



**FARKLI DİYETSEL PROTEİN ve YAĞ KAYNAKLARI
İLE YEMLEME REJİMİNİN GÖKKUŞAĞI
ALABALIĞINDA (*Oncorhynchus mykiss*) BÜYÜME,
PROTEİN METABOLİZMASI, YAĞ ASİDİ PROFİLİ,
BAĞIRSAK HİSTOLOJİSİ VE KALİTE
PARAMETRELERİNE ETKİLERİ**

Fatih KORKMAZ

Danışman: Prof. Dr. Murat ARSLAN
Doktora Tezi
Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı
2022
(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**FAKLI DİYETSEL PROTEİN VE YAĞ KAYNAKLARI İLE YEMLEME REJİMİNİN
GÖKKUŞAĞI ALABALIĞINDA (*Oncorhynchus mykiss*) BÜYÜME, PROTEİN
METABOLİZMASI, YAĞ ASİDİ PROFİLİ, BAĞIRSAK HİSTOLOJİSİ VE KALİTE
PARAMETRELERİNE ETKİLERİ**

[Effects of Different Dietary Protein and Lipid Sources, and Feeding Regime on Growth,
Protein Metabolism, Fatty Acid Profile, Intestinal Histology and Quality Parameters in
Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)]

DOKTORA TEZİ

Fatih KORKMAZ

Danışman: Prof. Dr. Murat ARSLAN

Erzurum
Aralık, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Fatih KORKMAZ tarafından hazırlanan “Farklı Diyetsetel Protein ve Yağ Kaynakları ile Yemleme Rejiminin Gökkuşaağı Alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) Büyüme, Protein Metabolizması, Yağ Asidi Profili, Bağırsak Histolojisi ve Kalite Parametrelerine Etkileri” başlıklı çalışması 13/12/2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Su Ürünleri Mühendisliğı Ana Bilim Dalı, Su Ürünleri Mühendisliğı Bilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Mustafa YILDIZ <i>İstanbul Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Murat ARSLAN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Güzin KABAN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Kenan ENGİN <i>Mersin Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Nejdete GÜLTEPE <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğı’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü
Aslı Islak İmzalıdır

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2019-7291

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Doktora Tezi olarak *Prof. Dr. Murat ARSLAN*'ın danışmanlığında sunulan “Farklı Diyetel Protein ve Yağ Kaynakları ile Yemleme Rejiminin Gökkuşakı Alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) Büyüme, Protein Metabolizması, Yağ Asidi Profili, Bağırsak Histolojisi ve Kalite Parametrelerine Etkileri” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	16	30
Kuramsal Temeller	8	30
Materyal ve Yöntem	5	35
Bulgular ve Tartışma	2	20
Tezin Geneli	3	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Fatih KORKMAZ	Prof. Dr. Murat ARSLAN
13.12.2022	13.12.2022
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ'de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Doktora tezimin planlanması, yürütülmesi ve tez haline getirilmesinde bilgi ve tecrübeleriyle öncülük eden ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Murat ARSLAN'A, deney ve analiz aşamalarında çalışmalarına destek olan, Prof. Dr. Güzin KABAN, Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN, Doç. Dr. Kenan ENGİN, Doç. Dr. Özden FAKIOĞLU, Doç. Dr. Ahmet TOPAL, Doç. Dr. Harun ARSLAN, Doç. Dr. Betül Apaydın YILDIRIM, Doç. Dr. Nejdet GÜLTEPE, Dr. Ekrem Cem ÇANKIRILIGİL, Şeyda TACER-TANAS, Ekrem SULUKAN, Athena GHOSİGHAREHAGAJİ, Hilal BAYIR, Yaşar GÜNBEYİ ve İbrahim BİNGÖL'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca varlığını her zaman yanımda hissettiğim aileme sonsuz teşekkürler...

Fatih KORKMAZ

ÖZET

DOKTORA TEZİ

FARKLI DİYETSEL PROTEİN VE YAĞ KAYNAKLARI İLE YEMLEME REJİMİNİN GÖKKUŞAĞI ALABALIĞINDA (*Oncorhynchus mykiss*) BÜYÜME, PROTEİN METABOLİZMASI, YAĞ ASİDİ PROFİLİ, BAĞIRSAK HİSTOLOJİSİ VE KALİTE PARAMETRELERİNE ETKİLERİ

Fatih KORKMAZ

Danışman: Prof. Dr. Murat ARSLAN

Amaç: Mevcut çalışmada, gökkuşağı alabalığı yemlerinde balık unu/yağının tamamı değiştirilerek kullanılan bitkisel kaynakların farklı yemleme stratejileriyle; büyüme, vücut proksimet kompozisyonu, protein metabolizması, yağ asidi kompozisyonu, bağırsak histolojisi ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Beslemede 2 adet yem (BUY; balık unu/yağı, BPY; bitkisel kaynaklar) ve bu yemlerle 2 farklı yemleme stratejisi (BPY/BUY; sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme ve BPY-BUY; bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile yemleme) tasarlanarak başlangıç ağırlığı ~31 g olan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) 150 gün boyunca 4 farklı grup şeklinde 3 tekerrürlü olarak beslenmiştir.

Bulgular: Çalışma sonunda, en yüksek büyümenin BPY/BUY grubunda olduğu (son ağırlık; 279,7 g), en düşük büyümenin ise (son ağırlık; 209,7 g) BPY grubunda yer aldığı gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Tüm vücuttaki en yüksek toplam doymuş yağ asitleri (SFA), tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ve toplam n3 ile n3/n6 oranı BUY grubunda tespit edilirken (sırasıyla %32,1, %33,3, %22,3 ve 1,8), en düşük değerler BPY grubunda kaydedilmiştir. Tüm vücut esansiyel amino asit (EAA) seviyeleri deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmiş olup ($P \leq 0,05$), en yüksek değer ise BUY grubunda tespit edilmiştir (8,55 g/100 g). Toplam azot salınımı deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmemiştir. BPY grubundaki balıklarda histopatolojik değişimlerin diğer gruplara göre daha fazla ve şiddetli olduğu gözlenmiştir. En yüksek malondialdehit (MDA) seviyesi ve katalaz (CAT) aktivitesi BUY grubunda, en yüksek süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi ve indirgenmiş glutatyon (GSH) seviyesi ise BPY grubunda gözlenmiştir ($P \leq 0,05$). Sindirim enzimleri üzerinde deneysel uygulamaların önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). Filetolardaki toplam SFA, MUFA ve n3 ile n3/n6 oranlarının gruplar arasında farklılık gösterdiği görülmüştür ($P \leq 0,05$). Filetolardaki $\sum EAA$, toplam esansiyel olmayan amino asit (EOAA) ve $\sum EOAA/\sum EAA$ oranlarının deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmediği, $\sum EOAA/\sum EAA$ seviyelerinin ortalama 0,88 olduğu tespit edilmiştir. Buzdolabında saklamanın 6, 9 ve 12'inci günlerinde deneysel uygulamalar tiyobarbitirik asit reaktif bileşikleri (TBARs) sonuçlarını önemli derecede etkilerken, bu durum toplam uçucu basık azot (TVB-N) seviyeleri üzerinde yalnızca 12'inci günde görülmüştür ($P \leq 0,05$).

Sonuç: Besleme deneyi sonucunda BUY ve BPY yemlerinin dönüşümlü olarak kullanılmaları, tek başına kullanılmalarına göre daha iyi büyüme ve yem değerlendirme etkinliği sağlamıştır. En düşük büyüme ve yem değerlendirme etkinliği ise sadece bitkisel hammaddeler ile formüle edilen yemle beslenen BPY grubunda görülmüştür. Yemlerinde balık unu/yağı kullanılmayan BPY grubundaki balıkların filetolarında ekozapentaenoik asit (EPA; 20:5n-3) ve dokozaheksaenoik asit (DHA; 22:6n-3) miktarları diğer gruplara kıyasla daha düşük seviyede kaydedilmiştir. Bununla birlikte, gerektiği kadar tüketildiklerinde bu balıkların dahi insan sağlığı için çok önemli olan EPA ve DHA'yı sağlayabilecek kaynak oldukları açıktır.

Anahtar Kelimeler: Gökkuşağı alabalığı, Bitkisel hammaddeler, Yemleme rejimi, Büyüme parametreleri, Ürün kalitesi.

Aralık 2022, 141 sayfa

ABSTRACT

DOCTORAL DISSERTATION

EFFECTS OF DIFFERENT DIETARY PROTEIN AND LIPID SOURCES, AND FEEDING REGIME ON GROWTH, PROTEIN METABOLISM, FATTY ACID PROFILE, INTESTINAL HISTOLOGY AND QUALITY PARAMETERS IN RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*)

Fatih KORKMAZ

Supervisor: Prof. Dr. Murat ARSLAN

Purpose: In the current study, we aimed to investigate the effects of dietary fishmeal/oil replacement with plant raw materials, and feeding regime on growth, body proximate composition, protein metabolism, fatty acid profile, intestinal histology and quality parameters in rainbow trout.

Method: Two feeds (BUY; fish meal/oil, BPY; vegetable sources) with 2 different feeding strategies (BPY/BUY; BPY in the morning, BUY in the afternoon, and BPY-BUY; completely BPY one day, completely BUY the next day) were fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with an initial weight of ~31 g for 150 days in triplicates with 4 groups.

Findings: At the end of the feeding, the highest growth was observed in the BPY/BUY group (final weight; 279.7 g), while the lowest growth (final weight; 209.7 g) was observed in the BPY group ($P \leq 0.05$). While the highest total saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA) and n3, and n3/n6 ratios in the whole body were detected in the BUY group (32.1%, 33.3%, 22.3% and 1.8%, respectively), the lowest values were recorded in the BPY group. Total essential amino acids (EAA) levels were significantly affected by the experimental treatments ($P \leq 0.05$), while the highest value was found in the BUY group (8.55 g/100 g). Total nitrogen release was not influenced by the dietary treatments. Histopathological changes were more severe in fish in the BPY group in comparison to those from the other groups. It was determined that the highest malondialdehyde (MDA) level and catalase (CAT) activity were in the BUY group, while the highest superoxide dismutase (SOD) activity and reduced glutathione (GSH) level were in the BPY group ($P \leq 0.05$). The total SFA, MUFA and n3 and n3/n6 ratios in fillets differed between the groups ($P \leq 0.05$). It was determined that the $\sum$ EAA, $\sum$ EOAA and $\sum$ EOAA/ $\sum$ EAA ratios in fillets were not significantly affected by the experimental treatments, and $\sum$ EOAA/ $\sum$ EAA levels were found to be 0.88 on average. On the 6th, 9th and 12th days of storage dietary treatments significantly affected the TBARS levels, and this was observed only on the 12th day in TVB-N levels ($P \leq 0.05$).

Results: At the end of the feeding experiment, alternating use of BUY and BPY feeds provided better growth and feed utilization efficiency compared to using them solely. The lowest growth and feed utilization efficiency was seen in the BPY group fed the diet which consist only of plant raw materials. The amounts of eicosapentaenoic acid (EPA; 20:5n-3) and docosahexaenoic acid (DHA; 22:6n-3) were recorded at lower levels in the fillets of the fish in the BPY group, which were not provided with fishmeal/oil in their feed, compared to the other groups. However, it is clear that even these fish, when consumed enough, is a good source of EPA and DHA which are very important to human health.

Keywords: Rainbow trout, Vegetable raw materials, Feeding regime, Growth parameters, Product quality.

December 2022, 141 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
GİRİŞ.....	1
Dünya’da ve Türkiye’de Su Ürünleri.....	3
Gökkuşaağı Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	6
KURAMSAL TEMELLER.....	12
Proteinler	12
Aminoasitler	12
Protein metabolizması.....	14
Amino asitlerin deaminasyonu.....	15
Balıklarda protein ve esansiyel amino asit gereksinimi	16
Balık Unu	18
MATERYAL ve YÖNTEM	31
Materyal	31
Yarı kapalı yetiştiricilik sistemi ve ortam koşulları	31
Balık	32
Deneysel yemler	32
Metot	37
Yem üretimi	37
Kurutma işlemi.....	37
Deneme planı, yemleme stratejisi	38
Kromik oksit (Cr ₂ O ₃) analizi.....	39
Büyüme parametrelerinin hesaplanması	40
Balık ve doku örnekleme	41
Büyüme hormonu (IGF I-II-GH axis ve GAPDH) analizi	42
Besin maddelerinin sindirilebilirliği	43

Proksimate analizler	44
Nem miktarının belirlenmesi.....	44
Ham kül miktarının belirlenmesi	45
Yağ miktarının belirlenmesi.....	46
Yağ asidi tayini	46
Amino asit analizi	47
Nitrojenli atıkların (amonyak ve üre nitrojeni) tayini	48
Antioksidan Enzimler.....	49
Malondialdehit (MDA) tayini	49
İndirgenmiş glutatyon (GSH) tayini	50
Katalaz (CAT) tayini.....	50
Süperoksitdismutaz (SOD) tayini	51
Sindirim Enzimleri Analizi	51
Amilaz enzim aktivitesi.....	52
Lipaz enzim aktivitesi	52
Tripsin enzim aktivitesi.....	53
Pepsin enzim aktivitesi.....	53
Histopatolojik Analizler	54
Ürün Kalitesi Analizleri	54
Fileto işlemi ve fileto verimliliği	54
Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) tayini	55
Thiobarbitürik asit reaktif substans (TBARS) analizi.....	56
pH analizi	57
Renk analizi.....	57
Duyusal analizler.....	58
İstatistik Analizler	61
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	62
Büyüme Performansı.....	62
GH, IGF-I ve IGF-II mRNA Seviyeleri.....	65
Tüm Vücut Proksimet Kompozisyonu.....	68
Tüm vücut yağ asidi kompozisyonu	70
Tüm vücut amino asit kompozisyonu	72
Amonyak ve Üre Salınımı.....	75
Antioksidan enzim aktivitesi ve lipid peroksidasyon seviyesi.....	83
Sindirim enzim aktiviteleri.....	86

Görünür Sindirilebilirlik Katsayıları	87
Fileto Kalitesi	89
Fileto verimi ve proksimet kompozisyon.....	89
Renk	90
Duyusal analizler.....	92
pH.....	93
Tiyobarbitürik asit (TBARs) miktarı	96
Toplam uçucu temel nitrojen (TVB-N mg/100 g) miktarı.....	97
Fileto yağ asidi kompozisyonu	97
Fileto amino asit kompozisyonu	99
SONUÇ ve ÖNERİLER	101
KAYNAKLAR.....	105
ÖZGEÇMİŞ.....	124

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1. Türkiye Balık Yemi Üretimi (Ton).	8
Tablo 2. Farklı Balık Türlerinin İhtiyaç Duydukları Protein Oranı (diyet % olarak).....	17
Tablo 3. Bazı Balık Türlerinin Büyüme Dönemlerine Göre Protein İhtiyaçları (Diyet %).....	17
Tablo 4. Bazı Balık Türlerinin Esansiyel Amino Asit İhtiyaçları (Protein %).....	18
Tablo 5. DeneySEL Yemlerin Formülasyonu ve Proksimet Kompozisyonu (g/kg).....	33
Tablo 6. DeneySEL Yemlerin Yağ Asidi Kompozisyonu (%).	34
Tablo 7. Yemlerin Amino Asit Kompozisyonu (g/100 g).	36
Tablo 8. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığında Büyüme Performansı.	63
Tablo 9. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığında Tüm Vücut Proksimet İçeriğı (%).	69
Tablo 10. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığında Tüm Vücut Yağ Asidi Kompozisyonu (%).	71
Tablo 11. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığında Tüm Vücut Amino Asit Kompozisyonu (%).	73
Tablo 12. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığında Amonyak ve Üre Salınımı	76
Tablo 14. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığında Sindirim Enzimleri Aktivitesi	86
Tablo 15. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığında Sindirilebilirlik Oranları (%).	88
Tablo 17. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığına Ait Filetolarda Renk Değerleri	91
Tablo 18. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığında Çiğ Filetoya Ait Duyusal Analiz Sonuçları.....	92
Tablo 19. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığında Pişirilmiş Filetoya Ait Duyusal Analiz Sonuçları	93
Tablo 20. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığına Ait Filetolarda Zamana Bağlı pH, TBARs (µmol MDA/kg) ve TVB-N (mg/100 g) Değişimleri.....	95
Tablo 21. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakğı Alabalığına Ait Filetolarda Yağ Asidi Kompozisyonu (%).....	98

Tablo 22. Faklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşığı
Alabalığına Ait Filetolarda Amino Asit Kompozisyonu (%) 100



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Dünya Su Ürünleri Üretimi (Milyon Ton).....	3
Şekil 2. Türkiye Su Ürünleri Üretimi (Bin Ton).....	5
Şekil 3. Türkiye Alabalık Üretim Miktarı (Bin Ton).....	6
Şekil 4. Gökkuşaağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	7
Şekil 5. Dünya Balık Yemi Üretiminin 2000-2020 Yılları Arasındaki Miktarları ve 2025 Yılındaki Tahmini Değeri.	8
Şekil 6. Dünya Balık Unu Üretimi ve Projeksiyonu (1990-2030)	10
Şekil 7. Protein ve Amino Asit Metabolizmasının Genel Akış Şeması	15
Şekil 8. Denemenin Yürütüldüğü Yarı Kapalı Devre Yetiştiricilik Sistemi	31
Şekil 9. Oksijen Jeneratörü, Oksijen-Sıcaklık Kontrolü ve Rutin Bakım	32
Şekil 10. Denemede Kullanılan Balıklar	32
Şekil 11. Deneysel Yemlerin Üretimi.	37
Şekil 12. Boyutlandırılma ve Kurutma İşlemleri	38
Şekil 13. Deneme Planı	38
Şekil 14. Balıkların Yemlenmesi	39
Şekil 15. Balıklarda Biomass Tespiti	39
Şekil 16. Dışkı Toplama.....	40
Şekil 17. Liyofilizatörde Kurutma (A) ve Yakma İşlemi (B).	40
Şekil 18. Örneklerin Sıvı Azot ile Dondurulması.	41
Şekil 19. Dokuların Alınması ve Örnekleme	42
Şekil 20. Gen Ekspresyonu (IGF I-II-GH axis ve GAPDH).....	43
Şekil 21. Protein Analizi	44
Şekil 22. Kuru Madde Analizi.....	45
Şekil 23. Kül analizi	45
Şekil 24. Yağ Miktarının Belirlenmesi	46
Şekil 25. Gaz Kromatografi Cihazı (Agilent 6980 (GC/MS)	47
Şekil 26. Hidrolizat İşlemi ve Agilent HPLC Infinity II Sistemi.....	48
Şekil 27. Amonyak ve Üre Nitrojeni Analizi	49
Şekil 28. Balık Üzerinde İzole Edilen Gastrointestinal Sistem.....	51
Şekil 29. Amilaz Enzim Aktivitesi.....	52
Şekil 30. Lipaz Enzim Aktivitesi	52
Şekil 31. Tripsin Enzim Aktivitesi	53
Şekil 32. Pepsin Enzim Aktivitesi.....	53

