

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa ÇELİK

SU VE YEM KAYNAKLI BORUN NİL TİLAPİA (*Oreochromis niloticus*)'LARININ BÜYÜME PERFORMANSI VE KAN PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİK ANABİLİM DALI

ADANA-2022

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU VE YEM KAYNAKLI BORUN NİL TİLAPİA (*Oreochromis niloticus*)'LARININ BÜYÜME PERFORMANSI VE KAN
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mustafa ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİK ANABİLİM DALI

Bu Tez 12/12/2022 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Suat DİKEL
DANIŞMAN

.....
Doç. Dr. OğuzTAŞBOZAN
ÜYE

.....
Doç. Dr. Mustafa ÖZ
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2020-13258

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU VE YEM KAYNAKLI BORUN NİL TİLAPİA (*Oreochromis niloticus*)'LARININ BÜYÜME PERFORMANSI VE KAN PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Mustafa ÇELİK

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİK ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Suat DİKEL
Yıl: 2022, Sayfa: 41
Jüri : Prof. Dr. Suat DİKEL
: Doç. Dr. Oğuz TAŞBOZAN
: Doç. Dr. Mustafa ÖZ

Bu çalışmada farklı iki kaynaktan gelen (su ve yem kaynaklı) borun nil tilapia yavrularının büyüme performansları ve kan parametreleri üzerine etkilerinin araştırması amaçlanmıştır. Bu amaçla 12,51g ortalama ağırlığa sahip nil tilapia yavruları beş farklı grupta (%0, %0,01, %0,05, %0,10) oranlarında yemlerine ve su ortamına (Lc50 / 20) boron katılarak beslenmiştir. Deneme grupları içinde %0,05 oranında boron katılarak beslenen grup bireyleri diğer tüm gruplardan önemli düzeyde daha yüksek büyüme değerine ($32,28 \pm 0,25$) ulaşmışlardır ($P < 0,05$). Çalışmada en iyi yem değerlendirme performansı 1,15 ile %0,05 lik boron destekli yemle beslenen gruptan elde edilirken en yüksek FCR suya boron katılan gruptan elde edilmiştir ($P < 0,05$).

Anahtar Kelimeler: Boron, Tilapia, Besleme, Yem katkısı, Yetiştiricilik.

ABSTRACT

MSc. THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF WATER AND FEED-SOURCED BORON ON THE GROWTH PERFORMANCE AND BLOOD PARAMETERS OF NIL TILAPIAS (*Oreochromis niloticus*)

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AQUACULTURE

Supervisor : Prof. Dr. Suat DİKEL
Year: 2020, Sayfa: 41
Jury : Prof. Dr. Suat DİKEL
: Assoc. Prof. Dr. Oğuz TAŞBOZAN
: Assoc. Prof. Dr. Mustafa ÖZ

In this study, it was aimed to investigate the effects of boron from two different sources (water and feed) on the growth performance and blood parameters of Nil tilapia pups. For this purpose, nil tilapia offspring with an average weight of 12.51 g were fed in five different groups (0%, 0.01%, 0.05%, 0.10%) by adding boron to their feed and aquatic (LC50/20) environments. Group individuals fed with 0.05% boron supplementation in the experimental groups had a significantly higher growth rate (32.28 ± 0.25) than all other groups ($P < 0.05$). In the study, the best feed conversion performance was obtained from the group fed with 1.15%-0.05% boron added feed, while the highest FCR was obtained from the boron added water group ($P < 0.05$).

Key words: Boron, Tilapia, Nutrition, Feed additive, Aquaculture.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Doğada hiçbir zaman serbest halde bulunmayan bor elementi, çeşitli metal veya ametal elementlerle farklı özellikler gösteren bileşikler oluşturmaktadır. Bu sayede, birçok bor bileşiği, endüstrinin farklı dallarında kullanılmaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır. Saf bor ise karbon gibi elektrik iletkeni özelliği taşımaktadır. Kristalize bor, görünüm ve optik özellikleri açısından elmasa benzer ve neredeyse elmas kadar serttir. Bor (B), okyanuslarda, tortul kayalarda, kömürde ve bazı topraklarda boratlar şeklinde bulunan doğal olarak oluşan bir elementtir. Boratlar, okyanuslardan, jeotermal buharlardan ve kil açısından zengin tortul kayaların ayrışmasından atmosfere ve su ortamına doğal olarak salınır. Bor ayrıca antropojenik kaynaklardan daha az oranda salınır. Bor konsantrasyonları, havada ortalama olarak 20 ng/m³ ile < 0,5 ila 80 ng/m³ arasında ve topraklarda ortalama 30 mg/kg ile 10 ila 300 mg/kg arasında bulunur.

Bor, endüstride ve tarımda yaygın bir kullanıma sahiptir. Sucul ekosistemler başta olmak üzere çevre tarafından gübreler, pestisitler, deterjanlar ve Bor içeren temizlik ürünleri gibi farklı materyaller aracılığıyla alınmaktadır. Son yirmi yılda, Bor kontaminasyonu ve sucul ekosistemlerdeki zararlı etkileri giderek daha fazla izlenmektedir. Bu tez çalışmasında Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dr. Nazmi Tekelioğlu Tatlı Su Ürünleri Üretim ve Araştırma İstasyonundan temin edilen 420 nil tilapiası materyal olarak kullanılmış ve araştırma yine Dr. Nazmi Tekelioğlu Tatlı Su Ürünleri Üretim ve Araştırma İstasyonunda yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan balıklar boylanarak temin edilmiş ve grupların homojen olarak dağıtılmasına dikkat edilmiştir. Çalışmada ortalama 12.51±0,79 g canlı ağırlığa sahip balıklar kullanılmıştır. Araştırmamızda su içerisine koyulacak bor miktarının belirlenebilmesi için ilk olarak probit analiz yöntemi ile Lc50 değeri belirlenmiş ve hesaplanan Lc50 (96 saat) değerinin 1/20 si oranında bor kullanılarak ikinci deney planlanmıştır. Lc 50 değerinin belirlenmesi

amacıyla 120 balık kullanılmış ve 6 farklı oranda (0.00, 10.00, 50.00, 100.00, 150.00 ve 200.00 mg/L) bor kullanılmıştır. Lc50 değerinin belirlenmesi esnasında 96 saat boyunca balıklarımız günde üç defa kontrol edilmiş ve ölen balıklar hızlıca ortamdan uzaklaştırılmıştır. Lc50 deneyi boyunca akvaryumlar (50 litrelik) sürekli olarak havalandırılmış ve hazırlanan stoklardan 24 saat te bir sular değiştirilmiştir. Ayrıca deney süresince balıklarımıza yemleme yapılmamıştır. Bu çalışmada farklı iki kaynaktan gelen (su ve yem kaynaklı) borun nil tilapia yavrularının büyüme performansları ve kan parametreleri üzerine etkilerinin araştırması amaçlanmıştır. Bu amaçla 12,51g ortalama ağırlığa sahip nil tilapia yavruları beş farklı grupta (%0, %0,01, %0,05, %0,10) oranlarında yemlerine ve su ortamına (LC50 %20) boron katılarak beslenmiştir. Araştırmada *Hematolojik parametreler* K3EDTA içeren tüplerde alınan kan numuneleri MS4 S marka kan sayım cihazında hematolojik analizleri yapılmıştır. Alınan kan örneklerinden; akyuvar (WBC), alyuvar (RBC), hemoglobin (Hb), hematokrit (HTC), ortalama alyuvar hacmi (MCV), ortalama alyuvar hemoglobini (MCH), ortalama alyuvar hemoglobin derişimi (MCHC), alyuvar dağılım genişliği (RDW), trombosit (PLT), ortalama trombosit hacmi (MPV), trombosit dağılım genişliği (PDV) ve plateletcrit (PCT) değerleri incelenmiştir. Boronun büyüme üzerine etkilerine bakmak için de Spesifik Büyüme Oranı, Canlı ağırlık kazancı, Günlük yem alımı, Yem çevirim oranı ve Protein etkinlik oranlarına bakılmış ve değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre Deneme grupları içinde %0,05 oranında boron katılarak beslenen grup bireyleri diğer tüm gruplardan önemli düzeyde daha yüksek büyüme değerine ($32,28 \pm 0,25$) ulaşmışlardır ($P < 0,05$). Çalışmada en iyi yem değerlendirme performansı 1,15 ile %0,05 lik boron destekli yemle beslenen gruptan elde edilirken en yüksek FCR suya boron katılan gruptan elde edilmiştir ($P < 0,05$).

Tezin bir diğer bölümünde, biyokimyasal parametrelerin araştırılması kapsamında serumda; *Alkaline phosphatase (ALP)*, *Gama Glutamil Transferaz (GGT-V)*, *GOT(ATS)*, *Alanin aminotransferaz (ALT)*, *AMİLAZ(AML)*,

BUN (Blood Urea Nitrogen), Glukoz, Fosfor (PHOS), Calsiyum (Ca), Albumin (ALB), Kolesterol, Uric Asit, Kreatin Kinaz (CK), CREATIN, Total Bilirubin (TBIL), Total protein, Globulin, ALB/FLOB, BUN/CREA düzeyleri karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Çalışmamızdaki GLU miktarındaki artış bor maruziyeti stresli koşullar altında balıklarda artan enerji talebini karşılamak için glikojeni glikoza parçalanmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Glukokortikoidler ve katekolamin hormonları hayvanlarda hiperglisemi oluşturması ve stres durumu oluşan durumlarda balıkların adrenal dokularından hızla salgılanmasına neden olmaktadır. Çalışmamıza benzer kortizol ve glukoz seviyelerindeki artış *Oreochromis niloticus* için literatürde bildirenlerle uyum içinde olduğu bildirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde hiç bir yardımını esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Suat DİKEL'e, Kan parametrelerinin analiz edilmesinde ve değerlendirilmesi sürecinde desteğini esirgemeyen Aksaray üniversitesi Veteriner Fakültesi Klinik öncesi bilimler bölüm başkanı Doç. Dr. Mustafa ÖZ'e, Su ürünleri ve hastalıkları Anabilim dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Burak Evren İNANAN ve Arş. Gör. Enes ÜSTÜNER'e, Dr. Nazmi Tekelioğlu Tatlı Su Ürünleri Üretim ve Araştırma İstasyonu sorumlusu Su ürünleri Yüksek Mühendisi Ali ÖZDEŞ ve personeline ve bana inanıp sürekli cesaret veren asla beni yalnız bırakmayan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırmalar ve Projeler Birimi tarafından FYL-2020-13258 proje koduyla desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER SAYFA	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Boron ile İlgili Çalışmalar	3
2.1.1. Hayvan Yetiştiriciliğinde Boron Kullanımı	3
2.2. Borun Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Kullanımı	7
2.2.1. Borun Balıklarda Büyümeye Etkisi.....	7
2.2.2. Tilapia ve Boron İle İlgili Çalışmalar	11
3. MATERYAL VE METOD	13
3.1. Deneme Dizaynı	13
3.2. Deneme yemlerinin hazırlanması	15
3.3. Yemleme Protokolü ve Yöntemi	16
3.4. Kan örneklerinin alınması.....	16
3.5. Hematolojik parametreler	17
3.6. Kan örneklerinde gerçekleştirilen biyokimyasal analizler	18
3.7. Büyüme parametreleri.....	20
3.7.1. Spesifik Büyüme Oranı	20
3.7.2. Canlı ağırlık kazancı	20
3.7.3. Günlük yem alımı.....	21
3.7.4. Yem çevirim oranı.....	21

