

BAKIR VE KURŞUNUN
***Oreochromis niloticus*'DA MORFOLOJİK VE**
HEMATOLOJİK PARAMETRELER İLE
ERİTROSİT MORFOLOJİSİ ÜZERİNE
ETKİLERİ

ZÜMRÜT BENĞİ ŞAHİN

MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERSİN
HAZİRAN – 2009

**BAKIR VE KURŞUNUN *Oreochromis niloticus*'DA MORFOLOJİK
VE HEMATOLOJİK PARAMETRELER İLE ERİTROSİT
MORFOLOJİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

ZÜMRÜT BENGİ ŞAHİN

**Mersin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Ana Bilim Dalı**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Bedii CİCİK**

**MERSİN
Haziran – 2009**

Bu tezin gerek bilimsel içerik, gerekse elde edilen sonuçlar açısından tüm gerekleri sağladığı kanaatine ulaşan ve aşağıda imzaları bulunan biz jüri üyeleri, sunulan tezi oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul ediyoruz.

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Bedii CİCİK

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Cahit ERDEM

Jüri Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Özcan AY

Bu tezin Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü kurallarına uygun yazıldığı Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mahir TURHAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanunu hükümlerine tabidir.

ÖZ

Bu araştırmada sırasıyla biri iz diğeri toksik etkili metal olan bakır ve kurşunun 1, 7 ve 15 gün sürelerle aynı ortam derişimlerinde (0.5, 1.0 ppm) *Oreochromis niloticus*'da hematokrit düzeyi, eritrosit sayısı, eritrosit ve nükleus alanları gibi hematolojik parametreler ile hepatosomatik indeks, gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktörü üzerine etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Belirtilen hematolojik parametrelerin analizinde mikrohematokrit ve mikroskopik yöntemler kullanılırken, somatik indeks ve kondüsyon faktörü analizlerinde standart matematiksel formüller kullanılmıştır.

Bakır ve kurşunun belirlenen süre ve ortam derişimlerindeki etkisi eritrosit sayısı ile hematokrit düzeyini kontrole göre arttırmıştır. Belirli bir derişimin etkisinde incelenen parametreler etkide kalma sresindeki artışa paralel olarak başlangıca oranla düşmüş ve deney süresi sonunda kontrol düzeyine ulaşmıştır. Bakır ve kurşunun 0.5 ve 1.0 ppm'lik derişimlerinin bir haftalık periyottaki etkisi eritrosit ve nükleus alanlarında artmaya neden olurken, 15. günde azaltmıştır.

Belirlenen derişimlerde bakırın 7 ve 15, kurşunun 15 gün sürelerle etkisi hepatosomatik indeksi arttırmıştır. Bakırın 0.5 ve 1.0 ppm'lik derişimlerinin 15 gün süreyle etkisi gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktörünü kontrole oranla önemli düzeyde düşürürken, kurşunun incelenen süre ve derişimlerdeki etkisi anılan parametrelerde önemli bir değişime neden olmamıştır.

O. niloticus'da hematolojik parametrelerle hepatosomatik, gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktörü üzerine bakırın kurşuna oranla daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Oreochromis niloticus*, bakır, kurşun, hematoloji, somatik indeks

ABSTRACT

Effects of copper and lead, a trace and a toxic metal, on some hematologic parameters such as hematocrit level, erythrocyt numbers and erythrocyte and nucleus areas together with hepatosomatic index, gonadosomatic index and condition factor of *Oreochromis niloticus* after exposing the animals to 0.5 and 1.0 ppm Pb and Cu over 1, 7 and 15 days.

Microhematocrit and microscobic techniques were used in determining the haematological parameters and standard mathematical formulas were applied in determining somatic indices and condition factor.

Both copper and lead increased the erythrocyte numbers and hematocrit levels compared with control at the concentrations and periods tested. The parameters tested decreased with increasing concentrations of metals at given concentration and then reached to control levels at the end of experiments. 0.5 and 1.0 ppm copper and lead concentrations caused an increase in erythrocyte and nucleus areas after one week of exposure while their areas decreased after 15 days of exposure.

Exposure to copper for 7 and 15 days and to lead for 15 days increased hepatosomatic index at the concentrations tested. Exposure to copper concentrations of 0.5 and 1.0 ppm decreased the gonadosomatic index and condition factor significantly compared to control while the same concentrations of lead did not cause any change in these parameters.

Copper was found to be more effective than lead on hepatosomatic and gonadosomatic indices and on condition factor.

Key Words: *Oreochromis niloticus*, copper, lead, hematology, somatic indices

TEŞEKKÜR

Araştırmalarımı yönetip yönlendiren ve her türlü yardımlarını esirgemeyen danışmanım MEÜ. Su Ürünleri Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Bedii CİCİK'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Ayrıca tezimin planlama ve yazım aşamasında önerileri ile katkıda bulunan Ç.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Cahit ERDEM'e teşekkür ederim.

Deneyisel aşamalarım ile tezimin yazımı sırasında yardımlarını gördüğüm Sayın Arş. Gör. Nuray ÇİFTÇİ, Yrd. Doç. Dr. Özcan AY, Yrd. Doç. Dr. Sahire KARAYTUĞ ve Yrd. Doç. Dr. Fahri KARAYAKAR'a, laboratuvar araç ve gereçlerin kullanımında büyük kolaylık sağlayan MEÜ. Su Ürünleri Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Özden BAŐTÜRK'e teşekkür ederim.

Bugüne kadar her konuda maddi ve manevi desteği hiçbir zaman eksik etmeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL ve METOT	13
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	18
4.1. BULGULAR.....	18
4.2. TARTIŞMA.....	37
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE	SAYFA
Çizelge 3.1. Deney ve Kontrol Akvaryumlarındaki Suyun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	13
Çizelge 4.1.1. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'un Eritrosit Sayısı (10^6 hücre/mm ³) Üzerine Etkileri.....	18
Çizelge 4.1.2. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'un Eritrosit Sayısı(10^6 hücre/mm ³)Üzerine Etkileri	19
Çizelge 4.1.3. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'un Hematokrit Düzeyi (%) Üzerine Etkileri.....	21
Çizelge 4.1.4. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'un Hematokrit Düzeyi (%) Üzerine Etkileri.....	22
Çizelge 4.1.5. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'un Eritrosit Alanı (μm^2) Üzerine Etkileri.....	24
Çizelge 4.1.6. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'un Eritrosit Alanı (μm^2) Üzerine Etkileri.....	25
Çizelge 4.1.7. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> Eritrositlerinin Nükleus Alanı (μm^2) Üzerine Etkileri.....	27
Çizelge 4.1.8. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> Eritrositlerinin Nükleus Alanı (μm^2) Üzerine Etkileri.....	28
Çizelge 4.1.9. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'da Hepatosomatik İndeks (%) Üzerine Etkileri.....	30
Çizelge 4.1.10. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'da Hepatosomatik İndeks (%) Üzerine Etkileri.....	31
Çizelge 4.1.11. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'da Gonadosomatik İndeks (%) Üzerine Etkileri.....	33
Çizelge 4.1.12. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'da Gonadosomatik İndeks (%) Üzerine Etkileri...	33
Çizelge 4.1.13. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'da Kondüsyon Faktörü (%) Üzerine Etkileri.....	35
Çizelge 4.1.14. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde <i>O. niloticus</i> 'da Kondüsyon Faktörü (%) Üzerine Etkileri.....	35

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL	SAYFA
Şekil 3.1. <i>O. niloticus</i> Eritrosit ve Eritrosit Nükleus Alanlarının Ölçümü..	16
Şekil 4.1.1. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Eritrosit Sayısı (10^6 hücre/mm ³) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması.....	20
Şekil 4.1.2. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Hematokrit Düzeyi (%) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması.....	23
Şekil 4.1.3. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Eritrosit Alanı (μm^2) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması.....	26
Şekil 4.1.4. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır ve Kurşunun 0.5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Eritrosit Nükleuslarının Alanı (μm^2) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması.....	29
Şekil 4.1.5. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Hepatosomatik İndeks (%) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması.....	32
Şekil 4.1.6. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Gonadosomatik İndeks (%) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması.....	34
Şekil 4.1.7. <i>O. niloticus</i> 'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Kondüsyon Faktörü (%) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması.....	36

1. GİRİŞ

Son yıllarda etkisi belirginleşen su kirliliği, gerek sucul organizmalar gerekse akuatik ortamlarla etkileşim halinde olan canlılar için potansiyel tehdit oluşturan global bir problem haline gelmiştir [1].

Nüfus artışı ile birlikte artan ihtiyaçları karşılama amaçlı endüstriyel ve teknolojik gelişmeler; hammadde çeşitliliği ile kullanımını dolayısıyla kimyasalların doğadaki sirkülasyonunu hızla arttırmıştır [2]. Bakır, çinko, kurşun, krom, kadmiyum ve civa doğal ortamlarda kirliliğe neden olan başlıca ağır metallerdir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar ağır metallerin başlıca alıcı ortam olan sucul ekosistemlere katılımını arttırarak kabul edilebilir düzeylerinin çok fazla aşılmasına, canlı ve doğal ortamlardaki yarılanma sürelerinin oldukça uzun olması da tüm trofik düzeylerde birikime ve toksik etkilere neden olmuştur [3].

Bakır, sabit mikro bileşen olarak tüm canlılarda bulunan 16 iz elementten biridir. Hayvansal organizmalarda çeşitli proteinler ve enzimler sırasıyla prostetik grup ve kofaktör olarak bakır içerirler. Bakır, sitokrom oksidaz aracılığı ile moleküler oksijenin indirgenmesi ve miyelin kılıf sentezinde, lizil oksidaz aracılığı ile bağ doku ve kemik oluşumunda, dopamin b monooksijenaz aracılığı ile impuls iletiminde, tirozinaz aracılığı ile pigmentasyon olayında, süperoksit dismutaz ve katalaz aracılığı ile antioksidan savunma sisteminde işlev görürken, eritrokuprein, seruloplazmin, hemosiyanin, hepatokuprein ve serebrokuprein yapısal bileşiminde bakır içeren proteinlerdir [4].

Kurşun yumuşak metaller olarak da adlandırılan grup içerisinde yer alır. Herhangi bir biyolojik işleve sahip olmadığı gibi yapısal proteinlerle enzimlerin sülfidril gruplarına bağlanma bakımından iz elementlerle etkileşim halinde olduğundan toksik etkili bir kimyasaldır [5].

Bakır; elektrik endüstrisi başta olmak üzere; yapı, gıda ve makine endüstrilerinde, tarımda algisid ve insektisid, metalürjide bronz ve pirinç alaşımları

üretiminde ve tıpta yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [6]. Kurşun; akümülatör üretiminde, yeraltı kablolarının izolasyonunda, çelik konstrüksiyonlarda korozyon önleyici olarak, tetraetil ve tetrametil bileşikleri motorlu taşıt yakıtlarında oktan ayarlayıcısı olarak, radyoaktif ışınlara geçirgenliği az olduğundan nükleer santral ekipmanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [7].

Belirtilen kaynaklardan bakır ve kurşun atıklarının arıtılmaksızın doğal ortamlara deşarjı, başlıca alıcı ortam olan akuatik ekosistemlerdeki derişimlerinin artmasına, sucul organizmalarda toplu ölüm ve habitat değişimlerinin yanı sıra doku ve organlarında birikerek yapısal ve işlevsel bozukluklara neden olmuştur [3, 8, 9].

Çeşitli balık türleri ile gerek laboratuvar koşullarında gerekse doğal ortamlarda yürütölen araştırmalarda bakır etkisinin; karaciğer, solungaç ve böbrek gibi metabolik bakımdan aktif organlarda yüksek derişimlerde birikime [10, 11], besin almama, yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, operkulum hareketlerinde artış gibi davranış değişikliklerine [12], Na^+/K^+ ATP az aktivitesinde inhibisyona [13], ozmoregülasyondaki bozukluğa bağlı elektrolit düzeylerinde değişikliğe [14] metabolik ve fizyolojik olayları etkileyerek gelişmenin yavaşlamasına ve üreme başarısının düşmesine neden olduğu saptanmıştır [15].

Balıklarda kurşun etkisinin ise; subletal derişimlerde doku ve organlarda birikime [16], bakır etkisinde olduğu gibi davranış değişikliklerine [17, 18], pigment oluşumuna bağlı renklenme anomalilerine, yüzgeçlerde koyulaşma, omurgada eğrilik gibi morfolojik değişikliklere [19, 20], antikor düzeyini düşürerek immün sistemin çökmesine neden olduğu belirlenmiştir [21].

Suyun fiziksel ve kimyasal analizi; ortamdaki kirlilik düzeyini belirlemede yeterli olsa da, kirliliğin sucul organizmalar üzerindeki potansiyel etkilerini yansıtmaz. Bu nedenle toksik etkili kimyasalların sucul organizmalardaki subletal etkilerini belirlemede çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal biomarkerlar oldukça yaygın bir şekilde kullanılır [15].

Enfeksiyon, kirlilik ve değişen ortam koşullarında sucul organizmaların yaşamlarını sürdürebilmeleri, çeşitli metabolik ve fizyolojik düzenlemelerle homeostasinin yeniden sağlanmasına bağlıdır [3]. Balıklarda hemoglobin ve hematokrit düzeyleri ile eritrosit sayısı gibi hematolojik parametreler; kanın oksijen taşıma kapasitesini yansıtmannın yanı sıra sıcak kanlı hayvanlardaki gibi yaralanma, enfeksiyon, stres ve kirleticilerin etkisinde çok hızlı değişim gösterdiğinden organizmanın fizyolojik durumunu belirlemede bir indikatör olarak kullanılabilecekleri belirlenmiştir [17, 22].

Ağır metaller subletal derişimlerde balıkların karaciğer, dalak, böbrek, solungaç ve gonad gibi metabolik bakımdan aktif organlarda yüksek düzeylerde birikimi, doku yapısı ile birlikte somatik göstergelerde de değişime neden olur [23]. Bu nedenle ağır metal etkisinde hepatosomatik, gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktörü gibi somatik göstergelerde meydana gelen değişimler balığın gelişme ve ürüme durumunu yansıtmassı bakımından oldukça önemlidir.

Araştırmada materyal olarak kullanılan *O. niloticus*'un kültür koşullarında besleme, gelişme ve üremesinin kolay olması, kirleticilere karşı oldukça dirençli olması, protein kaynağı olarak tropik ve subtropik iklim kuşaklarında yer alan ülkelerde kültürünün yaygın bir şekilde yapılıyor olması nedeniyle ekonomik öneme sahip olma özelliği taşımasına neden olur.

Ekonomik öneme sahip balık türlerinde hematolojik parametrelerle organ somatik indekslerindeki değişikliklerin incelenmesi gerek yetiştiricilikte verimliliğin artırılması, hastalık oranının azaltılması, transferlerin firesiz ve başarılı bir şekilde yapılabilmesi gerekse doğal koşullarda çeşitli çevresel faktörlerin etkisinde organizmanın metabolik ve fizyolojik durumunun belirlenmesinde önemli role sahiptir. Bu nedenle araştırmada biri iz diğeri toksik etkili bakır ve kurşunun 0.5 ve 1.0 ppm'lik ortam derişimlerinin etkisinde 1, 7 ve 15 gün sürelerle bırakılan *O. niloticus*'da hematokrit düzeyi, eritrosit sayısı, eritrosit ve eritrosit nükleusunun alanları ile hepatosomatik, gonadosomatik ve kondüsyon faktöründeki değişikliklerin karşılaştırmalı olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Ađır metalller, dođal ortamlarda genellikle nanogram ya da mikrogram gibi dűşűk derişimlerde bulunurlar. İnsan nüfusundaki artışa paralel, Őehirleşme ve sosyoekonomik aktivitelerdeki artış, endűstriyel gelişim, sulu ve modern tarım uygulamaları ve çevre düzenlemesindeki yetersizlikler gibi temelde antropojenik kökenli faktörler ile yağmur, erozyon ve rűzgar gibi dođal olaylar ađır metallerin dođal ortamlardaki özellikle sucul ekosistemlerdeki derişimlerinin artmasına neden olmuştur [24, 25].

