



**BAKIR (II) KLORÜR'ÜN *Oncorhynchus mykiss* ÜZERİNDEKİ HEMATOLOJİK ve GENOTOKSİK ETKİLERİ**  
 Nurcan Uzel<sup>1</sup>, Tuğçe Güleşir<sup>1</sup>, Hiclal Uç<sup>1</sup>, Sergüzel Kuş<sup>1</sup>, Sema Taşdemir<sup>1</sup>, Ali Gül<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, 06500 Teknikokullar, Ankara, Türkiye

\*Corresponding author  
 E-mail: aligul0211@gmail.com

Received: 09 Ekim 2019

Accepted: 27 Kasım 2019

**Abstract**

*Oncorhynchus mykiss* is amongst the most important species in internal water fish breeding. *O. mykiss* having very high economical value is largely used in acute toxicity tests. The target of this study is to elucidate the genotoxic effect of CuCl<sub>2</sub> upon *O. mykiss*. The bio assay was carried out in triplicate. The 96h LC<sub>50</sub> value was found to be 0.48 mg/L (0.43-0.54 mg/L) from the literature and the sublethal concentration was taken as 0.048 mg/L as the 1/10 of this value. The blood samples taken for the determination hematocrit level were centrifuged at 11500 rpm for 4 minutes. Micronucleus test (MN) was carried out using blood preparations obtained. The mean MN values of the experimental group were found to be higher than those of control group. The hematocrit level of the control and the experimental groups were found to be 29.91 % and 25.01 % respectively. The study reveals that the MN frequencies of *O. mykiss* species in the experimental group was observed to be higher than those of experimental group while the hematocrit level of the control group was found to be higher than the experiential group. These data clearly show that the CuCl<sub>2</sub> has a high level toxic effect upon *O. mykiss*.

**Key words:** Acute toxicity, *Oncorhynchus mykiss*, hematocrit, micronucleus test

**Özet**

*Oncorhynchus mykiss*, iç su balıkçılığının en önemli türleri arasındadır. Ekonomik değeri yüksek olan *O. mykiss* akut toksisite testlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Bakır (II) Klorür'ün (CuCl<sub>2</sub>) *O. mykiss* üzerindeki genotoksik etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Biyodeny üç tekrarlı yapılmıştır. Akut toksisite deneyinde 96 saatlik LC<sub>50</sub> değeri olarak literatür bilgisine dayalı 0,48 mg/L'nin (0,43-0,54 mg/L) 1/10'u 0,048 mg/L sublethal konsantrasyon olarak kullanılmıştır. Deney bitiminde hematokrit düzeyi için kan örnekleri 11500 rpm'de 4 dakika santrifüj edilmiştir. Preparat hazırlanmış ve mikronükleus (MN) testi yapılmıştır. Deney grubunda MN ortalama değerleri kontrol grubuna göre yüksek olarak bulunmuştur. Kan örneklerinde hematokrit seviyesi kontrol grubunda ortalama % 29,91 iken deney grubunda % 25,01 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda; deney grubundaki *O. mykiss* bireylerinin eritrositlerindeki MN frekansının kontrol grubuna göre yüksek olduğu, hematokrit seviyesinin ise kontrol grubuna göre deney grubunda düştüğü anlaşılmıştır. Bu sonuçlar Bakır (II) Klorür'ün yüksek düzeyde toksik etkisi olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Akut toksisite, *Oncorhynchus mykiss*, hematokrit, mikronükleus

**Not:** Bu çalışma "2nd International Water Congress, 5nd National Water Congress, 29 October-1 November 2018, Afyonkarahisar, Turkey" kongrede poster bildiri olarak sunulmuştur.

**GİRİŞ**

Günümüzde hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak artan sanayileşme, doğada düşük derişimlerde bulunan kadmiyum (Cd), bakır (Cu), çinko (Zn), cıva (Hg) ve kurşun (Pb) gibi ağır metallerin ortamdaki derişimini arttırmıştır [1; 2]. Çevre şartlarına dayanıklı olan ağır metaller canlıların vücudundan atılmadığı için birikmektedir. Bu durum biyoakümülyasyon; çevredeki ağır metallerin zamanla organizmada birikmesi ve biyomagnifikasyon; besin zinciri boyunca küçük canlılardan daha büyük canlılara doğru gittikçe katlanarak birikmesi şeklinde gerçekleşmektedir [3]. Dolayısıyla ağır metallerin tüm ekosistem açısından bir tehdit oluşturduğu bilinmektedir [2].

