

**BAKIR'IN *Oncorhynchus mykiss*  
(Walbaum, 1792)'de HEMATOKRİT DÜZEYİ İLE  
ERİTROSİT SAYISI VE MORFOLOJİSİ  
ÜZERİNE ETKİLERİ**

**MEHMET ALİ TİBATAN**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERSİN  
MAYIS- 2012**

**BAKIR'IN *Oncorhynchus mykiss*  
(Walbaum, 1792)'de HEMATOKRİT DÜZEYİ İLE  
ERİTROSİT SAYISI VE MORFOLOJİSİ  
ÜZERİNE ETKİLERİ**

**MEHMET ALİ TİBATAN**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman  
Prof. Dr. Bedii CİCİK**

**MERSİN  
MAYIS- 2012**

Mehmet Ali TİBATAN tarafından Prof. Dr. Bedii CİCİK danışmanlığında hazırlanan “Bakır’ın *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)’de Hematokrit Düzeyi ile Eritrosit Sayısı ve Morfolojisi Üzerine Etkileri” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Serap ERGENE

Prof. Dr. Bedii CİCİK

Yrd. Doç. Dr. Sahire KARAYTUĞ

İmza  
.....  
.....  
.....  
.....

Yukarıdaki jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 31./05./2012 tarih ve 202.11/..3.17..sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. A. Murat GİZİR  
Enstitü Müdürü

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

## BAKIR'IN *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)'de HEMATOKRİT DÜZEYİ İLE ERİTROSİT SAYISI ve MORFOLOJİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Mehmet Ali TİBATAN

### ÖZ

Araştırmada bakırın 0.125, 0.250 ve 0.500 ppm ortam derişimlerinin 24, 48, 72 ve 96 saat sürelerle etkisinin *Oncorhynchus mykiss*'in eritrosit sayısı, hematokrit düzeyi, eritrosit ve nükleus alanı gibi hematolojik parametrelerde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Belirtilen hematolojik parametrelerin analizinde mikrohematokrit ve mikroskopik yöntemler kullanılmıştır. Bakırın incelenen süre ve derişimleri etkisinde deneklerde mortalite gözlenmemiştir. Balıklarda eritrosit sayısı ile hematokrit düzeyi belirlenen derişimlerin 96 saat dışında incelenen süreler etkisinde kontrole göre arttığı saptanmıştır. İncelenen yüksek derişimin 24 saat süreyle etkisi dışında eritrosit alanı tüm sürelerde kontrole göre azalırken, nükleus alanı değişim göstermemiştir. Eritrosit sayısı belirlenen derişimlerin 48 saat süreyle etkisi dışında etkide kalma süresinin uzamasına bağlı olarak azalmıştır. Hematokrit düzeyi 0.125 ppm ortam derişiminin 96 saatlik etkisi dışında etkide kalma süresinin uzamasına bağlı olarak artarken, 0.500 ppm etkisinde 48 saat dışında azalmıştır. Eritrosit alanı incelenen yüksek derişim etkisinde 24 saate oranla azalırken, 0.125 ve 0.250 ppm etkisinde 48 ve 72 saatte artmıştır. Nükleus alanı ise 0.500 ppm dışında incelenen derişimler etkisinde 24 saate oranla artmıştır. Bakır etkisinde eritrosit sayısı ve hematokrit düzeyindeki artış, eritropoiezisten, azalma ise ozmotik hemolizden, eritrositlerdeki morfolojik değişimler ise membran permeabilitesinin bozulmasından kaynaklanabilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Oncorhynchus mykiss*, Bakır, Hematoloji

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

**THE EFFECTS of COPPER ON HEMATOCRIT LEVEL, ERYTHROCYTE COUNT and ERYTHROCYTE MORPHOLOGY of *Oncorhynchus mykiss* (WALBAUM, 1792)**

**Mehmet Ali TİBATAN**

**ABSTRACT**

Effects of copper on some hematological parameters such as erythrocyte count, hematocrit level, and erythrocyte and nucleus areas of *Oncorhynchus mykiss* were studied after exposing at 0.125, 0.250 and 0.500 ppm Cu concentrations over 24, 48, 72, 96 hours time period. Microhematocrit and microscobic techniques were used in determining the hematological parameters. No mortalities were observed during the short time period of sub-lethal copper concentrations. Determined erythrocyte count and hematocrit levels of fishes increased at given time periods compared with control groups except for 96 hours time period. Effect of high concentration of copper decreased erythrocyte areas compared with control except for 24 hours time period while nucleus areas didn't undergo any changes. Erythrocyte count at concentrations and periods tested decreased depending on prolonged time periods except for 48 hours time period. Hematocrit level increased except for 0.125 ppm concentration at 96 hours time period depending on prolonged time period while the effect of 0.500 ppm decreased at all time periods except for 48 hours. Erythrocyte area decreased in the effects of high concentration compared with 24 hours while it increased in the effects of 0.125 and 0.250 ppm at 48 and 72 hours. Nucleus area increased at concentrations tested compared with 24 hours time period except for 0.500 ppm. Increase in erythrocyte count and hematocrit level may be caused by erythropoiesis, and decrease in these parameters may take root from osmotic hemolysis and finally morphological changes may be due to the deterioration of membran permeability.

**Key Words:** *Oncorhynchus mykiss*, Copper, Hematology

**Advisor:** Prof. Dr. Bedii CİCİK, Department of Aquacultural Basic Sciences, University of Mersin.

## TEŞEKKÜR

Araştırmalarımı yönetip yönlendiren ve benden her türlü yardımını esirgemeyen danışmanım M E Ü. Su Ürünleri Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Bedii CİCİK' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Deney aşamalarında ve tezin hazırlanmasında yardımlarını gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Fahri KARAYAKAR, Doç. Dr. Özcan AY, Yrd. Doç. Dr. Mehmet Tahir ALP, Yrd. Doç. Dr. Sahire KARAYTUĞ, Arş. Gör. Teslime ÖZBAY, Özgür ÖZBAY, Naci ÖZDEMİR ve Dr. Nuray ÇİFTÇİ' ye teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca tez çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm arkadaşlarım, Arş. Gör. Gülsemin ŞEN ile yüksek lisans öğrencilerinden Mahitap Duygu DURU, İsa ŞEN, Öğ. Gör. Ali Murat KÜLCÜ, Celal GÜNALP ve Refika CİCİK' e en samimi teşekkürlerimi sunarım.

Son olarakta bugüne kadar her türlü konuda benden maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>ÖZ</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	iv
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	v
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	vi
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	4
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	10
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	14
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	24
<b>KAYNAKLAR</b> .....	25
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	34

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>Çizelge 3.1.</b> Deney ve kontrol akvaryumlarındaki suyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	10
<b>Çizelge 4.1.</b> Bakırın farklı süre ve ortam derişimlerinde <i>O. mykiss</i> 'in eritrosit sayısı ( $10^6$ hücre/mm <sup>3</sup> ) üzerine etkileri.....	15
<b>Çizelge 4.2.</b> Bakırın farklı süre ve ortam derişimlerinde <i>O. mykiss</i> 'in hematokrit düzeyi (%) üzerine etkileri.....	16
<b>Çizelge 4.3.</b> Bakırın farklı süre ve ortam derişimlerinde <i>O. mykiss</i> 'in eritrosit alanı ( $\mu\text{m}^2$ ) üzerine etkileri.....	18
<b>Çizelge 4.4.</b> Bakırın farklı süre ve ortam derişimlerinde <i>O. mykiss</i> eritrositlerinin nükleus alanı ( $\mu\text{m}^2$ ) üzerine etkileri.....	19



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>Şekil 4.1.</b> <i>O. mykiss</i> 'te bakırın, 0.125 (a), 0.250 (b) ve 0.500 ppm (c)'lik ortam derişimlerinin belirlenen sürelerde eritrosit sayısı ve hematokrit düzeyi üzerine etkilerinin karşılaştırması.....	17
<b>Şekil 4.2.</b> <i>O. mykiss</i> 'te bakırın, 0.125 (a), 0.250 (b) ve 0.500 ppm (c)'lik ortam derişimlerinin belirlenen sürelerde eritrosit alanı ve eritrosit nükleusu alanı üzerine etkilerinin karşılaştırması.....	20

## 1. GİRİŞ

İkinci Dünya Savaşı'nın bitimiyle artan nüfus, tarımsal ve endüstriyel gelişim, günümüzde doğaya bırakılan kimyasal atık miktarında çevre ve insan sağlığını tehdit edecek düzeyde artışa neden olmuştur (Nordberg ve vd., 2007).

Sucul ekosistemlerde kirliliğe neden olan kimyasal maddeler arasında ağır metaller üst sırada yer almaktadır (Bettini ve vd., 2006). Normal koşullarda doğadaki derişimleri son derece düşük olmasına rağmen, fosil yakıt kullanımının başlaması ve tarımda verimi arttırmak amacıyla pestisit ve kimyasal gübre kullanımının yaygınlaşması, artan asit yağmurları, sera gazı etkisi, deniz kazaları gibi doğal ve antropojenik kaynaklı faktörler, ağır metallerin doğadaki sirkülasyonunu arttırarak başlıca alıcı ortam olan sucul ekosistemlerdeki derişimini arttırmıştır (Kayhan, 2006; Nordberg ve vd., 2007).

Bakır, çinko ve demir gibi ağır metaller, düşük derişimlerde canlıların yaşamsal faaliyetleri için gereksinim duyulan elementler olup doğadaki derişimlerinin artması (Nordberg ve vd., 2007), canlılarda mortaliteye, habitat değişimine, davranış değişikliklerine, doku ve organlarda birikime, metabolik ve fizyolojik olaylarda değişimlere, artan derişimlerde üst trofik düzeylere aktarılarak önemli sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. (Cicik ve vd., 2005; Gupta ve vd., 2010).

