T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) YEMLERİNE FARKLI ORANLARDA İLAVE EDİLEN ATEŞ DİKENİ (*Pyracantha coccinea*) MEYVESİNİN BÜYÜME PERFORMANSI, HEMATO-İMMÜNOLOJİK PARAMETRELER VE GEN EKSPRESYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AISEN CHASAN BAYIZIT

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. SEVDAN YILMAZ

ÇANAKKALE – 2026

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) YEMLERİNE FARKLI ORANLARDA İLAVE EDİLEN ATEŞ DİKENİ (*Pyracantha coccinea*) MEYVESİNİN BÜYÜME PERFORMANSI, HEMATO-İMMÜNOLOJİK PARAMETRELER VE GEN EKSPRESYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AISEN CHASAN BAYIZIT

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. SEVDAN YILMAZ

ÇANAKKALE – 2026

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Aisen CHASAN BAYIZIT tarafından Prof. Dr. Sevdan YILMAZ yönetiminde hazırlanan ve **15/01/2026** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yemlerine Farklı Oranlarda İlave Edilen Ateş Dikeni (*Pyracantha coccinea*) Meyvesinin Büyüme Performansı, Hemato-İmmünolojik Parametreler ve Gen Ekspresyonu Üzerine Etkileri**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Prof. Dr. Sevdan YILMAZ (Danışman)	……
Prof. Dr. Sebahattin ERGÜN	……
Prof. Dr. Behire Işıl DİDİNEN	……

Tez No : 10607790
Tez Savunma Tarihi : 15/01/2026

……
Prof. Dr. Melis ULU DOĞRU
Enstitü Müdürü
../../20...

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

(İmza)
Aisen CHASAN BAYIZIT
15/01/2026

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam **Prof. Dr. Sevdan YILMAZ**'a, tez çalışmalarım süresince desteklerinden dolayı **Prof. Dr. Sebahattin ERGÜN**, **Arş. Gör. Dr. Osman Nezih KENANOĞLU** ve **Dr. Öğr. Üyesi DİLEK KAHRAMAN YILMAZ**'a çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen canım annem ve babama, ayrıca her evresinde bana destek olan değerli eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aisen CHASAN BAYIZIT

Çanakkale, Ocak 2026

ÖZET

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) YEMLERİNE FARKLI ORANLARDA İLAVE EDİLEN ATEŞ DİKENİ (*Pyracantha coccinea*) MEYVESİNİN BÜYÜME PERFORMANSI, HEMATO-İMMÜNOLOJİK PARAMETRELER VE GEN EKSPRESYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

Aisen CHASAN BAYIZIT
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Sevdan YILMAZ
15/01/2026, 36

Bu çalışmada, ateş dikeni (*Pyracantha coccinea*) meyve tozunun gökkuşağı alabalık yemine ilave edilerek balıkların büyüme performansı, hemato-immünolojik parametreleri ve ön böbrek ve karaciğer gen ekspresyonu üzerine etkileri incelenmiştir. Beş izoenerjetik diyet kontrol, %0,5 (A5), %1 (A10), %1,5 (A15), ve %2 (A20) seviyelerinde ateş dikeni meyve tozu içerecek şekilde formüle edilmiştir. Başlangıç ortalaması 52,23±0,15 g olan 180 gökkuşağı alabalığı 15 tanka dağıtılmıştır. Hazırlanan yemler ile balıklar 60 gün beslenmiştir. Besleme sonunda elde edilen büyüme ve yem değerlendirmeleri tüm deneme gruplarında benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Hematoloji sonuçları Hct ve Hgb sadece A20 grubunda düşük çıkmıştır ($p<0,05$). Lizozim ve NBT aktiviteleri tüm ateş dikeni ilaveli gruplarda kontrolden daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ön böbrek TNF-α gen ekspresyonu ve karaciğer SOD, GPX ve GST gen ekspresyonları A5 ve A20 gruplarında kontrole göre yüksek olmuştur ($p<0,05$). Bu parametreler ile birlikte serum glikozun, ateş dikeni tozunun tüm gruplarında kontrolden düşük çıkmıştır ($p<0,05$).Bu bilgiler ışığında yeme %0,5 ateş dikeni tozunun ilavesinin balıkların büyüme performansını ve sağlık durumunu olumsuz etkilenmeden bağışıklık ve antioksidan kapasitesini artırabileceği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Büyüme Performansı, Ateş Dikeni, *Oncorhynchus mykiss*, Ateş Dikeni Meyve Tozu, *Pyracantha coccinea*.

ABSTRACT

EFFECTS OF DIETARY SUPPLEMENTATION WITH DIFFERENT LEVELS OF SCARLET FIRETHORN (*Pyracantha coccinea*) FRUIT ON GROWTH PERFORMANCE, HEMATO-IMMUNOLOGICAL PARAMETERS, AND GENE EXPRESSION IN RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*)

Aisen CHASAN BAYIZIT
Çanakkale Onsekiz Mart University
School of Graduate Studies
Master of Science Thesis in Animal Science
Advisor: Prof. Dr. Sevdan YILMAZ
15/01/2026, 36

In this study, the effects of adding firethorn (*Pyracantha coccinea*) fruit powder to the diet of rainbow trout on growth performance, hemato-immunological parameters, and gene expression in the head kidney and liver were investigated. Five isoenergetic diets were formulated to contain firethorn fruit powder at levels of control, 0.5% (A5), 1% (A10), 1.5% (A15), and 2% (A20). A total of 180 rainbow trout with an initial mean weight of 52.23 ± 0.15 g were distributed into 15 tanks. The fish were fed the prepared diets for 60 days. At the end of the feeding period, growth performance and feed utilization parameters were found to be similar in all experimental groups ($p > 0.05$). Hematological results showed that Hct and Hgb values were lower only in the A20 group ($p < 0.05$). Lysozyme and NBT activities were determined to be higher in all firethorn-supplemented groups compared to the control ($p < 0.05$). Head kidney TNF-α gene expression and liver SOD, GPX, and GST gene expression levels were higher in the A5 and A20 groups compared to the control ($p < 0.05$). Together with these parameters, serum glucose levels were found to be lower in all firethorn-supplemented groups compared to the control ($p < 0.05$). In light of these data, the inclusion of 0.5% firethorn fruit powder in the diet was found to increase immune and antioxidant capacity without negatively affecting growth performance and health status of the fish.

Keywords: Growth Performance, Firethorn, *Oncorhynchus mykiss,* Ateş Dikeni, Firethorn Fruit Powder, *Pyracantha coccinea*.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI……... i
ETİK BEYAN…… ii
TEŞEKKÜR…….. iii
ÖZET ……..…….. iv
ABSTRACT …….. v
İÇİNDEKİLER ……..…… vii
SİMGELER ve KISALTMALAR……..…… ix
TABLOLAR DİZİNİ…….…. xi
ŞEKİLLER DİZİNİ……..……...…….….. xii

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3

2.1. Ateş Dikeni Hakkında Genel Bilgiler..……....…….…..... 3
2.1.1. Ateş Dikeni (*Pyracantha coccinea*)...……..…..……. 3
2.2. Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Hakkında Genel Bilgi……..... 5

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM 6

3.1. Materyal……...…….…..... 6
3.1.1. Denemenin Yeri ve Sistemi…….……...…….……..…… 6
3.1.2. Deneme Balıkları…… 7
3.1.3. Deneme Bitkisi……... 8
3.1.4. Ateş Dikeni Meyvesinden Toz Elde Edilişi…… 8
3.1.5. Deneme Yemleri…… 10
3.2. Yöntem……...……..…. 12

3.2.1. Denemenin Yürütülmesi……..……..…… 12
3.2.2. Yemden Yararlanmanın Hesaplanması…….…… 12
3.2.3. Balıklardan Kan Örneklerinin Alınması…….... 12
3.2.4. Hematolojik Analiz…….…….... 13
3.2.5. İmmünolojik Analizler……..…….…… 13
Nitro Blue Tetrazolium (NBT) Aktivitesi Tayini…….……. 13
Lizozim (LYZ) Aktivitesi Tayini…….……. 14
Myeloperoksidaz (MPO) Aktivitesi……..…… 14
Biyokimyasal Analizler…….. 14
3.2.6. Gen Ekspresyon Analizi...…….……. 15
Toplam RNA İzolasyon ve cDNA Sentezi……. 15
cDNA Sentezi Uygulama Prosedürü…….. 15
Eş Zamanlı Kantitatif Polimeraz Zinciri Reaksiyonu (RT-qPCR) ile Gen İfade Düzeylerinin Belirlenmesi…… 16

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI 18

4.1. Yem Tüketimi ve Yemden Yararlanma Bulguları...…….…..... 18
4.2. Hematoloji Bulguları……...…….…..... 18
4.3. Serum Biyokimyası Bulguları……... 19
4.4. İmmünoloji Bulguları……..……..…… 21
4.5. Gen Ekspresyon Bulguları……. 22
4.6. Tartışma……. 24

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER 27

5.1. Sonuç……..…… ...…….…..... 27
5.2. Öneriler……...…….…..... 28
KAYNAKÇA ...……. 29

SİMGELER VE KISALTMALAR

K	Kontrol
A5	Ateş dikeni tozu %0,5
A10	Ateş dikeni tozu %1
A15	Ateş dikeni tozu %1,5
A20	Ateş dikeni tozu %2
Kg	Kilogram
g	Gram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
%	Yüzde oranı
ºC	Derece santigrat
β	Beta
L	Litre
mL	Mililitre
µL	Mikrolitre
U/L	Ünite/Litre
Hct	Hematokrit
Hb	hemoglobin
RBC	Kırmızı kan hücresi
K3EDTA	Tripotasyum Ethylendiamintetraasetik asit
CAA	Canlı Ağırlık Artışı
SBO	Spesifik Büyüme Oranı
YDO	Yem Dönüşüm Oranı
µm	Mikrometre
nm	Nanometre
UV	Ultraviyole
pmol	Pikomol
RNA	Ribonükleik Asit
cDNA	Komplementer DNA
dT	Deoksitimidin
dNTP	Deoksinükleosit

DTT	Ditiyotreitol
PCR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
qPCR	Kantitatif Polimeraz Zincir Reaksiyonu
Ct	Eşik Döngüsü
ΔCt	Delta Eşik Döngüsü
ΔΔCt	Delta Delta Eşik Döngüsü
GLI	Glikoz
TP	Total Protein
ALB	Albümin
GLOB	Globümin
ALT	Alanin aminotransferaz
AST	Aspartat aminotransferaz
ALP	Alkalen Fosfataz
LDH	Laktat Dehidrogenaz
TG	Trigliserit
CHOL	Kolesterol
IL10	İnterleukin 10
IL1β	İnterleukin 1 beta
TNFα	Tumor Necrosis Factor alpha
HSP70	Head Shock Protein 70
CAT	Catalase
SOD	Superoxide Dismutase
GPX	Glutathione Peroxidase
GST	Glutathione S-Transferase
LYS	Lysozyme
IGM	İmmunoglobin M.