Şekil 33. Histopatolojik Analizler.	54
Şekil 34. Fileto İşlemi ve Fileto Verimliliği	55
Şekil 35. TVB-N Analizi.....	56
Şekil 36. TBARS Analizi	57
Şekil 37. pH Ölçümü.....	57
Şekil 38. Renk Ölçümü	58
Şekil 39. Duyusal Analiz İçin Çiğ ve Pişmiş Filetolar.....	58
Şekil 40. Çiğ Fileto Duyusal Değerlendirme Formu.....	59
Şekil 41. Pişmiş Fileto Duyusal Değerlendirme Formu.....	60
Şekil 42. Faklı Yem ve Yemleme Stratejisi ile 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşaağı Alabalığında Karaciğer GH mRNA Ekspresyonunun Referans Gene Karşı (GAPDH) Oransal Değişimi.	66
Şekil 43. Faklı Yem ve Yemleme Stratejisi ile 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşaağı Alabalığında Karaciğer IG-I mRNA Ekspresyonunun Referans Gene Karşı (GAPDH) Oransal Değişimi.	66
Şekil 44. Faklı Yem ve Yemleme Stratejisi ile 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşaağı Alabalığında Karaciğer IG-II mRNA Ekspresyonunun Referans Gene Karşı (GAPDH) Oransal Değişimi.	67
Şekil 45. Faklı Yem ve Yemleme Stratejisi ile 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşaağı Alabalığında Günlük Toplam Amonyak Azotu (TAN) Sonuçları.....	77
Şekil 46. Deneysel Yemlerle Beslenen ve Yemleme Stratejisi Uygulanan Gökkuşaağı Alabalığında Günlük Üre-Azot Salınımı. Sonuçlar $\text{ort} \pm \text{std}$. Sapma (n=3) Olarak Verilmiştir	78
Şekil 47. Karaciğer Dokularının Histolojik Görünümü. A) BUY grubu, Karaciğerin normal histolojik görünümü (H-E), B) BPY/BUY grubu, Karaciğerlerdeki hepatositlerde hafif düzeyde nekrotik ve dejeneratif değişimler (*) (H-E), C) BPY-BUY grubu, Karaciğer normal histolojik görünümü (H-E), D) BPY grubu, Karaciğerlerde diffüz tarzda, şiddetli düzeyde nekrotik ve dejeneratif değişimler (*) (H-E).	81
Şekil 48. Bağırsak Dokularının Histolojik Görünümü. A) BUY Grubu, Bağırsak Normal Histolojik Görünümü (H-E), B) BPY/BUY Grubu, Villuslarda Hafif Düzeyde Mononükleer Hücre İnfiltrasyonları (>) (H-E), C) BPY-BUY Grubu, Villuslarda Hafif Düzeyde Mononükleer Hücre İnfiltrasyonları (>) (H-E), D) BPT Grubu, Villuslarda Şiddetli Düzeyde Mononükleer Hücre İnfiltrasyonları (>) (H-E).....	82

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
~	: Yaklaşık
₺	: Türk lirası
Σ	: Toplam
μL	: Mikrolitre
14:0	: Miristik asit
15:0	: Pentadesylik asit
16:0	: Palmitik asit
16:1n-7	: Palmitoleik asit
17:0	: Heptadesanoik asit
18:0	: Oktadesanoik asit
18:1n-9	: Oleik asit
18:2n-6	: Linoleik asit
18:3n-3	: Linolenik asit
18:4n-3	: Stearidonik asit
20:0	: Araşidik asit
20:3n-3	: Eikosatrienoik asit
20:3n-6	: Gama linoleik
20:4n-6	: Araşidonik asit
21:0	: Heneikosanoik asit
22:0	: Dokosanoik asit
24:0	: Araşidik asit
24:1n-9	: Nervonik asit
a*	: Kırmızı
AA	: Amino asit
Arg	: Arjinin
b*	: Sarı
BDA	: The British Dietetic Association
BF ₃	: Borontriflouride metanol
BSGM	: Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü
CAT	: Katalaz
-COOH	: Karboksil grubu
Cr ₂ O ₃	: Kromik oksit

Cu	: Bakır
DHA	: Dokozahekzaenoik asit
dk	: Dakika
EAA	: Esansiyel amino asitler
EOAA	: Esansiyel olmayan amino asitler
EPA	: Ekozapentaenoik asit
FAA	: Free amino acid
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
Fe	: Demir
GC/MS	: Gaz kromatografisi/kütle spektrometresi
Gr	: Gram
GSH	: İndirgenmiş glutatyon
H ₂ SO ₄	: Sülfürik asit
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
Kg	: Kilogram
L	: Litre
L*	: Parlaklık
Lys	: Lizin
MDA	: Malondialtehit
MeOH	: Metanol
Mg	: Miligram
MgCl ₂ 6H ₂ O	: Magnezyum klorür
ml	: Mililitre
mm	: Mili metre
mM	: Milimolar
Mn	: Manganez
MUFA	: Tekli doymamış yağ asitleri
N	: Normal
n3	: Omega 3
n6	: Omega 6
Na ₂ HP0 ₄	: Disodyum fosfat
Na ₂ SO ₄	: Sodyum sülfat
NaOH	: Sodyum hidroksit
NaOH	: Sodyum hidroksit
ND	: Okumada görülmemiştir.

NH ₂	: Amin grubu
nm	: Nano metre
NRC	: National Research Council
°C	: Santigrat derece
PUFA	: Çoklu doymamış yağ asitleri
s	: Saat
Se	: Selenyum
SFA	: Doymuş yağ asitleri
sn	: Saniye
SOD	: Süperoksit dismutaz
TAGEM	: Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
TBA	: Tiyobarbitürik asit
TBARS	: Thiobarbitürik asit reaktif substans
TCA	: Trikarboksilik asit
TEPGE	: Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TK	: Tank
TVB-N	: Toplam uçucu bazik azot
V	: Hacim
Zn	: Çinko
α -keto	: Ketoglutarik asit

GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliği (akuakültür) sektörü, yıllık %8-11'lik büyüme oranıyla son on yılda dünya genelinde en hızlı büyüme gösteren sektörlerden biri ve aynı zamanda en hızlı büyüyen gıda üretim sektörü olmuştur. Bu büyümeye, teknolojik gelişmelerin akuakültür sektöründe uygulanması önemli bir ivme kazandırmıştır. Dünya nüfusunda görülen önemli artışla birlikte ortaya çıkan gıda yetersizliği, diğer taraftan insanların bilinçli beslenme algısının artması, sosyo-ekonomik ve kültürel yaşam standartlarının yükselmesi gibi sebepler de, mevcut üretim kapasitesinin yükselmesine etki eden önemli faktörler olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca sanayi alanında meydana gelen gelişmeler neticesinde su kaynaklarında görülen kirlilik, buna paralel olarak doğal balık stoklarının azalması ve aşırı avcılık gibi unsurlar da akuakültür üretimine olan ihtiyacı kaçınılmaz kılmaktadır (Sargent and Tacon 1999; Ayadi *et al.* 2012; FAO 2020).

Akuakültür sektörü pek çok otorite tarafından geleceğin sektörü olarak nitelendirilmektedir. Bu durumun gerekçeleri kapsamlı bir şekilde ele alındığında;

- Gıda ihtiyacı bakımından; Dünya nüfusu hızla artmaktadır. Dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık 10 milyar olacağı ve bu kadar nüfusu besleyebilmek için, şu an sahip olduğumuz gıda miktarını %60 oranında arttırmamız gerektiği, bilim camiası tarafından düşünülen öncelikli konular arasındadır. Sürdürülebilir gıda güvenliği yaklaşımıyla bakıldığında, karalarda yapılan tarımsal üretimin artık üst sınırlara ulaşmış olmasından dolayı insanların beslenmesi için sucul kaynaklardan daha çok yararlanma zorunluluğu kendini göstermektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütüne (FAO) göre su ürünleri yetiştiricilik sektörü gıda açığını gidermek için ihtiyaç duyulan gıda artışının sağlanabilmesinde en büyük katkıyı yapabilecek sektörlerin başında gelmektedir. Uzun yıllardan beri su ürünleri yetiştiricilik sektörünün dünyada ve Türkiye'de en hızlı büyüyen gıda üretim sektörü olması da bunu açıkça doğrulamaktadır.
- Doğal stokların sömürülmesi ve yok olması bakımından, avcılıkta bilinçsiz ve aşırı sömürmeye ek olarak tsunami, küresel ısınma, sel vb. diğer doğal afetler nedeniyle doğal su rezervleri ve beraberinde balık stokları devamlı olarak azalma göstermektedir. Bu azalmanın yanı sıra birçok canlı türü de yok olma tehlikesi ile yüzleşmektedir. 1970'lerden bu yana aşırı avcılık sebebiyle (Pickova and Mørkøre

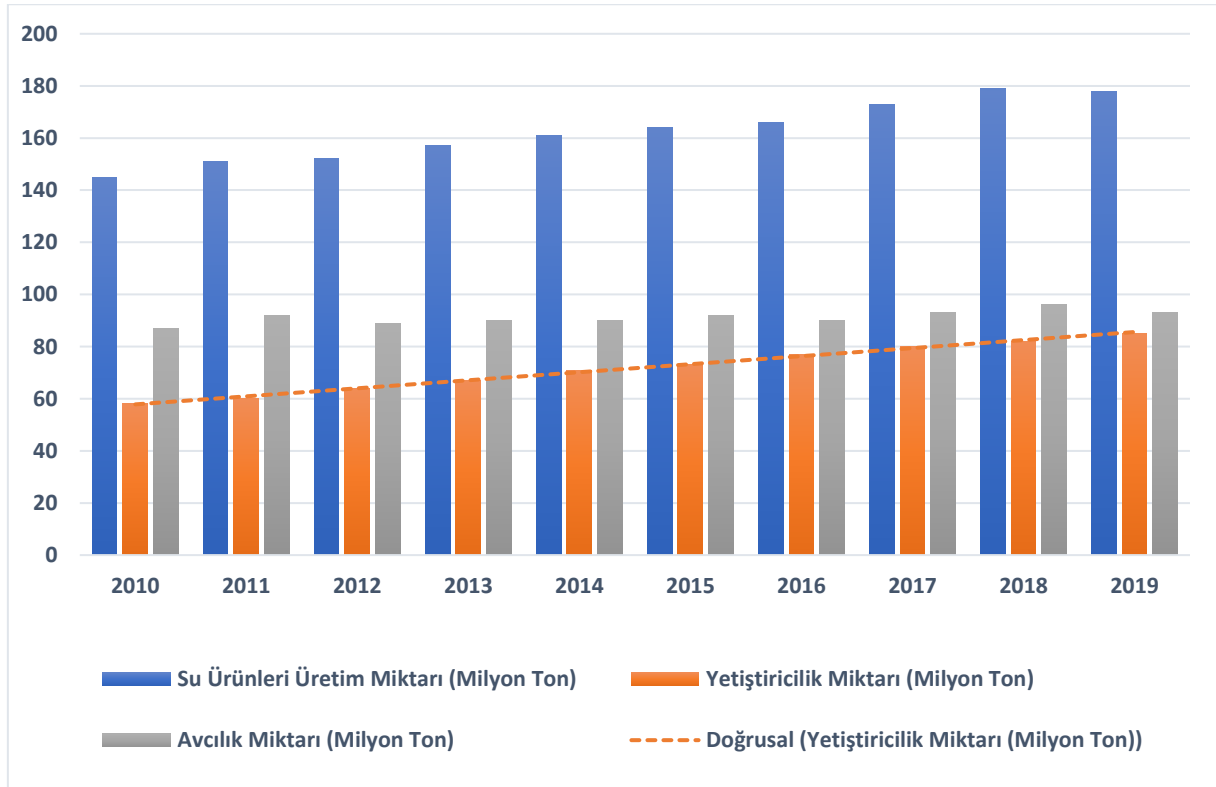
2007) mevcut balık stoklarının %75'nin sömürüldüğü ve birçok canlı türünün de neslinin tehlike altında olduğu rapor edilmiştir (FAO 2010). Avcılıkta görülen mevcut seyrin bu şekilde devam etmesi durumunda ise denizlerdeki birçok canlının özellikle balık türlerinin 2048 yılına kadar neslinin yok olacağı bildirilmiştir (Worm *et al.* 2006; BDA 2017). Bu duruma karşılık akuakültürün gelişmesiyle doğal su kaynaklarında gerçekleştirilen av miktarı ve baskısı azalacaktır. Böylelikle doğal kaynaklar korunarak mevcut canlı türlerinde denge ve zenginleşme olacaktır.

- Besin içeriğinin yüksek olması bakımından, hayvansal protein canlıların beslenmesinde ve gelişmesinde oldukça önemi bir rol oynamaktadır. Fakat çağımızda ülkemiz de dahil olmak üzere bir çok ülkede protein açısından kaynaklanan sağlık sorunları görülmektedir. Su ürünleri yüksek düzeyde ve kaliteli protein içeren ve aynı zamanda A, D, B ve K vitaminleri ile fosfor, kalsiyum gibi mineralleri zengin bol seviyede içeren önemli bir besin unsurudur. Ayrıca su ürünleri içermiş olduğu yağ ve yağ asitleri bakımından da insan beslenmesinde oldukça önemli bir besin kaynağıdır. Balık eti; %0,1-22 yağ, balık yağı ise %20 doymuş, %80 oranlarında doymamış yağ asitlerini bünyesinde bulundurmaktadır. Doymamış yağ asitlerinin büyük bir çoğunluğunu da çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) oluşturmaktadır. Balık lipitlerinde PUFA'ların çoğunluğu n-3 tip şeklinde bulunmaktadır. Omega 3'ün farklı formlarda bulunabildiği ve sağlık bakımından çok önemli olduğu bilinmektedir. Omega 3'ün en önemli temsilcilerinden olan ekozapentaenoik asit (EPA; 20:5n-3) ve dokozahexaenoik asit (DHA 22:6n-3) uzun zincirli yağ asitleridir ve insan vücudunda sentezlenememektedir. Vücudun ihtiyaç duyduğu EPA ve DHA için bu yağ asitlerini içeren gıdaları mutlak suretle dışardan alarak tüketmek gerekmektedir. Balıklar özellikle de yağlı balıklar EPA ve DHA'nın en önemli kaynağıdır. EPA ve DHA n-3 yağ asitleri tüketildiğinde; Alzheimer, depresyon, şizofreni, astım, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, hipertansiyon, akciğer, göğüs, bağırsak ve prostat kanser türlerinin önlenmesinde, bağışıklık sistemin güçlendirilmesinde, zeka gelişiminde, hamilelik öncesinde ve sonrasında anne ve bebek sağlığı üzerinde pozitif etkilerinin görüldüğü ayrıca sinir sistemi, beyin fonksiyonları ve retinanın korunması hususunda da bu yağ asitlerinin bir çok faydasının olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Görüldüğü üzere özellikle insanların sağlıklı beslenmeleri konusunda ihtiyaç duyduğu proteinlerin ve yağ asitlerinin karşılanmasında sucul gıdaların önemi ve vereceği katkı gün geçtikçe ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle gelecek yıllarda akuakültürün daha da önem kazanarak gelişeceği öngörülmektedir.

- Ekonomik değerinin yüksek olması ve ülke ekonomisine katkısı bakımından, akuakültür faaliyetleriyle kullanılmayan sulak alanların (deniz, göl vb.) değerlendirilmesiyle istihdam elde edilerek ülke ekonomisine çok ciddi katkı sağladığı aşıkardır. Dünya genelinde gıda talebinin artmasıyla birlikte, özellikle refah seviyesi gelişmiş toplumlarda sağlıklı beslenme alışkanlığının ilerlemesi, çok önemli bir besin kaynağı olan su ürünlerine talebi daha da artırmaktadır. Kültür balıkçılığı denizlerde, iç sularda kurulu üretim tesislerinin yanı sıra yavru balık yetiştirme tesisleri (kuluçkahaneler), ürün işleme tesisleri, paketlenme tesisleri, yan ürün değerlendirme tesisleri, gemi, ağ yapım atölyeleri, kafes, havuz ve diğer lojistik tesisleri ile ülke ekonomisinde dinamik önemli bir bütün oluşturmaktadır (Leskanich and Noble 1997; Ceylan vd. 1999; Yerlikaya ve Gökoğlu 2002; Varlık vd. 2004; İSUB 2014; Huerta-Yépez *et al.* 2016; BDA 2017).

Dünya’da ve Türkiye’de Su Ürünleri

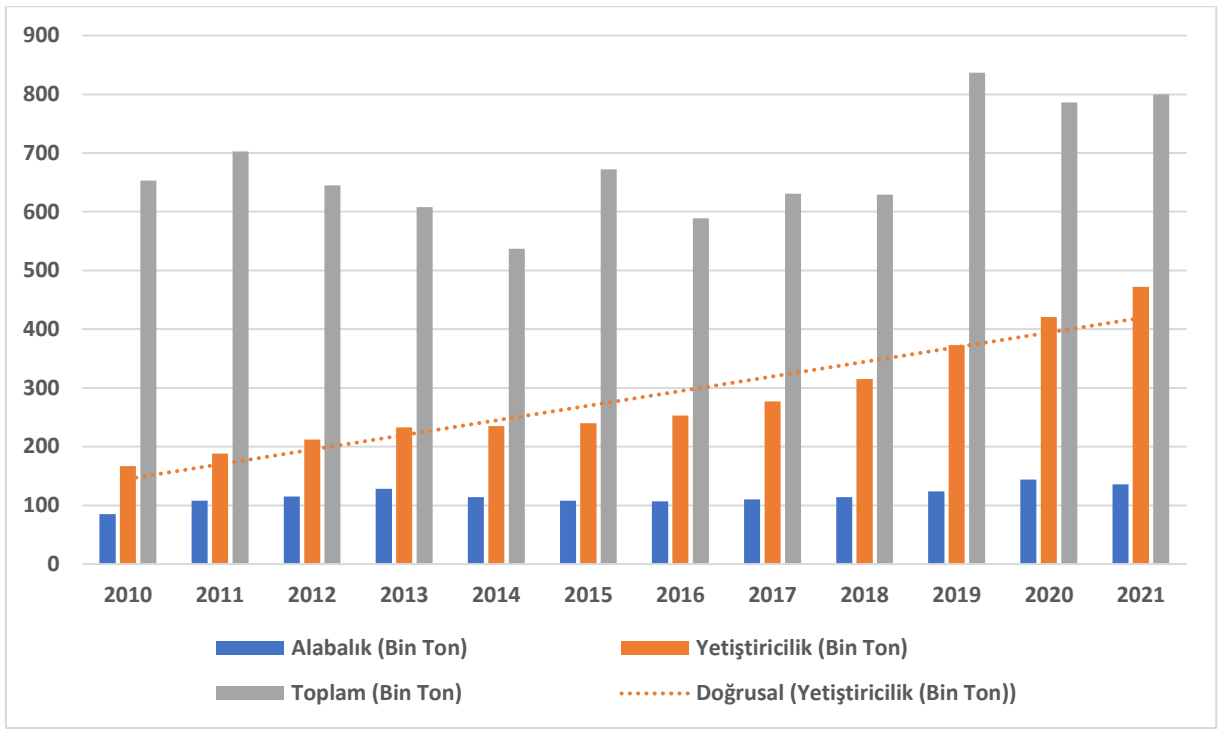
FAO verilerine göre 2019 yılında su ürünleri üretimi dünyada yaklaşık 178 milyon tondur. Üretimin yaklaşık 92 milyon tonu avcılık, 85 milyon tonu ise yetiştiricilikle gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Gerçekleştirilen avcılık miktarının ~80 milyon tonunun denizlerde kalan ~12 milyon tonun ise iç sularda olduğu bildirilmiştir (BSGM 2021).



