

T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MUNZUR AKARSUYUNDA YAŞAYAN ALABALIKLARDA (*Salmo trutta macrostigma*) ANTIOKSİDAN ENZİM AKTİVİTELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet Devrim ERDOĞAN

Anabilim Dalı: Su Ürünleri

DANIŞMAN
Doç. Dr. Erkan CAN
Doç. Dr. Nuran CIKCIKOĞLU YILDIRIM

HAZİRAN – 2015

**T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MUNZUR AKARSUYUNDA YAŞAYAN ALABALIKLARDA (*Salmo trutta macrostigma*) ANTİOKSİDAN ENZİM AKTİVİTELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet Devrim ERDOĞAN
(132106101)**

Anabilim Dalı: Su Ürünleri

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Erkan CAN
Doç. Dr. Nuran CIKCIKOĞLU YILDIRIM**

HAZİRAN-2015

T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MUNZUR AKARSUYUNDA YAŞAYAN ALABALIKLARDA (*Salmo trutta macrostigma*) ANTIOKSİDAN ENZİM AKTİVİTELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Devrim ERDOĞAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez 25/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

Doç. Dr. Erkan CAN
(T.Ü)

DANIŞMAN

İmza:.....

Doç. Dr. Volkan KIZAK
(T.Ü)

ÜYE

İmza:.....

Yrd. Doç. Dr. İlker Zeki KURTOĞLU
(R.T.E.Ü)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Ana Bilim Dalı' nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Abdullah DİKİCİ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu çalışma, Tunceli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLTUB012-11

NOT: Bu seminerde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı ‘Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yapılan çalışma ile yöreye özgü kırmızı benekli alabalığın farklı mevsimlerdeki oksidan ve antioksidan durumu araştırılmıştır. İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış aylarında balıkların solungaç, kas ve karaciğerlerinden örneklemeler yapılarak -80 derecede muhafaza edilmiş ve oksidan ve antioksidan dengesinin belirlenmesi için glutatyon peroksidaz (GPx), katalaz (CAT) ve süper oksit dismütaz (SOD) seviyeleri analiz edilmiştir. Bunun yanında TAS ve TOS seviyelerine bakılarak total stres ve antioksidan kapasiteleri analiz edilmiştir.

Çalışmanın sonunda, TAS aktivitesi solungaçlarda mevsimlere bağlı olarak değişme göstermez iken, kasta ve karaciğerde yaz döneminde en fazla bulunmuştur ($p<0,05$). Bütün mevsimlerde en düşük TAS aktivitesi solungaçta bulunmuş, en yüksek değerlere karaciğerde raslanmıştır ($p<0,05$).

TOS aktivitesi solungaçlarda ve karaciğerde sonbaharda artarken, kas dokusundaki enzim aktivitesi yaz mevsiminde en düşük değerde ölçülmüştür ($p<0,05$). TOS aktivitesi aynı mevsimde dokular arasında değerlendirildiğinde; yaz ve sonbahar dönemlerinde kasta solungaç ve karaciğer dokularından düşük değerlere rastlanmıştır ($p<0,05$). Diğer dönemlerde dokular arasında önemli fark görülmemiştir.

SOD aktivitesi için aynı mevsim içindeki organlar arası farklılıklar değerlendirildiğinde; bütün mevsimlerde SOD miktarı karaciğerde en yüksek bulunurken ($p<0,05$) kas dokusunda ilkbaharda; karaciğerde yazın ve solungaçlarda sonbaharda SOD aktivitesi en yüksek bulunmuştur.

En yüksek GSH-Px aktivitesi yaz mevsiminde elde edilmiş ($p<0,05$) olup hepatopankreastaki GSH-Px aktivitesinde artış görülmesine rağmen dokular arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Katalaz aktivitesi için aynı mevsim farklı dokular arasında değerlendirme yapıldığında; dokular arasında hiçbir mevsimde fark görülmezken, kas dokusunda yaz ve sonbahar aylarında, solungaçlarda kışın, karaciğerde ise yaz ve kış aylarında önemli artış olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Anahtar Kelimeler: *Salmo trutta macrostigma*, TAS, TOS, SOD, GSH-Px, CAT, Munzur Nehri.

ABSTRACT

Seasonal Changes in Antioxidant Defence System on Brown Trout (*Salmo trutta sp.*) in Munzur Stream

In this study, the oxidant and antioxidant status of the indigenous brown trout were investigated in different seasons. In spring, summer, autumn and winter, gills, muscle and the liver of fish were sampled and stored -80 degrees. The oxidant and antioxidant glutathione peroxidase to determine the balance (GPx), catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD) were analyzed. Total stress and antioxidant capacity were analyzed by looking at the total TAS, TOS levels.

At the end of the study, while TAS activity does not change depending on the season, gills and liver ($p > 0.05$) were found to muscle and liver up to the summer period ($p < 0.05$). TAS activity in the gills have been encountered in all seasons in the liver was found in the lowest to highest value ($p < 0.05$).

When TOS activity evaluation among the organs; in summer and autumn meant the lowest values were found. At other times there was no significant difference between the tissues. TOS activity in the summer gills and liver enzyme activities were measured in increased muscle tissue in the fall to the lowest levels ($p < 0.05$).

When SOD activity differences among organs in the same season for the evaluation; in all seasons the amount of SOD enzyme activity was highest in liver ($p < 0.05$). When evaluated according to the seasons the SOD activity of muscle tissue in the spring, liver in summer period and operculum in autumn were observed the highest values.

The highest GSH-Px activity obtained in summer ($p < 0.05$) and an increase in GSH-Px activity was not significant difference between the hepatopancreas tissue although observed ($p > 0.05$).

In the same season when assessments of different textures for catalase activity; while no difference was seen in any season among tissues, an important increase has been identified in muscle tissue in the summer and autumn; in the gills in winter; in the liver in summer and winter ($p < 0.05$).

Key Words: *Salmo trutta macrostigma*, TAS, TOS, SOD, GSH-Px, CAT, Munzur River.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmanın giderlerini destekleyen T. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne, bu tez çalışmasının yapılabilmesi için gerekli altyapıyı sunan Tunceli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ne ve Tunceli Üniversitesi Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü' ne vermiş olduğu imkânlardan dolayı teşekkür ederim.

Çalışmada değerli bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen, eleştirileri ve önerileriyle araştırmamın sürekliliğini sağlayan ve tez yazım aşaması dahil her aşamada yardımcı olan tez danışmanım, Sayın Doç. Dr. Erkan CAN başta olmak üzere, analizlerin yapılmasında yol göstererek katkı ve yardımda bulunan ikinci tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Nuran CIKCIKOĞLU YILDIRIM' a, istatistiki analizlerin yapılmasında ve laboratuvar çalışmalarında büyük katkı sağlayan Araş. Gör. Esin BAĞCI' ya ve yine laboratuvar analizlerinde önemli katkı sağlayan Müh. Kadir YILMAZ ile Müh. Esma SÜMER' e, ayrıca emeği geçip de ismini sayamadığım tüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet Devrim ERDOĞAN

TUNCELİ - 2015

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜRLER	III
İÇİNDEKİLER	IV
RESİMLER LİSTESİ	V
TABLolar LİSTESİ	VI
KISALTMALAR	VII
1.GİRİŞ	1
1.1. Munzur Akarsuyu ve Munzur Alası (<i>Salmo trutta macrostigma</i>) Hakkında Genel Bilgiler.....	1
1.2. Oksidatif Stres ve Serbest Radikaller.....	3
1.3. Serbest Radikallere Karşı Antioksidan Savunma Sistemi.....	4
2.1. TAS (Total Antioksidan Statü) ve TOS (Total Oksidatif Stres).....	5
2.2. Süperoksit Dismutaz (EC 1.15.1.1, EC-SOD).....	6
2.3. Glutasyon Peroksidaz (Glutasyon: H ₂ O ₂ Oksidoredüktaz, EC 1.11.1.9).....	6
2.4. Katalaz (CAT: EC 1.11.1.6).....	7
2.MATERYAL ve METOT	9
2.1. Alabalık Temini.....	9
2.2. Analizlerin Yapılması.....	10
2.2.1. Diseksiyon İşlemleri ve Dokuların Hazırlanması.....	10
2.2.2. TAS Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi.....	10
2.2.3. TOS Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi.....	10
2.2.4. Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi.....	11
2.2.5. Katalaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi.....	11
2.2.6. Glutasyon Peroksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi.....	11
2.2.7. İstatistiksel Analiz.....	12
3. BULGULAR	13
3.1. Balıkların Morfolojik Özellikleri.....	13
3.2. Su Kalite Parametreleri.....	14
3.3. Biyokimyasal Analizler.....	14
3.3.1. TAS ve TOS Enzim Aktiviteleri.....	17
3.3.2. SOD Enzim Aktiviteleri.....	18
3.3.3. GSH-Px Enzim Aktiviteleri.....	19
3.3.4. Katalaz Enzim Aktiviteleri.....	19
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	21
5. ÖNERİLER	23
KAYNAKLAR	24
ÖZGEÇMİŞ	

RESİMLER LİSTESİ

Sayfa No

Resim 1.1.1. Munzur alası (<i>Salmo trutta macrostigma</i>).....	2
Resim 2.1.1. Örneklemelemler yapıldığı bölgenin görünüşü.....	9
Resim 3.1.1. Çalışmada kullanılan alabalıkların görünüşleri.....	13
Resim 3.1.2. Alabalıklardan alınan örneklerin görünüşleri.....	13
Resim 3.3.1. Örneklerin vortexlenmesi (homojenize edilmesi).....	14
Resim 3.3.2.a. Solüsyonların hazırlanması.....	15
Resim 3.3.2.b. Solüsyonların hazırlanması.....	15
Resim 3.3.3. Pipetleme işlemleri.....	16
Resim 3.3.4. Verilerin okunması (spektroskopi).....	16

