






Aynalı Sazanın (*Cyprinus carpio*) Bazı Hematolojik Parametreleri Üzerine Siyanürün Etkileri

Effects of Cyanide on Some Hematological Parameters of Mirror Carp (*Cyprinus carpio*)

Mustafa KAVASOĞLU^{1*},  Kazım UYSAL²,  Rukiye TABAKOĞLU³ 
¹Dumlupınar Üniversitesi Gediz MYO, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı, Kütahya
^{2,3}Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kütahya

¹ORCID: 0000-0002-4136-6397 ²ORCID: 0000-0001-6399-6616

³ORCID: 0000-0002-5449-9703

*Sorumlu Yazar: mustafa.kavasoglu@dpu.edu.tr Geliş Tarihi: 11.11.2021 Kabul Tarihi: 14.12.2021

ÖZET

Bu çalışmada siyanürün aynalı sazan balıklarının (*Cyprinus carpio*) lökosit sayısı, eritrosit sayısı, hemoglobin, hematokrit, ortalama eritrosit hacmi, ortalama eritrosit hemoglobini, ortalama eritrosit hemoglobin konsantrasyonu, ortalama eritrosit dağılım genişliği, trombosit sayısı, ortalama trombosit hacmi, trombosit dağılım genişliği, platokrit düzeyleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Deney süresince balıklar üç ve on beş gün süre ile 0,1 mg/L ve 0,2 mg/L konsantrasyonlarda siyanüre maruz bırakılmışlardır. On beş gün süre ile 0,2 mg/L konsantrasyonda siyanüre maruz kalan sazan balıklarının hemoglobin ve hematokrit değerleri önemli derecede düşmüştür. Farklı doz ve sürelerde siyanüre maruz kalan sazan balıklarının diğer kan parametrelerindeki değişimin ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Cyprinus carpio*, Hematoloji, Kan, Siyanür, Aynalı Sazan

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of cyanide on the leukocyte count, erythrocyte count, hemoglobin, hematocrit, mean erythrocyte volume, mean erythrocyte hemoglobin, mean erythrocyte hemoglobin concentration, mean erythrocyte distribution width, platelet count, mean thrombocyte volume, platelet distribution width, and platocrit levels of carp (*Cyprinus carpio*). Fish were exposed to cyanide at concentrations of 0,1 mg/L and 0,2 mg/L for three and fifteen days respectively through the experiment. Hemoglobin and hematocrit values of carp exposed to 0,2 mg/L cyanide concentration for 15 days decreased significantly. It was determined that the changes in other blood parameters of carp exposed to cyanide at different doses and durations were not significant.

Keywords: *Cyprinus carpio*, Hematology, Blood, Cyanide, Mirror Carp

GİRİŞ

Siyanür, bir karbon ile bir azot atomunun üçlü bağ ile bağlanması sonucu oluşan anyon karakterde toksik potansiyele sahip kimyasal bir radikaldir. Siyanür ve oluşturduğu bileşikler endüstride metal kaplama, kauçuk üretimi, boya sanayii, ilaç üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Kuyucak ve Akcil, 2013). Siyanürün

metaller ile kolayca bağ yapabilmesi madencilik sektöründe altın ve gümüş çıkarımında da kullanılmasına yol açmıştır. Bu durum siyanür atıklarının doğal sulara da karışmasına sebep olmuştur. Her yıl doğaya karışan endüstriyel kaynaklı siyanürlü atık su miktarının 31 milyon litre dolaylarında olduğu (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2006) ve doğal

sulardaki siyanür miktarlarının genelde 0,0001 – 0,05 mg/L aralığında değiştiği bildirilmiştir (Wild, Rudd ve Neller, 1994). Doğal suların en yüksek siyanür miktarlarının Afyonkarahisar ili ve çevresi sularında 0,02 ppm (Özdemir ve Sırıken, 2006), Karadeniz’de 3,01 µg/L, İğneada’da 0,34 µg/L ve İstanbul Boğazı’nda 1,79 µg/L (Güven vd., 2001), Kütahya’da bulunan doğal sularda ise 0,11 mg/L (Kavasoğlu, 2017) olduğu bildirilmiştir.