Bakır hayvansal organizmalarda, sitokrom oksidaz, dopamin monooksijenaz, ferrokسيداز, katalaz, perokسيداز, tirozinaz gibi enzimlerde prostetik grup olarak bulunurken, hemosiyanin, seruloplazmin, hepatokuprein, serebrokuprein ve eritrokuprein gibi proteinlerin yapısal bileşenine katılarak birçok metabolik ve fizyolojik olayda yer almaktadır (Sorensen, 1991; Castagnetto, 1998; Turnlund, 2007).

Bakır, elektrik iletkenliğinin yüksek olması nedeniyle elektrik endüstrisi başta olmak üzere, inşaat, makine, gıda endüstrilerinde, pestisit ve kimyasal gübre

üretiminde ve tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır (Arslan, 2006; Yadav ve Trivedi, 2009).

Bakırın makine, kimya ve tarım endüstrilerinde yaygın bir şekilde kullanılması ve bunların atıklarının doğal ortamlara deşarji, sucul ekosistemlerdeki derişimini arttırmış, balık gibi besin zincirinin farklı trofik düzeylerinde yer alan canlılarda birikim ile toksik etkilere neden olmuştur (Taylor, 1996). Çeşitli balık türleriyle yapılan araştırmalarda, bakırın sucul ekosistemlerde gereksinim duyulan derişimin üzerinde bulunması, balıklarda yüzme performansında düşmeye (Vieira ve vd., 2009) aşırı mukus salgınımına, solungaç dokusunda yapısal deformasyonlara, iyon regülasyonunda bozukluklara, (Taylor, 1996), genotoksik etkilere (Yadav ve Trivedi, 2009), enerji rezervlerinin tükenmesine ve sonuçta mortaliteye (Roussel ve vd., 2007) neden olduğu saptanmıştır.

Suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin analizi, ağır metallerin balıklar üzerindeki toksik etkilerinin belirlenmesinde tek başına yeterli olmayıp bunun yanı sıra toksisitenin belirlenmesinde fizyolojik ve biyokimyasal biyomarkerler da kullanılmaktadır (El-Naga ve vd., 2005). Balıklarda ağır metal etkisinde hematolojik parametrelerdeki değişim, canlının fizyolojik durumunu yansıtmada yaygın bir şekilde kullanılan biyomarkerlerden biridir (Tort ve vd., 1987). Doğal ortamda ve laboratuvar koşullarında çeşitli balık türleri ile yürütölen araştırmalarda bakır etkisinin serum glikoz, protein, kolesterol ve iyon düzeyleri ile eritrosit sayısı, hemoglobin ve hematokrit düzeylerinde değişimlere neden olduğu belirlenmiştir (Sorensen, 1991). Bu nedenle hematolojik parametrelerdeki değişimler metal toksisitesi hakkında önemli veriler sağlamaktadır

Araştırmada materyal olarak kullanılan *O. mykiss*, besin değerinin yüksek olması ve kültür yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapıldığı ölkemizde ekonomiye sağladığı katkı nedeniyle önem taşıyan bir türdür. Ağır metallerin etkisinde hematolojik parametrelerdeki değişimlerin incelenmesi, balığın metabolik ve fizyolojik durumunun belirlenmesi, ölüm oranının azaltılıp ekonomik kayıpların minimuma indirilmesi ve yetiştiricilikte verimliliğın artırılmasına katkı sağlayacağından bu araştırmada bakırın 0.125, 0.250 ve 0.500 ppm ortam derişimlerinin etkisinde 24, 48, 72 ve 96 saat sürelerle bırakılan *O. mykiss*'in eritrosit

sayısı, hematokrit düzeyi ve eritrosit morfolojisi gibi bazı hematolojik parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Metal, kâğıt, tekstil, deri gibi çeşitli sanayi atıklarının arıtılmadan kontrolsüz bir şekilde deşarjı, kimyasal tarım uygulamaları, fosil yakıtların motorlu taşıtlarda kullanımı ve madencilik gibi antropojenik kaynaklı faktörler ağır metallerin doğadaki derişimlerini arttıran en önemli unsurlardır. Başlıca alıcı ortam olan sucul ekosistemlerde ağır metallerin derişimindeki bu artış akuatik canlılarda çeşitli toksik etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Sorensen, 1991; Kılıç ve Dönmez, 2008).

Ağır metallerin yüksek derişimlerinin etkisi balıklarda mortalite oranını arttırırken, düşük derişimlerinin uzun süreli etkisi doku ve organlarda birikime ve buna bağılı olarak da, solunum, yüzme performansı ve üreme gibi yaşamsal işlevlerinde aksaklıklara neden olmaktadır (Oregon, 2011).

Balıklarda bakırın mortalite üzerine etkileri, türe, metalin ortam derişimi ve etkide kalma süresine bağılı olarak değışim gösterir.

Bakırın 50, 60, 70, 80, 100 ve 120 mg/L'lik derişimlerinin 96 saat süreyle etkisi *Oreochromis niloticus* ve *Clarias gariepinus*'ta mortaliteye neden olurken, ölüm oranının *O. niloticus*' ta daha yüksek olduğı belirtilmiştir (Ezeonyejiaku ve vd., 2011). Bakırın *Solea senegalensis* ve *Halobatrachus didactylus*'ta 100 mg/L'lik derişiminin 7 gün (Arellano ve vd., 2000), *Prochilodus scrofa*' da 20, 25 ve 29 µg/L'lik derişimlerinin 96 saat (Mazon ve vd., 2002) ve *Cyprinus carpio*'da 0,5 ve 5 ppm'lik derişimlerinin 15 gün süreyle etkisinde mortalite gözlenmemiştir (Cicik, 2003).

*O. mykiss*'te bakırın 16 ve 26,9 mg/L'lik derişimleri, etkide kalma süresindeki artışa bağılı olarak mortaliteyi arttırırken (Dethloff ve vd., 1999a) 14 µg/L'lik derişiminin 21 gün süreyle etkisinde mortalite gözlenmemiştir (Dethloff ve vd., 1999b).

*Opsanus beta*'da bakırın 340 µM/L derişiminin 96 saat süreyle etkisinde mortalite gözlenmezken 568 µM/L derişiminin etkisinde % 100 oranında mortaliteye neden olduğu saptanmıştır (Grosell ve vd., 2004).

Balıklar ağır metal gibi kirleticilerin etkisine başlangıçta davranışlarını değiştirerek tepki gösterirler (Venkataramana ve Radhakrishnaiah, 2001; Sağlam ve Ural, 2003). *O. mykiss* (Handy ve vd., 1999), *Puntius gonionotus* (Shariff ve vd., 2001), *Clarias lazera* (Arslan ve vd., 2006), *Arius felis* (Steele, 1983) ve *Pomatoschistus microps*' da (Vieira ve vd., 2009) bakırın, *C. gariepinus*'ta kurşun ve kadmiyumun (Tawari-Fufeyin ve vd., 2008), *Cirrhinus mrigal*' de çinkonun (Shwetha ve Hosetti, 2009) ve *Leuciscus cephalus*' ta civa (Gül ve vd., 2004), etkisinin başlangıcında yüzme performansında düşüş ve lokomotor aktivitelerinde düzensizlik, besin almama, operkulum hareketlerinde artış gibi davranış değişikliklerine neden olduğu belirlenmiştir.

Balıklarda ağır metallerin birikimi ve toksik etkileri, türe, etkide kalma süresine ve metalin ortam derişimine bağlı olarak değişim gösterdiği gibi suyun, alkalinite, tuzluluk, pH ve sıcaklık gibi fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak da değişim göstermektedir.

*P. scrofa*' da bakırın 96 saat LC<sub>50</sub> değerinin pH' daki artışa bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir (Carvalho ve Fernandes, 2006). Sudaki kalsiyum derişiminin artmasıyla *Danio rerio*' da Cd (Meinelt ve vd., 2001) ve *Ictalurus punctatus*' ta Cu toksisitesinin azaldığı (Perschbacher ve Wurts, 1999) ve *Fundulus heteroclitus*' ta Cu' ın, sudaki tuzluluğun azalmasıyla Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPaz enziminin inhibisyonunu arttırdığı saptanmıştır (Blanchard ve Grosell, 2006). *Labeo rohita*' da suyun pH ve alkalinitesi yükseldikçe dokularda Pb ve Cr birikiminin azaldığı belirlenmiştir (Adhikari ve vd., 2006).

Ağır metaller balıklarda metabolik ve fizyolojik olayların yanı sıra hematolojik parametrelerde de değişimlere neden olmaktadır. Bu parametrelere

eritrosit morfolojisi, hemoglobın derişimi, hematokrit düzeyi ve eritrosit sayısı örnek olarak verilebilir.

Bakırın subletal derişiminin *Scyliorhinus canicula*'nın eritrositlerinde şişmeye ve hematokrit, hemoglobın ve plazma glikoz düzeyleri ile lökosit sayısında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Tort ve vd., 1987).

*Prochilodus scrofa*' da bakırın 20, 25 ve 29 µg/L derişimlerinin 96 saat süreyle etkisinin hematokrit düzeyi, hemoglobın derişimi, eritrosit sayısı ve lökosit sayısını arttırdığı saptanmıştır (Mazon ve vd., 2002).

Bakır subletal derişimlerinin etkisinde *P. scrofa* (Cerqueira ve Fernandes, 2002) ve *Salvelinus fontinalis*' in hematokrit düzeyi, eritrosit sayısı ve hemoglobın derişimi artarken (Sorensen, 1991), *Channa punctatus*' un eritrosit sayısı ve hemoglobın derişimi azalmıştır (Singh ve vd., 2008).

Doğal ortamda bakırın kronik etkisinde kalan *O. mykiss*' in hematokrit düzeyi ve lökosit sayısında azalmalar olduğu ancak nötrofil yüzdesi ve plazma asetilkolinesteraz seviyesinde herhangi bir değışim olmadığı saptanmıştır (Dethloff ve vd., 2001).

