

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**VAN BALIĞI (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) HEMATOLOJİSİNDEKİ
DEĞİŞİMLERİN ÜREME GÖÇÜ SIRASINDA İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Ayşe YEŞİLBAŞ
Danışman: Prof. Dr. Ahmet Regaib OĞUZ

VAN – 2024

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**VAN BALIĞI (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) HEMATOLOJİSİNDEKİ
DEĞİŞİMLERİN ÜREME GÖÇÜ SIRASINDA İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Ayşe YEŞİLBAŞ

Bu çalışma Van YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından
FDK-2022-10067 No' lu proje ile desteklenmiştir.

VAN – 2024

KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Ahmet Regaib OĞUZ danışmanlığında, Ayşe YEŞİLBAŞ tarafından sunulan **“Van Balığı (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) Hematolojisindeki Değişimlerin Üreme Göçü Sırasında İncelenmesi”** başlıklı bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 31/01/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Ahmet Regaib OĞUZ

İmza:

Üye: Prof. Dr. Fazıl ŞEN

İmza:

Üye: Doç. Dr. Necati ÖZOK

İmza:

Üye: Dr. Öğrt. Üyesi Neşe AYŞİT

İmza:

Üye: Dr. Öğrt. Üyesi Erkan AZİZOĞLU

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20 /02 /2024 tarih ve 2024/11-1 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İmza

Ayşe YEŞİLBAŞ



ÖZET

VAN BALIĞI (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) HEMATOLOJİSİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN ÜREME GÖÇÜ SIRASINDA İNCELENMESİ

YEŞİLBAŞ, Ayşe

Doktora Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Regaib OĞUZ

Ocak 2024, 163 Sayfa

Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü, sahip olduğu yüksek pH, tuzluluk ve alkalinite oranları (pH 9.8, tuzluluk ‰18-22, alkalinite 151.2 mEq/L) ile sodalı göller sınıfındadır. Dünyanın en büyük soda gölü ve üçüncü en büyük kapalı havza gölü olan Van Gölü'nün tuzlu-alkali özelliği canlı türlerinin yaşamlarını kısıtlar. Gölün bu zorlayıcı koşullarına adaptasyonunu sağlamış olan Van Balığı (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) omurgalı ve anadrom bir balık türüdür. Van balıkları beslenme ve gelişim aşamasını Van Gölü'nde geçirdikten sonra, hava sıcaklığının artmaya başlamasıyla nisan-temmuz aylarında göle dökülen çevre akarsulara üremek için göç ederler. Üreme döneminde Van Gölü'nden tamamen farklı bir ortama geçiş yapan balıklar her iki ortama da adaptasyonlarını gerçekleştirirler. Kan doku bu adaptasyon sürecinde homeostatik dengeyi sağlayan önemli dokulardan biridir.

Bu çalışmada Van Balığının üreme göçü döneminde hematolojik (RBC, Hb, Hct, MCV, MCH, MCHC, WBC, periferik kan analizi) ve biyokimyasal (ALT, AST, kalsiyum, kolesterol, klor, kreatin, glukoz, potasyum, magnezyum, sodyum, fosfor, total protein, trigliserid, üre, albümin, ALP) parametrelerin analizi yapıldı. Hematolojik ve biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen bulgular lokalite (Van Gölü ve Karasu Çayı) ve cinsiyete göre karşılaştırıldı.

Hematolojik parametrelerin lokalitelere göre karşılaştırılması sonucunda RBC MCH ve WBC parametrelerinde farklılık olduğu belirlendi. Hb, HCT, MCV, MCHC parametrelerinde ise farklılık gözlenmedi. Van Balığı hematolojik parametrelerinin cinsiyet gruplarına göre incelenmesinde RBC, MCH, MCHC parametrelerinde farklılığın olduğu görülürken; Hb, Hct, MCV ve WBC değerlerinde farklılık görülmedi. Van Balığının sitokimyasal boya ile boyanan periferik kan yayma preparatları ışık mikroskobu ile incelendi. Balık kanında bulunan eritrositler, lökositler ve trombositlerin hücre yapıları incelendi. Kan hücreleri morfolojik olarak incelendi ve sitolojik ölçümleri yapıldı. İncelenen preparatlarda farklı gelişim aşamasında olan hematopoetik kan hücreleri gözlemlendi.

Biyokimyasal analizler cinsiyet ve lokasyon gruplarına göre karşılaştırıldı. Elde edilen analiz sonuçlarına göre gruplar arasındaki farklılıklar belirlendi. Van Balığı serum kalsiyum ve ALP seviyelerinin incelenmesinde dişi ve erkek balıklar arasında anlamlı bir farkın olduğu görüldü. Ayrıca kalsiyum ve ALP parametreleri dışında ALT, AST, kolesterol, klor, kreatin, glukoz, potasyum, magnezyum, sodyum, fosfor, total protein, trigliserit, üre, albümin seviyelerinin karşılaştırılmasında ise anlamlı bir farklılık tespit edilmedi. Van Balığı serum AST, kalsiyum, kreatin, magnezyum, total protein, trigliserid, kolesterol, albümin ve ALP seviyeleri lokalitelere göre karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı görüldü. Ancak glukoz, ALT, potasyum, üre, klor, fosfor ve sodyum parametrelerinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olduğu belirlendi.

Sonuç olarak RBC, MCH, MCHC, WBC glukoz, ALT, potasyum, üre, klorür, fosfor ve sodyum parametrelerinin Van balıklarının üreme göçü sırasında önemli ölçüde değişen kan parametreleri olduğu belirlendi. Tam kan ve serum analizleri sonucunda ölçülen bu parametrelerin, farklı fizyokimyasal özelliklere sahip su koşullarına (pH, sıcaklık, tuzluluk) uyum stresi, göç sırasında yoğun yüzme aktivitesi, metabolik stres, üreme stresi ve cinsiyet gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği gözlemlendi.

Anahtar kelimeler: Biyokimya, Hematoloji, Hematopoez, Kan doku, Üreme göçü, Van Balığı, Van Gölü



ABSTRACT

INVESTIGATION OF CHANGES IN THE HEMATOLOGY OF VAN FISH (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) ON THE BREEDING MIGRATION

YESILBAS, Ayse

Ph.D. Thesis, Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Regaib OGUZ

January 2024, 163 pages

Lake Van which has soda character with high pH, salinity and alkalinity values (pH 9.8, salinity 18-22‰, alkalinity 151.2 mEq/L), is the largest lake in Turkey. The saline-alkaline characteristic feature of Lake Van, the world's largest soda lake and the 3rd largest closed basin lake, limits species diversity.

Van Fish (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814), can tolerate these physico-chemical properties of lake water, is an anadromous vertebrate species. After spending their feeding and development processes in the lake, Van fish migrate to streams for breeding purposes in April-July, as the water temperature increases. Fish move from the lake to aquatic areas with different water characteristics and perform their adaptations during the breeding period. Blood is one of the essential tissue that ensure homeostatic balance in this adaptation process.

Some hematological (RBC, Hb, Hct, MCV, MCH, MCHC, WBC, peripheral blood analysis) and biochemical (ALT, AST, calcium, cholesterol, chlorine, creatine, glucose, potassium, magnesium, sodium, phosphorus, total protein, triglyceride, urea, albumin, ALP) parameters were analyzed on Van fish samples during breeding migration carried out within the scope of the study. The findings obtained as a result of the relevant analyzes were compared according to locality (Van Lake and Karasu Stream) and gender.

As a result of comparing hematological parameters according to localities, it was determined that there were differences in RBC MCH and WBC parameters. No difference was observed in Hb, HCT, MCV, MCHC parameters. When evaluating hematological data according to gender groups, it was found that there were differences in RBC, MCH, MCHC parameters; It was also determined that there was no difference in Hb, Hct, MCV and WBC values.

The cell structures of erythrocytes, leukocytes and platelets in the peripheral blood smear preparations of the samples stained with cytochemical dye were examined under a light microscope. Hematopoietic blood cells at different stages of development were observed in the preparations in the morphological examination and cytological measurements of blood cells.

When comparing biochemical analyzes according to sex differences and location, significant differences were determined between groups. It was determined a significant difference between male and female fish, when examining fish samples serum calcium and ALP levels. In addition, no significant difference was detected when comparing ALT, AST, cholesterol, chlorine, creatine, glucose, potassium, magnesium, sodium, phosphorus, total protein, triglyceride, urea and albumin levels. When serum AST, calcium, creatine, magnesium, total protein, triglyceride, cholesterol, albumin and ALP levels were compared according to localities, it was observed that there was no statistically significant difference. Nevertheless, it was determined that there was a

statistically significant difference in the parameters of glucose, ALT, potassium, urea, chloride, phosphorus and sodium parameters.

As consequence, it was determined that RBC, MCH, MCHC, WBC glucose, ALT, potassium, urea, chloride, phosphorus and sodium values were blood parameters that changed significantly during the breeding migration of Van fish. As a result of whole blood and serum analyses, it was observed these parameters vary depending on factors such as adaptation stress to water conditions with different physicochemical properties (pH, temperature, salinity), excessive swimming activity during migration, sex differences, metabolic and reproductive stress.

Keywords: Biochemistry, Blood tissue, Breeding migration Hematology, Hematopoiesis, Lake Van, Van fish



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, tezin her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren saygıdeğer Hocam, sayın Prof. Dr. Ahmet Regaib OĞUZ'a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Örnekleme ve su analizlerinin gerçekleştirilmesi aşamasında tecrübe ve bilgileri ile destek olan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi öğretim üyeleri sayın Prof. Dr. Fazıl ŞEN ve Dr. Öğrt. Üyesi Ahmet SEPİL'e; çalışmamın laboratuvar aşamasında malzeme ve cihaz desteğinde bulunan Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi'nin öğretim üyeleri sayın Doç. Dr. Necati ÖZOK ve Doç. Dr. İsmail YILDIZ'a teşekkür ederim. Dönem arkadaşlarım Dr. Zehra ALKAN, Biyolog Elif ÖRGİ, Dr. Burcu ERGÖZ AZİZOĞLU, Dr. Ayşe Nur ERDEMİR'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasına mesleki tecrübe ve bilgileri ile sundukları değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. İrfan BAYRAM ve Uzm. Dr. Hadi GEYLAN'a şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmama katkı sağlayan çok kıymetli arkadaşlarım Dr. Derya KARTAL, Pınar GÜNDOĞDU ve Dilek ÖZGÜL'e teşekkür ederim. Ve her daim yanımda olan, bugünlere gelmemi sağlayan, manevi desteğini esirgemeyen babam Nesim YEŞİLBAŞ'a, her daim ilgisini ve desteğini hissettiren annem Fatma YEŞİLBAŞ ve sevgili kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırmaya FDK-2022-10067 no'lu proje ile gerekli bütçe desteğini sunan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

2024

Ayşe YEŞİLBAŞ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
2.1 Canlılarda Dolaşım Sistemi ve Kan Doku	5
2.2 Balıklarda Dolaşım Sistemi ve Kan Doku	8
2.2.1 Balıklarda Hematopoez	10
2.3 Balık Kan Dokusunda Şekli Hücreler.....	15
2.3.1 Eritrositler.....	15
2.3.1.1 Hemoglobin (Hb).....	17
2.3.1.2 Hematokrit (Hct).....	19
2.3.1.3 Sekonder Eritrosit indeksleri	19
2.3.2 Lökositler.....	20
2.3.2.1 Granülositler	21
2.3.2.1.1 Nötrofiller	21
2.3.2.1.2 Eozinofil.....	22
2.3.2.1.3 Bazofil.....	23
2.3.2.2 Agranülositler	24
2.3.2.2.1 Lenfositler	24
2.3.2.2.2 Monositler	26
2.3.3 Trombositler (PLT)	27
2.4 Stres Etkenlerine Karşı Canlı Organizmanın Fizyolojik Tepkileri.....	28
2.4.1 Balıklarda Biyotik ve Abiyotik Faktörlerin Kan Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi.....	30
3. MATERYAL ve YÖNTEM	47
3.1 Materyal	47
3.2 Yöntem.....	48
3.2.1 Morfometrik Ölçümler	48
3.2.2 Yaş Tayini	48
3.2.3 Kan Analizleri	49
3.2.3.1 Kan Alımı	49

3.2.3.2 Eritrosit ve Lökosit sayımı	50
3.2.3.3 Hemogloblin Ölçümü	51
3.2.3.4 Hematokrit Ölçümü	51
3.2.3.5 Sekonder Eritrosit İndekslerinin Analizi	52
3.2.3.6 Periferik Yayma Preparat Boyama	52
3.2.3.7 Biyokimyasal Analizler	55
3.2.4 İstatistiksel Analizler	56
4. BULGULAR.....	57
4.1 Örneklemeye Yapılan Sucul Alanlara Ait Fizikokimyasal Analizler	57
4.2 Van Balığında Ağırlık, Çatal Boy ve Cinsiyet Analizleri	58
4.3 Balıklarda Yaş Tayini	60
4.4 Hematolojik Analizler.....	60
4.4.1 Van Balığı Kan Eritrosit (RBC) Seviyeleri.....	61
4.4.2 Van Balığı Kan Lökosit (WBC) Seviyeleri.....	63
4.4.3 Van Balığı Kan Hemogloblin (Hb) Seviyeleri	64
4.4.4 Van Balığı Kan Hematokrit Seviyeleri	65
4.4.5 Van Balığı Bireylerinde MCV Ölçümü.....	67
4.4.6 Van Balığı Bireylerinde MCH Ölçümü.....	68
4.4.7 Van Balığı Bireylerinde MCHC Ölçümü.....	69
4.5. Van Balığı Periferik Kan Yaymalarının İncelenmesi	71
4.5.1 Van Balığının Hematopoezi Sonucunda Kandaki Öncül Hücrelerin İncelenmesi	84
4.6 Biyokimyasal Analizler	89
4.6.1 Van Balığı Serum ALT Seviyelerinin İncelenmesi.....	90
4.6.2 Van Balığı Serum AST Seviyelerinin İncelenmesi.....	92
4.6.3 Van Balığı Serum Kalsiyum (Ca) Seviyelerinin İncelenmesi.....	93
4.6.4 Van Balığı Serum Kolesterol Seviyelerinin İncelenmesi.....	94
4.6.5 Van Balığı Serum Klor (Cl) Seviyelerinin İncelenmesi.....	96
4.6.6 Van Balığı Serum Kreatinin Seviyelerinin İncelenmesi	97
4.6.7 Van Balığı Serum Glukoz Seviyelerinin İncelenmesi.....	99
4.6.8 Van Balığı Serum Potasyum (K) Seviyelerinin İncelenmesi	100
4.6.9 Van Balığı Serum Magnezyum (Mg) Seviyelerinin İncelenmesi	101
4.6.10 Van Balığı Serum Sodyum (Na) Seviyelerinin İncelenmesi.....	103
4.6.11 Van Balığı Serum Fosfor (P) Seviyelerinin İncelenmesi	104
4.6.12 Van Balığı Serum Total Protein (Tp) Seviyelerinin İncelenmesi	105
4.6.13 Van Balığı Serum Trigliserid Seviyelerinin İncelenmesi.....	107
4.6.14 Van Balığı Serum Üre Seviyelerinin İncelenmesi	108
4.6.15 Van Balığı Serum Albümin Seviyelerinin İncelenmesi	110
4.6.16 Van Balığı Serum ALP Seviyelerinin İncelenmesi.....	111

5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	113
KAYNAKLAR.....	135
ÖZ GEÇMİŞ.....	163



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 4.1 Van Gölü ve Karasu Çayı sucul alanlarının fizikokimyasal analiz sonuçları	57
Çizelge 4.2 Van Balığı bireyleri total ağırlığının cinsiyet ve lokalite açısından karşılaştırılması (*: $p<0.05$)	58
Çizelge 4.3 Van Balığı bireylerinin çatal boylarının lokalite (Van Gölü ve Karasu Çayı) ve cinsiyete göre karşılaştırılması.....	59
Çizelge 4.4 Van Balığı hematolojik parametrelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması (*: $p<0.05$)	61
Çizelge 4.5 Van Balığı hematolojik parametrelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması (*: $p<0.05$).....	61
Çizelge 4.6 Van Balığı periferik kan yaymasında ölçülen kan hücre boyutları	71
Çizelge 4.7 Van Balığı serum biyokimya parametrelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması (*: $p<0.05$).....	89
Çizelge 4.8 Van Balığı serum biyokimya parametrelerinin lokalitelere göre karşılaştırılması *: $p<0.05$)	90

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Van Gölü havzası	1
Şekil 2.1 Balıklarda kan dolaşımı (Anonim)	9
Şekil 2.2 Sazan (<i>Cyprinus carpio</i>)’da hematopoez aşamaları (Kondera, 2011, değiştirilerek alınmıştır).....	12
Şekil 2.3 Hemoglobin molekülü (Anonim)	18
Şekil 3.1 Van Balığı (<i>Alburnus tarichi</i>) genel görünümü	47
Şekil 3.2 Balık örneklemesinin yapıldığı sucul alanlar (A: Van Gölü, B: Karasu Çayı)	48
Şekil 3.3 Van Balığı operkulumunda yaş halkaları	49
Şekil 3.4 Kaudal ven ponksiyonu ile balıktan kan alma işlemi	49
Şekil 3.5 Neubauer hemasitometresinde kan hücresi sayımı	50
Şekil 3.6 Hematokrit santrifüjü	52
Şekil 3.7 Periferik kan yaymalarının hazırlanışı	53
Şekil 4.1 Van Balığı bireyleri total ağırlığının cinsiyet ve lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması (*:p<0.05)	58
Şekil 4.2 Van Balığında total ağırlık seviyelerinin lokalitelere göre (Van Gölü ve Karasu Çayı) karşılaştırılması	59
Şekil 4.3 Van Balığında çatal boy uzunluğunun cinsiyete göre karşılaştırılması	60
Şekil 4.4 Van Balığı eritrosit seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması (*: p<0.05)	62
Şekil 4.5 Van Balığı eritrosit seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması (*: p<0.05)	62
Şekil 4.6 Van Balığı lökosit seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması	63
Şekil 4.7 Van Balığı lökosit seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması	64
Şekil 4.8 Van Balığı hemoglobin seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması	64
Şekil 4.9 Van Balığı hemoglobin seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması	65
Şekil 4.10 Van Balığı hematokrit seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması	66
Şekil 4.11 Van Balığı hematokrit seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması	66
Şekil 4.12 Van Balığı MCV seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması	67

Şekil 4.13 Van Balığı MCV seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması.....	68
Şekil 4.14 Van Balığı MCH seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması.....	68
Şekil 4.15 Van Balığı MCH seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması.....	69
Şekil 4.16 Van Balığı MCHC seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması (*: $p<0.05$).....	70
Şekil 4.17 Van Balığı MCHC seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması (*: $p<0.05$)	70
Şekil 4.18 Van Balığı periferik kan yaymasında görülen eritrositler (A, May-Grunwald Giemsa; B, Papanicolaou)	72
Şekil 4.19 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında (A, B) görülen farklı formlarda olan genç eritrositler (ok başı)	72
Şekil 4.20 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında (A, B, C) görülen bölünme aşamasında olan eritrositler	73
Şekil 4.21 Van Balığında Periyodik Asit Schiff ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen eritrositler (ok).....	73
Şekil 4.22 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymalarında görülen farklı çekirdek ve sitoplazma büyüklüğüne sahip lenfositler. A) Dar sitoplazmalı küçük lenfosit (ok başı). B) Nükleus kromatini orta yoğunlukta olan sitoplazması belirgin ve hafif granüllü bir lenfosit (ok başı)	74
Şekil 4.23 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymalarında (A, B) görülen farklı büyüklük ve şekillerde reaktif lenfositler	74
Şekil 4.24 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik yaymalarda farklı nükleus ve sitoplazma oranına sahip lenfositler. A) Oval formda trombosit (ok başı), yuvarlak formda nükleusu boğumlu büyük lenfosit (ok). B) Ovalimsi yapıda büyük lenfosit hücresi (ok başı), yuvarlak yapıda küçük lenfosit (ok başı)	75
Şekil 4.25 Van Balığında Papanicolaou ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen lenfositler A) Yuvarlak küçük lenfosit. B) Oval orta büyüklükte bir lenfosit	75

- Şekil 4.26 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanan periferik kan yaymasında görülen kan hücreleri. A) Sitoplazması düzgün kenarlı bir lenfosit (ok başı), sitoplazma kenarları düzgün olmayan, bazofilik sitoplazmalı küçük bir lenfosit (ok). B) Sitoplazma kenarı düzgün olmayan hafif bazofilik sitoplazmalı bir lenfosit (ok başı), düzgün kenarlı hafif bazofilik bir trombosit (ok başı)..... 76
- Şekil 4.27 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanan periferik kan yaymasında görülen farklı sitoplazma yapısındaki monositler. A) Eksantrik konumlu böbrek benzeri çekirdeği olan, sitoplazması düzgün kenarlı oval formda bir monosit (ok başı). B) Sitoplazması yalancı ayak yapısı gösteren, çekirdeği böbrek benzeri, hafif eksantrik konumlu bir monosit..... 77
- Şekil 4.28 Van Balığına Papanicolaou ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen farklı formlardaki monositler. A) Yuvarlak eksantrik çekirdekli monosit (ok başı), oval merkezi konumlu çekirdeği olan monosit (ok başı). B) Yuvarlak sitoplazmalı çekirdeği girintili ve hafif segmentasyona uğramış olan bir monosit (ok başı) 77
- Şekil 4.29 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen bilobuler nötrofiller. A) Düzensiz şekilli ince fibriler bağlı-bilobüler nükleuslu nötrofil (ok başı). B) Ovalimsi yapıda ayrık fibriler 78
- Şekil 4.30 Van Balığına Papanicolaou ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen nötrofiller. A) Sitoplazma şekli belirgin olmayan, fibriler bağlı iki ayrık nükleusu olan nötrofil (ok başı). B) Yuvarlak şekilli kenarları düzensiz sitoplazmalı, birleşik iki nükleusu olan bir nötrofil (ok ucu) 79
- Şekil 4.31 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında farklı nükleus yapısına sahip nötrofiller. A) Yuvarlak şekilli, sitoplazması vakuollü, üç loblu nötrofil (ok başı). B) Oval-yuvarlak şekilli, çekirdeği at nalı şeklinde olan bir nötrofil (band form) (ok başı) 79
- Şekil 4.32 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen farklı sitoplazma ve çekirdek formuna sahip nötrofiller. A) Sitoplazması yuvarlak-üçgen formda bilobüler nötrofil (ok başı). B) Nükleusu ayrık formda olan bilobuler nötrofil (ok başı)..... 80

Şekil 4.33 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen farklı nükleus yapısı gösteren eozinofiller A) Sitoplazması oval ve düzgün kenarları olan, eksantrik konumlu, tek nükleusa sahip büyük bir eozinofil. B) Sitoplazması düzgün kenarlı, yuvarlak-oval şekilli ve parçalanmış nükleusa sahip bir eozinofil (ok başı).....	80
Şekil 4.34 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen farklı nükleus ve sitoplazma yapısı gösteren eozinofiller A) Sitoplazması düzgün kenarlı olan, iki nükleusa sahip bol pembe-mor granüllü, büyük bir eozinofil. B) Sitoplazması düzgün kenarlı, yuvarlak-oval şekilli ve tek loblu nükleusa sahip bir eozinofil (ok başı)	81
Şekil 4.35 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen, farklı sitoplazma ve nükleus yapısına sahip bazofiller. A) Bant formunda nükleusu olan olgun bazofil. B) Eksantrik ve yuvarlak nükleuslu büyük bir bazofil.....	82
Şekil 4.36 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen farklı hücre formundaki trombositler. A) Mekik şeklinde bir trombosit (ok başı). B) Sitoplazması uzamış çubuk şekilli trombositler (ok başı), yuvarlak şekilli trombosit (kısa ok)	83
Şekil 4.37 Van Balığının Papanicolaou ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen trombositler. A) Oval şekilli bir trombosit (ok başı). B) Mekik şeklinde bir trombosit (ok başı).....	83
Şekil 4.38 Van Balığı böbrek (baş böbrek) hematopoetik dokusunun Hematoksilen&Eozin ile boyanması sonucunda görülen hematopoetik hücreler. Distal tübül (ok başı), toplama kanalı (uzun ok), proksimal tübül (kısa ok). Tübüller arası boşlukta yer alan hematopoetik hücreler (*).....	84
Şekil 4.39 Van Balığı periferik kan yaymasında hematopoez aşamalarının incelenmesi	88
Şekil 4.40 Van Balığı serum ALT seviyelerinin (Van Gölü ve Karasu Çayı) lokalitelere göre incelenmesi (*: $p<0.05$)	91
Şekil 4.41 Van Balığı serum ALT seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi.....	91
Şekil 4.42 Van Balığı serum AST seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi	92

Şekil 4.43 Van Balığı serum AST seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	93
Şekil 4.44 Van Balığında serum kalsiyum seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p<0.05$)	93
Şekil 4.45 Van Balığı serum kalsiyum seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	94
Şekil 4.46 Van Balığı serum kolesterol seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	95
Şekil 4.47 Van Balığı serum kolesterol seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	95
Şekil 4.48 Van Balığı serum klor seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p<0.05$)	96
Şekil 4.49 Van Balığında serum klor seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	97
Şekil 4.50 Van Balığı serum kreatinin seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi	98
Şekil 4.51 Van Balığı serum kreatinin seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	98
Şekil 4.52 Van Balığı serum glukoz seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p<0.05$)	99
Şekil 4.53 Van Balığı serum glukoz seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	100
Şekil 4.54 Van Balığı serum potasyum seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p<0.05$)	100
Şekil 4.55 Van Balığı serum potasyum seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	101
Şekil 4.56 Van Balığı serum magnezyum seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi	102
Şekil 4.57 Van Balığı serum magnezyum seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi ...	102
Şekil 4.58 Van Balığı serum sodyum seviyelerinin lokalitelere göre (Van Gölü ve Karasu Çayı) incelenmesi (*: $p<0.05$)	103
Şekil 4.59 Van Balığı serum sodyum seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	104
Şekil 4.60 Van Balığı serum fosfor seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p<0.05$)	104
Şekil 4.61 Van Balığı serum fosfor seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	105
Şekil 4.62 Van Balığı serum total protein seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi	106
Şekil 4.63 Van Balığı serum total protein seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi ...	106
Şekil 4.64 Van Balığı serum trigliserid seviyelerinin lokalitelere göre (Van Gölü ve Karasu Çayı) incelenmesi	107

Şekil 4.65 Van Balığı serum trigliserid seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	108
Şekil 4.66 Van Balığı serum üre seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p<0.05$)	109
Şekil 4.67 Van Balığı serum üre seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi	109
Şekil 4.68 Van Balığı serum albümin seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi	110
Şekil 4.69 Van Balığı serum albümin seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi.....	111
Şekil 4.70 Van Balığı serum ALP seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi	111
Şekil 4.71 Van Balığı serum ALP seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi (*: $p<0.05$).	112

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
‰	Binde
°C	Santigrat Derece
Ca	Kalsiyum
Ca ⁺²	Kalsiyum İyonu
Cl	Klor
Cl ⁻	Klor İyonu
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
dk	Dakika
fL	Femtolitre
g	Gram
g/dl	Gram/Desilitre
g/l	Gram/Litre
g/ml	Gram/Mililitre
HCl	Hidroklorik Asit
K	Potasyum
K ⁺	Potasyum İyonu
km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
km ³	Kilometreküp
KSO ₄	Potasyum Sülfat
M	Metre
µl	Mikrolitre
µl/L	Mikrolitre/Litre

µm	Mikrometre
mEq/l	Miliekivalan/Litre
Mg	Magnezyum
Mg⁺²	Magnezyum İyonu
mg/L	Miligram/Litre
MgCO₃	Magnezyum Karbonat
mL	Mililitre
mm³	Milimetreküp
mmol/L	Milimol/Litre
mS/cm	Milisaniye/Santimetre
Na	Sodyum
Na⁺	Sodyum İyonu
Na₂SO₄	Sodyum Sülfat
NaCl	Sodyum Klorür
NaCO₃	Sodyum Karbonat
nm	Nanometre
O₂	Oksijen Molekülü
P	Fosfor
pg	Pikogram
pH	Asit-baz Dengesi
ppt	Per-part-trilion
Rpm	Dakikadaki Dönme Sayısı
sn	Saniye

Kısaltmalar

Açıklama

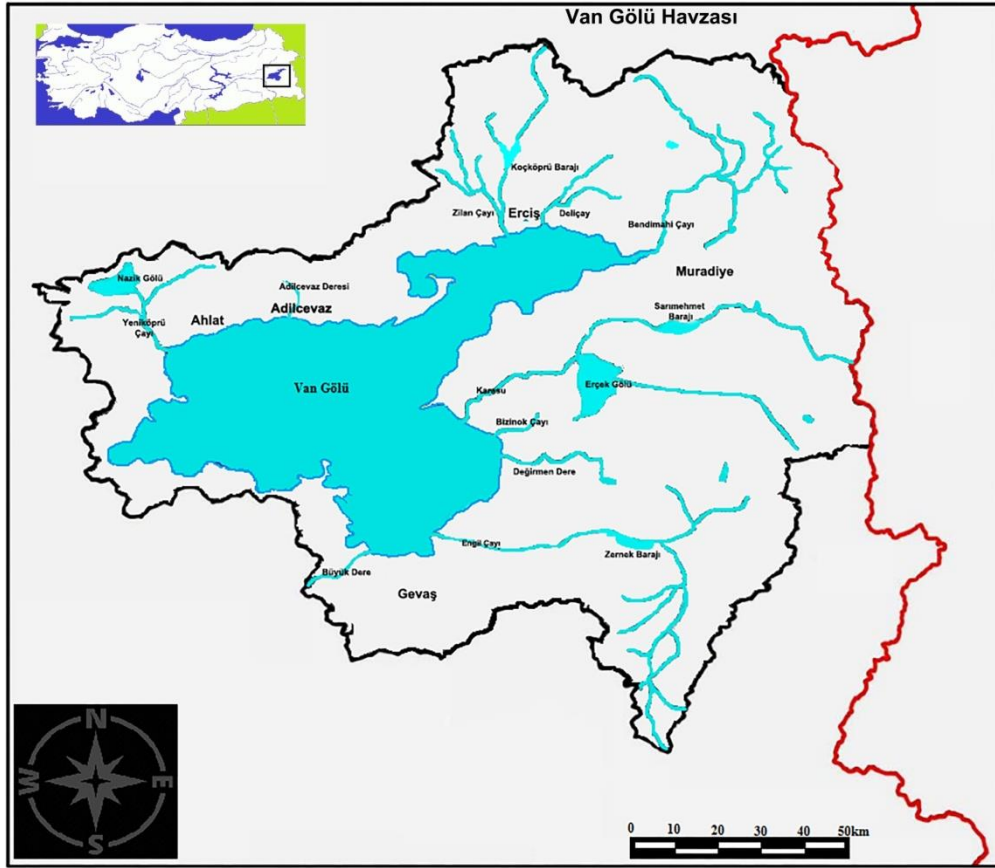
ALP	Alkalen Fosfataz
ALT	Alanin Transaminaz
AST	Aspartat Aminotransferaz
CK	Kreatin Kinaz
EDTA	Etilendiamintetraasetik asit
Hb	Hemoglobin

Hct	Hematokrit
H&E	Hematoksilen Eozin
MCH	Ortalama Eritrosit Hemoglobini
MCHC	Ortalama Eritrosit Hemoglobin Konsantrasyonu
MCV	Ortalama Eritrosit Hacmi
Na⁺ /K⁺ ATP-az	Sodyum Potasyum ATP-az Pompası
PAP	Papa Nicolaou Boyası
PCV	Paketlenmiş Hücre Volümü
PLT	Trombosit
RBC	Eritrosit
WBC	Lökosit



1. GİRİŞ

Van Gölü, Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde, 38° 38' kuzey, 42° 49' doğu enlemlerinde yer alır. Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü, 3.522 km² yüzölçümü, 576 km³ hacmi ile Hazar Denizi ve Issyk-Kul Gölü'nden sonra dünyanın üçüncü büyük kapalı havza gölüdür (Şekil 1.1). Gölün su seviyesinin ortalama olarak denizden yüksekliği 1648 m, en derin yeri ise 451 m olarak ölçülmüştür (Kempe ve Kaz'mierczak, 2007). Bitlis ile Van il sınırları arasında yer alan volkanik Nemrut dağının patlaması ile ortaya çıkan volkanik döküntülerin akarsu sistemine doğal set oluşturması sonucunda kraterde biriken sular Van Gölü'nü meydana getirmiştir (Kadioğlu vd., 1997).



Şekil 1.1 Van Gölü havzası

Van Gölü'nün kimyasal bileşimini oluşturan mineraller ve göl zemininin kayalık yapısı gölün, tatlısu ve deniz suyundan daha farklı bir sucul karakteristiğinin oluşmasına neden olmuştur. Göl suyundaki tuz bileşenlerinin oranları; %42 NaCl, %34 NaCO₃, %16

Na_2SO_4 , %3 KSO_4 ve %2.5 MgCO_3 olarak ölçülmüştür (Çiftçi vd., 2008). Van Gölü içinde bulundurduğu kayalardan dolayı tuzlu-alkali su sınıfında yer alır. Tuz oranının yüksek olması Bor ve Sodyum Karbonatın varlığı ile volkanik kayaların fazlalığındandır (Çiftçi vd., 2008).

Van Gölü, sahip olduğu yüksek tuzluluk ve alkalinite oranları (pH 9.8, tuzluluk ‰20, alkalinite 151.2 mEq/L) ile, sodalı göller sınıfında yer alır (Oğuz vd., 2020). Soda gölleri, Sodyum Karbonat bakımından zengin, özel tuz gölleridir. Bu göllerde sucul ortamın tuzluluk oranları bulundukları yere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Grant vd., 1990; Sorokin vd., 2011). Van Gölü sodalı su özelliği taşıyan dünyanın en büyük soda gölü ve üçüncü en büyük kapalı havza gölüdür (Landmann vd., 1996). Van Gölü 9.73 pH değerine sahip olmasına rağmen göl suyunun sahip olduğu tuzluluk oranı diğer soda göllerine kıyasla daha düşük bir seviyededir. Bunun nedeni göl suyunun içerdiği kalsiyum, sodyum, klor, karbonat, sülfat, potasyum ve magnezyum iyonlarından kaynaklanmaktadır (Kempe vd., 1991; Lopez-Garcia vd., 2005).

Balıkların yaşadığı sucul ortamın tuzluluk seviyesi balık türlerinin dağılımını ve çoğalmasını belirleyen önemli bir çevresel faktördür (Morgan, 1998; Kamler, 2002; Sampaio vd., 2007). Sucul canlıların aynı anda osmoregülasyon, beslenme, büyüme gibi fizyolojik davranışları ile başa çıkma zorunlulukları enerji rezervlerinin daha hızlı tükenmesine sebep olmaktadır (Morgan, 1998; Kamler, 2002; Sampaio vd., 2007). Özellikle erken yaşam evrelerinde osmoregülasyon için harcanması gereken enerji vücut gelişiminin yetersiz olmasına sebep olmaktadır (Fielder vd., 2005). Bu nedenle sucul ortamın yüksek tuzluluk seviyeleri yumurtaların kuluçka ve larva fazı sırasında büyümeyi olumsuz etkileyen ve türleri larva döneminde üreme göçüne mecbur kılan hayati bir etkidir (Sampaio vd., 2007; Shi vd., 2008; Zhang vd., 2010).

Üreme davranışı mevsimsel faktörlerin ritmine bağlı olarak düzenli aralıklarla gerçekleşen bir olaydır (Takemura vd., 2004). Teleostlarda, üreme olaylarını kontrol eden birincil çevresel tetikleyici fotoperiyottur (Sundby vd., 2016). Sıcaklık ise ikincil ve nihai etken olarak kabul edilir (Migaud vd., 2010; Wang vd., 2010). Başka bir deyişle fotoperiyot “tetikleyici” sıcaklık ise “düzenleyici” rolü olan faktörlerdir (Kjesbu vd., 2010). Bu iki faktör, balıkların üremesi için en iyi zamanlamayı sağlamaktadır (McNamara ve Houston, 2008).

Van Balığı (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814), Van Gölü'nün tuzlu-alkali özellikteki sucul ekosistemine uyum sağlamış endemik bir balıktır (Oğuz ve Kaval Oğuz, 2020). Yaşamını Van Gölü'nde geçiren üreme olgunluğundaki (+3 yaş) Van balıkları nisan-temmuz ayları arasında Van Gölü'ne akan tatlısulara üreme göçü gerçekleştirirler (Elp, 1996; Ünal vd., 1999). Üremesini tamamlayan Van balıkları ise yumurtlamadan hemen sonra, beslenmek için Van Gölü'nün tuzlu alkali sucul ortamına geri dönerler (Oğuz vd., 2020). Van balıklarının yumurtalarını tatlısulara bırakabilmesi ve neslini devam ettirebilmesi için üreme göçü zorunlu fizyolojik bir davranıştır. Van balıkları ilkbahar aylarından itibaren tatlısu kaynaklarına yumurtalarını bırakabilmek için göç etmeye başlarlar ve tatlısu alanlarına besin almadan durmaksızın yüzerler (Elp, 1996; Danulat ve Selçuk, 1992). Van Balığının Van Gölü'nden tatlısulara doğru devam eden dönemsel göç yolculuğunda bu mesafenin bazı noktalarda yaklaşık 20 km uzunluğuna ulaşabildiği tespit edilmiştir (Elp, 1996; Elp vd., 2006). Göç yolculuğu boyunca durmaksızın ve besin almadan yüzen Van balıklarında üreme stresi, açlık stresi ve değişen sucul koşullara uyum mecburiyeti balıkta fizyolojik strese sebep olmaktadır. Van Balığı bu süreçte üremesini tamamlamak ve yaşamını devam ettirebilmek için yaşamsal adaptasyon mekanizmalarını kullanarak stres etkenleri ile başa çıkmak zorundadır.

Canlı organizmaların fizyolojik ve çevresel stresle başa çıkma kabiliyetleri fizyolojik düzenleyici mekanizmaları ile mümkün olmaktadır. Kan doku vücutta iç dengeyi sağlayan ve önemli görevler yapan homeostatik dokulardan biridir. Kanın bileşenlerindeki niteliksel ve niceliksel değişiklikler, vücudun homeostazisinin ne durumda olduğunu anlamamızı sağlayan ve sağlık durumunu yansıtan önemli belirteçlerdir (Witeska, 2013; Maceda-Veiga vd., 2015).

Balıklar sucul çevreleri ile yakın temas halinde olduğundan kan bileşenlerine yansıyabilecek fiziksel ve kimyasal değişikliklere karşı çok hassas canlılardır (Wilson ve Taylor, 1993). Balıklarda su sıcaklığındaki değişiklikler, pH, O₂ konsantrasyonu, kirlilik gibi abiyotik faktörler; predatörlük, parazit istilaları, rekabet gibi biyotik etkileşimler veya avlanma stresi gibi insan faaliyetleri stres oluşturan faktörlerdir. Bu faktörlerin hepsi kanın kimyasal bileşimi ve bağışıklık mekanizmaları da dahil olmak üzere organizmada çeşitli fizyolojik değişikliklere yol açar (Fletcher 1975, Houston vd., 1996).

Ayrıca balık yaşı, balık boyutu, çeşitli stres faktörleri, beslenme, mevsimsel şartlar, yumurtlama dönemi, cinsiyet ve doğadaki genetik varyasyonlar gibi çok çeşitli

faktörler de balıklarda hematolojik ve biyokimyasal parametrelerde değişikliğe sebep olmaktadır (Vazquez ve Guerrero, 2007; Pradhan vd., 2014). Beslenme, stres, çevresel etkenler, mevsimsel sıcaklık değişimleri, patolojik nedenler, yaş, cinsiyet, tür ve ırk gibi faktörler balıklarda kan parametrelerinin fizyolojik olarak kabul edilen normal değerlerini etkiler (Gabriel vd., 2004, Fazio, 2019).

Balık kanında hematolojik ve biyokimyasal parametrelere yansiyacak değişiklikler canlının fizyolojik, biyolojik, patolojik ve biyokimyasal açıdan iç durumunu gösteren ve aynı zamanda stres etkenlerine karşı organizmanın cevabını ölçen metabolik göstergelerdir. Soğukkanlı organizmalar olan balıklar, çevresel ve beslenme gibi dış etkenlerden çabuk etkilenirler. Bu nedenle hematolojik ve biyokimyasal parametreler, aynı zamanda çevresel stres kaynaklarının etkilerinin ve sucul ekosistemin koşullarının da önemli belirteçleridir (Lusková, 1997; Gabriel vd., 2011).

Çevresel ve biyolojik stres yapıcı etkenlerin organizmada yol açtığı kompleks sonuçlar hematolojik parametrelerle ölçülebilmektedir (Örün, 2000). Bu analizler stresin organizmada yol açtığı durumların, doğru şekilde ortaya çıkarılmasını sağlar (Velisek vd., 2006). Balık organizmasında strese yol açan tüm çevresel koşullara (su ve özellikleri, iklim-mevsim değişiklikleri, hastalıklar, parazit enfeksiyonları, kimyasal veya biyolojik kontaminant maddelerin birikimi) verilen organizma yanıtları hızlı bir şekilde kan parametrelerine yansıdığından, hematolojik parametrelerin değişimi oldukça anlamlıdır (Clauss vd., 2008).

Van Balığı bölge halkı tarafından ticareti yapılan ve bu nedenle ekonomik açıdan önemi olan bir balık türüdür. Van Balığı toplam iç su balık avcılığının %30 civarında önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Şen vd., 2015). Yapılan stok analizlerinde Van Gölü'ndeki toplam Van Balığı miktarının 42.700 ton (iki yılın ortalaması), total avlanabilir balık miktarının da 8.400 ton olduğu tahmin edilmiştir (Demirel ve Yüksel, 2022). Van Balığı ekonomik ve besinsel öneminin yanısıra Van Gölü'nün sucul koşullarına uyum sağlayabilmiş anadrom ve endemik bir balıktır. Balığın birbirinden farklı sucul koşullara kısa süreli ve dönemsel olarak gerçekleştirdiği göç davranışı birçok araştırmaya konu olmuştur. Van Balığının üreme dönemindeki hematolojik değişiminin incelenmesi balığın biyolojisi hakkında mevcut literatürde eksik kısımları tamamlamak ve yeni bilgiler elde edinilmesi adına önem taşımaktadır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Canlı organizmalarda dolaşım sisteminin işleyiş mekanizması omurgasız canlılarda basit sistemlerden başlar, omurgalı canlılardaki daha gelişmiş kompleks sistemlere doğru ilerler. Süngerler (Porifera) ve rotiferler (Rotifera) gibi gelişmemiş canlı organizmalar çözünmüş gazlar, su, besin ve atık alışverişlerini difüzyon yoluyla dolaşım sistemine ihtiyaç duymadan vücut hücrelerine ulaştırırlar (Molnar ve Gair, 2013). Dolaşım sistemi gazların, metabolik atıkların ve hücresel besin maddelerinin daha uzun mesafelerde taşınmasını sağlayan ve difüzyon mesafesini azaltan bir sistemdir (Brusca ve Brusca, 2003). Gelişmiş karmaşık vücut sistemine sahip organizmalarda ise maddelerin çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçişleri büyük mesafelerde organizmanın ihtiyacına cevap veremez. Bu nedenle canlı organizmaların vücutlarının herhangi bir yerinde ihtiyaç duydukları molekülleri, hücrelere, dokulara ve organlara uzun mesafede hızlı bir şekilde taşıyacak bir organ sistemine ihtiyaçları vardır. Organizmanın bu ihtiyacı pompa görevi gören bir organ olan kalp, birbirleri ile bağlantılı borulardan oluşan kan damarları, su, çözünmüş maddeler ve hücreler içeren sıvı bir bağ dokusundan oluşan kan dokunun bir araya gelerek oluşturduğu Kalp damar sistemi ile başlar (Erdoğan, 2019).

2.1 Canlılarda Dolaşım Sistemi ve Kan Doku

Dolaşım sistemleri diploblastlarda vücut sıvısının dış çevre ile iletişim halinde olan vücut boşluğuna dağıtılmasını sağlar. Triploblastlarda ise canlının iç sistemindeki dolaşım sıvısı damarlar, sinüsler ve pompalama organından oluşan bir sistem tarafında vücuda dağıtılır. Söломik ve kanın damarlar vasıtasıyla iletildiği iki tip iç dolaşım sistemi vardır (Xavier-Neto vd., 2007). Çoğu triploblastik canlıda vücut dış duvarı ile sindirim tüpü arasında söлом adı verilen bir vücut boşluğu vardır. Söлом iç duvarı mezotel hücreleri ile kaplıdır (Perez-Pomares vd., 2009). Mezotel hücrelerin yüzeyinde bulunan kirpik benzeri hücre hareketleri söломik sıvının söлом boşluğuna dağıtılmasını sağlar (Munoz-Chapuli vd., 2005).

Kan damar sistemi kalpten pompalanan kanın arterler, arteriyoller, kılcal damarlar, venüller ve damarlardan geçerek tekrar kalbe geri döndüğü dairesel bir sistemdir (Alitalo ve Carmeliet, 2002; Karkkainen vd., 2002).

Dolaşım sisteminin bileşenlerinden olan taşıyıcı sistemler, vücutun ihtiyaç duyduğu maddelerin ve hücre tarafından işlenen atık maddelerin gerekli hücrelere ve dokulara taşınmasını sağırlar (Liu vd., 2015). Arterler kalpten çıkan bol oksijenli kanı taşıyan, bol basınçlı, akış hızı yüksek kalın duvarlı kan damarlarıdır (Kay, 1998). Toplardamarlar ise atardamarın aksine karbondioksit bakımından zengin kanı kalbe doğru taşıyan düşük basınçlı, ince duvarlı ve akış hızı düşük kanı taşıyan damarlardır (Mozos, 2015).

Dolaşım sistemi organizmada başta kan hücreleri olmak üzere hormonlar, amino asitler, vitaminler, elektrolitler, gazlar, metabolik ürünler, toksik ajanlar ve çeşitli immünolojik bileşenleri vücutun ilgili organlarına ve hücrelerine taşır (Kay, 1998; Ciesla, 2007; Wasserthal, 2007). Kan doku, oksijen ve besin maddelerini (glikoz, amino asitler ve yağ asitleri) vücutun doku ve hücrelerine ulaştırır. Metabolik faaliyetler sonucunda hücrenel atıkları (karbondioksit, üre ve laktik asit gibi) uzaklaştırır, immünolojik görevlerde rol alır, pıhtılaşmayı sağlar ve hormon adı verilen moleküllerle haberci görevler üstlenir (Ciesla, 2007). Kan doku bileşiminde bulundurduğu maddeler ile vücutta su dengesini sağlamak, vücut ısısını dengede tutmak, taşıdığı tampon maddelerle vücuttaki pH oranını düzenlemek gibi çok önemli fizyolojik görevleri yerine getirir (Kalaycıoğlu vd., 2006; Yaman, 2009; Koz vd., 2010; Noyan, 2010).

Plazma proteinleri patojenlere karşı spesifik savunma için gerekli olan antikorlar gibi doğal ve kazanılmış bağışıklığın çözünür faktörleri olarak görev yaparlar. Bazı proteinler, pıhtı oluşumu için gerekli olan pıhtılaşma faktörlerini ve pıhtı çözünürlüğu için gerekli olan fibrinolitik proteinleri içerirler (Peters, 1987; Stöllberger, 2013). Elektrolitler ve tamponlar gibi inorganik maddeler ise kas aktivasyonu ve CO₂ eliminasyonu için önemlidir (Stöllberger, 2013). Besin, oksijen ve karbondioksit gibi maddelerin taşınması; hidrolik kuvvet üretimi ile baş ayak çıkıntısının oluşturulması (yumuşakçalarda); vücut ısısının düzenlenmesi ve hormonlar yoluyla vücut entegrasyonunun sağlanması gibi önemli görevler de bunlara dahildir (Monahan-Earley vd., 2013).

Dolaşım sistemi kendi içinde açık dolaşım sistemi ve kapalı dolaşım sistemi olmak üzere iki ayrı gruba ayrılır. Çoğu yumuşakça ve arı gibi eklembacaklılarda açık kan dolaşımını görölür. Yassı kurt ve denizanası gibi vücutları birkaç hücre katmanından oluşan bazı canlılarda dolaşım sistemi yoktur. Bu canlılarda hücreler, ihtiyacı olan

besinleri taşıma sistemine ihtiyaç duymadan difüzyon yoluyla elde ederler (Molnar ve Gair, 2013). Açık dolaşım sisteminde, kan vücutta damar yoluyla taşınmaz. Açık dolaşım sistemi hemolenf sıvısı ile organların besin ve oksijen ihtiyacının karşılandığı omurgasızlarda görülen dolaşım sistemidir (Wasserthal, 2007). Vücut kasları kasılarak, hemolenfin karışmasını kolaylaştırır. Gevşeme esnasında, hemolenf açık uçlu gözeneklerden kalbe doğru geri çekilir. Hemolenf içerik olarak su, elektrolit ve protein bileşiminden oluşan ve tüm hücreleri çevreleyen bir sıvıdır (Cammarato vd., 2011). Açık dolaşımın en ilkel şeklinde sölom içinde yer alan vücut sıvısı, canlının hareketleri ile vücudun her yerine yayılır. Açık dolaşımın biraz daha gelişmiş şeklinde sırta yaslanmış bir damar yoluyla kan belirli noktalara kadar iletilir, iletilen kısımlarda madde değişimi dokular aracılığı ile yapılır (Reiber ve McGaw, 2009).

Kan doku kapalı dolaşım sisteminde, vücut hücrelerinden, hücreler arası sıvıdan ve sölomdan kanallar veya bölmeler ile fiziksel olarak ayrılır (Choma vd., 2011). Kapalı dolaşım sisteminde kan; atardamar, toplardamar ve kılcal damar ağını terk etmez. Kan damarları kanın gerekli yerlere ulaşımını sağlayan ulaşım yollarıdır. Atardamarlar kalpten çıkan kanı vücuttaki organlara taşır. Kılcal damarlar kan yoluyla ihtiyaç duyulan besinlerin hücrelere girişi ve metabolik atıkların uzaklaştırılmasını sağlar. Damarlar kirli kanı organlardan kalbe taşır. (Wasserthal, 2007). Kapalı dolaşım sisteminin temel unsurları olan kan, kanı vücudun her yerine taşıyan bir damar ağı ve kanı pompalayan gelişmiş bir kalbin olduğu bir sistem gelişmiş omurgalı canlılarda görülür. Omurgasızlarda bu bileşenler kısmen yer alır (Çevik vd., 2001). Kapalı dolaşım sistemleri omurgalı canlıların dolaşım sistemi olmasının yanısıra kafadanbacaklılar (örn. ahtapot ve kalamar), annelidler, omurgalı olmayan kordalılar ve birçok farklı omurgasız canlılarda da bulunmaktadır (Choma vd., 2011).

Kan doku, plazma adı verilen sıvı kısım ve bu sıvı kısmın içinde süspansiyon halinde bulunan alyuvarlar (eritrositler, Red Blood Cells: RBC), akyuvarlar (lökositler, White Blood Cells: WBC) ve trombositler (kan pulcukları, PLT: plateletler) olarak adlandırılan hücrelerden oluşur. Plazma toplam kanın %55'ini, kırmızı kan hücreleri ise %45'ini oluşturur. Plazma %91-92 oranında su, %8-9 oranında katı maddelerden oluşur (Mathew vd., 2018).

Vücut dokularıyla irtibatlı olan kan doku canlılar için çok önemli roller üstlenir (Aktümsek, 2010). Kan dokusu diğer dokulardan farklı olarak hücreleri sabit olmayan ve

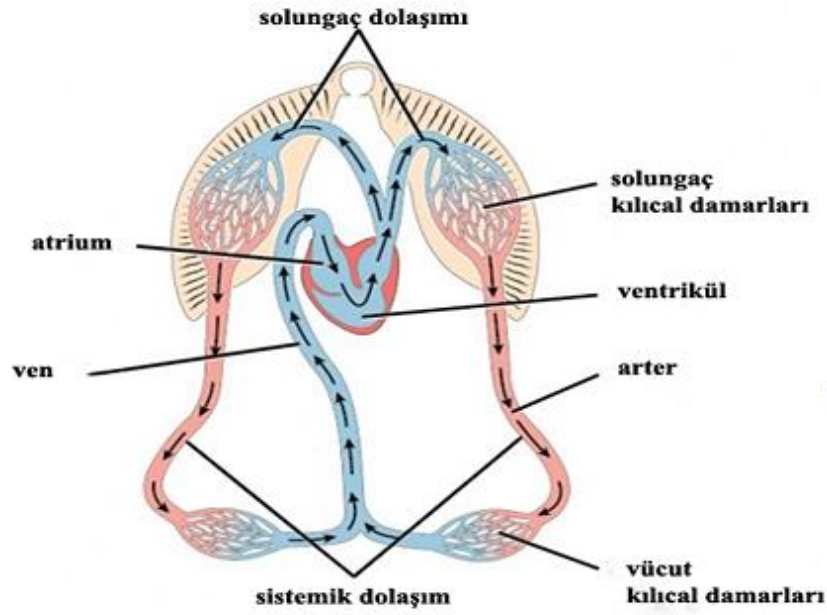
sürekli kan dolaşımı içerisinde bir yerden diğerine hareket eden bir dokudur. Kanın esas fizyolojik görevi canlı organizmanın sahip olduğu normal şartların homeostazisini korumaktır (Karataş, 2005). Kan doku fizyolojik koşullarda her zaman sıvı formdadır (Stöllerberger, 2013).

Lenfatik sistem Kalp damar sistemi ile birlikte hareket eden, doku homeostazisinin korunmasını sağlayan bir sistemdir (Choi vd., 2012). Lenfatik sistem doku ve organların interstisyel boşluklarından köken alarak, lenf olarak adlandırılan hücreler ve dokular arası sıvıların lenf damarları yoluyla tekrar kan dolaşımına kazandırılmasını sağlayan bir sistemdir (Wasserthal, 2007; Tammela ve Alitalo, 2010). Lenf sistemi doku homeostazisini sağlamasının yanı sıra lenfositlerin ve antijen sunan hücrelerin, patojen maddeleri alan lenf düğümlerine taşınmasını sağlayarak bağışıklığın yeniden düzenlenmesini sağlar (Jeon vd., 2008; Kataru vd., 2009).

2.2 Balıklarda Dolaşım Sistemi ve Kan Doku

Balıklarda dolaşım sistemi kalp, damarlar, solungaçlar, arterler ve kılcal damarlardan oluşur. Balık kalbinin ventriküllerinin anatomik yapısı, geniş trabekülasyonlar ve koroner arterlerin olmaması yönüyle karakterizedir (Verkerk ve Remme, 2012). Bir kulakçık ve bir karıncıktan oluşan balık kalbi (Timur ve Timur, 2003; Michael, 2017), solungaçların hemen altında veya gerisindeki perikardiyal boşlukta konumlanmıştır (Timur ve Timur, 2003).

Balıklar en eski omurgalılarıdır ve çok gelişmemiş bir dolaşım sistemine sahiptirler. Balıkların kan dolaşımı, kanın damarlar vasıtasıyla kapalı bir sistemde ilerlediği ve dolaşım sisteminde kalpten yalnızca bir kez geçtiği tek yönlü kan dolaşımıdır. Kan, ventrikül'den bulbus arteriosus'a akar. Branşiyal arter yoluyla da solungaçlara geçer (Şekil 2.1). Bu fizyolojik olay kanın oksijenlenmesi için solungaçlara; solungaçlardan toplanan bu oksijenlenmiş kanın da tüm vücut dokularına düzenli olarak hareket etmesini sağlar (Timur ve Timur, 2003; Michael, 2017). Solungaçlarda oksijenlenen kan, damarlar yoluyla vücudun dokularına götürüldükten sonra hepatik portal ven ve renal portal ven ile böbreklerden geçer ve kalbe geri döner (Örün, 2000; Ekingen, 2001).



Şekil 2.1 Balıklarda kan dolaşımı (Anonim, 2023a)

Balık vücudundaki toplam kan hacmi toplam vücut ağırlığının %1.3-7'sini oluşturur. Kan doku organizma ile çevre arasında gaz alışverişini sağlayarak metabolik süreçlere katkıda bulunan en aktif bileşenlerden biridir (Cataldi vd., 1998; Belanger vd., 2001). Balıkların kan dokusu ve kan hücreleri sahip olduğu morfolojik farklar dışında büyük oranda omurgalı kan dokusuna benzerdir. Balıkların kan dokusu omurgalılarda olduğu gibi karakteristik kırmızı renkli, hücreler ve plazma adı verilen iki kısımdan oluşur. Plazma içeriği omurgalı kan plazması içeriğine eşdeğerdir. Glikoz, inorganik iyonlar, lipidler, vitaminler, aminoasitler, hormonlar, enzimler, kan proteinleri, atık maddeler ve erimiş gazlar plazmanın kimyasal bileşimini oluşturur (Demir, 2006).

Kanın sıvı kısmı dışında geri kalan kısmını şekilli hücreler olarak bilinen eritrositler, lökositler ve trombositler oluşturur (Çelikkale, 2003). Kan dokuda hücresel ve sıvı kısmın birleşimi tam kan olarak adlandırılır. Kan dokunun %45'ini kan hücreleri (eritrositler, lökositler ve trombositler), %55'ini ise plazma oluşturur (Noyan, 2010).

Balık kan hücreleri de omurgalı kan hücreleri ile benzer şekilde eritrositler, lökositler ve trombositler olarak adlandırılır (Demir, 2006). Lökositler omurgalıların lökosit hücreleri ile benzer özellikler gösterdiğinden, sitoplazmalarında granül içeren granülositler ve granül içermeyen agranülositler olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. Granülositler memelilerde olduğu gibi balıklarda da nötrofiller, eozinofiller ve bazofiller

olarak adlandırılmıştır (Olafsen, 1995; Demir, 2006). Agranülositler de kendi içinde lenfositler ve monositler olmak üzere iki alt gruba ayrılmıştır (Tripathi vd., 2004; Demir, 2006).

Balık türlerinde tanımlanmış granülosit tiplerinin hepsi aynı anda bulunmayabilir. Olafsen (1995), yayın balığında nötrofiller dışındaki granülositlerin mevcut olduğunu, sazanda ise her üç granülosit formunun da mevcut olduğunu bildirmiştir.

Araştırmacılar arasında balık granülositlerinin terminolojisine ilişkin farklı görüşler mevcuttur. Bazı balık granülositleri araştırmacılar tarafından, kuşlarda bulunan heterofil hücrelerine benzetilerek heterofil olarak adlandırılmıştır. Bazı araştırmacılar ise balık nötrofillerini memeli nötrofillerine benzeterek nötrofil olarak adlandırmıştır (Tripathi vd., 2004). Heterofiller, spesifik olmayan bağışıklıkta rol oynayan, enflamatuvar yanıtta ilk bağışık yanıtı veren, vücudun karşılaştığı stres, travma kronik bakteriyel enfeksiyonlarda artan, fagositoz yapan lökositlerdir (Maxwell ve Robertson, 1998). Heterofil hücreler kuşlarda Romanowsky boyaları ile boyanmış periferik kan yaymalarında granülleri kiremit kırmızısı renkte görülen hücrelerdir. Memeli nötrofillerinin aksine, kuş heterofilleri miyeloperoksidazdan yoksundur (Maxwell ve Robertson, 1998). Tüm bu farklı tanımlamalara ilaveten bazı araştırmacılar sürüngenlerde, kuş türlerinde ve tavşanların kanında hem nötrofil hem de heterofil hücre tiplerini birlikte tespit etmişlerdir (Dikic vd., 2013).

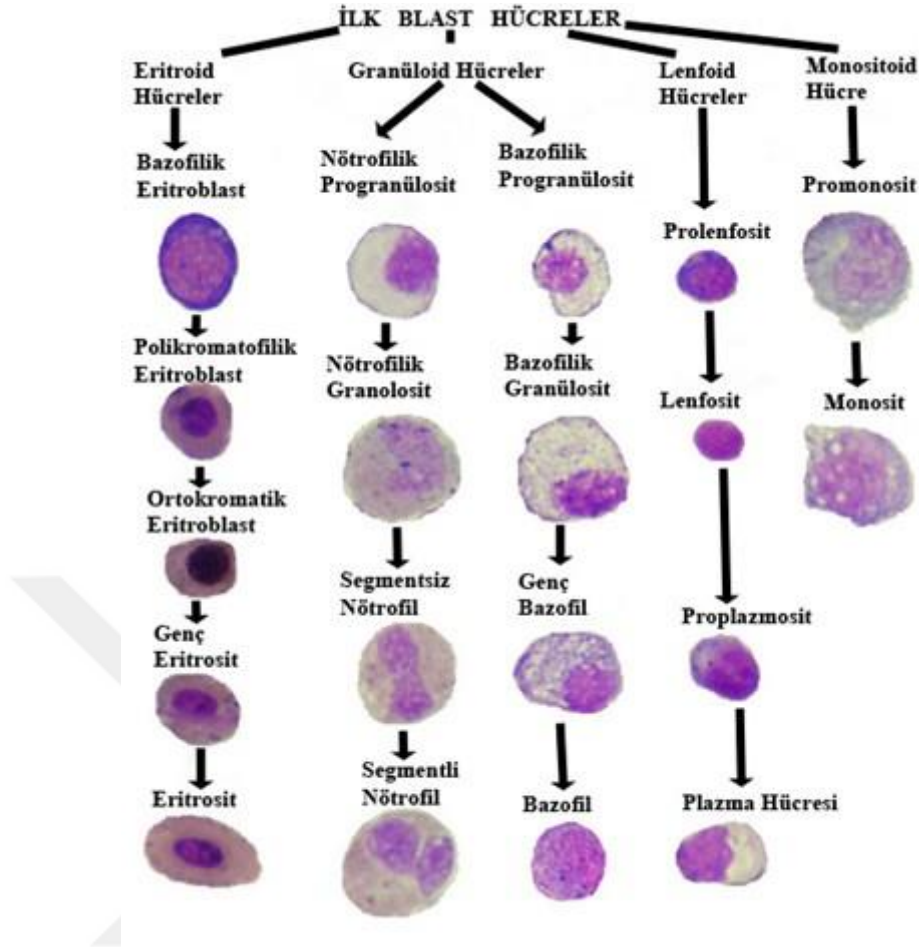
2.2.1 Balıklarda Hematopoez

Balıklarda kan hücrelerinin oluşum sürecinde diğer omurgalılara göre farklılıklar bulunmaktadır. Balıklarda embriyonik dönemde döllenme sonrası kan hücrelerinin oluşumu memelilerden daha hızlı sürede gerçekleşmektedir (Fänge, 1992). Bazı balıklarda fertilizasyon sonrası 22 saat içinde hemoglobin, 24 saat içinde de eritrosit üretilir. Bu olay memelilerde balıklara göre daha uzun bir zaman alır ve memelilerde eritrosit üretilmesi 8-19 gün sonra gerçekleşir (Govoni vd., 2005). Hematopoezin gerçekleştiği organlar genel olarak balıklarda böbrek, epigonal organ, leyding organı, timüs ve dalaktır (Walsh ve Luer, 2004; Fänge, 1992; Paik ve Zon, 2010). Bu hematopoetik organların balık türleri arasında farklı olduğu bildirilmiştir. Testis parankimasi, ovaryum parankim hücreleri, epigonal organ ve leydig organı Kıkırdaklı

balıklar (Elasmobranchii)'da olgunlaşma sürecinde olan veya olgun granülositleri içeren hematopoetik doku ve organlardır. Bu organlar ve hücreler lenfosit, plazma hücresi ve retiküler hücreleri içermesi yönüyle de lenfohematopoetik dokular arasında yer alır (Ebbesson ve Schroeder, 1971).

Hematopoez kemikli balıklarda böbreklerin ön ve arka kısmındaki interstisyumda gerçekleşir. Hematopoetik dokudaki kök hücreler, memelilerin kemik iliğine benzer şekilde retiküloendotelyal dokunun stromasında bulunur (Roberts ve Ellis, 2001; Ellet ve Lieschke, 2010).