3.7.5. Protein etkinlik oranı.....	21
3.8. İstatistiksel Analiz Yöntemleri	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. Lc 50 (96 Saat) Değerinin Belirlenmesi	23
4.2. Balıkların Büyüme Performansı	24
4.3. Bor'un Kan Parametreleri Üzerine Etkileri	27
4.4. Borik Asitin Kan Biyokimya Parametreleri Üzerine Etkileri	29
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	33
5.1.Sonuç	33
5.2. Öneriler	34
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Lc50 (96 saat) deney grupları.....	14
Çizelge 3.2. Araştırma grupları	14
Çizelge 3.3. Araştırma yemlerinde yem hammaddelerinin kullanım oranları ve deneme yemlerinin besin içeriği (%).....	15
Çizelge 3.4. Araştırmamızda incelenen biyokimyasal parametreler.....	19
Çizelge 4.1. Bor içeren su bulunan akvaryum ortamındaki tilapiaların 96 saatte ölüm oranları	23
Çizelge 4.2. Bor içeren su bulunan akvaryum ortamında hesaplanan letal konsantrasyon değerleri.....	23
Çizelge 4.3. Araştırma Sonucunda Balıklarımızın Büyüme Parametreleri	25
Çizelge 4.4. Farklı konsantrasyonlarda borik asit içeren yem ile beslenen nil tilapiasının hematoloji bulguları.....	29
Çizelge 4.5. Farklı konsantrasyonlarda borik asit içeren yem ile beslenen nil tilapiasının serum biyokimyasal değerleri.....	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Balıklardan Kan Alınması.....	17
Şekil 3.2. MS4 S Kan Sayım Cihazı	18
Şekil 3.3. MScan II biyokimya Cihazı	20
Şekil 4.1. Nil tilapyası (<i>Oreochromis niloticus</i>) için bor'un 96 saatlik LC50 değerlerinin hesaplanması ve probit ile regresyon fonksiyonunun hesaplanması	24
Şekil 4.2. Nil tilapyası (<i>Oreochromis niloticus</i>)'nın HSI (hepatosomatik indeks) değerleri.....	26

SİMGELER VE KISALTMALAR

FA	: Final Ağırlık
YT	: Yem Tüketimi
FCR	: Yem çevrim oranı
SGR	: Spesifik Büyüme Oranı
PEO	: Protein etkinlik oranı
ECR	: Ekonomik çevrim oranı
EPI	: Ekonomik yarar indeksi
WG	: Ağırlık kazancı
KI	: Kondisyon faktörü
VSI	: Viserosomatik indeks
HSI	: Hepatosomatik indeks
WBC	: Lökosit
RBC	: Eritrosit
MCV	: Ortalama alyuvar hacmi
MCH	: Ortalama alyuvar hemoglobini
MCHC	: Ortalama alyuvar hemoglobin derişimi
Hct	: Hematokrit
RDW	: Alyuvar dağılım genişliği
Hb	: Hemoglobin
MPV	: Ortalama trombosit hacmi
Pct	: Plateletcrit
PDW	: Trombosit dağıtım genişliği
ALK	: Alkalen fosfataz
GOT	: Glutamik oksaloasetik tranaminaz
GPT	: Glutamik pirüvik transaminaz
AML	: Amilaz
BUN	: Kan Üre Azotu
GLU	: Glikoz

ALB : Albümün



1. GİRİŞ

Bor (B), okyanuslarda, tortul kayalar, kömürde ve bazı topraklarda boratlar şeklinde bulunan doğal olarak oluşan bir elementtir. Boratlar, okyanuslardan, jeotermal buharlardan ve kil açısından zengin tortul kayaların ayrışmasından atmosfere ve su ortamına doğal olarak salınır. Bor ayrıca antropojenik kaynaklardan daha az oranda salınır. Bor konsantrasyonları, Havada ortalama olarak 20 ng/m³ ile < 0,5 ila 80 ng/m³ arasında ve topraklarda ortalama 30 mg/kg ile 10 ila 300 mg/kg arasında bulunur (Howe 1998). Yüzey tatlı sularındaki Bor konsantrasyonları tipik olarak < 0,1–0,5 mg/L'dir; Drenaj havzasının jeokimyasal doğasına bağlı olarak bazı alanlarda çok daha yüksek konsantrasyonlar ölçülür. Bor, hem su hem de kara bitkilerinde birikir, ancak besin zinciri yoluyla biyolojik olarak çoğaldığı (birikim yaptığı) görülmemiştir.

Doğada hiçbir zaman serbest halde bulunmayan bor elementi, çeşitli metal veya ametal elementlerle farklı özellikler gösteren bileşikler oluşturmaktadır. Bu sayede, birçok bor bileşiği, endüstrinin farklı dallarında kullanılmaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır. Saf bor ise karbon gibi elektrik iletkeni özelliği taşımaktadır. Kristalize bor, görünüm ve optik özellikleri açısından elmasa benzer ve neredeyse elmas kadar serttir. Bor'un saf elementi; ilk kez 1808 yılında Fransız kimyager J.L. Gay – Lussac ve Baron L.J. Thenard ile İngiliz kimyager H. Davy tarafından elde edilmiştir (Anonim 2022a)

Dünya bor ürünleri tüketimi ise 2000 yılında 3,1 milyon ton iken, bu değer, 2017 yılında 3,87 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Dünyada sektörel bazda bor ürünlerinin tüketimi: %47 cam sektörü, %16 tarım-gübre, %15 seramik sektörü, %2 temizlik ve deterjan sektörleri ve %20 diğer sektörlerdir. Bu kullanım Türkiye'de; %36 cam, %31 seramik, %9 temizlik- deterjan, %7 tarım, %4 tutkal ve %14 pay ile diğer alanlarda kullanılmaktadır (Anonim 2022a).

Bor, endüstride ve tarımda yaygın bir kullanıma sahiptir (Schoderboeck ve ark., 2011). Sucul ekosistemler başta olmak üzere çevre tarafından gübreler , pestisitler, deterjanlar ve Bor içeren temizlik ürünleri gibi farklı materyaller aracılığıyla alınmaktadır (Li ve ark., 2008 ; Türker ve ark., 2014). Son yirmi yılda, Bor kontaminasyonu ve sucul ekosistemlerdeki zararlı etkileri giderek daha fazla izlenmektedir (Wolska ve Bryjak, 2013). Bor, düşük konsantrasyonlarda temel bir elementtir ve daha yüksek konsantrasyonlarda bitkiler ve hayvanlar için toksik hale gelebilir (Goldbach ve diğerleri, 2007). Hayvanlarda Bor fonksiyonları çok iyi kurulmasa da beslenme ve fizyolojik süreçler için gerekliliği bilinmektedir. Ayrıca Borun bağışıklık tepkisi, kemik büyümesi, mineral ve endokrin metabolizmalarında rolü vardır (Hunt, 1994 , Nielsen, 1997, Kabu ve Akosman, 2013). Balığın embriyonik gelişim , larva evreleri ve büyümesinde bor ihtiyacı zebra balığı (*Danio rerio*) ve gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) gösterilmiştir (Rowe ve Eckhert, 1999 , Loewengart, 2001 , Öz ve ark., 2018). Fare (*Mus domesticus*) , sıçan (*Rattus sp.*) ve kurbağa (*Xenopus laevis*) gibi diğer hayvan türleri gibi, balıklarda da Bor'un bazı toksik etkileri bildirilmiştir (Ku ve ark., 1993 ; Fort ve diğerleri, 1999; Bustos-Obregon ve Olivares, 2012 , Capkın ve ark., 2017). Bor'un 8.0 mg L⁻¹ konsantrasyonunda Hint majör sazanlarında (*Cirrinus mrigala*) hayatta kalma oranını ve büyümeyi düşürdüğü görülmüştür (Adhikari ve Mohanty, 2012).

Denememizde Boron'un yeme katılması ya da suya katılması ile nil tilapia yavrularının gelişimi üzerine ne yönde etki edeceği ve kan parametrelerinde neler değiştirdiğine bakılmaya çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Boron ile İlgili Çalışmalar

2.1.1. Hayvan Yetiştiriciliğinde Boron Kullanımı

Suda yaşayan omurgasızlar için gözlenen etki konsantrasyonu (NOEC'ler), topluluk çalışmaları için daha düşük değerler olan 1-2 mg/L ile 6-10 mg B/L aralığında olma eğilimindedir. Sulandırılmış suda daha düşük değerler kaydedilmiş olmasına rağmen, doğal sulardaki balıklar için hiçbir etki konsantrasyonu 1 mg/L civarında değildir. Etkisiz konsantrasyonların genel ortam çevresel seviyeleri ile karşılaştırılması, Bordan sucul ekosistemlere yönelik riskin düşük olduğunu gösterir. Bor açısından zengin birkaç bölgede, doğal seviyeler daha yüksektir; Ancak, organizmaların yerel koşullara uyarlanabileceğine dair bazı işaretler vardır. Bor, optimum büyüme için gerekli seviyelerde türler arası farklılıklara sahip daha yüksek bitkiler için gerekli bir mikro besindir. Genel olarak, eksiklik ve toksisite arasında küçük bir konsantrasyon aralığı vardır; bununla birlikte, aşırı Bordan kaynaklanan toksisite, çevrede Bor eksikliğinden çok daha az yaygındır. Sulanan alanlardan Bor açısından zengin su akışı alan bölgelerde yetişen su bitkilerinde Bor seviyeleri, laboratuvardaki genç kuşların büyümesi üzerinde etkilere neden olan diyet konsantrasyonlarından daha yüksektir; bununla birlikte, bu tür bitki-birikmiş Borun alanındaki biyoyararlanım belirsizdir (Howe, 1998).

Hunt (1994) yaptığı yayında, hayvan modeli sistemlerinde borun rolleri için çalışan hipotezleri destekleyen kanıtları özetlemektedir. Bitkilerde borun birincil rolü bilinmemekle birlikte, vasküler bitkiler, diatomlar ve bazı deniz alg kamçılı türlerinin bor için mutlak bir gereksinim kazandığı iyi bilinmektedir. Son araştırma bulguları, besinsel boron (PSB)'nin fizyolojik miktarlarının civciv ve sığan model sistemlerinde çok çeşitli metabolik parametreleri etkilediğini göstermektedir. Borla beslenen hayvanlarda mevcut ilginin çoğu, PSB'nin kolekalsiferol (D3 vitamini) eksikliği olan civcivlerde büyümeyi uyardığı, ancak

yeterli D3 vitamini beslemesi alan civcivlerde büyümeyi belirgin şekilde etkilemediği ilk bulgular arasındadır. Bu bulgu, borunun D3 vitamini metabolizmasının bazı yönlerini etkilediğini veya büyümeyi etkilemede D3 vitamini ile sinerjistik olduğunu göstermektedir. D3 Vitamini, enerji substrat kullanımını düzenler. Mevcut araştırma bulguları, diyet borununun bu düzenleyici işlevi değiştirdiğini göstermektedir. Bugüne kadar en kapsamlı şekilde araştırılan metabolit olan dolaşımdaki glikoz konsantrasyonu, özellikle eşlik eden vitamin D3 eksikliği sırasında PSB'ye yanıt vermiştir. Piliçlerde, PSB, plazma glukoz konsantrasyonlarında vitamin D3 eksikliğinin neden olduğu yükselmeleri önemli ölçüde hafifletmiş veya düzeltmiştir. Vitamin D3'ün kıkırdak ve kemik mineralizasyonu üzerindeki etkisi, kısmen, enerji substrat kullanımının düzenleyicisi olarak rolüne aracılık eder; Kalsifikasyon enerjisi yoğun bir süreçtir. Diyet borunun, vitamin D3 eksikliğinin özelliği olan mineral metabolizmasındaki bozulmaları hafiflettiğine dair önemli kanıtlar vardır. Raşitik civcivlerde, PSB, D3 vitamini eksikliğinin bir bozulma özelliği olan proksimal tibial epifizyal plakanın ilik filizlerinin bozulmasını hafifletmiştir.