Doğal sulara karışan siyanür tüm sucul canlılara, özellikle de besin zincirinin son halkasını oluşturan balıklara zarar verir. *C. carpio* türü balıkların fingerling boylarında 1 mg/L sodyum siyanür konsantrasyonunun lethal etki oluşturduğu bildirilmiştir (David, Munaswamy, Halappa ve Marigoudar, 2008). *C. carpio* türüne 10 ve 20 gün boyunca 0,2 mg/L sodyum siyanür uygulandığında dalak dokusunda histolojik değişimler meydana geldiği (David ve Kartheek, 2015), 0,1 mg/L siyanür konsantrasyonuna maruziyette ise karaciğer dokusu enzimlerinin (katalaz, süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidad ve glutatyon S-transferaz) inhibe olduğu bildirilmiştir (David ve Kartheek, 2016). Yapılan başka bir çalışmada 0,066 mg/L siyanüre maruz bırakılan *C. carpio* türü balıklarda ise katalaz aktivitesinin karaciğer, solungaç ve kas dokularında inhibe olduğu tespit edilmiştir (David vd., 2008). Yedi gün süre ile 0,5 mg/L siyanüre maruz bırakılan sazan balıklarının solunum faaliyetlerinde azalma olduğu, sükkinat dehidrogenaz, pirüvat ve laktik asit seviyelerinin azaldığı, laktat dehidrogenaz aktivitesinin ise arttığı rapor edilmiştir (David, Ramesh, Patil, Marigoudar ve Chebbi, 2010). Yapılan başka bir çalışmada 0,5 mg/L siyanürün *C. carpio* türünde hücre hasarına sebep olduğu ve bazı antioksidan enzim aktivitelerini etkilediği gözlenmiştir (Kavasoğlu vd., 2015). Yapılan literatür incelemelerinde *C. carpio* türünün kan değerlerine siyanürün etkisi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, 0,1 mg/L ve 0,2 mg/L siyanürün aynalı sazan balıklarının (*C. carpio*) lökosit sayısı (WBC), eritrosit

sayısı (RBC), hemoglobin (HGB), hematokrit (HCT), ortalama eritrosit hacmi (MCV), ortalama eritrosit hemoglobini (MCH), ortalama eritrosit hemoglobin konsantrasyonu (MCHC), ortalama eritrosit dağılım genişliği (RDW), trombosit sayısı (PLT), ortalama trombosit hacmi (MPV), trombosit dağılım genişliği (PDW), platokrit (PCT) parametrelerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOTLAR

Deney planı

Bu çalışma Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Hidrobiyoloji Laboratuvarında yapılmıştır. Balık biyodeneylelerinde 30x40x60 ebatlarında 5 akvaryumdan oluşan 6 adet sump sistemi (toplam 30 akvaryum) kullanılmıştır. Deney planı Şekil 1’de verilmiştir.

3 Gün Süreli Deney			15 Gün Süreli Deney		
1. Grup	2. Grup	3. Grup	1. Grup	2. Grup	3. Grup
1. Grup: Kontrol grubu			1. Grup: Kontrol grubu		
2. Grup: 0,1 mg/L			2. Grup: 0,1 mg/L		
3. Grup: 0,2 mg/L			3. Grup: 0,2 mg/L		

Şekil 1. Deney planı

Balık yerleştirilmeyen en alt akvaryumun bir kısmına konulan Submersible Pump 7200 marka motorla su sirkülasyonu sağlanmış, diğer bölümüne yerleştirilen elyaf malzeme ile de organik atıklar tutulmuştur. Akvaryumlardaki su sıcaklıkları 22±1 °C, oksijen içerikleri ise 6 mg/L’nin üstünde tutulmuştur. Akvaryumlardaki su kalitesi (özellikle azotlu ve fosfatlı bileşikler) balık sağlığını olumsuz etkilemeyecek seviyede tutulmuştur (Lloyd, 1992). Su kalitesinin istenen seviyede tutulması aynı sıcaklıktaki ve aynı siyanür konsantrasyonundaki su