Bugüne kadar farklı balık türlerine ait yapılan çalışmalar hematopoetik gelişim aşamasına dahil olan hücre öncüllerinin birçok balık türünde benzer olduğunu göstermiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda eritroblastların sırasıyla bazofilik, polikromatik ve ortokromatik eritroblastlara farklılaştığı bildirilmiştir (Fijan, 2002; Liu vd., 2017). Fakat balıklarda memelilerden farklı olarak eritrositlerin son gelişim aşamasında hücre çekirdeğinin kaybolmadığı bilinmektedir (Harvey, 2001; Grindhem vd., 2008). Bu nedenle balık eritrositleri çekirdekli ve eliptik hücrelerdir (Witeska, 2013). Hematopoetik kök hücreler granüloid, agranüloid, lenfoid ve monoid öncüllerden oluşmaktadır. Granüloblastlar önce progranülositlere sonrasında ise sırayla myelositlere ve metamiyelositlere dönüşmektedir. Metamiyelositler ise eozinofilik, nötrofilik ve bazofilik granülositlere farklılaşarak kan dolaşımında olgun granülositler olarak bulunurlar (Liu vd., 2017). İlk gelişim aşamasında hematopoetik organlarda üretilen progenitör hücreler, morfolojik özelliklerine göre öncü kan hücrelerine farklılaşan hücrelerdir. Öncü kan hücreleri de farklılaşarak olgun kan hücrelerini oluştururlar (Şekil 2.2) (Kondera, 2011).



Şekil 2.2 Sazan (*Cyprinus carpio*)’da hematopoez aşamaları (Kondera, 2011, değiştirilerek alınmıştır)

Normoblast (rubriblast) eritrositlerin en erken gözlenen öncül hücresidir. Koyu bazofilik sitoplazmaya sahip hücreler olan normoblastlar yuvarlak şekilli, merkezi konumlu bir nükleusu olan büyük hücrelerdir. Nükleus ince taneli fakat koyu boyanmış çekirdek kromatini içeren, bir veya daha fazla sayıda belirgin nükleol içerir. Sitoplazmanın koyu bazofilik boyanmış sitoplazma görünümü, eritroid seriyeye özgü olan ve miyelod seri hücrelerin öncüllerinden ayırtıran bir görünüm sağlar. Eritroid serinin tanınabilir ilk hücresi olan normoblastlar farklılaştıkça hücre giderek küçülür, sitoplazmanın hemoglobin yoğunluğu artar ve nükleer kromatin daha sıkı ve yoğun bir görünüm kazanır. (Radin ve Wellman, 2022). Eritroid öncül hücreler sırasıyla rubriblast, prorubrisit, rubrisit, metarubrisit, retikülosit ve olgun eritrosit aşamalarından oluşan eritropoetik hücre aşamalarıdır (Harvey, 2001; Grindhem vd., 2008; Radin ve Wellman, 2022). Prorubrisitler de sırasıyla bazofilik rubrisitler, polikromatofilik rubrisitler ve

metarubrisitler olarak adlandırılan hücrelere dönüşürler. Bazofilik rubrisitler sitoplazması koyu bazofilik bir yapıya sahip ve hemoglobin konsantrasyonu en az olan hücrelerdir. Bazofilik rubrisitlerin farklılaşarak polikromatofilik rubrisit adını aldığı hücre serisinde sitoplazma rengi mavi ve gri arasında değişen bir renge sahiptir. Sitoplazma görünümü hücrenin içerdiği hemoglobin konsantrasyonuna bağlı olarak maviden griye doğru değişen renklerde görünmesini sağlar. Metarubrisitler homojen ve kromatini yoğun olan ve en fazla hemoglobin içeriği olan hücre öncülleridir. Bundan dolayı sitoplazma gri ve kırmızı tonlarında bir renk sergiler. Nükleus, retikülositler olarak adlandırılan polikromatofilik eritrositlere dönüşür. Eritroid seride yer alan metarubrisit dışındaki tüm öncül hücreler bölünme yeteneğine sahiptir. Eritroid öncüllerinin isimlendirilmesinde farklı terimler kullanılabilmektedir. İnsan ve farelerde eritroid serideki en erken hücre bir proeritroblast, sonraki hücreler ise sırasıyla bazofilik eritroblastlar, polikromatofilik eritroblastlar ve ortokromatik eritroblastlar olarak adlandırılır. Fakat nötrofil, eozinofil ve bazofillerin gelişim ve farklılaşma aşamaları memelilere benzer bir olgunlaşma dizisine tabi tutulur (Olver, 2022). Balıkların hematopoetik gelişim aşamaları memelilere benzediğinden dolayı hematopoetik gelişim aşamasında benzer terimler kullanılmaktadır (Kondera, 2011; Liu vd., 2017).

Miyeloblastlar, granülosit serinin ışık mikroskobu ile en erken tanınabilen hücreleridir. Miyeloblast, ince noktalı kromatin yapısına sahip, bir veya daha fazla nükleol içeren, orta derecede bazofilik sitoplazmaya sahip bir karakteristiğe sahiptir. Miyeloblastın erken evresinde sitoplazmada spesifik olmayan granüller (tip I) bulunmaz. Ancak olgun myeloblast evresinde az sayıda azurofilik granül (tip II) bulunur. Nötrofil, eozinofil ve bazofillerde myeloblastın ilk aşamaları benzer bir olgunlaşma dizisine tabi tutulur. Myeloblastlar farklılaşarak promyelositi oluştururlar (pro granülosit). Promyelositler miyeloblasttan daha büyük boyutlu, myeloblasta göre daha fazla sayıda birincil granül içeren hücrelerdir. Promyelositlerin myeloblasta göre azalmış sitoplazmik bazofilisi ayırt edici bir görünüm sergiler. Promyelositlerde nükleusun golgi alanı çoğunlukla belirgin, granüllü veya granülsüzdür. Nükleus kromatini ise ince noktalı bir yapıda kalır. Nükleoller bazı formlarda mevcut olmayabilir. Promiyelositlerin olgun aşamalarında birincil granüller azalır ve ikincil granüller ortaya çıkar. Sonraki evrede promiyelositler miyelositler olarak adlandırılan daha küçük hücrelere farklılaşır. Kromatin yoğunluğu nükleusun her kısmında aynı değildir. İkincil granüller içeren hafif

bazofilik sitoplazma içeren yuvarlak ila hafif oval şekilli bir çekirdek yapısı bu hücrelerde ayırt edicidir. Miyelositler, granülositik soya özgü olan spesifik ikincil granüllerin ışık mikroskobunda en kolay şekilde fark edilebildiği hücre aşamasıdır. Miyelosit seri bölünmenin meydana geldiği hücresel sürecin son aşamasıdır. Miyeloblastlar mitozu uğradığında 16-32 hücre üretme potansiyeli olan hücrelerdir. Myelosit seriden sonraki hücreler olan metamiyelositler ve bant granülositler hücre bölünmesi oluşturmamayan hücrelerdir. Ancak bu aşamada artan kromatin yoğunlaşması ve nükleusun değişerek segmentasyona uğraması sonucunda nükleer olgunlaşma ile karakterize bir görünüm sergilerler. Metamiyelosit seri hücreler fasulyeye benzeyen, bir nükleus görünümüne sahiptir. Ancak bant formlar pürüzsüz, paralel kenarları olan ‘U’ veya ‘S’ şeklinde uzun bir nükleus şekline sahip hücrelerdir. Metamiyelositler bantlara dönüştükten sonra sitoplazma daha az bazofilik hale gelir. Bu formlar granül içerikleri ile ayrılmış veya parçalı loba sahiptir. Granülositlerde segmentasyonun derecesi granülosit tipine ve türüne göre değişir. Segmentli nötrofiller 3 ila 5 arasında değişen lob sayısına sahip iken, eozinofiller bir veya iki loblu olabilir. Olgun bazofil çekirdekleri de bir veya iki loblu bir formda olabilir (Radin ve Wellman, 2022). Mononükleer fagositik sistem (MPS), monosit, makrofaj ve bunların kök hücrelerini tanımlamak için yaygın olarak kullanılan bir terimdir. Dendritik hücreler ise, monositik hücre serisine dahil edilmeyen, ancak ortak miyeloid öncü hücrelerden veya monositlerden ortaya çıkabilen, monositler ve makrofajlarla ortak özellikleri paylaşan kemik iliğinden üretilen hücrelerdir. Histiyoisit terimi sitolojik veya histopatolojik örneklerde görülen, mononükleer fagositik sistem kökenli olduğu düşünülen ancak kesin kimliği bilinmeyen hücreleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Mononükleer fagositik sistem hücreleri fagositozda ve enfeksiyöz ajanların yok edilmesinde önemli bir rol oynayan hücrelerdir. Bu hücreler doğal ve kazanılmış bağışıklığın oluşturulmasında rol oynayan önemli savunma sistemi hücreleridir (Papenfuss, 2011).

Balık vücudunda bulunan kan hacmi türler arasında değişkenlik göstermekle beraber 2-17 mL/100g aralığındadır ve omurgalı vücudundaki kan hacmine göre oldukça azdır (Karataş, 2005; Demir, 2006). Örnek verilecek olursa yuvarlak ağızlılar (*Cyclostomata*)’da 8.5-17 mL/100g, yassı solungaçlılar (*Elasmobranchii*)’de 6-8 mL/100g ve kemikli balıklar (*Osteichthyes*)’in çoğundaysa 2-4 mL/100g gibi farklı hacimlerde olabilmektedir (Demir, 2006).

2.3 Balık Kan Dokusunda Şekli Hücresler

2.3.1 Eritrositler

Eritrositler balıklarda en bol bulunan kan hücreleridir ve tüm kan hücrelerinin %98-99'unu oluşturlar (Fange, 1994). Balık eritrositleri memeliler dışındaki diğer omurgalılarda olduğu gibi çekirdekli ve eliptik hücrelerdir (Witeska, 2013).

Eritrositlerin temel görevi yapısında bulundurduğu hemoglobin konsantrasyonuna bağlı olarak oksijen taşımak ve oksijen karbondioksit değişimini sağlamaktır (Fange, 1992). Yapılan son çalışmalar, balık eritrositlerinin bağışıklık sisteminde rol oynayan hücreler gibi hareket edebileceğini de ortaya çıkarmıştır (Claver ve Quaglia, 2009).

Balık eritrositleri içerdiği hücresel çekirdek dışında morfolojik açıdan omurgalı eritrositlerine benzerdir (Çelikkale, 2003). Balık eritrositleri morfolojik olarak oval şekilli, eozinofilik sitoplazmalı ve merkezi bazofilik çekirdeğe sahip hücrelerdir (Thrall vd., 2012; Witeska vd., 2022). Bu genel hücresel özellik balta balığı (*Maurolicus müelleri*) ve teleost balıkların Gonostomidae familyasının bazı üyeleri hariç (*Valenciennellus tripunctatus* ve *Vinciguerrria* sp.), çoğu balıkta mevcuttur (Fange, 1992; Claver ve Quaglia, 2009). Taşemenler (Petromyzontidae) familyasına ait bazı çenesiz balıklar (Agnathae)'ın eritrositleri ise yuvarlak şekillidir (Claver ve Quaglia, 2009).

Genç eritrositlerin çekirdekleri ve sitoplazmaları boyalı preparatlarda polikromazi (renkli, mavimsi alyuvar) gösterir. Eritrositler olgunlaştıkça çekirdeğin sitoplazmaya oranı azalır, hemoglobin içeriği artar (Walsh ve Luer, 2004; Claver ve Quaglia, 2009). Eritrositlerin oval-disk şeklindeki ve kompakt çekirdekli yapısı olgun eritrositlere özgü morfolojik bir özelliktir. Genç eritrositler (eritroblastlar) olgun eritrositlere göre yuvarlak şekle yakın ve boyutları daha küçüktür. Hücre çekirdeği ise olgun eritrositten daha az yoğunlaştırılmış çekirdeğe sahiptir (Fijan, 2002).

Eritrosit hücrelerinin büyüklükleri türlere göre değişmekle beraber 7-36 µm arasındadır (Klontz, 1994; Çelikkale, 2003). Witeska (2013), eritrositlerin uzun çapını 8.8-17.1 µm, kısa çapını 6.9-12.9 µm ve ortalama hücre hacmini (MCV) 102-800 fl olarak ölçmüştür.

Balıklarda aktivite, yaş, cinsiyet, beslenme tipi ve üreme durumu gibi faktörler eritrosit sayısının aynı türün çeşitli populasyonları arasında farklılık göstermesine sebep

olur (Claver ve Quaglia, 2009). Eritrosit sayısı (RBC) fizyolojik durumlar için önemli bir tanı aracıdır. Balık vücudunda çevresel değişiklikler eritrosit sayısını etkiler ve bu durum vücudun biyolojik adaptasyon gerçekleştirmesine sebep olur. Eritrosit sayısı genellikle daha az aktif olan balık türlerinde $0.5-1.5 \times 10^6/\mu\text{L}$ arasında olabilmektedir. Bu sayı daha aktif balık türlerinde $3.0-4.2 \times 10^6/\mu\text{L}$ arasındadır (Witeska, 2013). Balık kanında bulunan eritrositlerin sayıları ortalama $0.8-2.5 \times 10^6/\text{mm}^3$ arasında değişkenlik göstermektedir (Örün, 2000; Ekingen, 2001). Witeska vd., (2016), sazanın eritrosit sayısını $0.33-2.95 \times 10^6/\mu\text{L}$ arasında olduğunu belirtmişlerdir. Balıklarda eritrosit sayımında hem manuel hem de otomatik yöntemlerle eritrosit sayımı gerçekleştirilebilmektedir (Faggio vd., 2013). Soldatov (2005), balık türleri içindeki eritrosit sayısının $0.5-1.5 \times 10^6/\text{mm}^3$ aralığında olabileceği gibi ve $3.0-4.2 \times 10^6/\text{mm}^3$ arasında değişen yüksek değerlere de sahip olduğunu belirtmiştir.

Balıklar söz konusu olduğunda, araştırmacıların çoğunluğu manuel analizleri tercih etmektedir (Bojarski vd., 2015; Witeska vd., 2017; Bojarski vd., 2018; Kondera vd., 2020). Fakat yapılan çalışmalarda otomatik ve manuel yöntemlerle yapılan analizlerin sonuçlarının birbirine benzer olduğu gösterilmiştir (Faggio vd., 2013).

Balık eritrositleri, balıkların çoğunda temel olarak böbrek ve dalakta şekillenirler (Ekingen, 2001). Baş böbrek, teleostların ana eritropoetik organıdır. Hücresel bileşimi memeli kemik iliğine benzer. Bunun aksine dalak zayıf bir eritropoetik aktivite gösterir (Fange, 1994).

Balıkların yaşam süreleri boyunca eritrositleri ve kan dolaşımındaki eritrositlerdeki hemoglobin molekülü oluşmaya devam eder (Claver ve Quaglia, 2009). Balıklardaki eritropoez aşamaları diğer omurgalılarındaki farklılaşma aşamalarına benzerdir. Hematopoetik kök hücreler, miyeloid kök hücre, koloni oluşturan eritrosit birimi (Colony-Forming-Unit-Erythroid: CFU-E), proeritroblast, bazofilik eritroblast, polikromatik eritroblast ve asidofilik eritroblast'tan oluşan eritrosit öncülü hücrelerdir (Fijan, 2002).

Witeska (2013)'ya göre eritrositlerin dolaşımdaki ömürleri 13-500 gün arasındadır. Fischer vd. (1998), 'nin araştırmalarına göre havuz balığı (*Carassius carassius*) eritrositlerinin maksimum ömrünün 270 gün, yarı ömrünün ise yaklaşık 52 gün olduğu gözlenmiştir. Memeli hematopoezinde görülen oluşum aşamaları benzer şekilde farklı araştırmacılar tarafından daha önce sazan'da (Kondera, 2011), ve Nil tilapyası

(*Oreochromis niloticus*)’nda bildirilmiştir (Abdel-Aziz vd., 2010). Japon balığı (*Carassius auratus*)’nda yapılan bir araştırmada eritrositlerin olgunlaşması için ortalama 16 ile 20 gün geçmesi gerektiği gözlenmiştir (Murad ve Houston, 1992).

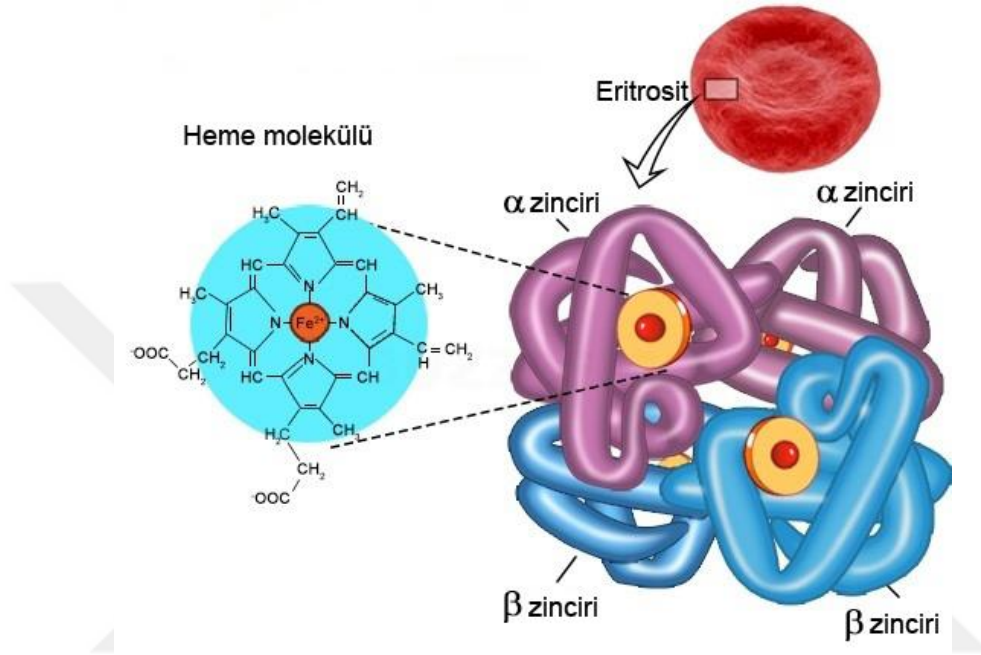
Eritrosit içeren türlerin haricinde soğuk ve iyi oksijenlenmiş suda yaşayan ve düşük oksijen ihtiyacına sahip olan Antarktika buz balıkları (Channichthyidae), eritrosit ve hemoglobinden yoksundur (Cocca vd., 1995; Çelikkale, 2003; Demir, 2006; Timur, 2011). Deniz dibinde yaşayan çok az sayıdaki bazı balık türleri ile yılan larvalarında da kırmızı kan hücresine rastlanmamıştır (Çelikkale, 2003; Demir, 2006; Timur, 2011). Kanlarında eritrosit bulundurmayan bu balıklar kan plazması ile oksijen taşınmasına ihtiyaç duyarlar ve gaz değişimlerini difüzyon yoluyla yaparlar (Cocca vd., 1995; Çelikkale, 2003; Demir, 2006; Timur, 2011).

2.3.1.1 Hemoglobin (Hb)

Hemoglobin konsantrasyonu, eritrositlerde bulunan hemoglobinin miktarıdır. Hemoglobinler hücrelerde (doku hemoglobinleri), dolaşımda veya vücut sıvılarında bulunabilen en geniş dağılıma sahip solunum pigmentleridir. Doku hemoglobinleri, arkebakteriler dışında her yerde bulunan bir çekirdek yapısına sahip tek bir polipeptit zincirine sahiptir (Wittenberg, 1992). Dolaşımdaki hemoglobinler ise doku hemoglobinlerinden üretilen ve çoklu polipeptit zincirlerine sahip moleküllerdir. Eriyik halinde veya kırmızı kan hücrelerinde paketlenmiş halde bulunurlar (Snyder, 1992).

Hemoglobin molekülü kanda bulunan oksijenin dokulara taşınmasından sorumlu oksijen taşıyıcısıdır. Kanın oksijen taşıma kapasitesi kanda bulunan eritrositlerin sayısı ve eritrositlerin içerdiği hemoglobin miktarı ile doğru orantılı olarak artar. (Mangum, 1992; Montero vd., 1999; Demir, 2006; Timur, 2011). Hemoglobin molekülü sayesinde solungaçlarda bulunan oksijen dokulara taşınır. Hemoglobin ile birleşen O₂ “Oksihemoglobin” molekülünü meydana getirir. Oksijenlenmiş hemoglobin ulaştığı dokularda oksijenini bırakır ve yapısına dokularda biriken karbondioksiti alarak “Karboksihemoglobin” molekülünü oluşturur. Karboksihemoglobin solunum organına taşınarak orada hemoglobinden ayrılır. Bir eritrosit hücresinin moleküler yapısını başta su olmak üzere hemoglobin, lipid, glikoz, mineraller ve azotlu maddeler oluşturur (Demir, 2006; Timur, 2011).

“Heme” adı verilen demir atomuna protein molekülünün bağlanması hemoglobini oluşturur (Şekil 2.3). Balık hemoglobini, memelilerde olduğu gibi kuartern bir yapıya sahip globüler bir proteindir. (De Souza ve Bonilla-Rodriguez, 2007; Koz vd., 2010; Timur, 2011; Witeska, 2013).



Şekil 2.3 Hemoglobin molekülü (Anonim, 2023b)

Hemoglobin molekülü renksiz bir protein olan globulin ve demir içeren sarı-kırmızı renkli bir pigment olan heme'den oluşan, eritrositlerin karakteristik kırmızı rengini almasını sağlayan bir moleküldür (Demir, 2006; De Souza ve Bonilla-Rodriguez, 2007; Koz vd., 2010; Timur, 2011).

Kan hemoglobin konsantrasyonu çenesiz balıklar (Agnatha)'dan Memeliler familyasına (Mammalia) doğru artış eğilimi göstermektedir. Ancak artan hemoglobin oranı eritrosit boyutu ile belirgin bir korelasyon göstermez. RBC'lerin birim hacmi başına ortalama hemoglobin konsantrasyonundaki (MCHC) genel bir artış, Hb'deki artışın bir kısmını açıklar ve hemoglobin miktarının bir üst sınırı vardır. Memeli RBC'leri çekirdeksizdir, fakat çekirdek kaybı ile hemoglobin paketlenmesinde bir artış olmaz (Sneyder ve Sheafor, 1999).

Sharma ve Gupta (1994), en yüksek hemoglobin değerini bir sazan türü olan *Puntius sophore*'de 16g/100ml olarak ölçmüştür. Montero vd. (1999), balık türlerinde

bulunan hemoglobin konsantrasyonunun 5.0-10.0 g/dl arasında değiştiğini bildirmiştir. Demir (2006) ve Timur (2011) balıklarda hemoglobin miktarının farklı türlere göre ortalama 7-12 g/100 ml arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Fazio (2019), farklı balık türlerine ait yaptığı bir araştırmada hemoglobin miktarının 4.70-16.6 g/dl aralığında olduğunu bildirmiştir.

2.3.1.2 Hematokrit (Hct)

RBC miktarını değerlendirmek için kullanılan en yaygın teşhis aracı, paketlenmiş hücre hacmi (PCV)'dir. PCV veya hematokrit, kan hacmi başına eritrosit konsantrasyonu veya total kan hacminde bulunan kırmızı hücrelerin “%” olarak oranıdır (Moreno vd., 2000; Claver ve Quaglia, 2009).

Balıklarda hematokrit değerleri, aktif olarak yüzen ve yüzeyden beslenen türlerde %0 ile %50 arasında değişebilir. Çoğu teleost türünde kan hematokrit değerleri %20 ila %40 arasındadır. Ancak Antarktika buz balıkları ailesinin bazı üyeleri, kırılğan ve hemoglobin içermeyen aşırı derecede az eritrosit içeren renksiz bir kan dokusuna sahiptir. Antarktika balıklarının başka bir grubu olan Nototheniidae'de, 1mm³ kanda 0.38-1.2x10⁶ eritrosit vardır, bu sayı teleostlar için normal değerlerden çok daha azdır (D'Avino vd., 1990).

Hematokrit veya kanın paketlenmiş hücre yüzdesi balığın türü, cinsiyeti, üreme durumu, balık boyutu, yaşam evresi gibi fizyolojik özellikler; su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, popülasyon yoğunluğu, fotoperiyot gibi çevresel faktörler; aktivite düzeyi, beslenme durumu ve çeşitli stres faktörleri (taşıma, anestezi vb.)'nin etkisiyle değişkenlik gösterebilir. Kan hematokrit düzeyinin %20'den az olması ile kan azlığı veya anemi olarak adlandırılan durum gerçekleşir. Anemi, kan kaybı (hemorajik anemi), hücre yıkımı (hemolitik anemi) veya azalmış üretim (hipoplastik anemi) nedeniyle olabilir (Clauss vd., 2008).

2.3.1.3 Sekonder Eritrosit indeksleri

Wintrobe indeksleri olarak adlandırılan bu parametreler eritrosit indekslerinden matematiksel olarak elde edilen ortalama eritrosit hacmi (MCV), ortalama korpüsküler

hemoglobin (MCH) ve ortalama korpüsküler hemoglobin konsantrasyonu (MCHC) olarak adlandırılan klinik parametrelerdir. Bu değerler, anemilerin türünün tanımlanmasını sağlar (Stoskopf, 1993; Thrall vd., 2012).

Sekonder eritrosit indeksleri, kırmızı kan hücrelerinin boyutunu ve periferik kandaki hemoglobin konsantrasyonunu tanımlar. Ayrıca farklı anemi türlerinin (mikrositik, normositik veya makrositik) göstergeleridir. Anemi türleri kırmızı kan hücrelerinin içerdikleri ortalama hemoglobin konsantrasyonuna göre de hipokromi, hiperkromi veya normokromi olarak alt gruplara ayrılır (Thika, 1993). Montero vd., (1999) teleostlardaki ortalama eritrosit hacminin (MCV) 150-350 fl arasında, ortalama eritrosit hemoglobin (MCH) aralığının 30-100 pg arasında, ortalama eritrosit hemoglobin konsantrasyonunun (MCHC) ise 18-30 g/dl arasında değiştiğini bildirmiştir.

2.3.2 Lökositler

Lökositler olarak da adlandırılan beyaz kan hücreleri, bakteriler gibi içsel ve dışsal ajanlara karşı vücudun savunma araçlarıdır (Stöllberger, 2013). Lökositler biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı adaptasyonu sağlayan vücuda giren antijenlere ve parazitlere karşı bağışıklık yanıtını oluşturan hücrelerdir (Secombes, 1996; Van Muiswinkel ve Vervoorn-Van Der Wal, 2006). Lökositlerin kandaki sayısı vücudun karşılaştığı enfeksiyonlarda artar. Lökositler, özellikle de nötrofiller damar dışına çıkarak enfeksiyon bölgesine ilerlerler ve bakterileri fagosite ederler (Çelikkale, 2003; Demir, 2006).

Lökositler kemikli balıklarda çoğunlukla böbrekte üretilir. Bu durumdan farklı olarak kıkırdaklı balıklarda bu görev özel leyding organı olarak adlandırılan bir organ tarafından gerçekleştirilir (Ekingen, 2001).

Lökositler hücre içi granül yapılarına göre granüllü (granülosit) ve granülsüz (agranülosit) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Çelikkale, 2003; Demir, 2006; Çevik vd., 2007; Timur, 2011). Balık kanındaki lökosit türleri lenfositler, monositler, nötrofiller, eozinofiller ve bazofillerdir (Ainsworth, 1992; Dove vd., 2010). Kan lökosit sayısı biyotik (yaş, mevsim, olgunluk, patojenler gibi) ve abiyotik (su sıcaklığı, pH, çözünmüş oksijen içeriği dahil) faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Pavlidis vd., 2007).

2.3.2.1 Granülositler

Granülositler tüm lökositlerin %4-40'ını oluşturan yaklaşık olarak 10µm çapa sahip, içerdikleri granüllerinin boyanma özelliklerine göre nötrofil, eozinofil ve bazofil olmak üzere üç gruba ayrılan lökositlerdir (Çevik vd., 2007).

2.3.2.1.1 Nötrofiller

Nötrofiller genellikle iki veya üç loblu, nükleus segmentasyonu gösteren, böbrek benzeri eksantrik çekirdeğe sahip karakteristik yapıları ile morfolojik olarak kolayca ayırt edilebilen ve lenfositlere benzer şekilde boyanan yuvarlak-oval şekilli hücrelerdir. Nötrofiller hücre boyutları büyük olan ve teleostların kan dolaşımında yaygın olarak görülen hücrelerdir (Pavlidis vd., 2007; Kumar, 2016) ve kanın tüm şekilli hücrelerine oranla %4.8 oranında görülürler (Manning ve Nakanishi, 1996).

Nötrofil hücreleri teleostlarda çoğunlukla böbreklerin hematopoetik dokusunda az miktarda da dalakta üretilir (Dikic vd., 2013).

Levrek (*Dicentrarchus labrax*) kanından elde edilen periferik kan yaymalarında nötrofil sitoplazmasının görünümünün lenfosit sitoplazmasına benzediği fakat, lenfositlerden farklı olarak nötrofillerin böbrek şeklinde çekirdeği ile ayırt edilen büyük karakteristik hücreler oldukları görülmüştür. Nötrofillerin hücre büyüklükleri sargoz balığı (*Diplodus sargus*)'nda 15.12 ± 0.13 µm, sinarit balığı (*Dentex dentex*)'nda ise 12.24 ± 0.13 µm olarak ölçülmüştür (Pavlidis vd., 2007). Nötrofil hücre boyutları çiklit balığı (*Cichlasoma dimerus*)'nda 5-9.5 µm (Vazquez ve Guerrero, 2007), levrek'te 5.39 ± 0.77 µm, uskumru (*Thunnus maccoyi*)'da 9.20-8.10 µm (Rough vd., 2005) olarak ölçülmüştür.

Nötrofil hücrelerine ait elektron mikroskobu incelemelerinde sitoplazmalarının golgi aygıtı, mitokondri, ribozomlar, endoplazmik retikulum, vakuoller, glikojen partikülleri ve spesifik granüller içerdiği görülmüştür (Fujimaki ve Isoda, 1990). Balık nötrofilleri fagositoz, kemotaksis ve respiratorik yıkım aracılığı ile bakterisidal aktiviteye sahiptirler. Bu hücreler lektin, komplement ve Fc reseptörlerine sahip spesifik hücrelerdir (Olafsen, 1995).

Nötrofiller balık kanında bulunan ikinci en yaygın lökositlerdir. Enflamatuvar hücrelere kemokinler tarafından alınan birincil lökositler, nötrofillerdir (Katzenback ve Belosevic, 2009; Havixbeck ve Barreda, 2015) ve spesifik mekanizmaları yoluyla patojenleri ortadan kaldırırlar. Aktif hale gelen nötrofiller, güçlü öldürücü hücrelerdir. Reaktif oksijen türleri (ROS), toksik hücre içi granüller, (Meseguer vd., 1994; Flerova ve Balabanova, 2013) ve istilacı patojenlerin yayılmasını önleyen antimikrobiyal granüler proteinlerden oluşan hücre dışı salgı maddeleri salgırlar (Palic vd., 2007; Pijanowski vd., 2013). Nötrofiller akut enfeksiyonlarda damar duvarından ameboid aktivite ile zarar gören dokuya göç ederler (Timur, 2011). Böylece bakterileri ve zarar görmüş doku parçacıklarını fagosite ederler (Manning ve Nakanishi, 1996; Timur, 2011).

2.3.2.1.2 Eozinofil

Teleostlarda eozinofillerin morfolojisi memeli eozinofillerine benzerdir (Balla vd., 2010). Eozinofiller boyalı kan yaymalarında büyük, yuvarlak-oval şekilli, yuvarlak veya loblu çekirdeğe sahip hücrelerdir. Sitoplazmaları büyük parlak kırmızı veya turuncu renklindedir ve mavi-gri renkte eozinofilik granüller içerir (Glomski vd., 1992; Old ve Huveneers, 2006). Nükleus hücrede bazen eksantrik olarak yerleşmiştir (Pavlidis vd., 2007).

Tilapia eozinofillerinin boyalı kan preparatlarında yuvarlak yapıda, çekirdeklerinin de hücre zarına yakın olduğu görülmüştür. Giemsa boyası ile boyanan periferik kan yaymalarında ise bu hücrelerin sitoplazmalarının pembe renge boyanmış granüllerle dolu olduğu görülmüştür (Pavlidis vd., 2007; Timur, 2013).

Balık eozinofilleri memeli eozinofillerine benzer morfolojik yapıdadır. Yapılarında mast hücrelerine benzer şekilde damar geçirgenliğini arttıran histamin bulundururlar ve alerjik reaksiyonlarda görev yaparlar (Claver ve Quaglia, 2009). Balıklarda bulunan eozinofiller çok sayıda eozinofilik granüle sahiptir, ancak insan eozinofillerindeki durumun aksine, bu granüller peroksidaz negatiftir ve daha çok insan bazofillerine benzeyen bir ultrastrüktüre sahiptir (Lieschke vd., 2001). Ayrıca, insan hücrelerinin loblu çekirdeğinin aksine, zebra balığı (*Danio rerio*) periferik yaymasında, merkezi olmayan bölünmemiş bir çekirdeğe sahiptir. Bu hücreler ayrıca

miyeloperoksidaz ve asit için negatiftir, fosfataz aktivitesi Periyodik Asit-Schiff boyamasında pozitifdir (Lieschke vd., 2001; Onnebo vd., 2004).

Bu hücreler monositler ve nötrofiller ile birlikte fagositik aktiviteye katılırlar (Stoskopf, 1993), ancak eozinofillerin birincil olarak rol aldığı durumlar parazit enfeksiyonlarıdır. Aktif olarak metazoon parazit enfeksiyonu ve antijenik enfeksiyonlara karşı immün yanıtta yer alırlar (Stoskopf, 1993, Kiesecker, 2002). Eozinofiller, parazit enfeksiyonlarının kontrolünde etkilidir. Zebra balığı'nın helmint (*Pseudocapillaria tomentosa*) enfeksiyonunda bağırsaklardaki eozinofil sayısının arttığı görülmüştür (Balla vd., 2010). Eozinofiller spesifik olmayan bağışıklık faktörlerinin sentezi ile fagositoz gerçekleştirirler (Manning ve Nakanishi, 1996).

Eozinofil hücreler teleostların kan dolaşımında nadir (%0-1.87) bulunan hücrelerdir (Groff ve Zinkl, 1999; Hrubec vd., 2000; Hrubec vd., 2001; Ranzani-Paiva vd., 2003; Vazquez ve Guerrero, 2007).

Farklı türlere ait eozinofil boyutları bir çiklit balığı'nda 4.8-9.5µm (Vazquez ve Guerrero, 2007), levrek' te 6.38±1.04 µm (Esteban, vd., 2000), uskumru'da 9.53-9.87 µm olarak ölçülmüştür (Rough vd., 2005).

2.3.2.1.3 Bazofil

Bazofiller küçük, yuvarlak formda, çekirdekli, sitoplazmalarında yoğun bazofilik granüller içeren hücrelerdir (Timur, 2013; Grant, 2015). Bazofiller bazı türlerde uzunca bir şekle sahip, nükleusları diğer granülositlere göre daha küçük ve eksantriktir. Bazofil lökositler Giemsa ile boyalı kan preparatlarında koyu mavi renkte iri granüllere sahiptir (Timur, 2013).

Bazofiller kan dolaşımında çok az sayıda görülen hücrelerdir. Bazofil hücrelerin bazı balık türlerinde, örnek verilecek olursa, zebra balığı ve levrek'te olmadığı tespit edilmiştir (Claver ve Quaglia, 2009). Çoğu balık kanı bazofil içermez ve yalnızca eozinofillere sahiptir (Gao vd., 2007; Vázquez ve Guerrero, 2007; Del Rio-Zaragoza vd., 2011; Motlagh vd., 2012; Milad vd., 2016; Zheng vd., 2016). Birkaç balık türünde ise eozinofil hücrelerin görülmediği sadece bazofil hücrelerin bulunduğu tespit edilmiştir (Shigdar vd., 2009; Da Silva vd., 2011; Zhang vd., 2019). Bazı balıklarda ise ne

eozinofiller ne de bazofillere rastlanılmamıştır (Tavares-Dias ve Moraes, 2004; Da Silva vd., 2011; Fang vd., 2014; Chen vd., 2019).

Granülosit etkileşimi sonucu salgılanan IgD sınıfı immünoglobulinler bazofillerin yüzeyine bağlanarak, katelisin, pentraksin-3 ve defensin gibi antimikrobiyal faktörlerin üretimini tetikler. Bazofil IgD etkileşiminin kalsiyum bağlanması yoluyla B hücresi aktivasyon faktörlerinin ve sitokinlerin üretimini tetiklediğini belirtilmiştir. (Chen vd., 2009; Edholm vd., 2011).

Balık bazofilleri May-Grünwald Giemsa ile boyanmış kan yaymalarında yoğun mavi-siyah granüllü görünürler. Granüllerin bolluğu nedeniyle hücre nükleusunun ayırt edilmesi zordur (Bianchi vd., 2014).

2.3.2.2 Agranülositler

Agranülositler kanda bulunan tüm lökositlerin %60-96'lık kısmında yer alan lenfosit ve monosit olarak adlandırılan hücrelerdir (Çelikkale, 2003; Demir, 2006).

2.3.2.2.1 Lenfositler

Lenfositler fagositik özelliğe sahip antikor oluşturan bağışıklık sistemi hücreleridir. Lenfositler 4-12 µm arasında değişen hücre büyüklüklerine sahiptirler. (Çelikkale, 2003; Demir, 2006).

Lenfositler böbreklerin lenfoid dokusunda depolanan vücudu bakteriyel enfeksiyonlara karşı koruyan hücrelerdir. Bu hücreler enfeksiyon durumunda aktif bir şekilde enfekte olan bölgeye doğru göç ederler ve fagositoz yolu ile içlerine aldıkları bakterileri öldürürler (Timur, 2013).

Lenfositler periferik kan yaymalarında yoğun koyu kırmızı-mor renkte boyanmış renkte görülen, büyük yuvarlak çekirdeğe sahip yuvarlak hücrelerdir. Sitoplazmaları koyu mavi bir halka şeklinde ve çok belirgin bir yapıda değildir (Timur, 2013). Balık lenfositleri, ince sitoplazmalı küçük yuvarlak hücrelerdir. Çekirdek kompakt yapıda büyük yuvarlak, bazen hafif oval veya girintilidir. Sitoplazma homojen, bazofilik yapıda ve diğer omurgalılarda bulunan eozinofillere benzerdir (Clauss vd., 2008).

Lenfositlerin hücre büyüklükleri sazan'da 6.6-11.8 µm Japon balıkları'nda 7.4-8.4 µm (Groff ve Zinkl, 1999), levrek' te 3.88 ± 0.87 µm (Esteban vd., 2000), tilapya (*Oreochromis*)'da 4.6-6.4 µm (Hrubec vd., 2000), çiklit balığı'nda 3.4-4.7 µm olarak ölçülmüştür (Vazquez ve Guerrero, 2007). Lenfosit hücre büyüklüğü pisi balığı (*Platichthys flesus*)'nda 4 µm, japon balığı'nda 8.2 µm ve insanda 6 µm olarak ölçülmüştür. Tilapia balıklarında büyük lenfositler 8.3 µm uzunluğunda küçük lenfositler ise 5.4 µm büyüklüğünde ölçülmüştür (Timur, 2013). Sinarit balığı'nda hem en küçük ortalama hücre çapına (7.68 ± 0.09 µm) hem de en dar boyut aralığına sahip lenfositlere rastlanmıştır (Pavlidis vd., 2007).

Lenfositler sağlıklı teleostlarda en bol bulunan lökositlerdir (Modra vd., 1998; Hrubec ve Smith, 2010; Witeska vd., 2016) ve kan dolaşımındaki ortalama lenfosit yüzdesi genellikle %50 ile %99 arasında değişmektedir (Modra vd., 1998; Witeska vd., 2016).

Bazı yazarlar lenfositleri büyüklüklerine göre büyük ve küçük olarak sınıflandırmış (Timur, 2013), fakat büyük ve küçük lenfositler arasında fonksiyonel bir fark görülmemiştir (Hrubec ve Smith, 2000).

Büyük lenfositlerde hücrede büyük bir nükleus vardır, sitoplazma nükleusun etrafında ince bir şekilde görülür (Timur, 2013). Büyük lenfositler küçük lenfositlere göre daha fazla sayıdadır ve küçük lenfositlerin ileri olgunluk evresindeki hücreler olduğuna inanılmaktadır (Blaxhall ve Daisley, 1973; Ellis, 1977; Barber vd., 1981). Kan dolaşımındaki küçük lenfositler, inaktif ve farklılaşmamış hücrelerdir. Bu lenfositler, dolaşımda spesifik bir antijen tarafından uyarılana kadar kan dolaşımında bu formda bulunurlar. Organizmanın antijenle karşılaşması durumunda ise antikor sentezleyen plazma hücrelerine dönüşürler (Timur, 2013).

Lenfositler organizmada rol aldıkları bağışıklık yanıtı türlerine göre kendi içinde iki gruba ayrılırlar. T lenfositler hücre aracılı bağışıklığın yanı sıra adaptif bağışıklık sisteminde hayati rol oynayan lenfositlerdir (Nakanishi vd., 2015). T lenfositlerinin hücre yüzeylerinde bulunan antijene özgü reseptörler veya T hücre reseptörleri ayırt edicidir (Manning ve Nakanishi, 1996). B lenfositler, humoral immün yanıtta önemli bir rol oynayan bir lenfosit türüdür. B lenfositlerin birincil işlevleri antijenlere karşı antikor üretmek, antijen sunan hücrelerin rolünü yerine getirmek ve son olarak antijenik etkileşim ile aktivasyondan sonra hafıza B hücrelerine dönüşmektir. Baş böbrek veya pronefroz,

teleost balıklarında B hücrelerinin kaynağıdır ve birincil lenfoid dokudur (Zapata vd., 2006). Dalak, teleost balıklarında bol miktarda B hücresinin bulunduğu ikincil lenfoid doku olarak kabul edilir. B lenfositlerinin aktivasyonu, plazmablast oluşumu ve plazma hücrelerine farklılaşma aşamaları dalakta gerçekleşir (Bromage vd., 2004).

2.3.2.2.2 Monositler

Monositler makrofajlar olarak da adlandırılan ve balık periferik kanında bulunan en büyük lökositlerdir (Fange, 1992; Vazquez ve Guerrero, 2007; Bianchi vd., 2014). Balık monositleri morfolojik olarak memeli monositlerine benzer yapıda olan, büyük boyutta, genellikle bol sitoplazmalı, vakuol içeren, yuvarlak şekilli hücrelerdir. Monositlerin merkezi olmayan çekirdekleri hücrenin bir kenarına itilmiş, yuvarlak, oval ya da loblu şekiller gösterebilir (Vazquez ve Guerrero, 2007; Bianchi vd., 2014). Bazı durumlarda şekilleri amip benzeri formda olabilmektedir (Fange, 1992). Çekirdek koyu mavi-mor renkte boyanır, sitoplazma büyük ve asimetrik bir biçimde soluk mavi renktedir (Pavlidis vd., 2007).

Monositler sargoz balığında $20.33 \pm 0.19 \mu\text{m}$ ve sinarit balığı'nda $16.65 \pm 0.14 \mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür (Pavlidis vd., 2007). Hücre büyüklükleri sazan'da $10.0\text{--}16 \mu\text{m}$, *C. auratus*'ta $7.0\text{--}17 \mu\text{m}$ (Groff ve Zinkl, 1999), levrek'te $6.02 \pm 0.98 \mu\text{m}$ (Esteban vd., 2000), *Oreochromis hibridi*'nde $9.4\text{--}10.7 \mu\text{m}$ (Hrubec vd., 2000), çiklit balığı'nda $4.0\text{--}7.1 \mu\text{m}$ (Vazquez ve Guerrero, 2007)'dir. Witeska vd. (2016), sazan'daki kan dolaşımında bulunan monositlerin %0.1-13.6 arasında olduğunu bildirmiştir.

Monositler vücutta spesifik olmayan bağışıklığı sağlarlar. Kan bariyerini geçtikten sonra bağ dokusunda durağan makrofajlar aşamasına geçerler (Stoskopf, 1993). Uzun ömürlü fagositik hücreler olan monositler inflamatuvar yanıtta yer alan, vücudun enfeksiyonlara ve bakterilere karşı savunması ve korunmasında rol oynayan hücrelerdir (Davis vd., 2008). Monositler kanda sayıca az görülen hücrelerdir (Pavlidis vd., 2007). Vücuda giren yabancı cisimleri fagosit ederek vücut savunmasında görev yaparlar. Balıklarda kan dolaşımındaki monositler, lökosit popülasyonunun %0.1'ini oluşturur. Ancak yabancı bir maddenin balığa enjeksiyonundan kısa süre sonra kan dolaşımındaki sayılarının arttığı tespit edilmiştir (Timur, 2013). Kan dolaşımında pasif olan bu hücreler kandan doku içine geçtikleri anda hareket kazanırlar. Mikroorganizmaları ve vücuda

zararlı maddeleri fagositoz yetenekleri ve hücre içi sindirimle parçalayarak yok ederler. Bu hücreler doku içinde aylarca monosit olarak yaşayabilirler. Vücut savunmasında ihtiyaç halinde mitozla bölünüp çoğalabilirler ve devamlı olarak enzim sentezleyebilirler. Ancak organizmanın vücuda zarar veren maddelerle ve antijenlerle karşılaşmaları durumunda hemen makrofajlara dönüşürler (Akay, 2014).

2.3.3 Trombositler (PLT)

Balık trombositleri, memeli trombositlerine benzer morfolojik yapıdaki hücrelerdir. Trombositlerin şekli türler arasında değişiklik gösterir. Hücreler morfolojik olarak yuvarlak-eliptik şekilde ve merkezi olarak konumlandırılmış bir çekirdeğe sahiptir. Sitoplazma genellikle yoğun değildir, bazen hafif eozinofilik granüller içerebilir ve kümeler halinde görülebilirler (Grant, 2015).

Trombositler (Kan pulcukları, Plateletler) periferik kandan elde edilen boyalı preparatlarda oval, yuvarlak, sivri uçlu sitoplazma çıkıntılılarına sahip formda veya iğ gibi şekillerde kümeler halinde görünürler (Esteban vd., 2000; Pavlidis vd., 2007; Aengwanich vd., 2010). Trombositlerin oval formu kan dolaşımında tüm balık türlerinde baskın form olarak bulunurken, iğ şeklindeki formu nadir olarak görülmektedir. Çekirdek büyük, koyu mor boyalıdır. Sitoplazmaları az ve hücre çevresinde halka benzeri bir etki gösterir. Çipura (*Sparus aurata*) ve salpa balığı (*Sparus salpa*)'nda (yuvarlak, oval ve iğ) sadece üç form gözlenmiştir (Pavlidis vd., 2007). Trombopoez balıklarda lenfomyeloid ve lenfoid dokularda gerçekleşir (Zou vd., 1999; Meseguer, vd., 2002).

Trombosit sayısı omurgalılarda 1mm³ kanda 200.000 ile 800.000/μL arasındadır (Stöllberger, 2013). Trombositlerin boyutları lenfositlere benzer ve küçük boyutlardadırlar (Esteban vd., 2000; Aengwanich vd., 2010). Trombositler kan dolaşımında eritrositlerden sonra sayıca en fazla bulunan kan hücreleridir. Balıklarda bulunan trombositler memeli trombositlerine homologdur fakat kökenleri ve morfolojik yapıları memelilere göre farklıdır (Lucas, 1961). Çekirdeksiz trombositler sadece memeli kan dolaşımında bulunurken; amfibiler, sürüngenler, kuşlar ve balıklar gibi omurgalıların kan dolaşımında bulunan trombositler hücresel bir çekirdeğe sahiptir. Omurgasız canlıların hemolenf adı verilen vücut sıvılarında trombosit görevi üstlenen ve hemosit adı

verilen çekirdekli hücreler trombositlerin görevlerini yerine getirirler (Dushay, 2009; Loof vd., 2010; Levin, 2019).

Trombositler balıklarda da memelilerde olduğu gibi pıhtılaşma sürecinde ve pıhtı oluşumunda rol oynayan hücrelerdir (Grant, 2015). Trombositler kanama durumunda hasarlı damar endotelinin onarılmasını sağlayarak kanın damar dışına çıkmasını engeller. Pıhtılaşma olarak trombositlere özgü olan bu fizyolojik davranış kanın hemostatik görevlerinden biridir. Kanama anında hasarlı bölgede toplanan aktive trombositler trombin ve fibrin oluşturarak glikoproteinlerle endotel altı dokuya bağlandıktan sonra pıhtı tıkaçını oluştururlar (George vd., 1986).

Balıklarda kan lökositleri, bağışıklık tepkilerinde rol oynayan başlıca hücre bileşenleridir, ancak bazı araştırmacılar balık trombositlerinin de fagositik yetenekleri aracılığıyla savunma mekanizmalarına katıldığını belirtmiştir (Stosik vd., 2001). Araştırmalar sonucunda morfolojik, immünolojik ve pıhtılaşmayı sağlayan homeostatik rolü nedeniyle balık trombositlerinin memeli trombositlerine homolog olduğu belirtilmiştir (Jagadeeswaran ve Sheehan, 1998).

2.4 Stres Etkenlerine Karşı Canlı Organizmanın Fizyolojik Tepkileri

Stres, homeostazı bozan herhangi bir faktöre verilen genel ve spesifik olmayan bir tepkidir. Stres maruziyeti sonrası sinir sistemi ve hormonal sistem vücudun tepkilerini kontrol edebilmek için devreye girer. Sempatik sinir sistem uyarımıyla böbrek dokusundan epinefrin ve kortizol hormonları salgılanır (Wendelaar Bonga, 1997; Svoboda, 2001).

Balıklardaki stres oluşturan etkilere karşı vücudun tepkileri birincil, ikincil ve üçüncül stres tepkileri olarak olarak sınıflandırılır (Ferguson vd., 2010). Birincil etki beyin merkezlerinin aktivasyonu sonucunda steroid üreten hücrelerden glikoz ve kortizol salınımının uyarılmasıdır. Stres sonucu oluşan bazı metabolik bozukluklar sonucunda bu hormonların salınımı ile kanın biyokimyasal parametrelerinde değişiklikler görülür (Ferguson vd., 2010; De vd., 2019). Hafif stres durumunda, iç denge korunur. Ancak şiddetli ve uzun süreli stres etkilerinin sonuçları canlı organizma tarafından düzeltilebilir olmadığında organizmanın telafi edici yetenekleri tükenir. Balıkta büyüme, solunum, gelişim, üreme gibi birçok hayati fonksiyonda değişiklikler görülebilir. Stres etkileri

hücresinin düzenleyici mekanizmaları tarafından telafi edilemezse homeostatik denge bozulur ve bunun sonucunda ölüm gerçekleşir (Fletcher 1975, Houston vd., 1996, Iwama, 2004). Organizma ilk etapta strese karşı davranışsal yanıtlar verir. Davranışsal yanıtlar organizmada kortizol hormonunun interrenal, adrenalin hormonunun ise kromaffin hücrelerden salgılanması sayesinde hipotalamus-hiofiz-adrenal aks yoluyla gerçekleşen endokrin sistem yanıtlarıdır. Strese karşı vücudun stres hormonları kan yoluyla hedef dokulara taşınır. Bu hormonlar hücrelerin metabolik aktivitesini hızlandırarak organizmanın enerji talebini artırır (Iwama, 2004).

Organizmanın uyarılara karşı adrenerjik cevabı hormonlarda, metabolik yollarda, enzimlerde ve davranışta görülen, karmaşık ve adaptif davranışların toplamıdır. Bu davranışsal cevaplar moleküler ve hücresel düzeyden başlayarak organizmaya ve popülasyona kadar yayılarak tüm fonksiyonel seviyelerde meydana gelir (Howerton, 2001).

Kandaki eritrosit, lökosit, hemoglobin ve hematokrit düzeylerinde görülen değişiklikler, sucul kirleticiler ve organizmayı tahriş eden etkenlere karşı organizmanın verdiği sekonder stres cevabını gösterir (Vosyliene, 1999). Stresin çevresel, fiziksel ve kimyasal özellikteki farklı türleri canlılarda, immünolojik, fizyolojik, hormonal ve davranışsal değişikliklere sebep olmaktadır. Akut ve kronik inflamasyonda, T lenfositlerinin ve B lenfositlerinin uyarılması hücresel bağışıklığı başlatır (Jin vd., 2015).

Canlı organizmalarda stres reaksiyonları; vücut boyutu, genetik özellikler, cinsiyet, popülasyon yoğunluğu, açlık gibi faktörler sonucunda gerçekleşen stres reaksiyonları kan bileşenleri ve bağışıklık mekanizmasına yansıyan çeşitli fizyolojik değişikliklere sebep olurlar (Rainza-Paiva vd., 2000). Su sıcaklığındaki değişiklikler, pH, O₂ konsantrasyonu, kirlilik gibi çeşitli abiyotik faktörler (Lebelo vd., 2001); biyotik etkileşimler (predatörlük, parazit istilaları veya güçlü rekabet); balık yetiştirme ve hasatla ilgili insan faaliyetleri (dokunma-yakalama, avlama stresi) stres oluşturan diğer faktörlerdir. Bu tetikleyici faktörlerin hepsi kanın kimyasal bileşimi ve bağışıklık mekanizmaları da dahil olmak üzere organizmada çeşitli fizyolojik değişikliklere neden olur (Houston vd., 1996; Witeska, 2005).

2.4.1 Balıklarda Biyotik ve Abiyotik Faktörlerin Kan Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi

Balık hematolojisi hakkındaki bulgular 1800'lü yılların sonuna doğru elde edilmeye başlanmıştır (Stoskopf, 1993). Bu çalışmalar 1960-1970 yılları arasında daha hızlı gelişmiş ve sonraki yıllarda da gelişmeye devam etmiştir (Luskova, 1997).

Hematolojik metodlar balıkların genel sağlığının tayininde biyologlar tarafından yıllardır kullanılmaktadır. Toksikolojik çalışmalar da balıkların çevre şartlarındaki değişikliklere kısa sürede verdiği metabolik yanıtları ölçen ve bu nedenle sıklıkla kullanılan analiz yöntemleri arasındadır (Haşiloğlu ve Atamanalp, 2002). Sitokimyasal boyama, biyolojik makromolekülleri ve enzimlerin aktivitesini tespit etmek için yaygın olarak kullanılır. Aynı zamanda kan hücrelerinin yapısı ve içeriği hakkında bilgi verir (Shigdar vd., 2009; Massar vd., 2012). Kan hücresi sayımları, morfolojik incelemeler ve çeşitli hücre içi fonksiyonel bileşenlerin analizi, balıkların sağlık durumunu belirlemek için kullanılan biyolojik belirteçlerdir (Ishikawa vd., 2008; Fang vd., 2014).

Balıkların çevrelerinde uzun vadeli değişikliklere yaptıkları ayarlamaların toplamı iklimlendirme olarak adlandırılır. Değişiklikler sıklıkla mevsimsel veya diğer sıcaklık değişimleri açısından düşünülür. Ancak iklimlendirme oksijen seviyesindeki, tuzlulukta veya diğer çevresel faktörlerdeki değişikliklere yanıt olarak da ortaya çıkabilir (Howerton, 2001). Değişen çevresel koşullarda balıkların hematolojik değerlerinin belirlenmesi, popülasyonlar arasındaki tanıda ve su ortamındaki kirleticiler ile ilgili bilgilerin saptanmasında da yardımcı olmaktadır (Azizoğlu ve Cengizler, 1996; Barcellos vd., 2004). Kan analizlerinin, balıkların sağlık durumunu analiz etmede değerli bir yaklaşım olduğu ve kan özelliklerinin habitatla ilişkisini ve türün çevreye uyum kabiliyetini anlamada yardımcı olduğu kanıtlanmıştır (Bahmami vd., 2001; Fazio vd., 2012).

Balık kan parametreleri türler arası farklılık gösterebileceği gibi aynı türün bireyleri arasında da varyasyonlar gösterebilir. Tür farklılığının yanı sıra, yaş, ağırlık, boy, üreme dönemi, cinsiyet farklılığı, beslenme, su kirliliği, su kalitesi, sucul ortam sıcaklığı, sucul ortamın oksijen düzeyi, sucul ortamın tuzluluk seviyesi, mevsimsel etkenler, kan alma ve örnekleme metodu, stres, hastalık durumu, balığın bulunduğu sucul ortamdaki flora ve fauna özellikleri, sucul ortamda bulunan toksik maddeler, ağır metal

ve sanayi atıkları balık kan parametrelerinde değişikliğe sebep olabilir (Kori Siakpere vd., 2005; Çelik vd., 2006).

Balıklarda strese yol açan tüm etkenlere (su ve özellikleri, iklim-mevsim değişiklikleri, hastalıklar, parazitler ve enfeksiyonları, kimyasal veya biyolojik kontaminant maddelerin birikimi) verilen biyolojik cevaplar kısa sürede gerçekleşir. Bu nedenle, bu şartlara bağlı olarak gerçekleşen hematolojik parametrelerdeki değişiklikler oldukça anlamlıdır (Örün, 2000; Velisek vd., 2006; Clauss vd., 2008; Palmer vd., 2015).

Hematolojik analizler balıkların kısa ve uzun vadeli bağışıklık tepkilerini ölçmek ve balık sağlığı hakkında bilgi edinmek için kullanılır. Kan parametrelerinin ölçülmesi balık metabolizması ve su kalitesi hakkında bilgi edinmek için, bazı zarar verici tarımsal etkilerin balık sağlığına etkilerini ölçmede, potansiyel hastalık salgını ve beslenme durumu hakkında da güvenli bilgiler sunar (Seibel vd., 2021).

Bugüne kadar farklı balık türlerine ait birçok çalışma yapılmıştır. Sucul ekosistemdeki tuzluluk, sıcaklık ve çözülmüş oksijen dalgalanmaları gibi çevresel değişikliklere organizmanın fizyolojik yanıtları, tatlısu ve deniz suyu türlerinde araştırılmıştır (Foss vd., 2001; Adeyemo vd., 2003).

Balıkların kan parametrelerine etki eden ve bu parametrelerin seviyelerini azaltıcı veya arttırıcı olduğu bilinen birçok fizyolojik veya çevresel faktör vardır. Yapılan bir çok araştırma sonucunda bu faktörlerin genellikle yaş (Ranzani-Paiva ve Ishikawa, 1996; Jamalzadeh ve Ghomi, 2009), cinsiyet (Guanghua vd., 1998; Luskova 1998; Zakes vd., 2016) sağlık durumu (Vazquez ve Guerrero, 2007), türler arası değişim (Lim ve Klesius, 2003; Ranzani-Paiva vd., 2003; Anthony vd., 2010), beslenme durumu ve açlık durumu (Rios vd., 2002; Svetina vd., 2002; Lim ve Klesius, 2003; Rehulka vd., 2004; Rios vd., 2005; Vazquez ve Guerrero, 2007), sucul ortamın sıcaklık ve tuzluluk değerleri (Rauthan ve Grover, 1994; Fazio vd., 2003; Gbore vd., 2006; Adeyemo vd., 2009), örnekleme koşulları (Korcock vd., 1988), fotoperiyot (Leonardi ve Klempau, 2003), hastalık (Steinhagen vd., 1990; Groff ve Zinkl, 1999; Martins vd., 2004; Azevedo vd., 2006; Jamalzadeh vd., 2009), stres (Fernandez ve Mazon, 2003; Cnaani vd., 2004, Carvalho ve Fernandes, 2006), pestisit maruziyeti (Hedayati ve Tarkhani, 2013), metal maruziyeti (Ololade ve Oginni, 2010), gibi etkenler olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucunda eritrosit sayısının hem endojen (üreme aşaması, yaş, cinsiyet, balığın aktivite düzeyi) hem de eksojen faktörlere (sucul ortamın pH,

sıcaklık, çözülmüş oksijen konsantrasyonu seviyeleri) bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir (Witeska, 2013; Burgos-Aceves vd., 2019). Eritrosit (RBC) ve lökosit (WBC) sayıları, diferansiyel lökosit sayıları (granülosit ve agranülosit kan düzeyleri), hemoglobin (Hb) miktarı gibi hematolojik parametrelerdeki kalitatif ve kantitatif değişiklikler tanı açısından en önemli bulgulardır (Bhilave vd., 2014).

Balıklarda eritrosit (RBC), hemoglobin (Hb), hematokrit (Hct) ve ortalama eritrosit hacmi (MCV) değerlerinin; beslenme, balık vücut uzunluğu, yaş, cinsiyet, su sıcaklığı, tuzluluk ve sucul ortamın koşullarına bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir (Jawad vd., 2004; Kori-Siakpere vd., 2005; Martins vd., 2011; Milad vd., 2016).

Hematokrit ve hemoglobin indeksleri, sahada en kolay belirlenen hematolojik parametrelerdir (Pradhan vd., 2012). Kan hemoglobin değeri, kirleticilere ve tahriş edici maddelere karşı organizmanın verdiği sekonder cevap olarak kullanılan tanı yöntemlerindendir (Vosyliene, 1999). Anemi ve besin absorpsiyonu gibi fizyolojik bozulma durumlarında kan hemoglobin seviyesinde azalmalar tespit edilmiştir (Mayer, 1998). Çeşitli yazarlar tarafından elde edilen veriler, balıkların ağır metallerle zehirlenmesinin bazen stres reaksiyonuna benzer semptomlara neden olabileceğini göstermektedir (Jezierska ve Witeska, 2001; Witeska, 2003). Ağır metal maruziyeti de balıkların alyuvar sistemini etkiler ve bunun sonucunda anemi görülebilir. Bazı durumlarda da, özellikle kısa süreli maruziyetler sonrası kırmızı kan parametrelerinin (RBC, Hct, MCV, Hb) düzeylerinde artışlar görülebilir (Witeska, 1998; Dethloff vd., 1999).

Bir organizmanın eritrosit sayısı, kanın oksijen taşıma kapasitesini gösterir (Val, 2000). Fang vd., (2014), ise eritrosit boyutu ile oksijen taşıma kapasitesi arasında ilişki olduğunu ve küçük eritrositlerin oksijeni daha iyi taşıdığını belirtmişlerdir.

Fizyolojik uyum sonucundaki eritrosit sayısındaki artış hematokritte yaklaşık %25 artışa neden olmaktadır (Caldwell ve Hinshaw, 1994). Stres durumunda ihtiyaç duyulan eritrositlerin %90'ı birkaç dakika içinde dolaşıma salınır. Stres eritrositlerin sayısı ve hacmini arttırarak hematokrit ve hemoglobin seviyesinin artmasına sebep olur (Houston vd., 1996). Stresin balıklarda ozmotik sistemin ve hücrel elektrolit-su dengesinin bozulmasına yol açarak; balık eritrositlerinin stres kaynaklı şişmesine, plazmanın asitleşmesine ve eritrosit sitoplazmasının alkalileşmesine eşlik eden bir dizi metabolik olaya sebep olduğu gözlenmiştir (Witeska, 2005). Özellikle hipoksik stres

durumunda dolaşımdaki hücrelerin bölünmesi gözlenebilir (Murad vd., 1993). Hafez ve Oryan (2002) yüksek konsantrasyonda NaCl'ye maruz kalan Pullu sazan (*Cyprinus carpio carpio*)'larda Hb konsantrasyonunda artış gözlemişlerdir (Gomes vd., 2003). Sıcaklığın kimyasal ve biyolojik süreçler üzerinde güçlü bir etkisi vardır. Sıcaklığın her 10 °C artışında kimyasal ve biyolojik reaksiyon oranları iki katına çıkar. Bunun sonucunda yaşayan organizmaların metabolik aktivitesi artar ve canlılar iki kat daha fazla oksijen kullanır (Howerton, 2001). Balıklar sucul ortamın sıcaklığından kaynaklanan değişikliklere uyum sağlayabilen ektotermik omurgalılarıdır. Sucul ortam sıcaklığının artması sucul ortamın çözünmüş oksijeninin azalmasına sebep olur. Balık azalan çözünmüş oksijen seviyelerine eritrosit sayısı ve hemoglobin konsantrasyonunu arttırarak uyum sağlar (Pradhan vd., 2012; Witeska, 2013). Yaz aylarında, yüksek metabolik hız ve daha yüksek su sıcaklığı nedeniyle hemoglobinin, eritrositler ve hematokrit gibi hematolojik parametreler diğer mevsimlere göre daha yüksek değerlere sahiptir. Kış aylarında ise düşük su sıcaklığı ve azalan metabolizma hızı hematolojik parametrelerde düşüşe sebep olur. Sucul ortamın sıcaklık değişikliklerine bağlı organizmanın metabolik yanıtları su sıcaklığının çözünmüş oksijen konsantrasyonunu azaltan etkisini telafi etme çabasıdır (Pradhan vd., 2014; Vigliano vd., 2014).

Su sıcaklığındaki artışlar, eritrosit sayılarını arttırdığı gibi hemoglobin miktarını da etkiler. Hemoglobin seviyesi de eritrosit sayısı ile bağlantılıdır. Eritrosit sayısı azaldığında bununla bağlantılı olarak hemoglobin seviyesi de azalır. Hong Kong orfozu (*Epinephelus akara*) ve Malabar orfozu (*Epinephelus malabricus*)'nda düşük sıcaklıkta hemoglobin eğiliminde bir düşüş bildirilmiştir (Lin vd., 2012; Cho vd., 2015).

