

***Oreochromis niloticus'* UN DOKU VE ORGANLARINDAKİ
ALÜMİNYUM BİRİKİMİ İLE KİTOSANIN DOKU METAL (Al)
BİRİKİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEREN CİVAOĞLU

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ
ANA BİLİM DALI**

**MERSİN
Ağustos-2019**

***Oreochromis niloticus'* UN DOKU VE ORGANLARINDAKİ
ALÜMİNYUM BİRİKİMİ İLE KİTOSANIN DOKU METAL (Al)
BİRİKİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANSTEZİ

DEREN CİVAOĞLU

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**


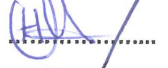
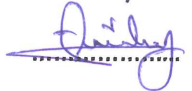
**SU ÜRÜNLERİ
ANA BİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Bedii CİCİK**

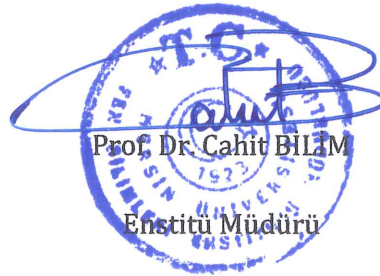
**MERSİN
Ağustos-2019**

ONAY

Deren CİVAOĞLU tarafından Prof. Dr. Bedii CİCİK danışmanlığında hazırlanan "Oreochromis niloticus' un Doku ve Organlarındaki Alüminyum Birikimi ile Kitosanın Doku Metal (Al) Birikimi Üzerine Etkileri" başlıklı çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından 28 Ağustos 2019 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda oy birliği/çokluğu ile Yüksek Lisans Tezi olarak Kabul edilmiştir.

Görevi	Ünvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Başkan	Prof.Dr. Bedii CİCİK	
Üye	Doç.Dr.Hikmet Yeter ÇOĞUN	
Üye	Doç.Dr.Fahri KARAYAKAR	

Yukarıdaki jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun 29.09.2019 tarih ve 2019.37/1491 sayılı kararıyla onay alınmıştır.



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, tablo ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği' nde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

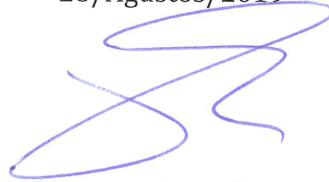
- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
- Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi' ne devrettiğimi beyan ederim.

ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written informations and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

28/Ağustos/2019



Deren CİVAOĞLU

ÖZET

***Oreochromis niloticus'* UN DOKU VE ORGANLARINDAKİ ALÜMİNYUM BİRİKİMİ İLE KİTOSANIN DOKU METAL (Al) BİRİKİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Araştırmada; Alüminyum' un 1, 2 ve 4 ppm' lik ortam derişimlerinin tek başına ve 10 ppm derişimdeki kitosan ile birlikte 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde bırakılan *Oreochromis niloticus'* un karaciğer, solungaç ve kas dokusundaki metal birikim düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Doku Al birikiminin belirlenmesinde ICP-MS (İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrofotometresi) kullanılmıştır. Verilerin istatistik analizinde SPSS 16.0 paket programı kullanılmış, verilere varyans analizi ile SNK (Student Newman Keuls) testi uygulanmıştır.

Alüminyumun belirlenen süre ve derişimlerde tek başına ve kitosanla birlikte etkisinde balıklarda mortalite gözlenmemiştir. Metal etkisinin başlangıcında balıklarda çeşitli morfolojik ve davranış değişiklikleri gözlenmiş ve etkide kalma süresinin uzaması ile bu değişiklikler normale dönmüştür. Metalin tek başına ve kitosan ile birlikte etkisi, incelenen doku ve organlarda kontrole göre metal birikimini arttırırken, Al' un kitosan ile birlikte etkisi, Al' un tek başına etkisine oranla doku metal birikimini azaltmıştır.

Al' un 1, 2 ve 4 ppm' lik ortam derişimlerinin tek başına ve 10 ppm derişimdeki kitosan ile birlikte 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde, Al birikimi bakımından incelenen dokular arasında aşağıdaki ilişki saptanmıştır.

Solungaç>Karaciğer>Kas

Elde edilen sonuçlar, doğal bir adsorban olan kitosan' ın *O. niloticus'* da Al birikimini azalttığını, doğal ortam koşullarında balıklarda Al birikimi ve toksisitesini önleme bağlamında kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, Kitosan, Doku, Birikim, *Oreochromis niloticus*

Danışman: Prof. Dr. Bedii CİCİK, Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

THE EFFECTS OF ALUMINUM ACCUMULATION IN TISSUE AND ORGANS WITH CHITOSAN ON TISSUE METAL (AL) ACCUMULATION ON *Oreochromis niloticus*

In this study; Aimed to determine the metal accumulation levels of *Oreochromis niloticus* liver, gill and muscle tissue, which were left under the effect of 1, 2 and 4 ppm environment concentrations of aluminum alone and 10 ppm chitosan for 7, 14 and 21 days. ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrophotometer) was used to determine tissue Al accumulation. SPSS 16.0 package program was used for statistical analysis of data, variance analysis and SNK (Student Newman Keuls) test were applied to the data.

No mortality was observed in the effects of aluminum alone and combination with chitosan at the specified time and concentrations. At the beginning of the metal effect, various morphological and behavioral changes were observed in fish and these changes returned to normal with the prolongation of the exposure time. The effect of metal alone and in combination with chitosan increased the metal accumulation in the tissues and organs examined, effect of Al with chitosan decreased the tissue metal accumulation compared to the effect of Al alone.

Al, 1, 2 and 4 ppm of ambient concentrations alone and together chitosan at 10 ppm concentration for 7, 14 and 21 days under the exposure time, the following relationship was determined between the tissues examined in terms of Al accumulation.

Gill> Liver> Muscle

The obtained results showed that chitosan, which is a natural adsorbent, reduces Al accumulation in *O. niloticus*, can be used in the context of preventing Al accumulation and toxicity in fish under natural conditions.

Keywords: Aluminum, Chitosan, Tissue, Accumulation, *Oreochromis niloticus*

Advisor: : Prof. Dr. Bedii CİÇİK, Mersin University, Institute of Science, Aquacultural Department, Mersin.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinde, araştırma aşamasında, yön tayininde ve tamamlanmasında destek olan, değerli bilgilerini benimle paylaşan ve bildiklerimi paylaşmamı öğreten, kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan, her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim ve gelecekteki meslek hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Bedii CİCİK' e teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Tezimin başlangıcından bitimine kadar bana inanan, benden ne yardımlarını ne de değerli zamanını esirgemeyen, yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım kıymetli Doç. Dr. Nuray ÇİFTÇİ ile Yüksek Lisans eğitimim boyunca yardımları ile bana sürekli destek olan Doç. Dr. Fahri KARAYAKAR hocalarıma sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Yürütülen yüksek lisans tezi 2017-1-TP2-2228 kodlu proje ile Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından desteklenmiş olup BAP birimine teşekkür ederim.

Beni, bugünlerde sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren, bana olan güvenini her fırsatta dile getiren rahmetli annem ile benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan eşime sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY	ii
ETİK BEYAN.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
KISALTMALAR ve SİMGELER	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	13
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	28
KAYNAKLAR.....	29
ÖZGEÇMİŞ	34

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3. 1. Deneylerde kullanılan suyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	11
Tablo 3. 2. ICP-MS' in çalışma koşulları	12
Tablo 4. 1. <i>O. niloticus</i> ' un solungaç dokusundaki Alüminyum birikimi ($\mu\text{g/g}$ k.a.) üzerine Al, Al+Kitosan ortam derişimi ve sürenin etkileri.....	13
Tablo 4. 2. <i>O. niloticus</i> ' un Karaciğer dokusundaki Alüminyum birikimi ($\mu\text{g/g}$ k.a.) üzerine Al, Al+Kitosan ortam derişimi ve sürenin etkileri.....	14
Tablo 4. 3. <i>O. niloticus</i> ' un Kas dokusundaki Alüminyum birikimi ($\mu\text{g/g}$ k.a.) üzerine Al, Al+Kitosan ortam derişimi ve sürenin etkileri.....	15

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4. 1. Alüminyumun belirli bir derişiminin etkisinde *O. niloticus*' un doku ve organlarında süreye bağı metal birikim ($\mu\text{g/g}$ k.a.) düzeyleri a) 1ppm Al b)2 ppm Al c)4 ppm Al16

Şekil 4. 2. Belirli bir sürede *O. niloticus*' un doku ve organlarında Al derişimine bağı metal birikim ($\mu\text{g/g}$ k.a.) düzeyleri a) 7. gün b)14. gün c)21. gün..... 17

Şekil 4. 3. Belirli bir derişimde Al Kitosan Karışımının etkisinde *O. niloticus*' un doku ve organlarında süreye bağı metal birikim ($\mu\text{g/g}$ k.a.) düzeyleri a) 1ppm Al+10 ppm Kitosan b)2 ppm+10 ppm Kitosan Al c)4 ppm Al +10 ppm Kitosan 18

Şekil 4. 4. Belirli bir sürede *O. niloticus*' un doku ve organlarında Al Kitosan Karışımının derişimine bağı metal birikim ($\mu\text{g/g}$ k.a.) düzeyleri a) 7. gün b)14. gün c)21. gün 19

Şekil 4. 5. Belirli bir sürede, Al' un 1.0 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 10 ppm Kitosan ile birlikte etkisinde *O. niloticus*' un doku ve organlarındaki metal birikim ($\mu\text{g Al/g}$ k.a) düzeyleri a) 7. Gün, b) 14. Gün c) 21. Gün 20

Şekil 4. 6. Belirli bir sürede, Al' un 2.0 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 10 ppm Kitosan ile birlikte etkisinde *O. niloticus*' un doku ve organlarındaki metal birikim ($\mu\text{g Al/g}$ k.a) düzeyleri a) 7. Gün, b) 14. Gün c) 21. Gün 21

Şekil 4. 7. Belirli bir sürede, Al' un 4.0 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 10 ppm Kitosan ile birlikte etkisinde *O. niloticus*' un doku ve organlarındaki metal birikim ($\mu\text{g Al/g}$ k.a) düzeyleri a) 7. Gün, b) 14. Gün c) 21. Gün 22

KISALTMALAR ve SİMGELER

Kısaltma/Simg	Tanım
Al	Alüminyum
AlCl ₃	Alüminyum Klorür
ALT	Alanin aminotransferaz
Al ₂ (SO ₄) ₃	Alüminyum Sülfat
As	Arsenik
AST	Aspartat aminotransferaz
Ca	Kalsiyum
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
Cd	Kadmiyum
Cl	Klor
cm	santimetre
Co	Kobalt
Cu	Bakır
DFO	Deferroksamin
DFP	Deferiprone
DNA	Deoksiribonükleik asit
DTPA	Dietilen triamin penta asetik asit
EDTA	Etilen diamin tetra asetik asit
F	Flor
Fe	Demir
HSI	Hepatosomatik İndeks
Hg	Civa
K	Potasyum
Kit	Kitosan
LC ₅₀	Letal Derişim
Mg	Magnezyum
µg/l	Mikro gram/litre
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Na	Sodyum
NTA	Nitrilotriasetik asit
P	Fosfor
Pb	Kurşun
RNA	Ribonükleik asit
Se	Selenyum
SNK	Student Newman Keuls
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Bilim ve teknoloji alanındaki gelişmeler endüstride hammadde olarak ağır metal kullanımını arttırmış ve bunların atıklarının başlıca alıcı ortamları oluşturan sucul ekosistemlere deşarjı, derişimlerinde sürekli bir artışa neden olmuştur. Sucul ekosistemlerde derişimi artan ağır metaller, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişime neden olduğu gibi sucul organizmalar tarafından ortamdaki alınılarak sağlıklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Balıklarda ağır metal etkisinin, gelişmenin yavaşlamasına, yaşama sürelerinin kısalmasına, davranış değişikliklerine, doku ve organlarda birikime, DNA ipliğinde kopmalara, kromozomal anomalilere ve mikronükleus oluşumu gibi genotoksik etkilere, osteomalazi ve skolyoz' a, reaktif oksijen türlerinde artışa, antioksidan savunma sisteminin çökmesine, biyokimyasal ve hematolojik parametrelerde değişimlere neden olduğu belirlenmiştir [1]

Ağır metallerin besin zincirinde artan derişimlerdeki hareketi, tüm trofik düzeyleri etkilemekte ve bu etki canlıların metabolik ve fizyolojik olaylarında değişikliklerin yanı sıra habitat değişimleri, hatta toplu ölümlerle sonuçlanmakta ve zincirde kopmalar oluşarak ekosistemin yapısal bütünlüğü bozulmaktadır [2-3].

Hayvansal organizmalar, yaşamsal olaylar için düşük derişimlerde Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Co ve Se gibi ağır metallere gereksinim duyarlarırken, bunların belirli bir derişim aralığı üzerinde toksik etkili olduğu, Cd, Pb, Hg, As gibi ağır metallerin ise biyolojik sistemlerde herhangi bir işlevlerinin olmadığı, çok düşük derişimlerde dahi toksik etkili oldukları saptanmıştır [4].

Araştırmada materyal olarak kullanılan alüminyum, yeryüzünde 11., yer kabuğunda ise 3. en bol bulunan bir elementtir. Periyodik cetvelde IIIA grubunda yer alır ve atom numarası 13' dür. Al' un doğadaki başlıca kaynağını, Gibsit, Boemit ve Diaspor mineralleri içeren Boksit madenleri oluşturur. Demir esaslı olmayan bir metal olması, yoğunluğunun düşük, korozyona karşı dirençli ve non-magnetik özelliğe sahip olması nedenleriyle endüstride yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Al, daha çok alaşım halinde otomotiv endüstrisinde, uzay çalışmalarında, özellikle roket üretiminde, paketleme endüstrisinde, kapı pencere gibi inşaat konstrüksiyon malzemelerinde, beyaz eşya ve elektronik aletlerin üretiminde, zeolite gibi bileşikler kimya endüstrisinde katalizör olarak, amonyum nitratlı patlayıcıların üretiminde, atıksu arıtma tesislerinde kolloidlerin çöktürülerek uzaklaştırılmasında ve ötrifikasyon ile mücadelede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Al' un suda çözünürlüğünün düşük olması canlılardaki bulunurluluğunu sınırlamaktadır. Al, akuatik ortamlara, anılan kullanım alanlarının atıkları gibi temelde antropojenik faktörlerin etkisiyle doğrudan doğruya katılabildiği gibi, asit yağmurlarının toprak ve kayaları yıkamasıyla dolaylı bir şekilde de katılmaktadır [5].

