

## Kahverengi Alabalık (*Salmo trutta fario*) Hematoloji Parametreleri Üzerine Anyonik Yüzey Aktif Maddelerin Etkileri

### *Effects of Anionic Surfactant Ingredients on Hematological Index of the Brown Trout (Salmo trutta fario)*

Gonca Alak<sup>1</sup> , Arzu Uçar<sup>1</sup> , Veysel Parlak<sup>1</sup> , Muhammed Atamanalp<sup>1</sup> , Ahmet Topal<sup>2</sup> , Esat Mahmut Kocaman<sup>1</sup> , Telat Yanık<sup>1</sup> , Saltuk Buğrahan Ceyhun<sup>1</sup> 

Cite this article as: Alak, G., Uçar, A., Parlak, V., Atamanalp, M., Topal, A., Kocaman, E.M., Yanık, T., Ceyhun, S.B. (2018). Kahverengi Alabalık (*Salmo trutta fario*) Hematoloji Parametreleri Üzerine Anyonik Yüzey Aktif Maddelerin Etkileri. *Aquatic Sciences and Engineering*, 33(3): 102-105.

#### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, sucul canlılar için sodyum dodesil sülfatın (SDS) toksisitesini belirlemektir. Kahverengi alabalıklarda (*Salmo trutta fario*) SDS'nin etkileri hematolojik indekslerle araştırılmıştır. Bu amaçla balıklar 21 gün süreyle kontrol (0 mg/l), düşük doz (1,5 mg/l) ve yüksek doz (2,25 mg/l) SDS'ye maruz bırakılmıştır. Uygulama süresi sonunda kontrol ve deneme gruplarında hematolojik indeksler [eritrosit sayısı (RBC), lökosit sayısı (WBC), hemoglobin değeri (Hb), hematokrit oranı (Hct), trombosit sayısı (PLT), eritrosit çökme oranı (ESR), eritrosit başına düşen hemoglobin sayısı (MCHC), eritrosit miktarı hemoglobin (MCH) ve ortalama eritrosit hacmi (MCV)] araştırılmıştır. Araştırma sonuçları, yüksek dozda SDS konsantrasyonuna maruz bırakılan grubun RBC, WBC, PLT, Hb, ESR, MCV, MCH ve MCHC indeks değerlerinin düşük doz ve kontrol gruplarına göre önemli derecede arttığını ( $p<0,05$ ) göstermiştir. Düşük konsantrasyona maruz bırakılan grupta ise, Hct değeri diğer uygulama gruplarına göre daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

**Anahtar Kelimeler:** Hematoloji, balık, deterjan, kirlilik

#### ABSTRACT

The aim of this study was to determine the toxicity of sodium dodecyl sulfate (SDS) to aquatic organisms. The effects of SDS were investigated using the hematological index of the brown trout (*Salmo trutta fario*). Fish were exposed to control (0 mg/l), low dose (1.5 mg/l) and high dose (2.25 mg/l) of SDS over a 21-day period. At the end of the treatment period, the control and the treatment groups were investigated for the hematological index [total erythrocyte count (RBC), total leukocyte count (WBC), hemoglobin (Hb), hematocrit (Hct), total platelet count (PLT), erythrocyte sedimentation rate (ESR), mean cell hemoglobin concentration (MCHC), mean cell hemoglobin (MCH), and mean cell volume (MCV)]. The results showed a significant increase in RBC, WBC, PLT, Hb, ESR, MCV, MCH, and MCHC values of the group exposed to high SDS concentrations compared to those in the low-dose treatment and control ( $p<0.05$ ) groups. At low SDS concentrations, the Hct value was significantly higher than that in the other treatment groups ( $p<0.05$ ).