Yapılan araştırmalar sonucunda daha aktif balıkların, daha yüksek hemoglobin değerlerine sahip olma eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. Yüksek eritrosit sayısı, dinamik vücut, hızlı hareket ve yüksek aktivite ile ilişkilendirilmiştir (Rambhaskar ve Srinivasa Rao, 1987; Annune ve Ahuma, 1998; Sowunmi, 2003).

Satheeshkumar vd., (2012) yaptığı çalışmada da daha yüksek bir eritrosit sayısının düşük oksijen seviyelerine sahip doğal deniz balıklarında daha yüksek çözünmüş oksijen talebini gösterdiği sonucuna varmışlardır. Fizyolojik uyum sonucunda yüksek aktivite ile artan eritrosit sayısı ve hemoglobin konsantrasyonu artışı vücudun daha yüksek metabolik talebe verdiği bir yanıttır. Bu durumun eritrosit hacmi üzerinde etkisi yoktur (Engel ve

Davis, 1964). Samaras vd., (2016), levrek balıklarının aktif yaşam döneminde yüksek hemoglobin ve hematokrit düzeylerine sahip olduğunu gözlemlemişlerdir.

Su habitatında, balık homeostatik sistemi, tuzluluk seviyesi, sıcaklık, pH, oksijen konsantrasyonu gibi değişikliklerden sürekli olarak etkilenir (Imsland vd., 2008). Yüksek tuzluluk ve sıcaklık, MCH ve MCHC değerlerinin daha düşük olmasına neden olur (Francesco vd., 2012).

Tuz stresi altındaki balıklarda osmotik değişikliklerin yol açtığı plazma iyon kayıpları nedeniyle hematokritteki düşüşler, eritrosit hacminin azalması ile görülen fizyolojik durumlardan kaynaklanır (Elarabany vd., 2017).

Hemoglobin içeriği, balığın yaşı ve genel durumu gibi endojen faktörlerden ve ayrıca dokunma-yakalama, taşıma gibi eksojen faktörlerden de etkilenebilir (Kori-Siakpere vd., 2005). Hematokrit, hemoglobin ve eritrosit sayısı gibi kan parametrelerinin su sıcaklığı ve tuzluluk gibi çevresel faktörlerle de ilişkili olduğu gözlenmiştir. Kan hemoglobin seviyeleri vücudun oksijenden faydalanma gücünü etkiler. Organizma ihtiyaç duyduğu oksijen miktarı ile ilişkili olarak dokuya oksijenin taşınmasını sağlayan metabolik gereksinimlere adaptasyonlar gösterir (Jawad vd., 2004). Hem spesifik hem de interspesifik düzeyde ortaya çıkabilen bu adaptasyonlar, toplam hemoglobin içeriğindeki nicel değişiklikleri veya Hb-oksijen bağlama özelliklerindeki kalitatif değişiklikleri içerebilir (Rambhaskar ve Srinivasa Rao, 1987).

Kış aylarında ortalama eritrosit hacmi (MCV) ve ortalama eritrosit hemoglobini (MCH) değerlerinde düşüş görülürken, bahar ve yaz aylarında ise sıcaklığın artmasıyla eritropoez sürecinden kaynaklanan artışlar görülür (Sharma vd., 2017). Brown vd. (2001), yüksek tuzluluk ve sıcaklığın, MCH ve ortalama eritrosit hemoglobin konsantrasyonu (MCHC) değerlerinin daha düşük olmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Eritrosit MCH, MCHC ve MCV indekslerinin mevsime göre değişiklik gösterdiği başka bir çalışma sonucunda eritrositlerin boyutunu gösteren MCV indeksinin eritropoez sırasında anormal veya normal hücre bölünmesi ile ilgili olduğu gözlenmiştir (Houston, 1996). Pradhan vd. (2014), ise Rohu sazanı (*Labeo Rohita*)’nda mevsimler ve cinsiyetler arasında MCHC ve MCH değerleri arasında belirgin bir fark bulamamışlardır.

Açlık nedeniyle balıklarda hematokrit değeri için çeşitli yanıtlar tanımlanmıştır. Besin alamamanın hematokrit ve hemoglobin düzeylerinde önemli bir azalmaya neden

olduğu gözlenmiştir (Caruso vd., 2012), her iki kan parametresindeki bu azalma eritropoezde bir baskılanma ile ilişkilendirilmiştir (McCue, 2010).

Eritrosit ve hemoglobin seviyelerini etkileyen faktörlerden biri de balıkların yaşı ve büyüklüğüdür. Balıkların boy ve yaşı arttıkça RBC ve Hb düzeylerinin daha yüksek olduğunu gösteren çalışmalar yapılmıştır. Balıkların vücut büyüklüğü ve yaşı ile orantılı olarak RBC ve Hb konsantrasyonunun artma eğiliminde olduğu gözlenmiştir (Das, 1964; Ikechukwu ve Obinnaya, 2010). Ayrıca Hilge (1980)' nin daha büyük bireylerin MCV, MCH ve MCHC için daha yüksek ortalama değerlere sahip olduğu yönünde çalışmaları mevcuttur. Hrubec vd., (2001), farklı boyutlarda olan Nil tilapiası' nda MCV seviyeleri hariç tüm kan parametrelerinde önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Svetina vd., (2002) ise eritrosit MCHC indeksinin vücut ağırlığının artışı ile orantılı olarak arttığını bildirmişlerdir. MCV ve MCH (Ortalama Eritrosit Hemoglobin Konsantrasyonu) düzeylerinin yaşlı balıklarda daha yüksek seviyelerde olduğu görülmüş, sazan'da balık yaşı arttıkça MCHC değerinin arttığı gözlenmiştir (Svetina vd., 2002). Yapılan araştırmalar kan lenfosit ve monosit sayılarının yaşlandıkça azalma eğiliminde olduğu yönündedir (Witeska, 2013; Burgos-Aceves vd., 2019)

Kan hücrelerini etkileyen faktörlerden biri olan cinsiyet, dişi balıklara karşı erkek balıkların daha yüksek metabolik aktivitesinin neden olabileceği kan hücresi bileşenlerindeki farklılıklar ile ilişkilendirilebilir (Collazos vd., 1998). RBC sayısı ve bununla ilgili parametreler erkek sazan balıklarında daha yüksek bulunmuştur (Orun vd., 2003).

Erkek ve dişi balıkların hematolojik parametrelerinde görülen farklılıkların cinsiyete bağlı olarak üreme aktivitesi ve bunun getirdiği farklı oksijen talebi ile ilişkili olabildiği gözlenmiştir (Yousefzadeh ve Khara, 2015). Öte yandan Vazquez ve Guerrero (2007), çiklit balıklarında (Cichlidae) erkek ve dişi bireyler arasında eritrosit sayısında önemli bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

Pradhan vd. (2014), Rohu sazanı'nda mevsimlerin ve cinsiyet farklılıklarının eritrosit MCHC ve MCH indekslerini etkilemediğini belirtmişlerdir. Yaz ve ilkbahar aylarında, mevsime bağlı artan su sıcaklığının adaptif yanıtı sonucunda balıkların eritrosit sayılarında artış gerçekleştiği bildirilmiştir (Collazos vd., 1998, Pradhan vd., 2012, Pradhan vd., 2014).

Şekli kan hücrelerinden biri olan lökosit sayıları diğer omurgalılarda olduğu gibi balıklarda da sağlık durumunun göstergesi olarak sıklıkla kullanılır. Bu hücreler doğuştan gelen bağışıklık savunmasının temel hücreleridir ve organizmada immünolojik fonksiyonun düzenlenmesinde rol oynarlar (Ballarin vd., 2004). Balık kanındaki lökosit seviyeleri, çevresel sıcaklık ve beslenme durumuna göre değişebilir (Tavares-Dias vd., 2002; Tort, 2011). Balıkların kan lökosit sayıları omurgalılarda olduğu gibi stres, hastalık, fizyolojik faktörler, (yaş, olgunluk), beslenme, inflamatuvar etkenler ve çevresel faktörlerin (su sıcaklığı, pH, çözülmüş oksijen miktarı) etkisiyle değişmektedir (Clausson vd., 2008).

Düşük sıcaklıklarda lökosit ve lenfosit sayısındaki düşüş, çeşitli balık türleri için tanımlanmıştır (Sala-Rabanal vd., 2003). Lökositlerde, özellikle kan lenfosit seviyelerinde görülen düşüşler genellikle strese maruz kalan balıklarda görülür (Siwicki ve Studnicka, 1992). Kanda bulunan yüksek eritrosit sayısının çok sayıda lökosit gereksinimini azalttığı ve baskıladığı, bu faktörün lökosit sayısını etkilediği düşünülmektedir (Xiaoyun vd., 2009).

Farklı araştırmalarla açıklanan immünsüpresyon olayının bir nedeni kış mevsimi dolayısı ile daha düşük su sıcaklığı ile ilgilidir. Lökosit sayısının immün hücrelerin yanıtının cinsiyet ve sıcaklık değişikliklerinden etkilenebileceği gösterilmiştir. Ayrıca gıda yoğunluğu ve yaş faktörünün de hematolojik parametreler üzerindeki etkisi bildirilmiştir (Vazquez ve Guerrero, 2007).

Folstad ve Karter (1992), erkek balıklarda yüksek testosteron seviyelerinin bağışıklığın baskılanmasına neden olduğu ve onları parazitlere kadınlardan daha duyarlı hale getirdiğini tespit etmişlerdir. Dişilerin, erkeklere kıyasla ağır bir şekilde enfekte olma olasılığının daha yüksek olduğu gözlenmiştir ve bu durum üreme sırasında ortaya çıkan stres ile ilişkilendirilmiştir. Üreme dönemlerinde görülen stresin yol açtığı davranış değişikliklerinin de onları ağır parazitlenmeye karşı daha savunmasız hale getirebildiği gözlenmiştir (Ranzani-Paiva vd., 1997). Yapılan bir araştırmaya göre de kefal (*Mugil platanus*) balığının erkek bireylerinin dişilerden daha yüksek parazit istilasına maruz kaldığı gözlenmiştir (Folstad ve Karter, 1992; Ranzani-Paiva vd., 1997).

Mrigal balığı (*Cirrhinus mrigala*) (Pradhan vd., 2014) ve gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nda (Houston vd., 1996), yapılan araştırmalar sonucunda her iki türde de lökosit değerleri yaz aylarında yüksek seviyelerde iken kış mevsiminde düşük

WBC değerleri gözlenmiştir. Lökosit ayısını etkileyen bu nedenler su sıcaklığına ek olarak erkek ve dişi balıkların genetik yapısındaki farklılıklar ile bağlantılı olabilmektedir. Ayrıca, su kalitesi, beslenme durumu ve bulaşıcı ajanların varlığına göre de lökosit sayısında dalgalanmalar olabilir (Vazquez ve Guerrero, 2007).

Diferansiyel lökosit sayısı, diğer hematolojik parametreler gibi cinsiyete, mevsime ve beslenme durumuna bağlıdır. Diferansiyel lökosit sayıları balığın sağlık durumunu gösterir ve bağışıklık sisteminin değerlendirilmesine yardımcı olur. (Wagner ve Congleton, 2004). Sharma vd. (2015), nötrofil sayısında artan su sıcaklığına bağlı görülen değişimleri fagositozun yüksek su sıcaklığında artan etkisine bağlamışlardır. Aynı şekilde yaz aylarında mevsimsel sıcaklığa bağlı olarak artan su sıcaklığı sebebiyle monosit sayısında görülen artışların sıcak mevsimlerde görülen gelişmiş bağışıklık tepkisi ve artan fagositik aktiviteden kaynaklandığı düşünölmüştür (Sharma vd., 2015).

Cinsiyetin hematokrit ve hemoglobin düzeylerinde de rol oynadığı görölmektedir. Hazar alabalığı (*Salmo caspius*) erkek bireylerinin daha yüksek hematokrit ve hemoglobin seviyelerine sahip olduğu gözlenmiştir (Jamalzadeh ve Ghomi, 2009). Hematolojik parametrelerde cinsiyete bağlı varyasyon erkeklerde hematokrit, hemoglobin, MCV, MCH ve monosit değerlerinin anlamlı olarak daha yüksek olduğunu göstermiştir (Heidari vd., 2021). Japon balığı, erkek bireylerinde hematokrit değerleri daha yüksek bulunmuştur (Ranzani-Paiva, 1995).

Cinsiyetler arasındaki hematolojik indekslerdeki bu farklılıklar, cinsiyete göre farklı oksijen ihtiyacı ile ilgili olabilir (Parma de Croux, 1994). Erkek bireylerin dişi bireylere göre daha yüksek Hct düzeylerine sahip olma sebebi erkek balıkların sahip olduğu yüksek metabolik vücut hızı ile açıklanabilir. Farklı sucul ortamlarda yaşayan dişi kar dikenlisi (*Schizothorax plagiostomus*) bireylerinde erkeklerin dişilere göre daha yüksek hematokrit oranına sahip olduğu gözlenmiştir (Ahmed ve Sheikh, 2020). Dişi Kunar balıkları (*Schizothorax labiatus*) nın yılın tüm mevsimlerinde erkeklerden daha fazla WBC sayısına sahip olduğu gözlenmiştir. Bağışıklık yanıtının cinsiyete göre değiştii ve daha yüksek su sıcaklığının da dişi balıkların kanındaki WBC sayısında artışa yol açtığı gözlenmiştir (Vazquez ve Guerrero, 2007; Jan vd., 2021).

Hazar alabalığı'nda farklı yaşam evrelerinde eozinofil, nötrofil, monosit, MCHC, RBC ve Hb indekslerinde farklılıklar görölmüştür (Jamalzadeh ve Ghomi, 2009). Kefalde hematokrit, hemoglobin, MCV, MCH ve MCHC için ortalama bireyler büyüdükçe hafif

bir artış eğilimi göstermiştir (Das, 1964). Sazan balıklarının erken yaşam evrelerinde hematokrit ve hemoglobin miktarının daha düşük seviyede görüldüğü bulunmuştur (Khanı vd., 2017).

Kan dokunun diğer bir şekilli elemanı olan trombositler teleost balıklarda dalak ve böbreklerde üretilir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, trombositlerin homeostaz sürecinde yer aldığını ve organizmada koruyucu bir rol oynadığını göstermiştir (Tavares-Dias ve Oliveira, 2009). Yapılan araştırmalar balık trombositlerinin de fagositik yetenekleri aracılığıyla savunma mekanizmalarına katıldığını göstermektedir (Stosik vd., 2001).

Kanın biyokimyasal parametreleri türler arasında farklılık gösterebildiği gibi, endojen ve eksojen faktörlere karşı da hassastır (Zarejabad vd., 2010). Bugüne kadar balık biyokimyasal parametrelerini etkileyen faktörlerle ilgili pek çok bulguya ulaşılmıştır. Araştırmacılar balıklarda serum biyokimyasal parametrelerinin balık yaşı, balık boyutu, çeşitli stres faktörleri, beslenme, mevsimsel şartlar, yumurtlama dönemi, cinsiyet ve doğadaki genetik varyasyonlar gibi çok çeşitli faktörlerden önemli ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir (Vazquez ve Guerrero, 2007; Pradhan vd., 2014).

Serum glikozu, balık hücreleri için ana enerji kaynağıdır ve glikoz seviyesindeki ani bir artış, akut stresi yansıtan önemli bir biyokimyasal parametredir (Vosyliene, 1999; Iwama vd., 1999; Barton, 2002). Serum glukoz düzeyi stres, beslenme durumu, mevsimsel değişkenlik, cinsel olgunluk ve aktivite düzeyinden etkilenir (Zarejabad vd., 2010). Canlılar organizmalarında enerji ihtiyacına neden olan stres durumunda metabolik olarak stresle başa çıkmak için enerji substratlarını harekete geçirirler (Vijayan vd., 1997). Kandaki yüksek glikoz konsantrasyonları, balığın karaciğer ve kaslardaki glikojen gibi enerji rezervlerini yoğun bir şekilde kullandığını gösterir (Vosyliene, 1999; Iwama vd., 1999). Balıklarda glikojen-glikoz döngüsünde yer alan temel organ karaciğerdir. Birçok örihalin balık türünde yapılan gözlemler sonucunda aşırı tuzlu sularda bulunan balıkların ihtiyaç duydukları osmoregülasyon ihtiyacının, bu düzenlemede doğrudan veya dolaylı olarak yer alan farklı dokuların daha yüksek enerji gereksinimlerine sebep olduğunu göstermiştir (Laiz-Carrion vd., 2003; Sangiao-Alvarellos vd., 2003; Sangiao-Alvarellos vd., 2005). Bu sebeple kanda glikozun mevcut olmasını sağlamak, solungaçlar ve böbrek gibi diğer metabolik ve osmoregülatör dokuların ihtiyacı olan enerjiyi karşılamak için ozmotik adaptasyon sırasında karaciğer metabolizması devreye girer

(Vijayan vd., 1996; Kavya vd., 2016). Bunun aksi durumu olan yüksek kan glikoz seviyeleri ise, bozulmuş glikoz ve lipid metabolizmasını veya karaciğerde glikojenin yıkımını gösterir (Acker ve Nogueira, 2012). Kan glukoz seviyesindeki azalma yaş, açlık durumu, hormonal ve davranışsal stres tepkileri ile bağlantılı olabilir (Hrubec vd., 2001). Yaz aylarında besin alımının kış aylarına göre daha fazla olması ve dolayısıyla buna eşlik eden pankreatik hormonların aracılığıyla glikozda yükselmeler görülebilir (Pradhan vd., 2014). Teleost balıklardan plazma glikoz seviyesindeki artışın (Torres vd., 1991; Cech vd., 1996; Lermen vd., 2004) hipoksik ortam, açlık ve esaret gibi birçok çevresel stres etkenlerinden kaynaklanabildiği belirtilmiştir.

Serum protein konsantrasyonu, sucul organizmaların stres durumunu yansıtan, hümmoral bağışıklık sistemi ve sağlık durumunun temel klinik düzeyinin anlaşılmasını sağlayan göstergelerdendir (Riche, 2007). Proteinler kanın pH' ını ve ozmotik basıncını korumak için hayati öneme sahiptir. Hücre hacminin düzenlemesinde ve farklı çevresel tuzluluklara uyum sağlamada ozmolitler olarak önemli görevler yaparlar (De Lisle, 1971; Aragao vd., 2010). Plazma proteinleri lipoproteinler ile lipitleri taşırlar, globülinler ile hemoglobinin yapısına katılırlar, seruloplazmin ile bakırı bağlarlar, fibrinojen ile pıhtılaşmayı sağlarlar (Demir, 2006). Serum proteinlerinden olan albümin ve globulinler balıklarda osmoregülasyonun sürdürülmesini sağlarlar (Nopianti vd., 2019). Balıklarda serum total protein seviyelerinde artış ve düşüşler çeşitli fizyolojik durumların göstergesidir. Total protein plazma düzeyleri karaciğerdeki patolojik veya fizyolojik değişikliklerde (Burtis vd., 2008), organizmanın artan metabolik aktivitesi sonucunda artan enerji ihtiyacı durumunda, düşük pH içeren sucul ortamlarda (Mc Donald ve Milligan, 1992), besin alamama sonucunda veya emilim bozukluklarında (Mayer, 1998) artarken vücuttan su kaybının yaşandığı durumlarda azalmaktadır (Mayer, 1998). Albümin, karaciğerde sentezlenen ve kanda madde transferini sağlayan aracı aminoasit molekülüdür. Dokularla kan arasındaki ozmotik dengeyi sağlamada, kapillerler ile dokular arasında madde alışverişi ve su değişiminde albüminin fizyolojik olarak hayati görevleri vardır (Karagül vd., 2000). Kan albümin seviyeleri çeşitli durumlarda değişmektedir. Dehidrasyon sonucunda kan albümin seviyesi artarken, organ hasarı veya besin alamama gibi durumlarda ise kan seviyelerinin azaldığı tespit edilmiştir (Mayer, 1998).

Besin alamama sonucunda artan açlık düzeyi ve oluşan stres, karaciğerin tetiklemesiyle balığın aminotransferaz aktivitesinde azalmalara sebep olmaktadır. Bu duruma eşlik eden deaminasyon kapasitesinde azalma ve sıvı dengesinde bozulmanın protein seviyelerini değiştirdiği belirtilmiştir (Peres vd., 2014). Çevresel stresörlerden hiper-tuzluluk ve hastalık enfeksiyonu gibi durumlar serum protein seviyesini azaltabilmektedir (Magnadottir vd., 2010; Ruiz-Jarabo vd., 2019). Beslenemeyen balıklarda doku protein seviyesinin ve toplam karaciğer ve kas kütlesinin azalması da plazma enzim seviyelerinin azalmasına neden olmaktadır (Kramer ve Hoffman, 1997; Tripathi ve Verma, 2003). Tuzluluk artışıyla birlikte plazma proteinlerindeki azalma, ozmoregülatör organların enerji talebiyle ilişkili olabilir. Artan tuzlulukla birlikte protein seviyelerinin önemli ölçüde azaldığı birçok çalışma sonucunda gözlenmiştir (Kelly ve Woo, 1999; Martinez-Alvarez, 2002). Serum protein konsantrasyonundaki azalmanın diğer bir sebebi de protein katabolizmasıdır. Farklı pH değerlerine maruz kalmayla ilgili artan talebi karşılamak için kandaki yapısal proteinlerin enerji talebine karşılık dönüştürme işlemi, serum protein seviyesinin düşmesine sebep olur (Das vd., 2006). Daha önce Svobodova vd. (2001), tarafından cinsiyetler arasında kan protein düzeylerinde önemli farklılıklar bildirilmiştir. Balıklarda proteinlerin gonad büyümesinin yanı sıra yüzme gibi enerji gerektiren aktiviteler için de bir enerji kaynağı olarak kullanılması, üreme sırasında toplam protein konsantrasyonunu azaltan başka bir faktördür (Hrubec vd., 2001; Bani ve Vayghan, 2011; Pradhan vd., 2014; Sharma vd., 2015). Yumurtlama dönemlerinde kandaki proteinin tükenmesi yumurtalıktaki artan protein artışı ile ilişkilidir. Lipidlerin taşınmasına aracılık eden albüminin kan serum düzeylerinin özellikle dişi bireylerde, cinsel olgunlaşmanın bir sonucu olarak arttığı bilinmektedir (Di Marco vd., 2011; Sharma, 2017).

Kan serum veya plazma albümin-globulin oranındaki değişiklikleri izlemek bağışıklık durumunu değerlendirmek için kullanılır. Albümin-globulin oranındaki artış, stresörlerin bağışıklık tepkisini, ya da organizmanın hastalık tepkisini yansıtır (Aydın vd., 2001). Ancak, düşük bir albümin-globulin oranı inflamasyon ve karaciğer hastalığı (Osmani vd., 2009) veya enfeksiyona yanıt olarak üretilen globulin artışını gösterir (Foott vd., 1996). Globulinler ve albüminler üreme dönemi olan kış ve sonbaharda artmış, ilkbahar ve yağışlı mevsimlerde azalmıştır. Yumurtlama dönemi olan ilkbahar döneminde metabolik sebepler dolayısıyla ve gonadların büyümesi sonucunda vücutta artan protein

ihtiyacına sebep olmaktadır (Pradhan vd., 2014). Albümin, steroid hormonlarının taşınması için önemli bir moleküldür. Bununla beraber, steroid hormonları ACTH salınımını arttırarak dolaylı etki gösterir. Bunun sonucunda kan sodyum, potasyum, fosfor azot düzeyleri de artar (McDonald, 2002).

Üre, protein metabolizmasının son ürünüdür ve protein metabolizmasındaki artış üre artışına neden olur (McDonald, 2002). Üre esas olarak solungaçlar tarafından atılır, ancak çevresel hiper-amonyak durumlarına ek olarak idrar yoluyla da atılabilir (Stoskopf, 1993). Kar balığı (*Schizothorax. Esocinus*, Chirruh kar balığı)'nda kaydedilmiş yüksek kan üre konsantrasyonu stresin tetiklemesiyle sonuçlanan kortizol hormonu ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Borges vd., 2004). Ayrıca sucul ortamın tuzluluk değerinin, teleost balıklarda kan üresini etkileyen en kritik çevresel faktörlerden biri olduğu bilinmektedir (Borges vd., 2004; Tayel vd., 2014; Abdel-Rahim vd., 2020).

Kanda elektrolit seviyelerinde balık türleri arasında değişiklik olabilir. Bunun yanında; cinsiyet farklılığı, yumurtlama fazı, beslenme biçimi, sucul kirlilik, sucul sıcaklık, tuzluluk, mevsimsel faktörler, hastalık durumu, toksik maddeler, stres ve sucul ortamın oksijen seviyesi de etkilidir (Çelik, 2006). Plazma elektrolit düzeyleri, balıkların fizyolojik durumlarının belirlenmesinde, toksisite deneylerinde ve sağlık durumlarının kontrolünde kullanılan parametrelerdir (Çelik, 2006). Ekstraselüler sıvının temel katyonu olan kan Sodyum (Na^+), asit baz dengesi, sinir ve kas fonksiyonunda görevlidir ve Na^+/K^+ ATP-az'ın düzenleyici elektrolitidir. Sodyum ilişkili olduğu anyonlar ile birlikte plazmada ozmotik aktif çözünmüş maddelerin büyük kısmını oluşturur ve suyun vücutta dağılımını etkiler. Sodyumun hücrelere fazlaca girmesi veya vücuttan sodyum kaybı, ekstraselüler sıvı hacmini, kan dolaşımını, renal fonksiyonları ve sinir sisteminin iletim fonksiyonunu etkileyen bir azalmaya sebep olur (Murray vd., 1993).

Potasyum (K^+), intravasküler sıvının esas katyonudur. Sodyum gibi potasyum katyonu da metabolizmada aldosteron tarafından düzenlenir. Plazma potasyum konsantrasyonu nöromusküler ve musküler uyarılmayı belirler. Potasyum yüksekliği veya azlığı kas dokusunun kasılma yeteneğinin bozulmasına sebep olur (Murray vd., 1993).

Kalsiyum katyonu (Ca^{+2}), kemik ve dişlerin yapısal bileşeni; sinir ve kas fonksiyonlarının düzenleyicisidir. Kalsiyum iyonları organizmada önemli olan bazı fizyolojik ve biyokimyasal olayları gerçekleştirir. Bu reaksiyonlar nöromusküler

uyarılma, kanın pıhtılaşma mekanizması, vücutta salgı olayları, membran bütünlüğü, plazma membran transportu, çeşitli enzim reaksiyonları, hormon salgısı, nörotransmitterlerin salgısı ve bazı hormonların intrasellüler sıvıdaki aktivitesinden oluşan fizyolojik olaylardır. Hormonlar renal sistem, gastrointestinal sistem, plazma ve diğer vücut sıvılarındaki kalsiyum konsantrasyonunu düzenlerler (Murray vd., 1993).

Omurgalılarda kalsiyum (özellikle iyonik formu) birçok biyolojik süreçte hayati rol oynar. Bunlar kas kasılması, sinirsel iletim, hücre yapışması, hücre zarlarının iyonlara karşı geçirgenliği, hormon sentezi ve salınımı, üreme, kan pıhtılaşması gibi önemli fizyolojik süreçlerdir. Balıklar, diğer omurgalılarda olduğu gibi, kan kalsiyum seviyelerini genellikle 2.25 ve 2.75 mmol/L arasındaki dar sınırlar içinde etkili bir şekilde kontrol edebilirler. Kalsiyum regülasyonu su ve kara omurgalıları arasında farklılık gösterir. Balıklar organizmalarını çevreleyen su ile (tatlısu veya deniz suyu) sürekli temas halinde oldukları için karasal omurgalılardan daha benzersiz ve daha karmaşık bir sisteme sahiptirler. Bu durum, tükenmez bir kalsiyum kaynağı sağlar. Bu nedenle çoğu durumda vücut yüzeyinde önemli kalsiyum gradyanları ile karşı karşıya kalırlar. Bu durum, vücut ve çevre ortamı arasında doğrudan kalsiyum alışverişinin mümkün olmadığı ve kalsiyum için yalnızca besinlere güvenmek zorunda kalan kara omurgalılarında çok farklıdır. Bu omurgalılarda kalsiyum homeostazı esas olarak bağırsak kalsiyum emilimi ve renal kalsiyum atılımı arasındaki denge ile sağlanır. Balıklarda solungaç hasarı, iyonik geçirgenlik için yüzeyi azaltır ve böylece kan elektrolit seviyelerinde azalmaya katkıda bulunur (Srivastav vd., 2011).

Çeşitli kirleticilere maruz kalan balıkların böbreğindeki dejeneratif değişiklikler, birkaç araştırmacı tarafından araştırılmıştır (Srivastava vd., 1990; Akram vd., 1999). Çevresel kirleticilere maruz kalan balıklarda gözlenen hipokalsemi kalsiyum iyonlarının daha fazla dışarı akmasına neden olabilen böbrek dejenerasyonu sebebiyle iyonların yeniden emilmesinin engelleyerek vücutta azalmaya sebep olabilir ve böylece çevresel kirleticilere maruz kalan balıklarda hipokalsemiye neden olabilir (Srivastav vd., 2011). Daha önce yapılan araştırmalarda, Akram vd. (1999), kadmiyuma maruz kalan balıklarda fark edilen hipokalseminin olası bir nedeni olarak benzer öneriler sunmuşlardır.

Srivastava ve Srivastava (1994), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) seviyelerinin mevsimsel değişimlere bağlı olarak değiştiğini göstermişler, yumurtlama öncesi konsantrasyonları artarken yumurtlama sırasında ve yumurtlama sonrasında kademeli

olarak azaldığını belirtmişlerdir. Yılın geri kalan dönemlerinde ise kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarının, kan plazmasında belirli aralıklar içinde tutulduğu belirtilmiştir (Martem Yanov, 2001). Protein bağlanması nedeniyle, kalsiyum seviyelerinin toplam protein ile değiştiği gözlenmiştir (Mutlu vd., 2015).

Omurgalı balık yaşamında çok önemli elementler olan kemikler ve pullar, sağlamlıklarını biriken kalsiyum fosfat minerallerinden alır. Çoğu balık sürekli büyür ve bunu yapmak için yaşamları boyunca vücutlarında kalsiyum biriktirir. Bu, Ca^{2+} 'un solungaçları aracılığıyla sürekli olarak alınmasıyla gerçekleşir (Flik ve Verbost, 1993).

Klorür sodyum katyonu ile beraber vücut sıvılarının ozmolaritesinin kontrolünde önemli bir anyondur (Murray vd., 1993).

Fosfor elementi (P), kanda organik ve inorganik olmak üzere iki formda bulunmaktadır. Organik fosfor globüllerde yüksek oranda bulunur. Fosfor elementi nükleik asit yapısında, fosfolipid yapısında, şekerlerin fosforik esterlerinde yer alır. Fosfor elementinin fizyolojik olarak aktif olan kısmı inorganik fosfor (P_i) formudur. İnorganik fosfat konsantrasyonu; paratiroid bezi fonksiyonu, vitamin-D'nin metabolik etkisi, bağırsak emilimi, böbrek fonksiyonları, kemik metabolizması ve beslenmeden etkilenir (Murray vd., 1993).

Fosfor, balıklarda büyüme, kemik mineralizasyonu, üreme ve enerji metabolizması için gerekli olan bir mineraldir. Organizmadaki fosfor'un varlığı, mineralin kimyasal formuna ve çözünürlüğüne bağlıdır (Albrektsen vd., 2009). Fosfor elementinin birçok fizyolojik süreçte, iskelet sisteminin gelişimi ve korunmasında doğrudan rol oynadığı bildirilmiştir (Ye vd., 2006). Vitellogenesis esnasında kalsiyum ve fosfat seviyeleri birlikte artarak gonadal gelişim desteklenir. Estradiol aynı zamanda vücuttaki kalsiyum birikimini artırır ve kalsiyumun deri ve pullardan yeniden emilimini destekler (Guerreiro vd., 2002).

Aspartat transaminaz (AST) ve Alanin Aminotransferaz (ALT) balık hepatositlerinde ve kardiyomiyositlerde yoğun olarak bulunan protein metabolizmasında önemli rolü olan bir enzimdir. Karaciğer ve miyokardiyal hücreler hasar gördüğünde veya geçirgenliği arttığında, AST ve ALT kana salınır ve kandaki miktarı artar (Fazio vd., 2013). AST ve ALT enzim aktiviteleri, hücresel nitrojen metabolizmasında, amino asitlerin oksidasyonunda ve karaciğer glukoneogenezinde önemli rol oynar (Banaee, 2013). AST ve ALT sıklıkla karaciğer hücrelerinin bütünlüğünün bir ölçüsü olarak

(MacSween ve Whaley, 1992) ve bazı sucul kirleticilerin neden olduğu stresin karaciğer, kas ve solungaç gibi çeşitli dokularda yol açtığı hücre hasarının teşhisinde kullanılan önemli bir biyobelirteçtir (De la Tore vd., 2000). Bu enzimlerin ekstrasellüler hücre sıvılarında veya plazmada artan aktiviteleri balık karaciğerindeki hücresel hasarın (Bitiren vd., 2004; Palanivelu vd., 2005) ve bakteriyel enfeksiyonların göstergesidir (Yu vd., 2010). Serum AST ve ALT aktiviteleri bu nedenle balıkların sağlık durumunu izlemek için kullanılabilir (Wang vd., 2005). AST seviyelerindeki değişiklikler kas distrofisi, kas travması, kas içi enjeksiyonlar, üreme, hipoksi ve açlık gibi stres faktörlerinin yanı sıra toksik faktörlerden etkilenebilir (Vijayan vd., 1997).

Yüksek tuzluluk ortamında yaşayan balıkların serum ALT, AST ve ALP seviyelerinin düşük tuzlulukta yaşayan balıkların serum AST, ALT ve ALP seviyelerine göre yüksek olduğu daha önce yapılan bir çalışmada gözlenmiştir (Abdel-Rahim vd., 2020).

Farklı tuzluluklara maruz bırakılan balıklarda önemli ölçüde yüksek AST ve ALT değerleri saptanmıştır, bu da hepatositlerin artan permeabilitesini göstermektedir (Fazio vd., 2013). Plazmada hücre içi enzim konsantrasyonları spesifik enzim aktiviteleri ile orantılıdır. Aç balıklarda doku protein seviyesinin ve toplam karaciğer ve kas kütlesinin azalması da plazma enzimatik seviyelerinin azalmasına neden olmaktadır (Kramer ve Hoffman, 1997; Tripathi ve Verma, 2003; Evans ve Watterson, 2009).

AST seviyelerindeki artış yumurtlama zamanından da kaynaklanmaktadır. Luskova (1998), tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre erkek bireylerde serum AST seviyesinin dişi bireylere kıyasla daha yüksek olduğu, dişi bireylerde de bu durumun tersi olarak serum ALT seviyesinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Olgun erkek bireylerinin ise olgunlaşmamış erkeklere göre daha yüksek ALP ve daha düşük ALT aktivitesine sahip olduğu gözlenmiştir (Asadi vd., 2006). Sakamoto vd., (2001), balık türlerindeki çeşitli enzimlerin aktivitelerindeki değişikliğin balığın yaşı, habitatı ve beslenmesinden kaynaklandığını ileri sürmüştür. Yakalama yöntemi, taşıma ve örnekleme prosedürlerinden kaynaklanan stres faktörleri de hematolojik parametrelerde değişikliğe sebep olabilmektedir (Bouck ve Ball, 1996).

Alkalen fosfataz (ALP), fosfat hidrolizinde ve membran transportunda önemli rol oynar. Ayrıca biyolojik sistemlerde stresin iyi bir biyo-göstergesi olarak işlev görür

(Banaee vd., 2014). Bunun yanı sıra plazma ALP değerlerindeki değişiklikler karaciğer veya kemik bozukluklarını yansıtmaktadır (Yu vd., 2010; Kashkooli vd., 2011).

ALT, AST, ALP ve Kreatin Kinaz (CK) sadece kan plazmasında değil, aynı zamanda karaciğer, kalp, solungaçlar, böbrekler, kaslar ve diğer organların dokularında da bulunurlar. Bu enzimlerin artan miktarları organ disfonksiyonu hakkında önemli bilgiler verir (Wagner ve Congleton, 2004).

Serum trigliserit seviyeleri beslenme ile ilgilidir ve açlık durumunda kandaki seviyeleri azalır. Sıcak mevsimlerde artan beslenme düzeyi ve artan metabolik hız ile ilgili olarak trigliserid seviyeleri de artış gösterir. Artan sıcaklıklar dolayısıyla metabolik hızın artması, beslenme rejimi ve üreme aktivitesi serum lipid ve lipoprotein konsantrasyonlarını arttırmaktadır (Svoboda vd., 2001; Sharma vd., 2017).

Trigliseritler, hücresel enerji sağlamada hayati bir rol oynar ve beslenme ve sağlık durumunun bir göstergesi olarak kullanılabilir. Kelly ve Woo (1999), Martinez-Alvarez vd. (2002), artan tuzlulukla birlikte protein seviyelerinin önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

Proteinlerden sonra, su ortamlarında diğer poikilotermik organizmalar çeşitli fizyolojik süreçleri sürdürmek için karbonhidratlardan ziyade enerji metabolizmasında temel substrat olarak lipidleri kullanırlar (Henderson ve Tocher, 1987). Lipid depoları balıklardaki önemli enerji rezervleridir (Wallaert ve Babin, 1994; Karataş vd., 2014). Serumda görülen yüksek protein ve glukoz düzeyi karaciğerdeki glikojenin artan tüketimine bağlanmıştır (Satheeshkumar vd., 2012; Sharma vd., 2017).

Kolesterol, steroid yapıdaki hormonların biyosentezi için bir başlangıç maddesidir. Testosteron, östrojen (östradiol), progesteron (progestin), kortizol ve aldosteron (mineralokortikoidler) kolesterolden sentezlenen beş ana steroid hormon sınıfıdır (Payne ve Hales, 2004; Flück ve Miller, 2008; Kulkarni ve Bedjargi, 2016). Üreme döneminde artan yüksek kolesterol seviyeleri, gonadal ve adrenal steroidogenez için fizyolojik bir ön koşuldur. Bu durum farklı balıklar üzerinde daha önce yapılan çalışmalarla desteklenmiştir (Di Marco vd., 2011). Kolesterol, hücre zarlarının yapısal bileşenlerinden biridir ve plazma lipoproteinlerinin dış tabakasını oluşturur (Yang ve Chen, 2003). Araştırmacılar balıklarda lipidlerin ve lipoproteinlerin kan serum seviyelerinde özellikle yıllık üreme döngüsü, cinsiyet, sıcaklık değişiklikleri, beslenme ve yaşa bağlı değişiklikler gözlemlemişlerdir (Aras vd., 2008; Aras vd., 2010; Karataş

vd., 2014). Balıklarda yılın belli dönemlerinde görülen lipid dalgalanmaları üreme ve cinsel gelişim döneminde gonadal gelişim için yağların depolanan dokulardan gonadlara taşınması ile ilişkilidir (Bayir, 2005). Balık kanının fizyolojik özellikleri farklı çevresel faktörlere karşı çok hassastır ve kolesterol seviyelerindeki değişiklikler beslenme ve üreme döngüsünden de kaynaklanabilir (Coşkun vd., 2016).

Ayrıca yılın sıcak dönemlerinde görülen plazma kolesterol seviyelerindeki yüksekliklerin balığın daha yüksek beslenme rejimi ve artan metabolik hızından kaynaklandığı gözlenmiştir (Pradhan vd., 2014).

Svoboda vd. (2001), kadife balığı (*Tinca tinca*)'nın kan serumundaki trigliserit ve kolesterol konsantrasyonlarını yaz mevsiminde kış mevsiminden daha yüksek bulmuşlardır. Benzer şekilde, serum trigliserit konsantrasyonları da kış ve ilkbaharda yaz ve sonbahara göre oldukça düşük seviyelerde bulunmuştur. Bu düşük seviye, serum trigliserit düzeylerini önemli ölçüde etkileyen açlık ile açıklanabilir (Sharma vd., 2017). Yüksek biyometrik parametrelere ve yüksek metabolik hıza sahip olan Kar balığı'nda serum kolesterol konsantrasyonunun diğer Schizothorax türlerine göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan önceki çalışmalarda da yüksek biyometrik parametrelere ve yüksek metabolik hıza sahip balıkların farklı balık türlerinde yüksek serum kolesterolüne sahip olduğu gözlemlenmiştir (Svobodova vd., 2001; Satheeshkumar vd., 2012). Yapılan çalışmalar sonucunda kolesterol ve trigliseritlerin, artan su tuzluluğu ile önemli bir artış gösterdiği gözlenmiştir. Benzer bir eğilim kronik tuzlu ortama maruz kalan Notopterus'ta (Kavya vd., 2016) ve japon balığı'nda (Zhang vd., 2008) görülmüş, trigliserit ve kolesterol düzeylerinde artış gözlenmiştir. Yüksek kolesterol düzeylerinin, karaciğer veya böbrek hasarlarının bir sonucu olarak özellikle karaciğer hastalığı olmak üzere lipid ve lipoprotein metabolizması bozukluklarına işaret ettiğini varsayan görüşler de mevcuttur (Kavadias, vd., 2003; Kavya vd., 2015).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan gerekli izinler (15.04.2021 tarihli ve 75548883-302.99.07.01-E.43571 sayılı) alındıktan sonra Van Gölü ve Karasu Çayı lokalitelerinden yeterli sayıda üreme olgunluğuna erişmiş Van Balığı (*Alburnus tarichi*) yakalandı (Şekil 3.1). Balık örneklemesinin yapıldığı dönemde göl ve tatlısu lokalitelerinin fizikokimyasal parametrelerinin ölçümü için su numuneleri alındı.



Şekil 3.1 Van Balığı (*Alburnus tarichi*) genel görünümü

Balık örneklemesi için planlanan arazi çalışmaları mevsim sıcaklığının artması ile birlikte Nisan-Temmuz aylarını kapsayan üreme göçü döneminde yapıldı. Örneklemenin ilk aşamasında üreme olgunluğunda olan Van balıkları Van Gölü açıklarından (Şekil 3.2) fanyalı uzatma ağları ile yakalandı. Örneklemenin ikinci aşamasında ise Van balıklarının yumurtalarını bıraktığı tatlısu ortamlarından biri olan Karasu Çayı'ndan (Şekil 3.2) serpme ağlar ile balıklar yakalandı. Her iki aşamada da yakalanan balıklar morfometrik ve hematolojik analizlerinin yapılması için oksijen bağlı taşıma kapları ile Fen Fakültesi, Biyoloji bölümü Laboratuvarına getirildi. Balıklara herhangi bir işlem yapılmadan önce fenoksi etanol 320µl/L ile anestezi uygulandı.



Şekil 3.2 Balık örneklemesinin yapıldığı sucul alanlar (A: Van Gölü, B: Karasu Çayı)

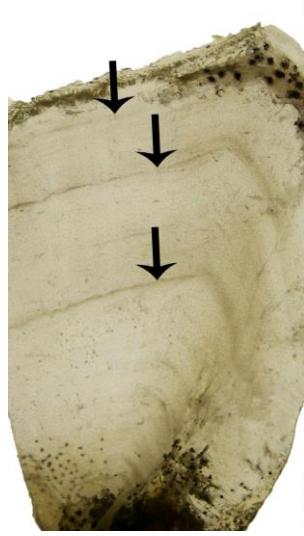
3.2 Yöntem

3.2.1 Morfometrik Ölçümler

Göl ve akarsu aşamasında yakalanan ve Fen Fakültesi Biyoloji bölümü Laboratuvarına getirilen Van balıklarının ağırlık ve çatal boy ölçümleri yapıldı. Çalışmada planlanan ölçüde kullanılmak üzere toplamda 28 adet Van Balığı (14 adet dişi, 14 adet erkek)'nın morfometrik analizi yapıldı.

3.2.2 Yaş Tayini

Balıkların yaşlarını belirlemek için operkulumları çıkarıldı. Operkulumlar, üzerini örten epitel dokusu kazınarak temizlendi. Operkulum üzerindeki yaş halkaları Nikon SMZ 745T Toup Cam ile sayıldı ve yaş analizleri yapıldı (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Van Balığı operkulumunda yaş halkaları

3.2.3 Kan Analizleri

3.2.3.1 Kan Alımı

Van balıklarının kaudal ven ponksiyonu ile kanları alındı (Campbell ve Ellis, 2013; Grant, 2015). Steril plastik enjektör yardımıyla yaklaşık 2-3 ml alınan kan örneği analizin türüne göre hemogram ve biyokimya tüplerine aktarıldı (Şekil 3.4).

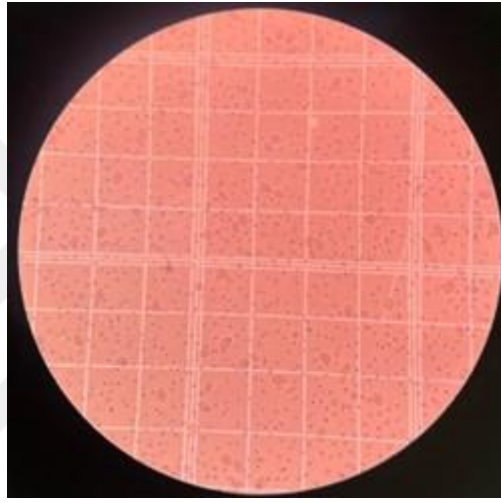


Şekil 3.4 Kaudal ven ponksiyonu ile balıktan kan alma işlemi

Kan örnekleri hematolojik analizler için EDTA (Etilendiamintetraasetik asit) içeren mor kapaklı hemogram tüplerine ve biyokimyasal analizler için antikoagülan içermeyen jelli sarı kapaklı biyokimya tüplerine (BD Vacutainer sarı kapaklı jelli tüp) aktarıldı.

3.2.3.2 Eritrosit ve Lökosit sayımı

Eritrosit ve lökosit sayımı için Neubauer hemasitometresi kullanılarak hücreler manuel yöntemle sayıldı (Shah ve Altındağ, 2005).



Şekil 3.5 Neubauer hemasitometresinde kan hücresi sayımı

EDTA içeren tüplere aktarılan kan örneklerinden planlanan hematolojik analizler yapıldı. Neubauer hemasitometresinde eritrosit ve lökosit sayımları yapıldı.

Eritrosit sayımı için;

- Kan örneklerinin 1/200 oranında dilüsyonu yapıldı.
- Dilüsyonu yapılan kan örneğinin Neubauer sayım hemasitometresinde ve ışık mikroskobu (40'lık objektif ile) altında eritrositleri sayıldı.
- Sayılan hücreler formül yardımıyla hesaplandı ve çıkan sonuç 1 mm³ teki eritrosit sayısını " $\text{mm}^3 \times 10^6$ " olarak kaydedildi.

Lökosit sayımı için;

- Kan örneklerinin 1/20 oranında dilüsyonu yapıldı
- Dilüsyonu yapılan kan örneğinden Neubauer sayım hemasitometresinde ve ışık mikroskobu (40'lık objektif ile) altında lökositleri sayıldı.

- Sayılan lökositler formül yardımıyla hesaplandı ve çıkan sonuç 1 mm³ kandaki lökosit sayısı “mm³ × 10³” olarak kaydedildi (Kaya vd., 2015).

3.2.3.3 Hemoglobin Ölçümü

Kan hemoglobin ölçümleri Sahli yöntemi ile belirlendi (Sahli, 1909). Hemoglobin analizleri için;

- EDTA içeren tüplere aktarılan kan örneklerinden Sahli hemoglobinometresinde bulunan dereceli tüpe (2 çizgisine kadar) %1 lik HCl solüsyonundan bırakıldı.
- Üzerine 20µl kan örneği damlatılarak asit-hematin oluşumu sağlandı. Hemoglobinometrenin skalasındaki rengin değeri “fL” (femtolitre) olarak hesaplandı.

3.2.3.4 Hematokrit Ölçümü

Hematokrit analizleri mikrohematokrit yöntemi ile yapıldı (McInroy, 1953). Bu analizler için Kapiller heparinsiz hematokrit tüpleri kullanıldı.

- Hematokrit tüplerine EDTA’lı hemogram tüpünden kan çekildi.
- Kapiller tüpe kanlar çekildikten sonra bir tarafı macun ile kapatıldı.
- Macunlu taraf santrifüjün dışına gelecek şekilde hematokrit santrifüjünde (Nüvetokrit, Nüve, Türkiye) 3000 rpm de 5dk santrifüj edilerek hematokrit değeri hesaplandı.



Şekil 3.6 Hematokrit santrifüjü

- Tüpte alt kısma çöken kan hücrelerinin tüm tüpteki sıvı yüksekliğine oranı “%” HCT değeri olarak belirlendi.

Formül $HCT = 100 \times \text{çöken kısım} / \text{tüpteki toplam sıvı uzunluğu}$

3.2.3.5 Sekonder Eritrosit İndekslerinin Analizi

Sekonder eritrosit indeksleri olarak adlandırılan, Ortalama Eritrosit Hacmi (MCV/fL), Ortalama Eritrosit Hemoglobini (MCH/pg) ve Ortalama Eritrosit Hemoglobin Konsantrasyonu (MCHC/%) ölçüldü.

MCV, MCH ve MCHC indeksleri eritrosit, hemoglobin ve hematokrit değerlerinden faydalanılarak formül yardımıyla hesaplandı (Bain vd., 2006).

$$MCV = Hct \times 10 / RBC,$$

$$MCH = Hb \times 10 / RBC,$$

$$MCHC = Hb \times 100 / Hct$$

3.2.3.6 Periferik Yayma Preparat Boyama

- Antikoagülan içeren tüpler alt üst edildikten sonra mikropipet yardımıyla 4.5-5µl kan çekilerek lam üzerine damlatıldı.
- Kan örneği 45° lik açıyla lam üzerine yayıldı.
- Hazırlanan kan yaymaları havada kurutuldu ve sitokimyasal boya ile boyandı.



Şekil 3.7 Periferik kan yaymalarının hazırlanışı

Periferik yayması yapılan örnekler Romanowsky boyama metodları içerisinde yer alan My Grunwald-Giemsa (MGG) boyama yöntemi (Marshall vd., 1981) ve Papanicolau (PAP) boyama yöntemi (Papanicolaou, 1942) ve Periyodik Asit-Schift (PAS) boyama yöntemi (Bancroft ve Gamble, 2008) ile boyandı. Boyalı preparatlar entellan ile kapatıldı; ışık mikroskobu (Leica DMI 6000B, Almanya) ile incelenerek görüntüleri alındı. Böbrek dokusundan elde edilen doku kesitleri ise Hematoksilen&Eozin (HE) (Bancroft ve Gamble, 2008), boyama yöntemi ile boyandı.

My Grunwald-Giemsa (MGG) boyama yöntemi

Lam üzerine yayılan kan preparatları için sırasıyla MGG boyama prosedürü uygulandı.

- Havada kurutulan kan smear'leri My Grunwald boyasında 5 dakika bekletildi.
- My Grunwald boyasından çıkarılan preparatlar yıkanmadan Giemsa boyasına aktarıldı.
- Preparatlar Giemsa boyasında 15 dakika bekletildi.
- Çeşme suyunda yıkandı ve kurumaya bırakıldı.

Papanicolau (PAP) boyama yöntemi

Lama yayılan kan preparatları için PAP boyama prosedürü uygulandı.

- Preparatlar %70' lik alkolde tespit edildi.
- Çeşme suyunda 1-2 dakika yıkandı.
- Hematoksilen boyasında 10 dakika bekletildi.
- Çeşme suyunda 1-2 dakika yıkandı.
- Alkolde 1-2 dakika bekletildi ve kurutuldu.
- Orange G boyasında 5-10 dakika bekletildi.

- Çeşme suyunda 1-2 dakika yıkandı.
- Alkolde 15 saniye bekletildi.
- EA-50 boyasında 5-10 dakika bekletildi.
- Çeşme suyunda 1-2 dakika yıkandı.
- Alkolde 1-2 dakika bekletildi ve kurutuldu.
- 10 dakika ksilolde bekletildi.

Periyodik Asit-Schiff (PAS) boyama yöntemi

Periyodik Asit Hazırlanışı: 1 g periyodik Asit (Merck, Almanya) tartıldıktan sonra üzerine 200 ml distile su eklendi ve suda çözünmesi sağlandı.

Schiff (PAS) Hazırlanışı: 200 ml distile su kaynatıldı ve üzerine 1 g bazik fuksin (Sigma) eklendi. Hazırlanan çözeltinin 50 °C'ye kadar soğuması sağlandı ve üzerine sodyum bisülfat ilave edilerek karıştırıldı. Çözelti oda sıcaklığına geldiğinde 2 ml HCl ve 2 g aktif kömür ilave edilerek karıştırıldı. Daha sonra hazırlanan çözelti ışık geçirmeyen şişede bir gece oda sıcaklığında bekletildi. Çözelti filtre kağıdında geçirilerek süzüldü ve kullanım için 4 °C'de buzdolabında muhafaza edildi.

Kan yaymaları PAS boyama metoduna göre boyandı. Preparatlar;

- Ksilol-I de 5 dakika bekletildi.
- Ksilol-II de 5 dakika bekletildi.
- %100'lük alkolde 3 dakika bekletildi.
- %80'lik alkolde 3 dakika bekletildi.
- %70'lik alkolde 3 dakika bekletildi.
- Distile suda 5 dakika bekletildi.
- Periyodik asit boyasında 5 dakika bekletildi.
- Distile suda çalkalandı.
- Schiff solüsyonunda 15 dakika bekletildi.
- Çeşme suyu 10 dakika bekletildi.
- %70'lik alkolde 3 dakika bekletildi.
- %80'lik alkolde 3 dakika bekletildi.
- %100'lük alkolde 3 dakika bekletildi.

- Ksilol-I de 5 dakika bekletildi.
- Ksilol-II de 5 dakika bekletildi.

Hematoksilen&Eozin (HE) boyama metodu

Eosin (Merck, Almanya) boyası için, 100 ml saf su içerisinde 1 gr eosin çözülerek hazırlandı. Hematoksilen (Biostain, Avusturalya) boyası hazır olarak kullanıldı ve daha sonra kesitler şalelere alınarak boyama işlemi gerçekleştirildi

Lama alınan doku kesitleri için sırasıyla H&E boyama metodu uygulandı.

- Ksilol-I de 5 dakika bekletildi.
- Ksilol-II de 5 dakika bekletildi.
- %100'lük alkolde 3 dakika bekletildi.
- %80'lik alkolde 3 dakika bekletildi.
- %70'lik alkolde 3 dakika bekletildi
- Distile suda 5 dakika bekletildi.
- Hematoksilen boyasında 6 dakika bekletildi.
- Distile suda 5 dakika bekletildi.
- Çeşme suyunda 15 dakika bekletildi.
- Eozin boyasında 3 dakika bekletildi.
- %70'lik alkolde 3 dakika bekletildi.
- %80'lik alkolde 3 dakika bekletildi.
- %100'lük alkolde 3 dakika bekletildi.
- Ksilol-I de 5 dakika bekletildi.
- Ksilol-II de 5 dakika bekletildi.

3.2.3.7 Biyokimyasal Analizler

Sarı kapaklı (BD Vacutainer) biyokimya tüplerine aktarılmış olan kanlar 4000 rpm de 10 dk santrifüj edildi ve elde edilen serum örnekleri kapaklı ependorf tüplerine aktararak analiz zamanı gelinceye kadar -80 °C de muhafaza edildi. Aspartat transaminaz (AST), alanin transaminaz (ALT), alkalen fosfataz (ALP), glukoz, trigliserid,

kolesterol, albümin, fosfor, kalsiyum, magnezyum, üre, kreatinin, Na, K, Cl parametreleri spektrofotometrik yöntem (Cobas 8000 Roche, İsveç) ile ölçüldü.

Plazma total protein seviyesi Van Yüzüncü Yıl üniversitesi çalışma Laboratuvarında Bradford metodu ile ölçüldü (Bradford, 1976).

Bradford Yöntemi

- 100 mg Coomassie brilliantblue boya reaktifi (50 ml %95 lik etil alkolde çözöldü, 100 ml %85 fosforik asit eklenerek toplam hacim saf su ile 1 litreye tamamlandı) hazırlandı.
- 100 µl plazma örneği (10-200 mg protein içeren), 5 ml Coomassieblue boya reaktifine ilave edildi ve 5 dk sonra absorbans değeri spektrofotometrede (Jenway 6105, England), 595 nm dalga boyunda okundu.
- Standart eğri için sığır serum albumini kullanıldı.

3.2.4 İstatistiksel Analizler

Van Balığına ait kan analiz sonuçları lokalite (Van Gölü ve Karasu Çayı) ve balık cinsiyetlerine göre gruplandırıldı. İki bağımsız grup içindeki ortalama değeri arasında fark olup olmadığını belirlemek için lokalite ve cinsiyet gruplarından elde ortalama değeri ‘bağımsız değışken t- testi’ (IBM, SPSS 2017) ile karşılaştırılarak gruplar arasındaki farklılıklar ortaya konuldu. Analizler sonucunda elde edilen değeri ortalama±ortalamanın standart hatası olarak ifade edildi. Değeri arasındaki fark 0.05’e göre yapıldı.

4. BULGULAR

4.1 Örnekleme Yapılan Sucul Alanlara Ait Fizikokimyasal Analizler

Van Balığının üreme dönemleri olan nisan-temmuz aylarında balık örneklemesinin yapıldığı Van Gölü açıklarından (Çitören açıkları, 38° 34' 54.4" N; 43° 13' 00.8" E) ve Karasu Çayı (Karasu Çayı, 38° 40' 32" N, 43°, 22', 35" E)'ndan su örnekleri alındı. Analizi yapılan kimyasal parametreler spektrofotometrik (Hach Lange DR 5000, Almanya ve Hach DR 2010, Almanya) yöntemlerle belirlendi.

Van Gölü'nden alınan su örneğinde Ca^{++} 138.9 µg/L, Mg^{++} 213.3 µg/L, CO_3 1240.0 µg/L, HCO_3 0.0 µg/L, alkalinite 4100 µg/L, CaCO_3 (sertlik µg/L) 1110.0 µg/L seviyelerinde ölçüldü. Karasu Çayı'nın kimyasal analizlerinde Ca^{++} 46.7 µg/L, Mg^{++} 53.5 µg/L, CO_3 0.0 µg/L, HCO_3 360.0 µg/L, alkalinite 330.0 µg/L, CaCO_3 (sertlik) 375.0 µg/L olarak ölçüldü. Bu parametrelerin Van Gölü'ne nispeten Karasu Çayı'na göre daha düşük seviyelerde olduğu görüldü.

Çözünmüş oksijen (ÇO), saturasyon, sıcaklık, pH ve tuzluluk ölçümleri multimetre cihazı (Hach HQ 40d, Almanya) ile ölçüldü. Analiz sonuçları incelendiğinde göl ve akarsu arasındaki fizikokimyasal değerlerin birbirinden farklı olduğu görüldü (Çizelge 4.1). Van Gölü'nde ölçülen pH ve tuzluluk seviyelerinin Karasu Çayı pH ve tuzluluk seviyelerine göre yüksek olduğu gözlemlendi. Saturasyon ve ÇO seviyelerinin ise Karasu Çayı'nda Van Gölü'ne oranla daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlendi (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Van Gölü ve Karasu Çayı sucul alanlarının fizikokimyasal analiz sonuçları

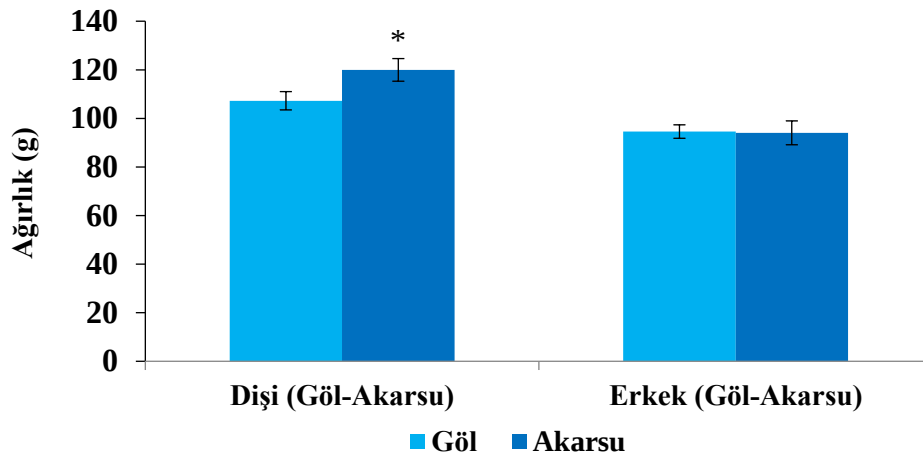
Parametre	Birim	Göl	Akarsu
ÇO	mg/L	8.68	10.8
% saturasyon	%	110.2	154.2
Sıcaklık	°C	14.8	22.8
pH	mg/L	10.23	8.23
Tuzluluk	ppt	16.9	0.24

4.2 Van Balığına Ağırlık, Çatal Boy ve Cinsiyet Analizleri

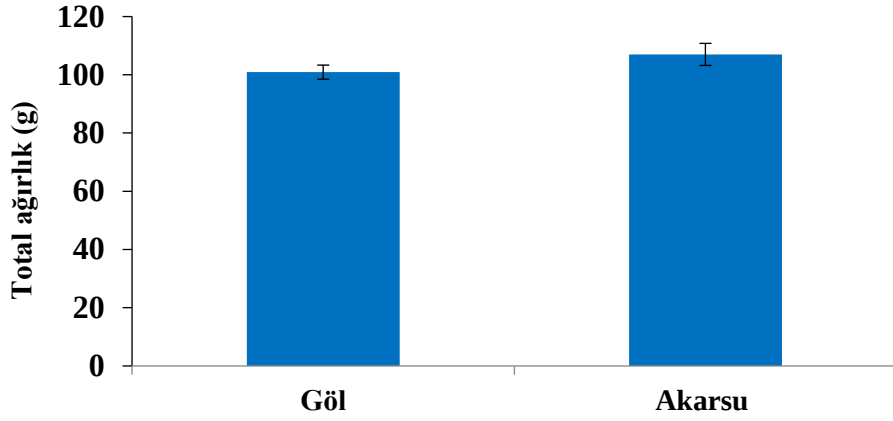
Van Gölü ve Karasu Çayı'ndan yakalanan balıklar taşıma tankları ile Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Laboratuvarına getirildi. Van balıklarına ait ağırlık (g) ve çatal boy (cm) ölçümleri yapıldı. Anestezi (Fenoksi etanol, 320 μ L/L) uygulanan balıkların diseksiyon sonrasında doku örnekleri alındı ve cinsiyetleri belirlendi. Van Gölü'nden örneklenen balıkların total ağırlığının erkek bireylerde 94.57 $\pm$ 2.77 g, dişi bireylerde ise 107.25 $\pm$ 3.77 g olduğu; Karasu Çayı'ndan örneklenen balıkların total ağırlığının erkek bireylerde 94.04 $\pm$ 4.91 g, dişi bireylerde ise 119.96 $\pm$ 4.66 g olduğu görüldü (Çizelge 4.2). Üreme göçü döneminde Van Gölü ve Karasu Çayı'ndan örneklenen dişi ve erkek balıkların total ağırlıkları incelendiğinde erkek balıklarda lokaliteler arası fark görülmezken, dişi balıklarda her iki sucul ortamdaki total ağırlığın farklı olduğu belirlendi ($p<0.05$) (Şekil 4.1, Şekil 4.2).