Alüminyum' un insanda potansiyel olarak toksik etkili olduğu, kemik, karaciğer, testis, böbrek ve beyinde dağılım gösterdiği, ensefalopati ve anemiye, dermatit gibi allejik reaksiyonlara, Alzheimer' e, sindirim sistemi, kemik ve iskelet rahatsızlıklarına, neden olduğu bildirilmiştir [6]. Akuatik organizmalarda ise Al' un Na⁺/K⁺-ATPaz, karbonik anhidraz gibi solunum enzimlerini inhibe ederek aktif iyon alınımını engellediği, solunum ve iyon regülasyonunu etkilediği [7], solungaçlar başta olmak üzere karaciğer ve böbrek gibi metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda yüksek derişimlerde biriktiği [8], hücresel düzeyde DNA hasarına, reaktif oksijen türlerinde artışa, lipid peroksidasyonuna [9], karaciğerde histopatolojik değişikliklere neden olduğu [10], gelişmeyi yavaşlattığı, yüzme performansını düşürdüğü [11], kanda biyokimyasal ve hematolojik parametrelerde değişikliklere neden olduğu saptanmıştır [12].

Akuatik sistemlerde kirliliğe neden olan ve canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen kirleticilerin ortamdaki uzaklaştırılmasında, EDTA (Etilen diamin tetra asetik asit), NTA (Nitrilotriasetik asit), DTPA (Dietilen triamin penta asetik asit), DFO (Deferroksamin), DFP (Deferipron), zeolite, klinoptilolit, kitosan gibi organik ve inorganik kompleksleştirici ajanlar kullanılmaktadır. Kitin; Mg, CaCO₃ ve karetenoidlerle birlikte kabuklu ve eklem bacaklılarda dış iskeletin yapısal bileşimine giren glikozamin içerikli yapısal bir proteindir. Araştırmamızda materyal olarak kullanılan kitosan ise suda çözünen bir kitin türevidir olup, kitin' in alkali ortamda deasetilasyonundan elde edilmektedir. Kitosan, atıksu arıtma tesislerinde katyonik bir çöktürücü olarak kullanıldığı gibi, ağır metallerin kompleksleştirilmesinde de kullanılmaktadır. Kitosan' ın adsorban özelliği, çok sayıda (OH) grubu içermesinden dolayı yüksek düzeyde hidrofil olmasından, ayrıca çok sayıda amino grubu içermesi ve polimer zincirin esnek bir yapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır [13]. Kitin türevlerinin immünostimülant etkili olduğu, memelilerde sitokinez ile makrofaj aktivitesini arttırdığı bilinmektedir [14].

Sucul organizmalar tarafından herhangi bir kimyasalın ortamdaki vücuda alınımı, başlıca, besin, içilen su, solungaçlar ve vücut yüzeyinden absorpsiyon ile olmaktadır. Vücuda alınan kimyasallar dolaşım sistemindeki taşıyıcı proteinler aracılığı ile öncelikli olarak detoksifikasyon merkezi olan karaciğere taşınmakta, karaciğerin taşıma kapasitesinin aşılması durumunda ise vücuttan atılmak üzere böbrek ve solungaç gibi metabolik bakımdan aktif doku ve organlara iletilmektedirler.

Akuatik organizmalarda solungaçlar, solunum, ozmoregülasyon gibi yaşamsal olayların gerçekleştiği önemli bir organdır. Balıklarda ağır metallerin birikim ve toksik etkilerinin incelendiği araştırmalarda genellikle hedef organ olarak solungaçlar seçilmektedir. Bunun başlıca nedenleri; suyun solungaç lamelleri arasından geçerken doğrudan doğruya metallerle etkileşim halinde olması ve iç toksikasyon ile metabolik değişikliklerin solunum ile yakından ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır [15-16]. Karaciğer, bağırsaktan absorbe edilen besin

bileşenlerinin birbirine dönüşümünde, yağ asitlerinin sindiriminde işlev yapan safra tuzları ile metabolik olaylarda işlev gören enzimlerin sentezinde, hormonların metabolize edilmesinde, enerji veren yakıtın depo formunu oluşturan ve kan glikozunun başlıca kaynağı olan glikojenin depolanmasında ve ksenobiyotiklerin regülasyonunda işlev gören, metallothionein ve glutatyon gibi metal bağlayıcı proteinlerin sentezleniği metabolik bakımdan aktif bir organdır [17]. Kas dokusu, karaciğer, solungaç ve böbrek gibi dokular ile karşılaştırıldığında metabolik bakımdan bunlar kadar aktif olmasa da akuatik organizmalarda başlıca besin olarak tüketilebilen kısmı oluşturduğundan dolayısıyla metalin besin zincirinde iletilmesinde işlev gördüğünden ekosistem ve halk sağlığı açısından oldukça önemli bir dokudur.

Sucul ekosistemlerde giderek artan ağır metal kirliliğini önleme çalışmaları, gerek çevre gerekse insan sağlığı açısından büyük önem taşıdığından etkili, ekonomik ve çevre dostu yöntem arayışı süreklilik gösterdiğinden bu araştırmada, alüminyumun subletal derişimlerinin (1, 2 ve 4 ppm) etkisinde 7, 14 ve 21 gün sürelerle bırakılan *Oreochromis niloticus*' un karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi ile organik bir şelatör olan kitosanın, dokulardaki alüminyum birikimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

Balıklarda ağır metallerin belirli bir derişim aralığı üzerindeki etkisi mortaliteye neden olmaktadır. *Tilapia zillii*' de Cd' un 0.1 ve 1.0 ppm' lik ortam derişimlerinin 30 gün süreyle etkisinde mortalite gözlenmemiştir [18]. *Channa punctatus*' da Al' un 0.001M' lik derişiminin tek başına ve Florür, Silikat, Fosfat, Malat, Tartarat ve Sitrat gibi organik ve inorganik anyonlarla birlikte 60 gün süreyle etkisi toaled %80 oranında mortaliteye neden olduğu, Malat ve Florür' ün Al' un mortalite üzerine etkisini artırırken, Fosfat, Tartarat ve Sitrat' ın Al' un mortalite üzerine etkisini inhibe ettiği belirlenmiştir [19]. *Clarias gariepinus*' da bakırın 5.0 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 75 ppm derişimdeki Kitosan ile birlikte 1, 7 ve 15 gün sürelerle etkisi mortaliteye neden olmamıştır [20].

Catla catla, *Labeo rohita* ve *Cirrhina mrigala* ile yürütölen bir araştırmada her üç türün de 60, 120 ve 240 günlük bireyleri akut Al etkisine bırakılmış, her üç türde de 60 günlük bireylerin 240 günlük bireylere oranla Al toksisitesine karşı daha duyarlı olduğu saptanmıştır. Yine aynı araştırmada Al' un 96 saatlik LC₅₀ ve Letal derişimlerinin etkisine karşı *C. catla*' nın diğer iki türe oranla daha duyarlı olduğu, Al toksisitesine karşı duyarlılık bakımından türler arasında *C. catla*>*L. rohita*>*C. mrigala* ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca akut Al etkisinde anılan türlerin kemik, solungaç, bağırsak, böbrek, karaciğer, pul, deri ve kas dokularındaki Al birikim düzeyleri incelenmiş, böbrek ve karaciğerin diğer dokulara oranla daha yüksek düzeylerde Al biriktirdiği bildirilmiştir [8].

Balıklarda Al etkisinin hücresele düzeyde DNA hasarına, reaktif oksijen türlerinde artışa, lipid peroksidasyonuna neden olduğu, metabolizmayı etkileyerek gelişmeyi yavaşlattığı saptanmıştır [9].

Balıklarda Al etkisini takiben, metalin solungaç yüzeyi ile solungaç epitelinde biriktiği, bunun aktif iyon alınımında inhibisyona, solungaç permeabilitesinde artışa neden olduğu, solungaç permeabilitesindeki artışa bağlı olarak bağlanma bölgelerinde Al' un Ca ile yer değiştirmesine yol açtığı ve bununda hücreler arasındaki sıkı bağlantı bölgelerinin zayıflaması ile sonuçlandığı bildirilmiştir [21].

Jüvenil *Salmo salar*' da katyonik Al' un 45 µg/l' den düşük derişimlerinin bir hafta süreyle etkisinde mortalite oranı oldukça yüksek bulunurken [22], *Oncorhynchus mykiss*' in jüvenillerinde Al' un belirtilen derişimden çok daha yüksek derişiminin (5200µg/l) 96 saat süreyle etkisinde %50 oranında mortalitenin meydana geldiği belirlenmiştir [23].

Alüminyum, balıklarda beslenme davranışını, gelişme ve yüzme performanslarını etkileyebilmektedir. *Salmo trutta*' da pH 5.5' in altında Al' un 27 µg/l' den yüksek derişimlerdeki etkisinin gelişme oranını düşürdüğü saptanmıştır [11]. *O. mykiss* jüvenillerinde pH 5.2' de Al' un 30 µg/l' lik derişiminin 7 gün süreyle etkisinin yüzme performansını düşürdüğü, yine aynı türde pH 5.2-5.4 aralığında Al' un 38 µg/l' lik derişiminin 36 gün süreyle

etkisinin yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğuna neden olduğu, balıklar Al içermeyen pH 6.5 olan sulara alınsalar dahi bu davranış bozukluğunun devam ettiği belirlenmiştir [24].

Alüminyum, balıklarda koku alma duyusu epitelinde değişime neden olduğu gibi, koku alma duyusuna ait nöronların elektriksel özelliklerini etkileyebilir. *O. mykiss*' in genç bireylerinde Al' un 95 µg/l' lik derişiminin asidik ortamda (pH: 4.7) iki hafta süreyle etkisinin reseptör hücre sillerinde kayıplara, koku tomurcuklarında anatomik değişikliklere ve mikrovilluslarda kümeleşmeye neden olduğu saptanmıştır [25].

Brachydanio rerio ile laboratuvar koşullarında yürütülen bir araştırmada, Al' un 24, 48, 72 ve 96 saatlik LC₅₀ değerleri sırasıyla 61.66; 59.57, 57.94 ve 56.92 olarak belirlenmiş ve Al etkisinde, balıklarda yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, operkulum hareketlerinde artış, denge kaybı, tüm vücut yüzeyinin mukus ile kaplanması ve deride renk değişimi gözlenmiştir. Bu değişikliklerin, kimyasal ile kontamine olmuş suların kalitesinin izlenmesinde dikkate alınabileceği bildirilmiştir [26].

Kontrollü ortam koşullarında *Channa marulius*, *Mystus seenghala* ve *Wallago attu* ile yürütülen bir araştırmada, Al ve Co' ın 96 saatlik LC₅₀ ve letal derişimlerinin etkisinde doku ve organlardaki birikimi incelenmiş, Al ve Co birikiminin türler arasında farklılık gösterdiği, *C. marulius*' un diğer iki türe oranla her iki metali de daha yüksek derişimlerde içerdiği, birikim bakımından türler arasında *C. marulius*>*W. attu*>*M. seenghala* ilişkisinin olduğu saptanmıştır. Al ve Co en fazla karaciğerde birikirken, bunu böbrek ve solungaç dokusunun izlediği, en düşük birikimin ise kas dokusunda olduğu belirlenmiştir. Her üç türde de incelenen doku ve organlarda Co' ın Al' a oranla daha fazla biriktiği gözlenmiştir [1].

Alüminyum, herhangi bir biyolojik işleve sahip olmadığı gibi, toksik etkili bir ağır metaldir. Al' un DNA ve RNA' ya karşı büyük bir afiniteye sahip olduğu, heksokinaz, fosfodiesteraz, alkali fosfataz ve fosfoooksidaz gibi enzimlerin aktivitesini inhibe ettiği, Ca, P, F ve Fe metabolizmasını etkilediği, sinir, kemik ve hemopoietik hücrelerde toksik etkili olduğu belirlenmiştir [27].

Bakırın 0.01 ve 0.05ppm ortam derişimlerinin etkisinde 90 gün süreyle tutulan *Cyprinus carpio*' da, iç organlar, solungaç ve diğer kısımlardaki metal birikiminin, deney süresinin başlangıcına göre sırasıyla 3.2; 2.7;1.7 ve 11.3;3.3 ve 2.5 kat artış gösterdiği ve birikimin etkide kalma süresi ve ortam derişimindeki artışa paralel olarak arttığı saptanmıştır. Belirlenen süre ve derişimlerde bakır etkisinde bırakılan balıklar, EDTA' lı ve bakır içermeyen ortama alınarak 90 gün süreyle bekletilmişler ve belirtilen doku ve organlardaki bakır düzeyinin metal etkisindeki oranla önemli düzeyde düşüş gösterdiği belirlenmiştir [28].

C. carpio türü balıklar, AlCl₃.6H₂O ve Al₂(SO₄)₃.18H₂O' ün 2, 4 ve 8 ppm' lik ortam derişimlerinin tek tek ve EDTA ve NTA ile birlikte etkisinde 24 ve 48 saat süreyle bırakılmış,

her iki tuzun 2 ppm' lik ortam derişimlerinin etkisinde mortalite gözlenmezken, 4 ve 8 ppm' lik ortam derişimlerinin etkisinde mortalite oranının süreye bağılı olarak arttığı belirlenmiştir. Al' un kompleksleştirici ajanlarla birlikte etkisi, mortalite oranını belirgin bir şekilde azalttığı, solungaç dokusundaki Al birikiminin diğerk doku ve organlara göre daha yüksek olduğu ve $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ ' ün $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ' a oranla daha toksik etkili olduğu saptanmıştır [29].

Bir tatlı su balığı olan *C. punctatus* ile yürütölen araştırmada, balıklar 50 gün süreyle Al' un 50 ve 25 ppm' lik ortam derişimleri etkisinde bırakılmış, mortalite ve doku birikimi üzerine etkileri incelenmiştir. Al' un 50 ppm' lik derişiminin akut bir şekilde toksik etkilili olduğu ve 96 saat içerisinde tüm balıkların öldüğü gözlenmiştir. Al' un 25 ppm' lik derişiminin ise daha çok kronik etkili olduğu, 50. günün sonunda balıkların %50' sinde ölüme neden olduğu belirlenmiştir. Al, baş bölgesindeki (beyin, solungaç) dokularda yüksek derişimlerde birikirken, en az kuyruk bölgesindeki (kas) dokularda biriktiğı saptanmıştır [19].

O. niloticus, 7, 14 ve 21 gün sürelerle Al' un 0.1, 1.0 ve 10.0 ppm' lik derişimlerinin tek başına ve Ca ile birlikte etkisine bırakılarak, doku ve organlarındaki metal birikimi incelenmiştir. Belirlenen süreler sonunda gerek metalin tek başına gerekse Ca ile birlikte etkisinde incelenen dokular arasında en fazla birikim böbrek dokusunda olurken, bunu solungaç, karaciğerk ve kas dokularının takip ettiğı belirlenmiş, ortamdaki Ca mevcudiyetinin, doku ve organlardaki Al birikimini Al' un tek başına etkisindekine oranla azalttığı saptanmıştır [30].