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.2.1. Su kalite parametreleri.....	14
Tablo 3.3.1.1. <i>Salmo trutta macrostigma</i> ' nın farklı dokularındaki TAS durumlarının doku tipine ve mevsimlere bağlı olarak karşılaştırılması.....	17
Tablo 3.3.1.2. <i>Salmo trutta macrostigma</i> ' nın farklı dokularındaki TOS durumlarının doku tipine ve mevsimlere bağlı olarak karşılaştırılması.....	18
Tablo 3.3.2.1. <i>Salmo trutta macrostigma</i> ' nın farklı dokularındaki süperoksit dismutaz (SOD) durumlarının doku tipine ve mevsimlere bağlı olarak karşılaştırılması.....	18
Tablo 3.3.3.1. <i>Salmo trutta macrostigma</i> ' nın farklı dokularındaki glutatyon peroksidaz (GPX) durumlarının doku tipine ve mevsimlere bağlı olarak karşılaştırılması.....	19
Tablo 3.3.4.1. <i>Salmo trutta macrostigma</i> ' nın farklı dokularındaki katalaz (CAT) durumlarının doku tipine ve mevsimlere bağlı olarak karşılaştırılması.....	20

KISALTMALAR

AE	: Antioksidan Enzim
ASS	: Antioksidan Savunma Sistemi
cm	: Santimetre
CAT	: Katalaz
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
dk	: Dakika
G₆PD	: Glikoz 6-Fosfat Dehidrogenaz
G.D.	: Gün-Derece
gr	: Gram
GSSG	: Yükseltgenmiş (okside) Glutatyon
GSH-Px	: Glutatyon Peroksidaz
H₂O₂	: Hidrojen Peroksit
lt	: Litre
ml	: Mililitre
NADP	: Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat (Yükseltgenmiş Hal)
NADPH	: Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat (İndirgenmiş Hal)
NBT	: Nitro Blue Tetrazolium
OSİ	: Oksidatif Stres İndeksi
ROS	: Reaktif Oksijen Türleri
TAS	: Total Antioksidan Statü
TOS	: Total Oksidatif Stres
SOD	: Süperoksit Dismutaz

1. GİRİŞ

Biyo-çeşitlilik bir ülkenin en önemli biyolojik zenginliğidir. Munzur alası olarak bilinen *Salmo trutta macrostigma* doğal alabalık türlerindedir. Bu türün korunması ve kültüre alınması ülkemiz açısından oldukça önemlidir. Doğal olarak sadece ülkemizde Tunceli ilinde bulunan Munzur Çayı'nda ve bazı çevre derelerinde mevcut olan bir ekotip olan bu kahverengi alabalıklar aynı zamanda çok yüksek besin değerine ve lezzetli bir et içeriğine sahiptir. Bu özellikler de bu balıklara olan ilgiyi bir kat daha arttırmaktadır.

Bu çalışmada, endemik bir tür olan Munzur alasının mevsimsel olarak farklı dokularındaki antioksidan enzim aktivitelerinin durumları belirlenerek türe özgü özellikler ortaya konulması amaçlanmıştır.

1.1. Munzur Akarsuyu ve Munzur Alası (*Salmo trutta macrostigma*) Hakkında Genel Bilgiler

Munzur akarsuyu, Tunceli İli Ovacık ilçesinin kuzeyinde yükselen Ziyaret Tepesi'nin eteklerinden doğup, çeşitli yönlerden gelen Havaçor, Mamuşağı, Şamuşağı, Kabuşağı, Nanikuşağı, Haçılı, Mercan, Merho ve Kalan derelerinin sularını topladıktan ve il merkezinde Pülümür Çayı ile birleştikten sonra Uzunçayır Baraj Gölü'ne dökülmektedir. Munzur akarsuyu balık popülasyonunca zengin olup, balıkçılık yöre halkının önemli geçim kaynaklarından birisidir.

Munzur alası, dağalası, Anadolu alabalığı, büyük benekli alabalık veya kırmızı benekli alabalık olarak da bilinen *Salmo trutta macrostigma*; Kuzey Afrika, Güney Avrupa, Batı Asya ve Anadolu'da iç sularda yaşamaktadır. Ülkemizde geniş bir zoocoğrafik dağılım göstermekle beraber genel olarak; Güney, Güney-Batı ve Doğu Anadolu da yayılış göstermektedir (Çelikkale, 2002).

Daha çok halk arasında hakiki alabalık diye bilinen ekotiptir. Diğer ekotiplere oranla suların daha hızlı aktığı kaynağa yakın üst bölümlerinde ve dağlık bölgelerin yukarı kısımlarında bulunan bir alt türdür (Kocabaş, 2009).

Anadolu alabalığı, ülkemizde denizden yüksekliği 100–150 m ile 2300 m'ler arasında değişen, yaz döneminde su sıcaklığı 20 °C'ye kadar yükselebilen habitatlarda

dağılım gösterir. Tabanı çakıllı, akış hızı yüksek, suları serin (12-19 °C), karakteristik alabalık zonunu, suyun kaynağına yakın alanları tercih etmektedir (Kocabaş, 2009). Alabalığın formu Şekil 1.1.1' de verilmiştir.



Resim 1.1.1. Munzur alası (*Salmo trutta macrostigma*) (Akgül, 2014)

Munzur alasının sistematığı aşağıdaki şekildedir:

Âlem	: Animalia
Şube	: Chordata
Alt Şube	: Vertebrata
Üst sınıf	: Osteichthyes
Sınıf	: Teleostei
Üst Takım	: Protacanthopterygii
Takım	: Salmoniformes
Aile	: Salmonidae
Cins	: Salmo
Tür	: <i>Salmo trutta</i>
Alt tür	: <i>Salmo trutta macrostigma</i>

Munzur alabalığında vücut mekik şekilli, yanlardan hafif basık, cycloid pullarla kaplı, ağız terminal, ağız içinde çene ve damaklarda dişler bulunur. Solungaç çıkıntıları 98-128 adet, solungaç diken sayısı 10-12 adettir. Munzur alabalığında D:III-IV/10, A:III-IV/7-8, yan hat üzerinde 115-119 adet pul bulunur. Pyloric keselerin sayısı 28-31 adettir. Renk sırtta siyahımsı gridir. Yüzgeçler gri-kahverengi-turuncu, adipoz yüzgeç kırmızı bantla çevrili bazı fertlerde üzeri kırmızı benekli, dorsal yüzgeç üzerinde kırmızı ve siyah benekler mevcuttur. Kuyruk yüzgeci, genç fertlerde daha belirgin çatallı, lobların ucu yuvarlaktır. Vücudun yan tarafında 1-3 yaşlı fertlerde 10-12 adet gri renkli dikey "parr-mark" vardır. Vücut üzeri, yanal çizgi boyunca alt ve üstte düzensiz dağılmış, çevresi açık renkli halka ile çevrili 20-30 kadar yuvarlak kırmızı benekli, dorsale doğru küçük siyah benekli, siyah benekler baş üzerinde de yaygın, operkulum üzeri ve post orbital' de (gözün

hemen arkasında) koyu renkli büyük bir leke bulunur. Bu lekeden dolayı büyük lekeli alabalık diye de adlandırılmaktadır (Kocabaş, 2009; Çelikkale, 2002).

Munzur alası veya Anadolu alabalığı olarak bilinen tür; soğuk, berrak, bol oksijenli suların kaynak kısımlarına yakın ve 5-7 °C' deki sularda sonbaharda yumurtalarını bırakırlar. Yumurtlama tarzı, alabalıkların genel yumurtlama özelliklerinde olduğu gibi, ince kum ve çakıllar içine yuva yaparak olmaktadır. Bir balık birkaç bin adet, 3,5-4 mm çapında yumurta bırakır. Larvaların çıkış süresi 400 G. D. civarındadır. Karnivor bir balık olup; sulardaki sinek larvaları, kabuklu canlılar ve diğer balıkların larva ve yavrularıyla beslenirler (Çelikkale, 2002).

1.2. Oksidatif Stres ve Serbest Radikaller

Anabolik-katabolik olaylar ile metabolizmanın tamamını etkileyen ve bir kısmı aktif enzim gruplarında bulunan, yetersizliği veya yokluğu fizyolojik fonksiyonların duraklamasına sebep olan antioksidan maddelere karşı ilgi büyük ölçüde artmış ve bilimsel araştırmalara konu olmuştur (McCarthy ve ark., 2002). Antioksidanlar, serbest radikalleri nötralize etmek sureti ile organizmayı koruyan maddelerdir. Organizmada, antioksidan savunma tek bir antioksidan madde veya enzimle olabileceği gibi birçok antioksidan enzimin birlikte etkisi ile de ortaya çıkabilmektedir (Brauner, 1999).

Bütün canlılar için vazgeçilmez bir element olan oksijen; hidrojen, karbon, nitrojen ve kükürt ile birlikte organik moleküllerin temel yapı taşlarını oluşturur (Sun ve Hu, 2005). Ancak aerobik canlıların tüm hücrelerinde gerçekleşen metabolik reaksiyonlar için gerekli olan oksijen, aynı zamanda çok tehlikeli toksik formlar olan serbest radikallere dönüşmektedir (Fang ve ark., 2002, Gök ve ark., 2006). Organizmada en aktif radikal üreticiler fagositik hücrelerdir (Keleştemur ve Özdemir, 2011).

