ve Verbost (1993), balık solungaçlarındaki klor hũcrelerinin içinde bulunan kalsiyum kanallarının zamanda bazı geçiŖ metallere de alınımlar bũlgeleri olduğunu ve bu bũlgelerde kalsiyumun metallere rekabet ettiklerini belirtmiŖlerdir.

Davies ve ark. (1993), kadmiyumun toksik etkisinin su sertliği ile giderildiğini gũstermiŖlerdir.

Playle ve ark. (1993), *Pimephales promelas* ve *O. mykiss* ile yaptıkları araŖtırmalarda, bakır alınımlarında su sertliğini oluŖturan iyonların, balık solungaçlarının bağlanma bũlgelerinde bakırla rekabete girdiğini bildirmiŖlerdir.

Straus ve Tucker (1993), toplam alkalinite ve toplam sertliğin kedi balığının akut bakır toksisitesini azalttığını bildirmiŖlerdir.

Comhaire ve ark. (1994), *C. carpio* ile yaptıkları bir çalıŖmada sudaki kalsiyum konsantrasyonunun artması ile solungaç ve kan dokusunda kobalt birikiminin azaldığını bildirmiŖlerdir.

Glynn ve ark. (1994), solungaçlarda klor hũcrelerindeki kalsiyum kanalları ile organizmaya giren kadmiyumun, Ca^{+2} – transport sistemini inhibe ettiğini ve dokularda biriktiğini gũstermiŖlerdir.

Wurtz ve Perschbacher (1994), *I. punctatus* ile yaptıkları bir çalıŖmada, yũksek kalsiyum konsantrasyonunun bakırın etkisini azalttığını ileri sũrmüşlerdir. Kalsiyum konsantrasyonu ve bikarbonat alkalinitesinin artmasıyla mortalite azalmıŖtır. Divalent

kasyon olan bakır kalsiyum iyonuna benzer bir kimyasal aktiviteye ve iyonik forma sahiptir. Bakır ve kalsiyum aynı bağlanma yerleri için rekabete girmektedir.

Hogstrand ve ark. (1994,1995,1998), *O. mykiss* ile yaptıkları bir çalışmada, kalsiyumun çinko etkisinde solungaçların apikal hücrelerinde birbirleri ile rekabet ettiğini göstermişlerdir. Ayrıca bu bölge metal ile kalsiyumunun giriş bölgesi olarak gösterilmektedir.

Roy ve Campbell, (1995), *Salmo salar*'da çinko ve alüminyum karışımının etkisinin pH değişiklikleri incelenmiş ve balıkların ölüm oranları hakkında bulgular araştırılmıştır.

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

Pelgrom (1995), *Oreochromis mossambicus* ile yaptığı bir çalışmada kadmiyum birikiminin bakır+kadmiyum karışımının etkisinde karaciğer, böbrek ve barsak dokularında azaldığını bildirmiştir.

Witeska ve ark. (1995), Ağır metallerin su ortamlarında standart limitlerin aşılması durumunda birbirini izleyen trofik düzeylerde artarak birikimine neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada, bakır birikiminin bakırın tek başına etkisinde saptanan birikimden daha fazla birikim olduğunu fakat kas dokusunda bu durumun tam tersinin meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Welsh ve ark. (1996), *P. promelas* ile yaptıkları bir çalışmada yumuşak sularda mortalitenin arttığını bildirmişlerdir.

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

Sahagün ve ark. (1997), İspanya' da farklı nehirler üzerinde kurulu çiftliklerden topladığı gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) ağır metal kalıntılarını incelemiştir. Çiftliklerden alınan örneklerde ağır metal birikiminin en fazla beyin, bunu böbrek ve karaciğerin izlediğini tespit etmişlerdir.

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

Vera ve Poscidio (1998), Afrika çupras+ *O. mossambicus*'la yaptıkları bir çalışmada suya ilave edilen CaCO_3 'ün bakır toksisitesine karşı koruyucu bir etki sağladığını bildirmişlerdir

Hollis ve ark. (1999), Kadmiyum birikiminin *O. mykiss* 'de larval ölümlerin artmasına neden olurken, yaşayan bireylerde omurga eğriliği ve serebral anomaliliğe neden olduğunu bildirmişlerdir.

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

Kargın ve Çoğun (1999), Tarafından yapılan bir çalışmada *T. nilotica*'da Cd ve Zn'nin ayrı ayrı subletal derişimlerinin etkisinde karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki birikim düzeyleri incelenmiş, dokularda kadmiyum birikiminin çinkoya oranla daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Meyer (1999), tatlı su balıklarında kadmiyum alımını ve akut toksisiteye karşı sudaki kalsiyum konsantrasyonunun magnezyumdan daha çok koruyucu etki yaptığını bildirmektedir. Kalsiyum su sertliğinin koruyucu etkisi için birinci derecede sorumlu katyondur. Kalsiyum koruyucu etkisini, solungacın kadmiyuma geçirgenliğini azaltması ve solungaç bağlanma bölgesinde kadmiyumla rekabet etmesinden kaynaklandığını ileri sürmüştür.

De La Tore ve ark. (2000), Kadmiyumun etkisine maruz bırakılan *C. carpio*'lar ile yapılan çalışmada kadmiyum sazanların subletal derişimlerini, ozmotik regülasyonu ve iyon dengesini bozarak stres meydana getirdiğini saptamışlardır.

Olsvik ve ark. (2000), Farklı iki nehirden alınan kahverengi alabalıklar ile yapılan bir çalışmada; farklı organlarda, farklı konsantrasyonlarda metal birikimlerinin olduğunu tespit etmişlerdir. Cd, Cu ve Zn miktarları bakımından her iki nehirde yaşayan balıkların solungaç ve böbreklerinde en fazla çinkonun biriktiğini, karaciğerinde ise en fazla bakır'ın biriktiğini tespit etmişlerdir.

Hollis ve ark. (2001), Kadmiyumun *Oncorhynchus mykiss*'da 3 ppm'lik ortam derişiminin 30 gün süre ile etkileşimi sonucunda kadmiyum etkisi sonucunda %10 oranında ölümlere neden olduğunu bildirmişlerdir.

Khunyakari ve ark. (2001), *Poecilia reticulata*'da bakır etkisine maruz bırakılmasının başlangıcında solungaçlardan mukus salınmasındaki artış, fiziksel etkilere karşı duyarsızlık, renkte koyulaşma ve yüzgeç ışınlarında dikleşme gibi değişikliklerin oluştuğu belirtmişlerdir.

Szebedinszsky ve ark. (2001), *O. mykiss* ile yaptıkları çalışmada, hem besin hem de su yoluyla verilen kadmiyumun ilk olarak solungaçlarda en fazla birikim gösterdiği, fakat sürenin uzamasıyla birlikte kadmiyum birikiminin en fazla birikimin böbrek olduğunu bunu solungaç ve karaciğerin izlediğini belirtmişlerdir.

De Smet ve Blust (2001), karaciğer dokusunda diğer dokulara göre daha fazla kadmiyum birikmesinin nedenini düşük molekül ağırlıklı ve metal bağlamada etkin metallothionein (MT) gibi proteinleri içermesi ve ayrıca kadmiyum ve benzeri metallerin etkisinde MT sentez düzeylerinin artış göstermesi ile açıklamışlardır.

Zohouri ve ark. (2001), gökkuşuğu alabalığı *O. mykiss* ile yaptıkları bir çalışmada su yoluyla verilen kadmiyum ve besin yoluyla verilen kalsiyumun birbirini etkilediğini göstermişlerdir. Kalsiyum, kadmiyumun solungaç, karaciğer ve böbrek gibi dokularda ve tüm vücutta birikimini engellemektedir. Kadmiyum etkisindeki balıklara, yüksek oranda kalsiyum içeren besin verildiğinde kadmiyum alınımına karşı koruyucu etki yaptığı belirlenmiştir. Kadmiyumun solungaçlarda ve plazmada hipokalsemiyaya sebep olarak (su yoluyla) kalsiyum alınım yolunu bloke ettiğini de bildirmişlerdir.

Witeska ve Baka (2002), Kadmiyumun toksik etkisi sonucunda, kadmiyum *C. carpio*, *Anguilla rostrata* ve *Salvelinus alpinus*'da membran bütünlüğünün bozulmasına, ayrıca hücre yüzeyi anomalileri ve amitotik eritrositlerin sayısının artmasına neden olmuştur.

Agirdir ve ark. (2002), Cd ve Cd+Zn karışımı verilen farelerde sadece kadmiyumun etkisine bırakılan farelere göre, Cd+Zn karışımının etkisine bırakılan farelerin böbreklerinde kadmiyum birikiminin azaldığını belirtmişlerdir.

Rainbow (2002), Temiz ve metal ile kirlenmiş bölgelerden topladığı kabuklu türlerinde çinko, bakır ve kadmiyumun konsantrasyonlarını belirlemiştir. Buna göre bölgelere, organizmaya ve metallerin çeşidine göre organizmalarda biriken metal miktarlarında farklılıklar gözlemlenmiştir. Her organizmanın metali kullanımında farklı metabolik reaksiyonlar söz konusu olduğundan metalin kullanılan, atılan ve biriken miktarları farklı düzeyde çıkmıştır.

Amonette ve ark. (2003), Yapmış oldukları çalışmada *Desulfovibrio defulricans*'ın farklı pH aralıklarında alüminyum toksisitesini incelemişlerdir.

Çogun 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 bağlı olarak değişim gösterdiğini belirtmişlerdir.

Cicik, (2003), *C. carpio*'da Cu+Zn karışımının etkisinde karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikiminin, metallerin tek tek etkisinin birikim düzeyine göre karışımın etkisindeki birikimin daha düşük olduğu belirlemiştir.

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 saptanmıştır.

Kalay ve ark. (2004), Mersin Körfezinden yakalanan *Sparus aurata* ve *Mullus barbatus* balıklarında kas ve karaciğer dokularındaki kadmiyum düzeylerini karşılaştırılmıştır. Her iki balık türünün incelenen dokularında tespit edilen limit değerleri ulusal ve uluslararası kuruluşların kabul ettiği sınırların üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Sağlamtimur ve ark. (2004), *O. niloticus*'da Cd ve Cd+Cu karışımının doku ve organlarındaki Cd birikimi üzerine Cd+Cu karışımının etkisinin incelendiği bir çalışmada, kadmiyum etkisinde en fazla birikimin solungaç dokusunda, Cd+Cu karışımının etkisinde ise en fazla birikim böbrek dokusunda fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Erdem ve ark. (2005), *C. gariiepinus*'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 Cd birikim düzeyleri incelenmiştir. Birinci aşamada en yüksek birikim böbrek dokusunda gözlenirken, bunu karaciğer, solungaç ve kas dokularının izlediği belirlenmiştir. İkinci aşamada ise dalak ve karaciğer dokularındaki Cd düzeyinde önemli bir değişim gözlenmezken, solungaç ve kas dokusunda düşme, böbrek dokusunda ise artış olduğu gözlenmiştir.

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

Baldisserato ve ark. (2005), besinlerde yüksek oranda kalsiyum bulunmasının, su ve besin yoluyla kadmiyum alınımını ve iç organlardaki birikimini azalttığını göstermişlerdir. Kadmiyum içeren besinle beslenen balıklarda meydana gelen kalsiyum ve magnezyum metabolizmasındaki bozukluklar besinle verilen kalsiyumun iyileştirici etkisiyle giderilmiştir.

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

Akgün ve ark. (2007), Çeltikçe Çayı'nda (Sakarya Nehri) yaşayan *Leuciscus cephalus* balıklarının karaciğer, kas ve solungaçlarında yapılan bir çalışmada Zn, Cd, Pb ve Cu'nun birikim düzeyleri araştırılmıştır. Zn, Cd ve Pb'nin en fazla karaciğerde birikim gösterdiği tespit etmişlerdir.