Canlı organizmalarda enzimatik aktiviteler için ağır metallerin belirli konsantrasyonlarda bulunması gerekmektedir. Fakat biyomagnifikasyon sonucunda artan konsantrasyon organizmalarda toksik etkiye neden olmakta ve enzimleri inhibe etmektedir [4; 5].

Maden ocakları, metal ve kağıt endüstrisi atık suları, gübreler, fosil yakıtlar, pestisitler ve kimyasallar ağır metallerin ana kaynaklarıdır [1; 2]. Bu kaynaklardan sızan ağır metallerin büyük bir kısmı atmosferden, erozyonla taşınarak veya çeşitli insan aktiviteleriyle sucul ortama ulaşmaktadır [2]. Ağır metaller direkt olarak sudan alınabildiği gibi indirekt olarak daha küçük balıklar, omurgasızlar veya bitkisel besinlerden de alınabilmektedir [6].

Yeryüzündeki suların neredeyse tamamı bir miktar bakır içermektedir. Genel olarak toprakta 2-100 µg L<sup>-1</sup>, suda ise 1,4-10,0 µg L<sup>-1</sup> bakır bulunur [7]. Esansiyel bir metal olan bakır hayvansal organizmalarda, kemik oluşumu,

omuriliğin miyelinişmesi, hemoglobin ve metalloenzimlerin sentezinde işlev görmektedir. Bakırın elektrik endüstrisinde, sucul vejetasyonu kontrol etmede, gübre ve pestisitlerin bileşiminde, tarımda yaygın bir şekilde kullanımı, sucul ortamlara katılımını artırarak doğal düzeyinin aşılmasına neden olur [8]. Bakırın balıklar tarafından ortamdaki dokulardaki birikimi, hücrenel veya moleküler düzeyde yapısal ve işlevsel bozukluklara neden olmaktadır [9]. Çeşitli balık türleri ile yapılan araştırmalarda bakırın sublethal derişimlerinin uzun süreli etkisinin dokularda birikime [10], solungaçlarda yapısal bozukluklara, omurgada deformasyonlara, immün sistemin zayıflamasıyla nörolojik bozukluklara [11], hematolojik ve biyokimyasal parametrelerde değişimlere neden olduğu belirlenmiştir [12].

Besin zincirinin önemli protein kaynaklarından olan sucul canlılar ekolojik dengenin korunması ve insan sağlığı açısından önemli rol oynamaktadır. Özellikle balıklar, ağır metallerin etkilerinin belirlenmesinde ayrı bir önem oluşturmaktadır [1]. Balıklar çevresel ortamdaki değişikliklere çok hızlı bir şekilde cevap verebilirler. Araştırmacılar balığın sağlık durumunun ve ağır metallere karşı toleransının belirlenmesinde kan parametrelerinin iyi bir yöntem olduğunu belirtmektedir [13].

Bu parametrelerden alyuvar sayısı, hematokrit ve hemoglobin miktarı oksijen gereksinimi belirlemek, lökosit ve akyuvar sayısı ise balığın bağışıklık sistemi hakkında fikir edinmek için kullanılmaktadır [14; 15]. Türden türe farklılık göstermekle birlikte balıklarda genel hematokrit değeri % 20-45 arasındadır [16]. Çevredeki olumsuz değişimler hematokrit düzeyinin düşmesine sebep olmaktadır [17]. Farklı balık türlerinde ağır metal maruziyeti sonucu hematokrit düzeylerindeki değişimlere yönelik çeşitli çalışmalar

yapılmıştır.

Mikronükleus testi, farklı maddelerin genotoksik etkisinin araştırılmasında kullanılan yaygın bir yöntemdir. Hücre bölünmesi sırasında hasara bağlı olarak oluşan çekirdek dışı yapılar mikronükleusları oluşturmaktadır. İnterfaz hücrelerinde mikronükleus sayımı metafaz analizlerine göre çok daha kolay ve hızlı bir yöntemdir. Genotoksik maddelere maruz kalan balıklarda eritrositlerin mikronükleus düzeylerinde anlamlı bir artış olduğu görülmüştür [18].