Çimrin ve Demirel (2012) bor elementinin insan ve hayvan dokularındaki biyokimyasal etki mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte, seksenli yıllardan sonra besleyici bir mikro element olarak, insan ve hayvan metabolizmasında çeşitli biyokimyasal araştırmalarda yoğun olarak yer almaya başladığını rapor etmiştir. Bor'un mineral metabolizması, lipid metabolizması ve enerji metabolizmasında, endokrin sistem, immün sistem ve beyinde önemli fonksiyonları olduğu, performansı olumlu yönde etkilediği, osteoporoz, osteoartrit ve artrit önlenmesinde etkili olabileceği bildirilmektedir. Bor elementine daha çok kemik ve mineral metabolizması için ihtiyaç duyulmaktadır. Bu derlemede bor elementinin hayvansal üretimde kullanımı, kanatlı hayvanlarda bazı verim, kemik ve kan parametreleri üzerindeki etkileri özetlenmiştir.

Nielsen, ve Stoecker. (2009) Bor yoksunluğunun vertebra (trabeküler) kemik mikromimarisini olumsuz etkileyip etkilemeyeceğini ve herhangi bir

olumsuz etkinin diyet yağ asidi bileşimi tarafından değiştirilip değiştirilmeyeceğini belirlemek için bir deney yapmışlardır. Dişi sıçanlar 3 farklı boron içerikli yem ile beslenmişlerdir. Dişiler ve yavrular, gebelik, emzirme ve süttten kesmeden sonra kendi diyetlerine devam ettirilmiş. 21 haftalıkken, her tedaviden rastgele seçilen 12 yavrudan, dördüncü lomber vertebranın mikromimarisi mikrobilgisayarlı tomografi ile belirlenmiştir. Bor yoksunluğu, kemik hacmi fraksiyonunu azalttı ve trabeküler ayrılmayı ve yapısal model indeksini arttırmıştır. Diyet yağı aspir olduğunda bor yoksunluğu trabeküler kalınlığı azaltmıştır. Kemik gücü için üç noktalı bir bükme testi, bor yoksunluğunun femurun kırılması için gereken maksimum kuvveti azalttığını bulmuştur. Aspir yağı yerine balık yağı ile beslemek, bor eksikliği olan sıçanların omurlarında bağlantı yoğunluğunu azaltmıştır. Özellikle yeterli bor ile beslenen sıçanlarda aspir yağı yerine balık yağı maksimum kırılma kuvvetini ve femur bükülme momentini arttırmıştır. Bulgular, bor ve balık yağının kortikal kemik gücü için faydalı olduğunu doğrulamaktadır. Bor içeren besin alımlarının trabeküler kemik mikromimarisi için faydalı olduğunu ve balık yağının kemik üzerindeki faydalı etkilerini de etkilediğini göstermektedir.

Armstrong,ve ark., (2000) Diyet boronunun (B) genç domuzlarda performans, plazma mineralleri ve metabolitleri ve kemik özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek için iki deney yapmışlardır. Deney 1'de, 48 domuz (24 erkek, 24 dişi; 21 günlük), aşağıdaki diyet tedavilerinden birine rastgele seçilen kümelere ayrılmıştır: 1) kontrol (doğal içerikli diyet; 6.7 mg B/kg diyet), 2) kontrol + 5 mg B/kg diyet ve 3) kontrol + 15 mg B/kg diyet. Bor, sodyum borat olarak desteklenmiştir. Deney 2'de 48 domuz (24 erkek, 24 dişi; 21 günlük) Deney 1'de açıklanan aynı tedaviler uygulanmış; bununla birlikte, bazal diyet yarı saflaştırılmış bir diyet (0.98 mg B/kg diyet) kullanılmıştır. Diyetler 40 gün boyunca verilmiş; 40. günde, plazma mineral ve metabolit konsantrasyonlarının belirlenmesi için kan örnekleri alınmıştır. Mekanik özelliklerin, kül ve lipid yüzdesinin belirlenmesi için 40. günde işlem başına 8 domuzdan femurlar toplanmıştır. Deney 1'de Bor performansı, plazma minerallerini veya metabolitlerini veya kemik özelliklerini

etkilememiştir. Deney 2'de, Bor takviyesi kazanç: besleme oranını iyileştirmiştir ($P < 0.05$) ve plazma kolesterol ve trigliserit konsantrasyonlarını artırmıştır. Bir tedavi $\times$ cinsiyet etkileşimi vardır ($P < 0.05$), erkek domuzlarda meydana gelen yanıtla birlikte, kemik lipidinin daha düşük ve eğilme momentinin daha yüksek olması için Deney 2'deki diğer bağımlı değişkenler tedaviden etkilenmemiştir. Sonuç olarak, düşük Bor diyetinin Bor takviyesi, domuzlarda fizyolojik öneme sahip tepkiler ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte, doğal içerikli bir diyetin Bor takviyesi bir yanıt ortaya çıkarmamıştır.

Çınar ve ark., (2015) Kalsiyum ve fosfor yönünden yeterli veya eksik rasyonlarla beslenen etlik piliçlerin büyüme performansı ve mineral profili üzerine bor ve fitaz takviyesinin etkilerini inceledikleri çalışmada etlik piliçlerde diyet boron (B)'nin etkisini belirlemek için iki deney tasarlanmıştır. Deney 1'de, diyet kalsiyumunun (Ca) ve mevcut fosforun (aP) (yeterli veya eksik) ve ek B'nin (0, 20, 40 ve 60 mg/kg) etkisini araştırmak için 2 x 4 faktörlü bir grup düzenlemesi kullanılmıştır. Deney 2'de, 20 mg/kg'da B ve fitaz (PHY) (500 FTU/kg diyet), tek başına veya kombinasyon halinde Ca ve aP'den yoksun bir bazal diyete dahil edilmiştir. Ölçülen parametreler, büyüme performans indeksleri, serum biyokimyasal aktivitesinin yanı sıra tibia, göğüs kası ve karaciğerin kül ve mineral (yani Ca, P, Mg, Fe, Cu ve Zn) içeriğiydi. Sonuçlar, hem Bor takviyesinin hem de diyet Ca ve aP'nin 42 gün boyunca yetiştirilen tavukların performans endeksleri üzerinde marjinal etkileri olduğunu göstermiştir. Serum, kemik, göğüs kası ve karaciğerin B konsantrasyonları ile tüketilen Bor miktarı arasında pozitif korelasyonlar (doğrusal etki) vardır. Serum T_3 ve T_4 aktiviteleri, daha yüksek Bor takviyesi ile lineer olarak artmıştır. Ek B'nin artırılmasının göğüs kası ve karaciğer mineral bileşimi üzerinde önemli etkileri oldu. Diyetteki Ca ve aP seviyesinin düşürülmesi, karaciğerdeki Cu içeriğini ve göğüs kasında hem Fe hem de Zn tutulmasını arttırmıştır. Tibia kül içeriği ve mineral bileşimi, Ca-aP veya B ile diyet değişikliklerine yanıt vermemiştir. Sonuçlar ayrıca diyetteki Ca ve aP içeriğinin doku mineral profiline ilişkin B'ye verilen yanıtı etkilemediğini ileri

sürmüş. B ve PHY ile diyet kombinasyonu, minerallerin büyüme performansı ve biyoyararlanımı açısından bir sinerjizm yaratmamıştır.

2.2. Borun Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Kullanımı

2.2.1. Borun Balıklarda Büyümeye Etkisi

Öz. ve ark (2021) yaptıkları çalışmada gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yemine %0,00, %0,01, %0,05, %0,10 ve %0,20 oranlarında borik asit eklemişler. Bu çalışmanın beslenme periyodu 90 gün devam etmiş ve bu araştırmada borik asidin gökkuşağı alabalığının büyüme parametreleri ve besin kompozisyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada canlı ağırlık kazancı, yem alım miktarı, yemden yararlanma oranı (FCR), protein verimlilik oranı (PER), spesifik büyüme oranı (SGR), hayatta kalma oranı ve ekonomik dönüşüm oranı (ECR) incelemiştir. Büyüme parametreleri olarak ekonomik kâr endeksi (EPI) değerlendirilmiştir. Besin içeriklerine gelince, toplam ham protein, lipid, ham kül ve nem oranları hesaplanmıştır. Başlangıç ağırlığı 92,04 g olan gökkuşağı alabalığı, farklı borik asit seviyelerinde sırasıyla $195,05 \pm 1,69$ g, $202,69 \pm 1,94$ g, $217,53 \pm 2,84$ g, $195,25 \pm 2,18$ g ve $181,20 \pm 1,89$ g'a ulaşmıştır. Deneme süresince en iyi büyüme performansı %0.05 borik asit ilave edilen grupta elde edilirken, en düşük büyüme performansı %0.20 borik asit ilave edilen grupta gözlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, balık yeminde %0,05'e kadar olan borik asit miktarının büyüme parametrelerini olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca yemdeki borik asit, balık etinin besinsel bileşimini etkilemiştir.

Öz ve ark (2018) yaptıkları çalışmada Gökkuşağı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) beslenmesine bor minerali ilavesinin büyüme parametrelerine etkisini araştırmışlar ve balık yemine %0.01,%0.05,%0.10,%0.20 oranlarında bor minerali ilave ederek 120 gün beslemişler. Araştırmada 120 günlük beslemenin sonunda, final ağırlık (FA), ağırlık kazanımları, durum faktörleri, yapılan besleme miktarları, besleme değişim oranları, özel büyüme oranları, protein verimi oranları, hayatta kalma oranları, ekonomik değişim oranları ve

ekonomik kâr endeksleri hesaplanmış ve yapılan her işlem kontrol diyetinin parametreleriyle karşılaştırılmıştır. Başlangıç ağırlığı 17.89 ± 1.12 g; besleme sonunda belirlenen FA miktarı bor minerali takviye yüzdesine göre sırasıyla kontrol diyeti için 89.91 ± 2.11 g, %0.01 için 90.56 ± 1.34 g, %0.05 için 99.21 ± 3.76 , %0.10 için 88.14 ± 2.43 ve %0.20 için 78.74 ± 1.47 olarak gözlenmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen verilere göre %0.05 bor minerali gökkuşağı alabalığının büyümesini uyarırken %0.20 bor minerali ilavesi büyüme miktarını azaltmıştır.

Eckhert (1998) Bor minerali, topraklarda, sularda ve havada bulunur. Siyanobakteriler nitrojeni katılaştırmak için ve bitkiler hücre duvarlarını ve zarlarını oluşturmak için buna ihtiyaç duyarlar. Burada bor mineralinin gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) büyümeyi nasıl etkilediğini açıklanmıştır. Mt. Whitney'den gelen gökkuşağı alabalığı döllenmiş yumurtası tip 1 ASTM ultra saf su ve borik asit (%99.5 saflık) ortamında 1995-1997 yumurtlama döneminde 12.4°C de kuluçkalandırılmıştır. Kuluçka çözeltilerinin bor konsantrasyonları, Kurkumin prosedürü veya indüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi kullanılarak doğrudan ölçüm ile belirlenmiştir. 1995 yılında yapılan çalışmada bor 1 ile 936 mmol / L arasında değiştiği görülmüştür. CA, NA ve Mg tuzları kuluçka çözeltilisine ilave edilerek doğal su ortamına yaklaşılmıştır. 1997 yılında döllenmiş yumurtalar gelişimlerini tamamlanmış, ultra saf su ve 2.2 ile 90.6 mmol/L arasındaki borik asit içinde kuluçkalanmıştır. 1995 çalışmasında B konsantrasyonu başına 144 embriyo kullanılmış ve 1997 çalışmasında B konsantrasyonu başına 96 embriyo kullanılmıştır. Büyüme ve teratojenisite göz, kuluçka ve 2 haftalık kuluçka sonrası evreleri değerlendirildi. Bor minerali her iki çalışmada da doza bağımlı bir şekilde büyümeyi uyarmıştır ($P < 0.001$) ve bu durum Bor vücut yoğunluğu ile ilişkilendirilmiştir ($P < 0.05$). Teratojenik veya mikrop öldürücü etki ortaya çıkmamıştır. Bu sonuçlar, omurgalı gelişimi için gerekli olan bir elementten beklenenlerle tutarlı bulunmuştur.