**Keywords:** Hematology, fish, detergent, pollution

#### GİRİŞ

Deterjanlar; yüzey aktif bileşikler sınıfına giren ve temizlik amacı ile kullanılan kimyasal maddelerdir. Kullanımları giderek artan bu bileşikler anyonik, katyonik ve noniyonik olarak gruplandırılarak sadece evlerde değil aynı zamanda tekstil, kozmetik, medikal, metal, boya, deri, kâğıt ve lastik sanayilerinde kullanılmaktadır. Deterjan artıkları hemen hemen tüm dünyada yaygın bir

biçimde çevre kirliliği sorunlarına dahil edilmelerinden dolayı büyük ilgi toplamaktadır (Yeğin ve Uçar, 2017; Esenbuğa ve ark., 2017). Özellikle günümüzde, evsel ve endüstriyel atıklardan sucul ortama gelen deterjanlar oldukça önemli olup boşaltıldıkları alıcı ortamlarda bir takım olumsuzluklara (biyolojik ayrışma sonucu oksijen tüketimi, köpük oluşturma, sudaki canlılar üzerine olumsuz etkileri, içme sularına etkileri ve ötrofikasyon) sebep olmaktadır (Mineraci ve

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Erzurum, Türkiye

Submitted:  
31.10.2017

Accepted:  
20.04.2018

Correspondence:  
Gonca Alak  
E-mail:  
galak@atauni.edu.tr

©Copyright 2018 by Aquatic Sciences and Engineering  
Available online at  
dergipark.gov.tr/tjas

ark., 2009). Balık, akuatik ortamda neredeyse her yerde bulunur ve ekosistemde önemli bir rol oynamaktadır (Gaber and El-Kasheif, 2013). Bu nedenle, balıktaki hematolojik ve biyokimyasal parametrelerin analizi hayvan sağlığı ve ekolojik koşulların değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Pimpão et al., 2007). Hematolojik parametrelerin (eritrosit sayısı (RBC), lökosit sayısı (WBC), hemoglobin değeri (Hb), hematokrit oranı (Hct), trombosit sayısı (PLT), eritrosit çökme oranı (ESR), ortalama eritrosit hacmi (MCV), eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin (MCH) ve eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonunun (MCHC)) incelenmesiyle her türlü sosyal, fizyolojik ve çevresel faktörün (sosyal hiyerarşi, hastalık, beslenme yetersizliği, toksik madde, su kalitesindeki değişimler, sıcaklık, fotoperyot, yoğunluk, tuzluluk, pH, oksijen, ağır metaller, pestisitler, deterjanlar gibi) balık sağlığı ve fiziksel durumuna olan etkisi belirlenebilmektedir (Yeğin ve Uçar, 2017; Parlak, 2016). Hayvanlarda kan parametrelerinin değerlendirilmesi önemli bir marker ve yaygın bir yöntemdir. Bu teknik ile hayvanın fizyolojik durumu ve bulunduğu ortam şartlarının belirlenmesinde güvenilir kararlar verebilmek mümkün olmaktadır (Yeğin ve Uçar, 2017).

Bu çalışma, kullanımı giderek artan deterjanların akuatik canlılardan olan balıklar üzerinde oluşturduğu etkilerin belirlenmesi, kahverengi alabalık (*Salmo trutta fario*) kan parametrelerinin kullanılarak toksisitesinin değerlendirilmesi amacıyla planlanmış ve yürütülmüştür.

## MATERYAL VE METOT

Denemede Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İç Su Balıkları Uygulama ve Araştırma Merkezinden temin edilen 30 adet, iki yaşlı, 165±25 g ortalama ağırlığa sahip kahverengi alabalıklar (*Salmo trutta fario*) kullanılmıştır. Balıklar 1 m çap ve 1 m derinliğe sahip, su tahliyesi eşik boru sistemiyle yapılan fiberglass tanklarda tutularak, sodyum dodesil sülfatın (SDS) kontrol (0 mg/L), düşük doz (1,5 mg/L) ve yüksek dozlarına (2,25 mg/L) 21 gün süreyle maruz bırakılmışlardır. Sodyum dodesil sülfat ticari bir firmadan (Sigma) temin edilmiştir. Araştırma süresince yapılan analizler Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İç Su Balıkları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Akvaryum Balıkları Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Toksikoloji Deneme Ünitesi ve Su Ürünleri Fakültesi Laboratuvarlarında

yapılmıştır. Araştırma başlangıcında Atatürk Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kuruludan (HADYEK) çalışmasının yürütülmesinin etik kurallarına uygun olduğuna dair Etik Kurul Onayı alınmıştır.

