

PULLU SAZAN (*Cyprinus carpio*)'IN BAZI DOKULARINDAKİ ANTiOKSiDAN ENZİM  
AKTİVİTELERİ VE LİPİD PEROKSİDASYONU ÜZERİNE BOR (B)'UN ETKİLERİNİN  
İNCELENMESİ

İrfan YETEK

Yüksek Lisans Tezi

Biyoloji Anabilim Dalı

Ekim-2015

PULLU SAZAN (*Cyprinus carpio*)'IN BAZI DOKULARINDAKİ ANTIOKSİDAN ENZİM  
AKTİVİTELERİ VE LİPİD PEROKSİDASYONU ÜZERİNE BOR (B)'UN ETKİLERİNİN  
İNCELENMESİ

İrfan YETEK

Dumlupınar Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca  
Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Kazım UYSAL

Ekim - 2015

**KABUL VE ONAY SAYFASI**

İrfan YETEK'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı Pullu Sazan (*Cyprinus carpio*)'ın Bazı Dokularındaki Antioksidan Enzim Aktiviteleri ve Lipid Peroksidasyonu Üzerine Bor (B)'un Etkilerinin İncelenmesi başlıklı bu çalışma, jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

26/10/ 2015

Üye: Prof. Dr. Hayri DAYIOĞLU

Üye: Doç. Dr. Kazim UYSAL

Üye: Yrd. Doç. Dr. Esengül KÖSE

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... gün ve .....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hasan GÖÇMEZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %19 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Doç. Dr. Kazım UYSAL

İrfan YETEK

Danışman Adı Soyadı

Öğrenci Adı Soyadı

İmzası

İmza

**PULLU SAZAN (*Cyprinus carpio*)'ın BAZI DOKULARINDAKİ ANTİOKSİDAN  
ENZİM AKTİVİTELERİ VE LİPİD PEROKSİDASYONU ÜZERİNE BOR (B)'UN  
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

İrfan YETEK

Biyoloji Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2015

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Kazim UYSAL

**ÖZET**

Bu çalışmada; Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretme ve Eğitim Enstitüsü (Kepez/Antalya)'nden getirilen  $11.49 \pm 0.24$  cm boyunda,  $21.77 \pm 1.29$  g ağırlığındaki *Cyprinus carpio* türü balıklar 30 günlük alıştırmaya sürecinin ardından 10 mg/L bor (B)'a maruz bırakılmıştır. 30 günlük bor maruziyetinin ardından *Cyprinus carpio*'nun farklı dokularındaki bor akümüülasyonu, antioksidan enzimlerden katalaz (CAT), karbonik anhidraz (CA) ve glukoz 6 fosfat dehidrogenaz (G-6-PD) aktiviteleri ile bir lipid peroksidasyon ürünü olan malondialdehit (MDA) düzeyleri araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda derinin CAT, G-6-PD aktiviteleri ve MDA düzeyleri, kas dokunun CA aktivitesi, göz dokunun MDA düzeyleri hariç diğer dokuların enzim aktivitelerinin önemli düzeyde etkilenmediği gözlenmiştir. 10 mg/L bor konsantrasyonuna maruz kalan balıklarda oksidatif strese bağlı hasarın yüksek olmadığı söylenebilir. Farklı dokulardaki bor biyoakümüülasyon düzeyleri incelendiğinde ise istatistiki önemi olmamakla birlikte genelde 10 mg/L bor konsantrasyonuna maruz kalan balıklarda bor biyoakümüülasyonunun kontrol grubu balıklardan daha fazla olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Bor, biyoakümüülasyon, *Cyprinus carpio*, enzim aktivitesi.

**THE INVESTIGATION OF ANTIOXIDANT ENZYME ACTIVITIES AND  
EFFECTS OF BORON (B) ON LIPID PEROXIDATION OF SOME TISSUES OF  
COMMON CARP (*Cyprinus carpio*)**

İrfan YETEK

Department of Biology, Post Graduate Thesis, 2015

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Kazim UYSAL

**SUMMARY**

In this study, *Cyprinus carpio* species specimens brought from The Mediterranean Fisheries Research, Production and Training Institute (Kepez, Antalya) with  $11.49 \pm 0.24$  cm length and  $21.77 \pm 1.29$  g weight were exposed to 10 mg/L Boron (B) after 30 days of acclimation. After the 30 days of boron exposure, the boron bioaccumulation, the antioxidant enzymes such as catalase (CAT), carbonic anhydrase (CA) and glucose-6-phosphate dehydrogenase (G-6-PD) enzyme activities and a lipid peroxidation product called malondialdehyde (MDA) levels in different tissues of *Cyprinus carpio* were investigated. At the end of study, with the exceptions of the CAT, G-6-PD activities and MDA levels of skin, CA activity of muscle and MDA level of eye tissues, the enzyme activities of other tissues were not affected at important levels. The oxidative stress dependent damage in the fishes exposed to 10 mg/L boron concentration was not so high. However, the boron bioaccumulation levels in different tissues of fish exposed to 10 mg/L Boron were higher compared to bioaccumulation of control group but without statistical importance.

**Keywords:** Boron, bioaccumulation, *Cyprinus carpio*, enzyme activity.

## TEŞEKKÜR

Çalışmanın her adımında benden desteğini ve bilgisini esirgemeyen, bana ışık tutan ve sabırla beni yönlendiren değerli hocam Sayın Doç. Dr. Kazım UYSAL'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Yüksek lisans eğitimim ve öğrenimim süresince bilgi ve birikimlerinden faydalandığım Prof. Dr. Metin BÜLBÜL'e, Dumlupınar Üniversitesi Biyokimya Bölümü Arş. Gör. Ekrem TUNCA'ya, Dumlupınar Üniversitesi Biyoloji Bölümü Zooloji Bilim Dalı doktora öğrencisi Mustafa KAVASOĞLU'na ve Dumlupınar Üniversitesi Biyoloji Bölümü Zooloji Bilim Dalı yüksek lisans öğrencisi Yıldız ÇOLAK'a ayrı ayrı teşekkür ederim.

Eğitim ve öğrenim hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen annem, babam ve eşim Burcu YETEK başta olmak üzere kıymetli aileme içten teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	v
SUMMARY .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Borun Genel Özellikleri .....	1
1.1.1. Borun tarihçesi .....	2
1.1.2. Borun fiziksel özellikleri.....	3
1.1.3. Borun kimyasal özellikleri .....	4
1.1.4. Borun kullanım alanları .....	4
1.2. Bor Rezervleri.....	5
1.2.1. Dünya'da bor .....	5
1.2.2. Türkiye'de bor.....	6
1.2.3. Kütahya'da bor .....	7
1.3. Bor-Çevre-Canlı Etkileşimi .....	8
1.3.1. Borun çevreye etkisi.....	8
1.3.1.1. Havaya etkisi .....	8
1.3.1.2. Toprağa etkisi.....	8
1.3.1.3. Suya etkisi .....	9
1.3.2. Borun canlılara etkisi .....	10
1.3.2.1. İnsanlara etkisi.....	10
1.3.2.2. Bitkilere etkisi .....	11
1.3.2.3. Balıklara etkisi.....	12
1.4. Pullu Sazan ( <i>Cyprinus carpio</i> )'ın Genel Özellikleri.....	13
1.5. Çalışmada Aktiviteleri Ölçülen Enzimlerin ve Lipid Peroksidasyon Ürünlerinin Genel Özellikleri .....	14
1.5.1. Katalaz (CAT).....	15
1.5.2. Karbonik anhidraz (CA).....	15
1.5.3. Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz.....	16
1.5.4. Malondialdehit (MDA) .....	16



## İÇİNDEKİLER (devam)

### Sayfa

2. MATERYAL METOD .....	18
2.1. Araştırma için Akvaryumların Hazırlanması, Araştırmanın Başlaması ve Sürecin İşleyişi .....	18
2.2. Bor Biyoakümülyasyon Analizleri .....	19
2.3. Biyokimyasal Analizler .....	20
2.3.1. Doku homojenizasyonu.....	20
2.3.2. Enzim aktivite analizleri .....	20
2.3.2.1. Katalaz (CAT) aktivitesi ölçme yöntemi.....	20
2.3.2.2. Karbonik anhidraz aktivitesi tayini .....	21
2.3.2.3. G-6-PD enziminin aktivite ölçümü .....	22
2.3.2.4. Plazma MDA analizi .....	23
2.3.2.5. Bradford yöntemi ile protein tayin .....	24
3. SONUÇLAR .....	26
3.1. Enzim Aktivite Analizleri .....	27
3.1.1. Farklı dokularda CAT, CA, G-6-PD ve MDA değerleri.....	27
4. TARTIŞMA .....	31
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	35

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1. G-6-PD ve 6-PGD enzimlerinin katalizlediği reaksiyon.....	16
1.2. Lipit Peroksidasyonu ve MDA oluşumu.....	17
2.1.MDA standart grafiği. ....	24
2.2. Protein standart grafiği.....	25

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1. Bor elementinin fiziksel özellikleri.....	3
1.2. Dünyada bor rezervleri.....	6
1.3. Dünyada ticari önem taşıyan bor mineralleri.....	6
1.4. Türkiye’de ticari önemi olan bor mineralleri ve buldukları yerler.....	7
1.5. Eti maden rezerv miktarları.....	8
1.6. İnsan doku ve sıvılarında bulunan normal bor konsantrasyon seviyeleri.....	11
1.7. Sulama sularının bor konsantrasyonuna göre sınıflandırılması.....	12
1.8. Sazan balıkları için su kriterleri.....	14
2.1. CAT aktivitesi ölçme yöntemi.....	20
2.2. G-6-PD enziminin aktivite ölçüm kuvvet içeriği.....	22
2.3. MDA analizinin yapılışı.....	23
3.1: Araştırmada kullanılan balıkların gelişimi ile ilgili bazı parametreler (Ortalama±Standart Hata).....	26
3.2. Araştırmada kullanılan balıkların bor biyoakümülyasyon düzeyleri ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ yaş ağırlık).....	27
3.3. Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularının CAT aktiviteleri ( $\text{EÜ}/\text{mg}$ protein).....	27
3.4. Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularındaki CA aktiviteleri ( $\text{EÜ}/\text{mg}$ protein).....	28
3.5. Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularında ölçülen G-6-PD aktiviteleri ( $\text{EÜ}/\text{mg}$ protein).....	29
3.6. Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularında ölçülen MDA düzeyleri ( $\text{nmol}/\text{mg}$ protein).....	30

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b><u>Simge</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
B	Bor
g	Gram
µg	Mikrogram
L	Litre
Kg	Kilogram
Mg	Miligram
M	Molar
µM	Mikromolar
kDa	Kilodalton
°C	Santigrat derece
nm	Nanometre
T	Sıcaklık
O <sub>2</sub>	Oksijen
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Boraks
MDA	Melondialdehit
G-6-PD	Glikoz 6 Fosfat Dehidrogenaz
CAT	Katalaz
SE	Standart hata
ROT	Reaktif oksijen türleri
ATP	Adenozin trifosfat

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
M.Ö.	Milattan önce
M.S	Milattan sonra

## 1. GİRİŞ

Fiziksel ve kimyasal kirliliğe son derece elverişli olan su, insan yaşamını tehdit eden hastalıkların kaynağını oluşturmasının yanında hayatın en gerekli temel maddesidir. Kaynağından kullanım aşamasına kadar su; eritme, taşıma, bırakma ve akma özelliklerinden dolayı en kolay kirlenen maddedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Son yıllarda teknolojinin ilerlemesi, insanların aşırı su tüketme istekleri ve düzensiz kentleşme, çevre ve su kirliliği sorununun önemini iyice arttırmıştır (Sağlam ve Cihangir, 1995). Topraktaki ve havadaki kirlilik yağmurlar ve diğer etkenlerle yıkanıp sulara karışmaktadır. Sucul ortamlar tüm kirlilik kaynaklarının en son toplanma noktası olduğundan kirlilik seviyeleri oldukça fazladır. Sanayi atıkları, tarım faaliyetleri ve yeraltı sularından kaynaklanan kirliliklerin sucul ortamda oynadıkları rol oldukça büyüktür. Bu kirleticilerin insan, hayvan ve bitki hayatı için tehlike arz ettiği yapılan araştırmalarla ortaya çıkmıştır. Besinlerle ve özellikle su ile canlı vücuduna giren bu kirleticiler ciddi hastalıklara, hatta ölümlere yol açmaktadır (Gün, 2009).

Son yıllarda çevre kirliliğinin artması ile birlikte sulardaki element ve ağır metal miktarlarının tespitine yönelik çalışmaların da önemi artmaya başlamıştır. Sularda bulunan toksik maddeler izin verilen limit değerlerin üzerinde olduğunda organizmalar için tehlike oluşturmaktadır (Dündar ve Altundağ, 2005). Yarı metal karakterinde olan ve özellikle madencilikte adı sıkça duyulmaya başlayan Bor (B) da sucul ortamlara karışmakta ve günümüzde bor kullanımının her geçen gün artmasıyla birlikte çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir.

### 1.1. Borun Genel Özellikleri

Kimyasal sembolü B olan bor, periyodik cetvelde 13. Grupta yer alan metal olmayan tek elementtir (Greenwood ve Earnshaw, 1984; Baykal, 2003). Atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81 g/mol'dür (Demirtaş, 2010; Duman, 2003; Haynes, 1980; Yenmez, 2009). Metal ametal arası yarı iletken bir yapı gösterir. Yer kabuğunda en bol bulunan 51. element olan bor, boraks ve borak silikat halinde bulunur ve yaklaşık 3 ppm'lik konsantrasyona sahiptir. Toz halindeki rengi koyu kahve, çok gevrek ve sert yapılıdır (Çalık, 2009; Özkan, 1997). Monoklinik kristal halinin rengi ise sarımsı kahverengi, siyah sert ve kırılmandır (Çalık, 2009; Özkan, 1997). Ergime noktası yaklaşık 2300°C'dir.

Gün (2009) yapmış olduğu bir çalışmada borun kaynağının magmaya bağlı olduğunu, volkanik faaliyetler ile birlikte çıkan sıcak sularda bor miktarının yüksek çıktığını bulmuştur. İlgili çalışmalar incelendiğinde yer altı sularında bor konsantrasyonunun 100 mg/L seviyelerine

kadar ulaşabildiği rapor edilmiştir (Havza Kirliliği Konferansı, 2008; Güler, 1997). Temizleyici olarak kullanılan deterjanlarda da borun yüksek oranlarda olduğu gözlenmiştir (Güler, 1997; Özkan, 1997).

Doğada birçok kayacın yapısında bulunan bor, yerkabuğunun %0.001 ile %0.0003'ünü oluşturmakla beraber, karalarda ortalama 1 ppm düzeyinde, denizlerde ise biraz daha yüksek oranlarda saptanmıştır. Tuz oranı az olan kuzey denizlerinde bu oran 3 ppm iken, güney denizlerinden Akdeniz sahillerinde 5-6 ppm'e kadar çıkabilmektedir. Doğada alkali ve toprak alkali boratlar veya borik asit formunda bulunmakta olup, serbest olarak bulunmaz (Kemp, 1956; Boncukoğlu vd., 2003).

### 1.1.1. Borun tarihçesi

Bor, kelime kökeni olarak Arapça "buraq/baurach" ve Farsça'da "burah" kelimelerinden köken alan bir elementtir. İlk olarak Tibet'te 4000 yıl önce bulunmuştur (Özkan vd., 1997; Yenmez, 2009). Tibet Gölü'nden çıkarılan borun Avrupa'ya Marko Polo tarafından getirildiği düşünülmektedir (Çalık, 2009; Gün, 2009; Karcıoğlu, 2009; Yerel vd., 2005). Bor, ilk olarak İngiliz kimyacı Humphry Davy ve Fransız Kimyacı Gay-Lussac tarafından 1808'de bir element olarak keşfedilmiştir. Daha sonra Henri Moissan, Boroksitin magnezyum ile indirgenmesi ile % 86 saflıkta bor üretmiştir (Bilgiç, 2013). 1909'da Weintraub,  $BCl_3$ 'ün elektrik arkında bozunması ile %99 saflıkta bor elde etmiştir. Bor minareli günümüze gelene kadar 'borar, boorak, bayrach' gibi farklı isimlerle adlandırılmıştır (Havza Kirliliği Konferansı, 2008; Yenmez, 2009). Ayrıca günümüzde de boraks yerine ticari alanda tinkal de kullanılmaktadır (Özkan, 1997; Yenmez, 2009). Tarihte ilk kez boru Babiller altın elde etmede, Çinliler seramik ve porselen cilası yapımında, Mısırlılar mumyalamada, Romalılar cam yapımında ve tuzlarını zemine serperek arena temizlemede, Etiler ve Sümerliler altın ve gümüşü lehimlemede, Araplar ise bor tuzlarından ilaç elde etmede kullanmışlardır (Bilgiç, 2013; Çalık, 2009; Gün, 2009; Yenmez, 2009). Sanayide kullanım amaçlı boraks madenciliği de 1852 yılında Şili'de başlamıştır (Yenmez, 2009).