değişimleri ile sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan aynalı sazan balıkları Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Göleti'nden pinter kullanılarak yakalanmıştır. Ortalama 14,54 cm total boy ve 41,52 g ağırlığındaki 90 adet balık laboratuvarında on beş günlük alıştırmaya sürecinin ardından akvaryumlara rastgele dağıtılmıştır. Siyanür kaynağı olarak sodyum siyanür (NaCN) kullanılmıştır. Atık su yönetiminin zorluğundan dolayı deney süresi nisbeten kısa (3 gün ve 15 gün) tutulmuştur. Deney süresince balıklara canlı ağırlığın %1'i oranında ticari yem verilmiş ve balık davranışları sürekli kontrol edilmiştir. Verilen yem bitinceye kadar sirkülasyon motoru çalıştırılmamıştır. Alıştırma ve siyanüre maruz kalma süresince balıkların aktif yem aldıkları ve verilen yemin hepsini tükettikleri görülmüştür. Alıştırma ve deney süresi boyunca balıklarda davranış anormalliği, morfolojik herhangi bir değişiklik ve ölüm kaydedilmemiştir. Üç ve on beşinci günün sonunda balıklar akvaryumlardan alınmış ve 600 mg/L konsantrasyonda karanfil yağı içeren anestezi havuzuna aktarılmıştır (Han vd., 2016; Otay vd., 2014).

Hematolojik analizler

Balıkların kan örnekleri kaudal pedinkülün kesilmesi ile 500 µL hacminde EDTA'lı vacutainerlara alınmıştır. EDTA, antikoagülan özelliği gösterip kanın pıhtılaşmasını engellemektedir. Balık eritrositlerinin çekirdekli olmaları ve balık kanının hızlı pıhtılaşma özelliği göz önünde bulundurularak, kan numuneleri örnekleme anından hemen ardından ölçülmüştür. Kan örneklerinin ölçümünde Mindray BC2800 vet marka otomatik tam kan sayım cihazı kullanılmıştır.

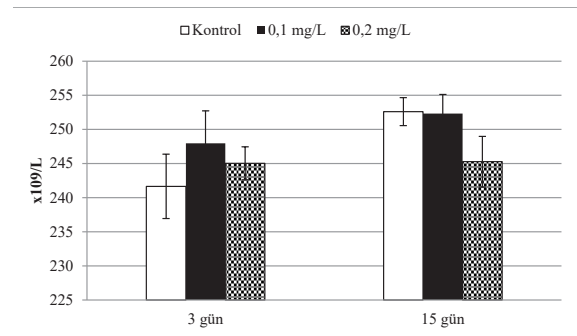
İstatistiksel analizler

Çalışmada elde edilen verilerin yorumlanmasında SPSS 22 paket programı kullanılmıştır. Grafikler ortalama ve standart hataları hesaplanarak oluşturulmuştur. Gruplar arası istatistiksel farklılığı ortaya koymak için One-Way ANOVA testi

kullanılmıştır. 3 gün ve 15 gün süreli deneyler arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Student t-testi kullanılmıştır. Sonuçlar $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde incelenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada 3 ve 15 gün boyunca 0,1 mg/L ve 0,2 mg/L konsantrasyonlarda siyanüre maruz kalan *C. carpio* türü balıkların davranışlarında herhangi bir anormallik tespit edilmemiştir. Alıştırma ve siyanüre maruz bırakma süresince hiçbir balık ölmemiştir. Siyanüre üç gün süre ile maruz kalan sazan balıklarının lökosit (WBC) değerlerinin kontrol grubuna göre arttığı, on beş gün süre ile maruz kalan balıkların ise kontrol grubuna göre düştüğü görülmüştür. Ancak bu değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p > 0,05$) tespit edilmiştir (Şekil 2).

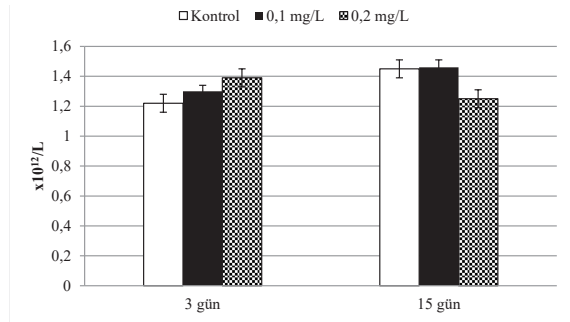


Şekil 2. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların WBC düzeyleri (Ort±SH).