Bu çalışmada Salmonidae familyasına ait bir tür olan *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) kullanılmıştır. *O. mykiss*, tıknaz vücutlu bir balık olup çok sayıda beneklere sahiptir. Yanal çizgisinin gökkuşağı renginde oluşuyla ayırt edilmekte ve bu nedenle gökkuşağı alabalığı olarak bilinmektedir [19]. Ülkemizde yetiştiriciliği 1970'li yıllarda başlamıştır. Kuzey Amerika kökenli olan *O. mykiss*, ülkemizde son yıllarda iç su balık yetiştiriciliğinde ekonomik değeri artmış ve en çok tercih edilen türler arasında yer almıştır. Diğer alabalık türlerine göre çevre koşullarına daha iyi uyum sağlaması, 7-8 mg/L oksijen içeren sulara yaşaması, evcil olup elden beslenmeye uygun olması ve diğer alabalık türlerinin uyum gösteremediği yüksek sıcaklıktaki sulara bile dayanabilmesi nedeniyle yetiştiricilikte tercih edilmektedir. Her mevsim, her yerde kolayca temin edilebilen *O. mykiss* kısa süreli akut toksisite testleri için tavsiye edilmektedir. Gökkuşağı alabalığı su sıcaklığına karşı oldukça toleranslı olduğu için 26 °C'ye kadar olan sulara da yaşayabilmektedir [20].

Dethloff vd. [21] 3, 7, 14 ve 21 gün süreyle, yaklaşık 6, 16 ve 26 µg/L'lik bakıra maruz bıraktıkları alabalıklarda kan parametrelerini incelemişlerdir. Bağdonas ve Vosyliene [22] bakırın LC50 değerinin lethal dozun 1/4'üne, 1/8'ine ve 1/16'sına maruz bırakılan alabalıklarda 96 saat sonunda kan parametrelerindeki değişimi araştırmışlardır. Dethloff vd. [9] bakır kirliliği olan bölgelerde, bakırın ortamdaki düzeyi arttıkça hematokrit değerinin de arttığını ve kronik bakıra maruz kalan balıklarda oksijen taşıma kapasitesinin düştüğünü bildirmişlerdir.

Bu çalışmada bakır kaynağı olarak Bakır (II) Klorür (CuCl<sub>2</sub>) kullanılmıştır. Akut toksisite kapsamında belirlenmiş olan 96 saatlik LC50 değeri kullanılmıştır. Bu LC50 değerine göre sublethal doz hesaplanarak CuCl<sub>2</sub>'e maruz bırakılan *O. mykiss* eritrositlerindeki nükleus değişiklikleri mikronükleus testi ile tespit edilmiş ve hematokrit düzeyi belirlenmiştir.

## MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada materyal olarak alabalık üretim tesisinden temin edilen 14,58±1,40 cm boy ve 33,72±13,12 g ağırlığına sahip *O. mykiss* bireyleri kullanılmıştır. Deneyden önce balıklar 15 gün süreyle ortama adaptasyon için dinlendirilmiş akvaryum suyunda bekletilmiş ve güneşten yemlenmiştir. Deneyden önceki 2 gün ve deney süresince balıklara yem verilmemiştir. Kontrol ve deney grubu olarak 25×49×18 cm boyutlarındaki akvaryumlara 10'ar balık konulmuştur. Biyodenyey 3 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Akvaryum suyunun bazı özellikleri ölçülmüş, kontrol grubunda ortalama sıcaklık 21,10±0,62°C, oksijen 7,55±0,27 mg/L, iletkenlik 1044,72±20,40 ms/cm ve pH 7,97±0,22 olarak belirlenmiştir. Deney grubunda ise sıcaklık 21,56±0,42°C, oksijen 7,05±0,16 mg/L, iletkenlik 1040,85±28,30 ms/cm ve pH 7,88±0,17 olarak belirlenmiştir. Biyodenyeyde toksik madde olarak Bakır (II) Klorür (CuCl<sub>2</sub>) kullanılmıştır. Hematokrit ve mikronükleus tespitleri için deney grubuna literatür bilgisine dayalı 96 saatlik LC50 değeri olan 0,48 mg/L (0,43-0,54)'nin [23] 1/10'u 0,048 mg/L sublethal konsantrasyon olarak uygulanmıştır.