Çizelge 4.2 Van Balığı bireyleri total ağırlığının cinsiyet ve lokalite açısından karşılaştırılması (*: $p<0.05$)

Lokalite	n	Dişi Ağırlık	Erkek Ağırlık	Total Ağırlık
Göl	28	107.25 $\pm$ 3.77*	94.57 $\pm$ 2.77	100.91 $\pm$ 2.43
Akarsu	28	119.96 $\pm$ 4.66	94.04 $\pm$ 4.91	107.01 $\pm$ 3.78



Şekil 4.1 Van Balığı bireyleri total ağırlığının cinsiyet ve lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması (*: $p<0.05$)



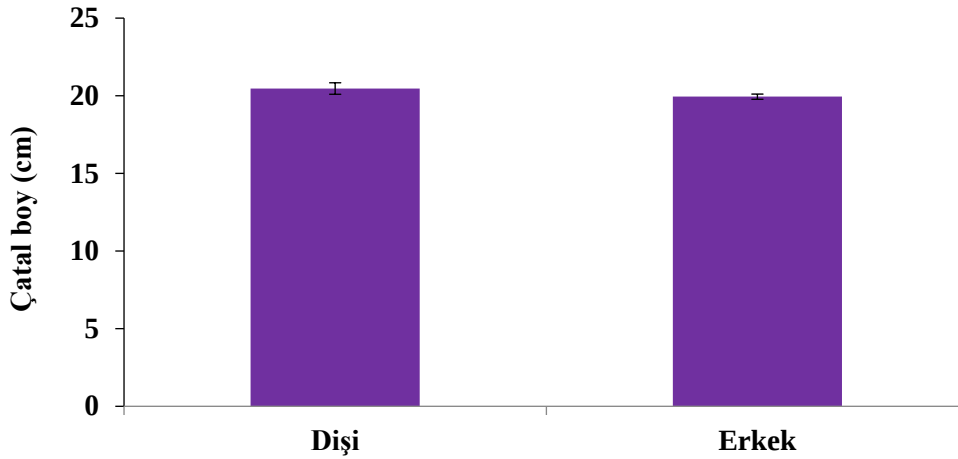
Şekil 4.2 Van Balığına total ağırlık seviyelerinin lokalitelere göre (Van Gölü ve Karasu Çayı) karşılaştırılması

Van Balığı çatal boyları dişi bireylerde 20.47 ± 0.37 cm, erkek balıklarda ise 19.94 ± 0.17 cm olarak ölçüldü (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Van Balığı bireylerinin çatal boylarının lokalite (Van Gölü ve Karasu Çayı) ve cinsiyete göre karşılaştırılması

Lokalite	n	Dişi Çatal Boy	Erkek Çatal Boy
Göl	28	19.87 ± 0.68	19.98 ± 0.23
Akarsu	28	21.06 ± 0.26	19.91 ± 0.24

Van Balığı çatal boylarının dişi ve erkek bireyler arasında karşılaştırılması sonucunda anlamlı bir farklılığın olmadığı ($p > 0.05$), dişi balıkların çatal boyları ve erkek balıkların çatal boylarının birbirine yakın değerlerde olduğu görüldü (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Van Balığında çatal boy uzunluğunun cinsiyete göre karşılaştırılması

4.3 Balıklarda Yaş Tayini

Karasu Çayı ve Van Gölü'nden örneklenen Van Balığı bireylerinin yaş ölçümleri yapıldı. Elde edilen verilere göre üreme döneminde ölçümü yapılan balıkların yaşlarının II ila V yaş aralığında olduğu görüldü. II yaşındaki bireylerin örneklem içerisinde en az sayıda olduğu belirlendi.

4.4 Hematolojik Analizler

Van Gölü ve Karasu Çayı'ndan yakalanan balıklara ait kan örneklerinden hematolojik analizler yapıldı. İlk olarak eritrosit (RBC) sayısı, lökosit (WBC) sayısı, hemoglobin (Hb) seviyesi ve hematokrit (Hct) oranı belirlendi. Elde edilen RBC, Hb ve Hct düzeyleri ile MCV (Ortalama eritrosit hacmi), MCH (ortalama eritrosit hemoglobini) ve MCHC (ortalama eritrosit hemoglobin konsantrasyonu) indeksleri hesaplandı. Van balıklarına ait yapılan hematolojik analizler lokalite ve cinsiyet faktörü açısından değerlendirildi (Çizelge 4.3, Çizelge 4.4). Van Balığının Van Gölü ve Karasu Çayı lokalitelerine göre karşılaştırılan RBC ve MCH parametrelerinde anlamlı bir farkın olduğu ($p<0.05$), Hb, HCT, MCV, MCHC ve WBC parametrelerinde ise anlamlı bir farkın olmadığı belirlendi ($p>0.05$). Van Balığı hematolojik parametrelerinin cinsiyet gruplarına göre karşılaştırılmasında RBC, MCH ve MCHC parametrelerinde anlamlı bir

farkın olduğu gözlemlendi ($p<0.05$). Hb, Hct, WBC ve MCV değerlerinde ise anlamlı bir fark görülmedi ($p>0.05$).

Çizelge 4.4 Van Balığı hematolojik parametrelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması (*: $p<0.05$)

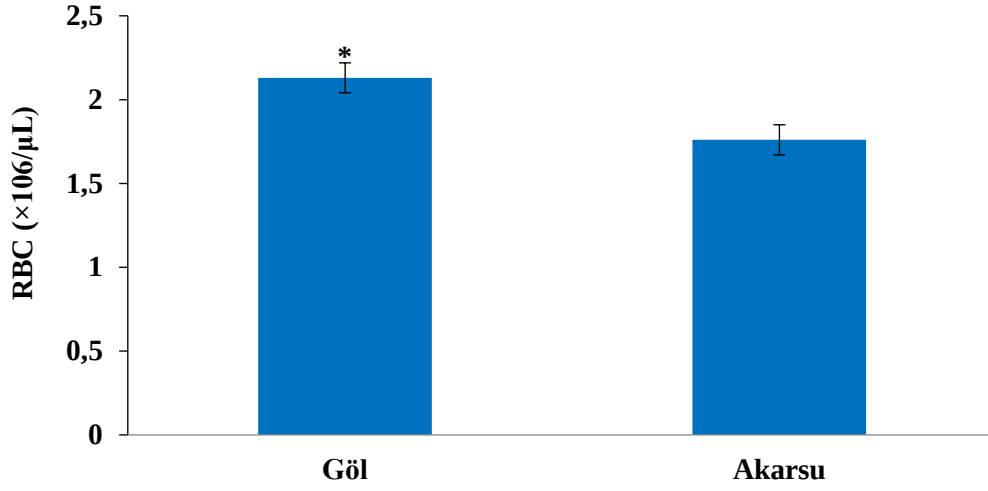
Parametre	n	Göl	Akarsu
RBC ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	14	$2.12(10^6)\pm 0.09^*$	$1.77(10^6)\pm 0.09$
Hb (g/dL)	14	11.21 ± 0.24	11.77 ± 0.36
Hct (%)	14	48.29 ± 1.63	46.61 ± 1.05
MCV (fL)	14	231.14 ± 8.34	250 ± 11.19
MCH (pg)	14	$53.78\pm 2.07^*$	61.77 ± 3.56
MCHC (g/dL)	14	22.65 ± 0.59	27.73 ± 0.66
WBC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	14	1.14 ± 0.23	1.21 ± 0.14

Çizelge 4.5 Van Balığı hematolojik parametrelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması (*: $p<0.05$)

Parametre	n	Dişi	Erkek
RBC ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	14	$1.76(10^6)\pm 0.09^*$	$2.14(10^6)\pm 0.09$
Hb (g/dL)	14	11.26 ± 0.29	11.73 ± 0.32
Hct (%)	14	46.71 ± 1.32	48.19 ± 1.42
MCV (fL)	14	249.86 ± 9	232.00 ± 10
MCH (pg)	14	$63.42\pm 2.39^*$	51.94 ± 2.79
MCHC (g/dL)	14	$27.10\pm 0.76^*$	24.42 ± 0.79
WBC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	14	1.29 ± 0.15	1.11 ± 0.11

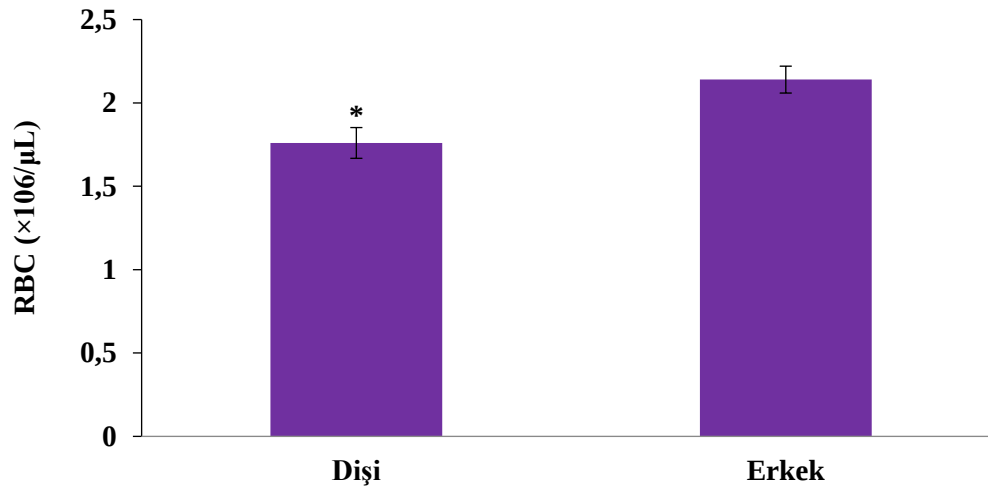
4.4.1 Van Balığı Kan Eritrosit (RBC) Seviyeleri

Van Balığının ölçülen kan RBC düzeyleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı (Şekil 4.4). Gölden örneklenen balıklara ait kan RBC seviyelerinin ($2.12\times 10^6\pm 0.09$) akarsu RBC seviyelerine ($1.77\times 10^6\pm 0.09$) göre daha düşük olduğu ve bu farkın anlamlı olduğu belirlendi ($p<0.05$).



Şekil 4.4 Van Balığı eritrosit seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması (*: $p < 0.05$)

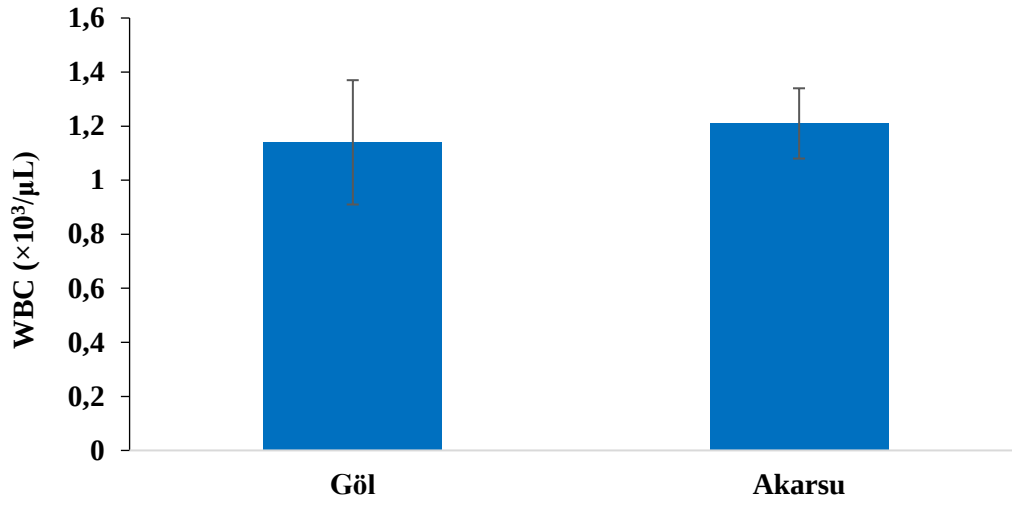
Van Balığı kan RBC seviyeleri cinsiyete göre karşılaştırıldı (Şekil 4.5). Dişi bireylerden ölçülen RBC seviyelerinin ($1.76 \times 10^6 \pm 0.09$) erkek bireylere ait RBC seviyelerine ($2.14 \times 10^6 \pm 0.09$) göre daha düşük olduğu ve bu farkın anlamlı olduğu tespit edildi ($p < 0.05$).



Şekil 4.5 Van Balığı eritrosit seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması (*: $p < 0.05$)

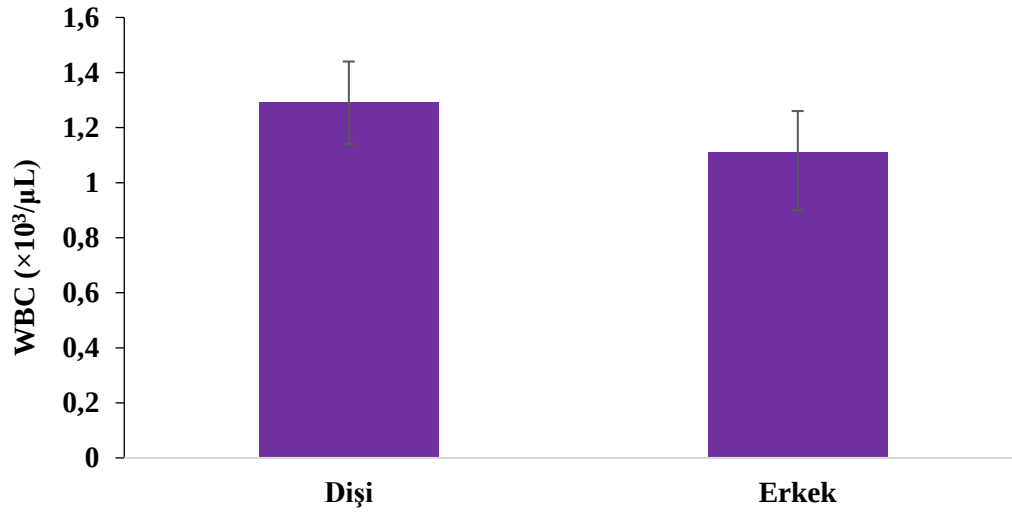
4.4.2 Van Balığı Kan Lökosit (WBC) Seviyeleri

Van Balığı kan WBC seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı. Kan WBC bulgularının göl ve akarsu lokalitelerine göre karşılaştırılması sonucunda anlamlı bir farklılığın olmadığı belirlendi (Şekil 4.6). Fakat göl WBC düzeylerinin (1.14 ± 0.23), akarsu WBC düzeylerine (1.21 ± 0.14) göre daha düşük olduğu görüldü ($p > 0.05$).



Şekil 4.6 Van Balığı lökosit seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması

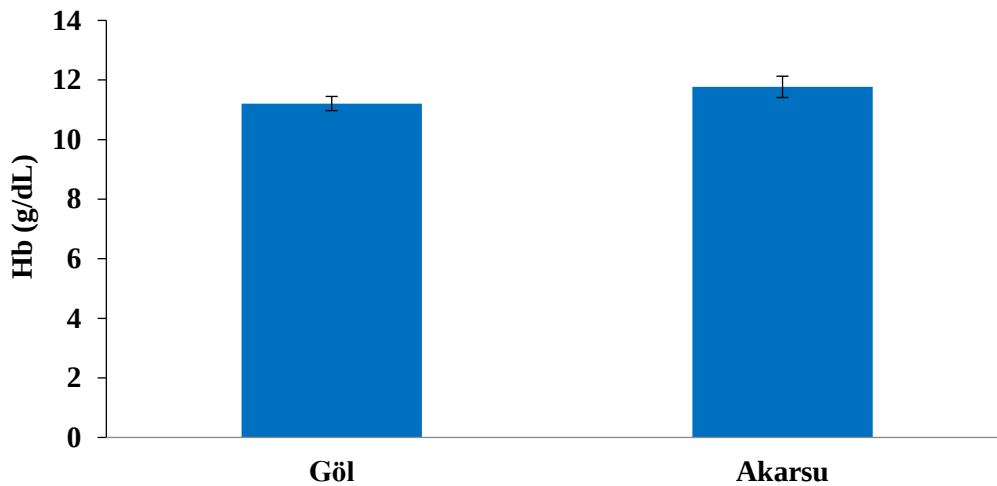
Dişi bireylerdeki kan WBC düzeylerinin (1.29 ± 0.15) erkek bireylere ait WBC düzeylerine (1.11 ± 0.11) göre daha yüksek olduğu belirlendi. Dişi ve erkek bireylerin kan WBC bulgularında anlamlı bir farklılığın olmadığı görüldü (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Van Balığı lökosit seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması

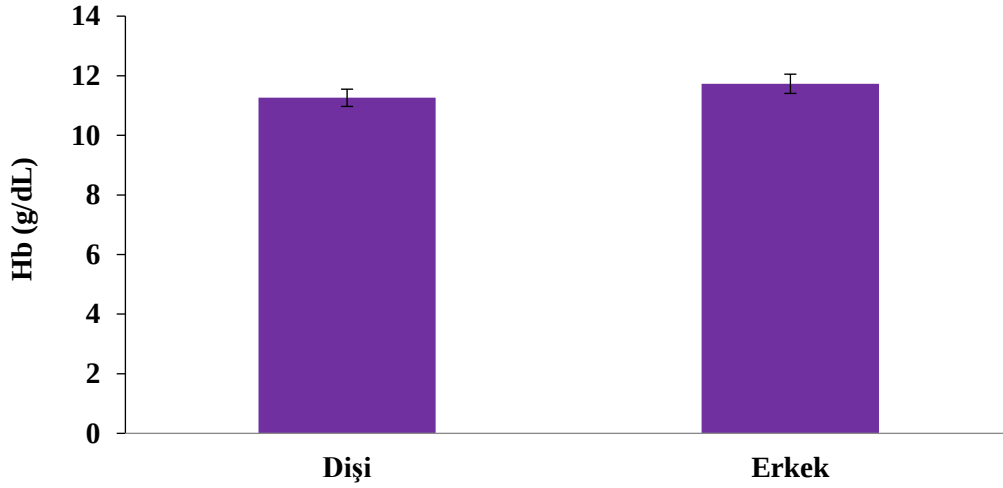
4.4.3 Van Balığı Kan Hemoglobin (Hb) Seviyeleri

Van Balığı kan hemoglobin seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı (Şekil 4.8, Şekil 4.9). Yapılan analizlerde istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı gözlemlendi ($p>0.05$). Kan hemoglobin seviyelerinde lokaliteye göre istatistiksel açıdan bir fark görülmemesine rağmen, göldeki hemoglobin seviyelerinin (11.21 ± 0.24) akarsu hemoglobin seviyelerine (11.77 ± 0.36) göre daha düşük olduğu belirlendi (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Van Balığı hemoglobin seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması

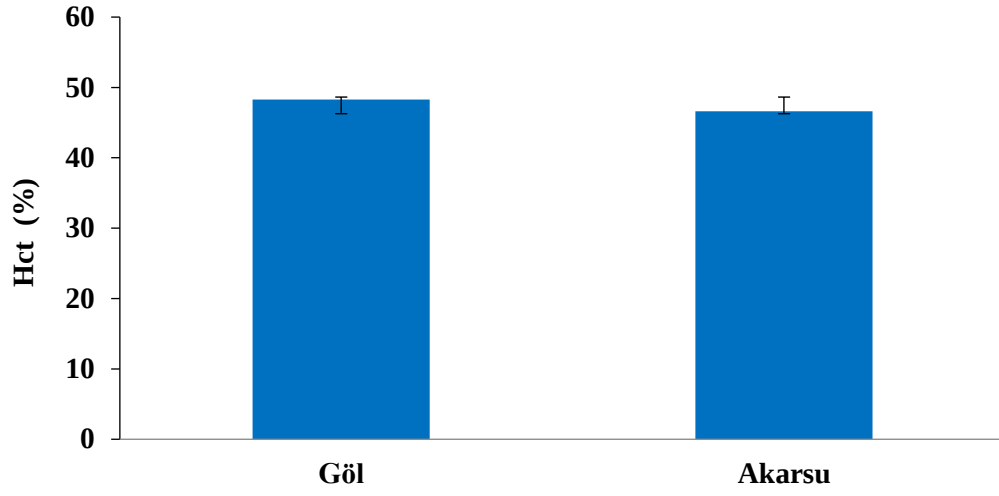
Van Balığı kan hemoglobin seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılmasında istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak dişi ve erkek balıklar arasındaki kan hemoglobin seviyelerinin dişi balıklarda (11.26 ± 0.29) erkek balıklara (11.73 ± 0.32) göre daha düşük olduğu gözlemlendi (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 Van Balığı hemoglobin seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması

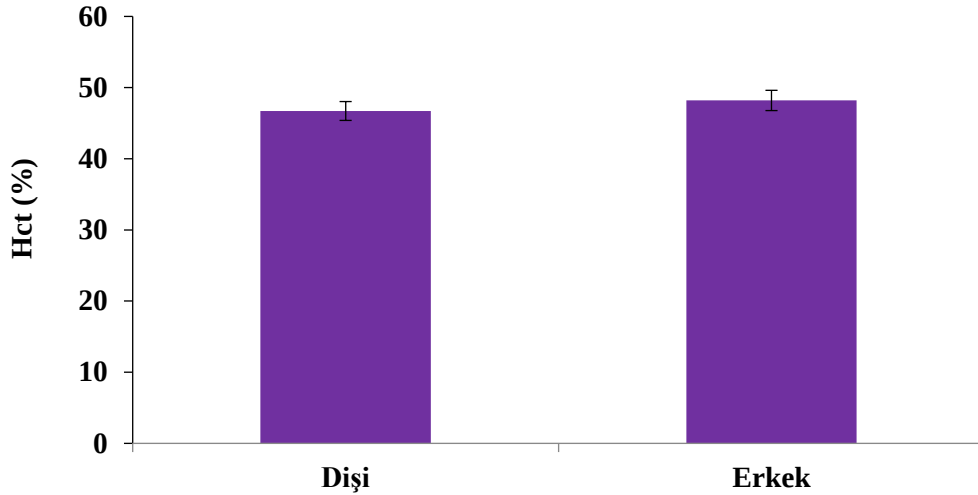
4.4.4 Van Balığı Kan Hematokrit Seviyeleri

Van Balığı bireylerinin kan hematokrit seviyeleri cinsiyet ve lokalite açısından incelendi. Hematokrit düzeylerinde lokalite ve cinsiyet grupları arasında istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Van Balığı kan hematokrit düzeylerine bakıldığında, göl Hct (48.29 ± 1.63) seviyelerinin akarsu Hct (46.61 ± 1.05) seviyelerine göre daha yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Van Balığı hematokrit seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması

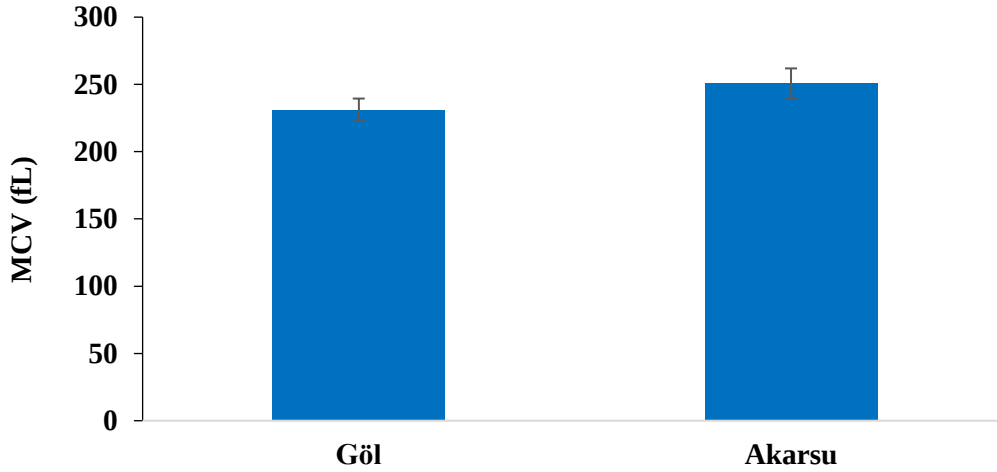
Van Balığı kan Hct seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması sonucunda istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı gözlemlendi ($p>0.05$). Ancak Hct seviyelerinin dişi bireylerde (46.71 ± 1.32) erkek bireylere göre (48.19 ± 1.42) daha düşük olduğu görüldü (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Van Balığı hematokrit seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması

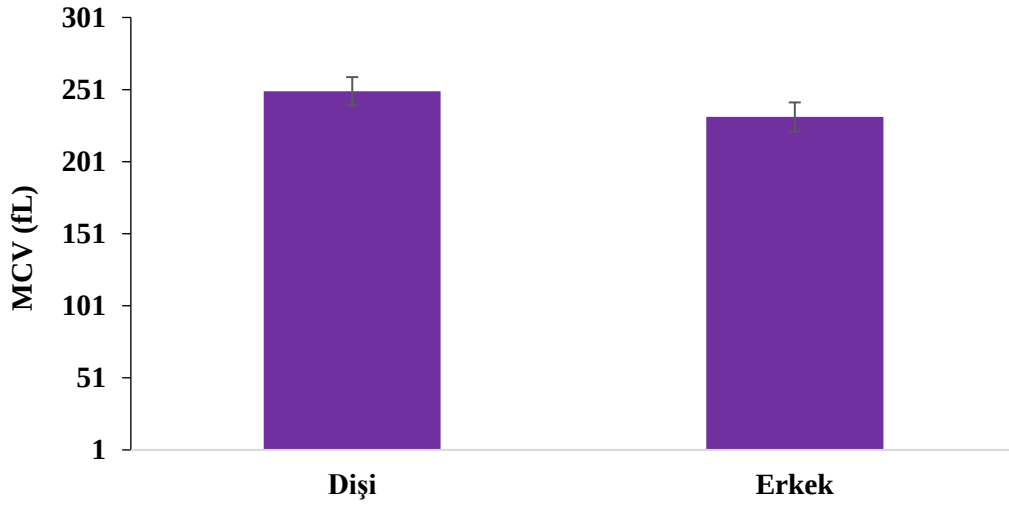
4.4.5 Van Balığı Bireylerinde MCV Ölçümü

Van Balığı bireylerinin kan MCV seviyeleri lokalitelere göre karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan bir fark bulunmazken ($p>0.05$), göl MCV seviyelerinin (231.14 ± 8.34) akarsu MCV seviyelerine (250.71 ± 11.19) göre düşük olduğu görüldü (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Van Balığı MCV seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması

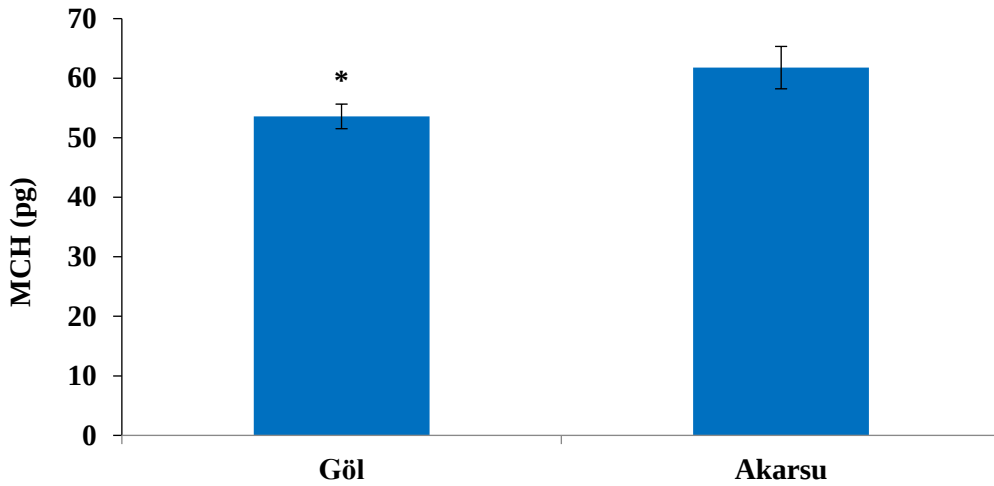
Kan MCV seviyeleri cinsiyete göre karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı ($p>0.05$), ancak dişi MCV seviyelerinin (249.86 ± 9.78) erkek MCV seviyelerine göre (232.00 ± 10.07) yüksek olduğu görüldü (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Van Balığı MCV seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması

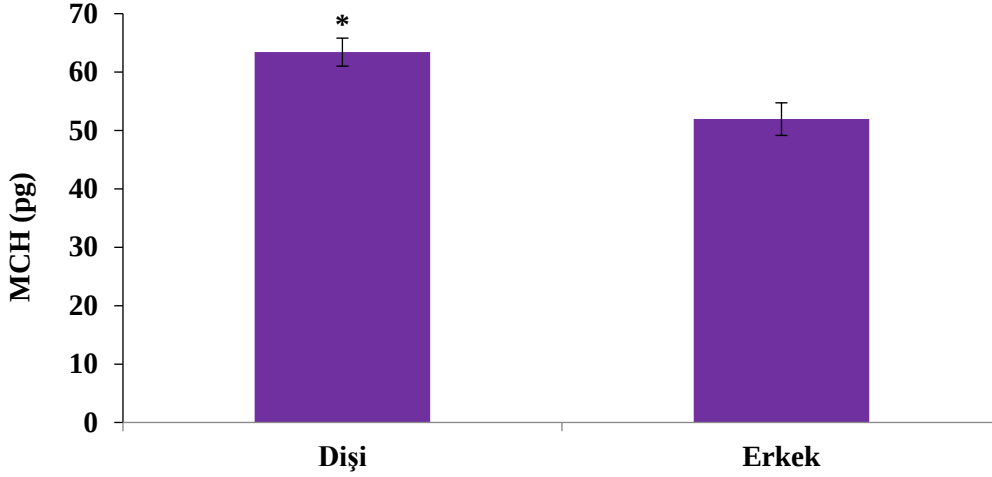
4.4.6 Van Balığı Bireylerinde MCH Ölçümü

Van Balığı bireylerine ait kan MCH seviyeleri cinsiyet ve lokalitelere göre karşılaştırılması sonucunda istatistiksel açıdan bir farkın olduğu tespit edildi ($p < 0.05$) Göl MCH seviyelerinin (53.78 ± 2.07) akarsu MCH seviyelerine göre (61.77 ± 3.56) daha düşük olduğu görüldü (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Van Balığı MCH seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması

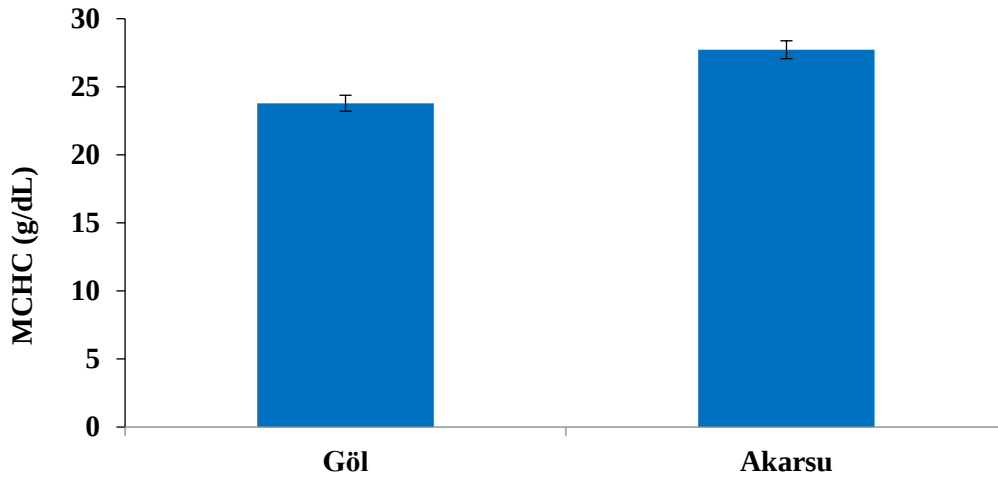
Van Balığı kan MCH seviyeleri cinsiyet gruplarına göre karşılaştırıldı ve istatistiksel açıdan bir farkın olduğu görüldü ($p<0.05$). Dişi bireylere ait MCH seviyelerinin (63.42 ± 2.39) erkek bireylere ait MCH seviyelerine göre (51.94 ± 2.79) daha yüksek olduğu gözlemlendi (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Van Balığı MCH seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması

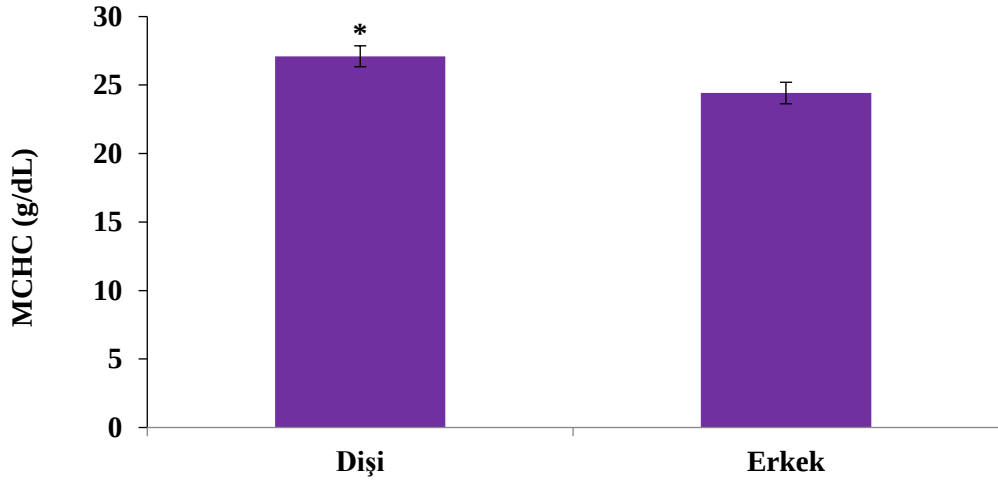
4.4.7 Van Balığı Bireylerinde MCHC Ölçümü

Van Balığı bireylerinin kan MCHC seviyeleri lokalite ve cinsiyet grupları açısından karşılaştırıldı. Bu karşılaştırma kan MCHC seviyelerinde göl ve akarsu grupları arasındaki farkın anlamlı olmadığı gözlemlendi ($p>0.05$). Göl ortamında ölçülen MCHC seviyelerinin (22.65 ± 0.59) akarsu MCHC seviyelerine (27.73 ± 0.66) göre düşük olduğu görüldü (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Van Balığı MCHC seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre karşılaştırılması (*: $p < 0.05$)

Van Balığı bireylerinin kan MCHC seviyeleri cinsiyet gruplarına göre karşılaştırıldığında dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel olarak bir farkın olduğu tespit edildi ($p < 0.05$). Dişi bireylere ait kan MCHC seviyelerinin (27.10 ± 0.76) erkek bireylere ait MCHC seviyelerine göre (24.42 ± 0.79) yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Van Balığı MCHC seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması (*: $p < 0.05$)

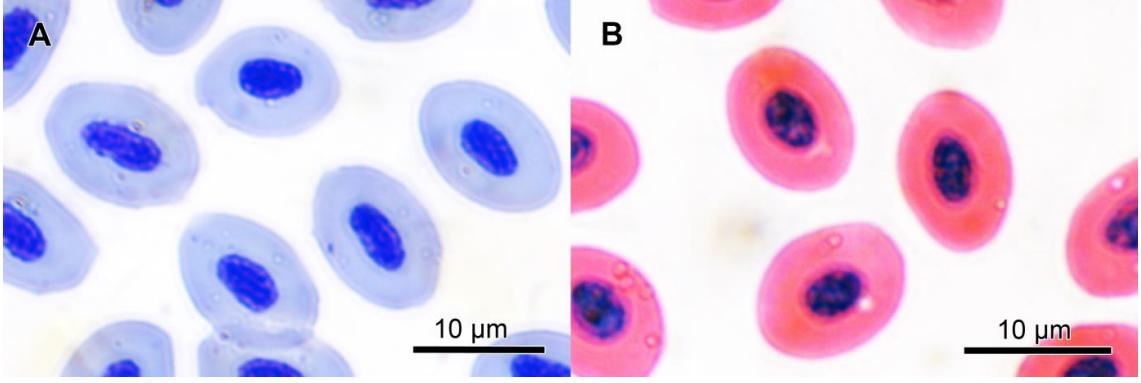
4.5. Van Balığı Periferik Kan Yaymalarının İncelenmesi

Van balıklarından elde edilen periferik kan yaymaları May-Grunwald Giemsa ve Papanicolaou sitolojik boyaları ile boyandı. Hazırlanan preparatlardan kan hücrelerinin histolojik (100×) incelemesi ışık mikroskobu (Zeiss Axio Imager 2, Almanya) ile yapıldı. Eritrositler, lökositler ve trombositlerin çekirdek ve sitoplazma yapılarının detaylı incelenmesi sonucunda identifikasyonları yapılan kan hücrelerinin sitolojik ölçümleri yapıldı (Çizelge 4.6).

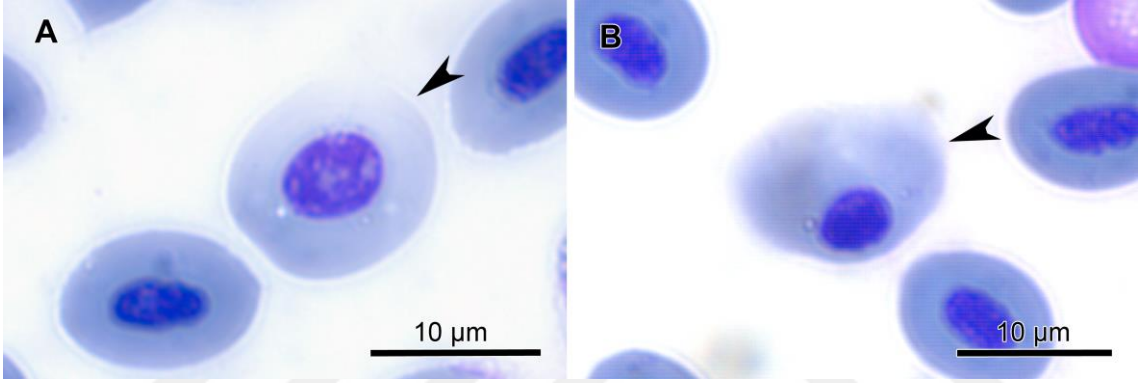
Çizelge 4.6 Van Balığı periferik kan yaymasında ölçülen kan hücre boyutları

Hücre	Hücre genişliği (µm)	Hücre uzunluğu (µm)
Eritrosit	8.08±0.05	10.87±0.07
Büyük lenfosit	8.37±0.23	9.35±0.26
Küçük lenfosit	6.01±0.12	6.54±0.16
Monosit	10.57±0.20	12.43±0.37
Nötrofil	10.25±0.24	12.43±0.37
Eozinofil	11.37±0.70	13.89±0.47
Yuvarlak trombosit	4.95±0.09	5.39±0.09
Çubuk trombosit	4.82±0.18	9.49±0.25

Van Balığı eritrositlerinin eliptik şekilli, merkezi konumlu nükleus içeren ve geniş sitoplazma yapısına sahip hücreler olduğu görüldü. Eritrositlerin sitoplazmalarının homojen yapıda, granülsüz ve düzgün kenarlı hücreler olduğu belirlendi. May-Grunwald Giemsa sitolojik boyası ile boyanan periferik yaymalarda eritrositlerin nükleusunun koyu mavi-mor, sitoplazmasının ise açık mavi renkte boyandığı gözlemlendi. Papanicolaou sitolojik boyası ile boyanmış preparatlarda ise eritrositlerin nükleusunun koyu mavi-mor renkte, sitoplazmasının ise açık kırmızı renkte olduğu görüldü (Şekil 4.18). Genç eritrositlerde nükleusun olgun eritrositlere göre daha büyük olduğu ve May-Grunwald Giemsa ile boyanmış preparatlarda kromatinin koyu pembe-mor renkte boyandığı görüldü (Şekil 4.19). Eritrositlerde hücre sitoplazmasının geniş olduğu ve çekirdeğin sitoplazmaya göre daha az yer kapladığı görüldü. Van Balığı eritrositlerinin sitolojik ölçümlerinde eritrositlerin hücre genişliğinin 8.08±0.05 µm, hücre uzunluğunun ise 10.87±0.07 µm olduğu gözlemlendi.

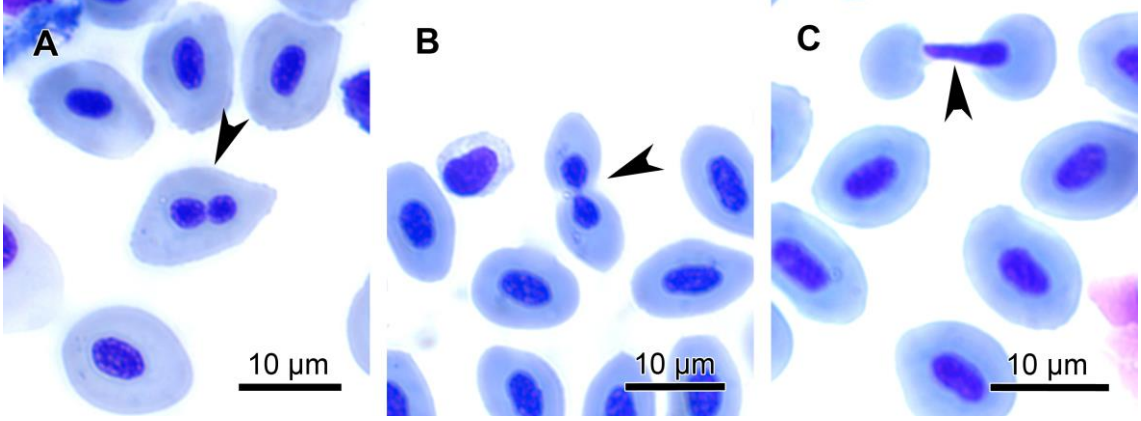


Şekil 4.18 Van Balığı periferik kan yaymasında görülen eritrositler (A, May-Grunwald Giemsa; B, Papanicolaou)



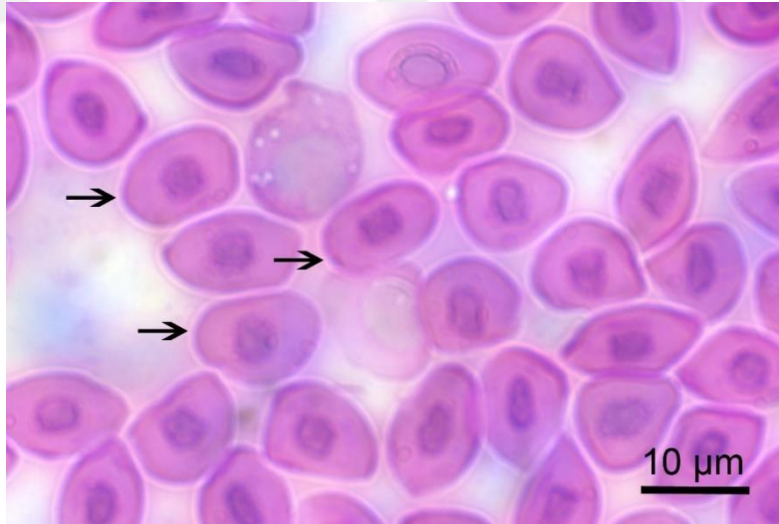
Şekil 4.19 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında (A, B) görülen farklı formlarda olan genç eritrositler (ok başı)

Van Balığının May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymalarının incelenmesi sonucunda çift nükleuslu sitoplazma bölünmesi gerçekleşmemiş ve bölünme aşamasında olan eritrositlerin de mevcut olduğu gözlemlendi (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında (A, B, C) görülen bölünme aşamasında olan eritrositler

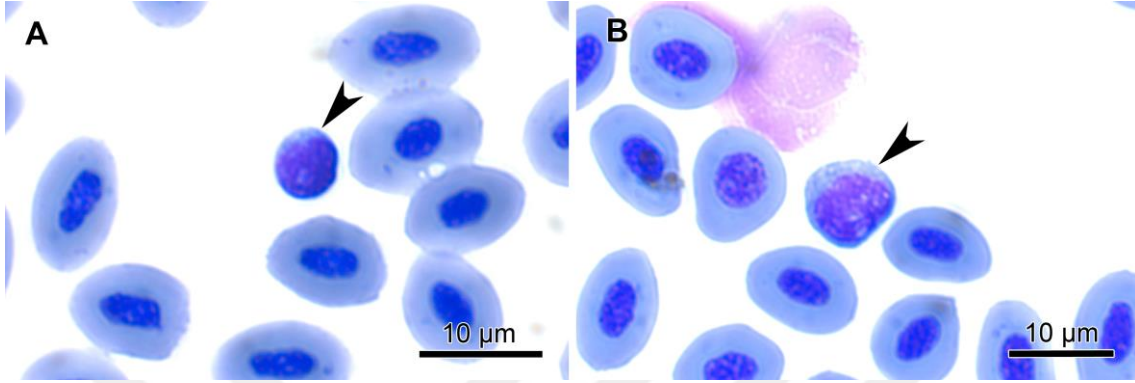
Van Balığının kan örneklerinden elde edilen periferik yaymalarının Van Balığında Periyodik Asit Schiff (PAS) ile boyanması sonucunda eritrositlerin net boyanmadığı, agranülosit ve granülositlerin birbirinden ayrılmasını sağlayan nükleus ve sitoplazma yapılarına ait morfolojik ve sitolojik farklılıkların da PAS ile boyalı preparatlarda ayırt edici bir görünüme sahip olmadığı belirlendi (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Van Balığında Periyodik Asit Schiff ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen eritrositler (ok)

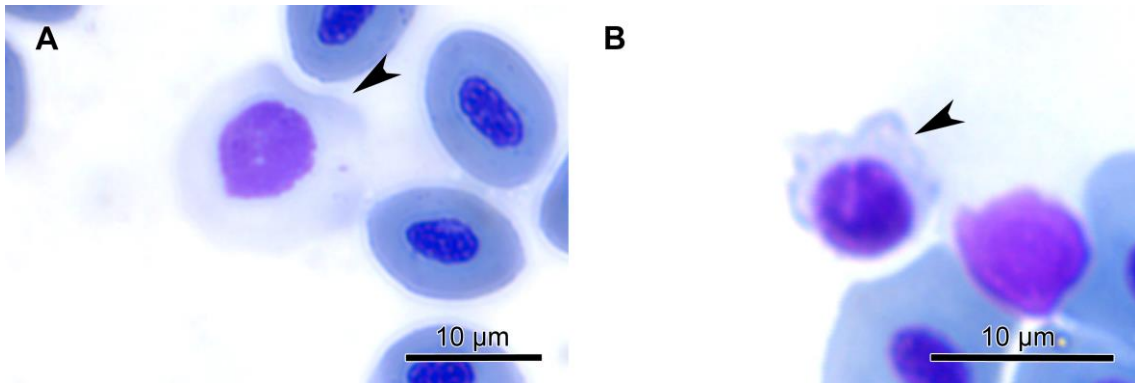
Van Balığına ait kan preparatlarında granülosit ve agranülosit hücre boyutları ve morfolojik yapıları incelendikten sonra identifikasyonları yapıldı. May-Grunwald Giemsa boyası ile boyanan preparatlarda lenfositlerin nükleusunun mor-pembe renklere

olduğu, sitoplazmalarının mavi renkte boyanmış hücreler olduğu görüldü. Periferik yaymaların incelenmesi sırasında kanda farklı büyüklükte lenfositlerin olduğu gözlemlendi (Şekil 4.22).



Şekil 4.22 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymalarında görülen farklı çekirdek ve sitoplazma büyüklüğüne sahip lenfositler. A) Dar sitoplazmalı küçük lenfosit (ok başı). B) Nükleus kromatinini orta yoğunlukta olan sitoplazması belirgin ve hafif granüllü bir lenfosit (ok başı)

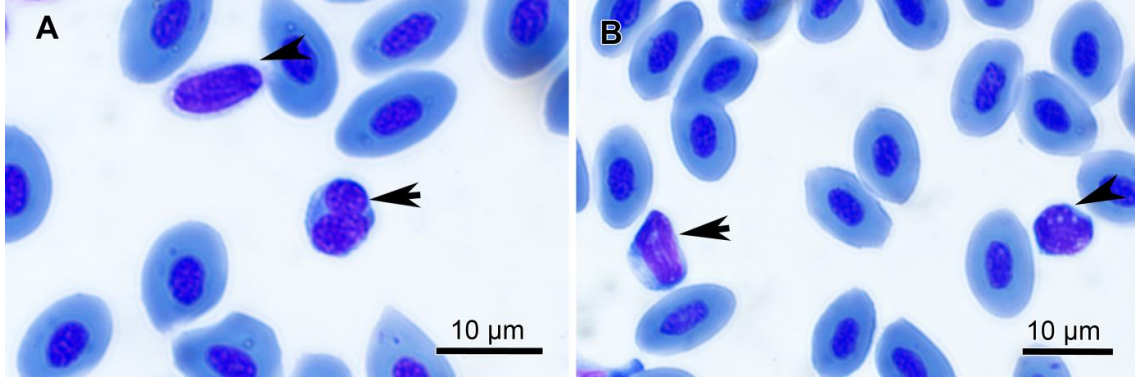
Reaktif lenfositlerin pembe nükleuslu ve sitoplazmasının şeffaf, açık gri renkte olduğu görüldü. Bazı reaktif lenfosit formlarında sitoplazma kenarlarında üçgen benzeri çıkıntılar ve yalancı ayak benzeri bir yapı sergilediği belirlendi (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymalarında (A, B) görülen farklı büyüklük ve şekillerde reaktif lenfositler

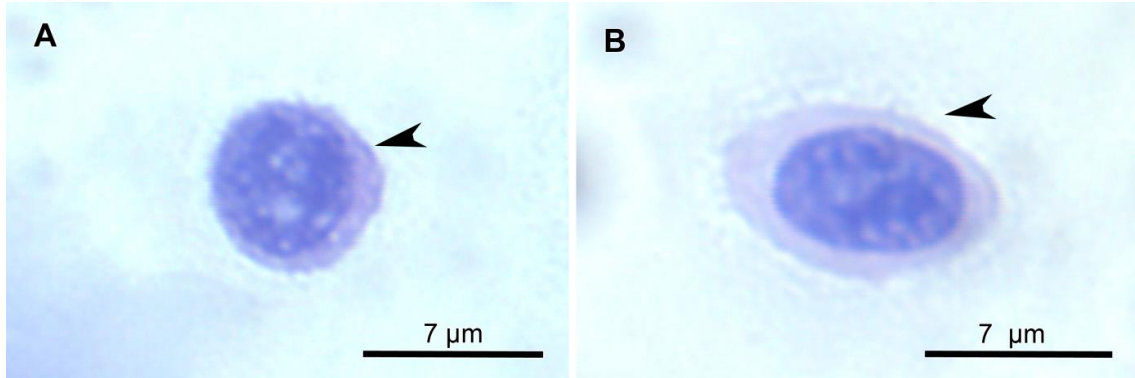
Ayrıca farklı formda sitoplazma ve nükleus yapılarına sahip lenfositler de gözlemlendi. Olgun trombositlerin büyük lenfositlere benzer bir görünüm sergilediği fakat

hücreyi çevreleyen ince şeffaf sitoplazma yapısı ile lenfositlerden ayırt edildiği belirlendi (Şekil 4.24).



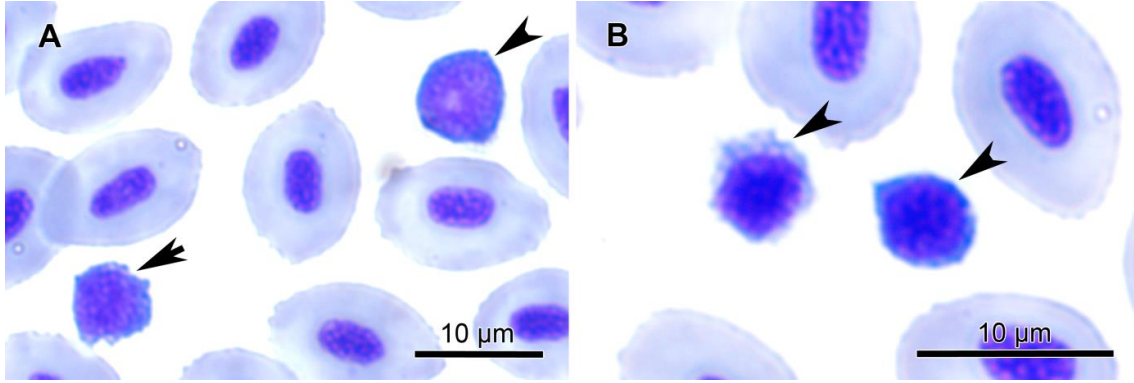
Şekil 4.24 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik yaymalarda farklı nükleus ve sitoplazma oranına sahip lenfositler. A) Oval formda trombosit (ok başı), yuvarlak formda nükleusu boğumlu büyük lenfosit (ok). B) Ovalimsi yapıda büyük lenfosit hücresi (ok başı), yuvarlak yapıda küçük lenfosit (ok başı)

Papanicolaou ile boyanan kan preparatlarında ise lenfositlerin sitoplazmalarının açık mor renkte, nükleuslarının ise mavi renkte olduğu görüldü (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 Van Balığında Papanicolaou ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen lenfositler A) Yuvarlak küçük lenfosit. B) Oval orta büyüklükte bir lenfosit

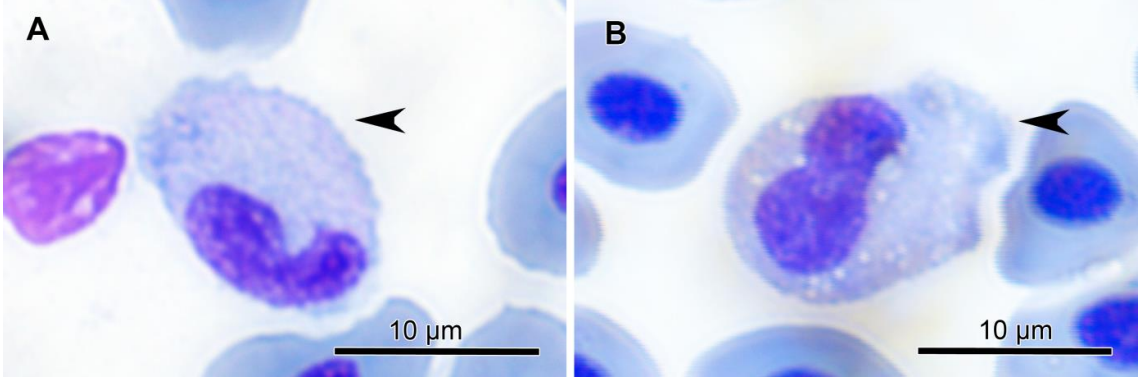
İncelenen periferik yaymalarda farklı büyüklüklerdeki lenfositlerde sitoplazma çeperinin farklı görünümlere sahip olduğu tespit edildi. Sitoplazma kenarının bazı hücrelerde düzgün hatta sahip olduğu bazı formlarda ise çıkıntılı ve düzgün olmayan görünüme sahip olduğu görüldü. (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanan periferik kan yaymasında görülen kan hücreleri. A) Sitoplazması düzgün kenarlı bir lenfosit (ok başı), sitoplazma kenarları düzgün olmayan, bazofilik sitoplazmalı küçük bir lenfosit (ok). B) Sitoplazma kenarı düzgün olmayan hafif bazofilik sitoplazmalı bir lenfosit (ok başı), düzgün kenarlı hafif bazofilik bir trombosit (ok başı)

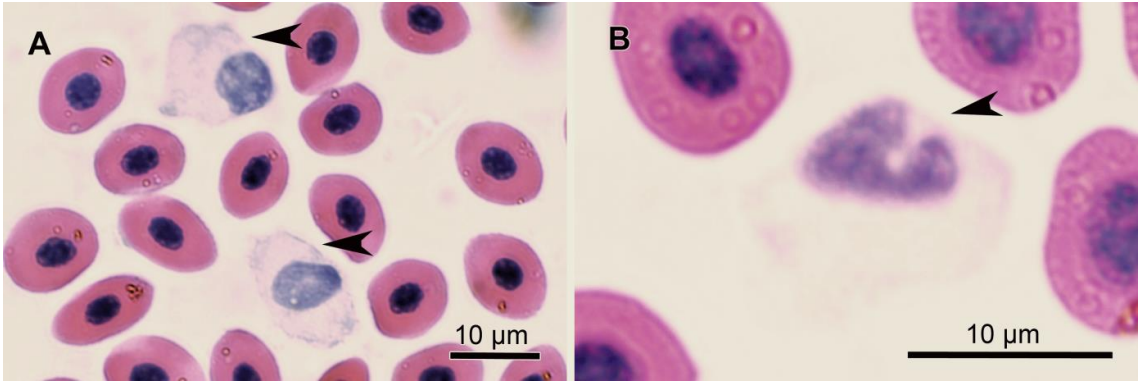
Küçük lenfositlerde hücre sitoplazmasının bazofilik ve dar bir yapı sergilediği, nükleusun neredeyse hücrenin tamamını kapladığı gözlemlendi. Büyük lenfositlerde ise daha geniş sitoplazmalı ve hücrenin bir tarafına yerleşimli ve oval-yuvarlak nükleus yapısı gözlemlendi. Lenfositlerin hücresel ölçümlerinde büyük lenfositlerin hücre genişliği $8.37 \pm 0.23 \mu\text{m}$ hücre uzunluğu ise $9.35 \pm 0.26 \mu\text{m}$ olarak belirlendi. Küçük lenfositlerde ise hücre genişliğinin $6.01 \pm 0.12 \mu\text{m}$, hücre uzunluğunun ise $6.54 \pm 0.16 \mu\text{m}$ olarak ölçüldü.

Van Balığının May-Grunwald Giemsa ile boyanan kan preparatlarında monositlerin nükleusunun mavi-mor renkte sitoplazmalarının ise açık mavi renkte hücreler olduğu görüldü. Monositlerde nükleusun böbrek benzeri bir şekle sahip olduğu, sitoplazmasının düzensiz kenarlı, yuvarlak-oval yapıda, orta büyüklükte ve bazen boğumlanmış yapıda olduğu görüldü (Şekil 4.27).



Şekil 4.27 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanan periferik kan yaymasında görülen farklı sitoplazma yapısındaki monositler. A) Eksantrik konumlu böbrek benzeri çekirdeği olan, sitoplazması düzgün kenarlı oval formda bir monosit (ok başı). B) Sitoplazması yalancı ayak yapısı gösteren, çekirdeği böbrek benzeri, hafif eksantrik konumlu bir monosit

Papanicolaou ile boyanmış kan yaymalarında ise monositlerin açık gri bir sitoplazma ve koyu mavi-mor bir nükleusunun olduğu gözlemlendi (Şekil 4.28). Monositlerin büyük düzensiz şekilli ve kenarları düzensiz olan hafif heterojen granülsüz bir sitoplazmaya sahip olduğu görüldü. Monositlerin merkezi yerleşimli olmayan tek loblu bazen boğumlu yapı gösteren bir çekirdek içerdiği gözlemlendi (Şekil 4.27, Şekil 4.28).

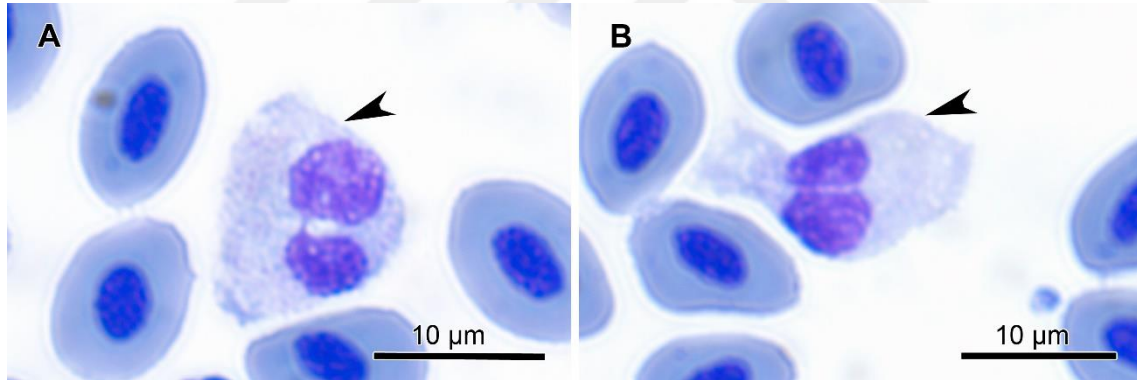


Şekil 4.28 Van Balığında Papanicolaou ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen farklı formlardaki monositler. A) Yuvarlak eksantrik çekirdekli monosit (ok başı), oval merkezi konumlu çekirdeği olan monosit (ok başı). B) Yuvarlak sitoplazmalı çekirdeği girintili ve hafif segmentasyona uğramış olan bir monosit (ok başı)

Kan yaymalarının mikroskopik incelemelerinde yuvarlak-düzgün kenarlı monositler, sitoplazması düzensiz kenarlı-ovalimsi yapıda monositler ve belirgin şekli olmayan monosit formları gözlemlendi.

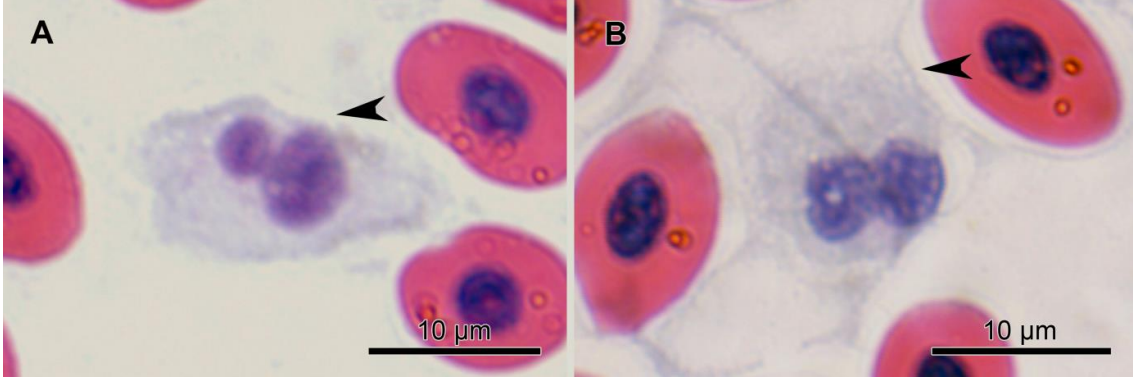
Monositlerin hücre sitoplazmasının nükleusuna göre daha büyük olduğu belirlendi. Yapılan sitolojik incelemelerde Van Balığına monositlerin hücre genişliğinin $10.57 \pm 0.20 \mu\text{m}$, hücre uzunluğunun ise $12.43 \pm 0.37 \mu\text{m}$ olduğu görüldü.

İncelenen periferik yaymalarda nötrofillerin yuvarlak, oval hücre şekline sahip bazen de kıvrımlı veya sitoplazma kenarları psödopod (yalancı ayak) benzeri yapı sergileyen hücreler olduğu görüldü. Nötrofillerin sitoplazmasında merkezi konumlu olmayan iki-üç-dört ve daha fazla sayıda lobdan oluşan nükleus içerdiği gözlemlendi. Nötrofillerin merkezi konumda olmayan ince fibriler bağlı birleşik nükleusa sahip olan formlarının yanı sıra segmentasyona uğramış ayrık nükleus içeren formlarının da olduğu belirlendi. May-Grunwald Giemsa ile boyanan preparatlarda nükleusun mor renkte olduğu görüldü (Şekil 4.29).



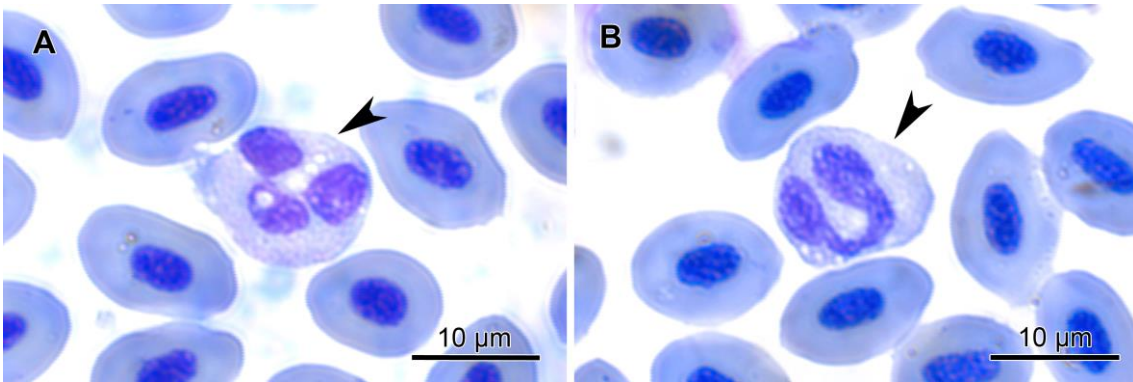
Şekil 4.29 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen bilobuler nötrofiller. A) Düzensiz şekilli ince fibriler bağlı-bilobüler nükleuslu nötrofil (ok başı). B) Ovalimsi yapıda ayrık fibriler

Nötrofillerin papanicolaou ile boyanan preparatlarda ise mavi- mor renkte olduğu görüldü (Şekil 4.30).