Literatürde siyanürün *C. carpio* türünün kan parametreleri üzerine etkileri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak farklı kimyasalların balıkların kan parametreleri üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar mevcuttur. *Aeromonas hydrophila* ile enfekte edilen *C. carpio* türü balıklarda lökosit hücrelerinin 3,15 ($\times 10^4/\text{mm}^3$) düzeyinden 10 günde 3,86 ($\times 10^4/\text{mm}^3$), 20 günde 4,16 ($\times 10^4/\text{mm}^3$) ve 30 günde 4,72 ($\times 10^4/\text{mm}^3$) seviyesine yükseldiği bildirilmiştir (Harikrishnan vd., 2003). Sazan fingerlinglerine 5 mg/L propoxur uygulandığında WBC değerlerinin kontrol grubuna göre önemli derecede arttığı görülmüştür (Ayhan, 2011). Yonar,

Sakin ve Sağlam (2011) ise 21 gün boyunca 5 mg ve 10 mg likopen verdikleri sazan balıklarında WBC düzeylerinin yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Lökositler vücut savunmasında görev alan kan hücreleridir. Metabolizmaya zarar verecek bir etken girdiğinde sayıları artar ve o zararlıyı bertaraf etmeye çalışırlar. Dolayısıyla lökositler immun sistemin en önemli parçalarıdır. Balıklarda lökosit değerindeki değişimler sucul ortamın kirlilik seviyesi ile ilişkilidir. Kandaki miktarının belirlenmesi balık sağlığı ve immun sistemin göstergesi olarak iyi bir indikatör olduğu bildirilmiştir (Cole vd., 2001).

Bu çalışmada üç gün süre ile siyanür uygulanan grupların eritrosit (RBC) değerlerinin yükseldiği, on beş gün süre ile 0,2 mg/L konsantrasyonda siyanüre maruz kalan balıklarda ise düştüğü ($p>0.05$) görülmüştür (Şekil 3).

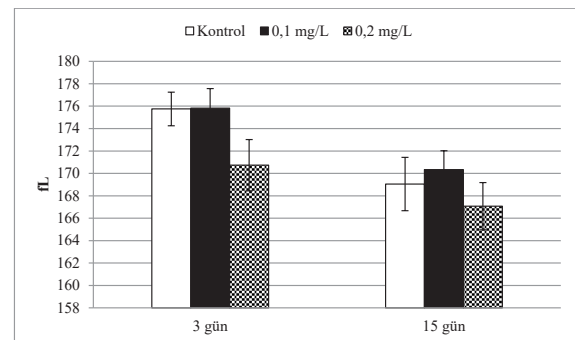


Şekil 3. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların RBC düzeyleri (Ort±SH).

Bu çalışmada RBC değerleri 1,22 – 1,46x10¹²/L aralığında bulunmuştur. Ahmad, Shah, Bhat, Bhat ve Balkhi (2011), farklı sıcaklıkların sazan balıklarının bazı kan değerlerine etkilerini incelediği çalışmasında 20 °C’de sazan balıklarında RBC değerlerini 1,32x10⁶/mm³ olarak bulmuşlardır. Balıklarda eritrosit düzeyleri memeli canlılara göre daha düşüktür. Ancak eritrositler içerisinde oksijen taşımakla görevli molekül olan hemoglobinin (HGB) düzeyleri balıklar ve memeli canlılar arasında önemli bir farklılık göstermez. Hava ve suyun oksijen içeriklerinin oldukça farklı olmasına rağmen hemoglobinin

çok yakın olması ilgi çekici bir konudur.

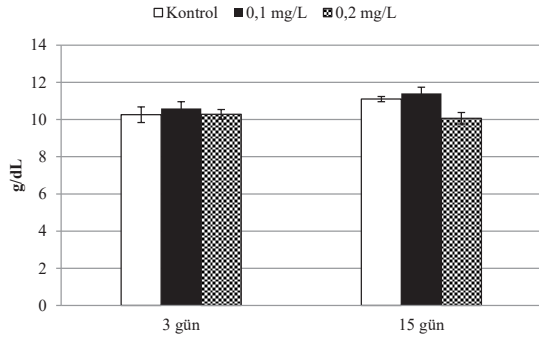
Bakteri ile enfekte edilmiş sazan balıklarında RBC seviyelerinin önemli ölçüde azaldığı (Harikrishnan vd., 2003), 5 mg/L propoxur uygulanmasının ise artırdığı bildirilmiştir (Ayhan, 2011). Affonso vd. (2002), hipoksi durumunda *Colossoma macropomum* türünün RBC değerinin kontrol grubundan yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum hipoksi durumunda balığın dokulara daha fazla oksijen götürebilmek için RBC düzeyini artırmasından kaynaklanabilir. İki farklı deniz balığı türünün kirliliği ve temiz iki ortamdan alınan örnekleri ile yapılan bir çalışmada ise *Scarus ghobban* türünün RBC değerlerinin kirliliği ortamdan alınan örneklerinde düşük olduğu, *Epinephelus mera* türünde ise yüksek olduğu bildirilmiştir (Elahee ve Bhagwant, 2007). Bu durum, aynı ortamda yaşayan farklı türlerin hematolojik indekslerinin farklı olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada 0,2 mg/L konsantrasyonda siyanür uygulanan balıkların ortalama eritrosit hacmi (MCV) değerlerinin ise azaldığı bulunmuştur ($p>0,05$) (Şekil 4). Buradan hareketle kanda eritrosit miktarlarının artan siyanür konsantrasyonu ile azalabileceği ve bu tablonun daha uzun süreli ya da daha yüksek konsantrasyonlarda balığı hipoksiye götürebileceği ifade edilebilir.