Şekil 1. Dünya Su Ürünleri Üretimi (Milyon Ton), (BSGM 2021).

Yetiştiricilikle üretilen miktarın ~53 milyon tonu iç sulardan, ~32 milyon tonu ise denizlerden karşılanmıştır. Dünyada son on yıldır avcılıkla elde edilen su ürünleri miktarının yaklaşık 90 milyon ton ile hemen hemen aynı seviyede kaldığı, 2010 yılında 57 milyon ton olan su ürünleri yetiştiriciliğinin ise 2019 yılında 85 milyon ton şeklinde gerçekleştiği göze çarpmaktadır. Dünya üretimi ülkeler bazında değerlendirildiğinde üretimin homojen bir şekilde dağılmadığı, özellikle Asya kıtasının sektörde açık ara önde olduğu net şekilde görülmektedir. Dünya su ürünleri üretiminde yetiştiricilik sektöründe Çin yaklaşık 40 milyon ton ile lider konumda olup Çin'i Endonezya, Hindistan, Vietnam gibi Asya ülkeleri takip etmektedir. Su ürünleri üretiminde en büyük üretici ülke olan Çin, %14'lük oranla ihracatta da lider konumda bulunmaktadır. Çin'i; Norveç, Vietnam, ABD ve Tayland izlemekte olup ülkemizin ise 2020 yılında 201.157 ton ihracat yaptığı bilinmektedir (FAO 2020; BSGM 2021). Akuakültür ithalatının %75'i gelişmiş ülkeler tarafından yapılmaktadır. Dünyada su ürünleri ithalatında ilk sırada (%14) ABD gelmekte olup, Japonya ve Çin (%9) ikinci ülke konumundadır. Akuakültür, 1980'li yıllardan buyana balıkçılıktan sağlanan üretimin önemli bir bölümünü istikrarlı bir biçimde küresel balık arzındaki büyümeye katkı sağlayarak gerçekleştirmektedir. 1970'lerin ortalarında akuakültür, bütün dünya üretimi miktarının yalnızca %7'sini oluştururken bu rakamların toplam balıkçılık içindeki payının 2018 yılında %46'ya yükseldiği görülmektedir. Ayrıca dünyada kişi başı balık tüketimi 2016-2018 yılları arasında ortalama 20,3 kg olarak belirtilmiştir (FAO 2020).

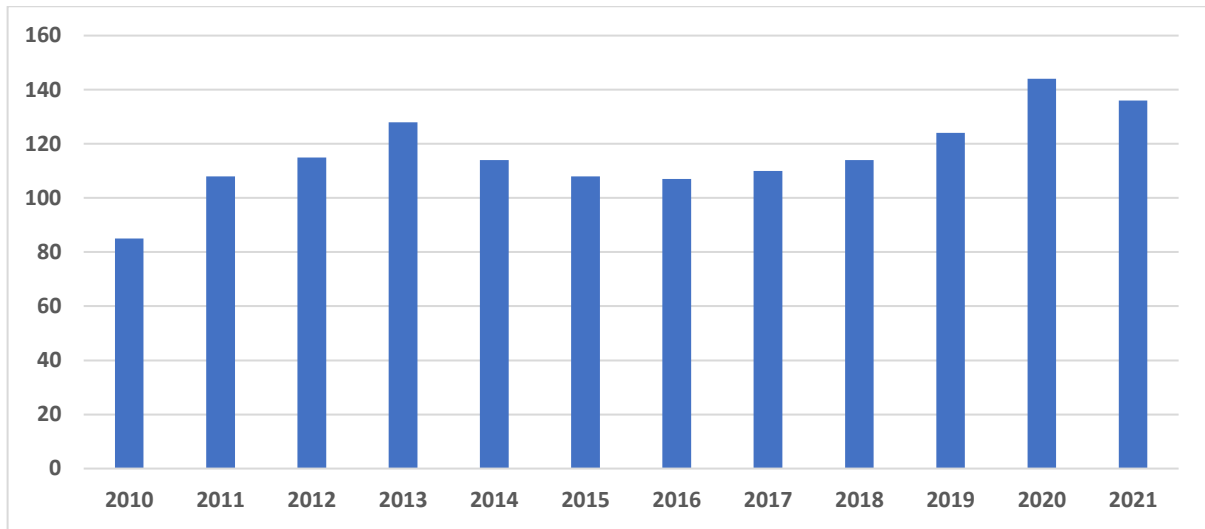
Akuakültür, Türkiye'de 1970'li yıllarda başlamıştır. Başlangıç sonrasında yetiştiricilik faaliyetlerinin ülkemizin geneline yayılarak çoğunlukla iç sularda yoğunlaştığı görülmektedir. Öte yandan 1980'li yıllardan itibaren denizlerde gerçekleştirilen kafes yetiştiriciliği ile ivme kazanmıştır. Ülkemizdeki toplam su ürünleri üretimi 2010 yılında 653.080 ton iken, bu üretimin 2021 yılında 799.851 tona yükseldiği rapor edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye Su Ürünleri Üretimi (Bin Ton), (BSGM 2021; TÜİK 2022).

Aynı yılda (2010) yetiştiricilik yoluyla elde edilen üretimin 167.141 tondan 2021 yılında 471.686 tona ulaştığı rapor edilmiştir (Şekil 2). Ayrıca ülkemizdeki toplam su ürünleri üretimi içerisinde 2010 yılında %25,6 olan yetiştiricilik payının, 2021 yılında ~%59 olduğu görülmektedir. Su ürünleri üretim miktarı ve ekonomik değerlerinin 2020 verilerine göre 13.708.550.105 ₺ değerine ulaştığı görülmektedir. Bu rakamın önemli payının 10.859.581.980 ₺ ile yetiştiricilikten, kalan 2.848.968.125 ₺ kısmının ise avcılıktan elde edildiği resmi kaynaklarda bildirilmektedir. Yetiştiricilik miktarı 2018 yılında ilk defa avcılık miktarını geçerek ayrıca dikkati üzerine çekmiştir. Bu durum 2021 yılında da aynı şekilde devam etmiştir (BSGM 2021;TÜİK 2022).

Türkiye’de yetiştiriciliği en çok yapılan türlerin üretim miktarları ele alındığında ise 2021 yılında 155 bin ton ile 1. sırada levreğin, 136 bin ton ile 2. sırada alabalığın (Şekil 3) ve 133 bin ton/yıl ile 3. sırada çipuranın yer aldığı istatistiklere kaydedilmiştir. Ayrıca ülkemizde kişi başı balık tüketimi 2020 yılında 6,7 kg olarak belirtilmiştir (BSGM 2021, TÜİK 2022).



Şekil 3. Türkiye Alabalık Üretim Miktarı (Bin Ton), (BSGM 2021; TÜİK 2022).

Gökkuşaağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

Kuzey Amerika'nın önemli bir türü olan Gökkuşaağı alabalığı yetiştiricilik yoluyla günümüzde birçok ülkeye dağılım göstermiştir. Avrupa'ya 1880'lerde ilk olarak getirilmiş, ülkemizde ise 1970'lerde üretim çalışmalarına başlanmıştır. Daha önceleri *Salmo gairdneri* ismi ile bilinen bu balığın ismi değiştirilerek günümüzde *Oncorhynchus mykiss* şeklinde kullanılmaktadır (Yardım vd. 2008).

Dünyada uzun yıllardır yaygın şekilde kültürü yapılan gökkuşaağı alabalığının ağız terminal yapıları ve vücudu lateral biçimde yassılaştırmıştır. Güçlü dişleri damak, çene ve dil üzerinde bulunmaktadır. Küçük sikloit pullar deriye gömülü şekilde yer almaktadır ve vücut yan çizgisi vücudun ortasında oldukça belirgindir. Vücutta lateral ve dorsal bölgede, kuyruk ve sırt yüzgeçlerinde solungaç kapağının üzerinde küçük kahverengi-siyah ve yeşilimsi benekler bol miktarda bulunmaktadır. Karın kısmı oldukça parlak gümüşü renkte ve gökkuşaağı renginde bantlar yanall çizgi boyunca konumlanmıştır. Dorsal ve kaudal yüzgeç arasında bulunan yağ yüzgeci spesifiktir (Lindhorst-Emme 1990; Pennell 1996). Büyüme performansları 13-18 °C'de optimum olan bu balık, bol oksijenli tatlı sularda yaşamaktadır. Yaşam dönemleri süresince zooplanktonlar, kabuklular, böcekler ve diğer küçük balıklar alabalığın başlıca besin kaynaklarıdır. Üremeleri doğada ilkbahar mevsiminde olmakla birlikte kumlu ve çakıllı su ortamlarında dış döllenme ile gerçekleşmektedir. Döllenen yumurtalar su sıcaklığına bağlı olarak gözlenmekte ve açılmaktadır.

Gökkuşaağı alabalığı Sistematigi;

Alem: Vertebrata

Altalem: Pisces (Balıklar)

Sınıf: Osteichthyes (Kemikli Balıklar)

Takım: Salmoniformes (Alabalıkgiller)

Aile: Salmonidae (Alabalıklar)

Cins: *Oncorhynchus*

Tür: *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792).

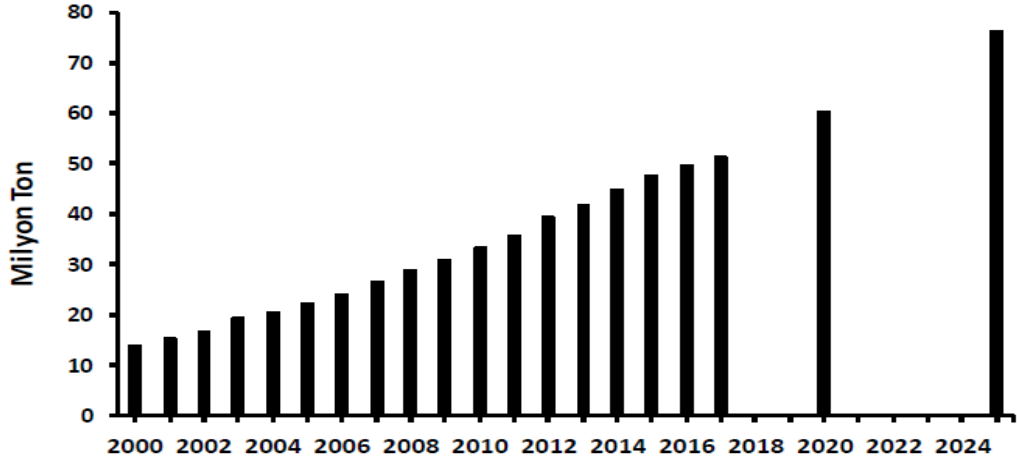


Şekil 4. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

Yetiştiricilik ve Yem İlişkisi

Yetiştiricilik ve Yem İlişkisi

Son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğine duyulan hızlı talep artışı, bir yetiştiricilik modeli olarak tamamen dıştan yemlemeye dayalı olan entansif yetiştiriciliği önemli bir seçenek haline getirmiştir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde balık besleme ve yem teknolojisiyle birlikte entansif balık yetiştiriciliği günümüzde sektörde en önemli konuların başında gelmektedir. Entansif yetiştiricilik sisteminin dünyada ve ülkemizde giderek hız kazanması neticesinde, akuakültür üretiminde özellikle son yıllarda ciddi artışlar görülmektedir. Ancak üretimde görülen bu artışlar, beraberinde balık yemine olan talebi de önemli ölçüde artırmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletme sayılarının ve aquakültür üretim seviyesinin giderek yükselmesi, su ürünleri yem sanayinin gelişmesini doğal olarak teşvik etmektedir. Balık yemi üretimi dünya genelinde ele alındığında üretimin 2000 yılında yaklaşık 12-13 milyon ton civarında olduğu ve bu rakamların sürekli bir artışla 2017 yılında 51,2 milyon tona yükseldiği rapor edilmiştir. Projeksiyon değerlendirmesi yapıldığında dünya yem üretiminin günümüzde yaklaşık 59 milyon ton olduğu ve bu miktarın önümüzdeki yıllarda 73 milyon ton seviyesinde olacağı belirtilmiştir (Tacon 2019) (Şekil 5).



Şekil 5. Dünya Balık Yemi Üretiminin 2000-2020 Yılları Arasındaki Miktarları ve 2025 Yılındaki Tahmini Değeri (Tacon 2019).

Ülkemizde ise 2013-2017 yılları arasında balık yemi üretiminin yaklaşık %45’lik bir artış gösterdiği bildirilmiştir (Tablo 1). Toplam yem üretimimiz 2013 yılında 355.387 ton iken 2017 yılında bu rakamın 512.726 tona yükseldiği görülmektedir (GKGM 2018).

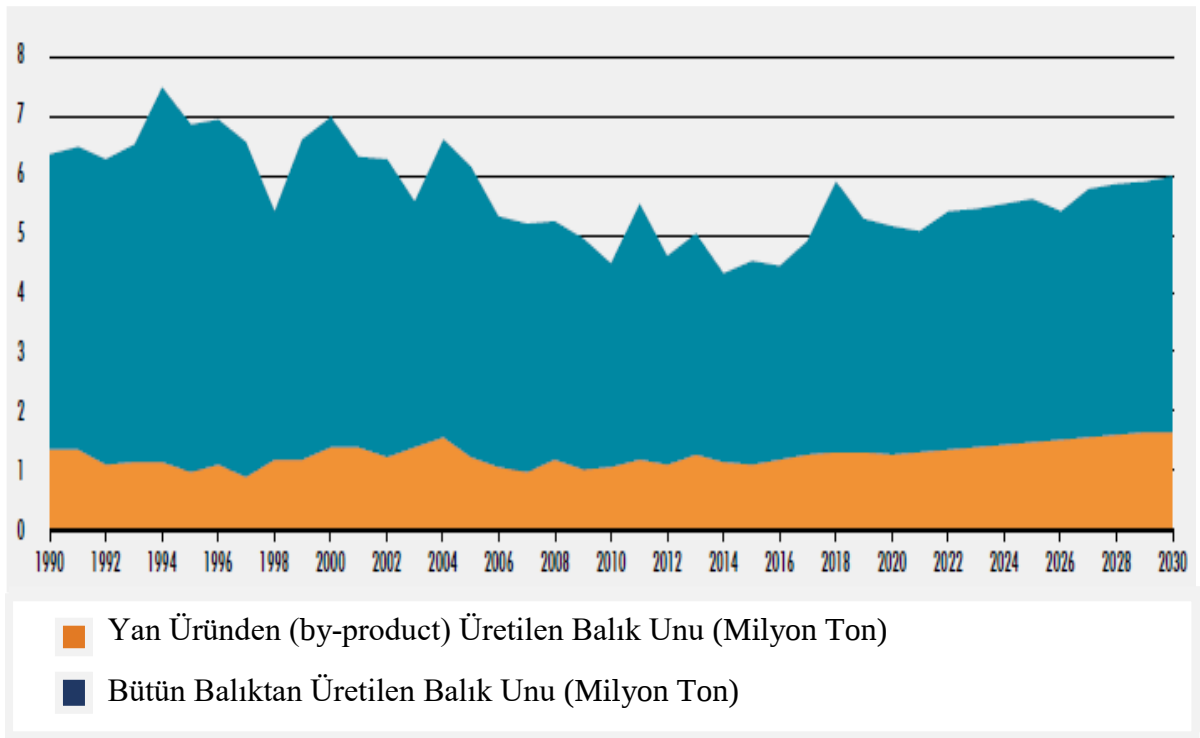
Tablo 1. Türkiye Balık Yemi Üretimi (Ton). (GKGM, Tarım ve Orman Bakanlığı 2018).

Ürün	2013	2014	2015	2016	2017
Alabalık yemi	79.205	65.153	64.153	80.991	76.290
Yavru büyütme yemi	3.161	1.954	378	582	13.458
Levrek yemi	174.223	190.473	186.201	267.409	275.293
Sazan yemi	543	2.110	129	822	1.025
Somon yemi	2.498	1.320	1.636	1.552	2.560
Çipura yemi	80.233	87.967	107.064	108.952	121.907
Diğer kültür balığı yemleri	15.525	6.130	15.916	791	35.179
Toplam	355.387	355.571	375.476	461.099	512.726

Su ürünleri yetiştiriciliğinin günümüzde olduğu gibi gelecekteki başarısının da ancak gelişmiş bir yem endüstrisiyle sağlanabileceği belirtilmektedir (De Silva and Anderson 1995; Lovell 1998). Yem sanayisinin gelişmesiyle birlikte, yem içeriğinde balıkların ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin balıkların biyolojik gereksinimlerine göre uygun şekilde yer alması da oldukça önemlidir. Bu sebeple balıklarda yemler hazırlanırken, lipid, protein, karbohidrat, vitamin ve mineraller gibi temel bileşenlerin balığın türüne, büyüklüğüne ve yetiştirildiği ortam koşullarına uygun şekilde kullanılması gerekmektedir (Chamberlain and Barnh 1993). Yemlerde bulunan yem bileşenlerinin balığın büyümesini ve gelişmesini etkilediği gibi diğer

tarafından balığın et kalitesini de etkileyerek müşterilerin tüketim tercihi hususunda önemli bir rol oynadığı da bilinmektedir (Trond and Mohr 1987). Balıklar üzerinde yapılan araştırmalardaki verilere dayanarak, özellikle pahalı ve sınırlı yem maddeleri yerine maliyeti düşük ve üretim sorunu olmayan alternatif ham maddeler kullanılarak balık beslemede farklı içerikte diyetlerin hazırlandığı görülmektedir. Çünkü entansif yetiştiricilik sistemlerinde en önemli maliyeti oransal olarak %50-70 ile yem giderlerinin oluşturduğu belirtilmektedir (Jamiu and Ayinla 2003; FAO 2009).