Hücre membranını oluşturan fosfolipit, glikolipit, gliserit, doymamış yağ asitleri, DNA ve membran proteinleri vb. oksitlenebilen bütün hücre elemanları radikaller için çekici özelliğe sahip durumdadırlar (Fernandes ve ark., 2004). Bazı zamanlarda oksidan moleküller, belirli sınırların üzerine çıkmak sureti ile reaktif oksijen ürünlerinin oluşumunu durduramamakta ve organizmadaki antioksidatif savunma mekanizmasının stabilitesini bozmaktadır (Ricciarelli ve ark., 2007; Wang ve ark., 2006).

Serbest radikaller hücrelerde cemejdana gelen bütün metabolik olaylarda ortaya çıkabilmektedir. Serbest radikaller veya oksidanlar, dış orbitallerinde bir ya da daha fazla

eşlenmemiş elektron bulunan, kısa ömürlü, reaktif atom, iyon veya moleküllerdir (Choi, 2004). Organizmada enerji açığa çıkması, metabolik süreçlerde ortaya çıkan serbest elektronların bir sistemden diğerine aktarılmasının sonucu olmaktadır. Bu aktarılma esnasında elektron transfer zincirinden sızan elektronların oluşturduğu oksidatif radikaller hücrelerde bütünlük ve geçirgenlik bozukluklarına sebep olmaktadır (Fang, 2002). Reaktif oksijen türlerine karşı hücre içi ve hücre dışı enzim ve nonenzim (enzim olmayan) savunma mekanizmasına antioksidan savunma sistemi denilmektedir (Ritola ve ark., 2002). Antioksidanlar, oksijenin tahrip edici reaksiyonuna karşı koruyucu özellik gösteren maddelerdir. Organizma sindirim, solunum, hastalık, yaralanma gibi iç faktörler ile çevresel faktörlerin uyarılarıyla sürekli zorlanmaktadır. Bu zorlanmalar esnasında ve sonrasında oluşan oksidatif moleküller hücrelere ve dokulara hücum ederek bozulmalara sebep olmaktadır (Quiles ve ark., 2002).

1.3. Serbest Radikallere Karşı Antioksidan Savunma Sistemi

Organizmaların kendilerini oksijen metabolizmasının toksik etkilerine karşı koruyabilmeleri ve normal gelişimlerini sağlayabilmeleri için hücrelerde çok sayıda korunma ve savunma sistemi mevcuttur (Fridovich 1986; Davies 2000). Biyolojik sistemlerdeki bu oldukça güçlü savunma durumuna antioksidan savunma sistemi denilmektedir. Bu reaktif oksijen türlerinin zararlarını minimum düzeye düşürmektedir. Prooksidanların oluşumu ile antioksidanlar tarafından yok edilme hızları arasında bir denge vardır. Bu denge bozulursa, oksidatif bozunma ile organizmalarda pek çok patolojik bozukluk ortaya çıkabilir ayrıca organizmanın önemli hasarlar görmesine hatta ölümüne sebep olabilir. Bundan dolayı; kararlı bir durumda olan ROS üretimi, moleküler oksidasyon ve antioksidan tüketim aerobik hücrelerde devamlılık göstermektedir (Kolaylı 1996).

Su kirliliği gibi etkenler balık ve kabuklularda oksidatif strese neden olmaktadır. Kirlenme redoks döngüsü yolu ile zararlı serbest radikaller üreten belli kirlenmelerle (örneğin; metal) yakından ilgilidir. Normal aerobik metabolizmadan devamlı reaktif oksijen türlerinin üretimi ile başa çıkmak için, hücreler ve dokular hem enzimatik (SOD, CAT, GSH-P_x) hem de non-enzimatik (glutasyon, vitamin E ve C, karotenooidler) çok sayıda hücresel antioksidanlar içermektedirler. Bazı non-enzimatik düşük molekül ağırlıklı antioksidan bileşenler kullanılarak normal oranların altına düşebilmektedir. Biyolojik

sistemlerde hücrel antioksidan savunma sistemi, çevresel kirleticilere maruz kalındığında ise bozulmakta, ama canlı organizmalarda antioksidan seviyeleri oksidatif stresin neden olduğu dengesizliği düzeltmek için artmaktadır. Antioksidan enzimlerin seviyeleri, organizmanın antioksidan durumunun bir indikatörü ve oksidatif stresin biyobelirteci olarak kullanılabilir (Barim ve Karatepe, 2010).

Çevre kirliliği üzerine yapılan toksikoloji çalışmalarında kontamine durumdaki alanlarda antioksidan enzim aktivitesi ölçümlerinin biyolojik indikatör olarak önemlerini gösteren bulgular gün geçtikçe çoğalmaktadır (Lopes ve ark., 2001). Bu enzimler tüm omurgalıların dokularında bulunur; fakat genellikle en yüksek aktivitelerini ksenobiyotik alınımı ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) enzimatik dönüşümleri için temel organ olan karaciğerde gösterirler. Bu enzimlerden bazıları oksidatif stresin belirgin moleküler biyoindikatörleri olup metal ve diğer ksenobiyotikler gibi kirleticilerin etkisindeki popülasyonlarda tepki düzeyini belirtirler (Yılmaz, 2010).

En önemli antioksidan enzimler; süperoksit anyonunu H_2O_2 ' ye dönüştüren süperoksit dismutaz (SOD), organik peroksitleri detoksifiye eden glutatyon peroksidaz (GSH-Px) ve H_2O_2 ' yi suya indirgeyen katalazdır (Guemouri ve ark., 1991). Oksidan ve antioksidan durum belirlenmesinde yapılan analizlerden çalışmada kullanılanlar aşağıda açıklanmıştır.

2.1. TAS (Total Antioksidan Statü) ve TOS (Total Oksidatif Stres)

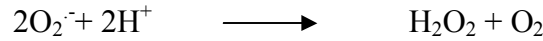
TAS (Total Antioxidant Status) çok geniş sınırlardaki antioksidan moleküllerinin toplam dağılımını temsil eden nicel bir ölçümdür (Prior ve Cao, 1999). Balıklarda birçok çalışma antioksidan enzimlere odaklanmıştır. (Aras ve ark., 2009; Can ve ark., 2012; Esenbuğa, 2013). TAS, plazmada serbest radikallerin saldırısına karşı organizmanın total antioksidan korumasını yansıtır. OSİ (oksidatif stres indeksi) ise total plazma TOS' un (total oksidan kapasite) TAS' a oranıdır ve oksidatif stres indikatörüdür (Rabus, 2008). Plazma TAS, TOS, OSİ; oksidasyon ve antioksidasyon arasındaki redoks dengesini yansıtır. TAS ve TOS ölçümü oksidatif durumun tahmini için faydalı testlerdir (Aslan, 2011).

2.2. Süperoksit dismutaz (EC 1.15.1.1, EC-SOD)

Enzimatik antioksidanlar arasında muhtemelen en iyi bilineni bir metalloenzim grubu olan süperoksit dismutazlardır (SOD). SOD'lerin merkezi bir antioksidan rolü olduğu kabul edildiğinden, bu enzimin önemi çalışılan tüm aerobik organizmalarda belirtilmiştir (Van Der Oost ve ark., 2003).

Süperoksit dismutaz süperoksit serbest radikalının hidrojen peroksit (H_2O_2) ve moleküler oksijene (O_2) dönüşümünü katalizleyen antioksidan enzimdir. SOD sitozolde bulunur, Cu ve Zn içerir. SOD'un fizyolojik fonksiyonu oksijeni metabolize eden hücreleri süperoksit serbest radikalının (O_2^-) lipid peroksidasyonu gibi zararlı etkilerine karşı korumaktır. SOD aktivitesi, yüksek oksijen kullanımı olan dokularda fazladır (Atabeyoğlu, 2011).

Mikroorganizmalardan en yüksek yapıları canlılara kadar, aerobik koşullarda yaşayan canlıların bütün doku, hücre ve hücre organelleri SOD içerirler.



Bütün canlılardaki SOD enzimi kofaktör olarak içerdiği metal iyonuna göre 3 grupta toplanabilir (Yılmaz, 1995).

2.3. Glutasyon peroksidaz (glutasyon: H_2O_2 oksidoredüktaz, EC 1.11.1.9)

Glutasyon peroksidaz, hidrojenperoksitlerin indirgenmesinden sorumlu enzimdir. Glutasyon peroksidaz (GSH-Px) sitozolde bulunur. Diğer antioksidan enzimlerle birlikte GSH-Px, oksijen tüketiminin hızla arttığı sırada serbest radikal peroksidasyonu sonucu fagositik hücrelerin zarar görmesini önler. GSH-Px eritrositlerde oksidatif strese karşı etkili antioksidandır (Bayır, 2005; Esenbuğa, 2013). Canlıların oksijen toksisitesine karşı göstermiş oldukları tolerans büyük ölçüde yüksek GSH-P_X aktivitesine ve özellikle de stres koşullarında enzim üretimini hızlı bir şekilde artırma yetenekleriyle alakalıdır. Biyolojik sistemler toksik miktarlarda oksijene maruz bırakıldıklarında enzim miktarını artıramıyorlarsa veya düşük seviyelerde bir GSH-P_X aktivitesine sahip iseler bu durumda hipoksiya kaçınılmaz olmaktadır (Frank ve Massaro 1980).