Yine *O. niloticus* ile yürütölen bir araştırmada, balıklar kurşunun 0.1, 1.0 ppm ortam derişimlerinin tek başına ve zeolite ile birlikte 10, 20 ve 30 gün sürelerle etkisinde bırakılarak kas, karaciğerk, solungaç ve böbrek dokularındaki kurşun birikimi incelenmiş, ortam derişimi ve etkide kalma süresindeki artışa paralel olarak doku metal birikimi artarken, en fazla kurşun birikiminin böbrek dokusunda olduğu, bunu solungaç, karaciğerk ve kas dokularının izlediğı belirlenmiştir. Zeolitin Pb ile birlikte etkisi, kurşunun tek başına etkisindeki doku birikim düzeyini azaltmıştır [31].

B. rerio, Al' un iki farklı subletal derişiminin etkisinde 7, 14, 21 ve 28 gün sürelerle bırakılarak solungaç, karaciğerk, kas ve beyin dokularındaki metal birikim düzeyleri incelenmiş, Al birikiminin dokuya bağılı olarak değışim gösterdiği, birikim bakımından dokular arasında Karaciğerk>Solungaç>Kas ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Beyin dokusunda ise metal derişimi duyarlılık düzeyi altında olduğu için belirlenememiştir [32].

T.zillii ile yürütölen bir araştırmada, balıklar 96 saat süreyle, hafif asidik ortamda (pH 6.0) Al' un 25, 50 ve 100 ppb' lik derişimlerinin etkisinde bırakılarak solungaç, karaciğerk ve böbrek dokularındaki histopatolojik değışiklikler incelenmiştir. Deney süresi sonunda incelenen doku ve organlarda çeşitli histopatolojik değışiklikler gözlenmiş ve bu değışikliklerin Al' un ortam derişimi ile ilişkili olduğu ortaya konmuştur [33].

Yedi farklı iskandinav balık türü ile yürütülen araştırmada balıklar, asidik Al içeriği yüksek, asidik Al içeriği düşük ve nötrale yakın üç farklı ortamda tutularak, Al toksisitesine karşı duyarlılıkları ve mortalite üzerine etkileri araştırılmıştır. Al toksisitesine karşı duyarlılık bakımından türler arasında *Salmo salar*>*Rutilus rutilus*>*Phoxinus phoxinus*>*Perca fluviatilis*>*Thymallus thymallus*>*S. trutta*>*Salvelinus alpinus* ilişkisi saptanmıştır. Asidik Al içeriği yüksek ortamda tüm türlerde yüksek düzeyde mortalite gözlenirken, en az mortalite asidik Al içeriği düşük ve nötrale yakın ortamlarda *P. phoxinus*, *R. rutilus* ve *S. trutta*' da gözlenmiştir. İncelenen türler arasında *S. alpinus*' un Al toksisitesine karşı en dirençli tür olduğu belirlenmiştir [34].

C. gariepinus' da bakırın 5.0, kurşunun 1.0ppm' lik ortam derişimlerinin 1, 7 ve 15 gün sürelerle tek başına ve 75 ppm derişimdeki kitosan ile birlikte etkisinde, serum AST, ALT, glikoz, total protein ve kolesterol düzeylerindeki değişimler incelenmiş, deneyler süresince balıklarda mortalite gözlenmezken, metallerin tek başlarına etkisi, incelenen biyokimyasal parametrelerde önemli değişimlere neden olmuş, kitosan' ın birlikte etkisinin ise bu değişiklikleri azalttığı belirlenmiştir[35].

O. niloticus' da Cd' un 1.0 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 10 ppm derişimdeki kitosan ile birlikte, hematokrit düzeyi, eritrosit sayısı, eritrosit ve eritrosit nukleus alanı üzerine etkileri incelenmiş, Cd' un tek başına etkisi, kontrole göre hematokrit düzeyi ile eritrosit sayısını azaltırken, eritrosit ve eritrosit nukleus alanını arttırmıştır. Kitosanın Cd ile birlikte etkisi ise incelenen parametrelerde kontrole göre önemli bir değişime neden olmamıştır [36].

Suda çözünebilen kitosan, karides, yengeç gibi krustaselerin kabuklarından ekstre edilen kitinin deasetilasyonundan elde edilmekte olup, kanalizasyon atık suları ve çamurlarının arıtılmasında, toksik olmayan katyonik bir çöktürücü olarak kullanılmaktadır. Ağır metal şelatörü olarak da kullanılan kitosan gibi kitin türevlerinin immünostimulant özelliğe sahip olduğu, memelilerde sitokinez ile makrofaj aktivitesini arttırdığı bilinmektedir [37].*Sparus aurata*' da kitin' in besin yolu ile etkisinin immün system aktivitesini arttırdığı belirlenmiştir [14].

C. carpio' da bakırın 0.5 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 1 g/l derişimdeki klinoptilolit ile birlikte 1, 7, 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde, karaciğer, solungaç, böbrek ve kas dokularındaki bakır birikimi incelenmiş, metalin tek başına etkisi, incelenen doku ve organlardaki metal birikimini süreye bağlı olarak arttırırken, en fazla birikimin karaciğerde en az birikimin ise kas dokusunda olduğu belirlenmiştir. Bakırın klinoptilolit ile birlikte etkisi ise yine dokularda bakır birikimine neden olurken, bu birikimin, bakırın tek başına etkisindeki birikimden düşük düzeyde olduğu saptanmıştır [38].

Alüminyumun belirli derişimlerinin tek başına ve DFO (Deferroksamin) ve DFP (Deferiprone) kompleksleştirici ajanlarla birlikte 14, 15, 30, 60 ve 90 gün sürelerle *Cirrhinus mrigala* üzerine etkisinde kas, solungaç, böbrek, beyin ve karaciğer dokularındaki Al birikimi incelenmiştir. Al' un tek başına etkisinde birikim bakımından incelenen dokular arasında Kas>Solungaç>Böbrek>Beyin>Karaciğer ilişkisi saptanmış, kompleksleştirici ajanların birlikte etkisinde ise Al' un dokulardaki birikiminin azaldığı belirlenmiştir [39].

O. mossambicus' da Cd' un 6 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve kompleksleştirici bir ajan olan zeolitin farklı derişimlerinin birlikte 5, 15, 30 ve 45 gün sürelerle etkisinde hematolojik parametrelerdeki değişimler incelenmiştir. Cd' un tek başına etkisinde, vücuttaki Cd yükünden dolayı hematolojik parametreler önemli düzeyde etkilenirken, zeolit ile birlikte etkisinde, metalin zeolit tarafından alıkonulmasından dolayı Cd' un vücut yükü azalmış, hematolojik parametrelerde Cd' un tek başına etkisine oranla daha az etkilenmiştir [40].

S. trutta ile laboratuvar koşullarında yürütölen bir araştırmada, Al' un üç farklı derişiminin, Ca, Mg, Na, ve K gibi temel katyonları içeren ve içermeyen ortamlarda mortalite üzerine etkileri araştırılmış, katyonik ortamın Al toksisitesi üzerine çok az bir iyilişme sağladığı, mortalite üzerine Al derişimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Al etkisinde küçük balıkların, büyük balıklara oranla daha uzun süre yaşadığı saptanmıştır [41].

Alüminyumun farklı ortam derişimlerinin, farklı asidik ortamlarda *Catostomus commersoni* ve *S.fontinalis'* in farklı yaşam evrelerindeki etkileri incelenmiş, Al toksisitesinin gerek pH gerekse yaşam evresine bağılı olarak değişim gösterdiği saptanmıştır. Al' un *C. commersoni'* de 0.1, *S. fontinalis'* de 0.2 ppm' lik derişimlerinin incelenen pH aralığındaki etkisi larva ve post larva evresindeki bireylerin yaşama süresini azaltmış ve gelişmelerini engellemiştir. Buna karşılık Al' un *C. commersoni'* de 0.2, *S. fontinalis'* de 0.5 ppm' lik derişimlerinin pH 4.2-4.8 aralığında yumurta gelişimi ile gözlü evre üzerine pozitif yönde etki ettiği belirlenmiştir [42].

C. carpio' da doğal bir zeolit olan Klinoptilolitin Pb toksisitesi üzerine koruyucu etkisi araştırılmış, Pb' un subletal derişiminin (60mg/l), 35 gün süreyle etkisi, karaciğerin çözünebilir protein ve RNA içeriğini azaltırken, bazı biyokimyasal parametrelerde değişimlere neden olmuştur. Klinoptilolitin Pb ile birlikte etkisinin ise incelenen parametrelerde önemli bir değişime neden olmadığı saptanmıştır. [43].

Alüminyumun 0.2 ppm' lik ortam derişiminin, pH 5.0' da 10 gün süreyle etkisinde bırakılan *O. mykiss'* de kandaki Al düzeyinin oldukça yüksek olduğu, yüksek oranda mortalitenin meydana geldiği belirlenmiştir. Metal etkisinde solungaçlardan Na ve Cl kayıpları artarken, plazma Na ve Cl düzeylerinin düştüğü, hematokrit düzeyinin ise arttığı saptanmıştır [44].

Prochilodus lineatus' da juvenil bireyler, Al' un 196 ppb' lik ortam derişiminin asidik ortamda 6, 24 ve 96 saat süreyle etkisinde bırakılmış, hemoglobin, hematokrit düzeyi, eritrosit sayısı, plazma iyonları, klorid hücrelerin dağılımı, Na⁺/K⁺-ATPaz aktivitesi gibi hematolojik parametreler ile protein, glikoz, kortizol gibi metabolik parametrelerdeki değişimler incelenmiştir. Al' un belirlenen sürelerde kontrole göre incelenen hematolojik ve metabolik parametreleri arttırdığı belirlenmiştir [12].

O. niloticus' da Al' un 0.05, 0.30 ve 1.0 ppm' lik ortam derişimlerinin 1, 3 ve 7 gün sürelerle etkisinde, hepatosomatik indeks ile karaciğerdeki histopatolojik değişiklikler incelenmiş, Al etkisinin, kontrole göre HSI arttırdığı, karaciğerde çeşitli lezyonlara neden olduğu saptanmıştır [10].

Batı Norveç' de *S. salar* yetiştiriciliği yapılan bir çiftlikte yürütölen araştırmada, kış aylarında artan ölümlerin, yağışlarla birlikte Fiyordlardan taşınan alüminyumca zengin asidik sulardan kaynaklandığı belirlenmiştir [45].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Balıklarda ağır metal birikimi boy ve ağırlığa bağlı olarak değişim gösterdiği için, kontrollü ortam koşullarında yürütülen bu araştırmada birbirine yakın boy ve ağırlıkta balıklar kullanılarak, bu faktörlerin birikim üzerindeki etkisi minimum düzeye indirilmiştir. Bu bağlamda araştırmada materyal olarak 13 ± 3.0 cm boy ve 35 ± 1.2 g ağırlıkta olan *O. niloticus* türü balıklar kullanılmıştır. Balıklar, Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Uygulama Birimleri'nde yer alan Yetiştiricilik Ünitesi'nden sağlanmış vedeneyler, aynı birim içerisinde yer alan kontrollü ortam koşullarına sahip, Temel Bilimler Araştırma Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Araştırma süresince laboratuvar ortam 24 ± 1 °C durağan sıcaklıkta tutulup, 6 adet Floresan lamba ile 12 saat aydınlık 12 saat karanlık fotoperiyod uygulanmıştır. Havalandırmada merkezi havalandırma sistemi ile sağlanmıştır.

Deneylerin yürütüleceği laboratuvara getirilen balıklar, her biri 40x100x40 cm boyutlarında olan cam akvaryumlar içerisinde bir ay süreyle bekletilerek, laboratuvar koşullarına adaptasyonları sağlanmıştır. Gerek adaptasyon gerekse deneyler sürecinde balıklar hergün aynı saatte iki kez toplam biyomasın %2' si kadar hazır (Çamlı Yem, Pelet No;2) yem ile beslenmiştir.

Deneylerde yukarıda anılan boyutlarda 7 adet cam akvaryum kullanılmıştır. Akvaryumlardan ilk üçüne 100 L' lik Al' un sırasıyla 1, 2 ve 4 ppm derişimindeki çözeltileri konurken, diğer üç adetine 100 L Al' un belirlenen derişimleri ile kitosan' nın 10 ppm' lik derişimde karışımını içeren çözeltiler eklenmiştir. Son akvaryuma ise aynı hacimde içerisinde Al ve kitosan bulunmayan dinlenmiş çeşme suyu konarak kontrol grubu oluşturulmuştur. Deneyler 3 tekrarlı olarak yürütülmüş ve her tekrarda bir balık kullanılmıştır. Bu bağlamda belirlenen süreler dikkate alınarak akvaryumların her birine 9 adet balık konmuş ve deneylerin tamamında toplam 63 adet balık kullanılmıştır.

Deney çözeltilerinin hazırlanmasında alüminyumun sülfat tuzu ($Al_2(SO_4)_3$) ile Kitosan (Aldrich, GR, Deasetilasyon \geq %75) kullanılmıştır. Deneme süresince evaporasyon, adsorbsiyon ve presipitasyon gibi nedenlerle zaman içerisinde deney çözeltilerinin derişiminde değişimler olabileceğinden, deney çözeltileri iki günde bir taze olarak hazırlanan stok çözeltiden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiş ve ortam yenilenmiştir. Kitosan' ın stok çözeltisinin hazırlanmasında %1' lik asetik asit çözeltisi kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan suyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3. 1. Deneylerde kullanılan suyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Sıcaklık	22 ± 1 °C
pH	7.4 ± 0.7
Çözünmüş Oksijen	6.6 ± 0.51 mg/ L
Toplam Sertlik	225 ± 0.45 ppm CaCO ₃
Alkalinite	331 ± 0.49 ppm CaCO ₃

Belirlenen süreler sonunda deney ve kontrol akvaryumlarından çıkartılan denekler, Etilen Glikol Mono Fenil Eter anesteziği ile bayıltılmış,çeşme suyu ile yıkanıp kurutulduktan sonra her birinin boy ve ağırlıkları ölçülmüş ve metal analizinde kullanılacak karaciğer, solungaç ve kas dokuları ayrı ayrı disekte edilmiştir.

Metal analizinde kullanılacak doku örnekleri, 150 °C' ye ayarlı etüvde 72 saat süreyle bekletilerek sabit tartıma getirilmiştir. Kuru ağırlıkları belirlenen doku örnekleri deney tüplerine aktarılarak, üzerlerine nitrik asit (%65, Baker)-perklorik asit (%65, Erba) (2/1; v/v) karışımı eklenmiş, 120°C' de 60 dakika süreyle yakılmıştır [30]. Yakma işlemi tamamlanan doku örnekleri polietilen tüplere aktarılarak toplam hacimleri distile su ile 5 ml' ye tamamlanarak analize hazır hale getirilmiştir.Doku metal derişimleri, Agilent 7500 ce (Octopole Reaction System, Agilent Japan) marka ICP-MS kullanılarak belirlenmiştir. ICP-MS' in çalışma koşulları Tablo 3.2.' de verilmiştir.