*Parachanna africans*'da kadmiyumun subletal derişimlerinin 21 gün süreyle etkisinin eritrosit ve lökosit sayısı, hematokrit ve hemoglobın düzeyleri ile plazma glikoz derişimlerini azalttığı belirlenmiştir (Kori-Siakpere ve Ikomi, 2011).

*Salmo coruhensis*' te Cu ve Pb'un 5-10 mg/L'lik derişimlerinin akut etkisi, eritrosit ve lenfosit sayısını arttırmıştır. Hematokrit düzeyi Pb etkisinde değışmezken, Cu etkisinde yükselmiştir (Serezli ve vd., 2011).

Besin yoluyla bakır etkisinde *O. niloticus* (Shaw ve Handy, 2006), *C. gariepinus* (Hoyle ve vd., 2007), *Sebastess chlegeli* (Kim ve Kang, 2004) ve *O. mykiss*'in (Handy ve vd., 1999) çeşitli doku ve organlarında birikim saptanmış ancak

hematolojik parametrelerinde herhangi bir değişim olmadığı belirlenmiştir. *C. carpio*' da ise besin yoluyla alınan yüksek derişimlerdeki bakırın eritrosit sayısı, hematokrit düzeyi, lökosit ve nötrofil sayısında artışa, lenfosit sayısı ile hemoglobin derişiminde azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Ajani ve Akpoilih, 2010).

*O. mykiss*' de bakırın 0.25 mg/L'lik derişiminin 24 saat süreyle etkisinde, etkeni *Saprolegnia parasitica* olan hastalığa karşı direncinin azaldığı ve plazma kortizol derişiminin arttığı saptanmıştır (Carbello ve vd., 1995).

*Acanthopagrus latus*'da subletal derişimlerdeki cıva'nın 96 saat süreyle etkisi hemoglobin derişimi ve hematokrit düzeyini arttırırken, lökosit, lenfosit ve eozinofil sayılarını azaltmıştır (Safehie ve vd., 2010).

*O. mykiss*' te bakır ve çinkonun 21 gün süreyle, tek tek ve birlikte etkisinin plazma kortizol derişimini arttırırken lenfosit sayısını azalttığı ve metallerin anılan parametreler üzerine herhangi bir antagonistik etkide bulunmadığı saptanmıştır (Dethloff ve vd., 1999b).

*O. mykiss*'de bakırın 6.4, 16.0 ve 26.9 µg/L'lik derişimlerinin 21 gün süreyle etkisinin incelendiği bir araştırmada, belirlenen tüm derişimlerin etkisi hemoglobin düzeyini arttırırken, hematokrit ve plazma laktat düzeyleri sadece 26.9 µg/L'lik derişiminin etkisinde artmıştır (Dethloff ve vd., 1999a).

*O. niloticus*' ta bakırın subletal derişiminin uzun süreli etkisi, hematokrit ve plazma demir düzeylerinde azalma, plazma glikoz, kolesterol, alkali fosfataz ve fosfat düzeylerinde ise artmaya neden olmuştur (Chen ve vd., 2004). *C. gibelio*' da çinko'nun yüksek derişimleri anemiye, eritrosit hacminin azalmasına ve hemoglobin derişiminin artmasına neden olmuştur (Arnavdov ve vd., 2009).

Metal iyonlarının membran permabilitesini etkilemesi sonucu eritrositlerin iyon dengesinde ve eritrosit hacminde derişimler meydana gelebilir. Bakırın Gökkuşığı alabalıklarında, eritrositlerde methemoglobin oluşumuna ve eritrosit



hacminde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Bakır etkisinde eritrosit hacmindeki artışın, hücre membranının permabilitesinin bozulmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Bogdanova ve vd., 2002). *Lampetra fluviatilis*'de bakır sülfatın 100 µM'lik derişiminin akut etkisinin, eritrosit hacminin artmasına ve hücre içi K<sup>+</sup> düzeyinin düşmesine neden olduğu saptanmıştır (Bogdanova ve vd., 1999). *O. mykiss*'te bakırın 10 mM derişiminin etkisi, eritrositlerde methemoglobin oluşumunu arttırırken 50 mM derişiminin eritrosit hemolizini arttırdığı saptanmıştır (Fedeli ve vd., 2010).

Bakırın diğer metallerle birlikte etkisi de bakır toksisitesini etkileyebilmektedir. Selenyum içerikli besinle beslenen *C. gariepinus*' da 7 gün süreyle bakırın 2.27 mg/L'lik derişiminin etkisinde hematokrit düzeyi, hemoglobin derişimi ve eritrosit sayısı artış göstermiş, 7. günden sonra ise normal düzeylerine dönmüştür. Selenyum içerikli besinle beslenen balıkların yaşama oranının daha yüksek olması, selenyumun bakır toksisitesine karşı antagonist etkili olduğunu gösterir (Tawwab ve vd., 2007).

Bakır gibi ağır metallerin genotoksik etkilerinin ortaya konmasında, eritrositlerdeki mikronükleus ve binükleus oluşumlarının izlenmesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bakırın *Carassius gibelio*, *Cyprinus carpio* (Cavas ve vd., 2005), *Aldrichetta forsteri* ve *Sillagos chomburgkii* (Edwards ve vd., 2001)'de mikronükleus oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir.

Bakırın 0.1-0.5 mg/l ve kadmiyumun 0.005-1.0 mg/L'lik derişimlerinin akut etkisinde *C. carpio*, *Tilapia mossambica* ve *Carassius auratus gibelio*'nun eritrositlerinde mikronükleus ve binükleus oluşumlarına rastlanmıştır (Arkhipchuk ve Geranks, 2005). Yine *O. niloticus*'da kadmiyumun 0.5-1.0 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde eritrositlerde mikronükleus oluşumunun yanı sıra nükleuslarda çeşitli anomaliler görülmüştür (Özkan ve vd.,2011).

Kurşun ve bakır etkisinde *S. coruhensis*'de mikronükleus oluşumu gözlenmezken, eritrosit morfolojisinde değişiklikler belirlenmiştir (Serezli ve vd.,

2011). *C. gibelio*'da ise bakır toksisitesinin eritrositlerde atropiye neden olduğu, eritrosit ve eritrosit nükleusu çaplarında daralma gözlemlendiği bildirilmiştir (Arnaudov ve vd., 2008). *O. niloticus*' ta bakır ve kurşun etkisi eritrosit ve eritrosit nükleusu alanlarında artmaya yol açarken (Şahin, 2009), hibrid *Oreochromis*' te alüminyum'un kronik etkisi eritrosit hacminde artışa neden olmuştur (Bhagwant ve Bhikajee, 2000).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada materyal olarak,  $12,85 \pm 0,19$  cm boy ve  $16,98 \pm 0,73$  gr ağırlığa sahip *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) türü kullanılmıştır. Balıklar Mersin İli, Çamlıyayla İlçesinde yer alan yetiştiricilik ünitesinden sağlanmıştır. Deneyler kontrollü ortam koşullarına sahip ( $21 \pm 1$  °C durağan sıcaklık, 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık fotoperiyodu) MEÜ. Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Araştırma Laboratuvarında yürütülmüştür.

Laboratuvara getirilen balıklar her biri 40x100x40 cm boyutlarında 8 adet akvaryum içerisinde 30 gün süreyle bekletilerek ortam koşullarına adaptasyonları sağlanmıştır.

Deneyler iki seri halinde yürütülmüş ve her seride 40x100x40 cm boyutlarında 4 adet cam akvaryum kullanılmıştır. Akvaryumlardan ilk üçüne 120'şer L bakırın belirlenen derişimlerdeki çözeltileri konurken dördüncüsüne metal içermeyen çeşme suyu konarak kontrol grubu oluşturulmuştur. Bakırın incelenen derişimlerinin belirlenen sürelerdeki etkisini saptamak üzere her bir akvaryuma 10 adet olmak üzere iki seride toplam 80 adet balık kullanılmıştır.

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

Çizelge 3.1. Deney ve kontrol akvaryumlarındaki suyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Sıcaklık	$20 \pm 1$ °C
pH	$7.05 \pm 0.2$
Toplam Sertlik	$372 \pm 0.1$ ppm CaCO <sub>3</sub>
Alkalinite	$217 \pm 0.5$ ppm CaCO <sub>3</sub>
Çözünmüş Oksijen	$7.05 \pm 0.2$ mg/L

Bakır çözeltilisinin hazırlanmasında bakırın suda çözünebilir CuSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O tuzu (Merck) kullanılmıştır. Metalin presipitasyonunu önlemek için stok çözelti

olarak  $\text{CuSO}_4$  'a trisodyumsitrat ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 5,5 \text{H}_2\text{O}$ ; Merck)'ın ilave edilmesiyle elde edilen bakır sodyum sitrat kullanılmıştır.

Deney süresince balıklar, günde iki kez toplam biyomasın % 2'si kadar hazır balık yemi (Pınar, Çipura Yemi, Pelet no: 2) ile beslenmişlerdir. Akvaryumlarda havalandırma merkezi havalandırma sistemi ile sağlanmıştır.

Deney akvaryumlarında adsorbsiyon, evaporasyon ve presipitasyon gibi nedenlerle bakır derişimlerinde zamana bağlı değişim olabileceğinden deney çözeltileri her iki günde bir stok çözeltiden uygun seyreltmeler yapılarak değiştirilmiş ve ortam yenilenmiştir.

Hematolojik parametreler strese bağlı olarak değişeceğinden deney akvaryumlarından belirlenen süreler sonunda çıkarılan balıklar, Etilen Glikol Mono Fenil Eter (= Fenoksietanol,  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2$ ; Merck) anestezik maddesi ile bayıltılmıştır. Vücut yüzeyindeki metal rezidüleri çeşme suyu ile yıkanıp uzaklaştırıldıktan sonra balıklar kurutma kağıdı ile kurulanıp, örneklemelelere hazır hale getirilmiştir.