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Deney süresinde tercih edilen rasyonların yüzdesel (%) Formülasyonu	11
Tablo 2	Hedef genlerin tespitinde kullanılan primerler.	17
Tablo 3	60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının büyüme performansları ve yem değerlendirme bulguları.	18
Tablo 4	60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının hematoloji bulguları.	19
Tablo 5	60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının serum biyokimyası.	20
Tablo 6	60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının immunoloji bulguları .	21
Tablo 7	60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının gen ekspresyon seviyeleri.	22

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Ateş Dikeni (*Pyracantha coccinea*) görüntüsü(orijinal).	3
Şekil 2	Deneme tasarımı ve sistem.	6
Şekil 3	Denemenin yapıldığı tanklar (orijinal).	7
Şekil 4	Adaptasyona alınmış gökkuşağı alabalıkların fotoğrafı (orijinal).	7
Şekil 5	Ateş dikeni bitkisi (orijinal).	8
Şekil 6	Kurutma fırınındaki ateş dikeni meyveleri(orijinal)	9
Şekil 7	Öğütücüde ateş dikeni meyvesi (orijinal).	9
Şekil 8	Ateş dikeni meyve tozunun elekten geçirilişi (orijinal).	10
Şekil 9	Yemden yararlanma formülü	12
Şekil 10	Gökkuşağı alabalığından kan alımı (orijinal).	13
Şekil 11	60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının serum örnekleri (orijinal).	19
Şekil 12	Biyokimya analizi çalışmasından (orijinal).	23

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

Dünya nüfusunun zaman ilerledikçe artması, insanlığın en birincil ihtiyaçlarından olan beslenme sorununu ortaya çıkarmaktadır. İstatistikler bize 2050 yılında nüfusun 10 milyara yaklaşabileceğini söylemektedir. Gerekli olan besin ihtiyacını karşılayabilmek içinde sürdürübilirliğe ihtiyaç vardır. Bu nedenle ülkeler sürdürübilirliği devam ettirebilmek için su ürünleri yetiştiriciliğine daha fazla önem vermektedir (Şahin, 2003). Su ürünleri üretimi dünyada, 2022 yılına kadar bakıldığında 187 milyon ton olduğu görülmektedir. Bu üretimin %51'i ise yetiştiricilikten karşılanmaktadır (Çöteli, 2024). Besin ihtiyacının çok hızlı bir şekilde artmaya devam etmesi nedeniyle besin ihtiyaçının büyük bir kısmını karşılayan sucul canlılarda stres ve hastalıklardan zarar gören balıkların gelişememesine, ölümlerine ve birlikte ekonomik kayıplara zemin hazırlamaktadır (Yılmaz vd., 2016). Artan kimyasal kullanımı beraberinde birçok sorunu getirmekte ve balık sağlığını etkilemektedir. Bu sebeple kullanılan kimyasalların önüne geçmek amacıyla alternatif doğal katkıların canlılar üzerindeki etkisi araştırılmasının arttırılması önem arz etmektedir.

Yetiştiricilikte üretimi arttırmak için kullanılan antibiyotikler ve kimyasallar yerine organik ürünler ve besin katkı maddeleri kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar da çoğunlukla yemlere katılan yem katkı maddelerinin büyüme performansına, kan parametlerine ve besin kompozisyonlarına etkileri incelenmiştir (Ahmadifar vd., 2021; Yılmaz ve Ergün, 2018). Bitkiler eski çağlardan beri yaygın bir şekilde insan ve hayvanlarda bulunan hastalıkları iyileştirebilmek için yıllar boyunca kullanılmıştır (Raskin vd., 2002; Rios ve Recio, 2005). Ateş dikeni (*Pyracantha coccinea*) halk arasında birçok isimle bilinmesiyle birlikte, yıllar geçtikce yaş alan bireylerde önemli farmakolojik özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ateş dikeni meyvelerinin diüretik, kalp ve cilt sağlığına etkileri nedeniyle halk arasında kullanılmaktadır (Fico vd., 2000). Ateş dikeni meyveleri A,B,C, β-karoten bakımından zengin olduğu bilinmektedir (Çöteli ve Karataş, 2017).

Ateş dikeni bitkisinin çeşitli alanlarda kullanılmasına rağmen literatürde balık yemlerine ilave edilen ateş dikeni tozunun gökkuşağı alabalığının büyüme performansı üzerine çok fazla bir bilgi bulunmamaktadır. Bu tezde, yukarıda yazılı olan bilgiler ışığında ateş dikeni (*Pyracantha coccinea*) meyvesi tozunun gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus*

mykiss) hemato-immünolojik parametreler, gen ekspresyonu, yemden yararlanma ve büyüme performansı üzerine etkileri incelenmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Ateş Dikeni Hakkında Genel Bilgiler

2.1.1. Ateş Dikeni *(Pyracantha coccinea*)

Sistematikte ateş dikeni (*Pyracantha coccinea*) gülgiller (*Rosaceae)* familyası içerisinde yer almaktadır.

Alem: Plantae

Şube: Tracheophyta

Sınıf: Magnoliopsida

Takım: Rosales

Familya: Rosaceae

Cins: *Rosaceae*

Tür: *Pyracantha coccinea*



Şekil 1**.** Ateş Dikeni (*Pyracantha coccinea*) görüntüsü (orijinal).

Birçok ülkede süs bitkisi olarak kullanılan ateş dikeni bitkisi, meyvelerindeki diüretik, kardiyak ve tonik özellikler sebebi ile geleneksel tıpta kullanılmaktadır (Kowalewski ve Mrugasiewicz, 1971). Yapılan çalışmalar da ateş dikeni meyvesi ekstraktının toplam fenolik içeriği ve güç azaltma mekanizmasının varlığı ile güçlü bir antioksidan gösterdiği, ateş dikeni meyvesinin doğal bir antioksidan kaynağı olarak kullanmak için uygun olabileceği belirtilmiştir (Tunç vd., 2020).

Bu bitkinin meyvelerinin ekstraktlarının antioksidan kapasite testlerine ayrıca polifenolik içerikli, yağda çözünen vitaminler ve fitosterol seviyelerine bakılmış, antioksidan ve polifenolik içeriğinde en etkili olanın metanol ekstraktının olduğu ve diğerlerinden nispeten daha çok aktivite sergilediği, ayrıca yağda çözünen vitaminler ve fitosterol seviyelerinde β-sitosterol oldukça yoğun tespit edilmiştir (Keser, 2014). Ateş dikeni bitkisinin etanol ve su ekstraktına yaptıkları antioksidan aktivite testlerinin verileri doğrultusunda genel olarak etanol ekstraktının su ekstraktından daha yüksek olduğu bulunmuştur (Sarikurkcu ve Tepe, 2015). Araştırmacılar ateş dikeninden fitoaleksinler adı verilen gruba ait 2 yeni tür bulmuş, başka araştırmacılar ise kurutulmuş ateş dikeni yapraklarından asetillenmiş bir glukozit bulduklarını bildirmişlerdir (Bilia vd., 1991; Kokubun vd., 1995).

Ateş dikeni üzerine yapılan araştırmalara bakılmaya devam edildiğin de ateş dikeni yapraklarından elde ettikleri ekstraksiyon çeşitlerini guruplar halinde fareler üzerinde denenmiş olup, fitokimyasal bileşikler içeren yaprakların farelerdeki ağrıları azaltarak anti-inflamatuar ve antiosiseptif aktiviteye sahip olduğu belirtilmektedir (Taheri vd., 2021). Araştırmacılar biyoaktivite üzerine yaptıkları çalışmada 9 bitki içerisinden ateş dikeni ekstraktından etkilenen mikroorganizmaları *A. hydrophila, B. cereus, L. monocytogenes, P. aeruginosa* olarak belirtmiştir (Sagdic vd., 2022). Kuru ve taze olarak ayırdıkları ateş dikenine uyguladıkları soğuk ve sıcak su ekstraksiyonu, soğuk ve sıcak etanol ekstraksiyonu olarak ayırdıkları ekstraksiyonlar arasında kuru-sıcak etanol ekstraktının test edilen 3 bakteriye (*S. aureus, S. epidermis ve S. pyogenes*) karşı belirgin antibakteriyel aktivite sergilediği açıklanmıştır (A. U. Turker vd., 2012) . Başka bir çalışmada 36 bitkiden etanol ve sulu ekstraktının balık patojenlerine antibakteriyel aktivite, disk difüzyonu testi kullanılarak incelenmiş ve ateş dikenin sulu ekstraktında sadece *V. anguillarum*'da etkili olduğu, etanol ekstratında ise *V. anguillarum, S. agalactra, E. faecalis ve L. garvieae'*de

etkili olduğunu tespit etmişlerdir (Turker ve Yıldırım, 2015). Yukarıda görüleceği üzere ateş dikenin birçok yararlı özelliği bulunmaktadır. Ancak literatürde balık yemine ilave edilen ateş dikeni meyvesinin tozunun balıklar üzerindeki etkisiyle ilgili çok fazla bir bilgi bulunmamaktadır.

2.2. Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Hakkında Genel Bilgi

Alem: Animalia
Şube: Chordata
Sınıf: Actinopterygii
Takım: Salmoniformes:
Familya: Salmonidae
Cins: *Oncorhynchus*
Tür: *Oncorhynchus mykiss*

Gökkuşağı alabalığının doğal yaşam alanı, kuzey pasifik olup yaşam alanı Güney Kaliforniya'dan Alaska kıyılarına kadar uzanmaktadır. Tatlı suda görmeye alışık olduğumuza rağmen pasifik somonu ile benzerlik göstermektedir. Pasifik'te yaşam sürerlerken yumurtalamak için nehir veya göllere dönüş yapmaktadırlar. Su tuzluluğuna adaptasyon için post juvenil boydayken kademe kademe okyanusa doğru ilerler. Doğal yaşam sıcaklıkları 13-18 ºC arası olsa bile yüksek sıcaklıkları tolere etmektedirler (Hardy, 2002).