Glutasyon peroksidazın, selenyum (Se^{++})-bağımlı (GSH-Px, EC 1.11.1.19) ve Se-bağımsız (glutasyon-S-transferaz, GST, EC 2.5.1.18) olmak üzere iki izoformu vardır. Bu

iki enzimin alt ünite sayıları ve katalitik mekanizmaları farklıdır. Selenyum bağımlı GSH-Px enziminin aktif merkezinde enzime kovalent bir şekilde bağlı selenosistein formunda selenyum bulunmaktadır. Selenyum bağımlı Glutasyon peroksidaz enzimi, hidrojen peroksit (H_2O_2) ve lipid peroksitlerine karşı aktiftir. Enzimin aktivitesi, enzim için tek hidrojen veren Glutasyon (GSH)' un bol miktarı ve enzimin dört alt ünitesinin her birindeki selenyum varlığına bağlıdır (Steenvoorden ve ark., 1998). Glutasyon mekanizması çok önemli antioksidatif savunma mekanizmalarından biridir. GSH-Px karaciğerde en yüksek; kalp, akciğer ve beyinde orta; kasta ise düşük düzeyde aktivite gösterir. Aşırı düzeylerde H_2O_2 varlığında redükte glutasyonun (GSH) okside glutatona (GSSG, glutasyon disülfid) dönüşümünü katalize eder. Bu arada H_2O_2 (hidrojen peroksit)' de suya dönüştürülerek detoksifiye olur (Rencüzoğulları, 2006) .

2.4. Katalaz (CAT: EC 1.11.1.6)

Katalaz (CAT: EC 1.11.1.6), protein yapısında bol miktarda bulunan karakteristik bir enzimdir. Bu enzim yaygın bir şekilde hayvan, bitki ve mikroorganizmada mevcuttur. Ayrıca, toksik hidrojen peroksidi hücrelerden uzaklaştırmada da önemli bir rol oynar (DeDuve, 1983). Katalaz canlı organizmanın eritrosit, karaciğer, böbrek, kemik iliği ve çeşitli dokularında bulunur (Demir ve ark., 2004). Katalaz kofaktör olarak demire ihtiyaç duyar ve aktivitesi oksidatif kas fibrillerinde en yüksektir (Deaton ve Marlin, 2003). Katalaz, kataliz görevini iki farklı yoldan gerçekleştirir:

- 1) Hidrojen peroksitin parçalanması (katalitik reaksiyon)
- 2) Alifatik alkollerin peroksidasyonu (peroksidik reaksiyon) (Mavelli ve Rotilia, 1984).

Biyolojik ve biyokimyasal sistemlerde katalaz (CAT), peroksidaz (POD), glutasyon redüktaz (GSSG-Rx) ve süperoksit dismutaz (SOD) antioksidan etkiye sahip enzimlerdir. Antioksidan savunma sistemi, hücreyi serbest radikal veya diğer reaktif moleküllerin oksidatif hasarından korur. Bundan dolayı bu savunma sisteminde CAT, POD, GSSG-Rx ve SOD gibi antioksidan enzimler büyük öneme sahiptir. Serbest radikallerin zararlı etkileri hücrelerdeki antioksidan savunma sistemleri tarafından kontrol edilir (Gülçin 2002).

Daha yüksek omurgalılarda olduğu gibi balıklarda da antioksidan savunma sistemleri; hem süperoksid dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutasyon peroksidaz (GSH-Px) ve glukoz 6 fosfataz dehidrojenaz (G6PD) gibi enzimatik olan, hem de glutasyon

(GSH), spesifik proteinler (serum albumin, transferin, seruloplazmin) ve vitaminler gibi enzimatik olmayan iki savunma mekanizması tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu savunma sistemleri tüm dokular gibi kanında önemli bir savunma sistemini oluşturmaktadır. Antioksidanlar, ROS oluşumunu önleyerek ya da ROS' ları etkisiz hale getirerek etkilerini göstermektedir (Benzie, 2000). Kirleticilerin etkisine yanıtta antioksidan sistem aktivasyonu çeşitli balık türlerinde belirlenmiştir (Hai ve ark., 1997; Ahmad ve ark., 2000). Enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan sistemler, metal iyonları tarafından oluşturulan oksidatif strese karşı biyolojik savunmada önemli roller oynamaktadır (Lopes ve ark., 2001). Balıklarda oksidatif stres biyomarkırları özellikle de antioksidan enzimler sulardaki kirliliğin indikatörleri olarak kullanılmaktadır (Pandey ve ark., 2003; Fırat, 2007).

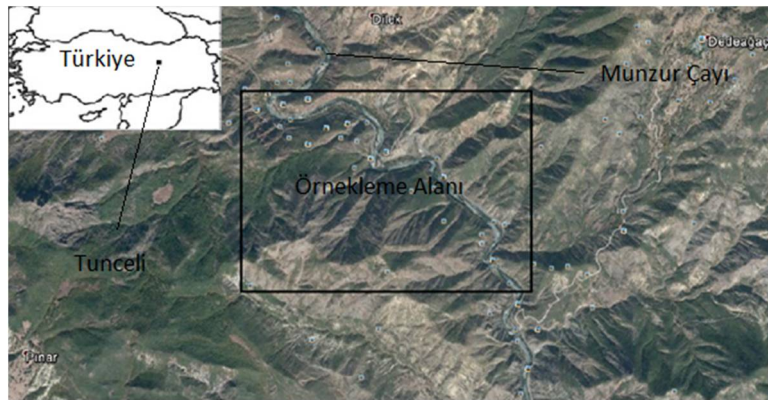
2.MATERYAL ve METOT

Bu çalışma; bir yıl süresince, Tunceli Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarları ve Tunceli Üniversitesi Merkezi ARGE Laboratuvarında (Çevre Mühendisliği) doğal ortamdan yakalanan balıklar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler TAS, TOS, SOD, CAT, GSH-P_x (Karaciğer, kas ve solungaçta) şeklindedir.

Çalışma süresince; bütün uygulama grupları için, sıcaklık (°C) günlük, tuzluluk, çözünmüş oksijen (mg/l) ve asitlik-bazlık düzeyi (pH) gibi suyun fiziksel parametreleri mevsimlik yerinde, portatif çok fonksiyonlu su ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

2.1. Alabalık temini

Proje kapsamında çalışma takvimi doğrultusunda bu dönemde mevsimsel olarak antioksidan durumların ölçümü için Munzur çayından 5' er adet örnekleme yapılmıştır. Bu örnekleme 39° 9' 2.01'' kuzey ve 39° 29' 21.93'' doğu ile 39° 10' 1.09'' kuzey ve 39° 27' 59.91'' doğu koordinatları arasında olta ile avlanmak sureti ile yapılmıştır. Yakalanan balıklardan karaciğer, solungaç ve kas dokusundan örnekleme yapılarak -80 °C' de muhafaza edilmiştir. Daha sonra da fiksasyon ve homojenizasyon işlemleri tamamlanarak çalışmalara devam edilmiştir.



Resim 2.1.1. Örnekleme alanının görünüşü

2.2. Analizlerin Yapılması

2.2.1. Diseksiyon işlemleri ve dokuların hazırlanması

Bu bölümde yapılmış olan tüm çalışmalar Tunceli Üniversitesi Merkezi ARGE Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Balıklardaki enzim aktiviteleri belirlenmesi için, *Salmo trutta macrostigma* türü balıklar kullanılmıştır. Örnekler antioksidatif enzim seviyeleri belirlenmesi amacıyla, öncelikle tartılmış ve 1/5 w/v oranında PBS tamponu (fosfatla tamponlanmış tuz solusyonu) (pH 7,4) eklenerek, buz ile birlikte homojenizatör kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler soğutmalı santrifüjde 17000 rpm' de 15 dakika santrifüj edilmiş, elde edilen süpernatantlar hemen derin dondurucuya (-86 °C) alınmış ve ölçüm işlemleri yapılmaya kadar muhafaza edilmiştir.

2.2.2. TAS Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Süpernatant örneklerinde TAS enzim aktivitesi Rel Assay Diagnostics deney kitleri (TAS Assay kit) ile mikro plaka (Thermo scientific multiscan®) okuyucuda ölçülmüştür. Bu yöntem, farklı antioksidan moleküllerinin ölçümünün ayrı ayrı yapılmasının pratik olmayışından dolayı, bunların etkilerinin bileşkesinin tespit edilmesi için geliştirilen bir yöntemdir. Çalışma prensibi örnekteki antioksidanların koyu mavi-yeşil renkli radikalleri azaltarak renksizleştirilmesi şeklindedir. 660 nm' deki absorbans değişimi örnekteki Total Antioksidan kapasite ile ilişkilendirilmiştir.

2.2.3. TOS Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Süpernatant örneklerinde TOS enzim aktivitesi Rel Assay Diagnostics deney kitleri (TOS Assay kit) ile mikro plaka (Thermo scientific multiscan®) okuyucuda ölçülmüştür. Örneklerin içinde bulunan oksidanlar Demir iyonu kenetleme maddesini oksitleyerek demir bileşiğine dönüştürür. Oksidasyon reaksiyonu reaksiyon ortamında bolca bulunan artırıcı moleküller tarafından sürdürülür. Demir iyonu asidik ortamda kromojen ile renkli bir kompleks oluşturur. Spektrofotometrik yöntem ile ölçülen renk yoğunluğu, örnekte bulunan oksidan moleküllerinin tamamı ile ilişkilendirilmiştir. TOS analizleri üretici firmanın kataloğuna bakılarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.4. Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Süpernatant örneklerinde SOD enzim aktivitesi (Cayman Chemical Company) The Cayman Chemical Superoxide Dismutase Assay Kit (Catalog No: 706002) ile 450 nm’de mikro plaka (Thermo scientific multiscan®) okuyucuda ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda kit içeriğinde verilen protokole göre standart grafik çizilmiştir. Enzim aktivitesi standart grafik kullanılarak U/ml olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda, bir ünite süperoksit radikalının %50’ sini dismutasyona uğratmak için ihtiyaç duyulan enzim miktarıdır. Yöntemin esası, ortamda oluşturulan süperoksitin, süperoksitdismutaz (SOD) enzimi ile ortadan kaldırılması ve kalan miktarın boyanarak renklenmesine dayanan ksantinoksidaz (XO) ile O² oluşturması ve bunun da NBT ile renkli bir bileşik oluşturarak bu renk şiddetinin spektrofotometrik olarak ölçülmesidir.