Balıklardan 96 saat sonunda 1 ml kapasiteli heparin ile

muamele edilmiş enjektör kullanılarak 1,5-2 ml civarında kan alınmıştır. Mikronükleus testi için alınan kan örnekleri yayma yöntemiyle preparatlara uygulanmış ve % 95'lik etanolde 20 dk fiske edilmiştir. Daha sonra % 5'lik Giemsa boyasında 20 dk boyunca bekletilmiş ve distile su ile yıkanarak incelemeye hazırlanmıştır.

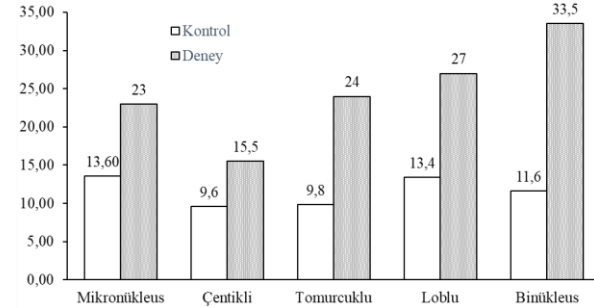
Hematokrit testi için alınan kan örnekleri 1,1 mm çaplı 75 mm uzunluğundaki mikrohematokrit tüplerine 2/3'ünü dolduracak şekilde konulmuş ve tüpün ucu macun ile kapatılmıştır. Tüpler hematokrit santrifüjüne yerleştirilerek 11500 rpm'de 4 dk santrifüj edilmiştir. Kırmızı kan hücreleri (eritrositlerin) hacmi total kanın hacmine oranlanarak hematokrit seviyesi tayin edilmiştir [24; 25; 14; 26; 27].

## BULGULAR

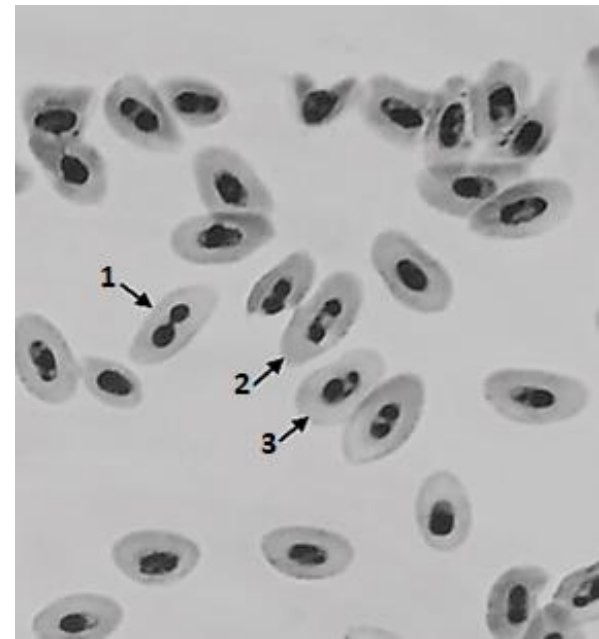
Mikronükleus testi için mikroskop sayım sonuçları ve görüntüleri Tablo 1 ve Şekil 1-4'de verilmiştir. Nükleus bozulmalarında deney grubu sonuçlarına göre en yüksek değer binükleusda 33,50, en düşük değer ise çentikli nükleus da 15,50 olarak bulunmuştur. Kan örneklerinde ortalama hematokrit seviyeleri kontrol grubunda % 29,91 iken deney grubunda % 25,01 olarak tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Mikronükleus testi (Ort ± SS)