Balıkların kaudal venalarından girilmek suretiyle alınan kan örnekleri kullanılarak yapılan hemoglobin tayininde Cyanmethemoglobin yöntemi, hematokrit tayininde mikrohematokrit metodu, eritrosit, lökosit ve trombosit seviyelerinin tespitinde ise Dacie's solüsyonu ile boyama yapılarak thoma lamı üzerinden mikroskopla belirlenen alanlarda sayımlar yapılmıştır. Bu sayım yöntemi ile elde edilen veriler aşağıda verilen formüllerde kullanılarak diğer indeks (ortalama eritrosit hacmi (MCV), eritrosit miktarı hemoglobin (MCH) ve eritrosit başına düşen hemoglobin sayısı (MCHC)) değerleri hesaplanmıştır (Blaxhall and Daisley, 1973; Atamanalp, 2000; Uçar, 2010; Alak ve ark., 2012).

$$MCV(fl) = Hct (\%) * 10/RBC (\text{million}/\text{mm}^3)$$

$$MCH(pg) = Hgb (\text{gm}/\text{dL}) * 10/RBC (\text{million}/\text{mm}^3)$$

$$MCHC (\%) = Hgb (\text{gm}/\text{dL}) * 100/Hct (\%)$$

Araştırmadan elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalara alfa 0,05 seviyesinde Duncan testi uygulanmıştır (Alak ve ark., 2012; Javed et al., 2016).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Hematoloji indeksleri açısından gruplar arası fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Çalışılan parametreler açısından artış ve azalışlar kaydedilmekle birlikte deterjan uygulanan gruplarda hemoglobin değeri (Hb), eritrosit çökme oranı (ESR) ve eritrosit miktarı hemoglobin (MCH) arasında istatistiki olarak fark gözlemlenmemiştir (Tablo 1). Yüksek konsantrasyon uygulamasına maruz kalan grubun eritrosit sayısı (RBC), lökosit sayısı (WBC), trombosit sayısı (PLT), hemoglobin değeri (Hb), eritrosit çökme oranı (ESR), eritrosit başına düşen hemoglobin sayısı (MCHC), eritrosit miktarı hemoglobin (MCH) ve ortalama eritrosit hacmi (MCV) indeksleri düşük doz uygulaması ve kontrole kıyasla olduk-

**Tablo 1.** Farklı dozlardaki SDS'nin *Salmo trutta fario* hematolojik indekslerine etkisi

**Table 1.** Effect of different concentration of SDS on hematological index of *Salmo trutta fario*

| Parametre/Grup             | Kontrol                   | 1,5 mg/Lt SDS             | 2,25 mg/Lt SDS             |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| RBC ( $10^6/\text{mm}^3$ ) | 0,81±0,18 <sup>b</sup>    | 0,81±0,20 <sup>b</sup>    | 0,90±0,33 <sup>a</sup>     |
| WBC ( $10^4/\text{mm}^3$ ) | 2,60±0,16 <sup>b</sup>    | 0,95±0,71 <sup>c</sup>    | 4,52±3,33 <sup>a</sup>     |
| PLT ( $10^4/\text{mm}^3$ ) | 1,65±0,42 <sup>b</sup>    | 0,70±0,25 <sup>c</sup>    | 4,16±6,47 <sup>a</sup>     |
| Hb (g/dl)                  | 6,35±0,12 <sup>b</sup>    | 11,65±4,11 <sup>a</sup>   | 12,00±4,78 <sup>a</sup>    |
| ESR (mm/h)                 | 2,46±0,34 <sup>a</sup>    | 0,63±0,74 <sup>b</sup>    | 0,66±0,52 <sup>b</sup>     |
| Hct (%)                    | 25,25±1,5 <sup>b</sup>    | 33,43±24,71 <sup>a</sup>  | 24,50±18,39 <sup>b</sup>   |
| MCV ( $\mu\text{m}^3$ )    | 321,29±69,84 <sup>c</sup> | 591,07±50,40 <sup>a</sup> | 414,26±144,63 <sup>b</sup> |
| MCH (pg)                   | 99,78±14,63 <sup>b</sup>  | 148,30±64,71 <sup>a</sup> | 146,30±64,24 <sup>a</sup>  |
| MCHC (g/100ml)             | 31,30±0,06 <sup>b</sup>   | 24,73±8,84 <sup>c</sup>   | 39,69±28,99 <sup>a</sup>   |

Aynı satırda aynı harfle (a, b) gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ( $p < 0,05$ )  
Lowercase superscripts (a, b) indicate significant differences among same line within each experimental treatment group