Karaytuğ ve ark. (2007), Ağır metaller balıklarda düşük derişimlerin uzun süreli etkisinde balıklarda davranışsal ve yapısal değişimlere sebep olduğunu saptamışlardır. *C. carpio*'da Cd'un 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.8 ppm'lik derişimlerinin 1, 3, 15 ve 30 günlük sürelerde etkisinin incelendiği bir araştırmada, metal etkisinin başlangıcında balıklarda besin almama, akvaryum yüzeyine yönelme, yüzme performansında düşme ve operculum hareketlerinde artma gibi davranış değişiklerinin oluştuğu, metal etkisine kalınan süresinin uzamasıyla birlikte bu değişiklerin normale döndüğü gözlenmiştir. Metal birikimi türe, gelişim evresine, beslenme alışkanlığına, eşeye, metale, ortam derişimine, etkide kalma süresine ve çevresel faktörlere bağlı değişim gösterdiğini belirtmişlerdir.

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

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

Correia ve ark. (2010), *Oreochromis niloticus*'da alüminyumun plazmadaki iyon etkileri incelendiği çalışmada, *O. niloticus*'un lipit protein ve steroid hormon konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda ise alüminyumun karaciğer, solungaçlarda toksik etki yaptığı belirtilmiştir.

Çoğun ve ark., (2011), Mersin körfezinde *P. semiculatis* kas, solungaç ve hepatopankreas dokularında kadmiyum, bakır, çinko ve kurşun düzeylerini mevsimsel olarak inceledikleri bir çalışmada, *P. semiculatis* dokularındaki ağır metal birikiminin en fazla hepatopankreasta olduğunu saptamışlardır. Yapılan çalışma sonucuna göre, dört metal tüm dokularda fazladır, fakat kurşun *P. semiculatis* solungaç dokusunda daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Garcia-Medina ve ark., (2011), *Cyprinus carpio* da alüminyumun genotoksik ve sitotoksik etkisi incelenmiştir. 72-96 saatlik yapılan çalışma sonunda DNA da alüminyumun büyük hasara neden olduğu tespit edilmiştir.

Çoğun ve ark., (2012), *O. niloticus* balıklarıyla yaptıkları bir çalışmada, selenyumun civa toksisitesini azaltma yönünde etki ettiğini saptamışlardır.

Çoğun ve Şahin (2012), *Oreochromis niloticus* balıkları ile yaptıkları bir çalışmada, kurşun ve kurşun+zeolit karışımının etkisine maruz bırakılan balıklarda zeolitin etkide kalınan sürenin uzamasıyla kurşun toksisitesini önemli düzeyde azalttığını bildirmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

Bu araştırma Ekim ayında *Oreochromis niloticus*'lar Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından alınarak ve üç ay süre ile 40X100X40 cm boyutlarındaki dokuz (9) stok akvaryum içerisinde laboratuvar koşullarına adaptasyonları sağlanmıştır. *O. niloticus*'lar bu sürenin sonunda uygun boy-ağırlığa ulaşmışlardır. Balıklar 3 ay süre sonunda 12.55 ± 0.19 cm boy ve 24.18 ± 1.51 g ağırlığına ulaşmışlardır.

Deneyleler $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta yürütülmüş, akvaryumlar merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış ve günde sekiz saat aydınlanma (8 saat gündüz / 16 saat gece) periyodu uygulanmıştır. Balıklar, laboratuvar koşullarına adaptasyonları süresince, hazır balık yemi (Pınar Balık Yemi, Türkiye) ile beslenmiştir. Deney başlamadan 2 gün önce yem verme işlemi kesilmiştir. Balıklar 30 günlük deney süresince her gün günde bir defa olmak üzere vücut ağırlığının %2'si oranında, içerisinde yapılan analizlerde ölçülebilir düzeyde kalsiyum ve alüminyum bulunmayan hazır balık yemi ile beslenmiştir.

Deney süresince ortam suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıda verilmiştir.

Deney ortam suyunun kimyasal özellikleri:

| | |
|-------------------|---|
| Toplam sertlik | : 345.404 ± 16.15 ppm CaCO_3 |
| Toplam alkalinite | : 351 ± 3.11 ppm CaCO_3 |
| Çözünmüş Oksijen | : 7.50 ± 0.22 mg/L |
| pH | : 8.11 ± 0.44 |

Deney iki seri olarak yürütülmüştür. Birinci seride 7, 14 ve 21 gün sürelerde alüminyumun 0.1 mg/L derişimi, 0.1 mg/L Al + 0.1 mg/L Ca ve 0.1 mg.L⁻¹ Al + 1.0 mg.L, Ca karışımlarına maruz bırakılmıştır.

İkinci seride ise yine aynı 7,14,21 günlük sürelerde alüminyumun 1.0 mg.L⁻¹ ortam derişimi, 1.0 mg L⁻¹ Al + 1.0 mg.L⁻¹ Ca ve 1.0 mg.L⁻¹ Al + 10.0 mg/L Ca maruz bırakılmıştır.

Deneyleerde her bir seride 40X100X40 cm. boyutlarında olan ve her birinin içersinde 18 balık bulunan 4 adet cam akvaryum kullanılacak şekilde iki seride yapılmıştır.

Birinci seride bu akvaryumlardan her birine 50'şer litre dinlendirilmiş çeşme suyu konulmuştur. Birinci akvaryuma 0.1 mg.L^{-1} Al derişimi, ikincisine $0.1 \text{ mg Al/L} + 0.1 \text{ mg. Ca}$ derişimi ve son olarak üçüncüsüne 10 katı kadar (1.0 mg.L^{-1}) kalsiyum alüminyum ile birlikte (0.1 mg.L^{-1} Al + 1.0 mg.L^{-1} Ca) çözeltileri konulmuştur. İkinci seride ise ilk akvaryuma 1.0 mg.L^{-1} alüminyum derişimi ikincisine aynı alüminyum derişimli Ca ve üçüncüsüne 10 katı kadar (10.0 mg.L^{-1}) Ca alüminyum ile birlikte (1.0 mg.L^{-1} Al + 10.0 mg.L^{-1} Ca) çözeltileri konulmuştur. Her seride dördüncü akvaryum kontrol olarak kullanılmıştır. Deneyleer üç tekrarlı olarak yürütölmüş ve her tekrarda iki balık kullanılmıştır.

Deney ortamında metallerin derişiminin zamana bağılı değışimler olabileceğı için deney boyunca akvaryum suları ve metallerin derişimleri iki güne bir yeniden hazırlanan stok çözeltilerden uygun seyreltmeler yapılarak değıştirilmiştir. Kullanılan kalsiyum CaCl olmuş, Alüminyum ise $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck) olmuş, deney boyunca çözeltiler deiyonize su ile taze hazırlanmıştır.

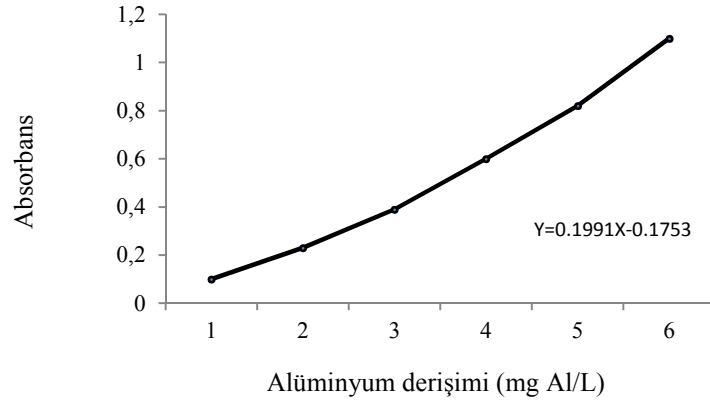
Her deney süresi bitiminde akvaryumdan kepçe ile alınan balıklar önce çeşme suyu ile iyice yıkanmıştır. Daha sonra kurutma kağıdı ile yüzeylerinde bulunan su damlacıkları alınmıştır. Daha sonra balıkların kas, böbrek, solungaç ve karaciğer dokularının diseksiyonu yapılmıştır. Doku ve organlar etüvide 150°C 'de 48 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kuru ağırlıkları belirlenen doku ve organlar deney tüplerine aktararak 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 alüminyum analizine hazır hale getirilmiştir.

Doku ve organlardaki alüminyum analizleri Kilis 7 Aralık Üniversitesi Toprak Analiz Laboratuvarındaki Perken Emler ICP MS spektrofotometrisi cihazı ile standart stok çözeltilerle kalibrasyon yapılarak saptanmıştır.

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

4. BULGULAR

O. niloticus'un dokularında alüminyum düzeylerini saptamak amacıyla alüminyum standartları ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon doğrusu kullanılmıştır (Şekil 4.1). Alüminyum standartlarının absorbans değerlerinden $Y=0.1991X-0.1753$ formülü elde edilmiştir. Burada X alüminyum derişimini, Y absorbansı göstermektedir. Balıkların solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularındaki alüminyum düzeyleri bu regresyon formülü 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 $P<0.01$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

Tüm sürelerde (7, 14 ve 21. gün) 0.1 ve 1.0 mg/L alüminyum ortam derişimlerinin çalışılan tüm dokularda alüminyum birikimi istatistiksel olarak ayırım göstermiştir (P<0.01). Alüminyum birikimi en fazla böbrek dokusunda gerçekleşmiş, bunu solungaç, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir.

Çizelge 4.1. *O. niloticus* doku ve organlarda alüminyum ve alüminyum+kalsiyum karışımının etkisinde 7. günde alüminyum birikimi (µg Al/g. k.a.).

| Derişimler (mg/L) | Kas $\bar{X} \pm S\bar{x}$ * | Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{x}$ * | Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{x}$ * | Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{x}$ * |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 0.0 | 2.33±0.05 ax | 1.16±0.01 bx | 4.80±0.35 cx | 29.44±0.43 dx |
| 0.1 Al | 1.64±0.02 ay | 4.76±0.06 by | 6.39±0.08 cy | 77.85±0.44 dy |
| 0.1 Al+0.1 Ca | 1.48±0.01 ayz | 4.16±0.01 bz | 6.44±0.29 cy | 76.83±0.41 dy |
| 0.1 Al+1.0 Ca | 1.38±0.01 az | 3.14±0.14 bt | 3.78±0.10 bz | 60.00±0.50 cz |
| 0.0 | 3.20±0.05 ax | 1.30±0.01 bx | 4.69±0.04 cx | 31.10±0.63 dx |
| 1.0 Al | 3.60±0.14 ay | 4.70±0.93 by | 6.81±0.04 cy | 85.70±0.29 dy |
| 1.0 Al+1.0 Ca | 3.43±0.08 axy | 3.70±0.10 az | 6.38±0.28 by | 61.03±0.57 cz |
| 1.0 Al+10.0 Ca | 3.13±0.03 ax | 3.10±0.01 at | 4.87±0.35 bx | 57.57±0.29 ct |

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

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

Denenen tüm sürelerde alüminyum+kalsiyum karışımına bırakılan balıkların dokularındaki alüminyum birikiminin, doğrudan alüminyum etkisine bırakılan balıklara oranla düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1-3; SNK; P<0.01).