Genç ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, model bir balık türü olabilen Japon balığının (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758) karaciğer ve kas dokusundaki,

yem ve su kaynaklı bor birikiminin dağılımı incelenmiştir. Her bir uygulama için her bir akvaryuma 12 adet balık örneği konulmuştur. Uygulamalarda, akvaryum gruplarının suyuna belirli oranlarda (1 mg/L, 10 mg/L ve 20 mg/L) borik asit ve borik asit emdirilmesi ile elde edilen yemlerden (1 mg/kg, 5 mg/kg ve 10 mg/kg) verilmiştir. Dokulardaki bor birikimi mikrodalga yaş yakma ve indüktif olarak eşleştirilmiş kütle spektroskopisi (ICP-MS) tekniği ile belirlenmiştir. Japon balıklarının farklı dokularında incelenen maksimum bor birikimi 20mg/L sulandırılmış borik asit uygulamasında karaciğer dokusunda $1,78 \pm 0,02$ mg/kg olarak tespit edilmiştir. 1 mg/kg yem uygulamasında kas dokusunda ise herhangi bir bor birikiminin olmadığı gözlemlenmiştir. Borlu su grupları için Transfer faktör (TF) değeri en düşük dozda en yüksek oranda iken doz miktarı arttıkça TF değeri azalmış ve 0,1'e yakın bir sabitlik göstermiştir. Bor ilaveli yem kullanılan deney gruplarında ise TF değeri en düşük dozda (1 mg/kg) 0 iken yemde kullanılan borun miktarı arttıkça (5 mg/kg) TF değerinin 0,06'ya çıktığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada ortaya konulan iki önemli tespit; bor birikiminde karaciğer hedef organlardan biri iken, kas dokusunun bor birikimi açısından hedef organ olmadığı ve yem ile alınan borun dokularda birikim oranının düşük olmasıdır.

Loewengart (2000) Borun suda yaşayan organizmalara olan toksisitesinden elde edilen büyük veri setinden öğrenildiğine göre, bor mineralinin toksik etkisi erken yaşam evresindeki gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) üreme sorunları suyun kalitesinin ve atık madde miktarının ayarlanmasıyla alakalıdır. Erken yaşam evresi çalışmaları ile ilişkili sorunlar, düz konsantrasyon-cevap eğrisi, düşük toksisite eşiği ve gözlenen teratojenik etkilerdir. Son zamanlardaki laboratuvar ve saha çalışmaları, bulgu değerlendirmesinin zamanını ciddi olarak yapan yeni deneysel veriler sunmaktadır. Bor mineralinin gökkuşağı alabalığı ve zebra balığı içinde embriyo-larval evresine olan etkisinin yeniden incelenmesinde, artan dozla azalan boron eksikliğine bağlı yan etkiler gözlenmiştir. Düşük bor konsantrasyonlarının, gökkuşağı alabalığındaki embriyonik büyümeyi teşvik ettiği ve embriyonik zebra balıklarının canlılığını ve hayatta kalmasını arttırdığı

bulunmuştur. Bor konsantrasyonu daha da arttıkça, doz-cevap eğrisi, homeostatik süreçler aktif olduğundan düzleşir. Bu, artan dozla artan yeni bir olumsuz tepki ile daha yüksek dozlardaki tepki izlenir. Sonuç olarak, doz-cevap ilişkisi temel bir mikrobesein karakteristik şekli ile tutarlı U şeklindedir. Bu nedenle düşük toksisite sonuçları altında boron eksikliği olabilir. Alabalık kuluçkalarındaki su analizleri ve yabani alabalık akıntılarında yapılan arazi çalışmaları, borun alabalıklara olan toksisitesi hakkında ilave bilgiler içermektedir. Özellikle not, Yellowstone Park'taki (WY, ABD) Firehole Nehri'nde yürütülen, kontrollü bir alan araştırmasında. Burada, alabalık popülasyonlarının hayatta kaldığı ve üremenin, 1.0 mg B / L'ye kadar olan ve bazı durumlarda boron konsantrasyonlarını içeren doğal sulara başarılı bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda bor maruziyetine bağlı teratojenik etkiler gözlenmemiştir.

Black ve ark. (1993) Borun su altı yaşamına etkilerini değerlendirmek için bir dizi bağımsız laboratuvarında akut ve kronik toksisite testleri yapılmıştır. En düşük etki konsantrasyonları arasında yeniden düzenlemiş sulara gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) embriyo-larval evreleri üzerine yapılan araştırmalarda belirlenen konsantrasyonlar belirlenmiştir. Gökkuşağı alabalığı ile etki düzeylerinin daha kesin bir tanımını elde etmek için, bu türlerle hem laboratuvarında hem de doğal sularında ek çalışmalar yapılmıştır. Tutarlı en düşük gözlenen etki konsantrasyonları (LOECler) 0.1 ila 18 mg / L bor arasında değişmektedir. Bor minerali için gözlemlenen düz konsantrasyon-tepki eğrisi (yani, bor konsantrasyonlarında büyük artışlara bağlı olarak etkilerde küçük değişiklikler) bazen etki veya eşik konsantrasyonlarının belirlenmesindeki kesinliği etkilemiştir. Farklı türlerdeki dilüsyon suyunun, bor toksisitesine ve alabalık soylarının diferansiyel duyarlılığına etkisi ile ilgili geniş LOEC değerlerine katkıda bulunabilecek diğer faktörler değerlendirilmiştir. Bu değişkenlerin tanımlayıcı etki düzeyleri üzerindeki etkisi bu makalede ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Gökkuşağı alabalık testlerinin sonuçlarına dayanarak, saha araştırmalarından elde edilen verilerle birlikte, 0.75 ile 1.0 mg / L arasında bir konsantrasyonun, sucul

sistemlerde bor için makul, çevresel olarak kabul edilebilir bir sınır olduğu belirlenmiştir.

Öz, ve ark., (2017) tarafından yapılan çalışmalarında gökkuşağı alabalığı diyetine %0,00, %0,01, %0,05, %0,10 ve %0,20 oranlarında borik asit ilave edilmiş ve 120 gün boyunca beslenmiştir. Borik asidin gökkuşağı alabalığının büyümesi, hepatosomatik indeksi ve viserosomatik indeksi üzerine etkileri araştırılmış. Çalışmada hepatosomatik indeks değerleri sırasıyla 1.238 ± 0.10^b , 1.251 ± 0.10^b , 1.292 ± 0.15^{ab} , 1.325 ± 0.11^{ab} ve 1.387 ± 0.12^a olarak hesaplanmıştır. Viserosomatik indeks değerleri 17.149 ± 1.06^a , 16.63 ± 1.26^a , 16.322 ± 1.23^a , 15.041 ± 1.48^b ve 13.965 ± 1.04^b olarak bulunmuştur. En yüksek hepatosomatik indeks değeri (1.387 ± 0.12) %0.20 borik asit ilave edilen grupta bulunurken, en düşük hepatosomatik indeks değeri kontrol grubunda bulunmuştur. Çalışmada en yüksek viserosomatik indeks değeri (17.149 ± 1.06) kontrol grubunda görülürken, en düşük viserosomatik indeks değeri %0.20 borik asit içeren grupta hesaplandı rapor edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada alabalık diyetine eklenen borik asit, gökkuşağı alabalığının karaciğerinde büyümeye neden olurken viserosomatik indeksin düşmesine neden olduğu rapor edilmiştir.

2.2.2. Tilapia ve Boron İle İlgili Çalışmalar

Ardo ve ark., (2008) yaptıkları çalışmada İki Çin şifalı bitkisinin (*Astragalus membranaceus* ve *Lonicera japonica*) ve borunun Nil tilapia'nın (*Oreochromis niloticus*) spesifik olmayan bağışıklık tepkisi üzerindeki etkisi araştırıldı. Kontrol diyetine (bitkiler veya bor içermeyen) ek olarak beş diyet varyasyonu kullanıldı. Bunlar %0,1 *Astragalus* (%0,05 borlu ve boronsuz), %0,1 *Lonicera* (%0,05 borlu veya boronsuz) ve iki bitkinin %0,05 borlu karışımını içeriyordu. Diyetler dört hafta boyunca beslendi ve kan lökositlerinin solunum patlaması ve fagositik aktiviteleri; plazma lizozim, toplam protein ve toplam immünoglobulin düzeyi haftalık olarak ölçüldü. Dört haftalık beslenmeden sonra balıklar *Aeromonas hydrophila* ile enfekte olmuş ve ölümler kaydedilmiş. Bu

çalışmanın sonuçları, tilapinin tek başına veya kombinasyon halinde iki bitki ile beslenmesinin, kan fagositik hücrelerinin fagositik ve solunum patlama aktivitesini önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. Plazma lizozim düzeyi üzerinde orta düzeyde bir etkiye sahip olmuşlar ve plazma toplam protein ve toplam immünoglobulin düzeyi üzerinde hiçbir etkileri olmamıştır. Otlar ve bor kombinasyonu, enfekte olmuş balıkların hayatta kalma oranını daha da artırabilir.

Son zamanlarda, sucul ekosistemin Bor (B) kontaminasyonu, bitkiler ve hayvanlar üzerinde yüksek konsantrasyonlarda toksik etkileri nedeniyle oldukça kritik bir ilgi görmüştür. Acar ve ark. 2018 yaptıkları araştırmada Bor'un Nil tilapia'nın (*Oreochromis niloticus*) kan ve sperm hücrelerindeki DNA hasarlarını kan parametreleriyle birlikte ele almış. Bu araştırmada, B'nin yüksek konsantrasyonda (50 ve 100 mg L⁻¹ B) kan ve sperm hücrelerinin DNA bütünlüğü ve ayrıca serum biyokimyasal parametreleri üzerindeki zararlı etkileri olduğu rapor edilmiştir (Acar ve ark., 2018).

El-Said, ve El-Sadaawy, (2013) Çalışmalarında, yaygın olarak yenen bir balık olan *Tilapia nilotica*'nın farklı dokularında bor ve florürün mevsimsel birikimini değerlendirdi. Belirlenen tüm balık dokuları arasında beyin, karaciğer ve kemik en yüksek bor ve flor içeriği biriktirenler olmuştur. İlginç bir şekilde, et dokusu en düşük bor ve florür konsantrasyonlarını gösterdi (sırasıyla 0.30 ± 0.06 ve 2.50 ± 1.57 µg/g). Pearson korelasyon matrisi ve çoklu regresyon prosedürleri kullanılarak yapılan istatistiksel analizler, bor birikiminin et, karaciğer, beyin ve kemik dokuları arasında en yüksek olduğunu göstermiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Deneme Dizaynı

Bu araştırma “Çukurova Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu”ndan 15.10.2020 tarih 7. toplantı ile alınan etik onay çerçevesinde, Yerel Etik Kurulu ilkelerine uyularak yapılmıştır. Bu tez çalışmasında Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dr. Nazmi Tekelioğlu Tatlı Su Ürünleri Üretim ve Araştırma İstasyonundan temin edilen 420 nil tilapyası materyal olarak kullanılmış ve araştırma yine Dr. Nazmi Tekelioğlu Tatlı Su Ürünleri Üretim ve Araştırma İstasyonunda yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan balıklar boylanarak temin edilmiş ve grupların homojen olarak dağıtılmasına dikkat edilmiştir. Çalışmada ortalama $12.51 \pm 0,79$ g canlı ağırlığa sahip balıklar kullanılmıştır.