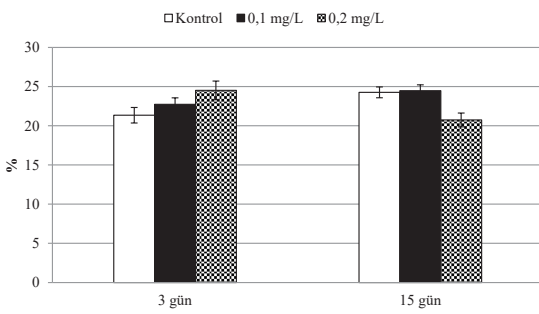
Şekil 4. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların MCV düzeyleri (Ort±SH).

Hemoglobinin (HGB), kanda oksijen taşımakla görevli bir molekül olup miktarı eritrosit sayısına bağlıdır. Hematokrit (HCT) ise, kandaki eritrosit miktarının yüzde olarak değeridir. Dolayısıyla RBC, HGB ve HCT

parametreleri birbirleri ile ilişkili olduğundan bu çalışmada HGB ve HCT düzeylerinin, RBC değerlerindeki değişim ile doğru orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. 0,1 mg/L ve 0,2 mg/L konsantrasyonda üç gün süre ile siyanüre maruziyette HGB ve HCT düzeylerinde önemli bir değişiklik izlenmezken on beş gün süre ile 0,1 mg/L konsantrasyonda maruziyette HGB ve HCT düzeylerinin RBC düzeylerinde olduğu gibi arttığı, 0,2 mg/L konsantrasyonda ise önemli ölçüde azaldığı ($p < 0,05$) tespit edilmiştir (Şekil 5 ve 6). Siyanüre maruziyetle HGB ve HCT değerlerindeki önemli derecede düşüş kana giren siyanürün methemoglobin ile bağ yaparak siyanomethemoglobin molekülünü oluşturmasından kaynaklanabilir.



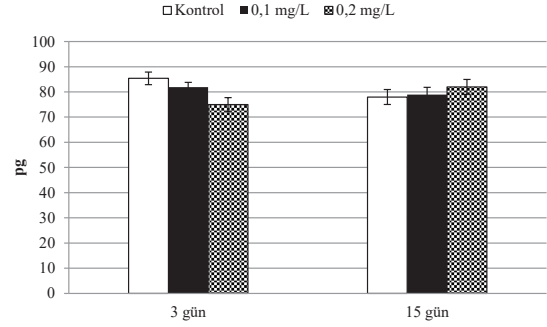
Şekil 5. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların HGB düzeyleri (Ort±SH).



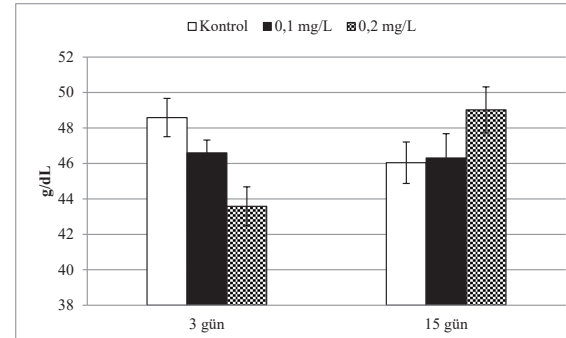
Şekil 6. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların HCT düzeyleri (Ort±SH).