Balıklarda ağır metallerin yüksek derişimlerinin kısa süreli etkisi mortaliteye neden olurken, düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi atılım, depolama ve detoksifikasyon mekanizmalarının alınımı karşılamadığı durumlarda doku ve organlarda birikime, morfolojik, histolojik, metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda değişikliklere neden olur [26].

Bakır ve kurşunun balıklarda mortalite üzerine etkileri genelde türe, türün gelişme evresine, metale, metalin ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağlı olarak değişim gösterir.

Anguilla anguilla'da kurşunun 0.06 ve 0.12 ppm'lik derişimlerinin 15 ve 30 gün sürelerle etkisinde mortalite gözlenmezken [18], *Pimephales promelas*'da 2.4 ppm'lik derişiminin 96 saat süreyle etkisi sonunda %100 oranında mortalite gözlenmiştir [21].

Prochilodus scorfa'da bakırın 16 ppb'lik ortam derişiminin 96 saat süreyle etkisinde mortalite gözlenmezken, 51 ppb'lik derişiminin etkisinde 72. saat sonunda balıkların hepsinin öldüğü saptanmıştır [27]. *Notemigonus crysoleucas* ile yapılan bir araştırmada 5.0 ppm derişimindeki bakır etkisi 46. saatte %100 mortaliteye neden olurken [28], *Oreochromis mossambicus* da Cd'un 200 ppb'lik derişiminin 4 gün süreyle etkisi % 100 oranında mortaliteye neden olmuştur [29].

Oncorhynchus mykiss'de bakırın 6.4, 16 ve 29 ppb'lik derişimlerinin 3, 7, 14 ve 21 gün sürelerle etkisinin incelendiği bir araştırmada, 16 ve 29 ppb'lik derişimlerinin etkisinin başlangıcında mortalite gözlenirken, 48 saat sonunda mortalitenin sınırlandığı belirlenmiştir [30]. *O. niloticus* [11], *Cyprinus carpio* [31] ve *Clarias lazera* [32] ile yapılan araştırmalarda bakırın subletal derişimlerinin 30 gün süreyle etkisinde mortalite gözlenmezken, *Tilapia nilotica*'da bakırın 10 ppm'lik derişiminin 30. günden sonra % 100 oranında mortaliteye neden olduğu saptanmıştır [33].

Balıklar ağır metal etkisinde değişen ortam koşullarına öncelikli olarak davranışlarını değiştirerek tepki gösterirler [34]. *Labeo rohita* [35], *O. niloticus* [12], *Channa punctatus* [36], *Poecilia reticulata* [37]'da bakır, *Tinca tinca* [17], *O. niloticus* [16], *A. anguilla* [18]'da kurşun, *Mugil cephalus* [38]'da kadmiyum, *T. zillii* ve *C. lazera* [39]'da çinko etkilerinin başlangıcında besin almama, akvaryum yüzeyine yönelme, yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, operkulum hareketlerinde artış, yüzgeç ışınlarında dikleşme gibi çeşitli davranış değişikliklerinin meydana geldiği belirlenmiştir. Etkide kalma süresinin uzaması ile bu değişiklikler normale dönmüştür.

Balıklarda letal olmayan derişimlerde ağır metallerin atılımı, alınımı karşılamadığı durumlarda doku ve organlarda birikime neden olur. Doku birikimi, diğer bir ifade ile balıklarda ağır metallerin atılım, depolama ve detoksifikasyon mekanizmalarının alınımı karşılama kapasitesi doku ve organlara, türe, türün gelişme evresine ve metale bağlı olarak değişim gösterir [40].

Ağır metallerin balıklarda karaciğer, böbrek, dalak ve solungaç gibi metabolik bakımdan aktif organlarda yüksek düzeylerde birikimi, metallerin metabolik olayları doğrudan etkilemesi ile ilişkilendirilmiştir [41].

C. carpio ve *T. nilotica* ile yapılan bir araştırmada, *C. carpio*'nun *T. nilotica*'ya oranla bakır toksisitesine karşı daha duyarlı olduğu, bakır birikimi *C. carpio*'da en fazla karaciğerde olurken, *T. nilotica*'da dalak'ta olduğu belirlenmiştir

[42]. *O. mykiss*'de subletal derişimlerdeki bakırın kronik etkisinde birikimin en fazla karaciğer ve böbrekte olduğu [43], erginlerin jüvenillere oranla doku ve organlarında daha fazla bakır biriktirdikleri saptanmıştır [44]. *C. carpio*'da bakırın 0.5 ve 5.0 ppm'lik ortam derişimlerinin 15 gün süreyle etkisinde en fazla birikim karaciğer ve solungaçlarda olmuştur [10].

O. niloticus [16] ve *T. zilli* [45]'de kurşunun subletal derişimlerinin etkisinde en çok böbrekte biriktiği belirlenmiştir. *Anabas testudineus* [46] ve *Gillichthys mirabilis* [47] ile yapılan araştırmalarda böbrek dokusundan sonra solungaçlardaki kurşun birikiminin karaciğere oranla daha fazla olduğu saptanmıştır.

Balıklarda ağır metallerin birikimi ile toksik etkileri yaş, büyüklük, beslenme şekli ve eşey gibi organizmaya ait özelliklere bağlı olarak değişim gösterdiği gibi sıcaklık, sertlik, alkalinite, pH, tuzluluk, çözünmüş oksijen derişimi gibi ortam şartlarına bağlı olarak da değişim gösterir [48].

P. promelas [49] ve *Salmo clarki* [50]'de su sertliğindeki artışın bakır toksisitesini düşürürken *C. carpio*'da ortam pH'daki artışın bakır toksisitesini arttırdığı belirlenmiştir [51]. *Fundulus heteroclitus*'da Cd etkisi ortamdaki çözünmüş oksijen derişimi 4 mg/l'nin altına düştüğü zaman mortalite oranını arttırmıştır [52]. *C. carpio* jüvenilleri ile yapılan bir araştırmada 26 °C'deki bakır ve kurşun toksisitesinin 20 °C'dekine oranla daha fazla olduğu ve su sıcaklığındaki artışın bakır ve kurşun toksisitesini arttırdığı saptanmıştır [53]. Ortam tuzluluğundaki artış *P. promelas*'da bakır toksisitesini azaltırken LC₅₀ değerini yükseltmiştir [54].

Balıklarda bakır ve kurşunun düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi doku ve organlarda birikimin yanı sıra yapısal ve işlevsel bozukluklarla sonuçlanan toksik etkilere neden olur.

S. trutta [55] ve *P. scorfa* [56]'da bakırın subletal derişimlerdeki etkisinin solungaç epiteli sekonder lamellerinde yapısal bozukluğa neden olurken,

solungaçlardan oksijen transferini engelleyerek dorsal aorttaki kısmi oksijen basıncını düşürdüğü ve doku düzeyinde hipoksiya'ya neden olduğu belirlenmiştir.

C. carpio [30], *P. reticulata* [57], *O. mykiss* [44] ve *O. niloticus* [58]'da kronik bakır etkisinin solungaç epiteli hücrelerinde hiperplasi, hipertropi ve proliferasyon gibi yapısal değişikliklere neden olurken, mukus salgılamasını arttırdığı, Na^+/K^+ ATPaz aktivitesini inhibe ederek ozmoregülasyon ile elektrolit düzeylerinde değişikliklere neden olduğu saptanmıştır.

B. rerio fingerliklerinde uzun süreli düşük derişimlerdeki bakır etkisinin başın ön kısmından dorsal yüzgecin ön kısmına kadar olan rhombencephalic bölgedeki sinir kordonunda spiralleşmeye neden olduğu belirlenmiştir [59].

Prochilodus lineatus'da kurşunun 24 ve 71 ppm'lik derişimlerinin 96 saat süreyle etkisi, solungaç epitel hücrelerinde hiperplasiye, solungaç lamellerinde kopmalara ve anevrizmaya neden olurken, Na^+/K^+ ATPaz aktivitesini inhibe ederek ozmoregülasyonda bozukluğa neden olmuştur [19].

Salmo gairdneri fingerlikleri ile yapılan bir araştırmada kronik kurşun etkisinin başlangıçta kaudal yüzgeçte koyulaşmaya, ilerleyen sürelerde Lordoscolosis olarak adlandırılan omurga bükülmelerine neden olduğu belirlenmiştir [60].

B. rerio fingerliklerinde subletal derişimlerdeki kurşun etkisi baş bölgesinde yapısal deformasyonlara, kaudal yüzgeçte koyulaşma ve erozyona, göz oluşumunda bozukluk olarak bilinen anoftalmi ile epitel hücrelerinde kanserleşmeye neden olmuştur [59].

Hayvansal organizmalarda yaşamın sürdürülebilmesi için homeostasinin değişmezliği oldukça önemli olup, başlıca vücut sıvısı olan kan aracılığı ile sağlanır. Balıklarda kan solungaçlar aracılığı ile ortam ile etkileşim halinde olduğundan kan parametreleri çok çabuk değişim gösterir. Bu değişim artma ya da azalma

şeklindedir. Kan parametrelerindeki değişimler sadece toksik maddelerin etkisinde meydana gelmeyip, hastalık ya da yaralanmalar gibi durumlarda da ortaya çıkabilir.

Balıklarda hemoglobin ve hematokrit düzeyi, eritrosit, lökosit sayısı ve eritrosit morfolojisi gibi hematolojik parametreler metale, metalin ortam derişimine, etkide kalma süresine, suyun fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiği gibi türe, türün gelişme evresine, eşeyssel olgunluğa ulaşmış bireylerde üreme siklusuna ve hastalık durumuna bağlı olarak değişim gösterir [22, 61].

C. carpio'da bakır [62], *T. tinca*'da kurşun [20] etkisinin hematokrit düzeyini istatistiksel bakımdan önemli düzeyde düşürdüğü, hematokrit düzeyindeki düşmenin bakır ve kurşunun membran permeabilitesi ve ozmoregülasyonu etkilemesi sonucu ortaya çıkan ozmotik hemoliz ve hemodilüsyondan kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

P. scorfa'da bakır [63], *A. anguilla*'da kurşun'un subletal derişimlerinin etkisi hematokrit düzeyini arttırdığı saptanmıştır. Hematokrit düzeyindeki artışın incelenen metallerin eritropoietik dokularda eritrosit üretimi ile dalaktan dolaşım sistemine eritrosit salınımını stimüle etmesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Salvelinus fontinalis [64], *Colisa fasciatus* [65], *A. anguilla* [66] ve *Barbus conhoni* [67]'da düşük derişimlerdeki kurşun etkisi anemiye neden olurken, *S. gairdneri* [68] ve *Oreochromis aureus* [69]'da eritrosit sayısını arttırdığı belirlenmiştir.

C. fasciatus'da subletal derişimlerdeki kurşunun kısa süreli etkisinin eritrositlerde Lizis'e neden olduğu ve eritrosit sayısını düşürdüğü saptanmıştır [65].

Balıklarda kurşun etkisinin, aminolevulinik asitten hemoglobin ön maddesi olan profobilojenin sentezini katalizleyen δ Aminolevulinik asit dehidartaz aktivitesini inhibe ederek hemoglobin sentezinde bozukluğa ve anemiye neden olduğu belirlenmiştir [3].

Bir yaşındaki *C. carpio* ve *O. mykiss* ile yrtlen araştırmada bakırın 96 saatlik LC₅₀ değerine yakın derişimlerinin akut etkisi hemoglobinin ve hematokrit düzeyleri ile eritrosit sayısını arttırmıştır [70].

Bakırın *Heteropneustes fossilis*'de 0.25 ppm [71], *C. fasciatus*'da 3 ppm [72] ve *O. mossambicus*'da 100 ve 200 ppb'lik [73] derişimlerinin kısa süreli etkisi hematokrit ve hemoglobin düzeylerini arttırmıştır.

Metallerin etkisinde anılan parametrelerdeki artışın ozmoregülasyondaki bozukluğa bağlı hemokonsantrasyondan yada böbrek, dalak gibi eritropoietik organları stimüle ederek olgunlaşmamış eritrositlerin dolaşım sistemine salınımındaki artıştan kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür [20].

T. tinca'da subletal derişimlerdeki kurşun etkisinin solungaçlarda neden olduğu hipoksik koşulların eritropoietik dokulardan eritrosit salınımını stimüle ettiği hematokrit düzeyi ile eritrosit sayısını arttırdığı saptanmıştır [20].

T. tinca'da akut kadmiyum etkisi, hematokrit ve hemoglobin düzeyleri ile eritrosit sayısını arttırırken, düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi anılan parametreleri düşürmüştür [17].

S. gairdneri'de kurşunun 10, 75 ve 300 ppb'lik derişimlerinin 30 gün süreyle etkisi, hemoglobin ve hematokrit düzeylerini düşürürken, eritrosit, böbrek ve dalakta δ Aminolevulinik asit dehidartaz aktivitesini %86 oranında inhibe etmiştir [74].

O. mykiss'de bakırın 0.125 ve 0.5 ppm'lik derişimlerinin akut etkisi başlangıçta hematokrit düzeyini arttırırken, etkide kalma süresinin uzaması ile kontrol düzeyine düştüğü ve değişmediği belirlenmiştir [75].

Bakır ve kurşun etkisinde hematokrit düzeyi ve eritrosit sayısındaki düşmenin ozmoregülasyondaki bozukluğa bağlı hemodilüsyondan, eritrositlerin ozmotik

hemolizinden yada demir metabolizmasını etkileyerek hemoglobin sentezindeki bozukluktan kaynaklanabileceği belirtilmiştir [20].

Balıklarda toksik etkili kimyasalların kan hücrelerinde neden olduğu morfolojik değişikliklere örnek olarak hücre ve nükleustaki şekilsel deformasyonlar, parçalanmış hücreler ve hücre büyüklüğündeki değişimler verilebilir [22].

C. carpio'da Cd'un 10 ppm'lik derişiminin 3 saat süreyle etkisinden sonra 24 ve 48. saatlerde dolaşım sisteminde olgunlaşmamış eritrositlerin sayısı artarken, 96. saat sonunda nükleus ve membran anomalilere sahip eritrositlerin sayısının arttığı saptanmıştır [76].

Anguilla rostrata [77], ve *Puntius conchoni* [78]'da Cd'un subletal derişimlerinin uzun süreli etkisi, eritrositlerde morfolojik değişikliklere neden olmuştur.

C. carpio fingerliklerinde Cd'un 0.1 ppm'lik ortam derişiminin 7 hafta süreyle etkisinde nükleus anomalilerine sahip eritrosit sayısının arttırdığı, bu artışın metalin eritropoietik dokularda eritropoiesisi etkilemesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir [79].

P. conchoni'da Cd'un 630 ppb'lik derişiminin 12 hafta süreyle etkisi, kromatin materyalinin merkezden uzak konumlu olması, kromatin materyalinin nükleus zarından sızarak stoplazmaya geçmesi, kromatin materyalinde azalma gibi nükleus anomalilerine sahip eritrositlerin sayısını arttırmıştır [79].

Balıklarda gelişme ve üreme, birçok biyokimyasal olayın sonucunda gerçekleşir. Balıklarda ağır metallerin protein, karbonhidrat ve lipid gibi temel organik bileşiklerin sentez ve yıkım olaylarını etkilemesi, biyokimyasal olaylarda değişikliklere sonuçta gelişme ve üreme gibi yaşamsal olayların etkilenmesine neden olur [34].

Balıklarda karaciğer, toksik etkili bileşiklerin detoksifikasyonun yanı sıra alınan besinlerin temel organik bileşiklere dönüştürülmesinde, kanın pıhtılaşmasında, ozmotik basınç ve pH'nın normal düzeylerde tutulmasında işlev gören plazma proteinleri ile steroid hormonların öncüsü olan kolesterolün sentezlendiği başlıca organdır [3].