Balık beslemenin asıl amacı, yetiştiricilik süresince balıkların bütün metabolik ihtiyaçlarını düzenleyerek yetiştiriciliği yapılan türleri ekonomik, olabildiğince hızlı ve sağlıklı bir şekilde pazar büyüklüğüne ulaştırmaktır. Bu amaçla kazanılan canlı ağırlıkla birlikte birtakım hastalıklara karşı direnç oluşturma ve hatta tedavi edilme, balık yemlerine katılan hammaddelerle sağlanabilmektedir. Bu sebeple balık besleme konusunda özellikle uygun protein kaynaklarının dengeli bir şekilde harmanlanıp yemlere koyulması gerekmektedir. Fakat bu şekilde hazırlanan özel yemlere karşı balıkların yem alımıyla alakalı gösterecekleri tepkiler dikkate alınmalıdır. Balık diyetlerinde temel protein kaynağı balık unudur çünkü balık unu doğal olarak dengeli bir aminoasit profiline sahiptir. Alabalık gibi karnivor balık türleri için, elde edildiği balık türüne göre yaklaşık olarak % 65-72 oranlarında protein içeren balık unu mükemmel bir hammaddedir (Tocher and Sargent 1986; Sargent and Tacon 1999; Nakagawa *et al.* 2007; Kaushik and Seiliez 2010; Richard *et al.* 2010). Çünkü karnivor balıkların diğer türlere göre çok daha yüksek oranda proteine ihtiyaç duyduğu bilinmektedir. Ancak son yıllarda dünyadaki balık stoklarının azalması, mevcut balık rezervlerinin insan tüketiminde daha fazla kullanılması, tsunami ve küresel ısınma vb. doğal afetler nedeniyle balık unu üretiminin dalgalanmalar göstererek azaldığı görülmektedir (Şekil 6). Bu nedenlerden dolayı yemlerde balık unu kullanımının yakın tarihsel geçmişi ele alındığında, 1995 yılında %40 oranında kullanılan balık ununun 2020'li yıllarda %12'lere kadar düşebileceği öngörülmüştür (De Silva *et al.* 2011).



Şekil 6. Dünya Balık Unu Üretimi ve Projeksiyonu (1990-2030) (FAO 2020).

Balık unu üretim miktarının 2000 yılından sonra azalmaya başladığı, dünya tahıl ve yağlı tohum üretimlerinin ise artış eğilimi gösterdiği bilinmektedir. Bu artış eğiliminde balık yemlerinde kullanılan tahıl ve yağlı tohum oranlarının artmaya başlamasının etkisinden başka, gıda ve diğer alanlardaki ihtiyacın artması ve toplam ekim sahalarının genişlemesi de oldukça etkili olmuştur.

Akuakültür sektörünün global anlamda gelişerek devam etmesindeki en önemli risklerden biri yem faktörüdür (FAO 2016). Karnivor türler için yem yapımında en çok ihtiyaç duyulan hammaddeler olan balık unu ve balık yağı tedariki tartışmalı bir şekilde sürdürülüyor olsa da, bu hammaddelerde kullanılmak üzere ihtiyaç duyulan talebin, ülkemizde ve dünyada her geçen gün yetiştiricilikte kaydedilen büyümeyle birlikte artacağı beklenmektedir (Tacon 1994). Çünkü akuakültür kaynaklarının sadece gıda olarak kullanıldığı düşünüldüğünde bile, kişi başı balık tüketim miktarının bugünkü seviyede kalabilmesi adına, yetiştiricilik yoluyla 2030'a kadar 23 milyon ton daha fazla üretimin gerçekleştirilmesi gerektiği öngörülmektedir (FAO 2012). Bu durumun balık yemi rasyonlarında kullanılan hammaddelerin tedarik edilmesinde birtakım problemleri beraberinde getireceği daha önceden belirtilmiştir (Adebawale and Olubamiwa 2008). Bu problemleri çözmek adına dünya ülkeleri ithalat yöntemini seçerek ürettikleri yemlerin içerisine ekledikleri hammaddeleri %10-100 değişen oranlarda ithal etmiş, Türkiye'de ise bu oranın yaklaşık %70 olduğu bildirilmiştir (FAO/NACA 2012). Ancak bu durumun ülkelere ekonomik olarak ciddi maliyetler doğurduğu bilinmektedir. Bu durum somut olarak değerlendirildiğinde 2014 yılında ülkemizde ortalama 4,14 (₺/kg) olan

alabalık yeminin, 2020 yılında ortalama 13,00'a (₺/kg) kadar yükseldiği görülmektedir. TÜİK verilerine göre 2020 yılında iç sularda 1 kg alabalık yetiştiricilik fiyatı 17,6 ₺ olarak açıklanmıştır. (TEPGE 2020). 2022 yılında ise bu rakam 40 ₺ üzerine çıkmıştır. Bu duruma çözüm olarak özellikle karasal orijinli alternatif yem hammaddelerinin araştırılmasının, ekonomiyle birlikte hem doğadaki balık stokları üzerindeki baskının hafifletilmesinde hem de yetiştiricilikte istenen sağlıklı büyümenin sağlanmasında önemli olduğu belirtilmiştir (Pickova and Mørkøre 2007; Hua *et al.* 2019). Bu doğrultuda, Tocher *et al.* 2006; Nakagawa *et al.* 2007; Benedito-Palos *et al.* 2016 yem sektörünün en önemli hammaddeleri olan balık unu ve balık yağına göre daha ekonomik, balıkların besleyici özelliğini karşılayabilen, sağlıklı, çevreci, kolay temin edilebilen ve en önemlisi de süreklilik arz edebilen hammaddelerle ilgili çalışmaların son dönemlerde yoğun bir şekilde gerçekleştirildiğini belirtmişlerdir. Yukarıda bahsedilen bitkisel orijinli hammaddelerden soya, soya unu ve küspesi, buğday gluteni ve unu, mısır gluteni ve unu, kolza/kanola küspesi, pamuk tohumu küspesi, ayçiçeği tohumu küspesi, yer fıstığı/fıstık unu, hardal tohumu küspesi, acıbadam çekirdeği unu, bakla unu gibi kaynakların balık yemlerine büyük oranlarda katıldığı bilinmektedir. Balık türleri üzerinde bu konuyla alakalı birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Lazzarotto *et al.* 2018; Özdemir-Yürüten and Yıldız 2019; Bruni *et al.* 2021; Deborde *et al.* 2021). Ancak bu şekilde yapılan çalışmalarda, bitkisel hammaddelerin balıkların büyümelerinde gerileme gibi olumsuzluklara neden olabileceği birçok çalışmada bildirilmiştir. Dabrowski *et al.* (2007), bu olumsuzlukları ortadan kaldırmaya yönelik gerçekleştirdikleri araştırmada; esansiyel ve esansiyel olmayan sentetik amino asitler içeren diyetlerle beslenen balıklarda esansiyel aminoasitler açısından tamamlayıcı yemleme stratejileri uygulandığında aslında balıkların esansiyel amino asit eksiklerini belli oranda tolere edilebildiğini, bu tamamlayıcı besleme stratejisinin balıklar üzerinde basamak şeklinde artabilen bir büyümeye sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Bu doktora tez çalışmasının amacı; gökkuşağı alabalığı yeminde balıkunu/yağının tamamının bitkisel protein/yağ kaynaklarıyla değiştirilip formüle edilen alternatif yemin, tek başına veya balık unu tabanlı standart yemle birlikte farklı yemleme stratejileri içerisinde test edilmesidir. Bu amaç doğrultusunda; yemlerin ve yemleme stratejilerinin büyüme, vücut proksimet kompozisyonu, protein metabolizması, yağ asidi profili, bağırsak histolojisi, sindirim enzim aktiviteleri ve et kalitesi parametreleri üzerindeki etkileri detaylı şekilde incelenmiştir.

KURAMSAL TEMELLER

Proteinler

Proteinler, sudan sonra hayvan vücudunda en fazla bulunan kimyasal grup olmasıyla birlikte canlı organizmaların en önemli bileşenleridir. Bu bileşenlerin yapısı ele alındığında %51-55 karbon, %21.5-23.5 oksijen, %15.5-18 nitrojen ve %6.5-7.3 hidrojen içerdiği bilinmektedir. Beraberinde birçok protein molekülünde demir, fosfor, kükürt ve iyot vb. elementler de yer almaktadır (Onat vd. 1992). Bütün canlı hücrelerde vücudun temel yapı taşı olan proteinlerin çok önemli yaşamsal fonksiyonları bulunmaktadır. Bu fonksiyonlar; vücut hücrelerinin yenilenmesi, canlının büyümesi ve üreme fonksiyonlarının devamlılığı vb. yaşamsal faaliyetlerin yerine getirilmesini sağlamaktadır. Öte yandan temel enerji rezervi olarak kullanılan lipidlerin ve karbonhidratların yeterli olmadığı anlarda, ihtiyaç duyulan enerji proteinler tarafından karşılanmaktadır. Ayrıca proteinler, metabolizmada bir takım maddelerin zararlı etkilerini yok ederek vücuttan dışarı atılmalarını gerçekleştirmek üzere bileşikler yapmaktadır (Onat ve Emerk 1997; Wilson 2002). Bitkisel ve hayvansal bütün canlı hücrelerin protoplazma yapısında, tüm hayvan dokularında ve birçok hormon ile beraberinde enzimlerin temel bileşenleri yine proteinlerdir. Proteinlerin suda eriyebilirlikleri oldukça değişkendir. Proteinlerin denatürasyonu, yüksek sıcaklıklarda, alkalilerle ve güçlü asitlerle, asetonda, alkolde, ağır metal tuzları varlığında ve üre ile gerçekleşmektedir. Denatürasyon durumunda proteinlerin yapısı bozulmakta ve neticesinde biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerini yitirmektedir (Gözükara 1997).

Aminoasitler

Aminoasitler proteinlerin yapı taşlarıdır. Çeşitli aminoasitlerin bir zincir oluşturmasıyla proteinler meydana gelmektedir. Dolayısıyla proteinleri birbirinden farklı kılan en önemli unsur yapılarında barındırdıkları aminoasitlerin kompozisyonudur. Kompozisyonunda yer alan esansiyel aminoasitlerin kaynağı ve miktarı proteinlerin kalitesinin derecesini belirlemektedir. Öte yandan aminoasitlerin farklı dizilerde birleşmesiyle peptidler meydana gelmektedir. Peptidlerin birleşmesi neticesinde polipeptidler ve proteinler oluşmaktadır. Diğer bir deyişle, aminoasitlerin polimerize olmalarıyla protein üniteleri ortaya çıkmaktadır (Gözükara 1997; Pigott 1990).

Proteinlerin yapısında yaygın bir şekilde 25 farklı amino asit bulunsa da biyolojik yapılarda 100'ün üzerinde çeşitli amino asit izole edilmiştir. Amino asitlerin hepsi aynı karbona bağlı bir amino (-NH₂) ve bir karboksil (-COOH) grubuna sahiptir. Amino asitlerde asidik ve bazik grupların birlikte olması amfoterik özellik kazandırmakta ve pH değişikliklerine direnç gösteren bir özelliğe sahip olmasına neden olmaktadır. Amino asitler hücre metabolizmasında çok önemli fonksiyonlara sahiptir çünkü hemen hemen bütün biyokimyasal reaksiyonlar aminoasit rezidülerinden oluşan enzimler vasıtasıyla katalizlenmektedir (Gözükara 1997; Onat ve Emerk 1997; Wilson 2002). Amino asitler, hem lipid hem de karbonhidrat metabolizması esnasında doku proteinlerinin yanı sıra birçok önemli bileşenin sentezlenmesinde de esansiyel rol oynamaktadır. Bu duruma folik asit, nükleik asit, hemoglobin, histamin, adrenalin, melanin, primidin, pürin, kolin, nikotinik asit ve salgı tuzlarının sentezlenmesi örnek olarak verilebilmektedir. Bunlara ek olarak, enerji vermek üzere amino asitlerin yakıt kaynağı olarak kullanıldıkları da bildirilmektedir (NRC 1993; Wilson 2002).

Bazı amino asitlerin diğer amino asitlerden biyokimyasal olarak sentezlenmesi, çoğu canlıda görüldüğü gibi balıklarda da görülmektedir. Bir takım amino asit grubu ise canlının gereksinimini karşılayacak seviyede sentezlenirken, canlı vücudunda tamamen sentezlenememektedirler (Wilson 2002; Alami-Durante *et al.* 2010). Proteinlerin bünyesinde yer alan amino asitler, esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitler şeklinde sınıflandırılmaktadır (Onat 1997).

Esansiyel amino asitler (EAA)

Canlılar üzerinde mevcut gelişim ve büyüme için diyetlerde zorunlu biçimde olması gereken amino asitlerdir ve canlı vücudunda sentezlenemeyen veya canlının fizyolojik gereksinimini karşılayacak düzeyde sentezlenememektedir. Bu bakımdan canlıların gereksinimlerinin karşılanabilmesi adına ihtiyaç duyulan miktarlar diyetlerde yer almalıdır. Literatürde yer alan araştırmalara göre 10 adet amino asidin balıklar için esansiyel olduğu bilinmektedir. Lizin, metiyonin, arjinin, histidin, fenilalanin, , izolösin, lösin, triptofan, treonin ve valin bilinen esansiyel amino asitlerdir (Cowey *et al.* 1979; Wilson 2002).

Esansiyel olmayan amino asitler (EOAA)

Bu amino asitler, diğer amino asitlerin amino gruplarından, uygun bir karbon kaynağından veya basit bileşiklerden farklı şekillerde canlı vücudunda sentezlenebilen amino asit grubudur. Bu sebepten dolayı, diyetle yer almaları zorunluluk teşkil etmemektedir. Aspartik asit, glutamik asit, alanin, asparajin, serin, glisin, ornitin, hidroksiprolin, prolin, sarkozin, tirozin, sitrulin ve sistindir. Bu amino asitler, canlı vücudunda sentezlenebilme kapasitelerinden

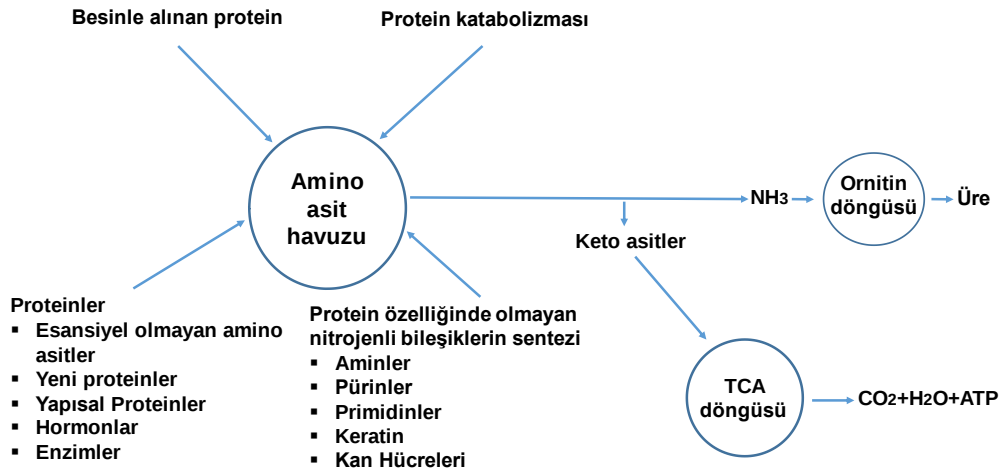
dolayı endojen amino asitler olarak ta adlandırılmaktadır. Esansiyel amino asitlerden, esansiyel olmayan amino asitlerin sentezlenmesi mümkündür. Örneğin, tirozinin sentezlenebilmesi için fenilalanine, sitrulinin sentezlenebilmesi için de metiyonine ihtiyaç duyulmaktadır (Gözükara 1997; Onat ve Emerk 1997).

Protein metabolizması

Proteinlerin kana karışmasından başlayarak, bunların işlenerek sentez ve ayrışma uğramaları ve bu arada oluşan ara ürünlerin dışarı atılmasına kadar geçen tüm olaylara “protein metabolizması” denir (Polat 2001). Balık türüne göre değişmekle birlikte mide ve bağırsaklarda pepsin, tripsin, peptidaz, dipeptidaz ve polypeptidaz gibi enzimlerle amino asitlere dönüşen proteinler, mukozal hücreler vasıtasıyla kana absorbe olurlar. Absorbsiyon sonrasında amino asit havuzuna geçen amino asitler, ilk olarak yapısal proteinlerin, esansiyel olmayan amino asitlerin, enzimler ve hormonların sentezine ek olarak protein yapısında olmayan nitrojen içeren kan hücrelerinin sentezinde, amin, primidin, pürin ve keratinin yapısında yer alırlar. Arta kalan amino asitler deaminasyona yapısal ihtiyaçlar giderildikten sonra girer ve devamında α -keto asitleri aracılığıyla amonyak oluşumu meydana gelir. Meydana gelen bu ürünler sonrasında ornitin döngüsü ve trikarboksilik asit (TCA) vb. metabolik olayları takip ederler. Transaminasyon olayı esansiyel olmayan amino asitlerin senteziyle meydana gelmektedir. Bu olayda, bir α -keto asite bir amino asit $-NH_2$ grubu vererek amino asit α -keto asite dönüşür. Sonrasında önceki α -keto asit sentezlenme durumuna göre istenen yeni amino asite dönüşür (Tüzün 1992). Karaciğer amino asit havuzunun vücuttaki sürekliliğinden sorumludur. Yemdeki proteinler vücuda dışarıdan alınan proteinlerin temel kaynağıdır. Alınan proteinlerin vücuda girişi durduğunda vücut mevcut proteinleri katabolize etmeye başlar. Vücutta amino asitler, büyük miktarlarda yağlar veya karbonhidratlar gibi depolanmazlar. Deaminasyona uğrayan amino asitlerin fazlası karbon kalıntısı (iskeleti) gibi okside olur veya karbonhidratlar, yağlar ve diğer bileşiklere dönüşmektedir. Amino asitlerden amino grubu, temel olarak oksidatif deaminasyonla ve transaminasyonla ayrılmaktadır. Balıklarda genel olarak transaminasyonun daha fazla etkili olduğu düşünülmektedir. Transaminasyonda, bir adet amino asitten bir adet α -ketoasidine (genel olarak da α -keto glutamata) amonyak transferi meydana gelmektedir. Ketoglutarik asit (α -keto asit) diğer amino asitlerin sentezlenmesi için deaminasyona uğrar ya da ekstraksiyonla vücuttan atılmak üzere amonyak açığa çıkarır. Açığa çıkan amonyak yeniden diğer bir transaminasyon evresine girer. Birinci transaminasyonda meydana gelen keto asidi oksidasyona uğrayabilir, yağa dönüşebilir ya da diğer bileşiklerin sentezinde görev alabilir. Esansiyel amino asit grubunda yalnızca treonin ve lizin transaminasyona uğramazlar. Amino asitteki karbon iskeleti, ilgili amino asidin canlılar tarafından sentezlenebilme kabiliyetini

belirleyen alandır. Treonin ve lizin haricinde, tüm esansiyel amino asitlere ait α -keto asitleri metabolik şekilde aminlere dönüşebilmekte ve esansiyel amino asit rezervi olarak işlem görebilmektedir. Bazı durumlarda oksidatif deaminasyonla başlangıç deaminasyon reaksiyonu başlayabilir. Dehidrojenaz enzimleri vasıtasıyla kataliz olan bu reaksiyonda enerji açığa çıkmaktadır. Bunun sonucunda oluşan ürünler, serbest amonyak ve bir α -keto asididir (Yılmaz *et al.* 2004). Amino asitlerin deaminasyonu ile sonuçta iki farklı tip karbon iskeleti meydana gelmektedir.