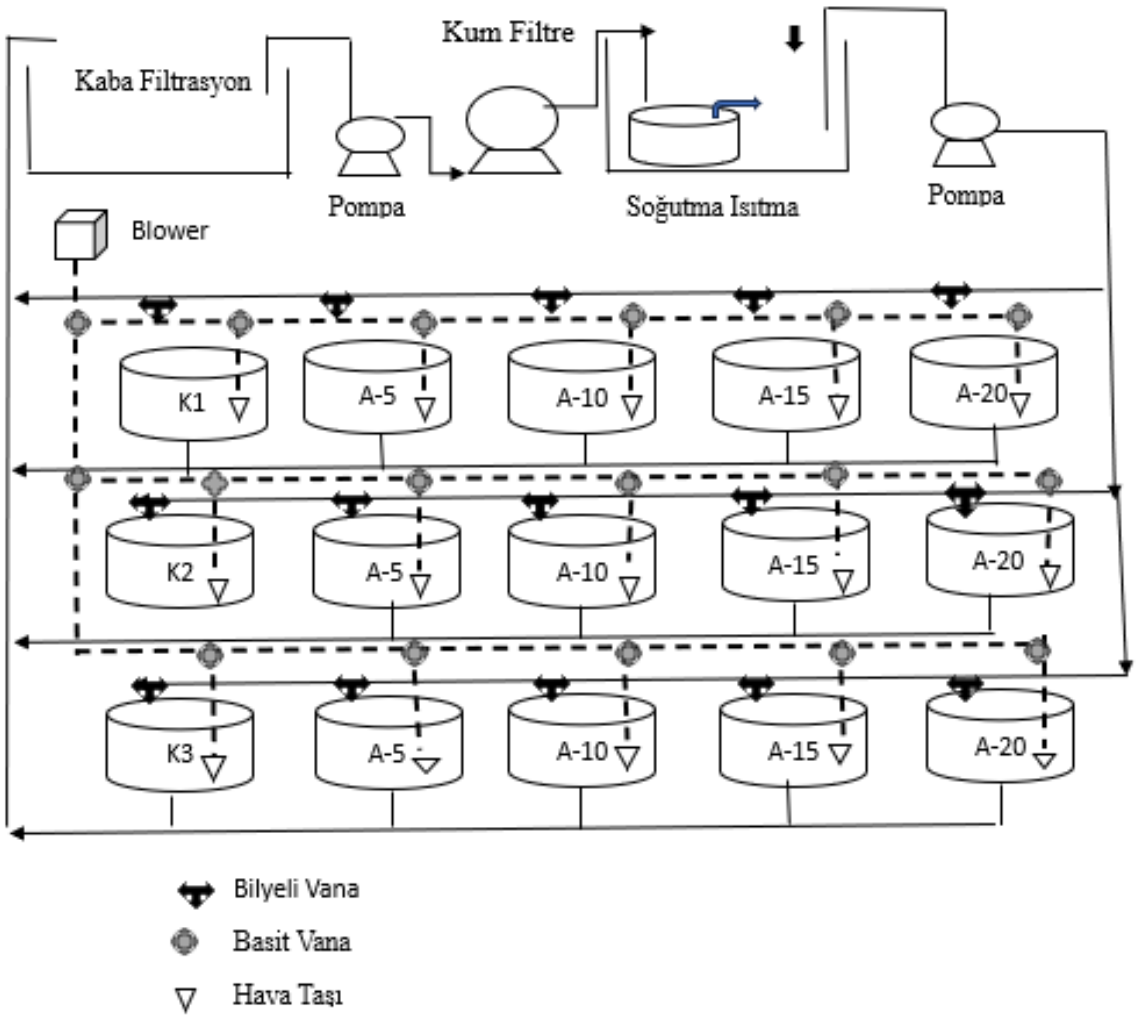
Yaklaşık olarak yüzyirmi yıl önce gökkuşağı alabalığı üretilebilmek için kuzey Amerika'dan Avrupa'ya getirilmiştir. Gökkuşağı alabalığı kuluçka süresinin kısa olması, aktif yem alabilmesi, yem değerlendirme oranın yüksek olması ve çok iyi uyum göstermesi yetiştirilmesi için uygun özelliklerdir (Wedemeyer, 1996).

Türkiye'de yetiştiriciliği yapılan ilk balık ünvanını taşımaktadır (Karataş ve Sayılı, 2008). Ülkemiz de gökkuşağı alabalığı üretimi 2023 yılında yaklaşık 223 bin tona ulaşmıştır (Mustafa ve Üstüner, 2024).

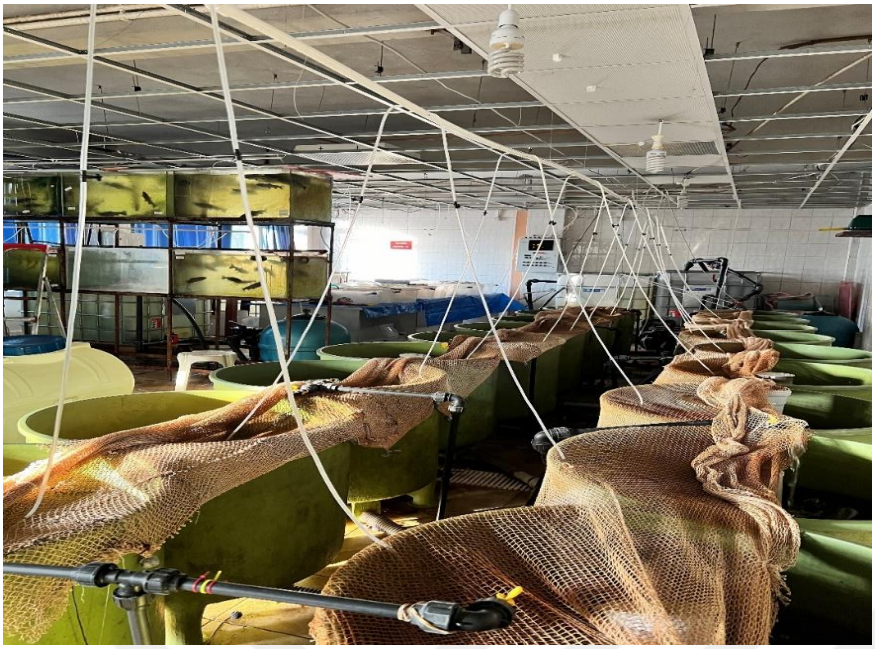
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal
3.1.1. Denemenin Yeri ve Sistemi

Yapmış olduğumuz tez çalışması üniversitesimizin, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Sucul Omurgalı Canlılar Deney Ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, 150 litre hacme sahip 15 adet fiberglas materyalli tank, kapalı döngü sistem (çökertme havuzu, kum filtre, kaba filtrasyon soğutma ve ısıtma ünitesi (Tuna Mac®, Çanakkale) ve blower kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Deneme tasarımı ve sistem. K:Kontrol, A: Ateş dikeni tozu, A5, A10, A15, A20



Şekil 3. Denemenin yapıldığı tanklar (orijinal).

3.1.2. Deneme Balıkları

Bu çalışmadaki balıkların başlangıç ortalaması 52,23±0,15 g olan gökkuşağı alabalığı *(Oncorhynchus mykiss*) 180 adet kullanılmakla birlikte balıklar Çanakkale İli Bayramiç İlçesinde bulunan Ayazma Keskin Alabalık Tesisleri'nden temin edilmiştir.



Şekil 4. Adaptasyona alınmış gökkuşağı balıklarının fotoğrafı (orijinal).

3.1.3 Deneme Bitkisi

Çalışmada kullanılan ateş dikeni (*Pyracantha coccinea*) bitkisinin meyveleri kullanılmıştır. Ateş dikeni meyvesi ticari bir firmadan temin edilmiştir.



Şekil 5. Ateş dikeni bitkisi (orijinal).

3.1.4. Ateş Dikeni Meyvesinden Toz Elde Edilişi

Elde edilen ateş dikeni meyvesini toz haline getirilebilmesi için toplandıktan sonra güzelce yaprakları ayıklanıp kurutma fırınında 40 ºC'de nem oranı %10'lara düşecek şekilde kurutulmuştur. Kurutulan meyveler laboratuvarda öğütücü yardımı ile öğütülüp önce 426 µm sonra 243 µm elekten geçirilerek öğütme işlemi tamamlanmış ve yeme karıştırılabilecek hale getirilmiştir.



Şekil 6. Kurutma fırınındaki ateş dikeni meyveleri (orijinal).



Şekil 7**.** Öğütücüde ateş dikeni meyvesi (orijinal).



Şekil 8. Ateş dikeni meyve tozunun elekten geçirilişi (orijinal).

3.1.5. Deneme Yemleri

Araştırmada kullanılan ateş dikeni meyve tozu katkılı yemler, balık diyeti standartlarına uygun olarak %45 protein ve %18 yağ içerecek şekilde dengelenmiştir. İzokalorik ve izonitrojenik prensiplere göre tasarlanan bu karışımlar, La Monferrina-P3 cihazı aracılığıyla pelet haline getirilmiştir. Hammadde ve katkıların (Tablo 1) birbiriyle tam olarak özdeşleşmesi süreci, yem makinesinin karıştırma fonksiyonuyla tamamlanmıştır. Su ilave edilerek hazırlanan bu karışımın son aşamada uygun kıvama ulaşması sağlanmıştır. Sonra 2 mm'lik ayna (kalıp) kullanılarak ekstrüde edilmiş ve deneme yemleri elde edilmiştir. Sıcak hava sirkülasyonlu bir kurutma kabini kullanılarak 40 ºC'de kurutulan yemlerin, son nem oranlarının %10 olması sağlanmıştır. Hem hammaddelerin hem de elde edilen yemlerin besin içeriği analizlerinde (AOAC, 1998.) ve (Folch ve vd.,1957)'nin çalışmalarında belirttikleri tekniklerden yararlanılmıştır. Ateş dikeni meyve tozu diyet formülasyonuna nişasta ile yer değiştirilerek ilave edilmiştir.

Tablo 1.