Türkiye'de ise bilinen ilk borat yatakları Batı Anadolu'da bulunmuştur. 13. ve 14. yüzyıllarda Romalılar tarafından Balıkesir-Susurluk-Sultançayıri pandemit yataklarının işletildiği bilinmektedir. Bu bölgenin Osmanlı İmparatorluğu sınırları içerisine girmesinden dolayı uzun süre bu yataklara dokunulmamıştır. 1861 yılında "Maadin Nizamnamesi" adı altında çıkarılan hükümlere uygun olarak bu madenin işletilmesi Osmanlı İmparatorluğu tarafından 1865 yılında Fransız "Desmazures" adlı şirkete verilmiştir. Bu yatakları Fransız şirket 20 yıl boyunca işletmiştir. 1887 yılında bor yatakları işletme hakkı 65 yıl süreyle

İngilizlere verilmiştir. 1904 yılında İngiliz William Vitaller, 1927 yılına kadar John Owen Rid ve ardından da Lord Mewen Mervil ile 1938 yılında Desmond Abel Smith bu yatakların işletme hakkını almıştır. 1950 yılında Boraks Consolidated Ltd. Şti'ye geçmiş, 1955 yılında 6224 sayılı "Yabancı Sermayeyi Teşvik Kanunu" ile 1309 sayılı "maden kanunu" hükümlerinden yararlanmak için bu tekel %94 payı kendisinin, %2'si yerli, %4 'u İngiliz ortaklarının olan Türk Boraks AŞ. adlı paravan bir şirket kurmuştur. 1950 yılında Bigadiç, 1952 yılında Mustafa Kemal Paşa ve 1956 yılında Kütahya Emet'te kolemanit, 1961 yılında Eskişehir Kırka'da boraks yataklarının bulunması ve işletilmeye başlatılmasıyla Türkiye, dünya bor üretiminde 1955 yıllarında %3 olan payını 1962'de %15, 1977'de %39 düzeyine yükselmiş ve giderek artan üretimi nedeniyle de günümüzde ABD'nin en önemli rakibi haline gelmiştir.

### 1.1.2. Borun fiziksel özellikleri

Bor yarı metal özelliğinden dolayı elektriği iyi iletmez. Kütle numaraları 10 ve 11 olan iki izotopu bulunmaktadır. Bor konsantrasyonunun sıcaklığı arttıkça kristal örgüsünün titreşimleri de artar. Bundan dolayı direncin artmasına bağlı olarak serbest hale geçen elektron sayısı arttığı için maddenin iletkenliği de artar. Bor elementinin fiziksel özellikleri Çizelge 1.1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

**Çizelge 1.1.** Bor elementinin fiziksel özellikleri (Çalık, 2009; Gün, 2009; Karcıoğlu, 2009; Miçillioğlu, 2010).

Maddenin Hali	Katı
Kütle numarası	10
Yoğunluğu	2.34 g/cm <sup>3</sup>
Sıvı Haldeki Yoğunluğu	2.08 g/cm <sup>3</sup>
Ergime Noktası	2349°K, 2076°C, 3769°F
Kaynama Noktası	4200°K, 3927°C, 7101°F
Buharlaşma Isısı	408 kJ/mol
Ergime Isısı	50.2 kJ/mol
Isı Kapasitesi	11.087 (25°C) J/mol. K
Knoop Sertliği	2100-2580 HK
Mohs Sertliği(elmas-15)	11
Vickers Sertliği	5000 HV
Yükseltgenme sayısı	+3
Atom yarıçapı pm.	80
Atom Hacmi	4.5
İyonlaşma Potansiyeli	8.3
İyon Yarıçapı	20
Elektron Dağılımı	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>

### 1.1.3. Borun kimyasal özellikleri

Borun kimyasal olarak aktifliği kristal yapısına, saflığına ve sıcaklığına bağlıdır. Normal şartlarda inert bir madde olan bor, sadece oda sıcaklığında flor gazıyla reaksiyon verir ve yüzeysel olarak da oksijen tarafından etkilenir. Silisyum ve karbon elementlerine benzerliği fazla olup oksijene afinitesi yüksektir. Oksijene olan yüksek afinitesinden dolayı bor elementi yer kabuğunda serbest halde bulunmaz (Uslu, 1996). Bor doğada OB ve B olmak üzere iki farklı izotopa sahiptir ve oranları %19.10-20.31 ile %79.69-80.90 arasında değişim göstermektedir (Özkan, 1997). Tabiatta 230 çeşit bulunan bor minerali (Bor Sektör Raporu, 2013; Demirtaş, 2010) soğuk suda az çözünür (Özkan, 1997). Kalsiyumla birlikte bulunan formu kolemanit, kalsiyum-sodyumla bulunan formu üleksit ve sodyumla bağlı olan formu boraks olarak bilinmektedir (Bolanos vd., 2004; Çimrin ve Demirel, 2012).

### 1.1.4. Borun kullanım alanları

M.S. 875 yılında ilaç yapımında kullanılmaya başlanılan bor günümüzde çok geniş kullanım alanlarına sahip olup; gübre, ilaç, roket yakıtı, kozmetik, fiber optikler, zımpara, cam, seramik sanayinde, temizleme ve beyazlatıcı olarak deterjanlarda, yanmayı geciktirici olarak, tarım, polimerik malzemeler, nükleer uygulamalarda, havuzlarda pH ayarlanmasında, herbisit ve fungusit ilaçların yapımında, cam yünü yapımında, tıpta yüzeysel antiseptik olarak, sabun üretimi gibi çok çeşitli alanlarda bordan yararlanılmaktadır (Bor Sektör Raporu, 2013; Doğan vd., 2005; Karcıoğlu, 2009; Miçillioğlu, 2010; Minareci vd., 2013; Poslu ve Arslan, 1995).

Üretilen borun %10'u mineral olarak tüketilirken geriye kalan kısmı ile bor içeren ürünler elde edilmektedir (Miçillioğlu, 2010). Gelişen teknoloji ile birlikte bor mineraline olan ihtiyaç da artmıştır (Mumcu, 2005). Bugün tüm dünyada sanayi ve teknoloji alanında bor mineralleri ham madde olarak kullanılmaktadır (Miçillioğlu, 2010; Yenmez, 2009). Borun kullanım alanları bölgelere göre değişiklik göstermektedir. ABD'de en fazla kullanım alanı yalıtım fiberlerinde, Avrupa'da deterjan sanayisinde, Japonya'da ise tekstil fiberlerinde kullanılır (Poslu ve Arslan, 1995). Ayrıca sodyum borohidrat, atık sulardaki civa, kurşun, gümüş gibi ağır metalleri sulardan temizlenmesi amacıyla kullanılmaktadır (DPT, 1997). Borlu bileşikler ağaç malzemelerin biyotik zararlılardan korunmasında, ağaç malzemelerin yanmasını geciktirici özelliğiyle odun koruma endüstrisinde kullanımı son yıllarda hızla yaygınlaştığı bildirilmiştir (Hafizoğlu vd., 1994; Yalınkılıç vd., 1995; Yalınkılıç vd., 1999).

Temizleyici madde olarak kullanılan bor bileşikleri klorinli ve peroksitli bileşiklerdir. Perborat ürününün %90'ı deterjan imalatında kullanılmaktadır. Temizleme ve beyazlatma



sanayinde, sabun ve deterjanlarda mikrop öldürücü etkisinden dolayı %10 boraks dekahidrat, beyazlatma etkisini artırmak için ise %10-20 oranında sodyum perborat katılır. Bilinçsiz ve aşırı deterjan kullanımı, sularda bor oranının yükselip çevrenin kirlenmesine neden olur (Mumcu, 2005).

Bor, sağlık alanında da faydalanılan bir elementtir. Tıpta kanser tedavilerinde bordan yararlanır. Örneğin beyin kanserlerinin tedavisinde hasta hücreler seçilip imha etme işlemi uygulanırken bor elementi kullanılır. Kemik metabolizmasında etkili rol oynayan Ca, D vitamini ve Mg elementi ile etkileşim gösteren bor, kemik gelişimi üzerine olumlu etkiler göstermesinin yanında, D vitamini yetersizliğinin azalmasında etkili rol oynadığı belirtilmiştir (Chapin vd., 1998; Hunt ve Nielsen, 1981; Hunt vd., 1994; Hunt, 2006).

## **1.2. Bor Rezervleri**

### **1.2.1.Dünya'da bor**

Dünyadaki önemli bor yatakları Türkiye, Rusya ve ABD'de olup dünya ticari bor rezervleri dört bölgede toplanmaktadır. Bunlar; ABD'de Kaliforniya Eyaletinin güneyinde yer alan "Mojave Çölü", Güney Amerika'da yer alan "And Kemerı", Türkiye'nin de yer aldığı "Güney-Orta Asya Orojenik Kemerı" ve "Doğu Rusya"dır.

Dünyadaki bor rezervlerinin toplamı 1.2 milyar ton  $B_2O_3$  (Bor oksit) olduğu düşünülmese rağmen kesin bir bilgi mevcut değildir (Kılınç vd., 2001). Dünya'da bor rezervinin %63'ü Türkiye'de %16.4 ü Amerika'da %10.7 si ise Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT)'ndadır (Kılınç vd., 2001; Poslu ve Arslan, 1995). Dünya bor üretiminde Türkiye ve ABD lider durumdadır. Dünya'daki bor tüketiminin % 75'i Kuzey Amerika ve Avrupa'da olurken; Türkiye, dünya tüketiminin % 3.6'sı düzeyindedir (Karakoç, 2004). Dünyadaki bor tüketimi arttıkça yakın bir zamanda Türkiye dışındaki birçok bor rezervi de tükenebileceği düşünülmektedir (Yenmez, 2009). Dünya bor piyasası 1.2 milyar ABD Dolarıdır. Türkiye'nin ise bordan elde ettiği ortalama yıllık gelir 225 milyon ABD Dolarıdır (Miçillioğlu, 2010). Dünyada yer alan bor rezervleri çizelge 1.2'de detaylı olarak verilmiştir.

**Çizelge 1.2.** Dünyada bor rezervleri (DPT, 1997; DPT, 2000).

Ülkeler	Rezerv(1000 ton)	% Oranı
Arjantin	9.000	0.7
Bolivya	19.000	1.5
Peru	22.000	1.7
Çin Halk Cumhuriyeti	36.000	2.8
Şili	41.000	3.2
Kazakistan	136.000	10.7
ABD	209.000	16.4
Türkiye	803.000	63.0
Toplam	1.275.000	100.0

Dünyada ticari önem taşıyan bor mineralleri Çizelge 1.3’de verilmiştir.

**Çizelge 1.3.** Dünyada ticari önem taşıyan bor mineralleri (Karcıoğlu, 2009; Kılınç vd., 2001).

Ticari önem taşıyan bor minerallerinin bileşimleri			
Mineral	Formülü	%B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Bulunduğu Yer
Boraks (Tinkal)	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	36.60	Türkiye, ABD, Arjantin
Szaybelit	MgBO <sub>2</sub> (OH)	41.40	Kazakistan, Çin
Üleksit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> .8H <sub>2</sub> O	43.00	Türkiye, ABD, Arjantin, Şili
Probertit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> .5H <sub>2</sub> O	49.60	Türkiye, ABD
Pandermit	Ca <sub>4</sub> B <sub>10</sub> O <sub>19</sub> .7H <sub>2</sub> O	49.80	Türkiye
Hidroborasit	CaMgB <sub>6</sub> O <sub>6</sub> .6H <sub>2</sub> O	50.50	Türkiye, Arjantin
Kolemanit	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .5H <sub>2</sub> O	50.80	Türkiye, ABD
Kernit	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .4H <sub>2</sub> O	51.00	Türkiye, ABD, Arjantin
Borasit	Mg <sub>3</sub> B <sub>7</sub> O <sub>13</sub> Cl	62.20	Almanya

### 1.2.2. Türkiye’de bor

Bor, stratejik öneme sahip bir madendir (Mumcu, 2005). Dünyada en fazla bor rezervine sahip ülke Türkiye'dir. Türkiye için ekonomik anlamda önemli bir kaynak olan bor madenin kullanım oranı ise oldukça düşük; dünya üretiminde sadece %1-2’lik paya sahiptir (Kılınç vd., 2001; Miçillioğlu, 2010). 21. yüzyılın en önemli petrolü olarak adlandırılan borun dünyada ham bor ihracatçısı olan tek ülke Türkiye'dir (Kılınç vd., 2001). Türkiye'nin Dünyadaki toplam bor rezervi (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bazında sahip olduğu miktar 1.176 milyar tondur. Türkiye’de bor yataklarının bulunduğu yerler; Kolemanit (Emet-Kütahya, Kestelek-Bursa), Tinkal (Kırka-

Eskişehir), Kolemanit ve Ülesit (Bigadiç-Balıkesir)'dir (Bor Sektör Raporu, 2013; Çalık, 2009; Kılınç vd., 2001; Poslu ve Arslan, 1995; Yenmez, 2009; Yerel vd., 2005). Türkiye'de bor madenleri devlet kontrolünde olup, Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından çıkarılıp işlenmektedir (Bor Sektör Raporu, 2013; Yenmez, 2009). Eti Maden İşletmesi bor kimyasalları ve bor ürünlerini üreterek iç ve dış piyasaya sunmaktadır. Türkiye'de önemli ticari bir bor ürünü olan tinkal yatakları Kırka'da, kolemanit Emet ve Bigadiç'te, bunların yanı sıra üleksit de yan ürün olarak Kestelek'te üretilmektedir (Bor Sektör Raporu, 2013). Bor madenlerimiz aynı zamanda coğrafi, ulaşım, işletim ve enerji yönünden diğer ülkelere oranla daha elverişlidir.

**Çizelge 1.4.** Türkiye'de ticari önemi olan bor mineralleri ve buldukları yerler (DPT,2000; Kistler vd., 1994).

Mineral	Kimyasal Formülü	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Türkiye'de Bulunduğu Yer
Boraks	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	36.5	Kırka
Üleksit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> .8H <sub>2</sub> O	43.0	Emet, Bigadiç, Kırka
Probertit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> .5H <sub>2</sub> O	49.6	Emet, Kestelek
Pandermit	CaB <sub>10</sub> O <sub>19</sub> .7H <sub>2</sub> O	49.8	Bigadiç, Sultançayırı
Hidroborasit	CaMgB <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .6H <sub>2</sub> O	50.5	Emet
Kolemanit	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .H <sub>2</sub> O	50.8	Bigadiç, Emet, Kestelek
Kernit	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .4H <sub>2</sub> O	51.0	Kırka

### 1.2.3. Kütahya'da bor

Kütahya ili çevresinde Kırka ve Bigadiç cevher zonları bulunur. Bölgede başlıca borat zonları Killik, Hamamköy, Espey, Hisarcık yörelerinde bulunur. Bu bölgelerde bulunan en fazla bor minerali ticari açıdan da önemli olan kolemanittir. Bunun yanında yan bor mineralleri olan üleksit, tunelit, hidroborasit ve terugit ürünleri de burada bulunmaktadır. Emet bor yataklarının toplam rezervi 345 milyon ton civarındadır (Karcıoğlu, 2009). Eti Maden rezerv miktarları aşağıda Çizelge 1.5'de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.5.** Eti maden rezerv miktarları (Bor Sektör Raporu, 2013).