Amino asitlerin çoğu enerji üretimi için TCA döngüsüne direk olarak dahil olur veya karbonhidratlara rahatlıkla dönüşebilme özelliğine sahip olan α -keto asitleri meydana getirmektedir ki bu amino asitlere 'glikojenik asitler' adı verilmektedir. İzolösin ve lösin gibi birtakım amino asitler, aseton, asetat, β -hiroksibütirat ve asetoasetat gibi karbonhidrat metabolizmasından ziyade, yağ metabolizması ile alakalı ara bileşikler meydana getiren karbon iskeletlerini üretmektedir. Nihayetinde bu bileşikler, yağ asitleri sentezinde rol alabilen ya da TCA döngüsünde enerji üretimi açısından okside olan Asetil-CoA'yı meydana getirmektedir. Karbon iskeletleri vb. ürünler oluşturan amino asitlere 'ketojenik amino asitler' adı verilmektedir. Deaminasyon ve transaminasyonun ters yönde tepkimesi olan aminasyonda, amino asitlerin glikojenik karbon iskeletleri (α -keto asitler ya da piruvat gibi), yeni üretilecek amino asitlerin biyosentezlerinde yapıtaşı olarak görev almaktadır. Deaminasyon sonucu amonyak ortaya çıkmakta ve ornitin döngüsüne girerek üreyi oluşturmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Protein ve Amino Asit Metabolizmasının Genel Akış Şeması (Walton 1985).

Amino asitlerin deaminasyonu

Deaminasyonunun büyük çoğunluğu karaciğer, solungaçlar ve böbrek gibi organlarda, çok az miktarı da diğer dokularda meydana gelmektedir. Karaciğerde üretimi söz konusu olan amonyak, kan aracılığıyla solungaçlara ulaşır ve buradan dışarı/suya verilir. Balık türü ve

balığın fizyolojik durumu karaciğer ya da solungaçlarda üretilen amonyak miktarını etkilemektedir (Bilgüven 2002).

Balıklarda protein ve esansiyel amino asit gereksinimi

Balık dokusunda toplam kuru ağırlığın yaklaşık %65-75'ini oluşturan protein, organik bir bileşendir. Balıklar, amino asit gereksinimlerini gidermek amacıyla protein tüketmektedir (NRC 1993; Smith *et al.* 2001; Wilson 2002). Tüm hayvanlar, maksimum büyüme ve sağlıklı bir yaşam için diyetlerinde 10 amino aside (arjinin, histidin, lizin, triptofan, fenilalanin, tirozin, valin, lösin, izolösin, treonin) ihtiyaç duymaktadır (Wilson and Halver 1986; Wilson 2002). Balıklar diğer çiftlik hayvanları ile mukayese edildiğinde, genel olarak yemlerinde daha fazla protein miktarına ihtiyaç duyuldukları bilinmektedir. Çünkü balıkların protein sentezleme kabiliyetleri sınırlıdır. Bu bakımdan balıklarda optimum seviyede ağırlık kazancının gerçekleşmesi, dejenere olan dokuların yenilenmesi ile birlikte enzimlerin, hormonların ve sindirim sisteminde bulunan epitel hücrelerin oluşumu adına gereksinim duyulan proteinin yemlerin içerisinde hazır formda olması gerekmektedir (Knox *et al.* 1983; Wilson 2002). Diyette tek bir esansiyel amino asidin olmaması bile protein sentezinin en düşük düzeyde bulunan aminoasit seviyesinde olmasına neden olmaktadır. Bu durumda diğer amino asitlerin normal değerlerinin üzerinde olması, protein sentezi, dolayısıyla da balıkların gelişmesi açısından çok fazla önem arz etmemektedir. Bunların çoğu parçalanarak enerji amaçlı kullanılmakta veya karbonhidrat ve yağlara dönüşerek depolanmaktadır. İlk olarak balık yemlerindeki protein ve amino asit gereksinimleri ile alakalı araştırma, Halver vd. tarafından 1950'li yılların sonunda chinook salmonu (*Oncorhynchus tshawytscha*) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Chinook salmonu yavruları için amino asitler hususunda ilk besleme diyetleri, tavuk yumurtası proteini ve chinook salmonunun yumurta proteini kullanılarak diyet haline getirilmiştir (Halver 1957). Hazırlanan bu diyetler başlangıçta chinook salmonunun gereksinim duyduğu yeterli amino asit seviyesini belirlemek için değerlendirilmiştir. Devam eden araştırmalarda, %40 oranında yumurta proteini ile jelatin ve kazein eklenerek elde edilen formülasyon chinook salmonunun beslenmesinde ihtiyaç duyulan 10 esansiyel amino asidin giderilmesi adına kullanılmıştır (Halver 1957; Halver *et al.* 1957; Delong *et al.* 1958; Chance *et al.* 1964). İlk olarak bu şekilde gerçekleştirilen çalışmalar, ilerleyen süreçlerde kültüre alınan bazı balık türlerinin protein ve amino asit ihtiyaçlarının tespit edilmesinde bir model olarak ele alınmıştır. Araştırmalar neticesinde kültüre alınan balık türlerinin beslenme alışkanlıklarının değişiklik göstermesiyle birlikte protein ve içeriğine olan ihtiyaçların da değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Farklı Balık Türlerinin İhtiyaç Duydukları Protein Oranı (diyette % olarak), (NRC 1993; Wilson 2002).

Türler	Protein İhtiyacı (%)
Gökkuşaağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	40
Kahverengi alabalık (<i>Salmo trutta</i>)	53
Atlantik salmon (<i>Salmo solar</i>)	55
Deniz levreği (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	50
Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	40
Asya levreği (<i>Lates calcarifer</i>)	45
Sarıkuyruk (<i>Seriola quinqueradiata</i>)	55
Sazan (<i>Cyprinus carpio</i>)	31-38
Mavi tilapya (<i>Oreochromis aureus</i>)	34
Nil tilapyası (<i>Oreochromis niloticus</i>)	30

Balıklarda protein ihtiyacını belirleyen en önemli unsurlar, balıkların büyüklüğü ve yaşadıkları ortamdaki su sıcaklığıdır. Balıkların farklı gelişme dönemindeki protein gereksinimleri de farklılık göstermektedir. Genel bir değerlendirme yapıldığında, balıkların büyümesi ilerledikçe ters orantılı şekilde ihtiyaç duyulan proteinin azaldığı bilinmektedir. Yumurtadan çıkışı yeni gerçekleşen yavrular, en yüksek seviyede proteine ihtiyaç duymaktadır. (Mertz 1972; NRC 1993).

Tablo 3. Bazı Balık Türlerinin Büyüme Dönemlerine Göre Protein İhtiyaçları (Diyette %), (NRC 1993).

Tür	Yavru	Genç	Ergin
Gökkuşaağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	55-48	50-45	46-36
Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	55-50	50-45	45-40
Deniz levreği (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	55-50	50-45	45-40
Asya levreği (<i>Lates calcarifer</i>)	50-48	50-45	45-36
Sazan (<i>Cyprinus carpio</i>)	45-40	40-30	36-25

Doğada, bitkiler ve mikroorganizmalar basit azotlu bileşiklerini kullanarak proteinleri sentezleyebilirken hayvanlar proteinleri ancak amino asitlerden sentezleyebilirler. Balıklarda tüketime uygun olmayan protein kaynaklarının kullanılmasının yanı sıra ihtiyaç duyduğu miktardan daha fazla protein miktarına sahip yemlerin ya da yeterli seviyede enerji içermeyen yemlerin balık beslemede kullanılması amino asitlerin parçalanmasına sebep olmaktadır. Bu parçalanma sonucunda balıklarda düşük ağırlık artışı, yem rasyonlarının en pahalı maddesi olan

proteinlerin kaybına dayalı olarak üretim maliyetinin yükselmesi ve bunlarla birlikte proteinlerin parçalanması neticesinde ortaya çıkan amonyak-nitrojen veya üre-nitrojen vs. atık ürünlerin sucul ekosistemi kirletmesi söz konusu olmaktadır. Bu nedenle yemlerin amino asit içeriği oldukça önemli bir husustur ve balık türlerinin esansiyel amino asit gereksinimleri türe göre farklılık göstermektedir (Wilson 2002) (Tablo 4).

Tablo 4. Bazı Balık Türlerinin Esansiyel Amino Asit İhtiyaçları (Protein %), (Wilson 2002; NRC 2011).

EAA	Gökkuşağı alabalığı	Sazan	Avrupa levreği	Çipura
Arjinin	3,3	4,3	4,6	5
Fenilalanin	2,1	6,5	2,6	—
Histidin	1,6	2,1	1,6	—
İzolösin	0,9	2,5	2,6	—
Lizin	2	5,7	—	5
Lösin	1,6	3,3	4,3	—
Metiyonin	2,2	3,1	2,0-2,3	4
Treonin	0,9	3,9	2,6-3,0	—
Triptofan	0,5	0,8	0,6	0,6

Balık Unu

Balık unu; protein, enerji ve mineraller (örn. kalsiyum ve fosfor) bakımından yüksek, doğal olarak dengeli bir yem bileşenidir. Ayrıca kolin, biotin ve B12, A, D ve E vitaminlerinin yanı sıra selenyum ve iyot gibi çeşitli eser elementleri de içermektedir. Balık ununda bulunan besinlerin bileşim kalitesi, onu diğer yem hammaddelerinden özellikle de esansiyel amino asitlerin ve uzun zincirli çoklu doymamış omega-3 yağ asitleri içeriği bakımından ayırarak özel kılmaktadır. Çiğ balığın doğrudan pişirilmesi veya kurutulması ve ardından yağının çıkarılmasıyla üretilen balık unu, balıkların insan tüketimi için işlenmesiyle ortaya çıkan bir yan ürün olmasının yanı sıra, balık yağı üretimi ile de doğrudan ilişkili bir yan üründür. İyi kalitede balık unu normalde ağırlıkça %60 ila %90 arasında ham protein içermektedir. Herhangi bir eksiksiz diyet hazırlamak için yemler bir miktar protein içermelidir, ancak proteinin besleyici değeri doğrudan amino asit bileşimi ve sindirilebilirliği ile ilgilidir. Balık unu, optimum gelişme, büyüme ve üreme için tüm temel amino asitleri dengeli bir şekilde ihtiva etmektedir. Bu nedenle yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinin diyetlerinde protein kaynağı olarak kullanılan mükemmel bir yem hammaddesidir. İnsanlar tarafından besin olarak tüketilebilen çeşitli su ürünlerinin (salmon, ton balığı, vb.) işlenmesi sonucu ortaya çıkan atıklar ile özellikle

balık unu amacıyla hasat edilen balıklardan (hamsi, ringa, kömür balığı, vb.) üretilmektedir (Gailord *et al.* 2005; Cho and Kim 2011).

2018 yılında dünya balık üretiminin yaklaşık %88'inin (156 milyon ton) doğrudan insan tüketimi için, kalan %12'sinin (22 milyon ton) gıda dışı amaçlar için değerlendirildiği, bu miktarın ise %82'sinin (18 milyon ton) balık unu ve balık yağı üretmek için kullanıldığı belirtilmiştir. Ayrıca gelecekte insan tüketimine yönelik balık üretim payının büyümeye devam edeceği ve 2030 yılına kadar bu payın %89-90'a çıkacağı, balık unu ve yağı üretiminde atıkların/yan ürünlerin (by-product) daha fazla kullanılacağı öngörülmektedir (FAO 2020). Ancak, bu öngörülerle birlikte her ne kadar atıklardan/yan ürünlerden daha fazla balık unu ve yağı üretiminin gerçekleştirileceği düşünülse de, bu ürünlerin temel üretim kaynağı olan avcılık sektörünün dünyada ve ülkemizde doygunluk noktasına ulaştığı bilinmektedir. Dolayısıyla, özellikle karnivor balık türlerinin yetiştiriciliğinde ihtiyaç duyulan balık unu/yağının gelecekte yine de beklenen talebin karşılanması hususunda yetersiz seviyede kalacağı aşikardır.

Bu nedenle araştırmacılar, yem üreten firmalar ve diğer sektör paydaşları, balık unu ve yağının yerine kullanılabilecek alternatif kaynakları günümüzde ve gelecekte karşılaşılabilecek tedarik sorununa da çözüm olacak şekilde uzun yıllardan bu yana çeşitli çalışmalar yaparak araştırmaktadır. Araştırmalar neticesinde ilk etapta, balık unu ve yağı yerine bitkisel protein ve yağ kaynaklarının, tahıl ürünlerinin, baklagillerin, yağlı tohumların yanı sıra çeşitli işleme teknolojileriyle geliştirilen yeni bitkisel ürünlerin balık yemlerinde protein kaynağı ve yağı olarak kullanılabilecek potansiyellerinin olduğu tespit edilmiştir. Sonraki aşamalarda ise tespit edilen bitkisel kaynakların balık besleme konusunda kullanım koşullarını belirlemek için çok çeşitli çalışmalar yürütülmüş ve halen de yürütülmektedir (Gatlin *et al.* 2007; Hunt 2007; Turchini *et al.* 2009; Collins *et al.* 2013).

Tez konumuzla ilgili alabalık ve diğer balık türleriyle yapılan bu çalışmalar kapsamlı bir şekilde ele alınarak aşağıda sunulmuştur.

Bruni *et al.* (2021), gökkuşağı alabalığının fileto kalitesi ve tüketici beğenisi üzerindeki etkisiyle ilgili yaptıkları çalışmalarında, balık unu bazlı bir kontrol diyet (CF), balık unu içermeyen tamamen bitkisel protein bazlı bir diyet (CV), bitkisel proteinlerin %60'ının yerine bu oranda kümes hayvanları yan ürünü kullanarak oluşturdukları P60 diyeti, bitkisel proteinlerin %60'ının yerine bu oranda böcek larvaları kullanarak oluşturdukları diyet H60 diyeti ve %60 oranında bitkisel proteinlerin yerine %10 oranında böcek larvası-%50 oranında kümes hayvanları yan ürünü içeren H10P50 diyetleriyle başlangıç ağırlıkları yaklaşık 54.21 g olan alabalıkları 27 hafta beslemişlerdir. Araştırmacılar besleme sonrasında gökkuşağı alabalığının genel yapısını, pazarlanabilirlik ve fiziksel özelliklerini, oksidatif durumunu, taze

ve 60 gün depolanmış filetoların besin kalitesini ayrıca tüketicilerin beğenisi üzerindeki beş farklı diyetin etkilerini değerlendirmişlerdir. Besleme sonunda canlı ağırlıkların en yüksek H10P50 grubunda (491.31 g) ve en düşük CV grubunda (417.80 g) olduğu belirtilmiştir. Çalışmada spesifik olarak, renk parametrelerinin uygulanan farklı diyetler tarafından önemli ölçüde etkilendiği ($P \leq 0,001$), diyetel uygulamalar arasındaki en belirgin farklılığın yağ asidi profilinde olduğu, CF grubunun diğer gruplara kıyasla farklı bir yağ asidi profili gösterdiği bildirilmiştir. En yüksek ekozapentaenoik ve dokozahegzaenoik yağ asidi içeriklerinin CF grubunda bulunmasına rağmen, toplam çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin diyetel uygulamalar arasında önemli ölçüde farklılık göstermediği, bunun nedeninin ise linoleik ve linolenik asitlerin CF filetolarında en düşük seviyede olduğu belirtilmiştir. Ayrıca malondialdehit (MDA) içeriğinin, 0. günde diyetlerden önemli derecede etkilenmemesine rağmen, 60 günlük depolamadan sonra CF grubu filetolarda H60, P60 ve H10P50 grubu filetolarına kıyasla daha yüksek seviyede olduğu beyan edilmiştir. Tüketici beğenilerinin ise genel olarak tüm deneysel uygulamalarda olumlu olduğu ve gruplar arasında farklılık göstermediği, tüketicilerin sadece %20'sinin P60 ve H10P50 gruplarının tat özelliklerini eleştirirken, yaklaşık %25'inin de CF, CV ve H60 gruplarını eleştirdiği bildirilmiştir.

Deborde *et al.* (2021), gökkuşağı alabalığı üzerinde balık unu/yağı yerine farklı oranlarda bitkisel protein/yağ kullanarak hazırladıkları 3 farklı diyetle yaptıkları besleme çalışmalarında, alabalıkları keseli dönemden pazar boyuna kadar büyütmüşlerdir. Beslemede kullanılan diyetler; M diyeti (tamamen balık unu/yağı içeren), P diyeti (tamamen bitkisel protein/yağı içeren) ve C diyeti (%55 balık unu ve %50 balık yağı içeren) şeklinde formüle edilmiştir. Bu diyetlerle başlangıç ağırlıkları yaklaşık 0,14 g olan keseli yavrular, $7 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de ortalama vücut ağırlığı 12,5 g oluncaya kadar 7 ay boyunca beslenmiştir. Daha sonra, doğal fotoperiyoda bırakılan ve sabit su sıcaklığı $17 \pm 1^\circ\text{C}$ olan havuzlarda bu balıklar aynı deneysel yemlerle 8 ay daha beslenmişlerdir. Besleme deneyi sonunda, P diyetiyle beslenen balıkların vücut ağırlığının (263 ± 52 g), M diyeti (350 ± 37 g) ve C (359 ± 36 g) diyeti ile beslenen balıklardan önemli ölçüde daha düşük olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar ayrıca genel olarak alabalık ve diğer çiftlik balıkları için bitkisel bazlı diyetleri geliştirmek için protein sindirimi, amino asit metabolizması ve protein metabolizması üzerine yapılacak araştırmaların gelecekte düşünülmesi gereken hedefler olacağını beyan etmişlerdir.

Vélez-Calabria *et al.* (2021) yaptıkları bir araştırmada, balık unu yerine farklı oranlarda bitkisel protein kullanarak formüle ettikleri 3 farklı diyetle başlangıç ağırlıkları yaklaşık $13,4 \pm 0,3$ g olan gökkuşağı alabalıklarını 11 hafta beslemişlerdir. Beslemede kullanılan diyetler; FM0 diyeti (balık unu içermeyen), FM10 diyeti (%10 balık unu içeren) ve FM20 diyeti (kontrol;

%20 balık unu içeren) şekilde formüle edilmiştir. Deney sonunda araştırmacılar, yaşama oranlarının FM20, FM10 ve FM0 diyetleriyle beslenen balıklarda sırasıyla %93,3, %81,7 ve %51,1 olduğunu, ek olarak FM0 diyeti ile beslenen balıklar için daha düşük nihai ağırlığın (51,1 g) ve spesifik büyüme oranının (1,73) görüldüğünü, ayrıca en yüksek yem dönüşüm katsayısının FM0 deneysel grubunda kaydedildiğini ($1,52 \pm 0,06$) bildirmişlerdir.