ça yüksek belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Düşük konsantrasyonlarında ise hematokrit oranı (Hct) diğer uygulama gruplarına oranla yüksek belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

Sucul organizmaların strese tepki olarak verdiği primer yanıt fizyolojik etkisiyle, zincirleme bir şekilde sekonder yanıtlar oluşur. Sekonder yanıtlar ise histolojik, histopatolojik, biyokimyasal ve hematolojik parametrelerde meydana gelen değişikliklerle belirlenebilmektedir. Balıklarda stres sonrasında homeostaziyi sağlamak amacıyla, hematolojik, hormonal ve enerji metabolizmasını düzenleyen bazı fizyolojik değişiklikler açığa çıkmaktadır (Kayhan, 2009). Balıklarda strese bağlı fizyolojik değişikliklerin belirlenmesinde hematolojik parametreler, bir stres faktöründen kaynaklanan fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerin ölçülmesinde gösterge olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Stoskopf, 1993; Cataldi et al., 1998; Adeyemo et al., 2003).

Yüksek eritrosit sayısı (RBC) ve hemoglobin değeri (Hb), hipoksi veya anoksi için ortak yanıtlardır. Yapılan bu çalışmada, deterjan uygulaması sonrası hemoglobin değerleri kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuş ve bu artışın kırmızı kan hücrelerindeki artışla ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumda balık kanın oksijen taşıma kapasitesini arttırmak için RBC ve Hb'yi arttırarak bu stresi elemine etmeye çalışmıştır (Hedayati and Tarkhani, 2014). Eritrosit sayısı kan oksijen taşıma kapasitesini ve eritropoietik dokuların fonksiyonlarını belirlemek için önemli bir parametredir (Witeska, 2005). Eritrosit sayısındaki ani artışlarda, stres ve kan dolaşımına yeni eritrosit salınmasına bağlı olarak katekolamin kaynaklı dalak kontraksiyonlarının etkili olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde eritrosit sayısındaki artış ya mukusla kaplanan solungaçtan kaynaklanan hipoksik koşulların bir sonucu olarak ya da eritrosit oluşumu üzerine deterjanların uyarıcı etkisi ile solungaç yapısında deformasyonlar ve dokuların oksijen ihtiyacının artmasına neden olabilmektedir. Hematopoietik dokularda kirlenici konsantrasyonu ve maruz kalma süresinin, balıkların eritrosit hücrelerinde değişikliğe neden olduğu bilinmektedir (Yeğin ve Uçar, 2017). Eritrosit sayısına bağlı olan ESR değerinin artış veya azalışı balıkta fizyolojik işlev bozukluğunu göstermektedir (Jagtap and Mali, 2012).

Doğan ve Can (2011), hematolojik parametrelerin farklı çevresel faktörlere ve kimyasallara karşı farklı duyarlılık seviyeleri gösterdiğini ve balıkların kirlenici kaynaklı stres ve hematolojik parametrelere oldukça duyarlı olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre lökosit değerleri için, deterjan uygulamasının farklı konsantrasyonlarından kaynaklanan değişiklikler bulunmaktadır. Lökosit hücrelerinin sayısı (WBC) fizyolojik ve çevresel faktörlerden etkilenmekte ve kirleniciye maruz kalan balıklarda görülen WBC ve diferansiyel lökosit sayısındaki değişim, kirlenicilerin immüno-modülasyonunu göstermektedir. Sucul organizmalarda ksenobiyotiklerin immünsupresyon etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Heyedati and Tarkani, 2014). Balıklarda WBC'lerin immünolojik fonksiyon ve sayıları strese karşı koruyucu bir yanıt olarak artar. Benzer olarak solungaç hasarlarında da WBC düzeylerinin arttığı bilinmektedir (Saravanan et al., 2011). Araştırma bulgularımızda yüksek düzeydeki WBC değerleri hematopoietik uyarımı tetiklemiştir (Ullah et al., 2018).