<b>Cevher</b>	<b>Bulunduğu Yer</b>	<b>Toplam(ton)</b>
Kolemanit	Emet	1.794.246.347
Tinkal	Kırka	841.326.769
Kolemanit, üleksit	Bigadiç	637.130.678
Kolemanit	Kestelek	5.623.063
Toplam		3.278.326.857

Dünyada bor rezervlerinin %65'ine sahip olan ülkemiz dünya bor üretiminin %32'sini karşılamaktadır. Diğer ülkelerdeki bor rezervleri 50 yıl gibi kısa bir sürede tükenebilecekken, Türkiye'de ise tüm dünyaya 450-500 yıl yetebilecek kadar bor bulunmaktadır. Türkiye, bor madenlerinin ihracatının %50'sini ham; %50'sini işlenmiş şekilde satmaktadır (Çalık, 2009).

### **1.3. Bor-Çevre-Canlı Etkileşimi**

#### **1.3.1. Borun çevreye etkisi**

Borun çevreye olan etkilerini üç başlık halinde toplamak mümkündür.

##### **1.3.1.1. Havaya etkisi**

Bor doğada yaygın halde bulunmasına rağmen havada düşük değişimlerde karşımıza çıkmaktadır (Uylaş, 2013). Bor, havaya doğa ve endüstriyel kaynaklardan yayılmaktadır. Genel olarak ise bor madenleri ile bor tuzlarından havaya karışır. Bor doğada bileşik halde bulunur ve derişimi havada 0.5 ile 80 ng/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir (Uylaş, 2013). Yapılan çalışmalarda bor madenlerinden 1m<sup>3</sup> havada 14 mg bor dozunun olduğu saptanmıştır (Doğan vd., 2005).

##### **1.3.1.2. Toprağa etkisi**

Bor, tarım ve çevre açısından mikro bir elementtir (Minareci ve Öztürk, 2012). Bor toprakta borik asit veya borat halinde bulunur. Aynı zamanda serbest anyon şeklinde toprak çözeltisinde toprak parçaları üzerinde absorbe olarak ve silikilatların yapı taşı şeklinde bulunabilir. Su ile bor 100 °C'nin üzerinde, oksijenle 700 °C'de, hidrojenle ise 840 °C'de reaksiyon verir (Özkurt, 1998). Borun bulunduğu yoğunluğa göre topraklar az, orta ve çok yüksek borlu topraklar olarak sınıflandırılır. Az borlu topraklarda 0.7 ppm, orta borlu topraklarda 0.7-15 ppm, yüksek borlu topraklarda 15-75 ppm ve çok yüksek borlu topraklar ise 75 ppm'den fazla bor içermektedir (Doğan vd., 2005; Miçillioğlu, 2010). pH 7 ya da 7'nin

altındaki topraklar bor içeriği bakımından düşük topraklardır. Bu toprakların bor miktarını artırmak için gübreleme yapılır. Bor toprakta doğal olarak bulunduğu gibi gübreler ile de toprağa girmektedir (Uylaş, 2013).

### **1.3.1.3. Suya etkisi**

Bor suya çeşitli yollarla etki etmektedir. İçme suyuna etkisinin yanı sıra tarımsal sulama alanlarına da büyük etkisi bulunmaktadır (Doğan vd., 2005). Yer altı suları, içme sularının en önemli kaynaklarıdır ve içme sularında oluşan bor kirliliğinin sebepleri arasında yer altı sularındaki kayaçların yapısında bulunan borun ayrışarak yer altı suyuna geçmesidir (Uylaş, 2013). İlgili çalışmalar incelendiğinde bor konsantrasyonlarının tatlı sularda 0.01-1.5 mg/L deniz suyunda 0.5-9.6 mg/L, akarsu ve sıcak sularda 0.2-1000 mg/L aralıklarında olduğu tespit edilmiştir (Karcioğlu, 2009; Minareci vd., 2013). Borun bir bileşiği olan borik asit suda yüksek çözünme özelliğine sahiptir bu nedenle içme ve kullanma sularında en fazla bulunan bor bileşiği olarak nitelendirilir. İçme sularında borun yüksek miktarda bulunması insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır (Doğan vd., 2005; Miçillioğlu, 2010). Şimşek, (2008)'de yapmış olduğu çalışmada içme sularında borun yüksek oranda bulunması sonucu insanlarda mide ve bağırsak rahatsızlıkları oluştuğunu, Minareci ve Öztürk (2012)'de insan ve hayvanların merkezi sinir sistemlerini etkilediklerini bildirmişlerdir. İçme suları için 1968'de Su Kalitesi Kriterleri Komitesine göre verilen sınır 1 mg/L'dir (Doğan vd., 2005; Miçillioğlu, 2010). 1971' de İçme Suları Teknik Komitesinin incelemeleri sonucunda 1 mg /L sınırını getirecek kanıt olmadığına, insan sağlığı yönünden 0.3 mg/L'nin güvenli bir sınır olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 1993' de bor sınırını 0.3 mg/L olarak açıklamasına rağmen 1998'de 0.5 mg/L olarak değiştirmiştir (Havza Kirliliği Konferansı, 2008; Uylaş, 2013). Çevre Koruma Ajansı ve Avrupa Birliği İçme Suyu Kriterleri bor derişiminin 1 mg/L' nin altında olması gerektiğini öngörmüşlerdir. Buna benzer olarak Türkiye' de 1998 yılında yayınlanan "Çevre Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde " içme suları için sınır değeri 1 mg /L olduğu bildirilmiştir (Doğan vd., 2005). Sağlık Bakanlığı'nın 17.02.2005 tarih ve 25885 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında yayınladığı yönetmelikte ise bor sınırının 1 mg/L olduğu sonucuna varılmıştır. ABD' de bor içeriği 1 mg /L'nin üzerinde olan suların içme suyu olarak kullanılması yasaklanmıştır (Minareci ve Öztürk, 2012).

Sulama suyunda mevcut olarak bulunan bor, toprak tarafından emilerek bor derişimini artırmaktadır (Uylaş, 2013). Sulama suyu için tehlikeli olan bor aynı zamanda sıcak sularda daha fazla çözünme özelliği gösterdiği için sıcak sularda yoğunluğunu daha da artırıp çevre ve

su kirliliği oluşturmaktadır. Türkiye’de ise sucul ortam kirliliği bor üretimi yapan işletmelerden ve yıkama sularından kaynaklanmaktadır (Demirtaş, 2010).

### **1.3.2. Borun canlılara etkisi**

Borun canlılara olan etkisini üç başlık altında toplayabiliriz.

#### **1.3.2.1. İnsanlara etkisi**

Bor, canlıların beslenmesi için gerekli mikro elementlerden biridir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlıklı bir insanın beslenme amacı ile 1-13 mg bor alabileceğini saptamıştır. Beslenmede borun kaynağını bitkisel ürünler, kabuklu meyveler, baklagiller, meyve ve sebzeler oluşturmaktadır (Demirtaş, 2010).

Bor madenin çıkarıldığı ve işlendiği yerlerde gaz ya da toz halinde bulunan bor soluma ve temas yoluyla insanlara geçebilmektedir. Aynı zamanda temas yoluyla insan vücuduna ilaçlarla ve kozmetik ürünlerle de girmektedir (Uylaş, 2013). Bor insan vücuduna hangi yolla girerse girsin %90-95 kadarı vücutta birikime uğramadan idrarla dışarı atılır (Demirtaş, 2010). Yalnızca bir miktar bor kemik, tırnak, karaciğer, dalak gibi organlarda birikmektedir. Bor tırnak ve kemiklerde 4.3 ile 17.9 mg/kg gibi düşük değerlerde birikim yapabilmektedir (Uylaş, 2013).

Bor beyin ve zihinsel performans için temel elementlerden biridir. Bor; D vitamini, Ca başta olmak üzere vücut minerallerinin düzenlenmesine, Ca ve Mg’nin azalmasını engelleyerek kemik yapısının korunmasında görev alır (Uylaş, 2013). Kanser tedavisinde kullanılan kemoterapi sonrası radyoaktif maddelerin etkisini azaltmak için kullanımı borun çevre dostu olduğu bir element olduğunu göstermektedir (Bentli vd., 2002). Şeker taşıma, hücre duvarı sentezi, ligninleşme, hücre duvarı yapısı, karbonhidrat metabolizması, RNA metabolizması, solunum, indol asetik asit (IAA) metabolizması, fenol metabolizması, membranlar gibi çok sayıda metabolik olaylarda fonksiyon gösterdiği belirtilmektedir (Parr ve Loughman 1983).

Borun yararlı etkilerinin yanında zararları da vardır. Kusma, baş ağrısı, ishal, heyecan, depresyon, çok yüksek değişimlerinde ise böbrek ve merkezi sinir sisteminde anormalliklere neden olur. İnsanlar bor yataklarınca zengin yeraltı ve yerüstü sularından içerek, borca zengin yiyecekler tüketerek, içerisinde bor bulunan sabun ve deterjanları üreten yerlerde ve bor fabrikalarında çalışarak hava ve sulardaki bor minerallerine maruz kalırlar (Miçillioğlu, 2010; Demirtaş, 2010).

İnsanlar için uygun olan bor seviyelerinin çocuklarda 1.5 mg, 11-18 yaş erkeklerde 2 mg, kadınlarda 2 mg, hamilelerde ve emziren annelerde 2.5 mg olduğu yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Demirtaş, 2010). Çocukların 15-30 g boraks veya 2-5 g borik asiti doğrudan alması durumunda havale, koma gibi etkilerinin olduğu gözlenmiştir (Uylaş, 2013). Karcıoğlu (2009) yaptığı çalışmada yetişkinler için öldürücü dozun 5-20 g ile 20-45 g arasında değişmekte olduğunu belirlemiştir.

Vücuttaki bor seviyesi kan ve idrarla ölçülür. Fakat bu yöntemin vücuttaki bor seviyesinin belirlenmesinde çok da yararlı olduğu söylenemez. Yapılan çalışmalarda kanda 0.00-0.74 µg/mL, idrarda ise 0.38 ile 7.80 µg/mL arasında değerler bulunmuştur (Demirtaş, 2010; Karcıoğlu, 2009).

İnsan doku ve sıvılarında bulunan normal bor konsantrasyon seviyeleri Çizelge 1.6'da detaylı olarak verilmiştir.

**Çizelge 1.6.** İnsan doku ve sıvılarında bulunan normal bor konsantrasyon seviyeleri (Demirtaş, 2010; Shuler vd., 1990).

<b>Doku</b>	<b>Bor Konsantrasyonu</b>
Pankreas	Kuru Ağırlık 0.51 µg/g
Kalp	Kuru Ağırlık 0.59 µg/g
Beyin	Kuru Ağırlık 0.87 µg/g
Saç	Yaş Ağırlık 1.05 µg/g
Sereprospinal	Yaş Ağırlık 1.15 µg/g
Böbrek	Kuru Ağırlık 1.27 µg/g
Kemik	Yaş Ağırlık 1.60 µg/g
Karaciğer	Kuru Ağırlık 2.25 µg/g
Dalak	Kuru Ağırlık 3.95 µg/g
Tükrük	Yaş Ağırlık 4.4 µg/g
Tırnak	Yaş Ağırlık 15 µg/g
Sinovyal sıvı	Yaş Ağırlık 30 µg/g

### **1.3.2.2. Bitkilere etkisi**

Bor bitki gelişimi için önemli olan 16 mineralden biri olarak saptanmıştır. Yapılan birçok çalışma sonucu bitkilerdeki borun kaynağı toprağın pH değeri olduğu ileri sürülmüştür. Bor suyun pH değişimine göre asitli sularda BOH<sub>3</sub> (borik asit), bazik sularda ise BOH<sub>4</sub> (borat) şeklinde bulunur (Şimşek, 2008). Bor bitkilerde fotosentez miktarını, köklerin büyümesini ve havadan alınan CO<sub>2</sub>'in miktarını artırır. Warrington (1923), yapmış olduğu çalışmada bakladaki besin yetersizliğinin kültür ortamında bor ile çözülebileceğini kanıtlamış, bitki besini olarak

kullanılabileceğini belirtmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise, şalgam ve mısır bitkilerine bor verildikten sonra ürün artışının olduğu gözlenmiştir (Agulhan, 1910). Bor, bitkilerde solunumda, hücre duvarı sentezinde, hücre duvarı strüktürünün oluşumunda, bitkilerde şekerin taşınmasında, RNA metabolizmasında, fenol metabolizmasında, lignifikasyon olgusunda, karbonhidrat metabolizmasında, indol asetik asit metabolizmasında, biyolojik membranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli ve belirgin işlevlere sahip olduğunu bildirmiştir (Demirtaş, 2005; Lukaszewski ve Blevins, 1996). Borun bitkilerde fazla miktarda bulunması toksik etki oluşturmaktadır (Doğan vd., 2005; Karcıoğlu, 2009; Miçillioğlu, 2010; Mumcu, 2005). Sulama suyundaki bor derişimi arttığında bitki yapraklarında sararma, solma, dökülme gibi etkiler gözlenmektedir. Toprakta 4 ppm ve üzerindeki bor miktarı bitkilerin gelişimini engellemektedir (Gün, 2009). Ancak bitkilerde borun az bulunması da çeşitli dokuların oluşmamasını ve gelişmemesine neden olur (Güler, 1997). Bitkilerde bor eksiklerini gidermek için susuz boraks, boraks pentahidrat içeren gübreler kullanılarak bitkinin ihtiyacı olan bor sağlanmalıdır.( Çalık, 2009; Koçak, 2010; Miçillioğlu, 2010; Yenmez, 2009). Sulama sularının bor konsantrasyonuna göre sınıflandırılması Çizelge 1.7’de verilmiştir.

**Çizelge 1.7.** Sulama sularının bor konsantrasyonuna göre sınıflandırılması (Ünlü vd., 2011).

Suyun Sınıfı	Bor Konsantrasyonu (mg/L)		
	Duyarlı Bitkiler	Yarı Duyarlı Bitkiler	Dayanıklı Bitkiler
Çok İyi	<0.33	<0.67	<0.1
İyi	0.33-0.67	0.67-1.33	1.0-2.0
Kullanılabilir	0.67-1.0	1.33-2.0	2.0-3.0
Şüpheli	1.0-1.25	2.0-2.5	3.0-3.75
Uygun Değil	>1-25	>2.5	>3.75

### **1.3.2.3. Balıklara etkisi**

Bor balıklara hem sudan hem de besin olarak tükettikleri plaktonlardan dokularına geçer (Özyurt, 1998). Balıklar yüksek konsantrasyonlardaki boru tolere edebilirler. Sucul canlılarda yapılan toksisite çalışmalarında bütün türler arasında bora en hassas olan erken yaşam evresinde olan gökkuşağı alabalığı olduğu keşfedilmiştir. Alabalıklarda bor akümülyasyonu en fazla kemiklerde ve sırasıyla solungaç, karaciğer, böbrek olarak bulunmuştur (Özyurt, 1998). 5000 mg/L borun alabalıkta derinin koyulaşmasına sebep olduğu, küçük tatlı su balıklarında ise hiçbir etki oluşturmadığı saptanmıştır. Küçük deniz balıkları 20 °C’de 6 saat süreyle damıtık suda 18-19 g/L ya da sert suda 19-19.5 g/L bor iyonu ile temas etmeleri sonucu öldükleri gözlenmiştir (Karcıoğlu, 2009; Mumcu, 2005). Uysal ve Köse (2008) yapmış oldukları çalışmalarında



*Cyprinus carpio*'nun dokularında bor birikiminin olmadığını tespit etmişlerdir. Sazan rasyonlarına katılan bor ve molibdenin büyüme ve yaşama gücünü artırdığı bulunmuştur (Akyurt, 1994). Çeşitli kaynaklarda, kesin olmamakla birlikte hayvansal dokularda borun kabul edilebilir üst sınırı 20 ppm olarak verilmiş bu da baraj göllerinde yaşayan *Cyprinus carpio*'nun dokularında kabul edilebilir sınırın üzerine çıktığı kanıtlanmıştır.