Ağır metal etkisinin karaciğer hücrelerinde hiperplasi ve hipertropiye, stoplazmik vakuollerin sayısında artışa ve lizozomal veziküllerde genişlemeye neden olduğu belirlenmiştir [3]. *O. niloticus*'da bakırın 0.1 ppm'lik ortam derişiminin 30 gün süreyle etkisi hepatosomatik indeksi arttırırken, gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktörünü düşürmüştür [12].

Balıklarda hipoksik koşullar ve yoğun stoklamanın yanı sıra ağır metal etkisinde strese neden olduğu, stres koşullarında enerji gereksinimindeki artışın karaciğer glikojen rezervleri ile hepatosomatik indeks de düşmeye neden olduğu saptanmıştır [80].

Perca flavescens ile doğal ortam koşullarında yürütölen araştırmalarda ağır metal kontaminasyonu gösteren istasyonlardan örneklenen balıklarda, kontaminasyon göstermeyen ortamlardaki balıklara göre gelişmenin daha yavaş olduğu ve kondüsyon faktörünün düşük olduğu belirlenmiştir [81, 82].

Bakır, çinko, kadmiyum ve kurşun kontaminasyonu gösteren Manzallah gölünden (Mısır) örneklenen *T. zilli*'de doku metal birikiminin eşeye bağlı olarak değişim gösterdiği, dişilerin erkeklere oranla daha fazla metal biriktirdiği saptanmıştır [83].

Clarias batrachus'da kurşunun 5 ppm'lik derişiminin 150 gün süreyle etkisi gonadal gelişimi engellemiştir [84]. *P. reticulata*'da Cd içeren *Chironomus yashimatsui* ile beslenme eşeyssel olgunlaşmayı %80 oranında düşürmüştür [85].

O. aureus'da 0.5 ve 1.0 ppm derişimlerdeki Cd etkisinin vücut ağırlığını düşürürken, karaciğer yaş ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir [86]. *Notopterus notopterus*'da Hg ve Cd etkisinin hepatosomatik ve gonadosomatik indeksleri düşürmüştür [87].

P. scorfa'da akut bakır etkisinin gelişme ve üremede herhangi bir değişime neden olmadığı, anılan parametrelerde ancak uzun süreli etkiler sonucunda değişimlerin meydana gelebileceği belirtilmiştir [27]. *O. mykiss* larvalarında bakırın düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi spesifik gelişim oranını düşürürken, ergin bireylerde yumurta verimini düşürdüğü belirlenmiştir [88].

P. promelas'da Alüminyum etkisinin ortamın pH'nı düşürerek yüzme kesesinin şişmesine bu da yumurta sarısının absorpsiyonunu engelleyerek üremenin inhibisyonuna ve gelişmenin yavaşlamasına neden olduğu saptanmıştır [89].

B. rerio'da bakır ve kurşun iyonlarının düşük derişimlerdeki etkisi yumurta ve larval gelişimi engellerken [90], *A. testudineus*'un dişilerinde kurşun nitrat etkisi ovaryumda küçülmeye ve ovaryumdaki yumurta sayısında azalmaya neden olmuştur [91].

Cichlasoma nigrofasciatum'da intraperitoneal kurşun enjeksiyonunun yumurta verimi, yumurtlama sıklığı ve yumurta açılım oranını önemli düzeyde düşürdüğü, ölü yumurtaların sayısını ise arttırdığı belirlenmiştir [59]. *C. batrachus*'da kronik bakır etkisi testis ve ovaryumlardaki bakır birikimini önemli düzeyde arttırmıştır [92].

3. MATERYAL VE METOT

Araştırmada materyal olarak $14,24 \pm 0,68$ cm boy ve $45,99 \pm 7,44$ g ağırlığa sahip *O. niloticus* türü kullanılmıştır. Balıklar Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Uygulama Birimlerinde yer alan yetiştiricilik havuzlarından sağlanmıştır. Deneyler kontrollü ortam koşullarına sahip ($24 \pm 1^{\circ}\text{C}$ durağan sıcaklık; 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık fotoperiyodu) MEÜ. Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Araştırma Laboratuvarında yürütölmüştür.

Laboratuvara getirilen balıklar; her biri $40 \times 120 \times 40$ cm boyutlarında olan 10 adet akvaryum içerisinde 15 gün süreyle bekletilerek ortam koşullarına uyumları sağlanmıştır.

Deneyler incelenen metaller dikkate alınarak iki seri halinde yürütölmüştür. Her seride $40 \times 120 \times 40$ cm boyutlarında 3 adet cam akvaryum kullanılmıştır. Akvaryumlardan ilk ikisine 120 'şer litre bakırın incelenen derişimlerdeki çözeltileri konurken, üçüncü akvaryuma aynı hacimde bakır içermeyen dinlenmiş çeşme suyu konmuş ve kontrol grubu olarak incelenmiştir. İkinci seride ise aynı düzenek kurşun için kurulmuştur. Her bir metalin incelenen derişimlerinin belirlenen sürelerdeki etkisini saptamak amacıyla 6 balık kullanıldığından akvaryumların her birine toplam 18 balık konmuştur.

Deney ve kontrol akvaryumlarındaki suyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri izelge 3.1 'de gösterildiği şekilde belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Deney ve Kontrol Akvaryumlarındaki Suyun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Sıcaklık	$23 \pm 1^{\circ}\text{C}$
pH	7.35 ± 0.76
Çözünmüş Oksijen	6.8 ± 0.55 mg/l
Toplam Sertlik	227 ± 0.48 ppm CaCO_3
Alkalinite	332 ± 0.50 ppm CaCO_3

Metal çözeltilerinin hazırlanmasında bakır ve kurşunun sırasıyla suda çözünebilen CuSO_4 ve $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ tuzları kullanılmıştır. Metal tuzlarının presipitasyonunu önlemek için stok çözelti olarak CuSO_4 ve $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 'a trisodyum sitratın ilave edilmesiyle elde edilen bakır sodum sitrat ve kurşun sodyum sitrat çözeltileri kullanılmıştır.

Deneyle süresince balıklar, günde bir kez aynı saatte toplam biyomasın % 2 oranında hazır balık yemi (Pınar, Çipura Yemi, Pelet No.2) ile beslenmiştir. Akvaryumlarda havalandırma merkezi havalandırma sistemi ile sağlanmıştır.

Deneyle ve kontrol akvaryumlarında evaporasyon, presipitasyon ve adsorbsiyon gibi nedenlerle deneyle çözeltilerinin derişiminde zamana bağılı değışimler olabileceğinden deneyle çözeltileri her iki günde bir stok çözeltiliden uygun seyreltmeler yapılarak değıştirilmiş ve ortam yenilenmiştir.

İncelenen parametrelerden özellikle hematolojik parametreler strese bağılı olarak değışim göstereceğinden belirlenen süreler sonunda deneyle akvaryumlarından çıkarılan balıklar, Etilen Glikol Mono Fenil Eter (= Fenoksietanol, $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2$; Merck) anestetik maddesi ile bayıltılmıştır. Vücut yüzeyindeki metal rezidüleri çeşme suyu ile yıkanıp uzaklaştırıldıktan sonra balıklar kurutma kağıdı ile kurulanıp, ölçüm ve örneklemelele hazır hale getirilmiştir.

Somatik indeks analizleri için balıkların tek tek toplam boy ve ağırlıkları belirlendikten sonra hematolojik parametrelerin incelenmesinde kullanılacak kan örnekleri kaudal pedinkül'ün dikey doğrultuda kesilmesi sonucunda meydana gelen kan akışı ile sağlanmıştır. Kan örneklemelele yapılan balıkların her biri disekte edilerek karaciğer ve gonadları çıkartılmış ve yaş ağırlıkları belirlenmiştir.

Eritrosit ve nükleus alanlarının belirlenmesinde kullanılacak yayma preparatların hazırlanması için bir damla kan lam üzerine alındıktan sonra, incelenecek hematolojik parametrelerden eritrosit sayısının saptanmasında kullanılacak kan örnekleri EDTA (Etilen Diamin Tetra Asetik Asit) 'li tüplere

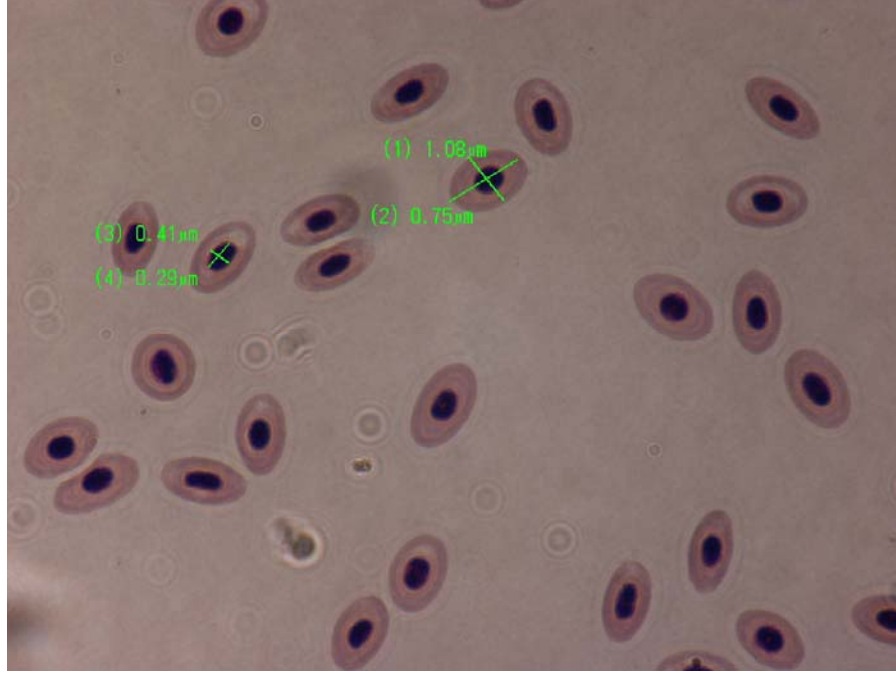
alınırken, hematokrit analizinde kullanılacak örnekler doğrudan doğruya heparinli kılcal hematokrit pipetlerine alınmış ve uçları kapatılmıştır.

Eritrosit ve nükleus alanları, boyanmış yayma preparatların mikroskopta incelenmesi sırasında yapılan morfometrik ölçümler ile saptanmıştır. Boyanmış yayma preparatlarının hazırlanmasında Giemsa metodu [93] uygulanmıştır. Bu amaçla kaudal pedinkülün kesilmesi ile akan kanın ilk damlası uzaklaştırıldıktan sonra lam üzerine alınan bir damla kan çok ince tabaka halinde lam üzerine yayılmış ve oda ısısında kurutulmaya bırakılmıştır. Daha sonra %100'lük aseton içermeyen metanol içerisinde 2-3 dakika tespit edilen preparatlar tekrar kurutulmaya bırakılmıştır. Tespit edilip kurutulan preparatlar %10'luk Giemsa (Merck, Extrapure) boyası içerisinde 20 dakika süre ile boyandıktan sonra pH'sı 6.75 olan saf su ile iyice durulanmış ve kurutulduktan sonra mikroskopta incelemeye hazır hale getirilmiştir.

Her bir balığa ait boyanmış yayma preparatlarında en az 150 tane eritrosit ve 150 tane nükleus'un uzun ve kısa kenarları Nikon marka, H550-L model araştırma mikroskopunda ölçülerek alanları aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır [94].

$$\text{Eritrosit alanı} = \pi \times U.K./2 \times K.K/2 \mu\text{m}^2$$

$$\text{Nükleus alanı} = \pi \times U.K./2 \times K.K/2 \mu\text{m}^2$$



Şekil 3.1. *O. niloticus* Eritrosit ve Eritrosit Nükleus Alanlarının Ölçümü

Kan örneklerinin hematokrit düzeyleri mikrohematokrit yöntemine göre belirlenmiştir [95]. Bu amaçla hematokrit düzeyleri belirlenecek kan örneklerini içeren bir ucu kapalı kılcal hematokrit pipetleri mikrohematokrit santrifüjüne (Nüve, NT 715/04-3272) yerleştirilmiş ve 10.000 rpm 'de 5 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Süre sonunda hematokrit pipetindeki kan örnekleri; kan hücreleri ve serum olmak üzere iki faza ayrılmıştır. Hematokrit pipetlerindeki kan hücrelerinin seruma oranı hematokrit skalasında değerlendirilerek hematokrit düzeyi % olarak saptanmıştır.

Kan örneklerinin eritrosit sayısı Leica marka, CME model ışık mikroskobunda Thoma lamında sayma yöntemi ile belirlenmiştir [95]. Bu amaçla eritrosit pipetinin 1 rakamlı çizgisine kadar kan örneği, 101 rakamlı çizgisine kadar da Dacie's sıvısı [96] çekilmiştir. Sayma işleminde kullanılan Dacie 's sıvısı; 10 ml formaldehit, 31,3 g trisodyum sitrat, 1,0 g brillant crysl blue tartılarak toplam hacim saf su ile 1 litreye tamamlanmış daha sonra 40 nolu whatman kağıdından filtre edilerek hazırlanmıştır. Çözelti her analiz için taze olarak hazırlanmış ve koyu renkli cam şişelerde korunmuştur. Bu şekilde 1/100 oranında sulandırılan kan örnekleri,

pipet ucundaki bir iki damla uzaklaştırıldıktan sonra Thoma lamına alınmış ve ışık mikroskopunun $\times 40$ büyütme objektifinde incelenmiştir. Thoma lamında her bir köşe ve ortadaki 16'lık 5 kare toplamda 80 küçük kare taranmıştır. Bu alandaki eritrositler sayılarak aşağıda verilen formülde yerine konmuş ve 1 mm^3 kandaki eritrosit sayısı belirlenmiştir [97, 98].

$$\text{Eritrosit Sayısı} = \frac{\text{Eritrosit Hücrelerinin Sayısı} \times \text{Sulandırma Oranı} \times 100}{\text{Sayılan Küçük Kare Adedi}}$$

Toplam boy, ağırlık ve organ yaş ağırlık verilerine aşağıda sırasıyla verilen matematiksel formülasyonlar uygulanarak [23] heptosomatik indeks, gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktörü parametreleri belirlenmiştir.

$$\text{Hepatosomatik İndeks (HSI) \%} = \frac{\text{Karaciğer Yaş Ağırlığı (g)}}{\text{Toplam Vücut Ağırlığı (g)}} \times 100$$

$$\text{Gonadosomatik İndeks (GSI) \%} = \frac{\text{Gonad Yaş Ağırlığı (g)}}{\text{Toplam Vücut Ağırlığı (g)}} \times 100$$

$$\text{Kondüsyon Faktörü (CF) \%} = \frac{\text{Toplam Vücut Ağırlığı (g)}}{\text{Toplam boy (cm)}} \times 100$$

Deney verilerinin istatistik analizinde SPSS paket programı kullanılmış ve Student Newman Keul's (SNK) testi uygulanmıştır. Hematokrit düzeyi, heptosomatik indeks, gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktörüne ait veriler yüzde (%) olduğundan, istatistik analizden önce verilere Arksin transformasyonu uygulanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMASI

4.1. BULGULAR

Belirlenen süre ve derişimlerde etkisinde bakır ve kurşun etkisi, balıklarda mortaliteye neden olmamıştır. Her iki metalin etkisinde başlangıçta balıklarda akvaryum yüzeyine yönelme, operkulum hareketlerinde artış, besin almama gibi davranış değişiklikleri saptanırken deney süresinin uzaması ile bu değişikliklerin ortadan kalktığı ve balıklarda belirtilen davranışların normale döndüğü gözlenmiştir.