2.2.5. Katalaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Süpernatant örneklerinde CAT enzim aktivitesi The Cayman Chemical catalase Assay Kit (Catalog No: 706002; Cayman Chemical Company) ile kolorimetrik ölçüm yöntemi ile çalışılmıştır. Katalazın peroksidatik aktivitesinden yararlanılarak ölçülmüştür. Katalaz düşük molekül ağırlıklı alkollerle elektron alışverişinde bulunur. Örnekte bulunan katalaz enzimi, substrattaki H₂O₂’ i 37 °C’ de pH 7,4’ de H₂O ve O₂’ e dönüştürür. Geriye kalan parçalanmamış substrat (H₂O₂), kromojen madde ile sarı renkli stabil bir kompleks oluşturur. Kromojen maddenin şiddeti formaldehidle değişir. Oluşan rengin şiddeti katalaz konsantrasyonu ile ters orantılı olup 540 nm’ de, mikropilaka okuyucuda (Thermo scientific multiscan®) ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda kit içeriğinde verilen protokole göre standart grafik çizilmiştir. Enzim aktivitesi standart grafik kullanılarak nmol/dk/ml olarak hesaplanmıştır. Yöntem hidrojen peroksidin yıkımı esasına dayanmaktadır.

2.2.6. Glutasyon Peroksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Süpernatant örneklerinin GSH-PX enzim aktivitesi The Cayman Chemical Glutathione Peroxidase Assay Kit (Catalog No: 703102; Cayman Chemical Company) kullanılarak 340 nm’ de mikropilaka okuyucuda (Thermo scientific multiscan®) ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda kit içeriğinde verilen protokole göre standart

grafik çizilmiştir. Enzim aktivitesi standart grafik kullanılarak nmol/dk/ml olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda 1 ünite 25 °C' de 1 dakikada 1 nmol NADPH' ı NADP' ya okside edebilen enzim miktarıdır. Bu çift enzim yöntemi, GSH-Px ile hidrojen peroksitin (H₂O₂) redüksiyonunu ve glutatyon redüktaz ile NADPH' ın NADP' ye oksidasyonuna dayanmaktadır. Enzim aktivitesi 25 °C' de NADPH' ın NADP' ye oksidasyonu sonucunda reaksiyon içeriğinin optik dansitesinde azalma olması ile belirlenir. Böylelikle glutatyon redüktaz ile çift reaksiyona giren GSH-P_x aktivitesi indirekt olarak ölçülmüştür.

2.2.7. İstatistiksel Analiz

Veriler SPSS-15 (Çok Yönlü Regresyon Analizi ve AN(C)OVA) programı ile analiz edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Balıkların morfolojik özellikleri

Çalışmada toplam 36 adet alabalık kullanılmıştır. Balıkların total boyları $31,30 \pm 2,39$ cm, çatal boyları $28,30 \pm 2,10$ cm olarak ölçülmüştür. Çalışmada kullanılan alabalıkların görünümü Şekil 3.1.1.' de, alabalıklardan alınan örneklerin görünümü Şekil 3.1.2.' de görülmektedir.



Resim 3.1.1. Çalışmada kullanılan alabalıkların görünümü



Resim 3.1.2. Alabalıklardan alınan örneklerin görünümü

3.2. Su kalite parametreleri

Sıcaklık, oksijen, tuzluluk ve pH ölçümleri Tablo 3.2.1.' de verilmiştir.

Tablo 3.2.1. Su kalite parametreleri

Parametreler	Sıcaklık	Oksijen	pH	Tuzluluk
İlkbahar	5,80	11,91	8,29	0,13
Yaz	14,10±2,01	9,81	8,35	0,28
Sonbahar	11,30±2,01	11,20	8,62	0,29
Kış	4,10±2,01	12,88	8,69	0,19

3.3. Biyokimyasal analizler

Çalışma sonunda yapılan analizlerde kas dokusu, karaciğer ve solungaçtan elde edilen antioksidan seviyesi değerleri Tablo 3.3.1.1., Tablo 3.3.1.2., Tablo 3.3.2.1., Tablo 3.3.3.1. ve Tablo 3.3.4.1.' de verilmiştir.

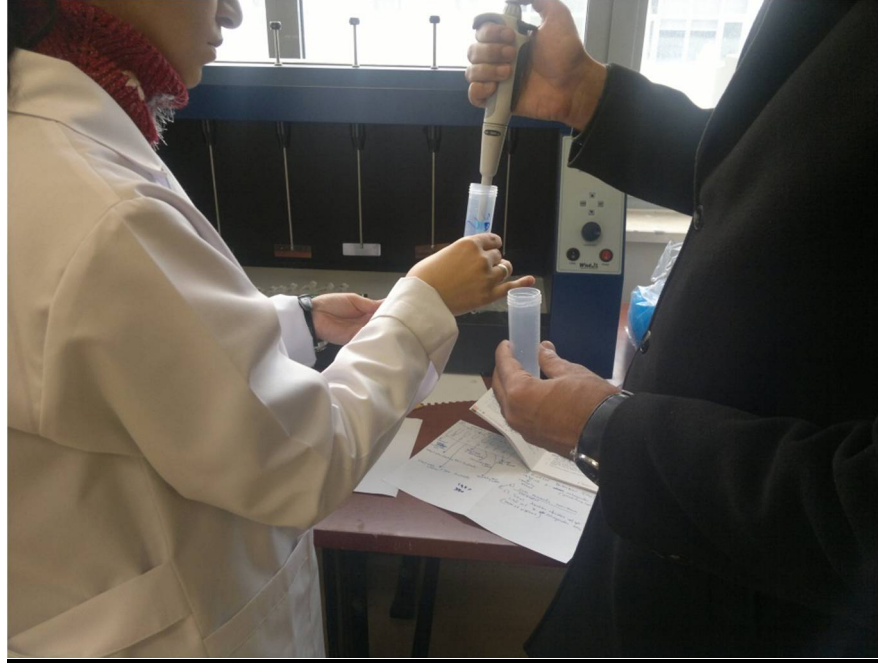
Bu aktivitelerle ilgili bulgular aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu çalışmalarda yapılan işlemler; örneklerin vortekslenmesi (homojenize edilmesi) Şekil 3.3.1' de, solüsyonların hazırlanması Şekil 3.3.2.a ve Şekil 3.3.2.b' de, pipetleme işlemleri Şekil 3.3.3' de ve verilerin okunması (spektroskopi) Şekil 3.3.4' de görülmektedir.



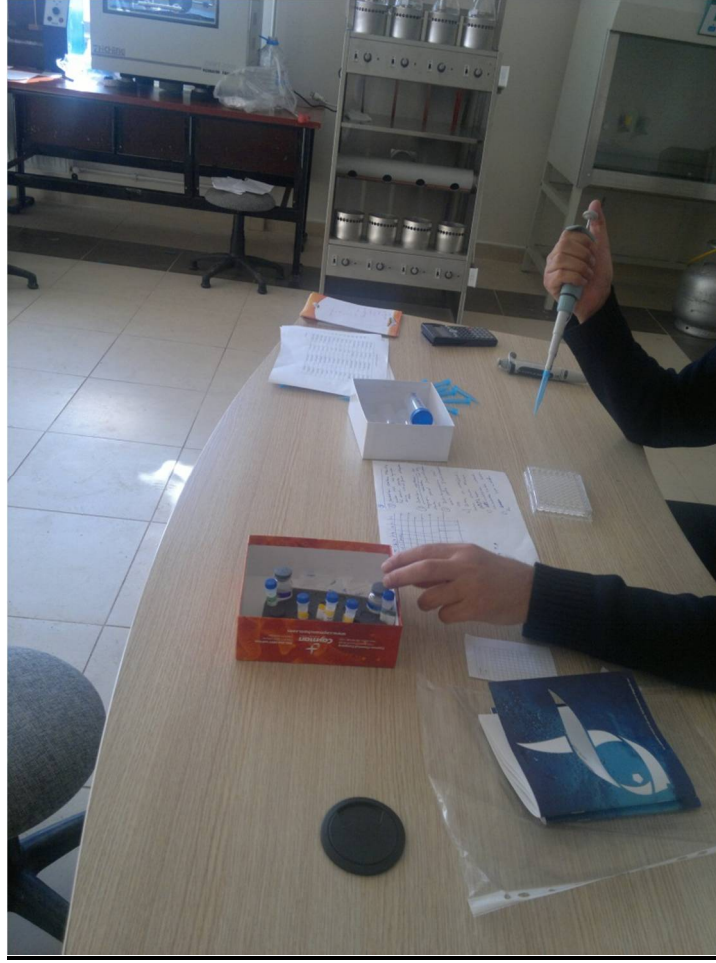
Resim 3.3.1. Örneklerin vortekslenmesi (homojenize edilmesi)



