



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



Yüksek Lisans Tezi

**FARKLI PERFORMANS ARTIRICILARI İLE
BESLENEN JUVENİL GÖKKUŞAĞI ALABALIĞININ
(*Oncorhynchus mykiss*) BÜYÜME VE ET KALİTESİNİN
İNCELENMESİ**

Victor Edwin KAIZA

Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Hastalıkları Anabilim Dalı

Su Ürünleri Yetiştiriciliği Programı

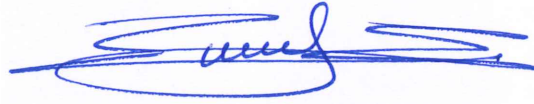
**DANIŞMAN
Prof. Dr. Mustafa YILDIZ**

Temmuz, 2020

İSTANBUL

Bu çalışma, 27.07.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

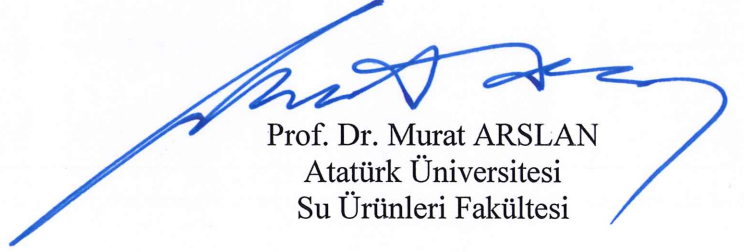
Tez Jürisi



Prof. Dr. Mustafa YILDIZ(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Su Bilimleri Fakültesi



Prof. Dr. Tülay AKAYLI
İstanbul Üniversitesi
Su Bilimleri Fakültesi



Prof. Dr. Murat ARSLAN
Atatürk Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 33281 numaraları projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu Yüksek Lisans Tezi Türkiye'nin tatlı sularında en çok miktarda yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) büyüme performansına ve et kalitesine yemlerde fosfat olarak MCP ve fitaz enzimi olarak OPTIPHOS'un kullanımının etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Ayrıca, belirtilen büyüme artırıcı maddelerin balıkların gastrointestinal kanal üzerindeki etkisini değerlendirmek için bağırsaklardaki morfolojik değişiklikleri de incelenmiştir.

Tez araştırmasının yemleme deneyleri 2019 yılının yaz aylarında İstanbul Üniversitesi - Sapanca İçsu Su Ürünleri Üretimi, Uygulama ve Araştırma Birimi'nde gerçekleştirildi. Araştırmanın yemleri ise Yozgat ili Çekerek ilçesinde bulunan özel bir alabalık çiftliğinin yem ünitesinde hazırlandı. Balıkların ve deney yemlerinin kimyasal analizleri İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Yem Analiz Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Balıkların histolojik analizleri ise tam donanımlı laboratuvara sahip özel bir kurumda gerçekleştirildi.

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde yorulmak bilmeyen çabaları için danışmanım Prof. Dr. Mustafa YILDIZ'a azami minnettarlığımı sunmak isterim. Yemleme deneylerinin gerçekleştirildiği Sapanca Birimi yönetici ve personeline de yardımları için teşekkür ederim. Ayrıca Yozgat ili Çekerek ilçesinde gökkuşağı alabalığı yetiştiricilik faaliyeti gösteren Toroslar Su Ürünleri isimli özel işletmenin sahibi ve çalışanlarına deney yemleri üretimi aşamasında gösterdikleri yardımdan dolayı şükranlarımı sunmak isterim. Araştırmada kullanılan katkı maddelerinin temininde ve balıkların sindirim sistemi histolojik analizlerinin yapılmasında gösterdiği yardımlardan dolayı Dr. Shahram Golzar ADABI'ye şükranlarımı sunuyorum. Son olarak, Yüksek Lisans eğitimini yapmak için bana Burs veren Türkiye Cumhuriyeti - YTB Burs Programına teşekkür ederim.

Bu çalışmaya yürekten olan bağlılığım beni annem Salome'ye götürüyor ve bu durum akademik mükemmelliğe ulaşmam için beni motive ediyor. Ayrıca, bu çalışmayı kardeşlerim Winston, Thabit ve Antonia'ya adadım. Son adanmışlığım ise dört yıl boyunca yokluğum ve sabrım beni bu işi tamamlamaya motive eden sevimli oğlum Adam'a gidiyor.

Temmuz, 2020

Victor Edwin KAIZA

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR.....	9
2.1. GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI YETİŞTİRİCİLİĞİ	9
2.2 AKUAKÜLTÜRDE PERFORMANS ARTIRICI OLARAK HORMON VE ANTİBİYOTİK KULLANIMI.....	12
2.2.1 Hormon uygulamaları.....	12
2.2.2 Antibiyotik uygulamaları	13
2.3 AKUAKÜLTÜRDE ALTENATİF PERFORMANS ARTIRICILARIN KULLANIMI	15
2.3.1 Fitobiyotiklerin kullanımı	15
2.3.2 Probiyotiklerin kullanımı	17
2.3.3 Organik asitlendiricilerin kullanımı	18
2.4 AKUAKÜLTÜRDE EKSOJEN ENZİMİ OLARAK FİTAZ ENZİMLERİNİN KULLANIMI.....	19
2.4.1 OPTIPHOS hakkında genel bilgiler	22
3. MALZEME VE YÖNTEM	23
3.1 MALZEME	23
3.1.1 Deney yeri ve süresi	23
3.1.2 Deneylerde kullanılan balıklar	23
3.1.3 Araştırmada kullanılan deney tankları ve su	24
3.2 YÖNTEM.....	27
3.2.1 Deney yemlerinin hazırlanması.....	27
3.2.2 Deney koşulları.....	28
3.2.3 Büyüme performansı	28
3.2.4. Ekonomik hesaplamalar	29
3.2.5 Örnek toplama	30

3.2.6 Kimyasal analizler	32
3.2.7 Histolojik analizler	38
3.3 İSTATİSTİK ANALİZİ	39
4. BULGULAR	40
4.1. DENEY TANKLARINDA KULLANILAN SUYUN FİZİKSEL VE KİMYASAL PARAMETRELERİ	40
4.2 BALIKLARIN CANLI AĞIRLIKLARI.....	40
4.3 BALIKLARIN CANLI AĞIRLIK ARTIŞLARI	42
4.4 BALIKLARIN SPESİFİK BÜYÜME ORANLARI.....	43
4.5 BALIKLARIN YEM TÜKETİMİ VE YEMDEN YARARLANMA ORANLARI.....	44
4.6 BALIKLARIN ORTALAMA BİREYSEL BOYU VE KONDÜSYON FAKTÖRÜ DEĞERLERİ	46
4.7 VİSEROSOMATİK VE HEPATOSOMATİK İNDEKS DEĞERLERİ	48
4.8 YEMLERİN EKONOMİK DEĞERLERİ	48
4.9 BALIKLARIN VÜCUDUNDAKİ BESİN MADDELERİ VE KARACİĞER YAĞI İLE KEMİK KÜLÜ VE FOSFORU ORANLARI	49
4.9 HİSTOLOJİK BULGULAR	51
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	55
KAYNAKLAR.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Dünya su ürünleri üretim miktarları (FAO, 2020).	1
Şekil 1.2 Dünyadaki balık unu ve soya unu üretiminin 2010 – 2020 yılları arasındaki trendi. .5	
Şekil 1.3 Dünyadaki balık yağı ve soya yağı üretiminin 2010 – 2020 yılları arasındaki trendi. 5	
Şekil 1.4 Dünyadaki balık yağı ve balık unu fiyatlarının 2000 - 2020 yılları arasındaki trendi. 6	
Şekil 1.5 Dünyadaki soya unu ve soya yağı fiyatlarının 2000 - 2020 yılları arasındaki trendi . 6	
Şekil 2.1 Gökkuşluğu alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum, 1792).	9
Şekil 2.2 Türkiye’de gökkuşluğu alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) üretiminin trendi	10
Şekil 2.3 Fitik asitin kimyasal yapısı.....	21
Şekil 3.1 Yemleme deneylerinde kullanılan balıklar.	23
Şekil 3.2 Araştırmada kullanılan tanklar.	24
Şekil 3.3 Araştırmada kullanılan yemler.	25
Şekil 3.4 Peletleme makinası.....	27
Şekil 3.5 Anesteziye tabi tutulan balıklar.....	30
Şekil 3.6 Balıkların canlı ağırlık tartımları.....	31
Şekil 3.7 Balıkların içorganlarının genel görünümü.	31
Şekil 3.8 Vıseral organların tartımı.	32
Şekil 3.9 Kurutma dolabı (Etüv).	33
Şekil 3.10 Yağ tayin cihazı (Soxhelet cihazı).	34
Şekil 3.11 Protein tayin sistemi.....	35
Şekil 3.12 Selüloz tayin sistemi.	35
Şekil 3. 13 Kül fırını.....	36
Şekil 3.14 Histolojik analizler için hazırlanan bağırsak örnekleri.	38
Şekil 4.1 Deney balıkların bireysel canlı ağırlığı trendi.....	41
Şekil 4.2 Deney balıklarının bireysel canlı ağırlık artışları trendi.....	43
Şekil 4.3 Deney balıklarının tüm vücudundaki besin maddeleri oranları.	51
Şekil 4.4 Deney balıklarına ait bağırsak dokularının histolojisi (L = Vilüs Boyu, W = Vilüs Çapı and K = Kript Derinliği) (PAS).	52
Şekil 4.5 Deney balıklarının vilüs boyu, vilüs kalınlığı ve kript derinliği.	53
Şekil 4.6 Deney balıklarının vilüs yüzölçümü.	54

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1 Araştırmada kullanılan yem formülasyonu.....	26
Tablo 4.1 Deney tanklarında kullanılan suyun sıcaklığı, çözülmüş oksijen ve pH değerleri ¹	40
Tablo 4.2 Balıkların bireysel canlı ağırlıkları ¹	41
Tablo 4.3 Balıklarının bireysel canlı ağırlık artışları ¹	42
Tablo 4.4 Balıkların spesifik büyüme oranları ¹	44
Tablo 4.5 Balıkların bireysel yem tüketimleri ¹	45
Tablo 4.6 Balıkların yemden yararlanma oranları ¹	46
Tablo 4.7 Balıkların ortalama bireysel boyları ¹	47
Tablo 4.8 Balıkların kondüsyon faktörü değerleri ¹	47
Tablo 4.9 Balıklarının viserosomatik indeks (VSI) ve hepatosomatik indeks (HSİ) değerleri ¹	48
Tablo 4.10 Yemlerin ekonomik değerleri ¹	49
Tablo 4.11 Balıkların tüm vücudundaki besin maddeleri miktarları, karaciğer yağı ile kemik külü ve fosforu oranları ¹	50
Tablo 4.12 Deney balıklarının bağırsak morfometrik özellikleri ¹	53

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
L	: Balığın toplam boyu
t	: Zaman (gün olarak)
kg	: kilogram
W	: Balığın ağırlığı
W1	: Periyot başındaki canlı ağırlık değeri
W2	: Periyot sonundaki canlı ağırlık değeri
Wf	: Deney sonundaki bireysel canlı ağırlık
Wi	: Deney başındaki bireysel canlı ağırlık

Kısaltmalar	Açıklama
AEM	: Azotsuz ekstrakt maddeler
EDO	: Ekonomik dönüşüm oranı
EKİ	: Ekonomik karlılık oranı
FTU	: Fitaz ünitesi (<i>'Phytase unit'</i>)
HSİ	: Hepatosomatik indeksi
KF	: Kondüsyon faktörü
MCP	: Monokasyum fosfat
MOE	: Metabolize olabilir enerji
OTU	: Bir fitaz ünitesi (<i>'One Phytase Unit'</i>)
SBO	: Spesifik büyüme oranı
DDGS	: Distile edilerek kurutulmuş tahıl (<i>'Distiller dried grain with solubles'</i>)
VB/KD	: Vilüs boyu kript derinliğine oranı
VSİ	: Viserosomatik indeksi
YYO	: Yemden yararlanma oranı

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI PERFORMANS ARTIRICILARI İLE BESLENEN JUVENİL GÖKKUŞAĞI ALABALIĞININ (*Oncorhynchus mykiss*) BÜYÜME VE ET KALİTESİNİN İNCELENMESİ

Victor Edwin KAIZA

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Hastalıkları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa YILDIZ

Bu araştırmada, yemlere ilave edilen Monokalsiyum Fosfat (MCP) ve fitaz enzimi olarak OPTIPHOS'un gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) büyüme performansına ve et kalitesine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, belirtilen yemlerin balıkların bağırsak histolojisi üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Yemleme deneyi, 02 Temmuz-28 Eylül 2019 tarihleri arasında 90 gün süresince 750 juvenil gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, $32,57 \pm 0,36$ g ve $13,67 \pm 0,66$ cm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Beş izo-nitrojenik (yaklaşık %48 ham protein) ve izo-lipidik (yaklaşık %16 lipit) yem hazırlandı. Pozitif Kontrol (PC) yeminde 21g/kg yem oranında MCP kullanılmış, ancak enzim kullanılmamıştır. Negatif Kontrol (NC) yeminde ise hem MCP hem de enzim kullanılmamıştır. Diğer deney yemlerinde ise sırasıyla 0,15g/kg yem (NC750 OPTI), 0,30g/kg yem (NC1500 OPTI) ve 0,60g/kg yem (NC3000 OPTI) oranlarında fitaz enzimi olarak OPTIPHOS® kullanılmıştır.

Farklı düzeylerde MCP ve OPTIPHOS içeren yemlerle beslenen balıkların yem tüketiminde ve büyüme performansında önemli gelişmeler kaydedilmiştir ($P<0,05$). Ayrıca bu yemlerle beslenen balıklarda yem dönüşüm oranında, vissero-somatik indeks (VSI) ve hepato-somatik indeks (HSİ) değerlerinde anlamlı olarak düşüş olmuştur ($P<0,05$).

Ekonomik olarak, yapılan hesaplamalarında formüle edilen yemlerin kg fiyatı 7.168-7.242 TL değerleri arasında değişmiştir, Bu nedenle ekonomik dönüşüm oranı (EDO) MCP ve

OPTIPHOS ilaveli yemlerde önemli ölçüde azalmıştır ($P<0,05$). MCP ve OPTIPHOS ilaveli grupların ekonomik kâr indeksi (EKİ) de önemli ölçüde iyileşmiştir ($P<0,05$).

OPTIPHOS ilave edilen yemlerle beslenen balıkların tüm vücut kuru madde oranı önemli düzeyde artmıştır. MCP ve OPTIPHOS ile beslenen balıklarda tüm vücut ham protein, lipid, ham kül, karaciğer yağı, kemik külü ve kemik fosforu oranları önemli düzeyde iyileşme göstermiştir ($P<0,05$).

MCP ve OPTIPHOS ilave edilen yemlerle beslenen balıkların bağırsak mukozasının genel morfolojisinde herhangi bir histopatolojik değişim görülmemiştir. Bununla birlikte morfometrik özelliklerde önemli düzeyde gelişmeler kaydedildi ($P<0,05$). Yemlerdeki MCP ve OPTIPHOS düzeyleri vilüs uzunluğunu önemli ölçüde iyileştirmiş, kript derinliğini azaltmış, vilüs uzunluğunun kript oranını iyileştirmiş ve vilüs yüzey alanını arttırmıştır ($P<0,05$).

Sonuç olarak, yemlerin fosfor içeriğini iyileştirmek için MCP ilaveleri ve fitat ve fitik asidin parçalanması yoluyla fosfor içeriğini iyileştirmek için OPTIPHOS'un kullanımının gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinde karlılığı pozitif yönde etkileyen bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Deney yemlerinin balıklar üzerindeki etkilerinin tamamı bir arada değerlendirildiğinde NC750 OPTI diyetinin juvenil gökkuşağı alabalıkları için en iyi etkiye sahip olduğunu ifade etmek mümkündür.

Anahtar kelimeler: Gökkuşağı alabalığı, beslenme, monokalsiyum fosfat, fitaz, büyüme, et kalitesi, histoloji.

Temmuz 2020, 78 sayfa

SUMMARY

M.SC. THESIS

INVESTIGATION OF GROWTH AND FLESH QUALITY OF JUVENILE RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) FED WITH DIFFERENT PERFORMANCE PROMOTERS

Victor Edwin KAIZA

Istanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Aquaculture and Fish Diseases

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa YILDIZ

This research gives account to the effect of different growth promoters namely Monocalcium Phosphate (MCP) and OPTIPHOS as phytase enzyme to the growth performance, whole-body nutrient composition of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). The effects of histological changes in the fish intestine were also investigated. Feeding trial used 750 juvenile rainbow trout fish (*Oncorhynchus mykiss*, $32,57 \pm 0,36$ g and $13,67 \pm 0,66$ cm) for 90 days from 02 July to 28 September 2019. Five iso-nitrogenous (48% crude protein) and iso-lipidic (16% crude lipid) diets were prepared. Positive control (PC) diet was mixed with 21g/kg MCP without the addition of enzymes. Negative control (NC) diet contained neither MCP nor enzyme. Other diets were mixed with OPTIPHOS® as phytase enzyme at the ratios 0,15g/kg feed (NC750 OPTI), 0,30g/kg feed (NC1500 OPTI) and 0,60g/kg feed (NC3000 OPTI) accordingly.

Fish fed with different levels of MCP and OPTIPHOS showed significant improvements in feed consumption and growth performance ($P < 0.05$). Moreover, feed conversion ratio, viscero-somatic index, and hepato-somatic index were significantly decreased by these supplementations ($P < 0.05$). Economically, calculated price of formulated feeds per kilogram for feeding trials ranged 7.168 – 7,242 TL, consequently, the economic conversion ratio

(ECR) was significantly reduced by MCP and OPTIPHOS supplementations ($P < 0.05$). Economic profit index of fish (EPI) was also significantly improved with MCP and OPTIPHOS supplementations ($P < 0.05$). Fish fed with MCP and OPTIPHOS showed significant improvement in whole-body crude protein, crude lipid, ash, liver lipid content, bone ash content and bone phosphorous contents ($P < 0.05$).

Supplementation of MCP and OPTIPHOS enzymes in fish did not alter the general histopathological morphology of intestinal mucosa, however, the morphometric attributes were significantly improved ($P < 0.05$). MCP and OPTIPHOS doses significantly improved the villus length, decreased crypt depth, improved villus length to crypt ratio and increased villus surface area ($P < 0.05$).

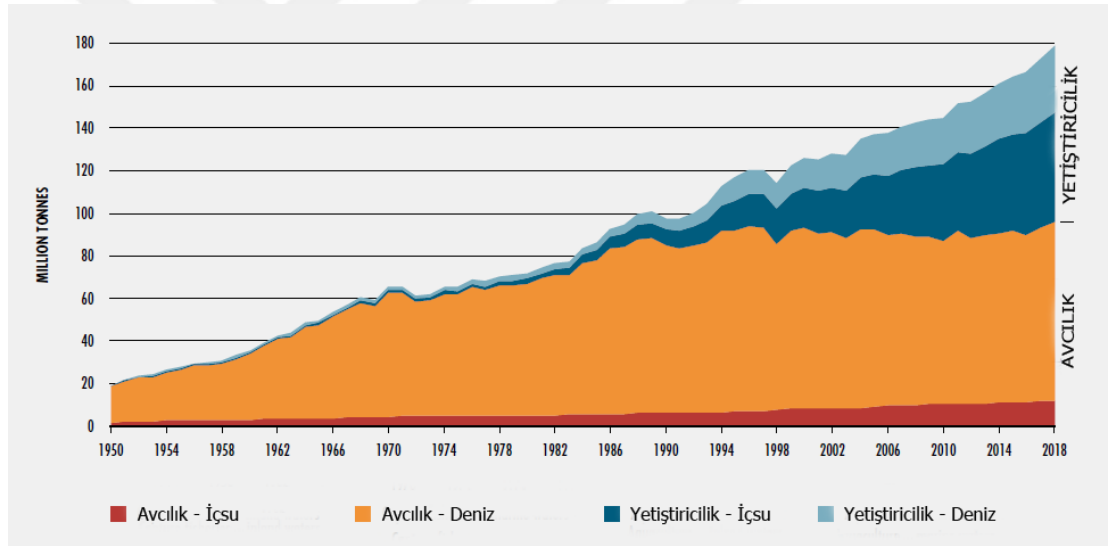
Conclusively, the supplementations of MCP to improve the phosphorous content in feeds and OPTIPHOS to improve phosphorous content through degradation of phytate and phytic acid have positive potential to fish productivity and to the profitability of rainbow trout aquaculture. Whereby, effects of experimental feeds to the fish been considered, 750 OTUkg⁻¹ OPTIPHOS is the most effective dose for juvenile rainbow trout.

Keywords: Rainbow trout, nutrition, monocalcium phosphate, phytase, growth, flesh quality, histology.

July 2020, 78 pages

1. GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliğinde, dünyadaki güncel liderin Çin olduğu ve bu ülkenin küresel balık üretiminin yaklaşık %60'ını gerçekleştirdiği bilinmektedir. Çin'den sonra Hindistan, Vietnam, Bangladeş ve Mısır akuakültürde en hızlı büyüyen diğer ülkelerdir. Akuakültür üretimi ile ilgili FAO'nun 2018 yılında sunduğu veriler Şekil 1'de verilmiştir (FAO, 2020a). Ancak 2020 yılında FAO'nun verilerine göre dünyadaki toplam su ürünleri üretiminin yaklaşık olarak 178,5 milyon ton olduğu ve bu üretimin %45'inin (82,1 milyon ton) yetiştiricilik yoluyla elde edildiği rapor edilmiştir (FAO, 2020a). Su Ürünleri yetiştiriciliğinde ekonomik değeri yüksek ve insanlar tarafından tüketilen balık türlerinin üretimi gerçekleştirildiği için başarılı bir faaliyet olarak kabul edilmektedir (Eangle, 2010; Yıldız ve diğ., 2018; FAO, 2020a).



Şekil 1.1 Dünya su ürünleri üretim miktarları (FAO, 2020).

Günümüzde küresel su ürünleri stokları aşırı avcılıktan dolayı neredeyse %50 oranında tüketilmiştir (Chakraborty ve diğ., 2014; FAO, 2020a). Bununla birlikte, su ekosistemlerinde kirlilik, antropojenik faaliyetler ve iklim değişikliğinden dolayı da habitat kayıpları oluşmaktadır (Ye ve diğ., 2013). İklim değişikliği, çeşitli su ürünleri stoklarının üretimini ve dağılımını doğrudan etkileyen sucul ekosistemlerdeki abiyotik faktörlerdeki değişiklikleri etkiler. Su sıcaklığı dalgalanmaları, termal tabaka oluşumu, rüzgar yönü ve yoğunluğu, deniz buzunu ve okyanuslardaki çözünmüş karbondioksit konsantrasyonunun artışı önemli derecede küresel su ürünleri stokunu etkileyen başlıca abiyotik faktörlerdir (Rijnsdorp ve diğ., 2009;

Brander, 2010; Barbraud ve diğ., 2012; Lam ve diğ., 2012). Böylece su ürünleri avcılığının azaldığı alanlarda çözüm üretmek amacıyla su ürünleri yetiştiriciliğinin en sürdürülebilir yanıt olduğu kanıtlanmıştır. Günümüzde su ürünleri üretimi, gıda dışı kullanımlar da dahil olmak üzere küresel balık üretiminin yaklaşık olarak %54'ünü oluşturmaktadır. Dünya içsu balıkları yetiştiriciliği ise güncel balık üretiminin yaklaşık olarak %65'ini oluşturmaktadır. Akuakültür, 2014 yılından bu yana avcılığa göre insanların tüketimine daha fazla katkı sağlamaktadır. (FAO, 2020a).

Yem ve yemleme, başarılı bir akuakültür girişimi için çok önemlidir. Çünkü kültür türlerinin sürdürülebilir su ürünleri uygulamalarında optimum büyüme ve yaşam oranlarına ulaşmaları, tamamen yapılan besleme başarılarına bağlı olarak değişmektedir (Kumar ve diğ., 2014; Ajiboye ve diğ., 2015; Kaur ve Shah, 2017).

Akuakültürde, yetiştiricilik yöntemine göre işletme giderlerinin yaklaşık olarak %50-70'ini tek başına yemler oluşturmaktadır. Ekonomik olarak akuakültür işletmelerini sürdürülebilir hale getirmek için yem ve yemleme maliyetlerini ayarlamak amacıyla farklı müdahaleler yapılır. Küçük ölçekli ve ticari olarak balık yetiştiren büyük üreticiler tarafından yem ve yemlemeyi azaltmak için uygulanan çeşitli yaklaşımlar vardır. Örneğin; yemlerde protein kaynağı olarak balık unu ve enerji kaynağı olarak balık yağı yerine bitkisel protein ve yağ kaynakları kullanılmaktadır (Güler ve Yıldız, 2011; Thanuthong ve diğ., 2011; Sharda ve diğ., 2017; Gasco ve diğ., 2018; Yürüten ve Yıldız, 2019). Yapılan diğer uygulamalar arasında canlı yem ilavesi (mikro algler) (Hemaiswarya ve diğ., 2011; Shah ve diğ., 2017), hayvan dışı (eksojen enzim) proteaz ve fitaz gibi sindirim enzimlerinin kullanımı (Debnath ve diğ., 2005; Cao ve diğ., 2007; Dalsgaard ve diğ., 2012; Rodrigues ve diğ., 2018), profilaktik ve büyüme artırıcı olarak androjenik hormonlar ve antibiyotiklerin kullanımı da (Sanchez-Martinez ve diğer., 2009; Mlaila ve diğer., 2014; Hoga ve diğ., 2018) bulunmaktadır. Kültür balıklarında androjenler, östrojen hormonları ve antibiyotikler hızlı büyümeyi teşvik etmek amacıyla kullanılır (Khalil ve diğ., 2011; Hoga ve diğ., 2018).

Akuakültürde, antibiyotikler ortaya çıkan bakteriyel hastalık salgınlarını kontrol etmek ve önlemek için terapötik ve profilaktik olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte antibiyotikler kültür balıklarının büyümelerinin hızlandırılmasında da önemli bir etki göstermiştir. Bu

nedenle balık yetiştiriciliğinde büyüme artırıcı olarak kullanılmaya başlanmıştır (Romeo ve diğ., 2012; Reda ve diğ., 2013).

Bununla birlikte, büyüme artırıcı olarak aşırı ve uzun süreli antibiyotik kullanımı, balıklarda bağışıklık yanıtının baskılanmasına, nefrotoksisiteye, karaciğer hasarına neden olmasının yanında balık dokularında ve balık ürünlerinde antibiyotik birikimine neden olmak gibi olumsuz durumlara yol açmıştır. Balık vücudunda birikmiş antibiyotikler insan sağlığına zararlı toksik etkilere neden olabilmektedir. Sudaki antibiyotik kalıntıları da bakterilerin bu ilaca karşı direnç oluşturmalarına neden olmaktadır (Sarmanidou ve Evaggelopoulou, 2007; Reda ve diğ., 2013). Antibiyotiklerin aşırı kullanımının su ürünleri yetiştiriciliği açısından terapötik ve büyüme artırıcı olarak olumsuz etkilerinin görülmesinden dolayı birçok ülke tarafından yasaklanmıştır. Ancak, antibiyotiklerle tedavi edilen ve androjenik hormonlara maruz kalan balıklar Avrupa Birliği, Türkiye ve Tanzanya dahil olmak üzere farklı ülkelerde kabul görmemektedir (Citarasu, 2009; Lee ve Gao, 2012; Megbowon ve Mojekwu, 2014).

Akuakültürde balıkların büyümelerini sürdürebilmek için balık yemleri gerekli hammaddelerin tamamını içermelidir. Balık yeminin hammaddeleri temin edilebilir olmalı, tüketilebilir özellikte olmalı ve balıklar tarafından daha yüksek düzeyde kullanılabilen besin maddelerine sahip olmalıdır (Bhosale ve diğ., 2010; Cipriano ve diğ., 2016). Ayrıca kullanılan yem hammaddeleri esansiyel amino asitleri ve esansiyel yağ asitlerini, vitamin ve mineralleri, düşük düzeye sahip ham selülozü ve düşük konsantrasyonlu antibesinsel faktörler içeren ve böylece balıkların büyümelerini destekleyen özelliklere sahip olmalıdır (Wilson ve Slinger, 1981; Pennell ve Balton 1996; NFC, 2011) Günümüzde akuakültür yemlerinde, yiyecek artıkları, mikrobiyal besinler, böcekler , makroalgler ve bitkisel kaynaklar gibi çok sayıda yem hammaddeleri kullanılmaktadır (Hua ve diğ., 2019).