O. niloticus da bakır ve kurşunun 0.5 ve 1.0 ppm'lik derişimlerinin eritrosit sayısı üzerine etkilerine ait verilerin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri sırasıyla Çizelge 4.1.1 ve 4.1.2'de sunulmuştur. Belirlenen sürelerden 15. gün dışında belirli bir sürede bakırın ortam derişimindeki artış, kontrole oranla eritrosit sayısını arttırırken, belirli bir derişimin etkisinde eritrosit sayısı etkide kalma süresine bağlı olarak dalgalanma göstermiş 7. günde maksimum düzeye ulaşmıştır. (Çizelge 4.1.1).

Çizelge 4.1.1. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'un Eritrosit Sayısı (10^6 hücre/mm³) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Cu)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	3,8 \pm 0,32 as	3,6 \pm 0,25 as	3,7 \pm 0,11 as
0.5	4,2 \pm 0,38 at	4,6 \pm 0,11 at	3,6 \pm 0,15 bs
1.0	4,9 \pm 0,18 ax	5,8 \pm 0,23 bx	3,5 \pm 0,19 cs

* SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t ve x harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

O. niloticus'da 15. gün dışında kurşun etkisi eritrosit sayısını kontrole göre istatistiksel bakımdan önemli düzeyde arttırmıştır ($P<0.05$). Eritrosit sayısındaki bu artış 7. günde derişimler arasında farklılık göstermezken ($P>0.05$), 1. günde istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Kurşunun incelenen yüksek derişiminin belirlenen sürelerdeki etkisi eritrosit sayısını süreye bağlı olarak lineer bir şekilde düşürmüştür. 0.5 ppm'lik ortam derişiminin etkisindeki düşme ise ancak 7 ile 15. günler arasında önemli düzeyde olmuştur ($P<0.05$) (Çizelge 4.1.2).

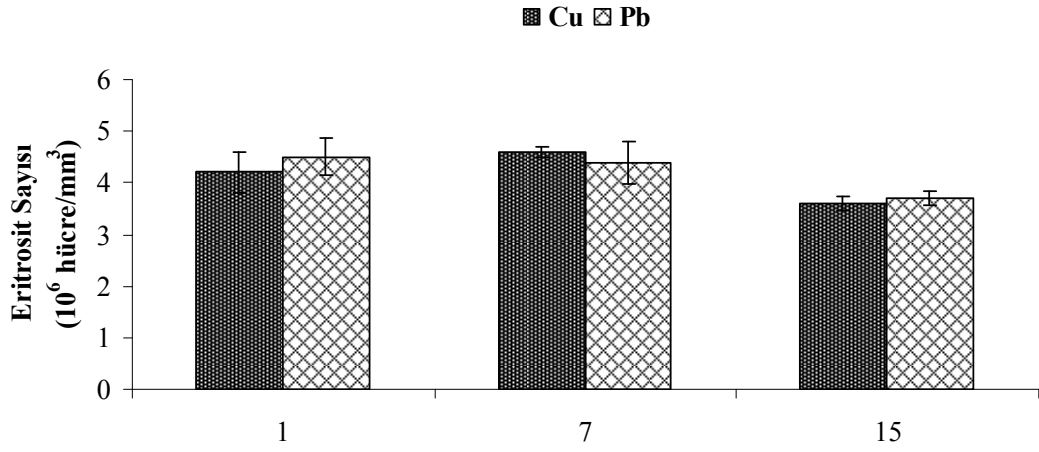
Çizelge 4.1.2. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'un Eritrosit Sayısı (10^6 hücre/ mm^3) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Pb)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	3,7 \pm 0,18 as	3,7 \pm 0,01 as	3,5 \pm 0,23 as
0.5	4,5 \pm 0,36 at	4,4 \pm 0,41 at	3,7 \pm 0,13 bs
1.0	5,0 \pm 0,41 ax	4,3 \pm 0,31 bt	3,7 \pm 0,19 cs

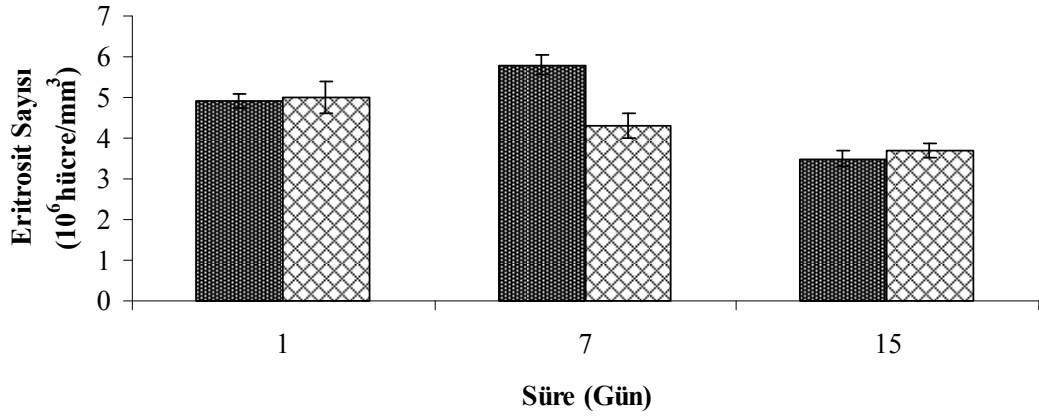
* SNK; a, b ve c süreler; s, t ve x harfleri derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P< 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

Bakır ve kurşunun 0.5 ve 1.0 ppm'lik derişimlerinin belirlenen sürelerde *O. niloticus*'un eritrosit sayısı ve hematokrit düzeyi üzerine etkileri karşılaştırmalı olarak sırasıyla Şekil 4.1.1 ve 4.1.2'de gösterilmiştir. Bakır ve kurşunun 0.5 ppm'lik ortam derişimlerinin belirlenen sürelerde *O. niloticus*'un eritrosit sayısı üzerine etkileri metaller arasında önemli bir farklılık göstermezken ($P<0.05$), 1.0 ppm'lik ortam derişimlerinde özellikle 7. günde eritrosit sayısı üzerine bakırın kurşuna oranla daha etkili olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$) (Şekil 4.1.1).



(a)



(b)

Şekil 4.1.1. *O. niloticus*'da Bakır ve Kurşunun 0.5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Eritrosit Sayısı (10⁶ hücre/mm³) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Bakır ve kurşun'un belirlenen süre ve ortam derişimlerinde *O. niloticus*'un hematokrit düzeyi üzerine etkilerine ait verilerin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri sırasıyla Çizelge 4.1.3 ve 4.1.4'de gösterilmiştir.

Bakırın belirlenen sürelerde on beşinci gün dışında ortam derişimindeki artış hematokrit düzeyini kontrole göre arttırmıştır (P<0.05). Hematokrit düzeyi belirli bir derişimde etkide kalma süresine bağlı olarak değişim göstermiş, bakırın 1.0 ppm'lik

ortam derişiminin etkisinde 7. günde maksimum düzeye ulaşırken, 15. günde kontrol seviyesine düşmüştür (Çizelge 4.1.3).

Çizelge 4.1.3. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'un Hematokrit Düzeyi (%) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Cu)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	22,6 ± 0,33 as	23,33 ± 0,33 as	23,33 ± 0,35 as
0.5	28,6 ± 0,88 at	28,33 ± 0,89 at	24,40 ± 0,73 bs
1.0	32,0 ± 0,57 ax	34,60 ± 0,88 bx	25,30 ± 0,34 cs

* SNK; a, b ve c süreler; s, t ve x harfleri derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

O. niloticus'da kurşunun belirlenen sürelerde hematokrit düzeyi üzerine etkileri bakır etkisine benzerlik göstermiş, ancak belirli bir sürede hematokrit düzeyindeki bu değişimler kurşunun incelenen derişimleri arasında istatistiksel bakımdan önemli bir farklılık göstermemiştir ($P > 0.05$). Kurşunun belirli bir ortam derişiminin etkisinde hematokrit düzeyindeki değişimler 1 ve 7. günler arasında ayırım göstermezken ($P > 0.05$), her iki ortam derişiminin etkisinde 15. günde önemli düzeyde düşmüştür ($P < 0.05$) (Çizelge 4.1.4).

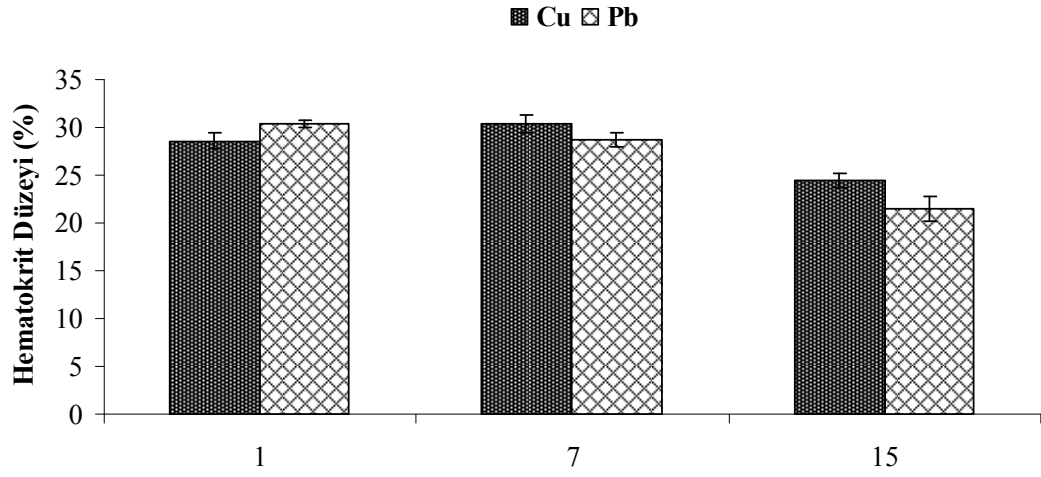
Çizelge 4.1.4. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'un Hematokrit Düzeyi (%) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Pb)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	23,65 \pm 0,25 as	25,04 \pm 0,33 as	23,15 \pm 0,18 as
0.5	30,30 \pm 0,35 at	28,70 \pm 0,73 at	21,50 \pm 1,33 bs
1.0	31,00 \pm 0,28 at	29,80 \pm 0,52 at	23,50 \pm 0,65 bs

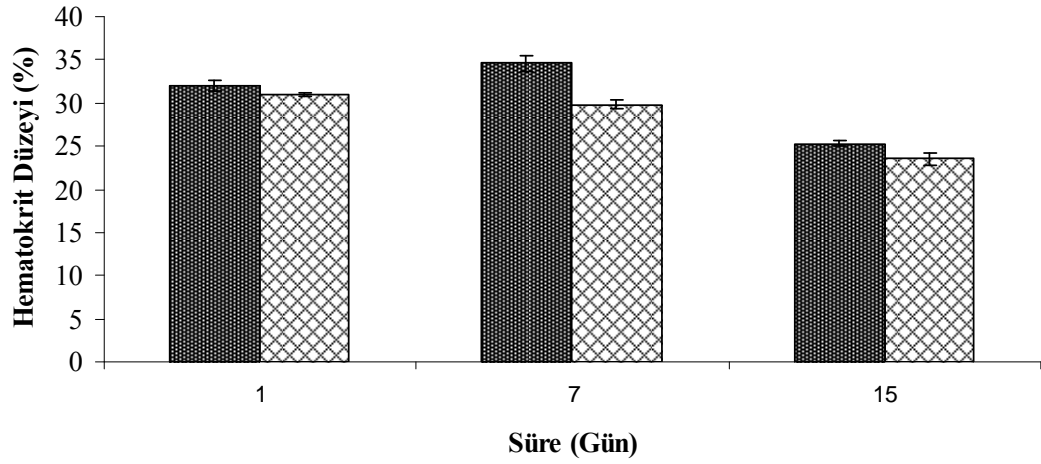
* SNK; a ve b harfleri süreler; s ve t harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

O. niloticus'da bakır ve kurşunun belirlenen süre ve ortam derişimlerinde hematokrit düzeyi üzerine etkilerinin karşılaştırmalı etkileri, eritrosit sayısındaki duruma benzerlik göstermiş, 1. günde 0.5 ppm dışında bakır ve kurşunun hematokrit düzeyi üzerine etkileri arasında önemli bir ayırım belirlenmezken, 1.0 ppm'lik ortam derişiminin etkisinde 7. günde bakırın kurşuna oranla hematokrit düzeyini daha fazla arttırdığı belirlenmiştir (Şekil 4.1.2).



(a)



(b)

Şekil 4.1.2. *O. niloticus*'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Hematokrit Düzeyi (%) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Bakır ve kurşunun belirlenen süre ve ortam derişimlerinde *O. niloticus*'un eritrosit alanı üzerine etkilerine ait verilerin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri sırasıyla Çizelge 4.1.5 ve 4.1.6'de gösterilmiştir.

O. niloticus'da bakırın incelenen ortam derişimlerinin etkisi süreye bağılı olarak eritrosit alanını arttırmıştır ($P>0.05$). Bakırın 1 ve 7 gün süreler ile etkisi eritrosit alanını kontrole göre arttırırken, 15. günde azaltmıştır ($P>0.05$) (Çizelge 4.1.5).

Çizelge 4.1.5. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'un Eritrosit Alanı (μm^2) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Pb)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0,0	0,36 \pm 0,008 as	0,47 \pm 0,011 bs	0,56 \pm 0,007 cs
0,5	0,48 \pm 0,014 at	0,52 \pm 0,016 bt	0,57 \pm 0,013 cs
1	0,49 \pm 0,008 at	0,59 \pm 0,008 bx	0,52 \pm 0,010 ct

* SNK; a, b ve c süreler; s, t ve x harfleri derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

Kurşunun incelenen ortam derişimlerinin 7. gün dışındaki etkileri *O. niloticus* eritrositlerinin alanını kontrole göre önemli düzeyde arttırmıştır ($P>0.05$). Kurşunun incelenen en yüksek ortam derişiminin etkisinde eritrosit alanında süreye bağılı dalgalanma olduğu saptanırken ($P>0.05$), düşük derişimindeki etkisinin süreye bağılı olarak eritrosit alanını arttırdığı saptanmıştır (Çizelge 4.1.6).

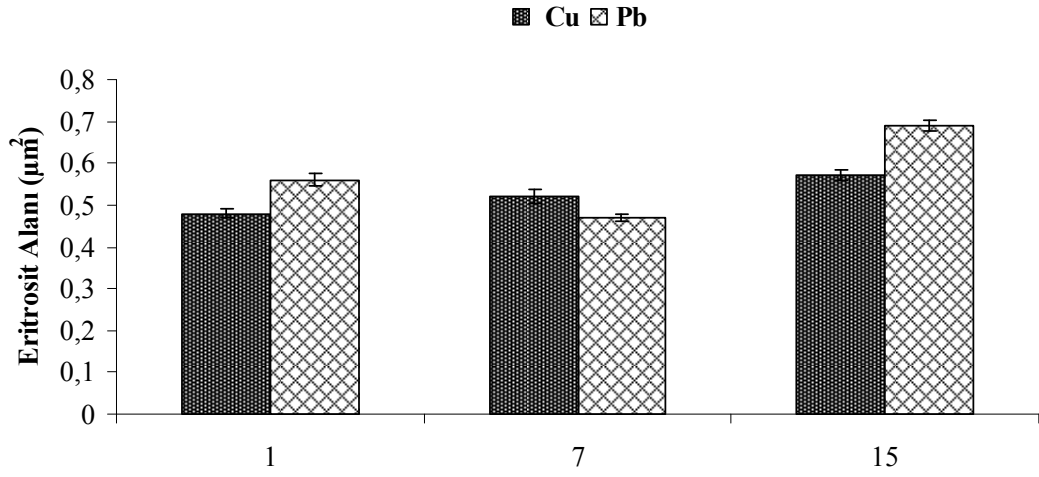
Çizelge 4.1.6. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'un Eritrosit Alanı (μm^2) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Pb)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	0,36 \pm 0,008 as	0,47 \pm 0,011 bs	0,56 \pm 0,007 cs
0.5	0,56 \pm 0,014 at	0,47 \pm 0,008 bs	0,69 \pm 0,011 ct
1.0	0,51 \pm 0,008 ax	0,49 \pm 0,008 as	0,66 \pm 0,013 bx

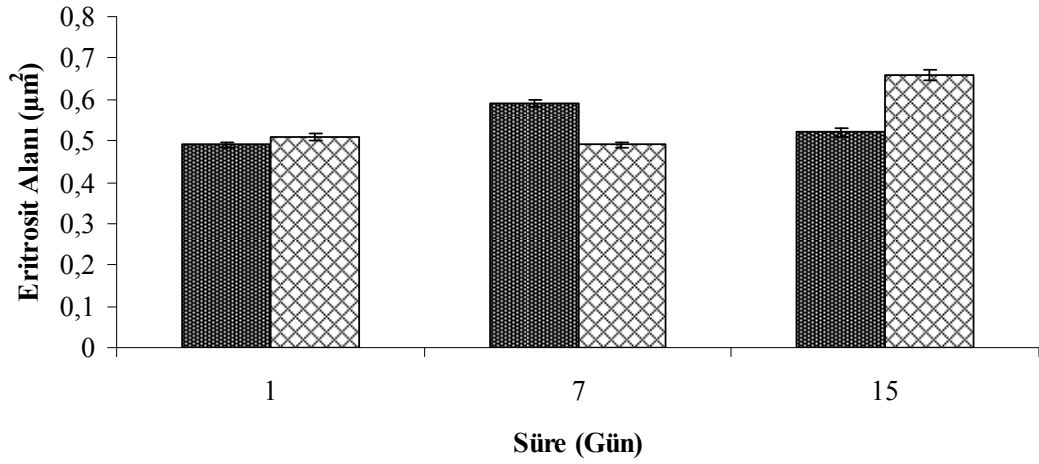
* SNK; a, b ve c süreler; s, t ve x harfleri derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

O. niloticus'da belirlenen ortam derişimlerinde bakırın 7. günde kurşuna oranla, kurşunun ise 1 ve 15. günlerde bakıra oranla eritrosit alanını daha fazla arttırdığı saptanmıştır (Şekil 4.1.3).