Bu çalışmada kullanılan balıkların MCH ve MCHC değerlerinin RBC, HGB ve HCT değerleri ile zıt olarak değiştiği tespit edilmiştir. Örneğin, on beş gün süre siyanüre maruz bırakılan balıkların RBC, HGB ve HCT düzeyleri azalırken, MCH ve MCHC düzeyleri artmıştır (Şekil 7 ve 8). Balıklarda

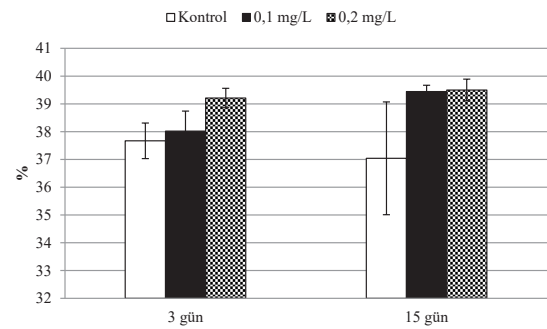
MCH düzeylerinin enfeksiyon durumlarında artabileceği bilinmektedir. *Prochilodus nigricans* türünde ise hipoksi durumunda MCH'nin HGB ve HCT ile birlikte doğru orantılı olarak arttığı, MCHC'nin ise azaldığını bildirmişlerdir (Val vd., 2015).



Şekil 7. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların MCH düzeyleri (Ort±SH).



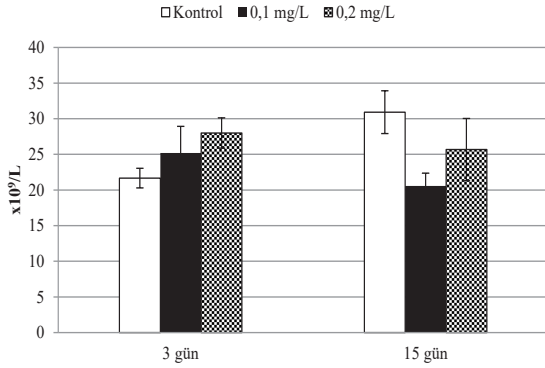
Şekil 8. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların MCHC düzeyleri (Ort±SH).



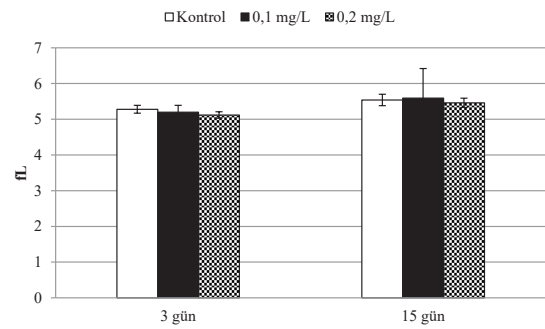
Şekil 9. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların RDW düzeyleri (Ort±SH).

PLT (trombosit, platelet ya da kan pulcukları) kanda pıhtılaşmada görevli kan hücreleridir. PLT sayısının düşük olması kanama zamanını uzatırken, yüksek olması da kanın damar içinde pıhtılaşma riskini

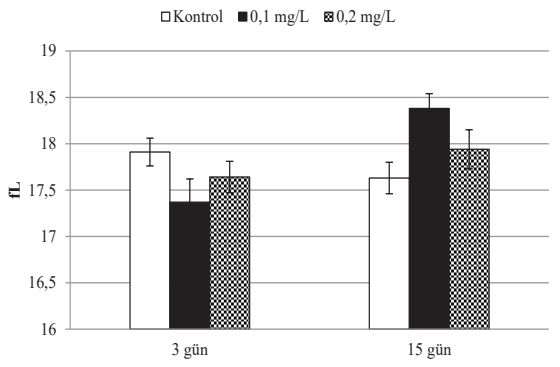
doğurur. Bu çalışmada siyanüre üç gün süre ile maruz kalan balıklarda PLT sayıları kontrol grubuna göre azalmış, on beş gün süre ile maruz kalan balıklarda ise artmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların PLT düzeyleri (Ort±SH).



Şekil 11. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların MPV düzeyleri (Ort±SH).