Hematolojik parametrelerin incelenmesinde kullanılacak kan örnekleri kaudal pedinkül'ün dikey doğrultuda kesilmesi sonucunda meydana gelen kan akışı ile sağlanmıştır.

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 (Grimstone ve Skaer, 1972) 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 mikroskobunda ölçülerek alanları aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır (Gregory, 2003).

$$\text{Eritrosit alanı} = \pi \times \frac{\text{Uzun kenar}}{2} \times \frac{\text{Kısa kenar}}{2} \mu\text{m}^2$$

$$\text{Nükleus alanı} = \pi \times \frac{\text{Uzun kenar}}{2} \times \frac{\text{Kısa kenar}}{2} \mu\text{m}^2$$

Kan örneklerinin hematokrit düzeyleri mikrohematokrit yöntemine göre belirlenmiştir (Wedemeyer ve Yasutake, 1977). 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 (Roberts, 1978). Bu amaçla eritrosit pipetinin 1 rakamlı çizgisine kadar kan örneği, 101 rakamlı çizgisine kadar da Dacie's sıvısı (Roberts, 1978) 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 mikroskobunun  $\times 40$  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  $1 \text{ mm}^3$  kandaki eritrosit sayısı belirlenmiştir (Gürgün ve Halkman, 1990; Arellano ve vd., 1999).

$$\text{Eritrosit sayısı} = \frac{\text{Eritrosit hücrelerinin sayısı} \times \text{Sulandırma katsayısı} \times 100}{\text{Sayılan küçük kare adedi}}$$

Deney verilerinin istatistik analizinde SPSS paket programı kullanılmış, Student Newman Keul's testi uygulanmıştır. Hematokrit düzeyine ait veriler yüzde (%) olduğu için istatistik analizden önce verilere Arksin transformasyonu uygulanmıştır.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Ülkemizde yetiştiriciliği yaygın olarak yapılan bir iç su balık türü olan *O. mykiss* ile yürütülen bu çalışmada, bakırın 0.125, 0.250, 0.500 ppm ortam derişimlerinin 24, 48, 72 ve 96 saat sürelerle etkisi balıklarda mortaliteye neden olmamıştır.

Bakırın mortalite üzerine etkisi türe, türün gelişme evresine, eşeye, ortam derişimi ve etkide kalma süresine, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir. Bakırın, *Solea senegalensis*'te 100 µg/L (Arellano ve vd., 1999), *O. mykiss*, *C. carpio* ve *C. auratus*' da 20, 65 ve 150 µg/L (Eyekmans ve vd., 2010) ortam derişimlerinin etkisinde mortalite gözlenmemiştir. *Ictalurus punctatus* (Wilson ve Taylor, 1993), *Labeo rohita* (Venkataramana ve Radhakrishnaiah, 2001), *Opsanus beta* (Grosell ve vd., 2004), *O. mykiss* (Wilson ve Taylor, 1993; Sağlam ve Ural, 2003)'de bakırın ortam derişimindeki artışın mortalite ile sonuçlandığı belirlenmiştir.

*O. mykiss* ile yürütülen bu çalışmada da bakırın, 0.125, 0.250 ve 0.500 ppm'lik ortam derişimlerinin, 24, 48, 72 ve 96 saat sürelerle etkisinde mortalite gözlenmemiştir. Bakırın anılan derişimlerinin belirlenen sürelerle etkisinde mortalitenin gözlenmemesi incelenen derişimlerin *O. mykiss* için sublethal olması ve detoksifikasyon mekanizmalarının uyarılması ile açıklanabilir.

Bakırın etkide kalma süresinin başlangıcında balıklarda *O. mykiss* (Handy ve vd., 1999; Sağlam ve Ural, 2003), *P. gonionotus* (Shariff ve vd., 2001), *C. lazera* (Arslan ve vd., 2006), *A. felis* (Steele, 1983) ve *P. microps*' ta (Tawari-Fufeyin ve vd., 2008) bakır etkisinde operkulum hareketlerinde artış, ani yer değiştirme, hızlı yüzme, akvaryum yüzeyine yönelme gibi lokomotor hareketlerde değişimler olduğu belirlenmiştir. *O. mykiss* ile yürütülen bu çalışmada da bakır etkisinin başlangıcında belirtilen davranış değişiklikleri gözlenmiş ancak etkide kalma süresinin uzaması ile bu değişiklikler ortadan kalkmıştır. Bu durum balıkların ortamdaki değişikliklere adaptasyonu ile açıklanabilir.

Bakırın 0.125, 0.250 ve 0.500 ppm' lik derişimlerinin 24, 48, 72 ve 96 saat süreler ile etkisine bırakılan *O. mykiss*'un eritrosit sayısındaki değişime ait verilerin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri Çizelge 4.1.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Bakırın incelenen süre ve ortam derişimlerinin *O. mykiss*'in eritrosit sayısı ( $10^6$  hücre/mm<sup>3</sup>) üzerine etkisi

Derişim (ppm)	Süre (saat)			
	24	48	72	96
	$\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{X}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{X}^*$
0.000	0.21 $\pm$ 0.01 as	0.22 $\pm$ 0.01 as	0.21 $\pm$ 0.01 as	0.23 $\pm$ 0.01 as
0.125	0.34 $\pm$ 0.01 bs	1.38 $\pm$ 0.03 bt	1.28 $\pm$ 0.02 bx	0.22 $\pm$ 0.01 ay
0.250	0.42 $\pm$ 0.01 cs	1.30 $\pm$ 0.02 bt	0.97 $\pm$ 0.01 cx	0.22 $\pm$ 0.01 ay
0.500	0.50 $\pm$ 0.02 ds	1.55 $\pm$ 0.18 ct	0.96 $\pm$ 0.01 cx	0.10 $\pm$ 0.01 by

\*SNK;a, b, c ve d derişimler; s, t, x ve y harfleri süreler arasındaki ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $p < 0.05$  düzeyinde istatistiksel ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{X}$  : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

*O. mykiss*'de bakırın 96 saat süre ile etkisi dışında incelenen sürelerde eritrosit sayısı ortam derişimindeki artışa bağlı olarak kontrole göre artarken belirlenen tüm ortam derişimlerinin 48 saat süre ile etkisi dışında etkide kalma süresinin uzamasına bağlı olarak azalmıştır ( $p < 0.05$ ). (Çizelge 4.1).

Bakırın belirlenen ortam derişimlerinin incelenen sürelerde *O. mykiss* 'in hematokrit düzeyi üzerine etkileri ile ilgili verilerin aritmetik ortalamaları ile istatistik analizleri Çizelge 4.2' de belirtilmiştir.



Çizelge 4.2. Bakırın incelenen süre ve ortam derişimlerinin *O. mykiss*'in hematokrit düzeyi (%) üzerine etkileri

Derişim (ppm)	Süre (saat)			
	24	48	72	96
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *	$\bar{X} \pm S\bar{X}$ *
0.000	39.00 $\pm$ 0.88 as	40.00 $\pm$ 0.57 as	39.00 $\pm$ 1.45 as	40.00 $\pm$ 1.52 as
0.125	39.00 $\pm$ 0.88 as	48.00 $\pm$ 0.66 bt	53.00 $\pm$ 1.45 bx	40.00 $\pm$ 0.66 as
0.250	48.00 $\pm$ 0.88 bs	56.00 $\pm$ 0.88 ct	48.00 $\pm$ 0.66 cs	39.00 $\pm$ 1.52 ax
0.500	54.00 $\pm$ 1.15 cs	60.00 $\pm$ 0.01 dt	46.00 $\pm$ 0.01 cx	34.00 $\pm$ 0.57 by