Özdemir-Yürüten and Yıldız (2019), gökkuşağı alabalığı yavruları (başlangıç ağırlığı $10,14 \pm 0,04$ g) yemlerinde alternatif bir bitkisel protein kaynağı olarak kırmızı mercimek unu (RLM) ile balık unu ikamesinin etkilerini belirlemek için 60 günlük bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada, 4 farklı diyet formüle edilerek kırmızı mercimek unu kademeli olarak tamamen balık ununun yerini alacak şekilde arttırılmıştır (%0; kontrol, %15; RLM15, %20; RLM20 ve balık unu içermeyen %25; RLM25). Besleme deneyi sonunda, en yüksek ortalama bireysel ağırlık artışının ($30,55 \pm 0,08$ g) kontrol grubunda bulunduğunu, tüm vücut ve fileto ham protein seviyesinin diyetlerdeki RLM düzeyini artmasıyla birlikte kademeli olarak azaldığı belirtilmiştir. Genel olarak, tüm vücut/filetoların EAA profillerinin, diyetlerdeki EAA profilini yansıttığını, bununla birlikte, diyetlerdeki artan RLM seviyelerine bağlı olarak balıkların lizin seviyelerinin azaldığını bildirilmiştir. Ayrıca, filetolardaki EAA seviyelerinin, tüm vücuttaki EAA seviyelerinden daha yüksek olduğu, diğer taraftan filetolardaki histidin seviyelerinin kontrol grubunda en yüksek ve RLM20 grubunda en düşük miktarlarda kaydedildiği belirtilmiştir. Histidin seviyelerinin aksine filetolardaki izolösün seviyelerinin ise RLM20 grubunda en yüksek iken, kontrol grubunda en düşük seviyede olduğu belirtilmiştir. Toplam EAA ve toplam NEAA miktarlarının tüm vücut ve filetolarda en yüksek seviyelerinin, balık unu içermeyen ve en yüksek miktarda kırmızı mercimek unu içeren %25 RLM25 deneme grubunda tespit edildiği rapor edilmiştir.

Gatesoupe *et al.* (2018), farklı seviyelerde balık unu ve bitkisel protein bazlı diyetlerle beslenen gökkuşağı alabalığı üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, balık unu ve balık yağı tabanlı (M1), hem balık unu/balık yağı, hem de bitkisel protein/yağ tabanlı (1/1) (C1) ve sadece bitkisel protein/yağ tabanlı (P1) olacak şekilde 3 farklı diyet formüle etmişlerdir. Araştırmacılar alabalıkları bu diyetlerle birbirini takip eden 2 periyotta (7 ay ve 6 ay) toplam 13 ay beslemişlerdir. İlk periyotta alabalıklar kuluçkahanede $6,5-8,0$ °C su sıcaklığında beslemeye alınmıştır. İkinci periyotta ise balıklar bir balık çiftliğine transfer edilerek $17-18$ °C su sıcaklığında araştırma yürütülmüştür. Çalışma sonucunda canlı ağırlık artışlarının diyetset uygulamalardan önemli derecede etkilendiği, en düşük canlı ağırlığın P1 diyeti ile beslenen grupta (230 ± 9 g) olduğu, M1 diyeti ile beslenen grubun (332 ± 8 g) ikinci sırada yer aldığı ve C1 grubunun en yüksek canlı ağırlığa (345 ± 10 g) ulaştığı belirtilmiştir.

Lazzarotto *et al.* (2018), gökkuşığı alabalıklarını farklı oranlarda balık unu/yağı ve bitkisel protein/yağ içeren diyetlerle 2 farklı dönemde (7 ay ve 6 ay) toplam 13 ay beslemişlerdir. Araştırmacılar, balık unu ve balık yağı tabanlı (M), hem balık unu/balık yağı, hem de bitkisel protein/yağ tabanlı (1/1) (C) ve sadece bitkisel protein/yağ tabanlı (P) olacak şekilde 3 farklı diyet formüle ederek, ortalama ağırlığı 135 ± 1 mg olan alabalık yavrularını 7 ± 1 °C 'de 7 ay süresince beslemişlerdir. Denemenin 2. döneminde ise ortalama ağırlıkları 12,5 g olan balıklar, oransal olarak farklılık göstermesede M, C ve P diyetleriyle 6 ay boyunca beslemeye alınmışlardır. İlk periyodunun sonunda C ve M diyetleri ile beslenen gruplara kıyasla P diyeti ile beslenen grupta önemli ölçüde daha düşük yaşama oranı gözlenmiş, ikinci periyodda ise yaşama oranlarında önemli farklılıkların bulunmamıştır. Denemenin ilk periyodu sonunda ortalama vücut ağırlığının üç grup arasında ortalama 10 ± 1 g olarak önemli ölçüde farklılık göstermediği, belirtilmiştir. Fakat denemenin 2. periyodu sonunda farklı diyetlerle beslenen deneysel gruplar arasında en düşük canlı ağırlığın P diyetiyle beslenen grupta (234 ± 7 g) olduğu, en yüksek canlı ağırlığın ise C diyetiyle beslenen grupta (337 ± 17 g) görüldüğü belirtilerek canlı ağırlıkların diyetel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği bildirilmiştir. Besleme deneyi sonunda, ilk periyod sonunda M ve C diyetleri ile beslenen gruplara kıyasla P diyetle beslenen alabalıkların tüm vücut lipid içeriğinin önemli ölçüde daha yüksek olduğu, 2'inci periyod sonunda ise lipid içeriğinde önemli bir farklılığın kaydedilmediği belirtilmiştir. Balıkların tüm vücut yağ asidi bileşimlerinin beslendikleri diyetlerin yağ asidi profilini yansıtarak, bitkisel bazlı diyetlerle (C ve P) beslenen balıklarda M ile beslenen balıklara kıyasla daha düşük doymuş yağ asitleri (SFA) yüzdelerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) seviyelerinin ise, M diyetleriyle beslenenlere kıyasla C ve P diyetleriyle beslenen balıklarda daha yüksek olduğu belirtilerek n-6 PUFA seviyelerinin bitkisel yağ içeren diyetlerle beslenen balıklarda en yüksek miktarda yer aldığı bildirilmiştir.

Prabhu *et al.* (2018), gökkuşığı alabalığı yavruları (başlangıç ağırlığı yaklaşık 20 g) için balık unu/yağı içeren ve balık unu/yağı içermeyen iki farklı yem formüle ederek bu yemleri farklı düzeylerde mikromineral premiksi (Cu, Fe, Mn, Se ve Zn) ile takviye etmişlerdir. On iki haftalık besleme deneyi sonucunda final vücut ağırlıklarının deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiğini, en düşük büyümenin ($144,0 \pm 12,8$ g) ise balık unu/yağı içermeyen ve mineral takviyesi yapılmayan yemle beslenen grupta görüldüğü belirtilmiştir. Nihai son ağırlık aynı şartlardaki balık unu/yağı içeren yemle beslenen balıklarda ise $187,9 \pm 6,0$ g olarak tespit edilmiştir.

Bruce *et al.* (2017), biyo-prosesli bitkisel bazlı proteinler ile beslenen gökkuşığı alabalıklarının performansı ve immünolojisi üzerine gerçekleştirdikleri çalışmalarında; biyo-

prosesle elde edilmiş soya protein konsantresi (BSPC), enzimatik yöntemle hidrolize edilmiş ticari soya protein konsantresi (CSPC), biyo-prosesle elde edilmiş arpa protein konsantresi (BBPC) ve kontrol grubu olarak balık unundan oluşan (FMC) dört farklı diyetle ortalama ağırlıkları $27,9 \pm 1,4$ g olan alabalıkları 90 gün boyunca beslemişlerdir. Deney sonunda CSPC ve BBPC diyetleriyle beslenen deneysel gruplarda, nispi büyüme oranı ve spesifik büyüme hızının FMC diyetiyle beslenen gruba kıyasla önemli ölçüde düşük olduğu bildirilmiştir ($P \leq 0,05$). Ayrıca CSPC diyeti ile beslenen grupta büyüme ve yem verimliliğinde azalmaların olduğu, fileto verimliliğinde ise en düşük seviyenin BBPC diyetiyle beslenen grupta görüldüğü belirtilmiştir.

Callet *et al.* (2017), gökkuşağı alabalığının yetiştirme kabiliyetleri ve beslenme özellikleriyle ilgili çalışmalarında, evcilleştirilmiş özel bir alabalık hattı olan (SY) ve bu SY hattından balık yağı (FO) ve balık unu (FM) içermeyen tamamen bitkisel bazlı diyetlerle (ilk iki yıl V-1 diyeti ve üçüncü yıl V diyeti) üç nesil boyunca beslenen balıklardan yeni bir hat seçerek bir özel hat (SU) belirlemişlerdir. Araştırmacılar üçüncü nesil seleksiyondan çıkardıkları (SU) ve kontrol (SY) balıklarını, %100 bitkisel bazlı bir V diyeti ve %100 balık unu/yağı bazlı bir M diyetiyle (V diyetiyle beslenen; SU-V ve SY-V, M diyetiyle beslenen; SU-M ve SY-M) iki periyod şeklinde toplamda 197 gün boyunca beslemişlerdir. Beslemedeki ilk periyod döllenmeden sonraki 41. günden 153. güne kadar, ikinci periyod ise 153. günden 197. güne kadar sürdürülmüştür. Her iki periyod sonunda balıklarda tespit edilen canlı ağırlıkların deneysel uygulamalardan istatistiksel olarak önemli derecede etkilendiği ($P \leq 0,01$), en düşük canlı ağırlık seviyelerin 153. günde SU-V ($29,4 \pm 0,6$ g) ve SY-V ($19,6 \pm 0,21$ g) gruplarında kaydedildiği bildirilmiştir. Ayrıca yaşama oranlarının, V diyeti ile beslenen her iki grupta (SU-V ve SY-V) M diyetiyle beslenen SU-M ve SY-M gruplarına kıyasla önemli ölçüde düşük olduğu rapor edilmiştir ($P \leq 0,01$).

Jalili *et al.* (2013), gökkuşağı alabalığının beslenmesinde bitkisel kaynakların balık unu ile yer değiştirilmesiyle ilgili yaptıkları çalışmada; balık unu yerine farklı oranlarda (%40, %70 ve %100) bitkisel protein kaynaklarını (buğday gluteni, mısır gluteni ve soya fasulyesi unu) kullanarak dört farklı deneysel diyet hazırlamışlardır. Altmış günlük besleme deneyinin sonucunda, daha yüksek bitkisel protein içeren diyetlerle beslenen gruplarda (%70 ve %100), büyüme, beslenme endeksleri üzerinde istenmeyen etkilerin olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan araştırmacılar, %40 oranında balık ununun bitkisel muadilleri ile yer değiştirildiğinde büyüme ve bağışıklık parametrelerinde belirgin bir olumsuz etkinin olmadığını bildirmişlerdir.

Larsen *et al.* (2012), gökkuşağı alabalığında bitkisel proteinlerin postprandiyal, serbest plazma amino asit konsantrasyonları üzerine etkilerini araştırdıkları çalışma sonunda; bitkisel

proteinin balık yemlerine dahil edilmesinin amino asit absorpsiyon kinetiğini etkilediğini, ayrıca bitkisel proteinlerin geç ve daha az eşzamanlı amino asit emilimine neden olduğunu belirtmişlerdir. Devamında, bitkisel kaynaklı proteinlerin amonyak atılımında artışa sebep olduğunu aynı şekilde toplam amonyak-nitrojen (TAN) değerlerinin beslemeyi takip eden 24 saat süre sonunda daha yüksek seviyede görüldüğünü bildirmişlerdir.

Bilgüven and Barış (2011), gökkuşağı alabalıklarının büyüme performansı ve vücut bileşimi üzerinde farklı protein kaynakları içeren yemlerin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında; soya, ayçiçeği tohumu küspesi, kanola ve pamuk tohumu küspelerinden hangisinin en iyi bitkisel protein kaynağı olabileceğini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda kullanılan bitkisel kaynaklı proteinlerin, balıklar üzerinde ortalama canlı ağırlık, ortalama canlı ağırlık kazancı, yemden yararlanma oranı, proteinden yararlanma oranı ve spesifik büyüme oranı bakımından önemli farklılıklara sebep olduğu ve bu parametrelerin bitkisel kaynaklarla beslenen gruplarda daha düşük seviyelerde kaldığı belirtilmiştir.

Brinker and Reiter (2011), alabalıklarda bitkisel protein kaynaklarının balık unu yerine farklı oranlarda kullanılmasıyla üretilen diyetlerin yem kullanımı ve balık kalitesi üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada, balık stoklarının büyümesini ve sağlıklı ürün kalitesinin sürdürülebilirliğini araştırmışlardır. Araştırmacılar %100 balık unu proteini içeren (FI diyeti), %50 balık unu ve %50 bitkisel kaynaklı protein içeren (FP diyeti) ve metiyonin/lizin ile desteklenmiş %100 bitkisel kaynaklı protein içeren (PL) diyeti formüle etmişlerdir. FI, FP ve PL diyetlerine ek olarak her üç diyetle %0.3 guar zımkı eklenip FI diyet 2, FP diyet 2 ve PL diyet 2 şeklinde üç diyet daha formüle edilerek toplam altı farklı diyetle besleme deneyi 72 gün yürütülmüştür. Deney sonunda tüm makro besinlerin görünür sindirilebilirliğinin istatistiksel olarak önemli derecede etkilendiği belirtilmiştir ($p \leq 0.0001$). Diyetlerdeki artan bitkisel protein ilavesiyle birlikte, protein seviyelerinin önemli ölçüde yükseldiği, karbonhidrat sindirilebilirliğinin ise azaldığı, yağ sindirilebilirliğinin FI diyetinde en yüksek seviyede olduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan FI, FI diyet 2, FP, FP diyet 2 diyetleriyle beslenen deneysel gruplarda PL ve PL diyet 2 diyetleriyle beslenen gruplara göre büyüme ve yem kullanımının önemli ölçüde daha iyi olduğu ($p \leq 0.05$), en iyi performansın ise FI grubunda kaydedildiği beyan edilmiştir. Spesifik büyüme oranı ve yem dönüşüm oranlarının guar zımkından etkilenmediği ayrıca belirtilmiştir. Ek olarak, FI ve FI diyet 2 diyetiyle beslenen balıkların karaciğerlerinde gözlenen patolojik değişikliklerin, modern yüksek enerjili diyetlerle beslenen balıklar için geçerli olan aralıkta olduğu rapor edilmiştir. Devamında, bitkisel protein içerikli diyetlerin ana eksikliğinin, lipit sindirilebilirliğinde bir azalmaya neden olduğu ve bu durumun büyüme ve yem dönüşüm oranlarında da azalmaya yol açtığı beyan edilmiştir. Et kalitesi

parametreleri sonuçlarında ise deneysel gruplar arasında belirgin bir farkın görülmediği, buna rağmen gruplar arasında küçük farklılıkların ortaya çıktığı bildirilmiştir. Sonuç olarak başarılı bir bitkisel bazlı diyet geliştirmenin bir sonraki zorluğunun, sindirilebilirlik üzerindeki etkilerinin anlaşılması, bu duruma karşı koyabilecek ve balık sağlığını etkileyebilecek fonksiyonel bileşenlerin tanımlanması gerektiği araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır.

Harlıoğlu (2012), balık unu yerine farklı oranlarda kullanılan solvent ekstrakte edilmiş soya küspesi ve tam yağlı soya küspesi ile beslenen gökkuşağı alabalığının protein ve amino asit sindirilebilirlik katsayıları ile vücut amino asit kompozisyonunu belirlemek için bir besleme deneyi yapmıştır. Başlangıç canlı ağırlığı 49 g olan alabalıklar $8,8 \pm 0,45$ °C'de 20 hafta süreyle beslenmiştir. Besleme sonunda, balıklarda protein ve çoğu amino asitin, özellikle de metionin ve lizin seviyesinin diyetlerdeki soya küspesi miktarının artmasıyla birlikte önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir. Öte yandan valin, izolösin, treonin, metionin, fenilalanin, lizin ve histidinin balık vücut kompozisyonunda artan yağsız soya küspesi oranı ile azalma eğilimi gösterdiği bildirilmiştir. Özet olarak, alabalık diyetinde balık unu yerine kullanılan yağlı veya yağsız soya küspesi oranının arttırılmasının, kontrol diyetine göre protein ve amino asit miktarlarında azalmaya neden olduğu araştırmacı tarafından rapor edilmiştir.

Barrows *et al.* (2007), gökkuşağı alabalığında besin kaynağı ve besin yoğunluğunun etkileriyle ilgili yaptıkları çalışmada; büyüme, besin sindirilebilirliği ve plazma amino asit konsantrasyonları üzerindeki değişimlerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar üç farklı protein kaynağı (balık unu-arpa, bitki konsantreleri ve bitki küspeleri) kullanarak ürettikleri diyetlerle başlangıç ağırlığı yaklaşık 28 g olan balıkları yaklaşık 3 ay beslemişlerdir. Besleme sonucunda protein kaynağı, besin yoğunluğu, yem alımı, ağırlık kazancı ve yem dönüşüm oranlarının gruplar arasında önemli derecede farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Bitki konsantreleri ve bitki küspeleri içeren yemlerle beslenen alabalıkların ağırlık artışının, balık unu-arpa içeren yemlerle beslenen balıklardan yaklaşık %10 daha az olduğu bildirilmiştir. Ayrıca protein tutma kapasitesinin protein kaynağından etkilendiği, balık unu içeren diyetle beslenen grupta en yüksek, bitkisel kaynaklı diyetle beslenen bitki küspesi grubu için en düşük seviyede görüldüğü rapor edilmiştir. Özet olarak, diyetlerde görülen sindirilebilirlik katsayıları ve görünen amino asit mevcudiyetinin ağırlık kazancındaki farklılıklara karşılık geldiği, balık unu içermeyen diyetlerde büyümede bazı sınırlamaların bulunduğu dair kanıtların olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Luo *et al.* (2006), gökkuşağı alabalığı diyetlerinde farklı oranlarda pamuk tohumu küspesini balık unu yerine kullanarak yaptıkları çalışmada, balıkların büyüme performansına, yem dönüşüm oranına, vücut kompozisyonuna, protein etkinlik oranına ve balık vücudundaki

amino asit kompozisyonuna etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda balık unu yerine tamamen pamuk tohumu k s pesiyle hazırlanan diyetle beslenen balıkların büyüme performansı, yem dönüşüm oranı ve protein etkinlik oranının diğ er diyet gruplarından daha düşük oranlarda görüldüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca bu diyetlerle beslenen balıkların tüm vücut esansiyel amino asit profili bakımından metiyonin, lizin, l ysin, izol ysin, treonin, valin ve esansiyel olmayan prolin ve alanin amino asitleri miktarlarının diğ er gruplardan daha düşük olduğ unu bildirmişlerdir.

Cheng and Hardy (2003), bitkisel protein kaynaklarını (kepekli buğ day unu ve soya fasulyesi unu) balık unu yerine artan seviyelerde kullanarak hazırladıkları yemlerde, kullanılan bitkisel protein kaynaklarının oranlarına göre artan düzeylerde lizin ilavesi yaparak g kkuşağ ı alabalıklarını beslemişlerdir. Araştırma sonucunda g kkuşağ ı alabalıkları diyetlerinde balık ununun %50'sinden daha fazla oranlarda bitkisel protein kaynaklarının kullanılmasının balıkların büyüme performansında ve esansiyel amino asit kompozisyonunda negatif etki yaptığ ını ve bu oranın üzerindeki kullanımın tavsiye edilemeyeceğ ini bildirmişlerdir.

Refstie *et al.* (1997), yavru ve yetişkin g kkuşağ ı alabalıkları diyetlerinde balık unuyla soya fasulyesinin %60 oranında yer değ iştirerek besledikleri çalışmada bu diyetlerle beslenen balıkların büyüme performansının kontrol grubuyla kıyaslandığ ında benzerlik gösterdiğ ini bildirmişlerdir.