Çalışmada, ortalama eritrosit hacmi (MCV)'inde gözlemlenen artışın, eritrositlerin şişmesine bağlı olarak makrositer bir sonuç oldu-

ğu ve anemiyi işaret ettiği gözlemlenmiştir. MCV'de ki artış, aynı zamanda hipoksik bir artış sonucu RBC'lerin şişmesinden veya strese maruz kalan balıklarda bozulmuş su dengesi (ozmotik stres) veya makrositer anemide kaynaklanmaktadır; bu durumda kandaki oksijene olan afiniteyi artırmaktadır (Harikrishnan et al., 2009). Bu çalışmada, eritrosit başına düşen hemoglobin sayısı (MCHC), çalışma süresi boyunca deterjan uygulanan balıklarda önemli ölçüde artmıştır, MCHC seviyesindeki bu değişimde Hb'deki artışın etkili olduğu düşünülmektedir (Saravanan et al., 2011). Bu çalışmada, deterjan uygulanmasının kırmızı hücrelerin büzülmesine neden olduğu (artmış MCHC) ve eritrosit miktarı hemoglobin(MCH) değerinin anlamlı bir şekilde arttığını göstermiştir ve yüksek MCHC ve MCH değerlerinin daha az hemoglobin içeriği olan büyük boyutlu RBC varlığını gösterdiği bildirilmiştir (Alwan et al., 2009; Kumar ve Banerjee, 2016). Çalışmamızda, deterjana maruz kalan balıkların MCV ve MCH seviyelerindeki artışta anemik bir durumun etkili olduğunu düşünmekteyiz. Benzer şekilde, gökkuşağı alabalığında yapılan bazı çalışmalarda yüksek MCV seviyesinin aneminin makrositer tipine bağlı olarak geliştiği kaydedilmiştir (Jayaprakash ve Shettu, 2013; Kumar ve Banerjee, 2016). Çalışma sonuçlarımıza paralel sonuçlar farklı kirlenicilerin farklı balık türlerinin hematolojik indeksi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda benzerlik göstermektedir (Sinha ve ark.2000; Devi ve Banerjee 2007; Ramesh and Saravanan, 2008; Alwan et al., 2009; Jahanbakhshi et al., 2015; Murussi et al., 2015; Southamani et al., 2015).

Balıklarda stres reaksiyonu, osmotik dengesizliğe ve iyonik değişiklik düzenleyici sistemlerde etkili olup kan pH'sında düşüş, eritrosit hacminde artış ve bunun sonucunda da hematokrit yüzdesinde artışa neden olur (Saravanan et al., 2011). Elde edilen hematokrit bulguları bu durumu destekler nitelikte ve kontrole oranla yüksektir. Kumar et al., (1999) kimyasalların, enerji metabolizması ve hematolojik özelliklerde özel etkilerinin olduğunu ve balığın genel fizyolojik profilini etkilediğini ifade etmişlerdir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, trombosit sayısı yüksek doz deterjan uygulanan gruplarda artmıştır. Stres koşulları altında balıkların kan pıhtılaşma sistemi daha aktif hale gelir ve bu nedenle trombosit sayısı önemli ölçüde artabilir (Casillas and Smith, 1977). Trombositlerin en tanınmış fizyolojik rolü hemostaz sürecinde kan pıhtılaşmasını başlatmaktır (Engelmann, 2012). Balıklarda trombosit hücreleri koruma duvarları oluşturur, fagositik özelliklere sahip olur ve savunma mekanizmasına katılır. Bu hücreler, doğuştan edinilmiş immünite ile bağışıklık fonksiyonlarını da içeren intraselüler ve hücre dışı molekülleri ifade etme bağlantısını temsil eder (Yeğin ve Uçar, 2017). Stres koşullarında, kan koagülasyon sistemi daha aktif hale gelir ve bu nedenle trombosit sayısında artışa neden olabilir. Balık üzerinde trombositopeninin olumsuz bir etkisi olabilir, çünkü bu hücreler yalnızca kan koagülasyonundan sorumlu olmayıp aynı zamanda yüzeysel yaralar ve kan akışının da kontrolünde rol oynamaktadır (Campbell, 2007).