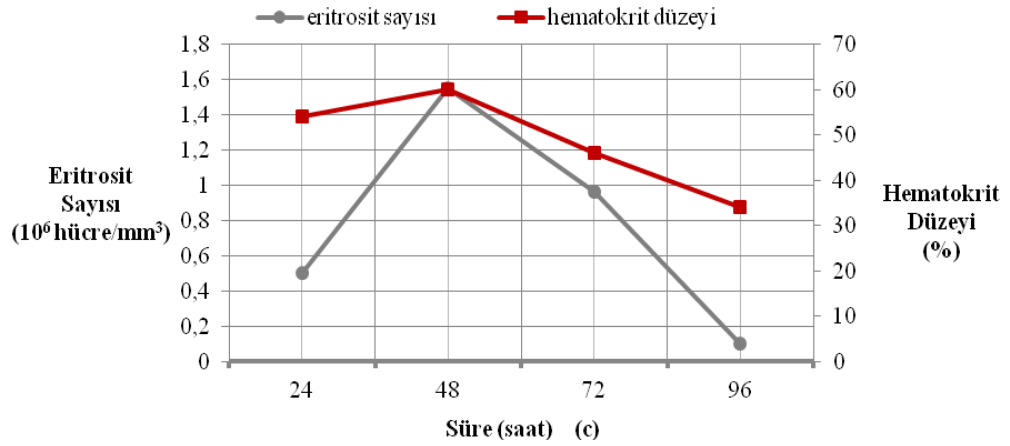
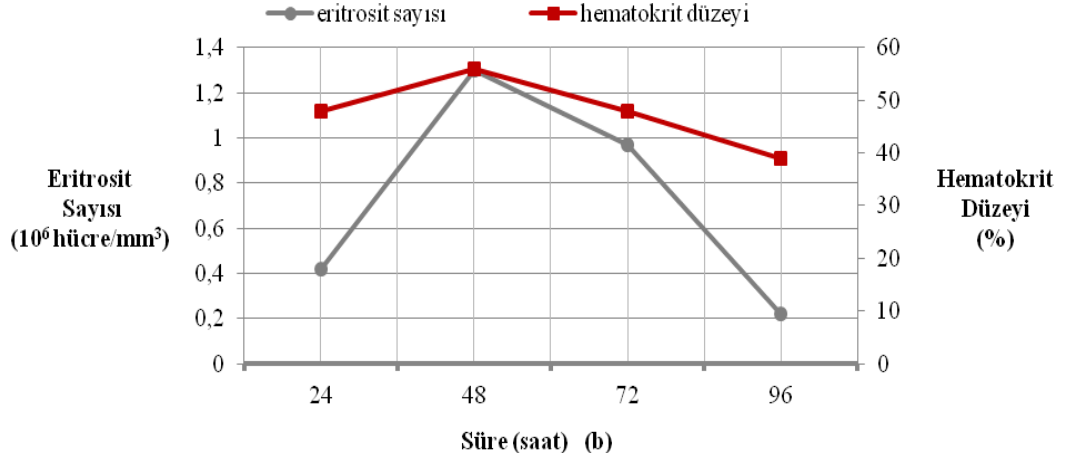
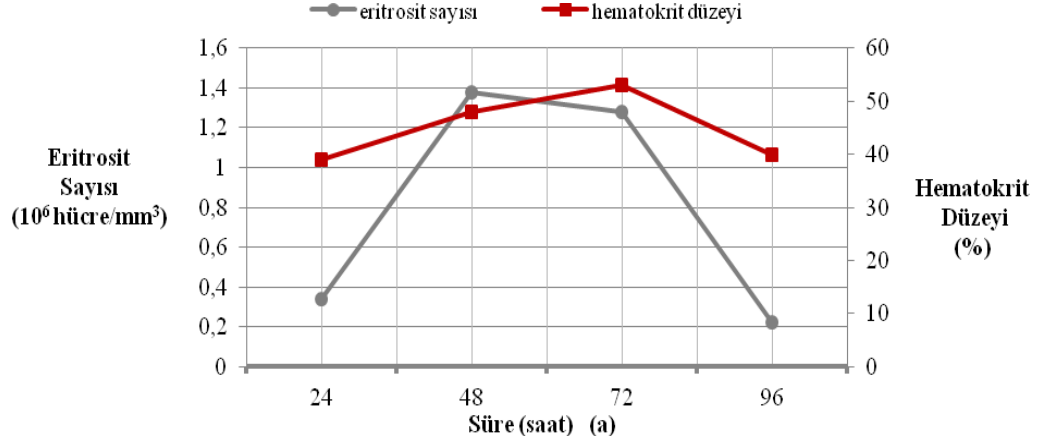
\*SNK;a, b, c ve d derişimler; s, t, x ve y harfleri süreler arasındaki ayrımı belirtmek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $p < 0.05$  düzeyinde istatistiksel ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{X}$  : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

Balıklarda hematokrit düzeyi bakırın belirlenen tüm derişimlerinin 96 saatlik etki süresi dışında incelenen süreler etkisinde kontrole göre arttığı deneme süresi sonunda ise yüksek derişimin etkisinde azaldığı saptanmıştır. Bakırın 0.125 ppm ortam derişiminin 96 saatlik etkisi dışında hematokrit düzeyi etkide kalma süresinin uzamasına bağlı olarak artarken, incelenen yüksek derişimlerin etkisinde 48. saat dışında azalmıştır ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 4.2.).

Bakırın belirlenen ortam derişimlerinin 24, 48, 72 ve 96 saat süre ile *O. mykiss*'in eritrosit sayısı ile hematokrit düzeyi üzerine etkisi Şekil 4.1'de karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Belirli bir ortam derişimi etkisinde balıkların hematokrit düzeyi eritrosit sayısına bağlı olarak bakırın 48 saat süreyle etkisinde artarken, deneme süresi sonunda azalmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. *O. mykiss*'te Bakırın, 0.125 (a), 0.250 (b) ve 0.500 ppm (c)'lik ortam derişimlerinin belirlenen sürelerde eritrosit sayısı ve hematokrit düzeyi üzerine etkilerinin karşılaştırması

Bakırın belirlenen süre ve ortam derişimlerinde *O. mykiss*'in eritrosit alanı üzerine etkileri ile ilgili verilerin aritmetik ortalama ve istatistik analizleri Çizelge 4.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. Bakırın farklı süre ve ortam derişimlerinde *O. mykiss*' in eritrosit alanı ( $\mu\text{m}^2$ ) üzerine etkileri

Derişim (ppm)	Süre (saat)			
	24	48	72	96
	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$	$\bar{X} \pm S\bar{x} *$
0.000	0.83 $\pm$ 0.01 as	0.88 $\pm$ 0.01 as	0.85 $\pm$ 0.01 as	0.86 $\pm$ 0.02 as
0.125	0.83 $\pm$ 0.01 as	0.88 $\pm$ 0.01 at	0.87 $\pm$ 0.01 at	0.78 $\pm$ 0.01 bx
0.250	0.81 $\pm$ 0.04 as	0.90 $\pm$ 0.01 at	0.93 $\pm$ 0.01 bt	0.78 $\pm$ 0.01 bs
0.500	0.88 $\pm$ 0.01 bs	0.78 $\pm$ 0.01 bt	0.81 $\pm$ 0.01 ct	0.80 $\pm$ 0.01 bt

\*SNK; a, b ve c derişimler; s, t ve x harfleri süreler arasındaki ayrımı belirtmek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $p < 0.05$  düzeyinde istatistiksel ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$ : Aritmetik Ortalama  $\pm$  Standart Hata

Bakırın 0.500 ppm dışında incelenen derişimlerin 24 ve 48 saat süreyle etkisinde eritrosit alanında kontrole göre istatistiksel olarak belirgin bir ayrım saptanmazken ( $P > 0.05$ ), 0.250 ppm etkisinde 72. saatte %8.6 oranında artış, 96. saatte ise %10.26 oranında azalma olduğu saptanmıştır. Bakırın 0.500 ppm derişimin etkisinde eritrosit alanı deneme süresinin başlangıcında kontrole göre artarken, incelenen diğer süreler etkisinde azalmıştır ( $P < 0.05$ ).

Bakırın incelenen düşük derişimlerinin 48 ve 72 saat süreyle etkisi, yüksek derişimin tüm sürelerdeki etkisi, eritrosit alanında istatistiksel bakımdan önemli bir ayrıma neden olmamıştır ( $P > 0.05$ ).

Bakırın 0.500 ppm ortam derişiminin incelenen sürelerle etkisinde eritrosit alanı 24 saate oranla azalmıştır. 0.125 ve 0.250 ppm etkisinde ise 48 ve 72. saatlerde 24 saate oranla artarken deneme süresi sonunda azalmıştır.

Bakırın belirlenen süre ve ortam derişimlerinde *O. mykiss*'in eritrosit nükleus alanı üzerine etkileri ile ilgili verilerin aritmetik ortalama ve istatistik analizleri Çizelge 4.4.'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. Bakırın farklı süre ve ortam derişimlerinde *O. mykiss* eritrositlerinin nükleus alanı ( $\mu\text{m}^2$ ) üzerine etkileri

Derişim (ppm)	Süre (saat)			
	24	48	72	96
	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$
0.0	0.19 $\pm$ 0.01 as	0.19 $\pm$ 0.01 as	0.18 $\pm$ 0.01 as	0.19 $\pm$ 0.01 as
0.125	0.20 $\pm$ 0.01 as	0.19 $\pm$ 0.01 as	0.19 $\pm$ 0.01 as	0.18 $\pm$ 0.01 as
0.250	0.19 $\pm$ 0.01 as	0.21 $\pm$ 0.01 bs	0.21 $\pm$ 0.01 bs	0.20 $\pm$ 0.01 bs
0.500	0.21 $\pm$ 0.01 bs	0.19 $\pm$ 0.01 at	0.19 $\pm$ 0.01 at	0.18 $\pm$ 0.01 at

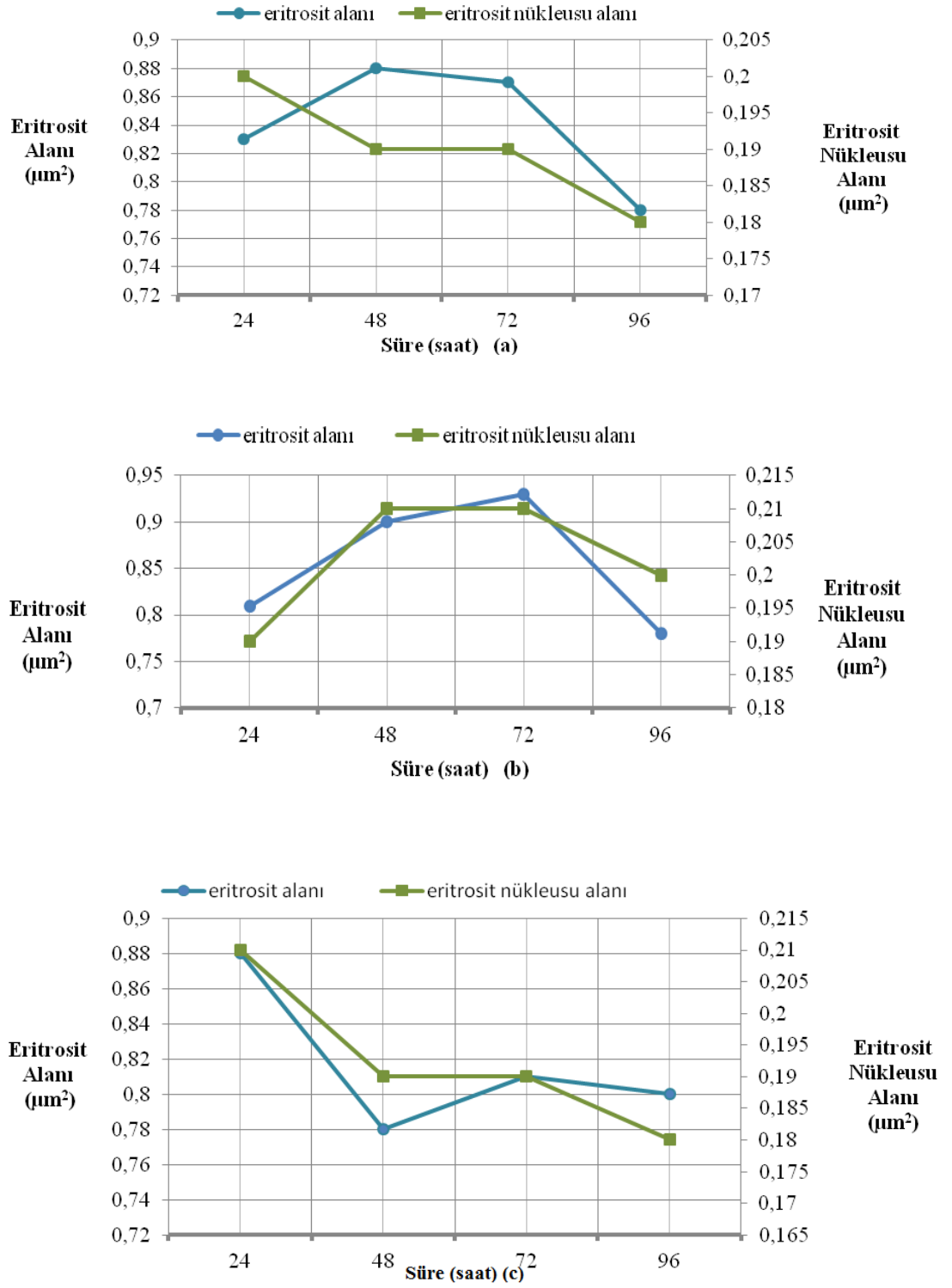
\*SNK; a, b ve c derişimler; s, t ve x harfleri süreler arasındaki ayrımı belirtmek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında  $p < 0.05$  düzeyinde istatistiksel ayrım vardır.