Araştırmamızda su içerisine koyulacak bor miktarının belirlenebilmesi için ilk olarak probit analiz yöntemi (Finney, 1971) ile Lc50 değeri belirlenmiş ve hesaplanan Lc50 (96 saat) değerin 1/20 si (Acar ve ark., 2018) oranında bor kullanılarak ikinci deney planlanmıştır. Lc 50 değerinin belirlenmesi amacıyla 120 balık kullanılmış ve 6 farklı oranda (0.00, 10.00, 50.00, 100.00, 150.00 ve 200.00 mg/L) bor kullanılmıştır (Çizelge 3.1). Lc50 değerinin belirlenmesi esnasında 96 saat boyunca balıklarımız günde üç defa kontrol edilmiş ve ölen balıklar hızlıca ortamdan uzaklaştırılmıştır. Lc50 deneyi boyunca akvaryumlar (50 litrelik) sürekli olarak havalandırılmış ve hazırlanan stoklardan 24 saat te bir sular değiştirilmiştir. Ayrıca deney süresince balıklarımıza yemleme yapılmamıştır.

Çizelge 3.1. Lc50 (96 saat) deney grupları

Gruplar	Su içerisindeki Bor miktarı (mg/L)	Balık sayıları
Lc50 G1	0	20
Lc50 G2	10	20
Lc50 G3	50	20
Lc50 G4	100	20
Lc50 G5	150	20
Lc50 G6	200	20
Toplam		120

Araştırmamız 80 litrelik akvaryumlarda 20 şer balık ile 3 tekerrürlü olarak yapılmış ve her bir grup için 60 ar adet balık kullanılmıştır. Araştırma süresi boyunca su sıcaklıklarının bütün gruplarda sabit olması için eheim marka 100 Watt'lık termostatlı ısıtıcı kullanılmış ve su sıcaklıkları 25 °C'de sabit tutulmuştur. Araştırma gruplarımız ve balık sayıları Çizelge 3.2 de detaylı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Araştırma grupları

Gruplar	Yem içerisindeki Bor miktarı (%)	Su içerisindeki bor miktarı	Balık sayıları
1 (Y1)	0.00	0.00	60
2 (Y1)	0.01	0.00	60
3 (Y1)	0.05	0.00	60
4 (Y1)	0.10	0.00	60
5 (S1)	0.00	Lc50/20	60
Toplam			300

Lc50=159.812 ppm

3.2. Deneme yemlerinin hazırlanması

Denemede kullanılan yemler Çukurova üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dr. Nazmi Tekelioğlu Tatlı Su Ürünleri Üretim ve Araştırma İstasyonunda hazırlanmıştır. Yem hammaddeleri balık yemi üreten ticari bir firmadan temin edilmiştir. Yem hammaddelerinin (balık unu, soya unu, buğday unu, mısır nişastası, balık yağı ve vitamin-mineral karışımı) nem, protein, yağ ve kül gibi besin madde analizleri (AOAC, 1998) yapıldıktan sonra rasyon ayarlaması yapılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Araştırma yemlerinde yem hammaddelerinin kullanım oranları ve deneme yemlerinin besin içeriği (%)

Yem hammaddeleri	Y1₀ (Kontrol)	Y2_{0,01}	Y3_{0,05}	Y4_{0,10}	S1_{Lc50/20}
Balık Unu	25	25	25	25	25
Buğday Unu	10	10	10	10	10
Soya Unu	39	39	39	39	39
Balık Yağı	6	6	6	6	6
Mısır Nişastası	16	15,99	15,95	15,90	16
Vit. Min. Karışımı	4	4	4	4	4
Bor	0	0,01	0,05	0,10	0
Ham Protein	36,00	36,00	36,00	36,00	36,00
Ham Yağ	7,38	7,38	7,38	7,38	7,38
Ham Kül	6,97	6,97	6,97	6,97	6,97
Nem	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40

Deneme yemleri % 0 (Kontrol), %0,01, %0,05 ve %0,1 oranlarında bor ilave edilerek hazırlanmıştır. Yeme ilave edilecek borik asit oranlarının belirlenmesinde literatür taraması yapılarak bir oran belirlemesi yapılmıştır (Öz ve ark., 2021; Öz ve ark., 2018; Ardo ve ark., 2008).

3.3. Yemleme Protokolü ve Yöntemi

Araştırma denemesi başlangıç ölçümünden bir gün sonra başlamış olup deneme 40 gün sürmüştür. Balıklar günlük olarak sabah 09:00, ve öğlenden sonra 16:00'da olmak üzere iki öğün beslenmişlerdir. Deneme boyunca balıklar vücut ağırlıklarının % 2'si üzerinden beslenmişlerdir (Dikel ve ark 2010). Akvaryumlara sabitlemiş dijital termometrelerle su sıcaklıkları sabah akşam kontrol edilmiştir. Hava motorlarından gelen havanın düzenli dağılması için hava taşları haftada en az bir defa temizlenmiş ve suyun oksijen miktarı OxyGuard® marka oksijen-metre kullanılarak günde 1 defa yemleme sonrasında ölçülmüştür. Besleme periyodu boyunca 2 defa balıkların ortalama ağırlıkları alınmış ve 40. günün sonunda deneme sonlandırılmıştır.

3.4. Kan örneklerinin alınması

Kan örnekleri, balıkların kuyruk yüzgeci üzerinden şırınga ile alınarak ve antikoagulanlı (K3EDTA) ve antikoagulansız 0,5 ml.lik kan tüplerine aktarılmıştır (Şekil 3.1). Alınan kan örnekleri hematoloji ve biyokimya parametrelerinin belirlenmesi için Aksaray Üniversitesi Veteriner Fakültesi Su Ürünleri ve Hastalıkları Anabil Dalı laboratuvarına hızlı şekilde nakil edilmiştir. Antikoagulanlı tüpler hematolojik parametrelerin belirlenmesinde kullanılırken, diğer tüpler 3000 rpm'de 15 dakika soğutmalı santrifüjde santrifüj edilerek ve elde edilen serum numuneleri biyokimyasal analizler yapılncaya kadar sıvı azot içerisinde saklanmıştır.



Şekil 3.1.Balıklardan Kan Alınması

3.5. Hematolojik parametreler

K3EDTA içeren tüplerde alınan kan numuneleri MS4 S marka kan sayım cihazında (Şekil 3.2) hematolojik analizleri yapılacaktır. Alınan kan örneklerinden; akyuvar (WBC), alyuvar (RBC), hemoglobin (Hb), hematokrit (HTC), ortalama alyuvar hacmi (MCV), ortalama alyuvar hemoglobini (MCH), ortalama alyuvar hemoglobin derişimi (MCHC), alyuvar dağılım genişliği (RDW), trombosit (PLT), ortalama trombosit hacmi (MPV), trombosit dağılım genişliği (PDV) ve plateletcrit (PCT) değerleri incelenmiştir.



Şekil 3.2. MS4 S Kan Sayım Cihazı

3.6. Kan örneklerinde gerçekleştirilen biyokimyasal analizler

Alınan kan örneklerinde MScan II biyokimya cihazı (Şekil 3.3) kullanılarak aşağıda verilen tablodaki (Çizelge 3.4) parametreler ölçülmüştür;

Çizelge 3.4. Araştırmamızda incelenen biyokimyasal parametreler

No	Parametre	Birimi
1	Alkaline phosphatase (ALP)	U/l
2	<i>Gama Glutamil Transferaz -GGT-V</i>	U/l
3	GOT(ATS)	U/l
4	Alanin aminotransferaz (ALT)	U/l
5	AMİLAZ(<i>AML</i>)	U/l
6	BUN(Blood Urea Nitrogen)	mg/dl
7	Glukoz	mg/dl
8	Fosfor (PHOS)	mg/dl
9	CALCIUM (Ca)	mg/dl
10	Albumin (ALB)	g/dl
11	Kolesterol	mg/dl
12	Uric Asit	mg/dl
13	Kreatin Kinaz (CK)	U/l
14	CREATIN	mg/dl
15	TBIL-Total Bilirubin	mg/dl
16	Total protein	g/dl
17	Globulin	g/dl
18	ALB/FLOB	
19	BUN/CREA	



Şekil 3.3. MScan II biyokimya Cihazı

3.7. Büyüme parametreleri

Başlangıç (BA), ara ölçümler ve son ağırlık (SA) ölçümleri bireysel olarak 0.1 gram'a duyarlı KERR marka hassas terazi ile alınmıştır. Denemede, büyüme performansı ve yem verilerinin değerlendirilmesi için aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

3.7.1. Spesifik Büyüme Oranı

Spesifik Büyüme Oranı (SBO) = $[(\ln SA - \ln BA) / \text{gün sayısı}] \times 100$,
(Company ve ark, 1999)

3.7.2. Canlı ağırlık kazancı

Canlı ağırlık kazancı (g) = Son Ağırlık (SA) - Başlangıç Ağırlığı (BA)

3.7.3. Günlük yem alımı

Günlük yem alımı = Tüketilen yem miktarı / zaman

3.7.4. Yem çevirim oranı

Yem çevirim oranı (YÇO) = Tüketilen yem miktarı / ağırlık kazancı
(Santinha ve ark, 1999).

3.7.5. Protein etkinlik oranı

Protein etkinlik oranı (PEO) = Canlı ağırlık kazancı (g) / protein alımı (g),
(Skalli ve ark, 2004).

3.8. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Deneme sonucunda elde edilen veriler SPSS istatistik programında one-way ANOVA (tek yönlü varyans analizi) ile analiz edilmiştir. Ortalamalar ve veriler arasındaki farklılıklar 0.05 önem seviyesinde test edilmiştir. Duncan Testi yapılarak hangi grupların birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Lc 50 (96 Saat) Değerinin Belirlenmesi

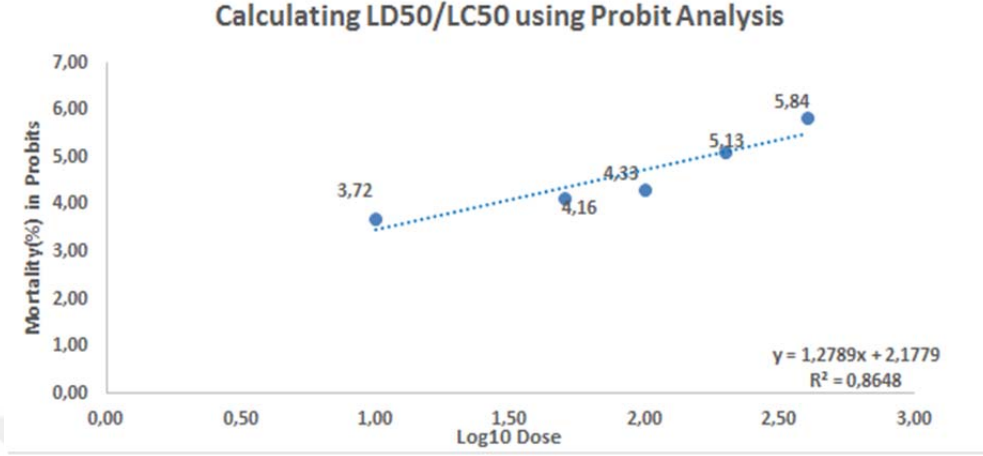
Nil tilapiası için bor'un 96 saatlik LC50 si 161.053 mg/L bor'a sahip olduğu hesaplanmıştır. Deneyin bu kısmında gerçekleşen ölü sayıları Çizelge 4.1 ve hesaplanan letal konsantrasyon değerleri Çizelge 4.2 de verilmiştir. Bor'un LC50 değeri, probit analizi yöntemiyle (Şekil 4) bulunan regresyon fonksiyonu kullanılarak $y = 1,2789x + 2,1779$, $R^2 = 0,8648$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Bor içeren su bulunan akvaryum ortamındaki tilapiaların 96 saatte ölüm oranları