7. günde *O. niloticus* doku ve organlarındaki alüminyum düzeyleri her iki alüminyum ortam derişimleri ve bunların kalsiyumlu karışımları etkisindeki balıkların dokularında alüminyum birikimi istatistiksel olarak anlamlıdır. Kalsiyum önemli derecede alüminyum birikimini azalmıştır. 0.1 mg/L alüminyum derişiminin solungaç ve böbrek dokusunda 0.1 mg/L alüminyum derişimi ile 0.1 mg/L Al+0.1 mg/L Ca karışımında ve karaciğer ve solungaç dokularında Al+Ca karışımları arasında istatistiksel olarak fark yoktur (Çizelge 4.1; SNK;P<0.01). 1.0 mg/L alüminyum derişiminin kas ve solungaç

dokularında derişimler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Diğer doku ve organlar arasında ve derişimler arasında istatistiksel olarak fark vardır (Çizelge 4.1; SNK;P<0.01). Kalsiyum etkisinde azalmalar alüminyumun yalnız etkisine göre karşılaştırıldığında 0.1 mg/L Al etkisinde en fazla sırasıyla solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokusunda (%40, %34, %22 ve %15) olmuştur. 1.0 mg/L Al etkisinde en fazla karaciğer dokusu, bunu böbrek, solungaç ve kas dokusunda (%34, %32, %28 ve %13) olmuştur.

Çizelge 4.2. *O. niloticus* doku ve organlarda alüminyum ve alüminyum+kalsiyum karışımının etlisinde 14. günde alüminyum birikimi (µg Al/g. k.a.).

| Derişimler (mg/L) | Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$ | Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$ | Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$ | Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$ |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 0.0 | 2.39±0.01 ax | 1.39±0.01 bx | 4.73±0.33 cx | 29.33±0.28 dx |
| 0.1 Al | 1.92±0.03 ay | 3.43±0.11 by | 5.17±0.46 cy | 89.37±0.31 dy |
| 0.1 Al+0.1 Ca | 1.61±0.04 az | 1.50±0.17 bx | 4.84±0.10 cx | 80.64±0.29 dz |
| 0.1 Al+1.0 Ca | 1.21±0.01 az | 1.25±0.03 ax | 4.21±0.52 bz | 78.17±0.54 ct |
| 0.0 | 3.23±0.03 ax | 1.40±0.01 bx | 4.69±0.05 cx | 30.33±0.33 dx |
| 1.0 Al | 3.97±0.01 ay | 3.73±0.17 ay | 7.42±0.37 by | 91.78±0.26 cy |
| 1.0 Al+1.0 Ca | 3.65±0.02 az | 1.91±0.01 bz | 5.60±0.12 cz | 68.24±0.07 dz |
| 1.0 Al+10.0 Ca | 3.26±0.09 at | 1.52±0.02 bt | 4.48±0.07 cx | 50.88±0.46 dt |

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

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

O. niloticus balıklarının 14. günde alüminyum ve Al+Ca karışımlarının doku ve organlarda birikimi Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Bu süre sonunda etkide kalınan ortam alüminyum derişimlerinin karaciğer ve solungaç dokusunda Al+Ca kontrol grubu ile 0.1 mg/L Al+0.1mg/L Ca ortam derişimleri arasında ve 1.0 mg/L Al etkisinde solungaç dokusunda kontrol grubu ile 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca ortam derişimleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur (Çizelge 4.2; SNK; P<0.01). Diğer doku ve organlar arasında istatistiksel olarak fark anlamlıdır (Çizelge 4.2; SNK; P<0.01).

Bu süre sonunda etkide kalınan alüminyum derişiminin yalnız etkisi ile karşılaştırıldığında alüminyum+kalsiyum karışımında önemli bir azalma olduğu gözlenmiştir. Bu azalma 0.1 mg/L alüminyum ortam derişimi etkisine göre Al+Ca karışımında en fazla karaciğer dokusunda (yaklaşık 2 kat), bunu solungaç, böbrek ve kas dokuları (yaklaşık %18, %12 ve %3) izlemiştir. 1.0 mg/L alüminyum ortam derişimi etkisinde ise böbrek ve solungaç dokusunda azalma %44 ve %39 kadar olmuştur.

Çizelge 4.3. *O. niloticus* doku ve organlarda alüminyum ve alüminyum+kalsiyum karışımının etlisinde 21. günde alüminyum birikimi ($\mu\text{g Al/g. k.a.}$).

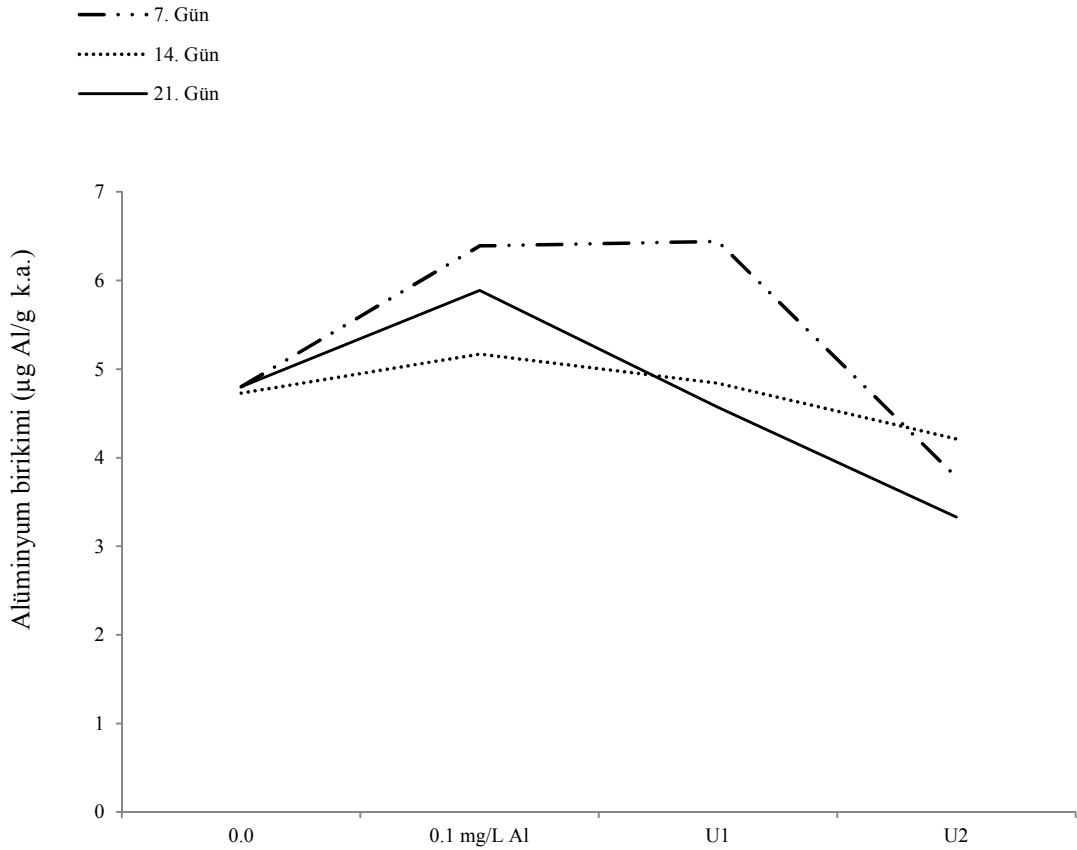
| Derişimler (mg/L) | Kas $\bar{X} \pm S\bar{X} *$ | Karaciğer $\bar{X} \pm S\bar{X} *$ | Solungaç $\bar{X} \pm S\bar{X} *$ | Böbrek $\bar{X} \pm S\bar{X} *$ |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 0.0 | 2.33±0.02 ax | 1.44±0.01 bx | 4.80±0.01 cx | 28.66±0.33 dx |
| 0.1 Al | 2.69±0.16 ay | 1.96±0.03 by | 5.89±0.14 cy | 62.31±0.72 dy |
| 0.1 Al+0.1 Ca | 2.23±0.01 ax | 1.69±0.01 bx | 4.57±0.13 cx | 55.33±0.61 dz |
| 0.1 Al+1.0 Ca | 2.01±0.02 az | 1.21±0.02 bz | 3.33±0.12 cz | 45.33±0.33 dt |
| 0.0 | 3.31±0.01 ax | 1.43±0.01 bx | 4.80±0.01 cx | 32.23±0.03 dx |
| 1.0 Al | 4.71±0.07 ay | 2.59±0.03 by | 8.59±0.28 cy | 95.73±0.36 dy |
| 1.0 Al+1.0 Ca | 4.03±0.02 az | 1.93±0.01 bz | 7.59±0.04 cz | 88.16±0.03 dz |
| 1.0 Al+10.0 Ca | 4.10±0.02 az | 1.83±0.03 bt | 5.37±0.09 ct | 77.35±0.17 dt |

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

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

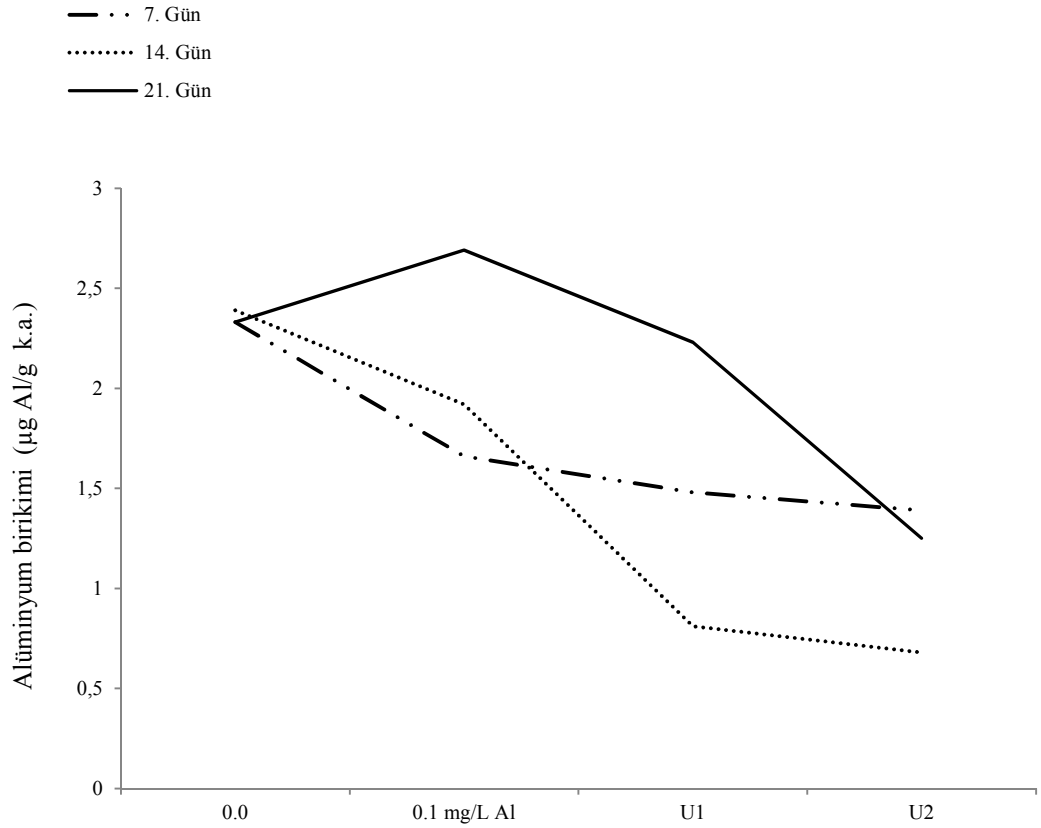
O. niloticus 21. günde doku ve organlarındaki alüminyum düzeyleri her iki alüminyum ortam derişimleri ve bunların kalsiyumlu karışımları etkisindeki balıkların dokularında alüminyum birikimi istatistiksel olarak anlamlıdır. Kalsiyum etkisinde önemli derecede alüminyum birikimi azalmıştır. 0.1 mg/L alüminyum derişiminin etkisinde solungaç ve kas dokusunda, kontrol balıkları ile 0.1 mg/L Al+0.1 mg/L Ca karışımında ve kas dokusunda 1.0 mg/L Al ortam derişiminde Al+Ca karışımları arasında istatistiksel olarak fark yoktur (Çizelge 4.1; SNK; $P<0.01$). Diğer doku ve organlar arasında ve derişimler arasında istatistiksel olarak fark vardır (Çizelge 4.1; SNK; $P<0.01$).