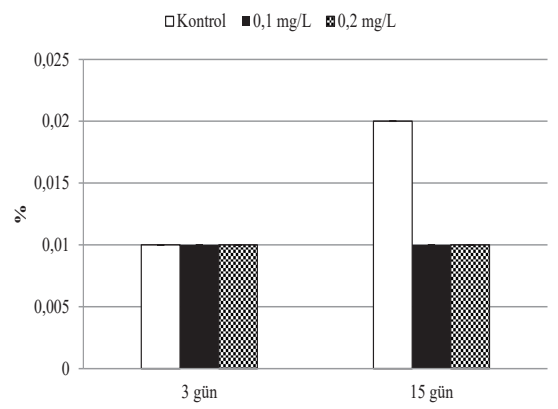


Şekil 12. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların PDW düzeyleri (Ort±SH).

Anabas testudineus türünde trombosit sayısının sipermetrin maruziyeti ile azaldığı bildirilmiştir. Siyanür varlığında trombosit sayısının azalması, dalağın trombositleri ayrıştırması, trombosit üretiminin durması ya da trombositlerin zarar görmesi sonucu

olabileceği bildirilmiştir (Velmurugan vd., 2016).

Platokrit (PCT) ise kandaki trombosit oranını gösteren bir kan parametresidir. Yapılan bu çalışmada PCT yüzdelerinin üç gün süre ile siyanüre maruz bırakılan balıklarda değişmediği, on beş gün süre ile siyanüre maruz bırakılan balıklarda ise kontrol grubuna göre hafif bir düşüş gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Farklı konsantrasyon ve sürede siyanüre maruz bırakılan balıkların PCT düzeyleri (Ort±SH).

Sonuç olarak; bu çalışmada, üç ve on beş gün süre ile 0,1 mg/L siyanüre maruz kalan *C. carpio* türü balıkların incelenen tüm kan parametrelerinde önemli bir değişim olmadığı tespit edilmiştir. Üç gün süre ile 0,2 mg/L siyanüre maruz kalan balıkların incelenen tüm kan parametrelerinde önemli bir değişim olmazken, aynı konsantrasyonda on beş gün süre ile siyanüre maruz kalan balıkların ise sadece HGB ve HCT parametrelerinin önemli derecede değiştiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar *C. carpio* türü balıkların siyanüre maruz kalma süresi arttıkça kan parametrelerinin olumsuz etkileneceğini göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2015 – 80) ve 26 – 30 Ekim 2016 tarihlerinde Makedonya – Üsküp’te gerçekleştirilen “International Turkic World Conference on Chemical Sciences and

Technologies”de sunulmuştur.

Bu çalışma Dumlupınar Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Başkanlığının 19/11/2014 tarih 2014.12.03 sayılı izni ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma, yazarlarından Mustafa KAVASOĞLU'nun Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde hazırladığı “Kütahya İli Su Kaynaklarındaki Siyanür Miktarlarının Belirlenmesi ve Siyanürün Sazan Balığı (*Cyprinus carpio*) Türünün Bazı Biyokimyasal, Hematolojik ve Histopatolojik Parametreleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması” adlı doktora tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2006). Toxicological Profile for Cyanide. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA, 298.

Ahmad, S. M., Shah, F. A., Bhat, F. A., Bhat, J. I. A. ve Balkhi, M. H. (2011). Thermal adaptability and disease association in common carp (*Cyprinus carpio communis*) acclimated to different (four) temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 36(8), 492–497. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2011.08.007>

Affonso, E. G., Polez, V. L. P., Corrêa, C. F., Mazon, A. F., Araújo, M. R. R., Moraes, G. ve Rantin, F. T. (2002). Blood parameters and metabolites in the teleost fish *Colossoma macropomum* exposed to sulfide or hypoxia. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 133(3), 375–382. [https://doi.org/10.1016/s1532-0456\(02\)00127-8](https://doi.org/10.1016/s1532-0456(02)00127-8)

Ayhan, A. (2011). Sazan balığı (*Cyprinus carpio* L., 1758) fingerlinglerine propoxurun histopatolojik, hematolojik ve biyokimyasal etkileri (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

Ankara.

Cole, M. B., Arnole, D. E., Watten, B. J. ve Krise, W. F. (2001). Haematological and physiological responses of brook charr, to untreated and limestone-neutralized acid mine drainage. *Journal of Fish Biology*, 59(1), 79–91. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb02339.x>

David, M. ve Kartheek, R. M. (2015). Histopathological alterations in spleen of freshwater fish *Cyprinus carpio* exposed to sublethal concentration of sodium cyanide. *Open Veterinary Journal*, 5(1), 1-5.