Gruplar	Doz (Mg/L)	Balık Sayısı	Ölü sayısı
1	0,00	20	0
2	10,00	20	2
3	50,00	20	4
4	100,00	20	5
5	200,00	20	11
6	400,00	20	16

Çizelge 4.2. Bor içeren su bulunan akvaryum ortamında hesaplanan letal konsantrasyon değerleri

Konsantrasyon-LD/LC(%)	Konsantrasyonlar (ppm)	Güven aralığı (95%)
LC 1.00	2,065	1,038-4,108
LC 5.00	7,400	3,721-14,718
LC 10.00	14,612	7,347-29,061
LC 20.00	33,304	16,745-66,236
LC 40.00	100,214	50,388-199,310
LC 50.00	161,053	80,978-320,311
LC 70.00	429,986	216,199-855,177
LC 80.00	778,832	391,600-1548,979
LC 90.00	1775,132	892,543-3530,469
LC 99.00	12558,664	6314,542-24977,276



Şekil 4.1. Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) için bor'un 96 saatlik LC50 değerlerinin hesaplanması ve probit ile regresyon fonksiyonunun hesaplanması

4.2. Balıkların Büyüme Performansı

Araştırmamızda su ve yem kaynaklı borik asitin nil tilapiasının büyüme performansını nasıl etkilediğini belirlemek dizayn edilen denememizde beş farklı grup oluşturulmuştur. Gruplardan üç tanesinin yemlerine farklı oranlarda borik asit ilave edilirken bir grubumuz kontrol grubu olarak tutulmuş ve yemine borik sit eklenmemiştir. Araştırmamızın son grubunda ise su kaynaklı bor'un etkisini belirlemek için hesaplanan Lc50 değerinin 1/20si oranında suya bor ilave edilmiş ve kontrol grubu ile aynı yemle beslenmiştir. Kırk günlük besleme periyodu sonrasında balıkların büyüme parametreleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar çizelge 4.3. de sunulmuştur.

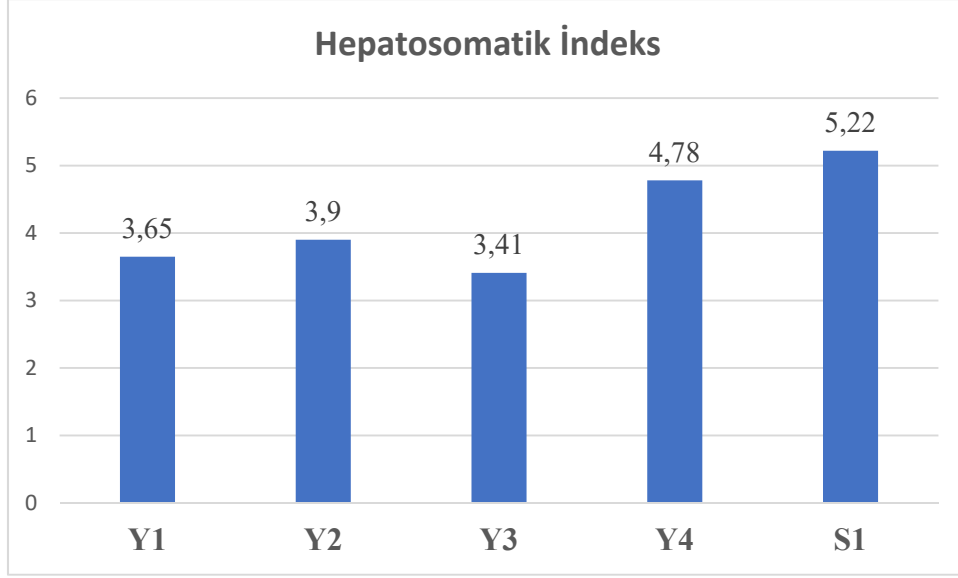
Çizelge 4.3. Araştırma Sonucunda Balıklarımızın Büyüme Parametreleri

Büyüme Parametreleri	Araştırma grupları				
	Y1 _{0%} Kontrol	Y2 _{0,01%}	Y3 _{0,05%}	Y4 _{0,10%}	S1 _{Lc50/20%}
BA(g)	12,51±0.79 ^a	12,51±0.79 ^a	12,51±0.79 ^a	12,51±0.79 ^a	12,51±0.79 ^a
FA (g)	26,36±0,15 ^c	28,07±0,23 ^b	32,28±0,25 ^a	24,81±0,48 ^d	24,26±0,26 ^c
CAK (g)	13,85±0,15 ^c	15,56±0,23 ^b	18,77±0,25 ^a	12,30±0,48 ^d	11,75±0,29 ^c
YA	20,14±0,01 ^c	20,78±0,08 ^b	21,59±0,28 ^a	19,71±0,15 ^d	19,75±0,30 ^d
YDO	1,45±0,02 ^c	1,33±0,02 ^d	1,15±0,00 ^e	1,60±0,05 ^b	1,68±0,02 ^a
SBO	1,86±0,01 ^c	2,02±0,02 ^b	2,29±0,02 ^a	1,71±0,05 ^d	1,65±0,03 ^c
PEO	3,35±0,01 ^c	3,46±0,02 ^b	3,71±0,02 ^a	3,22±0,05 ^d	3,15±0,01 ^c
HKO (%)	100	100	100	100	100
KF	1,71±0.15 ^{ab}	1,52±0.08 ^b	1,65±0.11 ^{ab}	1,79±0.22 ^{ab}	1,56±0.13 ^b
HSI	3,64±0.15 ^d	3,90±0.12 ^c	3,40±0.11 ^c	7,77±0.20 ^b	5,21±0.18 ^a

BA: Başlangıç ağırlık, FA: Final ağırlık, CAK: Canlı ağırlık kazancı, YA: Yem alımı, YDO: Yem değerlendirme oranı, SGR: Spesifik büyüme oranı, PEO: Protein etkinlik oranı, HKO: Hayatta kalma oranı, KF: Kondisyon faktörü, HSI: Hepatosomatik indeks. *Ortalamalar arasındaki farklılıklar farklı harflerle (a-e) gösterilmiştir (p < 0.05).

Deneme sonunda bor ilaveli yemlerde beslenen gruplar arasında en iyi sonuç grup %0,05 borik asit ilaveli yemle beslenen grup olurken en kötü performansı ise %0,10 borik asit ilaveli yemle beslenen grup göstermiştir. Lc50 değerinin 1/20'si kadar bor ilave edilen grup ise borik asit ilaveli yemlerle beslenen gruplara göre daha kötü büyüme performansı sergilemiştir.

Araştırma sonucunda Nil tilapiası'nın KI (kondisyon faktörü) ve HSI (hepatosomatik indeks) değerleri hesaplanmış ve elde edilen değerlerin değişimini Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*)'nın HSI (hepatosomatik indeks) değerleri

HSI, balıkların karaciğer ağırlığı ile vücut ağırlığı arasındaki oranın hesaplanmasıyla ortaya çıkan bir kavramdır. Balık büyüklüğüne bağlı olmaksızın, balıklarda büyümüş karaciğerlerin görülebileceği ve yemleme miktarının karaciğer büyüklüğüne etki ettiği bildirilmektedir (Storebakken ve Austreng, 1987). Farklı oranlarda (balığın canlı ağırlığının %1.0, %1.50 ve %2.0) ekstrüde yem kullanmanın balıkların gelişmesi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışma sonucunda HSI, (%) 1.98 ± 0.19 , 1.87 ± 0.11 ve 1.28 ± 0.13 olarak hesaplanmıştır (Keskin ve Erdem, 2005). Gökkuşaağı alabalığı juvenillerinde yapılan çalışmada VSI 10.32 ± 0.24 , 8.99 ± 0.24 ve 9.89 ± 0.19 olarak bulunmuştur (Barnes vd., 2012). Farklı oranlarda E vitamini içeren diyetlerle beslenen gökkuşaağı alabalığının VSI; %16.6, %17.9, %16.8 ve %16.2; HSI ise %1.3, %1.7, %1.9 ve 1.8 olarak bulunmuştur (Yıldız, 2004).

Daha önce yapılan bir çalışmada; Gökkuşığı alabalığı yemine 17 α -Metiltestosteron ilave edilmiş ve HSI üzerine etkisini incelenmiştir. Yeme 17 α -Metiltestosteron ilave edilmesi HSI değerini ve kastaki yağ oranını yükseltirken iç organlar arası yağ oranını azaltmıştır. Araştırmacılar bu uygulamanın kaslar arası yağı arttırarak, balıkentinin lezzetini olumlu yönde etkilediğini ve insan tüketimi için kullanılmayan iç organların oranını azaltarak üretici ve tüketici için avantaj sağladığını, iç organlar arası yağların azalmasının da balıkların hastalıklara karşı riskini de düşürdüğünü bildirmişlerdir (Güzel ve Güllü, 2006). Gökkuşığı alabalığının uzun süre yüksek oranda soya unu içeren yemle beslendiği çalışmada 94. ve 205. günde VSI ve HSI değerlerini hesaplamış. 94. Günde VSI değerleri sırasıyla; 12.21 ± 1.15 , 12.77 ± 0.44 ve 12.73 ± 0.35 olurken HSI sırasıyla 2.80 ± 0.23 , 2.31 ± 0.17 ve 3.14 ± 0.22 olarak bulunmuştur. 205. Gün değerleri VSI değerleri 13.78 ± 0.60 , 11.49 ± 0.36 ve 13.39 ± 0.43 ; HSI ise 1.64 ± 0.36 , 0.75 ± 0.06 ve 1.31 ± 0.15 bulunmuştur (Barnes vd., 2012). Bandarra ve ark. Tarafından yapılan çalışmada gökkuşığı alabalığının HSI değerlerinin 1.10 ile 1.21 arasında, VSI değerlerinin ise 6.76 ile 7.32 arasında değiştiği belirtilmiştir (Bandarra vd., 2006). Farklı türlerde yapılan bir çalışmada da balık yemine ilave edilen L-karnitin *Labeo rohita* fingerlinklerinin büyüme ve vücut kompozisyonuna etkileri çalışılmış ve bu çalışma sonucunda HSI 0.33 ile 0.53 arasında değişirken VSI değerleri de 11.06 ile 12.23 arasında değiştiği bildirilmiştir (Keshavanath ve Renuka, 1998). Dernekbaşı (2012) yaptığı çalışmada, yemlere farklı oranlarda ilave edilen kanola yağının gökkuşığı alabalıklarında HSI ve VSI değerleri üzerine etkisini incelemiş ve HSI (%) değerleri 0.80 ile 1.04 arasında değişirken VSI (%) değerlerinin 10.03 ile 11.99 arasında değiştiğini rapor etmiştir.

4.3. Bor'un Kan Parametreleri Üzerine Etkileri

Araştırmamızda elde edilen hematoloji bulguları Şekil 4.4 de gösterilmiştir. Sucul organizmaların strese fizyolojik olarak ilk tepkileri primer yanıt olmaktadır. Primer yanıt takiben sekonder yanıt oluşmakta bunu takiben histolojik,

biyokimyasal ve hematolojik parametrelerde değişiklikler gözlenmektedir (Gonca vd., 2018). Balıklar da sekonder yanıt oluşumu sonrasında homeostaziyi sağlamak için hematolojik değişiklikler ortaya çıkmaktadır (Kayhan vd., 2009). Balıkların hematolojik indeksleri balık türü, mevsim, suyun sıcaklığı ve oksijen seviyesi, beslenme durumu, balıkların büyüklüğü ve ağırlığı, yaş, örnekleme metodu ve üreme döneminde olup olmamasına göre değişiklik göstermektedir. WBC (beyaz kan hücreleri) granüler ve agranüler şeklinde bulunan kan hücreleridir. Balıklarda WBC stres faktöründe, hastalık gibi durumlarda immünolojik fonksiyonları ve sayıları artış göstermektedir (Gonca vd., 2018).