Kalsiyum etkisinde azalmalar alüminyumun yalnız etkisine göre karşılaştırıldığında 0.1 mg/L Al etkisinde en fazla solungaç dokusu, bunu karaciğer, böbrek ve kas dokusu (%43, %38, %27 ve %25) izlemiştir. 1.0 mg/L Al etkisinde en fazla solungaç dokusu, bunu karaciğer, böbrek ve kas dokusunda (%37, %29,%19 ve %12) izlemiştir.



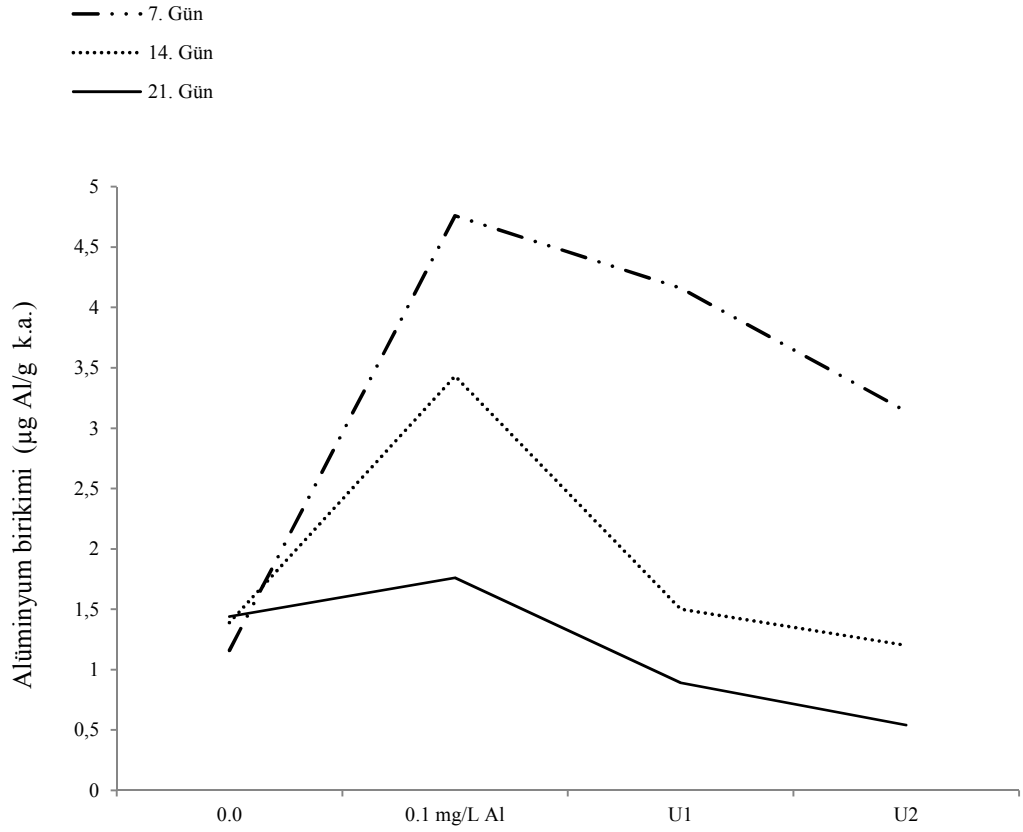
Şekil 4.2. *O. niloticus*'un solungaç dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 0.1 mg/L Al+0.1 mg/L Ca, U2: 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca)

O. niloticus'un solungaç dokusunda 0.1 mg/L alüminyum ve aynı derişimde (U1) ve 10 katı olan kalsiyum (U2) karışım derişimleri incelendiğinde kontrol grubuna göre 0.1 mg/L alüminyum derişiminde artış olmuş, kalsiyumlu karışımalarında ise ciddi azalmalar olmuştur. En fazla azalma 7. günde 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca 'da olmuştur (yaklaşık %33).



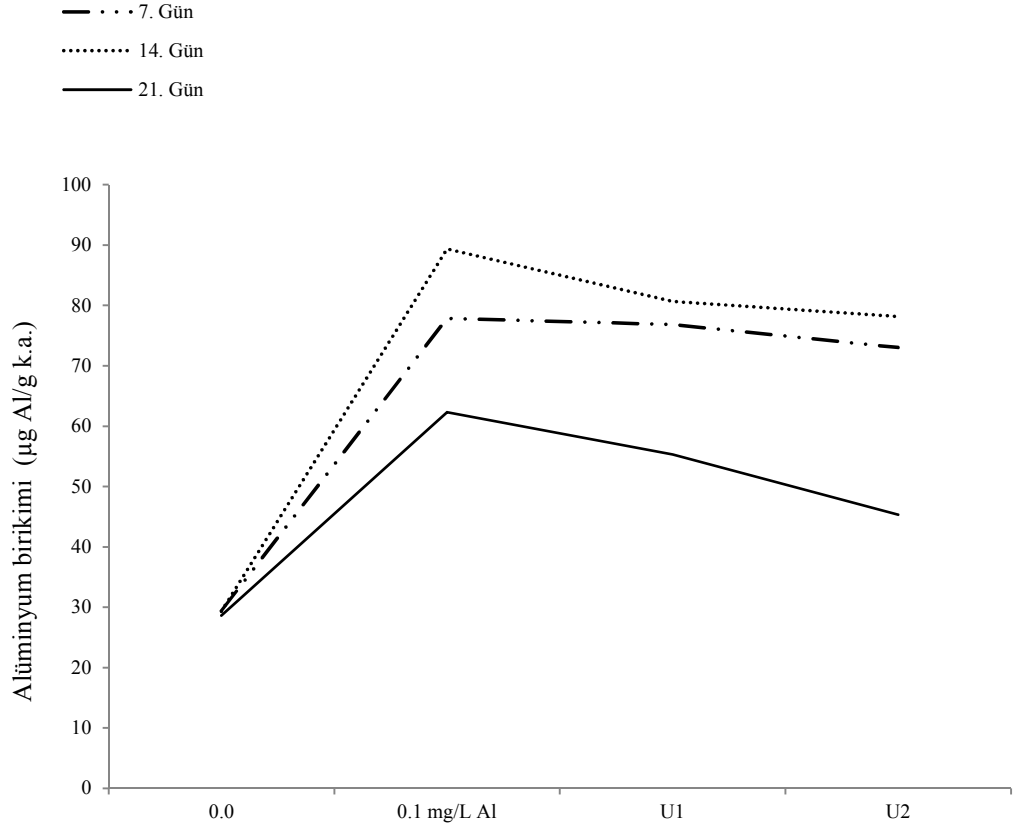
Şekil 4.3. *O. niloticus*'un kas dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 0.1 mg/L Al+0.1 mg/L Ca, U2: 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca)

O. niloticus'un kas dokusunda 0.1 mg/L alüminyum ve aynı derişimde (U1) ve 10 katı olan kalsiyum (U2) karışım derişimleri incelendiğinde kontrol grubuna göre 0.1 mg/L alüminyum derişiminde artış (yaklaşık %13) 21. günde olmuş, kalsiyumlu karışımlarında ise ciddi azalmalar olmuştur. Kontrol balıklarına göre en fazla azalma 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca 'da 7. ve 14. günlerde olmuştur (%18 ve %6).



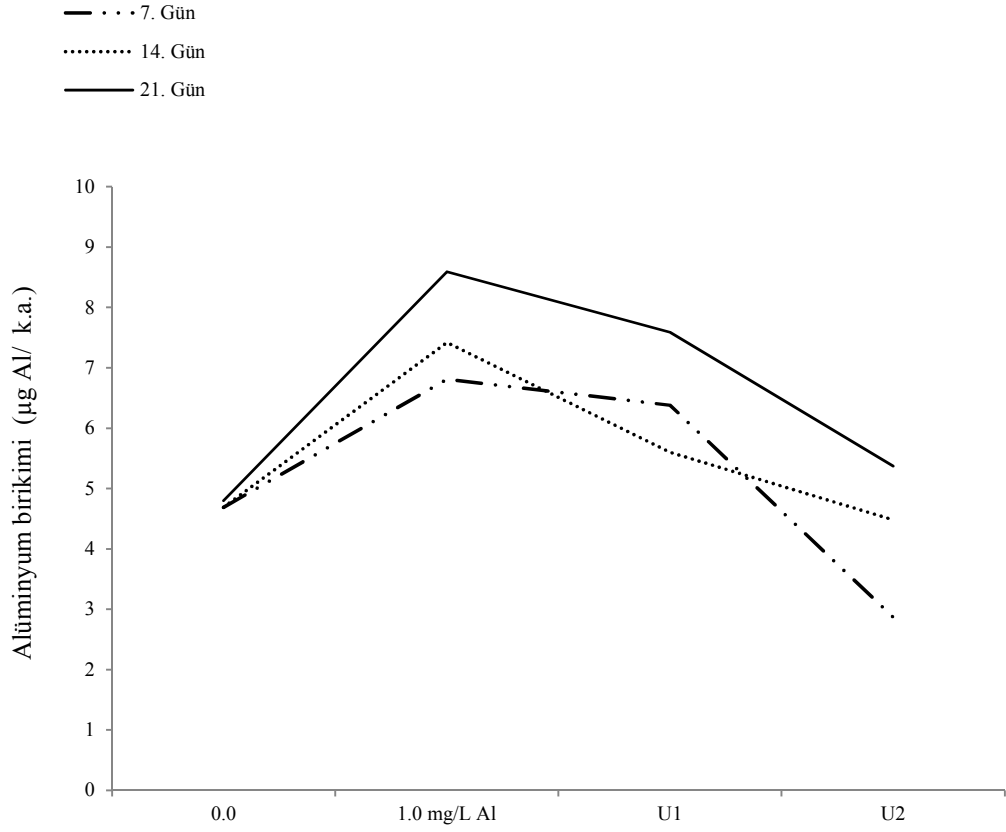
Şekil 4.4. *O. niloticus*'un karaciğer dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 0.1 mg/L Al+0.1 mg/L Ca, U2: 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca)

O. niloticus'un karaciğer dokusunda 0.1 mg/L alüminyum ve aynı derişimde (U1) ve 10 katı olan kalsiyum (U2) karışım derişimleri incelendiğinde kontrol grubuna göre 0.1 mg/L alüminyum derişiminde artış en fazla 7. günde olmuş, bunu 14. ve 21. gün izlemiştir (yaklaşık 1.5 katlık artış gözlemlenmiştir). Kalsiyumlu karışımlarında ise ciddi azalmalar olmuştur. Kontrol balıklarına göre en fazla azalma 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca 'da 14. ve 21. günlerde olmuştur (yaklaşık %85 ve %95).