Akuakültür yemlerinde, birçok bitkisel ve hayvansal ürünler kullanılmaktadır..Balık yemlerinde tavuk, et yada balık atıkları da yem hammaddeleri olarak kullanılmaktadır (El-Sayed, 1994; Bake ve diğ., 2009; Mo ve diğ., 2018). Ancak, bu yem maddeleri yüksek oranda nem ve patojenik mikrobiyal içerdiğinden dolayı hızlı bir şekilde bozulabilirler. Böylece, bunlar yem hammaddesi olarak daha az tercih edilmektedirler (Mo ve diğ., 2018). Su ürünleri yetiştiriciliğinde, hayvansal protein kaynağı olarak böceklerden yararlanıldığı bilinmektedir (Barroso ve diğ., 2014; Tran ve diğ., 2015). Yapılan bir araştırmada (Henry ve diğ., 2015),

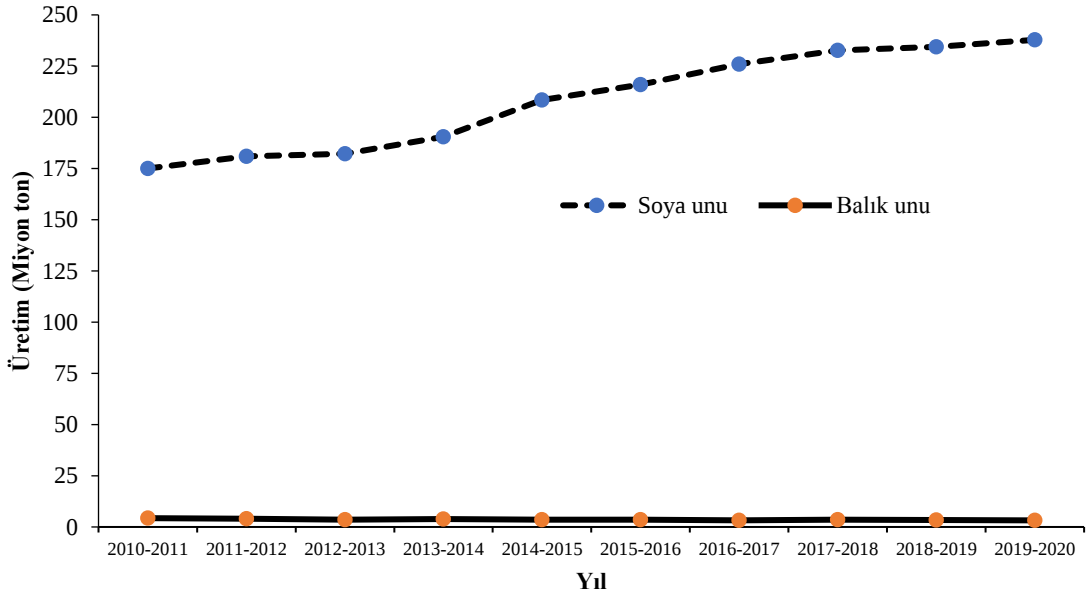
protein kaynağı olarak kullanılan sinek (*Muscidae* familyası) unundaki amino asit profilinin balık unundaki amino asit profiline benzediği, ancak sinek ununun PUFA'lar bakımından fakir olduğu rapor edilmiştir. Sürdürülebilir akuakültürde, balık yeminin hammaddesi olarak böcek unu kullanımının dezavantajları olarak böceklerin besin maddeleri profilinin üretimlerinde kullanılan besleyicilerden etkilendiği, temin edilmelerinde sürdürülebilirliğin düşük olduğu ve üretim maliyetlerinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Arru ve diğ., 2019).

Mikrobiyal yemler, kültür ortamı, hasat sonrası işlemler ve büyüme koşullarına uygulanan manipulasyonlar ile besin maddelerinin profili ayarlanabilen bakteri, maya ve mikroalgleri kapsamaktadır (Gamboa-Delgado ve Márquez-Reyes, 2018). Yapılmış bazı araştırmalar (Vizcaíno ve diğ., 2014; Kissinger ve diğ., 2016; Sarker ve diğ., 2018), balık yemlerinde balık ununun tamamı yerine mikroalg kullanılması yararlı olduğunu göstermiştir. Balık larvalarının gelişimi için mikroalg kullanımın ön koşul olduğu bilinmektedir. Ancak akuakültürde, ekonomik bakımından balık ununa alternatif olarak ticari ölçekte mikroalg üretiminin mümkün olmadığı bilinmektedir. Mikroalg üretim maliyetinin soya unu ve balık unu üretiminden daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, mikroalglerin sınırlı üretimi bulunmaktadır (Ugoala ve diğ., 2012).

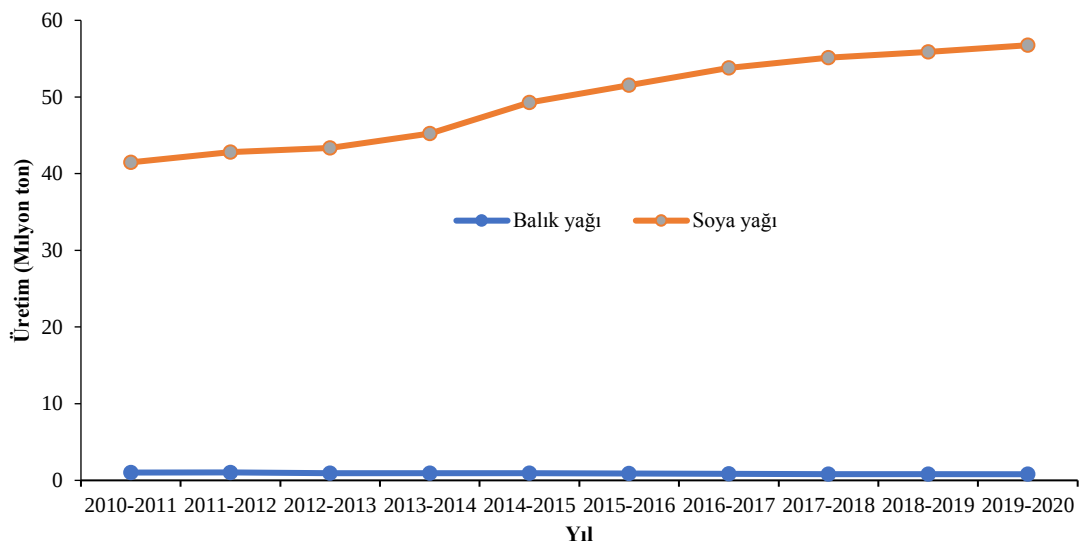
Makroalgler, N ve P biriktirerek yararlı proteinleri sentezlediğinden balık yemi hammaddesi olarak yada biyoremediator işleminde kullanılmaktadır (Nielsen ve diğ., 2012; FAO, 2018b). Mikroalglerin ham protein içeriğinin %10-%30 oranları arasında değiştiği ve balıklar için gerekli olan esansiyel amino asit profiline sahip olduğu görülmüştür (Angell ve diğ., 2016). Makroalglerin yüksek miktarda kompleks polisakkarit içermeleri nedeniyle karnivor balık diyetlerinde ana protein kaynağı olarak kullanılmamaktadır (Wells ve diğ., 2017).

Balık unu, kültür balıklarının esansiyel aminoasit ihtiyaçlarını yeterli ve dengeli miktarda içermesinden dolayı balık yemleri için önemli bir yem maddesi olduğu kanıtlanmıştır (Jackson, 2006; Miles ve Chapman, 2006; Tacon ve Metian, 2008; Rahman ve diğ., 2016). Ancak, dünyadaki akuakültür üretimi artarken balık unu ve balık yağı üretimi sabit kalmakta yada azalmaktadır (FAO, 2018). Günümüzde, küresel balık unu üretimi ortalaması 5 milyon ton civarında iken balık yağı üretimi 1 milyon tondan daha az bir düzeydedir (Şekil 1.2 ve Şekil 1.3) (SEAFISH, 2018) ve bu üretim miktarlarına bağlı olarak ticari fiyatları da artış göstermektedir (Şekil 1.4). Oysa yüksek protein değerine sahip ve balık yemlerinde balık unundan sonra bitkisel protein kaynağı olarak çoğunlukta kullanılan soya ununun küresel

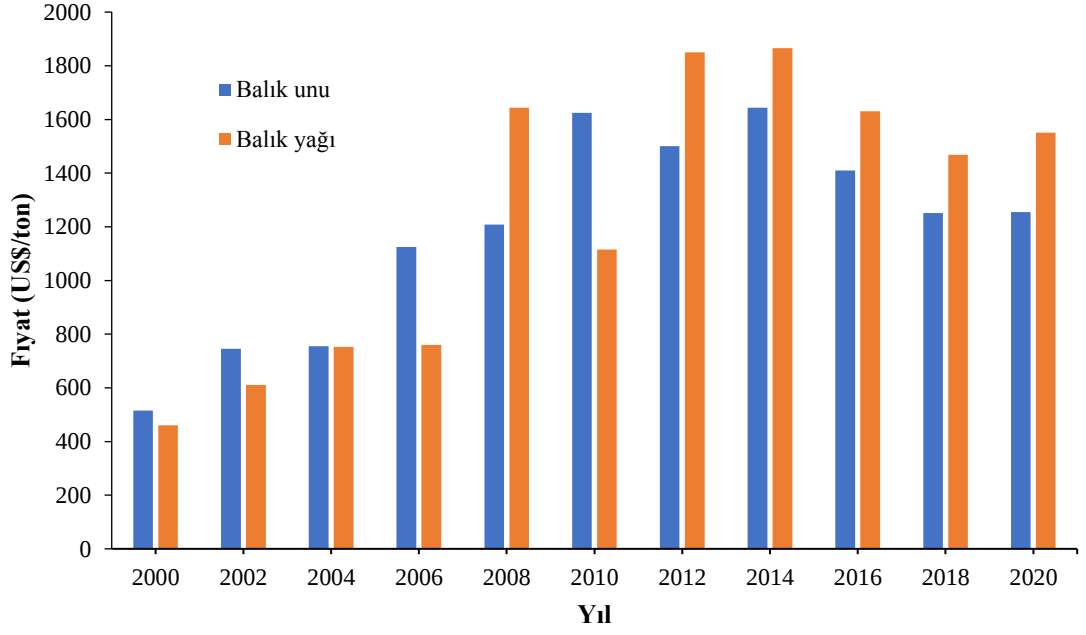
üretimi artmaktadır (Şekil 1.2) (Al-Kenawy ve diğ., 2008; FAO, 2018, SOPA, 2020b). Aynı şekilde soya yağı üretimi de artış göstermekte (Şekil 1.3) (FAO, 2018, SOPA, 2020b) ve bu üretim miktarlarına bağlı olarak ticari fiyatlarında değişkenlikler olmakla birlikte balık unu ve yağına göre fiyatlar daha stabil kalmaktadırlar (Şekil 1.5).



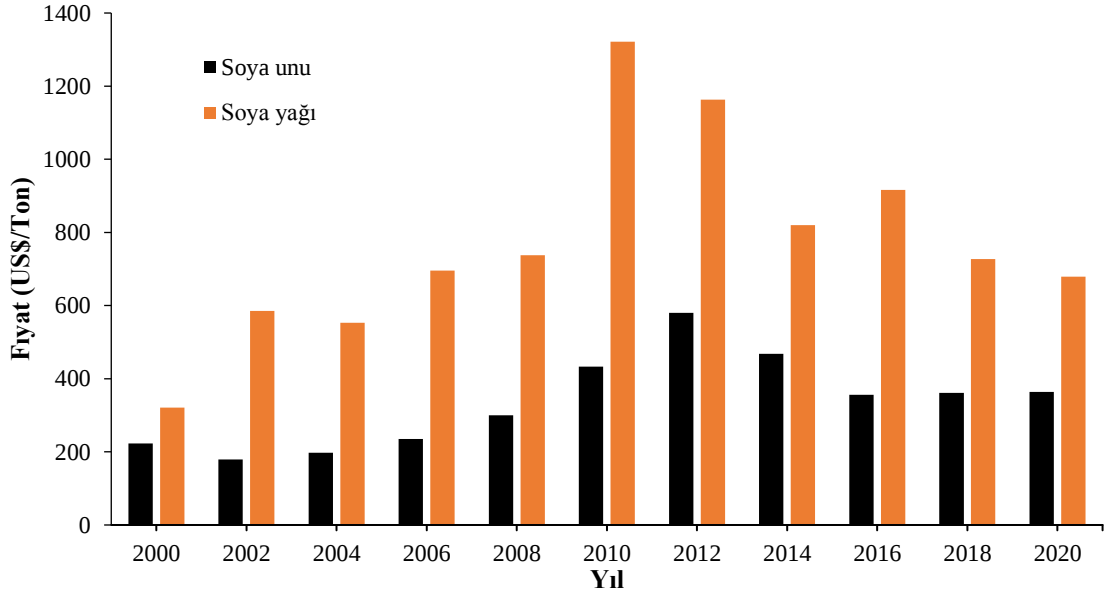
Şekil 1.2 Dünyadaki balık unu ve soya unu üretiminin 2010 – 2020 yılları arasındaki trendi (FAO, 2018, SOPA, 2020a).



Şekil 1.3 Dünyadaki balık yağı ve soya yağı üretiminin 2010 – 2020 yılları arasındaki trendi (FAO, 2018, SOPA, 2020b).



Şekil 1.4 Dünyadaki balık yağı ve balık unu fiyatlarının 2000 - 2020 yılları arasındaki trendi (OECD/FAO, 2018).



Şekil 1.5 Dünyadaki soya unu ve soya yağı fiyatlarının 2000 - 2020 yılları arasındaki trendi (OECD/FAO, 2018).

Balık yemlerinde, balık unu ve balık yağı yerine tamamen ya da kısmen kullanılabilecek bitkisel hammaddeler ile ilgili araştırmalar yoğun bir şekilde yapılmaya devam etmektedir (Soares ve diğ., 2015; Cipriano ve diğ., 2016; Al-Ghanim ve diğ., 2017; Gasco ve diğ., 2018; Yıldız ve diğ., 2018; Abbasi ve diğ., 2020). Ancak, balık yemlerinde balık unu yada balık yağı yerine tamamen bitkisel protein veya yağ kaynakları kullanılması sonucunda karnivor balıkların büyüme performansının ve et kalitesinin olumsuz bir şekilde etkilendiği de görülmüştür (Panserat ve diğ., 2009; Olivia-teres ve diğ., 2015; Yıldız ve diğ., 2018). Yapılan araştırmalarda, yüksek oranda protein içeren bitkisel yem maddelerinin temin edilebilirliğinin daha kolay olması nedeniyle balık ununa alternatif hammaddeler olduğu rapor edilmiştir. Belirtilen bitkisel protein kaynakları arasında çoğunlukla pamuk tohumu, kanola tohumu, ayçiçek tohumu, soya unu, mısır unu, buğday unu ve işlenmiş olan bitkisel protein kaynaklarından mısır ve buğday gluteni bulunmaktadır. Ancak, bazı bitkisel protein kaynaklarının balık dahil olmak üzere monogastrik hayvanlar tarafından kullanılabilirliğini olumsuz olarak etkileyen anti-besinsel faktörleri önemli ölçüde içerdiği bilinmektedir (Cao ve diğ., 2007; Ebrahimi-Mahmoudabad ve Taghinejad-Roudbaneh, 2011; Adeyemo ve Onilude, 2013). Bu anti-besinsel faktörler arasında çoğunlukta proteaz inhibitörleri, glukozinolatlar, gossipol ve fitik asit bulunmaktadır. Fitik asit bitki dokularında çoğunlukta bulunan ve ısıya karşı dayanıklı bir anti-besinsel faktördür (Morales ve diğ., 2016). Bu nedenle, yem hammaddelerindeki fitik asitin inhibe edilmesi kültür balıklarının protein dahil olmak üzere tüm besin maddelerinden yararlanabilmesini artıracaktır. Bu amaç için yem üretim teknolojisinde hammaddelerin bazı ışınlara maruz bırakılması, fermentasyon ve eksojen enzimlerinin uygulanması gibi farklı metotlar kullanılabilmektedir (Ebrahimi-Mahmoudabad ve Taghinejad-Roudbaneh, 2011; Adeyemo ve Onilude, 2013).

Ayrıca balıkların bitkisel protein kaynaklarından daha iyi yararlanabilmesi için bazı büyüme artırıcı maddeler kullanılmaktadır. Bunlar arasında fitobiyotikler, probiyotikler, organik asitlendiriciler ve eksojen enzimler bulunmaktadır (Gao ve diğ., 2010; Oelschlaeger, 2010; Pandey ve diğ., 2012; Romeo ve diğ., 2012; Verlhac-Trichet ve diğ., 2014; Kaur ve Shah, 2017). Performans arttırıcılar olarak antibiyotik ve büyüme hormonları yerine eksojen enzimler dahil organik performans arttırıcıların kullanılması sürdürülebilir alternatif bir çözüm olduğu bilinmektedir. Çünkü çoğu aday performans artırıcı ucuz, temini kolay, çevre dostu, balıklara ve insanlara olumsuz etkileri bulunmamaktadır (Direkbusarakom, 2004; Citarasu, 2010; Lee ve Gao 2012). Balık yetiştiriciliğinde fitaz enzimin uygulanması ile ilgili

alışmalar incelendiğinde, farklı oranlarının balıklardaki somatik büyüme, genetik, fizyolojik ve histolojik yapılarına olan etkisine ilişkin hala yetersiz bilgi bulunmaktadır (Cao ve diğ., 2007; Dalsgaard ve diğ., 2011).

Bu Yüksek Lisans Tez araştırmasının amacı, juvenil gökkuşuğı alabalığı yemlerinde fosfor kaynağı olarak Monokalsiyum Fosfat (MCP) ve fitaz enzimi olarak OPTIPHOS® enziminin farklı oranlarda kullanılmasıyla balıkların bitkisel protein kaynaklarını nasıl kullanabildiğini, buna bağılı olarak balıkların büyüme performansını, et kalitesini, sindirim sistemi histolojisini, yem kullanımı ve balıkların pazar büyüklüğüne ulaşma maliyetlerini nasıl etkilediğini saptamaktır.



2. GENEL KISIMLAR

2.1. GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI YETİŞTİRİCİLİĞİ

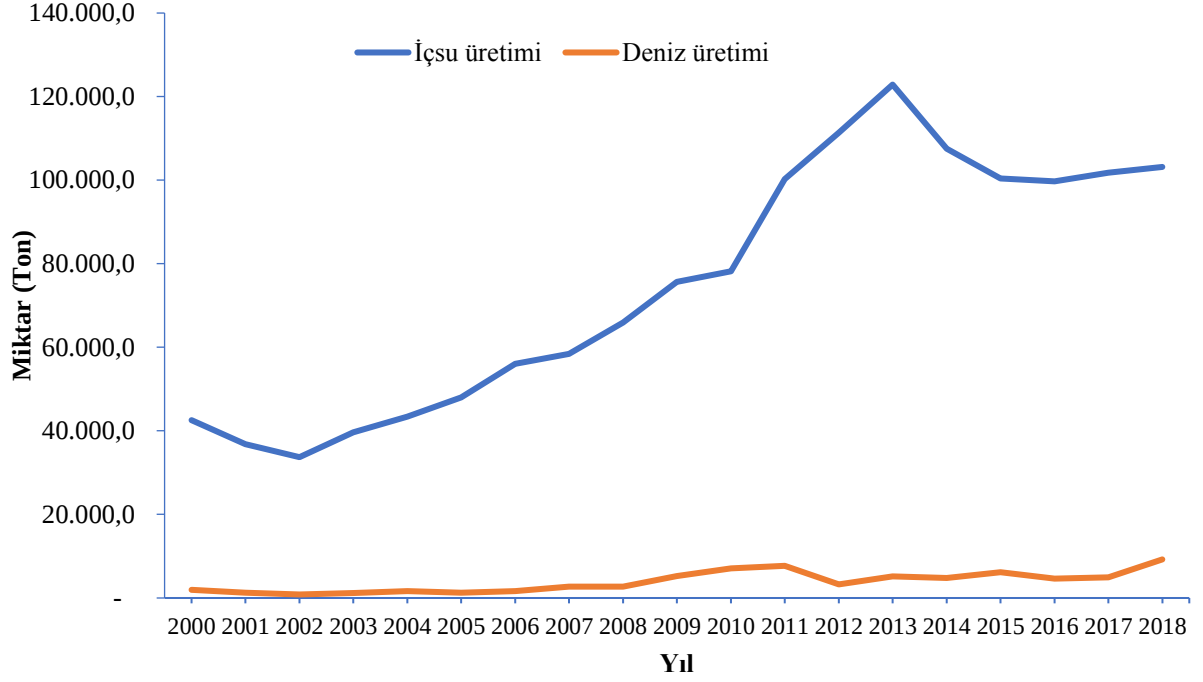
Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) dünyada en çok yetiştirilen bir soğuk su balığıdır. Bu balık, Kuzey Amerika'nın batısındaki soğuk nehirlerle özgüdür. İlk olarak 1880'li ve 1900'li yıllarda Kaliforniya'daki McCloud Nehri'nin çeşitli yumurtlama alanlarından toplanan gökkuşığı alabalığı yumurtaları stoklama ve kültür amacıyla Avrupa ülkelerine taşınmıştır (Pillay ve Kutty, 2005; Çağıltay, 2007; Janssen ve diğ., 2015). Gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği, modern su ürünleri yetiştiriciliğinin babası olarak kabul edilmektedir. Çünkü Avrupa'nın farklı bölgelerinde çok önceleri bir kaç kuluçkahane kurulmuştur. Stephan Ludwig Jacobi tarafından Almanya'da 1741 yılında ilk güvenilir alabalık kuluçkahanesi olarak tarihe geçmiştir (Wilton ve Slinger, 1982). İskoçya'daki Howietown Balıkçılık Kuluçkahane'si ithal alabalıklardan gökkuşığı alabalığı yavrularını yapay yöntemler aracılığıyla 1890'lı yıllarda üreten ilk Avrupa kuluçkahanelerinden biri olmuştur (Janssen ve diğ., 2015).



Şekil 2.1 Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792).

Günümüzde, küresel gökkuşığı alabalığı üretimi yaklaşık olarak 848 bin tondur. İran, Türkiye, Şili, Norveç ve Peru bu türün üretiminin üçte ikisini gerçekleştirmektedir (FAO, 2020). Türkiye'de gökkuşığı alabalığı üretimi toplam üretimin yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır (TÜİK, 2019). Tanzanya gibi gelişmekte olan tropik ülkelerin soğuk kuzey

yaylalarında da gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği bir kaç üretici tarafından yapılmaktadır (MALF, 2016). Son yıllarda dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye’de de bilimsel olarak gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği devam etmektedir.



Şekil 2.2 Türkiye’de gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üretiminin trendi (TÜİK, 2019; FAO, 2020b)

Gökkuşağı alabalığı *Salmonidae* familyasına ait olan soğuk su diadrom aerodinamik bir balık türüdür. Bununla birlikte, bu balık adipoz yüzgece, çatal kuyruklu yüzgece, dorsal siyah benekli ve sikloit pullu deriye ve gökkuşağına benzer yanıl çizgiye sahiptir (Pennell ve Balton, 1996; Çağıltay, 2007). Genel olarak, gökkuşağı alabalığı doğal yaşam ortamlarında çeşitli sayıda solucanlar, böcekler, su salyangozları ve diğer yumuşakçalar, kendilerinden küçük olan larva ve juvenil balıklar ile beslenen agresif karnivor bir türdür (Woynarovich ve diğ., 2011). Yetişkin balıkların ortalama ağırlığı 2–3 kg arasındayken doğal ortamlarda erkek ve dişi balıkların cinsel olgunlaşma yaşları sırasıyla 3–4 yıl ve 2–3 yıldır. Olgunlaşmış dişi balıklarda fekondite 1.600–3.000 yumurta/kg arasındadır. Bununla beraber, gökkuşağı alabalığı güz ya da bahar mevsiminde yumurtlayabilen farklı varyeteleri de bulunmaktadır. Bu balığın üreme alışkanlığı ve cinsel olgunlaşması kısa günışığı, su sıcaklığının düşmesi ve

sudaki çözünmüş oksijen değerinin yükselmesi tarafından çoğunlukta etkilenir (Hoitsy ve diğ., 2012; Özgür ve Bayır, 2013).

Gökkuşığı alabalığı üretimi yarı kontrollü ya da tam kontrollü ortamlarda yapılmaktadır. Bu balığın yetiştiriciliğinde kullanılan uygun altyapılar toprak havuzu, tanklar ve kanal şeklindeki havuzlardır. Ancak, gökkuşığı alabalığı için yüksek oksijenli su akışını sağlayabilen sistemler öncelikle tercih edilmektedir (Woynarovich ve diğ., 2011; Colson ve diğ., 2015).

Akuakültürde, optimal büyümeyi teşvik etmek amacıyla su sıcaklığı en önemli faktördür. Çünkü, su sıcaklığı balıkların yem alımını doğrudan etkilemektedir. Embriyo ve larvalar için optimum su sıcaklığı 6-12° C değerleri arasında ve yetişkin balıklar için ise 7-18° C değerleri arasında olması gerekir. Gökkuşığı alabalığı sudaki pH değerlerindeki değişikliklere karşı dayanıklıdır. Larvalar için optimal pH 6.5–8 değerleri arasında ve yetişkin balıklar için 6-8.5 değerleri arasında olması gerekir. Bu balığın optimal büyüme hızı için suda çözülmüş oksijen düzeyi oldukça önemlidir. Embriyo ve larva için çözülmüş oksijen düzeyi 6-11 mg/litre değerleri arasında ve juvenil balıklar için minimum düzey 6 mg/litre olması gerekir. (Pennell ve Balton, 1996; Çağıltay, 2007; Woynarovich ve diğ., 2011).

Karabulut ve diğ. (2017)'e göre gökkusağı alabalığı yetiştiriciliğinde başlıca engelleyici faktörler olarak gösterilen etkenler yem maliyetleri ve hastalık durumları olarak belirtilmiştir. Böylece, gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinde kar marjını arttırmak amacıyla farklı performans arttırıcılar, profilaktik ürünler ve enzimlerin kullanılması önerilmektedir.

2.2 AKUAKÜLTÜRDE PERFORMANS ARTIRICI OLARAK HORMON VE ANTİBİYOTİK KULLANIMI

2.2.1 Hormon uygulamaları

İlk hormonal uygulamalar 1954 yılında büyük baş hayvan yetiştiriciliğinde büyüme arttırıcı olarak başlamıştır. Yapılan araştırmalar sayesinde hayvanlarda yem kullanım oranı ile üretim verimliliği artmıştır. Bu amaçla yetiştiriciler dietilstilbestrol içeren farklı doğal ve sentezlenmiş androjen hormonları kullanmışlardır. Bununla birlikte, 1970'li yıllarda dietilstilbestrol'un kanserojen özelliklerini ortaya koyan farklı araştırmaların sonuçları sonrasında büyüme hormonu olarak kullanımı tamamen yasaklanmıştır (Biswas ve diğ., 2013; Mlaila ve diğ., 2014).