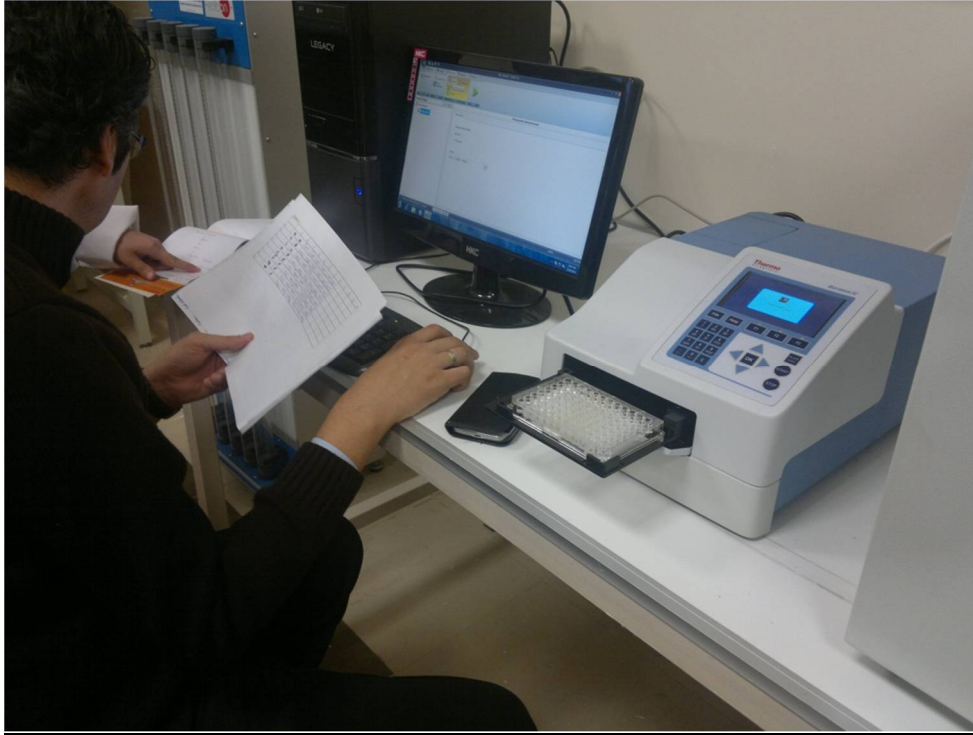
Resim 3.3.2.a. Solusyonların hazırlanması



Resim 3.3.2.b. Solusyonların hazırlanması



Resim 3.3.3. Pipetleme işlemleri



Resim 3.3.4. Verilerin okunması (spektroskopi)

3.3.1. TAS ve TOS Enzim Aktiviteleri

TAS aktivitesi solungaçlarda mevsimlere bağı olarak değişme göstermez iken ($p>0.05$), kasta ve karaciğerde yaz döneminde en fazla bulunmuş olup diğerlerinden farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Aynı mevsim dokular arasında değerlendirildiğinde ise; İlkbahar döneminde solungaçtaki TAS aktivitesi en düşük bulunmuş olup diğerlerinden farklılık göstermiştir. Yazın yine solungaçta en düşük değer tespit edilirken, en yüksek değere karaciğerde raslanmıştır ($p<0,05$). Sonbaharda ve kış mevsiminde ise yine solungaçta en düşük değer bulunmuş, en yüksek TAS seviyeleri ise yine karaciğerde tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.3.1.1.).

Tablo 3.3.1.1. *Salmo trutta macrostigma*'nın farklı dokularındaki TAS durumlarının doku tipine ve mevsimlere bağı olarak karşılaştırılması

TAS (mmol/L)	Kas	Solungaç	Karaciğer
İlkbahar	2,905±0,175 ^{ABb}	2,670±0,149 ^{Aa}	3,039±0,045 ^{Ab}
Yaz	3,149±0,362 ^{Bab}	2,617±0,085 ^{Aa}	3,608±0,468 ^{Bb}
Sonbahar	2,768±0,119 ^{ABa}	2,574±0,183 ^{Aa}	3,109±0,250 ^{ABb}
Kış	2,608±0,328 ^{Ba}	2,540±0,046 ^{Aa}	3,190±0,183 ^{ABb}

Aynı mevsim, farklı doku ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemi küçük harflerle gösterilmiştir.

Farklı mevsim, aynı doku ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemi büyük harflerle gösterilmiştir.

TOS aktivitesi solungaçlarda ve karaciğerde sonbaharda artarken, kas dokusundaki enzim aktivitesi yaz mevsiminde en düşük değerde ölçülmüştür ($p<0.05$).

TOS aktivitesi aynı mevsimde dokular arasında değerlendirildiğinde; yaz ve sonbahar dönemlerinde kasta, solungaç ve karaciğer dokularından düşük değerlere rastlanmıştır ($p<0.05$). Diğer dönemlerde dokular arasında önemli fark görülmemiştir. (Tablo 3.3.1.2.)

Tablo 3.3.1.2. *Salmo trutta macrostigma*'nın farklı dokularındaki TOS durumlarının doku tipine ve mevsimlere bağlı olarak karşılaştırılması

TOS ($\mu\text{mol/L}$)	Kas	Solungaç	Karaciğer
İlkbahar	26,494 \pm 2,487 ^{Aa}	28,092 \pm 5,628 ^{Aa}	26,391 \pm 2,763 ^{Aa}
Yaz	22,135 \pm 4,027 ^{Bb}	26,192 \pm 1,133 ^{Aa}	28,179 \pm 0,953 ^{Aa}
Sonbahar	27,717 \pm 1,111 ^{Ab}	41,077 \pm 2,855 ^{Ba}	38,360 \pm 1,776 ^{Ba}
Kış	28,216 \pm 0,939 ^{Aa}	28,521 \pm 0,864 ^{Aa}	30,933 \pm 2,843 ^{Aa}

Aynı mevsim, farklı doku ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemi küçük harflerle gösterilmiştir.

Farklı mevsim, aynı doku ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemi büyük harflerle gösterilmiştir.

3.3.2. SOD Enzim Aktiviteleri

SOD aktivitesi için aynı mevsim içindeki organlar arası farklılıklar değerlendirildiğinde; bütün mevsimlerde karaciğerdeki SOD miktarı en yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Mevsimlere göre değerlendirildiğinde kasta ilkbaharda; karaciğerde yazın ve solungaçlarda sonbaharda SOD aktivitesinin arttığı bulunmuştur. (Tablo 3.3.2.1.).

Tablo 3.3.2.1. *Salmo trutta macrostigma*'nın farklı dokularındaki süperoksit dismutaz (SOD) durumlarının doku tipine ve mevsimlere bağlı olarak karşılaştırılması

SOD (U/ml)	Kas	Solungaç	Karaciğer
İlkbahar	0,043 \pm 0,01 ^{Ba}	0,048 \pm 0,01 ^{Ba}	0,19 \pm 0,03 ^{Ab}
Yaz	0,029 \pm 0,01 ^{ABa}	0,025 \pm 0,01 ^{Aa}	0,24 \pm 0,02 ^{Ab}
Sonbahar	0,025 \pm 0,01 ^{Aa}	0,070 \pm 0,02 ^{Cb}	0,23 \pm 0,01 ^{Ac}
Kış	0,025 \pm 0,01 ^{Aa}	0,038 \pm 0,01 ^{ABa}	0,21 \pm 0,04 ^{Ab}

Aynı mevsim, farklı doku ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemi küçük harflerle gösterilmiştir.

Farklı mevsim, aynı doku ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemi büyük harflerle gösterilmiştir.

3.3.3. GSH-Px Enzim Aktiviteleri

Dokulardaki en yüksek GSH-Px aktivitesi yaz mevsiminde elde edilmiş ($p<0,05$) olup karaciğerdeki GSH-Px aktivitesinde artış görülmesine rağmen dokular arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). (Tablo 3.3.3.1.).

Tablo 3.3.3.1. *Salmo trutta macrostigma*'nın farklı dokularındaki glutatyon peroksidaz (GPX) durumlarının doku tipine ve mevsimlere bağlı olarak karşılaştırılması

GSH-Px (nmol/dk/ml)	Kas	Solungaç	Karaciğer
İlkbahar	78,95±16,00 ^{Aa}	75,45±3,26 ^{Aa}	82,70±9,96 ^{Aa}
Yaz	183,27±20,44 ^{Ba}	142,91±16,52 ^{Ba}	206,82±23,30 ^{Ba}
Sonbahar	55,61±4,26 ^{Aa}	59,98±12,85 ^{Aa}	92,96±20,08 ^{Aa}
Kış	52,33±4,63 ^{Aa}	51,32±5,18 ^{Aa}	53,67±4,26 ^{Aa}

Aynı mevsim, farklı doku ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemi küçük harflerle gösterilmiştir.

Farklı mevsim, aynı doku ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemi büyük harflerle gösterilmiştir.

3.3.4. Katalaz Enzim Aktiviteleri

Katalaz aktivitesi için aynı mevsim farklı dokular arasında değerlendirme yapıldığında; dokular arasında mevsimsel fark görülmezken, kas dokusunda yaz ve sonbahar aylarında, solungaçlarda kışın, karaciğerde ise yaz ve kış aylarında önemli artış olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). (Tablo 3.3.4.1.).

Tablo 3.3.4.1. *Salmo trutta macrostigma*'nın farklı dokularındaki katalaz (CAT) durumlarının doku tipine ve mevsimlere bağı olarak karşılaştırılması

CAT (nmol/dk/ml)	Kas	Solungaç	Karaciğer
İlkbahar	20,40±4,90 ^{Aa}	31,02±3,68 ^{Aa}	23,25±6,37 ^{Aa}
Yaz	28,90±4,60 ^{Ba}	32,80±3,69 ^{Aa}	30,45±5,74 ^{Ba}
Sonbahar	26,72±1,20 ^{Ba}	23,10±2,13 ^{Ba}	24,12±3,78 ^{Aa}
Kış	22,52±5,35 ^{Aa}	34,70±5,03 ^{Aa}	27,92±5,21 ^{Ba}

Aynı mevsim, farklı doku ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemi küçük harflerle gösterilmiştir.