#### **1.4. Pullu Sazan (*Cyprinus carpio*)'ın Genel Özellikleri**

*Cyprinidae* familyasından pullu sazan (*Cyprinus carpio*) ülkemizde bütün göl, gölcük, baraj gölleri ve akarsularda yetişen ekonomik değere sahip, sıcak sularda yaşayan bir balık türüdür (Çelikkale, 2002; Özcan, 2006; Yılmaz vd., 2010). Dünyada bilinen en yaygın tatlı su balığıdır (Yılmaz vd., 2012). Bu nedenle üzerinde en çok araştırma yapılan balık türleri arasında yer almaktadır (Yılmaz vd., 2012). Pullu sazanların özellikleri yüksek sırtlı, tıknaz, vücudun tamamı pullarla kaplı, hızlı gelişen, yem değerlendirmesi yüksek olan bir türdür. Türkiye'de 1970 yılında yetiştirilmeye başlanmıştır (Çelikkale, 1988). Baş ve sırt kısımları koyu yeşil, yanlar yeşilimsi sarı renktedir. Ağızda diş olarak farinks dişleri vardır. Ağız kenarlarında bir çifti ince bir çifti kalın bıyıkları vardır. Göğüs ve karın yüzgeçleri çift, diğer yüzgeçleri tektir. Et bağlama kapasitesi yüksek bir türdür (Emre, 2004). Su sıcaklığı ve yem değerlendirmesine bağlı olarak çok hızlı büyüyen bir balıktır. 20-25 yıl hatta 35-40 yıl yaşayabildikleri gibi 1 metreden fazla boya sahip olabilirler. Ayrıca 25-30 kg'a kadar ulaşan türleri bulunur. Hem etçil hem de otçul bir tür olan sazan diplerde beslenirler. Besinlerini bentik su canlıları, bitkiler ve planktonlar oluşturur. En iyi yem alımı ve değerlendirmesi su sıcaklığının 23-24 °C'de olduğu sıcaklıklarda gerçekleşir. En ideal pH aralığı 7-8'dir. Sudaki kireç miktarı da dikkate alınmalı mümkün olduğunca kireçsiz sular tercih edilmeli çünkü kireç suda arttığı sürece pH'ı da artırır. Sudaki oksijen miktarı 5-6 mg/L'nin altında olmalıdır. Su sıcaklığıyla birlikte oksijen tutma kapasitesi azalmaktadır, bu nedenle su sıcaklığına dikkat edilmelidir. 18-20 °C ve üzeri sıcaklıklarda kontrollü yem aldıklarından dolayı sürekli büyüme ve gelişme gösterirler. Sazan balıkları için belirlenen su kriterleri Çizelge 1.8'de verilmiştir.

**Çizelge 1.8.** Sazan balıkları için su kriterleri (Emre, 2004).

PARAMETRELER	DEĞERLER
Amonyak (NH <sub>2</sub> )	0.02 ppm
Asit Bağlama Gücü	1.5'in üstündeki değerler
Bulanıklık	25 JTÜ
Demir(Fe)	0.9 ppm
Klor (Cl)	0.02 ppm
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	0.006-0.1 ppm
Oksijen (O <sub>2</sub> )	4-9 ppm
pH	6.5-8.5
Su sıcaklığı	16-20 °C

### 1.5. Çalışmada Aktiviteleri Ölçülen Enzimlerin ve Lipid Peroksidasyon Ürünlerinin Genel Özellikleri

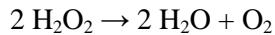
Günlük hayatta radyasyon kullanımının artmasıyla canlılara olan zararlı etkilerinin de arttığı görülmektedir. Bu zararlı etkilerin başında ise canlılarda oksijen radikallerinin oluşumu gelmektedir. Oksijen canlılar için yaşam kaynağı olmasına rağmen atmosferdeki değerinin %20 artması ile toksisiteye neden olur (Fridovich, 1978; Singal vd., 1998). Bunlardan süperoksit radikali çevresel etkenler veya organizmalardaki enzimatik ve enzimatik olmayan tepkimelerle en çok oluşan oksijen radikalidir. Canlılarda diğer radikallerin oluşumu ise çoğunlukla süperoksit radikallerinin birikmesine bağlıdır (Eskandari vd., 2001). Süperoksit anyonu (-O<sub>2</sub>), hidrojen peroksit (-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ve hidroksil radikali (-OH<sup>•</sup>) oksijenin biyolojik indirgenme ürünü olup serbest oksijen radikalleri olarak tanınırlar. Fagositoz yapan hücreler, inflamasyon, doku iskemisi, hiperoksia, radyasyon, bazı ilaçlar ve toksinler aşırı miktarda serbest oksijen radikali oluşumuna yol açmaktadırlar. Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GSH-Px) gibi enzimler ve bazı antioksidan maddeler bu radikallere karşı koruyucu etki sağlarlar ve radikallerin zararlarını önlerler (Özben, 1989; Eskandari vd., 2001).

Serbest radikaller mitokondrideki aerobik solunumu bozmak, hücrenin potasyum kaybını ve trombosit kümeleşmesini artırmak, membran lipid ve proteinlerini hücre fonksiyonunu engellemek, nükleus membranını yıkarak DNA zincirini kırmak ve mutasyona neden olmak, bazı litik enzimleri aktive ederek savunma sistemlerini inaktivite etmek gibi olumsuz yönleri bulunmaktadır. Dröge, (2001) yaptığı çalışmada kanser, diyabet, kronik enflamasyon, alzheimer gibi hastalıkların gelişmesinde oksidatif stresin büyük rol oynadığını belirtmiştir. Ayrıca membranda bulunan doymamış yağ asitleri ve kolesterol serbest radikallerle reaksiyona girerek peroksidasyon ürünlerinin oluşmasına neden olurlar. Bu şekilde oluşan membran hasarları geri dönüşümsüzdür.

Çalışmada aktiviteleri incelenen biyokimyasal parametreler ile ilgili temel bilgiler başlıklar halinde aşağıda sunulmuştur.

### 1.5.1.Katalaz (CAT)

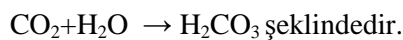
H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, biyolojik sistemler için zararlıdır ve OH<sup>-</sup> oluşumunu arttırmaktadır. Bu yüzden oluşan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hücrelerden uzaklaştırılması gereklidir. Bu amaçla H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'i hücre içinde yıkan enzimlerden birisi katalazdır ve aşağıdaki reaksiyon ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'i yıkar.



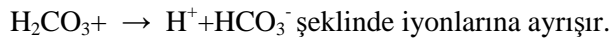
Katalaz, hayvanların tüm vücut organlarında bulunurken, özellikle karaciğer ve eritrositlerde yoğunlaşmıştır. Kas, beyin ve kalpte ise az miktarda bulunur. Kaslar arasında da farklı aktivitede olmaktadır (Aydın vd., 2001; Young ve Woodside, 2001). Ayrıca CAT'a kan plazması gibi ekstrasellüler sıvılarda rastlanmaz (Ahmad, 1995). Hayvan ve bitkilerde katalaz enzimi başlıca peroksizomlarda lokalize olmuştur. Katalaz oksijenli solunum reaksiyonlarının arttığı durumlarda yan ürünlerden hücreyi koruma görevi üstlenmektedir. Bu koruma işlevi de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'yi ortamdaki uzaklaştırıp, hücre için zararlı olan hidroksil (OH<sup>-</sup>) radikalinin oluşmasını önler (Burtis ve Ashwood, 1999).

### 1.5.2. Karbonik anhidraz (CA)

Karbonik anhidraz (CA) çinko içeren ve karbondioksitin tersinir hidrasyonunu katalize eden bir enzimdir. Katalizlenen reaksiyon;



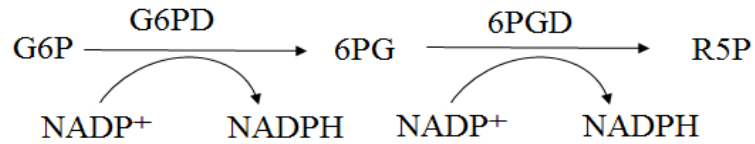
Fakat H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> kendiliğinden;



Karbonik anhidraz enzimi Roughton ve Meldrum tarafından 1933 yılında insan eritrositlerinde bulunmuştur. Karbonik anhidraz yapılan histokimyasal metotlarla, tükrük bezleri, kaslar, sinir miyelin kılıfı, pankreas, prostat ve endometrium dokularında bulunmuş ve biyokimyasal özellikleri incelenmiştir. Balıkların salgı organları ve solungaçlarında, bazı böcek türlerinde, kabuklu hayvanların kabuk yapısında, alglerde ve bitkilerin fotosentetik hücre kloroplastlarında bu enzimin değişik rolleri olduğu da ispatlanmıştır. Karbonik anhidrazın bulunduğu canlı dokuların da bilinen veya muhtemel olan fizyolojik rolleri geniş bir şekilde açıklanmıştır (Maren., 1967; Carter, 1972).

### 1.5.3. Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz

Pentoz fosfat yolunun ilk enzimi olan glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G-6-PD)  $\text{NADP}^+$  varlığında glukoz 6-fosfat bileşimini, 6-fosfoglukonat bileşimine dönüştürür. Reaksiyon sonucu birçok biyokimyasal reaksiyonda indirgeyici güç olarak kullanılan NADPH oluşur. Glukoz 6 fosfat dehidrogenaz, bitki ve hayvan hücrelerinde bulunur (Scott, 1975). Çoğunlukla stoplazmada, ayrıca lizozom, endoplazmik retikulum, peroksizom, kloroplast ve mitokondri gibi çeşitli organellerde de bulunmaktadırlar (Antonenkoy, 1989; Bublitz ve Steavenson 1988; Oeservd.,1973; Zaheer vd.,1967). Şekil 1.1.'de belirtilen tepkimeleri katalizler.



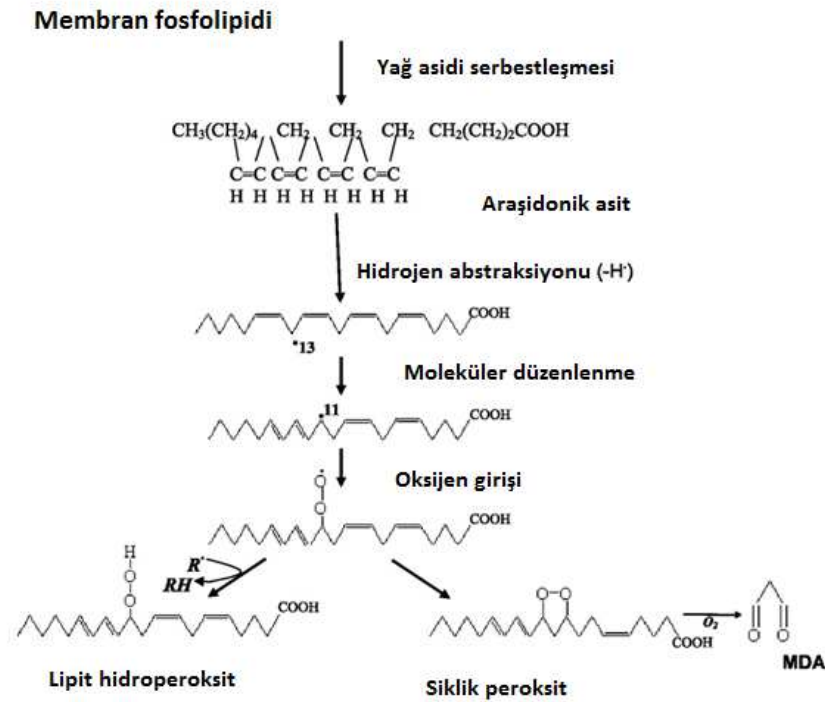
**Şekil 1.1.** G-6-PD ve 6-PGD enzimlerinin katalizlediği reaksiyon (Antonenkoy, 1989).

Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G-6-PD) eksikliği insanlarda en sık görülen enzim eksikliğidir (Reclos vd., 1999). Eritrositlerde glukoz 6-fosfat dehidrogenazın kalıtsal eksikliği ya da değişik varyantlarının bulunması yeni doğan sarılığı, ilaç hassasiyeti, enfeksiyonlar sırasında hemolitik anemi, favizm ve nonsferositik konjenital hemolitik anemi gibi hastalık bulguları ile yakından ilgilidir (Beutler, 1973). Kalıtsal bir hastalık olan G-6-PD eksikliği X kromozomuna bağımlıdır. Bu nedenle erkekleri çok daha fazla etkilemektedir (Reclos vd., 2000). Tiamin eksikliğinde ortaya çıkan ve bellek kaybı ile kısmi paralizin birlikte görüldüğü Wernicke-Karsokoff sendromu; pentoz fosfat yolundaki transketolaz aktivitesindeki değişimlere de bağlanmaktadır (Kutay, 2002).

### 1.5.4. Malondialdehit (MDA)

Oksidatif stres; vücutta proteinler, nükleik asitler ve lipitler başta olmak üzere birçok molekülün yapısını etkilemektedir. Oksijen radikalleri aminoasit yan zincirlerinin yapısını bozarak protein agregatlarının oluşumuna yol açar ve peptid bağlarını koparabilir. Ayrıca DNA'yı etkileyerek hücrede mutasyona ve hücre ölümüne kadar varan süreci tetikleyebilir (Cheeseman, 1993). Lipit peroksidasyonu membran fonksiyonlarını bozarak bağlı bulunduğu reseptör ve enzimleri inaktive eder, membran akışkanlığına zarar vererek membran geçirgenliğini artırır.

Malondialdehit (MDA), 1960'lı yıllardan günümüze kadar doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonu sonucunda oluşan başlıca bir sekonder ürün olup, bu ürünün uzun ömürlü ve yüksek reaktiviteye sahip olması sebebiyle dokulardaki düzeyleri peroksidasyonun şiddetini belirlemek için kullanılmaktadır (Aldini vd., 2007). MDA gibi reaktif aldehytler oluştukları bölgeden uzağa difüze olarak uzak bölgedeki dokulara da zarar vermektedir. Fizyolojik pH'da serbest enolat formunda bulunan MDA, amino gruplarına karşı düşük reaktivite gösterirken düşük pH'da reaktivitesinin artmasından dolayı proteinleri de olumsuz etkilemektedir. MDA'nın hücre membranlarının geçirgenliğini artırdığı, membranların iyon alışverişine etki ederek hücre içi iyon dengesini bozduğu, enzim aktivitelerinin bozulmasına, DNA'nın yapısında kırılmalara ve bazı değişimlerine neden olmaktadır.



**Şekil 1.2.** Lipit Peroksidasyonu ve MDA oluşumu (Aldini vd., 2007).

## 2. MATERYAL METOD

Yapılan bu araştırmada,  $11.49 \pm 0.24$  cm boyunda,  $21.77 \pm 1.29$  g ağırlığındaki pullu sazan (*Cyprinus carpio*) türü balıklar 10 mg/L bor konsantrasyonuna maruz bırakılmıştır. Araştırmada borun inorganik bir formu olan borik asit kullanılmıştır. 1 aylık alıştırma süresi sonunda toplam 42 adet balık 10 mg/L bor içeren akvaryumlara rastgele dağıtılmış ve 30 gün sonunda araştırma sonlandırılmıştır.

### 2.1. Araştırma için Akvaryumların Hazırlanması, Araştırmanın Başlaması ve Sürecin İşleyişi

Bu çalışmada,  $11.49 \pm 0.24$  cm boyunda,  $21.77 \pm 1.29$  g ağırlığındaki toplam 42 tane pullu sazan (*Cyprinus carpio*) balığı kullanılmıştır. Balıklar Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretme ve Eğitim Enstitüsü (Kepez / Antalya)'nden getirilmiştir. Laboratuara getirilen balıklar Dumlupınar Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde bulunan Hidrobiyoloji Laboratuvarı'nda 30 günlük alıştırma tabi tutulmuştur. Alıştırma periyodundan sonra araştırmaya başlanmıştır. Araştırmada 30x40x100 cm. ebatlarında 3'er akvaryumdan oluşan toplam 6 akvaryumluk sump sistemleri kullanılmıştır. Her akvaryumda 220-240 V, 50 Hz, 45 W özelliklere sahip Dophin C-1600 Canister Filter marka motor kurulmuştur. Ayrıca hem alıştırma hem de araştırma süreci boyunca Jebo UV-H 11 marka AC 220 V, 50 Hz özelliklere sahip ultraviyole lamba günlük 2 saat çalıştırılmıştır. Akvaryum bakımları düzenli olarak her gün takip edilmiştir. Bu akvaryumlardan 3'ü kontrol 3'ü araştırma amaçlı kurulmuştur. Kontrol grubu akvaryumlarda bor konsantrasyonu hariç diğer parametreler araştırma grubu akvaryumlarla aynı tutulmaya çalışılmıştır.