Deney süresinde tercih edilen rasyonların yüzdesel (%) formülasyonu

	Kontrol	%0,5	%1	%1,5	%2
Balık Unu (%65P)	55	55	55	55	55
Soya Unu (%48P)	15	15	15	15	15
Mısır Gluteni (%65P)	2	2	2	2	2
Buğday Unu	8	8	8	8	8
Nişasta+ Bağlayıcı (CMC)	3,999	3,499	2,999	2,499	2,799
Ateş Dikeni Meyve Tozu	0	0,5	1	1,5	2
Balık yağı	13	13	13	13	13
Vitamin	1	1	1	1	1
Mineral	2	2	2	2	2
BHT	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Protein (%)	45,23	45,23	45,23	45,24	45,24
Yağ (%)	18,11	18,56	18,11	18,12	18,12
Kül (%)	9,08	9,56	10,04	10,52	11,00
NFE (%)	18,92	18,49	18,07	17,64	17,21
Enerji (GE)	21,04	20,97	20,90	20,83	20,76

Yemlerin brüt enerji (GE) içerikleri; ham yağ için 39,5 $kJ\ g^{-1}$, ham protein için 23,6 $kJ\ g^{-1}$ ve azotsuz öz madde (NFE) için 17 $kJ\ g^{-1}$ olarak belirlenen fizyolojik yakıt değerleri esas alınarak saptanmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemenin Yürütülmesi

Araştırmanın canlı materyalini oluşturan balıklar, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi bünyesindeki Sucul Omurgalı Canlılar Deney Ünitesine getirilmiştir. Balıkların yeni ortama uyum sağlayabilmesi için 20 gün ticari balık yemi ile beslenilmiştir. Her deneme grubu 3 tekerrürlü olacak şekilde deneme tankları dizayn edilmiştir. 60 gün süren çalışmada, balıklara doyana kadar yem ile günde 2 öğün yem verilmiştir.

3.2.2. Yemden Yararlanmanın Hesaplanması

Balıkların yemden yararlanmasını hesaplamak için aşağıdaki formüllerden yararlanılmıştır (Yılmaz ve Ergün, 2018).

Yüzde Canlı Ağırlık Artışı CAA (%)

$$= (Son\ ağırlık\ g\ -\ Başlangıç\ ağırlığı\ g)/Başlangıç\ ağırlığı\ x\ 100$$

Spesifik Büyüme Oranı: SBO (%Gün^{-1})

$$= [Ln(Son\ ortalama\ ağırlık\ g) - Ln(Başlangıçtaki\ ortalama\ ağırlık\ g)] / Deneme\ gün\ sayısı\ x\ 100$$

$$Yem\ Dönüşüm\ Oranı: YDO = Yem\ tüketimi\ g\ /\ Ağırlık\ kazanımı\ g$$

Şekil 9. Yemden yararlanma formülü

3.2.3. Balıklardan Kan Örneklerinin Alınması

60 günlük çalışmanın sonunda 24 saat aç bırakılan balıklardan kan alım işlemi uygulanmıştır. Her bir tekerrürden 2'er adet balık rast gele, her bir deney grubundan toplam 6 adet balıktan kan alınarak işlem yapılmıştır. Kan alımı için balıklar rastgele seçilip karanfil yağı (20 mg/L) ile bayıltılmıştır. Kan alımına başlamadan önce balıklar %70'lik alkol ile kaudal vena kana karışabilecek mukozanın temizlenmesi sağlanmıştır. Uygun enjektör yardımı ile kaudal venadan girilerek balıktan kan alınmıştır. Herhangi bir katkı içermeyen şırınga ile alınan kan örneklerinin bir kısmı (yaklaşık 200 µL) potasyumtri etilen diamin tetra

asetik asit (K3EDTA, MiniCollect®Tube, Austria) tüplerine alınarak hematolojik analizler için, diğer kısmı (yaklaşık 800 µL) jelli serum tüplerine (Z serum sep. Tubes MiniCollect® Tube, Austria) konularak, serum biyokimyasal ve immünolojik analizler için kullanılmıştır. Serum biyokimya analizleri ve serum immünolojik analizler için kan içeren jelli serum tüpleri 4200 g de 10 dakika santrifüj (Santrifüj NÜVE NF 048) işlemi yapılmış ve analizler yapılıncaya kadar -80 °C (Daihan SWUF400) de saklanmıştır.



Şekil 10. Gökkuşağı alabalığından kan alımı (orijinal).

3.2.4. Hematolojik Analiz

Balıklardan alınan kan örneklerinin RBC, Hct ve Hgb ölçümleri, Mindray/BC 3000 Plus otomatik sayım sistemi aracılığıyla dijital olarak analiz edilmiştir.

3.2.5. İmmünolojik Analizler

Nitro Blue Tetrazolium (NBT) Aktivitesi Tayini

Balıklardan elde edilen 100 µL hacmindeki kan numuneleri, NBT aktivite tayini amacıyla NBT çözeltisi ile karıştırılarak 30 dakikalık bir inkübasyon sürecine tabi tutulmuştur. İnkübasyonun ardından karışımdan 50 µL alınarak N,N-dimetil formamid içeren tüplere aktarıldı. Örnekler santrifüjlendikten sonra, 1 mL'lik küvetlere

süpernatantların 540 nm'deki absorbans değerleri saptanmış ve NBT aktiviteleri matematiksel olarak mg NBT formazan/mL cinsinden ifade edilmiştir (Siwicki ve Anderson, 1993).

Lizozim (LYZ) Aktivitesinin Tayini

Lizozim aktivitesinin belirlenmesinde Nudo ve Catap (2011) tarafından bildirilen yöntem kullanıldı. Bu kapsamda, 25 µL serum örneği, pH 5,8'de hazırlanan 175 µL *Micrococcus luteus* süspansiyonuna eklendi ve örnekler 96 kuyucuklu mikroplakada oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edildi. Absorbans okumaları 450 nm'de multiskan mikroplaka okuyucuda gerçekleştirildi. Lizozim aktivitesi, tavuk yumurta akından elde edilen lizozim standardı (L6876, Sigma) kullanılarak oluşturulan standart eğri üzerinden µg/mL cinsinden hesaplandı.

Myeloperoksidaz (MPO) Aktivitesi

MPO aktivitesinin saptanması amacıyla, (Quade ve Roth, 1997) ile (Kumari ve Sahoo, 2006) tarafından tanımlanan metotlar modifiye edilerek uygulanmıştır. Analiz kapsamında, 10 µL serum numunesi 90 µL HBSS kullanılarak dilüe edilmiştir. Örneklere 3,3′,5,5′-tetrametilbenzidin dihidroklorür ve (H_2O_2) hidrojen peroksit bazlı reaktiflerin eklenmesi takiben, 2 dakikalık reaksiyon süresi sonunda 35 µL sülfürik asit ilavesiyle enzim aktivitesi sonlandırılmıştır. Absorbans ölçümleri 450 nm dalga boyunda mikroplaka okuyucuda (Multiskan) yapıldı. Tayin sonuçları, ya 450 nm'deki absorbans değeri olarak ya da sülfürik asit eklenmeden kinetik olarak takip edilerek U/L cinsinden ifade edildi.

Biyokimyasal Analizler

Kan alımı sürecinde elde edilen kan örnekleri serum örneklerinin biyokimyasal analizlerinde balık çalışmalarında daha önce başarıyla kullanılmış olan ticari biyokimya kitleri (Bioanalytic) kullanıldı (Yılmaz ve Ergün, 2012; Yılmaz vd., 2016; Acar vd., 2018; Yılmaz ve Ergün, 2018; Kenanoğlu vd., 2022). Ölçümler multiskan mikroplaka okuyucuda (ELISA, Thermo Multiskan Go) gerçekleştirildi (Kesbiç vd., 2020). Projede; glikoz (GLI), alanin aminotransferaz (ALT) toplam protein (TP), albümin (ALB), globülin (GLOB),

aspartat aminotransferaz (AST), laktat dehidrogenaz (LDH), trigliserit (TG), alkalen fosfataz (ALP)ve kolesterol (CHOL) düzeyleri belirlendi.

3.2.6. Gen Ekspresyon Analizi

Toplam RNA İzolasyonu ve cDNA Sentezi

Toplam RNA izolasyonu için daha önce laboratuvarlarımızda yürütülen çalışmalarda kullanılan yöntemler esas alındı (Yılmaz ve Ergün, 2018; Yilmaz, 2019; Yılmaz vd., 2019; Yilmaz vd., 2020). Kısaca, toplam RNA ön böbrek (bağışıklık ile ilişkili gen ekspresyonları için) ve karaciğer (antioksidan istem ile ilişkili gen ekspresyonları için) dokularından, GeneMATRIX RNA izolasyon kiti (Cat. no. E3598, Poland) kullanılarak üretici firmanın talimatları doğrultusunda izole edildi. İzole edilen RNA örneklerinin kantitatif analizleri Nanodrop spektrofotometre (Nanodrop 2000c) kullanılarak gerçekleştirildi. Absorbans oranları 260/280 nm ve 260/230 nm değerleri 1,8–2,2 aralığında olan Ribonükleik Asit örnekleri, cDNA sentezi analizine kadar −80 °C soğutucuda muhafaza edildi. Tüm Ribonükleik Asit izolasyon işlemleri, UV çalışma kabini altında, aseptik koşullarda, RNase/DNase-free pipet uçları, su ve tüpler kullanılarak gerçekleştirildi.

cDNA Sentezi Uygulama Prosedürü

İzole edilen RNA örnekleri buz üzerinde 5 dakika bekletilerek çözdürüldü ve kısa süreli mikrosantrifüj işlemi uygulandı. cDNA sentezi için 4 µL Oligo dT primer (50 pmol), 2–8 µL RNA örneği (0,5–2 µg) ve dNTP mix 0,2 mL'lik tüplerde karıştırıldı ve toplam miktar RNase-free su eklenerek 15 µL'ye finalize edilmiştir. Hazırlığı tamamlanan karışım 70 °C'de 8 dakika inkübe edildi ve ardından buz üzerinde hızla soğutuldu. Soğutulan RNA karışımına 4 µL reaksiyon master mix [10 µL 5X RT Buffer, 0,30 µL RNase Inhibitor, 1 µL Reverse Transcriptase, 4 µL DTT (100 mM), 1 µL dNTP Mix (20 mM) ve 18,7 µL RNase-içermeyen saf su] eklendi. Tüpler 37 °C'de 1 saat inkübe edildi. Enzimin inaktivasyonu amacıyla örnekler 90 °C'de 10 dakika inkübe edildi. Sentezlenen cDNA örnekleri, PCR analizlerinde kullanılmak üzere −20 °C'de saklandı.