Tablo 3. 2. ICP-MS' in çalışma koşulları

RF Power	1500W
Plasma gas flow rate	15 L min ⁻¹
Auxiliary gas flow rate	1 L min ⁻¹
Carrier gas flow rate	1.1 L min ⁻¹
Helium collision gas flow rate	ml min ⁻¹ (Kullanılmadı)
Sprey chamber T	2 °C
Sample depth	8.6 mm
Sample introduction flow rate	1 ml min ⁻¹
Nebulizer pump	0.1 rps
Extract lens	1.5 V

Deney verilerinin istatistik analizinde SPSS 16.0 paket programı kullanılmış ve verilere varyans analizi ile Student Newman Keuls testi (SNK) uygulanmıştır [46].

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

O. niloticus ile yürütülen bu çalışmada Al' un tek başına ve kitosan ile birlikte belirlenen derişimlerinin 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde balıklarda mortalite gözlenmemiştir.

Metal etkisinin başlangıcında balıklarda besin almama, akvaryum yüzeyine yönelme, akvaryum tabanında hareketsiz kalma, yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, operkulum hareketlerinde artış gibi davranış değişiklikleri ile renkte koyulaşma gibi morfolojik değişiklikler gözlenmiş, etkide kalma süresinin uzamasıyla bu değişikliklerin normale döndüğü belirlenmiştir.

Al' un tek başına ve kitosan ile birlikte incelenen derişimlerinin 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde, solungaç dokusundaki Al derişimine ait verilerin aritmetik ortalamaları ile istatistik analiz sonuçları Tablo 4.1.' de gösterilmiştir.

Tablo 4. 1. *O. niloticus*' un solungaç dokusundaki Alüminyum birikimi ($\mu\text{g/g}$ k.a.) üzerine Al, Al+Kitosan ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (ppm)	Süre (Gün)		
	7	14	21
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
Kontrol	9,62 \pm 0,59 ^{as}	11,61 \pm 0,66 ^{as}	9,69 \pm 0,24 ^{as}
1 Al	167,12 \pm 7,06 ^{at}	143,91 \pm 4,16 ^{bt}	85,37 \pm 1,10 ^{ct}
2 Al	209,25 \pm 7,32 ^{ax}	275,92 \pm 0,70 ^{bx}	223,66 \pm 4,06 ^{ax}
4 Al	258,54 \pm 15,17 ^{ay}	240,98 \pm 15,53 ^{ay}	244,61 \pm 1,85 ^{ay}
1 Al+10 Kitosan	84,65 \pm 9,6 ^{az}	183,15 \pm 0,84 ^{bz}	89,76 \pm 3,96 ^{bt}
2 Al+10 Kitosan	145,43 \pm 2,11 ^{at}	212,02 \pm 3,15 ^{bw}	223,08 \pm 12,27 ^{bx}
4 Al+10 Kitosan	112,10 \pm 1,00 ^{aw}	181,88 \pm 2,80 ^{bz}	205,78 \pm 5,45 ^{cx}

*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x, y, z ve w harfleri derişimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0,05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

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

Al' un tek başına ve kitosan ile birlikte incelenen derişimlerinin belirlenen sürelerdeki etkisi, solungaç dokusundaki metal derişimini kontrole göre arttırmıştır ($P < 0,05$). Al' un tek başına etkisinde belirli bir sürede ortam derişimindeki artış solungaç dokusu Al birikimini artırırken ($P < 0,05$), kitosan ile birlikte etkisi derişime bağlı değişim göstermiştir. Al' un tek başına 1.0 ve 4.0 ppm' lik derişimlerinin etkisi dışında, belirli bir ortam derişiminin etkisi, deney süresi sonunda 7. güne oranla solungaç dokusundaki Al birikimini arttırmıştır ($P < 0,05$). Genel olarak Al' un kitosan ile birlikte etkisi, Al' un tek başına etkisine göre solungaç dokusundaki metal birikimini azaltmıştır ($P < 0,05$).

Al' un 1.0, 2.0 ve 4.0 ppm' lik ortam derişimlerinin tek başına ve kitosanın 10 ppm' lik derişimi ile birlikte 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde *O. niloticus*' un karaciğer dokusundaki Al birikimine ait verilerin aritmetik ortalamaları ile istatistik analiz sonuçları Tablo 4.2.' de gösterilmiştir.

Tablo 4. 2. *O. niloticus*' un Karaciğer dokusundaki Alüminyum birikimi ($\mu\text{g/g}$ k.a.) üzerine Al, Al+Kitosan ortam derişimi ve sürenin etkileri

Derişim (ppm)	Süre (Gün)		
	7	14	21
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
Kontrol	35,12 \pm 0,71 ^{ast}	31,43 \pm 2,04 ^{as}	34,80 \pm 1,15 ^{as}
1 Al	35,37 \pm 1,33 ^{ast}	33,11 \pm 0,58 ^{as}	50,72 \pm 3,45 ^{bt}
2 Al	45,89 \pm 0,01 ^{ax}	32,70 \pm 0,31 ^{bs}	45,08 \pm 3,61 ^{atx}
4 Al	45,02 \pm 2,08 ^{ax}	46,77 \pm 0,62 ^{at}	43,92 \pm 2,28 ^{atx}
1 Al+10 Kit	30,44 \pm 0,75 ^{ay}	33,92 \pm 0,49 ^{as}	32,72 \pm 0,51 ^{as}
2 Al+10 Kit	31,14 \pm 0,13 ^{ay}	39,85 \pm 0,56 ^{bx}	29,17 \pm 1,64 ^{as}
4 Al+10 Kit	37,37 \pm 0,51 ^{at}	30,73 \pm 0,21 ^{bs}	44,88 \pm 1,12 ^{ctx}

*SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t, x, ve y harfleri derişimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0,05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

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

Al' un tek başına incelenen en yüksek ortam derişimi ve 21 günlük etki süresi dışında belirlenen süre ve derişimlerin etkisinde karaciğerdeki Al birikimi, kontrole göre önemli bir değişim göstermemiştir ($P > 0,05$). Al' un kitosan ile birlikte etkisinde genelde belirli bir sürede ortam derişimindeki artış ile belirli bir ortam derişiminde etkide kalma süresindeki artış karaciğer dokusundaki Al birikiminde önemli bir değişime neden olmamıştır ($P > 0,05$). İncelenen en yüksek ortam derişimi dikkate alındığında, 21 günlük etki süresi dışında Al' un kitosan ile birlikte etkisi, metalin tek başına etkisine oranla karaciğer dokusundaki Al birikimini önemli düzeyde azaltmıştır ($P < 0,05$).

Al ve Al+Kitosan karışımının belirlenen derişimlerde 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde kas dokusundaki Al derişimine ait verilerin aritmetik ortalamaları ile istatistik analiz sonuçları Tablo 4.3.' de gösterilmiştir.

Tablo 4. 3. *O. niloticus*' un Kas dokusundaki Alüminyum birikimi ($\mu\text{g/g}$ k.a.) üzerine Al, Al+Kitosan ortam derişimi ve sürenin etkileri

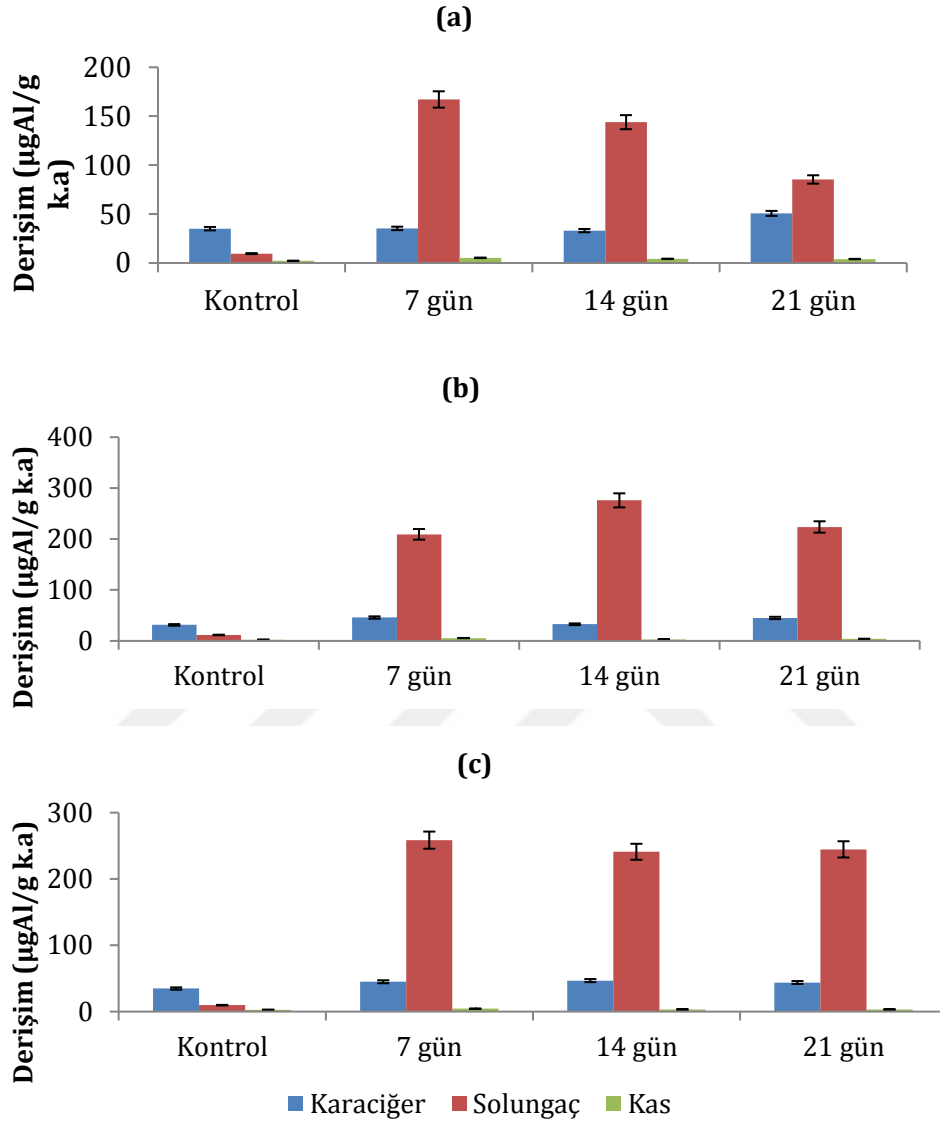
Derişim (ppm)	Süre (Gün)		
	7	14	21
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
Kontrol	2,27 \pm 0,29 ^{as}	2,36 \pm 0,28 ^{as}	2,77 \pm 0,06 ^{as}
1 Al	5,29 \pm 0,10 ^{at}	4,27 \pm 0,99 ^{ast}	4,05 \pm 0,34 ^{as}
2 Al	5,53 \pm 0,60 ^{at}	2,82 \pm 0,13 ^{bst}	4,03 \pm 0,34 ^{abs}
4 Al	4,36 \pm 0,22 ^{ast}	3,24 \pm 0,19 ^{bst}	3,23 \pm 0,71 ^{bs}
1 Al+10 Kit	2,91 \pm 0,85 ^{ast}	3,90 \pm 0,01 ^{ast}	2,78 \pm 0,02 ^{as}
2 Al+10 Kit	5,75 \pm 0,42 ^{at}	5,17 \pm 0,11 ^{at}	3,18 \pm 0,52 ^{bs}
4 Al+10 Kit	5,18 \pm 0,88 ^{at}	4,74 \pm 0,70 ^{ast}	5,33 \pm 0,46 ^{as}

*SNK; a ve b harfleri süreler; s, ve t harfleri derişimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0,05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

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

Belirli bir sürede Al' un belirlenen derişimlerinin tek başına etkisi kas dokudaki metal birikimini kontrole göre istatistiksel bakımdan önemli düzeyde artmıştır ($P < 0,05$). Al' un tek başına ve Al+Kitosan ile birlikte karışımının belirli bir derişimi etkisinde, kas doku Al birikimi süreye bağlı önemli bir değişim göstermemiştir ($P > 0,05$). Al+Kitosan karışımının etkisi, Al' un tek başına etkisine göre kas doku metal birikiminde istatistiksel bakımdan önemli bir değişime neden olmamıştır ($P > 0,05$).

Al' un tek başına belirli bir derişimde etkide kalma süresine bağı olarak karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki birikim düzeyleri Şekil 4.1.' de gösterilmiştir.

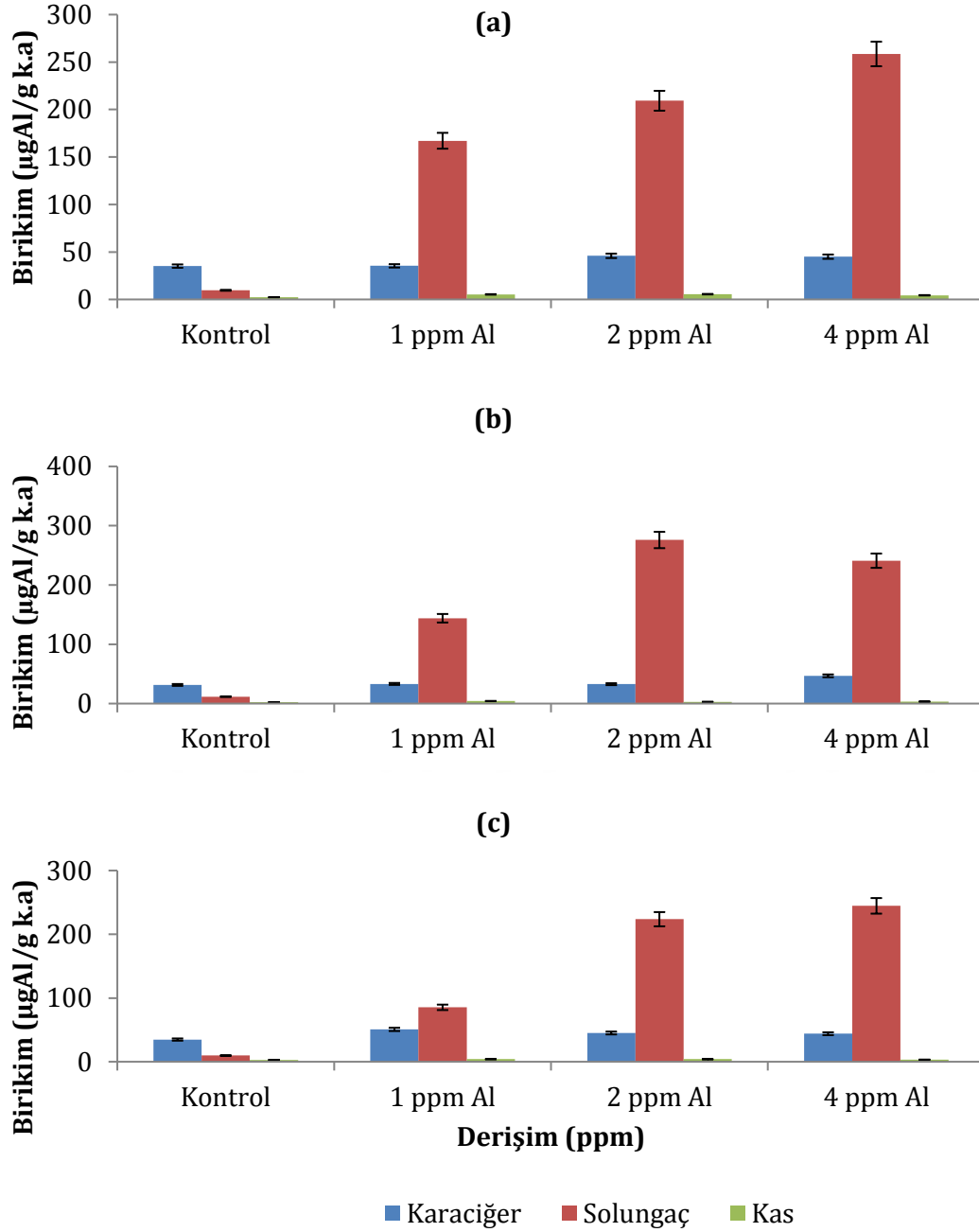


Şekil 4. 1. Alüminyumun belirli bir derişiminin etkisinde *O. niloticus*' un doku ve organlarında süreye bağı metal birikim (µg/g k.a.) düzeyleri a) 1ppm Al b)2 ppm Al c)4 ppm Al

Al' un incelenen derişimleri, belirlenen süreler etkisinde karaciğer, solungaç ve kas dokularında kontrole oranla Al birikimini arttırmış, bu artış solungaç dokusunda süreye bağı olarak azalma göstermiştir. Al birikimi, karaciğer dokusunda 7. güne oranla artış gösterirken ($P<0.05$), kas dokuda Al birikimi bakımından süreler arasında önemli bir değışim belirlenmemiştir ($P>0.05$). Al' un incelenen en yüksek ortam derişiminin etkisinde birikim bakımından doku ve organlar arasında aşığıdaki ilişki belirlenmiştir.