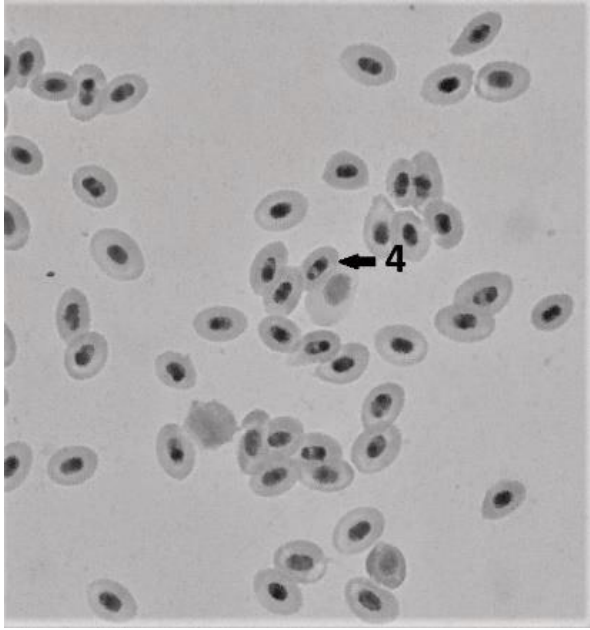
	Mikronükleus	Çentikli Nükleus	Tomurcuclu Nükleus	Loblu Nükleus	Binükleus
Kontrol Grubu	13,60±3,13	9,60±3,71	9,80±5,12	13,40±6,84	11,60±7,50
Deney Grubu	23,00±1,41	15,50±0,71	24,00±4,24	27,00±5,66	33,50±4,95



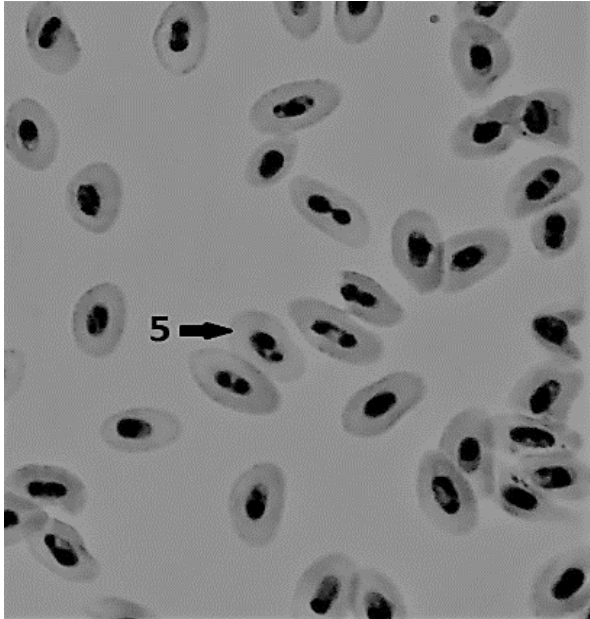
**Şekil 1.** Mikronükleus Testi Sonucu



**Şekil 2.** Loblu Nükleus (1) Binükleus (2) Tomurcuclu Nükleus (3)



Şekil 3. Mikronükleus (4)



Şekil 4. Çentikli Nükleus (5)

### SONUÇ ve TARTIŞMA

Ağır metallerin balıkların sağlık parametreleri üzerine etkisi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bagdonas ve Vosylienė [22], bakırın alabalık için 96 saatlik LC50 değerini 0,65 mg/L olarak bulmuşlar ve 96 saat süreyle lethal dozun 1/4'üne, 1/8'ine ve 1/16'sına maruz bırakmışlardır. Çalışma sonunda alyuvar sayısı, hemoglobin seviyesi ve hematokrit değerlerinde önemli bir değişim olmadığını, akyuvar sayısının ise bir düşüş gösterdiğini tespit etmişlerdir. Dethloff vd. [21], 3, 7, 14 ve 21 gün süreyle, yaklaşık 6, 16 ve 26 µg/L'lik bakıra maruz bıraktıkları alabalıklarda bazı kan parametrelerini incelemiş ve hemoglobin seviyesinin 21 gün sonunda üç konsantrasyonda da belirgin bir farklılık göstermediğini saptamışlardır. Hematokrit seviyesi ise 7. güne kadar 3 konsantrasyonda da artış göstermiş ancak 21. gün kontrol grubu değerlerine düşmüştür.