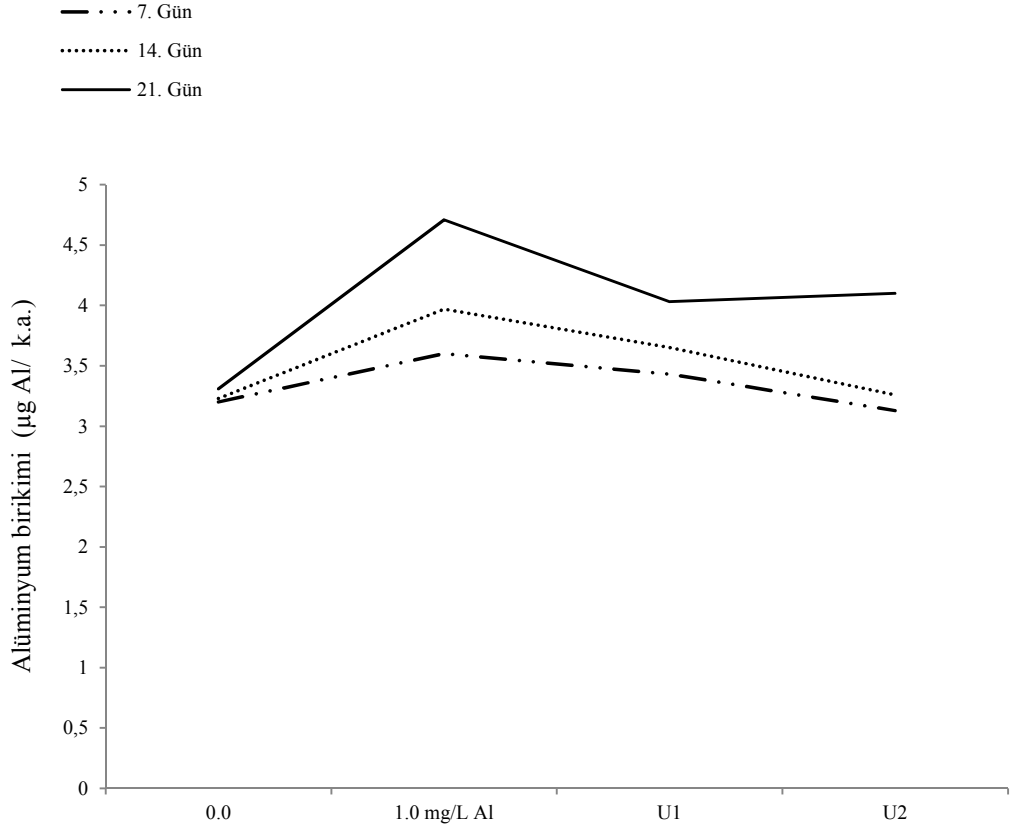
Şekil 4.5. *O. niloticus*'un böbrek dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 0.1 mg/L Al+0.1 mg/L Ca, U2: 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca)

O. niloticus'un böbrek dokusunda 0.1 mg/L alüminyum ve aynı derişimde (U1) ve 10 katı olan kalsiyum (U2) karışım derişimleri incelendiğinde kontrol grubuna göre 0.1 mg/L alüminyum derişiminde artış 14. günde olmuş (yaklaşık %66), kalsiyumlu karışımalarında ise çok az bir azalmalar olmuştur. Kontrol balıklarına göre en fazla azalma 0.1 mg/L Al+1.0 mg/L Ca (U2) 'da 21. günlerde olmuştur (yaklaşık %37).



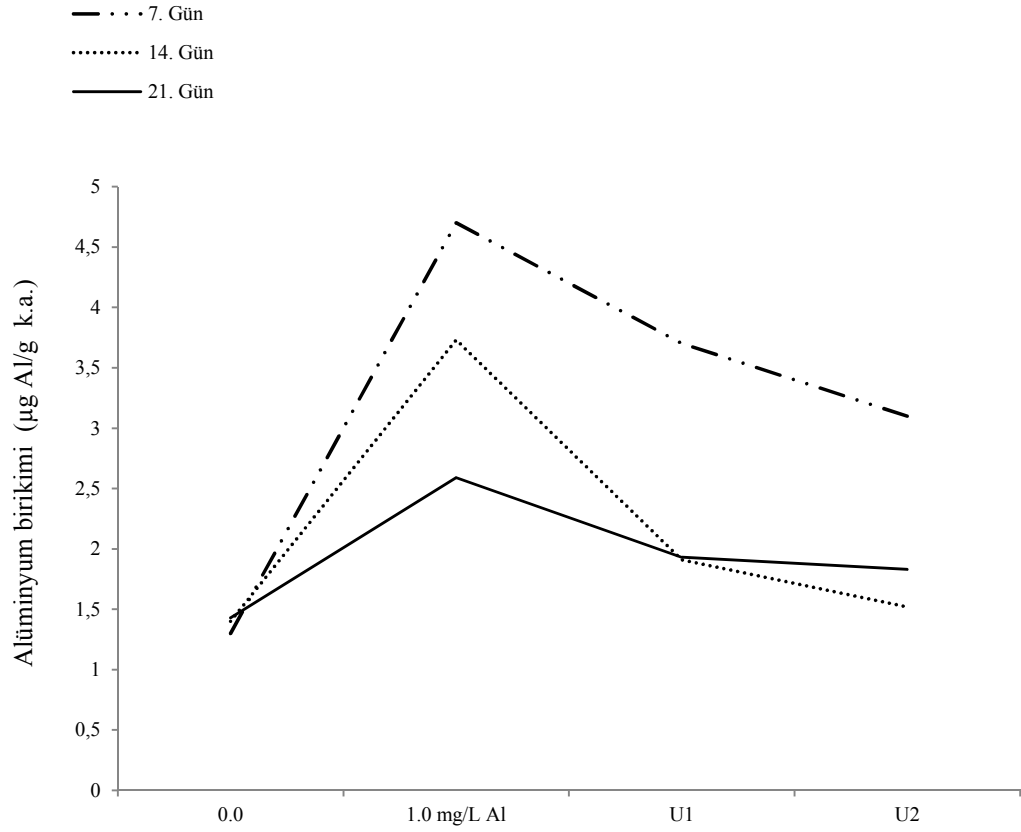
Şekil 4.6. *O. niloticus*'un solungaç dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 1.0 mg/L Al+1.0 mg/L Ca, U2: 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca)

O. niloticus'un karaciğer dokusunda 1.0 mg/L alüminyum ve aynı derişimde (U1) ve 10 katı olan kalsiyum (U2) karışım derişimleri incelendiğinde kontrol grubuna göre 1.0 mg/L alüminyum derişiminde artış en fazla 21. günde (yaklaşık 3 kat) olmuş, kalsiyumlu karışımlarında ise ciddi azalmalar olmuştur. En fazla azalma 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca 'da 7. günde olmuştur (yaklaşık %39).



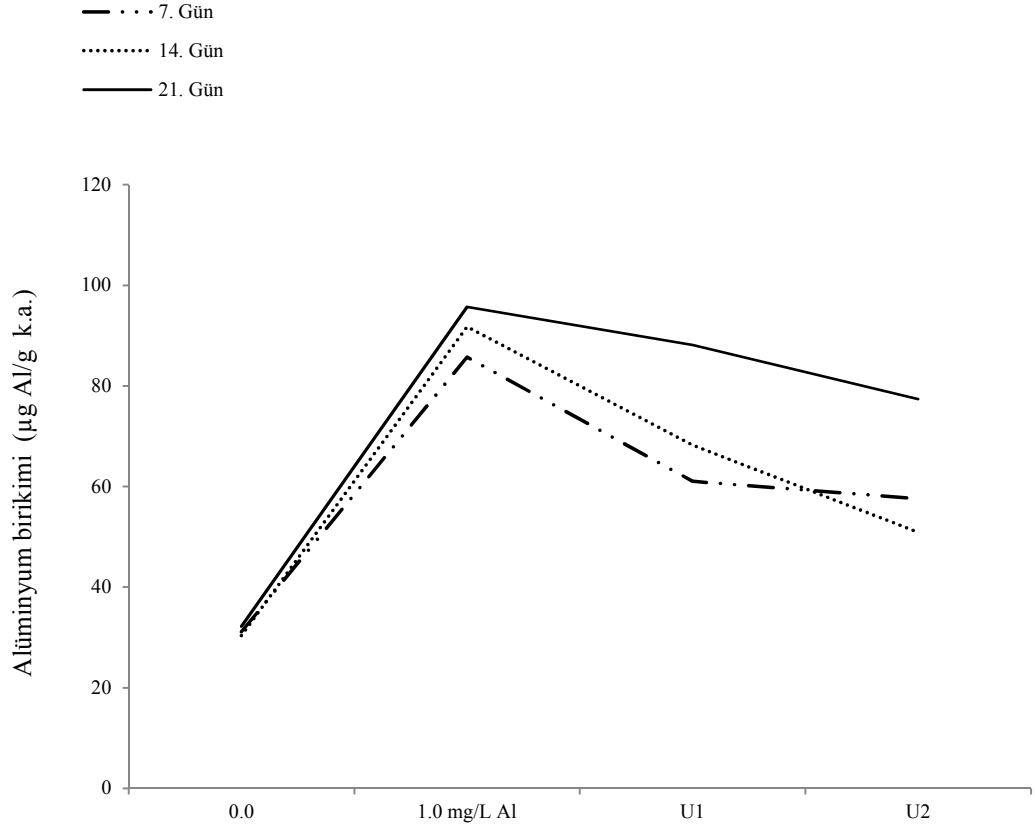
Şekil 4.7. *O. niloticus*'un kas dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 1.0 mg/L Al+1.0 mg/L Ca, U2: 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca)

O. niloticus'un kas dokusunda 1.0 mg/L alüminyum ve aynı derişimde (U1) ve 10 katı olan kalsiyum (U2) karışım derişimleri incelendiğinde kontrol grubuna göre 1.0 mg/L alüminyum derişiminde artış en fazla 21. günde (yaklaşık %29) olmuş, kalsiyumlu karışımlarında ise ciddi azalmalar olmuştur. En fazla azalma 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca 'da 7. günde olmuştur (yaklaşık %10).



Şekil 4.8. *O. niloticus*'un karaciğer dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 1.0 mg/L Al+1.0 mg/L Ca, U2: 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca)

O. niloticus'un karaciğer dokusunda 1.0 mg/L alüminyum ve aynı derişimde (U1) ve 10 katı olan kalsiyum (U2) karışım derişimleri incelendiğinde kontrol grubuna göre 1.0 mg/L alüminyum derişiminde artış en fazla 21. günde (yaklaşık 2 kat) olmuş, kalsiyumlu karışımlarında ise ciddi azalmalar olmuştur. En fazla azalma 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca 'da 14. günde olmuştur (yaklaşık 1.5 kat).



Şekil 4.9. *O. niloticus*'un böbrek dokusunda günlere göre alüminyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi (U1: 1.0 mg/L Al+1.0 mg/L Ca, U2: 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca)

O. niloticus'un böbrek dokusunda 1.0 mg/L alüminyum ve aynı derişimde (U1) ve 10 katı olan kalsiyum (U2) karışım derişimleri incelendiğinde kontrol grubuna göre 1.0 mg/L alüminyum derişiminde artış her üç sürede (yaklaşık 1.5, 3 ve 3.5 kat) olmuş, kalsiyumlu karışımalarında ise ciddi azalmalar olmuştur. En fazla azalma 1.0 mg/L Al+10.0 mg/L Ca (U2)'da 14 ve 21. günde olmuştur (yaklaşık %40 ve %58).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada alüminyum ve alüminyum+kalsiyum karışımının belirlenen derişimlerinin 21 gün süreyle etkisi sonunda balıklarda mortalite gözlenmemiştir. Bu da seçilen alüminyum ve kalsiyum derişimlerin *O. niloticus* türü için öldürücü olmadığını gösterir. Yine belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisinde doku ve organlarda yüksek derişimlerde metal birikiminin meydana gelmesine karşın mortalitenin gözlenmemesi balıkta var olan homeostatik denge mekanizmalarının iyi çalıştığının bir göstergesidir (Thomas ve ark.1985; Tort ve ark. 1987).