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

Balıklarda eritrosit nükleus alanı bakırın 0.500 ppm ortam derişiminin 24 saat, 0.250 ppm ortam derişiminin 48, 72 ve 96 saat sürelerle etkisinde kontrole göre artmıştır ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 4.4). Eritrosit nükleus alanı bakırın 0.250 ppm ortam derişiminin incelenen sürelerle etkisinde 24 saate oranla artarken, 0.500 ppm etkisinde azalmıştır.

Bakırın incelenen süre ve derişimlerinin *O. mykiss*'in eritrosit alanı ile eritrosit nükleus alanı üzerine etkisi Şekil 4.2'de karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Balıklarda eritrosit nükleus alanı bakırın incelenen düşük derişimin 48 ve 72 saatlik etkisinde eritrosit alanındaki artışa rağmen azalırken, incelenen yüksek derişimler etkisinde lineer bir değişim göstermiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 *O. mykiss*'te bakırın, 0.125 (a), 0.250 (b) ve 0.500 ppm (c)'lik ortam derişimlerinin belirlenen sürelerde eritrosit alanı ve eritrosit nükleusu alanı üzerine etkilerinin karşılaştırması

Balıklarda gaz alışverişi, asit baz dengesi, iyon regülasyonu başlıca solunum organı olan solungaçlar aracılığıyla sağlanır. Herhangi bir nedenle ortama katılan ağır metaller, iyon geçişi sırasında vücuda kolayca alınıp dolaşım sistemi aracılığıyla çeşitli doku ve organlara iletilirken solungaç membranının yapısal bütünlüğünün dolayısıyla ozmotik ve iyonik homeostazinin bozulmasına ve hematolojik parametrelerde değişimlere neden olurlar (Cerqueira ve Fernandes, 2002).

Bakırın subletal derişimlerinin 96 saat süreyle etkisinin *Prochilodus scrofa*'da plazma  $Na^+$  ve  $Cl^-$  derişimini azaltırken,  $K^+$  derişimini arttırdığı bildirilmiştir (Cerqueira ve Fernandes, 2002). Benzer bir araştırma bofa balığında (Petromizontidae) bakırın solungaç epitelyumu membran bütünlüğünü bozarak proton değişimine ve asidifikasyona neden olduğu bunun ise  $Na^+/H^+$  derişimini aktive ederek plazma  $K^+$  derişimini arttırdığı belirtilmiştir (Bogdanova ve vd., 1999).

*S. coruhensis*'de bakırın 10 ppm'lik ortam derişiminin kısa süreli etkisi ozmotik hemoliz ve mortalite ile sonuçlanırken, aynı derişimde kurşunun böyle bir etkiye neden olmadığı saptanmıştır (Serezli ve vd., 2011).

Balıklarda hematokrit düzeyi, hemoglobin ve eritrosit sayısı gibi hematolojik parametreler, ağır metal etkisinin kanın oksijen taşıma kapasitesi ile hematopoietik dokuların işlevlerinde meydana getirdiği derişimleri doğrudan yansıtır (Tort ve vd., 1978; Wexler ve vd., 2009).

Kadmiyumun subletal ortam derişimlerinin etkisine bırakılan *Pleuronectes flesus*'da metal etkisi  $\delta$ -aminolevulinik asit dehidrataz (ALA-D) aktivitesinde artış ile sonuçlanmıştır. (Johansson-Sjöbeck ve Larsson, 1977). Üç farklı deniz balığı türünde (*Scarus ghobban*, *Ephinephelus merra* ve *Signatus stor*) ağır metal etkisinin balıklarda ALA-D aktivitesinde artışa ve eritropoiezise neden olduğu belirtilmiştir (Elahee ve Bhangwant, 2007).

*C. gibelio*'da düşük derişimlerde bakır etkisinin eritrositlerde atrofiye, yüksek derişimlerde hipertrofiye neden olduğu, 1,0 ppm ortam derişiminin anizositozis ile

sonuçlandığı bildirilmiştir. Eritrositlerin nükleus alanındaki azalma, anizositozis ile birlikte nekrobiyotik değişimlere yol açmıştır (Arnaudov ve vd., 2008).

*C. gibelio*'da bakırın düşük derişimlerinin etkisinde eritrositler, fusiform bir yapı kazanırken, yüksek derişimlerin etkisinde yuvarlak bir şekil alıp şiştiği belirlenmiştir (Bogdanova ve vd., 1999). *Gobius niger*'de kadmiyumun eritrosit ve nükleus şekillerinin fusiform bir yapı kazanmasına ve membranın girintili çıkıntılı bir durum almasına neden olduğu saptanmıştır (Katalay ve Parlak, 2004).

*O. mykiss* ile yürütülen bu araştırmada bakırın düşük derişimlerinin etkisinde eritrosit ve nükleus alanları metalin etkide kalma süresinin başlangıcında artarken, deneme sonunda başlangıç seviyesine ulaşmış, yüksek derişimin etkisinde ise etkide kalma süresinin uzamasına bağlı olarak azalmıştır. Eritrosit alanındaki bu artış membran geçirgenliğinin bozulması nedeniyle hücrelerin daha fazla su alarak şişmesinden, azalma ise eritropoiezis sonucu olgunlaşmamış eritrositlerin sayıca artması ile açıklanabilir.

Kromun subletal ortam derişiminin 90 saat süreyle etkisi *C. fasciatus*'da eritrosit sayısını kontrole göre arttırırken (Srivastava ve Mishra, 1979), LC<sub>50</sub> derişiminin 96 saat süreyle etkisi *L. rohita*'da eritrosit sayısını düşürmüştür (Vutukuru, 2005).

Balıklarda eritrosit alanı ve sayısındaki değişim hematokrit ve hemoglobin düzeyinde de değişime neden olmaktadır.

*C. carpio*'da kurşun, bakır, kadmiyum ve çinkonun (Witeska, 2005), *Colisa fasciatus*'da kromun (Srivastava ve vd., 1979), *Prochilodus scrofa*'da bakırın (Cerqueira ve Fernandes, 2002), subletal derişimlerinin 96 saat süreyle etkisi eritrosit sayısı, hemoglobin, hematokrit düzeyinde artışa neden olmuştur.

*Channa punctatus*'da bakırın subletal derişiminin 15, 30 ve 45 gün (Singh ve vd., 2008), *C. carpio*'da kromun subletal ortam derişimlerinin, 7, 15 ve 30 gün

(Çiftçi ve ark. 2010), *Parachanna africans*'da kadmiyumun subletal derişimlerinin 21 gün (Kori-Siakpere ve Ikomi, 2011) süreyle etkisi eritrosit sayısı, hematokrit ve hemoglobin düzeyinde azalma ile sonuçlanmıştır.

*O. mykiss* ile yürütölen bu çalışmada eritrosit sayısı ve buna bağılı olarak hematokrit düzeyi bakırın etkide kalma süresinin başlangıcında artarken deneme süresi sonunda azalmıştır.

Eritrosit sayısındaki artış, ağır metal etkisinde kanın oksijen taşıma kapasitesini arttırmak amacıyla gelişen eritropoiezisten, hematokrit düzeyindeki artış ise eritropoiezise bağılı olarak meydana gelen hemokonsantrasyondan, eritrosit sayısı ve hematokrit düzeyindeki azalma ise ozmotik hemolizden kaynaklanabilir.



## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

*O. mykiss* ile yapılan bu araştırmada bakırın 0.125, 0.250 ve 0.500 ppm derişimlerinin, 24, 48, 72 ve 96 saat sürelerle etkisinde eritrosit sayısı, hematokrit düzeyi, eritrosit alanı ve eritrosit nükleus alanı gibi hematolojik parametreler üzerinde meydana getirdiği değişimlerin anılan tür için bakır toksisitesini yansıtır yansıtmadığı incelenmiştir.