Dethloff vd. [9], bakır kirliliği gözlenen bölgelerde alabalıkların kan parametrelerinde kirlilik arttıkça hematokrit değerinin arttığını gözlemlemişler ve kronik bakıra maruz kalan balıklarda oksijen taşıma kapasitesinin düşmesine yol açabileceğini bildirmişlerdir. Tort vd. [28],

Scyliorhinus canicula'da yaptıkları çalışmada balıkları 2, 4, 6, 8 ve 16 (24 saatlik LC50 değeri) mg/L'lik bakıra yaklaşık 48 saat süreyle maruz bırakmışlar ve hematokrit seviyesinin düştüğünü tespit etmişlerdir. Gioda vd. [29] Leporinus obtusidens'de yaptığı çalışmada balıkları 45 gün boyunca bakır (CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O) için lethal konsantrasyonun % 10 ve % 20'sine maruz bırakmışlar ve deneme sonunda hematokrit seviyesinin düştüğünü bildirmişlerdir. Bu çalışmada Bakır (II) Klorür maruziyetinin *O. mykiss* bireylerinde hematokrit seviyesinin düşmesine sebep olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmadaki sonuçlar Tort vd. [28] ve Gioda vd. [29]'nın çalışmalarıyla benzerlik, Dethloff vd. [9; 21]'in sonuçlarıyla ise farklılık göstermektedir.

Bagdonas ve Vosylienė [22] bakır ve çinkonun *Oncorhynchus mykiss* üzerindeki genotoksik etkilerini mikronükleus testiyle belirlemişlerdir. Bakır ve çinkoya 96 saat süreyle maruz bıraktıkları balıklarda mikronükleus frekansının kontrol grubuna oranla anlamlı olarak arttığını saptamışlardır. Bu çalışmada 96 saat Bakır (II) Klorür'e maruz bırakılan *O. mykiss* bireylerinde mikronükleus frekansı kontrol grubuna göre yüksek bulunmuş olup, Bagdonas ve Vosylienė [22] ile benzerlik göstermektedir.

Bu araştırma sonuçlarına göre Bakır (II) Klorür'ün toksik etkisinin yüksek olduğu, balıkların kan parametrelerinde önemli değişimlere neden olduğu belirlenmiştir. Balıklarda önemli sağlık göstergesi olan hematokrit düzeyini düşürdüğü, eritrositlerde bozulmalara sebep olarak çeşitli mikronükleus yapıları oluşturduğu anlaşılmıştır. Ağır metallerin canlılar üzerindeki etkilerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar son derece önemli olup aynı zamanda kirliliğin önlenmesine yönelik çalışmalara olan ihtiyacı da ortaya koymaktadır.

### KAYNAKLAR

- [1] Sağlamtimur B. 1998. Bakır ve kadmiyum karışımının etkisinde *Tilapia nilotica*'nın farklı dokularında bakır ve kadmiyum birikimi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- [2] Kalay M, Canlı M. 2000. Elimination of essential (Cu and Zn) and non-essential (Cd and Pb) metals from tissue of a freshwater fish, *Tilapia zilli*. Turkish Journal of Zoology, 24, 429-436.
- [3] Özkan E, Taşlıpınar MY, Yeşilkaya Ş. 2018. Ağır metal zehirlenmeleri. <http://www.jcam.com.tr/files/KATD-1599.pdf>.
- [4] Balkıs N, Algan O. 2005. Marmara denizi yüzey sedimentlerinde metallerin birikimi ve denetleyen mekanizmalar. Deniz Kirliliği, TÜDAV Yayınları, 21, İstanbul.
- [5] Göksel H. 1993. Trabzon limanı ve çevresinden avlanan mezgit balıklarında bazı ağır metal (Cu, Mn, Zn) birikimlerinin araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [6] Kime DE, Ebrahimi M, Nysten K, Roelants I, Rurangwa E, Moore HDM, Ollevier F. 1996. Use of computer assisted sperm analysis (CASA) for monitoring the effects of pollution on sperm quality of fish, application to the effects of heavy metals. Aquatic Toxicology, 36, 223-237.
- [7] Brooks KM. 2000. Assessment of the environmental effects associated with wooden bridges preserved with creosote, pentachlorophenol, or chromated copper arsenate. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- [8] Nussey G, Van Vuren JHJ, Du Preez HH. 1995. Effect of copper on haematology and osmoregulation of the Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae). Comparative Biochemistry and Physiology, Part C 111, 369-380
- [9] Dethloff GM, Bailey HC, Maier KJ. 2001. Effects of

dissolved copper on select hematological, biochemical and immunological parameters of wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 40(3), 371-380.