Solungaç >Karaciğer >Kas

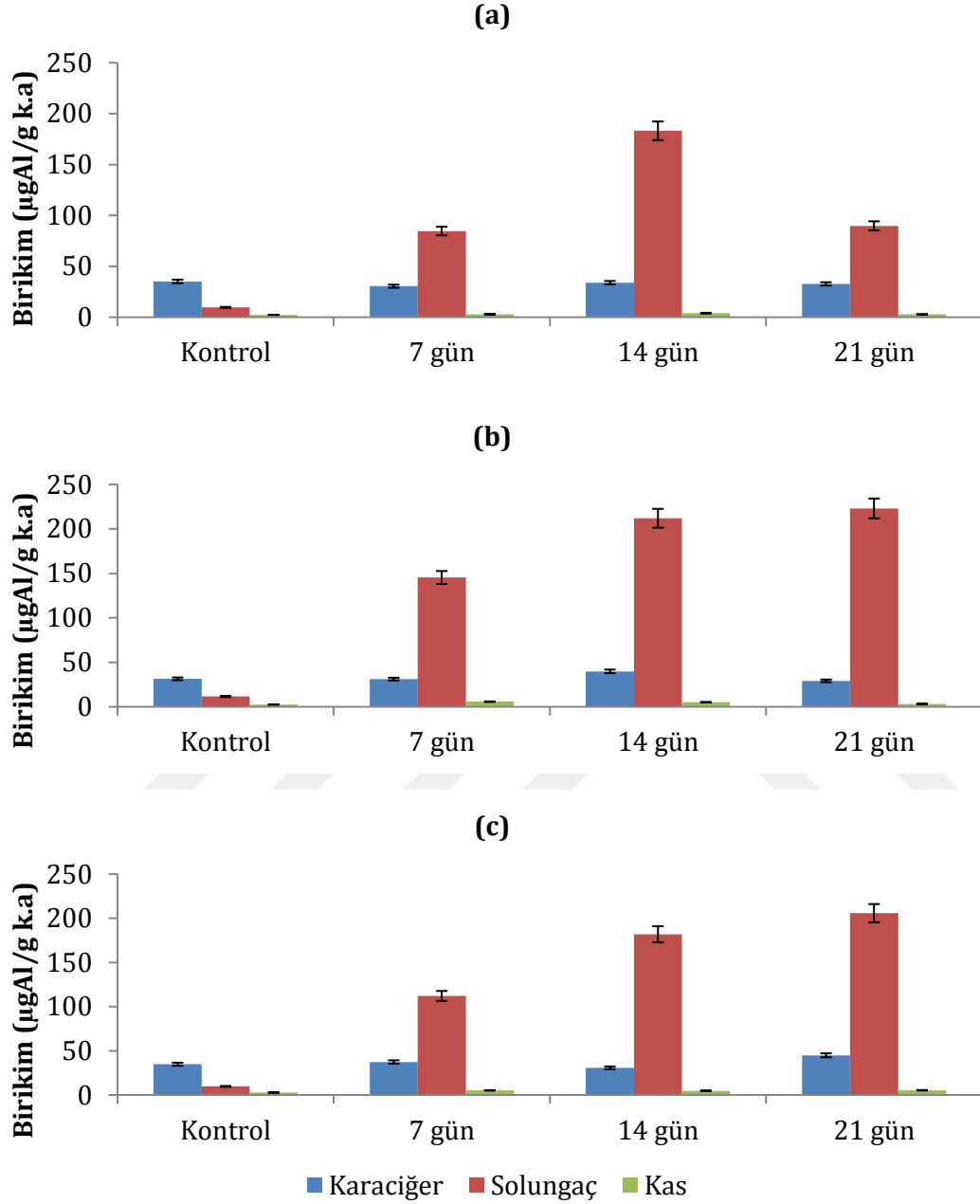
Belirli bir sürede incelenen ortam derişimlerine bağlı olarak karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki Alüminyum birikim düzeyleri Şekil 4.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 2. Belirli bir sürede *O. niloticus*' un doku ve organlarında Al derişimine bağlı metal birikim (µg/g k.a.) düzeyleri a) 7. gün b)14. gün c)21. gün

Belirlenen tüm sürelerde ortam derişimindeki artış, solungaç dokusundaki Al birikimini arttırmıştır. Karaciğer dokusunda ise Al birikimi sadece 7. günde derişime paralel olarak artış göstermiş, kas dokuda ise belirli bir sürede derişimler arasında birikimi bakımından önemli bir ayırım belirlenememiştir. ($P>0,05$).

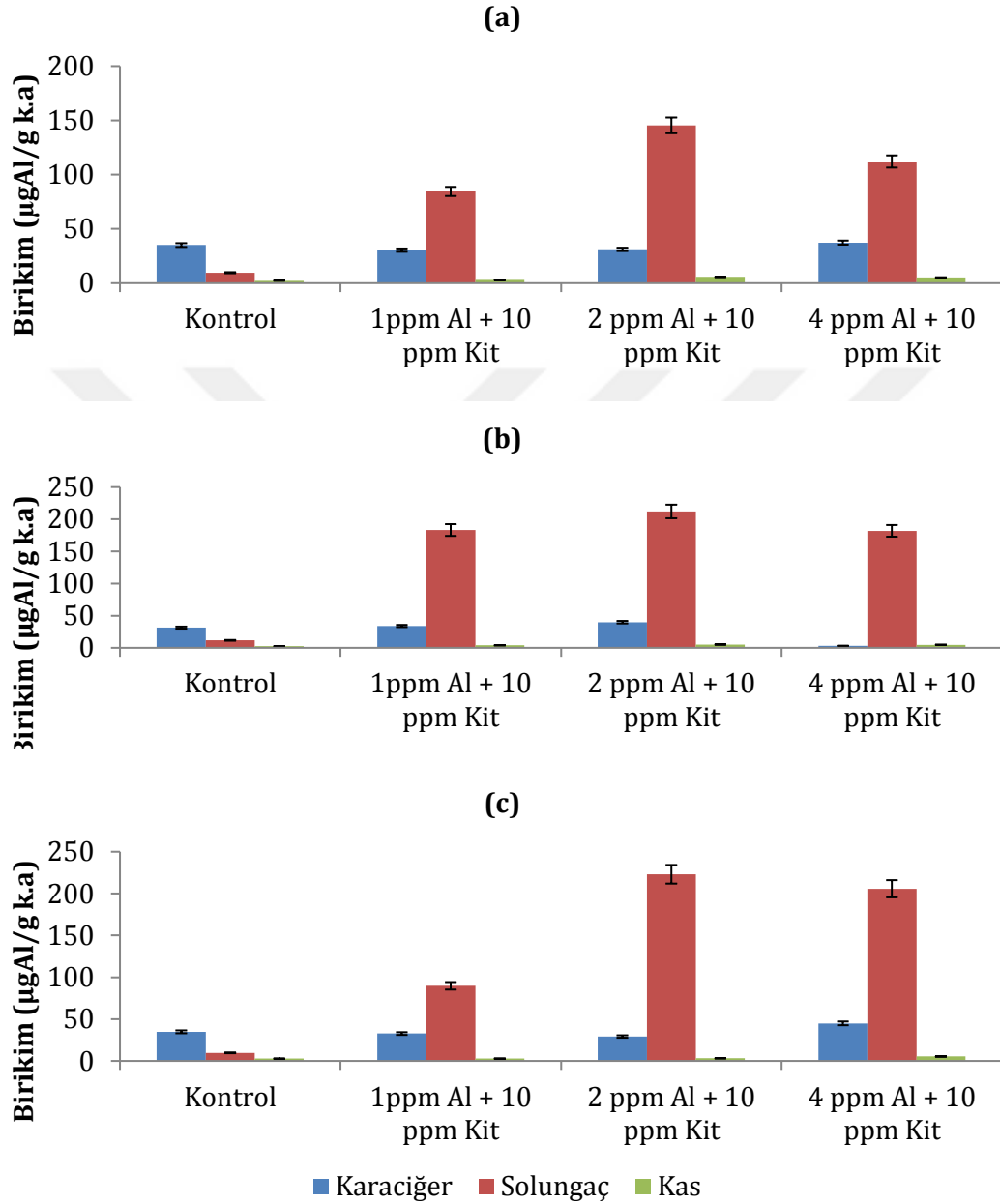
Belirli bir derişimde Al' un Kitosan ile birlikte etkisinde incelenen doku ve organlarda süreye bağı alüminyum birikimi Şekil 4.3.' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 3. Belirli bir derişimde Al Kitosan Karışımının etkisinde *O. niloticus*' un doku ve organlarında süreye bağı metal birikim ($\mu\text{g/g k.a.}$) düzeyleri a) 1ppm Al+10 ppm Kitosan b)2 ppm+10 ppm Kitosan Al c)4 ppm Al +10 ppm Kitosan

Al' un en düşük ortam derişimi ile kitosan karışımının etkisinde solungaç dokusu Al düzeyi 14. günde pik yaparken, diğ derişimlerin karışım ile birlikte etkisinde süreye paralel olarak artış göstermiştir ($P<0,05$). Al' un belirlenen derişimlerinin Kitosan ile birlikte etkisinde kas ve karaciğer dokularındaki metal birikimi süreler arasında önemli bir farklılık göstermemiştir ($P>0,05$).

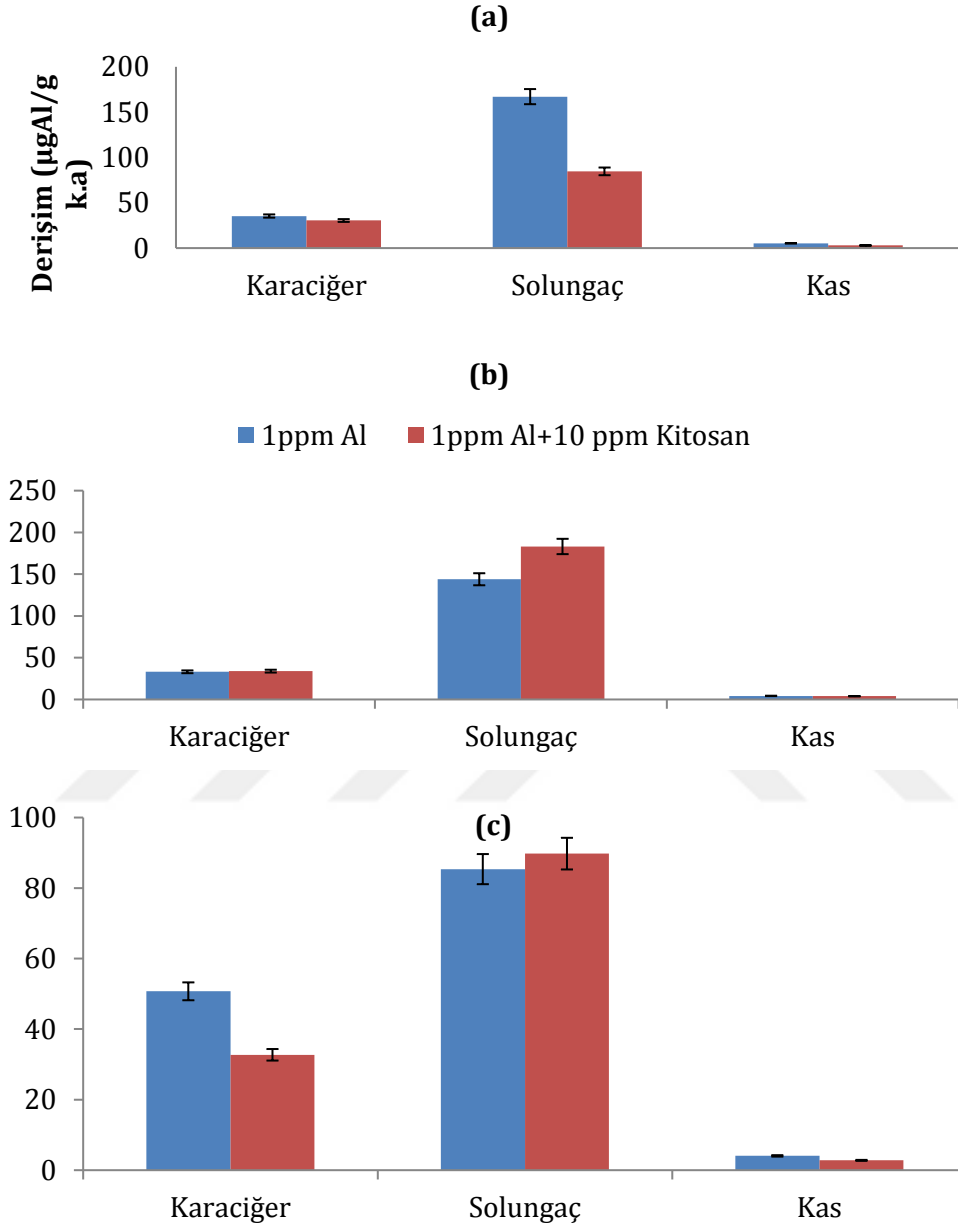
Belirli bir sürede, Al' un 1, 2 ve 4 ppm' lik ortam derişimlerinin 10 ppm derişimindeki Kitosan ile birlikte etkisinde kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal birikim düzeyleri Şekil 4.4.' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 4. Belirli bir sürede *O. niloticus*' un doku ve organlarında Al Kitosan Karışımının derişimine bağı metal birikim (µg/g k.a.) düzeyleri a) 7. gün b)14. gün c)21. gün

Belirlenen sürelerin her birinde, solungaç dokusunda, Al' un 2 ppm' lik ortam derişiminin kitosan ile birlikte etkisinde diğer derişimlere oranla metal birikimi üst seviyeye çıkmıştır. 14. günde Al' un yüksek derişiminin kitosan ile birlikte etkisinde karaciğer dokusundaki metal birikimi diğer gruplara göre önemli düzeyde düşüş göstermiştir (P<0.05).