Androjenik steroidlerin anabolizmayı destekleme ve somatik büyümeyi etkileme potansiyelinin kültür balıklarının verimliliğinin artırılmasında da yararlı olduğu kanıtlanmıştır (Yamazaki, 1983; Davis ve diğerler 2009; Pandey ve diğ., 2012; Ajiboye ve diğ. 2015). Primer steroid hormonları; östrojen, östradiol, progesteron, testosteron ve kortizol gibi doğal olarak ekstrakte edilen formları kapsamaktadır (Mlaila ve diğ., 2014). Bu nedenle, androjenik ve anabolik gelişim için en yaygın kullanılan formlar testosteron ve 11-ketotestosterondur (Yamazaki, 1983). Akuakültürde yaygın olarak kullanılan sentezlenmiş steroidler, 19-Noretilestosteron, Floksimesteron, Etinilestosteron ve 17 α -Metilestosteronu (MT) içermektedir. 17 α -Metilestosteron, kültür balıklarında somatik büyüme ve cinsiyet değiştirmeyi uyarmak için en yaygın şekilde kullanılan hormondur (Khalil ve diğ., 2011). Farklı araştırmalar, doğal testosteronların ve sentezlenmiş androjenlerin, Salmonidler, Tilapya (*Oreochromis niloticus* ve *Oreochromis mossambicus*), yılan balığı, Afrika yayın balığı (*Clarias gariepinus*), sazan ve süs balıklarında androjenik veya büyüme arttırıcı maddesi olarak etkinliğini kanıtlamıştır (Yamazaki, 1983; Alam ve Uddin, 1998; Pandey ve diğ., 2012). Davis ve diğ. (2009) tarafından yapılan bir araştırmada, androjenik hormonların (17 α Metilestosteron) veya östrojenik hormonların (17 β -östradiol) Tilapya balıklarındaki kullanımlarında Büyüme Hormonu (BH) ve insülin gibi Büyüme Faktörü I (IGF-I) arasındaki etkileşimlerinin önemli ölçüde varlığını ortaya koymuşlardır. Dolayısıyla, androjenik ve östrojenik hormonların büyümeyi arttırıcı ve cinsel karakterlerin gelişimini engelleyici etki yaptıkları görülmüştür.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde ve diğer hayvansal üretim girişimlerinde büyüme arttırıcı maddeler olarak yüksek verime sahip olan anabolik hormonların kullanımına karşın, farklı araştırmalar steroid hormonlarının çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerini belirtmişlerdir. Yemlere ilave edilen eksojen hormonlarla beslenen balıkların bu hormonların yaklaşık %85'lik oranını solungaçlar, idrar ve dışkı yoluyla suya atık olarak bıraktıkları bildirilmiştir (Scott ve diğ., 2001; Ramírez-Godínez ve diğ., 2013). Suda biriken steroid hormonlar toprağa nüfuz eder ve yeraltı su kaynaklarına ulaşabilir ya da akarsu ekosistemlerine karışırlar (Mlaila ve diğ., 2014). Yapılan farklı araştırmalarda, yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında ciddi ekolojik bozulmaya neden olabilecek ve insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek şiddetli kirletici maddeler arasında androjenler ve östrojen hormonları da gösterilmiştir (Kim ve diğ., 2007; Biswas ve diğ., 2013). Eksojenik androjenik veya östrojenik hormonlar, endojenik hormonlardan daha yüksek hormonal reseptörlere bağlama afiniteleri bulunmaktadır. Bu nedenle, hızlı eksojenik androjenik ve östrojenik hormonal etkileşimi, suda yaşayan hayvanlarda hormonal dengesizliklere neden olabilmektedir. Dolayısıyla, steroid hormonal kirleticilere maruz kalan balıklarda cinsiyet steroid değişikliklerine, DNA'nın bozulmasına, vitelogenez müdahalesine, ikincil cinsel özelliklerin değişmesine ve gonadal problemlere yol açmaktadır (Kim ve diğ., 2007; Biswas ve diğ., 2013; Khalil ve diğ., 2013). Hormonların balık çiftliklerinden çevreye ve insanlara olan zararlı etkilerini önlemek amacıyla Avrupa Birliği (AB), Türkiye, Hindistan, Kosta Rika, Ekvator ve Tanzanya dahil olmak üzere birçok ülkede kullanımı yasaklanmıştır (Megbowon ve Mojekwu, 2014; Mlaila ve diğ., 2014).

2.2.2 Antibiyotik uygulamaları

Antibiyotikler, bulaşıcı hastalık salgınlarının çok yaygın olduğu yoğun yetiştiricilik sistemlerinde ortaya çıkan bakteriyel hastalıkları tedavi etmek ve kontrol etmek için kullanılan ön ilaçlardan biridir. Balık yada kabuklu yetiştiricilik sistemlerinde sık görülen bulaşıcı hastalık salgınları, üretimde gelişmeyi sınırlayan faktörlerden biridir (Defoirdt ve diğ., 2011). Bazı antibiyotikler büyüme arttırıcı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bunlar balık ve karideslerde yem kullanım etkinliği ile birlikte büyüme hızını da arttırmaktadır (Reda ve diğ., 2013).

Yapılan araştırmalarda, kültür balıklarında ve hayvan yetiştiriciliğinde antibiyotikler bakteriyel enfeksiyonların tedavisi için kullanılmasının yanısıra bazı antibiyotiklerin hızlı büyümeyi de sağladıkları görülmüştür. Gordon ve Taylor (1954) antibiyotiklerin büyümeyi başlatan etkilerinin 1946 yılında ve daha sonra 1950 yılında bu etkiyi genç tavuklarda ve domuzlarda rapor etmişlerdir. Akuakültürde, antibiyotiklerin büyümeyi arttırıcı etkisi ilk olarak kanal kedi balığında (*Ictalurus punctatus*) ortaya çıkarılmıştır. Yapılan araştırmada, profilaktik olarak tatbik edilen Oksitetrasiklin'nin kanal kedi balıklarının büyüme performansına olumlu etkileri gözlenmiştir (Sanchez-Martinez ve diğ., 2009).

Günümüzde bazı balık üreticileri de başlıca bakteri hastalıklarını önlemek ve büyümeyi arttırmak amacıyla antibiyotikleri kullanmaktadırlar. Bazı ticari akuakültür girişimlerinde hem gram-negatif hem de gram-pozitif bakterilere ve parazitlere karşı önemli düzeyde etkili olmalarından dolayı Oksitetrasiklin ve Florfenikol isimli antibiyotikler kullanılmaktadır (Reda ve diğ., 2013). Antibiyotiklerin büyüme arttırıcı mekanizmaları hala net olarak bilinmemektedir. Ancak antibiyotiklerin bağırsak mukozasının modifikasyonunu uyardığı ve besinlerin alımını ve sindirimini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Jukes ve diğ., 1956).

Su rnleri yetiştiriciliği dahil olmak üzere farklı hayvanların üretiminde aşırı ve kontrolsüz antimikrobiyal ilaçların kullanımının kültür balıklarına, çevreye ve insanlara zararlı etkileri bildirilmiştir. Farklı balıklarda aşırı antibiyotik dozlarının bağışıklık sisteminin baskılanmasına neden olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca uzun süreli antibiyotik dozu hepatotoksisiteye ve nefrotoksisiteye yol açabildiği belirtilmiştir (Reza ve diğ., 2013). Antibiyotiklerin, su ekosistemlerindeki plankton çeşitliliğini de olumsuz etkileyebildiği rapor edilmiştir (Burridges ve diğ., 2010). Ayrıca, antibiyotik birikimleri balıkların patojenik bakterileri ile insanın patojenik bakterileri arasında aktarılabilen antibiyotiğe karşı direnç genleri sağlamasına yol açabilmektedir (Defoirdt ve diğ., 2011; Romeo ve diğ., 2012). Ayrıca, balık vücudunda biriken antibiyotiklerin besin yoluyla tüketicisi olan insanlara geçtiğinde insanların sağlığını olumsuz olarak etkilediği bildirilmiştir (Samanidou ve Evaggelopoulou, 2007).

2.3 AKUAKÜLTÜRDE ALTERNATİF PERFORMANS ARTIRICILARIN KULLANIMI

Su ürünleri yetiştiriciliğinde antibiyotiklerin ve hormonların büyüme artırıcılar ve profilaktik ajanlar olarak kullanılması sonucunda balık etinde belli oranlarda birikim sağlamalarından dolayı farklı ülkelerde su ürünlerinin pazarlanması ve tüketimi konularında büyük sorunlar oluşturmaktadır (Citarasu, 2010). Bununla birlikte farklı maddelerin, yetiştiriciliği yapılan balıklarda ve kabuklu deniz ürünlerinde büyüme artırıcı, profilaktik ve terapötik özelliklere sahip oldukları belirtilmiştir. Kültür balıklarının refahını iyileştirmek için fitobiyotikler, probiyotikler, organik asitlendirici ve eksojen enzimlerin sürdürülebilir ve çevre dostu maddeler olduğu rapor edilmiştir.

2.3.1 Fitobiyotiklerin kullanımı

Fitobiyotikler/fitogenler hayvansal üretkenliği arttırmak için yemlere eklenen bitkisel kaynaklı maddelerdir (Kaur ve Shar, 2017). Fitobiyotikler, balık yemlerine ilave edilebilen veya *Artemia nauplii* ile biyoenkapsüllenebilir ham bitkileri, ekstrakte edilmiş bitkisel ürünleri ve işlenmiş bitkileri kapsamaktadır. Günümüzde, su ürünleri yetiştiriciliğinde fitobiyotiklerin kullanımı çoğunlukla desteklenmektedir. Fitobiyotiklerin organik biyokimyasal maddeler içermelerinden dolayı çevre üzerindeki etkilerinin oldukça düşük olduğu kanıtlanmıştır (Direkbusarakom, 2004). Aynı zamanda fitobiyotiklerin kültürü yapılan hayvanlar ve tüketiciler olarak insanlar için en az yan etkilere sahip oldukları bildirilmiştir (Citarasu, 2010). Ekonomik bakımdan çoğu fitobiyotiklerin mevcut hormonlar, antibiyotikler ve kemoterapötiklerden daha ucuz olduğu rapor edilmiştir (Syahidah ve diğ., 2015). Teleost balıkların tedavilerinde antibiyotikler, probiyotikler ve diğer formlardaki kemoterapötiklerle birlikte kullanıldığında sinerjik etkilere sahip oldukları belirlenmiştir (Lee ve Gao, 2012).

Fitobiyotiklerin birçok hayvanda olduğu gibi balıklar için de antimikrobiyal, immünostimulan ve büyüme artırıcı nitelikleri de dahil olmak üzere geniş çaplı avantajları mevcuttur.

Günümüze kadar yapılmış araştırmalarda, probiyotiklerin kültür balıklarında antibakteriyel, antiviral ve antimikrobiyal fonksiyonlara sahip olduğu kanıtlanmıştır. Çalışmalarda, sarımsağın, *Allium sativum*'un *Aeromonas hydrophila*, *A. punctata*, *P. fluorescens*,

Edwardsiella tarda, *Staphylococcus aureus* ve *Mycobacterium marinum*' farklı bakteriyel patojenleri inhibe edebileceği gösterilmiş ve sarımsak içeren diyetlerle beslenen balıkların serbest radikalleri azalttığı ve daha fazla antioksidan özellikler gösterdiği rapor edilmiştir (Lee ve Gao, 2012). Karides yemlerinde *W. somnifera*'nın butanolik ekstraktlarının kullanılması sonucunda *V. parahaemolyticus* ve *V. damsela* gibi karides patojenlerinin başarılı bir şekilde engellenebildiği belirtilmiştir (Citarasu, 2010). Balık diyetlerinde *Lonicera japonica* bitkisinin kullanımının, IHN ve IPN patojenik olan virüslere karşı inhibe edici etkiler gösterdiği saptanmıştır (Direkbusarakom, 2004). Ham Hint Badem (*T. catappa*) kabukları ve yapraklarından metanol ya da etanol ile ekstrakte edilmiş maddelerin kullanılması, inkübe edilen *Tilapia* yumurtalarında *Aspergillus flavus* ve diğer mantar enfeksiyonlarını kontrol edebildiği görülmüştür (Chitmanat ve diğ., 2005).

Ayrıca bazı bitkilerin hayvanlar için yeterli miktarda immünostimulan olarak fitokimyasal içerdiği de belirtilmektedir. İmmünostimulan, hayvanlarda vücut savunma mekanizmasını veya doğuştan bağışıklığı arttıran ve hayvanları hastalıklara karşı daha dirençli hale getiren madde olarak tanımlanabilmektedir (Anderson, 1992). Gökkuşacağı alabalığı yemlerine soya proteini ilavesinin balıkların lökosit aktivitesini, yani süperoksit üretimini ve fagositoz düzeyini arttırdığı belirlenmiştir (Citarasu, 2010). Yemlere mango çekirdeği ilave edilmesi sonucunda, *Labeo rohita*'nın ölüm oranının azaldığı ve balığın *Aeromonas hydrophila*'ya karşı direncinin arttığı belirtilmiştir (Sahu ve diğerleri, 2007). Ayrıca, bu fitobiyotiklerin antioksidan özellikler göstermelerinden dolayı balıklarda oksijen iyonları oluşumunu ve serbest radikalleri önleyerek stresi azaltabilmektedir. Örneğin, *Penaeid* karideslerde yararlı anti-stres ajan olarak *Picrorhiza kurroa* kullanılmasının pozitif etkileri görülmüştür (Citarasu, 2010).

Su ürünleri yetiştiriciliği veya besi hayvanı üretiminde bazı ham bitkiler ve ekstraktları büyüme artırıcı olarak rol oynamaktadır. Çünkü balıkların büyümesini arttıran fitobiyotikler iştahı, besin sindirilebilirliğini ve absorpsiyonu arttırabilir ve aynı zamanda hızlı protein sentezini stimüle edebilir özelliklere sahiptir (Syahidah ve diğ., 2015). Balık yemlerine karabiber ve tarçın gibi acı baharatların ilave edilmesi sonucunda, balıkların iştahının arttığı ve böylece yemlerin sindirilebilirliğinin de arttığı görülmüştür (Kaur ve Shah, 2017). Kanal kedi balığının (*Ictalurus punctatus*) yeminde *Origanum heracleoticum*'un esansiyel yağ ekstraktlarının kullanılması sonucunda, balıklarda yemden yararlanma oranının düştüğü

(balığın yemi dha etkili kullandığını ifade etmektedir) ve büyümeyi artırdığı saptanmıştır (Chakraborty, 2014).

2.3.2 Probiyotiklerin kullanımı

Gelişmiş canlılar ile bazı mikrobiyal canlılar arasında olumlu simbiyotik ilişki mevcuttur ve bu ilişkinin hayvan performansını artırdığı belirtilmiştir. Fazla antibiyotik kullanımının, kültür balıklarının ve sucul çevreleri olumsuz etkilediğinden dolayı su ürünleri yetiştiriciliğinde bakteri ve viral hastalıklarının önlenmesi amacıyla probiyotik uygulamaları çoğunlukla teşvik edilmektedir (Wang ve diğ., 2008). Mikrobiyolojide, probiyotikler, konakçı sağlığını iyileştirebilecek kapasiteye sahip olan konakçı dostu mikroorganizmalar olarak belirtilmiştir. Fuller (1987)'e göre probiyotikler, konakçı hayvandaki bağırsak mikrobiyal dengesini geliştirerek yararlı bir şekilde etkileyen canlı mikrobiyal yem katkı maddesi olarak tanımlanabilir. Günümüzde, FAO ve Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre, probiyotikler yeterli miktarda uygulandığında konakçı sağlığına yarar sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tekrar tanımlanmıştır (FAO/WHO Report, 2001). Bu mikroorganizmalar; mayalar (*Saccharomyces* ve *Raffia* türleri), mikroalgler (*Tetraselmis* türleri), gram-pozitif bakterileri (*Enterococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Weissella*, *Bacillus* ve *Lactobacillus*) ve gram-negatif bakterileri (*Aeromonas*, *Promomonas*, *Vibrio* ve *Photorhodobacterium* türleri) kapsamaktadır.

Tıpta probiyotikler konakçı sağlığını kontrol ederek iyileştirmek ve farklı bakteriyel hastalıkları önleme amaçlı ve büyüme artırıcı ajanlar olarak kullanılır (Zhou ve diğ., 2016). Akuakültürde, bazı gıda ürünlerinde doğal olarak bulunan veya ekstrakte edilen probiyotikler balık yemlerine ilave edilerek yada sıvılara karıştırılarak kullanılmaktadır (Newaj-Fyzul ve diğ., 2014). Probiyotikler konakçının bağırsak mikrobiyotasına etki eder ve konakçının doğuştan var olan bağışıklığını ve edinilmiş bağışıklık sistemini düzenler. Probiyotikler bakteriyosinleri ve konjuge safra asitlerini salgılayarak bağırsaktaki ortakçı ve patojenik mikropları doğrudan etkiler. Dolayısıyla mikrobiyal ürünleri, konakçı yan ürünleri ve toksin inaktivasyonunu (toksin inaktivasyonu, gıda ve konakçı bileşenlerinin detoksifikasyonunu) önemli derecede etkiler (Oelschlaeger, 2010).

Günümüzde, kültür balıklarının performans verimliliğini artırmak için probiyotikler de kullanılmaktadır. Laktik asidin laktozdan sentezlenmesi, bağırsak pH'sını düşürmesine ve patojenik mikropların kolonizasyonunu sınırlandırmasına neden olduğundan dolayı laktik asit bakterileri (*Lactobacillus* türleri) balığın verimliliğini artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Spor üretici gram pozitif bakteriler (*Bacillus* türleri), konakçının bağırsağında güçlü yapışma özelliklerine sahiptir. Böylece immünostimülasyonu geliştirir ve bakteriyosinleri (Bakteri öldürücü maddeler) üretirler. Gram-negatif probiyotik bakteriler (*Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Vibrio* ve *Enterobacteriaceae* türleri) konakçının bağırsak florasına etki eder ve simbiyotik etkileşim yoluyla konakçıya yarar sağlar (Pandiyan ve diğ., 2013).

2.3.3 Organik asitlendiricilerin kullanımı

Organik asitlendiriciler, bitkisel ya da hayvansal kökenli karbohidrat ile diğer organik bileşiklerin fermente edildiği organik asitlerdir. Bu organik asitlendiriciler; yağ asidi, amino asit, asetik asit, benzoik asit, bütirik asit, sitrik asit, formik asit, fumarik asit, laktik asit, propiyonik asit, sorbik asit, hidroklorik asit ve fosforik asidi kapsamaktadır. Ayrıca, bu organik asitler Na, K ya da Ca içeren tuz formunda bulunmakta ve çoğunlukla asitlendiriciler derişik karboksilik asit (R-COOH) grubundan oluşmaktadırlar (Krishan ve Narang, 2014).

Hayvan yemlerinde organik asitlendirici kullanılması sonucunda hayvanın büyümesini artırdığı ve patojenik bakterileri öldürdüğü bilinmektedir. Da Silva ve diğ. (2013) tarafından yapılan araştırmada, organik asitlendirici metabolitelerinin yemlerde katkı maddesi olarak kullanılmasıyla balıklarda ATP sentezini ve yem sindirilebilirlik oranını önemli derecede geliştirdiği belirtilmiştir. Antimikrobiyal ajanlar olarak organik asitlendiriciler gram-negatif bakterilerinin hücre duvarına nüfuz edip H⁺ iyonları bırakırlar. Bunun sonucunda, yoğun ATP sentezi yapan bakterilerin çabuk yorulmasına yol açar ve hızlı olanları öldürdüğü de rapor edilmiştir (Morken ve diğ., 2011). Bununla birlikte, asitlendiricilerin patojenik mikroplara karşı konakçı (balık) dayanıklılığını artırdığı, balık midesinde pH'yı düşürürken proteolitik enzimlerin verimliliğini artırdığı, balık midesinde fitat ve fitik asit hidrolizini artırırken aynı zamanda fitaz enziminin verimliliğini yükselttiği, azot birikimini ve mineral sindirimini ve taşınmasını geliştirdiği rapor edilmiştir (Reda ve diğ., 2016). Yapılan araştırmalarda, balık yemlerine bütirik asit gibi bazı asitlendiricilerin ilave edilmesi

sonucunda balık midesinde epitel büyümeyi stimüle ettiği ve peletlemede yemin besin özelliklerini olumlu bir şekilde etkilediği görülmüştür (Gao ve diğ., 2010).

Performans artırıcı olarak organik asitlendiricilerin kullanımı ilk kez domuz üretiminde rapor edilmiştir (Partanen ve Mroz, 1999; Jongbloed ve diğ., 2000; Paulicks ve diğ., 2000). Akuakültürde de organik asitlendiricilerle ilgili önemli uygulamalar bulunmaktadır. Ringo (1991) tarafından yapılan ilk araştırmada, alp alabalığının (*Salvelinus alpinus*) yemine laktat kullanımı sonucunda balığının büyüme oranının arttığını, YYO ve midedeki patojenleri düşürdüğü rapor edilmiştir. Da Silva ve diğ., (2012) yaptıkları araştırmada ise beyaz karidesin (*L. vannamei*) yeminde organik asitlendirici ilavesi sonrasında karidesin yem eğilimi ve tüketiminin geliştiğini, görünür yem sindirilebilirliğini arttırdığı ve patojenik *Vibrio* türlerini engellediğini göstermişlerdir. Omosowone ve diğ., (2015)'e göre Afrika yayın balığının (*Clarias gariepinus*) yeminde fumarik asit kullanılması sonucunda balıkların karkas kalitesini olumsuz etkilemeden büyüme oranını geliştirdiğini, hematolojik parametrelerini yükselttiğini ve *Aeromonas sorbia* ile enfekte edilmiş olan balıkların yaşam oranını geliştirdiğini rapor etmişlerdir. Balıklarda büyüme performansının olumlu etkilerini oluşturmak amacıyla bu organik asitlendiriciler ile farklı performans artırıcılar karıştırılabilmektedir. Tabrizi ve diğ., (2012) tarafından yapılan araştırmada, gökkuşağı alabalığı yeminde *Saccharomyces cerevisiae* içeren prebiyotik ve endüstriyel organik asitlendirici kombinasyonu (Asetik asit, laktik asit ve sitrik asit karışımı) kullanılması sonucunda elde edilen büyümenin, tek performans artırıcı içeren yemlerin oluşturduğu büyümeden daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, Morales ve diğ., (2016) tarafından yapılan araştırmada, gökkuşağı alabalığı yeminde Sodyum diformat (NaDF) ve mikrobiyal fitaz karışımı kullanılmasıyla tek performans artırıcı içeren yemlerden daha etkili alındığını N ve P birikimini ve büyümeyi arttırdığını belirtmişlerdir.

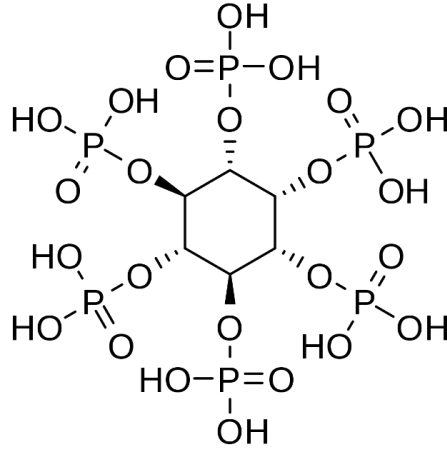
2.4 AKUAKÜLTÜRDE EKSOJEN ENZİMİ OLARAK FİTAZ ENZİMLERİNİN KULLANIMI

Eksojen enzimlerin ilk uygulamaları 1950'li yıllarda kaydedilmiştir. Bu sayede fibrolitik, amilaz veya proteaz aktif enzimler ekstrakte edilip hayvan yemlerine ilave edilmiş ve hayvanların performansları üzerindeki etkileri incelenmiştir (Adeola ve Cowieson, 2014).

Eksojen enzimlerin, hayvanların besin maddelerindeki sindirimi artırması, dolayısıyla yemlerdeki besin maddelerini daha iyi kullanabilmesini sağlaması, buna bağlı olarak çevreyi korumak ve yemlerdeki antibesinsel faktörleri ortadan kaldırmak amacıyla kullanılmaktadır (Tadele ve Animut, 2015). Balık beslemede eksojen enzimlerin kullanımıyla ilgili ilk araştırmalar Denstadli ve diğ. (2011) ve Imanpoor ve Bagheri (2012) tarafından yapıldığı rapor edilmiştir. Destadli ve diğ. (2011) RONOZYME® ile inkübe edilmiş soya unu ve ayçiçek küspesinin Nişatasız polisakkarit (NSP) konsantrasyonunun önemli düzeyde azaldığını belirtmişlerdir. Aynı yazarlar bu hammaddelerin kullanıldığı yemlerle beslenen gökkuşağı alabalığının büyüme performansının da negatif olarak etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Ayrıca, Imanpoor ve Bagheri (2012) tarafından yapılan araştırmada, İran mersin balığının (*Acipenser persicus*) diyetinde mikrobiyal fitaz enziminin fosfor ilaveli ve fosfor ilavesiz soya unu kullanılması sonucunda balığın büyüme hızının önemli düzeyde etkilendiği ve bu enzim ile birlikte soyanın yemlere ilave edilmesiyle bu bitkisel protein kaynağının balık ununa alternatif bir yem hammaddesi olduğunu göstermiştir. Ayrıca eksojen enzimlerin, farklı bitkisel protein kaynaklarında bulunan anti-besinsel faktörlerin olumsuz etkilerini azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır (Dalsgaard ve diğ., 2012). Francis ve diğ. (2001) antibesinsel faktörlerin besinlerin balık tarafından alınmasını, sindirilmesini ve besin maddelerinin emilimini olumsuz yönde etkileyen faktörler olarak tanımlamaktadırlar. Anti-besinsel faktörler saponin, gossypol, glukosinolat, proteaz inhibitörleri ve fitik asidi kapsamaktadır. Çoğu antibesinsel faktörler termobilik özelliği gösterir ve ısı ile kolaylıkla denature edilebilirler. Ancak fitik asit daha fazla ısıya dayanıklıdır. Bu nedenle fitik asit termal manipülasyonlarla denatüre edilememektedir (Morales ve diğ., 2016).

Fitik asit (miyo-inositol-1,2,3,4,5,6-heksatofosfat) bitkisel tohumlarda depolanan fosfor şeklidir. Aynı zamanda hayvan midesinde de iki değerli iyonlarla (Ca, Mg, Fe ve Zn) şelat oluştururlar. Midede katyonik protein ve amino asit gruplarıyla birlikte kompleks formda bulunur, proteaz ve gastrik pepsin etkilerini inhibe eder. Ayrıca, fitik asit lipidlerin ve nişastanın sindirilebilirliğini de olumsuz yönde etkiler (Cao ve diğ., 2007).



Şekil 2.3 Fitik asitin kimyasal yapısı.

Fitik asit yada fitik asidin fitat formu (tuz formu) aynı zamanda hayvan midesindeki besinlere benzer şekilde inhibe edici özellikler gösterir. Bitkisel orijinli gıdalarda depolanan fosforun yaklaşık olarak %50-80'ni farklı fitat formlarındadır. Böylece, sindirilmeyen fitatın varlığı hayvan midesindeki besinlerin emilimini ve kullanılmasını doğrudan olumsuz etkiler. Hayvanların sindirim sistemlerinde fitaz enziminin olmamasından dolayı fitat sindirimi yetersizdir (Verlhac-Trichet ve diğ., 2014).

Fitaz (miyo-inositol-heksafosfat fosfohidrolaz) enzimleri, bitki orijinli gıdalarda fitatların tamamen sindirimi için potansiyeldir. Bu enzimler defosforilasyon sonucunda fitik asitten ortofosfat çıkarmak suretiyle katalize eder ve böylece serbest inorganik fosfor ve düşük ester serileri elde edilir (Vielma ve diğ., 2004; Debnath ve diğ., 2005). Bu enzimler bitkilerde, bazı hayvan dokularında ve mikrobiyal yapılarda bulunur. Bununla birlikte hayvandaki doğal fitaz aktivitesi, bitki ve mikrobiyal yapılarına kıyasla biraz daha etkisizdir (Weremko ve diğ., 1997). Bazı bitkiler farklı fitaz enzimlerine sahiptir. Ancak en belirgin fitaz ezim aktiviteleri farklı mantar, maya ve bakteri türlerinde bulunur. Fitaz sentezleyici mantarlar arasında *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* ve *Penicillium simplicissimum* bulunur. Ayrıca, fitazı sentezleyen bakteriler olarak *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Escherichia coli* ve *Lactobactillus sanfranciscensis* bulunur. Mikrobiyal fitaz enzimleri daha yüksek sıcaklığa dayanıklıdır. Ayrıca daha yüksek spesifik aktivite ve geniş pH özellikleri nedeniyle besi hayvanları ve akuakültür üretiminde de bitki fitaz enzimlerinden daha çok tercih edilmektedir (Cao ve diğ., 2007). Bununla birlikte fitaz enziminin etkinliği ticari ürünlere bağlı (NATUPHOS®) FTU ya da (OPTIPHOS®) OTU olarak ifade edilmektedir (EURL, 2016).

2.4.1 OPTIPHOS hakkında genel bilgiler

OPTIPHOS®, başlıca *Komagataella pastoris* mayası ile sentezlenen 6-fitaz enziminden oluşan ticari bir eksojen enzim ürünüdür. OPTIPHOS Belçika orijinli Huvepharma adıyla bilinen yem katkı maddeleri şirketi tarafından üretilmektedir. Üreticiye göre OPTIPHOS geniş pH aralığında (2–4 değerleri arasında), midedeki pepsine karşı direnç, yüksek hız ve en az 85°C'ye kadar ısıya dayanıklı (termostabilite) özelliklere sahiptir. OPTIPHOS'un etkinliği OTU (*One Phytase Unit*– Bir Fitaz Ünitesi) olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla, Bir Fitaz Ünitesi, pH 5.5 ve 37°C sıcaklıktaki sitrat tamponu ile 5.1 mM sodyum fitat çözeltisinde 1 mikromolekül inorganik fosfatın parçalanmasını katalize eder ve 820 nm'de mavi fosfor molibdat karışımının renginde değerlendirilen enzim miktarıdır (EURL, 2016).