Farklı mevsim, aynı doku ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemi büyük harflerle gösterilmiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

SOD, CAT ve GSH-P_x başlıca üç antioksidan enzimidir (Wilhelm Filho, 1993). SOD bir oxidoreductase' dir ve oksidative strese karşı ilk savunmayı sağlar. SOD oksijenin suya ve hidrojen peroksit'e dönüştürülmesini hızlandırır. SOD' un etkinliği CAT ve GSH-P_x ile işbirliğine bağlıdır (Parihar ve ark. 1997; Pandey ve ark., 2003). Gabryelak ve ark. (1983) ve Palace ve Klaverkamp (1993) balıklardaki antioksidan savunmanın daha soğuk kış aylarına kıyasla ilkbahar ve yazın daha güçlü olduğunu öne sürmüştür. Fakat Ronisz ve ark., (1999) eelpout *Zoarces viviparous* (L)' ta GSH-P_x ve CAT aktiviteleri ve su sıcaklığı arasında bir ilişim rapor etmemiştir. Bu çalışmada ise özellikle karaciğerde yazın SOD aktivitesinin arttığı bulunurken, en yüksek GSH-P_x aktivitesi yaz mevsiminde elde edilmiş ve Gabryelak ve ark. (1983) ve Palace ve Klaverkamp (1993)' in yaptıkları çalışmalara paralellik göstermiştir. Bununla beraber, katalaz aktivitesinde ise kas dokusunda yaz ve sonbahar aylarında, solungaçlarda kışın, karaciğerdeyse yaz ve kış aylarında önemli artış olduğu tespit edilmiş olup bu çalışmalardan farklılık göstermiştir. Başka bir çalışmada, temel karaciğer antioksidan enzimi aktivitelerinin artan sıcaklıkla ilgisi olmadığı fakat çalışılan 3 balık türünde de sonbaharda değiştiği tespit edilmiştir. Balıkların bu dönemde oksidatif stres yaşadıkları öne sürülmüş ve bu da üreme dönemi öncesi ile ilişkilendirilmiştir. Buna ek olarak, sıcaklıkta hızlı bir düşüşün, gün ışığında artışın ve yağış miktarında bir artışın balıklarda strese neden olabileceğinden bahsedilmiştir (Aras ve ark., 2009).

Yine aynı araştırmacılar (Aras ve ark., 2009) yaptıkları çalışmada genel olarak, SOD, GSH-P_x, CAT, G₆PD, GR ve GST aktivitelerini çalışılan 3 farklı türün de karaciğerlerinde solungaçlara kıyasla daha yüksek bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da, karaciğerdeki özellikle SOD ve GSH-P_x aktiviteleri tüm mevsimlerde diğer çalışılan organlardan daha yüksek bulunmuştur.

Serbest radikaller ve diğer reaktif oksijen türleri (ROS) bütün aerobik hücreler tarafından üretilir. (Winston ve Di Giulio, 1991). ROS' un negatif etkilerini minimize etmek için diğer vertebratlar (omurgalılar) gibi balıklar da bir antioksidan savunma sistemine sahiptir. Bu sistemde ana enzimatik aktörler SOD (superoxide dismutase), CAT (katalaz), GSH-P_x (glutathione peroxidase), GR (glutathione reductase), (glucose-6-

phosphate dehydrogenase (G₆PD) ve GST (glutathione S-transferase) olarak bildirilmiştir (Halliwell ve Gutteridge, 1989; Bayir, 2005). Ayrıca, TAS (Total Antioxidant Status) çok geniş sınırlardaki antioksidan moleküllerinin toplam dağılımını temsil eden nicel bir ölçümdür (Prior ve Cao, 1999). Bu çalışmada, TAS aktivitesi solungaçlarda mevsimlere bağlı olarak değişme göstermez iken, kasta ve karaciğerde yaz döneminde en fazla bulunmuştur. Bütün mevsimlerde solungaçtaki TAS aktivitesi en düşük bulunmuş, en yüksek değerlere karaciğerde raslanmıştır. TOS aktivitesi solungaçlarda ve karaciğerde sonbaharda artarken kas dokusundaki enzim aktivitesi yaz mevsiminde en düşük değerde ölçülmüştür. TOS aktivitesi aynı mevsimde dokular arasında değerlendirildiğinde; yaz ve sonbahar dönemlerinde kasta, solungaç ve karaciğer dokularından düşük değerlere rastlanmıştır. Diğer dönemlerde dokular arasında önemli fark görülmemiştir. Mevsimler ve buna bağlı su debisi, yağış gibi iklimsel etkenler ile türün üreme ve beslenme gibi biyolojik özelliklerine bir de ortamdaki kirletici etkenler de eklendiğinde bu çalışmalar arasındaki farklılıkları açıklamak zordur. Fakat gelişimsel ve metabolik döngüler, yiyeceğe erişim, sıcaklık ve büyüme gibi çevresel faktörler ile üreme aktiviteleri gibi iç kaynaklı faktörlerin sonuçları etkileyebilecek karmaşık ilişkileri yansıtabilmektedir (Gabbott., 1983). Bu nedenle bu gibi çalışmalarda toplam dağılımı temsil eden TAS ve TOS aktivitelerinin de ölçülmesi yorumlamalar için faydalı olacaktır.

5. ÖNERİLER

Munzur alası, doğal olarak sadece ülkemizde Tunceli ilinde bulunan Munzur Çayı'nda ve bazı çevre derelerinde mevcut olan bir ekotiptir. Bu çalışmada, bu türün mevsimsel olarak farklı dokularındaki antioksidan enzim aktivitelerinin durumları belirlenerek türe özgü özellikler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar bu türle ve Munzur Çayı ile yapılacak gelecekteki çalışmalara veri tabanı oluşturacaktır.

Munzur alası kültüre alınma çalışmaları devam eden bir tür olup, elde edilen bulguların referans olarak değerlendirilmesi, buna göre çalışmalara yön verilmesi gelecekteki çalışmalara ışık tutacaktır. Balıklardaki antioksidan enzim aktivitelerinin durumu mevsimsel olarak farklılıklar göstermesi ile birlikte habitat, cinsiyet, yaş, yıl, eşeyssel olgunluk ve üreme dönemine bağlı olarak farklılıklar gösterebilir. Bu nedenle bu türün antioksidan özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları farklı boylarda ve lokasyonlarda, üreme özellikleri de göz önünde bulundurularak çalışmaların zenginleştirilmesi ve bazı bilinmeyen faktörlerin ortaya çıkarılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, F., Ali, S. S., Shakoori, A.,** 1995. Sublethal effects of danitol (Fenprothrin), a synthetic pyrethroid, on freshwater chinese grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *Folia. Biol.* (Krakow), 43, 151-159.
- Akgül, E.,** 2014. Farklı konsantrasyonlarda 2-fenoksietanol'ün farklı su sıcaklıklarında Munzur alası (*Salmo trutta Sp.*) yavruları üzerine olan anestezi etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Tunceli.
- Aras, N.M., Bayır, A., Sırkecioglu, A.N., Bayır, M., Aksakal E. ve Hahloglu, H.I.,** 2009. Seasonal changes in antioxidant defence system of liver and gills of *Salmo trutta caspius*, *Salmo trutta labrax* and *Salmo trutta macrostigma*. *Journal of Fish Biology*, 74: 842–856. doi: 10,1111/j.1095-8649.2008.02164.x
- Aslan, M., Cosar, N., Celik, H., Aksoy, N., Dulger, A. C., Bejenik, H., Soyoral, U., Kucukoglu, M.E., Selek, S.,** 2011. Evaluation of oxidative status in patients with hyperthyroidism. *Endocrine*. Oct;40 (2) : 285-9.
- Atabeyoğlu, K.,** 2011. Bazı ağır metallerin subletal dozlarının gökkuşuğu alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Katalaz, Süperoksit dismutaz, Glutasyon Peroksidaz 6 enzim aktiviteleri ve mRNA ekspresyonları üzerine etkileri. A. Ü. Fen Bil. Enst. *Doktora Tezi*. Erzurum.
- Barim, O.,** 2010. Karatepe M., The Effects of Pollution on the Vitamins A, E, C, B-Carotene Contents and Oxidative Stress of The Freshwater Crayfish, *Astacus leptodactylus* *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73,138–142.
- Bayır, A.,** 2005. The investigation of seasonal changes in antioxidant enzyme activities, serum lipids, lipoproteins and hematological parameters of siraz fish (*Capoeta capoeta umbla*) living in Hınıs Stream (Murat Basin). PhD Thesis, Atatürk University, Erzurum, Turkey. Gabbott, P. A. (1983). Developmental and seasonal metabolic activities in marine molluscs. *In The Mollusca: Their Ecology and Physiology* (Hochachka, P. W., ed.), pp. 165–217. London: Academic Press.
- Benze, I. F. F.,** 2000. Evolution of antioxidant defence mechanisms. *Eu. J. Nut.*, 39, 2: 53–61.
- Brauner J.C.,** 1999. The effect of diet and short duration hyperoxia exposure on seawater transfer in coho salmon smolts (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*.177: 257-265.
- Can, E., Kurtoğlu, İ. Z., Benzer, F., Kocabaş, M., Kızak, V., Kayım, M., Çelik H. T.,** 2012. The Effects of Different Dosage of Kefir on Growth Performances and Antioxidant System in the Blood and Liver Tissues of Çoruh Trout (*Salmo coruhensis*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12(5), 277-283.