(a)



(b)

Şekil 4.1.3. *O. niloticus*'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Eritrosit Alanı (μm^2) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Bakır ve kurşunun belirlenen süre ve ortam derişimlerinde *O. niloticus* eritrositlerinin nükleus alanı üzerine etkilerine ait verilerin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri sırasıyla Çizelge 4.1.7 ve 4.1.8'da gösterilmiştir.

Bakırın 0.5 ppm'lik derişiminin 7 ve 15 gün sürelerle etkisi eritrosit nükleus alanını başlangıca oranla arttırırken ($P<0,05$), 1.0 pp'lik derişiminin eritrosit nükleus alanı üzerine etkisi süreler arasında önemli bir değişime neden olmamıştır ($P>0,05$).

O. niloticus'da kurşunun 0.5 ppm'lik derişiminin 7 gün süreyle etkisi dışında belirlenen süre ve derişimlerdeki etkisi eritrosit nükleus alanını kontrole göre önemli düzeyde arttırmıştır ($P<0,05$). Kurşunun belirli bir ortam derişiminde eritrositlerin nükleus alanı üzerine etkileri süreye bağlı önemli bir değişim göstermemiştir ($P>0,05$) (Çizelge 4.1.7).

Çizelge 4.1.7. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus* Eritrositlerinin Nükleus Alanı (μm^2) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Pb)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	0,064 \pm 0,001 as	0,107 \pm 0,002 bs	0,097 \pm 0,003 cs
0.5	0,084 \pm 0,002 at	0,139 \pm 0,004 bt	0,113 \pm 0,004 ct
1.0	0,096 \pm 0,001 ax	0,089 \pm 0,001 ax	0,091 \pm 0,002 as

* SNK; a, b ve c süreler; s, t ve x harfleri derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P< 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

Kurşunun farklı süre ve ortam derişimlerinin etkisinde *O. niloticus*'un nükleus alanının 7. gün 0,5 ppm ortam derişimi dışında kontrole göre önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir ($P>0,05$). İncelenen metalin düşük derişiminin etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak eritrosit alanında bir dalgalanma saptanırken ($P>0,05$), yüksek derişiminin etkisinde 1. güne oranla artış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1.8).

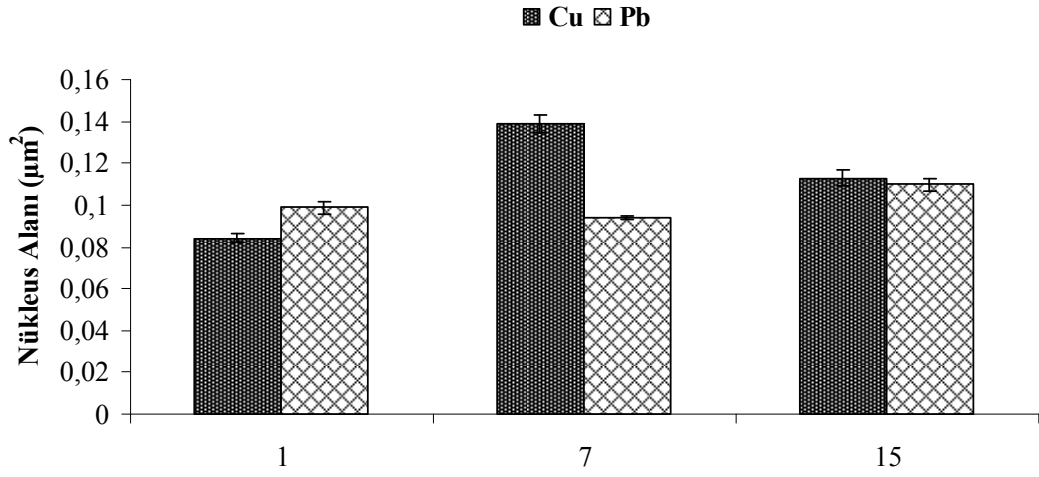
Çizelge 4.1.8. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus* Eritrositlerinin Nükleus Alanı (μm^2) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Pb)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	0,064 \pm 0,001 as	0,107 \pm 0,002 bs	0,097 \pm 0,003 cs
0.5	0,099 \pm 0,003 at	0,094 \pm 0,001 at	0,110 \pm 0,003 bt
1.0	0,100 \pm 0,002 at	0,110 \pm 0,003 bx	0,110 \pm 0,004 bt

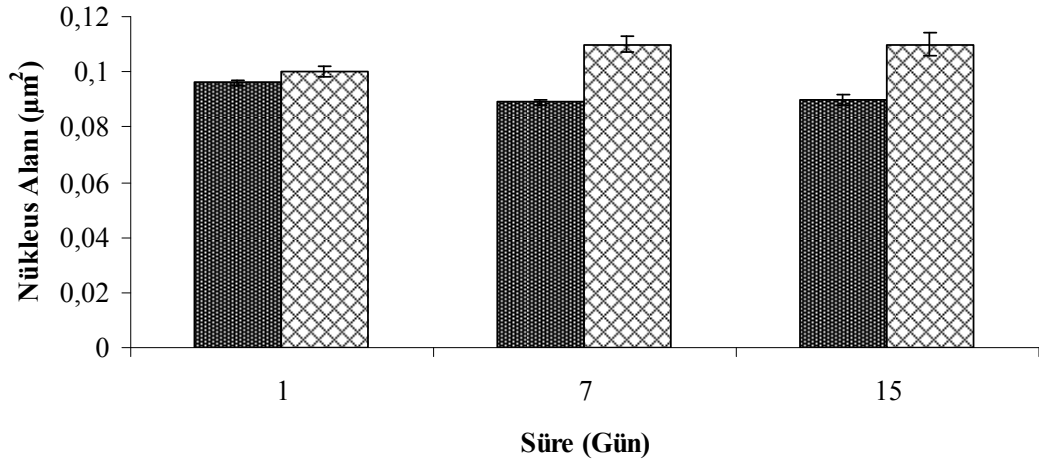
* SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t ve x harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

Bakır ve kurşunun belirlenen derişimlerde *O. niloticus* eritrositlerinin nükleus alanı üzerine etkileri 1. günde benzerlik gösterirken, 0.5 ppm'lik derişimin 7 gün süreyle etkisinde bakır, diğer süre ve derişimlerde ise kurşun etkisinin daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1.4).



(a)



Şekil 4.1.4. *O. niloticus*'da Bakır ve Kurşunun 0.5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Eritrosit Nükleuslarının Alanı (μm^2) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

O. niloticus'da bakır ve kurşunun belirlenen süre ve ortam derişimlerinde hepatosomatik indeks, gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktörü üzerine etkilerine ait verilerin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri sırasıyla Çizelge 4.1.9 – 4.1.14'da sunulmuştur.

O. niloticus'da birinci gün dışında belirlenen sürelerde bakırın ortam derişimindeki artış, yine bakırın belirli bir ortam derişiminde etkide kalma süresindeki artış hepatosomatik indeksi istatistiksel bakımdan önemli düzeyde ($P<0.05$) arttırmıştır (Çizelge 4.1.9).

Çizelge 4.1.9. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'da Hepatosomatik İndeks (%) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Cu)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	1,409 \pm 0,009 as	1,436 \pm 0,009 as	1,422 \pm 0,001 as
0.5	1,410 \pm 0,001 as	1,560 \pm 0,008 bt	1,670 \pm 0,005 ct
1.0	1,420 \pm 0,007 as	1,632 \pm 0,006 bx	1,857 \pm 0,008 cx

* SNK; a, b ve c harfleri süreler; s, t ve x harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P< 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

Kurşunun belirlenen ortam derişimlerinin 1 ve 7 gün sürelerle hepatosomatik indeks üzerine etkileri kontrole göre önemli bir değişime neden olmazken ($P>0.05$), 15. günde hepatosomatik indeksi arttırdığı belirlenmiştir ($P<0.05$). İncelenen ortam derişimlerinden de sadece 1.0 ppm'lik derişimin 15 gün süreyle etkisi hepatosomatik indeks de önemli düzeyde değişime neden olmuştur ($P<0.05$) (Çizelge 4.1.10).

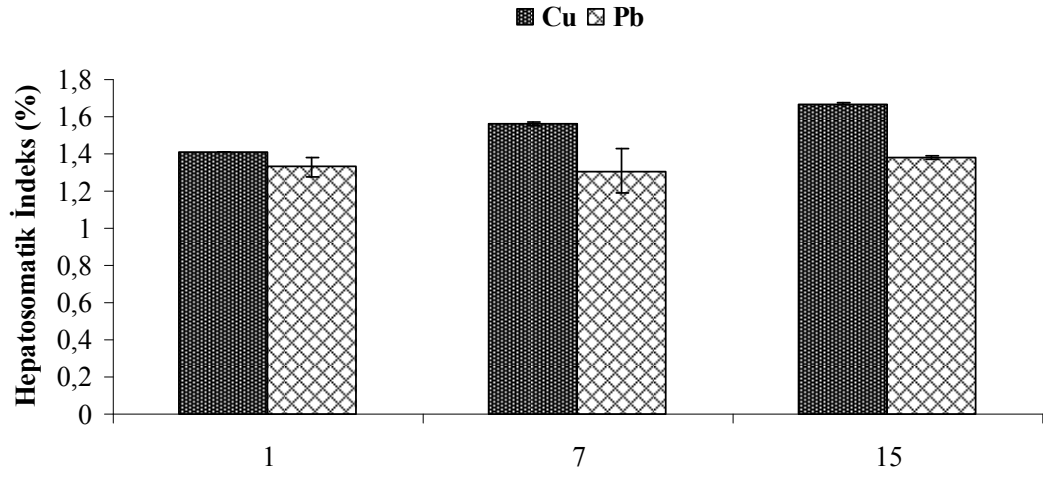
Çizelge 4.1.10. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'da Hepatosomatik İndeks (%) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Pb)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	1,338 \pm 0,009 as	1,327 \pm 0,007 as	1,340 \pm 0,001 as
0.5	1,329 \pm 0,050 as	1,309 \pm 0,120 as	1,378 \pm 0,009 bs
1.0	1,280 \pm 0,130 as	1,340 \pm 0,006 as	1,445 \pm 0,010 bt

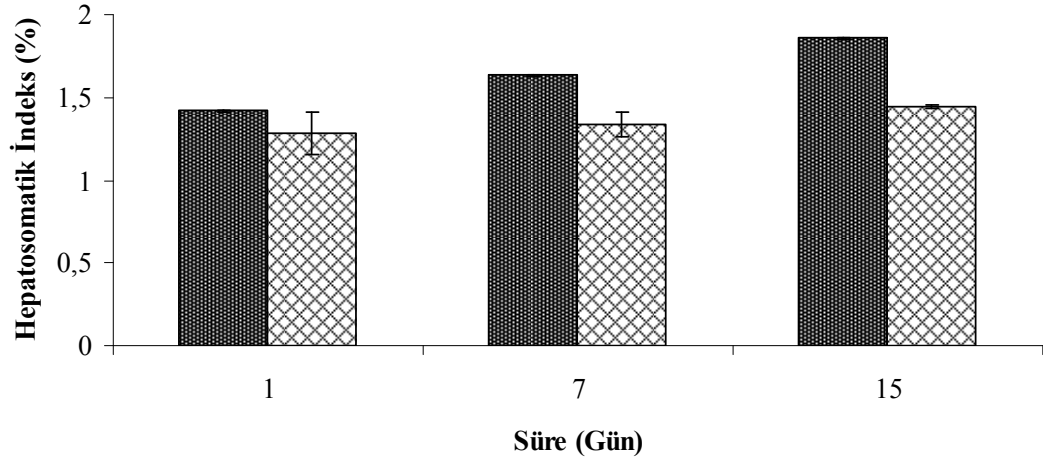
* SNK; a ve b harfleri süreler; s ve t harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

Belirlenen ortam derişimlerinde birinci gün dışında 7 ve 15. günlerde bakırın hepatosomatik indeks üzerine etkisinin kurşuna oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1.5).



(a)



(b)

Şekil 4.1.5. *O. niloticus*'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Hepatosomatik İndeks (%) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

O. niloticus'da bakırın incelenen derişimlerinin 1 ve 7 gün sürelerle etkisi gonadosomatik indekste istatistiksel bakımdan önemli bir değişime neden olmazken ($P>0.05$), 15. günde bakırın ortam derişimindeki artışın gonadosomatik indeksi önemli düzeyde ($P<0.05$) düşürdüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.1.11).

Çizelge 4.1.11. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'da Gonadosomatik İndeks (%) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Cu)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	1,875 \pm 0,20 as	1,847 \pm 0,07 as	1,836 \pm 0,04 as
0.5	1,843 \pm 0,09 as	1,827 \pm 0,02 as	1,653 \pm 0,11 bt
1.0	1,809 \pm 0,19 as	1,799 \pm 0,21 as	1,259 \pm 0,113 bx

* SNK; a ve b harfleri süreler; s, t ve x harfleri ise derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

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

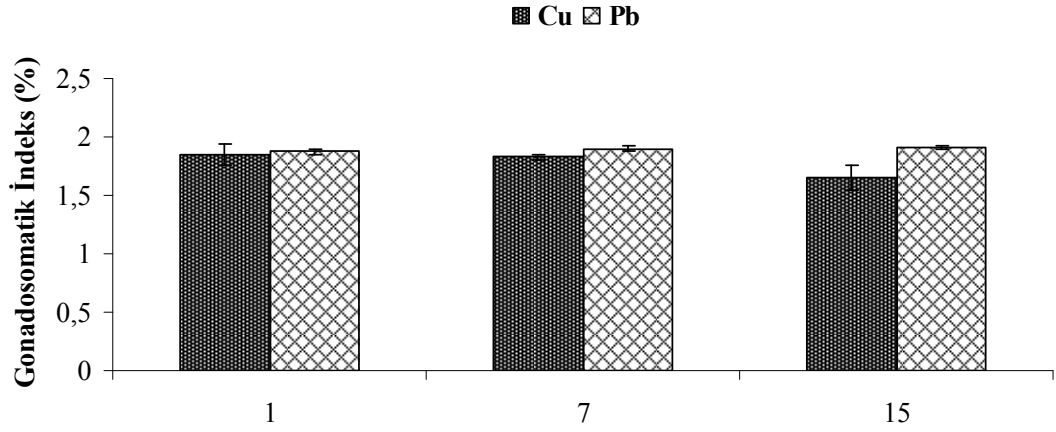
Kurşunun 0.5 ve 1.0 ppm'lik ortam derişimlerinin 1, 7 ve 15 gün sürelerle etkisi *O. niloticus*'un gonadosomatik indeksinde önemli bir değişime neden olmamıştır ($P>0.05$) (Çizelge 4.1.12).