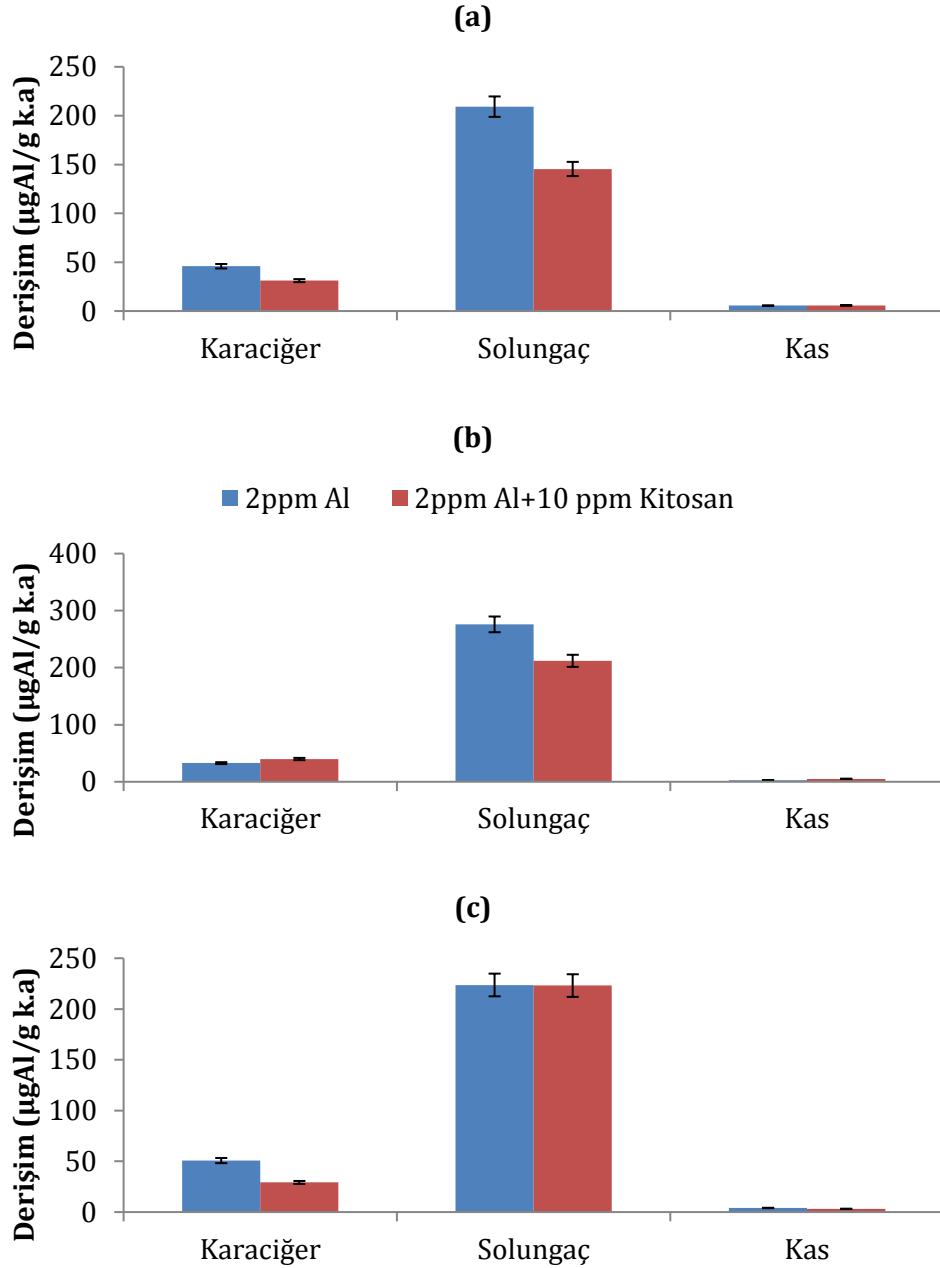
Al' un 1.0 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 10 ppm kitosan ile birlikte etkisinde incelenen dokulardaki Al birikimi Şekil 4.5.' de karşılaştırılmıştır.



Şekil 4. 5. Belirli bir sürede, Al' un 1.0 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 10 ppm Kitosan ile birlikte etkisinde *O. niloticus*' un doku ve organlarındaki metal birikim (µg Al/g k.a) düzeyleri a) 7. Gün, b) 14. Gün c) 21. Gün

7. günde incelenen tüm dokularda metalin tek başına etkisi karışıma göre doku metal derişimini arttırmıştır. Etkide kalma süresinin uzamasına bağlı olarak solungaç dokusu metal derişimi karışım etkisinde Al' un tek başına etkisine oranla artarken, kas ve karaciğer dokularında metalin tek başına etkisinde karışıma oranla derişim yüksek bulunmuştur (P<0,05).

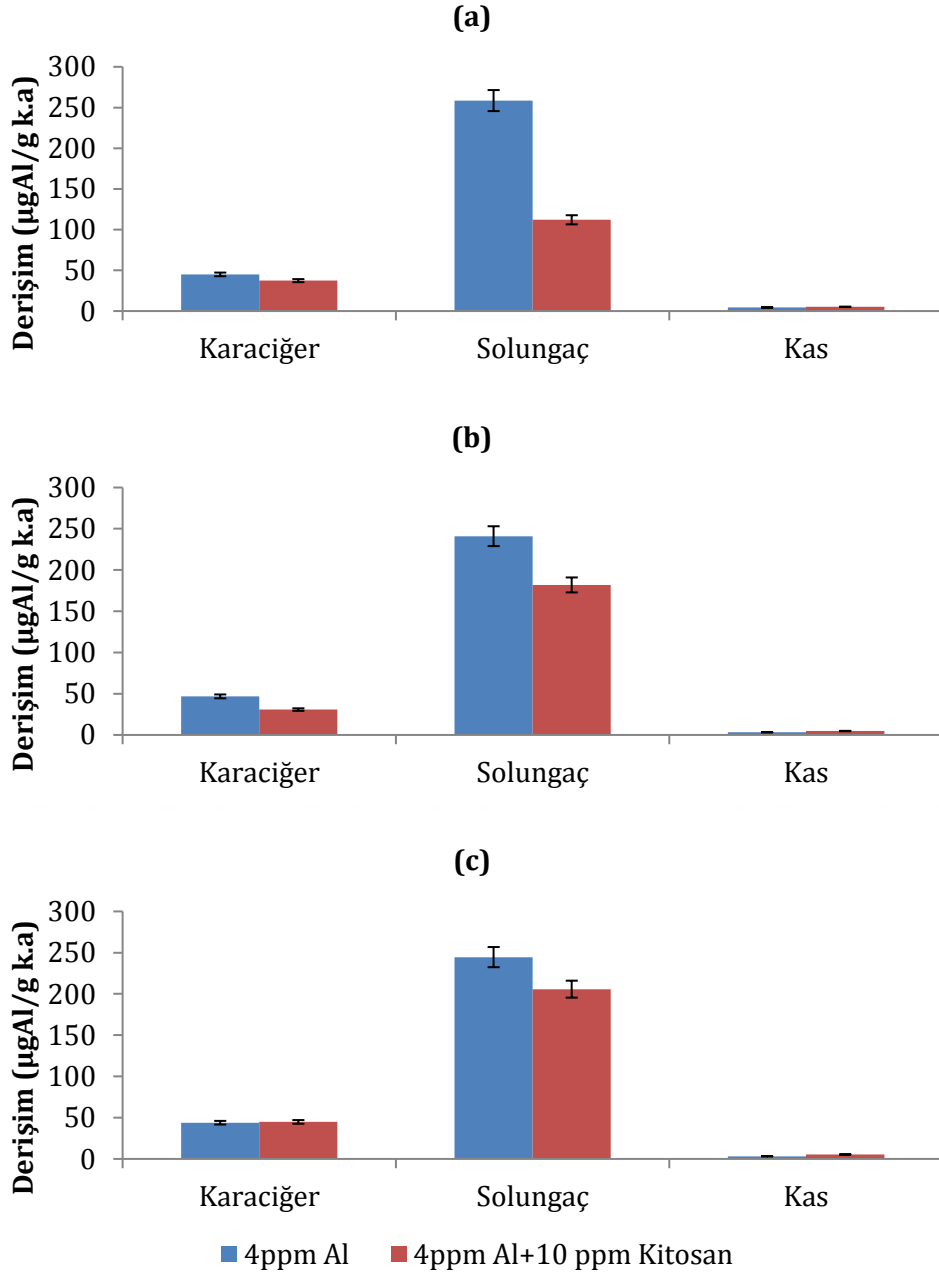
Al' un 2 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 10 ppm kitosan ile birlikte etkisinde kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal birikimlerinin karşılaştırılması Şekil 4.6.' da gösterilmiştir.



Şekil 4. 6. Belirli bir sürede, Al' un 2.0 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 10 ppm Kitosan ile birlikte etkisinde *O. niloticus*' un doku ve organlarındaki metal birikim (µg Al/g k.a) düzeyleri a) 7. Gün, b) 14. Gün c) 21. Gün

Al' un 2 ppm' lik ortam derişiminin tek başına etkisinde incelenen dokulardaki metal derişimleri, karışımın etkisine oranla yüksek bulunmuş ancak deneylerin 14. gününde karaciğer dokusunda karışım etkisinde doku metal derişimi, metalin tek başına etkisine oranla yüksek, 21. gününde ise solungaç dokusunda dengelendiği belirlenmiştir.

Al' un 4 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 10 ppm kitosan ile birlikte karışımının 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde incelenen dokulardaki metal birikim düzeylerinin karşılaştırılması Şekil 4.7.' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 7. Belirli bir sürede, Al' un 4.0 ppm' lik ortam derişiminin tek başına ve 10 ppm Kitosan ile birlikte etkisinde *O. niloticus*' un doku ve organlarındaki metal birikim (µg Al/g k.a) düzeyleri a) 7. Gün, b) 14. Gün c) 21. Gün

Al' un incelenen en yüksek ortam derişiminin tek başına etkisi, kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki metal birikimini karışımın etkisine oranla arttırmıştır ($P < 0,05$). Deney süresi sonunda karaciğer dokusundaki metal birikimi bakımından Al' un tek başına ve Kitosan ile birlikte etkisi arasında istatistiksel olarak önemli bir ayrım gözlenmemiştir ($P > 0,05$).

Balıklarda ağır metallerin mortalite üzerine etkisi, metale, türe, süreye ve şelatöre bağlı olarak değişim gösterse de Cu, Zn, Fe, Mn gibi iz elementler belirli bir derişim aralığı üzerinde, Cd, Pb, Hg gibi toksik elementler ise çok düşük derişimlerde de mortaliteye neden olabilmektedirler. *C. punctatus*' da Al' un 0.001M' lık derişiminin 60 gün süreyle etkisinde, 30. günde ölümler gözlenmeye başlamış, 60 günlük deney süresi sonunda ise %80' nin öldüğü saptanmıştır [19]. Yine aynı araştırmada Al' un 0.001M' lık derişimde Florür ile birlikte etkisi 96 saatte tüm balıklarda mortaliteye neden olurken, Fosfat, Tartarat ve Sitrat gibi katyonlarla birlikte etkisinin, Al' un tek başına etkisinde gözlenen mortalite oranını düşürdüğü bildirilmiştir [19]. *T.zillii*' de Cd' un 0.1 ve 1.0 ppm' lik ortam derişimlerinin 30 gün süreyle etkisinde balıklarda mortalite gözlenmezken, belirli bir derişim aralığı üzerinde mortalitenin hızla arttığı belirlenmiştir [18].

Son yıllarda atık su arıtma tesislerinde ve sucul ekosistemlerde kirleticilerin uzaklaştırılmasında kullanılan şelatörlerde belirli bir derişim aralığı üzerinde mortaliteye neden olmaktadır. Jüvenil *S. salar*' da Al' un 45 µg/L ortam derişiminin bir hafta süreyle etkisi yüksek düzeyde ölüme neden olurken [22], *O. mykiss* jüvenillerinde Al' un belirtilenden çok daha yüksek derişiminin 96 saat süreyle etkisinin %50 oranında mortaliteye neden olduğu saptanmıştır [23]. *Oreochromis mossambicus*' da sentetik bir şelatör olan EDTA' nın 0.5g/l' den yüksek derişimlerdeki etkisi mortaliteye neden olmuştur [47]. *O. mykiss*' de kitosan' ın 0.038, 0.075 ve 0.75 ppm' lik derişimlerdeki etkisi bir haftalık süreç içerisinde mortaliteye neden olurken, 0.019 ppm' lik derişiminin etkisinde ancak 14. günde mortalite gözlenmiştir [48]. *O. niloticus* ile yürütülen bu araştırmada da Al' un incelenen 1, 2 ve 4 ppm' lik derişimlerinin belirlenen süreler etkisinde balıklarda mortalite gözlenmemiştir. Belirlenen süre ve derişimlerin etkisinde mortalitenin gözlenmemesinin, Al ve kitosan' ın incelenen derişimlerinin, 7, 14 ve 21 günlük sürelerde anılan tür için letal etkili olmamasından kaynaklanabileceği olasıdır.

Balıklar, ağır metallerin etkisine başlangıçta yaşam ortamlarını ve davranışlarını değiştirerek tepki gösterirler. Çeşitli balık türleri ile laboratuvar koşullarında yürütülen araştırmalarda, ağır metal etkisinin başlangıcında balıkların operkulum hareketlerinde artış, besin almama, akvaryum yüzeyine yönelme gibi davranış değişiklikleri gösterdikleri, etkide kalma süresinin uzaması ile bu değişikliklerin normale döndüğü gözlenmiştir [49]. *O. mykiss* jüvenillerinde pH 5.2' de Al' un 30 mg/l' lik derişiminin 7 gün süreyle etkisinin balıkların yüzme performansını %30 oranında düşürdüğü, 3.8 µg/l' lik derişiminin ise yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğuna neden olduğu, balıklar metal içermeyen ve pH' ı 6.5 olan ortama alındıklarında dahi bu davranış değişikliğinin devam ettiği belirlenmiştir [24].

B. rerio ile yürütülen bir araştırmada Al' un 96 saatlik LC₅₀ derişimlerinin etkisinde yüzme hareketlerinde dengesizlik, operkulum hareketlerinde artış, gibi davranış değişiklikleri saptanmıştır [50].