Eş Zamanlı Kantitatif Polimeraz Zincir Reaksiyonu (RT-qPCR) ile Gen İfade Düzeylerinin Belirlenmesi

cDNA sentezinin ardından Real-Time qPCR aşamasına geçildi. Ekspresyon analizlerinde kullanılan primer dizileri Tablo 1'de sunuldu. Real-Time qPCR reaksiyonları için kullanılan Master Mix içeriği; 5 µL HOT FIREPol® EvaGreen® qPCR Mix Plus (ROX), 0,5 µL Forward primer (0,4 µM), 0,5 µL Reverse primer (0,4 µM), 3 µL cDNA şablonu ve 11 µL RNase-içermeyen saf sudan oluşturuldu. Master Mix hazırlandıktan sonra Real-Time qPCR reaksiyonları Applied Biosystems™ 7500 Fast Real-Time PCR cihazında gerçekleştirildi. Reaksiyon koşulları; başlangıç denatürasyonu için 95 °C'de 12 dakika (1 döngü), denatürasyon için 95 °C'de 15 saniye (40 döngü) ve primer bağlanması için 60 °C'de 60 saniye olacak şekilde uygulandı. Tüm reaksiyonlar üç tekrarlı olarak yürütüldü. Ayrıca, amplifikasyon özgüllüğünün doğrulanması amacıyla erime eğrisi (melt curve) analizi gerçekleştirildi.

Hedef genlerin Tablo 2 ifade düzeyleri nispi kantitasyon yöntemi kullanılarak değerlendirildi. Çalışılan iki dokuda da stabil ifade gösterdiği belirlenen β-actin geni, referans gen olarak kullanıldı. Hedef genlere ait Ct değerleri, referans gen Ct değerlerine göre normalize edildi. Daha sonra kontrol grubu ile pyridabene maruz bırakılan gruplar arasında karşılaştırma yapılarak ΔCt (referans gen Ct − hedef gen Ct) ve ΔΔCt (pyridabene maruz kalan grubun ΔCt değeri − kontrol grubunun ΔCt değeri) hesaplandı. Gen ifade farklılıkları 2^−ΔΔCt yöntemi kullanılarak belirlendi (Livak, 2001).

Tablo 2.

Hedef genlerin tespitinde kullanılan primerler.

Gen bölgesinin adı	Primerler		Baz Çifti boyutu (bp)	Erişim Numarası	Kaynak
Lysozyme	Forward	ACAGCCGCTACTGGTGTGACG	203	NM_001124374.1	(Yar Ahmadi vd., 2014)
	Reverse	GCTGCTGCCGCACATAGAC			
IL-1β	Forward	ACCGAGTTCAAGGACAAGGA	181	AJ223954	(Kim ve Austin 2006; Awad vd., 2011)
	Reverse	CATTCATCAGGACCCAGCAC			
IL-10	Forward	CGACTTTAAATCTCCCATCGAC	70	AB118099	(Raida ve Buchmann 2007)
	Reverse	GCATTGGACGATCTCTTTCTTC			
HSP70	Forward	CTGCTGCTGCTGGATGTG	200	AB062281.1	(Yar Ahmadi vd., 2014)
	Reverse	GCTGGTTGTCGGAGTAAGTG			
TNF-α	Forward	TCTTACCGCTGACACAGTGC	130	NM_001124374	(Evenhuis ve Cleveland, 2012)
	Reverse	AGAAGCCTGGCTGTAAACGA			
IgM-(heavy chain)	Forward	CAAACCGGTGGAAGCTACAT	150	TC138653	(Evenhuis ve Cleveland, 2012)
	Reverse	AGACGGCTGCTGCAGATATT			
SOD (*superoxide dismutase*)	Forward	TGGTCCTGTGAAGCTGATTG	201	AF469663.1	(Wischhusen vd., 2019)
	Reverse	TTGTCAGCTCCTGCAGTCAC			
CAT (*catalase*)	Forward	TGATGTCACACAGGTGCGTA	195	BX087110.3	(Wischhusen vd., 2019)
	Reverse	GTGGGCTCAGTGTTGTTGAG			
GPX (*Glutathione peroxidase*)	Forward	CGAGCTCCATGAACGGTACG	183	CA357669.1	(Wischhusen vd., 2019)
	Reverse	TGCTTCCCGTTCACATCCAC			
GST (*Glutathione S-transferase*)	Forward	TCGCTGACTGGACGAAAGGA	196	BX302932.3	(Wischhusen vd., 2019)
	Reverse	CGAAGGTCCTCAACGCCATC			
β-Actin	Forward	GGACTTTGAGCAGGAGATGG	186	AJ438158	(Kim ve Austin 2006; Awad vd., 2011)
	Reverse	ATGATGGAGTTGTAGGTGGTCT			

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Yem Tüketimi ve Yemden Yararlanma Bulguları

Yeme farklı oranlarda katılan ateş dikeni tozlu (%0,5(A5), %1(A10), %1,5(A15), %2(A20)) ile beslenen balıkların yem değerlendirme sonuçları Tablo 3'de gösterilmiştir. Deneme sonunda grupların büyüme performansı ve yem değerlendirmeleri benzer bulunmuştur ($p>0,05$).

Tablo 3.
60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının büyüme performansları ve yem değerlendirme bulguları

	Deneme Başı Ağırlık	Deneme Sonu Ağırlık	CAA (%)	YDO	SBO
Kontrol grubu	52,62±0,26	132,09±0,77	151,04±1,56	0,98±0,01	1,53±0,01
A5	52,32±0,14	132,18±1,74	152,61±2,62	0,97±0,02	1,54±0,02
A10	52,34±0,06	133,25±0,50	154,59±0,72	0,96±0,01	1,56±0,01
A15	52,31±0,14	131,77±1,77	151,90±2,68	0,96±0,02	1,54±0,02
A20	52,22±0,01	127,59±1,97	144,32±3,77	1,04±0,03	1,49±0,02

4.2. Hematoloji Bulguları

Deneme gruplarına ait hematolojik parametreler Tablo 4'te sunulmuştur. Deney ve kontrol grupların kırmızı kan hücresi (RBC, $10^6/mm^3$) sayıları arasında, matematiksel olarak saptanan farkların istatiksel bir geçerliliği bulunmamaktadır ($p>0,05$). A20 diyetinin uygulandığı balıklarda ölçülen Hemoglobin (g/dL) konsantrasyonları, hem kontrol hem de alternatif deneme gruplarıyla karşılaştırıldığında $p<0,05$ seviyesinde belirgin bir düşüş göstermiştir. Ancak, kontrol, A5, A10 ve A15 grupları arasında Hgb düzeyleri bakımından anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p > 0,05$).

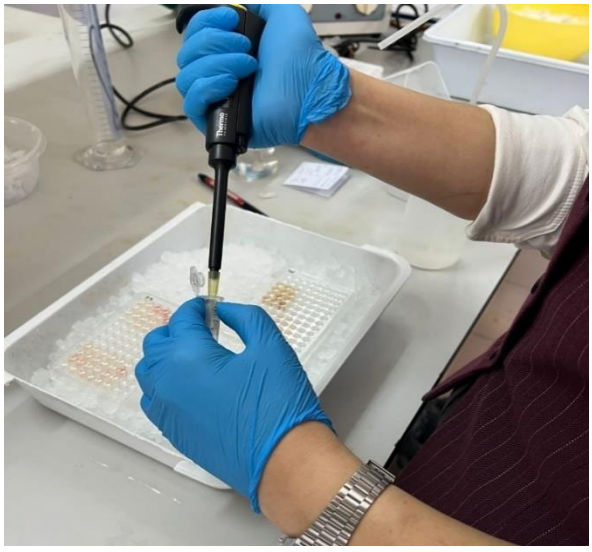
Hematokrit (Hct, %) verileri analiz edildiğinde, A20 grubunda ölçülen Hct düzeyi kontrol grubuna göre istatistiksel olarak belirli bir düşük göstermiştir ($p < 0,05$). Ayrıca, Hct değeri A5, A10 ve A15 gruplarında kontrol ve A20 grupları ile benzerdi ($p > 0,05$).

Tablo 4.
60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının hematoloji bulguları.

	Kontrol	A5	A10	A15	A20
RBC(10^6/mm^3)	1,51 ± 0,04 [a]	1,47 ± 0,01 [a]	1,53 ± 0,05 [a]	1,63 ± 0,02 [a]	1,52 ± 0,05 [a]
Hgb(g/dL)	8,81 ± 0,21 [a]	8,52 ± 0,13 [a]	8,03 ± 0,09 [a]	8,59 ± 0,16 [a]	7,68 ± 0,11 [b]
Hct(%)	27,06 ± 0,70 [a]	25,13 ± 0,28 [ab]	25,56 ± 1,11 [ab]	25,82 ± 0,35 [ab]	23,49 ± 0,37 [b]

4.3. Serum Biyokimyası Bulguları

Diyet uygulamalarının serum biyokimyası parametreleri (Tablo 5) arasında sadece glikoz (GLI) düzeyleri üzerinde istatistiksel fark oluşturduğu belirlenmiştir. Ateş dikeni ilaveli tüm deneme gruplarının kontrol grubuna göre serum GLI seviyesini azalttığı belirlenmiştir ($p < 0,05$).



Şekil 11. 60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının serum örnekleri (orijinal).

Tablo 5.

60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının serum biyokimyası bulguları.

	Kontrol	A5	A10	A15	A20
GLI (mg/dL)	122,03 ± 5,09[a]	72,21 ± 5,46[b]	76,63 ± 6,16 [b]	74,56 ± 6,16 [b]	74,25 ± 5,32 [b]
TPROT (g/dL)	9,38 ± 0,52	9,94 ± 0,33	10,06 ± 0,42	9,46 ± 0,31	11,37 ± 1,08
ALB (g/dL)	0,39 ± 0,03	0,42 ± 0,02	0,39 ± 0,02	0,37 ± 0,01	0,40 ± 0,02
GLO (g/dL)	8,98 ± 0,50	9,52 ± 0,31	9,66 ± 0,41	9,09 ± 0,31	10,97 ± 1,06
KOL (mg/dL)	261,23 ± 23,86	265,92 ± 21,04	279,83 ± 19,16	285,45 ± 15,73	224,97 ± 21,06
TRIG (mg/dL)	75,68 ± 5,57	62,38 ± 7,52	65,68 ± 7,28	62,46 ± 5,78	58,39 ± 7,66
AST (U/L)	132,57 ± 11,42	165,70 ± 40,36	130,78 ± 19,83	95,50 ± 18,95	116,32 ± 24,01
ALT (U/L)	16,35 ± 1,97	20,53 ± 7,64	12,72 ± 1,31	12,90 ± 1,54	12,04 ± 2,67
LDH (U/L)	849,20 ± 155,00	1014,52 ± 130,18	840,25 ± 62,56	967,54 ± 69,75	1083,24 ± 164,17
ALP (U/L)	69,71 ± 14,53	72,06 ± 9,88	69,21 ± 10,34	81,49 ± 11,69	56,89 ± 11,58

$n = 6$, İstatistiksel değerlendirmeler ortalama $\pm$ standart hata olarak ifade edilmiş; satır bazında farklı harflerle işaretlenen grupların birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. Kısaltmalar sırasıyla: Glikoz, Toplam Protein, Albumin, Globulin, Kolesterol, Trigliserit, Aspartat Aminotransferaz, Glutamik Pirüvik Transaminaz ve Laktat Dehidrogenaz, Alkalen Fosfataz.