Borik asitin ( $H_3BO_3$ ) molar konsantrasyonu 61.83 g/moldür. Borun (B) ise 10.811 g/moldür (DPT, 1997; DPT, 2000). Araştırmada kullanılan akvaryumlar 120 litre su kapasitelidir. 1 akvaryuma 10 mg/L bor koyabilmek için borik asitten 6.67 gram alınmıştır. Kontrol ve araştırma grubundaki akvaryumlarda haftada 1/3 oranında su değişimi yapılmıştır. Su değişimi yapıldıktan sonra bor miktarı sabit tutulması için alınan 40 litre su için 2.22 mg/L borik asit araştırma akvaryumlarına ilave edilmiştir. Araştırma 30 gün boyunca devam etmiştir. Bu süre içinde akvaryum sularının fizikokimyasal parametreleri düzenli olarak kontrol edilmiş olup akvaryum suyu balık sağlığını olumsuz etkilemeyecek seviyede tutulmuştur. Balıklar araştırma boyunca ticari yemle beslenmiştir. Bu yem %47.5 ham protein ve %6.5 yağ içermektedir. Kontrol ve araştırmada kullanılan balıklara günlük canlı ağırlığının %2'si oranında yem verilmiştir. Balıkların yem değerlendirme oranları ve gelişimleri aşağıda formüllerle hesaplanmıştır.

$$\text{Spesifik Büyüme Oranı(SGR)} = ((\ln W_2 - \ln W_1) / t) \times 100$$

W1= İlk ağırlık (g), W2= Son ağırlık (g), t= Gün

$$\text{Mutlak Boy Artışı} = L_2 - L_1$$

$$\text{Oransal Boy Artışı} = ((L_2 - L_1) / L_1) \times 100$$

L1= İlk boy (cm), L2= Son boy (cm)

$$\text{Mutlak Ağırlık Artış} = W_2 - W_1$$

$$\text{Oransal Ağırlık Artışı} = ((W_2 - W_1) / W_1) \times 100$$

W1= İlk ağırlık (g), W2= Son ağırlık (g)

Ağırlık Kazancı

$$\text{Yem Dönüşüm Etkinliği(YDE)} = \frac{\text{Ağırlık Kazancı}}{\text{Verilen Yem Miktarı (kg)}}$$

Verilen Yem Miktarı (kg)

Ortalama (Vücut ağırlığı)

$$\text{Kondisyon Faktörü} = \frac{\text{Ortalama (Vücut ağırlığı)}}{\text{Ortalama (Balık Boyu)}^3} \times 100$$

Ortalama (Balık Boyu)<sup>3</sup>

## 2.2. Bor Biyoakümülyasyon Analizleri

Balıklardan alınan dokular dondurularak Dumlupınar Üniversitesi İleri Teknolojiler Araştırma Merkezine ulaştırılmıştır. Numunelerden homojen bir karışım elde edilip, karışım saat camı üzerine konulup tamamen kuruyana kadar 105 °C±5 °C'de etüvde tutulmuştur. Nemi tamamen giderilen numuneler havanda öğütülerek homojen hale getirilmiştir. Öğütülen materyaller kuru ağırlık çalışılması nedeniyle 2 saat tekrar etüve alınmıştır. Bu numunelerden analitik terazide tartımlar gerçekleştirilerek her numuneden 0.5 g numune alınmıştır. Numunelere 9±0.1 mL nitrik asit ve 3±0.1 mL perklorik asit konularak karıştırılmış ve mikrodalga yakma ünitesinde (CEM Mars Xpress) sindirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra örnekler soğutulup, santrifüjlenmiş; filtre kâğıdından süzülerek, hacimleri 100 mL'ye tamamlanmıştır. Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi (AAS) ile analizler yapılmıştır. Tüm işlemler kör numunelere de birebir uygulanmıştır (APHA, 1992; ASTM, 1985).

## 2.3.Biyokimyasal Analizler

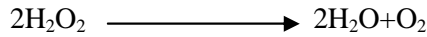
### 2.3.1.Doku homojenizasyonu

Akvaryumdan alınan balıkların kas, karaciğer, beyin, solungaç, bağırsak, göz, deri dokuları buz üzerinde diseke edilip fizyolojik su ile yıkanmış, kurutulup tartılarak analiz edilinceye kadar  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de saklanmışlardır. Biyokimyasal analizlere başlamadan önce, kas dokusu 1/5 ağırlık/hacim (w/v), karaciğer dokusu 1/10 (w/v), beyin dokusu 1/10 (w/v), solungaç dokusu 1/5 (w/v), bağırsak dokusu 1/5 (w/v) göz dokusu 1/10 (w/v) ve deri dokusu için 1/5 (w/v) oranında olacak şekilde dokular 0.25 M sükröz içeren 50  $\mu\text{M}$ , pH 7.4 soğutulmuş sodyum-fosfat tamponunda homojenizatör ile 8000 rpm'de 3 dakika homojenize edilmiştir. Isınma nedeniyle meydana gelebilecek enzim aktivite kaybını önlemek üzere örnekler buz içerisinde homojenize edilmişlerdir. Homojenatlar  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 9500 g'da 30 dakika santrifüjlenmiştir. Elde edilen süpernatant CAT, CA, G-6-PD enzim aktiviteleri ile MDA ve protein miktarlarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

### 2.3.2.Enzim aktivite analizleri

#### 2.3.2.1. Katalaz (CAT) aktivitesi ölçme yöntemi

Katalaz, hidrojen peroksidi ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) parçalayarak su ve oksijene dönüştürür.



Aebi (1974)'nin kullanmış olduğu bu yöntem, 240 nm dalga boyunda hidrojen peroksidin ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) gösterdiği absorbans değerinin katalaz enzimi aktivitesi nedeniyle 1 dakika (AA/t dakika) zaman içerisinde azalma göstermesi ve bu azalmanın spektrofotometrik olarak izlenmesi temeline dayanır.  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'in spektrofotometrik olarak 240 nm dalga boyunda absorbansındaki düşmenin izlenmesi ile CAT aktivitesi belirlenmiş olur. Araştırma, Çizelge 2.1.'de belirtilen sıra takip edilerek yapılmıştır.

#### Çizelge 2.1. CAT aktivitesi ölçme yöntemi.

	Deney	Tank deney
Fosfat tamponu	---	0.01mL
$\text{H}_2\text{O}_2$ çözeltisi	3.00mL	3.00mL
Numune(Homojenat)	0.01mL	---



Deney ve tanık deney çözeltilerinin absorbanlarındaki değişimi ( $\Delta A/t$  dakika), damıtık suya karşı 240 nm dalga boyunda 1 dakika boyunca spektrofotometrik olarak izlenerek okunmuştur.

CAT aktivitesi hesaplanması:

Bir dakika sonundaki absorban değişimleri arasındaki fark ( $\Delta A / t$  dakika),  $H_2O_2$ 'nin molar absorpsiyon katsayısı ( $\epsilon$ ) ve 10  $\mu$ l numune alınarak yapılan deneylerde CAT aktivitesi aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır.

$$H_2O_2 \text{ 'in molar absorpsiyon katsayısı} (\epsilon_{H_2O_2}) = 40.98 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$$

$$\text{CAT akt.} = ((\Delta A_D / t \text{ dakika}) - (\Delta A_{\text{TamkD}} / t \text{ dakika})) \times (1 / \epsilon_{H_2O_2}) \times (1 / \epsilon) \times (V_T / V_{NM})$$

$$\text{CAT akt.} = (\Delta A / t \text{ dakika}) \times (1 / 0.04098 \text{ L} / \text{mmol} \cdot \text{cm}) \times (1/\text{cm}) \times (3.01 \text{ mL} / 0.01 \text{ mL})$$

$$\text{CAT aktivitesi} = (\Delta A / t \text{ dakika}) \times 7345 (\mu\text{mol/mL} \cdot \text{dakika})$$

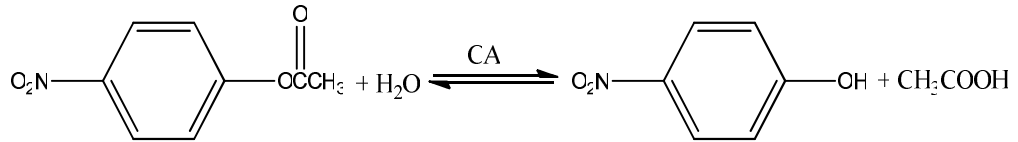
$$\mu\text{mol/dakika} = \text{EÜ olduğundan;}$$

$$\text{CAT (EÜ/mL)} = (\Delta A / t \text{ dakika}) \times 7345$$

$$\text{CAT (EÜ/mg protein)} = ((\Delta A / t \text{ dakika}) \times 7345) / \text{Protein derişimi (mg/mL)}$$

### **2.3.2.2. Karbonik anhidraz aktivitesi tayini**

Bu yöntem, karbonik anhidrazın esteraz (esterleri hidrolizleme) aktivitesine sahip olması esasına dayanmaktadır. Prensipten olarak karbonik anhidraz, substrat olarak kullanılan p-nitrofenil asetatı, 348 nm de absorban veren p-nitrofenol veya p-nitrofenolat'a hidroliz etmektedir.

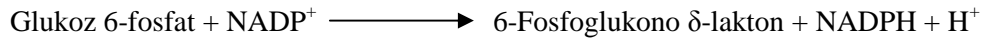


348 nm'de p-nitrofenol ve p-nitrofenolat'ın her ikisi de aynı absorbanı göstermektedir. Bu yüzden fenol grubundaki H<sup>+</sup> iyonunun ayrışıp ayrışmaması ölçümü etkilememektedir (Armstrong vd., 1966; Kandel vd., 1970). Substrat olarak kullanılan p-nitrofenil asetatın da bu dalga boyunda çok az absorpsiyonu olduğundan kör olarak kullanılmaktadır. Tayin işlemlerinde kuartz küvetlere 1 mL substrat, 1.3 mL tampon, 0.6 mL su ve 0.1 mL homojenat konulup 25°C de 348 nm de 3 dakika süresince absorbandaki değişim kaydedildi. Spektrofotometre, daha önce enzim yerine 0.1 mL tampon konularak, karışımın 3 dakika sonraki absorbanı ile sıfıra

ayarlandı. Bu suretle; 3 dakika içinde esterin kendi kendine hidrolizlenen kısmı ve p-nitrofenil asetatın absorpsiyonu için düzeltme yapıldı. Tampon olarak PH'ı 7.4 olan 0.05 M TRIS tamponu kullanıldı.

### **2.3.2.3. G-6-PD enziminin aktivite ölçümü**

Kinetik çalışmalarda G-6-PD aktivitesi ölçümü aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Enzim aktivitesi tayininde kullanılan spektrofotometrik yöntem aşağıdaki reaksiyona dayanmaktadır.



Nikotinamid adenin dinükleotid fosfat (NADP<sup>+</sup>), glukoz 6-fosfat dehidrogenaz tarafından glukoz 6-fosfat varlığında indirgenir. NADPH' ın oluşum oranı glukoz 6-fosfat dehidrogenaz aktivitesine bağımlı olup 340 nm' deki absorbans artışı ile ölçülebilir.

**Çizelge 2.2.** G-6-PD enziminin aktivite ölçüm küvet içeriği.

	<b>Deney</b>	<b>Tamk deney</b>
1M Tris-HCl, 5Mm EDTA, 1M MgCl <sub>2</sub>	400 µl	2mL
2mM NADP <sup>+</sup>	200µl	---
6mM G-6P	200µl	---
Su	1160 mL	---
Enzim numunesi	40µl	---

Çözelti konulduktan sonra 25°C'de 10 dakika inkübe edildi. Sonra kontrole karşı numunenin absorbans artışları 3 dakika süreyle kaydedildi (Beutler 1971). Enzim ünitesi hesaplanırken aşağıdaki formül kullanıldı:

$$\text{EÜ/mL} = \frac{\Delta\text{OD}}{6.22} \times \frac{V^T}{V^E} \times S^F$$

Bu formülde yer alan simgeler aşağıda açıklanmıştır;

EÜ/mL: 1 mL'deki enzim ünitesi

ΔOD: Bir dakikadaki absorbans değişimi

6.22: 1 mM NADPH'ın oluşturduğu absorbans değeri (ekstinksiyon katsayısı)

$V^T$ : Ölçümünün yapıldığı toplam küvet hacmi

$V^E$ : Ölçümünün yapıldığı küvete ilave edilen enzim numunesinin hacmi

$S^F$ : Seyreltme faktörü (seyreltilen örnek için kullanılır)

#### **2.3.2.4. Plazma MDA analizi**

MDA lipid peroksidasyonunun sekonder bir ürünü olup lipidlere ait peroksidasyonun belirlenmesinde kullanılan önemli bir parametredir. Aerobik şartlarda thiobarbitürikasit (TBA) ile 90°C'de inkübasyonu sonucu pembe renkli kompleks meydana getirir. Bu oluşan kompleksin absorbansı spektrofotometrede 532 nm dalga boyunda okunur (Draper, 1990).

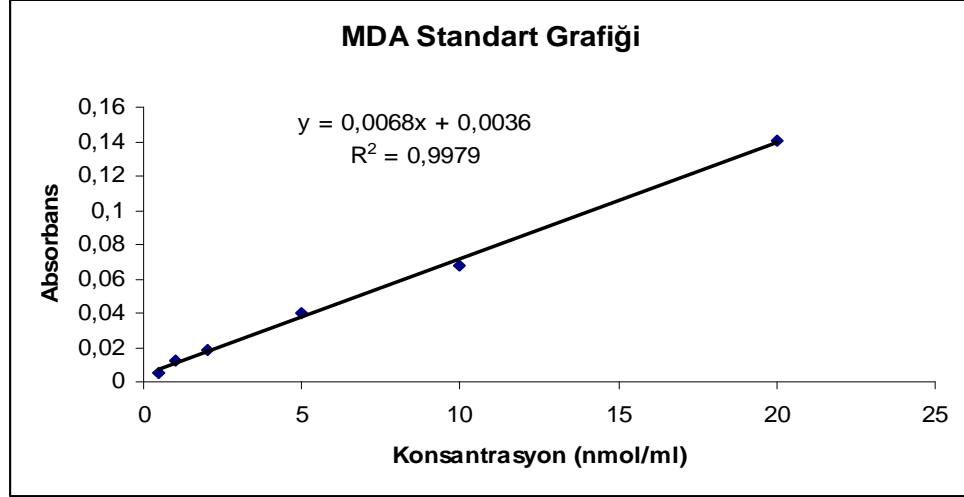
Her deney tüpüne 2.5 mL %10'luk trikloroasetikasit (TCA) konuldu ve üzerine de 0.5 mL numune eklendi. Bu çözelti vorteksle karıştırıldıktan sonra, tüpün ağzı parafilmle kapatılıp 90°C' deki su banyosunda 15 dakika bekletildi. Su banyosundan alınan tüpler, buz içerisinde 15 dakika bekletildikten sonra, oda sıcaklığına gelmesi sağlandı. 3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilerek süpernatant elde edilmiştir. 2 mL süpernatant alınarak başka tüplere aktarıldı ve üzerlerine %0.675'lik TBA'dan 1 mL ilave edilerek, 90 °C'deki su banyosunda 15 dakika bekletildi. Örnekler tekrar buz dolu kap içerisinde 15 dakika bekletildikten sonra, oda sıcaklığına gelmesi beklendi. Ardından spektrofotometrede üstteki organik kısım alınıp 532 nm' de kör tüpüne karşı absorbans değerleri okundu. Kör tüpü hazırlanırken, araştırma başlangıcındaki numune yerine 0.5 mL distile su alınıp konulmuştur ve diğer işlemlerin aynısı uygulanmıştır. Plazmada MDA analizinin yapılışı Çizelge 2.3'de verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** MDA analizinin yapılışı.

	<b>Kör</b>	<b>Örnek</b>
% 10'luk TCA	2.5 mL	2.5 mL
Plazma	-	0.5 mL
Distile su	0.5 mL	-
90°C su banyosunda 15 dakika bekletildi.		
15 dakika buz içerisinde bekletildi.		
Süpernatant	2 mL	2 mL
% 0.675'lik TBA	1 mL	1 mL
90°C su banyosunda 15 dakika bekletildi. 15 dakika buz içerisinde bekletildi.		