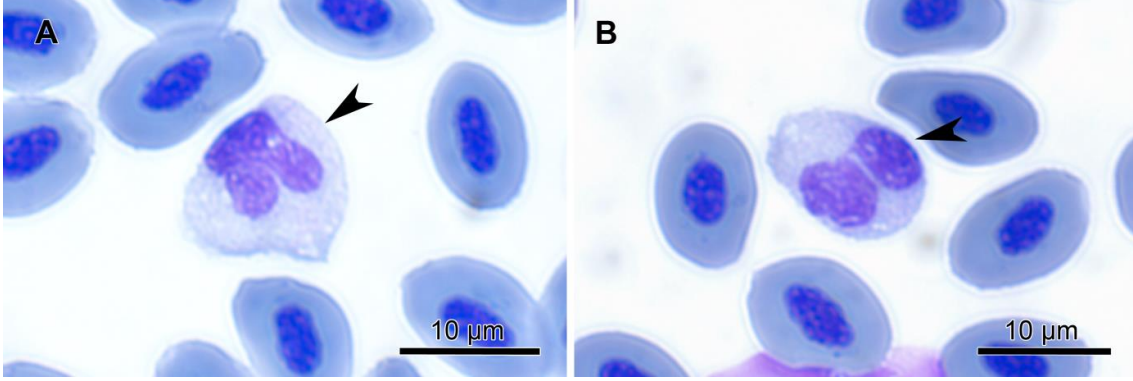


Şekil 4.30 Van Balığında Papanicolaou ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen nötrofiller. A) Sitoplazma şekli belirgin olmayan, fibriler bağlı iki ayrı nükleusu olan nötrofil (ok başı). B) Yuvarlak şekilli kenarları düzensiz sitoplazmalı, birleşik iki nükleusu olan bir nötrofil (ok ucu)

May-Grunwald Giemsa ile boyalı preparatlarda nötrofillerin sitoplazması açık-mavi ve bazen hafif heterojen yapı gösterirken, papanicolaou sitolojik boyaları ile boyanan preparatlarda sitoplazmanın açık gri renkte olduğu görüldü. Periferik yaymalarının mikroskopik incelemelerinde yuvarlak, oval veya düzensiz sitoplazma kenarlarına sahip; at nalı nükleus şekli gösteren band nötrofiller olduğu gibi, iki, üç veya parçalı nükleusa sahip nötrofiller de görüldü (Şekil 4.31, Şekil 4.32). Nötrofillerin sitoplazmasının nükleusa oranla daha büyük olduğu gözlemlendi. Yapılan sitolojik ölçümlerde Van Balığında nötrofillerin hücre genişliğinin $10.25 \pm 0.24 \mu\text{m}$ hücre uzunluğu ise $12.43 \pm 0.37 \mu\text{m}$ olduğu gözlemlendi.

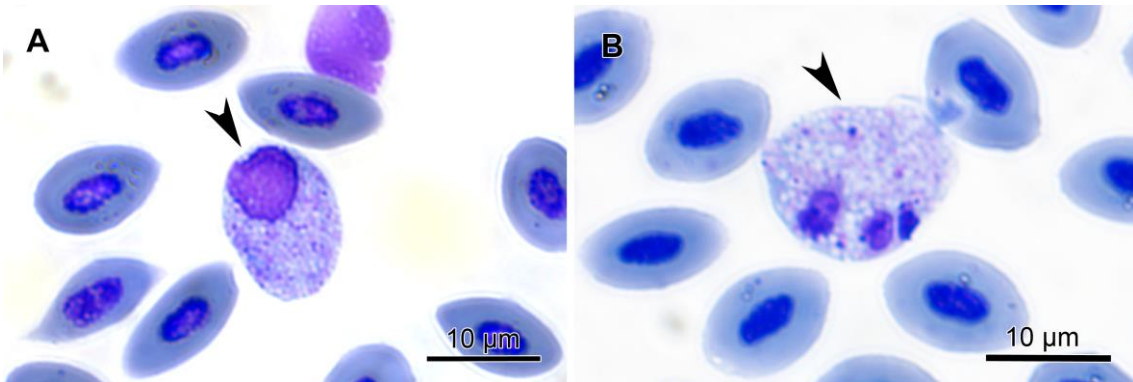


Şekil 4.31 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında farklı nükleus yapısına sahip nötrofiller. A) Yuvarlak şekilli, sitoplazması vakuollü, üç loblu nötrofil (ok başı). B) Oval-yuvarlak şekilli, çekirdeği at nalı şeklinde olan bir nötrofil (band form) (ok başı)



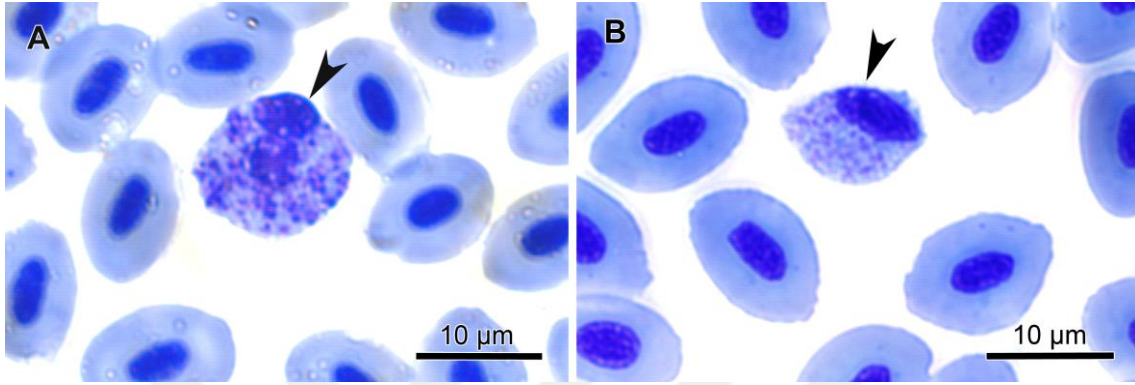
Şekil 4.32 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen farklı sitoplazma ve çekirdek formuna sahip notröfiller. A) Sitoplazması yuvarlak-üçgen formda bilobüler nötrofil (ok başı). B) Nükleusu ayırık formda olan bilobuler notröfil (ok başı)

Periferik yayma incelemelerinde, eozinofillerin diğer agranülositlere oranla semikantitatif olarak daha az sayıda olduğu gözlemlendi. Van Balığının May-Grunwald ile boyanan kan yaymalarında eozinofillerin pembe-mor renkte boyanmış, merkezi yerleşimli olmayan, çoğunlukla hücre kenarına yerleşmiş nükleusunun olduğu görüldü. Eozinofil sitoplazmasının kırmızı ve pembe granüller içeren büyük asidofilik yapıda hücreler olduğu görüldü. Ayrıca bazı preparatlarda ise eozinofil sitoplazmasının mor-mavi granüllere sahip olduğu belirlendi. Nükleusu tek loblu ve segmentasyona uğramış üç loblu nükleus yapısına sahip eozinofiller görüldü (Şekil 4.33, Şekil 4.34).



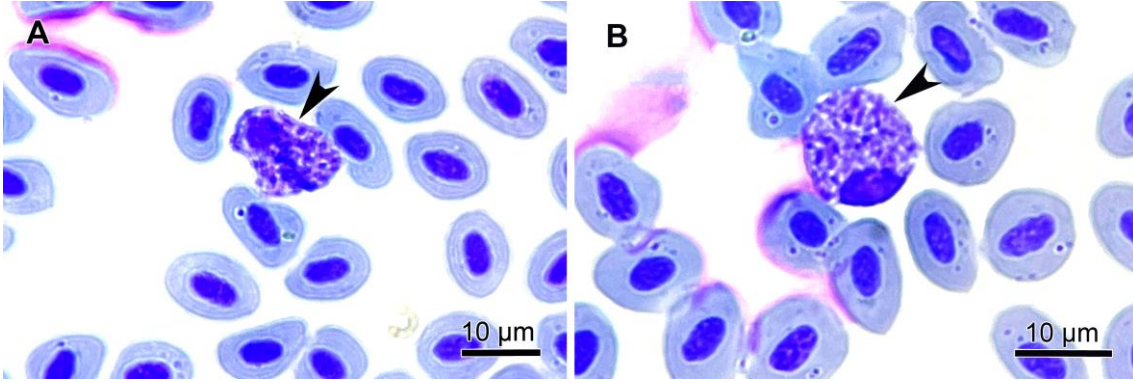
Şekil 4.33 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen farklı nükleus yapısı gösteren eozinofiller A) Sitoplazması oval ve düzgün kenarları olan, eksantrik konumlu, tek nükleusa sahip büyük bir eozinofil. B) Sitoplazması düzgün kenarlı, yuvarlak-oval şekilli ve parçalanmış nükleusa sahip bir eozinofil (ok başı)

Eozinofilllerde hücre sitoplazmasının geniş olduğu, nükleusun ise sitoplazmaya göre daha küçük olduğu mikroskopik olarak gözlemlendi. Van Balığının periferik yaymasında yapılan sitolojik ölçümler sonucunda eozinofillerin hücre genişliği $11.37 \pm 0.70 \mu\text{m}$ hücre uzunluğu ise $13.89 \pm 0.47 \mu\text{m}$ olarak ölçüldü.



Şekil 4.34 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen farklı nükleus ve sitoplazma yapısı gösteren eozinofiller A) Sitoplazması düzgün kenarlı olan, iki nükleusa sahip bol pembe-mor granüllü, büyük bir eozinofil. B) Sitoplazması düzgün kenarlı, yuvarlak-oval şekilli ve tek loblu nükleusa sahip bir eozinofil (ok başı)

May-Grunwald Giemsa ile boyanan Van Balığı periferik yayma preparatlarında bazofillerin diğer lökositlere göre nadir bulunduğu belirlendi. Bazofil sitoplazmalarının koyu-mavi-mor granüllere sahip, büyük sitoplazmalı hücreler olduğu görüldü. İncelenen kan yayma preparatlarında bazofil nükleusunun diğer hücrelerden farklı olarak tek loblu olduğu, sitoplazmanın çekirdeğe oranla daha çok yer kapladığı görüldü. Hücrenin sitoplazmasının ise mor renkli büyük granüllerle kaplanmış olduğu belirlendi (Şekil 4.35).



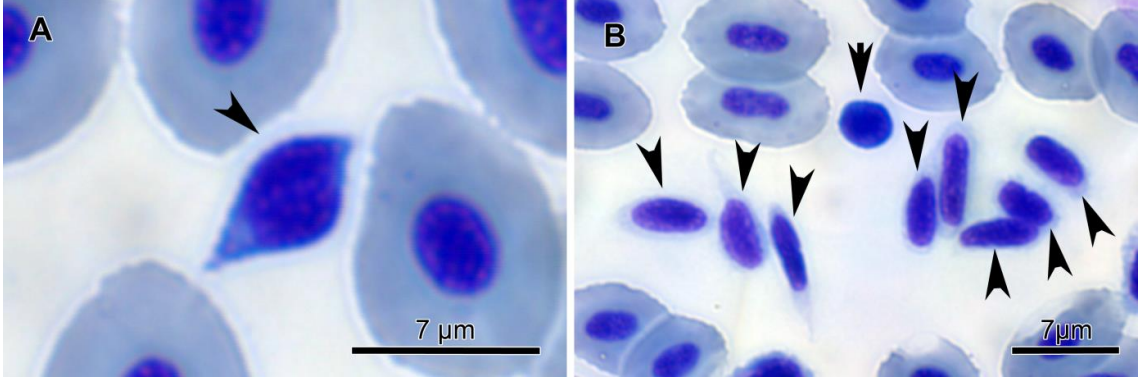
Şekil 4.35 Van Balığına May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen, farklı sitoplazma ve nükleus yapısına sahip bazofiller. A) Bant formunda nükleusu olan olgun bazofil. B) Eksantrik ve yuvarlak nükleuslu büyük bir bazofil

Van Balığı periferik yaymasında nadir olarak görülen bazofil hücresinin hücre boyutunun semikantatif olarak yapılan sitolojik ölçümlere göre 5-15.6 µm ile 15-15.7 µm arasında olduğu gözlemlendi.

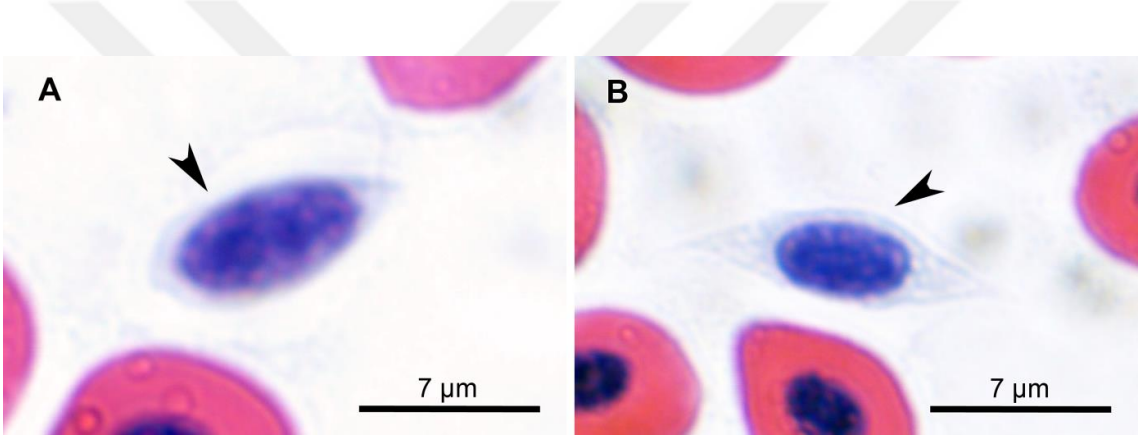
Trombositler Van Balığı kan yaymalarında kümeler veya tek tek hücreler halinde görüldü. Mekik, çubuk ve yuvarlak yapıda olmak üzere değişik formlarda trombositlerin olduğu gözlemlendi. May-Grunwald Giemsa ve Papanicolaou ile boyanmış trombositlerin çekirdeğinin koyu mor-mavi renkte sitoplazmasının ise açık mavi renkte boyandığı belirlendi (Şekil 4.36, Şekil 4.37).

Yuvarlak trombositlerin hücrenin bir kenarında çok az bir sitoplazmasının olduğu görüldü. Mekik şekilli trombositlerde hücrenin nükleusunun orta kısmının daha şişkin olduğu, hücrenin her iki ucunda sivri ve üçgen bir forma dönüştüğü gözlemlendi. Çubuk trombositlerde hücrenin her iki ucunda sitoplazmanın daha fazla olduğu ve şeffaf-ince yapıda bir sitoplazma içerdiği gözlemlendi (Şekil 4.36, Şekil 4.37).

Kan preparatlarının incelenmesi sonucu görülen farklı şekilde olan trombositlerin uzunluklarında ve hücre çaplarında farklılıklara sahip küçük hücreler olduğu görüldü. Trombositlerin çekirdeklerinin hücreyi kaplayacak şekilde büyük olduğu, sitoplazmanın ise nükleusa oranla daha az yer kapladığı mikroskopik olarak gözlemlendi.



Şekil 4.36 Van Balığında May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen farklı hücre formundaki trombositler. A) Mekik şeklinde bir trombosit (ok başı). B) Sitoplazması uzamış çubuk şekilli trombositler (ok başı), yuvarlak şekilli trombosit (kısa ok)

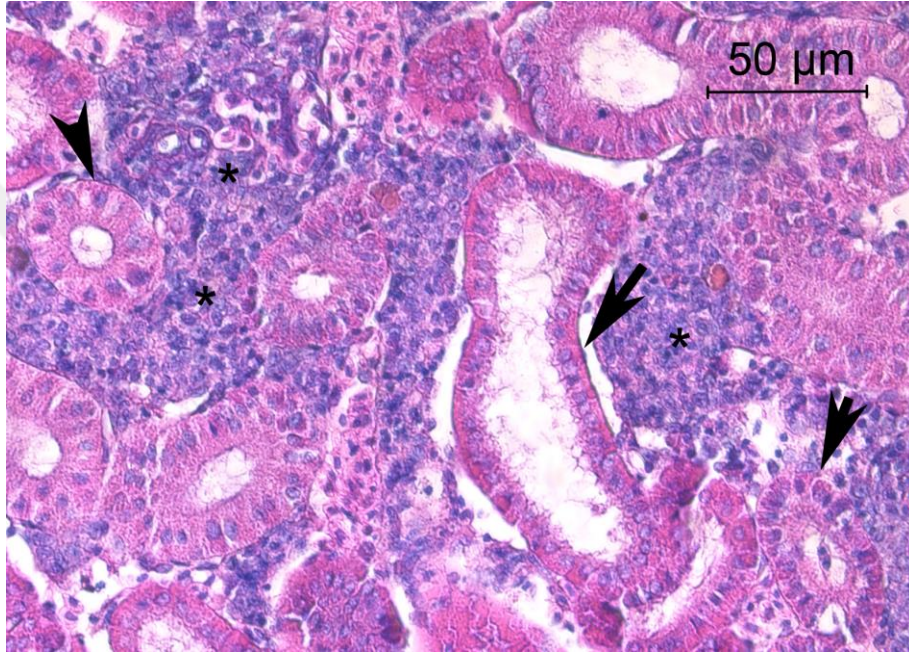


Şekil 4.37 Van Balığının Papanicolaou ile boyanmış periferik kan yaymasında görülen trombositler. A) Oval şekilli bir trombosit (ok başı). B) Mekik şeklinde bir trombosit (ok başı)

İncelenen periferik yaymalarda Van Balığında yuvarlak trombositlerin hücre genişliği $4.95 \pm 0.09 \mu\text{m}$ hücre uzunluğu $5.39 \pm 0.09 \mu\text{m}$ olarak belirlenirken, çubuk trombositlerde ise hücre genişliği $4.82 \pm 0.18 \mu\text{m}$ ve hücre uzunluğu da $9.49 \pm 0.25 \mu\text{m}$ olarak belirlendi.

4.5.1 Van Balığının Hematopoezi Sonucunda Kandaki Öncül Hücrelerin İncelenmesi

Van Balığının böbrek (baş böbrek) dokusundan alınan kesitlerin Hematoksilen&Eozin ile boyanması sonucunda böbrek tübüllerini çevreleyen interstisyel dokuda çok sayıda hematopoietik hücrenin olduğu gözlemlendi (Şekil 4.38).



Şekil 4.38 Van Balığı böbrek (baş böbrek) hematopoietik dokusunun Hematoksilen&Eozin ile boyanması sonucunda görülen hematopoietik hücreler. Distal tübül (ok başı), toplama kanalı (uzun ok), proksimal tübül (kısa ok). Tübüller arası boşlukta yer alan hematopoietik hücreler (*)

Van Balığının May- Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yayma preparatlarında farklı gelişim aşamasında olan hematopoietik hücrelerin mevcut olduğu görüldü. Eritropoez aşamasında görülen hücrelerden normoblastlar, bazofilik normoblastlar, polikromatik normoblastlar, ortokromatik eritrositler, asidofil eritrositler, genç eritrositler ve olgun eritrositler gözlemlendi. Granülopoez aşamasında yer alan hücreler arasında progranülosit, öncül promyelosit, granüler promyelosit ve granüler myelositler görüldü. Agranüler gelişim aşamalarına dahil olan hücreler içerisinde de monosit ve lenfosit öncül hücreleri görüldü. Monoid seride monoblast (geç evre), promonositler ve

monositler gözlemlendi. Dolaşımda histiyositlerin de mevcut olduğu belirlendi. Lenfoid seride ise prolenfositler, küçük-büyük lenfositler ve reaktif lenfositlerin mevcut olduğu görüldü (Şekil 4.39).

Eritrositlerin öncü hücreleri olan normoblastların sırasıyla bazofilik normoblast ve polikromatik normoblastlara farklılaştığı görüldü. Polikromatik normoblastların ise ortokromatik eritrositlere ve asidofil genç eritrositlere farklılaştığı gözlemlendi. Eritroid hücrelerin sitoplazmasının farklılaşma süresince bazofilisinin giderek azaldığı ve sitoplazmanın granüler yapısının kaybolduğu görüldü. Blast aşamasında kaba kromatin ağına sahip nükleus yapısının ilerleyen aşamalara doğru sıkı ve ince bir kromatin yapısına dönüştüğü, olgun eritrositlerde ise nükleusun küçüldüğü gözlemlendi (Şekil 4.39).

Normoblast aşamasındaki eritrosit öncül hücrelerin kaba granüller içeren koyu mavi bazofilik sitoplazmalı hücreler olduğu, nükleusunun ise yer yer koyulaşmalar gösteren koyu kromatin ağına sahip büyük çekirdekli hücreler olduğu görüldü. Normoblast serideki hücrelerde çekirdeğin hücrenin toplam alanında fazlaca yer kapladığı, hücrelerin sitoplazmasının ise karakteristik sitoplazma çıkıntısına sahip olduğu gözlemlendi. Normoblast (eritroblast) aşamasındaki hücrelerin sırasıyla bazofilik normoblast ve polikromatik normoblastlara farklılaştığı görüldü. Sitoplazmada koyu mavi spesifik olmayan kaba granüllerin olduğu belirlendi (Şekil 4.39).

Bazofilik eritroblast seri hücrelerinde sitoplazma çeperinin koyu mavi-lacivert renkte boyanmış, keskin, pürüzsüz bir yapıda olduğu gözlemlendi. Bazofilik normoblastların merkezi yerleşimli hücre çekirdeğinin neredeyse hücrenin tamamını kapladığı, yuvarlak düzgün şekilli bir çekirdek yapısına sahip olduğu belirlendi. Çekirdek kromatininin bazı noktalarında ise kromatin boşluklarının olduğu görüldü. Hücre sitoplazmasının hücrenin toplam alanının az bir kısmında yer kapladığı gözlemlendi. Hücrenin ince yapılı sitoplazmasının çekirdeği çevrelediği görüldü. Sitoplazma ve çekirdeğin birleştiği kısımda hücre çekirdeğini çevreleyen belirgin peri-nükleer aydınlanma hattının olduğu görüldü. Sitoplazmik granüllerin ise küçüldüğü görüldü (Şekil 4.39).

Polikromatik normoblast seride hücre sitoplazmasının bazofilik eritroblastta göre arttığı ve mor-gri renkte granülsüz bazofilik bir sitoplazmanın mevcut olduğu görüldü. Ortokromatik eritrositlerin olgun eritrositlere göre daha dar bir sitoplazma ve daha büyük bir nükleusa sahip hücreler olduğu gözlemlendi. Eritroblast hücre serisinde olgunlaşmış ve farklılaşma aşamasını bitirmiş olan eritrositlerin merkezi çekirdek içeren açık mavi hafif

bazofilik homojen bir sitoplazmaya dönüştüğü görüldü. Ayrıca koyu mavi boyanmış, oval şekilli merkezi nükleus içeren hücre yapısı sergilediği de görüldü. Hemen olgunlaşmadan önce görülen asidofil eritrositler nadiren gözlemlendi. Asidofil eritrositlerin morfolojik olarak olgun eritrositlerden daha yuvarlak pembe-turuncu sitoplazmalı ve mor renkli nükleus yapısı gösteren hücreler olduğu görüldü (Şekil 4.39).

Granüloid serinin kanda görülen hücrelerinden olan progranülositler hücrelerin yuvarlak-oval şekilli büyük hücreler olduğu görüldü. Progranülosit hücrelerin mavi, belirgin olmayan sitoplazmik granüllerinin olduğu ve sitoplazmada aydınlanma zonlarının olduğu gözlemlendi. Progranülositlerin nükleusunun hücrenin yarısından fazlasını kaplayan, mor-koyu pembe renge boyanmış orta yoğunlukta çok kaba olmayan kromatin yoğunluğu gösterdiği ve nükleusta nükleolus bölgesinin olduğu görüldü (Şekil 4.39).

Progranülositlerden farklılaşan öncül myelosit seri hücrelerinin sitoplazmasının iç kenarında belirgin olmayan granüler kabartılara sahip olduğu, bu aşamada spesifik bir morfoloji göstermediği gözlemlendi. Öncül promyelosit hücrelerin çekirdeğe yakın kısmında ise golgi zonu açıklığının oluşmaya başladığı, nükleusun iç tarafında girinti oluşmaya başladığı görüldü (Şekil 4.39).

Progranülositlerden farklılaşan öncül promyelositlerin nötrofil promyelosit hücrelere farklılaştığı görüldü. Öncül promyelositlerin nötrofil promyelosit, eozinofil promyelosit ve eozinofil metagranülositlere farklılaştığı gözlemlendi. Nötrofil promyelositlerin oval ve hücrenin bir kenarına yerleşimli olan ve hücrenin 1/3'ünü kaplayan yoğun kromatin ağına sahip bir nükleus içerdiği, sitoplazmasının ise koyu mavi renkte granüller içeren hücreler olduğu görüldü. Eozinofil promyelositlerin nötrofil myelositlerden farklı olarak sitoplazmasında turuncu-kırmızı granüller içerdiği, çekirdek etrafında kırmızı-turuncu bir hat oluştuğu belirlendi (Şekil 4.39).

Myelosit seri hücrelerinin metamiyelositlere farklılaştığı görüldü. Nötrofil ve eozinofil metamiyelositlerin nükleusunun içe doğru girinti yaparak hafif yarım ay benzeri bir formda olduğu görüldü. Nötrofil metamiyelositlerde nükleusun koyu mor kromatin yoğunlaşma bölgeleri gösterdiği, sitoplazmada ince mavi granüllere sahip olduğu gözlemlendi. Ancak eozinofil metamiyelositlerde nükleusun mor-pembe kalın fibriler yapıda olduğu, sitoplazmasında yuvarlak ve çubuk benzeri kırmızı-turuncu spesifik granüller olduğu belirlendi. Bazofil metagranülositlerin sitoplazmasının eozinofil granüllerine göre büyük boyutlu, mor-pembe renkli granüller içerdiği gözlemlendi. Ayrıca nükleusun iki

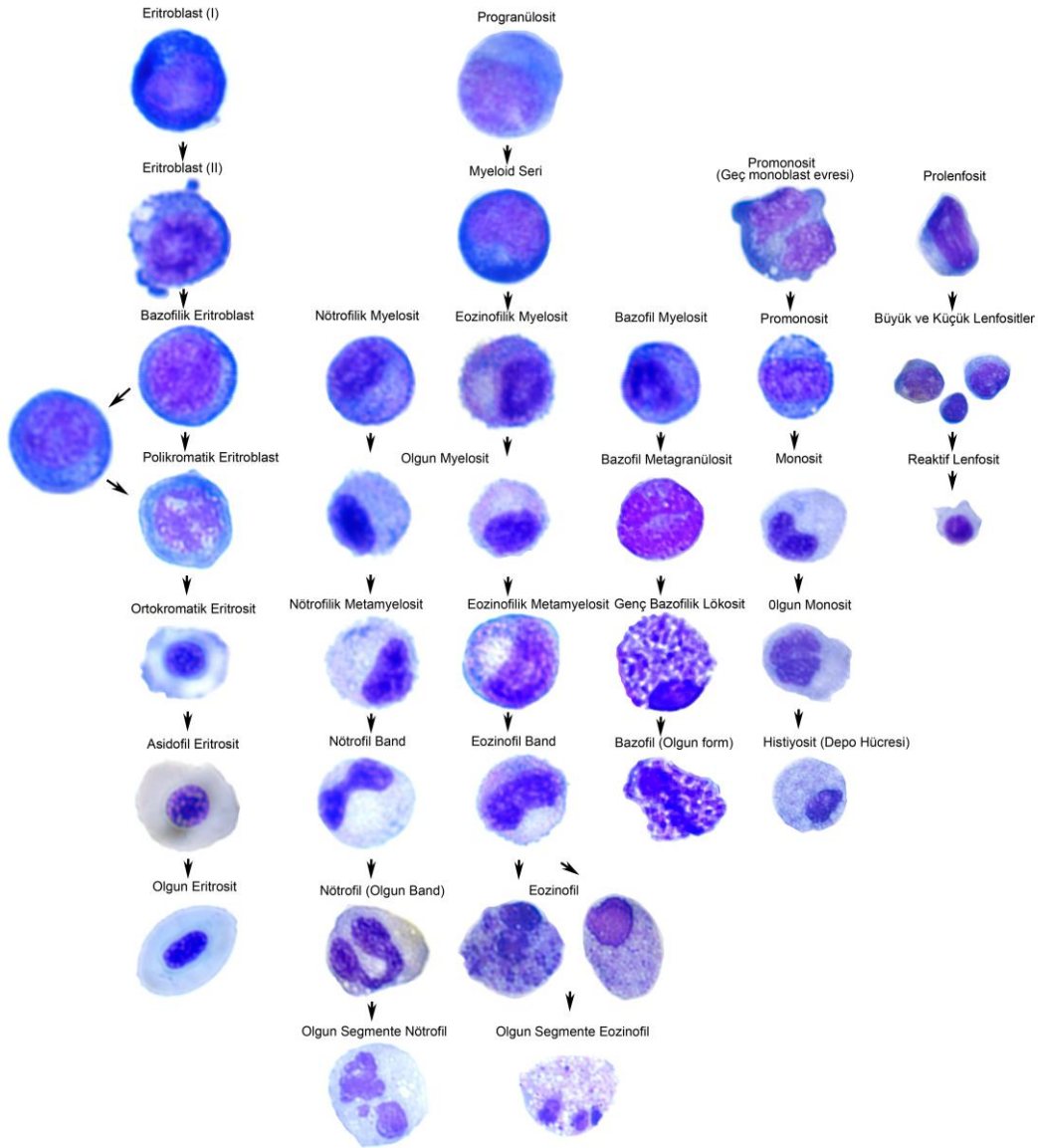
loblu, boğumlu yapıda ve hücrenin çoğunluğunu kapladığı gözlemlendi. Bazofil metagranüositlerde bulunan spesifik granüllerin hücre sitoplazmasında fazlaca yer aldığı ve neredeyse çekirdeği tamamen kapladığı gözlemlendi (Şekil 4.39).

Metamyelosit seriden farklılaşan öncü band formların sitoplazmasının hücrenin türüne göre değiştiği görüldü. Nötrofil band formlarının genç aşamasında granüllerin kaybolduğu, hücre çekirdeğinin ise hücreyi boylu boyunca kuşatan uzun içe girintili bir nükleus yapısına sahip olduğu belirlendi. Eozinofil band hücrelerin gelişim aşamasında nötrofillerden farklı olarak spesifik turuncu-kırmızı mor granüllerin varlığını koruduğu gözlemlendi. Nötrofillerin olgun band formlarında hücrenin neredeyse tüm kenarına yerleşmiş at nalı veya 'C' şeklinde nükleus içerdiği, sitoplazmasının açık mavi ve granülsüz olduğu görüldü. Eozinofil granüositlerin sitoplazmasında pembe-kırmızı-mor renkte belirgin granüller gözlemlendi. Hücre çekirdeğinin hücrenin bir kenarına konumlandığı bir veya iki loblu olduğu görüldü. Bazofil granüositlerin bazofil metagranüositlerden farklılaştığı aşamada bazofillerin iri boyutta neredeyse nükleusu kaplayan mor granüllere sahip olduğu belirlendi. Hücre çekirdeğinin genç formlarda hücre kenarına yerleşimli yuvarlak yapıda olduğu, olgun formlarda ise uzun ve hücre boyunca yerleşen band yapısını gösterdiği gözlemlendi. Nötrofil ve eozinofilin olgun formlarda nükleus segmentasyonu göstererek parçalandığı görüldü. Monositlerle aynı kök hücrelerden farklılaşan histiyositlere (depo hücresi) de rastlandı (Şekil 4.39).

Monositlerin promonosit öncü hücre sitoplazmasının vakuol içeren mavi ve granülsüz yapıda olduğu gözlemlendi. Hücre nükleusunun iki lobdan oluştuğu koyu pembe-mor renkte ve yoğun kromatin ağına sahip olduğu görüldü. Genç monositlerde nükleusun böbrek veya fasulye benzeri yapıda olduğu ve hücrenin bir kenarına konumlandığı görüldü. Hücre sitoplazmasında da ayak benzeri grintilerin mevcut olduğu gözlemlendi. Olgun monositlerin sitoplazmasında vakuollerin mevcut olduğu, sitoplazmanın granülsüz hafif kabartı şeklinde ve etrafının girintili bir yapıya dönüştüğü belirlendi. Nükleusun ise boğumlanma gösterdiği ve tek loblu olduğu gözlemlendi (Şekil 4.39).

Prolenfositlerin lenfositlerden büyük bazofilik ve granül içermeyen bir sitoplazmaya sahip olduğu görüldü. Hücre sitoplazmasının nükleusu eşit çevrelemediği ve bazı kısımlarının çıkıntılı bir yapı gösterdiği gözlemlendi. Nükleusun ise mor-pembe ve orta yoğunlukta kalın fibriller bir yapı gösterdiği belirlendi. Büyük ve küçük lenfositlerde sitoplazmanın ince bir şekilde nükleusu çevrelediği ve orta yoğunlukta kromatin

yapısında olduğu görüldü. Sitoplazmanın bazı hücrelerde çekirdeğin etrafını eşit çevrelemediği ve mavi granüllü bir yapı gösterdiği gözlemlendi. Reaktif lenfositlerin açık mavi-gri renkte granülsüz bir sitoplazma içerdiği ve sitoplazmanın çıkıntılı olduğu görüldü (Şekil 4.39).



Şekil 4.39 Van Balığı periferik kan yaymasında hematopoez aşamalarının incelenmesi

4.6 Biyokimyasal Analizler

Van balıklarından elde edilen serum örneklerinden Alanin-aminotransferaz (ALT), Aspartat-transaminaz (AST), kalsiyum (Ca), kolesterol, klor (Cl), kreatinin, glukoz, potasyum (K), magnezyum (Mg), sodyum (Na), fosfor (P), total protein, trigliserit, üre, albümin ve Alkalen-fosfataz (ALP) parametrelerinin analizi yapıldı. Biyokimyasal parametrelere ilişkin elde edilen bulgular cinsiyet ve lokalitelere göre karşılaştırıldı (Çizelge 4.7, Çizelge 4.8). Van Balığı serum kalsiyum ve ALP seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesinde dişi ve erkek bireyler arasında anlamlı bir farkın olduğu görüldü ($p<0.05$). Ayrıca kalsiyum ve ALP parametreleri dışında ALT, AST, kolesterol, klor, kreatinin, glukoz, potasyum, magnezyum, sodyum, fosfor, total protein, trigliserid, üre, albümin seviyelerinin karşılaştırılmasında ise anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$) (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 Van Balığı serum biyokimya parametrelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması
(*: $p<0.05$)

Parametre	n	Dişi	Erkek
ALT (U/L)	14	84.71±8.44	81.27±13.25
AST (U/L)	14	602.52±69.64	679.88±140.61
Kalsiyum (mg/dL)	14	17.03±0.56*	14.66±0.74
Kolesterol (mg/dL)	14	363.48±23.75	348.15±24.27
Klor (mmol/L)	14	126.60±3.02	121.58±3.13
Kreatinin (mg/dl)	14	0.20±0.02	0.19±0.02
Glukoz (mg/dl)	14	229.19±16.38	236.74±24.93
Potasyum (mmol/L)	14	2.11±0.52	2.67±0.58
Magnezyum (mg/dL)	14	5.04±0.44	5.21±0.25
Sodyum (mmol/L)	14	184.11±5.67	180.41±5.44
Fosfor (mg/dL)	14	15.43±0.92	17.17±0.81
Total protein (g/dL)	14	3.87±0.26	3.386±0.13
Trigliserid (mg/dL)	14	823.41±55.75	758.10±91.13
Üre (mg/dL)	14	111.66±13.24	111.89±12.82
Albümin (g/dL)	14	1.75±0.10	1.56±0.07
ALP (U/L)	14	102.36±5.51*	125.64±7.61

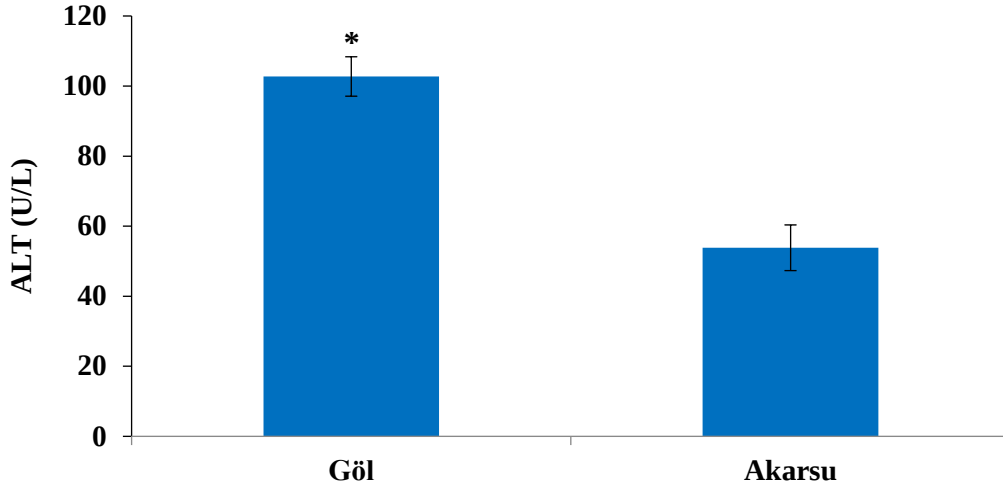
Van Balığı serum AST, kalsiyum, kreatin, magnezyum, total protein, trigliserid, kolesterol, albümin ve ALP seviyelerinin lokalitelere göre karşılaştırılması sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak glukoz, ALT, potasyum, üre, klor, fosfor ve sodyum parametrelerinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olduğu belirlendi ($p<0.05$) (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Van Balığı serum biyokimya parametrelerinin lokalitelere göre karşılaştırılması *: $p<0.05$)

Parametre	n	Göl	Akarsu
ALT (U/L)	14	102.73±5.63*	63.26±12.48
AST (U/L)	14	675.91±79.01	606.49±135.74
Kalsiyum (mg/dL)	14	15.71±0.84	15.97±0.62
Kolesterol (mg/dL)	14	369.96±23.64	341.66±23.92
Klor (mmol/L)	14	130.31±3.20*	117.86±1.92
Kreatinin (mg/dl)	14	0.23±0.02	0.17±0.02
Glukoz (mg/dl)	14	194.09±21.32*	271.84±14.31
Potasyum (mmol/L)	14	3.55±0.62*	1.22±0.17
Magnezyum (mg/dL)	14	5.27±0.44	4.98±0.24
Sodyum (mmol/L)	14	196.56±4.98*	167.96±2.45
Fosfor (mg/dL)	14	14.91±0.83*	17.69±0.79
Total protein (g/dL)	14	3.90±0.20	3.35±0.20
Trigliserid (mg/dL)	14	831.24±66.47	750.27±83.10
Üre (mg/dL)	14	148.39±6.58*	75.16±9.49
Albümin (g/dL)	14	1.75±0.09	1.56±0.07
ALP (U/L)	14	113.79±6.79	114.21±7.93

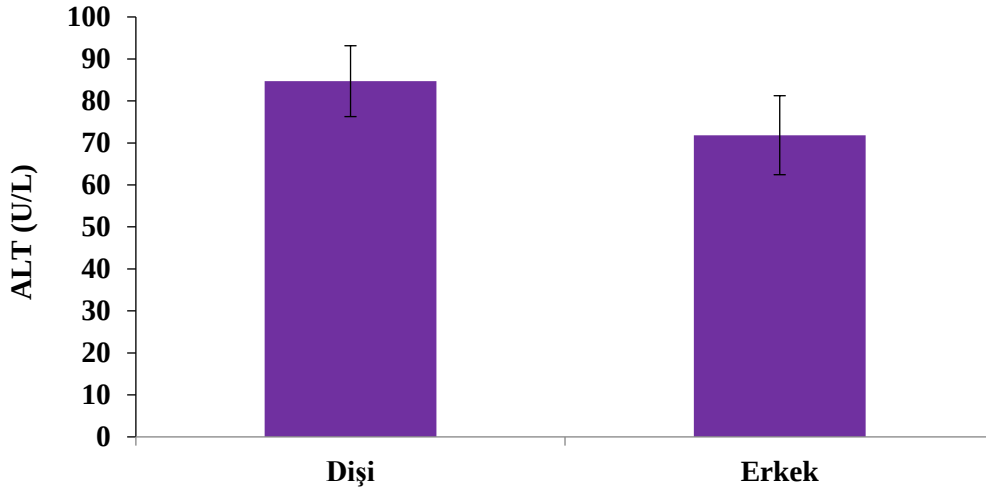
4.6.1 Van Balığı Serum ALT Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum ALT seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı. Gölden örneklenen balıkların serum ALT seviyelerinin (102.73±5.63) akarsudan örneklenen balıkların ALT seviyelerine (63.26±12.48) göre daha yüksek ve istatistiksel açıdan anlamlı ($p<0.05$) olduğu görüldü (Şekil 4.40).



Şekil 4.40 Van Balığı serum ALT seviyelerinin (Van Gölü ve Karasu Çayı) lokalitelere göre incelenmesi (*: $p<0.05$)

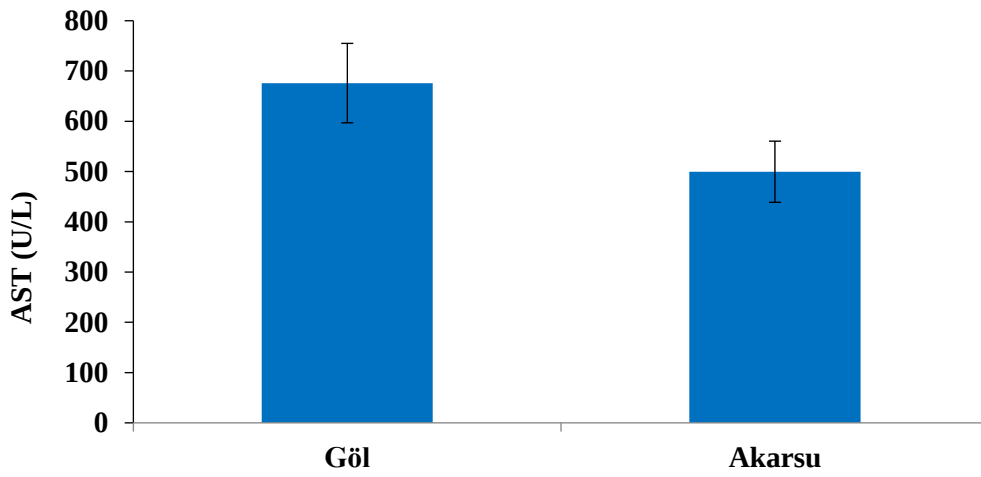
Serum ALT seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması sonucunda Van Balığı serum ALT seviyelerinin dişi ve erkek bireyler arasında anlamlı bir fark içermediği ($p>0.05$), fakat dişi bireylerin serum ALT seviyelerinin (84.71 ± 8.44) erkek bireylerin serum ALT seviyelerine (81.27 ± 13.25) göre yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.41).



Şekil 4.41 Van Balığı serum ALT seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

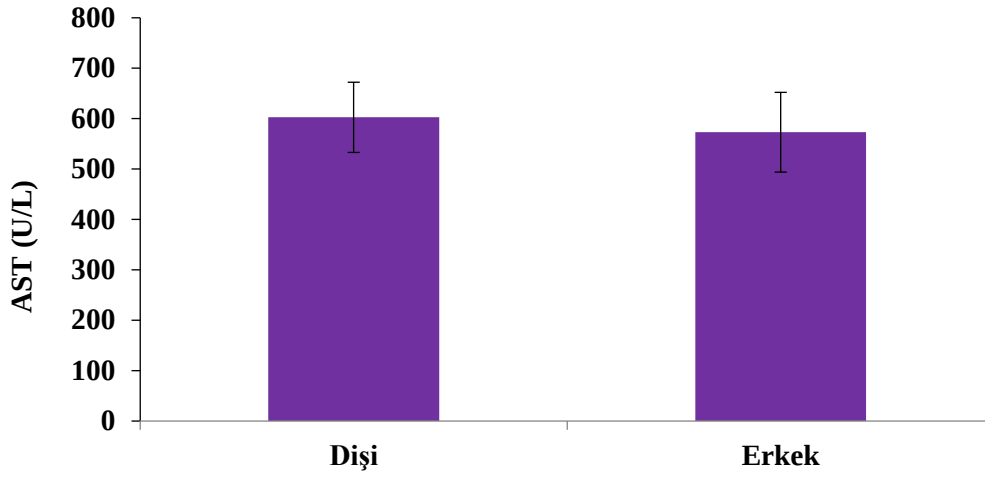
4.6.2 Van Balığı Serum AST Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum AST seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı. Van Balığı serum AST seviyelerinin lokalitelere göre karşılaştırılması sonucunda elde edilen farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak göl grubunda ölçülen serum AST seviyelerinin (675.91 ± 79.01) akarsu seviyelerine (606.49 ± 135.74) göre yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.42).



Şekil 4.42 Van Balığı serum AST seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi

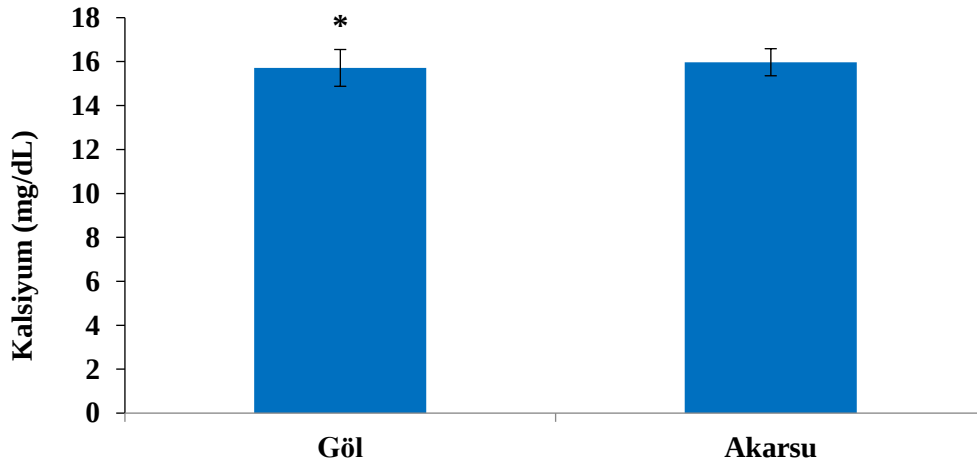
Van Balığı serum AST seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılmasında anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Dişi bireylerde ölçülen AST seviyelerinin (602.52 ± 69.64) ise erkek bireylerde ölçülen AST seviyelerine (679.88 ± 140.61) göre düşük olduğu belirlendi (Şekil 4.43)



Şekil 4.43 Van Balığı serum AST seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

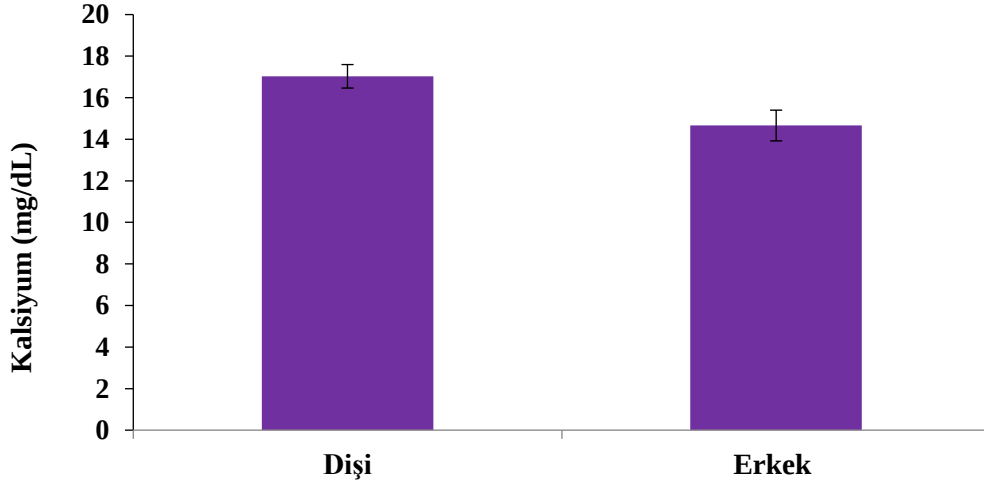
4.6.3 Van Balığı Serum Kalsiyum (Ca) Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum kalsiyum seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı. Göl lokalitesinde ölçülen serum kalsiyum seviyelerinin (15.71 ± 0.84) akarsu lokalitesinde ölçülen kalsiyum seviyelerine (15.97 ± 0.62) göre düşük ve istatistiksel açıdan anlamlı olduğu ($p < 0.05$) görüldü (Şekil 4.44).



Şekil 4.44 Van Balığında serum kalsiyum seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p < 0.05$)

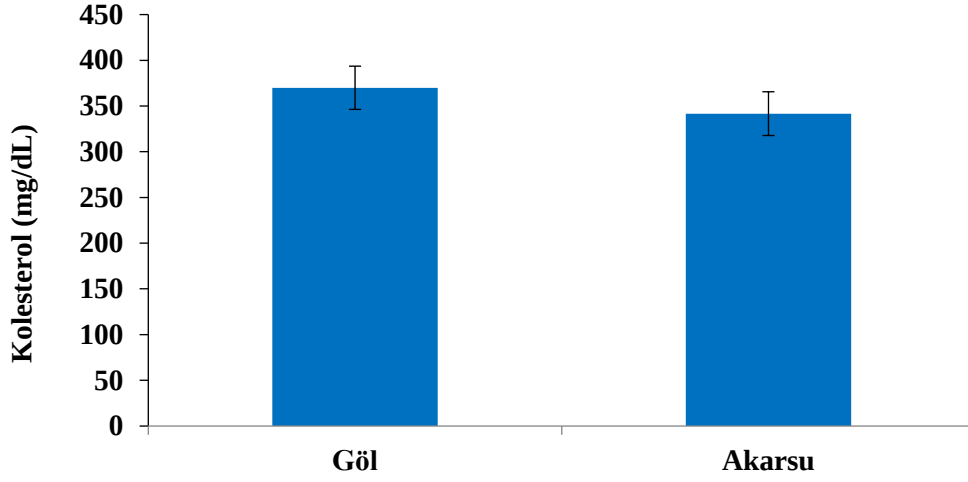
Van Balığı serum kalsiyum seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesinde anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak dişi bireylerdeki serum kalsiyum seviyelerinin (17.03 ± 0.56) erkek bireylerdeki serum kalsiyum seviyelerine (14.66 ± 0.74) göre yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.45).



Şekil 4.45 Van Balığı serum kalsiyum seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

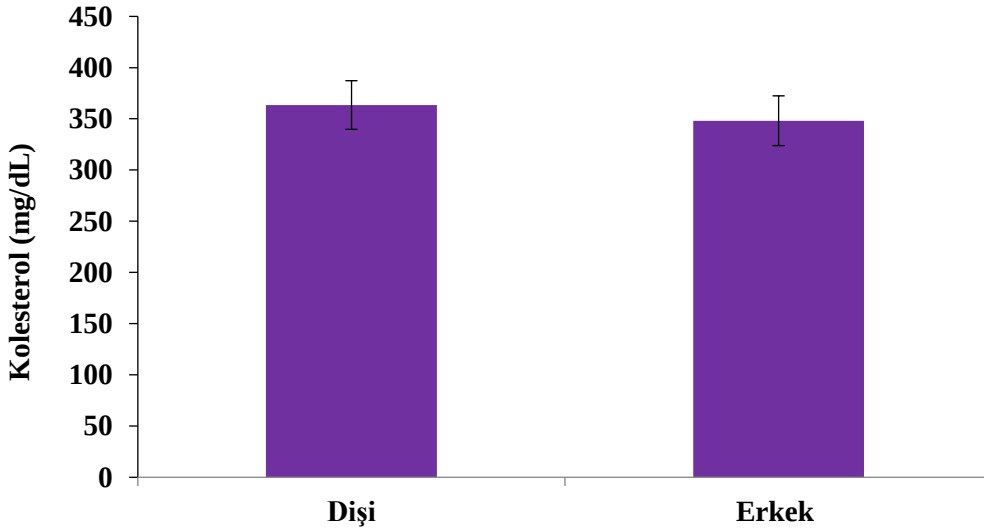
4.6.4 Van Balığı Serum Kolesterol Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum kolesterol seviyeleri lokalite ve cinsiyet yönünden incelendiğinde göl ve akarsu arasında anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak balıkların göl safhasındaki serum kolesterol seviyelerinin (369.96 ± 23.64) akarsu grubundaki serum kolesterol seviyesine göre (341.66 ± 23.92) yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.46).



Şekil 4.46 Van Balığı serum kolesterol seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

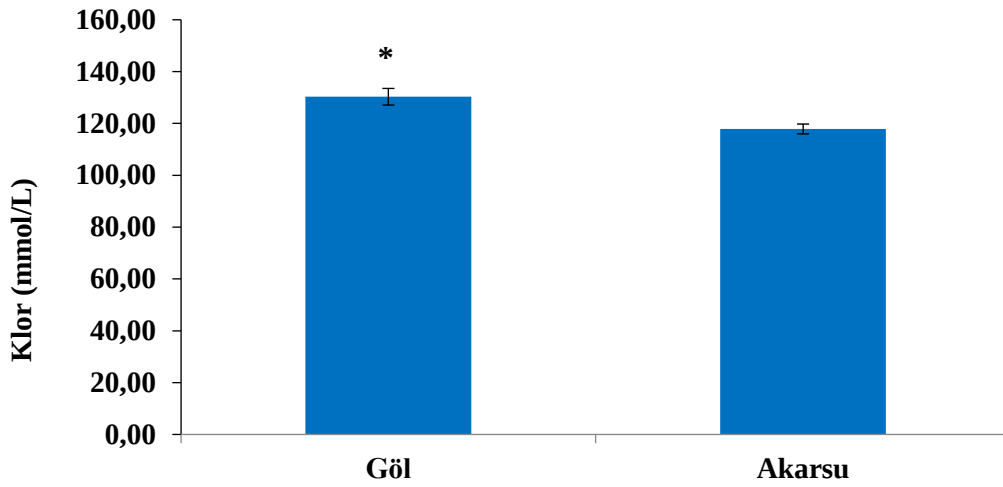
Cinsiyet gruplardaki serum kolesterol seviyeleri arasında anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak dişi bireylerdeki kolesterol seviyelerinin (363.48 ± 23.75) erkek bireylerdeki kolesterol seviyelerine (348.15 ± 24.27) göre yüksek olduğu gözlemlendi (Şekil 4.47).



Şekil 4.47 Van Balığı serum kolesterol seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

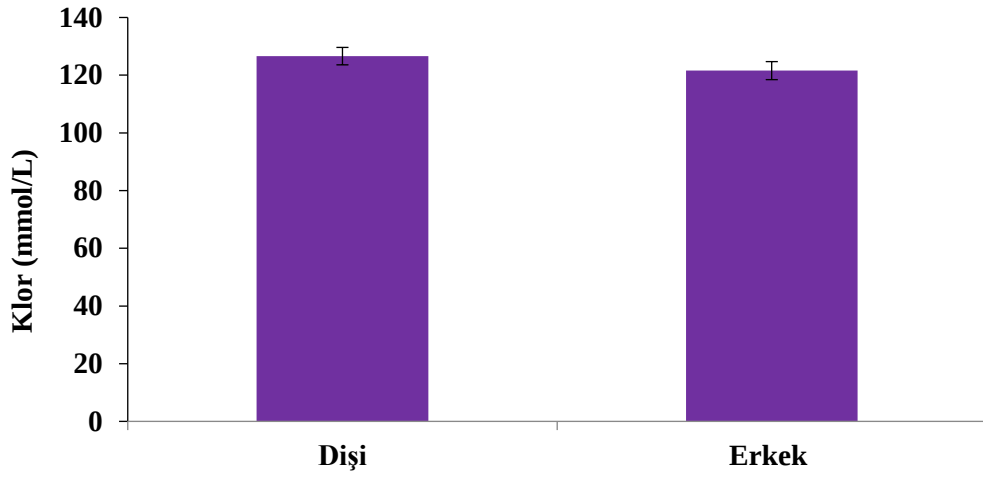
4.6.5 Van Balığı Serum Klor (Cl) Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum klor seviyelerinin lokalitelere göre karşılaştırılması sonucunda göl ve akarsu lokaliteleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olduğu tespit edildi ($p<0.05$). Van Gölü’nden örneklenen balıklara ait klor seviyelerinin (130.31 ± 3.20) akarsu klor seviyelerine göre (117.86 ± 1.92) daha yüksek olduğu ve istatistiksel açıdan anlamlı farkın olduğu görüldü (Şekil 4.48).



Şekil 4.48 Van Balığı serum klor seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p<0.05$)

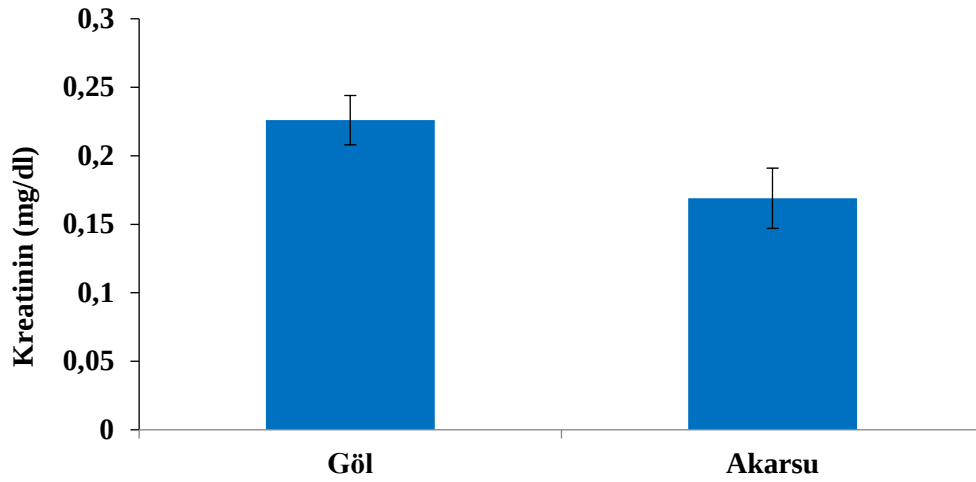
Van Balığı serum klor seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılmasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak dişi bireylerdeki klor seviyelerinin (126.60 ± 3.02) erkek bireylerdeki serum klor seviyelerine (121.58 ± 3.13) göre yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.49).



Şekil 4.49 Van Balığı serum klor seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

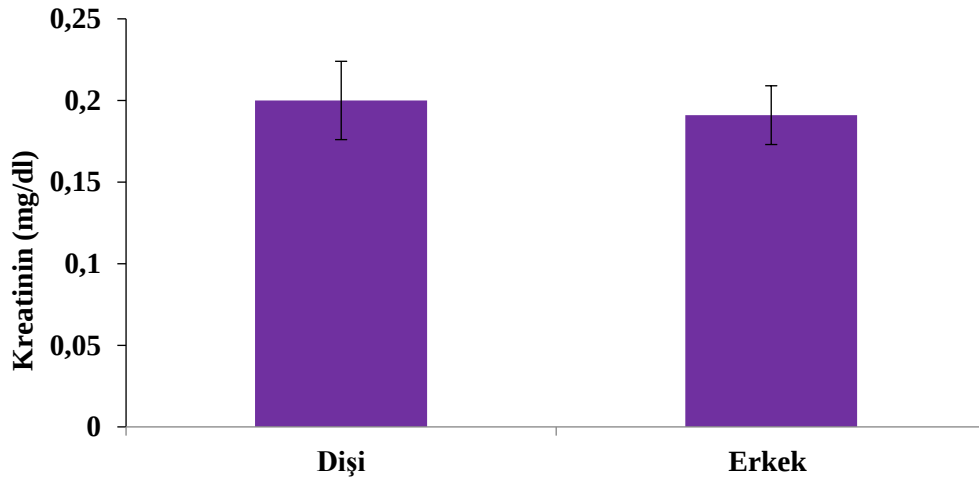
4.6.6 Van Balığı Serum Kreatinin Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum kreatinin seviyelerinin lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırılması sonucunda istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak göl aşamasındaki balıkların serum kreatinin seviyelerinin (0.23 ± 0.02) akarsu aşamasındaki serum kreatinin seviyelerine (0.17 ± 0.02) göre yüksek olduğu tespit edildi (Şekil 4.50).



Şekil 4.50 Van Balığı serum kreatinin seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi

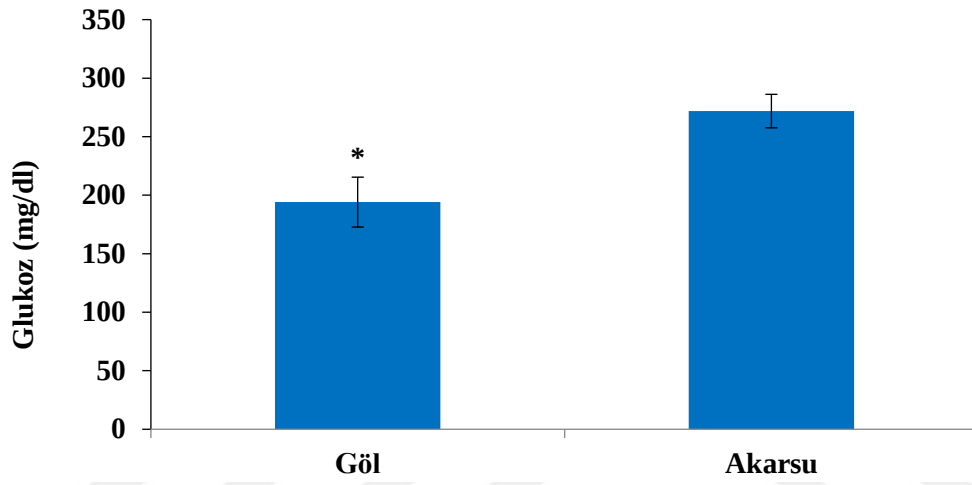
Dişi ve erkek gruplar arasındaki serum kreatin seviyeleri incelendiğinde istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak dişi bireylerdeki kreatin seviyesinin (0.20 ± 0.02) erkek bireylere (0.19 ± 0.02) göre yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.51).



Şekil 4.51 Van Balığı serum kreatinin seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

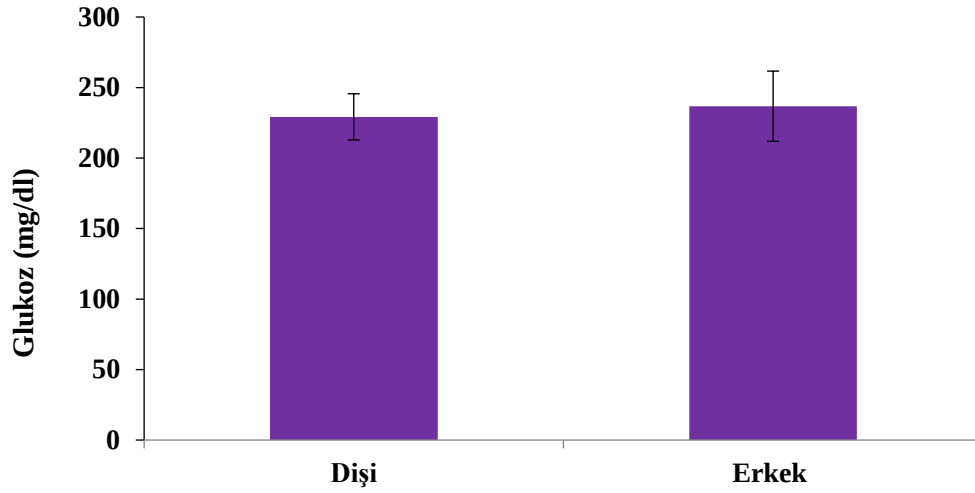
4.6.7 Van Balığı Serum Glukoz Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum glukoz seviyeleri lokalitelere ve cinsiyete göre incelendi. Gölden örneklenen balıkların glukoz seviyelerinin (194.09 ± 21.32) akarsu glukoz seviyelerine (271.84 ± 14.31) göre yüksek olduğu ve istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığa sahip olduğu görüldü ($p < 0.05$) (Şekil 4.52).



Şekil 4.52 Van Balığı serum glukoz seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p < 0.05$)

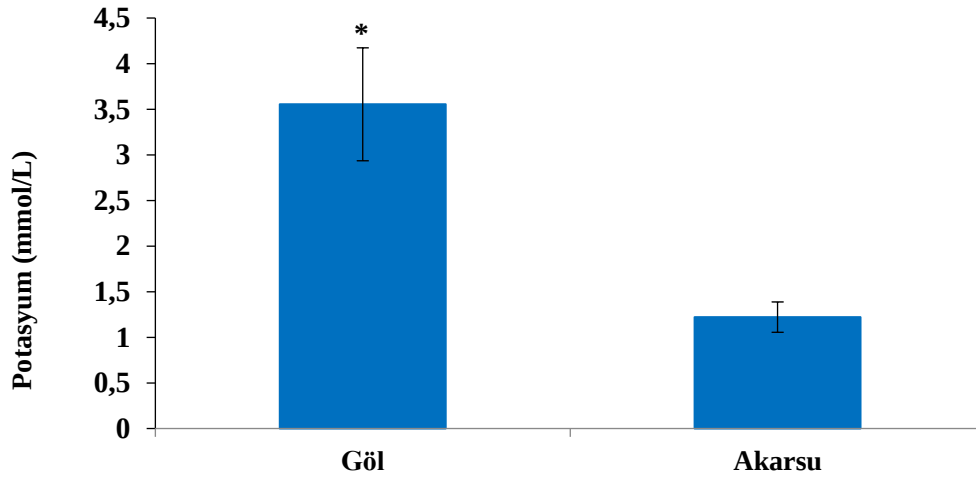
Van Balığı serum glukoz seviyelerinin cinsiyete göre yapılan farklılık analizlerinde dişi ve erkek gruplar arasında anlamlı bir farkın olduğu ($p > 0.05$), ancak dişi bireylerdeki glukoz seviyelerinin (229.19 ± 16.38) erkek bireylerdeki glukoz seviyelerine (236.74 ± 24.93) göre düşük olduğu görüldü (Şekil 4.53).