4.4. İmmünoloji Bulguları

Deneme gruplarının immünolojik parametreler üzerine etkileri Tablo 6'da gösterilmiştir. Lizozim aktivitesi bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0,05$). En yüksek lizozim değeri A15 grubunda ölçülmüş olup, bu grup kontrol grubuna kıyasla anlamlı fark göstermiştir ($p<0,05$). Bununla birlikte kontrol grubunda lizozim aktivitesi diğer gruplarla karşılaştırıldığında en düşük seviyede tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Myeloperoksidaz (MPO) aktivite düzeyleri incelendiğinde, gruplar arasında istatistiksel açıdan kayda değer bir değişim gözlenmemiştir ($p > 0,05$). NBT aktivitesi incelendiğinde, kontrol grubunda ölçülen değer diğer tüm deneme gruplarına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur ($p < 0,05$). NBT aktivitesinde artış gözlenen A5, A10, A15 ve A20 grupları kendi aralarında kıyaslandığında, bu yükselişin istatistiksel açıdan benzer düzeylerde olduğu görülmüştür ($p > 0,05$).

Tablo 6.

60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının immunoloji bulguları.

	Kontrol	A5	A10	A15	A20
Lizozim (µg/mL)	34,81 ± 1,15 ^{c}	47,15 ± 2,82 ^{ab}	46,18 ± 1,64 ^{b}	56,37 ± 3,30 ^{a}	49,22 ± 2,02 ^{ab}
MPO (OD450)	0,73 ± 0,12^{a}	0,72 ± 0,13 ^{a}	0,81 ± 0,11 ^{a}	0,78 ± 0,14 ^{a}	0,82 ± 0,09 ^{a}
NBT (OD 620)	0,0049 ± 0,00 ^{b}	0,18 ± 0,02 ^{a}	0,16 ± 0,01 ^{a}	0,19 ± 0,02 ^{a}	0,20 ± 0,02 ^{a}

MPO: Myeloperoksidaz aktivitesi, NBT: Nitro Blue Tetrazolium

4.5. Gen Ekspresyon Bulguları

Deneme gruplarına ait *IL10, IL1B, TNF-α, HSP70, CAT, SOD, GPX, GST, LYZ* ve *IGM* genlerinin bağıl ifade düzeyleri Tablo 7'de sunulmuştur. *IL10* ve *IL1B* genlerinin ekspresyon düzeyleri bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). *TNF-α* ifadesi A5 ve A20 gruplarında kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede artış göstermiştir ($p < 0,05$). İstatistiksel analizler, A10 ve A15 gruplarının kontrol grubu ile benzer bir dağılım gösterdiğini doğrulamıştır ($p < 0,05$). *HSP70* geninin ekspresyonu A5 grubunda anlamlı derecede artarken ($p < 0,05$), A10, A15 ve A20 gruplarında kontrol grubuna kıyasla istatistiksel bir fark saptanmamıştır ($p > 0,05$). Antioksidan savunma ile ilişkili genler incelendiğinde, *CAT* gen ekspresyonunun yalnızca A20 grubunda kontrol ve diğer uygulama gruplarına kıyasla anlamlı derecede arttığı belirlenmiştir ($p < 0,05$). *SOD* gen ekspresyonu A5, A15 ve A20 gruplarında anlamlı şekilde yükselmiş olup, en yüksek değer A20 grubunda tespit edilmiştir ($p < 0,05$). *GPX* geninin ifade düzeyi A5 ve A20 gruplarında anlamlı artış gösterirken ($p< 0,05$), A10 ve A15 gruplarında kontrol grubuna benzer bulunmuştur ($p > 0,05$). *GST* gen ekspresyonu ise A20 grubunda anlamlı bir artış sergilemiştir ($p < 0,05$). Doğal bağışıklıkla ilişkili *LYZ* geninin ekspresyonu A5 ve A20 gruplarında kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). IGM gen ekspresyon seviyeleri değerlendirildiğinde, deneme grupları arasında istatistiksel açıdan kayda değer bir değişim tespit edilmemiştir ($p > 0,05$).

Tablo 7.

60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının gen ekspresyon seviyeleri

	Kontrol	*A5*	*A10*	*A15*	*A20*
IL10	1.18 ± 0.32	1.40 ± 0.92	0.90 ± 0.42	0.33 ± 0.04	0.50 ± 0.18
IL1B	1.10 ± 0.24	4.32 ± 2.97	1.16 ± 0.68	1.77 ± 0.29	1.58 ± 0.65
TNF-α	1.02 ± 0.13^{b}	3.86 ± 1.04^{a}	1.52 ± 0.38^{b}	1.25 ± 0.14^{b}	7.49 ± 2.86^{a}
HSP70	1.06 ± 0.20^{b}	2.43 ± 0.16^{a}	1.18 ± 0.44^{b}	0.34 ± 0.08^{b}	0.70 ± 0.32^{b}
CAT	1.08 ± 0.22^{b}	1.02 ± 0.27^{b}	0.76 ± 0.25^{b}	0.62 ± 0.07^{b}	6.35 ± 1.43^{a}
SOD	1.36 ± 0.58^{b}	7.08 ± 1.74^{a}	1.83 ± 0.92^{b}	5.72 ± 1.19^{a}	11.23 ± 2.02^{a}

Tablo 7'nın devamı.

60 gün süreyle ateş dikeni tozu ilavesi ile beslenen gökkuşağı alabalıklarının gen ekspresyon seviyeleri

	Kontrol	*A5*	*A10*	*A15*	*A20*
GPX	1.10 ± 0.28^{b}	2.29 ± 0.86^{a}	0.82 ± 0.17^{b}	1.62 ± 0.28^{b}	4.35 ± 0.95^{a}
GST	1.06 ± 0.23^{b}	2.11 ± 0.36^{b}	1.98 ± 0.62^{b}	1.95 ± 0.45^{b}	5.05 ± 1.56^{a}
LYZ	1.05 ± 0.19^{b}	2.80 ± 0.84^{a}	1.04 ± 0.26^{b}	1.42 ± 0.67^{b}	4.16 ± 0.80^{a}
IGM	1.06 ± 0.22	1.17 ± 0.16	2.84 ± 1.28	1.00 ± 0.38	0.65 ± 0.44

IL10; interleukin10, *IL1B*; interleukin1 beta, *TNF-α*; tumor necrosis factor alpha, CAT; catalase, *HSP70*; heat shock protein 70, *SOD*; superoxide dismutase, *GPX*; glutathione peroxidase, *GST*; glutathione S-transferase, *LYZ*; lysozyme, *IGM*; immunoglobulin M.



Şekil 12. Biyokimya analizi çalışmasından (orijinal).

4.6. Tartışma

Son yıllarda, bitkiler ve içerikleri, balık türlerinde büyüme, immünolojik yanıt ve hastalık direnci üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle birçok araştırmacının dikkatini çekmektedir (Yousefi vd., 2020). Bu çalışmada, ateş dikeni (*Pyracantha coccinea*)'nın gökkuşağı alabalığı yemlere ilavesinin faydalı bir bitkisel katkı maddesi olarak kullanılma potansiyeli, büyüme performansı, serum biyokimyası ve immünolojisi, hematolojisi ve gen ekspresyonu karşı etkisi üzerine odaklanılmıştır. Araştırmamızda ateş dikeni tozu takviyeli yemle beslendikten sonra gökkuşağı alabalığında, deneme sonunda grupların büyüme performansı ve yem değerlendirmeleri benzer bulunmuştur. Başka çalışmalarda sumak tozu (Diler vd., 2021), hibiskus tozu (Hoseini vd., 2021) ve mucize ağacı (*Moringa oleifera*) yaprak tozu (Sanchooli vd., 2023) gibi bitkisel katkıların artan dozları (%1 ve üzeri) ile beslenen balıkların büyüme performansı kontrol grubuyla benzerlik göstermiştir.

Çalışmamızda hematokrit ve hemoglobin değerlerinde A5 ile A10 gruplarında bir farklılık olmamışken A20 grubunda kontrol ve diğer gruplardan düşük değerler bulunmuştur. Bitkisel bazlı yem katkılarının hematolojik parametreleri geliştirici veya baskılayıcı etkileri bir çok çalışma ile kanıtlanmıştır (Kuebutornye vd., 2024). Örneğin bir çalışmada mersin (*Myrtus communis L.*) tozu gökkuşağı alabalığı diyetine 4 doz şeklinde eklenerek 60 gün uygulanmış ve çalışma sonunda hemoglobin ve hematokrit değerlerinin yüksek sonuç verdiği belirtilmiştir (Taee vd., 2017). Haghighi ve Rohani, (2013) gökkuşağı alabalığı yemlerine ekledikleri zencefil *(Zingiber officinale*) tozu ile 12 hafta boyunca %1 oranında içeren diyet uygulamışlar ve besleme sonunda RBC, Hct ve Hgb kan değerlerinin yüksek çıktığını belirlenmiştir. Bu çalışmada A5 ile A10 grubunda hematolojik değerlerin kontrol ile benzer olması balık sağlığında bir değişim olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Araştırmamızda NBT ve lizozim aktivitelerinde gözlenen artış ve MPO düzeylerinin değişmemesi, ateş dikeni meyve tozunun katkısının gökkuşağı alabalığı spesifik olmayan bağışıklığı arttırdığının bir göstergesi olarak söylenebilir. Benzer bir çalışmada gökkuşağı alabalığın yemlerine kadife çiçeği *(Calendula officinalis*) tozu ilave edilmiş ve NBT ve lizozim aktivitesinde artış olduğu ancak MPO değerinin istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmadığı gözlemlenmiştir (Ghafarifarsani vd., 2023).