Bakırın incelenen derişimleri etkisinde eritrosit sayısı ile hematokrit düzeyi etkide kalma süresinin başlangıcında artarken, deneme süresi sonunda 24 saate oranla azalmıştır. Eritrosit ve eritrosit nükleus alanı ise incelenen düşük derişimlerin etkisinde deneme süresi başlangıcında artıp deneme sonunda 24 saate oranla azalırken, bakırın yüksek derişimi etkisinde etkide kalma süresinin uzamasına bağlı olarak azalmıştır.

Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar bakırın incelenen derişim ve sürelerle etkisinin *O. mykiss*'in eritrosit sayısı, hematokrit düzeyi, eritrosit ve eritrosit nükleus alanında meydana getirdiği değişiklikler, bu parametrelerin bakır toksisitesini belirlemede kullanılabileceğini gösterir.

## KAYNAKLAR

- Adhikari, S., Ghosh, L., Ayyappan, S., “Combined effects of water pH and Alkalinity on the Accumulation of Lead, Cadmium and Chromium to *Labeo rohita* (Hamilton)”, Int. J. Environ. Sci. Tech., 3(3): 289-296, (2006).
- Ajani, E.K., Akpoilih, B.U., “Effect of Chronic Dietary Copper Exposure on Haematology and Histology of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.)”, J. Appl. Sci. Environ. Manage., 14(4): 39-45, (2010).
- Arellano, J.M., Blasco, J., Ortiz, J.B., Capeta da Silva, D., Navarro, A., Sanchez del Pino, M.J., Sarasquete, C., “Accumulation and Histopathological Effects of Copper in Gills and Liver of Senegales Sole, *Solea senegalensis* and Toad Fish, *Halobatrachus didactylus*”, Ecotoxicology and Environmental Restoration, 3(1): (2000).
- Arellano, J.M., Storch, V., Sarasquete, C., “Histological Changes and Copper Accumulation in Liver and Gills of the Senegales Sole, *Solea senegalensis*. Ecotoxicology and Environmental Safety”, 44: 62-72, (1999).
- Arkhipchuk, V.V., Garanko, N.N., “Using the Nucleolar Biomarker and the Micronucleus Test on In Vivo Fish Fin Cells”, Ecotoxicology and Environmental Safety, 62: 42-52, (2005).
- Arnaudov, A., Velcheva, I., Tomova, E., “Changes in the Erythrocytes Indexes of *Carassius gibelio* (Pisces, Cyprinidae) Under the Influence of Zinc”, Biotechnol. & Biotechnol. EQ. 23: 167-169, (2009).
- Arnaudov, A.D., Velcheva, I.G., Tomova, E.S., “Influence of Copper on The Erythrocyte-Metric Parameters of *Carassius gibelio* (Pisces, Cyprinidae)”, Bulgarian Journal of Agriculture Science, 14(6): 557-563, (2008).
- Arslan, M., Karaytuğ, S., Cicik, B., “Bakırın *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'da Doku Glikojen ve Serum Glikoz Düzeyi Üzerine Etkileri”, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 23 (1/1): 23-27, (2006).
- Arslan, O., İstanbul Ticaret Odası (İTO) (2006), “Bakır Sektör Profili”, Erişim: <http://kutuphane.ito.org.tr/>, [19 Ağustos, 2011].

- Bettini, S., Ciani, F., Franceschini, V., “Recovery of the Olfactory Receptor Neurons in the African *Tilapia mariae* Following exposure to low Copper Level”, *Aquatic Toxicology*, 76: 321-328, (2006).
- Bhagwant, S., Bhikajee, M., “Induction of Hypochromic Macrocytic Anaemia in *Oreochromis* Hybrid (Cichlidae) Exposed to 100mg/l (Sublethal Dose) of Aluminium”, *Science and Technology*, 5: 10-20, (2000).
- Blanchard, J., Grosell, M., “Copper Toxicity across Salinities from Freshwater to Seawater, in the Euryhaline Fish *Fundulus heteroclitus*: Is Copper an Ionoregulatory Toxicant in High Salinities?”, *Aquatic Toxicology*, 80: 131-139, (2006).
- Bogdanova, A.Y., Gassman, M., Nikinmaa, M., “Copper Ion Redox State is Critical for Its Effects on Ion Transport Pathways and Methaemoglobin Formation in Trout Erythrocytes”, *Chemico-Biological Interactions*, 139: 43-59, (2002).
- Bogdanova, A.Y., Virkki, L.V., Gusev, G.P., Nikinmaa, M., “Copper effects on Ion Transport across Lamprey Erythrocyte Membrane: Cl<sup>-</sup>/OH<sup>-</sup> Exchange Induced by Cuprous Ions”, *Toxicology and Applied Pharmacology*, 159: 204-213, (1999).
- Carballo, M., Munoz, M.J., Cuellar, M., Tarazona, J.V., “Effects of Waterborne Copper, Cyanide, Ammonia and Nitrite on Stress Parameters and Changes in Susceptibility to Saprolegniosis in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)”, *Applied and Environmental Microbiology*, 61(6): 2108-2112, (1995).
- Carvalho, C.S., Fernandes, M.N., “Effect of Temperature on Copper Toxicity and Hematological Responses in the Neotropical Fish *Prochilodus scrofa* at Low and High pH”, *Aquaculture*, 251: 109-117, (2006).
- Castagnetto, J.M., (29 Aralık 1998), “Copper Proteins”. Erişim: <http://metallo.scripps.edu/promise/CUMAIN.html#Cu> [6 Aralık 2011].
- Cavas, T., Garanko, N.N., Arkhipchuk, V.V., “Induction of Micronuclei and Binuclei in Blood, Gill and Liver Cells of Fishes Subchronically Exposed to Cadmium Chloride and Copper Sulphate”, *Food and Chemical Toxicology*, 43: 569-574, (2005).

- Cerqueira, C.C.C., Fernandes, M.N., “Gill Tissue Recovery after Copper Exposure and Blood Parameter Responses in the Tropical Fish *Prochilodus scrofa*”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 52: 83-91, (2002).
- Chen, C.Y., Wooster, G.A., Bowser, P.R., “Comparative Blood Chemistry and Histopathology of Tilapia Infected with *Vibrio vulnificus* or *Streptococcus iniae* or Exposed to Carbon Tetrachloride, Gentamicin or Copper Sulphate”, *Aquaculture*, 239: 421-443, (2004).
- Cicik, B., “Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio*, L.)’ ın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri”, *Ekoloji*, 12 (48): 32-36, (2003).
- Cicik, B., Ay, Ö., Karayakar, F., “*Cyprinus carpio* (L.)’ da Bakırın Kas ve Karaciğer Dokularındaki Birikiminin Total Protein Derişimi Üzerine Etkileri”, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2(12): 26-31, (2004).
- Çiftçi, N., Günalp, C, Cicik, B., Erdem, C., Ay, Ö. “Effects of Chromium on the Hematocrit Levels and Erythrocyte Numbers of *Cyprinus carpio*”, *NWSA, Ecological Life Sciences*, 5(2):82-88, (2010).
- Dethloff, G.M., Bailey, H.C., Maier, K.J., “Effects of Dissolved Copper on Select Hematological, Biochemical and Immunological Parameters of Wild Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)”, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 40: 371-380, (2001).
- Dethloff, G.M., Schlenk, D., Hamm, J.T., Bailey, H.C., “Alterations in <sup>Physiological</sup> Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) with Exposure to Copper and Copper/Zinc Mixtures”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 42: 253-264, (1999).
- Dethloff, G.M., Schlenk, D., Khan, S., Bailey, H.C., “The Effects of Copper on Blood and Biochemical Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)”, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 36: 415-423, (1999).
- Edwards, J.W., Edyvane, K.S., Boxall, V.A., Hamann, M., Soole, K.L., “Metal Levels in Seston and Marine Fish Flesh Near Industrial and Metropolitan Centres in South Australia”, *Marine Pollution Bulletin*, 42(5): 389-396 (2001).

- El-Naga, E.H.A., 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 Journal of Aquatic Research, 31 (2): 60-71, (2005).
- Elahee, K.B. ve Bhagwant, S. “Hematological and Gill Histopathological Parameters of Three Tropical Fish Species from a Polluted Lagoon on the West Coast of Mauritius”, Ecotoxicol Environ Saf., 68(3): 361-71, (2007).
- Eyckmans, M., Tudorache, C., Darras, V.M., Blust, R., Boeck, de G., “Hormonal and Ion Regulatory Response in Three Frshwater Fish Species Following Waterborne Copper Exposure”, Comparative Biochemistry and Physiology, 152: 270-278, (2010).
- Ezeonyejiaku, C.D., Obiakor, M.O., Ezenwelu, C.O., “ Toxicity of Copper Sulphate and Behavioral Locomotor Response of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Catfish (*Clarias gariepinus*) Species”, Online Journal of Feed Research, 1(4): 130-134, (2011).
- Fedeli, D., Carloni, M., Falcioni, G., “Oxidative Damage in Trout Erythrocyte in Response to In Vitro Copper Exposure. Marine Environmental Research”, 69: 172-177, (2010).
- Gregory, T.R., (16 Ekim, 2003). Fish Erythrocyte Sizes. Animal Genome Size Database, Erişim: <http://www.genomesize.com/cellsizes/fish.htm> [19 Ağustos, 2011].
- Grimstone, A.V. ve Skaer, R.J., “A guide book to Microscopical Methods”, Cambridge Uni. Press, 138 pp., (1972).
- Grosell, M., McDonald, M.D., Wood, C.M., Walsh, P.J., “Effects of Prolonged Copper Exposure in the Marine Gulf Toadfish (*Opsanus beta*) I. Hydromineral Balance and Plasma Nitrogenous Waste Products”, Aquatic Toxicology, 68: 249-262, (2004).
- Gupta, S.C., Sharma, A., Mishra, R.K., Chowdhuri, D.K., “Heat Shock Proteins in Toxicology in: How Far How Close?”, Life Sciences, 86: 377-384, (2010).
- Gül, A., Yılmaz, M., Selvi, M., “The Study of the Toxic Effects Of Mercury-II-Chloride to Chub *Leuciscus cephalus* (L., 1758)”, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 17 (4): 53-58, (2004).