David, M. ve Kartheek, R. M. (2016). In vivo studies on hepato-renal impairments in freshwater fish *Cyprinus carpio* following exposure to sublethal concentrations of sodium cyanide. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 722-733.

David, M., Munaswamy, V., Halappa, R. ve Marigoudar, S. R. (2008). Impact of sodium cyanide on catalase activity in the freshwater exotic carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 92(1), 15-18. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2008.03.013>

David, M., Ramesh, H., Patil, V. K., Marigoudar, S. R. ve Chebbi, S. G. (2010). Sodium cyanide-induced modulations in the activities of some oxidative enzymes and metabolites in the fingerlings of *Cyprinus carpio* (Linnaeus). *Toxicological & Environmental Chemistry*, 92(10), 1841–1849. <https://doi.org/10.1080/02772248.2010.498374>

Elahee, K. B. ve Bhagwant, S. (2007). Hematological and gill histopathological parameters of three tropical fish species from a polluted lagoon on the west coast of Mauritius. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 68(3), 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2006.06.003>

- Güven, K. C., Gezgin, T., Ünlü, S., Okuş, E., Uysal, A. ve Doğan, E. (2001). Cyanide determination in the Black Sea and İstanbul Strait seawater, fish and mussel. *Turkish Journal of Marine Sciences*, 7(1), 19-30.
- Han, M. C., Sağlıyan, A. ve Polat, E. (2016). Akvaryum balıklarında karanfil yağının anestezi etkisinin araştırılması. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 5(1), 12-17.
- Harikrishnan, R., Rani, M. N. ve Balasundaram, C. (2003). Hematological and biochemical parameters in common carp, *Cyprinus carpio*, following herbal treatment for *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquaculture*, 221(1-4), 41-50. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00023-1)
- Kavasoğlu, M., Sarioğlu, Y., Uysal, K., Dönmez, M., Altıkat, S., Yetek, İ. ve Kuru, H. İ. (2015). Effect of Sodium Cyanide on Antioxidant Enzyme Activities and Lipid Peroxidation in Some Tissues of Mirror Carp (*Cyprinus carpio*). *Pakistan Journal of Zoology*, 47(6), 1777-1782.
- Kavasoğlu, M. (2017). Kütahya İli su kaynaklarındaki siyanür miktarlarının belirlenmesi ve siyanürün sazan balığı (*Cyprinus carpio*) türünün bazı biyokimyasal, hematolojik ve histopatolojik parametreleri üzerine etkilerinin araştırılması (Doktora tezi). Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Kuyucak, N. ve Akcil, A. (2013). Cyanide and removal options from effluents in gold mining and metallurgical processes. *Minerals Engineering*, 50-51, 13-29. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2013.05.027>
- Lloyd, R. (1992). Pollution and freshwater fish. U.K.: Fishing News Books Ltd.
- Otay, T., Küçükgül, A., Pala, A. ve Şeker, E. (2014). Sazan balıklarının anesteziinde karanfilin kullanımı. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 2(1), 43-50.
- Özdemir, M. ve Sırıken, B. (2006). Afyonkarahisar bölgesi kuyu sularında siyanür düzeylerinin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 53(1), 37-40. https://doi.org/10.1501/Vetfak_00000000055
- Val, A. L., Gomes, K. R. M. ve De Almeida-Val, V. M. F. (2015). Rapid regulation of blood parameters under acute hypoxia in the Amazonian fish *Prochilodus nigricans*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 184, 125-131. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2015.02.020>
- Velmurugan, B., Cengiz, E. İ., Senthilkumaar, P., Uysal, E. ve Satar, A. (2016). Hematological Parameters of Freshwater Fish *Anabas testudineus* After Sublethal Exposure to Cypermethrin. *Environmental Pollution and Protection*, 1(1), 32-39. <https://doi.org/10.22606/epp.2016.11004>
- Wild, S. R., Rudd, T. ve Neller, A. (1994). Fate and effects of cyanide during wastewater treatment processes. *Science of The Total Environment*, 156(2), 93-107. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90346-8](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90346-8)
- Yonar, M. E., Sakin, F. ve Sağlam, N. (2011). Likopenin Pullu Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'da bazı hematolojik ve immünolojik parametrelere etkisi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(2), 95-98.