Alabalık gibi diğ er türler üzerinde de dengeli yemler elde etmek için balık unu ve yağ ının bitkisel kaynaklı proteinler ve yağ larla tek başına veya çeşitli kombinasyonlarla değ iştirilerek birçok çalışmanın ger ekleştirildiğ i belirtilmiştir (Pratoomyot *et al.* 2010). Bu hususta, Atlantik morina balığ ında (*Gadus morhua* L.) yapılan bir çalışmada, en yüksek canlı ağı rlığ ının balık unu yerine %50 oranında bitkisel protein kaynağ ı kullanılarak elde edilen yemle beslenen grupta olduğ u belirtilmiştir (Hansen *et al.* 2007).

Xu *et al.* (2019), gümüş i havuz balığ ında (*Carassius gibelio*) diyetel protein kaynağ ı olarak balık unu, soya unu ve kolza ununu 8 haftalık bir besleme deneyinde test etmişlerdir. Çalışma sonucunda, bitkisel protein kaynaklı diyetlerde beslenen balıkların büyümesi, yem kullanımı ve besin tutma kapasitesinin balık unu içeren yemle beslenenlere göre daha düşük seviyelerde olduğ u rapor edilmiştir.

Cai *et al.* (2018), burun  ipuraları (*Megalobrama amblycephala*)  zerinde yaptıkları araştırmalarında, balık unu yerine pirinç protein konsantresi koyarak devamında mikrokapsül lizin veya kristalin lisin ekleyerek elde ettikleri 4 farklı diyetle balıkları 8 hafta boyunca beslemişlerdir. Araştırmacıların besleme sonunda balıkların büyüme performanslarını, kas gelişimini ve et verimi üzerindeki değ işimlerini inceledikleri bu çalışmada balık unu içeren

yemle beslenen balıkların, pirinç protein konsantresi içeren yem grubuna göre önemli derecede yüksek ağırlık kazancına, yem değerlendirme oranına, protein verimi oranına, azot ve enerji kullanımına sahip olduğu bildirilmiştir.

Estruch *et al.* (2018), çipura (*Sparus aurata*) balıkları üzerinde yürüttükleri araştırmada bitkisel kaynaklı diyetlerin çipuralarda büyüme ve bağırsak durumu üzerindeki uzun vadeli etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar deneyde balıkları beslemek amacıyla 3 farklı diyet (bitkisel protein, balık unu ve balık unu yerine %15 deniz içerikli (kalamar ve kril unu) ve bitkisel protein) formüle etmişlerdir. Başlangıç ağırlıkları yaklaşık 129 g olan balıklar bu üç diyetle pazar boyuna ulaşana kadar 154 gün beslenmiştir. Besleme sonunda en düşük canlı ağırlığın bitkisel protein içeren yemle beslenen grupta (360 g), en yüksek değerin ise balık unu içeren yemle beslenen grupta (390 g) olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar ayrıca bağırsak dokularında incelenen histolojik parametrelerde herhangi bir farklılığın tespit edilmediğini rapor etmişlerdir.

Metochis *et al.* (2017), Atlantik salmonları (*Salmo salar*) üzerinde yaptıkları çalışmada, Avrupa ticari deniz tabanlı diyet (MB), hayvansal ürünlerin dahil olduğu ticari deniz tabanlı diyet (MBABP), balık unu/yağı içermeyen hayvansal yan ürün diyeti (MFABP), bitkisel protein diyeti (VP), bitkisel yağ diyeti (VO) ve bitkisel protein/bitkisel yağ diyeti (VP/VO) olmak üzere hazırladıkları 6 farklı diyetle başlangıç ağırlıkları yaklaşık 940 g olan balıkları 175 gün boyunca beslemişlerdir. Araştırmacılar, (VP/VO) diyeti ile beslenen balıkların besleme sonunda en düşük final ağırlığa ($2381,7 \pm 11.2$ g) ulaşan grup olduğunu belirtmişlerdir.

Torrecillas *et al.* (2017), Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) üzerinde yaptıkları araştırmada, balık unu ve balık yağı yerine kademeli olarak arttırılmış bitkisel protein ve yağ kullanarak hazırladıkları yemlerle başlangıç ağırlıkları $9,8 \pm 1,5$ g olan balıkları 90 gün boyunca beslemişlerdir. Besleme deneyi sonunda araştırmacılar balık unu ve yağı içermeyen grupta son ağırlık, nihai uzunluk, kondisyon faktörü ve yem verimliliğinde önemli derecede azalmaların görüldüğünü, bitkisel kaynakların kullanım oranının artmasıyla birlikte büyüme oranının gruplar arasında önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

Bonaldo *et al.* (2011), diyetel balık unu (FM) yerine soya unu (SBM), buğday gluteni unu (WGM) ve mısır gluteni unundan (WGM) oluşan tamamlayıcı bir bitkisel protein (PP) karışımının etkisini değerlendirmek için kalkan balığı (*Psetta maxima*) yavruları üzerinde besleme denemesi yapmışlardır. Denemede dört farklı diyet; FM'nin yerine %25 oranında PP karışımı (PP25), %39 oranında PP karışımı (PP39), %52 oranında PP karışımı (PP52) ve %66 oranında PP karışımı (PP66) aşamalı olarak değiştirilmek üzere formüle edilmiştir. Bu diyetlerle başlangıç ağırlığı ortalama $24,2 \pm 4,4$ g olan balıklar kapalı bir sistemde 18 ± 1 °C'de

77 gün boyunca beslenmiştir. Besleme sonunda balıklardaki son ağırlıkların deneysel gruplardan önemli derecede etkilendiği, en yüksek canlı ağırlığın PP25 grubunda (126,6 g) olduğu, en düşük ağırlığın ise en fazla oranda PP içeren grupta PP66 (99,5 g) görüldüğü belirtilmiştir. Ayrıca PP66 deneysel grubunun PP25 grubuna kıyasla yem alımında önemli derecede düşük seviyede olduğu bildirilmiştir. Ek olarak PP25 grubunda tespit edilen spesifik büyüme oranının hem PP52 hem de PP66 grubundaki seviyelerden anlamlı derecede daha yüksek olduğu, yem dönüşüm oranının PP25 ve PP39 gruplarında (FCR) diğer gruplara kıyasla daha düşük seviyelerde görüldüğü beyan edilmiştir. Diğer taraftan amonyak salınımının PP25 grubunda en düşük seviyede kaydedildiği ($2,61 \pm 0,19$), deneysel uygulamaların histolojik parametreler üzerinde gözle görülür bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir.

Mérida *et al.* (2010), sivri burun karagöz (*Diplodus puntazzo*) balıklarıyla yaptıkları araştırmada, balık ununa yerine farklı oranlarda ayçiçeği unu içeren diyetler formüle ederek 125 günlük bir besleme deneyi yapmışlardır. Deney sonunda, gruplar arasında protein, enerji dönüşümü, doku ve tüm vücut amino asit içeriği bakımından önemli bir farklılığın görülmediği rapor edilmiştir. Ayrıca, balık unu yerine ayçiçeği ununun %30 oranına kadar değiştirilmesinin balıklar üzerinde gelişim, bağırsak dokusu ve karaciğer amino asit içeriği bakımından herhangi bir olumsuz etkiye neden olmadığı bildirilmiştir.

Torstensen *et al.* (2008), Atlantik salmonu üzerinde yaptıkları besleme çalışmasında, balık unu ve yağı yerine farklı oranlarda bitkisel protein ve yağı kullanarak; %100 balık unu ve %100 balık yağı içeren FMFO diyeti, %80 bitkisel protein ve %35 bitkisel yağ karışımı içeren 80PP35VO diyeti, %40 bitkisel protein ve %70 bitkisel yağ karışımı içeren 40PP70VO diyeti ile %80 bitkisel protein ve %70 bitkisel yağ karışımı içeren 80PP70VO diyeti şeklinde dört farklı diyet formüle etmişlerdir. Araştırmacılar bu diyetlerle başlangıç ağırlıkları 0,3 kg olan balıkları yaklaşık 4 kg ağırlığa ulaşıncaya kadar 12 ay boyunca beslenmiştir. Besleme deneyi sonunda canlı ağırlık artışlarının deneysel gruplardan önemli derecede etkilenecek en yüksek 40PP70VO grubunda (83967 ± 882 g), en düşük ise 80PP70VO grubunda (3280 ± 736 g) olduğu belirtilmiştir. Gruplarda tespit edilen spesifik büyüme oranının 80PP70VO grubunda düşük seviyede (0.86 ± 0.01) olduğu bildirilmiştir.

Albrektsen *et al.* (2006), Atlantik morina balığı ile yaptıkları besleme çalışmasında, iki farklı nitelikte balık ununu (düşük ve yüksek kalitede) farklı oranlarda (%91, %67 ve %46) bitkisel kaynaklı proteinlerle yer değiştirerek deneysel diyetler formüle etmişlerdir. Deneme sonunda, balık ununun mısır gluteni ve tam yağlı soya unu karışımı (2:1) ile yaklaşık %50 oranında değiştirildiği diyetlerle beslenen balıklarda yem alımının, büyümenin ve protein

sindirilebilirliğinin etkilenmediğini, yüksek oranlarda bitkisel protein ve yağ kullanılan diyetlerle beslenen grupların ise olumsuz şekilde etkilendiği rapor edilmiştir.

Genel anlamda yemlerde balık yağı yerine bitkisel yağların kullanımının özellikle tatlısu balıklarında büyümede herhangi bir problem teşkil etmediği, diğer yandan balıkların yağ asidi profilinin yemlerde kullanılan yağların yağ asidi profilini yansıttığı bildirilmektedir. Bitkisel yağ içeren yemlerle beslenen balıklarda genellikle oleik asit (OA; 18:1n-9), linolenik asit (LNA; 18:3n-3) ve linoleik asit (LA; 18:2n-6) miktarı artarken, EPA ve DHA miktarının düştüğü bilinmektedir (Menoyo *et al.* 2004; Izquierdo *et al.* 2005; Miller *et al.* 2007; Turchini *et al.* 2009; Arslan *et al.* 2012; Yıldız *et al.* 2015). Diğer yandan, bazı tatlısu balıklarının yemdeki 18 karbonlu LNA asidi EPA ve DHA'ya dönüştürebilme kapasitesi göz önüne alındığında; özellikle keten tohumu yağı, chia yağı ve kamelina yağı gibi LNA bakımından zengin bitkisel yağların balık yağı yerine kullanılabilme potansiyelleri artmaktadır (Arslan *et al.* 2008; Turchini *et al.* 2009; Arslan *et al.* 2012).

Balık ununun oransal olarak sınırlı miktarlarda değiştirilmesiyle özellikle balıkların büyümelerinde herhangi bir olumsuzluk görülme de, tamamen bitkisel kaynaklı proteinler kullanılarak elde edilen yemlerle beslenen balıkların balık ununa göre daha düşük büyüme oranına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, su ürünleri yetiştiricilik sektöründe direk veya dolaylı olarak üreticilerin maliyetlerinin artmasına, hammaddelerin bilinçsizce kullanılıp tüketilmesine, sucul ortamların aşırı kirletilmesine, balıklarda büyüme geriliğine ve besin içeriği bakımından arzu edilen kaliteye ulaşamamasına sebep olmaktadır (TAGEM 2019).

Bahsedilen bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak adına, Dabrowski *et al.* (2007) sentetik amino asitler içeren diyetlerle beslenen balıklarda esansiyel aminoasitler açısından tamamlayıcı yemleme stratejileri uygulandığında aslında balıkların esansiyel amino asit eksiklerini belli bir süre tolere edilebildiğini, bu tamamlayıcı besleme stratejisinin balıklar üzerinde basamak şeklinde artabilen bir büyümeye neden olabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar esansiyel amino asit bakımından dengesiz diyetlerin balıklar üzerindeki etkilerini incelemek için farklı ve yenilikçi bir yaklaşımda bulunarak “farklı yemleme stratejileri” ile çiklit balığı (*Amphilophus citrinellum*) üzerinde iki aşamadan oluşan besleme deneyleri yapmışlardır.

İlk deneyde kazein-jelatin tabanlı ve amino asit bakımından dengeli bir kontrol yemin yanı sıra, sentetik aminoasitlere dayalı ve amino asit bakımından dengeli bir yem (FAA), esansiyel amino asitlerden 5 tanesini (lizin, histidin, izolösin, fenilanin ve triptofan) içermeyen sentetik amino asit tabanlı bir yem (-Lys) ile diğer 5 esansiyel amino asidi (arginin, treonin, valin, lösin ve metiyonin) içermeyen sentetik amino asit tabanlı başka bir yem (-Arg) test edilmiştir. Başlangıç bireysel ağırlığı 95,6±4,3 mg olan balıklar 2 hafta boyunca

beslenmişlerdir. Deneyin 1 ve 2'inci günlerinde balıkların yem tüketimi önemli derecede değişmezken, 13 ve 14'üncü günlerde kontrol grubunun yem tüketimi diğer yemlerle beslenen balıklara göre önemli derecede düşük olarak rapor edilmiştir. Diğer yandan, kontrol grubu balıklarda büyüme performansı diğer deneysel gruplardan önemli derecede yüksek bulunmuştur.

İkinci deneyde, ilk deneyde kullanılan kontrol yemi hariç; FAA, –Lys ve –Arg diyetleri 4 farklı yemleme programı çerçevesinde 135 ± 10 mg ağırlığındaki balıklara 32 gün boyunca sunulmuştur. Kontrol grubu olarak belirlenen balıklar günde 4 öğünde de FAA yemi ile beslenirken, ikinci gruptaki balıklar –Lys ve –Arg yemleri ile her öğünde birbirini takip edecek şekilde beslenmişlerdir. Üçüncü gruptaki balıklar ilk 2 öğün –Lys yemi ile beslenirken son 2 öğün –Arg yemi ile beslenmişlerdir. Dördüncü gruptaki balıklar ise 1 gün tüm öğünlerde –Lys ile beslenirken ertesi gün boyunca –Arg ile beslenmişlerdir. Deneyin 1 ve 2'inci günlerinde balıkların yem tüketimi kontrol grubunda (FAA) diğer gruplardan önemli derece yüksek iken, 31'inci günde diğer deneysel grupların kontrol grubundaki balıklara göre daha fazla yem tükettiği bildirilmiştir. Balıklarda oransal büyümenin FAA yemi ile beslenen balıklarda zamanla azalarak sabitlendiği, diğer gruplarda ise zamana bağlı olarak artış gösterdiği belirtilmiştir. Diğer yandan oransal büyüme –Lys ve –Arg yemlerinin birbirini tamamlama sıklığı arttıkça artmıştır.

Özet olarak balıkların esansiyel amino asit eksikliğini belli süre tolere edebildiği, yemleme stratejisi ile balıklarda esansiyel amino asit ihtiyacı giderilirken balıklarda büyümenin basamak şeklinde arttırılabileceği hipotezi ortaya konulmuştur. Bu hipotezle; esansiyel amino asitler bakımından eksiklik gösteren diyetlerin (özellikle bitkisel proteinler) balıkların büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için bir araç olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Yarı kapalı yetiştiricilik sistemi ve ortam koşulları

Besleme deneyi Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Deneysel Araştırmalar Biriminde yer alan yarı kapalı devre yetiştiricilik sisteminde yürütülmüştür. Deney ünitesi olarak 100 L'lik fiber glass akvaryumlar kullanılmıştır (Şekil 8). Sistem, mekanik ve biyolojik filtrelerin yanı sıra oksijen jeneratörü ile desteklenmiştir. Deney boyunca tanklardaki suyun çözünmüş oksijen miktarı ve su sıcaklığı dijital oksijen metre ile düzenli olarak ölçülmüştür (YSI 550 A). Deney süresince ortalama oksijen ve su sıcaklığı $13,6\pm0,5$ °C ve $7,52\pm0,8$ mg/L olarak tespit edilmiştir. Deneyin yapıldığı ortamda fotoperiyot (12 sa aydınlık:12 sa karanlık) uygulaması yapılmıştır. Tankların temizliği için sifonlama işlemi ile her gün tekrar edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Denemenin Yürütüldüğü Yarı Kapalı Devre Yetiştiricilik Sistemi



Şekil 9. Oksijen Jeneratörü, Oksijen-Sıcaklık Kontrolü ve Rutin Bakım

Balık

Denemede Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İç Su Balıkları Araştırma ve Uygulama Biriminden temin edilen yaklaşık 31 g ağırlığındaki gökkuşağı alabalığı kullanılmıştır (Şekil 10). Temin edilen balıklar deneme başlangıcı öncesinde adaptasyon sürecini tamamlamak amacıyla tanklarda birkaç gün bekletilmiştir.



Şekil 10. Denemede Kullanılan Balıklar

DeneySEL yemler

Çalışmada izo-nitrojenik (yaklaşık 480 g/kg ham protein) ve izo-lipidik (yaklaşık 200 g/kg ham yağ) olarak formüle edilmiş 2 adet yem kullanılmıştır (Tablo 5). Yemlerden birincisi ana protein ve yağ kaynağı olarak balık unu ve balık yağı içerirken (BUY), ikinci yem tamamen bitkisel hammaddelerden oluşmuştur (BPY). Sindirilebilirlik deneyleri için yemlere %1

oranında kromik oksit (Cr₂O₃) ilave edilmiştir. Deneysel yemlerin yağ asit içeriği ve amino asit içeriği Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 5. Deneysel Yemlerin Formülasyonu ve Proksimet Kompozisyonu (g/kg)

<i>İçerik</i>	Deneysel yemler	
	BUY	BPY
Balık unu	600,0	0,0
Soya protein konsantresi	0,0	180,0
Soya unu	110,0	160,0
Mısır gluteni	0,0	220,0
Buğday gluteni	0,0	150,5
Buğday unu	132,0	46,5
Karboksimetil selüloz	1,0	0,0
Vitamin karışımı ^a	3,0	3,0
Mineral karışımı ^b	1,0	1,0
CaHPO ₄ .2H ₂ O	0,0	25,0
Balık yağı	140,0	0,0
Keten tohumu yağı	0,0	75,0
Soya yağı	0,0	75,0
Fındık yağı	0,0	10,0
Lesitin	0,0	20,0
Kolin klorür	3,0	3,0
Metiyonin	0,0	3,0
Arjinin	0,0	3,0
Lizin	0,0	15,0
Kromik oksit	10,0	10,0
<i><u>Proksimet kompozisyon</u></i>		
Ham Protein	486,0	479,4
Ham Yağ	198,0	190,4
Kuru Madde	112,2	117,3
Kül	94,4	98,1

^aTrouw Nutrition Premix (Ankara, Turkey), kompozisyon 1g karışım için: vit. A, 2645,50 IU; vit. D3, 220,46 IU; vit. E, 44,09 IU; Vit. B12, 13 mg; riboflavin, 13,23 mg; niyasin, 61,73 mg; D-pantotenik asit, 22,05 mg; menadion, 1,32 mg; folik asit, 1,76 mg; piridoksin, 4,42 mg; tiyamin, 7,95 mg; D-biyotin, 0,31 mg.