[10] Cicik B 2003. Bakır-çinko etkileşiminin sazan (*Cyprinus carpio*)'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi üzerine etkileri. Ekoloji Çevre Dergisi, 1248, 32-36.

[11] Stagg, RM, Shuttleworth TJ. 1982. The accumulation of copper in *Platichthys flesus* L. and its effects on plasma electrolyte concentrations. Journal of Fish Biology, 20, 491-500.

[12] Tort L, Torres P. 1988. The effects of sublethal concentrations of cadmium on haematological parameters in the dog fish. Journal of Fish Biology, 32, 277-282.

[13] Fajer-Avilla EJ, Parra IS, Zarate GA, Contreas R, Ramirez JZ, Betancourt M 2003. Toxicity of formalin bullseye puffer fish and its effectiveness to control ectoparasites. Aquaculture, 223(1-4), 41-50.

[14] Blaxhall PC, Daisley KW 1973. Routine haematological methods for use with fish blood. Journal of Fish Biology, 5, 771-781.

[15] McLeay DJ, Gordon MR. 1977. Leucocrit: A simple hematological technique for measuring acute stress in salmonid fish, including stressful concentrations of pulpmill effluent. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 34, 2164-2175.

[16] Terry CH, Smith SA. 2006. Hematology of fish. In: Schalm's veterinary hematology. Philadelphia, PA: Williams and Wilkins, 5th ed., 1120-1125.

[17] Uçar A, Atamanalp M. 2009. Balıklarda toksikopatolojik lezyonlar II. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(1), 95-101.

[18] Könen S. 2007. Triflularin ve askorbik asit kombinasyonlarının *Oreochromis niloticus* üzerindeki genotoksik ve antijenotoksik etkilerinin mikronükleus testi kullanılarak araştırılması. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.

[19] Çağıltay F 2007. İçsu balıkları yetiştiriciliği. Nobel Yayınevi, Ankara.

[20] Çırak S. 2018. Gökkuşluğu (*Oncorhynchus mykiss* W., 1972), dere (*Salmo trutta fario* L., 1758) ve kaynak (*Salvelinus fontinalis*) alabalıklarının ölüm sonrası miyosin ağır zincirlerindeki (maz) kütleli değişimler ile tekstürel özelliklerindeki değişimlerin karşılaştırılması. Kastamonu Üniversitesi Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, 111 s.

[21] Dethloff GM, Schlenk D, Khan S, Bailey C. 1999. The effects of copper on blood and biochemical parameters of rainbow trout. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 36(4), 415-423.

[22] Bagdonas E, Vosylienė MZ. 2006. A study of toxicity and genotoxicity of copper, zinc and their mixture to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Biologija, 1, 8-13.

[23] Tišler T, Zagorc-Končan J. 2003. Aquatic toxicity of selected chemicals as a basic criterion for environmental classification. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology, 54, 207-213.

[24] Snieszko SF. 1972. Nutritional fish diseases. Fish nutrition. Halver, J.E. (ed.). Academic Press, London, 403-437.

[25] Conroy DA 1972. Studies on the haematology of the atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Symposia of the Zoological Society of London, 30, 101-127.

[26] Jones BJ, Pearson WD. 1976. Variations in haematocrit values of successive blood samples from bluegill. Transactions of The American Fisheries Society, 105(2), 291-293.

[27] Tanyer G. 1985. Hematoloji ve laboratuvar.

Ayyıldız Matbaası A.Ş. Yayınları, Ankara.

[28] Tort L, Torres P, Flos R. 1987. Effects on dogfish hematology and liver composition after acute copper exposure. Comparative Biochemistry and Physiology, 87, 349-353.

[29] Gioda CR, Lissner LA, Pretto A, Rocha JB, Schetinger MR, Netoi JR, Morsch VM, Loro VL. 2007. Exposure to sublethal concentrations of Zn(II) and Cu(II) changes biochemical parameters in *Leporinus obtusidens*. Chemosphere, 69(1), 170-175.