Aghili vd. (2024) yaptıkları çalışmada zerdeçal tozu (*Curcuma longa*) ve karabiber (*Piper nigrum*) tozu 3 farklı kombinasyonla dört farklı seviyede balıklara verilmiş, *TNF-α* geni ekspresyonu, kontrole kıyasla iki bitkinin kullanıldığı tüm gruplarda azaldığı görülmüştür. Başka bir çalışmada kırmızı acı biber *(Capsicum annum*) tozu 45 gün boyunca 4 doz grubu halinde yeme katılarak balığa verilmiş ve besleme sonunda lizozim aktivitesi, *C3* ve *IgM* seviyeleri son doz grubunda önemli ölçüde diğerlerinden farklı çıkmış böylece %5'lik son doz grubunun alabalığında büyüme performansını, beslenme verimliliğini ve bağışıklık sistemini iyileştirebileceği gözlemlemişlerdir (Shamsaie Mehrjan vd., 2020).

Bu çalışmada karaciğer gen ekspresyonlarındaki artış antioksidan durumda iyileşme olarak açıklanabilir. Özellikle ateş dikeni tozunun A5 ve A20 grubunda gözlenen *SOD*, *CAT, GPX* ve *GST* genlerindeki artış, A5 dozunun en ideal antioksidan korumayı sağladığının bir kanıtı olabilir. *LYZ*, *HSP70* ve *TNF-α* gen ekspresyonu seviyelerinin A5 grubunda artması, hücresel bağışıklığın moleküler düzeyde aktivite edildiğini göstermektedir (Secombes ve Wang 2012).

Sonuç olarak bu çalışmada *TNF-α* gen ekspresyonunun A5 grubunda artış göstermesine karşın, MPO aktivitesinin ve *IL10* ve *IL1B* ekspresyonlarının değişmemesi ateş dikeni meyve tozunun gökkuşağı alabalığında kontrollü ve fizyolojik bir immün uyarım oluşturduğunu düşündürmektedir.

Çalışmamızda serum biyokimyasında glikoz (GLI) düzeyleri üzerinde istatistiksel fark oluşturduğu belirlenmiş olup, ateş dikeni tozunun tüm gruplarının serum glikoz seviyesini azalttığı belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada, sumak (*Rhus coriaria L.*) meyve tozunu yeme ilave edilip 8 hafta boyunca balıklara verilmiş ve verilen %10'luk grubun glikoz değerleri kontrolden düşük olduğunu gözlemlemişlerdir (Diler vd., 2021). Bu çalışmada, A5, A10, A15 ve A20 deneme gruplarında glikoz seviyelerinin kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede düşük bulunması, test edilen ateş dikeni meyvesi tozunun hipoglisemik etkisiyle açıklanabilir. Daha önce doğrudan bu türün hipoglisemik etkisini gösteren herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanılmamıştır. Ancak, *Pyracantha* cinsine ait farklı türlerinin hipoglisemik etkisi bilinmektedir (Dumka vd., 2025). Özellikle bağışıklık parametrelerindeki artışla birlikte değerlendirildiğinde, glikozdaki bu düşüş, ateş dikeni tozunun gökkuşağı alabalıklarında enerji metabolizmasını optimize ettiğini ve bağışıklık

tepkisi için gerekli olan fizyolojik ortamı sağladığını göstermektedir. Bu sonuç, antioksidan gen ekspresyonlarındaki özellikle A5 grubundaki *SOD, GST, GPX* artışla da desteklenmekte olup oksidatif stresin azalmasının sistemik glikozun düzenlenmesinde olumlu yansıdığı sonucuna varılabilir.

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Bu yüksek lisans tezinde ateş dikeni meyve tozunun yeme ilave edilerek gökkuşağı alabalığında bitki besin katkı maddesi olarak kullanılma potansiyeli, serum biyokimyası ve immünolojisi, kan parametreleri, büyüme performansı ve gen ekspresyonu üzerine etkileri incelenmiştir.

- Büyüme performansı ve yem değerlendirmesi benzer bulunmuştur. Balık gelişimi ateş dikeni meyve tozu uygulamalarından etkilenmemiştir.
- Kan parametrelerinde Hct ve Hgb değerleri A20 grubunda kontrol ve diğer gruplardan düşük bulunmuştur. A20 grubunda gözlenen bu azalma, balık sağlığının olumsuz etkilendiğinin bir göstergesi olup histolojik ve hastalık direnci gibi ek testler ile değerlendirilmeye ihtiyaç vardır.
- İmmunolojik parametrelerinden lizozim ve NBT aktiviteleri tüm ateş dikeni ilaveli gruplarda kontrolden daha yüksek tespit edilmiştir. MPO aktivitesi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır. NBT ve lizozim'in artması balığın hastalıklara karşı daha dirençli olduğunu göstermektedir.
- Gen ekspresyonu analizlerine geldiğimizde bağışıklık geni olan *TNF-α* A-5 grubunda anlamlı artış vermiştir. Antioksidan savunma (*SOD, GPX* ve *GST*) genlerini aynı anda yükselten gruplar A5 ve A20'dir. Bu da A5 grubunun balığı strese karşı korumada katkı sağlayabileceğini göstermektedir. *TNF-α* gen ekspresyonunun A5 grubunda artış göstermesine karşın, MPO aktivitesinin ve *IL10* ve *IL1B* ekspresyonlarının değişmemesi kontrollü ve fizyolojik bir immün uyarım oluşturduğunu göstermekedir.

- Serum biyokimyası bulgularında ateş dikeni tozunun tüm gruplarının glikoz (GLI) düzeyleri üzerinde istatistiksel fark oluşturduğu belirlenmiştir. Glikozun tüm gruplarda düşmesi, ateş dikeni tozunun hipoglisemik etkisi ile açıklanabilir.

Sonuç olarak, yeme katılan %0,5 oran ile büyüme performansı olumsuz etkilenmeden bağışıklık ve antioksidan kapasitesini artırabileceği bulunmuştur. Hematolojik parametrelerde ve serum biyokimyası değişkenliklerinde (glikoz hariç) herhangi bir değişiklik olmadığı için balık sağlığı açısından en uygun dozun A5 grubu olduğu söylenebilir.

5.2. Öneriler

Mevcut çalışma sonuçlarının ışığında, konuya ilişkin geliştirilen öneriler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- İleriki çalışmalarda gökkuşağı alabalıklarında, ateş dikeni tozu ile besleme denemesi yapılarak dokularda histoloji takibi, hastalık direnci testi ve iç organ yağlanması gibi değerlendirmelerin araştırılması gerekmektedir.
- Gökkuşağı alabalığının yemlerine katılan ateş dikeni tozunun farklı balık patojenler üzerine etkileri araştırılabilir.
- Ülkemizde ve birçok ülkede temini kolay olan ateş dikeni bitkisi yem firmaları tarafından katkı maddesi olarak kullanılabilir.
- Çalışmada en iyi değerler düşük dozda bulunduğu için daha düşük doz uygulamalarının etkisi araştırılabilir.
- Ateş dikenin literatürde balık üzerinde etkisi adı altında bilgiler çok kısıtlı olduğu için ateş dikenin diğer kısımlarında balık üzerine etkileri araştırılabilir.

KAYNAKÇA

Acar, Ü., Kesbiç, O. S., Yılmaz, S., and Karabayır, A. (2018). Growth Performance, Hematological and Serum Biochemical Profiles in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fed Diets With Varying Levels of Lupin (*Lupinus albus)* meal. *Aquaculture Research,* 49(7), 2579-2586.

Aghili, S. M., Firouzbakhsh, F., Haghparast, S., and Farhadi, A. (2024). Growth Parameters, Haematology, Immunity, and Relative Expressions of TNF-α and IL-8 Genes in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fed a Combination of Turmeric (*Curcuma langa*) Powder and Black Pepper (*Piper nigrum*). *Aquaculture International*, *32*(3), 2353-2372. https://doi.org/10.1007/s10499-023-01274-6

Ahmadi, P. Y., Farahmand, H., Miandare, H. K., Mirvaghefi, A., and Hoseinifar, S. H. (2014). The Effects of Dietary Immunogen® on Innate Immune Response, Immune Related Genes Expression and Disease Resistance of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish and shellfish immunology,* 37(2), 209-214.

Ahmadifar, E., Yousefi, M., Karimi, M., Fadaei Raieni, R., Dadar, M., Yilmaz, S., Dawood, M. A. O., and Abdel-Latif, H. M. R. (2021). Benefits of Dietary Polyphenols and Polyphenol-Rich Additives to Aquatic Animal Health: An Overview. *Reviews in Fisheries Science ve Aquaculture*, *29*(4), 478-511. https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1818689

AOAC 1998. Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC Int., Gaithersburg MD.

Awad, E., Mitchell, W. J., and Austin, B. (2011). Effect of Dietary Supplements on Cytokine Gene Expression in Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases*, *34*(8), 629-634. https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2011.01271.x

Bilia, A. R., Catalano, S., De Simone, F., Morelli, I., and Pizza, C. (1991). An Acetylated Flavanone Glucoside From Leaves of *Pyracantha coccinea. Phytochemistry*, *30*(11), 3830-3831.

Çöteli, E., ve Karataş, F. (2017). Ateş dikeninin (*Pyracantha coccinea* Roemer var. Lalandi) kırmızı meyvelerindeki A, E, C vitamini, β-karoten, likopen, glutatyon ve malondialdehit miktarlarının araştırılması. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *29*(1), 41-46.

Çöteli, F. T. (2024). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü. *Araştırma Yayınları*, *403*, 1-24.

Dumka, H., Ram, V., and Tangri, P. (2025). Phytochemical Profiling and Evaluation of In-Vitro Antidiabetic Effects of *Pyracantha crenulata* (D. Don) M. Roem. Fruit Extracts. *Journal of Applied Pharmaceutical Research,* 13(5), 299-308.

Diler, Ö., Özil, Ö., Bayrak, H., Yiğit, N. Ö., Özmen, Ö., Saygın, M., and Aslankoç, R. (2021). Effect of Dietary Supplementation of Sumac Fruit Powder (*Rhus coriaria L.*) on Growth Performance, Serum Biochemistry, Intestinal Morphology and Antioxidant Capacity of Rainbow Trout *(Oncorhynchus mykiss,* Walbaum). *Animal Feed Science and Technology*, *278*, 114993. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114993

Evenhuis, J. P., and Cleveland, B. M. (2012). Modulation of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Intestinal Immune Gene Expression Following Bacterial Challenge. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, *146*(1), 8-17. https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2012.01.008

Fico, G., Bilia, A. R., Morelli, I., and Tomè, F. (2000). Flavonoid Distribution in *Pyracantha coccinea* Plants at Different Growth Phases. *Biochemical systematics and ecology*, *28*(7), 673-678.

Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. (1957). A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues. *Journal of Biological Chemistry,* 226: 497-509.

Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., Molayemraftar, T., Raeeszadeh, M., and Van Doan, H. (2023). Pot Marigold (*Calendula officinalis*) Powder in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Feed: Effects on Growth, Immunity, and Yersinia ruckeri Resistance. *Aquaculture Nutrition*, *2023*(1), 7785722. https://doi.org/10.1155/2023/7785722

Haghighi, M., and Rohani, M. S. (2013). The Effects of Powdered Ginger (*Zingiber officinale*) on the Haematological and İmmunological Parameters of Rainbow Trout *(Oncorhynchus mykiss)*. *J. Med. Plant Herbal Ther. Res.*, *1*, 8-12.

Hardy, R. W. (2002). Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. C. D. Webster and C. Lim (Ed.), *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture* (1. bs, ss. 184-202). CABI Publishing. https://doi.org/10.1079/9780851995199.0184

Karataş, M., ve Sayılı, M. (2008). Sivas İli Gökkuşağı Alabalığı İşletmelerinin Yapısal ve Ekonomik Analizi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, *1*(2), 49-55.

Kenanoğlu, O. N., Kenanoğlu, N. A., Yılmaz, S., ve Bilen, S. (2022). Amitriptilinin Çipura *(Sparus aurata*) Serum Biyokimyası Üzerindeki Etkisi. Environmental Toxicology and Ecology, 2(1), 66-75.

Kesbiç, O. S., Parrino, V., Acar, Ü., Yilmaz, S., Paro, G. L., and Fazio, F. (2020). Effects of Monterey Cypress (*Cupressus macrocarpa* Hartw) Leaf Essential Oil as a Dietary Supplement on Growth Performance and Haematological and Biochemical Parameters of Common carp (*Cyprinus carpio L.*). Ann. Anim. Sci, 20(4), 1411-1426.

Keser, S. (2014). Antiradical Activities and Phytochemical Compounds of Firethorn (*Pyracantha coccinea*) Fruit Extracts. *Natural Product Research*, *28*(20), 1789-1794. https://doi.org/10.1080/14786419.2014.942304

Kim, D. H., and Austin, B. (2006). Cytokine Expression in Leucocytes and Gut Cells of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, Induced by Probiotics. Veterinary immunology and immunopathology, 114(3-4), 297-304.

Kokubun, T., Harborne, J. B., Eagles, J., and Waterman, P. G. (1995). Dibenzofuran Phytoalexins From the Sapwood Tissue of Photinia, *Pyracantha* and *Crataegus* Species. *Phytochemistry*, *39*(5), 1033-1037.

Kowalewski, Z., and Mrugasiewicz, K. (1971). Neue Flavanonheteroside in *Crataegus Phenophyrum*. *Planta Medica*, *19*(02), 311-317. https://doi.org/10.1055/s-0028-1099647

Mustafa, Ö., ve Üstüner, A. G. E. (2024). Elazığ İlinin Su Ürünleri Yetiştiriciliği Ve Türkiye Üretimine Katkısı. *Birsel Kongreleri*, *261-265*. https://www.researchgate.net/profile/Enes-Uestuener/publication/386097902_ELAZIG_ILININ_SU_URUNLERI_YETISTIRICILIGI_VE_TURKIYE_URETIMINE_KATKISI/links/67442a6b7ca4cb2842aa846a/ELAZIG-ILININ-SU-UeRUeNLERI-YETISTIRICILIGI-VE-TUeRKIYE-UeRETIMINE-KATKISI.pdf

Quade, M. J., Roth, J. A. 1997. “A Rapid, Direct Assay to Measure Degranulation of Bovine Neutrophil Primary Granules”. *Veterinary immunology and immunopathology*, 58(3-4), 239-248.

Raida, M. K., and Buchmann, K. (2007). Temperature-Dependent Expression of Immune-Relevant Genes in Rainbow Trout Following *Yersinia ruckeri* Vaccination. *Diseases of aquatic organisms*, 77(1), 41-52.

Raskin, I., Ribnicky, D. M., Komarnytsky, S., Ilic, N., Poulev, A., Borisjuk, N., Brinker, A., Moreno, D. A., Ripoll, C., and Yakoby, N. (2002). Plants and Human Health in the Twenty-First Century. *Trends in Biotechnology*, *20*(12), 522-531.

Rios, J.-L., and Recio, M. C. (2005). Medicinal Plants and Atimicrobial Activity. *Journal of ethnopharmacology*, *100*(1-2), 80-84.

Sagdic, O., Polat, B., and Yetim, H. (2022). Bioactivities of Some Wild Fruits Grown in Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, *64*(2), 299-305. https://doi.org/10.1007/s10341-021-00631-0

Sanchooli, N., Paknejad, H., Sudagar, M., Shekarabi, S. P. H., and Rahdari, A. (2023). Growth Promoting and Immunomodulatory Effects of Dietary (*Moringa oleifera*) Leaf Powder in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss)*. *Aquaculture Reports*, *30*, 101555. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101555

Sarikurkcu, C., and Tepe, B. (2015). Biological Activity and Phytochemistry of Firethorn (*Pyracantha coccinea M*J Roemer). *Journal of Functional Foods*, *19*, 669-675.

Secombes, C. J., ve Wang, T. (2012). The Innate and Adaptive Immune System of Fish. I*n Infectious Disease in Aquaculture* (pp. 3-68). Woodhead Publishing.

Shamsaie Mehrjan, M., Hosseini Shekarabi, S. P., Mahjob Zardest, M., and Mohammadi, N. (2020). Effect of Dietary Supplementation of Red Chili Pepper (*Capsicum annuum*) Powder on Growth Parameters, Survival Rate, Hematological Indices and Some Immunity Responses of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fry. *ISFJ*, *29*(1), 131-140.

Siwicki, A. K., and Anderson, D. P. (1993). Immunostimulation in Fish: Measuring the Effects of Stimulants by Serological and Immunological Methods. *US Fish Wild Service-IFI*, 1, 1-17.

Şahin, T. (2003). Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Biyoteknoloji. *Sümae Yunus Araştırma Bülteni*, 1-4.

Taee, H. M., Hajimoradloo, A., Hoseinifar, S. H., and Ahmadvand, H. (2017). The Effects of Dietary Myrtle (*Myrtus communis* L.) Supplementations on Growth Performance and Some Innate Immune Responses in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Aquatic Biology*, *5*(4), 252-259. https://doi.org/10.22034/ijab.v5i4.331

Taheri, Y., Naderi, N., Ayatollahi, S. A., Baghalpour, N., Mahroo-Bakhtiyari, J., and Sharifi-Rad, J. (2021). High-Performance Thin-Layer Chromatography Fingerprinting and Anti-Inflammatory and Antinociceptive Activities of *Pyracantha coccinea* M. Roem.: A laboratory-based study. *Cellular and Molecular Biology*, *67*(1), 106-111.

Tunç, K., Semerci, A. B., and Okur, İ. (2020). Antioxidant Activity of the Fruits of *Pyracantha coccinea* Using Ethanolic Extract Method. *Food and Health*, *6*(1), 35-40.

Turker, A. U., Yildirim, A. B., and Karakas, F. P. (2012). Antibacterial and Antitumor Activities of Some Wild Fruits Grown in Turkey. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, *26*(1), 2765-2772. https://doi.org/10.5504/BBEQ.2011.0156

Turker, H., and Yıldırım, A. B. (2015). Screening for Antibacterial Activity of Some Turkish Plants Against Fish Pathogens: A Possible Alternative in the Treatment of Bacterial İnfections. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, *29*(2), 281-288. https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1006445

Wischhusen, P., Parailloux, M., Geraert, P. A., Briens, M., Bueno, M., Mounicou, S., and Fontagné-Dicharry, S. (2019). Effect of Dietary Selenium in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Broodstock on Antioxidant Status, its Parental Transfer and Oxidative Status in the Progeny. *Aquaculture,* 507, 126-138.

Wedemeyer, G. (1996). Physiology of Fish in Intensive Culture Systems. *Springer Science and Business Media.* https://www.google.com/books?hl=tr&lr=&id=KUs_aHoW86oC&oi=fnd&pg=PR11&dq=physiology+of+fish+in+intensive+culture&ots=iGckW8oobX&sig=td-NBX8kfxBEuc3V2Fl-kvanuLc

Yar Ahmadi, P., Farahmand, H., Kolangi Miandare, H., Mirvaghefi, A., and Hoseinifar, S. H. (2014). The Effects of Dietary Immunogen® on Innate Immune Response, Immune Related Genes Expression and Disease Resistance of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish and Shellfish Immunology*, *37*(2), 209-214. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.02.006

Yılmaz, S., and Ergün, S. (2012). Effects of Garlic and Ginger Oils on Hematological and Biochemical Variables of Sea Bass *Dicentrarchus Labrax*. Journal of Aquatic Animal Health, 24(4), 219-224.

Yılmaz, S., and Ergün, S. (2018). Trans-Cinnamic Acid Application for Rainbow Trout *(Oncorhynchus mykiss*): I. Effects on Haematological, Serum Biochemical, Non-Specific Immune and Head Kidney Gene Expression Responses. *Fish and shellfish immunology*, *78*, 140-157.

Yılmaz, S., Ergün, S., and Çelik, E. Ş. (2016). Effect of Dietary Spice Supplementations on Welfare Status of Sea Bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, *86*(1), 229-237. https://doi.org/10.1007/s40011-014-0444-2

Yılmaz, S., Ergun, S., Şanver Çelik, E., Yigit, M., and Bayizit, C. (2019). Dietary Trans-Cinnamic Acid Application for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss)*: II. Effect on Antioxidant Status, Digestive Enzyme, Blood Biochemistry and Liver Antioxidant Gene Expression Responses. *Aquaculture Nutrition,* 25(6), 1207-1217.

Yilmaz, S., Ergün, S., Yigit, M., Yilmaz, E., and Ahmadifar, E. (2020). Dietary Supplementation of Black Mulberry (Morus nigra) Syrup Improves the Growth Performance, Innate Immune Response, Antioxidant Status, Gene Expression Responses, and Disease Resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish and Shellfish Immunology,* 107, 211-217.

Yousefi, M., Shabunin, S. V., Vatnikov, Y. A., Kulikov, E. V., Adineh, H., Khademi Hamidi, M., and Hoseini, S. M. (2020). Effects of Lavender (*Lavandula angustifolia*) Extract Inclusion in Diet on Growth Performance, Innate Immunity, Immune-Related Gene Expression, and Stress Response of Common carp, (Cyprinus carpio). *Aquaculture*, *515*, 734588. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734588