Ortamda bir stres etkeninin bulunması balıkları çok hızlı etkilemektedir. Herhangi bir stres yemlere ilgisizliğe, akvaryumlarda bir tarafa toplanma ve hareketlerinde bir azalma olarak kendini gösterir (Buckley ve ark., 1982; McGeer ve ark., 2000). Araştırmamızda deney süresince alüminyum ve kalsiyum ortam derişimlerinin etkisinde bulunan balıkların kontrol balıklarına oranla hareketsiz oldukları ve verilen yemleri almadıkları gözlenmiştir (Çoğun ve ark., 2003).

Alüminyum sucul ortamlarda ciddi ekolojik problemlerle toksisiteye neden olan zararlı bir metal olup řu ana kadar bilinen bu metalin normal fizyolojik fonksiyonları yoktur (Nayak, 2002). Fizyolojik değişiklikler farklı balık türlerinde alüminyumun kardiyovasküler (Laitinen ve Voltonen, 1995), hematolojik (Barcorolli ve Martinez, 2004), solunum, iyon düzenleme, üreme (Vuorinen ve ark., 2003), metabolik (Brodeur ve ark., 2001), endokrin (Waring ve ark., 1996) rahatsızlıklar ve solungaçlarda yapısal hasarlarlara (Peuranen ve ark., 1993) yol açmaktadır.

Kalsiyum ve magnezyum gibi iyonların balıkların normal büyüme ve gelişimleri için mutlaka alınması gerekmektedir. Balıklarda kalsiyum pasif difüzyonla apikal membranlardan plazmaya taşınarak vücuttaki düzeyleri artmaktadır (Baldisserotto ve ark., 2004). Kalsiyum metallere karşı solungaç zar geçirgenliğini düzenleyen çok önemli bir iyondur. Tatlı su balıklarının solungaç geçirgenliği dış ortamdaki kalsiyum ve iç ortamdaki prolaktin düzeyleri tarafından belirlenir (Hunn, 1985). Balıklarda serbest kalsiyum konsantrasyonları hem hücre içi, hem de hücre dışı olarak kontrol edilmekte ve hücrede genelde sabit tutulmaktadır (Comhaire ve ark., 1994).

Balıklarda metalin toksik etkisi ve birikimi üzerine sıcaklık, pH ve suyun sertliği (kalsiyum, magnezyum) gibi birçok fiziko-kimyasal değişkenin önemli etkisinin olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Diamond ve ark., 1992; Yang ve Chen, 1996; Hollis ve ark., 2000; Cogun ve Kargın, 2004). Ortamda kalsiyum bulunması durumunda metallerin toksik etkisi ve birikiminin balıklarda (Hardy ve Shearer, 1985; Wright ve ark., 1985; Perschbacher ve Wurts, 1999; Zhouri ve ark., 2001) azaldığı saptanmıştır.

Çalışmamızda tüm sürelerde (7, 14 ve 21. gün) 0.1 ve 1.0 mg/L alüminyum ortam derişimlerinin çalışılan tüm dokularda alüminyum birikimi istatistiksel olarak ayırım göstermiştir ($P<0.01$). Alüminyum birikimi en fazla böbrek dokusunda gerçekleşmiş, bunu solungaç, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir. Çalışılan tüm doku ve organlarda kalsiyum alüminyum birikimini azaltma eğilimi göstermiş ve koruyucu etki yapmıştır. Kalsiyum denenen tüm sürelerde alüminyum birikiminin azaltılmasında en fazla solungaç dokusunda etki yapmış, bunu karaciğer, böbrek ve kas dokusu izlemiştir.

Yapılan birçok araştırmada su ortamında bir metalin varlığında balıkta kalsiyumun etki mekanizmaları çözülebilen metalin sert sularda özelliğinin değişmesine, sert sularda solungaç geçirgenliğinin azalmasına ve dolayısıyla metal alınımının azalmasına ve sert sularda klor hücrelerinin artış sonucu metal atılımının artmasına bağlı olabileceğini belirtmişlerdir (Pascoe ve ark. 1986; Baldisserotto ve ark., 2004). Araştırmacılar çeşitli omurgalı ve omurgasız hayvanlar üzerinde yaptıkları çalışmalarda kalsiyum ve magnezyumun metal birikimini azalttığını saptamışlardır (Gagnon ve ark., 1998; Comhaire ve ark., 1994; Barron ve Albeke, 2000; Hollis ve ark., 2000; Baldisserotto ve ark., 2004).Yapılan bir araştırmada metalin alınımının ve atılımının suyun sertliği ile ilişkili olduğunu ve balıkların metalleri sert suda daha fazla atabildiklerini veya daha azaldıkları saptanmıştır (Pascoe ve ark., 1986).

Balıkların metalleri alınımı ve eliminasyonu ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır (Allen, 1994; Regoli ve Orlando, 1994; Suresh ve ark., 1995; Riget ve ark., 1997; Baden ve ark., 1999). Bu araştırmaların birçoğu metal toksisitesini azaltmada kullanılan

şelatlaştırıcı maddelerle ilgili araştırmalardır (Friedhein ve ark. 1978; Graziano ve ark., 1985; Klavassen, 1985). Özellikle metal toksisitesinin azalmasında EDTA, NTA, sitrat gibi maddeler veya zeolit gibi madenler de seçilmektedir (Muramoto, 1980; Simon, 1981; James ve ark., 1998; Coğun ve Şahin 2012). Balıklarda ortamda kalsiyum bulunması durumunda doku ve organlarda çinko (Hardy ve Shearer, 1985; Barron ve Albeke, 2000), bakır (Wurts ve Perschbacher, 1994), kobalt (Comhaire ve ark., 1994) ve alüminyum (Glynn ve ark., 1992) gibi metallerin de düzeylerinin azaldığı belirtilmiştir. Kadmiyumun etkisine bırakılan *O. mykiss*'de sudaki yüksek kalsiyum derişimleri, solungaç, karaciğer ve böbreklerde kadmiyum birikimini azalttığı ve dokularda kadmiyum birikimine karşı kalsiyumun engelleyici etki yaptığı belirtilmiştir (Hollis ve ark., 2000).

Metallerin sucul ortamda balıklar üzerine toksikolojik etkilerinin incelendiği araştırmalarda, metallerin iyon regülasyonunun bozulması, solungaçlarda oksijen alınımının engellenerek hipoksiyanın oluşması (Heath, 1987; Lacrox ve ark., 1985; Wu ve ark., 2002) ve enzim aktivitelerinin engellenmesi (Viarengo, 1985) gibi etkileri belirlenmiştir.

Balıklarda metal birikimi, doku ve organlar arasında ayırım göstermekle birlikte genellikle metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda yüksek derişimlerde meydana gelmektedir (Amiard ve ark. 1987). Metal birikimi bakımından doku ve organlar arasında saptanan bu ayırım, doku ve organların işlevlerindeki farklılıkla açıklanabilir (Cicik ve Erdem 1992; Melgar ve ark., 1997; DeContoCinier ve ark., 1999).

Solungaçlar, bir balığın saatte yaklaşık 48 litre suyun geçtiği önemli bir organdır. 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). Alüminyum balık solungaç fonksiyonlarını etkilediğinde mukus salgısının artmasına neden olur ve solunumu etkiler.(Neville, 1985; Mc. Donald ve ark., 1989; Howells ve ark.,1994). Bu araştırmada *O.niloticus*'da böbrekten sonra en yüksek alüminyum birikimi solungaçlarda olmuştur. Bunun büyük bir olasılıkla solungaçların geniş bir yüzey alanına sahip olması ve solungaçları kaplayan mukusun

metalleri tutmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca alüminyumun solungaç dokusunda yüksek derişimde birikimi de, kontaminasyon sonucunda solungaç dokusunda meydana gelen mukus salınımı ve yapısal bozukluklarla açıklanabilir (Pratap ve Bonga, 1993).

Yaptığımız çalışmada alüminyum derişiminin etkide kalınan süreye bağılı olarak balığın solungaçlarında arttığı saptanmıştır. Al+Ca etkisinde *O. niloticus* solungaçlarında Al birikimi en fazla azalma 21. günde yaklaşık %76 kadardır. Alüminyumun birçok kationla (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 Al konsantrasyonunu azaltması ile dokularda Al birikimi azalmıştır.

Balıklarda böbrekler metallerin atılımını sağlayan önemli bir organdır (Abdulla ve Chmielnicka, 1990). *S. Trutta*, *A. Testudines* ve *Anguilla anguilla* ile yapılan bir araştırmada böbreklerin kurşun gibi metaller için birikimin hedef bir organ olduğu belirlenmiştir (Tulasi ve ark., 1992; Linde ve ark., 1999). Yaptığımız çalışmada en fazla alüminyum birikimi dokular arasında böbrekler olduğu saptanmıştır. Al+Ca karışımında ise yalnız Al etkisindeki balıklara göre Al birikiminde bir azalma olmuştur. En fazla azalma 14. günde yaklaşık %82 kadar olmuştur. Bu azalma sudaki Al düzeylerinin kalsiyum tarafından azaltılması sayesinde olmaktadır. Ancak tüm doku ve organlar karşılaştırıldığında bu azalma çok fazla olmamıştır. Bunun sebebi metal bağlayıcı proteinlerin sentezinin yapımı yerinin böbrekler olmasından (Schulz-Baides, 1974; Thomas ve ark., 1985; Wood, 1988; Abdulla ve Chmielnicka, 1990) dolayı olabilir.

Balıklarda karaciğer, metallerin depolandığı ve metallothionein gibi detoksifikasyon proteinlerinin başlıca sentezlendiği organdır (Ali ve ark., 2003; Olsson ve Haux, 1986; Cinier ve ark., 1999). *O. niloticus* ile yapılan bu çalışmada karaciğerin alüminyum birikiminde böbrek ve solungaçtan sonra geldiği saptanmıştır. Karaciğer ağır metallerin en fazla biriktiği bir organdır (Olsson ve Haux, 1986; Hollis ve ark., 2001; Cogun ve Kargın, 2004). Araştırmamızda *O. niloticus*'da alüminyumun karaciğerde birikmesi, alüminyum depolanma ve detoksifikasyon mekanizmasının etkin bir şekilde işlediğini göstermektedir. Karaciğerde alüminyum birikiminin Al+Ca karışımında önemli

düzyeyde azaldığı saptanmıştır. Bu azalma en fazla 14. günde kontrol balıklarına göre yaklaşık 2 kat kadardır. Azalmanın sebebi kalsiyumun su ortamında su sertliğini yükseltmesi ile ilgilidir. Sert sularda alüminyum gibi metaller daha az aktif olduğu için balık tarafından birikimini azalmaktadır. (Reichert ve ark., 1979).