Balıklara ait hematolojik parametreler, balıkların durumlarını, diğer parametrelere göre daha çabuk yansıtır ve çevresel faktörlere çok hızlı bir şekilde yanıt verirler. Hematolojik değerler hayvanların genel sağlık durumlarının tespiti ve stres durumlarının belirlenmesi için önemlidir. Balıkların kan değerleri, içinde bulundukları ortamdan çok yoğun şekilde etkilenirler. Su kalitesinde meydana gelen en küçük değişimlere anında hematolojik değerlerin değişmesiyle yanıt verirler (Atamanalp ve ark., 2008). Özellikle balıklar, biyokimyasal ve hematolojik parametrelerin hassas durumlarından dolayı çevresel bileşiklerin etkisini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılır (Lopes ve ark., 2001). Tam kan sayımı, insan hekimliği alanında olduğu gibi veteriner hekimliği alanında hayvanların durumunun tespiti açısından önemli bir teşhis aracıdır. Bu bakımdan sağlıklı hayvanların hematolojik referans aralıklarının laboratuvar protokollerinin iyi bilinmesi gerekir.

Elde edilen sonuçlara göre WBC değeri deneme gruplarında (Y2 grubu hariç) kontrol grubuna göre daha yüksek seviyede bulunmuş ve gruplar arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli olduğu görüldü. Proje sonucunda elde edilen hematolojik verilerin, hem genel fizyolojik cevaba etkisinin incelenmesinde, hem de ekstra boron katkılı besinlerle beslenmeye karşı nil tilapialarda hematolojik verilerin farklılıklarının takibinde faydalı olduğu, ayrıca literatür ve klinik bilgiye katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

Çizelge 4.4. Farklı konsantrasyonlarda borik asit içeren yem ile beslenen nil tilapiasının hematoloji bulguları

	Y1 _{0%} Kontrol	Y2 _{0,01%}	Y3 _{0,05%}	Y4 _{0,10%}	S1 _{Lc50/20%}
WBC (m/mm ³)	4,57±0,28 ^d	4,66±0,35 ^d	5,17±0,23 ^c	6,19±0,55 ^b	8,01±0,15 ^a
RBC (m/mm ³)	2,78±0,06 ^b	2,83±0,06 ^b	2,99±0,14 ^a	2,41±0,02 ^c	2,25±0,02 ^d
MCV (fl)	122,24±3,63 ^b	127,72±3,61 ^b	127,89±6,49 ^b	135,56±3,06 ^a	124,38±5,59 ^b
MCH (pg)	36,84±0,84 ^b	37,07±0,94 ^b	34,47±1,37 ^c	39,72±0,42 ^a	38,76±1,72 ^a
MCHC (g/dl)	30,14±0,24 ^{ab}	29,04±1,14 ^b	26,98±1,14 ^c	29,31±0,46 ^b	31,19±1,49 ^a
Hct (%)	34,00±0,30 ^c	36,16±1,23 ^b	38,23±0,77 ^a	32,75±0,53 ^d	28,06±1,23 ^e
RDW (%)	11,31±67 ^c	13,35±0,10 ^d	16,28±0,24 ^c	23,33±0,16 ^a	19,51±0,19 ^b
Hb (g/dl)	10,25±0,05 ^a	10,5±0,40 ^a	10,31±0,45 ^a	9,60±0,08 ^b	8,75±0,44 ^c
MPV (fl)	6,65±0,13 ^a	6,25±0,10 ^b	5,78±0,07 ^d	6,10±0,08 ^c	5,26±0,15 ^e
Pct (%)	0,07±0,01 ^b	0,08±0,00 ^b	0,08±0,00 ^b	0,09±0,00 ^b	0,22±0,05 ^a
PDW (%)	12,75±0,10 ^a	12,41±0,07 ^b	11,93±0,13 ^c	10,05±0,10 ^d	8,63±0,24 ^e

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik fark vardır ($P<0,05$). WBC, lökosit; RBC, Eritrosit; MCV, Ortalama alyuvar hacmi; MCH, Ortalama alyuvar hemoglobini; MCHC, Ortalama alyuvar hemoglobin derişimi; Hct, Hematokrit; RDW, Alyuvar dağılım genişliği; Hb, Hemoglobin; MPV, Ortalama trombosit hacmi; Pct, Plateletcrit; PDW, Trombosit dağılım genişliği

4.4. Borik Asitin Kan Biyokimya Parametreleri Üzerine Etkileri

Hematolojik, serum biyokimyasal ve enzimatik bileşen düzeylerinin analizi, balıklarda metabolik bozuklukların ve hastalıkların saptanması ve tanısında yararlı bilgiler verir. Bu amaçla araştırmamız kapsamında beslenen balıklarımızın kan biyokimyası incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.5’de gösterilmiştir.

Projemizin bu kısmında, biyokimyasal parametrelerin araştırılması kapsamında serumda; *Alkaline phosphatase (ALP)*, *Gama Glutamil Transferaz (GGT-V)*, *GOT(ATS)*, *Alanin aminotransferaz (ALT)*, *AMİLAZ(AML)*, *BUN (Blood Urea Nitrogen)*, *Glukoz*, *Fosfor (PHOS)*, *Calsiyum (Ca)*, *Albumin (ALB)*, *Kolesterol*, *Uric Asit*, *Kreatin Kinaz (CK)*, *CREATIN*, *Total Bilirubin*

(TBIL), Total protein, Globulin, ALB/FLOB, BUN/CREA düzeyleri karşılaştırmalı olarak yapılmıştır.

Çizelge 4.5. Farklı konsantrasyonlarda borik asit içeren yem ile beslenen nil tilapiasının serum biyokimyasal değerleri

	Y1 _{0%} Kontrol	Y2 _{0,01%}	Y3 _{0,05%}	Y4 _{0,10%}	S1 _{Lc50/20%}
ALK (U/l)	15,5±0,5 ^d	14,85±0,79 ^d	24±1,00 ^c	33,66±1,52 ^b	50,16±3,32 ^a
GOT (U/l)	28,88±0,68 ^d	28,41±0,52 ^d	35±1,00 ^c	48,66±0,57 ^b	65±1,00 ^a
GPT (U/l)	8,9±0,1 ^d	8,61±0,2 ^d	11,5±0,78 ^c	15,66±0,57 ^b	24,66±1,15 ^b
GLU (mg/dl)	38,66±0,57 ^d	37,60±1,21 ^d	42,50±1,50 ^c	48,00±1,00 ^b	63,33±1,15 ^a
P (mg/dl)	15,93±0,25 ^a	16,35±0,21 ^a	10,85±0,35 ^b	9,63±0,20 ^c	5,06±0,55 ^d
Ca (mg/dl)	8,9±0,26 ^b	10,39±0,40 ^a	9,81±0,42 ^a	7,38±0,67 ^c	6,23±0,28 ^d
ALB (g/dl)	0,19±0,01 ^b	0,23±0,02 ^a	0,23±0,01 ^a	0,21±0,01 ^a	0,12±0,01 ^c
CHO (mg/dl)	116±1,00 ^d	117,66±2,51 ^d	146,33±9,29 ^c	211,33±6,65 ^b	412,66±8,02 ^a
CRE (mg/dl)	0,34±0,02 ^c	0,22±0,01 ^d	0,41±0,05 ^b	0,43±0,02 ^b	0,85±0,03 ^a
TPRO (g/dl)	6,7±0,1 ^a	6,36±0,25 ^a	5,16±0,08 ^b	4,55±0,49 ^c	4,63±0,14 ^c
GLOB (g/dl)	2,87±0,01 ^a	2,67±0,06 ^b	2,57±0,03 ^c	2,37±0,04 ^d	1,75±0,06 ^c

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik fark vardır ($P<0,05$). ALK, alkalin fosfataz; GOT, glutamik oksaloasetik transaminaz; GPT, glutamik pirüvik transaminaz; BUN, Kan Üre Azotu; GLU, glikoz; P, fosfor; Ca, kalsiyum; ALB, albümin; CHO, kolesterol; CRE, kreatin; TPRO, toplam protein; GLOB, globülin

Alkalın fosfataz (ALP), glutamik oksaloasetik transaminaz (GOT) ve glutamik pirüvik transaminaz (GPT) enzimleri kanda olması bize karaciğer hasarı hakkında bilgiler vermektedir (Abhijith vd, 2016). Bu enzim aktiviterlerindeki artış pestisitler tarafından karaciğer hasarının bir sonucu olarak karaciğer sitozolünden kan dolaşımına sızlamasından kaynaklanmakta ve bu da karaciğere hepatotoksik etkisini göstermektedir (Fırat vd., 2011).

Balıklarda GLU (kan şekeri) miktarındaki artış stres göstergesidir (Pacheco ve Santos, 2001). Çalışmamızdaki GLU miktarındaki artış bor maruziyeti stresli koşullar altında balıklarda artan enerji talebini karşılamak için glikojeni glikoza

parçalanmasından kaynaklandıęı dūřūnūlebilir. Glukokortikoidler ve katekolamin hormonları hayvanlarda hiperglisemi oluřturması ve stres durumu oluřan durumlarda balıkların adrenal dokularından hızla salgılanmasına neden olur (Pickering, 1981). Çalıřmamıza benzer kortizol ve glukoz seviyelerindeki artıř *Prochidolus lineatus* (Martinez vd., 2004) *Oreochromis niloticus* (Monteiro vd., 2005) için bildirilmiřtir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1.Sonuç

Bu çalışmada tilapia yemine %0, %0,01, %0,05, %0,10 oranlarında yemlerine bor ilave edilmiş ve balıklarımız bu yemlerle 40 gün beslenmiştir. Balık yemine %0,01, %0,05, ilave edilen bor'un büyüme parametrelerini olumlu yönde etkilediği kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar verdiği bulunurken %0,10 oranında ilave edilen bor'un büyümeyi olumsuz etkilediği bulunmuştur. Balık yemine %0,05 oranında ilave edilen bor'un HSI ve kondüsyon faktörünü de iyileştirdiği görülmüştür.

Araştırmamızda su kaynaklı bor'un etkisini belirlemek için ilk önce Lc50 değeri belirlenmiştir. Nil tilapiası için bor'un 96 saatlik LC50 si 161.053 mg/L bor'a sahip olduğu hesaplanmıştır. Hesaplanan bu oranın 1/20 si oranında ortama bor ilave edilmiş ve balıklarımızın bu su içerisinde beslemesi yapılmıştır. Su da bulunan bor'un balıklarımızın büyüme parametrelerini olumsuz etkilediği ve gruptaki balıklarımızın kontrol grubuna göre daha kötü bir büyüme performansı sergilediği görülmüştür. Ayrıca su kaynaklı bor'un kan parametrelerini de olumsuz etkilediği görülmüştür.

Araştırmamızda yem kaynaklı bor ve su kaynaklı bor'un etkileri karşılaştırılmıştır. Araştırmamızda sonuç olarak su kaynaklı bor'un tilapianın büyüme parametreleri, kan hematoloji parametreleri ve kan biyokimya parametrelerini olumsuz etkilediği ancak belli oranlarda bor içeren yemlerle yapılan beslemede hem büyüme hem de kan parametrelerinde olumlu sonuçlar alınmasını sağladığı görülmüştür.

5.2. Öneriler

Tilapia yemlerine büyüme parametrelerini tetiklemek için %0,05 oranında bor ilave edilebilir.