- Gürgün, V. ve Halkman, A.K. “Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri”, 2. baskı Gıda Teknolojisi Derneği Ankara, 7: 146 s., (1990).
- Handy, R.D., Sims, D.W., Giles, A., Campbell, H.A., Musonda, M.M., “Metabolic Trade-Off Between Locomotion and Detoxification for Maintenance of Blood Chemistry and Growth Parameters by Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) During Chronic Dietary Exposure to Copper”, *Aquatic Toxicology*, 47: 23-41, (1999).
- Hoyle, I., Show, B.J., Handy, R.D., “Dietary Copper Exposure in the African Walking Catfish, *Clarias gariepinus*: Transient Osmoregulatory Disturbance and Oxidative Stress”, *Aquatic Toxicology*, 83: 62-72, (2007).
- 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).
- 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).
- Kayhan, F.E., “Su Ürünlerinde Kadmiyum Biyobirikimi ve Toksisitesi”, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 23 (1-2): 215-220, (2006).
- Kılıç, N.K., Dönmez, G., “Mikroorganizmalarda Ağır Metal Stresine Yanıtın Proteom Analizi ile Araştırılması”, *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 6(2): 27-33, (2008).
- Kim, S.G., Kang, J.C., “Effect of Dietary Copper Exposure on Accumulation, Growth and Hematological Parameters of the Juvenile Rockfish, *Sebastes schlegeli*”, *Marine Environmental Research*, 58: 65-82, (2004).
- Kori-Siakpere, O., Ikomi, U., “Alterations in some Haematological Parameters of the African Snakehead: *Parachanna africans* Exposed to Cadmium”, *Not. Sci. Biol.*, 3(4): 29-34, (2011).

- Mazon, A.F., Monteiro, E.A.S., Pinheiro, G.H.D., Fernandes, M.N., “Hematological and Physiological Changes Induced by Short-Term Exposure to Copper in the Freshwater Fish, *Prochilodus scrofa*”, Braz. J. Biol.,62(4A): 621-631, (2002).
- Meinelt, T., Playle, R.C., Pietroock, M., Burnison, B.K., Wienke, A., Steinberg, C.E.W., “Interaction of Kadmiyum Toxicity in Embryos and Larvae of Zebrafish, (*Danio rerio*) with Calcium and Humic Substances”, Aquatic Toxicology, 54: 205-215, (2001).
- Nordberg, G.F., Fowler, B.A., Nordberg, M., Friberg, L., “Handbook on the Toxicology of Metals”, Third Edition, Academic Press, 969s, (2007).
- Oregon Chapter American Fisheries Society, Heavy Metals Toxicity, (29 Mart 2011),Erişim:<http://www.orafs.org/pdfdocs/2011%20ORAFS%20white%20paper%20-%20heavy%20metals%20FINAL%203-29-11.pdf> [10 Aralık 2011].
- Özkan, F., Gündüz, S.G., Berköz, M., Hunt, A.Ö., “Induction of Micronuclei and Other Nuclear Abnormalities in Peripheral Erythrocytes of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, following Exposure to Sublethal Cadmium Doses”, Turk J. Zool., 35(4): 585-592, (2011).
- Perschbacher, P.W., Wurts, W.A., “Effects of Calcium and Magnesium Hardness on Acute Copper Toxicity to Juvenile Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*”, Aquaculture, 172: 275-280 (1999).
- Roberts, R.J. “Fish Patology”, Bailyere Tindalla Division of Ltd. Printed in Great Britain at University Press, Aberdeen, 318 pp., (1978).
- Roussel, H., Joachim, S., Lamothe, S., Palluel, O., Gauthier, L., Bonzom, J.M., “A Long-Term Copper Exposure on Freshwater Ecosystem Using Lotic Mesocosms: Individual and Population Responses of Three-Spined Sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*)”, Aquatic Toxicology, 82: 272-280, (2007).
- Safahieh, A., Hedayati, A., Savari, A., Movahedinia, A., “Experimental Approaches of Hematotoxic and Immunotoxic Effects of Mercury Chloride on Yellowfish Sea Bream (*Acanthopagrus latus*)”, American-Eurasian, Journal of Toxicological Sciences 2(3): 169-176, (2010).

- Sağlam, N. ve Ural, M., “Değişik Yoğunluktaki Bakır Sülfat (CuSO<sub>4</sub>) Solusyonunda Bırakılan Gökkuşığı Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Makroskobik ve Mikroskobik İncelemeler”, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(1): 89-97, (2003).
- Serezli, R., Akhan, S., Sonay, F.D., “Acute Effects of Copper and Lead on some Blood Parameters on Coruh Trout (*Salmo coruhensis*)”, African Journal of Biotechnology, 10(16): 3204-3209, (2011).
- Shariff, M., Jayawardena, P.A.H.L., Yusoff, F.M., Subahsinghe, R., “Immunological Parameters of Javanese Carp *Puntius gonionotus* (Bleeker) Exposed to Copper and Challenged with *Aeromonas hydrophila*”, Fish & Shellfish Immunology, 11: 281-291, (2001).
- Shaw, B., Handy, R.D., “Dietary Copper Exposure and Recovery in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*”, Aquatic Toxicology, 76: 111-121, (2006).
- Shwetha, A., Hosetti, B. B., “Acute Effects of Zinc Cyanide on the Behaviour and Oxygen Consumption of the Indian Major Carp *Cirrhinus mrigala* (Hamilton)”, World Journal of Zoology 4(3): 238-246, (2009).
- Singh, D., Nath, K., Trivedi, S.P., Sharma, Y.K., “Impact of Copper on Haematological Profile of Freshwater Fish, *Channa punctatus*”, Journal of Environmental Biology, 29(2): 253-257, (2008).
- Sorensen, E.M.B., “Metal Poisoning in Fish”, CRC Press, Boca Raton, Florida., 374 s, (1991).
- 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).
- Steele, C.W., “Effects of Exposure to Sublethal Copper on the Locomotor Behaviour of the Sea Catfish, *Auris felis*”, Aquatic Toxicology, 4(1): 83-93, (1983).
- Şahin, Z.B., “Bakır ve Kurşunun *Oreochromis niloticus*' ta Morfolojik ve Hematolojik Parametreler ile Eritrosit Morfolojisi Üzerine Etkileri”, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 54 s., (2009).



- Tawari-Fufeyin, P., Igetei, J., Okoigidun, M.E., “Changes in the Catfish (*Clarias gariepinus*) Exposed to Acute Cadmium and Lead Poisoning”, Bioscience Research Communications, 20(5): 271-276, (2008).
- Tawwab, M.A., Mousa, M.A.A., Abbass, F.E., “Growth Performance and Physiological Response of African Catfish, *Clarias gariepinus* (B.) Fed Organic Selenium Prior to the Exposure to Environmental Copper Toxicity”, Aquaculture, 272: 335-345, (2007).
- Taylor, E.W., “Toxicology of Aquatic Pollution”, Physiological, Molecular and Cellular Approaches”, Society for Experimental Biology Seminar Series. Cambridge University Press, 300p, (1996).
- Tort, L., Torres, P., Flos, R., “Effects on Dogfish Haematology and Liver Composition after Acute Copper Exposure”, Comp. Biochem. Physiol., 87(2C): 349-353, (1987).
- Turnlund J.R., (Nisan 2007), Erişim:  
<http://ipi.oregonstate.edu/infocenter/minerals/copper/> [6 Aralık 2011]
- Venkataramana, P., Radhakrishnaiah, K., (2001). “Copper-Influenced Changes in Lactate Dehydrogenase and G-6-PDH Activities of the Freshwater Teleost, *Labeo rohita*”, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 67: 257-263.
- Vieira, L.R., Gravato, C., Soares, A.M.V.M., Morgado, F., Guilhermino, L., “Acute Effects of Copper and Mercury on the Estuarine Fish *Pomatoschistus microps*: Linking Biomarkers to Behaviour”, Chemosphere, 76: 1416-1427, (2009).
- Vosyliene, M.Z., “The Effect of Heavy Metals on Haematological Indices of Fish”, Acta Zoologica Lituanica. Hydrobiologia, 9(2): 1392-1657, (1999).
- Vutukuru, S.S. “Acute Effects of Hexavalent Chromium on Survival, Oxygen Consumption, Hematological Parameters and Some Biochemical Profiles of the Indian Major Carp, *Labeo rohita*”, Int. J. Environ. Res. Public Health, 2(3): 456-462, (2005).
- 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).

- Wexler, P., Gilbert, S.G., Hakkinen, P.J., Mohapatra, A., “Information Resources in Toxicology”, Fourth Edition, Academic Press, 1464s, (2009).
- Wilson, R.W., Taylor, E.W., “The Physiological Responses of Freshwater Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, During Acutely Lethal Copper Exposure”, *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical System and Environmental Physiology*, 163(1): 38-47, (1993).
- Witeska, M. “Stress in Fish-Hematological and Immunological Effects of Heavy Metals”, *Electronic Journal of Ichthyology*, **1**: 35-41, (2005).
- Yadav, K.K., Trivedi, S.P., “Sublethal Exposure of Heavy Metals Induces Micronuclei in Fish, *Channa punctata*”, *Chemosphere*, 77: 1495-1500, (2009).

## ÖZGEÇMİŞ ve ESERLER LİSTESİ

**Adı Soyadı** : Mehmet Ali TİBATAN

**Doğum Tarihi** : 12/07/1987

**Öğrenim Durumu** : Yüksek Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise		Avcılar 50. YIL İnsa Lisesi	2001-2004
Lisans	Su Ürünleri Fakültesi	Mersin Üniversitesi	2004-2009
Yüksek Lisans	Su Ürünleri Fakültesi	Mersin Üniversitesi	2009-2012

### Görevler:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl

### ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)