Balıklarda kaslar, metal biriktirmede metabolik olarak aktif bir doku değildirler. Tatlı su balıklarıyla yapılan araştırmalarda kas dokusunun alüminyumu diğer dokulara oranla düşük düzeyde biriktirdiği saptanmıştır (Tulasi ve ark., 1992; Kargın, 1998). Çalışmamızda da alüminyum birikimi kas dokusunda diğer doku ve organlara göre az olmuştur. Kalsiyum varlığında ise bir azalma saptanmıştır. Kalsiyum varlığında alüminyum birikiminde en fazla azalma; 21. günde yaklaşık %14 oranında olduğu saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki; kalsiyum, *O. niloticus*'u alüminyum toksisitesine karşı korumuştur. Alüminyum birikimi etkide kalınan süreye ve ortam derişimine bağılı olarak artma gösterirken, alüminyum+kalsiyum karışımında alüminyum birikimi *O. niloticus* doku ve organlarında önemli düzeyde azalmıştır. Bu azalmanın sebebi kalsiyumun su ortamının sertliğini arttırması ile ortamdaki alüminyum derişimini azaltarak dokularda alüminyum birikimini azaltmasından dolayı olduğu düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- 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.
- 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-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, 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-PaiSilva, M., Alves-Junior, R., 2001. Environmental cadmium exposure and metabolic responses of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Environmental Pollution* 114, 169-175.
- 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.
- 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, 4057-4066.
- 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., Kamunde, C., Matsuo, A. And Wood, C. M., 2004. Acute waterborne cadmium uptake in rainbow trout is reduced by dietary calcium carbonate. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 137, 363-372.
- Baldisserotto, B., Chowdhury, M. J. and Wood, C. M., 2005. Effects of Dietary Calcium and Cadmium on Cadmium Accumulation, Calcium and Cadmium Uptake from the Water and Their Interactions in Juvenile Rainbow Trout. *Aquatic Toxicology* 72, 99-117.
- 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.
- Bentley, J. P., 1991. Accumulation of Cadmium by Cannel Catfish (*Ictalurus punctatus*): Influx from Environmental Solutions. *Comperative Biochemistry of Physiology* 90, 527-529.
- Berg, V., Erikson, G. S., Iverson, P. E., 1997. Strategies for monitoring of contaminants in marine organisms in Norwegian harbours and *Journal of Fisheries Sciences.com*, Norwegian State Food Control Reports. 94: 300-321.
- Barron, M.G. and Albeke, S.2000. Calcium control of zine uptake in rainbow trout. *Aquatic Toxicology* 50, 257-264.
- 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.). *Aquaculture Nutrition* 9, 175-183.
- Bradley, R.W., Spragne, 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.
- 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* 84, 213-217.

- Buckley, J. T., Roch, M., McCarter, J. A., Rendell, C. A. and Matheson, A. T. 1982. Chronic exposure of coho salmon to sublethal concentrations of copper-I. Effect on growth, on accumulation and distribution on of copper and on copper tolerance. *Comparative Biochemistry and Physiology* 72, 15-19.
- Camargo, M. M. P., Fernandez, M. N. and Martinez, C. B. R., 2009. How aluminium exposure promotes osmoregulatory disturbances in the neotropical freshwater fish *Prochilus lineatus*. *Aquatic Tokxicology* 94, 40-46.
- Canlı, M., Ay, O., Kalay, M., 1998. Levels of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 22, 149-157.
- Cearley, J. E. and Coleman, R. L., 1974. Cadmium Toxicity and Bioconcentration in Laregmouth Bass and Bluegill. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 11, 146-151.
- Cetinbaş, A., 2003. İzmit Körfezi'nde avlanan İstavrit (*Trachurus trachurus* L., 1758) balıklarının dokularında Cu ve Zn birikiminin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara 2003.
- Chowdhury, M. J., Pane, E. F. and Wood, C. M., 2004. Physiological Effects of Dietary Cadmium Acclimation and Waterborne Cadmium Change in Rainbow Trout: Respiratory, Ionoregulatory, and Stres Parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology* 139, 163–173.
- Cicik, B., 2003. Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus Carpio* L.)'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki, metal birikimi üzerine etkileri. *Çevre ve Ekoloji Dergisi* 12, 32-36.
- Cicik, B., Erdem, C., 1992. *Tilapia nilotica*'da bakırın karaciğer ve kas dokularındaki nicel protein derişimlerine etkileri. *Biyokimya Dergisi* XVII, 51-64.
- 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 Calcium Concentration in the Water of Acclimation and Exposure. *Comperative Biochemistry of Physiology* 109, 63-76.
- Claiborne, J. B., Edwards, S. L. and Marrison-Shetlar, A. I., 2002. Acide-Base Regulation in Fishes: Cellular and Molecular Mechanisms. *Journal of Experimental Zoology* 293, 302-319.

- Cogun, 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.
- Cogun, H. Y., Firat, Ö., Firat, Ö., Yüzereroğlu, T. Y., Gök, G., Kargin, F. ve Kötemen, Y., 2012. Protective Effect of Selenium Against Mercury Induced Toxicity on Hematological and Biochemical Parameters of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology* 26, 117-122.
- Cogun, H. Y., Kargin, F. and Yuzereroğlu T. A., 2003. Accumulation of Copper and Cadmium in Small and Large (Nil Tilapia) *Oreochromis niloticus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 71, 8523-8528.
- Cogun, H. Y., Kargin, F., Yüzereroğlu T. A. and Firat, Ö., 2005. Seasonal Variation and Tissue Distribution of Heavy Metals in Shrimp and Fish Species from the Yumurtalik Coast of Iskenderun Gulf, Mediterranean. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 75, 707-715.
- Cogun, H. Y., Sahin, M., 2012. Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758)'da kurşun toksisitesinin azaltılmasında zeolitin koruyucu etkisi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 18, 135-140.
- Cogun, H. Y., Sahin, M., Topalbekiroğlu, A., Uras, G., Firat, Ö., Güner, U., Yüzereroğlu T. A., Gök, G. ve Kargin, F., 2011. Mersin Körfezinde *Penaeus semiculatis* 'un dokularında ağır metal konsantrasyonları. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* 1, 24-33.
- Cogun, H. Y., Firat, Ö., Firat, Ö., Yüzereroğlu, T. Y., Gök, G., Kargin, F. ve Kötemen, Y., 2012. Protective Effect of Selenium Against Mercury Induced Toxicity on Hematological and Biochemical Parameters of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology* 26, 117-122
- Cooper, C. A., Handy, R. D. and Bury, N. R., 2006. The Effects of Dietary Iron Concentration on Gastrointestinal and Branchial Assimilation of Both Iron and Cadmium in Zebrafish (*Danio rerio*). *Aquatic Toxicology* 79, 167-175.
- Correia, T. G., Narcizo, A. M., Bianchini, A., Moreira, R. G., 2010. Aluminum as an endocrine disruptor in female Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 151, 461-466.

- Cuvin-Aralar, M. L. A., 1994. Survival and Heavy Metal Accumulation of Two *Oreochromis niloticus* (L.) Strains Exposed to Mixtures of Zinc, Cadmium and Mercury. *The Science of the Total Environment* 148, 31-38.
- Daka, E. R. and Hawkins, S. J., 2006. Interactive Effects of Copper, Cadmium and Lead on Zinc Accumulation in the Gastropod Mollusca *Littorina saxatilis*. *Water, Air and Soil Pollution* 171, 19-28.
- D'Arcy, P. F. 1985. Aluminium toxicity and the premature infant. *Pharmaceutical International* 6, 190-191.
- Dave, G. 1985. The Influence of pH on the toxicity of aluminium, cadmium and iron to eggs and larvae of the zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 10, 253-267.
- Davies, P.H., Gorman, W. C., Carlson, C. A. and Brinkman, S. R., 1993. Effect of Hardness on Bioavailability and Toxicity of Cadmium to Rainbow Trout. *Chemistry Speciation of Bioavailability* 5, 67-77.
- 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.
- De La Tore, F. R., Saliban, A. and Ferrari, L., 2000. Biomarkers Assessment in Juvenile *Cyprinus carpio* Exposed to Waterborne Cadmium. *Environmental Pollution* 109, 227-278.
- Diamond, J. M., Winchester, E. L., Mackler, D. G., Rasnake, W. J., Fanelli, J. K. And Gruber, D. 1992. Toxicity of cobalt to freshwater indicator species as a function of water hardness. *Aquatic Toxicology* 22, 163-180.
- 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.
- Dökmeci, İ., ve Dökmeci, A. H., 2005. *Toksikoloji Zehirlendirilmede Tanı ve Tedavi*, 4. Baskı, Nobel Tıp Kitapevi, 2005
- Eddy, F. B. 1982. Osmotic and ionic regulation in captive fish with particular reference to Salmonids. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73, 125-141.

- Erickson, R. J., Benoit, D. A., Mattson, V. R., Nelson, H. P., Leonard, D., 1996. The Effects of Water Chemistry on the Toxicity of Copper to Fathead Minnows. *Environmental Toxicology and Chemistry* 15, 181-193.
- Erdem, C. 1990. Cadmium accumulation in liver, spleen, gill and muscle tissues of *Tilapia nilotica* (L.). *Biyokimya Dergisi* XV, 13-22.
- Erdem, C., Ay, Ö., Cıçık, 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, 32-37.
- Erdem, C., Cıçık, 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, 17-24.
- Exley C. And Birchall J. D. 1992. The cellular toxicity of aliminium. *The Journal of Theoretical Biology* 159, 83-98.
- 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.
- 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 Fish Biology* 25, 445-453.
- Flaten, T. P., 2001. Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. *Brain Research Bulletin* 55, 187- 196.
- Flik, G. and Verboost, P. M., 1993. Calcium Transport in Fish Gills and Intestine. *Journal of Experimental Biology* 184, 17-29.
- Friedhein, E., Graziano, J. H., Popovac, D., Dragaric, D., Kaul, B. 1978. Treatment of lead poisoning by 2.3-dimercaptosuccinic acid. *Lancet* 2, 1234-1236.
- Gagnon C., Vaillancourt, G. and Pazdernik, L.1998. Influence of water hardness on accumulation and elimination of cadmium in two aquatic mosses under laboratory conditions. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 34, 12-20.
- 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.

- Ganrot, P. O., 1986. Metabolism and possible health effects of aluminum, *Environmental Health Perspectives* 65, 363-441.
- Garcia-Medina, S., Razo-Estrada, A. C., Gomez-Olivan, L. M., Amaya-Chavez, A., Madrigal-Bujaidar, E., Galar-Martinez, M. 2010. Aluminium-induced oxidative stress in lymphocytes of common carp (*Cyprinus carpio*). *Fish Physiology and Biochemistry* 36, 875–882.
- Glynn, A., Norrgren, L. And Malmborg, 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, 427-432.
- 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.
- Giles M. A., 1984. Electrolyte and Water Balance in Plasma and Urine of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) During Chronic Exposure to Cadmium. *Canadian Journal of Fish Aquatic Science* 41, 1678-1685.
- Goss, G. G., and Wood, C. M., 1988. The Effects of Acid and Acid/Aluminium Exposure in Circulating Plasma Cortisol Levels and Other Blood Parameters in the Rainbow Trout *Salmo gairdneri*. *Journal Fish Biology* 32, 63-76.
- Gök, G., 2006. *Oreochromis niloticus*'un karaciğer, solungaç ve kas dokularında kadmiyum birikimi üzerine kalsiyumun etkisi, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2006.
- Glynn, A., Norrgren, L. and , Mussener, A., 1994. Differences in Uptake of Inorganic Mercury and Cadmium in the Gill of the Zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Aquatic Toxicology* 30, 13-26.
- Graziano, J. H., Siris, E. S., LoIacono, N., Silverberg, S. J., Turgeon, L. 1985. 2,3-Dimercaptosuccinic acid as an antidote for lead intoxication. *Clinical Pharmacology & Therapeutics* 37, 431-438.
- Hardy, R. W. Ve Shearer, K. D. 1985. Effects of dietary calcium phosphate and zinc supplementation on whole body zinc concentration of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42, 181-184.
- 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.
- Hogstrand, C., Reid, S. D. and Wood, C. M., 1995. Ca^{+2} versus Zn^{+2} Transport in the gills of fresh water rainbow trout and the cost of adaptation to waterborne Zn^{+2} . The Journal of Experimental Biology 198, 337-348.
- 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., Webb, N., Wood, C.M. 1998. Covariation in in hard and soft water. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45, 2206-2215.
- Hollis, L., Hogstrand, C. And Wood, C. M. 2001. Tissue-specific cadmium accumulation, metallothionein induction, and tissue zinc and copper levels during chronic sublethal Cd exposure in juvenil rainbow trout. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 41, 468-474.
- Hollis, L., Mc Geer, J. C., Mcdonald, D. G. And Wood, C. M. 2000. Effects of long term sublethal Cd exposure in rainbow trout during soft water exposure: implications for biotic ligand modelling. Aquatic Toxicology 51, 93-105.
- 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.
- 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 82, 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 74, 259-262.