Çizelge 4.1.12. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'da Gonadosomatik İndeks (%) Üzerine Etkileri

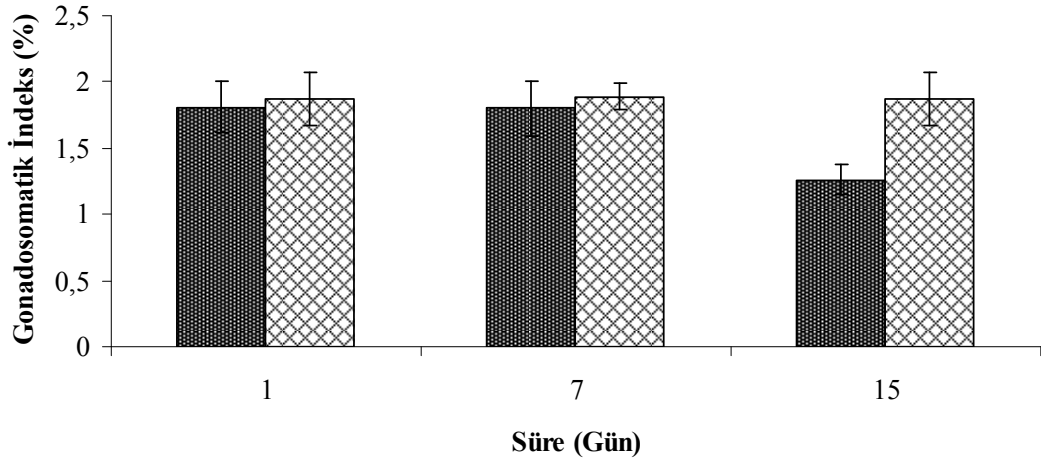
Derişim (ppm Pb)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	1,858 \pm 0,032 as	1,890 \pm 0,012 as	1,877 \pm 0,035 as
0.5	1,878 \pm 0,023 as	1,901 \pm 0,019 as	1,912 \pm 0,011 as
1.0	1,866 \pm 0,002 as	1,886 \pm 0,010 as	1,866 \pm 0,020 as

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

Bakır ve kurşunun incelenen düşük derişimlerinin 1 ve 7 gün sürelerle gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktörü üzerine etkileri arasında önemli bir ayırım gözlenmezken, 15. günde anılan parametreler üzerine kurşunun daha etkili olduğu, bu etkinin ortam derişimindeki artışla daha belirginleştiği saptanmıştır (Şekil 4.1.6 ve 4.1.7).



(a)



(b)

Şekil 4.1.6. *O. niloticus*'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Gonadosomatik İndeks (%) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

O. niloticus'da bakırın incelenen derişimlerinin 1 ve 7 gün süre ile etkisi kondüsyon faktöründe önemli bir değişime neden olmazken ($P>0.05$), etkide kalma süresindeki artış kondüsyon faktörünü istatistiksel bakımdan önemli düzeyde düşürmüştür ($P<0.05$) (Çizelge 4.1.13).

Çizelge 4.1.13. Bakırın Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'da Kondüsyon Faktörü (%) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Cu)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0.0	2,125 \pm 0,16 as	2,095 \pm 0,18 as	2,019 \pm 0,12 as
0.5	2,076 \pm 0,17 as	1,995 \pm 0,07 as	1,835 \pm 0,13 bt
1.0	2,273 \pm 0,17 as	2,085 \pm 0,13 as	1,731 \pm 0,112 bx

* SNK; a ve b harfleri süreler; s, t ve x harfleri derişimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P<0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

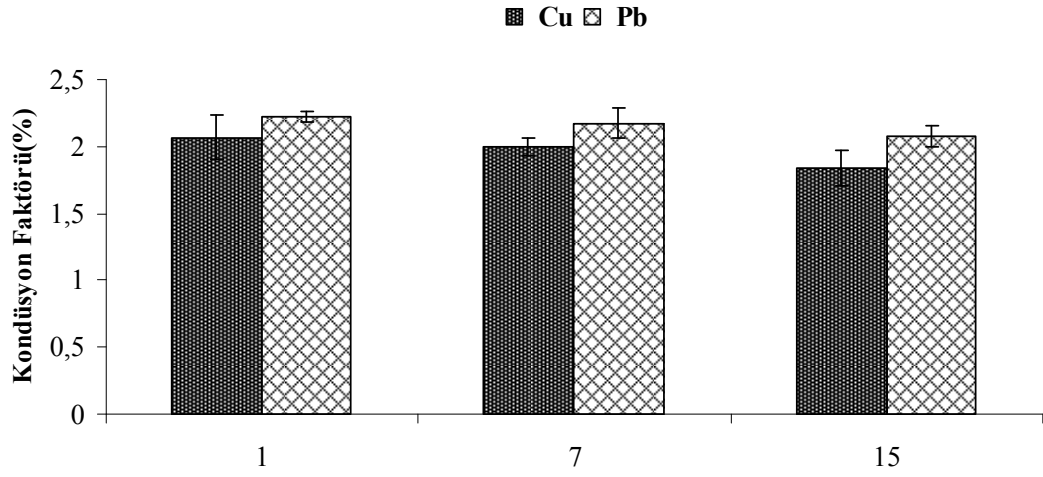
$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

Kurşunun 0.5 ve 1.0 ppm'lik derişimlerinin 1, 7 ve 15 gün sürelerle etkisi *O. niloticus*'un kondüsyon faktöründe önemli bir değişime neden olmamıştır ($P>0.05$), (Çizelge 4.1.14).

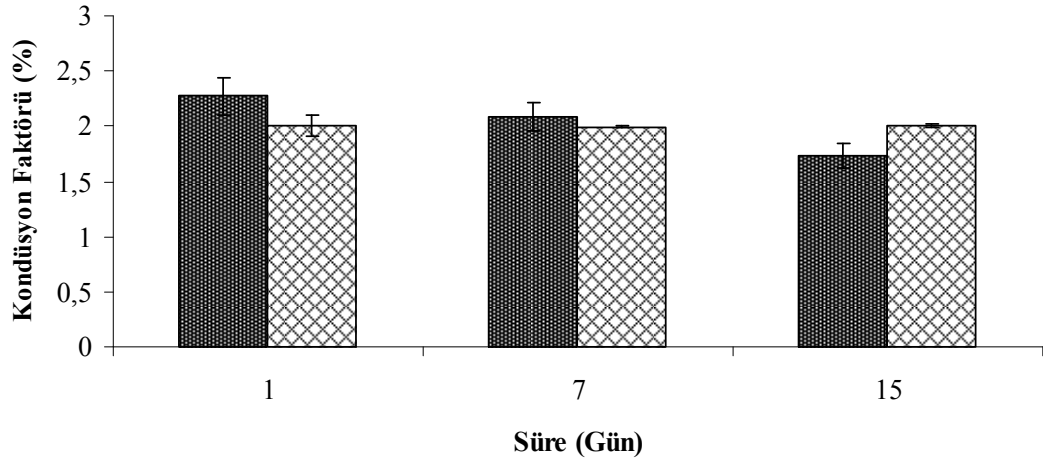
Çizelge 4.1.14. Kurşunun Farklı Süre ve Ortam Derişimlerinde *O. niloticus*'da Kondüsyon Faktörü (%) Üzerine Etkileri

Derişim (ppm Pb)	Süre (Gün)		
	1	7	15
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{x}$ *
0,0	2,235 \pm 0,17 as	2,099 \pm 0,12 as	1,998 \pm 0,135 as
0,5	2,222 \pm 0,04 as	2,175 \pm 0,11 as	2,075 \pm 0,077 as
1	2,115 \pm 0,10 as	1,997 \pm 0,01 as	2,007 \pm 0,010 as

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



(a)



(b)

Şekil 4.1.7. *O. niloticus*'da Bakır ve Kurşunun 0,5 (a) ve 1.0 (b) ppm'lik Ortam Derişimlerinin Belirlenen Sürelerde Kondüsyon Faktörü (%) Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

4.2. TARTIŞMA

Balıklarda ağır metallerin mortalite üzerine etkileri; türe, metale ve ortam koşullarına bağlı olarak değişim gösterse de mortalite oranının belirli bir derişim aralığı üzerinde hızla arttığı görülür.

P. scorfa'da bakırın 16 ppb'lik ortam derişiminin 96 saat süreyle etkisi mortaliteye neden olmazken, 51 ppb'lik derişiminin 72 saat süreyle etkisi %100 oranında mortaliteye neden olmuştur [27]. *Tilapia nilotica* ile kontrollü ortam koşullarında yürütülen araştırmalarda bakırın 0.01, 0.1, 1.0 ve 5.0 ppm'lik derişimlerinin 30 gün süreyle etkisinde mortalite gözlenmezken, 10 ppm'lik derişimin etkisinde 30. günde %100 oranında mortaliteye neden olduğu gözlenmiştir [30, 32].

A. anguilla'da kurşunun 0.06 ve 0.12 ppm'lik derişimlerinin etkisinde 30. gün sonunda mortalite gözlenmezken [18], *P. promelas*'da 2.4 ppm'lik derişiminin 96 saat süreyle etkisi %100 oranında mortaliteye neden olmuştur [21].

O. niloticus ile yürütülen bu araştırmada da bakır ve kurşunun belirlenen süre ve derişimlerinin etkisinde balıklarda mortalite gözlenmemiştir. İncelenen metallerin etkisinde mortalitenin gözlenmemesi 0.5 ve 1.0 ppm'lik derişimlerin belirlenen sürelerde anılan tür için letal olmamasından, ya da toksik etkinin mortaliteye neden olabilecek taşıma kapasitesini aşmamasından kaynaklanabilir.

Balıklar ağır metal etkisi ve ortam koşullarındaki değişimlere öncelikle davranışlarını değiştirerek tepki gösterirler. *P. reticulata* [37], *L. rhoita* [35] ve *O. niloticus* [12]'da bakır, *P. lineatus* [19] ve *T. tinca* [17]'da kurşun etkisinin başlangıçta besin almama, akvaryum yüzeyine yönelme ve operkulum hareketlerinde artış gibi davranış değişikliklerine neden olduğu, etkide kalma süresinin uzaması ile bu davranış değişikliklerinin normale döndüğü belirlenmiştir. Bu araştırmada gerek bakır gerekse kurşun etkisinin başlangıcında balıklarda benzer davranış değişiklikleri gözlenmiş olup bu davranış değişikliklerinin balığın metal etkisinde metabolik

aktiviteyi minimum düzeye indirerek davranış için gereksinim duyulan enerjiyi değişen ortam koşullarına adaptasyonda kullanmasından kaynaklanabileceği olasıdır.

Toksik etkili kimyasallar balıklar tarafından solungaçlar aracılığı ile ortamdan alınıp kan yolu ile doku ve organlara taşındığından öncelikle kan hücreleri ile hepatopoitik dokularda eritropoiesisi etkileyerek yapısal deformasyonlara neden olurlar [79].

C. carpio [79], *Anguilla rostrata* [99] ve *Salvelinus alpinus* [100]'da Cd etkisinin membran bütünlüğü bozulmuş, hücre yüzeyi anomalilerine sahip, amitotik eritrositlerin sayısında artışa neden olduğu saptanmıştır.

C. carpio'da bakır, çinko, kadmiyum ve kurşunun eritrosit morfolojisi üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada bakır etkisi eritrosit morfolojisinde önemli bir değişime neden olmazken, inelenen diğer metallerin etkisinde eritrositlerde şişme, nükleus ve stoplazmada vakuolleşme gibi morfolojik değişikliklerin meydana geldiği belirlenmiştir [101].

Laboratuvar koşullarında *Gobius niger* ile yapılan bir araştırmada Cd'un 2 ppm'lik ortam derişiminin 24 gün süre ile etkisinin olgunlaşmamış eritrositlerle, yapısal deformasyona sahip eritrositlerin sayısında artışa neden olduğu saptanmıştır [102]. Cd etkisinde eritrositler ve nükleusları fusiform bir şekil alırken, hücre zarı girintili çıkıntılı bir hal almıştır.

Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ağır metal etkisinde eritrositlerdeki morfolojik değişikliklerin dokulara oksijen transferini etkileyerek metabolik olaylarda bozukluğa neden olduğunu gösterir.

O. niloticus ile yürütülen bu araştırmada da bakır ve kurşunun belirlenen süre ve ortam derişimlerindeki etkisi eritrosit hücresinin alanında artışa neden olmuştur. Bakır ve kurşun etkisinde eritrosit ve eritrosit nükleusunun alanındaki artışın

metallerin, membranın yapısal bütünlüğünü bozarak kontrolsüz madde geçişine bağlı şişmeden kaynaklandığı olasıdır.

Ağır metaller balıklarda başlıca dolaşım sıvısı olan kanın hücresel bileşenlerinde morfolojik değişikliklerin yanı sıra sayısal değişikliklere de neden olur [3]. Balıklarda hematokrit ve hemoglobin düzeyleri ile eritrosit ve lökosit sayıları gibi kan parametreleri; metale, metalin ortam derişimine, etkide kalma süresine, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişim gösterse de türe, türün gelişme evresine, üreme siklusuna ve hastalıklara bağlı olarak da değişim gösterir [22].

Kan hücrelerinden eritrosit sayısı ile; kan hücrelerinin seruma oranı olan hematokrit düzeyi; kanın oksijen taşıma kapasitesinin yanı sıra eritropoetik douların işlevini yansıtmaları bakımından oldukça önemli parametrelerdir [103].

C. carpio [70] ve *O. mossambicus* [73]'da bakır, *C. carpio* [103] ve *Tinca tinca* [20]'da kurşun etkisi, hematokrit düzeyi ile eritrosit sayısını artırırken *O. mykiss* [75] ve *Clarias gariepinus* [104]'da bakır, *Anguilla anguilla* [66] ve *Barbus conchoniis* [67]'da kurşun etkisinin anemiye neden olduğu belirlenmiştir.

Çeşitli balık türleri ile yürütülen bu araştırmalarda metal etkisinde hematokrit düzeyi ile eritrosit sayısındaki artışın; solungaçlarda metal etkisinin neden olduğu ozmoregülasyondaki bozulmaya bağlı hemokonsantrasyondan, ya da böbrek ve dalak gibi eritropoetik dokuların doğrudan doğruya metaller tarafından stimüle edilerek, olgunlaşmamış eritrositlerin dolaşım sistemine salınımından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Metal etkisinde incelenen parametrelerdeki düşme ise yine ozmoregülasyondaki bozukluğa bağlı hemodilüsyonla ya da eritrosit membranının permeabilitesindeki artışa bağlı ozmotik hemoliz ile açıklanmaya çalışılmıştır.

P. scorfa'da bakır etkisinin; solungaç yüzeyinin mukusla kaplanmasına; hiperplasi, hipertrofi ve proliferasyon gibi yapısal bozukluklara, oksijen difüzyon mesafesi arttığından doku düzeyinde hipoksiya'ya neden olduğu saptanmıştır [63]. *C. carpio*'da kurşun etkisinin dalağın adrenerjik stimülasyonunu arttırdığı belirlenmiştir [103].

Bu çalışmalarda bakır ve kurşunun balıklarda solungaç yapısında bozukluklara, doku düzeyinde hipoksiyaya bunlara bağlı olarak da feed-back mekanizmaların etkinleşmesine neden olduklarını gösterir.