Şekil 4.53 Van Balığı serum glukoz seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

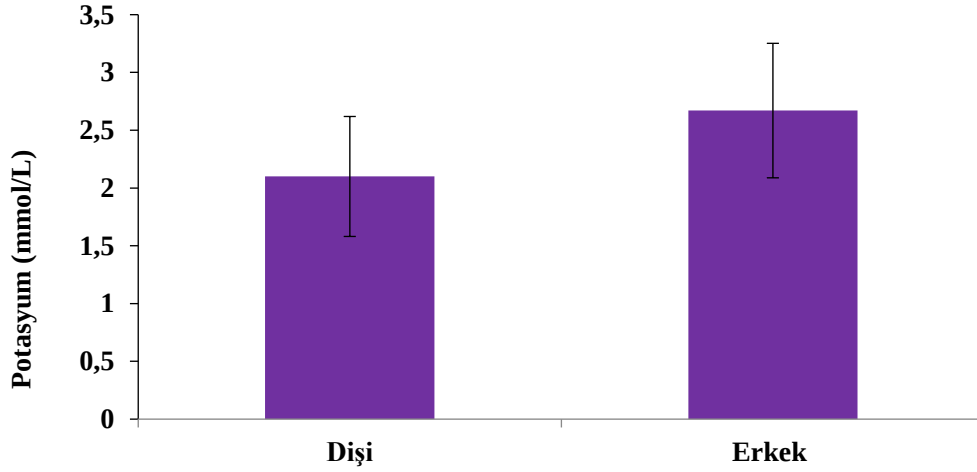
4.6.8 Van Balığı Serum Potasyum (K) Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum potasyum seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı. Göl aşamasından örneklenen balıklara ait potasyum seviyelerinin (3.55 ± 0.62) akarsu sodyum seviyelerine (1.22 ± 0.17) göre yüksek olduğu ve istatistiksel açıdan anlamlı ($p < 0.05$) bir farkın olduğu belirlendi (Şekil 4.54).



Şekil 4.54 Van Balığı serum potasyum seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p < 0.05$)

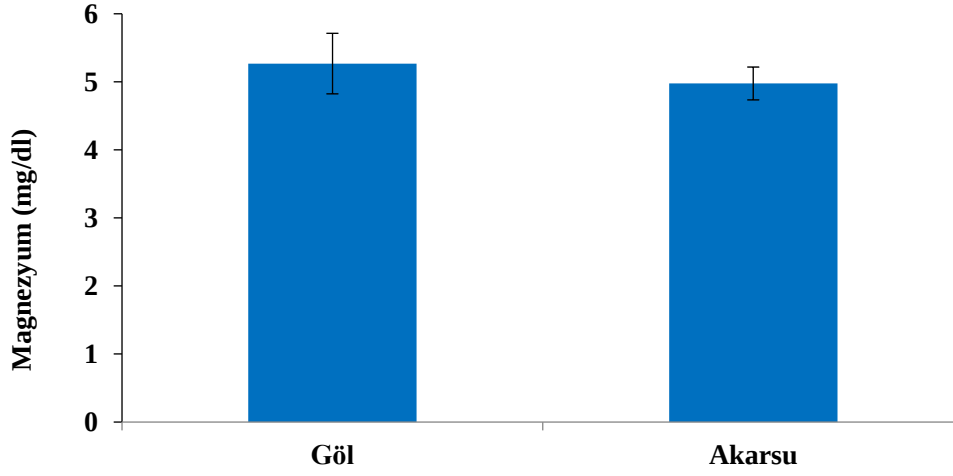
Van Balığı serum potasyum seviyelerinin cinsiyete göre yapılan analizlerinde dişi ve erkek gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak dişi bireylerdeki potasyum seviyelerinin (2.11 ± 0.52) erkek bireylerdeki potasyum seviyelerine (2.67 ± 0.58) oranla düşük olduğu belirlendi (Şekil 4.55).



Şekil 4.55 Van Balığı serum potasyum seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

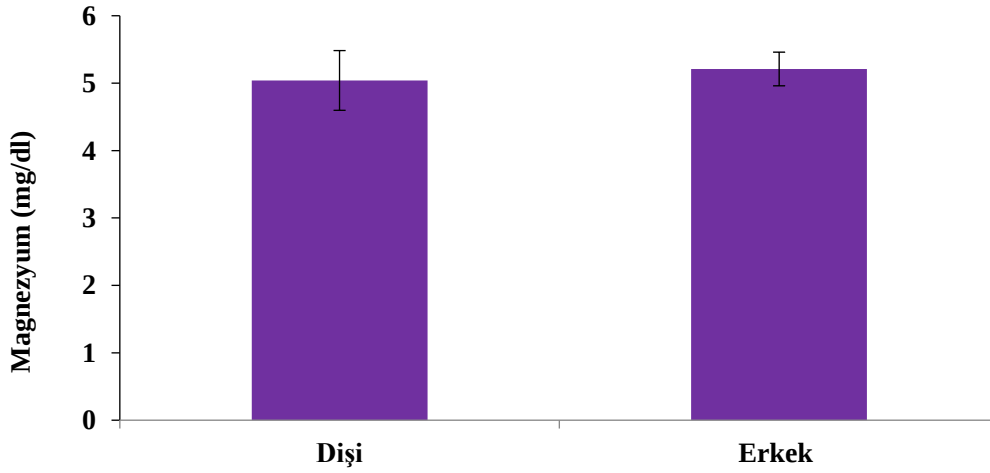
4.6.9 Van Balığı Serum Magnezyum (Mg) Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum magnezyum seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı. Serum magnezyum seviyelerinin göl (5.27 ± 0.44) ve akarsu (4.98 ± 0.24) lokalitelerine göre karşılaştırılmasında anlamlı bir farklılığın olmadığı ($p>0.05$), fakat gölden ölçülen magnezyum seviyelerinin akarsuya göre daha yüksek olduğu görüldü (Şekil 4.56).



Şekil 4.56 Van Balığı serum magnezyum seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi

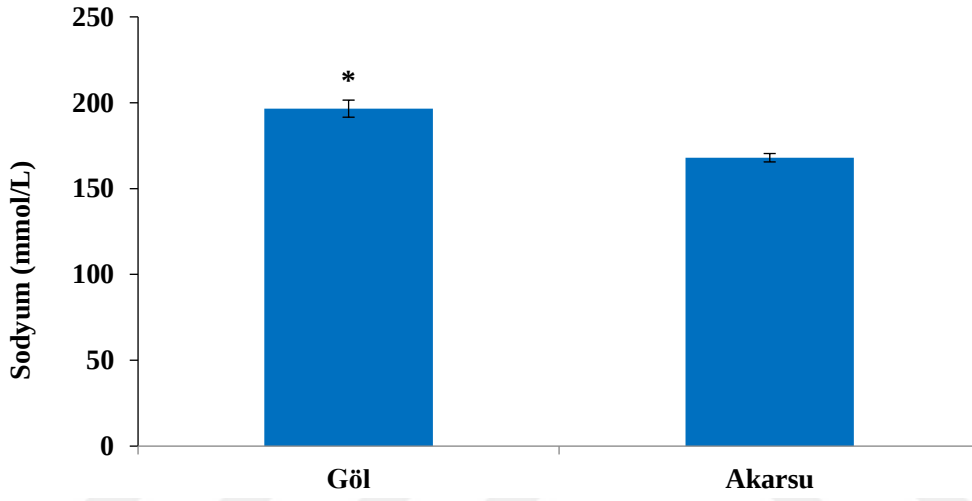
Ölçülen serum magnezyum seviyelerinin dişi (5.04 ± 0.44) ve erkek (5.21 ± 0.25) gruplarına göre karşılaştırılmasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p > 0.05$). Van Balığı serum magnezyum seviyelerinin erkek bireylerde dişi bireylere göre yüksek seviyelerde olduğu görüldü (Şekil 4.57).



Şekil 4.57 Van Balığı serum magnezyum seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

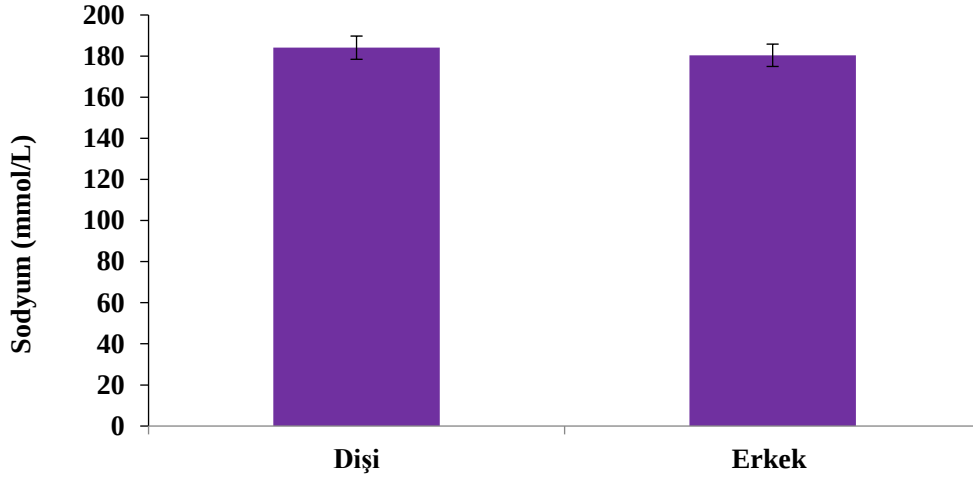
4.6.10 Van Balığı Serum Sodyum (Na) Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum sodyum seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı. Van Gölü'nden örneklenen balıklara ait sodyum seviyelerinin (196.56 ± 4.98) akarsudan örneklenen balıklardaki sodyum seviyelerine (167.96 ± 2.45) göre daha yüksek olduğu ve bu farkın anlamlı olduğu görüldü ($p < 0.05$) (Şekil 4.58).



Şekil 4.58 Van Balığı serum sodyum seviyelerinin lokalitelere göre (Van Gölü ve Karasu Çayı) incelenmesi (*: $p < 0.05$)

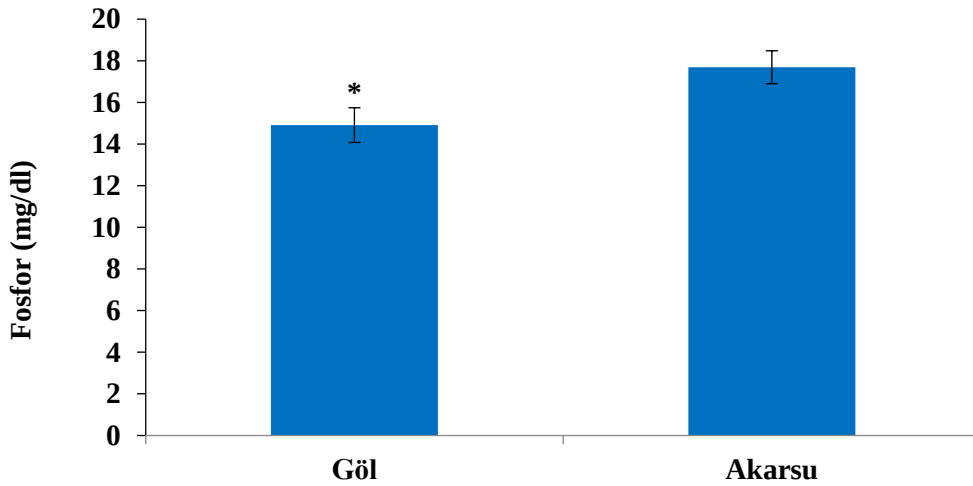
Van Balığı serum sodyum seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılmasında dişi ve erkek bireyler arasında anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p > 0.05$). Ancak dişi bireylerdeki sodyum seviyelerinin (184.11 ± 5.67) erkek bireylerdeki sodyum seviyelerine (180.41 ± 5.44) göre daha yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.59).



Şekil 4.59 Van Balığı serum sodyum seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

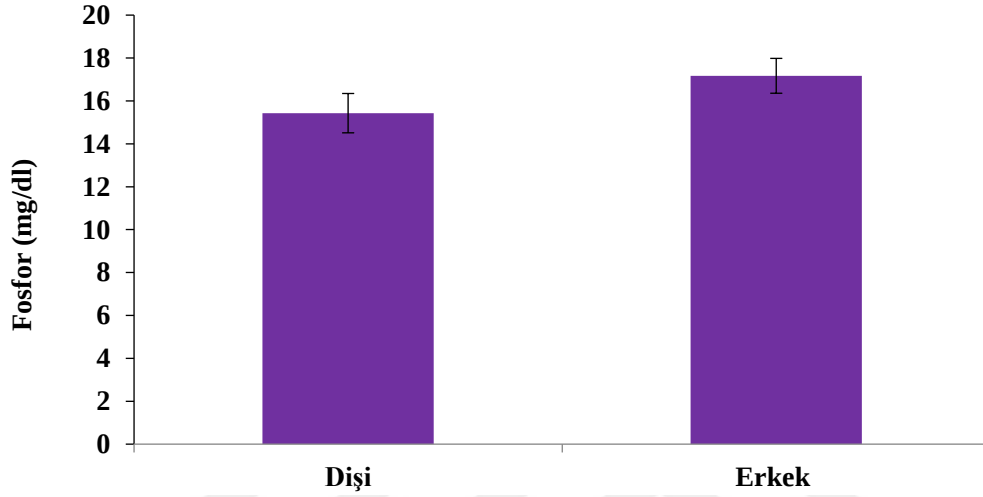
4.6.11 Van Balığı Serum Fosfor (P) Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum fosfor seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı. Van Gölü'nden örneklenen balıkların serum fosfor seviyelerinin (14.91 ± 0.83) akarsudan örneklenen balıkların serum fosfor seviyelerine (17.69 ± 0.79) göre istatistiksel açıdan anlamlı ve düşük olduğu görüldü ($p < 0.05$) (Şekil 4.60).



Şekil 4.60 Van Balığı serum fosfor seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p < 0.05$)

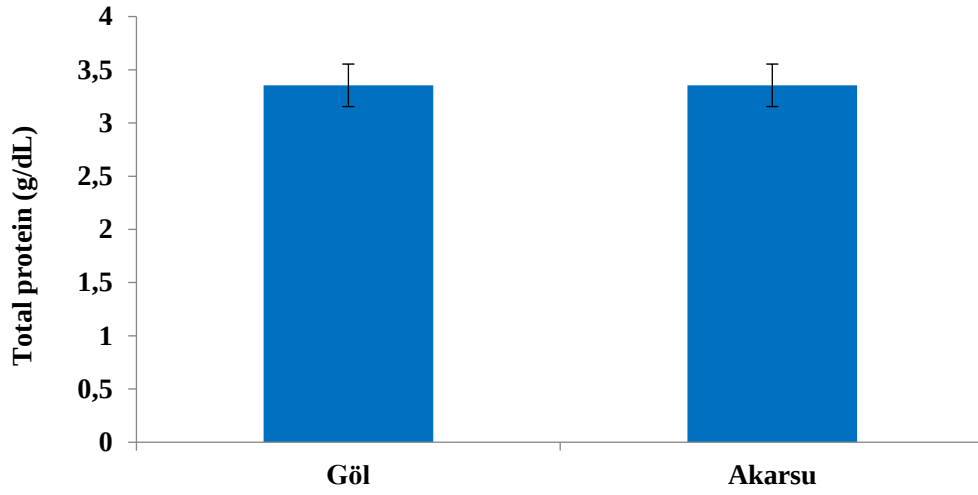
Van Balığı serum fosfor seviyelerinin cinsiyete göre yapılan karşılaştırılmasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak dişi bireylerdeki serum fosfor seviyelerinin (15.43 ± 0.92) erkek bireylerdeki serum fosfor seviyelerine (17.17 ± 0.81) daha düşük düzeyde olduğu gözlemlendi (Şekil 4.61).



Şekil 4.61 Van Balığı serum fosfor seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

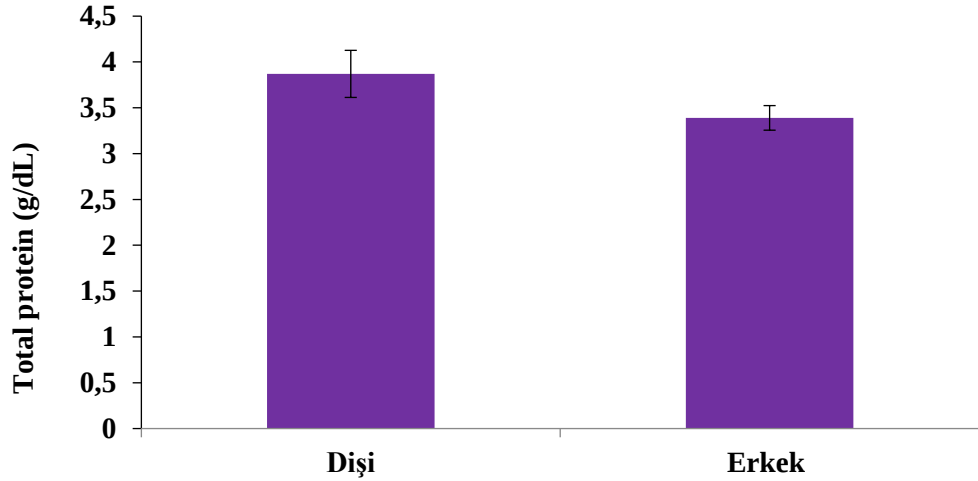
4.6.12 Van Balığı Serum Total Protein (Tp) Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum total protein seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Gölden örneklenen balıkların total protein seviyelerinin (3.90 ± 0.20) akarsu total protein seviyelerine (3.35 ± 0.20) göre yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.62).



Şekil 4.62 Van Balığı serum total protein seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi

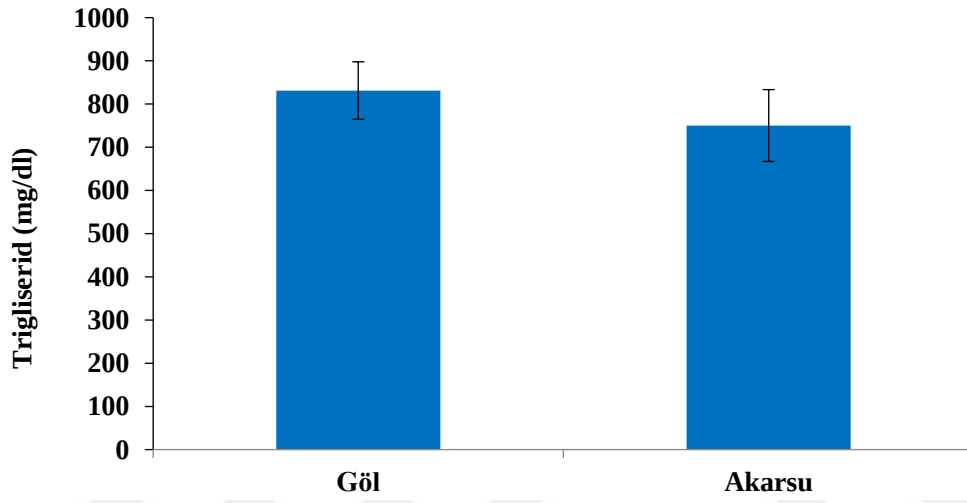
Van Balığı serum total protein seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılmasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı belirlendi ($p>0.05$). Dişi bireylerde ölçülen serum total protein seviyelerinin (3.87 ± 0.26) erkek bireylerdeki serum total protein seviyelerine (3.39 ± 0.13) göre yüksek olduğu görüldü (Şekil 4.63).



Şekil 4.63 Van Balığı serum total protein seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

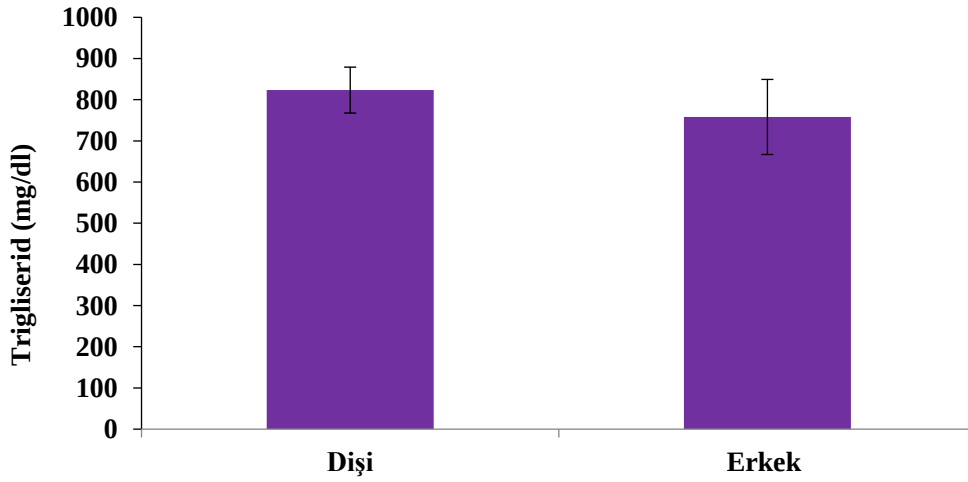
4.6.13 Van Balığı Serum Triglicerid Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum triglicerid seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre karşılaştırıldı. Serum triglicerid seviyelerinde lokalite ve cinsiyet grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak gölden örneklenen balıklarda ölçülen triglicerid seviyelerinin (831.24 ± 66.47) akarsu seviyelerine göre (750.27 ± 83.10) yüksek olduğu belirlendi (Şekil 4.64).



Şekil 4.64 Van Balığı serum triglicerid seviyelerinin lokalitelere göre (Van Gölü ve Karasu Çayı) incelenmesi

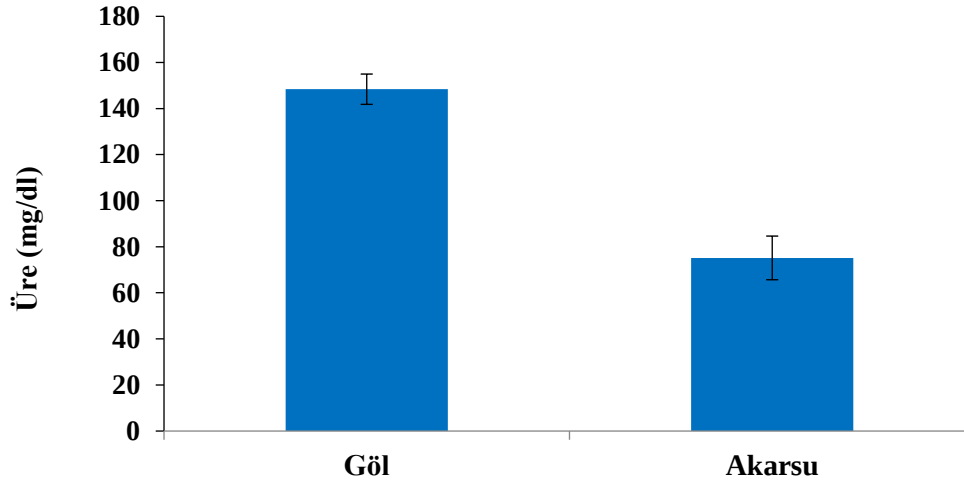
Van Balığı serum triglicerid seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılmasında dişi ve erkek bireyler arasında anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak dişi bireylerde ölçülen triglicerid seviyelerinin (823.41 ± 55.75) erkek bireylerde ölçülen triglicerid seviyelerine (758.10 ± 91.13) göre yüksek olduğu gözlemlendi (Şekil 4.65).



Şekil 4.65 Van Balığı serum trigliserid seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

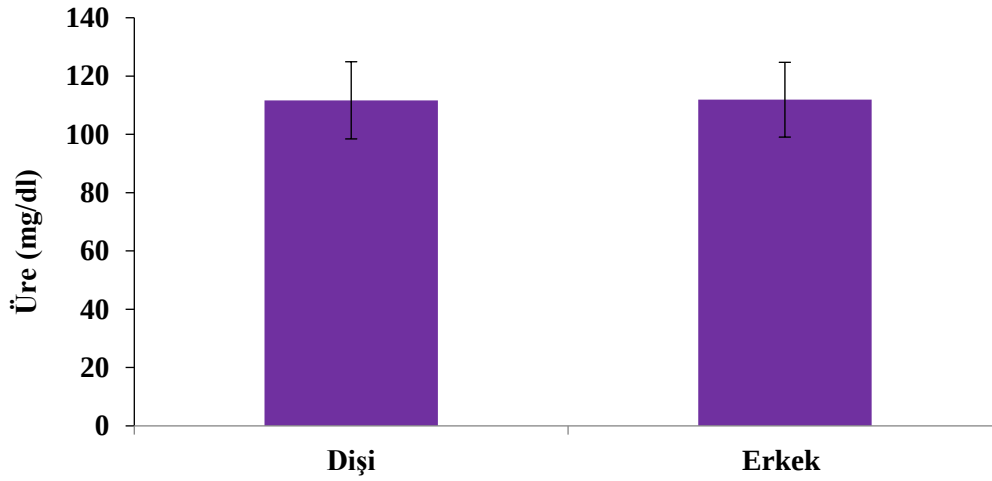
4.6.14 Van Balığı Serum Üre Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum üre seviyelerinin Van Gölü ve akarsu lokalitelerine göre karşılaştırılmasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olduğu görüldü ($p<0.05$). Göl lokalitesinden örneklenen balıkların ölçülen üre seviyelerinin (148.39 ± 6.58) akarsu üre seviyelerine göre (75.16 ± 9.49) yüksek ve istatistiksel açıdan anlamlı olduğu tespit edildi ($p<0.05$) (Şekil 4.66).



Şekil 4.66 Van Balığı serum üre seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi (*: $p < 0.05$)

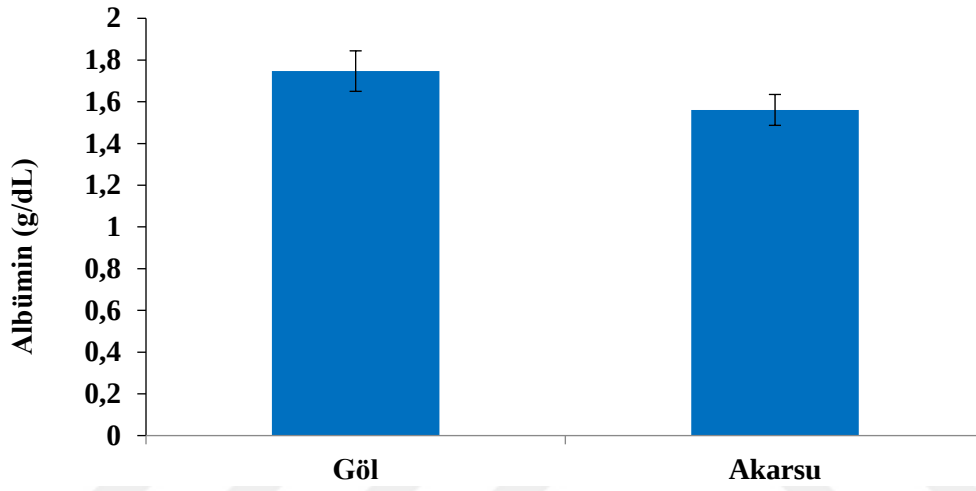
Van Balığı serum üre seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılmasında dişi ve erkek Van Balığı bireyleri arasında anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p > 0.05$). Ancak dişi bireylerde ölçülen serum üre seviyelerinin (111.66 ± 13.24) erkek bireylerdeki serum üre seviyelerine göre (111.89 ± 12.82) düşük olduğu belirlendi (Şekil 4.67).



Şekil 4.67 Van Balığı serum üre seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

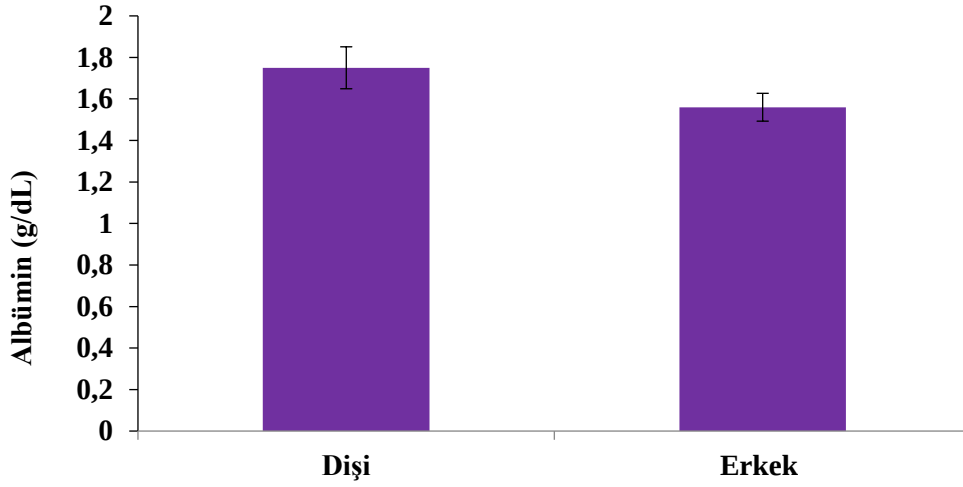
4.6.15 Van Balığı Serum Albümin Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum albümin seviyelerinin lokalitelere göre karşılaştırılmasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Gölden örneklenen balıklarda ölçülen albümin seviyelerinin (1.75 ± 0.09) akarsu albümin (1.56 ± 0.07) seviyelerine göre yüksek ve istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı gözlemlendi (Şekil 4.68).



Şekil 4.68 Van Balığı serum albümin seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi

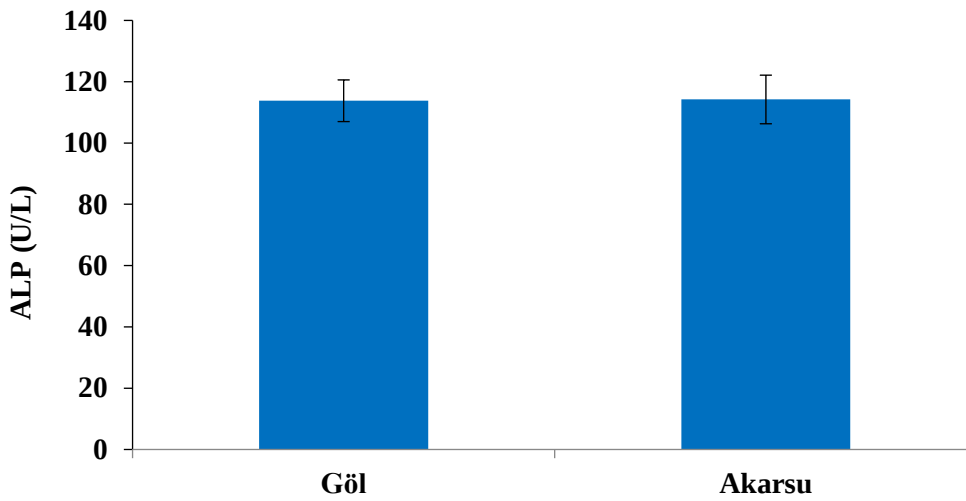
Van Balığı serum albümin seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılmasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak dişi bireylerde ölçülen serum albümin seviyelerinin (1.75 ± 0.10) erkek bireylerdeki serum albümin (1.56 ± 0.07) seviyelerine göre yüksek olduğu belirlendi (Şekil. 4.69).



Şekil 4.69 Van Balığı serum albümin seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi

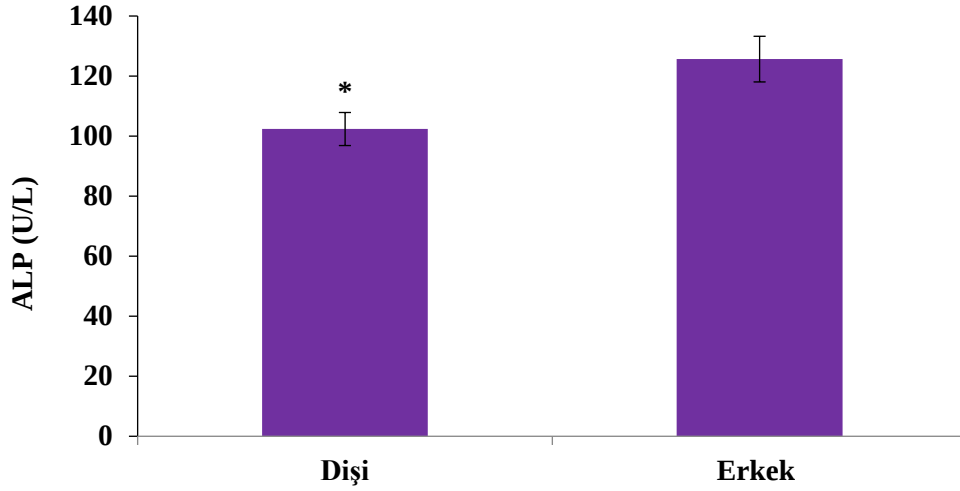
4.6.16 Van Balığı Serum ALP Seviyelerinin İncelenmesi

Van Balığı serum ALP seviyeleri lokalite ve cinsiyete göre incelendi. Serum ALP seviyelerinde göl ve akarsu lokaliteleri arasında anlamlı bir farkın olmadığı görüldü ($p>0.05$). Ancak göl lokalitesinden ölçülen serum ALP seviyelerinin (113.79 ± 6.79) akarsu lokalitesinden ölçülen serum ALP seviyelerine (114.21 ± 7.93) göre düşük olduğu gözlemlendi (Şekil 4.70).



Şekil 4.70 Van Balığı serum ALP seviyelerinin lokalitelere (Van Gölü ve Karasu Çayı) göre incelenmesi

Van Balığı serum ALP seviyelerinin dişi bireylerde (102.36 ± 5.51) erkek bireylere (125.64 ± 7.61) göre daha düşük olduğu, cinsiyetler arasındaki bu farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu görüldü ($p < 0.05$) (Şekil 4.71).



Şekil 4.71 Van Balığı serum ALP seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesi (*: $p < 0.05$).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Van Gölü tatlısu ve deniz suyundan farklı özellikteki sucul karakteristiği ile Türkiye'nin en büyük gölüdür (Çiftçi vd., 2008). Göl aynı zamanda dünyanın en büyük soda gölü ve üçüncü en büyük kapalı havza gölüdür (Landmann vd., 1996). Van Balığı (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814), gölün yüksek pH, tuzluluk ve alkalinite seviyelerine (pH 9.8, tuzluluk ‰20, alkalinite 151.2 mEq/L) uyum sağlamış omurgalı ve endemik bir balık türüdür (Oğuz vd., 2020). Son yıllarda Van Balığı dışında Van Gölü'nde farklı bir balık türünün yaşadığına dair araştırmalar yer almaktadır. Fakat bu balığın göl içerisindeki tatlısu akıntılarının olduğu farklı lokalitelerde yaşadığı, Van Gölü'nün tamamına dağılım göstermediği bilinmektedir (Akkuş vd., 2021).

Yaşamını Van Gölü'nde sürdüren üreme olgunluğundaki (3+) Van Balıkları nisan-temmuz ayları arasında üremek için Van Gölü'ne akan tatlısulara göç davranışı gerçekleştirirler (Oğuz, vd., 2020). Yumurtalarını tatlısu ortamına bıraktıktan sonra beslenmek için ve kış dönemini geçirmek için Van Gölü'nün tuzlu alkali sucul ortamına geri dönerler (Elp, 1996; Oğuz, vd., 2020). Van Balığı dişi ve erkek bireylerinden üreme göçü sırasında ve üreme döneminde yapılan balık örnekleme literatürde belirtildiği gibi (Elp, 1996; Oğuz, vd., 2020), yılın üreme zamanları olan ve hava sıcaklıklarının artmaya başladığı nisan- temmuz aylarını kapsayan ilkbahar aylarında yapıldı. Balığın üreme göçüne başladığı Van Gölü ve yumurtalarını bıraktığı tatlısu ortamlarından biri olan Karasu Çayı'ndan alınan balıklara ait yaş analizlerinde balıkların yaşlarının II, III, IV ve V yaş grubunda olduğu görüldü. Daha önceki çalışmalarda, Van Balığına ait üreme yaşı II+ yaş grubu olarak belirtilmiştir (Elp, 1996). Fakat yapılan yaş tayinlerinde II+ yaş grubu balıkların çok az sayıda olduğu gözlenmiştir. Bu da balıklardaki bireysel farklılıktan kaynaklanmış olabilir. Van Balığının ölçülen ağırlıkları incelendiğinde total ağırlığın balığın üreme göçü gerçekleştirdiği akarsuda olduğu dönemde ve dişi bireylerde arttığı gözlemlendi. Total ağırlık artışının daha önceki çalışmalarda Oğuz ve Ünal (2012), tarafından bildirildiği üzere üreme dönemindeki gonadosomatik indeks artışından kaynaklandığı bilinmektedir. Balık çatal boylarının da akarsuya giren dişi bireylerde en yüksek seviyede olduğu görüldü.

Balıkların kan parametrelerine etki eden ve bu parametrelerin seviyelerini azaltan veya arttıran birçok fizyolojik veya çevresel faktör vardır. Yapılan bir çok araştırma

sonucunda bu faktörlerin genellikle yaş (Ranzani-Paiva ve Ishikawa, 1996; Jamalzadeh ve Ghomi, 2009), cinsiyet (Luskova 1998; Zakes vd., 2016) sağlık durumu (Vazquez ve Guerrero, 2007), türler arası değişim (Lim ve Klesius, 2003; Ranzani-Paiva vd., 2003; Ikechukwu ve Obinnaya, 2010), beslenme durumu ve açlık durumu (Rios vd., 2002; Svetina vd., 2002; Lim ve Klesius, 2003; Rehulka vd., 2004; Rios vd., 2005; Vazquez ve Guerrero, 2007), sucul ortamın sıcaklık ve tuzluluk değerleri (Rauthan ve Grover, 1994; Gbore vd., 2006; Adeyemo vd., 2009), örnekleme koşulları (Korcock vd., 1988), fotoperiyot (Leonardi ve Klempau, 2003), hastalık (Steinhagen vd., 1990; Groff ve Zinkl, 1999; Martins vd., 2004; Azevedo vd., 2006; Jamalzadeh vd., 2009), stres (Fernandez ve Mazon, 2003; Cnaani vd., 2004, Carvalho ve Fernandes, 2006), pestisit maruziyeti (Hedayati ve Tarkhani, 2014), metal maruziyeti (Ololade ve Oginni, 2010; Javed ve Usmani, 2014) gibi etkenler olduğu tespit edilmiştir. Van Balığının nisan-nemmuz aylarında göle dökülen çevre akarsulara üreme göçü gerçekleştirdiği ve gölün zengin iyon içeriğinin aksine tatlısuya adaptasyonunu zorunlu kılan adaptif bir stresi söz konusudur. Üreme stresinin yanısıra tuzluluk, sıcaklık, avlanma ve beslenme stresi gibi etkenlerin de Van Balığının üreme göçünde strese sebep olan faktörler arasında olduğu gözlenmiştir (Danulat ve Selçuk, 1992). Oğuz, vd. (2019) ise yaptıkları bir araştırmada Van Balığının üreme göçü sürecinde artan metabolik aktivitesinin oksidatif hasara sebep olduğunu ve özellikle karaciğerde yoğun oksidatif hasar oluştuğunu gözlemişlerdir.

Van Balığının üreme göçünün gerçekleştiği dönemde artan hava sıcaklıkları, sucul alanlar arasındaki değişen fizikokimyasal özellikler, üreme stresi, göç esnasında balıklar tarafından dışardan besin alamama ve yoğun fiziksel aktivitenin sebep olduğu göç yorgunluğu (akıntıya karşı yüzme), yoğun avcı baskısı (kuşlar, yılanlar ve insanlar), tatlısudaki bakteriyel ve parazitik enfeksiyonlar Van balıklarının üreme göçünde mevcut olan çeşitli stres sebepleridir. Literatürlerde mevcut olan şimdiye kadar yapılmış olan araştırmalarla hematolojik verilerin hem endojen (üreme, yaş, cinsiyet, balığın aktivite düzeyi) hem de eksojen faktörlere (sucul ortamın pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen konsantrasyonu seviyeleri) bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir (Witeska, 2013; Burgos-Aceves vd., 2019).

Van Balığının üreme göçü sırasındaki hematolojik değişimini incelemek için Van Balıklarından elde edilen kan örneklerinden RBC, WBC, Hb, Hct, MCV, MCH, MCHC analizleri yapıldı ve analiz sonuçları lokalite (göl-akarsu) ve cinsiyet (dişi-erkek) grupları

açısından değerlendirildi. Göl-akarsu lokalite karşılaştırmasında kan RBC sayıları, Hb miktarı, Hct yüzdesi ve WBC sayıları ile MCV, MCH ve MCHC indeksleri değerlendirildi. Ölçülen RBC ve MCHC düzeyleri lokalitelere göre incelendiğinde bu parametrelerdeki farkın anlamlı ($P<0.05$) olduğu görüldü.

Yapılan çalışmalarda dinamik vücut, hızlı hareket ve yüksek aktivitenin kan eritrosit sayısında artışa sebep olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Witeska (2013), eritrosit sayısının aktivite düzeyi düşük balık türlerinde $0.5-1.5 \times 10^6/\mu\text{L}$, aktivite düzeyi daha fazla olan ve dinamik balık türlerinde ise $3.0-4.2 \times 10^6/\mu\text{L}$ arasında olduğunu belirtmiştir. Üreme göçünde tatlısu kaynaklarına yumurtalarını bırakabilmek için besin almadan durmaksızın yüzdüğü bilinen Van balıklarının (Elp, 1996), Van Gölü'nden tatlısulara doğru dönemsel olarak gerçekleştirdiği göç yolcuğunun özellikle uzak mesafelerde yaklaşık 20 km uzunluğuna ulaşabildiği bilinmektedir (Elp, 1996; Elp vd., 2006). Paruğ vd. (2017), yaptıkları bir araştırmada Van balıklarının yüzme hızının üreme göçü döneminde 134.042 cm/s hıza ulaşabildiğini, erkek bireylerdeki yüzme hızının dişi balıklara göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Yine aynı araştırmada (Paruğ vd., 2017), Van Gölü'nün akarsuya göre daha yüksek viskoziteye sahip olması, gölün su sıcaklığının akarsuya göre düşük olması ve yumurtalarını bırakmak isteyen balıkların içgüdüsel olarak yüzme odaklı davranması sebebiyle daha fazla enerji harcadıklarını belirtmişlerdir. Van Balığının henüz Van Gölü'nde iken üreme göçü sırasında ölçülen eritrosit sayıları incelendiğinde eritrosit sayılarında akarsuya göre anlamlı bir artışın olduğu bildirilmiştir ($P<0.05$). Hct (PCV) yüzdesinin, RBC miktarını değerlendirmek için kullanılan ve total kan hacminde bulunan kırmızı kan hücrelerinin “%” olarak ifadesi olduğu bilinmektedir (Moreno vd., 2000; Claver ve Quaglia, 2009). Üreme göçünde yoğun yüzme davranışı gerçekleştiren balıkların artmış metabolik hızı ve yoğun kas aktivitesinin kan eritrosit seviyelerinin göl lokalitesinde eritrosit sayısını arttıran faktörlerden biri olduğu söylenebilir. Van Balığının kan hematokrit değerleri lokalitelere göre incelendiğinde de göl ve akarsu lokaliteleri arasında belirgin olmayan düşük bir artış olduğu görülmüştür.

Hematolojik parametreler arasında yer alan kan hematokrit düzeylerinin diğer kan parametrelerine göre kolayca değişmediği bildirilmiştir. Bu nedenle araştırmacılar kan Hct düzeylerinin Hb, eritrosit ve lökosit sayımlarına uygun olarak ifade edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (Wedemeyer vd., 1983; Pradhan vd., 2012; Sharma vd., 2017).

Van Balığının kısa süreli gerçekleştirdiği üreme göçünde, eritrosit sayısı ile aynı düzeyde artış göstermeyen Hct oranı bu açıdan bakıldığında literatür ile uyumludur.

Ayrıca besin alamamanın hematokrit ve hemoglobin düzeylerinde önemli bir azalmaya neden olduğu gözlenmiştir (Caruso vd., 2012). Üreme göçü sırasında Van balıklarının dışardan besin almadan akarsu ortamına ulaştığı ve akarsu ortamından örneklenen balıkların sindirim kanalının neredeyse boş olduğu bilinmektedir (Oğuz vd., 2019). Van balıklarında kan hemoglobin seviyesinin eritrosit düzeyleri ile benzer ölçüde artış göstermemesi ve bu artışın minimum düzeyde olması yeterli düzeyde besin alamamanın endojen bir etken olarak bu duruma sebep olduğunu düşündürebilir.

Satheeshkumar vd. (2011), yaptıkları bir çalışmada doğal deniz balıklarının tatlısuya göre daha yüksek kan eritrosit sayısına sahip olduğunu ve bunun sucul ortamın düşük oksijen seviyelerine karşın, metabolizmanın yüksek çözünmüş oksijen talebine olan gereksiniminin bir sonucu olduğunu belirtmişlerdir. Van Gölü ÇO değeri 8.68 mg/L iken, akarsu ÇO değeri 10.8 mg/L olarak ölçülmüştür. Sonuçlar eritrosit seviyeleri ile karşılaştırıldığında akarsuya göre daha düşük ÇO seviyesine sahip olan Van Gölü'nde eritrosit değerlerinin de yüksek olduğu görülmüştür. Kan eritrosit düzeylerinin gölde ölçülen sonuçlarının akarsuya göre yüksek olmasının başka bir nedeninin oksijenden faydalanmak için gerçekleştirilen adaptif uyumun bir sonucu olduğu söylenebilir.

Hemoglobin molekülü kanda bulunan oksijenin dokulara taşınmasından sorumludur ve kandaki seviyesi vücudun oksijenden faydalanma gücünü etkiler (Mangum, 1992; Montero vd., 1999; Demir, 2006; Timur, 2011). Organizma ihtiyaç duyduğu oksijen talebinin bir sonucu olarak dokulara oksijenin taşınmasını sağlayan metabolik gereksinimlere adaptasyonlar gösterir (Jawad vd., 2004). Balık azalan çözünmüş oksijen seviyelerine eritrosit sayısı ve hemoglobin konsantrasyonunu arttırarak uyum sağlar (Pradhan vd., 2012; Witeska, 2013). Spesifik düzeyde ortaya çıkabilen bu adaptasyonlar, toplam hemoglobin içeriğindeki nicel değişiklikleri veya Hb-oksijen bağlama özelliklerindeki kalitatif değişiklikleri içerebilir (Rambhaskar ve Srinivasa Rao, 1987). Van Balığının hemoglobin düzeyleri göl ve tatlısu lokalitelerine göre karşılaştırıldığında belirgin bir değişiklik olmadığı fakat ölçülen kan hemoglobin düzeylerinin göl ortamında akarsuya göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Örneklemenin yapıldığı sucul alanların fiziksel ve kimyasal analizlerinde 14.8°C olan göl suyu sıcaklığının akarsuda 22.4°C olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda balıkların sucul

ortam sıcaklığının artması sonucu azalan çözünmüş oksijen seviyelerine eritrosit sayısı ve hemoglobin konsantrasyonunu arttırarak uyum sağladığı bilinmektedir (Pradhan vd., 2012; Witeska, 2013). Çünkü sıcaklığın her 10 °C artışında kimyasal ve biyolojik reaksiyon oranlarının iki katına çıkması, yaşayan organizmaların artan metabolik aktivitesi sonucunda iki kat daha fazla oksijen kullanmalarına neden olmaktadır (Howerton, 2001). Fakat göl lokalitesinde akarsuya göre düşük seviyede ölçülen sıcaklık (14.8°C), ÇO (8.68 mg/L) ve saturasyon (%110.2) değerlerine karşın, akarsuda artan sıcaklıkla beraber (22.4°C) artan ÇO (10.8 mg/L) ve saturasyon seviyeleri (%154.2) balığın ihtiyacı olan oksijenin akarsudan yeterli düzeyde karşılandığını düşündürebilir. Bu etkenler oksijen talebinin fazla olmadığı ve hemoglobin düzeylerinde belirgin bir artışın olmama sebebi olarak açıklanabilir.

Kış aylarında ortalama eritrosit hacmi (MCV) ve ortalama eritrosit hemoglobini (MCH) değerlerinde düşüş görülürken, bahar ve yaz aylarında ise sıcaklığın artmasıyla eritropoez sürecinden kaynaklanan artışlar görüldüğü Sharma vd. (2017)'nin yaptığı çalışma ile bildirilmiştir. Van Balığının gölden ölçülen kan MCV, MCH ve MCHC değerlerinin akarsuya göre düşük olduğu görülmüştür. İlkbahar dönemi sıcaklıkların artmasıyla üreme göçünün başladığı ve aynı zamanda hematopoetik aktivitenin arttığı dönemdir. Van Balığı kan MCV sonuçlarının gölden örneklenen balıklarda akarsuya göre düşük olduğu, fakat istatistiksel açıdan anlamlı bir fark içermediği gözlenmiştir.

Eritrosit hacmi azaldıkça ortaya çıkan daha küçük bir yüzey alanının difüzyon mesafesini kısalttığı ve hemoglobinin daha hızlı oksijenlenmesine ve deoksijenasyonuna izin verdiği yapılan birçok çalışmada belirtilmiştir (Holland ve Forster, 1966; Jones, 1979; Lay ve Baldwin, 1999). Lay ve Baldwin (1999), bu duruma ek olarak eritrosit boyutu ile teleostların aerobik yüzme hızı arasında ters bir ilişki olduğunu belirtilmiştir. Van Balığına ait MCV oranları lokaliteler açısından incelendiğinde balığın aktif olarak yüzdüğü ve oksijen oranı akarsuya göre daha düşük olan Van Gölü'nden örneklenen balıkların kan analizlerinde daha düşük olduğu gözlenmiştir. Balığın akarsuda olduğu dönemde alınan kanları incelendiğinde ise akarsuda MCV oranının arttığı, eritrosit sayısının ise azaldığı görülmektedir. Aktif balıkların ihtiyaç duyduğu yüksek oksijen talebine karşı, organizmanın MCV olarak tanımlanan eritrosit boyutunu küçülterek oksijenin dokulara girişini artırma şekli metabolik uyum yanıtlarından biri olarak bilinmektedir (Hrubec ve Smith, 2010). Van Balığının düşük MCV oranları ile ters

orantılı olan yüksek eritrosit sayıları daha aktif balıkların oksijen talebinin yüksek olduğu durumlarda MCV oranını küçülterek ve eritrosit sayısını artırarak verdiği metabolik uyum yanıtlarından biridir.

Kan MCH indeksi eritrosit başına düşen hemoglobinin, MCHC indeksi ise birim hacim başına düşen hemoglobin konsantrasyonunun ifadesidir (Sarma, 1990). Van Balığı MCH seviyelerinin göl grubunda akarsuya göre düşük ve anlamlı olduğu görülmüştür ($P<0.05$). MCHC kan değerlerinin de gölden örneklenen balıklarda akarsuya göre düşük seviyelerde olduğu ve bu iki farklı lokalite arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı kabul edilen düzeye yakın olduğu görülmüştür ($P\leq 0.05$). Eritrositlerdeki ve birim hacimdeki toplam hemoglobini ifade eden kan MCH ve MCHC oranlarının da gölde akarsuya göre anlamlı ve düşük olduğu gözlenmiştir. Van Balığında gölden ölçülen MCV oranlarının daha düşük olması, daha küçük bir eritrosit boyutu ile ilişkili olarak daha az eritrosit hemoglobin içeriği ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca yukarıda belirtildiği gibi gölden örneklenen balıklarda ölçülen yüksek eritrosit seviyesine karşın düşük Hb, MCV, MCH, MCHC parametreleri ile akarsudan ölçülen düşük eritrosit seviyelerine karşılık artan MCV, MCH ve MCHC seviyeleri oksijenden daha fazla faydalanmak isteyen organizmanın telafi edici mekanizmalarından birine örnek olarak gösterilebilir.

Cinsiyet kan hücrelerini etkileyen önemli faktörlerden biridir (Collazos vd., 1998; Sheikh ve Ahmed, 2019). Yapılan araştırmalar erkek ve dişi balıkların hematolojik parametrelerinde görülen farklılıkların cinsiyete bağlı olarak; üreme aktivitesi ve bunun getirdiği farklı oksijen talebi ile ilişkili olabildiğini göstermektedir (Parma ve Croux, 1994; Yousefzadeh ve Khara, 2015). Van Balığına ait hematolojik analizler üreme öncesi ve üreme döneminde yapılmıştır. Eritrosit, hemoglobin ve hematokrit sonuçlarının erkek bireylerde dişi bireylere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. MCV, MCH ve MCHC indekslerinin ise dişi bireylerde erkek bireylere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Dişi ve erkek bireylere ait hematolojik veriler karşılaştırıldığında dişi bireylerdeki kan RBC sayılarının erkek bireylerin kan RBC sayılarına göre düşük olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Kan Hb ve Hct düzeylerinde cinsiyet gruplarında belirgin olmayan bir değişiklik gözlenmiş ve bu değerlerin erkek bireylerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Van Balığı erkek bireylerinin yüksek RBC değerleri ile birlikte seyreden yüksek Hct seviyeleri erkek bireylerde bu parametrelerin daha yüksek olduğu sonucunu ortaya çıkarabilir. Bununla ilgili olarak yapılan çalışmalarda da erkeklerin dişilere göre daha

yüksek hematokrit oranına sahip olduğu belirtilmiştir (Jamalzadeh ve Ghomi, 2009; Ranzani-Paiva, 1995; Sheikh ve Ahmed, 2019). Van Balığında ölçülen kan MCH ve MCHC seviyelerinin cinsiyete göre karşılaştırılmasında ise bu parametrelerin dişi bireylerde erkeklere göre daha yüksek seviyelerde olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Elde edilen bulgular dişi bireylerin erkek bireylere göre daha yüksek kan MCH ve MCHC düzeylerine sahip olduğunun bir göstergesi olabilir. Ortaya çıkan bu sonuçlar erkek ve dişi bireylerin sahip olduğu metabolik gereksinimlerin farklılığı, aktivite düzeyi, üreme döneminde ihtiyaç duyulan farklı enerji talepleri, gonad ve sperm olgunlaşmasının gerektirdiği metabolik gereksinimleri ile ilgili olabilir.

Lökositler balık kanında önemli rolü olan hücrelerden biridir. Kan lökosit seviyelerinin çevresel sıcaklık ve beslenme durumuna göre değişebildiği gözlenmiştir (Tavares-Dias vd., 2002; Tort, 2011). İmmün sistemin baskılanmasına neden olan yüksek testosteron seviyelerinin erkek bireylerde kan WBC sayısını etkileyerek, erkeklerde dişilere göre düşük olmasına sebep olduğu gözlenmiştir. Öte yandan dişilerde özellikle üreme sırasında ortaya çıkan stresin dişi bireylerin WBC sayılarının erkeklere göre yüksek olmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Ranzani-Paiva vd., 1997). Van Balığının cinsiyet ve lokalite açısından incelenen lökosit sayıları incelendiğinde dişi Van Balığı bireylerine ait kan WBC sayılarının erkeklere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Van Balığı dişi bireylerinde üreme döneminde görülen fizyolojik stresin dişi bireylerin WBC sayılarının erkeklere göre daha yüksek olmasına sebep olduğu söylenebilir. Ayrıca erkek bireylerde immünsüpresyonun bir sonucu olarak WBC sayılarının daha düşük olması cinsiyet açısından görülen değişimin başka bir sebebidir. Van Balığından elde edilen WBC sayılarının göl ve akarsu açısından karşılaştırılması sonucunda anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür, fakat WBC seviyelerinin balığın göl ortamında bulunduğu dönemde akarsuya göre daha düşük sayıda olduğu gözlenmiştir. Bu konu ile ilgili olarak Stosik vd. (2001), tuzluluk artışının WBC ve trombosit sayısında önemli bir azalmaya sebep olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan tuzluluk analizlerinde Van Gölü tuzluluk oranı ‰17 iken akarsuda ‰2,4 olarak ölçülmüştür. WBC seviyelerinde Van Gölü ve akarsudan ölçülen değerlerin birbirinden farklı olması sucul ortam tuzluluğunun WBC sayılarını azalttığına dair mevcut literatür bulgularıyla uyumludur. Lökosit sayısının özellikle göl de daha düşük olduğu akarsuda periferik kan yaymalarında artış olduğu gözlenmiştir. Balıklara ait yapılan araştırmalarda da kan hücrelerini etkileyen birçok faktörden biri

olarak görülen tür değişiklikleri ve tür içi varyasyonların (Lim ve Klesius, 2003; Ranzani-Paiva vd., 2003; Anthony vd., 2010), lökosit sayısını etkilediği bilinmektedir. Bunun bir sonucu olarak lökosit sayılarının Van Balığında düşük seviyede olmasının sebebi olarak görülebilir. Ayrıca kandaki yüksek eritrosit sayısının kan WBC sayısını baskıladığı ve azalttığına dair literatür (Satheeshkumar vd., 2012; Ahmed ve Sheikh, 2019) bulgularına paralel olarak Van Balığının yüksek eritrosit sayılarının kan lökosit sayısını azalttığı düşünülebilir.

Lökosit sayısında, özellikle de lenfositlerde görülen azalma strese maruz kalan balıklarda yapılan bir çalışmada belirtilmiştir (Siwicki ve Studnicka, 1992). Benzer olarak Sala-Rabanal vd., (2003) düşük sıcaklıklarda lökosit ve lenfosit sayısında çeşitli balık türleri için düşüş bildirmişlerdir. Van Balığının periferik yaymalarının incelenmesi sonucu özellikle göl ortamında akarsuya göre az sayıda görülen lökosit ve lenfosit sayısı literatür ile uyumlu bulgulardır. Akarsudan alınan balıkların periferik yaymalarında gölden alınan balıkların periferik yaymalarına göre daha fazla sayıda lökosit gözlenmiştir. Tüm bu etkenler göz önüne alındığında üreme, cinsiyet, sucül ortam sıcaklığı gibi etkenlerin Van Balığının kan WBC sayısının göl ortamında akarsuya göre daha düşük değerler içermesinin sebepleri olarak düşünülebilir. Akarsu örnekleme aşamasında sıcaklığın göle göre yüksek olması, akarsu yakınında tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin olması ve yerleşim alanlarındaki insan faaliyetleri gibi dış etkenlerle suya kirletici karışımların olma ihtimali akarsuda WBC sayılarını arttıran eksojen stres nedenleri olarak görülebilir.

Memelilerde ergin bireylerin aktif hematopoetik dokusu kemik iliği iken, balıklarda buna homolog olan hematopoetik doku böbreklerin ön ve arka kısmındaki böbrek tübüllerini çevreleyen interstisyumdur. Balık böbreğindeki hematopoetik dokudaki kök hücreler, memelilerin kemik iliğine benzer şekilde retiküloendotelyal dokunun stromasında bulunur (Roberts ve Ellis, 2001; Fijan, 2002; Davidson ve Zon, 2004; Ellet ve Lieschke, 2010). Balıklardaki hematopoetik hücrelerin morfogenezinin ve bu süreçte görülen hücre formlarının yüksek omurgalılarınkine çok benzer olduğu yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir (Fijan, 2002). Van Balığının böbreğinin ön kısmından (baş böbrek) alınan kesitlerin Hematoksilen&Eozin ile boyanması sonucunda proksimal tübül ve distal tübüller ile toplama kanallarını çevreleyen interstisyel dokuda çok sayıda hematopoetik hücrenin olduğu gözlemlendi.

Bugüne kadar farklı balık türlerine ait yapılan çalışmalar hematopoetik gelişim aşamasına dahil olan hücre öncüllerinin birçok balık türünde benzer olduğunu göstermiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda eritroblastların sırasıyla bazofilik, polikromatik ve ortokromatik eritroblastlara farklılaştığı bildirilmiştir (Fijan, 2002; Liu vd., 2017). Fakat balıklarda memelilerden farklı olarak eritrositlerin son gelişim aşamasında hücre çekirdeğinin kaybolmadığı bilinmektedir (Harvey, 2001; Grindhem vd., 2008). Bu nedenle balık eritrositleri çekirdekli ve eliptik hücrelerdir (Witeska, 2013). Liu vd. (2017),’nin belirttiğine benzer olarak, Van Balığındaki hematopoetik kök hücrelerin de granüloid, agranüloid, lenfoid ve monoid öncüllerden oluştuğu gözlemlendi. Granüloblastlar ve progranülositlerin eozinofilik, nötrofilik ve bazofilik granülositleri oluşturmak için sırasıyla miyelositlere, metagranülositlere ve olgun granülositlere farklılaştığı bilinmektedir (Liu vd., 2017). Van Balığının incelenen periferik yaymalarında granüloblastlar dışında progranülositler, myelositler, metamyelositler (metagranülositler) ve olgun granülositler gözlemlendi. Van Balığının periferik yaymasında gözlenen olgun granülosit ve agranülosit türlerinin literatürde bildirilen (Menke vd., 2011; Chen, vd., 2019; Liu, vd., 2017; Han, vd., 2021) formlarda olduğu gözlemlendi. Lenfositlerin öncü formu olan lenfoblastların prolenfosit ve lenfositlere farklılaşarak olgun lenfosit formuna dönüştüğü gözlemlendi. Van Balığının May-Grunwald Giemsa ile boyanan preparatlarının incelenmesi sonucunda gözlenen prolenfosit ve lenfositlerin literatürde belirtilen modern sınıflandırma sistemini izlediği görüldü (Xie ve Lin, 1996). Van Balığının agranülosit gelişim aşamalarına dahil olan prolenfositler ve lenfositler de boyalı periferik yayma preparatlarında gözlemlendi. Lenfositler diğer balıklarda olduğu gibi büyük ve küçük lenfosit olarak sınıflandırıldı. Bu farkın lenfositlerde nükleus ve sitoplazma oranı farkından kaynaklandığı belirlendi.

Araştırmacılar trombositlerin gelişim süreçlerinin balıklarda belirsiz olduğunu bildirmişlerdir (Xie ve Lin, 1996). Van Balığının incelenen periferik kan preparatlarında da trombosit öncülleri gözlenmedi. Van Balığında trombositlerin memelilerdekinin aksine daha büyük boyutta ve tam bir hücre yapısı gösterdiği gözlemlendi. Mekik, oval-çubuk ve yuvarlak olmak üzere farklı formlarda trombositler görüldü. Bunların arasında baskın trombosit türünün çubuk lenfositler olduğu belirlendi.

Van Balığının May-Grunwald Giemsa ile boyanmış periferik kan yaymalarının incelenmesi sonucunda öncü kan hücrelerinin akarsudan örneklenen balıklardan

hazırlanan periferik kan preparatlarında oldukça fazla sayıda olduğu ve farklı gelişim evrelerinde olan kan hücrelerinin mevcut olduğu tespit edildi. Van Gölü'nden alınan balıkların örneklendiği dönemdeki su sıcaklığının ve akarsu ortamına göre daha düşük olması, ayrıca ilkbahar aylarında artan hematopoetik aktivitenin üreme dönemine denk gelmesi tatlısu ortamından alınan balıklarda hematopoetik hücrelerin görülme sebepleri arasındadır. Bu nedenle Van Balığının yumurtalarını bıraktığı akarsu aşamasında öncül hücrelerinin belirgin olarak gözlenmesi literatür ile uyumlu bir bulgudur. Periferik yaymaların incelenmesi sonucunda özellikle eritroid öncüllerinin diğer hücre öncüllerine göre daha fazla olduğu, nötrofil granülositlerin öncü hücrelerinin ise lökosit öncü hücreleri içerisinde en fazla sayıda görülen öncü hücre formu olduğu belirlendi. Lenfositlerin olgun formları ve reaktif lenfositler çok sayıda gözlenirken, lenfosit öncül formları nadiren görüldü.