Standart olarak MDA bis (1, 1, 3, 3, tetraetoksi propan) kullanıldı. Plazma yerine 0.5 mL hazırlanan standartlar eklenerek diğer işlemlerin aynısı uygulandı. Elde edilen sonuçlara

göre konsantrasyon – absorbans grafiği elde edildi. Numunelerin konsantrasyon değerleri bu grafik göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır.

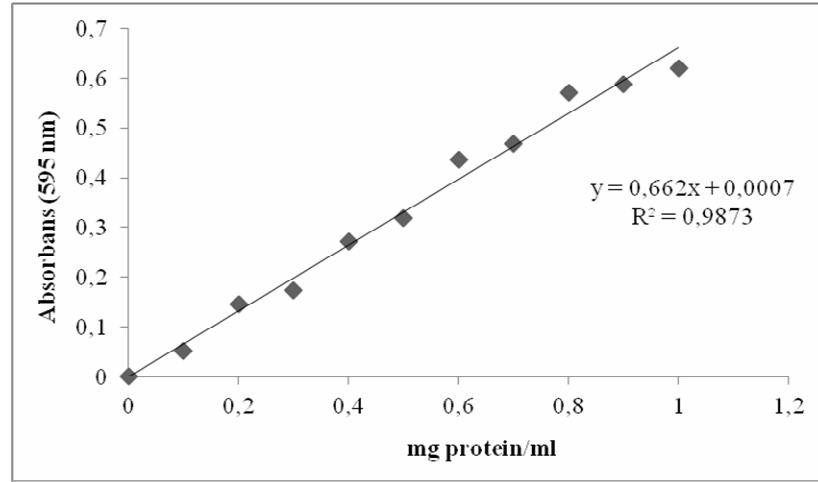


şekil 2.1.MDA standart grafiği.

### **2.3.2.5. Bradford yöntemi ile protein tayin**

Bradford yöntemi, coomassie brilliant blue G-250'nin fosforik asitli ortamda proteinlere bağlanması esasına dayanan bir yöntemdir. Oluşan yapı, absorbans değerini 595 nm'de maksimum gösterir. Proteine boya ile etkileşimi ve bağlanması çok hızlı gerçekteşir (2 dakika). Bradford (1976), bu yöntemin hassasiyeti 1-100 µg arasında olduğunu belirtmiştir.

Tayin işlemlerinde; 1 mL'sinde 1 mg protein bulunduran standart sığır albumin (BSA) çözeltilisinden tüplere 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 ve 100 µL alınıp, saf su ile tüm tüplerin hacmi 0.1 mL'ye tamamlandı. 5 mL coomassie brilliant blue G-250 reaktifi tüplere ilave edilip vorteks ile karıştırıldı. 10 dakika sonunda 595 nm de 3 mL'lik küvetlerde absorbans değerleri köre karşı okundu. Kör olarak, 0.1 mL aynı tampon ve 5 mL coomassie brilliant blue G-250 reaktifinden oluşan karışım kullanıldı. Absorbans değerlerine karşılık gelen mikrogram protein değerleri standart grafik halinde şekil 2.2'de verildi.



**Şekil 2.2.** Protein standart grafiği.

Hesaplama, standart grafiğinden numunelerin konsantrasyonları belirlenmiştir. Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi'nden elde edilen veriler Aspect CS programı kullanılarak okunmuş, hesaplamaları Microsoft Excel'de mg/L cinsinden yapılmıştır. SPSS 15 paket programı ile enzim aktiviteleri ve lipid peroksidasyonunun anlamlılık düzeyleri belirlenmiştir.

### 3. SONUÇLAR

Araştırmada kullanılan balıkların ortalama spesifik büyüme oranları, yem dönüşüm etkinliği, ortalama mutlak boy ve ağırlık artışları, ortalama oransal boy ve ağırlık artışları ve kondisyon faktörleri Çizelge 3.1 de verilmiştir.

**Çizelge 3.1:** Araştırmada kullanılan balıkların gelişimi ile ilgili bazı parametreler (Ortalama±Standart Hata).

	Kontrol		10 mg/L Bor	
	(Ort±SH)	Denek Sayısı	(Ort±SH)	Denek Sayısı
<b>Ort. Spesifik Büyüme Oranı</b>	0.96±0.04	21	1.06±0.03	21
<b>Ort. Yem Dönüşüm Etkinliği</b>	0.55±0.03	21	0.62±0.03	21
<b>Ort. Mutlak Boy Artışı</b>	1.27±0.03	21	1.31±0.08	21
<b>Ort. Mutlak Ağırlık Artışı</b>	7.38±0.54	21	7.98±0.96	21
<b>Ort. Oransal Boy Artışı</b>	11.02±0.34	21	11.54±0.48	21
<b>Ort. Oransal Ağırlık Artışı</b>	33.18±1.63	21	37.46±1.58	21
<b>Kondisyon Faktörü</b>	1.39±0.01	21	1.42±0.03	21

10 mg/L bor konsantrasyonuna maruz bırakılan balıkların ortalama spesifik büyüme oranları, ortalama yem dönüşüm etkinliği, ortalama mutlak boy artışı, ortalama mutlak ağırlık artışı, ortalama oransal boy artışı, ortalama oransal ağırlık artışı ve kondisyon faktörü değerleri, kontrol grubundaki balıklara göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 3.1). Ancak bu farkın istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ).

Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularında (kas, bağırsak, karaciğer, solungaç, beyin, göz, deri) bor biyoakümülyasyon düzeyleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Araştırmada kullanılan balıkların bor biyoakümülyasyon düzeyleri ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  yaş ağırlık).

	<b>Kontrol Grubu (Ort<math>\pm</math>SH)</b>	<b>10 mg/L Bor (Ort<math>\pm</math>SH)</b>
<b>Kas</b>	TDA	0.010 $\pm$ 0.005
<b>Karaciğer</b>	0.022 $\pm$ 0.017	0.038 $\pm$ 0.008
<b>Solungaç</b>	0.001 $\pm$ 0.000	0.029 $\pm$ 0.012
<b>Beyin</b>	0.044 $\pm$ 0.017	0.135 $\pm$ 0.004
<b>Deri</b>	0.010 $\pm$ 0.004	0.006 $\pm$ 0.005

(TDA: tesir değeriinin altında)

10 mg/L bor ilave edilmiş akvaryumlardaki balıkların deri dokusu hariç tüm dokularındaki bor akümülyasyon seviyeleri kontrol grubu balık dokularından daha fazla olduğu görülmüştür. Ancak araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularındaki bor birikimi değışimi önemli düzeyde bulunmamıştır. Bu sonuç, araştırmının kısa süreli olmasından veya sazan balıklarının bor elementini detoksifikasyon gücünün yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir.

### 3.1. Enzim Aktivite Analizleri

#### 3.1.1. Farklı dokularda CAT, CA, G-6-PD ve MDA değeri

Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularında (kas, bağırsak, karaciğer, solungaç, beyin, göz, deri) ölçülen CAT enzim aktiviteleri Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularının CAT aktiviteleri (EÜ/mg protein).

	<b>Kontrol Grubu</b>	<b>10 mg/L Bor</b>
<b>Kas</b>	0.430 $\pm$ 0.005	0.384 $\pm$ 0.007
<b>Bağırsak</b>	0.565 $\pm$ 0.233	0.404 $\pm$ 0.097
<b>Karaciğer</b>	1.111 $\pm$ 0.234	1.404 $\pm$ 0.194
<b>Solungaç</b>	0.090 $\pm$ 0.038	0.061 $\pm$ 0.008
<b>Beyin</b>	0.068 $\pm$ 0.008	0.114 $\pm$ 0.056
<b>Göz</b>	0.093 $\pm$ 0.056	0.024 $\pm$ 0.007
<b>Deri</b>	0.106 $\pm$ 0.013	0.047 $\pm$ 0.011*

\*p<0.05

\*\*p<0.001

Bor'a maruz bırakılan balıkların kas, bağırsak, karaciğer, solungaç, beyin ve göz dokularında ölçülen CAT enzim aktiviteleri kullanılan doza bağlı önemli derecelerde değişim göstermemiştir (Çizelge 3.6). Bor'a maruz bırakılan balıkların kas, bağırsak, solungaç, göz ve deri dokularındaki CAT enzim aktivitelerindeki düşüş saptanmıştır. Bulunan bu sonuçlar kas, bağırsak, solungaç ve göz dokularında istatistiksel açıdan önemsizken ( $p>0.05$ ); deri dokusunda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Bor'a maruz bırakılan balıkların karaciğer ve beyin dokularındaki CAT enzim aktivitelerinde ise yükselme saptanmıştır. Ancak bu dokuların CAT enzim aktivitelerindeki yükselme istatistiksel açıdan önemli değildir ( $p>0.05$ ).

Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularında ölçülen karbonik anhidraz (CA) enzim aktiviteleri Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.4.** Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularındaki CA aktiviteleri (EÜ/mg protein).

	<b>Kontrol Grubu</b>	<b>10 mg/L Bor</b>
<b>Kas</b>	0.403±0.024	0.678±0.035**
<b>Bağırsak</b>	7.284±1.043	6.969±1.246
<b>Karaciğer</b>	6.628±0.871	9.553±2.142
<b>Solungaç</b>	1.567±0.107	1.704±0.089
<b>Beyin</b>	0.688±0.091	0.849±0.050
<b>Göz</b>	1.587±0.238	1.510±0.096
<b>Deri</b>	3.014±0.402	2.758±0.365

\* $p<0.05$

\*\* $p<0.001$

Bor'a maruz bırakılan balıkların kas, bağırsak, karaciğer, solungaç, beyin, göz ve deri dokularında ölçülen CA enzim aktiviteleri doza bağlı olarak değişim göstermiştir (Çizelge 3.7). 10 mg/L Bor'a maruz bırakılan balıkların kas dokularındaki CA enzim aktivitelerindeki yükselişin istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır ( $p<0.001$ ). Kontrol grubuna kıyasla balıkların bağırsak, göz ve deri dokuları incelendiğinde Bor'a maruz bırakılan balıklardaki azalmanın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p>0.05$ ). Bor'a maruz bırakılan balıkların karaciğer, solungaç ve beyin dokularındaki CA aktivitelerindeki artışın da önemli olmadığı gözlenmiştir ( $p>0.05$ ).



Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularında ölçülen glikoz 6 fosfat dehidrogenaz (G-6-PD) enzim aktivite sonuçları Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularında ölçülen G-6-PD aktiviteleri (EÜ/mg protein).

	<b>Kontrol Grubu</b>	<b>10 mg/L Bor</b>
<b>Kas</b>	0.043±0.026	0.042±0.011
<b>Bağırsak</b>	0.977±0.823	4.997±2.463
<b>Karaciğer</b>	3.458±1.307	2.773±1.279
<b>Solungaç</b>	0.467±0.042	0.516±0.041
<b>Beyin</b>	0.282±0.027	0.340±0.019
<b>Göz</b>	0.477±0.094	0.511±0.072
<b>Deri</b>	0.505±0.084	0.153±0.024**

\*p<0.05

\*\*p<0.001

Araştırmada kullanılan balıkların kas, bağırsak, karaciğer, solungaç, beyin, göz ve deri dokularında ölçülen glikoz 6 fosfat dehidrogenaz enzim aktiviteleri bor konsantrasyonunun etkisiyle değişim göstermiştir (Çizelge 3.8). Bor'a maruz bırakılan balıkların deri dokularındaki G-6-PD enzim aktivitelerinde önemli bir düşüş olduğu tespit edilmiştir (p<0.001). Kontrol grubuna kıyasla balıkların bağırsak, solungaç, beyin ve göz dokuları incelendiğinde Bor'a maruz bırakılan balıklarda artış gözlenmiştir. Bu artış istatistiksel açıdan bağırsak, solungaç, beyin ve göz dokuları için önemli bulunmamıştır (p>0.05). Bor'a maruz bırakılan balıkların karaciğer ve kas dokularındaki G-6-PD aktivitelerindeki azalmanın da istatistiksel olarak önemi bulunmamıştır (p>0.05).

Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularında ölçülen MDA düzeyleri Çizelge 3.6.'da verilmiştir.

**Çizelge 3.6.** Araştırmada kullanılan balıkların farklı dokularında ölçülen MDA düzeyleri (nmol/mg protein).

	<b>Kontrol Grubu</b>	<b>10 mg/L Bor</b>
<b>Kas</b>	3.408±0.387	4.540±0.508
<b>Bağırsak</b>	5.006±0.400	4.039±0.237
<b>Karaciğer</b>	5.246±0.675	6.202±0.495
<b>Solungaç</b>	8.714±1.223	9.736±1.408
<b>Beyin</b>	3.421±0.343	2.576±0.314
<b>Göz</b>	12.791±0.971	7.226±0.516**
<b>Deri</b>	6.878±0.650	4.984±0.483*

\*p<0.05

\*\*p<0.001

Çizelge 3.6 da görüldüğü gibi Bor'a maruz bırakılan balıkların göz ve deri dokularındaki MDA düzeylerinde önemli derecede azalma olduğu tespit edilmiştir. Bor'a maruz bırakılan balıkların kas, karaciğer, solungaç, bağırsak ve beyin dokularının MDA düzeylerinde meydana gelen hafif artışlar istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır (p>0,05).

#### 4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, 30 gün boyunca 10 mg/L bor konsantrasyonuna maruz bırakılan pullu sazan (*Cyprinus carpio*) türü balıkların büyüme, gelişme, biyoakümülyasyon, bazı dokuların enzim aktiviteleri ve lipid peroksidasyonu araştırılmıştır. Günlük canlı ağırlığın % 2'si oranında ticari yem ile beslenen 10 mg/L bor konsantrasyonunda yaşayan balıklarda ortalama spesifik büyüme oranı, ortalama yem dönüşüm etkinliği, ortalama mutlak boy artışı, ortalama mutlak ağırlık artışı, ortalama oransal boy artışı, ortalama oransal ağırlık artışı ve kondisyon faktörü parametrelerinde kontrol grubuna göre önemli derecede farklılık gözlenmemiştir ( $p < 0.05$ ). Buradan hareketle sazan (*Cyprinus carpio*) balıklarının 10 mg/L gibi nisbeten yüksek bor konsantrasyonlarında bile önemli derecede etkilenmediği söylenebilir.

Oksidanlar ve hastalıklar arasındaki ilişki oksidan ve antioksidan arasında kurulan dengeye bağlı olarak değişir. Organizmada oksidanların artması veya antioksidanların azalması sonucu oksidanlar normal biyolojik makro moleküllerle kolaylıkla etkileşim haline girebilirler. Bu etkileşimlerin sonucu olarak doku harabiyetleri meydana gelmektedir (Aydın vd., 2001). Sezgin ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada serbest oksijen radikallerinin geri dönüşümsüz hücre hasarlarının ortaya çıkmasında önemli rol oynayabileceklerini belirtmişlerdir (Sezgin vd., 2004). Antioksidan enzim düzeyleri ile miyokard disfonksiyonundaki bozulmanın derecesi arasındaki ilişkiyi bulmak için yapılan bir çalışmada serbest oksijen radikallerinin kalp yetersizliğinin başlangıç safhasında ve devamında rol oynadığı, kalp kası fonksiyon bozukluklarına yol açtığı belirtilmiştir (Sezgin vd., 2004). Serbest radikallerin ortadan kalkması için dokularda katalaz (CAT) enzim aktivitesinde bir artış gözlenir (Pena Llopis vd., 2003).