Materyal olarak *O. niloticus*' un kullanıldığı bu araştırmada da Al' un 1, 2 ve 4 ppm' lik ortam derişimlerinin tek başına ve 10 ppm derişimdeki kitosan ile birlikte etkisinin başlangıcında balıklarda besin almama, akvaryum yüzeyine yönelip akvaryumdan dışarı atlama girişimi, akvaryum tabanında hareketsiz kalma, operkulum hareketlerinde artış, dorsal yüzgeçlerde dikleşme, vücut renginde koyulaşma, vücut yüzeyinin mukusla kaplanması gibi çeşitli davranış ve morfolojik değişikliklerinin meydana geldiği gözlenmiş, etkide kalma süresinin uzaması ile bu değişikliklerin normale döndüğü belirlenmiştir. Metal etkisinin başlangıcında balıkların davranışında gözlenen bu değişiklikler, ortama ağır metal ilavesi ile değişen koşullara karşı balığın gösterdiği tepki ile açıklanabileceği gibi, etkide kalma süresinin uzamasına bağlı olarak normale dönmesi ise değişen bu ortam koşullarına uyum ile açıklanabilir.

Sucul ortamlarda ağır metaller, balıklar tarafından solungaçlar, vücut yüzeyi yada sindirim sistemi aracılığı ile ortamdan vücuda alınır ve kan yolu ile doku ve organlara taşınır. Atımları ise anılan organlara ilaveten böbrekler aracılığı ile olur [51]. Belirli bir sürede metal atılımı, alınım oranla yavaş yada önemsenmeyecek düzeyde olursa doku ve organlarda metal birikimi artar. Akuatik organizmalarda ağır metal birikimi, alınım, eliminasyon, depolama ve transformasyon gibi bir seri olayın etkisi ile kümülatif bir durum gösterir. Bu doku birikimi homeostatik mekanizmalarla regüle edilmeye çalışılır, ancak alınım kaynağındaki (su, besin) ağır metal derişimi yüksek ise bu mekanizmalar devre dışı kalır ve toksisite kendini gösterir [52].

Balıklarda ağır metal birikimi, çeşitli faktörlere bağlı olarak değişim gösterdiği gibi, doku ve organa bağlı olarak değişim gösterir. Solungaç, karaciğer ve böbrek gibi metabolik bakımdan aktif doku ve organlar yüksek derişimlerde metal biriktirirler [49].

Akuatik organizmalarda solungaçlar, solunum, ozmoregülasyon gibi yaşamsal olaylarda işlev gördüğü gibi, doğrudan doğruya ortam ile etkileşim halinde olması nedeniyle toksik maddeler için başlıca hedef organı oluşturur [53]. Çeşitli balık türleri ile laboratuvar koşullarında yürütülen araştırmalarda ağır metal etkisinin, solungaç epitel hücrelerinde hiperplasi, hipertropi ve proliferasyon gibi yapısal değişikliklere, mukus salgılamasını arttırarak solungaç yüzeyinin mukus ile kaplanmasına, dolayısıyla doku düzeyinde hipoksiyaya, Na⁺/K⁺ATPaz aktivitesini inhibe ederek elektrolit düzeyinde değişikliklere neden olduğu saptanmıştır [54-56]. Al, etkisinin de balıklarda solungaç yüzeyi ile solungaç epitelinde birikerek, aktif iyon alınımını inhibe ettiği, solungaç epitelindeki bağlanma bölgelerinde Ca ile

yer değiştirerek sıkı bağlantı bölgelerinin zayıflamasına dolayısıyla solungaç permeabilitesinde artışa neden olduğu belirlenmiştir [21].

C. punctatus' da Al' un 0.001 M' lik ortam derişiminin tek başına ve organik-inorganik anyonlarla birlikte 60 gün süreyle etkisinde, doku ve organlardaki birikimi incelenmiş, solungaç dokusundaki Al birikiminin, diğer doku ve organlara göre daha yüksek olduğu ortaya konmuştur [19]. *C. carpio* türü balıklar, AlCl₃ 6.H₂O ve Al₂ (SO₄)₃ 18.H₂O' nun 2, 4 ve 8 ppm' lik derişimlerinin tek başına ve EDTA, NTA ile birlikte 24 ve 48 saat sürelerle etkisinde bırakılmış, deney süresi sonunda solungaç dokusundaki Al birikiminin diğer doku ve organlarda 1.5-8.9 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir [29].

O. niloticus ile yürütülen bu araştırmada da Al' un 1, 2 ve 4 ppm' lik derişimlerinin tek başına ve 10ppm derişimdeki kitosan ile birlikte etkisinde en fazla Al birikimi incelenen dokular arasında solungaç dokusunda olmuştur. Al birikiminin en fazla solungaç dokusunda olması; solungaçların doğrudan doğruya Al içeren ortam ile etkileşim halinde olması ve metal etkisi sırasında koruma amaçlı solungaçlardan salınan mukusun, siyalik asit rezidülerinden dolayı negatif yüklü olması nedeniyle pozitif yüklü Al' un mukusa bağlanarak solungaç yüzeyinde presipite olması ile açıklanabilir. Ayrıca Al etkisinde kandaki CO₂ artışına bağlı asidozis, amonyumdan amonyak oluşumu artırır ve solungaçlardan fazla miktarda amonyak salınımına neden olur. Bu salınım sırasında solungaç mikro ortamının pH' sı değişir ve Al' un solungaç yüzeyindeki presipitasyonu dolayısıyla birikimi de artar.

Balıklarda karaciğer, toksik etkili kimyasalların detoksifiye edilerek zararsız hale getirildiği, bir organ olduğu gibi, alınan besinlerin temel besin bileşenlerine dönüştürüldüğü, kanın pıhtılaşması, ozmotik basınç ve pH' ın normal düzeyde tutulmasında işlev gören plazma proteinleri ile steroid hormonların öncüsü olan kolesterolün başlıca sentezlendiği organdır [57].

C. catla, *L. rohita* ve *C. mrigala*[8]ve *C. marulius*, *M. seenghala* ve *W. attu*[1]ile yürütülen araştırmalarda balıklar Al' un 96 saatlik LC₅₀ derişimlerinin akut etkisine bırakılarak kemik, solungaç, bağırsak, böbrek, karaciğer, pul, deri ve kas dokularındaki Al birikim düzeyleri incelenmiş, Al' un incelenen bütün türlerde en fazla karaciğerde birikirken, en az kas dokusunda biriktiği saptanmıştır. *B. rerio'* da Al' un 5.69 ve 17.08 ppm' lik subletal derişimlerinin 7, 14, 21 ve 28 gün sürelerle etkisinde doku ve organlardaki Al birikim düzeyleri incelenmiş, Al birikimi bakımından doku ve organlar arasında Karaciğer> Solungaç>Kas ilişkisi belirlenmiştir. Solungaç dokusundaki Al birikiminin, her iki derişimin etkisinde başlangıçta artış gösterirken, 28. günde belirgin bir şekilde düştüğü gözlenmiştir. *O. niloticus* ile yürütülen bu araştırmada da Al' un, 1,2 ve 4 ppm' lik ortam derişimlerinin tek başına 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinde solungaç dokusundan sonra en yüksek birikimin karaciğer dokusunda olduğu saptanmıştır. Karaciğer dokusundaki bu birikimin, karaciğerin, metabolik bakımdan aktif,

toksik etkili maddelerin detoksifiye edildiği, Metallothionein ve Glutasyon gibi metal bağlayıcı proteinlerin başlıca sentez yeri olmasından kaynaklanabilir. *O. niloticus*' da karaciğer dokusundaki Al birikiminin solungaç dokusuna oranla düşük düzeyde olması ise etkide kalma süresinin kısa olması ile açıklanabilir.

Balıklarda kas dokusu, metal birikimi ve metabolik bakımdan aktif bir doku olmamasına karşın, başlıca tüketilebilir kısmı oluşturduğundan, dolayısıyla metalin besin zinciri aracılığı ile insana kadar taşınmasında işlev gördüğünden, kas dokusundaki ağır metal birikim düzeylerinin incelenmesi, gerek çevre gerekse insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

T.zillii ile laboratuvar koşullarında yürütülen bir araştırmada, balıklar Cu, Zn, Pb ve Cd' un 1.0ppm' lik ortam derişiminin etkisinde 10 gün süreyle bırakılarak, karaciğer, solungaç, kas ve beyin dokularındaki birikim düzeyleri incelenmiştir. Analizler sonucunda incelenen tüm metallerin belirlenen süre ve derişim etkisinde en düşük düzeyde kas dokusunda biriktikleri saptanmıştır [58]. Cu ve Cd' un subletal derişimlerinin tek başına ve birlikte 15 gün süreyle etkisinde bırakılan *O. niloticus* türü balıklarda metallerin gerek tek başına gerekse birlikte etkisinde solungaç, karaciğer, böbrek dokularına oranla en az kas dokusunda biriktikleri belirlenmiştir [59]. *Gadus moruha*' da Hg' nin besin yolu ile etkisinde öncelikle karaciğerde biriktiği, kas dokusundaki birikimin ise etkide kalma süresindeki artışa paralel olarak gerçekleştiği gözlenmiştir [60]. *B. rerio*' da Al' un subletal derişimlerinin 7,14,21 ve 28 gün sürelerle etkisinde karaciğer ve solungaç oranla kas dokusunda düşük düzeyde biriktiği saptanmıştır. *O. niloticus* ile yürütülen bu araştırmada da Al' un incelenen derişimlerinin belirlenen sürelerde tek başına ve kitosan ile birlikte etkisinde kas dokusunda düşük düzeyde biriktiği belirlenmiştir. Bu durum birikim açısından etkide kalma süresinin kısa olması ve kas dokunun birikim açısından aktif bir doku olmaması ile açıklanabilir.

Toksik etkili kimyasalların sucul ortamlardan uzaklaştırılmasında çeşitli yöntemler kullanılmakta olup, adsorbsiyonda bunlardan birini oluşturur. Bu yöntemde suda çözünmüş katı, sıvı yada gaz maddelerin, bir adsorbanın yüzeyine tutturulması esastır. Kitosanda ağır metaller için güçlü bir adsorban olup, adsorban özelliği amino gruplarının içerdiği azot atomlarından kaynaklanmaktadır [15].

O. mykiss' de kitosan' ın 0.038, 0.075 ve 0.75 ppm' lik derişimlerdeki etkisinde 7 günden kısa bir sürede tüm balıklarda mortaliteye neden olurken [48], *O. niloticus*' da 10mg/l derişimde Cd ile birlikte 7, 15 ve 30 gün süreyle etkisinde mortalite gözlenmemiştir [36]. *O. niloticus* ile yürütülen bu araştırmada da Al' un belirlenen derişim ve sürelerde 10 ppm derişimdeki kitosan ile birlikte etkisinde balıklarda ölüm gözlenmemiştir.

T.zillii türü balıklar, Cd' un 0.1 ve 1.0 ppm' lik ortam derişimlerinin tek başına ve EDTA ile birlikte etkisinde 30 gün süreyle bırakılmış, tek başına Cd etkisi, solungaç, karaciğer ve kas

dokularında metal birikimi ile sonuçlanırken, EDTA ile birlikte etkisinin, metalin tek başına etkisine oranla dokulardaki Cd birikimi solungaçlarda %85, karaciğerde %77, kas dokusunda ise %51 oranında azalttığı saptanmıştır [18]. *C. carpio*' da Al' un 2, 4 ve 8 ppm' lik ortam derişimlerinin tek başına ve EDTA, NTA ile birlikte 48 saat süreyle etkisinde iç organlar, solungaç ve diğer kısımlardaki birikim düzeyleri incelenmiş, Al' un tek başına belirlenen süre ve derişimlerdeki etkisi doku Al birikimini arttırmış, EDTA ve NTA ile birlikte etkisi ise Al' un tek başına etkisine oranla iç organlardaki Al birikimini sırasıyla %23-42; %12-43, solungaçlardaki Al birikimini %64-95; %47-95, diğer kısımlardaki Al birikimini ise %53-74; %57-76 oranında azalttığı belirlenmiştir [29].

C. mrigala' da Al' un subletal derişimlerinin tek başına ve DFO, DFP ile birlikte 14, 15, 30, 60 ve 90 gün sürelerle etkisinde kas, solungaç, böbrek, beyin ve karaciğer dokularındaki birikim düzeyleri araştırılmış, Al' un tek başına etkisi incelenen doku ve organlardaki metal birikimini kontrole göre arttırırken, DFO ve DFP ile birlikte etkisinin Al' un tek başına etkisindeki doku birikimine oranla metal birikimini azalttığı saptanmıştır [39].*O. niloticus* ile laboratuvar koşullarında yürütülen bir araştırmada balıklar, 7, 14 ve 21 gün sürelerle Al' un 0.1, 1.0 ve 10 ppm' lik derişimlerinin tek başına ve Ca ile birlikte etkisine bırakılmış, doku Al birikimi incelenmiştir. Belirlenen süreler sonunda en yüksek Al birikimi böbrek dokusunda olurken bunu solungaç, karaciğer ve kas dokularının izlediği, ortamda Ca mevcudiyetinin dokulardaki Al birikimi azalttığı ortaya konmuştur [30].

O. niloticus ile yürütülen bu araştırmada da Al' un 1, 2 ve 4 ppm' lik ortam derişimlerinin tek başına ve 10 ppm derişimindeki kitosan ile birlikte etkisi solungaç, karaciğer ve kas dokularında Al birikimi ile sonuçlanmış, Al' un kitosan ile birlikte etkisi, incelenen doku ve organlardaki metal birikimini Al' un tek başına etkisindekine oranla azalttığı belirlenmiştir. Al' un kitosan ile birlikte etkisinde incelenen doku ve organlardaki metal birikiminde gözlenen düşme, Kitosanın, Al iyonları ile kompleks oluşturarak molekül büyüklüğünü arttırıp, balık tarafından alınımını engellemesinden kaynaklanabileceği olasıdır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Laboratuvar koşullarında yürütölen bu araştırmada, bir tatlı su balığı olan *O. niloticus*' da Al' un 1, 2 ve 4 ppm' lik ortam derişimlerinin tek başına ve 10 ppm derişimindeki kitosan ile birlikte etkisinde, karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki Al birikimi incelenmiş, söz konusu adsorbanın Al toksisitesi üzerine koruyucu etkisinin olup olmadığı ortaya konmuştur.

Al' un tek başına ve Kitosan ile birlikte belirlenen süre ve derişimlerdeki etkisi balıklarda ölüme neden olmazken, dokularda metal birikimi ile sonuçlanmış, en fazla birikim solungaç dokusunda olurken en az birikimin kas dokusunda olmuştur.