- 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.
- Kargin, F. 1998. Metal concentrations in tissues of the freshwater fish *Capoeta barroisi* from the Seyhan River (Turkey). Water Air and Soil Pollution 60, 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, 141-144.
- Klavassen, C. D. 1985. Heavy metals and heavy metals antagonist. In: Gilman AG, Goddman LS, Rail TW, Murad F (Eds): The Pharmacological basis of Therapeutics. pp. 1605-1627, Mc Millan, New York, USA.
- Krewski, D., Yokel, R. A., Nieboer, E., Borchelt, D., Cohen, J., Harry, J., Kacew, S., Lindsay, J., Mahfouz, A. M., Rondeau, V., 2007. Human Health Risk Assessment for Aluminium, Aluminium Oxide, and Aluminium Hydroxide. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part (B) 10, 1-269.
- 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 Argiculture Scandinavica 22, 171-175.
- Lacrox, G. L., Gordon, D. J., Johnstan, D. J. 1985. Effectsof 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, ventilatoryand 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. Metallthionein and heavy metals in brown trout (*Salmo trutta*) and European eel (*Anguillaanguilla*): A comparative study. Neotoxicol Environmental Safety, 44, 168-173.
- Mc Graw, M., Bishop, N., Jameson, R., Robinson, M. J., O'Hara, M., Hewitt, C. D., Day, J. P. 1986. Aluminum content of milk formulae and intravenous fluids used in infants. Lancet I,157.

- 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, 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.
- Meyer, J. S., 1999. A Mechanistic Explanation for the In (LC₅₀) vs In (hardness) adjustment equation for metals. *Environmental Science of Technology* 33, 908-912.
- 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, 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., 1980. Effects of complexans (EDTA, NTA and DTPA) on the exposure to high concentrations of cadmium, copper, zinc and lead. *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 A* 18, 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.
- Norey, C. G., Brown, M. W., Cryer, A. and Kay, J., 1990. A Comparison of the Accumulation, Tissue Distribution and Secretion of Cadmium in 34 Different Species of Freshwater Fish. Comparative Biochemistry and Physiology 96, 181-184.
- Nussey, G., Van Vuren, J. H. J. and Du Preez, H. H., 1995. Effect of Copper on the Haematology and Osmoregulation of the Mozambique Tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae). Comparative Biochemistry and Physiology 111, 369–380.
- 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.
- Pagenkopf, G.K.,1983. Gill surface interaction model for trace metal toxicity to fishes: role of complexation , pH and water hardness. Environmental Science and Technology 17, 342-347.
- Pascoe, D., Evans, S. A. And Woodworth, J., 1986. Heavy metal toxicity to fish and influences of water hardness. Archives of Environmental Contamination and Toxicology15, 481-487.
- Parlak, H., 1989. *Girella punctata*'nın Karaciğerindeki Proteinlere bağlı çinko miktarı üzerine kadmiyumun etkileri. Doğa TU Biyoloji (Genetik, Mikrobiyoloji, Moleküler Biyoloji, Sitoloji) 13, 97-104.
- 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, 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, 953-967.
- Playle, R. C. 1998. Modelling metal interactions at fish gills. *The Science of the Total Environment* 219, 147-163.
- Poleo, A.B.S. 1995. Aluminium polymerization – a mechanism of acute toxicity of aqueous aluminium to fish. *Aquatic Toxicology* 31, 347-356.
- 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.
- 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* 91, 449-457.
- Regoli, F., Orlando, E. 1994. Seasonal variation of trace metal 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, 229-234.
- Riget, F., Dietz, R., Johansen, P. 1997. Zinc, cadmium, mercury and selenium in Greenland fish. *Meddelelser om Grønland Bioscience*, 48, 1-29.
- Rohlf, J. F. and Sokal, R. R. 1969. *Statistical Tables*. W. H. Freeman and Company, San Francisco. 253 pp.

- Romeo, M., Bennani, N., Gnassia-Barelli, M., Lafaurie, M., Girard, J. P. 2000. Cadmium and copper display different responses towards oxidative stress in the kidney of the sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Aquatic Toxicology* 48,185-194.
- Roy, R. L., Campbell, P. G. C., 1997. 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, 1962-1969.
- Sağlamtimur, B., Cıçık, B. ve Erdem, C., 2004. Kısa Süreli Bakır- Kadmiyum etkileşiminde tatlı su Çıpurası (*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.
- Sedman, A., Bozynski, M., Karra, M., Chan, J. 1989. Risk factors for aluminum (Al) toxicity in childhood. *The International Pediatric Nephrology* 3, 134.
- Shephard, K.L. 1988. Aluminum and calcium affect the perivitelline fluid in fish eggs. *Comparative Biochemistry and Physiology* 91, 2,503-505.
- Sienko, R. A., 1983. *Temel Kimya (Chemistry: Principles and Properties)*, (Çevirenler: Gündüz N., Gündüz T., Tüzün C., Pulat E., Üneri S., Zeren A., Özgüner S.), Savaş Yayınları, Fen Bilimleri Dizisi, 1983.
- Simon, C. M. 1981. Design and operations of a large scale commercial penaeid shrimp hatchery. *Journal of the World Mariculture Society* 12, 322-334.
- 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, 227- 247.
- Sokal, R. R. And Rohlf, J. F. 1969. "Biometry" W. H. And Freeman and Company, San Francisco. 776 pp.
- Sorensen, E.M. 1991. *Metal Poisoning in Fish*. CRC Press, Boca-Raton, FL.,243 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.

- Spry, D.J., Wood, C.M., 1998. Zinc influx across the isolated, perfused head preparation of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in hard and soft water. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45, 2206-2215.
- 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.
- Straus, D. L. and Tucker, C. S., 1993. Acute Toxicity of Copper Sulfate and Chelated Copper to Channel Catfish *Ictalurus punctatus*. *Journal of World Aquacultures Societies* 24, 390-395.
- 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, 365-375.
- 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 (*Salmo gairdneri*). Following exposure to the metals singly or in combination. *Comparative 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.
- Tort, L., Torres, P. and Flos, R. 1987. Effects on dogfish haematology and liver composition after acute copper exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology* 87, 349-353.
- 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.
- Ünlü, E., and Gümgüm, B., 1993. Concentration of Copper and Zinc in Fish and Sediment from The Tigris River. *Chemosphere* 26, 2055-2061.

- 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, 153-158.
- 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, 255-276.
- 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.
- 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.
- Welsh, P. G., Parrott, J.L., Dixon, D. G., Hodson, P. V., Spry, D. J. And Mierle, G., 1996. Estimating Acute Copper Toxicity to Larval Fathead Minnow (*Pimephales promelas*) in Soft Water from Measurements of Dissolved Organic Carbon, Calcium, and pH. Canadian Journal of Fish Aquatic Science 53, 1263-1271.
- Wepener, V., Van Vuren, J. H. J. and Du Preez, H. H., 2001. Uptake and Distribution of a Copper, Iron and Zinc mixture in Gill, Liver and Plasma of a Freshwater Teleost, *Tilapia sparmanii*. Water S.A. 27, 99-108.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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, 1379-1384.
- Witeska, M., Jezierska, B. And Chaber, J. 1995. The influence of cadmium on common carp embryos and larvae. *Aquaculture* 129, 129- 132.
- Woo, P. T. K., Sin, Y. M. and Wong, M. K., 1993. The Effects of Short-term Accute Cadmium Exposure on Blue Tilapia, *Oreochromis aureus*. *Environmental Biology of Fishes* 37, 67-74.
- 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.
- 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. 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.
- 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.
- Wurtz, W. A. and Perschbacher, P. W., 1994. Effects of Bicarbonate Alkalinity and Calcium on the Acute Toxicity of Copper to Juvenile Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 125, 73-79.

- 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.
- Wurtz, W. A. And Perschbacher, P. W., 1994. Effects of bicarbonate alkalinity and calcium on the acute toxicity of copper to juvenile channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 125, 73-79.
- Yang, H. N. And Chen, H. C, 1996. Uptake and elimination of cadmium by Japanese eel, *Anguilla japonica*, at various temperatures. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 56, 670-676.
- Zaida, F., Chadrame, S., Sedki, A., Lekouch, N., Bureau, F., Arhan, P., Bougle, D., 2007. Lead and aluminium levels in infants hair, diet, and the local environment in the Moroccan city of Marrakech. *Science of the Total Environment* 377, 152-158.
- Zohouri, M. A., Pyle, G. G. And Wood, C. M., 2001. Dietary Ca inhibits waterborne Cd uptake in Cd-exposed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 130, 347-356.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gönül URAS
Doğum Yeri : Adana
Doğum Tarihi : 16.10.1980
E posta : gonul_uras@hotmail.com
Yabancı Dili : İngilizce

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

Lisans : Çukurova Üniversitesi FEF Biyoloji Bölümü, 1998-2002
Tezsiz Yüksek Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003-
2004
Yüksek Lisans :Kilis 7 Aralık Üniversitesi FEF Biyoloji Bölümü, 2010-2012

Yayın ve/veya Bildirileri:

H.Y. ÇOĞUN, M. ŞAHİN, A. TOPALBEKİROĞLU, G. URAS, Ö. FIRAT, U. GÜNER, T.A. YÜZEREROĞLU, G. GÖK, F. KARGIN. (2011). Mersin Körfezinde *Penaeus semiculatis*'un Dokularında Ağır Metal Konsantrasyonları. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi / The Black Sea Journal of Sciences. 1(4), 24-33.

Hikmet Yeter ÇOGUN, Kıvılcım ÇAKTÜ, Mehmet Şahin, Gönül URAS, Ahmet TOPALBEKİROĞLU, Senem ÖZDEMİR, Leyla ÇETİN, Rabia ÇAGLAR, Murat ÇOGUN. Gaziantep İlinin Temiz ve Kirli Bölgelerinde Kurbağa Türünde (*Rana ridibunda*) Hematolojik Parametreleri. Ekoloji 2011 Sempozyumu. 5-7 Mayıs 2011, Düzce 207 pp. (Poster).

Sezen DOĞAN, Naşide DOĞAN, Mustafa ŞAHİN, Halime CANSU YILMAZ, İlknur KEÇEYAPAN, Gönül URAS, Hikmet Y. ÇOĞUN. Çevre Ve Kirleticileri. Ekoloji 2012 Sempozyumu, 03-05 Mayıs 2012 Kilis, 85 pp. (Sözlü)

Gizem ÇÖÇELİ, Yeter KORKUTAN, Gönül URAS, Mehmet ŞAHİN, Ahmet TOPALBEKİROĞLU, Jale YÜKSEL, Hikmet Y. ÇOĞUN. Su Ve Tasarruf. Ekoloji 2012 Sempozyumu, 03-05 Mayıs 2012 Kilis, 215 pp. (Poster).

Hikmet Y Çoğun, Zübeyde Genç, Ahmet Topalbekiroğlu, Gönül Uras. Oleuropeinin *Oreochromis niloticus* balık kan dokusunda estradiol (E2) düzeylerine etkisi. 1. Ulusal Disiplinlerarası Çevre Kongresi, 14-16 Mayıs 2012 Sakarya, 52 pp.(Poster).

Kilis 7 Aralık Üniversitesi 2012/LTP/002 numaralı Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Yardımcı Araştırmacı