- Tüm araştırma sonuçları dikkate alındığında, büyüme performansını desteklemesi için tilapia yemine bor desteği yapılması önerilebilir. Ancak dozaj ayarlamasının iyi yapılması yem içerisinde homojen bir şekilde dağılmasının sağlanması gereklidir. Yem kaynaklı bor'un %0,05 lik oranın üzerine çıkıldığında büyümeyi olumsuz etkilediği unutulmamalıdır.
- Üretimde zamanın rasyonel kullanımı adına bor destekli yemle beslemede büyüme hızını arttırılarak daha erken pazara ulaştırmak mümkün olabilir. Bu konuda tilapia yetiştiriciliğine ekonomik açıdan fayda sağlanabileceği göz önünde bulundurulabilir. Ayrıca kısıtlı olan yaz periyodunun daha etkin kullanımına katkı sağlayabilir.
- Su kaynaklı bor büyümeyi olumsuz etkilediği için bor rezervlerine yakın bölgelerde çiftlik kurulumu yaparken mutlaka su kaynağının bor içeriğinin de belirlenmesi gereklidir.
- Yem kaynaklı bor büyümeye belli noktalara kadar olumlu katkı sağlasa da daha uzun süreli beslemelerde nasıl bir etki göstereceği bilinmemektedir. Ayrıca bu tarz çalışmaların farklı boy gruplarında farklı sıcaklık aralıklarında yapılması gerekmektedir. Bu tarz araştırmada elde edilen sonuçların daha etkili olmasını sağlamak için dokularda birikme olup olmadığının analiz edilmesi ve gerekir. Balıklardan alınan doku örneklerinin de histopatolojik açıdan değerlendirilmesi gerekir.

KAYNAKLAR

- AB, 2002. EU: White Paper, Together for Health: A Strategic Approach for the EU 2008-2013.
- Abhijith, B. D., Ramesh, M., & Poopal, R. K. (2016). Responses of metabolic and antioxidant enzymatic activities in gill, liver and plasma of *Catla catla* during methyl parathion exposure. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 77, 31-40.
- Acar, Ü., İnanan, B. E., Zemheri, F., Kesbiç, O. S., & Yılmaz, S. (2018). Acute exposure to boron in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Median-lethal concentration (LC50), blood parameters, DNA fragmentation of blood and sperm cells. *Chemosphere*, 213, 345-350.
- Adhikari, S., and Mohanty, M. 2012. Effect of waterborne boron and molybdenum on 198 survival, growth and feed intake of Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* 199 (Hamilton). *Chem Ecol.* 28(2): 113-121.
- Anonim 2022a. <https://www.etimaden.gov.tr/bor-elementi>
- Ardó, L., Yin, G., Xu, P., Váradi, L., Szigeti, G., Jeney, Z., & Jeney, G. (2008). Chinese herbs (*Astragalus membranaceus* and *Lonicera japonica*) and boron enhance the non-specific immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and resistance against *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*, 275(1-4), 26-33.
- Atamanalp, M., Yanik, T., Haliloglu, H. İ., & Aras, M. S. (2002). Alterations in the hematological parameters of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, exposed to cypermethrin.
- Bandarra, N. M., Nunes, M. L., Andrade, A. M., Prates, J. A. M., Pereira, S., Monteiro, M., & Valente, L. M. P. (2006). Effect of dietary conjugated linoleic acid on muscle, liver and visceral lipid deposition in rainbow trout juveniles (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 254(1), 496-505.

- Barnes, M. E., Brown, M. L., & Rosentrater, K. A. (2012). Juvenile rainbow trout responses to diets containing distillers dried grain with solubles, phytase, and amino acid supplements. *Open Journal of Animal Sciences*, 2(2), 69-77.
- Black, J. A., Barnum, J. B. & Birge, W. J. (1993) An integrated assessment of the biological effects of boron to the rainbow trout. *Chemosphere* 26: 1382–1413
- BSGM, (2013), Su Ürünleri İstatistikleri, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü
- Bustos-Obregón E, Olivares C.2012. Boron as testicular toxicant in mice (*Musdomesticus*). *Int J Morphol*. 30(3):1106–1114.
- Company, R., Calduch-Giner, J.A., Perez - Sanchez, J. and Kaushik, S. 1999. Protein sparing effect of dietary in common dentex (*Dentex dentex*): a comparative study with sea bream (*Sparus surata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquat. Living Resour.* 12, 23-30.
- Dernekbaşı, S. (2012). Digestibility and liver fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed by graded levels of canola oil. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12(1), 105-13.
- Dikel, S., Ünalın, B., Eroldoğan, O. T., & Hunt, A. Ö. (2010). Effects of dietary L-carnitine supplementation on growth, muscle fatty acid composition and economic profit of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(2).
- El-Said, G. F., & El-Sadaawy, M. M. (2013). Seasonal variation of boron and fluoride in *Tilapia nilotica* from an Egyptian fish farm in relation to human health hazard assessment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 19(4), 930-943.

- Fırat, Ö., Cogun, H. Y., Yüzereroğlu, T. A., Gök, G., Fırat, Ö., Kargin, F., & Kötemen, Y. (2011). A comparative study on the effects of a pesticide (cypermethrin) and two metals (copper, lead) to serum biochemistry of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 37(3), 657-666.
- Finney, D.J., 1971. Probit Analysis (New York).
- Fort DJ, Stover EL, Strong PL, Murray FJ.1999. Effect of boron deprivation on reproductive parameters in *Xenopus laevis*. *J Trace Elem Exp Med*.12:187–204
- Goldbach HE, Huang L, Wimmer MA.2007. Boron functions in plants and animals: recent advances in boron research and open questions. In: XuF, Goldbach H, Brown PH, Bell RW, Fujiwara T, Hunt CD, Goldberg S, ShiLF, editors. Advances in plant and animal boron nutrition. Dordrecht:Springer; p. 3–25
- Gonca, A., Arzu, U., Parlak, V., Atamanalp, M., Topal, A., Kocaman, E. M., Ceyhun, S. B. (2018). Kahverengi Alabalık (*Salmo trutta fario*) Hematoloji Parametreleri Üzerine Anyonik Yüzey Aktif Maddelerin Etkileri. *Aquatic Sciences and Engineering*, 33(3), 102-105.
- Güzel, Ş., & Güllü, K. (2006). 17 α -Metiltestosteron'un Gökkuşığı Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, W., 1792) Kimyasal kompozisyonu, Fileto Verimi, Viseral Yağ ve Hepatosomatik İndeks Üzerine Etkisi. *EU Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 23, 233-36.
- Howe PD.1998. A review of boron effects in the environment. *Biol Trace Elem Res*. 66:153–166.
- Hunt CD.1994. The biochemical effects of physiologic amounts of dietary boron in animal nutrition models. *Environ Health Perspect*. 102(7):35–43.
- Kabu M, Akosman MS.2013. Biological effects of boron. *Rev Environ Contam Toxicol*. 225:57–75.

- Kayhan, F. E., Muşlu, M. N., & Koç, N. D. (2009). Bazi Ağır Metallerin Sucul Organizmalar Üzerinde Yarattığı Stres Ve Biyolojik Yanıtlar. *Journal of FisheriesSciences. com*, 3(2), 153-162.
- Keshavanath, P., & Renuka, P. (1998). Effect of dietary Lcarnitine supplements on growth and body composition of fingerling rohu, Labeorohita (Hamilton). *Aquaculture Nutrition*, 4(2), 83-8.
- Keskin, Y.E., Erdem M. (2005). Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yetiştiriciliğinde Farklı Oranlarda Ekstrüde Yem Kullanımının Balıkların Gelişmesine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1, pp. 49-57.
- Ku, W. W., Chapin, R. E., Wine, R. N., & Gladen, B. C. (1993). Testicular toxicity of boric acid (BA): relationship of dose to lesion development and recovery in the F344 rat. *Reproductive toxicology*, 7(4), 305-319.
- Li, E., Xiong, Z., Chen, L., Zeng, C., & Li, K. (2008). Acute toxicity of boron to juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at two salinities. *Aquaculture*, 278(1-4), 175-178.
- Loewengart, G. 2001. Toxicity of Boron To Rainbow Trout: A Weight Of The-Evidence Assessment. *Environ. Toxicol. Chem.* 20(4): 796-803.
- Lopes, P.A., Pinheiro, T., Santos, M.C., Mathias, M.D., Collares-Pereira, M.J. and Viegas Crespo, A.M., 2001. Response of antioxidant enzymes in freshwater fish populations (*Leuciscus alburnoides* complex) to inorganic pollutants exposure. *Science of Total Environment*, 280,153- 163.
- Martinez, C. B., Nagae, M. Y., Zaia, C. T., & Zaia, D. A. (2004). Acute morphological and physiological effects of lead in the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Braz J Biol*, 64(4), 797-807. doi:10.1590/s1519-69842004000500009

- Monteiro, S. M., Mancera, J. M., Fontáinhas-Fernandes, A., & Sousa, M. (2005). Copper induced alterations of biochemical parameters in the gill and plasma of *Oreochromis niloticus*. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*, 141(4), 375-383. doi:10.1016/j.cbpc.2005.08.002
- Nielsen, F. H. 1997. Boron in human and animal nutrition. *Plant Soil*. 193:199-208.
- Öz, M., Dikel, S., İnanan, B. E., Karaşahin, T., Durmuş, M., , Uçar. Y.,2017. Borik Asidin Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın Hepatosomatik Ve Viserosomatik İndeks Değerleri Üzerine Etkileri. *Journal of Advances in VetBio Science and Techniques JAVST*, 2(1), 6-10.
- Öz, M., Inanan, B. E., & Dikel, S. (2018). Effect of boric acid in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth performance. *Journal of Applied Animal Research*, 46 (1), 990-993.
- Öz, M., Tatil, T., & Dikel, S. (2021). Effects of boric acid on the growth performance and nutritional content of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Chemosphere*, 272, 129895.
- Pacheco, M., & Santos, M. A. (2001). Biotransformation, endocrine, and genetic responses of *Anguilla anguilla* L. to petroleum distillate products and environmentally contaminated waters. *Ecotoxicology and Environmental safety*, 49(1), 64-75.
- Pickering, A. D. (1981). Stress and fish.(Based on papers presented at the Norwich Symposium, September 9-12, 1980).
- Rowe RI, Eckhert CD. 1999. Boron is required in zebrafish. *J Exp Biol* 202:1649–1654.
- Santinha, P.J.M., Medale, F., Corazze, G., and Gomes, E.F.S., 1999. Effects of the dietary protein:lipid ratio on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture Nutrition*. 5, 147-156.

- Schoderboeck, L., Mühlegger, S., Losert, A., Gausterer, C., & Hornek, R. (2011). Effects assessment: Boron compounds in the aquatic environment. *Chemosphere*, 82(3), 483-487.
- Skalli, A. and Robin, J.H. 2004. Requirement of n-3 long chain polyunsaturated fatty acids for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles: growth and fatty acid composition. *Aquaculture*. 240, 399-415.
- Storebakken, T., & Austreng, E. (1987). Ration level for salmonids, 1. growth, survival, body composition and feed conversion in Atlantic salmon fry and fingerlings. *Aquaculture*, 60(3-4), 189-206.
- Türker, O. C., Vymazal, J., & Türe, C. (2014). Constructed wetlands for boron removal: A review. *Ecological Engineering*, 64, 350-359.
- Wolska, J., & Bryjak, M. (2013). Methods for boron removal from aqueous solutions A review. *Desalination*, 310, 18-24.
- Yıldız, M. (2004). The study of filet quality and the growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with diets containing different amounts of vitamin E. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 4(2), 81- 6.

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa ÇELİK, İlk, orta ve lise öğrenimini Aydın'da tamamladı. 2000 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden 2005 yılında mezun oldu. 2019 yılında Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Anabilim Dalı'nda Yüksek lisansa başladı. Şu an Samsun İli Terme İlçesi İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü'nde Su Ürünleri Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve üç çocuk babasıdır.