## SONUÇ

Bu çalışmada, uygulanan deterjan konsantrasyonları kahverengi alabalıklarda hematolojik değişimlere neden olmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, sodium dodecyl sulfate varlığının sudaki çok düşük konsantrasyonlarının bile, suda yaşayan organizmalar üzerinde zararlı olumsuz etkilere neden olduğu sonucuna varılmıştır. Söz konusu kirleniciler için hematolojik indekslerin farklı zaman aralıkları ve farklı sucul canlılarla araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adeyemo, O., Agbede, S.A., Olaniyan, A.O., Shoaga, O.A. (2003). The hematological response of *Clarias gariepinus* to changes in acclimation temperature. *African Journal of Biomedical Research*, 6, 105-108.
- Alak, G., Atamanalp, M., Ucar, A., Arslan, H., Şensurat, T., Parlak, V. & Kocaman, E. M. (2012). Kahverengi alabalıklarda (*Salmo trutta fario*) kadmiyum toksisitesine karşı humik asit etkisinin hematolojik parametrelerle araştırılması. *Ege Journal of Fish Aquatic Sciences*, 29, 181-185. [CrossRef]
- Alwan, S.F., Hadi, A.A., Shokr, A.E., 2009. Alterations in hematological parameters of fresh water fish, *Tilapia zillii*, exposed to aluminum. *Journal of Science and Its Applications*, 3(1): 12-19.
- Atamanalp, M. (2000). The effects of sublethal doses of Cypermethrin on haematological and biochemical parameters of rainbow trout (*O. mykiss*). A. Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 95-101.
- Blaxhall, P.C., Daisley K.W. (1973). Routine haematological methods for use fish with blood. *Journal of Fish Biology*, 5, 771-781. [CrossRef]
- Campbell, T., Ellis, C. (2007). Avian and exotic animal hematology and cytology. WileyBlackwell, New York.
- Casillas, E., Smith, L.S. (1977). Effect of stress on blood coagulation and haematology in rainbow trout (*S. gairdneri*). *Journal of Fish Biology*, 10, 481-494. [CrossRef]
- Cataldi, E., Marco, P., Mandich, A., Cataudella, S. (1998). Serum parameters of Adriatic Sturgeon *Acipenser naccarii* (Pisces: Acipenseriformes): effects of temperature and stress. *Comparative Biochemistry Physiology*, 121, 351-354. [CrossRef]
- Devi, R., Banerjee, T.K. (2007). Estimation of the sublethal toxicity of lead nitrate in the air-breathing fish *Channa striata* employing certain haematological parameters. *Biochemical and Cellular Archives*, 7, 185-191.
- Dogan, D., Can, C. (2011). Hematological, biochemical, and behavioral responses of *Oncorhynchus mykiss* to dimethoate. *Fish Physiology and Biochemistry*, 37, 951-958. [CrossRef]
- Engelmann, B., Massberg, S. (2012). Thrombosis as an intravascular effector of innate immunity. *Nature Reviews Immunology* 13, 34-45. [CrossRef]
- Esenbuğa, H., Alak, G., Atamanalp, M. (2017). The determination of the swimming performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under the effect of detergent. International Conference On Advances In Natural And Applied Sciences, doi: 10.1063/1.4981713 [CrossRef]
- Gaber, H.S., El-Kasheif, M.A. (2013). Effect of water pollution in el-rahawy drainage canal on hematology and organs of freshwater fish *Clarias gariepinus*. *World Applied Sciences Journal*, 21(3), 329-341.
- Harikrishnan, R., Balasundaram, C., Kim, M., Kim, J., Heo, M. (2009). Effective administration route of azadirachtin and its impact on haematological and biochemical parameters in goldfish (*Carassius auratus*) infected with *Aeromonas hydrophila*. *Bulletin- Veterinary Institute in Pulawy*, 53(4), 613-619.
- Hedayati, A., Tarkhani, R. (2014). Hematological and gill histopathological changes in iridescent shark, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) exposed to sublethal diazinon and deltamethrin concentrations. *Fish Physiology Biochemistry* 40, 715-720. [CrossRef]
- Jagtap, A.R., Mali, R.P. (2012). Alterations in the erythrocyte sedimentation rate of fresh water fish, *Channa punctatus* on exposure to temperature stress from godavari river, nanded. *International Journal of Biomedical and Advance Research*, 3(12), 870-873.
- Jahanbakhshi, A. & Hedayati, A.P. (2015). Determination of acute toxicity and the effects of sub-acute concentrations of CuO nanoparticles on blood parameters in *Rutilus rutilus*. *Nanomedicine Journal*, 2, 195-202.