Al' un kitosan ile birlikte etkisi, incelenen doku ve organlarda Al' un tek başına etkisine oranla metal birikimini azaltmıştır. Bu sonuçlar, biyoadsorban olan kitosan' ın sucul ekosistemlerde Al' un akuatik organizmalardaki birikimi ve toksik etkilerini önlemede kullanılabileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- [1]Sidra, A., Javed, M., Khaif, H. A., Rahman, K., Toxicity and bioaccumulation of metals (Al and Co) in three economically important carnivorous fish species of Pakistan, International Journal Agriculture & Biology 2018, 20(5),1123-1128.
- [2]Arslan, H., Gül, A. ve Yılmaz, M., Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı' nda yaşayan *Leuciscus cephalus* (L.1758)' un böbrek ve gonadlarında ağır metal birikimi, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi 2007, 27(3), 197-210.
- [3]Kayhan, F.E., Muşlu, M.N. ve Koç, N.D., Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar, Journal of Fisheries and Sciences 2009, 3(2), 153-162.
- [4]Abbasi, E., Khayatzadeh, J.,Histological and Histochemical Study Of Gill Development İn Early Larval Stages Of The Beluga (*Huso huso*),Scientific-Research Iranian Veterinary Journal 2012, 8, 2(34), 50-57.
- [5]Wood, C. M., Farrel A. P., Brauner, C. J., Homeostasis and Toxicology of Non-Essential Metals, 1st ed., 31B, Elsevier Inc.:USA, 2012.
- [6]Natarajan, N., Anandha Moorthy, A., Sivakumar, R., Manojkumar, M., Suresh, M., Dry Sliding Wear and Mechanical Behavior of Aluminium/Fly ash/Graphite Hybrid Metal Matrix Composite Using Taguchi Method, International Journal of Modern Engineering Research (IJMER) 2012, 2(3), 1224-1230.
- [7]Magee, J. A., Obedzinski, M., Mc Cormick, S. D., Kocik, J. F., Effects of episodic acidification on Atlantic Salmon (*Salmo salar*) smolts. can. J. Fish. Aquaculture Science 2003, 60, 214-221.
- [8]Azmat, H., Javet, M., Jabeen, G., Acute toxicity of aluminium to the fish (*Catla catla*, *Labeo rohita* and *Cirrhina mrigala*), Pakistan Veterinary Journal 2012, 32(1), 85-87.
- [9]Sarnowski, P., The effect of metals on yolk sac resorption and growth of slarved and fed common carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae, Acta Scientiarum Polonorum Pisvaria 2003, 2, 227-236.
- [10]Authman, M.M.N., Environmental and experimental studies of aluminium toxicity on the liver of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fish, Life Science Journal 2011, 8(4), 764-776.
- [11]Sandler, K., Lynam, S., Some effects on the growth of Brown Trout from exposure to aluminium at different pH levels, Journal of Fish Biology 1987, 31, 209-219.
- [12]Camargo, M.M.P., Fernandes, M. N., Martinez, C.B.R., How aluminium exposure prometes osmoregulatory disturances in the neotropical freshwater fish *Prochilus lineatus*, Aquatic Toxicology 2009, 94, 40-46.
- [13]Dautremepuits, C., Betoulla, S., Palasius, P. S., Vernet, G., Humoral immun faktors modulated by copper and chitosan in healthy or Parasitised Carp (*Cyprinus carpio* L.) by *Ptychobotrium* sp. cestoda, Aquatic Toxicology 2004, 68, 325-338.

- [14]Esteban, M. A., Cuesta, A., Ortuno, J., Meseguer, J., Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin on Gilthead Seabream (*Sparus aurata* L.) innate immun system, Fish Shellfish Immunology, 2001, 11, 303-315.
- [15]Qin, C., Du, Y., Zong, L., Zeng, F., Liu, Y., Zhou, B., Effect of hemicellulase on the molecular weight and structure of chitosan, Polymer Degredation and Stability 2003, 80, 435-441.
- [16]Tulasi, S. J., Reddy, P. U. M., Romano-Rao, J. V., Accumulation of lead and effects on total lipids on lipid derivatives in the freshwater fish *Anabas testudineus* (Bloch), Ecotoxicology and Environmental Safety 1992, 23, 33-38.
- [17]Flos, R., Caritat, A., Alasch, J., Zinc content in organs of dogfish (*Scyliorhinus canicula* L.) subjectd to sulethal experimental aquatic zinc pollution, Comp Biochem Physiology, 1979, 64(C), 77-81.
- [18]Kargin, F.,Elimination of Cadmium from Cd-Contaminated *Tilapia zilli* in Media Containing EDTA and Freshwater: Changes in Protein Levels, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 1996, 57(2), 211-216.
- [19]Rao, T. V. R. K., Kumar, A., Effect of someinorganic and organic anions on aluminium toxicity to a fresh water fish, *Channa punctatus*, European Journal of Experimental Biology 2014, 4(4), 126-130.
- [20]Tunçsoy, M., Duran, S., Ay, Ö., Cıcık, B., Erdem, C., Accumulation of copper in gill, liver, spleen, kidney and muscle tissues of *Clarias gariepinus* exposed to the metal single and in Mixture with Chitosan, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 2016, 97(4), 486-489.
- [21]Monette, M. Y., Bjornson, B. T., McCormick, S. D., Effects of short-term acid and aluminium exposure on the parr-smolt transformation in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) disruption of seawater tolerance and endocrine status, General and Comparative Endocrinology. 2008, 158, 122-130.
- [22]Kroglund, F., Rosseland, B. O.i Teien, H. C., Salbu, B., Kristensen, T., Finstad, B., Water Quality limits for Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) exposed to short term reductions in pH and increased aluminun simulating episodes hydrol, Earth System Science 2008, 12, 491-507.
- [23]Freeman, R. A., Everhart, W. H., Toxicity of aluminum hydroxide complexes in neutral and basic media to Rainbow trout, Transactions of theAmerican Fisheries Society 1971, 100, 644-658.
- [24]Rod, W., Wood, W.,Wood, M. C., Swimming performance, whole body ions, and gill Al accumulation during acclimation to sublethal aluminium in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Fish Physiology and Biochemistry 1992, 10(2), 149-159.

- [25]Klaprat, D., A., Brown, S. B., Hara, T. J., The effect of low pH and aluminum on the olfactory organ of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Environmental Biology of Fishes 1988, 22-69
- [26]Anandhan, R., Hemalatha, S., Acute toxicity to aluminium to Zebra Fish, *Brachydanio rerio* (Ham.), The Internet Journal of Veterinary Medicine 2008, 7(1), 1-5.
- [27]Jaishankar, M., Mathew, B. B., Shah, M. S., Gowda, K. R. S., Biosorption of few heavy metal ions using agricultural wastes, Journal of Environment Pollution and Human Health 2014, 2(1), 1-6.
- [28]Muramoto, S., Elemination of copper from Cu-contaminated fish by longterm exposure to EDTA and freshwater, Journal of Environmental Science and Health 1983, A18(3): 455-461.
- [29]Muramoto, S., Influence of complexans (NTA, EDTA) on the toxicity of aluminum chloride and sulphate to fish at high concentrations, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1981, 27(2), 221-226.
- [30]Çoğun, H.Y. ve Uras, G.,*Oreochromis niloticus* dokularında alüminyum toksisitesi üzerine kalsiyumun koruyucu etkisi, Ege Journal of Fisheriesand Aquatic Science 2012, 29(1), 41-47.
- [31]Çoğun, H. Y., Şahin, M., The effect of zeolite on reduction of lead toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*,1758), Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 2012, 18(1), 135-140.
- [32]Anandhan, R., Hemalatha, S., Bioaccumulation of aluminium in selected tissues of zebra fish *Brachydanio rerio*, Nature Environment and Pollution Technology 2009, 8(4), 751-753.
- [33]Hadi, A.A., Alwan S.F., Histopathological changes in gills, liver and kidney of fresh water fish, *Tilapia zillii*, exposed to aluminum, International Journal of Pharmacy&Life Sciences 2012, 3(11), 2071-2081.
- [34]Poléo, A.B.S., Østbye, K., Øxnevad, S.A., Andersen, R.A., Heibo, E., Vøllestad, L.A ., Toxicity of acid aluminium-rich water to seven freshwater fish species: A comparative laboratory study, Environmental Pollution 1997, 96(2), 129-139.
- [35]Tunçsoy, M., Duran, S., Ay, Ö., Cıçık, B., Erdem, C., Effects of copper and lead applied singly and in mixture with chitosan on some sera parameters of *Clarias gariepinus*, FreseniusEnvironmental Bulletin 2015, 24(9a), 3029-3034.
- [36]Çiftçi, N., Özbay, T., Karayakar, F., Ay, Ö., Karaytuğ, S., Cıçık, B.,Effects of cadmium and cadmium-chitosan mixture on some blood parameters of *Oreochromis niloticus*, Journal of Biological Environmental Science 2013, 7(21), 169-175.
- [37]Dautremepuits, C., Betoulle, S., Paris-Palacios, S., Vernet, G., Immunology-Related perturbations induced by copper and chitosan in Carp (*Cyprinus carpio* L.), Archives of Environmental Contamination and Toxicology 2004, 47(3), 370-378.

- [38]Kablan, B., Klinoptilolit' in *Cyprinus carpio*' nun doku ve organlarındaki bakır birikimi üzerine etkisi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi,
- [39]Sivakumar, S., Khatiwada, C. P., Aluminum and the effects of chelating agents in gill and kidney tissues of *Cirrhinus mrigala*, International Research Journal of Pharmacy 2012, 3(7), 221-226.
- [40]James, R., Effects of zeolit on reduction of cadmium level in water and improvement of haematological parameters in *Oreochromis mossambicus* (Peters), Indian Journal of Fisheries, 2000, 47(1), 29-35.
- [41]Alstad, N. E. W., Kjelsberg, B. M., Vollestad, L. A., Lydersen, E., Poleo, A. B.S., The significance of water ionic strength on aluminium toxicity in brown trout (*Salmo trutta*), Environmental Pollution 2005, 133, 333-342.
- [42]Baker, J. P., Schofield, C. L., Aluminum Toxicity to Fish in Acidic Waters. In: Martin H. C. Long-Range Transport of Airborne Pollutants. USA, 1982; p 289
- [43]Tepe, Y., Akyurt, İ., Ciminli, C., Mutlu, E., Çalışkan, M., Protective effect of clinoptilolite on lead toxicity in common carp *Cyprinus carpio*, Fresenius Environmental Bulletin, 2004, 13(7), 639-642
- [44]Witters, H. E., Vangenechten, J. H. D., Van Puymbroeck, S., Vanderborcht, O. L. S., Ionregulatory and haematological responses of Rainbow Trout *Salmo gairdneri* richardson to chronic acid and aluminum stress, Annals of the Royal Society of Zoology, Belgium 1987, 117, 411-420.
- [45]Bjerknes, V., Fyllingen, I., Holtet, L., Teien, H.C., Rosseland, B. O., Kroglund, F., Aluminium in acidic river water causes mortality of farmed atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norwegian Fjords, Marine Chemistry 2003, 83, 169-174.
- [46]Rholf, J. F., Sokal, R. R., Statistical Tables. W. H. Freeman and Company, Son Francisco, 253pp.
- [47]James, R., Sampath, K., Selvamani, P., Effect of EDTA on reduction of copper toxicity in *Oreochromis mossambicus* (Peters), Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 1998, 60(3), 487-493.
- [48]Bullock, G., Blazer, V., Tsukuda, S., Summerfelt, S., Toxicity of acidified chitosan for cultured Rainbow Trout *Onchorinchus mykiss*, Aquaculture 2000, 185, 273-280.
- [49]Cicik, B., Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio* L.)' nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri, Ekoloji Çevre Dergisi 2003, 12(48), 32-36.
- [50]Anandhan, R., Hemalatha, S., Acute toxicity to aluminium to Zebra Fish, *Brachydanio rerio* (Ham.), The Internet Journal of Veterinary Medicine 2008, 7(1), 1-5.

- [51]Jezierska, B., Witeska, M., Metal toxicity to fish, Reviews in Fish Biology and Fisheries 2001, 11(3), 279-279.
- [52]Javed, M., Usmani, N., An overview of the adverse effects of heavy metal contamination on fish health, Proceedings of the National Academy of Sciences 2017, 89(1),1-15.
- [53]McDonald, D. G., Wood, C. M., Branchial mechanisms of ion and acid-base regulation in the freshwater Rainbow Trout *Salmo gairdneri*, Can. S. Zool. 1993, 66, 2699-2708.
- [54]Khunyakari, R. P., Tare, V., Sharma, R. N., Effects of some trace heavy metals on *Poecilia reticulata* (Peters), J. Environ. Biol. 2001, 22(2), 141-145.
- [55]Dethloff, G. M., Schlenk, D., Khan, S., Bailey, H. C., The effects of copper on blood and biochemical parameters of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Arch. Environ. Contam. Toxicol. 1999, 36(4), 415-423.
- [56]Handy, R. D., Chronic effect of copper exposure versus endocrin toxicity: Two sides of the toxicology process (review), J. Comp. Biochem Physiol 2003, 135, 25-38.
- [57]Heath A. G., Water Pollution and Fish Physiology. 2nd edition; CRC Press: New York, 1995,245.
- [58]Kalay, M., Canlı, M., Elimination of Essential (Cu, Zn) and Non-Essential (Cd, Pb) Metals from Tissues of a Freshwater Fish *Tilapia zillii*, Turk J Zool 2000, 24(2000), 429-436.
- [59]Sağlamtimur, B., Cıçık, B., Kısa Süreli Bakır-Kadmiyum Etkileşiminde Tatlısu Çipurası (*Oreochromis niloticus* L. 1758)' nın Karaciğer, Böbrek, Solungaç ve Kas Dokularındaki Kadmiyum Birikimi, Ekoloji Çev-Kor 2004, 14(53), 33-38.
- [60]Douben, P.E., Lead and cadmium in stone loach (*Noemacheilus barbatus* L.) from three rivers in Derbyshire, Ecotox. Environ. Safe. 1989, 18, 35-58.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Deren CİVAOĞLU
Doğum Tarihi : 16.01.1979
E-mail : derencivaoglu@gmail.com

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Su Ür. Fakültesi Su Ür. Bölümü	Mersin Üni.	2002-2007
Önlisans	Anamur MYO İşletmecilik Böl.	Mersin Üni.	1998-2001
Lise	Kılıçarslan Lisesi	Ankara	1993-1996

Görevler :

Görev Ünvanı	Kurum	Birim/Şube/Daire	Yıl
Sivil Memur	Sahil Güvenlik Kom.	Plan Prensipler Daire Başkanlığı	03/2009- 07/2010
Su Ür. Müh. (Tek. Per.)	Tarım ve Köy İşleri Adana İl Müd.	Proje ve İstatistik Şube Müdürlüğü	08/2010- 01/2012
Su Ür. Müh. (Tek. Per.)	Gıda, Tarım ve Hayvancılık Adana İl Müdürlüğü	Hayvan Sağlığı ve Yetiştiriciliği Şube Müdürlüğü	01/2012- 10/2013
Su Ür. Müh. (Tek.Per.)	Gıda, Tarım ve Hayvancılık Yüreğir İlçe Müdürlüğü	Hayvan Sağlığı Birimi	10/2013-