O. niloticus ile yürütülen bu araştırmada ise bakır ve kurşunun 0.5 ve 1.0 ppm'lik derişimlerinin 1, 7, ve 15 gün sürelerle etkisi; hematokrit düzeyi ile eritrosit sayısını, kontrole oranla arttırırken, etkide kalma süresinin uzaması incelenen parametrelerde başlangıca göre düşmeye neden olmuştur.

O. niloticus'da bakır ve kurşun etkisinde hematokrit düzeyi ile eritrosit sayısındaki artışı doğrudan çok sekonder bir tepki olup, eritrositlerin feed-back mekanizmalar aracılığı ile böbrek ve dalak gibi eritropoetik organlardan dolaşım sistemine salınımındaki artışla, ya da ozmoregülasyondaki bozukluğa bağlı hemokonsantrasyonla açıklanabilir.

Etkide kalma süresindeki artışa bağlı olarak incelenen parametrelerde başlangıca oranla saptanan düşme ise; balığın metal etkisine fizyolojik uyumundan kaynaklanabilir.

Balıklarda büyüme, gelişme ve üreme gibi yaşamsal aktiviteler meabolik olaylar sonucunda gerçekleşir. Ağır metallerin doğrudan ya da dolaylı bir şekilde anabolik ve katabolik reaksiyonları etkilemesi gelişme bozukluklarına, ağır metal toksisitesi ve neden olduğu stres koşulları üreme stratejisinde değişikliklere neden olur [3].

Balıklarda karaciğer toksik etkili bileşiklerin detoksifikasyonu yanı sıra metabolik olaylarda etkin olarak işlev gören bir organdır [3].

Çeşitli balık türleri ile yapılan araştırmalarda ağır metal etkisinin karaciğerde hiperplasi, hipertropi, proliferasyon, stoplazmik vakuollerin sayısında artış ve lizozomal veziküllerde genişleme gibi patolojik değişikliklere neden olduğu saptanmıştır [16, 19]. *O. niloticus*'da bakırın 0.1 ppm'lik ortam derişiminin 30 gün süre ile etkisinin hepatosomatik indeksi artırırken, gonadosomatik indeks ve kondisyon faktörünü düşürdüğü belirlenmiştir [12]. *O. aureus*'da subletal derişimlerdeki Cd etkisi toplam vücut ağırlığını düşürürken, karaciğer yaş ağırlığını arttırdığı saptanmıştır [90].

O. niloticus ile yürütölen bu araştırmada da belirlenen ortam derişimlerinin etkisinde bakır ve kurşunun hepatosomatik indeksi artırırken, gonadosomatik indeks ve kondisyon faktöründe önemli bir değişime neden olmamıştır. Bu da belirlenen süre ve derişimlerde incelenen metallerin detoksifikasyon merkezi olan karaciğeri etkilediğini, gelişme ve üreme üzerine önemli bir etki etmediğini gösterir.

İncelenen parametreler üzerine bakırın kurşuna göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bu durum bakırın bir iz element olması nedeniyle hayvansal organizmalar tarafından yüksek düzeyde regöle edilebilmesinin bir sonucu olabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

O. niloticus ile yürütülen bu araştırmada, bakır ve kurşunun 0.5 ve 1.0 ppm'lik ortam derişimlerinin 1, 7 ve 15 gün sürelerle etkisinde hematokrit düzeyi, eritrosit sayısı, eritrosit ve nükleus alanları gibi hematolojik parametreler ile hepatosomatik indeks, gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktöründeki değişimler incelenerek, anılan türde gelişme, üreme ve fizyolojik durum üzerine metallerin tek tek ve karşılaştırmalı etkileri ortaya konuştur.

Gerek bakır gerekse kurşunun belirlenen süre ve ortam derişilerdeki etkileri hematokrit düzeyi ile eritrosit sayısını artırırken, eritrosit ve eritrosit nükleusu alanları üzerine etkileri süreye bağlı değişim gösteriştir.

Bakır etkisi, süreye bağlı olarak hepatosomatik indeksi arttırıp, gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktörünü düşürürken, kurşunun belirlenen derişimlerinin sadece 15 gün süreli etkisi hepatosomatik indeksi arttırmış, gonadosomatik indeks ve kondüsyon faktöründe önemli bir değişime neden olmamıştır.

Bu sonuçlarda bakır ve kurşunun *O. niloticus*'da gelişme , üreme ve fizyolojik durumu yansıtan parametreler üzerine etkilerinin ortam derişimi, süre ve metale bağlı olarak değişim gösterdiğini, incelenen parametreler üzerine bakırın kurşuna oranla daha toksik olduğunu, anılan türde bakır ve kurşun etkisinde hematokrit düzeyi, eritrosit sayısı, eritrosit ve eritrosit nükleusu alanları gibi hematolojik parametrelerdeki değişiliklerin metal toksisitesini belirlemede kullanılabileceğini gösterir.

KAYNAKLAR

- [1] Abdelmeguid, N., Kheirallah, A. M., Abou-Shabana, K., Abdel-Moneim, A. “Histochemical and Biochemical Changes in Liver of *Tilapia zilli* G. as a Consequence of Water Pollution”, Journal of Biological Sciences, **2(4)**: 224-229, (2002).
- [2] Bailey, S.E., Olin, T.J., Bricka, R.M. ve Adrian, D.D. “A Review of Potentially Low Costs Sorbents for Heavy Metals”, Water Research, **33(11)**: 2469-2479, (1999).
- [3] Heath, A. G. (ed) “Water Pollution and Fish Physiology”, Department of Biology Virginia Polytechnic Institute and State Uniandrsity Blacksburg, Virginia, **4**: 67-76, (1995).
- [4] Lehninger, A. L. “Biochemistry”, Worth Publ. Inc., New York, 1104 pp, (1975).
- [5] Allen, P. “Chronic Accumulation of Cadmium in the Edible Tissues of *Oreochromis aureus* (Steindachner): Modification by Mercury and Lead”, Arch. Environ. Contam. Toxicol., **29**: 8-14, (1995).
- [6] Torres, P., Tort, L., Flos, R. “Acut Toxicity of Copper to Mediterranean Dogfish”, Comp. Biochem. Physiol., **86 C (1)**: 169-171, (1987).
- [7] Sorensen, E. M. “Metal Poisoning in Fish”, CRC Press, Boca Raton, FL., 243 s, (1991).
- [8] Pilgaard, L., Malte, H. ve Jensen, F. B. “Physiological Effects and Tissue Accumulation of Copper in Freshwater Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Under Normoxic and Hypoxic Conditions”, Aquat. Toxicol., **29**: 197-212, (1994).
- [9] Drastichova, Svobodova, Z., Luskova, V., Machova, J. “Effect of Cadmium on Hematological Indices of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.)”, Bull. Environ. Contam. Toxicol., **72**: 725-732, (2004).
- [10] Cıck, B. “Bakır + ınko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio*)’nın Karaciğer ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri”, Ekoloji Çevre Dergisi, **48**: 32-36, (2003).

- [11] Sağlamtimur, B., Cicik, B., Erdem, C. “Farklı Ortam Derişimleri Etkisinde Bakır, Bakır + Kadmiyum Karışımının *Oreochromis niloticus* (L.)’un Solungaç, Karaciğer, Böbrek ve Kas Dokularındaki Bakır Birikimi Üzerine Etkileri”, Turkish J. Vet. Ani. Sci., **27**: 813-820, (2003).
- [12] Karaytuğ, S., Erdem, C., Cicik, B., Ay, Ö. “Effects of Copper on Hepatosomatic Index, Gonadosomatic Index and Condition Factor of *Oreochromis niloticus* (L. 1758)”, Fresenius Environmental Bulletin. **16(11a)**: 1355-1358, (2007).
- [13] Ay, Ö., Kalay, M., Tamer, L. ve Canlı, M. “Copper and Lead Accumulation in Tissues of Freshwater Fish *Tilapia zilli* and its Effects on the Branchial Na, K-ATPase Activitiy”, Bull. Environ. Contam. Toxicol. **62**: 160-168, (1999).
- [14] Lauren, D. J. ve McDonald, D. G. “Effects of Copper on Branchial Ionoregulation in the Rainbow Trout, *Salmo gairdneri* Richardson”, J. Comp. Physiol. **B, 155**: 635, (1985).
- [15] Abou-ELNaga, E. H., El-Moselhy, K. M., Hamed, M. A. “Toxicity of Cadmium and Copper and Their Effect on Some Biochemical Parameters of Marine Fish *Mugil seheli*”, Egyptian J. Aquat. Res., **31(2)**: 60-71, (2005).
- [16] Cicik, B., Ay, Ö., Karayakar, F. “Effects of Lead and Cadmium Interaction on the Metal Accumulation in Tissue and Organs of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)”, Bull. Environ. Contam. Toxicol., **72:(1)**, 141-148, (2004).
- [17] Shah, S. L. ve Altındağ, A. “Haematological Parameters of Tench (*Tinca tinca* L.) After Acute and Chronic Exposure to Lethal and Sublathal Mercury Treatments “, Bull. Environ. Contam. Toxicol., **73**: 911-918, (2004).
- [18] Çiftçi, N. Cicik, B., Erdem, C. ve Ay, Ö. “Effects of Lead Concentrations on Sera Parameters and Hematocrit Levels in *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)”, Journal of Fisheries Sciences, **2(4)**: 616-622, (2008).
- [19] Martinez, C. B. R., Naga, M. Y. Zaia, C. T. B. V. ve Zaia, D. A. M. “Acute Morphological and Physiological Effects of Lead in the Neotropical Fish *Prochilodus lineatus*”, Brazilian Journal of Biology, **64(4)**: 797-807, (2004).

- [20] Shah, S. L. “Hematological Parameters in Tench *Tinca tinca* After Short Term Exposure to Lead”, *Journal of Applied Toxicology*, **26**: 223-228, (2006).
- [21] Vosyliene, M. Z. “The Effect of Heavy Metals on Hematological Indices”, *Acta Zoologica Litvanica Hydrobiologia*, **9**: 76-82, (1999).
- [22] Levesque, H. M., Moon, T. W., Campbell, P. G. G., Hontela, A. “Seasonal Variation in Carbohydrate and Lipid Metabolism of Yellow Perch (*Perca flavescens*) Chronically Exposed to Metals in the Field”, *Aquatic Toxicology*, **60 (3-4)**: 257-267, (2002).
- [23] Biney, C., Amazu, A. T., Calamari, D., Kaba, N., Mbome, I. L., Naeve, H., Ochumba, P. B. O., Osibonjo, O., Radegonde, V., Saad, M. A. H. “Review of Heavy Metals in the African Aquatic Environment”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **31**: 134-159, (1994).
- [24] Pelgrom, S. M. G. J., Lamers, L. P. M., Garritsen, J. A. M., Pelts, B. M., Lock, R. A. Balm, P. H. M., Wendelaar-Bonga, S. E. “Interactions Between Copper and Cadmium During Single and Combined Exposure in Juvenile Tilapia *Oreochromis mossambicus* Influence of Feeding Condition on Whole Body Metal Accumulation and The Effect of the Metals on Tissue Water and Ion Content”, *Aquatic Toxicology*, **30**: 117-135, (1994).
- [25] Hansen, H. J. M., Olsen, A. G., Rosenkilde, P. “The Effect of Cu on Gill and Esophagus Lipid Metabolism in the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)”, *Comp. Biochem. Physiol.*, **113 C(1)**: 23-29, (1996).
- [26] Mazon, A. F. ve Fernandes, M. N. “Toxicity and Differential Tissue Accumulation of Copper in the Tropical Freshwater Fish *Prochilodus scorfa* (Prochilodontidae). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **63**: 797-804, (1999).
- [27] Taneshka, K. “Effect of Zinc, Copper and Cadmium on *Oreochromis mossambicus* Free Embryos and Randomly Selected Mosquito Larvae as Biological Indicators During Acute Toxicity Testing”, Ms Thesis, Rand Afrikaans University, 156 pp., (2001).

- [28] Hollis, L., McGeer, J. C. McDonald, D. G., ve Wood, C. M. "Cadmium Accumulation, Gill Cd Binding, Acclimation and Physiological Effects During Long Term Sublethal Cd Exposure in Rainbow Trout", *Aquatic Toxicology*, **46**: 101-119, (1999).
- [29] Dethloff, G. M. Schelenk, D., Khan, S., Bailey, H. C. "The Effects of Copper on Blood and Biochemical Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **36**: 415-423, (1999).
- [30] Erdem, C. ve Kargin, F. "*Cyprinus carpio* ile *Tilapia nilotica*'nın Karaciğer, Dalak, Barsak, Solungaç ve Kas Dokularındaki Bakır Birikiminin Karşılaştırmalı Olarak Araştırılması", *Biyokimya Dergisi*, **7(1)**: 13-27, (1992).
- [31] Arslan, M., Karaytuğ, S., Cicik, B. "Bakırın *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'da Doku Glikojen ve Serum Glukoz Düzeyi Üzerine Etkileri", *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, **23(1/1)**: 23-27, (2006).
- [32] Cicik, B., Erdem, C. "Effects of Copper on the Quantitative Protein Changes in Liver and Muscle Tissues of *Tilapia nilotica*", *Biyokimya Dergisi*, **17(1)**: 51-64, (1992).
- [33] Almeida, J. A., Novelli, E. L. B., Dal Pai Silva, M. ve Alves-Junior, R. "Environmental Cadmium Exposure and Metabolic Responses of the Nile *Tilapia Oreochromis niloticus*", *Environmental Pollution*, **114(2)**: 169-175, (2001).
- [34] Venkataramana, P. ve Radhakrishnaiah, K. "Copper Influences Changes in Lactate Dehydrogenase and G-6-PDH Activities of Freshwater Teleost, *Labeo rohita*", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **67**: 247-263, (2001).
- [35] Karaytuğ, S., Erdem, C., Cicik, B. "Accumulation of Cadmium in the Gill, Liver, Kidney, Spleen, Muscle and Brain Tissues of *Cyprinus carpio*". *Ekoloji Çevre Dergisi*, **63(16)**: 16-22, (2007).
- [36] Ansari, I. A. "Studies on the Toxicity of Copper Sulphate on *Channa punctatus* and *Mystus vittatus*; Determination of LC₅₀ Values", *Accttaciencis India*, **10**: 154-160, (1984).

- [37] Khunyakari, R. P. Tare, V. ve Sharma, R. N. “Effects of Some Trace Heavy Metals on *Poecilia reticulata* (Peters)”, J. Environ. Biol., **22(2)**: 141-144, (2001).
- [38] Hilmy, A. M. Shabana, M. B. ve Daabees, A. Y. “Effects of Cadmium Toxicity upon the in vivo an in vitro Activitiy of Proteins and Five Enzymes in Blood Serum and Tissue Homogenates of *Mugil cephalus*”, Comp. Biochem. Physiol. C., **81(1)**: 145-153, (1985).
- [39] Hilmy, A. M. El-Domiaty, N. A. Daabees, A. Y. ve Abdel-Latife, H. A. “Some Physiological and Biochemical Indices of Zinc Toxicity in Two Freshwater Fishes, *Clarias lazera* and *Tilapia zilli*”, Comp. Biochem. Physiol. C **87(2)**: 297-301, (1987).
- [40] Canlı, M. “Effect of Mercury, Chromium and Nickel Glycogen Reserves and Protein Levels in Tissues of *Cyprinus carpio*”, Turk. J. Zoology, **20**: 161-168, (1996).
- [41] Jezierska, B. ve Witeska, M. “Metal Induced Changes in Structure and Function of Various Fish Organs”, Fresenius Environmental Bulletin, **11(2)**: 52-59, (2002).
- [42] Kargın, F. “Bakırın *Cyprinus carpio* ve *Tilapia nilotica*'da Doku ve Organlardaki Birikimi ile Mortalite Üzerine Etkisi”, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Doktora Tezi, 68 s., (1990).
- [43] McGeer, J. C., Szebedinszky, C., McDonald, D.G., Wood, C. M. “Effects of Chronic Sublethal Exposure to Waterborne Cu, Cd or Zn in Rainbow Trout; Ion Regulatory Disturbance and Metabolic Costs”, Aquat. Toxicol., **50**: 231-243, (2000).
- [44] Handy, R. D. “Chronic Effects of Copper Exposure Versus Endocrine Toxicity: Two Sides of the Same Toxicological Process”, Comp. Biochem. Physiol., **135A**: 25-38, (2003).
- [45] Karataş, S. ve Kalay, M. “*Tilapia zilli*'nin Solungaç, Karaciğer, Böbrek ve Beyin Dokularındaki Kurşun Birikimi”, Turk. J. Vet. Anim. Sci., **26**: 471-477, (2002).