- Javed, M., Ahmad, I., Ahmad, A., Usmani, N., Ahmad, M. (2016). Studies on the alterations in haematological indices, micronuclei induction and pathological marker enzyme activities in *Channa punctatus* (spotted snakehead) perciformes, channidae exposed to thermal power plant effluent. *SpringerPlus*, 5, 761-770 [CrossRef]
- Jayaprakash C., Shettu, N. (2013). Changes in the hematology of the freshwater fish, *Channa punctatus* (Bloch) exposed to the toxicity of deltamethrin. *Journal of Chemical & Pharmaceutical Research*, 5(6), 178-183.
- Kayhan, F.E., Muşlu M.N., Koç, N.D. (2009). Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıtlar. *Journal of Fisheries Sciences*, 3(2), 153-162.
- Kumar, R., Banerjee, T.K. (2016). Arsenic induced hematological and biochemical responses in nutritionally important catfish *Clarias batrachus* (L.). *Toxicology Reports*, 3, 148-152. [CrossRef]
- Kumar, S., Lata, S., Gopal, K. (1999). Deltamethrin induced physiological changes in freshwater cat fish, *Heteropneustes fossilis*. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology*, 62, 254-258. [CrossRef]
- Minareci, O., Minareci, E. & Öztürk, M. (2009). Karaçay'da (Manisa) deterjan, fosfat ve bor kirliliğinin araştırılması. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 26(3), 171-177.
- Murussi, C.R., Menezes, C.C., Nunes, M.E.M., Araujo, M.C.S., Quadros, V.A. Rosemberg, D.B., Loro, V.L. (2015). Azadirachtin, a neem-derived biopesticide, impairs behavioral and hematological parameters in carp (*Cyprinus carpio*). *Environmental Toxicology*, 31(11), 1381-1388. [CrossRef]
- Parlak, V. (2016). Gökkuşluğu alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) akut ve kronik, alfa sipermetrin uygulamalarının hematoksik, hepatoksik ve nefrotoksik etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Pimpão, C.T., Zampronio, A.R., Silva de Assis, H.C. (2007). Effects of deltamethrin on hematological parameters and enzymatic activity in *Ancistrus multispinis* (Pisces, Teleostei). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 88, 122-127. [CrossRef]
- Ramesh, M., Saravanan, M. (2008). Haematological and biochemical responses in a freshwater fish *Cyprinus carpio* exposed to chlorpyrifos. *International Journal of Integrative Biology*, 3(1), 80-83.
- Saravanan, M., Kumar, K., Ramesh, M. (2011). Haematological and biochemical responses of freshwater teleost fish *Cyprinus carpio* (Actinopterygii: Cypriniformes) during acute and chronic sublethal exposure to lindane. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 100, 206-211. [CrossRef]
- Sinha, A.K., Sinha, M.J., Adhikari, S. (2000). Effect of the copper toxicity on haematological profile of Indian major carp, *Labeo rohita*, Hand Book Ind. *Environmental Pollution*, 166-172.
- Southamani, C., Shanthi, G., Deivasigamani, M. (2015). Hematological response in three Indian major carps in relation to supplementary feeding. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 3(2), 287-294.
- Stoskopf, M. (1993). Anaesthesia. In: L. Brown (Eds.), *Aquaculture for Veterinarians* (pp.161-167) Pergamon Press.
- Uçar, A. (2010). Doğal (karanfil yağı) ve Sentetik (2-fenoksietanol) Anestezik Maddelerinin Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) ve Kahverengi Alabalığın (*Salmo trutta fario* Linnaeus, 1758) Kan Biyokimyası ve Hematolojik Parametreleri ile Bazı Enzim (G6PD, 6-PGD, GR, Katalaz) Aktiviteleri Üzerine Etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Erzurum.
- Ullah, A., Zuberi, A., Ahmad, M., Shah, A.B., Younus, N., Ullah, S. & Khatkhat, M.N.K. (2018). Dietary administration of the commercially available probiotics enhanced the survival, growth, and innate immune responses in *Mori (Cirrhinus mrigala)* in a natural earthen polyculture system. *Fish and Shellfish Immunology*, 72, 266-272. [CrossRef]
- Witeska, M. (2005). Stress in fish hematological and immunological effects of heavy metals. *Electronic Journal of Ichthyology*, 1, 35-41.
- Yeğin, Y., Uçar, A. (2017). The effects of different doses of copper sulphate pentahydrate ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) on critical swimming speed and haematology parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Yunus Araştırma Bülteni*, doi: 10.17693/yunusae.v17i30729.304263 [CrossRef]