Ayrıca, fitaz enzimlerinin balık dahil olmak üzere hayvanlara büyüme arttırıcı ve anti besinsel maddelere karşı engelleyici özelliklere sahip olduğu rapor edilmiştir. Günümüzde bu ticari eksojen enzim, gökkuşağı alabalığının büyüme deneyleri ve balığın yem emniyeti için test edilmeye başlanmıştır (EFSA-FEEDAP, 2017). Ancak, günümüzde eksojen fitaz enzimi olarak OPTIPHOS'un gökkuşağı alabalığı üzerindeki etkileri ile ilgili detay araştırmalara rastlanmamaktadır. Bu nedenle yemlere ilave edilen OPTIPHOS'un gökkuşağı alabalığı üzerindeki etkilerini anlamak amacıyla yeni araştırmaların yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 MALZEME

3.1.1 Deney yeri ve süresi

Araştırma İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Sapanca İçsu Su Ürünleri Üretimi, Araştırma ve Uygulama Birimi'nde gerçekleştirilmiştir. Yemleme deneyi 02 Temmuz – 29 Eylül 2019 tarihleri arasında 15 günlük 6 periyot ve toplam 90 gün süreyle yürütülmüştür.

3.1.2 Deneylerde kullanılan balıklar

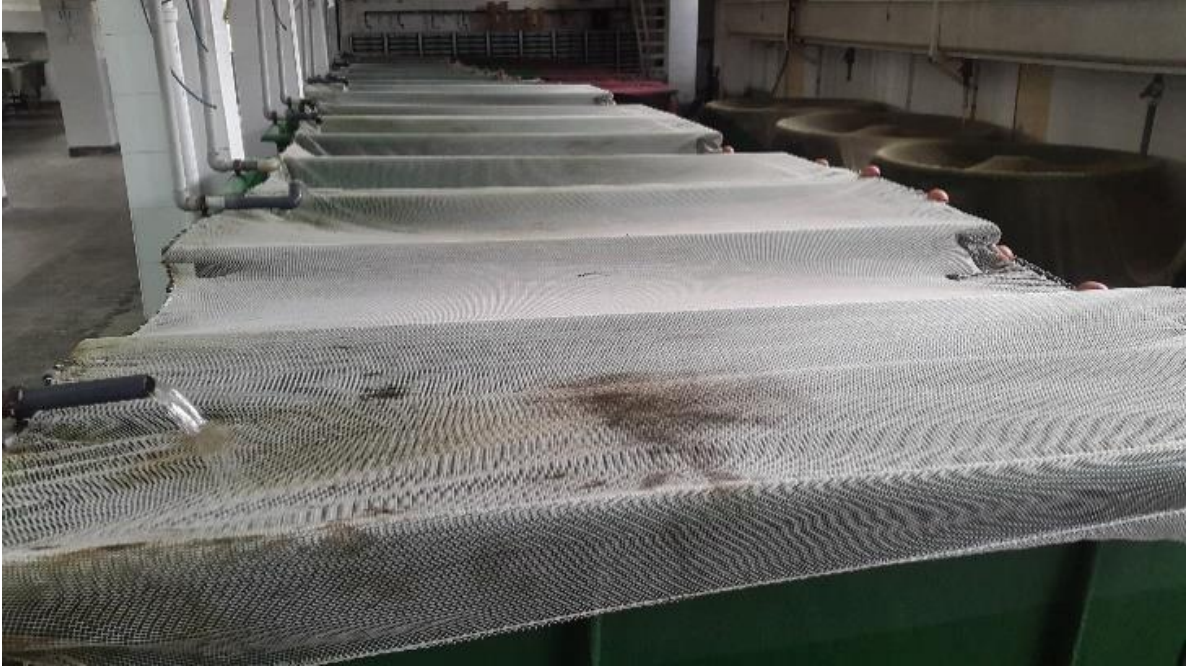
Araştırmada, juvenil gökkuşağı alabalıkları, *Oncorhynchus mykiss* (ortalama ağırlık $32,57 \pm 0,36$ g ve ortalama boy $13,67 \pm 0,66$ cm) kullanılmıştır. Balıklar Araştırma Biriminin üretim havuzlarından temin edilmiştir. Araştırmada, her deney tankında 50 adet olacak şekilde, 15 adet tanka rastgele toplam 750 adet balık yerleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Yemleme deneylerinde kullanılan balıklar (orijinal).

3.1.3 Araştırmada kullanılan deney tankları ve su

Araştırmada, her deney grubu için 3 tekerrürlü olacak şekilde toplam 15 adet 2 m³ kapasitesine sahip dikdörtgen fiberglas tanklar kullanılmıştır (şekil 3.2). Deney tanklarında Araştırma Birimi'ndeki genel yetiştiricilik için temin edilen dere suyu ile kuyu suyunun bir karışımı kullanılmıştır. Sular gerekli dinlendirme aşamalarından geçirildikten sonra deney tanklarına verilmiştir.

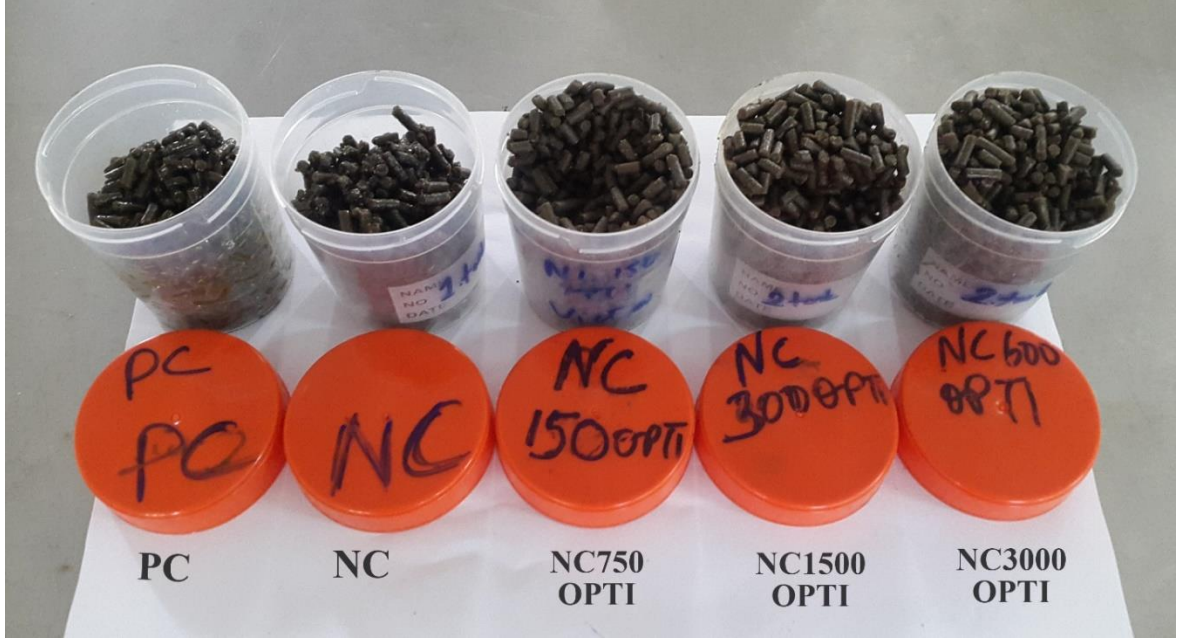


şekil 3.2 Araştırmada kullanılan tanklar (orijinal).

3.1.4 Araştırmada kullanılan yemler

Deney yemlerinde kullanılan OPTIPHOS enzimi ve MONOKALSYİUM FOSFAT dışındaki diğerk hammaddelelerin tamamı Türkiye'de balık yemi üreten fabrikalardan temin edilmiştir. Yemler Yozgat'ta alabalık yetiştiriciliği yapan özel bir işletmenin yem ünitesinde Tablo 3.1'de belirtilen formülasyona göre üretilmiştir. Deney yemlerinde fitaz enzimi olarak Belçika'da bulunan Huvepharma şirketi tarafından üretilen OPTIPHOS® G-5.000 OTU (1 gram OPTIPHOS = 5.000 OTU) kullanılmıştır. Tablo 3.1'de de görüldüğü gibi Pozitif Kontrol (PC) yeminde genel hammaddelerin karışımına ilave olarak 21 g/kg yem oranında Monokalsiyum Fosfat (MCP) kullanılmış, ancak enzim kullanılmamıştır. Negatif Kontrol (NC) yeminde ise hem Monokalsiyum Fosfat (MCP) hem de enzim kullanılmamıştır. Diğerk

deney yemlerinde ise homojen hale getirilen hammaddelere sırasıyla 0,15 g/kg yem (NC750 OPTI), 0,30 g/kg yem (NC1500 OPTI) ve 0,60 g/kg yem (NC3000 OPTI) oranlarında OPTIPHOS® ilave edilmiştir. Daha sonra üretilen yemler çuvallara konularak yemleme deneylerinin yürütüldüğü Sakarya ilinin Sapanca ilçesine getirilmiştir. Üretilen deney yemlerine ait örnekler Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Araştırmada kullanılan yemler (orijinal).

Tablo 3.1 Araştırmada kullanılan yem formülasyonu.

Yem maddeleri	Yemler (g/kg) ^a				
	Pozitif kontrol (PC)	Negatif kontrol (NC)	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
Balık unu	170	170	170	170	170
Soya küspesi	200	200	200	200	200
Tam buğday unu	59	80	79.85	79.7	79.4
Buğday glütteni	200	200	200	200	200
Mısır gluteni	150	150	150	150	150
Balık yağı	120	120	120	120	120
Mısır yağı	40	40	40	40	40
Monokalsiyum fosfat (MCP)	21	0	0	0	0
Mineral karışımı ^b	15	15	15	15	15
Vitamin karışımı ^c	25	25	25	25	25
OPTIPHOS (Fitaz)	0	0	0,15	0,30	0,60
Yemlerdeki besin maddeleri (%) ve enerji değerleri					
Kuru madde	94,40	93,25	94,01	91,67	91,76
Ham protein	48,67	48,51	48,21	48,55	48,25
Ham yağ	16,15	16,35	16,09	16,34	16,73
Ham kül	9,04	7,39	8,16	7,52	8,52
Ham selüloz	2,10	2,23	2,19	2,13	2,29
AEM ^d	18,43	18,76	19,37	18,12	16,97
Kalsiyum	0,79	0,87	0,81	0,84	0,86
Fosfor	1,09	0,62	0,64	0,68	0,61
Toplam enerji (KJ/g)	21,06	21,16	21,09	21,05	20,94
MOE (KJ/g) ^e	14,59	14,65	14,55	14,61	14,61

^aNC750 OPTI – 750 OTU Kg⁻¹ OPTIPHOS, NC1500 OPTI – 1500 OTU Kg⁻¹ OPTIPHOS ve NC3000 OPTI – 3000 OTU Kg⁻¹ OPTIPHOS.

^bMineral ön Karışımı: Calcium carbonate 2,1 g; Calcium phosphate dibasic 73,5 g; Citric acid 0,227 g; Cupric citrate 0,046 g; Ferric citrate (16 to 17% Fe) 0,558 g; Magnesium oxide 2,5 g; Manganese citrate 0,835 g; Potassium iodide 0,001 g; Potassium phosphate dibasic 8,1 g; Potassium oxide 6,8 g; Sodium chloride 3,06 g; Sodium phosphate 2,14 g ve Zinc citrate 0,133 g.

^cVitamin ön Karışımı: A vitamini 10.582,00 IU; D3 Vitamini 881,84 IU; E Vitamini 176,36 mg; B12 Vitamini 48,52 µg; Riboflavin 52,92 mg; Niacin 246,92 mg; D-pantothenic acid 88,20 mg; Menadione 5,28 mg; Folic acid 7,04 mg; Pyridoxine 17,68 mg; Thiamine 31,80 mg; D-biotin 1,24 mg.

^dAzotsuz Ekstrakt Maddeler. ^eMetabolize Olabilir Enerji.

Mineral ve vitaminler kg yemdeki miktarları şeklinde verilmiştir.

3.2 YÖNTEM

3.2.1 Deney yemlerinin hazırlanması

Yemlerin hazırlanmasında kullanılan hammaddeler öncelikle öğütülerek (450-500 μm) kullanıma hazır hale getirilmiştir. Öğütülen hammaddeler formülasyonda belirtilen oranlara göre homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Granül şeklindeki OPTIPHOS enzimi gruplara göre tartımları hassas terazide yapıldıktan sonra beher içerisindeki 50 ml'lik suda ayrı ayrı seyreltilmiş ve bu seyrelti kullanılan yağlarla karıştırılarak hammaddelere ilave edilmiştir. Araştırma için izo-nitrojenik (480 g/kg ham protein) ve izo-lipidik (160 g/kg) farklı yemler hazırlanmıştır. Balıkların büyüklükleri dikkate alınarak 4 mm boyutundaki pelet yemler Şekil 3.4'te gösterilen makinayla üretilmiştir. Hazırlanan yemler yaklaşık olarak 25°C olan oda sıcaklığında 3 gün süreyle kurumaya bırakılmıştır. Yemleme deneylerinin yürütüldüğü Sapanca'daki Araştırma Birimi'ne getirilen yemler kullanılıncaya kadar 5°C sıcaklıktaki soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.4 Peletleme makinası (orijinal).

3.2.2 Deney koşulları

Deney tanklarına filtre edilen dere ve kaynak suyundan dakikada 5 litre olacak şekilde su girişi sağlanmıştır. Deneylerin yürütüldüğü kuluçkahanede 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık olacak şekilde normal günün aydınlık ve karanlık periyodu uygulanmıştır. Tanklarda kullanılan suyun çözünmüş oksijen miktarı ve su sıcaklığı günlük olarak ve pH ölçümleri ise haftada bir olmak üzere WTW pH/Oxi340i/SET cihazı ile ölçülmüştür. Balıklar hazırlanan araştırma yemleriyle beslenmeden önce iki hafta süreyle deney tanklarında adaptasyona tabi tutulmuştur. Adaptasyon süresince balıklara ticari yem verilmiştir. Balıklar gerek adaptasyon ve gerekse deney süresince sabah saat 0830 ve akşam 1700'da olmak üzere günde iki kez elle ve doyuncaya kadar beslenmişlerdir.

3.2.3 Büyüme performansı

Deney başlangıcında ve her 15. günde bir olmak üzere periyodik olarak deney tanklarında bulunan balıkların bireysel ağırlıkları (g) ölçülmüştür. Balık ağırlıkları 0.1 g'a duyarlı bir terazi ile saptanmıştır. Deney başlanıcında, 15 günlük periyotlarda ve deney sonunda tanklarda bulunan balıkların bireysel boyları (cm) da sabit bir zemin üzerindeki ölçüm tahtası kullanılarak yapılmıştır. Bireysel boy ve ağırlık tartımları yapılmadan önce balıklar anesteziye (1,6 Benzaquin + 10 ml asetat + 10 L su) tabi tutulmuştur (Lindsay ve Barbara, 2008). Balıkların büyüme performansı değerleri Ricker (1979)'e göre hesaplanmıştır.

Bireysel Canlı Ağırlık Artışı (BCAA); periyot sonundaki canlı ağırlık değerinden (W_2), periyot başındaki canlı ağırlık değeri (W_1) çıkartılarak hesaplanmıştır.

$$BCAA = W_2 - W_1$$

Kondüsyon Faktörü (KF) hesaplamaları aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$KF = (W/L^3) \times 100$$

$$W = \text{Balığın ağırlığı (g)}$$

$$L = \text{Balığın toplam boyu (cm)}$$

Spesifik büyüme oranı (SBO) ise aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$SBO = (\ln W_f - \ln W_i)/t \times 100$$

W_f = Periyot sonundaki bireysel canlı ağırlık (g)

W_i = Periyot başındaki bireysel canlı ağırlık (g)

t = Zaman (günlük olarak)

Deney grupları için periyodik olarak tüketilen yem miktarları ayrı ayrı hesaplanarak bulunmuştur. Her periyotta tüketilen toplam yem miktarı tanktaki balık sayısına bölünerek ortalama bireysel yem tüketim miktarı hesaplanmıştır. Yemden yararlanma oranı (YYO);

$$YYO = \text{Periyot süresince tüketilen yem miktarı (g)} / \text{Periyottaki CAA (g)}$$

CAA : Canlı ağırlık artışı

Şeklinde hesaplanmıştır.

Deney sonunda her deney tankından rastgele alınan 3 adet balığın ağırlığı, karaciğer ağırlığı ve iç organlarının ağırlığı kaydedilerek balıkların viserosomatik ve hepatosomatik indeks değerleri hesaplanmıştır. Gruplara ait sonuçlar, grubu temsil eden 3 deney tankından alınan balıklardaki verilerin ortalama değerleri şeklinde hesaplanmıştır.

Viserosomatik indeks (VSİ) ve hepatosomatik indeks (HSİ) değerleri;

$$VSİ = [(\text{Balığın iç organ ağırlığı (g)} / \text{Balığın canlı ağırlığı (g)}) \times 100]$$

$$HSİ = [(\text{Balığın karaciğer ağırlığı (g)} / \text{Balığın canlı ağırlığı (g)}) \times 100]$$

formülleriyle hesaplanmıştır.

3.2.4. Ekonomik hesaplamalar

Deney yemlerinde kullanılan yem hammaddelelerinin fiyatları belirlenerek yemlerin ekonomik değerleri hesaplanmıştır. Bu yemlerle beslenen balıkların ekonomik dönüşüm oranları (EDO) ile ekonomik karlılık indeksleri (EKİ) aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır (Llorens ve diğ., 2007; Lozano ve diğ., 2007).

$$\text{Ağırlık Artışı (\%)} = [(\text{son ağırlık} - \text{başlangıç ağırlığı}) / \text{başlangıç ağırlığı}] \times 100$$

$$\text{Ekonomik Dönüşüm Oranı (TL kg balık-1) (EDO)} = \text{yem tüketimi (kg)} \times \text{yem maliyeti (TL kg}^{-1}) / \text{canlı ağırlık artışı (kg)}$$

Ekonomik Karlılık İndeksi (EKİ) (TL balık⁻¹) = [son ağırlık (kg balık⁻¹) x balık satış fiyatı (TL kg⁻¹) – EDO (TL kg balık⁻¹) x canlı ağırlık artışı (kg)]

EKİ: Üretilen 1 kg balıktan elde edilen karı ifade etmektedir.

3.2.5 Örnek toplama

Yemleme deneyinin başlangıcında, araştırmada kullanılan balıklardan toplam 30 adet yapılacak farklı analizler için –80°C’deki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Örneklemeler yapılmadan önce balıklar 24 saat süreyle aç bırakılmıştır. Balık örneklerinden 10 adetinin sindirim kanalı çıkartıldıktan sonra sindirim sistemi histolojik analizlerinde kullanılmak amacıyla %10’luk formaldehit solüsyonunda muhafaza edildi. 10 adet balık HSI ve VSI hesaplamaları için kullanılmıştır. Vücut besin maddeleri analizleri için 10 adet balık kullanılmıştır. Hazırlanan diyetlerden de besin maddeleri analizleri için yeterli miktarda örnek alınmıştır.



Şekil 3.5 Anesteziye tabi tutulan balıklar (orijinal).



Şekil 3.6 Balıkların canlı ağırlık tartımları (orijinal).



Şekil 3.7 Balıkların içorganlarının genel görünümü (orijinal).



Şekil 3.8 Viseral organların tartımı (orijinal).

Yemleme deneylerinin sonunda, her tanktan 6 adet olmak üzere toplam 90 adet balık vücut besin maddeleri analizleri, HSI, VSI ve sindirim sistemi histolojik analizleri için muhafaza edilmiştir. Histolojik analizler için alınan örnekler yukarıda da belirtildiği gibi %10'luk formaldehit solüsyonunda, diğer analizler için alınan örnekler ise -80°C'deki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Tüm örnekler uygun ambalajlar içerisinde laboratuvara taşınmıştır.

Balık kemiklerinin külü ve kemik külündeki fosfor analizi için her deney grubundan 3 adet olmak üzere toplam 15 adet balık kullanılmıştır. Hazırlanan yemlerden de besin maddeleri, fosfor ve kalsiyum analizleri için yeterli miktarda örnek alınmıştır.

3.2.6 Kimyasal analizler

Yem örnekleri 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Deneyde kullanılan yem örneklerindeki kuru madde, ham protein, ham yağ, ham kül ve ham selüloz miktarları İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Yem Analiz Laboratuvarı'nda

yapılmıştır. Yemlerdeki toplam enerji ve metabolize olabilir enerji (ME KJ/g) değerleri de ARTHUR ve PHILLIPS, (1972)'e göre hesaplanmıştır. Aynı şekilde deney balıkları bütün olarak laboratuvar tipi mikserden geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Balık etinde yapılan analizlerle kuru madde, ham protein, ham yağ, ham kül ve balık karaciğerindeki ham yağ miktarları AOAC (2010)'ye göre saptanmıştır. Ayrıca balıkların kemiklerindeki fosfor miktarları Yang ve diğ., (2002)'e göre yapılmıştır.

3.2.6.1 Kuru madde tayini

Analiz için hazırlanan yemler önceden kurutulmuş ve desikatörde oda sıcaklığına getirilmiş olan kurutma kaplarında tartılmıştır. Yem örnekleri 105°C sabit sıcaklıkta 4-6 saat tutulduktan sonra desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Birinci tartım ile son tartım arasındaki farkın örnek ağırlığına oranı ve 100 ile çarpımı işlemiyle yapılan hesaplama sonucunda kuru madde miktarı bulunmuştur. Aynı şekilde analiz için hazırlanan balık örnekleri 105°C'deki sabit sıcaklıkta 12 saat süreyle bekletilmiştir. Sonra gerekli tartımlar yapılarak aynı yöntemle kuru madde miktarı hesaplanmıştır.



Şekil 3.9 Kurutma dolabı (Etüv) (orijinal).

3.2.6.2 Ham yağ tayini

Analize hazır hale getirilmiş yem örneklerinden yaklaşık olarak 5 g tartılmış ve yağ kartuşlarına konulmuştur. Sonra kartuşların ağzı örneğin dışarı çıkmasını engellemek amacıyla pamuk ile kapatılmıştır. Bu kartuşlar soxhelet cihazına (Velp Scientifica Ser, 148) takılmıştır. 105°C sıcaklıktaki kurutma dolabında kurutulmuş ve desikatörde oda sıcaklığına getirilmiş yağ krozelerinin ağırlıkları belirlendikten sonra soxhelet cihazına yerleştirilmiştir. Örnekler

cihazda yaklaşık olarak 1 saat süreyle ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon tamamlandıktan sonra yağ krezeleri alınarak yaklaşık olarak 1 saat süreyle 105°C sıcaklıktaki kurutma dolabında bırakıldıktan sonra desikatöre alınarak oda sıcaklığına getirilmiştir. Bu aşamadan sonra yapılan tartımlarla kroze ve ham yağ ağırlıkları belirlenmiştir. Kroze ve yağ ağırlığından boş kroze ağırlığı çıkarılarak, ekstrakte edilmiş yağ ağırlığı saptanmış ve yemin ham yağ oranı hesaplanmıştır. Balık eti kurutulduktan sonra benzer yöntemle analiz edilerek ham yağın yüzde oranı belirlenmiştir.



Şekil 3.10 Yağ tayin cihazı (Soxhelet cihazı) (orijinal).

3.2.6.3 Ham protein tayini

Analize hazır hale getirilen yem ve balık örneklerinden 0,5-0,8 g tartılarak yağ yakma tüplerine konulmuştur. Tüplere iki adet Kjeldahl tableti ve 20 ml sülfirik asit (H_2SO_4) ilave edilmiş ve yakma ünitesine yerleştirilerek 450°C sıcaklıkta yaklaşık olarak 1,5 saat süreyle yağ yakma işlemi yapılmıştır. Yağ yakma işlemi tamamlandıktan sonra tüpler oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Soğuk tüpler Kjeldahl cihazına (Gerhardt Vapodest, 45s) takılarak distilasyon ve titrasyon işlemleri yapılmıştır. Titrasyon işlemi sonucunda harcanan 0,1 N HCl miktarı belirlenmiş ve elde edilen veriler yardımıyla örnekteki yüzde ham protein oranı hesaplanmıştır.



Şekil 3.11 Protein tayin sistemi (orijinal).

3.2.6.4 Ham selüloz tayini

Analize hazır hale getirilen yem örneğinde bulunan ham selüloz dışındaki organik maddeleri parçalamak amacıyla yaklaşık 1 g yem arka arkaya belirli konsantrasyonlardaki sülfürik asit (H_2SO_4) ve potasyum hidroksit (KOH) ile yarımsar saat kaynatılmıştır. Kaynama işleminden sonra kalması muhtemel organik kalıntılar seyreltik sülfürik asit (H_2SO_4), su (H_2O) ve asetonla (C_3H_6O) yıkanarak ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Kalıntılar $130^\circ C$ sıcaklıktaki etüvde 1 saat süreyle kurutularak desikatörde oda sıcaklığına getirilip tartılmıştır. Kuru örnek, yakma fırınında $550-600^\circ C$ sıcaklıkta 30 dakika süre ile yakılıp desikatörde tekrar oda sıcaklığına getirilerek tartımı yapılmıştır. İkinci tartım (A_2) ile birinci tartım (A_1) arasındaki farkın örnek miktarına bölünmesi ve 100 ile çarpımı sonucunda örnekteki ham selüloz yüzdesi hesaplanmıştır.



Şekil 3.12 Selüloz tayin sistemi (orijinal).

3.2.6.5 *Ham kül tayini*

Analiz için hazırlanan yem ve balık eti örneklerinden yaklaşık 1.5 g tartılarak kül krozelerine aktarılmış ve bu krozeler 450-550°C sıcaklıktaki kül fırınında 12 saat süreyle yakılmıştır. Yakma işleminden sonra kül krozeleri desikatörde oda sıcaklığına getirilinceye kadar soğutulmuş ve tartılarak örnek ağırlığına bölünmüştür. Ham kül miktarı örnek ağırlığına bölünüp 100 ile çarpılarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. 13 Kül fırını (orijinal).

3.2.6.6 *Azotsuz ekstrakt maddeler*

Yem örneklerindeki azotsuz ekstrakt maddeler (AEM) yapılan diğer analiz sonuçları kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\%AEM = 100 - (\%Su + \%HP + \%HY + \%HS + \%HK),$$

AEM: Azotsuz ekstrakt maddeler

HP: Ham protein

HY: Ham yağ

HS: Ham selüloz

HK: Ham kül

3.2.6.7 Toplam enerji ve metabolize olabilir enerji değerleri

Yem örneklerinde yapılan kimyasal analizler sonucunda saptanan besin maddelerinden protein, yağ ve karbonhidratların sahip oldukları enerji miktarlarına göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam enerji} = [5,65 (\%HP) + 9,45 (\%HY) + 4,10 (\%AEM)] \times 10/1000 \times 4,186$$

HP: Ham protein

HY: Ham yağ

AEM: Azotsuz ekstrakt maddeler

Metabolize olabilir enerji (MOE) hesaplanmalarında da enerjisi olan besin maddelerinin karnivor türlerdeki sindirilebilirlik değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{MOE} = [3,9 (\%HP) + 8,0 (\%HY) + 1,6 (\%AEM)] \times 10/1000 \times 4,186$$

HP: Ham protein oranı

HY: Ham yağ oranı

AEM: Azotsuz ekstrakt maddeler oranı;

Proteinler için enerji değeri: 3,9 Kkal/g

Yağlar için enerji değeri: 8,0 Kkal/g

Karbonhidratlar için enerji değeri: 1,6 Kkal/g

1 Kkal = 4,186 Joule

3.2.6.8 Fosfor tayini

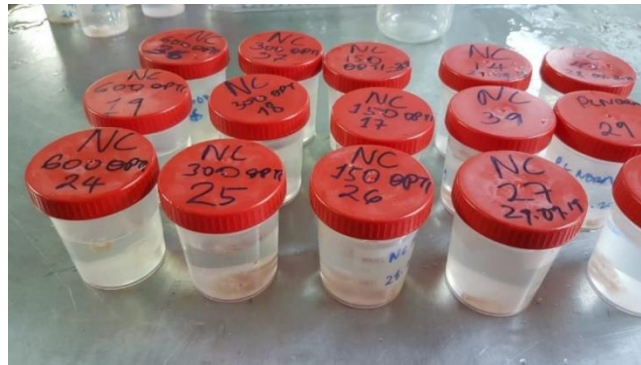
Deney balıklarından alınmış kemikler, 50°C etanolde 3 gün bekletildikten sonra 105°C'de 12 saat süreyle kurutulmuştur. Yağı alınan kemikler tartıldıktan sonra, 550°C'deki kül fırınında yakılmıştır. Kemiğin kül miktarı hesaplandıktan sonra fosfor analizi için kemik külü örnekleri saf HCl'de çözülmüş ve mineral çözelti haline getirilmiştir ve yakma ünitesinde yakılmıştır. Yakma işleminden sonra soğutulmuş çözeltiler asit ile temizlenmiş, balonlara aktarılmış ve iyonize su ile seyreltilmiştir. Fosfor miktarı EN 15510:2007'e göre Varian marka Vista MPX model ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy/Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi) cihazında okunarak saptanmıştır.