Bu çalışmada kullandığımız 10 mg/L bor konsantrasyonuna maruz bırakılan *Cyprinus carpio* türü balıkların kas, bağırsak, solungaç, göz ve deri dokularında CAT aktivitelerinin kontrol grubu balıklara göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Ancak dokular arasındaki bu farklılıkların istatistiksel açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 3.3.). Yapılan bir çalışmada 2,4-diklorofenol maruziyetine bırakılmış *Carassius auratus* türünün karaciğer dokusunda CAT enzim aktivitesinin arttığı belirtilmiştir (Zhang vd., 2004). Ali ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada ise termik santrallerin bacalarından çıkan uçma özelliğindeki küllerin *Channa punctatus* türünün karaciğer ve solungaç dokularındaki CAT enzim aktivitesine etkileri incelenmiştir. Karaciğer dokusunda CAT enzim aktivitesinin arttığı rapor edilmiştir (Ali vd., 2004). Yapılan başka bir çalışmada ise *Pomatoschistus microps* türlerinin benzopiren, anthrasin ve benzin gibi petrokimyasal kirleticilere maruz kalması sonucunda karaciğer dokularında CAT enzim aktivitesinin arttığı gözlenmiştir (Vieira vd.,

2008). *C. punctatus* bir kâğıt fabrikasının atık sularına maruz bırakılmış ve karaciğer dokularında CAT aktivitesi incelenmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda karaciğerdeki CAT enzim aktivitesinin arttığı rapor edilmiştir (Ahmad vd., 2006). Benzer bir çalışmada *Gadus morhua* türleri petrol ve alkilfenole maruz bırakıldıklarında karaciğer CAT aktivitesinde artış olduğu gözlenmiştir (Sturve vd., 2006). Toksik etkisi yüksek bir insektisit olan karbarile 14 gün maruz bırakılmış *Oreochromis niloticus* türünün karaciğer dokularında ise CAT aktivite düzeylerinde bir azalma söz konusudur (Matos vd., 2007). *Clarias batrachus* türünün arseniğe maruz bırakıldığı çalışmada benzer şekilde karaciğerdeki CAT aktivitesinin önemli düzeyde düştüğü belirtilmiştir (Bhattacharya vd., 2007).

Yapılan bir çalışmada *Cana punctatus* endosulfona maruz bırakılmış ve solungaç dokularında CAT aktivitesinin azaldığı gözlenmiştir (Pandey vd., 2001). Yine *Cana punctatus* türünün kullanıldığı başka bir çalışmada balıklar deltamethrine maruz bırakılmış ve bu çalışmada da CAT'ın azalma gösterdiği belirlenmiştir (Sayeed vd., 2003). *Clarias gariepinus* türünün arsenite maruz bırakıldığı diğer bir çalışmada CAT enzim aktiviteleri solungaç dokularında düşük olduğu bulunmuştur (Farombi vd., 2007). *C. punctatus* bir kâğıt fabrikasının atık sularına maruz bırakılmış ve solungaç dokularında CAT aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir (Ahmad vd., 2000). *Bathymodiolus azoricus* türünde kadmiyum ve bakır elementlerinin CAT enzim aktivitelerini solungaç dokusunda düşürdüğü bildirilmiştir (Company vd., 2004). *Unio tumidus* türünde de bakır etkisinde kontrol grubuna oranla araştırma grubunda CAT aktivitesi solungaç dokularında düşmüştür (Doyotte vd., 1997).

Yapılan bu çalışmada 10 mg/L bor konsantrasyonunun *Cyprinus carpio* türü balıkların farklı dokularının CA enzim aktivitelerini önemli derecede etkilemediği tespit edilmiştir. Balıkların solungaç ve salgı organlarında önemli rol oynadığı bildirilen CA enzimi, stoplazmada çözülmüş yada hücre membranına zayıfça bağlanmış olarak bulunmaktadır (Pocker ve Sarkanen, 1979). CA enzimi, balıklarda ozmotik basınç ve asit-baz dengesinde oldukça önemli rol üstlenmektedir. Balıklar ise ozmotik basınç ve asit baz dengesini solungaçlarıyla gerçekleştirirler (Bayram vd., 2008; Şentürk vd., 2009). Dönüşümsüz körlüğe sebep olan glokom, silyer epitelin salgı aktivitesi sonucu anormal derecede yüksek göz içi basıncıyla ortaya çıkmaktadır. CA enzimi bu salgının aktivitesini %25-30 oranında düşürdüğü için glokom tedavisinde kullanımı yaygınlaşmıştır (Supuran ve Scozzafava, 2000). Ceyhun ve arkadaşları (2010), yapmış oldukları çalışmada pestisitlerin (deltamethrin, diazinon, propoxur ve cypermethrin) gökkuşağı alabalığı solungaç dokularında CA enzim aktivitesini engellediğini rapor etmişlerdir. 10 mg/L gümüş elementine maruz bırakılan gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) solungaç dokularında enzim faaliyetlerinde azalma olduğu görülmüştür

(Morgan vd., 1997). Bu çalışmalara paralel olarak yapılan diğer bir çalışmada kemikli balıkların ağır metallere maruziyeti sonucunda solungaç dokularındaki enzim aktivitelerinin önlendiği görülmüştür (Lionetto vd., 2000). Yapılan bu çalışmada 10 mg/L bor konsantrasyonunun *Cyprinus carpio* solungaç dokusu CA aktivitesini önemli derecede etkilemediği tespit edilmiştir. Lindskog (1997) yapmış olduğu bir çalışmada CA enziminin beyinde BOS salgısında işlevsel rol oynadığını belirtmiştir. Yapılan bu çalışmada ise 10 mg/L bor konsantrasyonuna maruz bırakılan balıkların beyin dokusu CA aktivitesi kontrol grubu balıkların beyin dokusu CA aktivitesinden yüksek olduğu, ancak bunun istatistiki öneminin olmadığı görülmüştür (Çizelge 3.4).

Glukoz 6 fosfat dehidrogenaz (G-6-PD) enzimi nükleik asit sentezi, beş karbonlu şeker, çeşitli biyosentez ve detoksifikasyon tepkimeleri için gerekli NADPH'ı sağlayan pentoz fosfat yolunun ilk ve kilit enzimidir. G-6-PD eksikliği halinde hemolitik anemi başta olmak üzere birçok klinik tablo oluşmaktadır (Stryer, 1985; Telefoncu, 1986; Lehninger, 2000). Ceyhan ve arkadaşları (2010), yapmış oldukları çalışmada pestisitlerin (deltamethrin, diazinon, propoxur and cypermethrin) gökkuşuğu alabalığı solungaç dokularında G-6-PD enzim aktivitesini engellediğini (inhibe ettiğini) rapor etmişlerdir. Tiamfenikol, amikasin, gentamisin, netilmisin, kloramin-T ilaçları, gökkuşuğu alabalığının eritrosit ve karaciğerinde G-6-PD enzim aktivitesini inhibe ettiği görülmüştür (Ciltaş vd., 2003; Erdoğan vd., 2004). Vankomycine, sulfanylamide, sulfanylacetamide, nidazole, siprofloksasin, amoksisilin ilaçlarının *Chalcalburnus Tarischii* türü üzerine yapılan çalışmada G-6-PD enzim aktivitesinin karaciğer dokusunda engellendiği belirlenmiştir (Çiftçi vd., 2007). Yapılan bu çalışmada 10 mg/L bor konsantrasyonunun *Cyprinus carpio* türü balıkların kas, karaciğer, bağırsak, solungaç, beyin ve göz dokularındaki G-6-PD enzim aktivitesini önemli derecede etkilemediği tespit edilmiştir. Bora maruz bırakılan balıkların deri dokusu G-6-PD enzim aktivitelerinde ise önemli derecede düşüş gözlenmiştir.

MDA oksidatif strese bağlı hasarı göstermek için belirlenen en iyi yöntemlerden biridir. Yapılan bu çalışmada 10 mg/L bor konsantrasyonunun *Cyprinus carpio* türü balıkların göz ve deri dokuları MDA düzeylerini önemli derecede azalttığı belirlenmiştir ( $p < 0.001$ ). 10 mg/L bor konsantrasyonuna maruz kalan balıkların kas, karaciğer ve solungaç dokuları MDA düzeylerinde ise önemli bir değişim tespit edilmemiştir. Ahmad ve arkadaşları (2010), yapmış oldukları çalışmada *C. punctatus* bir kâğıt fabrikasının atık sularına maruz bırakılmıştır. Bu canlıların karaciğer dokusunda yapılan çalışmaya paralel olarak MDA düzeyinin değişmediği belirlenmiştir. Kâğıt, kâğıt hamuru ve yerel tesislerden gelen atık sulara maruz kalmış *Catostomus catostomus* türü kullanarak yapılan bir çalışmada, bu balıkların karaciğer dokularında lipid peroksidasyon düzeylerine artışlar gözlenmiştir (Oakes vd., 2004). Yapılan

çalışmada elde edilen bulgulardan farklı olarak *Channa punctatus* ile yapılan çalışmada termik santrallerin bacalarından çıkan uçucu küllere maruz bırakılarak karaciğer ve solungaç dokularında MDA seviyelerinin arttığı gözlenmiştir (Ali vd., 2004). Ayrıca kentsel, endüstriyel ve zirai atıklara maruz kalan *Mugil cephalus* ve *Platichthys flesus* türlerinin karaciğer dokularında MDA konsantrasyonlarının arttığı belirtilmiştir (Ferreira vd., 2005). Yapılan iki farklı çalışmada *Cana punctatus* ayrı ayrı endosulfona ve deltamethrine maruz bırakılmış her iki çalışmada da hem karaciğer hem de solungaç dokularında MDA konsantrasyonunun arttığı belirlenmiştir (Pandey vd., 2001; Sayeed vd., 2003).

Sonuç olarak, 10 mg/L bor konsantrasyonuna sahip suların *Cyprinus carpio* türü balıkların 30 günlük süre içerisinde büyüme ve gelişimlerinde önemli derecede olumsuz bir etkiye sahip olmadığı söylenebilir. Buna ilaveten 30 gün boyunca 10 mg/L bor konsantrasyonuna maruz kalan *Cyprinus carpio* türü balıkların çalışılan enzim aktiviteleri ve lipid peroksidasyonu da (bazı istisnalar hariç) önemli derecede etkilenmemiştir. Ancak bu konsantrasyonlara daha uzun süreli maruziyetin aynı sonuçları vereceğini söylemek zordur. Bölgemizdeki doğal suların (Bor endrüstrisi atık suları veya buralardan etkilenen sular hariç) 10 mg/L gibi yüksek bor konsantrasyonuna ulaşması şimdilik mümkün görülmemektedir. Bu açıdan bölgemizin doğal sularının mevcut bor içeriğinin *Cyprinus carpio* türü balıklar için tehdit oluşturmadığı ve gelecek kısa sürede de tehdit oluşturmayacağı söylenebilir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

Ahmad, S., (1995), Oxidative stres and antioksidant defenses in biology, Chapman ve Hall Inc, London, 447 s.

Ahmad, I., Hamid, T., Fatima, M., Chand, H.S., Jain, S.K., Athar, M., Raisuddin, S., (2000), Induction of hepatic antioxidants in freshwater catfish (*Channa punctatus* Bloch) is a biomarkers of paper mill effulent exposure, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1523: 37-48.

Akyurt, İ., (1994), Balık Beslemede Mineraller, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 25 (3), 445-453, Erzurum.

Aldini, G., Dalle-Donne, I., Facino, R. M., Milzani, A., Carini, M., (2007), Intervention strategies to inhibit protein carbonylation by lipoxidation-derived reactive carbonyls, *Medicinal Research Reviews*, Cilt 27, Sayı 6, s, 817–868.

Ali, M., Parvez, S., Pandey, S., Atif, F., Kaur, M., Rehman, H., Raisuddin, S., (2004), Fly ash leachate induces oxidative stres in freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch), *Environment International*, 30: 933-938.

Antonenkov, VD., (1989), Dehydrogenases of the pentose phosphate pathway in rat liver peroxisomes, *European journal of biochemistry*, 183,75-82.

APHA, (1992), Standart methods fort he examination water and wastewater, 18th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C.

Armstrong, J., Mc, D., Myers, D. V., Verpoorte, J. A., ve Edsall, J. T., (1966), Purification and properties of human erythrocyte carbonic anhydrase, *The Journal of Biological Chemistry*, s, 214, 5137.

ASTM, (1985), Standard practice for maintaining constant relative humidity by means of aqueous solutions, *ASTM Book of Standards*, E104-85 s, 695-696.

Aydın, A., Sayal, A., İşimer, A., (2001), Serbest Radikaller ve Antioksidan Savunma Sistemi, *Gülhane Askeri Tıp Akademisi*, Sayı: 20, 1-87.

Aydın, A., Orhan, H., Sayal, A., Özata, M., Şahin, G., İşimer, A., (2001), Oxidative stress and nitric oxide related parameters in type II diabetes mellitus: effects of glycemic control, *Clinical Biochemistry Cilt 34*, Sayı 1, s, 65–70.

Baykal, E. D., (2003), Hidrotermal ve mikrodalga enerjiiyle, lityum içeren boratlı fosfatlı bileşiklerin sentezlenmesi, kristal yapı ve termokimyasal özelliklerinin incelenmesi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi*.