Van Balığında farklılaşma aşamasında görülen eritroid öncüllerin yanı sıra mitoz aşamasında olan olgun eritrositlere de rastlandı. Yapılan araştırmalarda stres halinde, özellikle hipoksi durumunda dolaşımdaki hücrelerin bölünmesinin gözlenebildiğini, eritrosit sayısında hızlı bir artış gerçekleştiği ve yeni hücrelerin %90'ının birkaç dakika içinde kana salındığını belirtmişlerdir. (Murad vd., 1993; Houston vd., 1996). Organizmanın daha yüksek enerji üretimini sağlayan bu adaptif değişiklikleri Van Balığının ihtiyaç duyduğu yoğun oksijen talebi sebebiyle olabilir. Van Balığında kan hücrelerinin hematopoetik gelişim evreleri incelendiğinde daha önce yapılan Liu vd. (2017)'nin Mersin balığı (*Acipenser dabryanus*)'nın hematopoezine ilişkin yaptıkları araştırmada yer alan gelişim aşamalarına benzer olduğu ve literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Kanın biyokimyasal parametreleri endojen ve eksojen faktörlere karşı hassastır ve türler arasında farklılık olduğu görülmüştür (Zarejabad, vd., 2010).

Abdel-Rahim vd. (2020), yüksek tuzluluk ortamında yaşayan balıkların serum ALT, AST ve ALP seviyelerinin düşük tuzlulukta yaşayan balıkların serum AST, ALT ve ALP seviyelerine göre yüksek olduğunu gözlemişlerdir. Van Balığının yaşamını sürdürdüğü ve üreme göçünün başladığı göl ortamındaki kanları incelendiğinde serum ALT ve AST değerlerinin akarsu ortamına göre yüksek olduğu görüldü. AST serum değerlerinin lokalite verilerinde anlamlı bir fark görülmezken, ALT'deki farkın anlamlı ($P<0.05$) olduğu belirlendi. AST ve ALT'nin göl ortamında akarsuya göre daha yüksek

olması sucul ortamın yüksek tuzluluk seviyesinin bu parametrelerin serumda yüksek olmasına sebep olan eksojen faktörlerden biri olduğunu gösterebilir. AST ve ALT enzim aktivitelerinin, hücresel azot metabolizmasında, amino asitlerin oksidasyonunda ve karaciğer glukoneogenezinde önemli rol oynadığı (Banaee, 2013); açlık, üreme ve hipoksi döneminde değiştiği bilinmektedir (Vijayan vd., 1997). Van Balığının gölde olduğu dönem balığın üreme öncesi aşamada olduğu, tatlısulara doğru yüzdüğü ve fiziksel aktivitesinin fazla olduğu dönemdir. Balığın üreme döneminde dışardan besin almadığı ve özellikle tatlısudan örneklenen balıkların sindirim kanalının boş veya besin içeriğinin oldukça yetersiz olduğu yapılan çalışmalarda gözlenmiştir (Oğuz vd., 2019). Van Balığı bireylerinden üreme öncesi dönemde göl lokalitesinden elde edilen kan bulguları incelendiğinde yüksek protein seviyeleri ile düşük glukoz seviyelerine karşılık AST ve ALT enzimlerinde de artış gözlenmiştir. Göl lokalitesinde ölçülen düşük glukoz seviyeleri yoğun enerji harcadığını ve buna eşlik eden yüksek ALT ve AST bulguları ise organizmanın yoğun enerji ihtiyacı olduğu durumlarda gereken enerjinin glukoneogenezden karşılandığı ihtimalini düşündürülebilir. Ojolic vd. (1995)'nin yayın balığı (*Arius subrostratus*)'nda artan protein düzeylerinin karaciğer glikojeninin artan tüketiminin sonucu olduğuna dair bulguları literatürde mevcuttur. Mevcut literetür bulguları eşliğinde Van Balığının göl lokalitesindeki düşük glukoz seviyeleri ile yüksek enzim ve protein düzeyleri gölde fazlaca tüketilen glukoz sebebiyle gereken enerjinin glukoneogenez yoluyla karşılandığına dair bulguları destekleyici yönde olabilir.

Serum ALT ve AST seviyelerinin cinsiyete göre incelenmesinde ise dişi ve erkek bireyler arasında anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür. Fakat ALT'nin dişilerde erkeklere kıyasla daha yüksek olduğu, AST'nin ise erkeklerde daha yüksek olduğu görülmüştür. Luskova (1998), tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre erkek bireylerde serum AST seviyesinin dişi bireylere kıyasla daha yüksek olduğu, dişi bireylerde de bu durumun tersi olarak serum ALT seviyesinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Van Gölü'nden örneklenen balıklar üreme göçünde olan, cinsel olgunlaşma aşamasındaki erkek ve dişi bireylerdir. Akarsudan örneklenen dişi balıklar ise tatlısuda üreme safhasındaki balıklardır. ALT ve AST'nin göl safhasında dişi ve erkek bireylerde yüksek olması ve akarsuya girişte düşmesi bu iki parametrenin cinsiyete özgü üreme öncesi yükselen parametreler olduğunu göstermektedir.

Aminotransferazlar karbonhidrat ve nitrojen metabolizmasında; amino ve ketoasitlerin ara dönüşüm reaksiyonlarında rol alırlar. Aminotransferazlar amino gruplarının bir karbon iskeletinden diğerine transferini sağlayan katalizörlerdir. ALT bulunduğu hücresel lokalite bakımından sitozolik ve karaciğere özgü bir enzimdir. AST ise hem sitozolde bulunabilen hem de mitokondride yer alan bir enzimdir. Karaciğere özgü bir enzim olan ALT'nin aksine AST karaciğer dışında beyin, çizgili kas, pankreas ve kan hücrelerinde mevcuttur (Ersoy, 2012). Van Balığının dişi bireylerinde ALT seviyelerinin dişilerde yüksek olan protein seviyeleri ile doğru orantılı olduğu gözlenmiştir. Bu durum protein metabolizmasında rol oynayan ALT enziminin üreme döneminde yumurta gelişimi için artan protein metabolizmasında rol alması ile ilişkilendirilebilir. Amino asit ve enerji metabolizmasında rol oynayan enzimlerden biri olan AST seviyelerinin erkek bireylerde fazla olması eritrositlerde de bulunan AST enziminin erkek bireylerin dişilere göre daha yüksek sayıda olan kan eritrosit sayısı ile ilişkilendirilebilir. AST enziminin erkek bireylerde daha yüksek seviyelerde olmasının başka nedeni de mitokondrilerde bulunabilen bu enzimin erkek bireylerin daha fazla metabolik aktivitesinin olması ve yine üremeye hazırlık döneminde gonadal olgunlaşma için erkek bireylerde gerekli bir enzim olmasıdır. Benzer şekilde üreme olgunluğundaki erkek bireylerin daha yüksek ALP ve daha düşük ALT aktivitesine sahip olduğunu gösteren Asadi vd. (2006),’nin bulguları da literatürde mevcuttur. Bu doğrultuda Van Balığının ALT ve AST parametrelerinin literatür ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Van Balığının üreme göçü esnasında elde edilen kanları incelendiğinde kalsiyum seviyesinin dişilerde erkeklere göre yüksek olduğu ve bu farkın anlamlı olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). Kalsiyum seviyeleri lokasyona göre incelendiğinde ise gölde ve akarsuda üreme öncesi ve üreme sırasında belirgin bir değişikliğin olmadığı görülmüştür. Kalsiyumun gonadal gelişim esnasında arttığı daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile gösterilmiştir (Flik ve Verbost, 1993). Fosforun da kalsiyum gibi hepatositlerde vitellogenin (yumurta sarısı proteini) sentezine katıldığı ve üreme döneminde serumda artan parametrelerden olduğu bilinmektedir (Tyler ve Sumpter 1990; Tyler vd., 1996). Önceki çalışmalar referans alındığında, Van balıklarında üreme öncesi dişilerde erkeklere göre yüksek seyreden serum kalsiyum seviyelerinin balıkların akarsuda olduğu üreme safhasında da belirgin bir değişiklik göstermemesi bu parametrenin dişilerde yumurta olgunluğunda rol oynadığını, üreme olgunluğundaki bireyler için önemli bir mineral

olduğunu gösteren önceki çalışmalar ile uyumludur. Van Balığının üreme göçünde elde edilen serum kalsiyum seviyeleri sazan (*Cyprinus carpio*) balıklarının üreme döneminde oogeneziste arttığı belirlenen serum kalsiyum ve fosfor seviyelerinin arttığı çalışma ile benzerdir (Vazirzadeh vd., 2015).

Fosfor, balıklarda normal büyüme, kemik mineralizasyonu, üreme ve enerji metabolizması için gerekli bir mineraldir (Albrektsen vd., 2009). Üreme ve gonadal gelişimde rolü olan estradiol hormonunun vitellogenenezisi tetiklediği, kalsiyum ve fosfat seviyelerindeki artışla beraber gonadal gelişime katkıda bulunduğu bilinmektedir (Tyler ve Sumpter, 1990; Tyler vd., 1996, Guerreiro vd., 2002). Van Balığının yumurtalama zamanında kan fosfor seviyelerinin akarsuda göl aşamasına göre yüksek olduğu ve bu farkın anlamlı olduğu görülmektedir ($P<0.05$). Bulgular cinsiyete göre karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık olmadığı ancak fosforun erkeklerde dişilere göre yüksek olduğu görülmektedir. Yapılan bir araştırma sazanda, oosit gelişimi sırasında vitellogeninin sentezinin artışıyla beraber fosforun kalsiyum artışına göre daha güçlü bir korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur (Tyler ve Sumpter, 1990). Sonuçlar literatüre göre değerlendirildiğinde akarsu aşamasında yüksek olan fosforun gonadal olgunlaşmada vitellogenenezisin sürdürülmesini desteklediğini göstermektedir. Özellikle erkek bireylerde yüksek olması, bu parametrenin erkek bireylerde üremeyi desteklediğini gösterebilir. Kalsiyum ve fosfor elementlerinin birçok fizyolojik süreçte, iskelet sisteminin geliştirilmesi ve sürdürülmesinde doğrudan rol oynadığı bildirilmiştir (Ye vd., 2006). Van Balığında ölçülen göl ve akarsu serum fosfor seviyeleri istatistiksel olarak anlamlı değildir ve tüm gruplarda hemen hemen yakın değerlerdedir. Yapısal makromoleküllerde bulunan ve vücutta birçok önemli biyolojik olayda rol alan fosforun belli bir seviyede bulunması yaşamsal fonksiyonlar için gereklidir.

Total serum proteini albümin, globulin ve fibrinojenin birleşiminden oluşmaktadır. (Wedemeyer ve Yasutake, 1977). Balıklarda serum total proteininde gözlenen artış ve düşüşler çeşitli fizyolojik durumların göstergesidir. Yapılan bazı araştırmalar ile total protein plazma düzeyleri karaciğerdeki patolojik veya fizyolojik değişikliklerde (Burtis vd., 2008), organizmanın artan metabolik aktivitesi sonucunda artan enerji ihtiyacı durumunda, düşük pH içeren sucul ortamda (Mc Donald ve Milligan, 1992), besin alamama sonucunda veya emilim bozukluklarında (Mayer, 1998) artarken vücuttan su kaybının yaşandığı durumlarda azalmaktadır (Mayer, 1998).

Gonadların gelişimi için yumurtlama safhasında çok büyük miktarda kalsiyuma ihtiyaç duyulduğu ve kalsiyumun sitozole alımının proteinler aracılığı ile gerçekleştiği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Flik ve Verbost, 1993). Svobodova vd. (2001), tarafından yapılan bir araştırma sonucunda serum albüminin özellikle dişi balıklarda cinsel olgunlaşmanın bir sonucu olarak arttığı bilinmektedir (Di Marco vd., 2011). Van Balığının üreme göçü esnasında incelenen total protein ve albümin seviyelerinde cinsiyet ve lokasyon açısından anlamlı bir farklılık yoktur. Fakat total protein ve albümin dişilerde erkeklere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Total protein ve albümin seviyeleri lokasyon açısından değerlendirildiğinde de göl aşamasında akarsuya göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Van Balığının dişi bireylerinin Van Gölü'nde olduğu dönem aynı zamanda üreme öncesi dönemdir. Yapılan protein analizlerinde total proteinin dişi bireylerde yüksek olduğu gözlenmiştir. Total proteinlerden olan serum albüminin ise gölde akarsuya göre yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, ölçülen albümin seviyeleri de dişi bireylerde üreme dönemi boyunca yüksek seyreden ve erkeklere göre anlamlı yüksekliğe sahip olan serum kalsiyum seviyeleri ile orantılıdır. Van balıklarında üreme döneminde dişilerde erkek bireylere göre daha fazla olduğu görülen kalsiyum seviyeleri ile orantılı albümin ve total proteinin de gölde akarsuya göre daha yüksek olması bu parametrelerin gonadal olgunlaşma için, üreme döneminde birbirleri ile iş birliği içinde olduğunu gösterebilir. Albüminin, karaciğerde sentezlenen ve kanda madde transferini sağlayan aracı aminoasit molekül olduğu bilinmektedir (Karagül vd., 2000). Vitellogenin, karaciğerde sentezlenen ve çoğu balık türünde oositlerde yumurta sarısını oluşturan bir glikolipofosfoprotein moleküldür. Cinsel olgunlaşma döneminde vitellogenin oluşumuna dolaşımdaki mineraller, özellikle kalsiyum ve fosfor artışının da eşlik ettiği belirlenmiştir (Sun ve Pankhurst 2004; Tyler vd., 1996). Gonadal gelişimi destekleyen kalsiyumun seviyeleri ile kalsiyumun gonadlara taşınmasını sağlayan aracı molekül olan albümin seviyelerinin Van Balığının göl de olduğu dönemde daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu da albüminin cinsel olgunlaşma sırasında önemli bir molekül olduğunu ve kalsiyumun proteinler ile birlikte üremede rol oynadığını gösteren daha önce yapılan çalışmalar ile uyumludur. Balıklarda proteinler gonad büyümesinin yanı sıra yüzme gibi enerji gerektiren aktiviteler için de bir enerji kaynağı olarak kullanıldığından, üreme sırasında toplam protein konsantrasyonunun azaldığı bildirilmiştir (Hrubec vd., 2001,

Bani ve Vayghan, 2011, Pradhan vd., 2014, Sharma vd., 2015). Farklı pH değerlerine maruz kalmayla ilgili daha yüksek talebi karşılamak için kan ve yapısal proteinlerin vücudun enerji talebine karşılık gerçekleşen dönüştürme işlemi serum protein seviyesinin düşmesine sebep olur (Das vd., 2006). Dehidrasyon sonucunda kan albümin seviyesi artarken, organ hasarı veya besin alamama gibi durumlarda ise kan seviyelerinin azaldığı tespit edilmiştir (Mayer, 1998). Amino asitler balıklarda enerji kaynakları olmasının yanında farklı çevresel tuzluluklara uyum sağlanması için hücre hacmini düzenleyen önemli ozmolitler olarak da görev yaparlar (Aragao vd., 2010). Ayrıca serum proteinlerinden olan albümin ve globulinler balıklarda osmoregülasyonun sürdürülmesini sağlarlar (Nopianti vd., 2019). Van Gölü'nün hiper-alkali sucul ortamında serum proteinlerinin daha yüksek olması balığın Göl ortamında uğradığı dehidrasyon ile ilgili olabilir. Öte yandan akarsuda bu parametrenin düşme eğilimi göstermesi ise tatlısu ortamında istemsizce su alan balık vücudunun artan su hacmi olabilir. Her iki durumda değişen protein seviyelerinin proteinlerin ozmolitler olarak görev yaptığının ve osmoregülasyonda tampon molekül olarak kullanıldığının bir göstergesi olabilir. Ayrıca üreme döneminde görülen akarsu protein düzeylerindeki azalma ise bu dönemde görülen artan enerji talebinin bir kısmının proteinlerden karşılandığını düşündürebilir.

Kreatinin kas metabolizmasından üretilen atık bir moleküldür. Böbrekler kan kreatinini normal aralıkta tutar. Serum kreatinin seviyelerinin normal düzeyde olması böbrek fonksiyonunun güvenilir bir göstergesidir. Kreatinin düzeylerindeki artışlar ise çoğunlukla böbreklerin filtrasyon yeteneğinin bozulduğunu göstermektedir (Kulkarni ve Pruthviraj, 2016). Van Balığının ölçülen serum kreatinin seviyeleri incelendiğinde lokalite ve cinsiyet gruplarında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Van Balığı bireylerinde ölçülen serum kreatinin seviyelerinin Kulkarni ve Pruthviraj (2016)'ın ölçmüş olduğu serum kreatinin seviyelerine benzer seviyelerde olduğu ve gölden ölçülen kreatinin seviyelerinin akarsuya göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Kreatinin molekülünün kas metabolizmasının atık ürünü olduğu düşünüldüğünde, Van Gölü'nde balıkların gerçekleştirdiği yoğun yüzme aktivitesinin kan kreatinin düzeyinin akarsuya göre daha fazla olma sebebi olarak gösterilebilir.

Yapılan araştırmalar sucul ortamda nitrate maruz kalan balıklarda görülen yüksek kreatinin seviyelerinin, memelilerde olduğu gibi böbrek fonksiyonlarında bozulmaya sebep olabileceği bildirilmiştir (McDonald, 2002) Van Gölü'nde ölçülen su nitrat

seviyeleri 0.47 mg/L iken akarsuda bu değer 0.07 mg/L'dir. Van Gölü'nde nitrat seviyelerinin akarsuya göre yüksek olması gölden örneklenen balıkların serum kreatinin seviyelerinin akarsuya göre yüksek olmasının başka bir nedeni olabilir. Cinsiyet gruplarındaki kreatinin düzeylerine bakıldığında ise dişi ve erkeklerde kreatinin hemen hemen aynı seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç kreatinin cinsiyete spesifik bir parametre olmadığını göstermektedir.

Van Balığı erkek ve dişi bireylerinde kan üre seviyelerinde farklılığın olmadığı görülmüştür. Üre seviyelerinin lokalite açısından incelenmesi sonucunda göl aşamasında ölçülen üre seviyelerinin akarsuya göre yüksek olduğu ve bu farkın anlamlı olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Metabolizmada artan protein tüketimi, protein metabolizmasının son ürünleri olan kan üre ve ürik asit seviyelerinde yükselmeye sebep olmaktadır (Van Der Boon vd., 1991). Van Balığının gölde akarsuya göre yüksek olan total protein ve albümin sonuçları ile uyumlu olarak üre sonuçları incelendiğinde göl aşamasında akarsuya göre üre düzeylerinin de yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca sucul ortamın tuzluluk değerinin, teleost balıklarda kan üresini etkileyen en kritik çevresel faktörlerden biri olduğu bilinmektedir (Borges vd., 2004; Tayel vd., 2014; Abdel-Rahim vd., 2020). Hiper tuzlu-alkali fizikokimyası ile bilinen Van Gölü'nde yaşayan Van Balığında göl aşamasında ölçülen yüksek üre seviyeleri Van Balığının maruz kaldığı tuzluluk stresinin ve osmoregülasyon davranışının sonucudur. Bulgular bu alanda yapılan literatür çalışmaları ile uyumludur. Cinsiyete göre karşılaştırılan kan üre seviyelerinin her iki grupta da değişiklik göstermediği söylenebilir.

Testosteron, östrojen (östradiol), progesteron (progestin), kortizol ve aldosteron (mineralokortikoidler) kolesterolden sentezlenen beş ana steroid hormon sınıfıdır (Payne ve Hales, 2004; Flück ve Miller, 2008; Kulkarni ve Bedjargi, 2016). Üreme döneminde artan yüksek kolesterol seviyeleri, gonadal ve adrenal steroidogenez için fizyolojik bir ön koşuldur. Bu durum farklı balıklar üzerinde daha önce yapılan çalışmalarla desteklenmiştir (Di Marco vd., 2011). Van Balığının ölçülen serum kolesterol ve trigliserid seviyelerinde balıkların üreme göçünde olduğu Van Gölü aşamasında, akarsuya oranla daha yüksek olduğu, üremek için girdiği akarsuda düşme eğilimi gösterdiği görülmüştür. Cinsiyete göre değerlendirildiğinde ise yine anlamlı bir farklılık bulunmadığı fakat dişilerde erkeklere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Araştırmacılar balıklarda lipidlerin kan serum seviyelerinde özellikle yıllık üreme döngüsü, cinsiyet, sıcaklık değişiklikleri, beslenme ve yaşa bağlı değişiklikler gözlemlemişlerdir (Aras vd., 2008; Aras vd., 2010; Karataş vd., 2014). Bayir (2005), balıklarda yılın belli dönemlerinde görülen lipid dalgalanmalarının, üreme ve cinsel gelişim döneminde gonadal gelişim için yağların depolanan dokulardan gonadlara taşınması ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Elde edilen bulgulara göre üreme öncesi dönemde kolesterol ve trigliserid düzeylerinin yüksek olması bu iki molekülün hemen üreme öncesi dönemde gonadal gelişimde özellikle vitellogenesisde önemli olduğunun bir göstergesidir.

Klor (Cl^-) anyonu sodyum katyonu ile beraber vücut sıvılarının ozmolaritesinin kontrolünde rol oynayan önemli bir anyondur. Sodyum (Na^+), asit baz dengesi, sinir ve kas fonksiyonunda görevlidir. Ayrıca Na^+ / K^+ ATP-az'ın düzenleyici elektrolitidir. Sodyum ilişkili olduğu anyonlar ile plazmada çözünmüş ozmotik aktif maddelerin büyük kısmını oluşturur ve suyun vücutta dağılımını etkiler. Sodyumun hücrelere fazlaca girmesi veya vücuttan sodyum kaybı, ekstraselüler sıvı hacmini, kan dolaşımını, renal fonksiyonları ve sinir sisteminin iletim fonksiyonunu etkileyen bir azalmaya sebep olur. Potasyum (K^+) ise nöromusküler ve kaslar uyarılmayı belirler. Potasyum yüksekliği veya azlığı kas dokusunun kasılma yeteneğinin bozulmasına sebep olur (Murray vd., 1993). Van balıklarından elde edilen kan örnekleri balıkların üreme dışında yaşamını sürdürdüğü Van Gölü'nden ve yumurtalarını bırakmak için girdiği tatlısu ortamlarından biri olan Karasu Çayı'ndan elde edilmiştir. Van Gölü'nden elde edilen su analizlerinde tuzluluk %17 ppt olarak ölçülmüştür. Akarsudan alınan su örneklerinde ise tuzluluk %2.4 ppt olarak ölçülmüştür. Van Gölü balık örnekleme alanlarından alınan su örneklerinden ölçülen Na, K, Cl kan elektrolitleri ile tatlısu lokasyonundan alınan kan elektrolit seviyeleri karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda Na, K, Cl seviyelerinin tuzluluğun yüksek olduğu göl ortamında, tuzluluğun düşük olduğu akarsu ortamına göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ölçülen serum Na, Cl ve K seviyelerinin sucül ortamın tuzluluğu ile orantılı olması Van Balığının maruz kaldığı farklı sucül ortamlardan etkilendiği, göl ve akarsu ortamı arasındaki farklılığa uyum sağladığının bir göstergesidir. Balıklar birbirinden fizikokimyasal açıdan farklı olan bu sucül ortamlara osmoregülatör ve homeostatik mekanizmaları sayesinde adaptasyonlarını gerçekleştirirler. Gölün tuzlu-alkali sucül ortamına adaptasyonunu gerçekleştirmiş olan

Van Balığı yaşamsal devamlılığı için tuzlu ve tatlısu ortamlarına osmoregülasyonunu sağlayarak sıvı homeostazisini korumak zorundadır.

Yeşilbaş ve Oğuz (2019), yaptıkları bir çalışmada Van Balığının göl ortamındaki kan Na, K, Cl değerlerinin Van Gölü iyon konsantrasyonlarına yakın seviyelerde ve balığın tatlısuda olduğu dönemdeki iyon değerlerine göre yüksek olduğunu gözlemişlerdir. Benzer şekilde balığın tatlısuda olduğu dönemde ölçülen serum iyon seviyelerinin ise tatlısu ortamının iyon değerlerine yakın ve göl örneklerine göre daha düşük seviyelerde olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen bulgular üreme göçünde birbirinden farklı sucul ortamlara geçiş yapan Van Balığının serum iyon değerlerinin balığın osmoregülasyon mekanizmasının sonucu olarak farklı sucul ortamlara adaptasyonunu gerçekleştirdiğini gösteren çalışmaların bulguları ile uyumludur. Na, K, Cl iyonlarının cinsiyete göre karşılaştırılmasında ise dişi ve erkek bireylerde istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığın bulunmadığı ve her iki cinsiyet grubunda birbirine yakın seviyelerde olduğu belirlenmiştir.

Van Balığının serum glikoz seviyeleri lokalitelere göre incelendiğinde göldeki balıkların plazma glukoz seviyelerinin akarsuya göre düşük olduğu ve bu farkın anlamlı olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Elde edilen veriler cinsiyete göre incelendiğinde ise belirgin bir fark olmadığı görülmüştür. Kan glukoz seviyesindeki azalmanın açlık, hormonal ve davranışsal stres tepkileri ile bağlantılı olduğu yapılan çalışmalar ile bildirilmiştir (Hrubec vd., 2001).

Van Balığının göl aşamasında mevcut olan üreme stresi, yüzme aktivitesi için vücudun ihtiyaç duyduğu enerji ihtiyacı ve üreme göçünde dışardan besin alamaması serum glikoz seviyelerinin düşük olma sebepleridir. Ayrıca Van Gölü'nün akarsuya göre yüksek tuzlu sucul ortamına adaptasyonunun vücudun ihtiyaç duyduğu enerji miktarını arttırdığı düşünülmektedir. Bununla ilgili daha önce yapılan bir çalışmada aşırı tuzluluk ortamında bulunan balıkların ihtiyaç duydukları adaptasyon (osmoregülasyon) için, bu düzenlemede yer alan farklı dokuların daha yüksek enerjiye ihtiyaç duyduğunu göstermiştir (Vijayan vd., 1996; Laiz-Carrion vd., 2003; Sangiao-Alvarellos vd., 2005). Kan glukozundaki düşüşün tersi bir durum olan glukoz seviyesindeki artışın, balıklardaki akut stresi yansıtan önemli bir biyokimyasal parametre olduğu bilinmektedir (Barton, 2002). Organizmanın maruz kaldığı her türlü stres durumunda, kortizol ve katekolaminlerin etkisi ile plazma glukoz seviyelerinde artış olduğu bilinmektedir

(Kumar vd., 2011). Vücut maruz kaldığı stres durumunda organizmanın enerji gereksinimini karşılamak için plazma glukoz seviyelerini artırır. Bu durum stresin başlamasından sonra uzun bir süre daha artmaya devam eder (Trenzado vd., 2003). Van Balığının üremesini gerçekleştirmek için girdiği akarsuda üreme davranışının sebep olduğu fizyolojik bir stres faktörü mevcuttur. Ayrıca tuzlu sudan tatlısuya giren balığın sucul adaptasyonu için osmoregülatör aktivitesinin de stres oluşturduğu bilinmektedir. Glukozun plazmada yükselmesinin başka bir nedeni de mevsim sıcaklığının artması ile besin alımının artmasıdır (Sheridan ve Mommsen, 1991). Üremek için akarsuya ulaşan balıkların akarsuda beslenme ihtimalinin olması kan glukozunun artma sebeplerinden biri olabilir. İstatistiksel olarak anlamlı olan, üreme öncesi ve üreme zamanında görülen kan glukoz seviyelerindeki değişiklikler, stres parametresi olduğu bilinen glukozun bu konudaki mevcut literatürü ile uyumludur.

Magnezyum, balıklarda iskelet sistemi ve ona ait dokuların yapısına katılan, nükleik asit, protein, lipid ve karbonhidrat metabolizmasında rol oynayan, ayrıca su ve iyon dengesinde iyon değişimi için gerekli olan makro minerallerden biridir (Vormann, 2003; Chen ve Huang, 2015). Magnezyum organizmada fosfatazlar, fosfokinazlar, pirofosfatazlar, tiyokinazlar, pirüvik asitin karboksilazı ve oksidazı, amino asit asil sentetazları ve alkalın fosfataz enzim sistemlerine kofaktör veya spesifik aktivatörü olarak katılan önemli bir mineraldir (El-Mowafi ve Maage, 1998; Wei vd., 2017). Ayrıca proteinlerin, lipidlerin, karbonhidratların normal metabolizmasında yer almasının yanı sıra bağışıklık mekanizmasında ve nöromusküler iletimde önemli roller üstlenir (Tam vd., 2003; Cheng vd., 2005; Zhang vd., 2016). Magnezyumun bir mineral olarak hayati görevleri göz önüne alındığında, vücudun ihtiyacı olan yaşamsal magnezyumun eksik olmaması gerekmektedir. Deniz suyunun içerdiği magnezyum miktarı tatlısuya göre fazla olduğu ve deniz balıklarının bu nedenle bünyelerine daha fazla magnezyum iyonunu aldığı bilinmektedir (Reigh vd., 1991; Lin vd., 2013). Van Balığının elde edilen serum magnezyum seviyeleri cinsiyet ve lokalite grupları açısından karşılaştırıldığında her iki grupta da anlamlı bir fark olmadığı, fakat lokalite ve cinsiyet gruplarında sonuçların eşit değerlerde olmadığı görülmüştür. Van Balığı serum magnezyum sonuçlarının lokaliteye göre karşılaştırılmasında göldeki değerlerin akarsuya göre yüksek olduğu görülmüştür. Van Gölü'nde ölçülen magnezyum seviyelerinin de Karasu Çayı magnezyum seviyelerine göre yüksek olduğu görülmüştür. Van Gölü sucul ortamının Mg^{++} seviyesi

213.3 µg/L iken, Karasu Çayı'ndan ölçülen Mg^{++} seviyesi 53.5 µg/L olarak ölçülmüştür. Gölden örneklenen serum magnezyum seviyelerinin akarsuya göre yüksek olması göl ortamının sahip olduğu yüksek magnezyum seviyesi ile ilişkili olabilir. Magnezyum seviyelerinin erkek bireylerde dişilere göre istatistiksel olarak olmasa da, daha yüksek olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalarda erkek balıkların dişi balıklara göre daha yüksek magnezyum içerdiği bildirilmiştir (Asadi vd., 2006; Charoo vd., 2013). Elde edilen sonuçlar mevcut literatür ile benzerdir.

ALP izoenzimleri böbrek, karaciğer (hızlı ve yavaş göç eden formlar), bağırsak, kemik ve plasenta gibi organların dokularında yer alır (Fishman, 1974). ALP enzimlerinin yer aldığı doku ve hücrelerden hücre dışı sıvılara salınması ALP enziminin kan seviyesinde artışlara sebep olur. Doku nekrozu, hücre büyümesi gibi bazı patolojik durumlarda da kan dolaşımında yüksek ALP aktivitesi gözlenmiştir (Severini vd., 1991; Savova ve Kirev, 1992).

Van Balığının serum ALP seviyeleri cinsiyet ve lokalite açısından karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı, serum ALP seviyelerinde göl ve akarsu lokalitelerinde önemli bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Van Balığına ait erkek ve dişi bireylere ait serum ALP seviyelerine bakıldığında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olduğu gözlenmiştir ($P < 0.05$). Van Balığının üreme göçünde erkek bireylerin serum ALP seviyelerinin dişi bireylere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Elde edilen serum ALP seviyeleri üreme göçünde örneklenen üreme olgunluğundaki Van Balığı bireylerine aittir. Van Balığında üreme göçünde ölçülen serum ALT seviyeleri dişilere kıyasla erkek bireylerde daha yüksektir. Van Balığına ait bulgular daha önce yapılan çalışmalarda olgun erkeklerin daha yüksek ALP ve daha düşük ALT aktivitesine sahip olduğu mevcut literatür bulguları ile uyumludur (Sakamoto vd., 2001; Asadi vd., 2006)

Bunun yanısıra ALP enzimi, alkali pH'ta transfosforilaz görevi gören ve suda yaşayan hayvanların iskeletinin mineralizasyonunda önemli rolü olan bir enzimdir (Lan vd., 1995; Zikic vd., 2001). Ayrıca ALP'nin üreme dönemindeki erkek bireylerde yüksek olması bu enzimin gonadal olgunlaşma sırasında arttığını düşündürebilir. Nitekim Pavlikova ve Repas (1975), geçmişte yaptıkları bir araştırmada ALP nin spermatogenezde rol oynadığını belirtmişlerdir. Üreme olgunluğundaki erkek Van balıklarında ALP seviyelerinin dişilere göre daha yüksek seviyelerde olması bu enzimin

erkeklerde spermatogenezde rol oynadığını göstermektedir. Aynı zamanda erkek bireylerin yüksek metabolik vücut hızına sahip olmaları ile ilişkili olarak ortaya çıkan enerji talebinin karşılanması gerekmektedir. Van Balığının üreme göçünde erkek bireylerinde yükselen ALP seviyelerinin dişilere göre daha yüksek olması ATP nin fosforilasyonunda ihtiyaç duyulan fosfor molekülünün metabolik aktivitesi daha yüksek olan erkek bireylerde enerji talebinin daha yüksek olduğunu düşündürmektedir. ALP enziminin bağırsak ve böbrekten organik fosfor transportunu düzenlediği bilinmektedir (Van Hoof ve De Broe 1994; Asgeirsson ve Guðjónsdóttir, 2006). Van Balığının ölçülen serum ALP seviyeleri ile beraber serum fosfor seviyelerinin de erkeklerde dişilere göre yüksek olması ALP enziminin fosfor transportunu düzenlediğini göstermektedir.

Sonuç olarak Van Balığının üreme döneminde incelenen hematolojik ve biyokimyasal parametrelerinin mevcut literatür bulguları ile benzer ve uyumlu olduğu ve bu konuda yapılan çalışmalarla da paralellik gösterdiği görüldü.



KAYNAKLAR

- Abdel-Aziz, E. S. H., Abdu, S. B., Ali, T. E. S., Fouad, H. F. (2010). Haemopoiesis in the head kidney of tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae): a morphological (optical and ultrastructural) study. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36, 323-336.
- Abdel-Rahim, M. M., Lotfy, A. M., Toutou, M. M., Aly, H. A., Sallam, G. R., Abdelaty, B. S., Helal, A. M. (2020). Effects of salinity level on the survival, growth, feed utilization, carcass composition, haematological and serum biochemical changes of juvenile Meagre (*Argyrosomus regius*) (Asso, 1801) grown in ground saltwater. *Aquaculture Research*, 5(3), 1038-1050.
- Acker, C. I., Nogueira, C.W. (2012). Chlorpyrifos acute exposure induces hyperglycemia and hyperlipidemia in rats. *Chemosphere*, 89(5), 602-608.
- Adeyemo, O. K., Agbede, S. A., Olaniyan, A. O., Shoaga, O. A. (2003). The haematological response of *Clarias gariepinus* to changes in acclimation temperature. *African Journal of Biomedical Research*, 6(2), 105-108.
- Adeyemo, O. K., Naigaga, I., Alli, R. A. (2009). Effect of handling and transportation on haematology of african catfish (*Clarias gariepinus*). *Journal of Fisheries Sciences*, 3(4), 333-341.
- Aengwanich, W., Narkkong, N., Tanomthong, A. (2010). Morphological observations on the thrombocyte of eastern sarus cranes (*Grus antigone sharpii*) in northeastern Thailand. *International Journal of Zoological Research*, 6(4), 360-363.
- Ahmed, I., Sheikh, Z. A. (2019). Hematological and serum biochemical parameters of five freshwater snow trout fish species from river Jhelum of Kashmir Himalaya, India. *Comparative Clinical Pathology*, 28, 771-782.
- Ahmed, I., Sheikh, Z. A. (2019). Hematological and serum biochemical parameters of five freshwater snow trout fish species from river Jhelum of Kashmir Himalaya, India. *Comparative Clinical Pathology*, 28, 771-782.
- Ahmed, I., Sheikh, Z. A. (2020). Comparative study of hematological parameters of snow trout *Schizopyge plagiostomus* and *Schizopyge niger* inhabiting two different habitats. *The European Zoological Journal*, 87(1), 12-19.
- Akay, M.T. (2014). **Genel histoloji**. Palme Yayıncılık: Ankara, Türkiye.
- Akkuş, M., Sarı, M., Ekmekçi, F. G., Yoğurtçuoğlu, B. (2021). The discovery of a microbialite-associated freshwater fish in the world's largest saline soda lake, Lake Van (Turkey). *Zoosystematics and Evolution*, 97(1), 181-189.
- Akram, M., Hafeez, M. A., Nabi, G. (1999). Histopathological changes in the kidney of a freshwater cyprinid fish, *Barilius vagra*, following exposure to cadmium. *Pakistan Journal of Zoology*, 31(1), 77-80.
- Aktümsek, A. (2010). **Genel zooloji**. Nobel Yayın: Ankara, Türkiye.
- Albrektsen, S., Hope, B., Aksnes, A. (2009). Phosphorous (P) deficiency due to low P availability in fishmeal produced from blue whiting (*Micromesistius poutassou*) in feed for under-yearling Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt. *Aquaculture*, 296(3-4), 318-328.
- Alitalo, K., Carmeliet, P. (2002). Molecular mechanisms of lymphangiogenesis in health and disease. *Cancer Cell*, 1(3), 219-227.

- Annune, P. A., Ahuma, F. T. A. (1998). Haematological changes in mudfish, *Clarias gariepinus* (Burch) exposed to sublethal concentrations of copper and lead. *Journal of Aquatic Sciences*, 13, 33-36.
- Anonim. (2023a) Erişim tarihi: 10 Aralık 2023. Erişim adresi: www.tldrpharmacy.com.
- Anonim. (2023b). Erişim tarihi: 10 Haziran 2023. Erişim adresi <https://eightify.app/summary/science-and-technology/erythrocytes-structure-and-function-rbcs>.
- Aragao, C., Costas, B., Vargas-Chacoff, L., Ruiz-Jarabo, I., Dinis, M. T., Mancera, J. M., Conceição, L. E. (2010). Changes in plasma amino acid levels in a euryhaline fish exposed to different environmental salinities. *Amino Acids*, 38, 311-317.
- Aras M, Bayir A, Sirkecioglu A. N, Polat H, Bayir M. (2010). Seasonal variations in serum lipids, lipoproteins and some haematological parameters of chub (*Leuciscus cephalus*). *Italian Journal of Animal Science*, 7, 439–448.
- Aras, M., Bayir, A., Sirkecioglu, A. N., Polat, H., Bayir, M. (2008). Seasonal variations in serum lipids, lipoproteins and some haematological parameters of chub (*Leuciscus cephalus*). *Italian Journal of Animal Science*, 7(4), 439-448.
- Asadi, F., Masoudifard, M., Vajhi, A., Lee, K., Pourkibir, M., Khazraeinia, P. (2006). Serum biochemical parameters of *Acipenser persicus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 32, 43-47.
- Ásgeirsson, B., Guðjónsdóttir, K. (2006). Reversible inactivation of alkaline phosphatase from Atlantic cod (*Gadus morhua*) in urea. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics*, 1764(2), 190-198.
- Aydın, S., Erman, Z., Bilgin, Ö. C. (2001). Investigations of *Serratia liquefaciens* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25(5), 643-650.
- Azevedo, T. M. P. D., Martins, M. L., Bozzo, F. R., Moraes, F. R. D. (2006). Haematological and gill responses in parasitized tilapia from Valley of Tijucas River, SC, Brazil. *Scientia Agricola*, 63, 115-120.
- Azizoğlu, A., Cengizler, I. (1996). An investigation on determination of some haematologic parameters in healthy *Oreochromis niloticus* (L.). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 20(6), 425-431.
- Bahmami M, Kazemi R, Donskaya P. (2001). A comparative study of some haematological features in young reared sturgeons (*Acipenser persicus* and *Huso huso*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 24, 135-140.
- Balla, K. M., Lugo-Villarino, G., Spitsbergen, J. M., Stachura, D. L., Hu, Y., Banuelos, K., Traver, D. (2010). Eosinophils in the zebrafish: prospective isolation, characterization, and eosinophilia induction by helminth determinants. *Blood, The Journal of the American Society of Hematology*, 116(19), 3944-3954.
- Ballarin, L., Dall'Oro, M., Bertotto, D., Libertini, A., Francescon, A., Barbaro, A. (2004). Haematological parameters in *Umbrina cirrosa* (Teleostei, Sciaenidae): a comparison between diploid and triploid specimens. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 138(1), 45-51.
- Banaee, M. (2013). Physiological dysfunction in fish after insecticides exposure. *Insecticides–Development of Safer and More Effective Technologies*, 30, 103-43.
- Bani, A., Haghi Vayghan, A. (2011). Temporal variations in haematological and biochemical indices of the *Caspian kutum*, *Rutilus frisii kutum*. *Ichthyological Research*, 58, 126-133.

- Barber, D. L., Mills Westermann, J. E., White, M. G. (1981). The blood cells of the Antarctic icefish *Chaenocephalus aceratus* Lönnberg: light and electron microscopic observations. *Journal of Fish Biology*, 19(1), 11-28.
- Barcellos, L. J., Kreutz, L. C., De Souza, C., Rodrigues, L. B., Fioreze, I., Quevedo, R. M., Terra, S. (2004). Hematological changes in jundiá (*Rhamdia quelen*, Quoy and Gaimard Pimelodidae) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. *Aquaculture*, 237, 229–236.
- Barton, B. A. (2002). Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*, 42(3), 517-525.
- Bayır, A. (2005). *Hınıs Çayı (Murat Havzası) 'nda yaşayan siraz balığı Capoeta capoeta umbla'nın antioksidan enzim aktiviteleri, serum lipidleri, lipoproteinleri ve hematolojik parametrelerindeki mevsimsel değişimlerin araştırılması*, Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.
- Belanger, J. M., Son, J. H., Laugero, K. D., Moberg, G. P., Doroshov, S. I., Lankford, S. E., Cech Jr, J. J. (2001). Effects of short-term management stress and ACTH injections on plasma cortisol levels in cultured white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *Aquaculture*, 203(1-2), 165-176.
- Bell, J. G., McVicar, A. H., Park, M. T., Sargent, J. R. (1991). High dietary linoleic acid affects the fatty acid compositions of individual phospholipids from tissues of Atlantic salmon (*Salmo salar*): association with stress susceptibility and cardiac lesion. *The Journal of Nutrition*, 121(8), 1163-1172.
- Bhilave, M. P., Nadaf, S., Bhosale, S. V. (2014). Haematological profile of *Labeo Rohita* fed on formulated feed. *Bionano Frontier*, 2:273-277.
- Bianchi, M. B., Jerônimo, G. T., Pádua, S. B., Satake, F., Ishikawa, M. M., Tavares-Dias, M., Martins, M. L. (2014). The hematological profile of farmed *Sorubim lima*: reference intervals, cell morphology and cytochemistry. *Veterinarski Arhiv*, 84(6), 677-690.
- Bitiren, M., Karakılçık, A. Z., Zerir, M., Aksoy, N., Musa, D. (2004). Effects of selenium on histopathological and enzymatic changes in experimental liver injury of rats. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 56(1-2), 59-64.
- Blaxhall, P. C., Daisley, K. W. (1973). Routine haematological methods for use with fish blood. *Journal of Fish Biology*, 5(6), 771-781.
- Bojarski, B., Kondera, E., Witeska, M., Ługowska, K. (2018). Differences in hematological values of common carp between cardiac and venous blood. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 38(6), 234–238.
- Bojarski, B., Ludwikowska, A., Kurek, A., Pawlak, K., Tombarkiewicz, B., Lutnicka, H. (2015). Hematological alterations in common carp (*Cyprinus carpio* L.) exposed to herbicides: pendimethalin and ethofumesate tested separately and in mixture. *Folia Biologica (Kraków)*, 63(3), 167-174.
- Borges, A., Scotti, L. V., Siqueira, D. R., Jurinitz, D. F., Wassermann, G. F. (2004). Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 30, 21-25.
- Bouck, G. R., Ball, R. C. (1966). Influence of capture methods on blood characteristics and mortality in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Transactions of the American Fisheries Society*, 95(2), 170-176.

- Brown, J. A., Moore, W. M., Quabius, E. S. (2001). Physiological effects of saline waters on zander. *Journal of Fish Biology*, 59(6), 1544-1555.
- Brusca, R.C., Brusca, G.J. (2003). *Invertebrates*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, UK.
- Burgos-Aceves, M. A., Lionetti, L., Faggio, C. (2019). Multidisciplinary haematology as prognostic device in environmental and xenobiotic stress-induced response in fish. *Science of the Total Environment*, 670, 1170-1183.
- Burtis, C.A., Ashwood, E.R., Bruns, D.E. (2008). Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry (pp. 976), Saunders: Philadelphia, USA.
- Caldwell, C. A., Hinshaw, J. (1994). Physiological and haematological responses in rainbow trout subjected to supplemental dissolved oxygen in fish culture. *Aquaculture*, 126(1-2), 183-193.
- Cammarato, A., Ahrens, C. H., Alayari, N. N., Qeli, E., Rucker, J., Reedy, M. C., Foster, D. B. (2011). A mighty small heart: the cardiac proteome of adult *Drosophila melanogaster*. *PloS one*, 6(4), e18497.
- Caruso, G., Denaro, M. G., Caruso, R., Genovese, L., Mancari, F., Maricchiolo, G. (2012). Short fasting and refeeding in red porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758): Response of some haematological, biochemical and non specific immune parameters. *Marine Environmental Research*, 81, 18-25.
- Carvalho, C. S., Fernandes, M. N. (2006). Effect of temperature on copper toxicity and hematological responses in the neotropical fish *Prochilodus scrofa* at low and high pH. *Aquaculture*, 251(1), 109-117.
- Cataldi, E., Di Marco, P., Mandich, A., Cataudella, S. (1998). Serum parameters of Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* (Pisces: Acipenseriformes): effects of temperature and stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 121(4), 351-354.
- Cech Jr, J. J., Bartholow, S. D., Young, P. S., Hopkins, T. E. (1996). Striped bass exercise and handling stress in freshwater: physiological responses to recovery environment. *Transactions of the American Fisheries Society*, 125(2), 308-320.
- Charoo, S. Q., Chalkoo, S. R., Qureshi, T. A. (2013). Sexual differentiation in blood biochemistry of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Advanced Fisheries and Aquatic Science*, 1(1), 32-38.
- Chen, C. Y., Huang, C. H. (2015). Effects of dietary magnesium on the growth, carapace strength and tissue magnesium concentrations of soft-shelled turtle, *Pelodiscus sinensis* (Wiegmann). *Aquaculture Research*, 46(9), 2116-2123.
- Chen, H., Yuan, G., Su, J., Liu, X. (2019). Hematological analysis of *Ctenopharyngodon idella*, *Megalobrama amblycephala* and *Pelteobagrus fulvidraco*: Morphology, ultrastructure, cytochemistry and quantification of peripheral blood cells. *Fish and Shellfish Immunology*, 90, 376-384.
- Chen, K., Xu, W., Wilson, M., He, B., Miller, N. W., Bengten, E., Cerutti, A. (2009). Immunoglobulin D enhances immune surveillance by activating antimicrobial, proinflammatory and B cell-stimulating programs in basophils. *Nature Immunology*, 10(8), 889-898.
- Chen, X., Wang, J., Wei, Q., Hanif, M., Li, E., Zhang, S. (2019). Morphology and cytochemical patterns of peripheral blood cells in domestic pigeon (*Columba livia*). *Tissue and Cell*, 59, 10-17.

- Cheng, K. M., Hu, C. Q., Liu, Y. N., Zheng, S. X., Qi, X. J. (2005). Dietary magnesium requirement and physiological responses of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity water. *Aquaculture Nutrition*, 11(5), 385-393.
- Cho, H. C., Kim, J. E., Kim, H. B., Baek, H. J. (2015). Effects of water temperature change on the hematological responses and plasma cortisol levels in growing of red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *Development and Reproduction*, 19(1), 19.
- Choi, I., Lee, S., Hong, Y. K. (2012). The new era of the lymphatic system: no longer secondary to the blood vascular system. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 2(4), a006445-a006445
- Choma, M. A., Suter, M. J., Vakoc, B. J., Bouma, B. E., Tearney, G. J. (2011). Physiological homology between *Drosophila melanogaster* and vertebrate cardiovascular systems. *Disease Models and Mechanisms*, 4(3), 411-420.
- Ciesla, B. (2007). **Hematology in practice**. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
- Clauss, T. M., Dove, A. D., Arnold, J. E. (2008). Hematologic disorders of fish. *Veterinary clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 11(3), 445-462.
- Claver, J. A., Quaglia, A. I. (2009). Comparative morphology, development, and function of blood cells in nonmammalian vertebrates. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 18(2), 87-97.
- Cnaani, A., Tinman, S., Avidar, Y., Ron, M., Hulata, G. (2004). Comparative study of biochemical parameters in response to stress in *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus* and two strains of *O. niloticus*. *Aquaculture Research*, 35(15), 1434-1440.
- Cocca, E., Ratnayake-Lecamwasam, M., Parker, S. K., Camardella, L., Ciaramella, M., di Prisco, G., Detrich 3rd, H. W. (1995). Genomic remnants of alpha-globin genes in the hemoglobinless antarctic icefishes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(6), 1817-1821.
- Collazos, M. E., Ortega, E., Barriga, C., Rodríguez, A. B. (1998). Seasonal variation in haematological parameters in male and female *Tinca tinca*. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 183, 165-168.
- Coskun, O.F., Aydin, D., Duman, F. (2016). Comparison of some blood parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in running and still water. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 15:497–507.
- Crim, L. W., Wilson, C. E., So, Y. P., Idler, D. R., Johnston, C. E. (1992). Feeding, reconditioning, and rematuration responses of captive Atlantic salmon (*Salmo salar*) kelt. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49(9), 1835-1842.
- Çelik, E. Ş. (2006). Bazi balık türleri için kan elektrolitlerinin standardizasyonu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 22(1), 245-255.
- Çelik, E. Ş., Akbulut, M., Odabaşı, S. ve Odabaşı, D. (2006). Farklı tür balıklarda hematolojik indekslerin referans değerleri, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Anadolu University Journal of Science and Technology*, 7(2), 277-293.
- Çelikkale, M.S. (2003). **Balık biyolojisi**. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Fakülte Yayın, Trabzon, Türkiye.
- Çevik, E., Göçmen, B., Mermer, A. (2007). Hayvan Fizyolojisi. **Cilt I: Sindirim, solunum, dolaşım ve boşaltım** (pp. 127). Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi. Ege Üniversitesi Basımevi: Bornova, İzmir.
- Çevik, I. E., Göçmen, B., Mermer, A. (2001). **Hayvan fizyolojisi**. Ege Üniversitesi Basımevi: İzmir, Türkiye.

- Çiftçi, Y., Isık, M.A., Alkeveli, T., Yeşilova, Ç. (2008). Van Gölü Havzasının Çevre Jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 32(2), 45-77.
- D'Avino, R., Caruso, C., Schinina, M. E., Rutigliano, B., Romano, M., Camardella, L., Di Prisco, G. (1990). Hemoglobin from the antarctic fish *Notothenia coriiceps neglecta*. Amino acid sequence of the beta chain. *Comparative Biochemistry and physiology. B, Comparative Biochemistry*, 96(2), 367-373.
- Da Silva, W. F., Egami, M. I., Santos, A. A., Antoniazzi, M. M., Silva, M., Gutierrez, R. C., Paiva, M. J. R. (2011). Cytochemical, immunocytochemical and ultrastructural observations on leukocytes and thrombocytes of fat snook (*Centropomus parallelus*). *Fish and Shellfish Immunology*, 31(4), 571-577.
- Danulat, E., Selcuk, B. (1992). Life history and environmental conditions of the anadromous *Chalcalburnus tarichi* (Cyprinidae) in the highly alkaline Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey. *Archiv für Hydrobiologie*, 105-125.
- Das, B. C. (1964). Age-related trends in the blood chemistry and hematology of the Indian carp (*Catla catla*). *Gerontologia*, 10, 47-64.
- Das, P. C., Ayyappan, S., Jena, J. K. (2006). Haematological changes in the three Indian major carps, *Catla catla* (Hamilton), *Labeo rohita* (Hamilton) and *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) exposed to acidic and alkaline water pH. *Aquaculture*, 256(1-4), 80-87.
- Davidson, A. J., Zon, L. I. (2004). The 'definitive' (and 'primitive') guide to zebrafish hematopoiesis. *Oncogene*, 23(43), 7233-7246.
- Davis, A. K., Maney, D. L., Maerz, J. C. (2008). The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Functional Ecology*, 22(5), 760-772.
- De la Torre, F. R., Salibian, A., Ferrari, L. (2000). Biomarkers assessment in juvenile *Cyprinus carpio* exposed to waterborne cadmium. *Environmental Pollution*, 109(2), 277-282.
- De Lisle, K. R. (1971). *Serum protein changes during transformation in Ambystoma tigrinum*. Doctoral dissertation, Texas Tech University, USA.
- De Souza, P. C., Bonilla-Rodriguez, G. O. (2007). Fish hemoglobins. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 40, 769-778.
- De, M., Ghaffar, M. A., Noor, N. M., Cob, Z. C., Bakar, Y., Das, S. K. (2019). Effects of water temperature and diet on blood parameters and stress levels in hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂) juveniles. *Aquaculture Reports*, 15, 100219.
- Del Rio-Zaragoza, O. B., Fajer-Ávila, E. J., Almazán-Rueda, P., de la Parra, M. A. (2011). Hematological characteristics of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) healthy and naturally infected by *dactylogyrid monogeneans*. *Tissue and Cell*, 43(3), 137-142.
- Demir, N. (2006). *İhtiyoloji*. Nobel Yayın Dağıtım: Ankara, Türkiye.
- Demirel, F., Yüksel, F. (2022). Van Gölü İnci Kefali (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814) populasyonunun yaş, büyüme özellikleri ve boy-ağırlık ilişkisi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 8(2): 150-159 (2022).
- Dethloff, G. M., Schlenk, D., Khan, S., Bailey, H. C. (1999). The effects of copper on blood and biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 36, 415-423.
- Di Marco, P., Priori, A., Finoia, M. G., Petochi, T., Longobardi, A., Donadelli, V., Marino, G. (2011). Assessment of blood chemistry reference values for cultured

- sturgeon hybrids (*Acipenser naccarii* female $\times$ *Acipenser baerii* male). *Journal of Applied Ichthyology*, 27(2), 584-590.
- Dikic, D., Lisicic, D., Matic-Skoko, S., Tutman, P., Skaramuca, D., Franic, Z., Skaramuca, B. (2013). Comparative hematology of wild Anguilliformes (*Muraena helena*, L. 1758, *Conger conger*, L. 1758 and *Anguilla anguilla* L. 1758). *Animal Biology*, 63(1), 77-92.
- Dushay, M. S. (2009). Insect hemolymph clotting. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 66, 2643-2650.
- Eales, J. G., Cyr, D. G., Finnson, K., Johnston, C. E. (1991). Changes in plasma T4 and T3 levels during reconditioning and rematuration in male and female wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) kelts held in freshwater under two photoperiod regimes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(12), 2443-2448.
- Ebbesson, S. O., Schroeder, D. M. (1971). Connections of the nurse shark's telencephalon. *Science*, 173(3993), 254-256.
- Edholm, E. S., Bengten, E., Wilson, M. (2011). Insights into the function of IgD. *Developmental ve Comparative Immunology*, 35(12), 1309-1316.
- Ekingen, G. (2001). **Balık anatomisi**. Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları: Mersin, Türkiye.
- Elarabany, N., Bahnasawy, M., Edrees, G., Alkazagli, R. (2017). Effects of salinity on some haematological and biochemical parameters in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 6(6), 200-205.
- Ellis, A. (1977). The leucocytes of fish: a review. *Journal of Fish Biology*, 11(5), 453-491.
- El-Mowafi, A. F. A., Maage, A. (1998). Magnesium requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr in seawater-treated fresh water. *Aquaculture Nutrition*, 4(1), 31-38.
- Elp, M. (1996). İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi* Palas, 1811)'nin Üreme Biyolojisi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek lisans tezi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri ABD, Van, Türkiye.
- Elp, M., Şen, F., Çetinkaya, O. (2006). Van Gölü Havzası Su Kaynaklarında Yaşayan Balık Populasyonlarının Karşılaştığı Problemler ve Çözüm Yolları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(3), 407-412.
- Engel, D. W., Davis, E. M. (1964). Relationship between activity and blood composition in certain marine teleosts. *Copeia*, 1964(3), 586-587.
- Erdoğan, M. A. (2019). **Dolaşım ve damar sistemi fizyolojisi**. Akademisyen Kitabevi A.Ş.: İzmir, Türkiye.
- Ersoy, O. (2012). Karaciğer enzim yüksekliğinin değerlendirilmesi. *Ankara Medical Journal*, 12(3), 129-135.
- Esteban, M. Á., Munoz, J., Meseguer, J. (2000). Blood cells of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Flow cytometric and microscopic studies. *The Anatomical Record: An Official Publication of the American Association of Anatomists*, 258(1), 80-89.
- Esteban, M. Á., Muñoz, J., Meseguer, J. (2000). Blood cells of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Flow cytometric and microscopic studies. *The Anatomical Record: An Official Publication of the American Association of Anatomists*, 258(1), 80-89.
- Evans, G. O. (Ed.). (2009). *Animal clinical chemistry: A practical handbook for toxicologists and biomedical researchers*. CRC Press: (2.ed. pp. 17-36), New York, USA.

- Faggio, C., Casella, S., Arfuso, F., Marafioti, S., Piccione, G., Fazio, F. (2013). Effect of storage time on haematological parameters in mullet, *Mugil cephalus*. *Cell Biochemistry and Function*, 31(5), 412-416.
- Fang, J., Chen, K., Cui, H.M., Peng, X., Li, T., Zuo, Z.C. (2014). Morphological and cytochemical studies of peripheral blood cells of *Schizothorax prenanti*. *Anatomia Histologia Embryologia*, 43(5):386–394.
- Fange, R. (1992). **In fish physiology, 1 fish blood cells**. Academic Press, (Vol. 12, pp: 1-54).
- Fange, R. (1994). Blood cells, haemopoiesis and lymphomyeloid tissues in fish. *Fish Shellfish Immunology*, 4(6), 405-411.
- Fazio, F. (2019). Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: a review. *Aquaculture*, 500, 237-242.
- Fazio, F., Faggio, C., Marafioti, S., Torre, A., Sanfilippo, M., Piccione, G. (2012). Comparative study of haematological profile on *Gobius niger* in two different habitat sites: Faro Lake and Tyrrhenian Sea. *Cahiers de Biologie Marine*, 53(1), 213-219.
- Fazio, F., Marafioti, S., Arfuso, F., Piccione, G., Faggio, C. (2013). Comparative study of the biochemical and haematological parameters of four wild Tyrrhenian fish species, *Veterinari Medicina*, 58 (11), 576–581.
- Ferguson, R. M. W., Merrifield, D. L., Harper, G. M., Rawling, M. D., Mustafa, S., Picchietti, S., Davies, S. J. (2010). The effect of *Pediococcus acidilactici* on the gut microbiota and immune status of on-growing red tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Microbiology*, 109(3), 851-862.
- Fernandez, M.N., Mazon, A.F. (2003). Environmental pollution and fish gill morphology, In: Val A.L., Kappor B.G. (ed.), **Fish adaptations** (pp. 203–231). Scientific publishers: Enfield, UK.
- Fielder, D. S., Bardsley, W. J., Allan, G. L., Pankhurst, P. M. (2005). The effects of salinity and temperature on growth and survival of Australian snapper, *Pagrus auratus* larvae. *Aquaculture*, 250(1-2), 201-214.
- Fijan, N. (2002). Morphogenesis of blood cell lineages in channel catfish. *Journal of Fish Biology*, 60(4), 999-1014.
- Fischer, U., Ototake, M., Nakanishi, T. (1998). Life span of circulating blood cells in ginbuna crucian carp (*Carassius auratus langsdorfii*). *Fish Shellfish Immunology*, 8(5), 339-349.
- Fishman, W. H., Lin, C. W. (1973). Membrane Phosphohydrolases. In **Metabolic conjugation and metabolic hydrolysis** (pp. 387-433). Academic Press.
- Flerova, E. A., Balabanova, L. V. (2013). Ultrastructure of granulocytes of teleost fish (Salmoniformes, Cypriniformes, Perciformes). *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 49, 223-233.
- Fletcher, G. L. (1975). The effects of capture, "stress," and storage of whole blood on the red blood cells, plasma proteins, glucose, and electrolytes of the winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). *Canadian Journal of Zoology*, 53(2), 197-206.
- Flik, G., Verbost, P. M. (1993). Calcium transport in fish gills and intestine. *Journal of Experimental Biology*, 184(1), 17-29.
- Flück, C. E., Miller, W. L. (2008). Disorders of the human adrenal cortex. **Steroidogenic enzymes** (Vol. 13, pp. 1-18), Karger Medical and Scientific Publishers: USA.

- Foott, J. S., Free, D., Talo, W., Williamson, J. D. (1996). *US Fish and Wildlife Service investigational Report FY96 (pp. 20)*. Physiological effects of *Nanophyetus metacercaria* infection in *Chinook Salmon* smolts (Trinity River).
- Foss, A., Evensen, T. H., Imsland, A. K., Øiestad, V. (2001). Effects of reduced salinities on growth, food conversion efficiency and osmoregulatory status in the spotted wolffish. *Journal of Fish Biology*, 59(2), 416-426.
- Francesco, F., Satheeshkumar, P., Senthil Kumar, D., Caterina, F., Giuseppe, P. (2012). Comparative study of hematological and blood chemistry of Indian and Italian Grey Mullet (*Mugil cephalus Linneaus 1758*). *HOAJ Biology*, 1-5.
- Fujimaki, Y., Isoda, M. (1990). Fine-structural study of leucocytes in the goldfish, *Carassius auratus*. *Journal of Fish Biology*, 36(6), 821-831.
- Gabriel, U. U., Akinrotimi, O. A., Eseimokumo, F. (2011). Haematological responses of wild Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* after acclimation to captivity. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 4(4).
- Gabriel, U. U., Ezeri, G. N. O., Opabunmi, O. O. (2004). Influence of sex, source, health status and acclimation on the haematology of *Clarias gariepinus* (Burch, 1822). *African Journal of Biotechnology*, 3(9). 3: 463-467.
- Gao, Z.X., Wang, W.M., Yang, Y., Khalid, A., Li, D.P., Zou, G.W., James, S.D. (2007). Morphological studies of peripheral blood cells of the Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 33(3), 213-222.
- Gbore, F.A., Oginni, O., Adewole, A.M., Aladetan, J.O. (2006) The effect of transportation and handling stress on hematology and plasma biochemistry in fingerlings of *Clarias gariepinus* and *Tilapia zillii*. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2, 208-212
- George, J. N., Pickett, E. B., Saucerman, S., McEver, R. P., Kunicki, T. J., Kieffer, N., Newman, P. J. (1986). Platelet surface glycoproteins. Studies on resting and activated platelets and platelet membrane microparticles in normal subjects, and observations in patients during adult respiratory distress syndrome and cardiac surgery. *The Journal of Clinical Investigation*, 78(2), 340-348.
- Glomski, C. A., Tamburlin, J., Chainani, M. (1992). The phylogenetic odyssey of the erythrocyte. III. Fish, the lower vertebrate experience. *Histology and Histopathology*, 7, 501-528.
- Gomes, L. C., Roubach, R., Araujo-Lima, C. A., Chippari-Gomes, A. R., Lopes, N. P., Urbinati, E. C. (2003). Effect of fish density during transportation on stress and mortality of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34(1), 76-84.
- Govoni, J. J., West, M. A., Bonaventura, J., Goddette, G., Jenkins, T. E. (2005). The ontogeny of haematopoiesis in the marine teleost *Leiostomus xanthurus* and a comparison of the site of initial haematopoiesis with *Opsanus tau*. *Journal of Fish Biology*, 67(3), 696-712.
- Grant, K. R. (2015). Fish hematology and associated disorders. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 18(1), 83-103.
- Grant, W. D., Mwatha, W. E., Jones, B. E. (1990). Alkaliphiles: ecology, diversity and applications. *FEMS Microbiology Reviews*, 6(2-3), 255-269.
- Grindhem, C.B., Tyler, R.D., Cowell, R.L. (2008). The bone marrow. In: Cowell, R.L., Tyler, R.D, Meinkoth, J.H., DeNicola, D.B. ***Diagnostic cytology and hematology of the dog and cat*** (ed.3, pp. 422 – 450). St Louis: Mosby, USA.