3.2.7 Histolojik analizler

Deney gruplarının sindirim organlarında mikroskopik olarak farklılıkların varlığını araştırmak için histolojik inceleme gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla PC, NC, NC750 OPTI, NC1500 OPTI ve NC3000 OPTI deney gruplarının her biri için rastgele seçilen 9 adet balığa otopsi işlemi uygulanmış, sindirim kanalındaki bağırsak doku örnekleri fosfat tamponlu %10'luk formaldehit içinde fiks edilmiştir. Bu işlemden sonra örnekler gömme materyali ile kaplandıktan sonra paraffin bloklara gömülmüştür. 5 µm kalınlığındaki mikrotomla kesilen doku örnekleri PAS (*Periodic Acid Schiff*) boyama yöntemi ile boyanmış ve ışık mikroskobu altında incelenmiştir (Culling, 1963). Işık mikroskobuna bağlanan bilgisayar görüntüleme destekleyici sistemi ile (Zeiss Axio Lab.A1 Microscope-AxioCamICc 5 Camera) çekilen bağırsak histolojik fotoğraflarında bulunan vilüs uzunluğu, vilüs kalınlığı, vilüs uzunluğunun kalınlığa oranı ve vilüs yüzölçümü gibi parametreler ImageJ yazılımıyla değerlendirilmiştir. Vilüs yüksekliği, vilüsün ucundan vilüs ve kriptaların birleşimine kadar ve kript derinliği tabanından kript ve vilüs arasındaki geçiş bölgesine kadar ölçülmüştür.

Vilüs yüzölçümü değerleri Sakamoto ve diğ.,(2000)'e göre aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Vilüs yüzölçümü} = 2\pi \times (\text{vilüs kalınlığı} / 2) \times (\text{vilüs uzunluğu})$$



Şekil 3.14 Histolojik analizler için hazırlanan bağırsak örnekleri (orijinal).

3.3 İSTATİSTİK ANALİZİ

Balıkların büyüme performansı değerleri ortalama ve standart sapma (Ort. $\pm$ Std.) olarak sunulmuştur. Araştırmada elde edilen verilerin ortalama ve standart sapma ($\pm$ Std) değerleri Microsoft Office Excel programı yardımıyla hesaplanmıştır. Deney grupları arasında önemli bir farkın olup olmadığını anlamak amacıyla verilere Varyans Analizi (ANOVA testi) uygulanmıştır. Farklı olan gruplara Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanarak değerler arasındaki farkın önemi %95 doğruluk sınırları içinde hesaplanmıştır. Değerler arasındaki farkın önemli bulunması durumunda $P < 0.05$ ifadesi, önemli bulunmaması durumunda ise $P > 0,05$ ifadesi kullanılmıştır. Analizler için SPSS istatistiki program (SPSS 25.0) kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. DENEY TANKLARINDA KULLANILAN SUYUN FİZİKSEL VE KİMYASAL PARAMETRELERİ

Araştırma süresince deney tanklarında kullanılan suyun sıcaklık ve çözünmüş oksijen değerleri günlük olarak kaydedilmiş ve Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Yapılan ölçümlere göre sudaki çözünmüş oksijen 9,1 - 10,3 mg/L, su sıcaklığı 12,5 – 13,1°C ve pH 7,7 - 7,9 değerleri arasında bulunmuştur. Deneme süresince sudaki pH verilerinde önemli bir farklılık olmamıştır.

Tablo 4.1 Deney tanklarında kullanılan suyun sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve pH değerleri¹.

Suyun Fiziko-Kimyasal Parametreleri			
Periyotlar	Çözünmüş oksijen (mg/L)	Sıcaklık (° C)	pH
Başlangıç	9.1 ± 0.1	12,7 ± 0.01	7,7 ± 0.1
15. Gün	9.4 ± 0.2	12,6 ± 0.01	7.8 ± 0.1
30. Güm	9.6 ± 0.1	12.8 ± 0.01	7.9 ± 0.1
45. Gün	9.8 ± 0.1	12.9 ± 0.02	7.7 ± 0.1
60. Gün	9.9 ± 0.2	13.1 ± 0.02	7.8 ± 0.1
75. Gün	10.1 ± 0.2	12.7 ± 0.01	7.6 ± 0.1
90. Gün	10.3 ± 0.2	12.5 ± 0.01	7.7 ± 0.1

¹ Suyun fiziko-kimyasal parametreleri Ortalama ± Standart Sapma olarak hesaplanmıştır.

4.2 BALIKLARIN CANLI AĞIRLIKLARI

Deney tanklarına konulan balıkların bireysel başlangıç ağırlıkları ile deneme süresince ölçülen bireysel canlı ağırlıklar Tablo 4.2’de ve Şekil 4.1’de sunulmuştur. Tablodaki sonuçlar değerlendirildiğinde ilk 15 günlük sürede deney gruplarındaki balıkların bireysel canlı ağırlıkları arasında istatistiki olarak önemli bir fark görülmemiştir ($P>0,05$). Deneyin 30. gününden itibaren gruplar arasında farklılıklar görülmeye başlanmış ve NC yemi ile beslenen

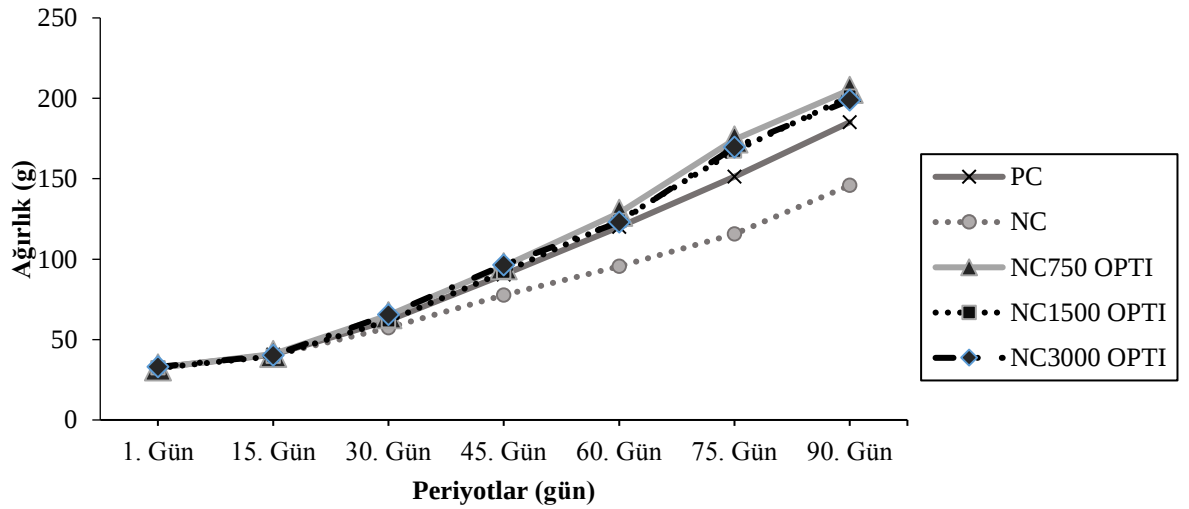
balıkların bireysel canlı ağırlıkları en düşük düzeyde bulunmuştur ($P<0,05$). Deneyin sonunda ise NC yemi ile beslenen balıkların bireysel canlı ağırlıklarının en düşük düzeyde olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Farklı oranlarda OPTIPHOS içeren deney gruplarının bireysel canlı ağırlıkları arasında istatistiki olarak önemli bir fark görülmemiş ($P>0,05$), ancak OPTIPHOS içermeyen diğer her iki deney grubundan daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.2 Balıkların bireysel canlı ağırlıkları¹.

Periyotlar	Deney Grupları ²				
	PC	NC	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
Başlangıç	32,58 ± 0,19	32,41 ± 0,33	32,57 ± 0,21	32,33 ± 0,41	32,97 ± 0,43
15. Gün	40,61 ± 1,05	40,17 ± 0,91	41,06 ± 1,00	39,56 ± 1,00	40,28 ± 1,65
30. Gün	61,83 ± 0,92 ^b	57,35 ± 1,42 ^c	65,02 ± 1,47 ^a	61,66 ± 1,48 ^b	65,56 ± 1,47 ^a
45. Gün	90,33 ± 1,80 ^b	77,57 ± 1,82 ^c	95,57 ± 1,80 ^a	91,91 ± 1,78 ^{ab}	96,35 ± 1,78 ^a
60. Gün	120,07 ± 2,05 ^b	95,47 ± 2,34 ^c	128,07 ± 2,23 ^a	124,07 ± 2,34 ^{ab}	123,08 ± 2,33 ^{ab}
75. Gün	151,33 ± 2,34 ^c	115,61 ± 2,74 ^d	174,31 ± 2,51 ^a	167,27 ± 2,41 ^b	169,48 ± 2,64 ^{ab}
90. Gün	185,13 ± 3,01 ^b	145,87 ± 3,83 ^c	205,26 ± 3,20 ^a	201,20 ± 3,41 ^a	198,78 ± 3,58 ^a

¹ Deney balıklarının canlı ağırlıkları Ortalama ± Standart Sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı üst harflerle gösterilen değerler arasındaki istatistiki fark Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %95 doğruluk düzeyinde önemli bulunmuştur.

² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC +750 OTU/Kg OPTI; NC1500 OPTI: NC +1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC +3000 OTU/Kg OPTI.



Şekil 4.1 Deney balıkların bireysel canlı ağırlığı trendi.

4.3 BALIKLARIN CANLI AĞIRLIK ARTIŞLARI

Araştırma süresince balıkların canlı ağırlık artışlarına ait elde edilen sonuçlar Tablo 4.3’de ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Birinci periyotta deney grupları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir ($P>0,05$). İkinci periyottan itibaren deney grupları arasında istatistiki farklılıklar görülmeye başlanmıştır ($P<0,05$) Ancak 90. günde ise gruplar arasındaki fark minimum düzeyde olmuştur ($P<0,05$).

Araştırmanın sonunda, balıkların toplam canlı ağırlık artışları ile ilgili yapılan istatistiki hesaplamalarda NC grubu en düşük ve NC750 OPTI grubu en yüksek değere sahip olmuştur ($P<0,05$).

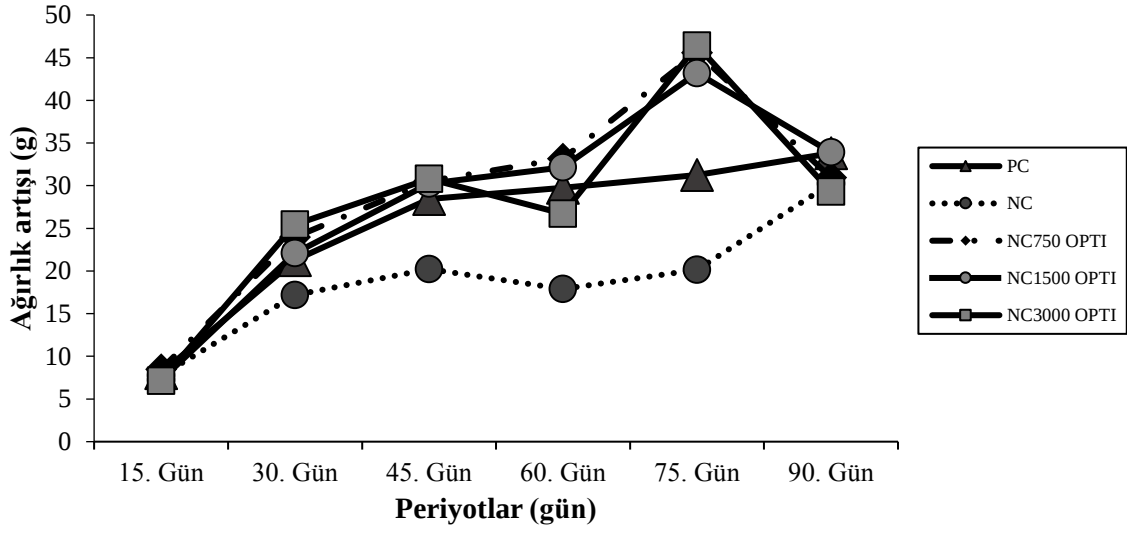
Tablo 4.3 Balıklarının bireysel canlı ağırlık artışları¹.

Periyotlar	Deney Grupları ²				
	PC	NC	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
15. Gün	8,03 ± 1,05	7,75 ± 0,59	8,49 ± 0,84	7,23 ± 1,01	7,14 ± 0,92
30. Gün	21,27 ± 0,81 ^b	17,18 ± 2,13 ^c	23,96 ± 1,45 ^{ab}	22,09 ± 2,41 ^b	25,45 ± 0,63 ^a
45. Gün	28,45 ± 3,27 ^a	20,22 ± 1,32 ^b	30,54 ± 3,17 ^a	30,25 ± 0,89 ^a	30,79 ± 2,91 ^a
60. Gün	29,73 ± 1,67 ^{ab}	17,90 ± 3,50 ^c	33,17 ± 1,30 ^a	32,16 ± 0,60 ^a	26,73 ± 0,62 ^b
75. Gün	31,27 ± 1,41 ^b	20,15 ± 4,41 ^c	45,58 ± 2,95 ^a	43,20 ± 1,80 ^a	46,41 ± 2,22 ^a
90. Gün	33,80 ± 5,23 ^a	30,25 ± 1,88 ^b	30,94 ± 3,10 ^b	33,93 ± 5,08 ^a	29,30 ± 5,18 ^c
TCAA ³	152,55 ± 3,17 ^c	113,45 ± 3,54 ^d	172,69 ± 3,37 ^a	168,87 ± 3,08 ^{ab}	165,81 ± 3,78 ^b

¹ Deney balıklarının canlı ağırlık artışları Ortalama ± Standart Sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı üst harflerle gösterilen değerler arasındaki istatistiki fark Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %95 doğruluk düzeyinde önemli bulunmuştur.

² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC +750 OTU/Kg OPT; NC1500 OPTI: NC +1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC +3000 OTU/Kg OPTI.

³TCAA: Toplam canlı ağırlık artışı.



Şekil 4.2 Deney balıklarının bireysel canlı ağırlık artışları trendi.

4.4 BALIKLARIN SPESİFİK BÜYÜME ORANLARI

Deney gruplarındaki balıkların spesifik büyüme oranları, periyodik olarak hesaplanmış ve Tablo 4.3'te gösterilmiştir. Tablodaki veriler incelendiğinde, 30. günden itibaren deney grupları arasında farklılıklar görülmeye başlanmıştır ($P < 0,05$). Araştırmanın sonunda yapılan hesaplamalarda, NC grubundaki balıkların ortalama spesifik büyüme oranı en düşük düzeyde bulunmuştur ($P < 0,05$). Farklı oranlarda OPTIPHOS içeren deney gruplarının spesifik oranları arasında istatistiki olarak önemli bir fark görülmemiş ($P > 0,05$), ancak OPTIPHOS içermeyen diğer her iki deney grubundan daha yüksek bulunmuştur ($P < 0,05$).

Tablo 4.4 Balıkların spesifik büyüme oranları¹.

Periyotlar	Deney Grupları ²				
	PC	NC	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
15. Gün	1,47 ± 0,17	1,43 ± 0,09	1,54 ± 0,13	1,34 ± 0,17	1,31 ± 0,15
30. Gün	2,80 ± 0,09 ^b	2,37 ± 0,29 ^c	3,06 ± 0,17 ^{ab}	2,96 ± 0,32 ^{ab}	3,28 ± 0,07 ^a
45. Gün	2,52 ± 0,29 ^a	2,01 ± 0,13 ^b	2,57 ± 0,27 ^a	2,66 ± 0,08 ^a	2,56 ± 0,24 ^a
60. Gün	1,89 ± 0,11 ^a	1,38 ± 0,27 ^c	1,99 ± 0,07 ^a	2,00 ± 0,01 ^a	1,63 ± 0,01 ^b
75. Gün	1,54 ± 0,07 ^b	1,28 ± 0,27 ^b	2,02 ± 0,13 ^a	1,99 ± 0,09 ^a	2,13 ± 0,10 ^a
90. Gün	1,34 ± 0,21 ^{ab}	1,55 ± 0,16 ^a	1,08 ± 0,18 ^b	1,23 ± 0,18 ^{ab}	1,06 ± 0,18 ^b
Ort. SBO	1.93 ± 0,02 ^b	1,67 ± 0,02 ^c	2,04 ± 0,02 ^a	2,03 ± 0,01 ^a	1,99 ± 0,03 ^a

¹ Deney balıklarının spesifik büyüme oranı Ortalama ± Standart Sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı üst harflerle gösterilen değerler arasındaki istatistiksel fark Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %95 doğruluk düzeyinde önemli bulunmuştur.

² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC +750 OTU/Kg OPTI; NC1500 OPTI: NC +1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC +3000 OTU/Kg OPTI.

³ SBO: Spesifik büyüme oranı.

4.5 BALIKLARIN YEM TÜKETİMİ VE YEMDEN YARARLANMA ORANLARI

Deneme süresince balıkların bireysel yem tüketim miktarları periyodik olarak hesaplanmış ve Tablo 4.5'te sunulmuştur. İkinci periyodun sonunda yapılan hesaplamalarda en düşük bireysel yem tüketim miktarı NC grubunda görülmüştür. Tabloda görüldüğü gibi diğer periyotlarda da gruplar arasında istatistiksel olarak bazı farklılıklar görülmüştür ($P < 0,05$). İlerleyen periyotlarda balıkların ağırlıklarının artmasıyla birlikte doğal olarak bireysel yem tüketim miktarları da artmıştır ($P < 0,05$). Yemleme deneylerinin sonunda grupların toplam yem tüketim miktarları incelendiğinde fosfor ve fitaz enzimi içeren yemlerle (PC, NC750 OPTI, NC1500 OPTI ve NC3000 OPTI) beslenen balıkların yem tüketimi, NC grubundan daha düşük bulunmuştur ($P < 0,05$). Farklı düzeylerde fitaz enzimi içeren yemlerle beslenen deney gruplarının yem tüketim miktarları ise benzer bulunmuştur ($P > 0,05$).

Tablo 4.5 Balıkların bireysel yem tüketimleri¹.

Periyotlar	Deney Grupları ²				
	PC	NC	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
15. Gün	10,71 ± 1,60	10,40 ± 0,40	11,32 ± 0,89	9,92 ± 1,51	9,46 ± 1,01
30. Gün	26,45 ± 0,67 ^{ab}	23,73 ± 2,56 ^b	27,91 ± 0,40 ^a	27,27 ± 2,85 ^a	29,49 ± 0,60 ^a
45. Gün	33,09 ± 0,11 ^a	27,65 ± 0,22 ^b	35,68 ± 0,82 ^a	35,71 ± 0,06 ^a	35,99 ± 2,41 ^a
60. Gün	34,53 ± 0,77 ^{ab}	24,36 ± 3,72 ^c	37,74 ± 0,37 ^a	36,59 ± 0,67 ^a	31,39 ± 0,65 ^b
75. Gün	37,70 ± 1,26 ^b	26,83 ± 5,82 ^c	52,71 ± 3,51 ^a	50,47 ± 1,99 ^a	53,08 ± 2,23 ^a
90. Gün	43,45 ± 6,18	39,45 ± 4,78	38,52 ± 4,57	41,99 ± 5,34	39,76 ± 5,9
TYTM ³	192,57 ± 7,31 ^b	164,63 ± 8,53 ^c	209,68 ± 4,81 ^a	208,65 ± 3,71 ^{ab}	208,21 ± 5,86 ^a

¹ Deney balıklarının bireysel yem tüketimleri Ortalama ± Standart Sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı üst harflerle gösterilen değerler arasındaki istatistiki fark Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %95 doğruluk düzeyinde önemli bulunmuştur.

² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC +750 OTU/Kg OPTI; NC1500 OPTI: NC +1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC +3000 OTU/Kg OPTI.

³TYTM: Toplam yem tüketim miktarı.

Yemleme deneyleri süresince balıkların yemden yararlanma oranları periyodik olarak hesaplanmış ve Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Yapılan hesaplamalarda ikinci periyottan itibaren yapılan hesaplamalarda tüm periyotlarda ve deney sonundaki ortalama YYO değerlerinde NC grubunun en yüksek düzeye sahip olduğu görülmüştür ($P<0,05$). NC750 OPTI yemi ile beslenen balıkların ortalama YYO ise en düşük değerde bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.6 Balıkların yemden yararlanma oranları¹.

Periyotlar	Deney Grupları ²				
	PC	NC	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
15. Gün	1,33 ± 0,05	1,34 ± 0,05	1,34 ± 0,05	1,37 ± 0,02	1,32 ± 0,03
30. Gün	1,24 ± 0,18 ^b	1,38 ± 0,05 ^a	1,17 ± 0,05 ^c	1,23 ± 0,15 ^b	1,16 ± 0,005 ^c
45. Gün	1,17 ± 0,13 ^b	1,37 ± 0,08 ^a	1,17 ± 0,09 ^b	1,18 ± 0,03 ^b	1,17 ± 0,03 ^b
60. Gün	1,16 ± 0,04 ^b	1,37 ± 0,06 ^a	1,14 ± 0,03 ^b	1,14 ± 0,02 ^b	1,17 ± 0,01 ^b
75. Gün	1,21 ± 0,02 ^b	1,33 ± 0,03 ^a	1,16 ± 0,01 ^b	1,17 ± 0,08 ^b	1,14 ± 0,02 ^b
90. Gün	1,29 ± 0,02 ^b	1,30 ± 0,02 ^a	1,25 ± 0,08 ^c	1,24 ± 0,04 ^c	1,26 ± 0,03 ^c
Ortalama YYO ³	1,26 ± 0,02 ^b	1,45 ± 0,04 ^a	1,21 ± 0,01 ^c	1,24 ± 0,001 ^{bc}	1,26 ± 0,01 ^b

¹ Deney balıklarının yemden yararlanma oranı Ortalama ± Standart Sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı üst harflerle gösterilen değerler arasındaki istatistiki fark Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %95 doğruluk düzeyinde önemli bulunmuştur.

² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC +750 OTU/Kg OPTI; NC1500 OPTI: NC +1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC +3000 OTU/Kg OPTI.

³ YYO: Yemden yararlanma oranı.

4.6 BALIKLARIN ORTALAMA BİREYSEL BOYU VE KONDÜSYON FAKTÖRÜ DEĞERLERİ

Deney başlangıcında ve süresince tüm periyotlarda gruplarındaki balıkların bireysel boy ve ağırlık ölçümleri kullanılarak balıkların kondüsyon faktörü değerleri hesaplanmıştır. Balıkların ortalama bireysel boyları Tablo 4.7 ve ortalama bireysel kondüsyon faktörü değerleri Tablo 4.8'de sunulmuştur. Tablodaki sonuçlar değerlendirildiğinde ilk 30 günlük sürede deney gruplarındaki balıkların ortalama bireysel boyları arasında istatistiki olarak önemli bir fark görülmemiştir ($P>0,05$). Deneyin 45. gününden itibaren gruplar arasında farklılıklar görülmeye başlanmış ve NC yemi ile beslenen balıkların ortalama bireysel boy değerleri en düşük düzeyde bulunmuştur ($P<0,05$). Deneyin sonunda ise NC yemi ile beslenen balıkların bireysel boylarının en düşük düzeyde olduğu görülmüştür ($P<0,05$).

Yapılan hesaplamalara göre yemleme deneyleri süresince deney gruplarındaki balıkların kondüsyon faktörü değerleri ve ortalama bireysel boyları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($P>0,05$).

Tablo 4.7 Balıkların ortalama bireysel boyları¹.

Periyotlar	Deney Grupları ²				
	PC	NC	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
Başlangıç	13,75 ± 0,63	13,60 ± 0,72	13,50 ± 0,67	13,64 ± 0,77	13,87 ± 0,47
15. Gün	14,99 ± 1,02	14,76 ± 0,83	15,02 ± 0,97	14,83 ± 0,86	14,74 ± 0,91
30. Gün	16,93 ± 0,99	16,70 ± 1,02	16,71 ± 1,03	16,64 ± 1,12	17,14 ± 0,96
45. Gün	18,59 ± 1,51 ^{ab}	17,74 ± 1,35 ^b	18,88 ± 1,18 ^a	19,01 ± 1,20 ^a	19,06 ± 1,31 ^a
60. Gün	20,06 ± 1,43 ^a	18,99 ± 1,28 ^b	20,32 ± 1,38 ^a	20,68 ± 1,39 ^a	20,84 ± 1,24 ^a
75. Gün	22,12 ± 1,53 ^a	20,67 ± 1,74 ^b	22,88 ± 1,66 ^a	22,75 ± 1,68 ^a	22,81 ± 1,58 ^a
90. Gün	24,12 ± 1,47 ^a	21,49 ± 1,55 ^b	24,23 ± 1,21 ^a	24,07 ± 1,21 ^a	24,09 ± 1,02 ^a

¹ Deney balıklarının ortalama bireysel boyları Ortalama ± Standart Sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı üst harflerle gösterilen değerler arasındaki istatistiki fark Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %95 doğruluk düzeyinde önemli bulunmuştur.

² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC +750 OTU/Kg OPT; NC1500 OPTI: NC +1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC +3000 OTU/Kg OPTI.

Tablo 4.8 Balıkların kondüsyon faktörü değerleri¹.

Periyotlar	Deney Grupları ²				
	PC	NC	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
Başlangıç	1,14 ± 0,05	1,14 ± 0,05	1,14 ± 0,05	1,14 ± 0,05	1,14 ± 0,05
15. Gün	1,34 ± 0,14	1,36 ± 0,15	1,31 ± 0,16	1,33 ± 0,15	1,36 ± 0,11
30. Gün	1,41 ± 0,09	1,45 ± 0,11	1,44 ± 0,10	1,43 ± 0,11	1,43 ± 0,13
45. Gün	1,44 ± 0,10	1,46 ± 0,10	1,44 ± 0,10	1,44 ± 0,11	1,44 ± 0,10
60. Gün	1,45 ± 0,10	1,46 ± 0,10	1,46 ± 0,10	1,46 ± 0,10	1,45 ± 0,10
75. Gün	1,47 ± 0,11	1,51 ± 0,13	1,52 ± 0,13	1,52 ± 0,11	1,52 ± 0,10
90. Gün	1,48 ± 0,12	1,52 ± 0,13	1,53 ± 0,10	1,54 ± 0,11	1,52 ± 0,10

¹ Deney balıklarının kondüsyon faktörleri (KF) Ortalama ± Standart Sapma olarak sunulmuştur.

² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC +750 OTU/Kg OPT; NC1500 OPTI: NC +1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC +3000 OTU/Kg OPTI.

4.7 VİSEROSOMATİK VE HEPATOSOMATİK İNDEKS DEĞERLERİ

Balıkların viserosomatik ve hepatosomatik indeksleri deney başlangıcında ve deney sonunda yapılan ölçümlerle hesaplanmış ve Tablo 4.9'da verilmiştir. Deney sonundaki hesaplamalara göre NC grubuna ait viserosomatik indeks değeri diğer gruplardan daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Ancak, fosfor ve fitazın kullanıldığı her dört deneme grubundaki viserosomatik indeks değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir ($P>0,05$). PC ve NC gruplarının hepatosomatik indeks değerleri diğer gruplardan daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Ancak fitaz içeren yemlerle beslenen her üç deney gruplarındaki hepatosomatik indeks değerleri arasında önemli bir fark görülmemiştir ($P>0,05$).

Tablo 4.9 Balıklarının viserosomatik indeks (VSI) ve hepatosomatik indeks (HSİ) değerleri¹.

Deney grupları ²	VSI Değerleri		HSİ Değerleri	
	Deney başlangıcı	Deney sonu	Deney başlangıcı	Deney sonu
PC	12,30 ± 0,30	13,09 ± 1,30 ^b	1,32 ± 0,01	1,48 ± 0,06 ^a
NC	12,42 ± 0,41	15,20 ± 0,70 ^a	1,34 ± 0,09	1,45 ± 0,06 ^a
NC750 OPTI	12,39 ± 0,32	13,78 ± 1,10 ^b	1,34 ± 0,03	1,35 ± 0,05 ^b
NC1500 OPTI	12,37 ± 0,58	13,99 ± 1,24 ^b	1,31 ± 0,01	1,37 ± 0,04 ^b
NC3000 OPTI	12,01 ± 0,69	13,51 ± 1,27 ^b	1,30 ± 0,07	1,36 ± 0,04 ^b

¹ Deney balıklarının VSI ve HSİ değerleri Ortalama ± Standart Sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı üst harflerle gösterilen değerler arasındaki istatistiksel fark Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %95 doğruluk düzeyinde önemli bulunmuştur.

² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC + 750 OTU/Kg OPTI; NC1500 OPTI: NC + 1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC + 3000 OTU/Kg OPTI.

4.8 YEMLERİN EKONOMİK DEĞERLERİ

Araştırmada, yemlerde OPTIPHOS'un aşamalı olarak arttırılmasıyla birlikte yem maliyetleri de artmıştır (Tablo 4.10). Yapılan hesaplamalara göre ekonomik dönüşüm oranı NC grubunda en yüksek (10.397 TL kg balık⁻¹) ve NC750 OPTI grubunda en düşük değerlerde (8,726 TL kg balık⁻¹) bulunmuştur ($P<0,05$). PC, NC1500 OPTI ve NC3000 OPTI grupları ise benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Ekonomik karlık oranı ise NC1500 OPTI grubunda en yüksek (3,624 TL balık⁻¹) ve NC grubunda en düşük değerlerde (2,467 TL balık⁻¹) bulunmuştur ($P<0,05$). NC1500 OPTI ve NC3000 OPTI grupları ise benzer bulunmuştur ($P>0,05$).

Tablo 4.10 Yemlerin ekonomik değerleri¹

Periyotlar	Deney Grupları ²				
	PC	NC	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
Yem Maliyeti (TL kg ⁻¹)	7,208	7,168	7,186	7,205	7,242
Yem Tüketimi (kg balık ⁻¹)	0,185 ± 0,007 ^b	0,165 ± 0,008 ^c	0,210 ± 0,005 ^a	0,209 ± 0,004 ^{ab}	0,208 ± 0,005 ^a
Ağırlık Artışı (kg balık ⁻¹)	0,152 ± 0,003 ^c	0,114 ± 0,004 ^d	0,173 ± 0,004 ^a	0,169 ± 0,003 ^{ab}	0,166 ± 0,004 ^b
EDO (TL kg balık ⁻¹) ³	9,096 ± 0,159 ^b	10,397 ± 0,262 ^a	8,726 ± 0,106 ^c	8,902 ± 0,010 ^{bc}	9,092 ± 0,078 ^b
EKİ (TL balık ⁻¹) ⁴	3,240 ± 0,023 ^c	2,467 ± 0,046 ^d	3,624 ± 0,052 ^a	3,527 ± 0,059 ^b	3,462 ± 0,051 ^b

¹ Deney yemlerin ekonomik değerleri Ortalama ± Standart Sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı üst harflerle gösterilen değerler arasındaki istatistiki fark Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %95 doğruluk düzeyinde önemli bulunmuştur.

² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC +750 OTU/Kg OPTI; NC1500 OPTI: NC +1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC +3000 OTU/Kg OPTI.

³ EDO: Ekonomik Dönüşüm Oranı.

⁴ EKİ: Ekonomi Karlılık Oranı. (Balıkların kg satış fiyatı = 25 TL olarak alınmıştır)

4.9 BALIKLARIN VÜCUDUNDAKİ BESİN MADDELERİ VE KARACİĞER YAĞI İLE KEMİK KÜLÜ VE FOSFORU ORANLARI

Deneme başlangıcında ve yemleme deneylerinin sonunda her deney grubundan alınan balık örnekleri homojen halde getirildikten sonra besin maddeleri analizi yapılmıştır. Ayrıca, analize hazır hale getirilen karaciğer örneklerindeki ham yağ ve kemik örneklerindeki ham kül ile fosfor miktarları saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo 4.11’de ve şekil 4.3’te sunulmuştur.

Balıkların tüm vücudundaki kuru madde miktarı NC grubunda en düşük ve NC750 OPTI grubunda en yüksek oranlarda bulunmuştur ($P < 0,05$). Yapılan hesaplamalara göre gruplardaki balıkların tüm vücudundaki ham protein oranları arasında istatistiği olarak bazı farklılıklar görülmekle birlikte bu farklar oldukça minimum düzeyde olmuştur ($P < 0,05$). Balıkların tüm vücudundaki ham yağ oranları NC750 OPTI, NC1500 OPTI ve NC3000 OPTI gruplarında benzer ve bu grupların sahip oldukları oranlar diğer gruplardan daha yüksek bulunmuştur. Ancak tüm vücuttaki ham yağ oranı NC grubunda en düşük düzeyde olduğu görülmüştür ($P < 0,05$). Karaciğer yağı oranı ise NC grubunda en düşük ve PC ile NC3000 OPTI gruplarında benzer ve en yüksek düzeylerde bulunmuştur ($P < 0,05$). Balıklarının kemik külü

oranları ile fosfor oranları arasında genel olarak bir paralellik olduğu görülmüştür. Gruplardaki balıkların kemiklerinde yapılan fosfor oranları incelendiğinde en düşük oran NC grubunda görülmüştür ($P < 0,05$). Diğer tüm deney gruplarındaki fosfor oranları arasında küçük farklılıklar bulunmakla birlikte istatistiği olarak önemli bir fark görülmemiştir ($P > 0,05$).

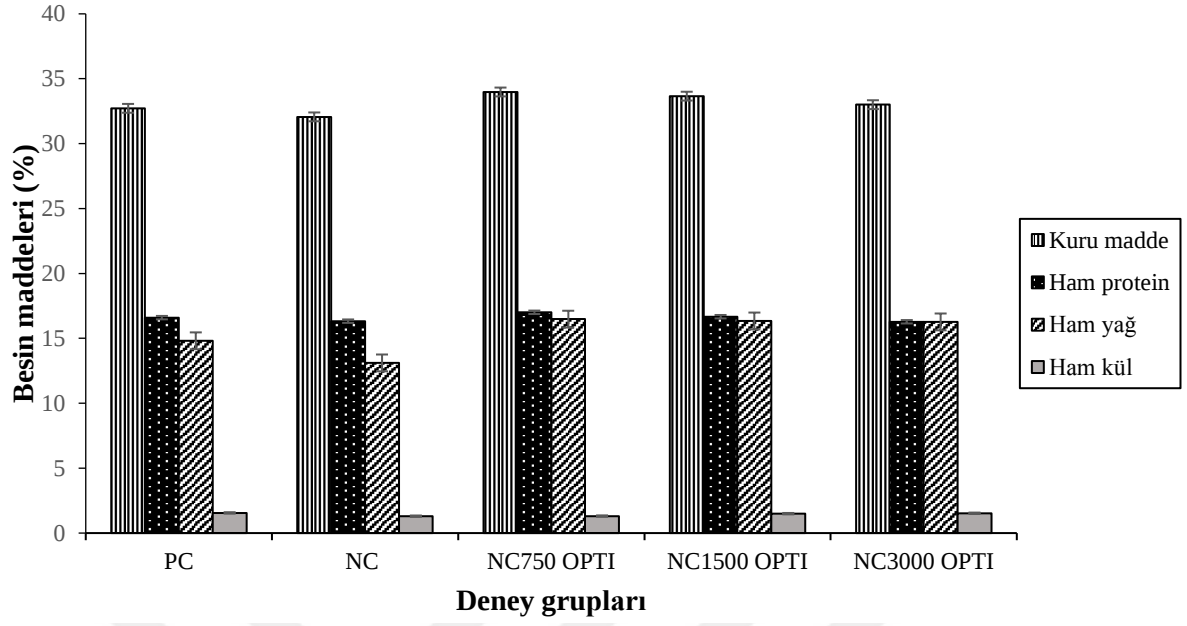
Deney başlangıcındaki balıkların kuru madde oranı ile deney sonunda NC grubundan alınan balıkların kuru madde oranı benzer bulunmuştur ($P > 0,05$). Benzer şekilde, PC, NC750 OPTI, NC1500 OPTI ve NC3000 OPTI gruplarındaki balıkların ham protein oranları ile deney başlangıcındaki balıkların ham protein oranları benzer bulunmuştur ($P > 0,05$). Ancak, deney başlangıcındaki ham yağ oranı bütün deney gruplarından daha düşük olmuştur ($P < 0,05$). Karaciğer yağı oranı ise deney başlangıcındaki balıklar ile NC grubundaki balıklarda benzer olduğu görülmüştür ($P > 0,05$).

Tablo 4.11 Balıkların tüm vücudundaki besin maddeleri miktarları, karaciğer yağı ile kemik külü ve fosforu oranları¹.

Besin maddeleri, karaciğer yağı, kemik külü ve fosforu oranları (%)	Deney Balıkları ²					
	Başlangıç	PC	NC	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
Kuru madde	31,04 ± 0,34 ^d	32,72 ± 0,47 ^c	31,84 ± 0,92 ^d	33,98 ± 0,79 ^a	33,66 ± 0,75 ^{ab}	33,00 ± 0,95 ^{bc}
Ham protein	16,68 ± 0,32 ^{ab}	16,60 ± 0,42 ^{ab}	16,33 ± 0,23 ^c	17,00 ± 0,28 ^a	16,67 ± 0,30 ^{ab}	16,39 ± 0,27 ^c
Ham yağ	12,70 ± 0,71 ^d	14,81 ± 0,35 ^b	13,11 ± 0,25 ^c	16,48 ± 0,31 ^a	16,34 ± 0,38 ^a	16,27 ± 0,35 ^a
Ham kül	1,93 ± 0,07 ^a	1,55 ± 0,14 ^a	1,3 ± 0,06 ^b	1,3 ± 0,05 ^b	1,49 ± 0,14 ^a	1,52 ± 0,09 ^a
Karaciğer yağı	1,89 ± 0,07 ^c	3,03 ± 0,10 ^a	1,86 ± 0,11 ^c	2,60 ± 0,10 ^b	2,62 ± 0,10 ^b	2,92 ± 0,12 ^a
Kemik külü	-	26,62 ± 0,58 ^b	19,58 ± 0,91 ^c	27,49 ± 0,51 ^{ab}	28,25 ± 0,62 ^a	28,51 ± 0,77 ^{ab}
Kemik fosforu	-	12,5 ± 0,89 ^a	9,19 ± 0,84 ^b	12,46 ± 1,14 ^a	12,78 ± 0,88 ^a	12,99 ± 0,82 ^a

¹ Deney balıklarının tüm vücut kompozisyonu, karaciğer yağı ile kemik külü ve fosfor oranları Ortalama ± Standart Sapma olarak sunulmuştur. Aynı satırda farklı üst harflerle gösterilen değerler arasındaki istatistiki fark Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %95 doğruluk düzeyinde önemli bulunmuştur.

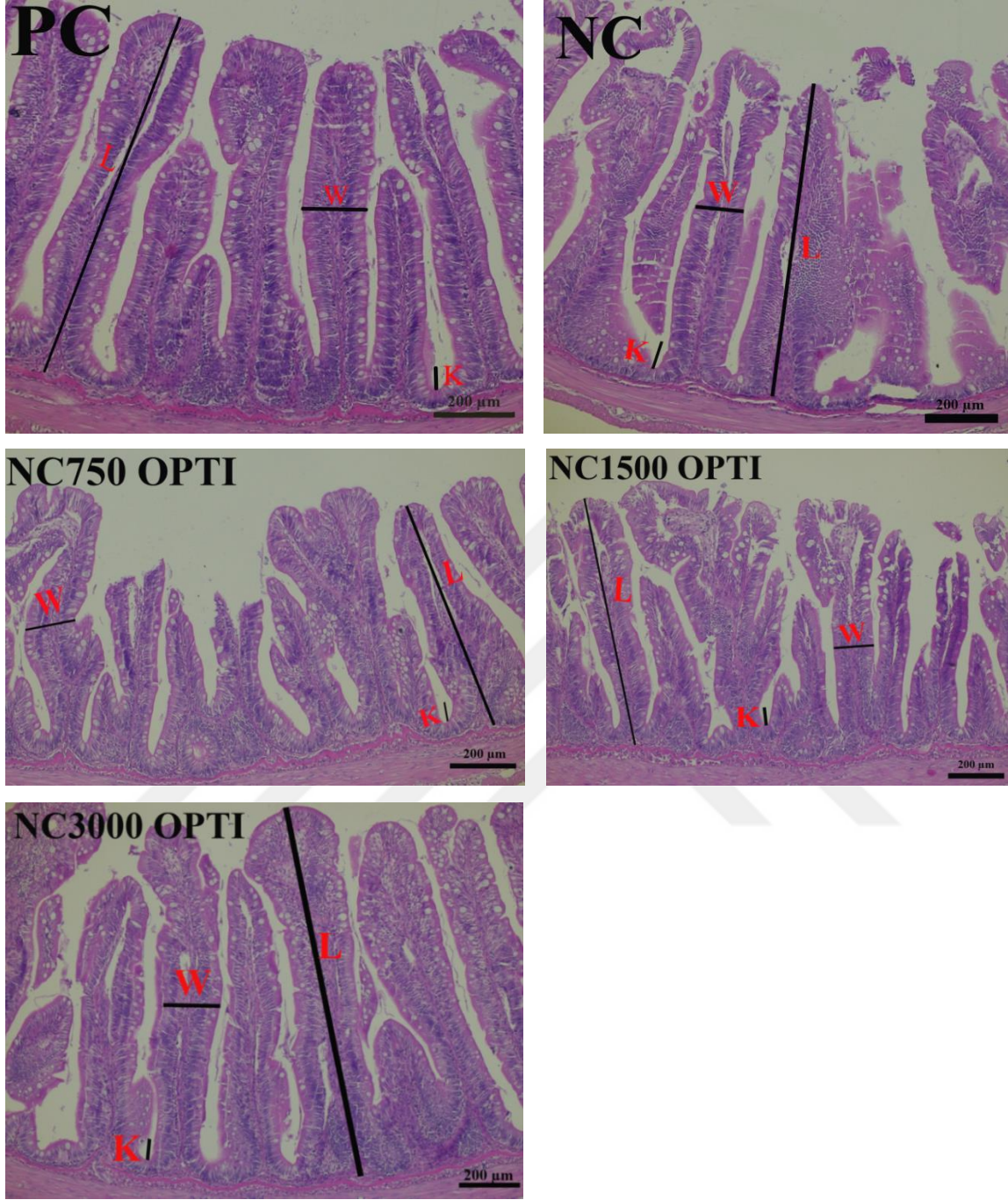
² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC +750 OTU/Kg OPTI, NC1500 OPTI: NC +1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC +3000 OTU/Kg OPTI.



Şekil 4.3 Deney balıklarının tüm vücudundaki besin maddeleri oranları.

4.9 HİSTOLOJİK BULGULAR

Araştırmadaki yemlerde kullanılan fosfor (MCP) ve fitaz (OPTIPHOS) oranlarının deney balıklarının bağırsak morfolojisi üzerindeki etkileri Şekil 4.4 - 4.6 ve Tablo 4.12'de gösterilmiştir. Yemlerde kullanılan farklı fosfor ve fitaz oranları ile beslenen balıkların ön bağırsakları histolojik olarak değerlendirildiğinde tüm gruplarda ön bağırsak dokusunda patolojik bir bozukluğun olmadığı saptanmıştır (Şekil 4.3). Ancak ön bağırsaklardaki enterosit hücrelerinin etrafında lipid damlacıklarının varlığı gözlemlenmiş ve mukoza, submukoza ve enterosit dokularında bütünlük olduğu görülmüştür.



Şekil 4.4 Deney balıklarına ait bağırsak dokularının histolojisi (L = Vilüs Boyu, W = Vilüs Çapı and K = Kript Derinliği) (PAS).

Vilüslerin morfometrik özellikleri incelendiğinde vilüs boyu değerleri NC1500 OPTI ve NC3000 OPTI gruplarında en yüksek değerlerde bulunmuştur ($P < 0,05$). Buna karşın, NC grubunda vilüs boyu en düşük değerde bulunmuştur ($P < 0,05$). Ancak PC ve NC750 OPTI deneme gruplarının vilüs boyu değerlerinin benzer olduğu görülmüştür ($P > 0,05$). Deney

gruplarının vilüs çapı değerleri incelendiğinde benzer oldukları görülmüştür ($P>0,05$). Vilüs kript derinliğinin de NC grubunda en yüksek değerde olduğu görülmüştür. Vilüs boyunun kript derinliğine oranları NC1500 OPTI grubunda en yüksek değerde bulunmuştur ($P<0,05$). Deney balıklarının vilüs yüzölçümü değerleri incelendiğinde NC1500 OPTI ve NC3000 OPTI gruplarında diğer deney gruplarından daha yüksek değerlerde bulunmuştur ($P<0,05$). Ancak, PC, NC ve NC750 OPTI deney gruplarının vilüs yüzölçümü değerlerinin benzer olduğu görülmüştür ($P>0,05$).

Tablo 4.12 Deney balıklarının bağırsak morfometrik özellikleri¹.

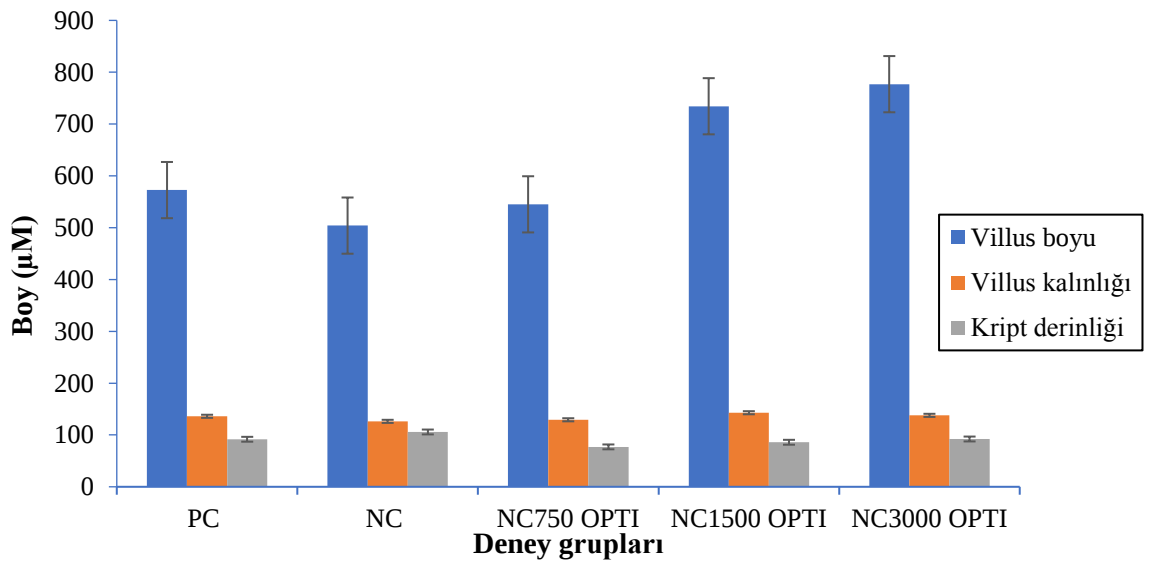
Vilüs özellikleri	Deney Grupları ²				
	PC	NC	NC750 OPTI	NC1500 OPTI	NC3000 OPTI
Vilüs boyu (μm)	572,57 $\pm$ 76,17 ^b	503,96 $\pm$ 80,18 ^{bc}	545,04 $\pm$ 89,02 ^b	734,32 $\pm$ 102,77 ^a	776,93 $\pm$ 99,25 ^a
Vilüs çapı (μm)	136,03 $\pm$ 27,99	126,25 $\pm$ 25,99	129,29 $\pm$ 27,54	142,89 $\pm$ 30,99	137,86 $\pm$ 29,60
Kript derinliği (μm)	91,71 $\pm$ 21,77 ^{ab}	105,79 $\pm$ 27,56 ^a	77,00 $\pm$ 10,75 ^b	85,92 $\pm$ 26,23 ^b	92,25 $\pm$ 20,86 ^{ab}
VB/ KD ³	1,56 $\pm$ 0,49 ^{ab}	1,31 $\pm$ 0,48 ^b	1,67 $\pm$ 0,44 ^{ab}	1,79 $\pm$ 0,64 ^a	1,58 $\pm$ 0,53 ^{ab}
Vilüs yüzölçümü (mm^2)	0,25 $\pm$ 0,07 ^b	0,20 $\pm$ 0,04 ^b	0,22 $\pm$ 0,06 ^b	0,33 $\pm$ 0,09 ^a	0,33 $\pm$ 0,07 ^a

¹ Deney balıklarının vilüs morfometrik özellikleri Ortalama $\pm$ Standart Sapma olarak sunulmuştur.

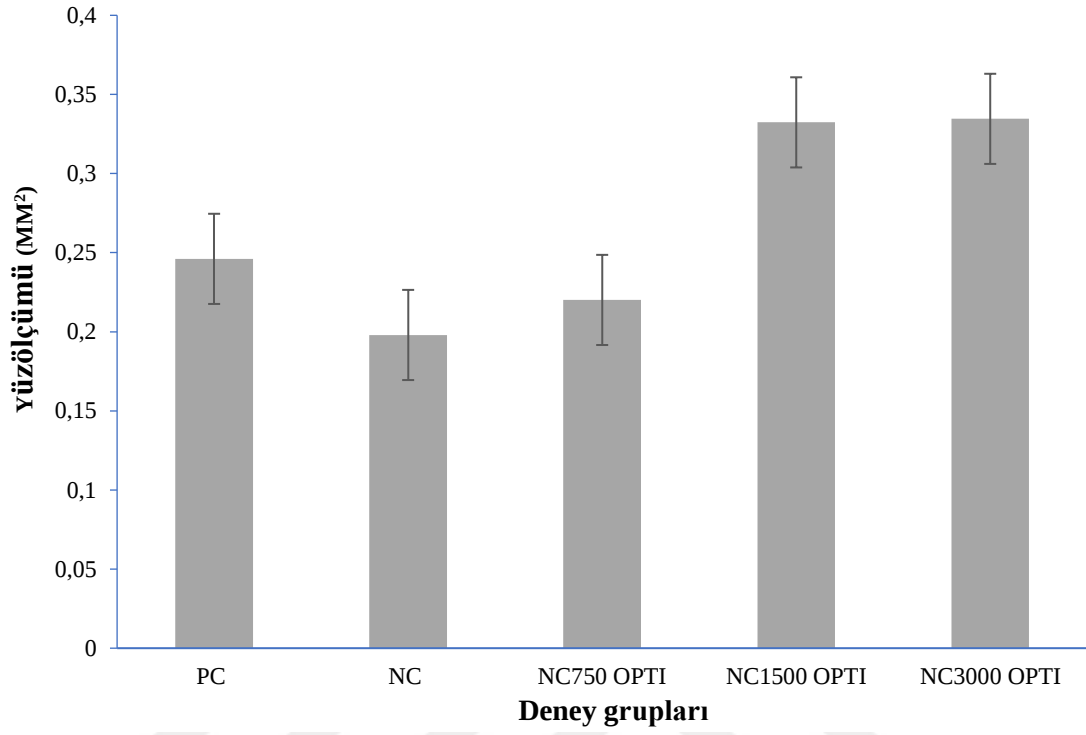
Aynı satırda farklı üst harflerle gösterilen değerler arasındaki istatistikî fark Tukey çoklu karşılaştırma testine göre %95 doğruluk düzeyinde önemli bulunmuştur.

² PC: Pozitif kontrol; NC: Negatif kontrol; NC750 OPTI: NC +750 OTU/Kg OPTI; NC1500 OPTI: NC +1500 OTU/Kg OPTI ve NC3000 OPTI: NC +3000 OTU/Kg OPTI.

³ Vilüs boyunun - Kript derinliğine oranı



Şekil 4.5 Deney balıklarının vilüs boyu, vilüs kalınlığı ve kript derinliği.



Şekil 4.6 Deney balıklarının vilüs yüzölçümü.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Gökkuşığı alabalığı üretiminde somatik büyümeyi iyileştirmek için balık yemlerinde balık ununun yüksek oranda kullanılması gerekmektedir. Kültür balıkçılığı girişimlerinde talebin artması ve su ürünleri avcılığının azalması nedeniyle balık unu üretimi azalmakta ve dolayısıyla maliyeti giderek artmaktadır (Olsen ve Hasan, 2012). Gökkuşığı alabalığı gibi karnivor balık yemlerinde balık ununun tamamı yerine bitkisel protein ve bitkisel yağ kaynakları kullanıldığında, balıkların büyüme performansında düşüşe neden olmaktadır. Bu nedenle yemlerde balık ununun tamamı yerine bitkisel protein kaynaklarının kullanılması mümkün görülmemektedir (Panserat ve diğ., 2009). Bu nedenle, balıkların üretim verimliliğini korumak için balık yeminin bitkisel protein kaynaklarıyla kısmen yer değiştirilmesi şiddetle tavsiye edilmektedir. Ancak bitkisel protein kaynakları yüksek lif içeriği, düşük protein içeriği, çözünür olmayan karbonhidratların ve anti-besinsel faktörlerin varlığı gibi bir çok yetersizliklere sahiptirler (Burr ve diğ., 2012; Adeyemo ve Onilude, 2014).

Fitaz gibi ekzojen enzimlerin yemlerde kullanımı, fitik asit ve fitat gibi anti-besleyici faktörleri inhibe ederek balıklar tarafından fosfor alımını iyileştirir. Dolayısıyla balıklar yemleri daha etkili kullanabildiği için büyüme performansları da pozitif olarak etkilenir (Cao ve diğ., 2007; Kumar ve diğ., 2011; Mass ve diğ., 2018). Konu ile ilgili yapılan araştırmalar, fitaz enzimlerinin fitik asidi iki mekanizma ile hidrolize ettiğini belirtmişlerdir. İlk olarak fitik asidin miyo-inositol esterlere ayrılması sonucunda miyo-inositol ve 6 serbest inorganik fosfat parçası elde edilir. Daha sonra fitat yada fitik asit miyo-inositol monofosfat ve 5 serbest inorganik fosfat parçasına ayrılır (Selle ve Ranvidran, 2007; Greiling ve diğ., 2018). Balıklarda fosfor alımı; iskelet gelişimi, ATP sentezi, hücre zarı geçirgenliği ve genetik süreçler için gereklidir (Mai ve diğ., 2006). Fitaz aktiviteleri hem endojen hem de eksojen enzimler için genellikle FTU fitaz (Phytase Unit) birimi olarak ifade edilir. Ancak OPTIPHOS aktiviteleri OTU - 2 FTU = 1 OTU olan bir fitaz birliği olarak ifade edilir.

Asitleyiciler, ayrıca yemlerde besinlerin balıklar tarafından kullanılmasında önemli düzeyde iyileştirici bir rol oynar, bağırsak patojenlerini öldürür, endojen ve eksojen enzimlerin etkinliğini artırır. Böylece asitleyiciler kültür balıklarında yemlerin sindirilebilirliğini ve besin alımını artırır (Gao ve diğ., 2010; Morken ve diğ., 2011; Reda ve diğ., 2016). Bu tez çalışmasının amacı, yemlere farklı oranlarda ilave edilen MonoKalsiyum Fosfat ve Fitaz

enzimi olarak OPTIPHOS'un Türkiye'nin tatlı sularında en çok yetiştirilen gökkuşaağı alabalığında büyüme performansı, karkas kalitesi ve sindirim sistemi histolojik özelliklerine etkilerini araştırmaktır. Bu nedenle, yetiştirilen balığın deney başlangıcı ve sonu tartımları, canlı ağırlık artışları, deney başlangıcı ve sonu toplam boyu, kondüsyon faktörü, tüketilen yemler, YYO, VSI ve HSI özellikleri belirlenmiş ve hesaplanmıştır. Ekonomik dönüşüm oranı ve ekonomik karlılık indeksi'nden oluşan ekonomik analiz parametreleri buna göre incelenmiştir. Ayrıca balıkların karkas besin bileşimi, karaciğer lipit bileşimi, kemik külü bileşimi ve kemik külü fosfor içeriği de analiz edilerek belirlenmiş. Deneyde kullanılan balıkların bağırsak mukozasının kalitatif ve morfometrik özellikleri incelenmiş ve analiz edilmiştir.

Literatürlerde bildirilen parametrelerle karşılaştırıldığında, yemleme denemeleri sırasında deney tanklarından kaydedilen çözünmüş oksijen, su sıcaklığı ve pH gibi suyun fiziksel ve kimyasal parametrelerinin (Tablo 4.1) gökkuşaağı alabalığının maksimum büyüme performansı sağlayabilmesi için optimum düzeyde görülmüştür. Gökkuşaağı alabalığı için suda çözünmüş minimum oksijen konsantrasyon gereksinimi 6 mg/L, optimum su sıcaklığı 10-15°C ve pH değeri 6,5 - 8,5'tir (Pennell ve Barton, 1996; Pillay ve Kutty 2005; Woynarovich ve diğ., 2011).