Bayram, E., Senturk, M.,Kufrevioğlu, O. I., Supuran, C. T., (2008), In vitro inhibition of salicylic acid derivatives on human cytosolic carbonic anhydrase isozymes I and II, *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 9101–9105.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bentli, İ., Özdemir, O., Çelik, M.S., Ediz, N., (2002), Bor Atıkları ve Değerlendirme Stratejileri, I. Uluslararası Bor Sempozyumu Kitabı, 250-255.
- Beutler, E., (1973), Screening for Glucose-6-Phosphate dehydrogenase deficiency, *Israel Journal of Medical Sciences*, (9):9-10: 1350-1352.
- Bhattacharya, A., Bhattacharya, S., (2007), Induction of oxidative stress by arsenic in *Clarias batrachus*: Involvement of peroxisomes, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66: 178-187.
- Bilgiç, M., Dayık, M., (2013), Borun Özellikleri ve Tekstil Endüstrisinde Kullanımıyla Sağladığı Avantajlar, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 7, No: 2, 27-37*.
- Bradford, M.M., (1976), A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical Biochemistry*, 72, 248.
- Bublitz, C., Steavenson, S., (1988), The pentose phosphate pathway in the endoplasmic reticulum, *The Journal of Biological Chemistry*, 263, 12849-53.
- Burtis, C.A., Ashwood, E.R., (1999), *Tietz Textbook of Clinical Chemistry*, W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania.
- Bolanos, L., K. Lukaszewski, I. Bonilla, D. Blevins, (2004), Why boron?, *Plant Physiology and Biochemistry*, 42: 907-912.
- Boncukoğlu, R., Kocakerim, M.M., Yılmaz E.A., Yılmaz T.M., (2003), Bor elementinin çevresel açıdan değerlendirilmesi, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum.
- Carter, M. J., (1972), Carbonic anhydrase; isoenzymes, properties, distribution, and functional significance, *Biological Reviews*, 42, 465.
- Ceyhun, S., B., Sentürk, M., Erdoğan, O., Küfrevioğlu, I., (2010), In vitro and in vivo effects of some pesticides on carbonic anhydrase enzyme from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) gills, *Pesticide Biochemistry and Physiology* 97, 177-181.
- Chapin, R.E., Ku, W. W., Kenney, M. A., McCoy, H., (1998), The effects of dietary boric acid on bone strength in rats, *Biological Trace Element Research*, 66: 395-399.
- Cheeseman, K.H., Slater, T.F., (1993), *An Introduction to Free Radical Biochemistry*, *British Medical Bulletin*, 49(3): 481-493.
- Ciftci, M., Türkoğlu, V., Coban, A., (2007), Effects of some drugs on hepatic glucose 6-phosphate dehydrogenase activity in Lake Van Fish (*Chalcalburnus Tarischii* Pallas, 1811), *Journal of Hazardous Materials* 143, 415-418.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ciltas, A., Erdogan, O., Hisar, O., Ciftci, M., (2003), Effects of chloramine-*t* and CuSO<sub>4</sub> on enzyme activity of glucose 6-phosphate dehydrogenase from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) erythrocytes in vitro and in vivo, The Israeli Journal of Aquaculture–Bamidgeh, 55 (3), 187–196.
- Company, R., Serafim, A., Bebianno, M. J., Cosson, R., Shiilito, B., (2004), Effect of Cadmium, Copper and Mercury on Antioxidant Enzyme Activities and Lipid Peroxidation in the Gills of the Hydrothermal Vent Mussel *Bathymodiolus azoricus*, Marine Environmental Research, 377-381.
- Çalık, A., (2009), Türkiye'nin Bor Madenleri ve Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü, Mühendis ve Makina-Cilt: 43, Sayı: 508.
- Çelikkale, M. S., (1988), İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi SDBT Fakültesi Yayın no: 3, Trabzon.
- Çelikkale, M. S., (2002), İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası, Genel Yayın No:124, Fakülte Yayın No:2, s., 419, Trabzon.
- Çimrin, T., Demirel, M., (2012), Kanatlı Karma Yemlerinde Bor Elementinin Kullanımı, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi/ Journal of The Institute of Natural and Applied Sciences 17 (1):46-56.
- Demirtaş, A., (2005), Bitkide Bor ve Etkileri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 36 (2), 217-225, 1300-9036.
- Demirtaş, A., (2010), Borun İnsan Beslemesi ve Sağlığı Açısından Önemi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41 (1), 75-80, Erzurum.
- Doğan, G., Sabah, E., Erkal, T., (2005), Borun Çevresel Etkileri Üzerine Türkiye'de Yapılan Bilimsel Araştırmalar, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.
- Doyotte, A., Cossu, C., Jacquin, M. C., Babut, M., Vasseur, P., (1997), Antioxidant Enzymes, Glutathione and Lipid Peroxidation as Relevant Biomarkers of Experimental or Field Exposure in the Gills and the Digestive Gland of the Freshwater Bivalve *Unio tumidus*, Aquatic Toxicology, 39,93-110.
- DPT., (2000), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005), Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Ankara.
- DPT., (1997), Bor Mineralleri, Ankara.
- Draper, H. H. ve Hadley, M., (1990), Malondialdehyde determination as index of lipid peroxidation, Methods in Enzymology, 180: 421-431.
- Dröge, W., (2001), Free Radicals in the Physiological Control of Cell Function, Physiological Reviews, 82: 47–95.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Duman, I , (2003), Bor madenleri ve stratejik bor ürünleri, Bilim ve Ulopva Dergisi, Sayı 114, 18-21.
- Dündar, M. S., Altundağ, H., (2007), Investigation of Heavy Metal Contaminations in the Lower Sakarya River Water and Sediments, Environmental Monitoring and Assessment, Cilt 128, Sayı 1, s, 177-181.
- Emre, Y., (2004), Sazan Yetiştiriciliği, T.C. Başbakanlık Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı.
- Erdogan, O., Ciftci, M., Iltas, A. C., Hisar, O., (2004), Inhibition effects of some antibiotics on the activity of glucose 6-phosphate dehydrogenase enzyme from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) erythrocytes, Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 28, 675–681.
- Eskandari, H., Ghaziaskar, H. S., Ensafi, A. A., (2001), A Sensitive and Simple Extractive-Spectrophotometric Method for the Determination of Microgram Amount of Cobalt by Using alfa-Benzilmonoxime, The Japan Society for Analytical Chemistry, Cilt 17.
- Ferreira, M., Moradas-Ferreira, P., Reis-Henriques, M.A. (2005), Oxidative stress biomarkers in two resident species, mullet (*Mugil cephalus*) and flounder (*Platichthys flesus*), from a polluted site in River Douro Estuary, Portugal, Aquatic Toxicology, 71: 39-48.
- Farombi, E. O., Adelowo, O. A. ve Ajimoko, Y. R., (2007), Biomarkers of Oxidative Stress and Heavy Metal Levels as Indicators of Environmental Pollution in African Cat Fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River, Article, International Journal of Environmental Research, 4(2), s, 158-165.
- Fridovich, I., (1989), Oxygen radicals from acetaldehyde, Free Radical Biology and Medicine, 7(5): 557-558.
- Greenwood, N.N., A. Earnshaw, (1984), Chemistry of the Elements, Pergamon Press, New York.
- Gül M., Kutay F.Z., Temocin S. ve Hanninen O., (2000), Cellular and clinical implications of glutathione, Indian Journal of Experimental Biology, 38, 625-634.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., (1997), Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynaklar Dizisi No:43, Ankara.
- Gün, A., (2009), Türkiye Akarsularında Bor ve Organik Madde Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, M.K., Yıldız, U.C. , Baysal, E., Peker, H., Demirci, Z. (1994), Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilmesi, Tübitak 875 Nolu Projesi, 377.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Haynes, W. N., (1980), Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press, 61st edition.
- Havza Kirliliği Konferansı., (2008), 5.Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, II. Bölge Müdürlüğü, İzmir.
- Hildebrand, G. H., (1982), Borax Pioneer: Francis Marion Smith, Howell-North Books, San Diego-California, s.318.
- Hunt, C.D., F.H. Nielsen, (1981), Interaction between boron and chholecalciferol in the chicks, Australian Academy of Sciene, 97: 600.
- Hunt, C.D., (1994), The biochemical effects of physiologic amounts of dietary boron in animal nutritions models, Environ Health Perspects, 102:35-43.
- Hunt, C.D., (2006), Dietary boron : Progress in establishing essential roles in human and animal physiology, III. Uluslararası Bor Sempozyumu, 3-10. 02-04 Kasım 2006, Ankara.
- Karcioğlu, Z., (2009), Endüstriyel Atık Sulardan Kimyasal Koagülasyon Yönetimi ile Bor Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Kandel, M., Gonall, A. G., Wong, S. ve Kondel, S. I., (1970), Some characteristics of human, bovine and horse carbonic anhydrase as revealed by inactivation studies, The Journal of Biological Chemistry, s, 245, 2444.
- Kemp, P.H., (1956), The Chemistry of Boraks, Part 1, Borox Consolidated limited, S. W. I, London.
- Keskin., E. Y., Erdem, M., (2005), Gökkuşluğu alabalık yetiştiriciliğinde farklı oranlarda ekstrüde yem kullanımının balıkların gelişmesine etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Cilt I, Sayı I, 49-57.
- Kistler B.R., Helvacı C, (1994), Boron and Borates, Industrial Minerals and Rocks, 6 Edition, USA.
- Karakoç, K., (2004), Osmanlı'dan Günümüze Maden Mevzuatı ve Bor Madenciliği Özelleştirme ve Bor Politikaları Üzerine Düşünceler, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir.
- Koçak, H.Ş., (2010), Kütahya Emet Borik Asit İşletmesi Bor Atıklarının Alçı Levha Üretiminde Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Lehninger, A.L., Nelson, D.L., Cox, M.M., (2000), Principles of Biochemistry, Worth Publishers, Inc., New York, Second Edition.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lindskog, S., (1997), Structure and Mechanism of Carbonic Anhydrase, *Pharmacology and Therapeutics*, 74, s, 1-20.
- Lionetto, M.G., Giordano, M.E., Vilella, S., Schettino, T., (2000), Inhibition of eel enzymatic activities by cadmium, *Aquatic Toxicology*, 48, 561–571.
- Lukaszewski K.M., Blevins, D.G., (1996), Root growth inhibition in boron deficient aluminum stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism, *plant physiology*, 1135-1140.
- Maren, T. H., (1967), Carbonic Anhydrase; chemistry, physiology and inhibition, *Physiological Reviews*, 47, s, 595.
- Matos, P., Fontainhas-Fernandes, A., Pexoto, F., Carrola, J., Rocha, E., (2007), Biochemical and histological hepatic changes of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* exposed to carbaryl, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 89: 73- 80.
- Meldrum, N.N., Roughton, F.J.W., (1933), Carbonic anhydrase: its preparation and properties, *Nature*, 80: 113-142.
- Miçillioğlu, S., (2010), *Lactuca Sativa* Bitkisi Kullanılarak Bor Konsantrasyonu Yüksek Suların Arıtılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Minareci, O., Öztürk, M., (2012), Manisa İli Baraj Göllerinde Bor Kirliliğinin Araştırılması, *Biyoloji Bilim Araştırma Dergisi* 5 (1): 25-29, Manisa.
- Minareci, O., Bilgin, N., Çakır, M., (2013), İstanbul Büyükçekmece Gölü'nde Anyonik Deterjan, Fosfat ve Bor Kirliliğinin Araştırılması, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 52-60, Manisa.
- Morgan, I.J., Henry, R.P., Wood, C.M., (1997), The mechanism of acute silver nitrate toxicity in freshwater rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) is inhibition of gill Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> transport. *Aquatic Toxicology*, 38, 145–163.
- Mumcu, E., (2005), Seydi Çayı (Eskişehir) Çevresinde Toplanan Su ve Toprak Örneklerinde Ames/ Salmonella/Mutajenite Testi İle Bor Elementinin Mutajenitesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Oakes, K.D., McMaster, M.E., Van Der Kraak, G.J. (2004), Oxidative stress responses in longnose sucker (*Catostomus catostomus*) exposed to pulp and paper mill and municipal sewage effluents, *Aquatic Toxicology*, 67: 255-271.
- Oeser, A., Tolbert, N.E., Schnarrenberger, C., (1973), Two isoenzymes each of glucose-6-phosphate dehydrogenase and 6-phosphogluconate dehydrogenase in spinach leaves, *Archives of Biochemistry Biophysics*, 154, 438-448.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özben, T., (1989), Biliary lipid composition and gallstone formation in rabbits fed on soy protein, cholesterol, casein and modified casein, *Biochemical Journal*, 263, 293-296.
- Özkan, G., Çebi, H., Delice, S., Doğan, M., (1997), Bor Minerallerinin Özellikleri ve Madenciliği, 2 Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Etibank Bor Araştırma Merkezi, 35471, Menderes, İzmir.
- Özkurt, Ş., (1998), Çatören ve Kunduzlar (Kırka- Eskişehir) Baraj Göletlerindeki Sazanların (*Cyprinus carpio* L., 1758) Dokularında Bor Birikimi, Gazi Üniversitesi, Kırşehir Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi Bölümü, Kırşehir.
- Pandey, S., Ahmed, I., Parvez, S., Bin-Hafeez, R., Naque, R., Raisuddin, R., (2001), Effect of endosulfon on antioxidants of freshwater fish *Channa punctatus* Bloch: Protection against lipid peroxidation in liver by copper preexposure, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 41: 345-352.
- Parr, A.J., Loughman, B.C., (1983), Boron and Membrane Functions in Plants, In D.A.
- Pocker, Y., ve Sarkanen, S., (1979), Carbonic anhydrase: Structure, Catalytic Versatility and inhibition, *Advances in Enzymology*, Interscience, New York, 49,149.
- Reclos, GJ., Hatzidakis, CJ., Kruithof, RA., (1999), G-6-PD Diagnosis: Modification of the standard method eliminates the need for an additional hemoglobin determination, *Pharmakeftiki* 12 (1), 25-31.
- Reclos, GJ., Hatzidakis, CJ., Schulpis, KH., (2000), Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency neonatal screening: preliminary evidence that a high percentage of partially deficient female neonates are missed during routine screening, *Journal of Medical Screening*, 7 (1), 46-51.
- Sağlam, N., Cihangir, N., (1995), Ağır Metallerin Biyolojik Süreçlerle Biyosorbsiyonu Çalışmaları, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 11, 157-161.
- Scott. W A., (1975), Glucose-6-phosphate dehydrogenase from *neurospora crassa*, *Methods Enzymology*, 41, 177-82.
- Sayeed, I., Parvez, S., Pandey, S., Bin-Hafeez, B., Haque, R., Raisuddin, S., (2003), Oxidative stress biomarkers of exposure to deltamethrin in freshwater fish, *Channa punctatus* Bloch, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56: 295- 301.
- Senturk, M., Gulcin, I., Dastan, A., Kufrevioğlu, I., Supuran, C. T., (2009). Carbonic anhydrase inhibitors: Inhibitor of human erythrocyte I and II isoenzymes with antioxidant phenolic compounds, *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 17, 3207–3211.
- Sezgin, N., Sezgin, A. P., Karabulut, A., Topal, E., Barutçu., Gözükara, E. M., (2004), Miyokard Disfonksiyonu Olan Hastalarda Disfonksiyonun Derecesi ve Antioksidan Enzim Düzeylerinin Karşılaştırılması, *Anadolu Kardiyoloji Dergisi*, 4, 130-134.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Shuler, T.R., Pootrakul, P., Yarnsukon, P. ve Nielsen, F.H., (1990), Effect of thalassaemia İmmunoglobulin E disease on macro, trace and ultratrace element concentration in human tissues, The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine and Biology, 3, 31-343.

Singal, D., Pawan K., Natasha Iliskovic., (1998), Doxorubicin-Induced Cardiomyopathy, The new England Journal of Medicine, 339:900-905.

Stryer, L.,(1985), Biochemie, Vieweg, Braunschweig, s, 93.

Sturve, J., Hasselberg, L., Falth, H., Celander, M., Förlin, L., (2006), Effects of Nort Sea oil and alkylphenols on biomarker responses in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*), Aquatic Toxicology, 78(S): 73-78.

Supuran, C. T. ve Scozzafava, A., (2000), Carbonic Anhydrase inhibitors 1,3,4-thiadiazole-2 sulfonamide derivatives as antitumor agents, European Journal of Medicinal Chemistry, 35, s, 867-874.

Şimşek, C., (2008), Balçova Jeotermal Sahasında Bor ve Arsenik Kirliliği Jeotermal Enerji Semineri.

Telefoncu A., Telefoncu F., (1989), Glucose 6-fosfat dehidrogenaz aktivitesine Primaquine'in etkisi, Turkish Journal of Medical Sciences, 14, 57-63.

Uslu, T., (1996), Usability of Borax Tailingsbin Building Bricks as an Additive, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

Uylaş, M., (2013), Seyit Gazi Yöresi (Eskişehir) İçme Sularında Bor Seviyelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.

Uysal, K., Köse, E., (2008), Cinsi Olgunluğa Erişmemiş Pullu Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ların Kas, Deri ve Solungaçlarındaki Ağır Metal Akümülyasyon Oranlarının Karşılaştırılması, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Sayı: 17, Kütahya.

Ünlü, İ., Bilen, M., Gürü, M., (2011), Kütahya-Emet Bölgesi Yeraltı Sularında Bor ve Arsenik Kirliliğinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Vieira, L.R., Sousa, A., Frasco, M.F., Lima, I., Morgado, F., Guilhermino, L., (2008), Acute effects of Benzopyrene, anthracene and fuel oil on biomarkers of the common goby *Pomatoschistus microps* (Teleostei, Gobiidae), Science of The Total Environment, 395: 87-100.

Yalınkılıç, M.K., Baysal, E., Demirci, Z. (1995), Bazı Borlu Bileşiklerin ve Su İtici Maddelerin Kızılcam Odununun Higroskopistisine Etkileri, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilim Dergisi.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yalınkılıç, M.K., Imamura, Y., Takahashi, M., Demirci, Z., Yalınkılıç, A.C. (1999), In situ polymerization of vinyl monomers during compressive deformation of wood treated with boric acid to delay boron leaching, *Forest Products Journal* 49, 2,43-51.

Yenmez, N., (2009), Stratejik Bir Maden Olarak Bor Minerallerinin Türkiye İçin Önemi, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Coğrafya Dergisi, Sayı 19, Sayfa 59-94, İstanbul.

Yerel, S., Özbay, N., Gence, N., (2009), Bor Madeni ve Önemi, Anadolu Üniversitesi Bozüyük MYO, Bozüyük/Bilecik.

Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Polat, N., Yılmaz, M., (2010), Hirfanlı Baraj Gölü'nde Yaşayan *Cyprinus carpio* L.,1758 ve *Tinca tinca* (L.,1758)'nın Boy-Ağırlık ve Boy-Boy İlişkileri ile Mevsimsel Kondisyon Faktörleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Journal of Science, 5 (2): 154-162.

Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Polat, N., (2012), Bafra Balık Gölleri ( Samsun, Türkiye)'ndeki Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın Yaş ve Büyüme Özellikleri, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi 2(7):1-12.

Young, I. S., Woodside, J. V., (2001), Antioxidants in health and disease, *Journal of Clinical Pathology*, 54:176–186.

Zaheer, N., Tewari. KK., Krishan, PS., (1967), Mitochondria! forms of glucosc-6-phosphate dehydrogenase and 6-phosphogluconic acid dehydrogenase in rat liver, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 120, 22-34.

Zhang, J., Shen, H., Wang, X., Wu, J., Xue, Y., (2004), Effects of chronic exposure of 2,4-dichlorophenol on the antioxidant system in liver of freshwater fish *Carassius auratus*, *Chemosphere*, 55: 167-174.

Warrington K., (1923), The effect of borie acid and borax on the broad bean and eertain other plants, *Annals of otany*, 37, 457-466.