- Groff, J. M., Zinkl, J. G. (1999). Hematology and clinical chemistry of cyprinid fish: common carp and goldfish. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 2(3), 741-776.
- Guerreiro, P. M., Fuentes, J., Canario, A. V., Power, D. (2002). Calcium balance in sea bream (*Sparus aurata*): the effect of oestradiol-17 beta. *Journal of Endocrinology*, 173(2), 377-385.
- Hafez, A.P., Oryan, S.H. (2002). Effect of NaCl stress on Hematocrit and Hemoglobin Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Iranian Fisheries Journal*, 3:13-22.
- Han, G., Yao, H., Qiang, L., Chen, X., Gao, Y. (2021). Comparative study of peripheral blood cells in two marine fishes (*Synechogobius hasta* and *Sebastes schlegelii*): Morphological and cytochemical characterization. *Tissue and Cell*, 73, 101633.
- Harvey, J. W. (2001). *Atlas of veterinary hematology*. Philadelphia: WB Saunders Company. USA.
- Haşiloğlu, M.A., Atamanalp, M. (2002). Demirdöven baraj gölü (Erzurum) tatlısu kefalı (*Leiciscus cephalus*) populasyonu hematolojik parametrelerinin belirlenmesi. *O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 34-38.
- Havixbeck, J.J., Barreda, D.R. (2015). Neutrophil development, migration, and function in teleost fish. *Biology*, 4 (4), 715–734.
- 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 and Biochemistry*, 40, 715-720.
- Heidari, I., Khara, H., Vahabzadeh, H. (2021). Effect of age, sex and hormonal treatment on hematological and plasma indices of *Aristichthys nobilis*. *Iranian Journal of Ichthyology*, 8(2), 151-159.
- Henderson, R. J., Tocher, D. R. (1987). The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Progress in Lipid Research*, 26(4), 281-347.
- Hilge, V. (1980). Long-term observation on blood parameters of adult mirror carp (*Cyprinus carpio* L.) held in a closed warm water system. *Archiv für Fischereiwissenschaft*, 3, 41-50.
- Holland, R. A. B., Forster, R. E. (1966). The effect of size of red cells on the kinetics of their oxygen uptake. *The Journal of General Physiology*, 49(4), 727-742.
- Houston, A. H., Roberts, W. C., Kennington, J. A. (1996). Hematological response in fish: pronephric and splenic involvements in the goldfish, *Carassius auratus* L. *Fish Physiology and Biochemistry*, 15, 481-489.
- Howerton, R. (2001). Best management practices for Hawaiian aquaculture. *Center for Tropical and Subtropical Aquaculture*.
- Hrubec, T. C., Cardinale, J. L., Smith, S. A. (2000). Hematology and plasma chemistry reference intervals for cultured tilapia (*Oreochromis hybrid*). *Veterinary Clinical Pathology*, 29(1), 7-12.
- Hrubec, T.C., Smith, S.A. (2010). Hematology of fish. In: Weiss, D.J., Wardrop, K.J. (Eds.), *Shalm's Veterinary Hematology* (pp. 994–1003). John Wiley Sons, USA.
- Hrubec, T.C.; Smith, S.A. Robertson, J.L. (2001). Age related in haematology and chemistry values of hybrid striped bass chrysops *Morone saxatilis*. *Veterinary Clinical Pathology*, 30, 8-15.
- Ikechukwu, O. A., Obinnaya, C. L. (2010). Haematological profile of the African lungfish, *Protopterus annectens* (Owen) of Anambra River, Nigeria. *Journal of American Science*, 6(2), 123-130.

- Imsland, A. K., Gústavsson, A., Gunnarsson, S., Foss, A., Árnason, J., Arnarson, I., Thorarensen, H. (2008). Effects of reduced salinities on growth, feed conversion efficiency and blood physiology of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture*, 274(2-4), 254-259.
- Ishikawa, N. M., Ranzani-Paiva, M. J. T., Lombardi, J. V. (2008). Metodologia para quantificação de leucócitos totais em peixe *Oreochromis Niloticus*. (Total leukocyte counts methods in fish, *Oreochromis niloticus*). *Archives of Veterinary Science*, 54-63.
- Iwama, G. K. (1998). Stress in Fish. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 851(1), 304–310.
- Iwama, G. K., Vijayan, M. M., Forsyth, R. B., Ackerman, P. A. (1999). Heat shock proteins and physiological stress in fish. *American Zoologist*, 39(6), 901-909.
- Iwama, K. G. (2004). Stress in Fish. *Fish Biol. Fisheries*, 8(1), 35-56.
- Jagadeeswaran, P., Liu, Y. C., Sheehan, J. P. (1998). Analysis of hemostasis in the zebrafish. *Methods in Cell Biology*, 59, 337-357.
- Jamalzadeh, H. R., Ghomi, M. R. (2009). Hematological parameters of Caspian salmon *Salmo trutta caspius* associated with age and season. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 42(1), 81-87.
- Jamalzadeh, H. R., Keyvan, A., Ghomi, M. R., Gherardi, F. (2009). Comparison of blood indices in healthy and fungal infected Caspian salmon (*Salmo trutta caspius*). *African Journal of Biotechnology*, 8(2).
- Jan, K., Ahmed, I. (2021). The influence of sex and season on some hematological and biochemical parameters of snow trout *Schizothorax labiatus* in the Indian Himalayan Region. *Fisheries Science*, 87, 39-54.
- Jan, K., Ahmed, I., Dar, N. A. (2021). Haematological and serum biochemical reference values of snow trout, *Schizothorax labiatus* habiting in river Sindh of Indian Himalayan region. *Journal of Fish Biology*, 98(5), 1289-1302.
- Javed, M., Usmani, N. (2012). Toxic effects of heavy metals (Cu, Ni, Fe Co, Mn, Cr, Zn) to the haematology of *Mastacembelus armatus* thriving in Harduaganj Reservoir, Aligarh, India. *Global Journal of Medical Reserach*, 12(8), 1-8.
- Jawad, L. A., Al-Mukhtar, M. A., Ahmed, H. K. (2004). The relationship between haematocrit and some biological parameters of the Indian shad, *Tenulosa ilisha* (Family Clupeidae). *Animal Biodiversity and Conservation*, 27(2), 47-52.
- Jeon, B. H., Jang, C., Han, J., Kataru, R. P., Piao, L., Jung, K., Koh, G. Y. (2008). Profound but dysfunctional lymphangiogenesis via vascular endothelial growth factor ligands from CD11b⁺ macrophages in advanced ovarian cancer. *Cancer Research*, 68(4), 1100-1109.
- Jezierska, B., Witeska, M. (2001). Metal toxicity to fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 11, 279.
- Jin, Y., Liu, Z., Peng, T., Fu, Z. (2015). The toxicity of chlorpyrifos on the early life stage of zebrafish: a survey on the endpoints at development, locomotor behavior, oxidative stress and immunotoxicity. *Fish and Shellfish Immunology*, 43(2), 405-414.
- Johnston, C. E., Farmer, S. R., Gray, R. W., Hambrook, M. (1990). Reconditioning and reproductive responses of Atlantic salmon kelts (*Salmo salar*) to photoperiod and temperature manipulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47(4), 701-710.

- Johnston, C. E., Hambrook, M. J., Gray, R. W., Davidson, K. G. (1992). Manipulation of reproductive function in Atlantic salmon (*Salmo salar*) kelts with controlled photoperiod and temperature. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49(10), 2055-2061.
- Johnston, C. E., Horney, B. S., Deluca, S., MacKenzie, A., Eales, J. G., Angus, R. (1994). Changes in alkaline phosphatase isoenzyme activity in tissues and plasma of Atlantic salmon (*Salmo salar*) before and during smoltification and gonadal maturation. *Fish Physiology and Biochemistry*, 12, 485-497.)
- Jones, D. A. (1979). The important of surface area/volume ratio to the rate of oxygen uptake by red cells. *The Journal of General Physiology*, 74(5), 643-646.
- Kadioğlu, M., Şen, Z., Batur, E. (1997). The greatest soda-water lake in the world and how it is influenced by climatic change. *Annales Geophysicae*, 1489-1497.
- Kalaycıoğlu, L., Serpek, B., Nizamlioğlu, M., Başpınar, N. ve Tiftik, A.M. (2006). **Biyokimya**. Nobel Yayın Dağıtım: Ankara, Türkiye.
- Kamler, E. (2002). Ontogeny of yolk-feeding fish: an ecological perspective. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12, 79-103.
- Karagül, H., Altıntaş, A., Fidancı, U. R. ve Sel, T. (2000). **Klinik biyokimya**. Medisan Yayın Evi: Ankara, Türkiye.
- Karataş, M. (2005). **Balık biyolojisi araştırma yöntemleri**. Nobel Yayın: Ankara.
- Karataş, T., Kocaman, E. M., Atamanalp, M. (2014). The comparison of total cholesterol and cholesterol types of cultured rainbow (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1972) and brook trouts (*Salvelinus fontinalis*, Mitchill, 1815) cultivated under the same water conditions. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 6(2), 16-19.
- Karkkainen, M. J., Mäkinen, T., Alitalo, K. (2002). Lymphatic endothelium: a new frontier of metastasis research. *Nature Cell Biology*, 4(1), E2-E5.
- Kashkooli, O. B., Dorcheh, E. E., Mahboobi-Soofiani, N., Samie, A. (2011). Long-term effects of propolis on serum biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(3), 315-318.
- Kataru, R. P., Jung, K., Jang, C., Yang, H., Schwendener, R. A., Baik, J. E., Koh, G. Y. (2009). Critical role of CD11b+ macrophages and VEGF in inflammatory lymphangiogenesis, antigen clearance, and inflammation resolution. *Blood, The Journal of the American Society of Hematology*, 113(22), 5650-5659.
- Katzenback, B. A., Belosevic, M. (2009). Isolation and functional characterization of neutrophil-like cells, from goldfish (*Carassius auratus* L.) kidney. *Developmental and Comparative Immunology*, 33(4), 601-611.
- Kavadias, S., Castritsi-Catharios, J., Dessypris, A. (2003). Annual cycles of growth rate, feeding rate, food conversion, plasma glucose and plasma lipids in the population of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) farmed in floating marine cages. *Journal of Applied Ichthyology*, 19, 29-34.
- Kavya, K. S., Jadesh, M., Kulkarni, R. S. (2016). Hematology and serum biochemical changes in response to change in saline concentration in fresh water fish *Notopterus notopterus*. *World Scientific News*, (32), 36-47.
- Kavya, K.S., Kulkarni, R.S., Jadesh, M. (2015). Some blood biochemical changes in response to saline exposure in the fresh water fish, *Notopterus notopterus* (Pallas). *International Letters of Natural Sciences*, 49, 19-23.
- Kay, I. (1998). **Introduction to animal physiology**. Oxford: UK.
- Kelly, S. P., Woo, N. Y. S. (1999). The response of sea bream following abrupt hyposmotic exposure. *Journal of Fish Biology*, 55(4), 732-750.

- Kempe S, Kazmierczak J, Landmann G, Konuk T, Reimer A, Lipp A. (1991). Largest known microbialites discovered in Lake Van, Türkiye. *Nature*, 349, 605-608.
- Kempe, S., Kazmierczak, J. (2007). Hydrochemical key to the genesis of calcareous nonlaminated and laminated cyanobacterial microbialites. *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments*, 239-264.
- Khani, M., Soltani, M., Mehrjan, M. S., Foroudi, F., Ghaeni, M. (2017). The effect of *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, Volvocales) microalga on some hematological and immune system parameters of Koi carp (*Cyprinus carpio*). *Iranian Journal of Ichthyology*, 4(1), 62-68.
- Kiesecker, J. M. (2002). Synergism between trematode infection and pesticide exposure: a link to amphibian limb deformities in nature? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(15), 9900-9904.
- Kjesbu, O. S., Righton, D., Krüger-Johnsen, M., Thorsen, A., Michalsen, K., Fonn, M., Witthames, P. R. (2010). Thermal dynamics of ovarian maturation in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67(4), 605-625.
- Klontz, G. W. (1994). Fish hematology. *Techniques in fish immunology*, 3, 121-131.
- Kondera, E. (2011). Haematopoiesis in the head kidney of common carp (*Cyprinus Carpio* L.): a morphological study. *Fish Physiology and Biochemistry*, 37, 355-362.
- Kondera, E., Bojarski, B., Ługowska, K., Kot, B., Witeska, M. (2020). Effects of oxytetracycline and gentamicin therapeutic doses on hematological, biochemical and hematopoietic parameters in *Cyprinus carpio* juveniles. *Animals*, 10(12), 2278
- Korcock, D. E., Houston, A. H., Gray, J. D. (1988). Effects of sampling conditions on selected blood variables of rainbow trout, *Salmo gairdneri* (Richardson). *Journal of Fish Biology*, 33(2), 319-330.
- Kori-Siakpere, O., Ake, J. E. G., Idoge, E. (2005). Haematological characteristics of the African snakehead, *Parachanna obscura*. *African Journal of Biotechnology*, 4(6), 527-530.
- Koz, M., Gelir, E., Ersöz, G. (2010). **Fizyoloji**. Nobel Yayın: Ankara, Türkiye.
- Kramer, J. W.; Hoffman, W. E. (1997). **Clinical enzymology**. In: J. J. Kaneko, J. W. Harvey and M. L. (ed.5) *Clinical biochemistry of domestic animals* (pp. 303–325). Bruss. Academic Press: London, UK.
- Kulkarni, R., Bedjargi, P. (2016). Serum biochemical parameters of four fresh water indian carps from a local aquatic body *International Journal of Innovative Studies Aquatic Biology and Fisheries*, 2(3), 15-20.
- Kulkarni, R., Pruthviraj, C. B. (2016). Blood creatinine and some enzyme levels in four species of Indian carp fishes collected from a local aquatic body. *International Letters of Natural Sciences*, 60.
- Kumar, M. V. (2016). Morphometric studies of blood cells in *Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella* and *Hypophthalmichthys molitrix* cultured fish in west Godavari region of Andhra Pradesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(5), 489-493.
- Kumar, S., Sahu, N. P., Pal, A. K., Subramanian, S., Priyadarshi, H., Kumar, V. (2011). High dietary protein combats the stress of *Labeo rohita* fingerlings exposed to heat shock. *Fish Physiology and Biochemistry*, 37, 1005-1019.
- Laiz-carrión, R., Martín Del Río, M. P., Miguez, J. M., Mancera, J. M., Soengas, J. L. (2003). Influence of cortisol on osmoregulation and energy metabolism in gilthead

- seabream *Sparus aurata*. *Journal of Experimental Zoology Part A: Comparative Experimental Biology*, 298(2), 105-118.
- Landmann, G., Reimer, A., Lemcke, G., Kempe, S. (1996). Dating Late Glacial abrupt climate changes in the 14,570 yr long continuous varve record of Lake Van, Turkey. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 122(1-4), 107-118.
- Lay, P. A., Baldwin, J. (1999). What determines the size of teleost erythrocytes? Correlations with oxygen transport and nuclear volume. *Fish Physiology and Biochemistry*, 20, 31-35.
- Lebelo, S. L., Saunders, D. K., Crawford, T. G. (2001). Observations on blood viscosity in striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum) associated with fish hatchery conditions. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 104(3), 183-194.
- Leonardi, M. O., Klempau, A. E. (2003). Artificial photoperiod influence on the immune system of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the Southern Hemisphere. *Aquaculture*, 221(1-4), 581-591.
- Lermen, C. L., Lappe, R., Crestani, M., Vieira, V. P., Gioda, C. R., Schetinger, M. R. C., Morsch, V. M. (2004). Effect of different temperature regimes on metabolic and blood parameters of silver catfish *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, 239(1-4), 497-507.
- Levin, J. (2019). I-The evolution of mammalian platelets. *Elsevier*, 1-23.
- Lieschke, G. J., Oates, A. C., Crowhurst, M. O., Ward, A. C., Layton, J. E. (2001). Morphologic and functional characterization of granulocytes and macrophages in embryonic and adult zebrafish. *Blood, The Journal of the American Society of Hematology*, 98(10), 3087-3096.
- Lim, C., Klesius, P. H. (2003). Influence of feed deprivation on hematology, macrophage chemotaxis, and resistance to *Edwardsiella ictaluri* challenge of channel catfish. *Journal of Aquatic Animal Health*, 15(1), 13-20.
- Lin, Y. H., Ku, C. Y., Shiau, S. Y. (2013). Estimation of dietary magnesium requirements of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* *Oreochromis aureus*, reared in freshwater and seawater. *Aquaculture*, 380, 47-51.
- Lin, Y.H., Lin, H.Y., Shiau, S.Y. (2012). Estimation of dietary pantothenic acid requirement of grouper, *Epinephelus malabaricus* according to physiological and biochemical parameters. *Aquaculture*, 324, 92-96.
- Liu, C., Yavar, Z., Sun, Q. (2015). Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 309(11), H1793-H1812.
- Liu, Y., Xiao, Q., Yang, S., Zhao, L., Fu, H., Du, J., Wu, H. (2017). Characterization of hematopoiesis in Dabry's sturgeon (*Acipenser dabryanus*). *Aquaculture and Fisheries*, 2(6), 262-268.
- Loof, T. G., Schmidt, O., Herwald, H., Theopold, U. (2010). Coagulation systems of invertebrates and vertebrates and their roles in innate immunity: the same side of two coins? *Journal of Innate Immunity*, 3(1), 34-40.
- López-García, P., Kazmierczak, J., Benzerara, K., Kempe, S., Guyot, F., Moreira, D. (2005). Bakteri çeşitliliği ve karbonat çökeltisi yüksek oranda alkali olan Van Gölü'nden dev mikrobiyalitler, Türkiye'den. *Ekstremofiller*, 9, 263-274.
- Lucas, A. M. (1961). *Atlas of avian hematology* (Vol. 25). Washington Department of Agriculture: USA.
- Luskova, V. (1998). Factors affecting hematological indices in free-living fish populations. *Acta Veterinaria Brno*, 67(4), 249-255.

- Luskova, V., 1997. **Annual cycles and normal values of hematological parameters in fishes**. Brno: Czech. Republic.
- Maceda-Veiga, A., Figuerola, J., Martínez-Silvestre, A., Viscor, G., Ferrari, N., Pacheco, M. (2015). Inside the redbox: applications of haematology in wildlife monitoring and ecosystem health assessment. *Science of the Total Environment*, 514, 322-332.
- MacSween, M. N., Whaley, K. (1992). Muir's textbook of pathology. **Nutritional disorders: Minerals and trace element**. In E. Arnold (Ed.), (13th ed., pp. 338–354). ELBS: London, UK.
- Magnadottir, B., Gisladdottir, B., Audunsdottir, S. S., Bragason, B. T. (2010). Humeral response in early stages of infection of cod (*Gadus morhua* L.) with a typical furunculosis. *Iceland Agriculture Science*, 23, 23–35.
- Mangum, C. P. (1992). Respiratory function of the red blood cell hemoglobins of six animal phyla. In C. P. Mangum (ed.), **Comparative and environmental physiology**. (Vol. 13, pp. 117-149) Springer-Verlag: Berlin, Germany.
- Manning, M. J., Nakanishi, T. (1996). The specific immune system: cellular defenses. *Fish Physiology*, 159-205.
- Martem'yanov, V. I. (2001). Ranges of regulation of sodium, potassium, calcium, magnesium concentrations in plasma, erythrocytes, and muscle tissue of *Rutilus rutilus* under natural conditions. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 37, 141-147.
- Martinez-Alvarez, R. M., Hidalgo, M. C., Domezain, A., Morales, A. E., García-Gallego, M., Sanz, A. (2002). Physiological changes of sturgeon *Acipenser naccarii* caused by increasing environmental salinity. *Journal of Experimental Biology*, 205(23), 3699-3706.
- Martins, M. L., Tavares-Dias, M., Fujimoto, R. Y., Onaka, E. M., Nomura, D. T. (2004). Alterações hematológicas em *Leporinus macrocephalus* (Osteichthyes: Anostomidae) infectado naturalmente por *Goezia leporini* (Nematoda: Anisakidae) em viveiro de piscicultura. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 56, 640-646.
- Martins, M. L., Xu, D. H., Shoemaker, C. A., Klesius, P. H. (2011). Temperature effects on immune response and hematological parameters of channel catfish *Ictalurus punctatus* vaccinated with live theronts of *Ichthyophthirius multifiliis*. *Fish and Shellfish Immunology*, 31(6), 774-780.
- Massar, B., Dey, S., Barua, R., Dutta, K. (2012). Microscopy and microanalysis of hematological parameters in common carp, *Cyprinus carpio*, inhabiting a polluted lake in North East India. *Microscopy and Microanalysis*, 18(5), 1077-1087.
- Mathew, J., Sankar, P., Varacallo, M. (2018). **Physiology, blood plasma**. Statpearls: USA.
- Maxwell, M. H., Robertson, G. W. (1998). The avian heterophil leucocyte: a review. *World's Poultry Science Journal*, 54(2), 155-178.
- Mayer, S. (1998). *A review of the scientific justifications for maintaining cetaceans in captivity*. In Clarke, F (ed), **Whale and Dolphin Conservation Society**, California, USA.
- McCue, M. D. (2010). Starvation physiology: reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comparative biochemistry and physiology part A: Molecular and Integrative Physiology*, 156(1), 1-18.
- McDonald, D. M. (2002). *Branchial and renal urea transport mechanisms in three teleost fish*, Doctoral dissertation. McMaster University, Ontario, Canada.

- McDonald, D.G., Milligan, C.L. (1992). Chemical Properties of Blood, In: W.S. Hoar, D.J. Randall, A.P. Farrell (eds.), ***Fish Physiology*** (pp. 56-135). Academic Press: New York, USA.
- McNamara, J. M., Houston, A. I. (2008). Optimal annual routines: behaviour in the context of physiology and ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1490), 301–319.
- Menke, A. L., Spitsbergen, J. M., Wolterbeek, A. P., Woutersen, R. A. (2011). Normal anatomy and histology of the adult zebrafish. *Toxicologic Pathology*, 39(5), 759-775.
- Meseguer, J., Esteban, M. Á., Rodríguez, A. (2002). Are thrombocytes and platelets true phagocytes? *Microscopy Research and Technique*, 57(6), 491-497.
- Meseguer, J., López-Ruiz, A., Esteban, M. A. (1994). Cytochemical characterization of leucocytes from the seawater teleost, gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Histochemistry*, 102(1), 37-44.
- Michael W. K. (2017). Blood circulation in the ascidian tunicate *Corella inflata* (Corellidae), *PeerJ*, 1-24.
- Migaud, H., Davie, A., Taylor, J. F. (2010). Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. *Journal of Fish Biology*, 76(1), 27-68.
- Milad, A., Kumar, P.S., Shafigh, S., Hasan, F., Jalil, Z.M. (2016). Comparative study of haematological, serum electrolyte and nonelectrolyte parameters of male and female Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) brood stocks. *Acta Oceanologica Sinica*, 35(8):39–43.
- Modra, H., Svobodova, Z., Kolářová, J. (1998). Comparison of differential leukocyte counts in fish of economic and indicator importance. *Acta Veterinaria Brno*, 67(4), 215-226.
- Molnar, C., Gair, J. (2013). Concepts of Biology. ***Circulatory and respiratory systems*** (ed.1, Vol. 11-3). Bccampus: Canada.
- Monahan-Earley, R., Dvorak, A. M., Aird, W. C. (2013). Evolutionary origins of the blood vascular system and endothelium. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, 11, 46-66.
- Montero, D., Izquierdo, M. S., Tort, L., Robaina, L., Vergara, J. M. (1999). High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry*, 20, 53-60.
- Moreno, F., Sanz-Guajardo, D., Lopez-Gomez, J. M., Jofre, R., Valderrábano, F. (2000). Increasing the hematocrit has a beneficial effect on quality of life and is safe in selected hemodialysis patients. *Journal of the American Society of Nephrology*, 11(2), 335-342.
- Morgan, J. D. (1998). Energetic aspects of osmoregulation in fish, *Doctoral dissertation*. University of British Columbia, Canada.
- Motlagh, S. P., Zarejabad, A. M., Nasrabadi, R. G., Ahmadifar, E., Molaei, M. (2012). Haematology, morphology and blood cells characteristics of male and female Siamese fighting fish (*Betta splendens*). *Comparative Clinical Pathology*, 21(1), 15-21.
- Mozos, I. (2015). Mechanisms linking red blood cell disorders and cardiovascular diseases. *BioMed Research International*, 1-12.

- Muñoz-Chápuli, R., Carmona, R., Guadix, J. A., Macías, D., Pérez-Pomares, J. (2005). The origin of the endothelial cells: an evo-devo approach for the invertebrate/vertebrate transition of the circulatory system. *Evolution and Development*, 7(4), 351-358.
- Murad, A., Everill, S., Houston, A. (1993). Division of goldfish erythrocytes in circulation. *Canadian Journal of Zoology*, 71(11), 2190-2198.
- Murad, A., Houston, A. H. Comparative Biochemistry and Physiology. Comparative Physiology (1992). **Maturation of the Goldfish (*Carassius Auratus*) erythrocyte** (Vol. 102(1), pp.107-110). Elsevier: Amsterdam, Netherlands.
- Murray, R. K., Mayes, P. A., Granner, D. K. ve Rodwel, V. W. (1993). **Harper'in biyokimyası** (Menteş, D. ve Ersöz, B., Ed.). Barış Kitabevi: İstanbul, Türkiye.
- Mutlu, E., Aydın, S., Kutlu, B. (2015). Alterations of growth performance and blood chemistry in nile tilapia (*Oreochromis nuoticus*) affected by copper sulfate in long-term exposure. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(3), 481-488.
- Nakanishi, T., Shibasaki, Y., Matsuura, Y. (2015). T cells in fish. *Biology*, 4(4), 640-663.
- Nikinmaa, M. (1990). **Vertebrate red blood cells, zoophysiology**. Springer: Berlin, Almanya.
- Nopianti, R., Baehaki, A., Ridhowati, S., Suhartono, M. T. (2019). Protease inhibitory activity and protein analysis of catfish (*Pangasius hypophthalmus*) and swamp eel (*Monopterus albus*) blood plasma. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(1).
- Noyan, A. (2010). **Yaşamda ve hekimlikte fizyoloji**. Meteksan A.Ş.: Ankara.
- Oğuz, A. R., Güler, Ü. N. A. L. (2012). The effects of 17 β -estradiol on vitellogenin, total protein, histochemical, and some morphological indices on chalcaburnus tarichi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 84-94.
- Oğuz, A. R., Kaval Oğuz, E., Özok, N. (2020). Effects of chlorpyrifos on primary gill cell culture of Lake Van fish (*Alburnus tarichi*, Güldenstaadt 1814). *Toxicology Research*, 9(6), 741-745.
- Oğuz, A. R., Oğuz, K. E., 2020. Histopathology and immunohistochemistry of gills of Van fish (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814) infected with myxosporean parasites. *Journal of Histotechnology*, 43(2), 76-82.
- Oğuz, A. R., Özok, N., Omar, A. H., Alkan, Z., Kıracçakalı, A. N. (2019). Van Balığında (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) üreme göçü sırasında oksidatif stresin araştırılması. *DergiPark*, 1, 90-97.
- Ojolick, E. J., Cusack, R., Benfey, T. J., Kerr, S. R. (1995). Survival and growth of all-female diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at chronic high temperature. *Aquaculture*, 131(3-4), 177-187.
- Olafsen, J. A. (1995). Bacterial antigen priming of marine fish larvae. *Advances in Mucosal Immunology: Part A*, 349-352.
- Old, J. M., Huveneers, C. (2006). Morphology of the blood cells from three species of wobbegong sharks (*Orectolobus species*) on the east coast of New South Wales. *Zoo Biology*, 25 (1), 73-82).
- Ololade, I. A., Oginni, O. (2010). Toxic stress and hematological effects of nickel on African catfish, *Clarias gariepinus*, fingerlings. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 2(2), 014-019.
- Onnebo, S. M., Yoong, S. H., Ward, A. C. (2004). Harnessing zebrafish for the study of white blood cell development and its perturbation. *Experimental Hematology*, 32(9), 789-796.

- Orun, I., Dorucu, M., Yazlak, H. (2003). Haematological parameters of three cyprinid fish species from Karakaya Dam Lake, Turkey. *OnLine Journal of Biological Sciences (Pakistan)*, 3(3).
- Osmani, H. A., Fadel, N. G., Ali, A. T. (2009). Biochemical and histopathological alternations in catfish *Clarias gariepinus* infected with trypanosomiasis with special reference to immunization. *Egyptian Journal of Comparative Pathology and Chemistry*, 22(3), 164–181.
- Örün, İ., 2000. Karakaya baraj gölünde yaşayan ve ekonomik öneme sahip bazı balıkların *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843), *Leuciscus cephalus orientalis* (Nordmann, 1840), *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843), *Capoeta trutta* (Heckel, 1843) ve *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) hematolojik yönden incelenmesi, Doktora tezi. İnönü Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Paik, E. J., Zon, L. I. (2010). Hematopoietic development in the zebrafish. *International Journal of Developmental Biology*, 54(6-7), 1127-1137.
- Palanivelu, V., Vijayavel, K., Balasubramanian, S. E., Balasubramanian, M. P. (2005). Influence of insecticidal derivative (cartap hydrochloride) from the marine polychaete on certain enzyme systems of the fresh water fish *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Environmental Biology*, 26(2), 191-195.
- Palic, D., Andreasen, C. B., Ostojić, J., Tell, R. M., Roth, J. A. (2007). Zebrafish (*Danio rerio*) whole kidney assays to measure neutrophil extracellular trap release and degranulation of primary granules. *Journal of Immunological Methods*, 319(1-2), 87-97.
- Palmer, L., Briggs, C., Mcfadden, S., Zini, G., Burthem, J., Rozenberg, G., Proytcheva, M., Machin, S.J. (2015). ICSH recommendations for the standardization of nomenclature and grading of peripheral blood cell morphological features. *International Journal of Laboratory Hematology*, 37(3), 287–303.
- Parma de Croux, M. J. (1994). Some haematological parameters in *Prochilodus lineatus* (Pisces, Curimatidae). *Review Hydrobiol Tropical*, 2, 113-19.
- Paruğ, Ş.Ş., Şen, F., Elp, M., Başaran, F., Güzel Ş. (2017). İnci Kefali'nin (*Alburnus tarichi*, Pallas 1811) Yüzme Performansının Belirlenmesi, **Tübitak Projesi**. Kastamonu Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Kastamonu, Türkiye.
- Pavlidis M, Futter WC, Katharios P, Divanach P. (2007). Blood cell profile of six Mediterranean mariculture fish species. *Journal of Applied Ichthyology*, 23(1):70–73.
- Pavlikova, D., Repas, S. (1975). Comparative histochemical studies of changes in spermatogenesis and intertubular tissue at male sterility. *Biologia Bratisl*, 30, 889-95.
- Payne, A. H., Hales, D. B. (2004). Overview of steroidogenic enzymes in the pathway from cholesterol to active steroid hormones. *Endocrine Reviews*, 25(6), 947-970.
- Peres, H., Santos, S., Oliva-Teles, A. (2014). Blood chemistry profile as indicator of nutritional status in European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 40, 1339-1347.
- Pérez-Pomares, J. M., González-Rosa, J. M., Muñoz-Chápuli, R. (2009). Building the vertebrate heart-an evolutionary approach to cardiac development. *International Journal of Developmental Biology*, 53(8-9-10), 1427-1443.
- Peters Jr, T. (1987). Intracellular precursor forms of plasma proteins: their functions and possible occurrence in plasma. *Clinical Chemistry*, 33(8), 1317-1325.

- Pijanowski, L., Golbach, L., Kolaczowska, E., Scheer, M., Verburg-van Kemenade, B. M. L., Chadzinska, M. (2013). Carp neutrophilic granulocytes form extracellular traps via ROS-dependent and independent pathways. *Fish and Shellfish Immunology*, 34(5), 1244-1252.
- Pradhan, S. C., Patra, A. K., Mohanty, K. C., Pal, A. (2014). Hematological and plasma biochemistry in *Cirrhinus mrigala* (Hamilton 1822). *Comparative Clinical Pathology*, 23, 509-518.
- Pradhan, S. C., Patra, A. K., Sarkar, B., Pal, A. (2012). Seasonal changes in hematological parameters of *Catla catla* (Hamilton 1822). *Comparative Clinical Pathology*, 21, 1473-1481.
- Rainza-Paiva, M. J. T., Ishikawa, C. M., Das Eiras, A. A., Felizardo, N. N. (2000). Haematological analysis of 'chara' *Pseudoplatystoma fasciatum* in captivity. *Aqua*, 2-6.
- Rambhaskar, B., Srinivasa Rao, K. (1987). Comparative haematology of ten species of marine fish from Visakhapatnam Coast. *Journal of Fish Biology*, 30(1), 59-66.
- Ranzani-Paiva, M. J. T., Ishikawa, C. M. (1996). Haematological characteristics of freshwater-reared and wild mullet, *Mugil platanus* Günther (Osteichthyes, Mugilidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 13, 561-568.
- Ranzani-Paiva, M. J. T., Ishikawa, C. M., Campos, B. D. E. S. D., Eiras, A. C. D. (1997). Haematological characteristics associated with parasitism in mullets, *Mugil platanus* Günther, from the estuarine region of Cananéia, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14, 329-339.
- Ranzani-Paiva, M. J. T., Rodrigues, E. L., Veiga, M. L., Eiras, A. C., Campos, B. E. S. (2003). Differential leucocyte counts in "dourado", *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1840, from the Mogi-Guaçu River, Pirassununga, SP. *Brazilian Journal of Biology*, 63, 517-525.
- Ranzani-Paiva, M.J.T., (1995). Características hematológicas de tainha *Mugil platanus* Gunther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae) da região estuarino-lagunar de Cananeia-SP (Lat. 25_000S–Long. 47_550W). *Boletim do Instituto de Pesca*, 1, 1–22.
- Rauthan, J.V.S., Grover, S.P. (1994). Effect of some eco-physiological conditions on haematological values of hillstream fish *Barilius bendelisis* (Hamilton) of doon valley. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 14:147–150
- Rehulka, J., Minařík, B., Řehulková, E. (2004). Red blood cell indices of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) in aquaculture. *Aquaculture Research*, 35(6), 529-546.
- Reiber, C. L., McGaw, I. J. (2009). A review of the “open” and “closed” circulatory systems: new terminology for complex invertebrate circulatory systems in light of current findings. *International Journal of Zoology*, 1-8.
- Reigh, R. C., Robinson, E. H., Brown, P. B. (1991). Effects of dietary magnesium on growth and tissue magnesium content of blue tilapia *Oreochromis aureus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 22(3), 192-200.
- Reshi, Q. M., Ahmed, I. (2022). Reference intervals for hematological and serum biochemical analytes in snow trout, *Schizothorax esocinus* inhabiting Dal Lake of Kashmir Himalaya. *Comparative Clinical Pathology*, 31(2), 221-227.
- Riche, M. (2007). Analysis of refractometry for determining total plasma protein in hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) at various salinities. *Aquaculture*, 264(1-4), 279-284.

- Rios, F. S., Kalinin, A. L., Rantin, F. T. (2002). The effects of long-term food deprivation on respiration and haematology of the neotropical fish *Hoplias malabaricus*. *Journal of fish Biology*, 61(1), 85-95.
- Rios, F. S., Oba, E. T., Fernandes, M. N., Kalinin, A. L., Rantin, F. T. (2005). Erythrocyte senescence and haematological changes induced by starvation in the neotropical fish traíra, *Hoplias malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 140(3), 281-287.
- Roberts, Ronald J. (2012). Fish Pathology. ***The anatomy and physiology of teleosts***. (Vol. 2, pp. 17–61). WB. Saunders: London, UK.
- Rough, K. M., Nowak, B. F., Reuter, R. E. (2005). Haematology and leucocyte morphology of wild caught *Thunnus Maccoyii*. *Journal of Fish Biology*, 66(6), 1649-1659.
- Ruiz-Jarabo, I., Tinoco, A. B., Vargas-Chacoff, L., Martos-Sitcha, J. A., Rodríguez-Rúa, A., Cárdenas, S., Mancera, J. M. (2019). Environmental salinity affects growth and metabolism in fingerling meagre (*Argyrosomus Regius*). *Fishes*, 4(1), 6.
- Ruppert, E. E., Karen J. C. (1983). Morphology of metazoan circulatory systems. *Zoomorphology*, 103 (3), 93-208.
- Sakamoto, K., Lewbart, G. A., Smith, T. M. (2001). Blood chemistry values of juvenile red pacu (*Piaractus brachypomus*). *Veterinary Clinical Pathology*, 30(2), 50-52.
- Sala-Rabanal, M., Sánchez, J., Ibarz, A., Fernández-Borràs, J., Blasco, J. Gallardo, M.A. (2003). Effects of low temperatures and fasting on hematology and plasma composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 29(2), 105–115.
- Samaras, A., Papandroulakis, N., Costari, M., Pavlidis, M. (2016). Stress and metabolic indicators in a relatively high European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and a low (meagre, *Argyrosomus regius*) cortisol responsive species, in different water temperatures. *Aquaculture Research*, 47, 3501–3515.
- Sampaio, L. A., Freitas, L. S., Okamoto, M. H., Louzada, L. R., Rodrigues, R. V., Robaldo, R. B. (2007). Effects of salinity on Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* from fertilization to juvenile settlement. *Aquaculture*, 262(2-4), 340-346.
- Sangiao-Alvarellos, S., Arjona, F. J., del Río, M. P. M., Míguez, J. M., Mancera, J. M., Soengas, J. L. (2005). Time course of osmoregulatory and metabolic changes during osmotic acclimation in *Sparus auratus*. *Journal of Experimental Biology*, 208(22), 4291-4304.
- Sangiao-Alvarellos, S., Laiz-Carrión, R., Guzmán, J. M., Martín del Río, M. P., Miguez, J. M., Mancera, J. M., Soengas, J. L. (2003). Acclimation of *S. aurata* to various salinities alters energy metabolism of osmoregulatory and nonosmoregulatory organs. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 285(4), R897-R907.
- Sarma, P. R. (1990). Clinical methods: The history, physical, and laboratory examinations. ***Red cell indices*** (Vol. 152). Butterworths: Boston, USA.
- Satheeshkumar, P., Ananthan, G., Senthilkumar, D., Khan, A. B., Jeevanantham, K. (2012). Comparative investigation on haematological and biochemical studies on wild marine teleost fishes from Vellar estuary, southeast coast of India. *Comparative Clinical Pathology*, 21, 275-281.

- Satheeshkumar, P., Senthilkumar, D., Ananthan, G., Soundarapandian, P., Khan, A. B. (2011). Measurement of hematological and biochemical studies on wild marine carnivorous fishes from Vellar estuary, southeast coast of India. *Comparative Clinical Pathology*, 20, 127-134.
- Savova, M., Kirev, T. (1992). Alkaline phosphatase activity in serum of guinea fowl bearing bone tumours induced by osteopetrosis virus strain PTS-56. *Avian Pathology*, 21(4), 667-673.
- Secombes, C.J. (1996). The nonspecific immune system: cellular defense, In Iwata, G. and Nakanishi, T., *In the fish immune system: organism, pathogen and environment*, (pp. 63–105), Academic Press: London, UK.
- Seibel, H., Baßmann, B., Rebl, A. (2021). Blood will tell: what hematological analyses can reveal about fish welfare. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 616955.
- Severini, G., Aliberti, L. M., Di Giovannandrea, R. (1991). Diagnostic aspects of alkaline phosphatase: separation of isoenzymes in normal and pathological human serum by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 563(1), 147-152.
- Shakoori, A. R., Aziz, F., Alam, J., Ali, S. S. (1990). Toxic effects of Talstar, a new synthetic pyrethroid, on blood and liver of rabbit. *Pakistan Journal of Zoology*, 22(3), 289-300.
- Sharma, J. P., Gupta, V. K. (1994). Morphological and haematological alterations in urea exposed fish, *Puntius sophore*. *Current. Agricultural Science and Technology*, 18(1-2), 45-48.
- Sharma, N. K., Akhtar, M. S., Pandey, N. N., Singh, R., Singh, A. K. (2017). Sex specific seasonal variation in hematological and serum biochemical indices of *Barilius bendelisis* from Central Himalaya, India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 87, 1185-1197.
- Sharma, N. K., Akhtar, M. S., Pandey, N. N., Singh, R., Singh, A. K. (2017). Sex specific seasonal variation in hematological and serum biochemical indices of *Barilius bendelisis* from Central Himalaya, India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 87, 1185-1197.
- Sharma, N. K., Akhtar, M. S., Pandey, N., Singh, R., Singh, A. K. (2015). Seasonal variation in thermal tolerance, oxygen consumption, antioxidative enzymes and non-specific immune indices of Indian hill trout, *Barilius bendelisis* (Hamilton, 1807) from central Himalaya, India. *Journal of Thermal Biology*, 52, 166-176.
- Sheikh, Z. A., Ahmed, I. (2019). Impact of environmental changes on plasma biochemistry and hematological parameters of Himalayan snow trout, *Schizothorax plagiostomus*. *Comparative Clinical Pathology*, 28, 793-804.
- Sheridan, M. A., Mommsen, T. P. (1991). Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *General and Comparative Endocrinology*, 81(3), 473-483.
- Shi, Z., Huang, X., Fu, R., Wang, H., Luo, H., Chen, B., Zhang, D. (2008). Salinity stress on embryos and early larval stages of the pomfret *Pampus punctatissimus*. *Aquaculture*, 275(1-4), 306-310.
- Shigdar, S., Harford, A., Ward, A. C. (2009). Cytochemical characterisation of the leucocytes and thrombocytes from Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*, Mitchell). *Fish and Shellfish Immunology*, 26(5), 731-736.
- Siwicki, A. K., Studnicka, M. (1992). Stimulation of nonspecific immunity after immunosuppression induced by chemical stress in carp (*Cyprinus carpio* L.).

- Snyder, G. K. (1992). Respiratory functions of avian and mammalian hemoglobins. ***In Blood and tissue oxygen carriers*** (pp. 433-453). Springer: Berlin Heidelberg.
- Snyder, G. K., Sheafar, B. A. (1999). Red blood cells: centerpiece in the evolution of the vertebrate circulatory system. *American Zoologist*, 39(2), 189-198.
- Soldatov, A. A. (2005). Peculiarities of organization and functioning of the fish red blood system. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 41, 272-281.
- Sorokin, D. Y., Kuenen, J. G., Muyzer, G. (2011). The microbial sulfur cycle at extremely haloalkaline conditions of soda lakes. *Frontiers in Microbiology*, 2, 44,1-16.
- Sowunmi, A. A. (2003). Haematology of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) from Eleiyele reservoir, Ibadan, Southwest Nigeria. *The Zoologist*, 2(1), 40-44.
- Srivastav, A. K., Das, V. K., Srivastav, S. K., Kumar, A. (2011). Environmental contaminants: Impact on endocrinal calcium regulation in fish. *Emerging Trends in Zoology*, 319-334.
- Srivastava, S. J., Srivastava, S. K. (1994). Seasonal changes in liver and serum proteins, serum calcium, inorganic phosphate and magnesium levels in relation to vitellogenesis in a freshwater catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). In *Annales D'endocrinologie* 55 (5), 197-202.
- Srivastava, S. K., Tiwari, P. R., Srivastav, A. K. (1990). Effects of chlorpyrifos on the kidney of freshwater catfish, *Heteropneustes fossilis*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 45, 748-751.
- Steinhagen, D., Kruse, P., Körting, W. (1990). Some haematological observations on carp, *Cyprinus carpio* L., experimentally infected with *Trypanoplasma borreli* Laveran and Mesnil, 1901 (Protozoa: Kinetoplastida). *Journal of Fish Diseases*, 13(2), 157-162.
- Stosik, M., Deptuia, W., Travnick, M., Baldy-Chudzik, K. (2001). Phagocytic and bactericidal activity of blood thrombocytes in carps (*Cyprinus carpio*). *Veterinarni Medicina-Praha*, 47(1), 21-25.
- Stoskopf, M.K. (1993). ***Fish medicine***. W.B. Saunders Company: London, UK.
- Stöllberger, C. (2013). Lifeblood Flow: The Circulatory Systems. In Jensen-Jarolim (ed.), ***Comparative medicine: Anatomy and physiology*** (pp. 61-70). Springer: Vienna.
- Sun, B., Pankhurst, N. W. (2004). Patterns of oocyte growth, vitellogenin and gonadal steroid concentrations in greenback flounder. *Journal of Fish Biology*, 64(5), 1399-1412.
- Sundby, S., Drinkwater, K. F., Kjesbu, O. S. (2016). The North Atlantic spring-bloom system—Where the changing climate meets the winter dark. *Frontiers in Marine Science*, 3, 28
- Svetina, A., Matašin, Ž., Tofant, A., (2002). Haematology and some blood chemical parameters of young carp till the age of three years. *Acta Veterinaria Hungarica*, 50(4), 459-467.
- Svoboda, M. (2001). Stress in fishes. A review. *Bulletin VURH Vodnany (Czech Republic)*, 4, 169- 191.
- Svoboda, M., Kouril, J., Hamáčková, J., Kalab, P., Savina, L., Svobodova, Z., Vykusova, B. (2001). Biochemical profile of blood plasma of tench (*Tinca tinca* L.) during pre- and postspawning period. *Acta Veterinaria Brno*, 70(3), 259-268.
- Şen, F., Paruğ, Ş. Ş., Elp, M. (2015). İnci Kefali'nin (*Alburnus tarichi*, Gildenstädt, 1814) dünü bugünü ve geleceği üzerine projeksiyonlar. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3):347-356.

- Takemura, A., Rahman, M. S., Nakamura, S., Park, Y. J., Takano, K. (2004). Lunar cycles and reproductive activity in reef fishes with particular attention to rabbitfishes. *Fish and Fisheries*, 5(4), 317-328.
- Tam, M., Gomez, S., Gonzalez-Gross, M., Marcos, A. (2003). Possible roles of magnesium on the immune system. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(10), 1193-1197.,
- Tammela, T., Alitalo, K. (2010). Lymphangiogenesis: molecular mechanisms and future promise. *Cell*, 140(4), 460-476.
- Tavares-Dias, M., de Moraes, F. R. (2004). **Hematologia de peixes teleósteos**. Marcos Tavares-Dias.
- Tavares-Dias, M., Mataqueiro, M. I., Perecin, D. (2002). Total leukocyte counts in fishes by direct or indirect methods. *Boletim do Instituto de Pesca*, 28(2), 155-161.
- Tavares-Dias, M., Oliveira, S. R. (2009). A review of the blood coagulation system of fish, Brazilian Journal of Biosciences, *Porto Alegre*, 7(2), 205–224.
- Tayel, S. I., Ahmed, N. A. M., El-Hossiny, M. A. (2014). Impact of diffused pollution on histological and hematological properties of Mugil cephalus and *Mugil capito* collected from lake Manzalah, Egypt. *International Journal of Environmental Science and Engineering*, 5, 51-67.
- Thika, R. (1993). Anemia among children and adolescents in the Keewatin region of the Northwest territories, *M.Sc. thesis*. Department of Community Health Sciences Faculty of Medicine University of Manitoba Winnipeg Manitoba, Canada.
- Thrall, M. A., Weiser, G., Allison, R. W. (2012). Veterinary hematology and clinical chemistry. In Campbell, Terry, W. (Ed.) **Hematology of fish** (pp. 298–312). John Wiley Sons: New York, USA.
- Timur, G. (2008). **Balık anatomisi**. Nobel Yayın Dağıtım: Ankara.
- Timur, G. (2013). **Balık histolojisi ve embriyolojisi**. İstanbul Üniversitesi Yayınları: İstanbul, Türkiye.
- Timur, G., Timur, M. (2003). **Balık hastalıkları**. İstanbul Üniversitesi. Su Ürünleri Fakültesi. Ders Kitabı: İstanbul, Türkiye.
- Timur, M. (2011). **Balık fizyolojisi**. Nobel Yayın Dağıtım: Ankara, Türkiye.
- Torres, P., Tort, L. (1991). Effects of stress and metal exposure on blood parameters and liver metabolism inn rainbow trout. In *Aquaculture and The Environment*, 1, 312-313).
- Tort, L. (2011). Stress and immune modulation in fish. *Developmental and Comparative Immunology*, 35(12), 1366-1375.
- Trenzado, C. E., Carrick, T. R., Pottinger, T. G. (2003). Divergence of endocrine and metabolic responses to stress in two rainbow trout lines selected for differing cortisol responsiveness to stress. *General and Comparative Endocrinology*, 133(3), 332-340.
- Tripathi, G., Verma, P. (2003). Starvation-induced impairment of metabolism in a freshwater catfish. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 58(5-6), 446-451.
- Tripathi, N. K., Latimer, K. S., Burnley, V. V. (2004). Hematologic reference intervals for koi (*Cyprinus carpio*), including blood cell morphology, cytochemistry, and ultrastructure. *Veterinary Clinical Pathology*, 33(2), 74-83.
- Tyler, C. R., Sumpter, J. P. (1990). The Development of a radioimmunoassay for carp, *Cyprinus Carpio*, Vitellogenin. *Fish Physiology and Biochemistry*, 8, 129-140.
- Tyler, C. R., Van der Eerden, B., Jobling, S., Panter, G., Sumpter, J. P. (1996). Measurement of vitellogenin, a biomarker for exposure to oestrogenic chemicals,

- in a wide variety of cyprinid fish. *Journal of Comparative Physiology B*, 166, 418-426.
- Ünal, G., Çetinkaya, O., Elp, M. (1999). Histological investigation of gonad development of *Chalcalburnus tarichi* (P., 1811). *Turkish Journal of Zoology*, 23(5), 329-338.
- Val, A. L. (2000). Organic phosphates in the red blood cells of fish. Comparative biochemistry and physiology part a: molecular and integrative physiology, *Elsevier*, 125(4), 417-435.
- Van Der Boon, J., Van Den Thillart, G. E., Addink, A. D. (1991). The effects of cortisol administration on intermediary metabolism in teleost fish. Comparative biochemistry and physiology part A: Physiology, *Elsevier*, 100(1), 47-53.
- Van Hoof, V. O., De Broe, M. E. (1994). Interpretation and clinical significance of alkaline phosphatase isoenzyme patterns. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 31(3), 197-293.
- Van Muiswinkel, W., Vervoorn-Van Der Wal, B. (2006). In Woo, P.T.K. (Ed). ***The immune system of fish, in fish diseases and disorders*** (pp. 678– 701) Wallingford CABI: UK.
- Vazirzadeh, A., Imani, A., Naseri, M. (2015). Changes in plasma vitellogenin, phosphorus and calcium in wild-caught female carp (*Cyprinus carpio*) as potential criteria for selecting brood-fish for restocking natural populations. *Iranian Journal of Science and Technology*, 39(A2), 141.
- Vazquez, G.R., Guerrero, G.A. (2007). Characterization of blood cells and haematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). *Tissue Cell*, 39 (3), 151–160.
- Velisek, J., Wlasow, T., Gomulka, P., Svobodova, Z., Dobsikova, R., Novotny, L. ve Dudzik, M. (2006). Effects of cypermethrin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Veterinarni Medicina-Praha*, 51(10), 469-476.
- Verkerk, A. O., Remme, C. A. (2012). Zebrafish: a novel research tool for cardiac (patho) electrophysiology and ion channel disorders. *Frontiers in Physiology*, 3, 255.
- Vigliano, F. A., Araujo, A. M., Marcaccini, A. J., Marengo, M. V., Cattaneo, E., Peirone, C., Dasso, L. G. (2014). Effects of sex and season in haematological parameters and cellular composition of spleen and head kidney of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 40, 417-426.
- Vijayan, M. M., Morgan, J. D., Sakamoto, T., Grau, E. G., Iwama, G. K. (1996). Food-deprivation affects seawater acclimation in tilapia: hormonal and metabolic changes. *Journal of Experimental Biology*, 199(11), 2467-2475.
- Vijayan, M. M., Pereira, C., Grau, E. G., Iwama, G. K. (1997). Metabolic responses associated with confinement stress in tilapia: the role of cortisol. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 116(1), 89-95.
- Vormann, J. (2003). Magnesium: nutrition and metabolism. *Molecular Aspects of Medicine*, 24(1-3), 27-37.
- Vosyliënė, M. Z. (1999). The effect of heavy metals on haematological indices of fish (survey). *Acta Zoologica Lituanica*, 9(2), 76-82.
- Wagner, T., Congleton, J. L. (2004). Blood chemistry correlates of nutritional condition, tissue damage, and stress in migrating juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(7), 1066-1074.

- Wallaert, C., Babin, P. J. (1994). Age-related, sex-related, and seasonal changes of plasma lipoprotein concentrations in trout. *Journal of Lipid Research*, 35(9), 1619-1633.
- Walsh, C. J., Luer, C. A. (2004). Elasmobranch hematology: Identification of cell types and practical applications. *The elasmobranch husbandry manual: captive care of sharks, rays and their relatives*, 307-323.
- Wang, N., Teletchea, F., Kestemont, P., Milla, S., Fontaine, P. (2010). Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes. *Reviews in Aquaculture*, 2(4), 209-222.
- Wang, Y., Xiong, L., Yang, K.J., Wu, Z., Sheng, X.M., Tang, H.F. (2005). Effect of beta-cypermethrin on GPT and GOT activities of crucian serum. *Journal Agricultural Science and Technology*. 6, 20–23.
- Wasserthal, L. T. (2007). Drosophila flies combine periodic heartbeat reversal with a circulation in the anterior body mediated by a newly discovered anterior pair of ostial valves and venous channels. *Journal of Experimental Biology*, 210(21), 3707-3719.
- Wedemeyer, G. A., Gould, R. W., Yasutake, W. T. (1983). Some potentials and limits of the leucocrit test as a fish health assessment method. *Journal of Fish Biology*, 23(6), 711-716.
- Wedemeyer, G. A., Yasutake, W. T. (1977). ***Clinical methods for the assessment of the effects of environmental stress on fish health***. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service: USA.
- Wei, C. C., Wu, K., Gao, Y., Zhang, L. H., Li, D. D., Luo, Z. (2017). Magnesium reduces hepatic lipid accumulation in yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) and modulates lipogenesis and lipolysis via PPAR α , JAK-STAT, and AMPK pathways in hepatocytes. *The Journal of Nutrition*, 147(6), 1070-1078.
- Wendelaar Bonga, S. E. (1997). The stress response in fish. *Physiological Reviews*, 77(3), 591-625.
- Wilson, R. W., Taylor, E. W. (1993). Differential responses to copper in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) acclimated to sea water and brackish water. *Journal of Comparative Physiology B*, 163(3), 239-246.
- Witeska, M. (1998). Changes in selected blood indices of common carp after acute exposure to cadmium. *Acta Veterinaria Brno*, 67(4), 289-293.
- Witeska, M. (2003). The effects of metals (Pb, Cu, Cd, and Zn) on hematological parameters and blood cell morphology of common carp. *Rozprawa naukowa*, 72, 113.
- Witeska, M. (2005). Stress in fish-hematological and immunological effects of heavy metals. *Electronic Journal of Ichthyology*, 1(1), 35-41.
- Witeska, M. (2013). Erythrocytes in teleost fishes: a review. *Zoology and Ecology*, 23(4), 275-281.
- Witeska, M., Biardzka, J., Kniaz, J. (2017). The effects of heparin concentration, storage time, and temperature on the values of hematological parameters in *Cyprinus carpio*. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 41(3), 351-356.
- Witeska, M., Kondera, E., Ługowska, K., Bojarski, B. (2022). Hematological methods in fish—Not only for beginners. *Aquaculture*, 547, 737498.
- Witeska, M., Ługowska, K., Kondera, E. (2016). Reference values of hematological parameters for juvenile *Cyprinus carpio*. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 36(4), 169-180.

- Wittenberg, J. B. 1992. Comparative and environmental physiology. In C. P. Mangum (ed.), *Functions of cytoplasmic hemoglobins and myohemerythrin, In blood and tissue oxygen carriers* (Vol. 13, pp. 59-85). Springer: Berlin.
- Xavier-Neto, J., Castro, R. A., Sampaio, A. C., Azambuja, A. P., Castillo, H. A., Cravo, R. M., Simoes-Costa, M. S. (2007). Cardiovascular development: towards biomedical applicability: parallel avenues in the evolution of hearts and pumping organs. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 64, 719-734.
- Xiaoyun, Z., Mingyun, L., Khalid, A., Weinmin, W. (2009). Comparative of haematology and serum biochemistry of cultured and wild Dojo loach *Misgurnus anguillicadatus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35:435– 441.
- Xie, Y., Lin, G. (1996). Studies on the Microstructure and Ultrastructure of Peripheral Blood Cells of *Carassius auratus cuvieri*. *Chinese Journal Of Zoology-Peking*, 31, 12-16.
- Yaman, K., 2009. *Fizyoloji (Kan Fizyolojisi)*. Ezgi Kitabevi: Bursa, Türkiye.
- Yang, J. L., Chen, H. C. (2003). Effects of gallium on common carp (*Cyprinus carpio*): acute test, serum biochemistry, and erythrocyte morphology. *Chemosphere*, 53(8), 877-882.
- Ye, C. X., Liu, Y. J., Tian, L. X., Mai, K. S., Du, Z. Y., Yang, H. J., Niu, J. (2006). Effect of dietary calcium and phosphorus on growth, feed efficiency, mineral content and body composition of juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. *Aquaculture*, 255(1-4), 263-271.
- Yeşilbaş, A., Oğuz, A. R. (2022). Investigation of some hormones affecting osmoregulation of Lake Van fish (*Alburnus tarichi*) during reproductive migration. *Aquaculture Research*, 53(3), 1011-1018.
- Yousefzadeh, F., Khara, H. (2015). Changes in blood chemistry and hematological indices of *Capoeta capoeta gracilis* in relation to age, sex, and geographic location. *Comparative Clinical Pathology*, 24, 791-795.
- Yu, J. H., Han, J. J., Park, S. W. (2010). Haematological and biochemical alterations in Korean catfish, *Silurus asotus*, experimentally infected with *Edwardsiella tarda*. *Aquaculture Research*, 41(2), 295-302.
- Zakes Z, Demska-Zakes K, Szczepkowski M, Rozynski M, Ziomek E. (2016). Impact of sex and diet on hematological and blood plasma biochemical profiles and liver histology of pike perch (*Sander lucioperca* L.). *Archives of Polish Fisheries* 24,61– 68.
- Zapata, A., Diez, B., Cejalvo, T., Gutierrez-De Frias, C., Cortés, A. (2006). Ontogeny of the immune system of fish. *Fish And Shellfish Immunology*, 20(2), 126-136.
- Zarejabad, A. M., Sudagar, M., Pouralimotlagh, S., Bastami, K. D. (2010). Effects of rearing temperature on hematological and biochemical parameters of great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juvenile. *Comparative Clinical Pathology*, 19, 367-371.
- Zhang, C. X., Huang, F., Li, J., Wang, L., Song, K., Mai, K. S. (2016). Interactive effects of dietary magnesium and vitamin E on growth performance, body composition, blood parameters and antioxidant status in Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) fed oxidized oil. *Aquaculture Nutrition*, 22(3), 708-722.
- Zhang, F., Feng, R., Fang, W., Shi, Y., An, L., Yang, G. (2019). Cytochemical characterization of peripheral blood cell populations of two Cyprinidae, *Carassius auratus* and *Ctenopharyngodon idellus*. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 48(1), 22-32.

- Zhang, G., Shi, Y., Zhu, Y., Liu, J., Zang, W. (2010). Effects of salinity on embryos and larvae of tawny puffer *Takifugu flavidus*. *Aquaculture*, 302(1-2), 71-75.
- Zhang, X., Xie, P., Wang, W., Li, D., Shi, Z. (2008). Plasma biochemical responses of the omnivorous crucian carp (*Carassius auratus*) to crude cyanobacterial extracts. *Fish Physiology and Biochemistry*, 34, 323-329.
- Zheng, Z.X., Tang, Y., Fang, J., Peng, X., Fan, J.D., Cui, H.M., Yang, L.Z. (2016). Ultrastructural and cytochemical properties of peripheral blood cells of piebald naked carp (*Gymnocypris eckloni*). *Anatomia Histologia Embryologia*, 46(1):17–24.
- Zou, J., Neumann, N. F., Holland, J. W., Belosevic, M., Cunningham, C., Secombes, C. J., Rowley, A. F. (1999). Fish macrophages express a cyclo-oxygenase-2 homologue after activation. *Biochemical Journal*, 340(1), 153





ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ayşe YEŞİLBAŞ

Eğitim Bilgileri

Lisans : Biyoloji
Üniversite : Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Fakülte : Fen Fakültesi
Bölüm : Biyoloji
Mezuniyet Yılı : 2016

Yüksek Lisans : Biyoloji
Üniversite : Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Enstitü : Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı : Biyoloji
Mezuniyet Yılı : 2019

Akademik Yayınlar

- Yeşilbaş, A., Oğuz, A. R. (2022). Investigation of some hormones affecting osmoregulation of Lake Van fish (*Alburnus tarichi*) during reproductive migration. *Aquaculture Research*, 53(3), 1011-1018.
- Yeşilbaş A., Oğuz, A. R. (2022). Van Balığı (*Alburnus Tarichi*, Güldenstädt, 1814)'nın osmoregülasyonunda prolaktin ve büyüme hormonlarının etkisinin incelenmesi. 2. **Ulusal Yaban Hayvanları Kongresi**, Van, Türkiye.
- Yesilbas Ayse, Oguz, A. R. (2021). Hormonal Control of Osmoregulation in The Lake Van Fish (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814), **International Conference on Advances in Natural Applied Sciences**, Ağrı, Turkey.



ETİK KURUL KESİN SONUÇ ONAY BELGESİ

	VAN YÜHADYЕК VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu
ARAŞTIRMA KESİN SONUÇ ONAY BELGESİ	
VAN YUZUNCUYILUNIVERSITY (TURKEY) ANIMAL RESEARCHES LOCAL ETHIC COMMITTEE RESEARCH FINAL REPORT APPROVAL CERTIFICATE	

AraştırmanınAdı <i>Research Title</i>	Van Balığı (<i>Alburnus tarichi</i> , Güldenstädt, 1814) Hematolojisindeki Değişimlerin Üreme Göçü Sırasında İncelenmesi Examination Of Changes In Van Fish (<i>Alburnus tarichi</i> , Guldenstädt, 1814) Hematology During Reproductive Migration	
Araştırmacı(lar) <i>Investigator(s)</i>	Yürütücü / Chief investigator :	Prof. Dr. Ahmet Regaib OĞUZ
	YardımcıAraştırmacı(lar) / Co-investigator(s):	Ayşe YEŞİLBAŞ
AraştırmanınBaşlamaTarihi / 01.05.2021		
AraştırmanınBitişTarihi / 01.08.2023		
ProjeSüresi / 24 ay		
Proje No / FDK-2022-10067		
AraştırmayıDestekleyenKuruluş (varsa)/ Yüzüncü Yıl Bilimsel Araştırmalar Proje Koordinasyon Biririmi		
Destek Şekli ve Miktarı / Type and amount of funding: Doktora Bütçesi/29.965		
Karar: Yukarıda bilgileri verilen araştırma projesinin kesin sonuç raporu Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun 31/ 08 / 2023 tarih ve 2023/10-21 sayılı kararı ile kabul edilmiştir. Decision: Final report of the research project detailed above was approved by Van Yuzuncu Yil University Animal Researches Local Ethic Committee in the session held on 31 / 08/ 2023 (decision number 2023/10-21).		
	BAŞKAN Prof. Dr. Semiha DEDE	
ÜYE Prof. Dr. N. Tuğba BİNGÖL	ÜYE Prof. Dr. Sıddık KESKİN	ÜYE Prof. Dr. Nalan ÖZDAL
ÜYE Prof. Dr. Atilla DURMUŞ	ÜYE Prof. Dr. Yıldırım BAŞBUĞAN	ÜYE Doç. Dr. Ferda KARAKUŞ
ÜYE Doç. Dr. Canser Yılmaz DEMİR	ÜYE Doç. Dr. Abdulahad DOĞAN	ÜYE Dr. Öğr. Üyesi Dicle ALTINDAL
ÜYE Doç. Dr. Şükrü ÖNALAN	ÜYE Vet. Hek. İsmail Hakkı BEHÇET	ÜYE Zir. Müh. Kenan YILDIRIMOĞLU



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih. 26/12/2023

Tez başlığı **Van Balığı (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) Hematolojisindeki Değişimlerin Üreme Göçü Sırasında İncelenmesi**

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın, kapak sayfası, giriş, ana bölümler ve sonuç bölümlerinden oluşan toplam 131 (yüz otuz bir) sayfalık kısmına ilişkin, 25/12/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre tezimin benzerlik oranı %7 (yüzde 7) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve imza

Adı soyadı: Ayşe YEŞİLBAŞ

Öğrenci no: 19910001231

Anabilim dalı: Biyoloji Anabilim Dalı

Programı:

Statüsü: () Yüksek lisans

(×) Doktora

DANIŞMAN

ENSTİTÜ ONAYI

UYGUNDUR

UYGUNDUR