Gökkuşaağı alabalığının optimum büyüme performansı sağlaması için gerekli besinleri temin etmek için uygun yem formülasyonu gereklidir. Bu nedenle araştırmamızda kullanılan yem formülasyonu genç gökkuşaağı alabalığının somatik büyümesi için özel gereksinimleri karşılayacak şekilde hazırlanmıştır. Böylece deney yemlerinde bulunan yaklaşık %48 protein, %15 yağ ve diğer besin maddelerinin oranları (Tablo 3.1) araştırmada kullanılan juvenil gökkuşaağı alabalığının optimum büyüme performansını sağlamak için yeterli düzeyde olduğu görülmüştür. Deney gruplarındaki balıkların büyüme performansları arasındaki fark (Tablo 4.2-Tablo 4.7) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu sonuçlar, Vielma ve diğ. (2004) tarafından yapılan ve fitaz olarak RONOZYME enziminin ve fosfor takviyeleri olarak Sodyum Fosfat-Potasyum karışımının kullanıldığı denemelerle benzerlik sağlamıştır. Yaptığımız bu tez araştırmamızda, farklı düzeylerde fitaz enzimi içeren diyetlerle beslenen balıkların ağırlık artışı (NC750 OPTI, NC1500 OPTI ve NC3000 OPTI gruplarının ortalama ağırlık artışı: %616), kontrol grubunun ağırlık artışıyla (NC ağırlık artışı: %450) karşılaştırıldığında daha yüksek ve yemden yararlanma oranlarının (1,24) daha düşük

(balıkların yemi daha iyi kullandıkları anlamına gelmektedir) olduğu görülmüştür. Ayrıca, fosfor ilave edilen diyetlerle beslenen balıklar da kontrol diyetiyle (NC) beslenenlerden daha önemli ağırlık artışı (%568) ile düşük (1,26) YYO (yüksek FER) değerlerine sahip olmuştur. Ancak belirtilen parametreler ile fitazla beslenen balıkların YYO değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Hernandes ve diğ. (2005) yaptıkları araştırmada, juvenil gökkuşağı alabalığı diyetlerine %0.5 ve %1 oranlarında Monokalsiyum Fosfat ilave edilmesinin, balıkların yemden yararlanma oranını (1,03) önemli ölçüde azaltırken, ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranını (2,95) arttırdığını göstermiştir. Yukarıdaki araştırmada belirtilen sonuçlar, araştırmamızda yemlere %2.1 oranında Monokalsiyum Fosfat ilave edilmesinin doğru olduğunu desteklemektedir.

Başka bir araştırmada (Cheng ve Hardy, 2004), juvenil gökkuşağı alabalığı diyetlerinde kullanılan damıtılmış çözünebilir mısıra (DDGS), farklı düzeylerde fitaz enzimi (0, 300, 500, 600, 900 ve 1200 FTUKg⁻¹) ilavesinin balıklarda ağırlık artışını (70 gün süreyle yapılan araştırmada grupların ortalama ağırlık artışı: %376) yada yemden yararlanma oranını (1,11) önemli ölçüde iyileştirmediği belirtilmiştir. Barnes ve diğ. (2012) tarafından yapılan araştırma da Cheng ve Hardy (2004) çalışmasındaki bulguları doğrulamaktadır. Bu araştırmada, juvenil gökkuşağı alabalığı diyetlerine fitaz takviyesi olarak RONOZYME ile DDGS'nin %10 ve %20'sinin ilave edilmesi sonucunda balıklarda düşük ağırlık artışının (36 gün süreyle yürütülen araştırmada grupların ortalama ağırlık artışı: %75,8) gerçekleştiği ve yemden yararlanma oranının da arttığı (0,88) belirtilmiştir. Ancak yaptığımız bu tez araştırmasında, protein kaynakları olarak soya fasulyesi unu, mısır gluteni ve buğday gluteni kullanılmıştır. Fitaz enzimi ve Monokalsiyum Fosfat ilave edilen deney yemleri ile beslenen balıkların büyüme performansı pozitif olarak sonuçlanmıştır.

Wang ve diğ. (2008) yavru gökkuşağı alabalığı (yaklaşık 1.70 g) diyetlerine fitaz enzimi ilave ederek bir araştırma yürütmüşlerdir. Genel olarak araştırmada elde edilen bulgular ile bu tez araştırmasında elde edilen sonuçlar arasında benzerlikler olduğu görülmektedir. Belirtilen araştırmada, farklı oranlarda fitaz enziminin püskürtüldüğü yemlerle (0, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 ve 3000 ünite/kg yem) beslenen balıkların yemden yararlanma oranı önemli düzeyde düşmüş (enzim içeren deney gruplarının ortalama YYO (0,93) ve proteinden yararlanma oranı (enzim içeren deney gruplarının ortalama PER: 2,48) ise artmıştır. Ön işlem görmüş soya fasulyesinin yer aldığı diyetle ilave edilen fitaz enzimi (0, 500, 1000 ve 1500

ünite/kg yem) ile beslenen balıkların spesifik büyüme oranı (enzim içeren deney gruplarının ortalama SBO: 2,36), yemden yararlanma oranı (enzim içeren deney gruplarının ortalama YYO: 0,94) ve proteinden yararlanma oranları değerlerinde gruplar arasındaki fark önemli görülmemiştir. Ayrıca, Yang ve diğ. (2011) tarafından yapılan bir araştırmada, yavru gökkuşağı alabalığı (yaklaşık 4g) diyetlerinde balık unu yerine %20, %40 ve %60 oranlarında soya unu kullanılmış ve bu diyetlere 1000 ünite/kg yem fitaz ilave edilmiştir. Bu diyetlerle beslenen balıkların canlı ağırlık artışları, yemden yararlanma oranları, spesifik büyüme oranları ve proteinden yararlanma etkinlikleri ile protein kaynağı olarak sadece balık unu içeren diyetle beslenen balıkların belirtilen değerleri oldukça benzer bulunduğu belirtilmiştir.

Yiğit ve diğ. (2016) tarafından ekstrakte edilmiş soya küspesi ile proteaz, fitaz ve proteaz - fitaz enzim kombinasyonlarının kullanıldığı diyetlerle beslenen gökkuşağı alabalıklarının canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı ve yemden yararlanma oranları arasında önemli bir fark görülmediği rapor edilmiştir. Bununla birlikte, Morales ve diğ. (2016) tarafından yapılan araştırmada da diyetlerde fitaz, sodyum diformat ve fitaz - sodyum diformat kombinasyonları kullanılmıştır. Araştırmada, 4000FTU Kg⁻¹ fitaz enzimi içeren diyetlerle beslenen balıkların, bazal diyetlerle beslenen balıklara göre canlı ağırlık artışlarının önemli düzeyde arttığı ve yemden yararlanma oranlarının ise düştüğü belirtilmiştir.

EFSA-FEEDAP (2017) tarafından fitaz enzimi olarak OPTIPHOS G 4000 ve OPTIPHOS CT 8000'in yavru gökkuşağı alabalığı (yaklaşık 12 g) ve ergin Atlantik salmonunda (yaklaşık 165 g) güvenlik ve etkinliği test etmek için yürüttüğü çalışmalar da bu tez çalışmasının bulgularını desteklemektedir. 500 ve 750OTU kg⁻¹ OPTIPHOS (fitaz), 250OTU kg⁻¹ OPTIPHOS içeren diyetlerle beslenen balıkların kontrol diyetiyle beslenen balıklardan daha fazla canlı ağırlık artışına ve daha düşük yemden yararlanma oranına sahip oldukları belirtilmiştir. Bununla birlikte 250OTU kg⁻¹ OPTIPHOS içeren balık grubu ile enzim içermeyen kontrol grubu arasında balık büyümeleri açısından önem bir fark görülmediği belirtilmiştir. Bu durum belirtilen enzim düzeyinin yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle yaptığımız bu tez çalışmasında daha yüksek düzeylerde enzim kullanılmıştır. Yukarıda belirtilen bulgulara dayanarak, gökkuşağı alabalığı diyetlerine yapılan fitaz ilavelerinin, balık yemlerinde kullanılan bitki bazlı protein kaynaklarının uyumlu olması şartıyla, balıklarda büyüme performansı, yem tüketimi ve yem verimliliği üzerinde önemli düzeyde pozitif etkilerinin olduğu belirtilmiştir.

Araştırmamızda, fitaz enzimi ve yem fosfat uygulaması ile artan yem fiyatlarına rağmen ekonomik dönüşüm oranında ve ekonomik karlılık indeksinde bu katkı maddelerinin belirgin bir iyileşmeye yol açtığı görülmüştür (Tablo 4.10). Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçların farklı araştırmalardan (Hunt ve diğ., 2010; Dikel ve diğ., 2010; Öz ve diğ., 2016; Öz ve diğ., 2018) elde edilen EDO ve EKİ dahil büyüme performansı etkinliği açısından farklı büyüme artırıcılarının test edildiği bulgularla uyumlu olduğu görülmüştür. Yaptığımız bu araştırmada, inorganik fosfat yada fitaz enzimi ilave edilmiş diyetlerle beslenen balıklarda ekonomik dönüşüm oranı önemli düzeyde düşük olmuştur (Tablo 4.10). En düşük EDO düzeyi 750 OTU/kg fitaz enzimi içeren diyetle beslenen deney grubunda görülmüştür. Bu durum, gökkuşağı alabalığında büyüme performansının iyileştirilmesi için diyetteki fitaz enziminin ve fosforun ekonomik fizibilitesini göstermektedir. Böylece, balıkların hızlı besin alımıyla yem giderlerini düşürmekte ve büyüme oranını artırmaktadır. Diyet fosforu ve fitaz enzimi ile beslenen balıklarda ekonomik karlılık indeksi sonuçları anlamlı derecede yüksek olmuştur. Bu tez çalışmasında, 750 OTU/kg düzeyinde fitaz içeren diyetlerle beslenen balıkların EKİ değeri önemli ölçüde yüksek olmuştur. Bu nedenle, gökkuşağı alabalığı yemlerine inorganik fosfor yada fitaz enziminin ilave edilmesiyle daha yüksek karlılık indeksi ortaya çıkmıştır. Araştırmanın sonuçları, gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinde yemlerde MCP ve OPTIPHOS kullanımının ekonomik fizibilitesini doğrulamaktadır.

Bu tez araştırmasında, diyetlerde fitaz enzimi olarak OPTIPHOS'un ve fosfat olarak MCP'nin kullanımının, balıkların tüm vücudundaki kuru madde, ham protein, lipid, karaciğer yağı, kemik külü ve kemik fosforu oranlarını önemli ölçüde değiştirdiğini göstermektedir (Tablo 4.10). Vielma ve diğ. (2004) gökkuşağı alabalığı yemlerinde fitaz enzimleri ve inorganik fosfat kullanımının gökkuşağı alabalığındaki kemik külü oranını (yaklaşık %45) ve plazma fosfat konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir.

Biswas ve diğ. (2007) Juvenil kırmızı çipura (*Pagrus major*) balıkları üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmada, balık unu yerine fitaz ile ön işleme tabi tutulmuş soya fasulyesi kullanılan diyetlerle beslenen balıkların tüm vücuttaki protein ve fosfor içeriğinde önemli bir iyileşme olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna karşın, Yang ve diğ., (2011) yavru gökkuşağı alabalığı (yaklaşık 4 g) diyetlerinde balık ununun bir kısmı yerine fitaz ile işlenmiş soya küspesi kullanımının balıklardaki besin maddelerinde önemli bir gelişme göstermediğini

belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Cheng ve diğ. (2004) ve Yiğit ve diğ. (2016) tarafından yürütülen araştırmalarda, distile edilerek kurutulmuş tahıl (DDGS) ve ekstrakte edilmiş soya fasulyesi içeren diyetlerle beslenen gökkuşağı alabalığının tüm vücut besin maddeleri kompozisyonunda önemli bir iyileşme olmadığını bildirmişlerdir.

Hasan ve diğ. (2009) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, süt balığı (*Chanos chanos*) diyetlerine 500 FTU/kg ve 1000 FTU/kg düzeylerinde fitaz kullanımının ve soya bazlı diyetlerinin balıkların tüm vücut kompozisyonunu önemli ölçüde geliştirdiği ve balık unu içeren diyetle beslenen balıklarınkiyle benzer sonuçlar gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Carter ve Sajjadi (2011) tarafından yürütülen araştırmada, juvenil Atlantik salmonu (*Salmo salar*) diyetlerinde fitaz enzimi ile birlikte düşük oranda balık unu kullanımının yukarıdaki araştırmaların bulgularını desteklediğini belirtmişlerdir. Ön işleme tabi tutulmuş soya fasulyesi konsantreleri ve spreylene fitaz içeren diyetlerin balıkların tüm vücut ham kül, fosfor, kemik külü ve kemik fosfor içeriklerinde önemli bir gelişme sağladığı belirtilmiştir. Nwanna ve Olusola (2014) Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) diyetlerindeki fitaz takviyelerinin balıkların vücut mineral kompozisyonunu önemli ölçüde iyileştirdiğini ve genel olarak yukarıdaki araştırmaların sonuçlarını da desteklediğini bildirmişlerdir. Nie ve diğ. (2017) tarafından yürütülen araştırmada, sazan balığı (*Carassius aurata*) yemlerinde kullanılan fosfor ve fitazın balıkların karkas Ca, P, Zn, Na ve Mg bileşimini, serum Ca ve P bileşimini ve kemik fosforu ve kalsiyumunda önemli bir iyileşme gösterdiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, EFSA-FEEDAP (2017) tarafından yapılan araştırmada, juvenil gökkuşağı alabalığı yemlerinde OPTIPHOS'un 500 OTU/kg düzeyinden daha fazla kullanılmasıyla balıkların tüm vücut fosfor ve kemik külü içeriklerinde önemli bir artış gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, Abo-Norag ve diğ. (2018) yaptıkları araştırmada, Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) yemlerinde fosfat ve fitaz enzimlerinin kullanılmasıyla tüm vücut kuru madde, ham protein, lipid, ham kül, karbonhidrat, kalsiyum ve fosfor oranlarının önemli düzeyde geliştiğini bildirmişlerdir. Yukarıda belirtilen bulgular değerlendirildiğinde, diyetlerde fosfor ve fitaz enzimlerinin kullanılmasıyla gökkuşağı alabalığı da dahil olmak üzere bir çok balık türünde besin maddeleri kompozisyonunun önemli ölçüde geliştiği görülmektedir.

Yapılan bu tez araştırmasında, gökkuşağı alabalığı diyetlerinde kullanılan fosfat ve fitaz'ın balıkların gastrointestinal sitemin histomorfolojisinde önemli değişikliklere yol açtığı da görülmüştür (Tablo 4.12). Gisbert ve diğ. (2008)'e göre bağırsak ve karaciğer histomorfolojisindeki değişiklikler balık beslenmesinde biyomarker olarak kullanılabilir. Araştırmamızdaki bağırsak örneklerinde enterosit supranükleer pozisyonunda lipit vakuolizasyonu gözlemlendi (Şekil 4.4). Elde ettiğimiz bu bulgular ile Raskovic ve diğ., (2011) ve Yıldız ve diğ. (2013) araştırmalarında elde edilen bulgular arasında bir uyum olduğu görülmüştür. Ancak, fitaz enziminin balıkların yada özellikle gökkuşağı alabalığının bağırsak dokuları üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmalar çok sınırlıdır. Kanatlı hayvanlarda diyet fosfor ve fitaz enziminin etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar, bağırsak dokularında önemli histomorfolojik değişiklikleri göstermektedir. Düşük oranlarda mikrobiyal fitaz enzimlerinin (500 ve 1000 U/kg) vilüs uzunluğunu etkilemediği, ancak vilüsün kript derinliğini önemli ölçüde azalttığı broyler tavuğundaki duodenumdaki vilüs yüksekliğinin kript oranını artırdığı belirtilmiştir (Nourmohammadi ve Afzali, 2013; Mohammadagheri ve diğ., 2016). Oysa Catalan ve diğ. (2016) diyetlerde daha düşük oranlarda mikrobiyal fitaz (500 FTU/kg) kullanımının bağırsak vilüsünün morfometrik özelliklerini değiştirmedeğini bildirmişlerdir. Ancak, etlik piliç diyetlerindeki fitaz enzim takviyeleri vilüs uzunluğunu, vilüs genişliğini, vilüs yüksekliğinin kripta oranını ve vilüs yüzey alanını önemli ölçüde geliştirdiği rapor edilmiştir (Zanu ve diğ., 2020). Benzer şekilde, Nil tilapia diyetlerine fitaz enzimi (500 ve 1000 U/kg) ve inorganik fosfat ilaveleri ile balıkların bağırsak vilüs uzunluğunda önemli bir artışa neden olduğu belirtilmiştir (Abo-Norag ve diğ., 2018). Yukarıda belirtilen bulgulara göre, diyetlerde yer alan yeterli dozdaki fitaz enziminin bağırsak vilüs yüksekliğini, vilüs genişliğini, vilüs yüksekliğinin kripta oranını ve balık dahil monogastrik hayvanların vilüs yüzey alanını önemli ölçüde artırabileceği açıktır.

Yemlerde fitaz enziminin takviyesi, balıkların büyüme performansını önemli ölçüde artırır. Bununla birlikte, farklı dozlar spesifik olarak farklı sonuçlar verir. EFSA -FEEDAP (2017) tarafından yapılan araştırmada, 500 OTU kg⁻¹ yem OPTIPHOS dozunun gökkuşağı alabalığının deney sonu ağırlığını %10 oranında artırmak, YYO'yu 0,96'dan 0,90'a düşürmek ve kemik külünü %42.7 oranında artırmak için minimum etkili doz olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada test edilen OPTIPHOS dozları balıkların kilo alımında benzer sonuçlar vermiştir. Diğer taraftan 750 OTU kg⁻¹ yem ve 1500 OTU kg⁻¹ yem dozları önemli ölçüde daha düşük EDO ve daha yüksek EKİ değerlerini vermiştir. Aynı araştırmada,

belirtilen enzim dozlarının balıklarda önemli ölçüde daha yüksek protein içeriği ile sonuçlandığı belirtilmiştir. Balıkların bağırsak morfometrik özellikleri incelendiğinde 750 OTUkg⁻¹ yem OPTIPHOS dozunun en düşük kript derinliğini (77µm) ve en yüksek vilüs ile kript oranını (1,67) etkilediği görülmüştür. Ancak 1500 OTUkg⁻¹ yem, 750 OTUkg⁻¹ yem oranlarında enzim içeren yemlerin balıkların ham kül oranını önemli düzeyde artırdığı bildirilmiştir. 1500 OTUkg⁻¹ yemin balıkların bağırsaklarında vilüs yüksekliğini önemli ölçüde iyileştirdiğini ve kript derinliğini azalttığını, en yüksek vilüs ile kript oranı (1,79) ve en yüksek kript yüzey alanı (0,33 mm²) ile sonuçlandığını rapor etmişlerdir. Dolayısıyla, gökküşağı alabalığı yetiştiriciliğinde yemlerin maliyetini azaltmak, balıkların büyüme hızını ve et kalitesini iyileştirmek amacıyla 750 OTUkg⁻¹ yem OPTIPHOS düzeyinin etkili miktar olduğu belirtilmiştir.

SONUÇ

Juvenil gökküşağı alabalığının büyüme performansına, karkas kalitesine ve gastro bağırsak sistemine yemlerde fosfor olarak Monokalsiyum fosfatın ve fitaz olarak OPTIPHOS'un kullanılmasının önemli etkileri aşağıdaki gibi açıklanabilir. Juvenil gökküşağı alabalığı yemlerinde fosfor ve fitaz kullanımının, balıklarda canlı ağırlık artışını, boy artışını, spesifik büyüme oranını, yem tüketimini ve yemden yararlanma oranını önemli ölçüde iyileştirerek balıkların büyüme performansı üzerinde olumlu bir etki sağlamıştır. Ancak, yapılan bu ilavelerin balıkların kondüsyon faktörü değerlerini önemli ölçüde etkilemediği görülmüştür. Yemlere fosfor ve fitaz ilavelerinin balıkların VSİ değerlerini önemli ölçüde azaltmıştır. Ancak diyetlere sadece fitaz ilave edilmesinin balıkların HSI değerlerini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür.

Yemlerde inorganik fosfor ve fitaz enzimi kullanımının, EKİ'de önemli ölçüde iyileşme ve EDO'da gösterdiği azalma nedeniyle ekonomik olarak uygulanabilir olduğu görülmüştür. Yemlerde inorganik fosfor ve fitaz kullanılmasının deney gruplarında ekonomik anlamda önemli bir kazanç sağlamıştır. 750 OTU/kg OPTIPHOS dozu en düşük EDO ile sonuçlanmıştır. Benzer şekilde, 750 OTU/kg OPTIPHOS dozunun en yüksek EKİ'ye yol açtığı ve fosfor yada fitaz ilavelerinin yapıldığı diyetlerle beslenen balıklarda karlılık indeksi önemli ölçüde yüksek olmuştur.

Yemlerde fosfor ve fitaz kullanımının, gökkuşığı alabalığının tüm vücut besin kompozisyonu üzerinde önemli etkisi olmuştur. Genel olarak yemlere ilave edilen fitaz enzimiyle beslenen balıkların tüm vücut kuru madde oranları, MCP ilaveli diyetlerle beslenenlerden önemli ölçüde daha yüksek olmuştur. Ayrıca, 750 OTU/kg ve 1500 OTU/kg OPTIPHOS ilaveli yem gruplarındaki balıkların tüm vücut protein oranları, 3000 OTU/kg OPTIPHOS ve MCP ilaveli yem gruplarındaki balıklardan önemli ölçüde daha yüksek olmuştur. Tüm vücuttaki lipid oranı ise fitaz ilaveli yemlerle beslenen balıklarda, fosfor ilaveli yemlerle beslenenlerden daha yüksek olmuştur. Ayrıca balıkların karaciğer lipid oranı, fosfor ve fitaz ilaveli balık gruplarında önemli ölçüde dengeli bir düzeyde olmuştur. 1500 OTU/kg, 3000 OTU/kg OPTIPHOS ve MCP ilaveli yemlerle beslenen balıklarda tüm vücut ham kül oranı önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Ayrıca, fosfor ve fitaz ilaveli yemlerle beslenen balıkların kemik külü ve kemik külü fosfor oranları önemli düzeyde artmıştır.

Fosfor ve fitaz ilaveli yemlerin balıkların gastro-intestinal emici dokuları üzerinde önemli pozitif etkileri olmuştur. 1500 OTU/kg ve 3000 OTU/kg oranlarında OPTIPHOS ilaveli gruplardaki balıkların bağırsaklarındaki vilüs boyu önemli ölçüde artmıştır. Ancak, fosfor ve fitaz ilaveli yemler balıkların vilüs çapını etkilememiştir. Vilüs kript derinliği ise fosfor ve fitaz ilaveli yemlerle önemli düzeyde azalmıştır. Balıklardaki vilüs boyu ile kript derinliği oranı da fosfor ve fitaz ilaveli yemlerle önemli düzeyde gelişmiştir. Son olarak, 1500 OTU/kg ve 3000 OTU/kg oranlarında OPTIPHOS ilaveli yem gruplarındaki balıkların vilüs yüzölçümünde önemli bir artış olmuştur.

Sonuç olarak deney gruplarındaki balıkların bağırsak morphometrik özellikleri incelendiğinde NC1500 OPTI/kg yeminin daha yüksek pozitif etkiler gösterdiği, ancak balıkların büyüme performansı, tüm vücut besin maddeleri kompozisyonu ve ekonomik parametreleri incelendiğinde ise juvenil gökkuşığı alabalıkları için NC750 OPTI/kg yeminin daha çok pozitif etkilere sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre juvenil gökkuşığı alabalığı yemlerinde 750 OTU/kg ile 1500 OTU/kg oranlarındaki OPTIPHOS düzeyleri arasındaki miktarların da araştırılması gerektiği ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

- Abbasi, A., Oujifard, A., Mozanzadeh, M. T., Habibi, H. ve Bahabadi, M. N., 2020, Dietary simultaneous replacement of fish meal and fish oil with blends of plant proteins and vegetable oils in yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) fry: Growth, digestive enzymes, antioxidant status and skin mucosal immunity. *Aquaculture Nutrition* 2020, 1-12. DOI: 10.1111/anu.13070
- Abo-Norag, M. A., El-Shenawy, A. M., Fadl, S. E., Abdo, W. S., Gad, D. M., Rashed, M. A. ve Prince, A. M., 2018, Effect of phytase enzyme on growth performance, serum biochemical alteration, immune response and gene expression in Nile tilapia. *Fish and Shellfish Immunology* 80, 97 – 108.
- Adeyemo, S. M. ve Onilude, A. A., 2014, Reduction of oligosaccharide content of soybeans by action of *Lactobacillus plantarum* isolated from fermented cereals. *African Journal of Biotechnology* 13(37), 3790 – 3796.
- Ajiboye O. O., Qari, R., Yakubu, A. F. ve Adams, T. E., 2015, Growth Rate of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* L. Reared in Glass Aquaria Tanks under different Treatments and Durations. *Int. J. Biol. Biotech* 12(2), 209 – 209.
- Alam, M. S. ve Uddin, M. Z., 1998, Effects of testosterone propionate on growth, survival and sex-ratio of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Bangladesh J. Fish. Res.*, 2 (1). 31-39.
- Anderson, D. P., 1992, Immunostimulants, adjuvants, and vaccine carriers in fish: applications to aquaculture. *Annu. Rev. Fish. Dis.*, 2, 281–307. Doi:10.1016/0959-8030(92)90067-8
- Angell, A.R., Angell, S.F., de Nys, R., ve Paul, N.A., 2016, *Seaweed as a protein source for mono-gastric livestock*. *Trends Food Sci. Technol.* 54, 74–84.
- Association of Official Analytical Chemists, AOAC, 2010, *Official methods of analysis of AOAC International*, 18th edn., Arlington, VA.
- Arru, B., Furesi, R., Gasco, L., Madau, F.A. ve Pulina, P., 2019, The introduction of insect meal into fish diet: the first economic analysis on European sea bass farming. *Sustainability* 11, 1697.
- Bake, G. G., Endo, M., Akimoto, A. ve Takeuchi, T., 2009, Evaluation of recycled food waste as partial replacement of fishmeal in diets for the initial feeding of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish. Sci.* 75, 1275 – 1283.

- Barbraud, C., Rolland, V., Jenouvrier, S., Nevoux, M., Delord, K. ve Weimerskirch, H., 2012, Effects of climate change and fisheries bycatch on Southern Ocean seabirds: a review. *Marine Ecology Progress Series* 454, 285 – 307.
- Barnes, M. E., Brown, M. L. ve 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.
- Barroso, F. G, de Haro, C., Sánchez-Muros, M., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A. ve Pérez-Bañón, C., 2014, The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422 – 423, 193 – 201.
- Bhosale, S. V., Bhilave, M. P. ve Nadaf, S. B., 2010, Formulation of Fish Feed using Ingredients from Plant Sources. *Res. Jour. Agric. Sci.* 1(3), 284 – 287.
- Biswas, A. K., Kaku, H., Ji, S. C., Seoka, M. ve Takii, K., 2007, Use of soybean meal and phytase for partial replacement of fish meal in the diet of red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture* 267, 284 – 291.
- Biswas, S., Shapiro, C., Kranz, W., Mader, T., Shelton, D., Snow, D., Bartelt-Hunt, S., Tarkalson, D., van Donk, S. ve Zhang, T., 2013, Current knowledge on the environmental fate, potential impact, and management of growth-promoting steroids used in the US beef cattle industry. *Journal of Soil Water Conservation*, 68, 325–336
- Brander, K., 2010, Impact of climate change on fisheries, *Journal of marine systems* 79, 389 – 402.
- Bullock, A. M., 1978, 235-267 *Laboratory Methods in Fish Pathology*. Editor: Roberts, R. J. London: Bailliere Tindall.
- Burr, G. S., Wolter, W. R., Barrows, F. T. ve Hardy, R. W., 2012, Replacing fishmeal with blends of alternative proteins on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and early or late stage juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 337-337, 110 – 116.
- Burridge, L., Weis, J. S., Cabello, F., Pizarro, J. ve Bostick, K., 2010, Chemical Use in Aquaculture: A review of Current Practices and Possible Environmental Effects. *Aquaculture*, 306, 7-23.
- Carter, C. G. ve Sajjadi, M., 2011, Low fishmeal diets for Atlantic salmon, *Salmo salar* L., using soy protein concentrate treated with graded levels of phytase. *Aquacult. Int.* 19, 431 – 444. DOI 10.1007/s10499-010-9358-z.