- Choi, W., Benzig, F., Collins, A., Hannigon, M., Strain, J.,** 2004. Vitamin C and E: Acut interactive effects on biomarkers of antioxidant defance and oxidative stres. *Mutation Research*. 551: 109-117.
- Çelikkale, M. S.,** 2002. İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği Kitabı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Yayın No: 124, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası* Trabzon, 419 s.
- Davies, K. J. A.,** 2000. An overview of oxidative stress. *IUBMB Life*, 50, 241-244.
- Deaton, C.M., Marlin, D.J.,** 2003. Exercise-Associated Oxidative Stress, *Clinical Techniques in Equine Practice*, 3, 278-291.
- DeDuve, C.,** 1983. Microbodies in the living cells. *Sci. Am.*, 248,42-52.
- Demir, H., Akkoyun H.T., Çimen Ç., Çelik İ.,** 2004. İnsan eritrositlerinden ve rat eritrositlerinden katalaz enzimi aktivitesi üzerinde bazı ilaç ve antibiyotiklerin (in vivo) inhibisyon kinetiğinin incelenmesi. XVII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Çukurova Üniversitesi, 21–24 Haziran, Adana.
- Esenbuğa, H.,** 2013. Sds (sodium dodecyl sulphate)'nin farklı dozlarının Gökkuşuğu alabalığı (*oncorhynchus mykiss*)'nin yüzme Performansı, hematoloji parametreleri ve bazı Antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Erzurum.
- Fang, Y.Z., Yang, S., Wu, G.,** 2002. Free radicals, antioxidants and nutrition. *Nutrition*, 18: 872-879.
- Fernandes, A., Cromorty, D., Albercht, C., Jonson, C.,** 2004. The antioxidant potential of sutherlandia frutescens. *Journal of Ethnopharmacology*. 95: 1-5.
- Frank, L., Massaro, D.,** 1980. Oxygen toxicity. *The American Journal of Medicine*, 69, 117-126.
- Fırat, Ö.,** 2007. *Oreochromis niloticus*'ta Metal (Zn, Cd) Ve Metal Karışımının (Zn+Cd) Kan Dokusunda Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı. *Doktora Tezi*. Adana.
- Fridovich, I.,** 1986. Superoxide dismutases. *Meth. Enzymol.*, 58, 61-97.
- Gabbott, P. A.,** 1983. Developmental and seasonal metabolic activities in marine molluses. In, *The Mollusca*, Vol. 2. Environmental biochemistry and physiology, edited by P. W. Hochachka, Academic Press, New York, pp. 165-217.
- Gabryelak, T., Piatkowska, M., Leyko, W., Peres, G.,** 1983. Seasonal variations in the activities of peroxide metabolism enzymes in erythrocytes of freshwater fish species. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 75 C, 383-385.
- Gök, V., Kayacıer, A., Telli, R.,** 2006. Hayvansal ve mikrobiyal kaynaklı doğal antioksidanlar. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 2: 35-40.

- Guemouri, L., Artur, Y., Herbeth, B., Jeandel, C., Cuny, G., Siest, G.,** 1991. Biological Variability of Superoxide Dismutase, Glutathione Peroxidase and Catalase in Blood. *Clinical Chemistry*. 37, 11, 1932-1937.
- Gülçin, İ.,** 2002. Isırgan Otuunun (*Urtica dioica*) Antioksidant Aktivitesinin Belirlenmesi, Oksidatif Enzimlerin Karakterizasyonu ve Bazı İN VİVO Etkilerinin İncelenmesi. *Doktora Tezi*. Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Enst. Kimya Anabilim Dalı, Erzurum.
- Keleştemur, G. T., Özdemir, Y.,** 2011. Balıklarda Antioksidan Savunma ve Oksidatif Stres. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 4(1): 69-73, 2011
- Hai, D. Q., Varga, S. I., Matkovics, B.,** 1997. Organophosphate effects on antioxidant system of Carp (*Cyprinus carpio*) and Catfish (*Ictalurus nebulosus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 117C, 1: 83–88.
- Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C.,** 1999. Free Radicals in Biology and Medicine. Oxford: Oxford University Press.
- Kocabaş, M.,** 2009. Türkiye doğal alabalık (*Salmo trutta*) Ekotiplerinin Kültür Şartlarında Büyüme Performansı ve Morfolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Doktora Tezi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kolaylı, S.,** 1996. Tatlı Su ve Deniz Suyunda Yetişen Gökkuşluğu (*Salmo gairdneri*) Türü Alabalıklarda Bazı Antioksidan Enzim Aktiviteleriyle Lipit Peroksidasyon Seviyeleri. *Doktora Tezi*. Karadeniz Teknik Üniv. Sağlık Bilimleri Enst. Biyokimya Anabilim Dalı, Trabzon.
- Lopes, P.A., Pinheiro, T., Santos, M.C., Mathias, M.DA L., Collarespereira, M. J., Viegas-Crespo, A.M.,** 2001. Response of Antioxidant Enzymes in Freshwater Fish Populations (*Leuciscus Alburnoides Complex*) to Inorganic Pollutants Exposure. *The Science of The Total Environment*, 280, 153-163.
- Mavelli, I., Rotilio, G.,** 1984. Enzymatic Protection Against Intracellular Oxidative Processes, Advances On Oxygen Radicals and Radioprotectors, *Edizioni Scientifiche*, 65-80.
- McCarthy, T., Kery, J.P., Kery, J.F., Lynch, P.B., Buckley D.J.,** 2001. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/ plant extracts as compared with synthate antioxidants and vitamin e in raw and cooked pork patties. *Meat Science*. 57: 45-52.
- Palace, U. P., Klaverkamp, J. F.,** 1993. Variation of hepatic enzymes in three species of freshwater fish from precambrian shield lakes and the effect of cadmium exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 104 C, 147-154.
- Pandey, S., Parvez, S., Sayeed, I., Haque, R., Bin-hafeez, B., Raisuddin, S.,** 2003. Biomarkers of oxidative stress: a comparative study of river Yamuna fish Wallago atto. *The Science of the Total Environment*, 309: 105-115.
- Parihar, M. S., Javeri, T., Hemnani, T., Dubey, A. K., Prakash, P.,** 1997. Responses of superoxide dismutase, glutathione peroxidase and reduced glutathione antioxidant

defenses in gills of the freshwater catfish (*Heteropneustes fossilis*) to short-term elevated temperature. *Journal Thermal Biology*, 22 (2), 151-156.

- Prior, R.L., Cao, G.,** 1999. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. *Free Radical Biology and Medicine*, 27: 1173–1181. doi: 10.1016/S0891-5849(99)00203-8.
- Rabus, M., Demirbağ, R., Sezen, S., Konukoğlu, O., Yıldız, A., Erel, Ö., Zeybek, R., Yakut, C.,** 2008. Plasma and tissue oxidative stress index in patients with rheumatic and degenerative heart valve disease. *Türk Kardiyol Dern Arş - Arch Turk Soc Cardiol*; 36(8): 536-540.
- Rencüzoğulları, N.,** 2006. Ratlarda Deneysel Olarak Oluşturulan Kadmiyum Toksikasyonu Üzerine Likopenin Etkilerinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Hatay.
- Ricciarelli, R., Argellati, F., Pronzato, M., Donenicotti, C.,** 2007. Vitamin E and neurodegenerative diseases. *Molecular Aspects of Medicine*. 27: 2067-2997.
- Ritola, O., Livingstone, D.R., Peters, L.D., Lind, P.S.,** 2002. Antioksidant processes are affected in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to ozone and oxygen-supersaturated water. *Aquaculture*. 210: 1-19.
- Ronisz, D., Joakim Larsson, D. G., Förlin, L.,** 1999. Seasonal variations in the activities of selected hepatic biotransformation and antioksidant enzymes in eelpout (*Zoarces viviparus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 124 C, 271-279.
- Sun, T., Hu, C.,** 2005. Antioxidant activities of buckwheat extracts. *Food Chemistry*. 90: 743-749.
- Steenvoorden, D.P., Hasselbaink, D.M., Beijersbergen van Henegouwen, G.M.,** (1998) Protection against UV-induced reactive intermediates in human cells and mouse skin by glutathione precursors: a comparison of N-acetylcysteine and glutathione ethylester. *Photochem Photobiol* 67: 651-656.
- Van der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen, N. P. E.,** 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13, 57-149.
- Wang, Y., Chien, Y., Pan, T.,** 2006. Effect of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus*. *Aquaculture*. 261: 641-648.
- Wilhelm, F. D., Giulivi, C., Boveris, A.,** 1993. Antioxidant defences in marinefish. I. Teleosts. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 106 C, 409-413.
- Quiles, J., Huertas, J., Batine, M., Mataix, J., Tortosa, C.,** 2002. Antioxidant nutrients and adriamycin toxicity. *Toxicology*. 180: 79-95.

Winston, G. W., Di Giulio, R. T., (1991). Prooxidant and antioxidant mechanisms in aquatic organisms. *Aquatic Toxicology*. 19, 137–161.

Yılmaz, İ., 1995. 3- Metilokolantrenin Sıçanların Yaşlanma Sürecinde Radikal Süpürücü Enzimler ve Toplam Glutasyon Düzeyine Olan Etkisi, İnönü Üniversitesi, *Doktora Tezi*.

Yılmaz, M., 2010. Bazı Pestisitlerin Sıçan Dokularındaki Asetilkolinesteraz ve Antioksidan Enzim Aktiviteleri İle Malondialdehit Düzeyine Etkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı *Doktora Tezi*.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Muğla' nın Datça ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Datça' da, orta öğrenimini ve lise öğrenimini İzmir' de tamamladı. 1994 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü' nden 1998 yılında mezun oldu. 25.09.2011 tarihinden beri Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı' nda Yüksek Lisans öğrenimi devam etmektedir.

1998' den beri yaklaşık 10 yıl boyunca özel sektörde çalıştıktan sonra 2011 yılından itibaren Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı bünyesinde Su Ürünleri Mühendisi olarak çalışmaktadır.