- [46] Tulasi, S. J., Reddy, P. U. M. Romana-Rao, J. V. “Accumulation of Lead and Effects on Total Lipids on Lipid Derivatives in the Freshwater Fish *Anabas tertudineus* (Bloch)”, *Ecotoxicol. Environ. Safe.*, **23**: 33-38, (1992).
- [47] Somero, G. N., Chous, T. J., Yancey, P. H. Snyder, C. B. “Lead Accumulation Rates in Tissues of the Estuarine Teleost Fish *Gillichthys mirabilis*; Salinity and Temperature Effects”, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **6**: 337-348, (1977).
- [48] Witeska, M. ve Jezierska, B. “The Effects of Environmental Factors on Metal Toxicity to Fish “, *Fresenius Environmental Bulletin*, **12(8)**: 824-829, (2003).
- [49] Pickering, Q. H., Lazorchak, J. M., Wink, K. L. “Subchronic Sensitivity of One-, Four-, and Seven-Day-Old Fathead Minnow (*Pimephales promelas*) Larvae to Five Toxicants”, *Environmental Toxicology and Chemistry*, **15(3)**: 353-359, (1996).
- [50] Chakoumakos, C., Russo, R. C., Thurston, R. V. “Toxicity of Copper to Cutthroat Trout Salmon (*Salmo clarki*) Under Different Conditions of Alkalinity, pH and Hardness”, *Am. Chem. Soc.*, **13**: 213-219, (1979).
- [51] Stouthart, X. J. H. X., Haans, J. L. M. Lock, A. C. ve Wendelaar Bonga, S. E. “Effects of Water pH on Copper Toxicity to Early Life Stages of the Common Carp (*Cyprinus carpio*)”, *Environ. Toxicol. and Chem.*, **15(3)**: 376-383, (1996).
- [52] Voyer, R. A. Yevich, P. P., Barszcz, C. A. “Histological and Toxicological Responses of the Mummichog *Fundulus heteroclitus* (L.) to Combinations of Levels of Cadmium and Dissolved Oxygen in a Freshwater”, *Wat. Res.*, **9**: 1069-1074, (1975).
- [53] Lugowska, K., Jezierska, B. “Effect of Copper and Lead on Common Carp Embryos and Larvae at Two Temperatures”, *Folia Univ. Agric. Stetin*, **26**: 29-38, (2000).
- [54] Erickson, R. J. Benoit, D. A. Mattson, V. R., Nelson, H. P., Leonard, E. N. “The Effects of Water Chemistry on the Toxicology of Copper to Fathead Minnows”, *Environ. Toxicol. Chem.*, **15**: 181-193, (1996).

- [55] Beaumont, M. W., Butler, P. J. ve Taylor, E. W. “Exposure of Brown Trout *Salmo trutta*, to a Sublethal Concentration of Copper in Soft Acidic Water, Effects upon Muscle Metabolism and Membrane Potential”, *Aquat. Toxicol.*, **51**: 259-272, (2000).
- [56] Cerqueria, C. C. ve Fernandes, M. N. “Gill Tissue Recovery After Copper Exposure and Blood Parameter Responses in the Tropical Fish *Prochilodus scorfa*”, *Toxicol. Environ. Safe.*, **52**: 83-91, (2002).
- [57] Khunyakari, R. P., Tare, V., Sharma, R. N. “Effects of Some Trace Heavy Metals on *Poecilia reticulata* (Peters)”, *Journal of Environmental Biology*, **22(2)**: 141-144, (2002).
- [58] Monteiro, S. M., Mancera, J. M. Fontainhas-Fernandes, A., Sousa, M. “Copper Induces Alterations of Biochemical Parameters in the Gill and Plasma of *Oreochromis niloticus*”, *Comp. Biochem. Physiol.*, **141C**: 375-383, (2005).
- [59] Ozoh, P. T. E. “Studies on Intraperitoneal Toxicity of Lead to *Cichlosoma nigrofasciatum* (Guenther) Development”, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **21**: 676-682, (1979 b).
- [60] Hodson, P. V., Hilton, J. W., Blunt, B. R., Slinger, S. J. “Effect of Dietary Ascorbic Acid on Chronic Lead Toxicity to Young Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*)”, *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, **37**: 170-176, (1980).
- [61] Luskova, V. “Annual Cycles and Normal Values of Hematological Parameters in Fishes”, *Acta Sc. Nat. Brno.*, **31(5)**: 70 pp., (1997).
- [62] Dhanapakiam, P ve Ramasamy, V. K. “Toxic Effects of Copper and Zinc Mixtures on Some Haematological and Biochemical Parameters in Common Carp, *Cyprinus carpio* (L)”, *J. Environ. Biol.*, **22(2)**: 105-111, (2001).
- [63] Mazon, A. F., Monteiro, E. A. S., Pinheiro, G. H. D. ve Fernandes, M. N. “Haematological and Physiological Changes Induced by Short-term Exposure to Copper in the Freshwater Fish, *Prochilodus scorfa*”, *Braz. J. Biol.* **62(4A)**: 621-631, (2002).
- [64] Holcombe, C. V., Benoit, D. A., Leonard, E. N. “Long-Term Effects of Lead Exposure on Three Generations of Brook Trout *Salvelinus fontinalis*”, *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **33**: 1731-1741, (1976).

- [65] Srivastava, A. K. ve Mishra, S. “Blood Dyscrasia in a Teleost, *Colisa fasciatus* After Acute Exposure to Sublethal Concentrations of Lead”, Journal of Fish Biology, **14(2)**: 199-203, (1979).
- [66] Haux, C. ve Larsson, A. “Influence of Inorganic Lead on the Blood Composition in the Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*)”, Ecotoxicol. Environ. Safety, **6**: 28-34, (1982).
- [67] Tewari, H., Gill, T. S. ve Pant, J. “Impact of Chronic Lead Poisoning on the Hematological and Biochemical Profiles of a Fish, *Barbus conchoni* (Ham.)”, Bull. Environ. Contam. Toxicol., **38**: 748-752, (1987).
- [68] Hodson, P. V., Blunt, B. R., Spry, D. J. “Chronic Toxicity of Waterborne and Dietary Lead to Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) in Lake Ontario Water”, Water Res., **12**: 869-818, (1978).
- [69] Allen, P. “Accumulation Profiles of Cadmium and Their Modification by Interaction with Lead and Mercury in the Edible Tissues of *Oreochromis aureus*”, Fres. Environ. Bull., **2**: 745-751, (1983).
- [70] Svobodova, Z., Vykusova, B. ve Machova, J. “The Effects of Pollutants on Selected Haematological and Biochemical Parameters in Fish”, In: R. Müller and R. Lloyd (eds.), Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish, Fishing News Books, London, (1994).
- [71] Singh, H. S. ve Reddy, T. V. “Effect of Copper Sulfate on Haematology, Blood Chemistry and Hepato-Somatic Index of and Indian Catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch), and its Recovery”, Ecotoxicol. Environ. Safe., **20**: 30-35, (1990).
- [72] Mishra, S. ve Srivastava, A. K. “The Effects of Copper on the Blood of a Teleost”, Ecotoxicol. Environ. Safety, **4**: 191-194, (1980).
- [73] Cyriac, P. J. Antony, A. ve Nambiasan, P. N. K. “Hemoglobin and Hematocrit Values in the Fish *Oreochromis mossambicus* (Peters) After Short Term Exposure to Copper and Mercury”, Bull. Environ. Contam. Toxicol., **43**: 315-320, (1989).

- [74] Johansson-Sjöbeck, M. L., Larsson, A. “Effects of Inorganic Lead on Delta-Aminolevulinic Acid Dehydratase Activity and Hematological Variables in the Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*”, Arch. Environ. Contam. Toxicol., **8**: 419-431, (1979).
- [75] Vosyliene, M. Z. “Haematological Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) During Short-Term Exposure to Copper”, Ecologija, **3**: 12-18, (1996).
- [76] Witeska, M. “Changes in the Common Carp Blood Cell Picture After Acute Exposure to Cadmium”, Acta. Zool. Litvanica, **11**: 366-371, (2001).
- [77] Gill, T. S. ve Pant, J. C. “Chromatin Condensation in the Erythrocytes of Fish Following Exposure to Cadmium”, Bull. Environ. Contam. Toxicol., **36**: 199-203, (1986).
- [78] Gill, T. S. ve Pant, J. C. “Erythrocytic and Leucocytic Responses to Cadmium Poisoning in a Freshwater Fish *Puntius conchonius* Ham.”, Environmental Research, **30**: 327-337, (1985).
- [79] Witeska, M. ve Baka, I. “The Effect of Long-Term Cadmium Exposure on Common Carp Blood”, Fresenius Environm. Bulletin, **11(12A)**: 1059-1065, (2002).
- [80] Vijayan, M. M., Pereira, C., Grau, E. G. ve Iwama, G. K. “Metabolic Responses Associated with Confinement Stress in Tilapia; The Role of Cortisol”, Biochem. Physiol., **116 C (1)**: 85-89, (1997)
- [81] Laflamme, J. S., Couillard, Y., Campbell, P. G. C ve Hontela, A. “Interrenal Metallothionein and Cortisol Secretion in Relation to Cd, Cu and Zn Exposure in Yellow Perch, *Perca flavescens* from Agabeytipi Lakes”, J. Fish Aquat. Sci. **57**: 1692-1700, (2000).
- [82] Sherwood, G. D. Rasmussen, J. B., Rowan, D. J. Brodeur, J. ve Hontela, A. “Bioenergetic Costs of Heavy Metal Exposure in Yellow Perch (*Perca flavescens*): in-situ Estimates with a Radiotracer (¹³⁷Cs) Technique”, Can. J. Fish Aquat. Sci. **57**: 441-450, (2000).
- [83] Zyadah, M. A. “Accumulation of Some Heavy Metals in *Tilapia zilli* Organs from Lake Manzallah Egypt”, Tr. J. Of Zool. **23**: 367-372, (1999).

- [84] Katti, S. R. ve Sathyanesan, A. G. “Lead Nitrate Induced Changes in the Brain Constituents of the Freshwater Fish *Clarias batrachus*”, Neuro. Toxicol. **3**: 47-52, (1986).
- [85] Hatekeyama, S. ve Yasuno, M. “Chronic Effects of Cd on Reproduction of the Guppy (*Poecilia reticulata*) Through Cd Accumulated Midge Larvae (*Chironomus yoshimatsui*)”, Ecotoxicol. Environ. Safe. **14(3)**: 191-207, (1987).
- [86] Woo, P. T. K., Yoke, M. S. ve Wong, M. K. “The Effects of Short-Term Acute Cadmium Exposure on Blue Tilapia *Oreochromis aureus*”, Environ. Biol. Fish., **37**: 67-74, (1993).
- [87] Sindhe, V. R. ve Kulkarni, R. S. “Gonadosomatic and Hepatosomatic Indices of the Freshwater Fish *Notopterus notopterus* (Pallas) in Response to Some Heavy Metal Exposure”, J. Environ. Biol., **25(3)**: 365-373, (2004).
- [88] Marr, J. L. A., Lipton, J., Cacela, D., Hansen, J. A. Bergman, H. L., Meyer, J. S. ve Hogstrand, C. “Relationship Between Copper Exposure Duration, Tissue Copper Concentration and Rainbow Trout”, Aquatic Toxicology, **36**: 17-30, (1996).
- [89] McCormick, J. H. ve Jensen, K. M. “Chronic Effects of Low pH and Elevated Aluminium on Survival, Maturation, Spawning and Embryo-Larval Development of the Fathead Minnow in Soft Water”, Water Air and Soil Pollution, **43**: 293-307, (1989).
- [90] Ozoh, P. T. E. “Malformations and Inhibitory Tendencies Induced to *Brachydonio rerio* (Hamilton-Buchanon) Eggs and Larvae Due to Exposures in Low Concentrations of Lead and Copper Ions”, Bull. Environ. Contam. Toxicol., **21**: 676-682, (1979 a).
- [91] Tulasi, S. J. ve Reddy, P. U. M. ve RamanoRoa, J. V. “Effect of Lead on the Spawning potential of the Fresh Water Fish, *Anabas testudines*”, Bull. Environ. Contam. Toxicol., **43**: 858-863, (1989).
- [92] Jana, S. ve Shana, S. S. “Effects of Copper, Cadmium and Chromium Cations on the Freshwater Fish *Clarias batrachus* L.”, Physiol. Bohemoslov., **37(1)**: 79-82, (1988).

- [93] Grimstone, A. V., ve Skaer, R. J. “Aguide Book to Microscopical Methods”, Cambridge Uni. Press, 138 pp., (1972).
- [94] Gregory, T. R. (16 Ekim 2003). Fish Erythrocyte Sizes. Animal Genome Size Database, Erişim: <http://www.genomesize.com/cellsiz/fish.htm> [02 Şubat 2009].
- [95] Wedemeyer, G.A., Yasutake, W.T. “Clinical Methods For The Assessment of The Effects of Environmental Stress on Fish Health”, United States Technical Papers Fish Wild Services, **89**: 1-18. (1977).
- [96] Roberts, R. J. “Fish Patology”, Bailiere Tindalla Division of Ltd. Printed in Great Britain at the University Press, Aberdeen, 318 pp., (1978).
- [97] Konuk, T. “Pratik Fizyoloji I”, A.Ü. Veteriner Fakültesi Yay. Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 181 s., (1981).
- [98] Gürgün, V. ve Halkman, A. K. “Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri”, Gıda Teknolojisi Derneği Ankara, **7**: 146 s., (1988).
- [99] Gill, T. S. ve Epple, A. “Stress-related Changes in Hematological Profile of the American Eel (*Anguilla rostrata*)”, Ecotoxicol Environ. Saf., **25**, 227-235, (1993).
- [100] Hofer, R., Weyrer, S., Kock, G. ve Pittracher, H. “Heavy Metal Intoxication of Arctic Charr (*Salvelinus alpinus*) in a Remote Acid Alpine Lake”, FAO/EIFAC/XVII/92/Symp. E 31, (1992).
- [101] Witeska, M. “The Effect of Toxic Chemicals on Blood Cell Morphology in Fish”, Fresenius Environmental Bulletin, **13(12a)**:1379-1384, (2004).
- [102] Katalay, S. ve Parlak, H. “Kadmiyum’un *Gobius niger* L., 1758 (Pisces: Gobiidae)’in Eritrosit Yapısı Üzerine Etkileri”, EÜ. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, **21:(1-2)**, 99-1-2, (2004).
- [103] Witeska, M. “Stress in Fish-Hematological and Immunological Effects of Heavy Metals”, Electronic Journal of Ichthyology, **1**: 35-41, (2005).
- [104] Hilmy, A. M., El-Domiaty, N. A. Daabees, A. Y. ve Alsanha, A. “The Toxicity to *Clarias lazera* of Copper and The Applied Jointly”, Comparative Biochemistry and Physiology, **87(2)**: 309-314, (1982).

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Adana'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Adana'da tamamladım. 2005 yılında Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi'nden Su Ürünleri Mühendisi ünvanı ile mezun oldum. Aynı yıl, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı'nın açmış olduğu yüksek lisans sınavını kazandım ve halen Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimime devam etmekteyim.