- Çağiltay, F., 2007, *İçsu Balıkları Yetiştiriciliği*. Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul. ISBN 978-605-395-011-0.
- Catalan, A. A., Krabbe, E. L., Silveira de Avila, V., Lopes, L. S., Nunes, A. P., Mores, M. A. Z., Roll, V. F. B. ve Xavier, E. G., 2016, Phytate-phosphorus and phytase contents on the relative weight of organs, intestinal morphometry and performance of broilers. *Ciência Rural, Santa Maria*, 46 (10), 1858-1864.
- Chakraborty, S. B., Horn, P. ve Hancz, C., 2014, Application of Phytochemicals as Growth Promoters and Endocrine Modulators in Fish Culture. *Review in Aquaculture*, 2014, 6, 1 - 19.
- Chitmanat, C., Tongdonmuan K., Khanom, P., Pachontis, P. ve Nunsong, W., 2005, Antiparasitic, antibacterial, and antifungal activities derived from a *terminalia catappa* solution against some tilapia (*Oreochromis niloticus*) pathogens. *Acta horticulturae*, 2005, 678.
- Cheng, Z. J. ve Hardy, R. W., 2004, Effects of Microbial Phytase Supplementation in Corn Distiller's Dried Grain with Solubles on Nutrient Digestibility and Growth Performance of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture*.
- Cipriano, F., de Lima, K. S., de Souza, R. H. B., Tonini, W. C. T., Passinato, É. B. ve Braga, L. G. T., 2016, Digestibility of animal and vegetable protein ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas*. *Revista Brasileira de Zootecnia* 45(10):581-586
- Citarasu, T., 2010, Herbal Biomedicines: A New Opportunity for Aquaculture Industry. *Aquaculture Int.* 2010, 18. 403 – 414.
- Colson, V., Sadoul, B., Valotaire, C., Prunet, P., Gaume, M. ve Labbe, L., 2015, Welfare assessment of rainbow trout reared in a Recirculating Aquaculture System: Comparison with a Flow-Through System. *Aquaculture* 436, 151 – 159.
- Cristea, V., Antache, A., Grecu, I., Docan, A., Dediu, L. ve Mocanu, M., 2012, The Use of Phytobiotics in Aquaculture. *Lucrări Științifice - Seria Zootehnie*, 57, 250 – 255.
- Culling, C.F.A., 1963, *Handbook of Histopatological Techniques (Including Museum Technique) Second education*. Butter Worth & Co.
- Davis, L.K., Fox, B. K., Lim, C., Lerner, D.T., Hirano, T. ve Grau, E., 2010, Effects of 11-Ketotestosterone and Fishmeal in the feed on Growth of Juvenile Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture* 305, 143-149.

- Defoirdt, T., Sorgeloos, P. ve Bosier, P., 2011, Alternatives to Antibiotics for Control of Bacterial Diseases in Aquaculture. *Current Opinion in Microbiology*, 14, 251 – 258.
- Denstadli, V., Hillestad, M., Verlhac, V., Klausen. M. ve Øverland, M., 2011, Enzyme pretreatment of fibrous ingredients for carnivorous fish: Effects on nutrient utilization and technical feed quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 319(3), 391-397.
- Direkbusarakom, S., 2004, Application of Medicinal Herbs in Aquaculture. *Wailak Journal of Science and Technology* 1(1), 7 - 14.
- Eangles, C. R., 2010, *Aquaculture Economics and Financing- Management and Analysis*, WILEY-BLACKWELL. ISBN-13:978-0-8138-1301-1/2010.
- El-Sayed, A., 1994, Evaluation of soybean meal, spirulina meal and chicken offal meal as protein sources for silver seabream (*Rhabdosargus sabra*) fingerlings. *Aquaculture* 127, 169 – 176.
- European Food Safety Authority - Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed, EFSA – FEEDAP, 2017, Safety and efficacy of OPTIPHOS® (6-phytase) as a feed additive for finfish. *EFSA Journal*, 15(4), 4763.
- European Union Reference Laboratory (EURL) – Feed Additives, 2016, *Evaluation Report on the Analytical Methods submitted in connection with the Application for Authorisation of a Feed Additive according to Regulation (EC) No 1831/2003 – OPTIPHOS®*. FAD-2016-0019 – CRL/150024.
- Food and Agriculture Organisation (FAO), 2020, *The State of World Fisheries and Aquaculture - Opportunities and Challenges* 2018, Rome – Italy.
- Food and Agriculture Organisation (FAO), 2020, FAO Global Fisheries and Aquaculture Production Statistics. *FishStatJ* v2020. Rome - Italy
- Food and Agriculture Organisation (FAO), 2018, *The Global Status of Seaweed Production, Trade and Utilization*, Vol. 124 (Globefish Research Programme).
- Galyean, M. L., 1980, *Laboratory Procedures in Animal Nutrition Research*. Department of Animal and Food Sciences. Texas Technical University. Lubbock.
- Gamboa-Delgado, J. ve Márquez-Reyes, J.M., 2018, Potential of microbial- derived nutrients for aquaculture development. *Rev. Aquacult.* 10, 224–246.

- Gao, Y., Stonebakken, T., Shearer, K. D., Penn, M. ve Øverland, M., 2011, Supplementation of fishmeal and plant protein-based diets for rainbow trout with a mixture of sodium formate and butyrate. *Aquaculture* 311, 233 – 240.
- Gaskins, H. R., Collier, C. T. ve Anderson, D. B., 2002, Antibiotics as Growth Promotants: Mode of Action. *Animal Biotechnology* 13, 29-42.
- Gasco, L., Gai, F., Maricchiolo, G., Genovese, L., Ragonese, S., Bottari, T., ve Caruso, G., 2018, Fishmeal alternative protein sources for Aquaculture Feeds. *Feeds for the Aquaculture Sector*, 1-28.
- Greiling, A. M., Tschesche, G., Baardsen, G., Kröckel, S., Koppe, W. ve Rodehutschord, M., 2019, Effects of phosphate and phytase supplementations on phytate degradation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 503, 467 – 474.
- Gisbert, E., Ortiz-Delgado, J. B. ve Sarasquete, C., 2008, Nutritional cellular biomarkers in early life stages of fish. *Histol Histopathol* 23: 1525-1539.
- Gordon, W. S. ve Taylor, J. H., 1954, The Growth-promoting Effect of Antibiotics and their Possible Modes of Action. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. 744 – 747.
- Guardiola, F. A., Cerezuela, R., Meseguer, J. ve Esteban, M.A., 2012, Modulation of the immune parameters and the expression of genes in Gilthead Seabream (*Spaurus aurata* L.) by dietary administration of Oxytetracycline. *Aquaculture* 334 – 337. 51 -57.
- Güler, M. ve Yıldız, M., 2011, Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 35(3), 157-167.
- Hanson, R. Sinith Evmanm, R.O., Shelton, H.W. ve Dunham, R.A., 1984, *Growth Comparison of Monosex Tilapia Produced by Separation of Sexes Hybridization and Sex Reversal*. Yüksek Lisans Tezi, Auburn Üniversitesi, 570.
- Hassan, S., Altaff, K. ve Satyanarayana, T., 2009, Use of Soybean Meal Supplemented with Cell Bound Phytase for Replacement of Fish Meal in the Diet of Juvenile Milkfish, *Chanos chanos*. *Pakistan Journal of Nutrition* 8(4): 341 – 344. ISSN 1680-5194.
- Heidarieh M., Mirvaghefi, A. R. ve Sepahi, A., 2013, Effects of Dietary Aloe Vera on the Growth Performance, Skin and Gastrointestine Morphology in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 13, 367 – 373.

- Hemaiswarya, S., Raja, R., Ravi Kumar, R., Ganesan, V. ve Anbazhagan, C., 2011, Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 27, 1737 – 1746.
- Hernandez, A., Satoh, S. ve Kiron, V., 2005, Effect of monocalcium phosphate supplementation in a low fish meal diet for rainbow trout based on growth, feed utilization, and total phosphorus loading. *FISHERIES SCIENCE* 71, 817–822.
- Herrlich, P. ve Schweiger, M., 1976, Nitrofurans, a New Group of Synthetic Antibiotics with the New Mode of Action: Discrimination of Specific Messenger RNA Classes. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 73 (10), 3386 – 3390.
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G. ve Fountoulaki, E., 2015, Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Anim. Feed Sci. Technol.* 203, 1–22.
- Hilton J. W. ve Slinger, S. J., 1981, Nutrition and Feeding of Rainbow Trout. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 55.
- Hoga, C. A., Almeida, F. L., ve Reyes, F. G. R., 2018, A review on the use of hormones in fish farming: Analytical methods to determine their residues. *CyTA – Journal of Food* 16 (1), 679 – 691.
- Hua, K., Cobcroft, J. M. Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R. Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M. J., Zeng, C., Zenger, K. ve Strugnell, J. M., 2019, The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. *One Earth* 1, 316 – 329.
- Imanpoor, M., ve Bagheri, T., 2012, Effects of replacing fish meal by soybean meal along with supplementing phosphorus and magnesium in diet on growth performance of Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. *Fish Physiology Biochemistry* 38 (2), 521-528.
- Imanpoor, M. R. ve Roohi, Z., 2016, Effects of Sangrovit-supplemented diet on growth performance, blood biochemical parameters, survival and stress resistance to salinity in the Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. *Aquaculture Research*, 47, 2874–2880
- Jackson, A., 2006, The Importance of Fishmeal and Fish Oil in Aquaculture Diets. *International Aquafeed*, 16 – 19.
- Janssen, K., Chavanne, H., Berentsen, P. ve Komen, H., 2015, Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) – Current Status of Selective Breeding in Europe. *FishBoost-The Next level of Aquaculture breeding*.
- Jukes, T. H., Hill, D. C. ve Branion, H. D., 1956, Effects of feeding antibiotics on the intestinal track of the chick. *Poultry Science*, 35, 716 – 723.

- Karabulut, B., Demir, O., Çelik, M. Y. ve Sönmez, A. Y., 2017, Structure and Economic Analysis of Trout Breeding Farms in Kastamonu Province. *Kastamonu University Journal of Faculty of Economic and Administrative Sciences*, 18 (1). 321 – 333.
- Kaur, R. ve Shah, T. K., 2017, A Review on Role of Plant Waste products on fish growth, health and Production. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5 (3), 583-589.
- Khalil, W. K. B., Hasheesh, W. S., Marie, M.S., Abbas, H. H. ve Zahran, E. A., 2011, Assessment the impact of 17 α -methyltestosterone hormone on growth, hormone concentration, molecular and histopathological changes in Muscles and testis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Life Science Journal* 8 (3) 329 – 343.
- Kim I, Yu, Z., Xiao, B.ve Huang, W., 2007, Sorption of Male Hormones by Soils and Sediments. *Environ. Toxicol. Chem.*, 26, 264–270
- Kissinger, K.R., Garcí'a-Ortega, A. ve Trushenski, J.T., 2016, Partial fish meal replacement by soy protein concentrate, squid and algal meals in low fish-oil diets containing *Schizochytrium limacinum* for longfin yellowtail *Seriola rivoliana*. *Aquaculture* 452, 37–44.
- Korkut, A. Y. ve Kop, A., 2012, Effect of Sangrovit® on the Growth and Performance of Sea bass. *International Aqua Feed, November/December*, 28 – 29. ISSN: 1464-0058.
- Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P. S., De Boeck, G. ve Becker, K., 2011, Phytate and phytase in fish nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96, 335-364.
- Kumar, P., Jain, K. K., Munilkumar. S., Camder Tok, N. ve Chalal, R. S., 2014, An Approach to Reduce Feed Cost in Aquaculture Through Adopting Alternate Feeding Strategies. *Research and Reviews in Bioscience Communication*. 8(4). s125 – 125. ISSN: 0974 – 7532.
- Lam, V. M. Y., Cheung, W. W. L., Swartz, W. ve Sumaila, U. R., 2012, Climate change impacts on fisheries in West Africa: Implications for economic, food and nutritional security. *African Journal of Marine Science* 34(1), 103 – 117.
- Lee, J.Y. ve Gao Y., 2012, Review of the Application of Garlic, *Allium savitum* in Aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43 (4), 447 – 458.
- Mai, K., Zhang, C., Ai, Q., Duan, Q, Xu, W., Zhang, L., Liufu, Z. ve Tan, B., 2006, Dietary phoshorous requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. *Aquaculture* 251, 346 – 353.

- Mass, R. M., Verdegem, M. C. J., Dersjant-Li, Y. ve Scharma, J. W., 2018, The Effects of phytase, xylanase and their combination on growth performance and nutrient utilization in Nile tilapia. *Aquaculture* 487, 7 – 14.
- Megbowon, I. ve Mojekwu, T., 2014, Tilapia Sex Reversal Using MethylTestosterone (MT) and its Effect on Fish, Man and Environment. *Biotechnology*, 13, 213–216.
- Miles, R. D. ve Chapman, F. D., 2006, *The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets*. University of Florida – IFAS Extension, FA122.
- Ministry of Agriculture Livestocks and Fisheries (MALF), 2016, *The Tanzanian Fisheries Sector – Challenges and Opportunities*. Dar es Salaam, TANZANIA.
- Mo, W.Y., Bon Man, Y., ve Hung Wong, M., 2018, Use of food waster, fish waste and food processing waste for China's aquaculture industry: needs and challenge. *Sci. Total Environ.* 613-614, 635–643.
- Mohammadagheri, N., Najafi¹, R., ve Najafi, G., 2016, Effects of dietary supplementation of organic acids and phytase on performance and intestinal histomorphology of broilers. *Veterinary Research Forum* 7 (3) 189 – 195.
- Morales, G. A., Denstadli, V., Collins, S. A., Mydland, L. T., Moyano, F. J. ve Øverland, M., 2016, Phytase and sodium diformate supplementation in a plant-based diet improves protein and mineral utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition* 22, 1301 – 1311.
- Morken, T., Kraugerud, O. F., Barrows, F. T., Sørensen, M., Storebakken, T., Øverland, M., 2011, Sodium diformate and extrusion temperature affect nutrient digestibility and physical quality of diets with fish meal and barley protein concentrate for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 317, 138 – 145.
- Mlaila N., Mahika, C., Kalombo, L., Swai, H. ve Hilonga, A., 2015, Human Food Safety and Environmental Hazards Associated with the Use of Methyltestosterone and other Steroids in Production of all-Male Tilapia. *Environ. Sci. Pollut Research* 22. 4922 – 4931.
- Nie, X., Chen, S., Zhang, X., Dai, B., Qian, L., 2017, Effects of neutral phytase on growth performance and phosphorous utilization in crucian carp (*Carassius auratus*). *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology)*, 18 (10), 886 – 896.

- Nielsen, M. M., Bruhn, A., Rasmussen, M.B., Olesen, B., Larsen, M.M., ve Møller, H.B., 2012, Cultivation of *Ulva lactuca* with manure for simultaneous bioremediation and biomass production. *J. Appl. Phycol.* 24, 449–458.
- Nourmohammadi, R. ve Afzali, N., 2013, Effect of Citric Acid and Microbial Phytase on Small Intestinal Morphology in Broiler Chicken. *Italian Journal of Animal Science* 12 (7), 44 – 47.
- Nwanna, L. C. ve Olusola, S. E., 2014, Effect of supplemental phytase on phosphorous digestibility and mineral composition in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Aquaculture* 4 (15), 89 – 95 (Doi: 10.5376/ija.2014.04.0015)
- OECD/FAO., 2019, *OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028*. OECD Publishing, 140.
- Okumuş, İ ve Mazlum, M. D., 2002, Evaluation of Commercial Trout Feeds: Feed Consumption, Growth, Feed Conversion, Carcas Composition and Bio-Economic Analysis. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 2, 100 - 107.
- Olivia-Teles, A., Enes, P., ve Peres, H., 2015, Peplacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*, 203 – 233.
- Olsen, R. L. ve Hasan, M. R., 2012, A limited supply of fishmeal: Impact on future increase in global aquaculture production. *Trend in Food Science and Technology* 27, 120 – 128
- Özgür, M. E., ve Bayır, İ., 2013, A Research on Reproduction Performance for Broodstocks of Rainbow Trout in A Fish Farm. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 6 (2): 01-07, 2013 ISSN: 1308-3961.
- Pandey, A. K., Sarkar, M., Mahapatra, C. T., Kanungo, G. ve Arvindakshan, P. K., 2012, Effect of Dietary 17 α -Methyltestosterone Supplementation on Growth of *Catla Catla* fry under hatchery condition. *National Journal of Life Science*, 9 (2). ISSN: 0972-995X.
- Panserat, S., Hortopan, G. A., Plagnes-Juan, E., Kolditz, C., Lansard, M., Skiba-Cassy, Esquerre, S., Geuden, I., Medale, F., Kaushik, S. ve Corraze, G., 2009, Differential gene expression after total replacement of dietary fish meal and fish oil by plant products in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver. *Aquaculture* 294, 123 – 131.
- Pennel, W. ve Barton, B. A., 1996, Principles of Salmonid Culture. *Development in Aquaculture and Fisheries Science* 29. Elsevier.
- Pillay, T. V. R. ve Kutty, M. N., 2005, *Aquaculture Principles and Practices*. 2. Edisyon. Blackwell Publishing.

- Rahman, M. M., Han, H., Kim, K.W., Kim, K. D., Lee, B. J. ve Lee, S. M., 2016, Apparent digestibility coefficients of the extruded pellet diets containing various fish meals for Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 19 – 27. DOI 10.1186/s41240-016-0027-7.
- Rairat, T., Chuchird, N. ve Limsuwan, C., 2013, Effect of Sangrovit WS on growth, survival and prevention of *Vibrio harveyi* in rearing of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Kasetsart University Fisheries Research Bulletin* 37, 19–29.
- Ramírez-Godínez, J., Beltrán-Hernández, R. I., Coronel-Olivares, C., Contreras-López, E., Quezada-Cruz, M. ve Vázquez-Rodríguez, G., 2013, Recirculating Systems for Pollution Prevention in Aquaculture Facilities. *Journal of Water Resources and Protection*, 5, 5-7.
- Rašković, B. S., Stanković, M. B., Marković, Z. Z. ve Poleksić, V. D., 2011, Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish. *Journal of Agricultural Sciences* 56 (1), 87 – 100.
- Rawling M.D., Merrifield, D. L. ve Davies, S.J., 2009, Preliminary assessment of dietary supplementation of Sangrovit on red tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and health. *Aquaculture* 294, 118–122.
- Reda, R. M., Ibrahim, R. E., Ahmed, E.G. ve El-bouhy, Z. M., 2013, Effects of Oxytetracycline and Florfenicol and Growth Promoters on the Health Status of Cultured *Oreochromis niloticus*. *Egyptian Journal of Aquatic Research* 39. 241 - 249.
- Reda, R. M., Mahmoud, R., Selim, K. M. ve El-Araby, I. E., 2016, Effect of dietary acidifiers on growth, hematology, immune response and disease resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish and Shellfish Immunology* 50, 255 – 262.
- Ricker, W. E., 1979, *Growth Rates and Models*. In: *Fish Physiology* (Hoar, W.S., Randall, D.J. & Brett, J.R. eds.), New York, USA, Vol. 8., Academic Press, XVII+786 pp.,
- Rijnsdorp, D. A., Peck, M. A., Engelhard, G. H., Möllmann C. ve Pinnegar, J. K., 2009, Resolving the effect of Climate Change of Climate Change on Fish Populations. *ICES Journal of Marine Science*, 66, 1570 – 1583.
- Ringø, E., Zhou, Z. ve Venico, J. L. G., 2016, Effects of Dietary Components on the Gut Microbiota of Aquatic Animals. A never-ending Story. *Aquaculture Nutrition*, 22, 219 - 282.
- Roberts, R. J. (ed), 2012, *Fish Pathology*. Fourth Edition. BlackWell Publishing Ltd.

- Rodriguez, Y.E., Laitano, M.V., Pereira, N. A., Lãpez-Zavala, A. A., Haran, N. S. ve Fernández-Gimenez, A. V., 2018, Exogenous enzymes in aquaculture: Alginate and alginate-bentonite microcapsules for the intestinal delivery of shrimp proteases to Nile tilapia. *Aquaculture* 490, 35 – 43.
- Romeo, J., Feijoó, C. G. ve Navarrete P., 2012, Antibiotics in Aquaculture: Uses, abuses and Alternatives. *Health and Environment in Aquaculture*, 159 - 198. ISBN: 978-953-51-0497-1.
- Sahu S., Das, B. K., Pradhan, J., Mohapatra, B.C., Mishra, B.K. ve Sarangi, N., 2007, Effect of *Magnifera indica* kernel as a feed additive on immunity and resistance to *Aeromonas hydrophila* in *Labeo rohita* fingerlings. *Fish & Shellfish Immunology*, 23, 109-118.
- Sakamoto, K., Hirose, H., Onizuka, A. Hayashi, M. Futamura, N. Kawamura, Y., ve Ezaki, T., 2000, Quantitative study of changes in Intestinal morphology and mucus gel on total parental nutrition in rat. *Journal of Surgical research* 94: 99 – 106.
- Sanchez-Martinez, J. G., Perez-Castaneda, R., Rabago-Castro, J. L., Aguirre-Guzman G. ve Vazouez-Sauceda, M. L., 2009, A Preliminary Study on the Effects of Growth, Conditions, and Feeding Indexes in Channeled Catfish, *Ictalurus punctatus*, after the Prophylactic Use of Potassium Permanganate and Oxytetracycline. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39 (5), 664 – 670
- Sarmanidou, V. F. ve Evaggeloupoulou, E. N., 2007, Analytical Strategies to Determine Antibiotic Residues in Fish. *J.S.Sci*, 2549 - 2569.
- Sarker, P.K., Kapuscinski, A.R., Bae, A.Y., Donaldson, E., Sitek, A.J., Fitzgerald, D.S., ve Edelson, O. F., 2018, Towards sustainable aquafeeds: evaluating substitution of fishmeal with lipid-extracted microalgal co-product (*Nannochloropsis oculata*) in diets of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *PLoS One* 13, e0201315.
- SEAFISH, 2018, *Fishmeals and Fish Oil Facts and Figures*. Birleşik Krallık
- Selle, P. H. ve Ravindran, V., 2007, Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 135, 1-41.
- Scott, A. P., Pinillos, M. ve Ellis, P., 2001, Why Measure Steroid in fish plasma while you can measure them in Water? *14th International Congress of Comparative Endocrinology*, 1291-1295.
- Sharda, Sharma, O. P. ve Saini, V. P., 2017, Replacement of fish meal with soya bean meal in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2017 5(4): 845-849.

- Shore, L.S. ve Shemesh, M., 2003, Naturally Produced Steroid Hormones and Their Release into the Environment. *Pure Applied Chemistry* 75, 1859–1871
- Soybean Processors Association (SOPA), 2020, *World Soymeal Production*. www.sopa.org/statistics/world-soymeal-production, [Ziyaret tarihi 25 Mart 2020]
- Soybean Processors Association (SOPA), 2020, *World Soy Oil Production*. [İnternet] www.sopa.org/world-soy-oil-production/ [Ziyaret tarihi 25 Mart 2020]
- Syahidah, A., Saad, C. R., Daud, H. M. ve Abdelhadi, Y. M., 2015, Status and Potential od herbal applications in Aquaculture: A review. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14(1), 27 – 44.
- T. C. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2019, *Su Ürünleri verimi Raporu 2017*.TÜRKİYE.
- Tacon, A.G. J. ve Metian, M., 2008, Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture* 285 (1-4), 146 – 158.
- Tadele, Y. ve Animut, T., 2015, Effects of Exogenous Enzymes on Ruminal Degradation of Feeds and Performance: Review. *Advances in Life Sciences and Technology* 28, 60 – 69.
- Thanuthong, T., Francis, D.S., Senadheera, S.P.S.D., Jones, P.L. ve Turchini, G.M., 2011, Fish oil replacement in rainbow trout diets and total dietary PUFA content: I) effects on feed efficiency, fat deposition and the efficiency of a finishing strategy. *Aquaculture* 320 (1), 82 – 90.
- Tran, G., Heuze, V., ve Makkar, H., 2015, Insects in fish diets. *Animal Frontier* 5(2), 37 - 44.
- Ugoala, E., Ndukwe, G., Mustapha, K., ve Ayo, R., 2012, Constraints to large scale algae biomass production and utilization. *J. Algal Biomass Util.* 3, 14–32.
- Vielma, J., Ruohonen, K., Gabaudan, J. ve Vogel, K., 2004, Top-spraying soybean meal-based diets with phytase improves protein and mineral digestibilities but not lysine utilization in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research* 35, 955 – 964.
- Vizcaíno, A. J., Lopez, G., Saez, M. I., Jimenez, J. A., Barros, A., Hildago, L., Camacho-Rodriguez, J., Martinez, T. F., Ceron-Garcia, M. C., Alarcorn, F.J., 2014, Effects of the microalga *Scenedesmus almeriensis* as fishmeal alternative in diets for gilthead sea bream, *Sparus aurata*, juveniles. *Aquaculture* 431, 34 – 43.

- Wang, F., Yang, Y., Han, Z., Dong, H., Yang, C. ve Zou, Z., 2008, Effects of phytase pretreatment of soybean meal and phytase-sprayed in diets on growth, apparent digestibility coefficient and nutrient excretion of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquacult. Int.* (2009) 17, 143–157.
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E., ve Brawley, S.H., 2017, Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *J. Appl. Phycol.* 29, 949–982.
- Yamazaki, F., 1983, Sex Control and Manipulation. *Aquaculture* 33. 329 – 354.
- Yang, Y., Wang, Y. Lu, Y. ve Li, Q., 2011, Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and nitrogen and phosphorus excretion on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacult. Int* 19, 405 – 419.
- Yang, W. M., Boles, R. L. ve Mawhinney, T. P., 2002, Determination of Phosphorous in Fertilizers by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry. *Journal of AOAC International* 85 (6), 1241 – 1246.
- Ye, Y., Cochrane, K., Bianchi, G., Willmann, R., Majkowski, J., Tandstad, M. ve Carocci, F., 2013, Rebuilding Global Fisheries: The World Summit Goal, Coasts and Benefits. *Fish and Fisheries*, 14, 174 – 185.
- Yıldız, M., Eroldoğan, O. T., Engin, K., Gülçubuk, A. ve Baltacı, M. A., 2013, Effects of Dietary Cottonseed and/or Canola Oil Inclusion on the Growth Performance, FA Composition and Organ Histology of the Juvenile Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 13: 453-464.
- Yıldız, M., Eroldoğan, T. O., Ofori-Mensah, S., Engin, K. ve Baltacı, M. A., 2018, The Effects of Fish Oil Replacement by Vegetable Oils on Growth Performance and Fatty Acid Profile of Rainbow trout: Re-feeding with Fish Oil Finishing Diet Improved the Fatty Acid Composition. *Aquaculture* 488. 123 -133.
- Yiğit, N. Ö., Koca, S. B., Didinen, B. I., ve Diler, İ., 2016, Effect of protease and phytase supplementation on growth performance and nutrient digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) fed soybean meal-based diets. *Journal of Applied Animal Research* 48 (1). 29 – 32.
- Zanu, H. K., Keerqin, C., Kheravii, S. K., Morgan, N., Wu, S.-B., Bedford, M. R. and Swick, R. A., 2020, Influence of meat and bone meal, phytase, and antibiotics on broiler chickens challenged with subclinical necrotic enteritis: 2. intestinal permeability, organ weights, hematology, intestinal morphology, and jejunal gene expression. *Poultry Science* 99, 2581–2594.

Zhang, Y., Yeh, J. R., Mara, A., Ju, R., Hines, J. F., Cirone, P., Griesbach, H. L., Schneider, I., Slusarski, D. C., Holley, S. A. ve Crews, C. M., 2006, Chemical and Genetic Approach to the Mode of Fumagillin. *Chemistry & Biology* 13, 1001 – 1009.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Victor Edwin KAIZA
Doğum Yeri	Darüsselam, TANZANYA
Doğum Tarihi	08.02.1990
Uyruğu	☐ T.C. ☒ Diğer: TANZANYA
Telefon	+90 505 976 8175/ +255 715 900 425
E-Posta Adresi	vvvkaiza@yahoo.com
Web Adresi	-



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Sokoine Ziraat Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Su Ürünleri Yetiştiriciliği
Mezuniyet Yılı	23.11.2012

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Hastalıkları Anabilim Dalı
Programı	Su Ürünleri Yetiştiriciliği Programı