^bBernhart Tomarelli salt mixture (ICN Pharmaceuticals, Costa Mesa, CA), kompozisyon (g/100g): CaCO₃, 2,1; CaHPO₄, 73,5; C₆H₈O₇, 0,227; C₆H₄CuNa₂O₇, 0,046; C₁₂H₂₂FeN₃O₁₄ (16-17% Fe), 0,558; MgO, 2,5; C₁₂H₁₀Mn₃O₁₄, 0,835; KI, 0,001; K₂HPO₄, 8,1; K₂O, 6,8; NaCl, 3,06; Na-K, 2,14; ve C₁₂H₁₄O₁₆Zn₃, 0,133. Beş mg Se (sodyum selenit)/kg karışım.

Tablo 6. Deneyisel Yemlerin Yağ Asidi Kompozisyonu (%).

<i>Yağ asitleri</i>	Deneyisel Yemler	
	BUY	BPY
14:0	6,9	3,0
15:0	0,8	ND
16:0	19,2	9,4
16:1n-7	5,9	0,1
17:0	ND	0,1
18:0	4,0	3,9
18:1n-9	24,1	25,4
18:2n-6	6,5	35,5
20:0	0,9	0,3
18:3n-3	5,2	21,9
18:4n-3	1,5	ND
21:0	0,9	ND
22:0	0,5	0,3
20:3n-6	2,2	ND
20:3n-3	0,3	ND
20:4n-6	0,8	ND
20:5n-3	7,5	ND
24:0	0,6	ND
24:1n-9	0,6	ND
22:6n-3	11,6	ND
ΣSFA	33,7	17,1
ΣMUFA	30,6	25,5
ΣPUFA	35,7	57,4
Σn3	26,1	21,9
Σn6	9,5	35,5
n3/n6	2,7	0,6

ND: tespit edilememiştir.

Balık unu ve yağına dayalı olarak formüle edilen BUY yeminde en fazla bulunan yağ asitleri %24,1'lik oranla oleik asit, %19,2'lik oranla palmitik asit (PA; 16:0) ve %11,6'lık oranla dokozahegzaenoik asit (DHA; 22:6n-3) olarak görülmektedir. Bitkisel protein ve yağ kaynaklarına dayalı olarak formüle edilen BPY yeminde en fazla buluna yağ asitleri ise %35,5'lik oranla linoleik asit, %25,4'lük oranla OA ve %21,9'luk oranla linolenik asit olarak tespit edilmiştir. Özellikle balık ve diğer su ürünleri yağlarına özgü başta ekozapentaenoik asit (EPA; 20:5n-3) ve araşidonik asit (ARA; 20:4n-6) olmak üzere uzun zincirli (en az 20 karbonlu) çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) BPY yeminde bulunmadığı görülmektedir. Toplam PUFA ve n-6 miktarı BPY yeminde daha yüksek iken toplam doymuş yağ asidi (SFA), tekli

doymamış yağ asidi (MUFA) ve n-3 miktarları ile n-3/n-6 oranı BUY yeminde daha yüksek seviyede tespit edilmiştir.

Balık unu ve yağına dayalı olarak formüle edilen BUY yeminde en gazla bulunan esansiyel amino asitler (EAA) lizin (%4,49), lösin (%3,99) ve arginin (%3,30) olarak tespit edilmiştir. Benzer olarak, bitkisel hammaddelere dayalı olarak üretilen BPY yeminde de en fazla bulunan EAA'ler lösin (%3,86), lizin (%3,70) ve arginin (%3,24) olarak kaydedilmiştir. Her iki yemde de en fazla bulunan esansiyel olmayan amino asitler (EOAA) aspartik asit (BUY %10,08, BPY %10,43) ve glutamik asit (BUY %3,97, BPY %4,69) olarak tespit edilmiştir. Esansiyel amino asitlerin oranı BUY yeminde daha fazla bulunmuştur.

NRC (1993)'e göre belirlenen gökkuşağı alabalığının esansiyel amino asit gereksinimi Tablo 4'de verilmiştir. Diğer yandan gökkuşağı alabalığının esansiyel amino asit gereksinimi farklı çalışmalara göre oldukça değişkenlik göstermektedir (Wilson 2002). Deneysel yemlerden balık unu tabanlı yem olan BUY yemi, esansiyel amino asit içeriği bakımından bitkisel hammadde tabanlı BPY yemine göre daha yüksek içeriğe sahiptir.

Tablo 7. Yemlerin Amino Asit Kompozisyonu (g/100 g).

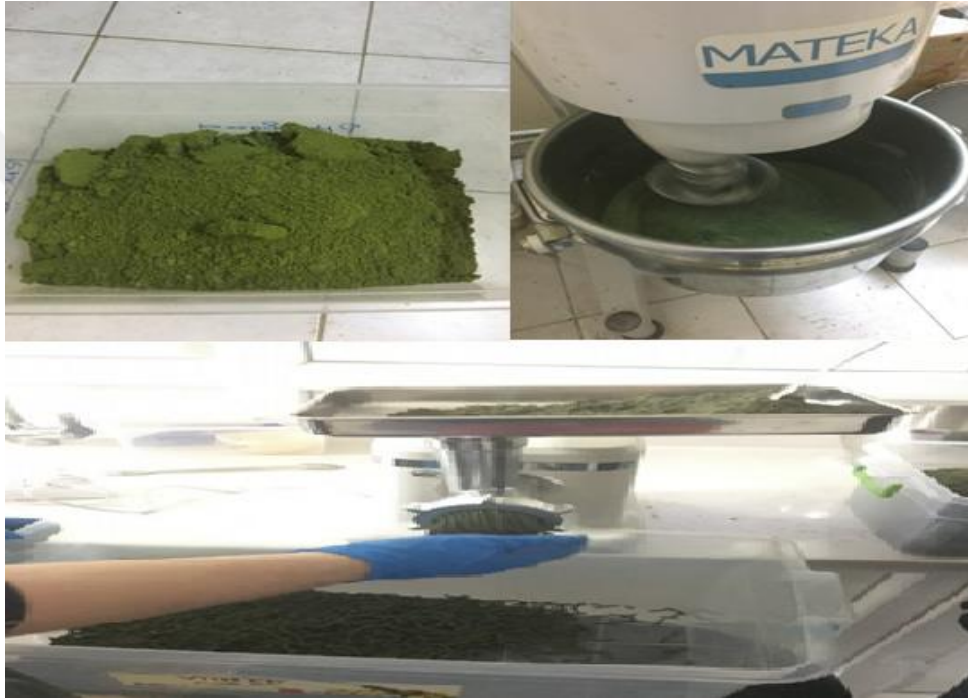
<i>Amino asitler</i>	Deneysel Yemler	
	BUY	BPY
<u>EAA</u>		
Arjinin	3,30	3,24
Treonin	1,12	1,03
Histidin	1,21	1,10
Valin	2,46	2,09
Metiyonin	1,51	0,98
Triptofan	ND	ND
Fenilalanin	2,66	2,82
İzolösin	2,21	2,07
Lösin	3,99	3,86
Lizin	4,49	3,70
Σ EAA	22,95	20,89
<u>EOAA</u>		
Glutamik asit	3,97	4,69
Aspartik asit	10,08	10,43
Asparajin	3,62	3,83
Serin	1,62	2,04
Glutamin	0,79	1,41
Glisin	3,75	2,71
Alanin	0,21	0,12
Tirozin	0,99	0,86
Sistin	0,38	0,41
Σ EOAA	25,42	26,51
Σ AA	48,37	47,4
Σ EOAA/ Σ EAA	1,10	1,26

ND: tespit edilememiştir.

Metot

Yem üretimi

Deneysel yemlerin içeriğini oluşturan maddeler tartılıp ışıık ve diğerk dış faktörlerden etkilenebilecek maddeler en son eklenerek temiz plastik kaplara aktarılmıştır. Aktarım işleminin sonrasında elle yaklaşık 30 dk karıştırıldıktan sonra mikser yardımıyla yaklaşık 15 dk homojen karışım sağlanana kadar karıştırılmıştır. Homojenlik sağlandıktan sonra yağlar ve kıvam elde etmek amacıyla saf su ilave edilerek karıştırılmaya devam edilmiştir. Homojen karışım ve kıvam sağlandıktan sonra yemler kıyma makinasından geçirilerek yem üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Deneysel Yemlerin Üretimi.

Kurutma işlemi

Deneyde yemlerin boyutları balıkların büyüme oranları tahmin edilip ağız açıklıklarına göre 2, 3 ve 4 mm olarak ayarlanmıştır. Üretilen yemler alüminyum folyolar üzerine ince bir tabaka şeklinde serilerek etüv selelerinde 40 °C’de 48 saat süreyle kurutulmuştur (Şekil 12). Kurutma işlemi sonrasında yemler eleklerden geçirilip toz kısımlar uzaklaştırılarak her tank için ayrı ayrı tartılıp ağız kapalı plastik kaplara alınarak balıklara verilmiştir. Yemler -20°C’de karanlık ortamda muhafaza edilmiştir.



Şekil 12. Boyutlandırılma ve Kurutma İşlemleri

Deneme planı, yemleme stratejisi

Besleme deneyi 4 farklı uygulama ve 3 tekerrürlü olarak tasarlanmıştır. Ortalama $30,0 \pm 0,8$ g ağırlığındaki 240 adet balık, 100 L kapasiteli 12 adet fiberglas tanka 20'şer adet olacak şekilde rastgele yerleştirilmiştir (Şekil 13) ve deneysel yemlerle 150 gün boyunca beslenmişlerdir. Yemleme işlemi günde 2 kez (9:00 ve 17:00) *ad libitum* olarak yapılmıştır (Şekil 14). Deneme süresince balıklar her 15 günde bir tartılarak büyüme takip edilmiştir (Şekil 15). Yemler ve yemleme stratejisine göre oluşturulan deneysel uygulamalar aşağıda verilmiştir:

- BUY, tamamen BUY yemi ile besleme
- BPY/BUY, sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme
- BPY-BUY, bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme
- BPY, tamamen BPY yemi ile besleme.

TK7 BUY-BPY	TK8 BPY	TK9 BUY	TK10 BPY/BUY	TK11 BUY-BPY	TK12 BPY
TK1 BUY	TK2 BPY/BUY	TK3 BUY-BPY	TK4 BPY	TK5 BUY	TK6 BPY/BUY

Şekil 13. Deneme Planı



Şekil 14. Balıkların Yemlenmesi



Şekil 15. Balıklarda Biomass Tespiti

Kromik oksit (Cr_2O_3) analizi

Deneydeki Cr_2O_3 ' in hesaplanması için periyodik olarak balık dışkıları toplanmıştır (Şekil 15). Yemleme işlemi sonrasında yemlerin tüketilip dışkı haline dönüşmesiyle birlikte, bir hortum yardımıyla sifonlanan dışkı, dip kısmı ince tülден oluşan plastik kaplarda toplanmış ve daha sonra örnek kaplarına aktararak $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Yem ve dışkıdaki Cr_2O_3 miktarını belirlemede Kimura ve Miller (1957) metodu uygulanmıştır. Standart eğri oluşturulmak için 2 adet boş, 2 adet kontrol ve 0,0005-0,004 g aralığında 16 farklı miktarda Cr_2O_3 miktarı içeren filtre kağıtları hassas terazide tartılıp Kjeldahl tüplerine konularak yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Standart eğri oluşturulduktan sonra %1'lik Cr_2O_3 içeren yemler için 0,3 g ve dışkı içeren örneklerde 0,0030–0,0050 g arasında liyofilize (Lobconco, ABD) edilmiş numuneler kullanılmıştır. Tüpler içerisinde bulunan örneklerin hepsine homojen şekilde temas etmesi için bir süre beklemek kaydıyla 3 mL konsantre nitrik asit (HNO_3) (Sigma, Almanya) ilave edilmiştir. Sonra bu tüpler $150\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 30 dk ve $170\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 1 s süreyle yakma ünitesinde

yakılmıştır. Yakma işlemi sonrasında tüpler oda sıcaklığında soğuyana kadar bekletilmiştir. Daha sonra bu tüplere 1,5 mL %70'lik perklorik asit (HClO₄) (Sigma, Almanya) eklenip 220°C'de 15 dk renk dönüşümü oluşuncaya kadar tekrar yakılmıştır. Tüplerdeki sıvı kısım soğutulduktan sonra 50 mL'lik balon jojelere aktarılmış ve 50 mL'den az olan örneklerle saf su koyularak 50 mL'ye tamamlanmıştır (Şekil 16). Son olarak absorbans değeri, 346,5 nm dalga boyunda spektrofotometrede tespit edilmiştir. Başlangıçta oluşturulan standart eğri yardımı ile de örneklerin Cr₂O₃ konsantrasyonları belirlenmiştir.



Şekil 16. Dışkı Toplama



Şekil 17. Liyofilizatörde Kurutma (A) ve Yakma İşlemi (B).

Büyüme parametrelerinin hesaplanması

Deneydeki büyüme parametreleri Arslan *et al.* (2012)'ye göre aşağıda belirtilen formüller kullanılarak değerlendirmeye alınmıştır:

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

Spesifik büyüme oranı = $[(\log_e \text{ son ağırlık}) - \log_e \text{ başlangıç ağırlığı}] \times 100 / \text{denemede geçen gün sayısı}$

Yem değerlendirme katsayısı = $\text{tüketilen yem miktarı (g)} / \text{ağırlık artışı (g)}$

FIFO= $[(\text{Diyetteki balık unu} + \text{diyetdeki balık yağı}) / (\text{toplam balık unu} + \text{toplam balık yağı})] \times \text{YDK}$

Yaşama oranı = $\text{deneme sonundaki balık sayısı} / \text{deneme başındaki balık sayısı} \times 100$

Balık ve doku örnekleme

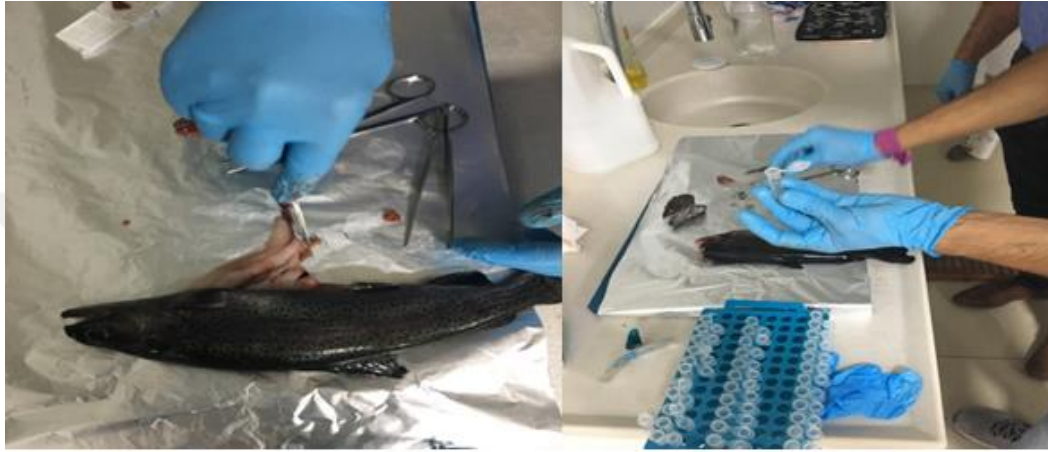
Deney sonunda örnekleme yapılmadan önce balıklar 24 saat süreyle aç bırakılmıştır. Tanklardan çıkarılarak nihai biomassları tespit edilen balıkların bir kısmı sıvı azotta -273°C’de şoklanarak dondurulmuştur. Şoklanan balıklardan her tanktan 2’şer adet alınarak toplam 24 adet balık ağzı kilitli poşetlere konulup tüm vücut proximate analizleri, tüm vücut yağ asidi ve tüm vücut amino asit analizleri için -80°C’de analiz gününe kadar muhafaza edilmiştir (Şekil 18).



Şekil 18. Örneklerin Sıvı Azot ile Dondurulması.

Doku örnekleme için, her tanktan 2’şer adet olmak üzere toplam 24 adet balığın karaciğer ve bağırsakları histolojik analizlerde kullanmak üzere şoklanmayan balıklardan alınarak uygun koşullarda muhafaza edilmiştir. Sindirim enzimleri analizinde her tanktan 2’şer adet olmak üzere toplam 24 adet balığın sindirim kanalı çıkartılarak mide ve bağırsakları kullanılmıştır. Yine 24 adet balığın karaciğer dokuları alınarak antioksidan enzimlerin analizlerinde kullanılmak üzere -80 °C’de depolanmıştır. Büyüme hormonlarının belirlenmesi için aynı şekilde 24 adet balığın karaciğer dokuları alınarak -80 °C’de muhafaza edilmiştir. Her tanktan 1’er adet olmak üzere toplam 12 adet balığın karaciğer dokusu alınarak yağ ve yağ

asitleri analizlerinde kullanılmak üzere aynı koşullarda depolanmıştır (Şekil 19). Hazırlanan diyetlerden de besin maddeleri analizleri için gerekli miktarda örnekler alınmıştır. Diğer taraftan toplam 12 adet balığın filetoları proksimet analizleri, yağ asidi ve amino asit analizleri için çıkarılarak analiz gününe kadar yine -80 °C’de muhafaza edilmiştir. Ayrıca 24 adet balığın filetoları çıkarılarak 24 adet çiğ fileto; duyusal analiz, TVB-N, TBARS, renk ve pH analizlerinde kullanılmak üzere toplam 12 gün boyunca +4 °C’de buzdolabı koşullarında depolanmıştır. Diğer 24 adet fileto 120 °C’de 1 saat süreyle fırında pişirilerek aynı gün sadece duyusal analizlere tabii tutulmuştur.



Şekil 19. Dokuların Alınması ve Örneklemesi

Büyüme hormonu (IGF I-II-GH axis ve GAPDH) analizi

Deneme sonunda balıklardan alınan karaciğer örnekleri sıvı azotla dondurularak -80 °C’de muhafaza edilmiştir. İlk aşama olan RNA izolasyonu trizol kullanarak yapılmıştır. İzolasyon sonrasında RNA örnekleri agaroz jel elektroforezinde kalitatif olarak kontrol edildikten sonra kalitatif analizi D-1000 UV spektrofotometre (NanoDrop, USA) ile yapılmış ve konsantrasyonları tayin edilmiştir. İzole RNA örneklerinden aynı konsantrasyonlar analizde kullanılarak Transcriptor First Strand cDNA Synthesis Kit (Roche 04897030001) vasıtasıyla kit protokolüne uygun şekilde cDNA sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen cDNA’lar analiz anına kadar -20 °C’de muhafaza edilmiştir. Araştırmada hedef ve referans genlerin analizinde, M95183.1 (insulin-like growth factor I (IGF I), M95184.1 (insulin-like growth factor II (IGF II)), NM_001124689.1 (growth hormon (GH) ve NM_001124246 (GAPDH için) NCBI GenBank erişim numaraları baz alınarak hazırlanmış ve aşağıda dizimimleri verilen primer-prob setleri kullanılmıştır (Ceyhun *et al.* 2010; Ekinci and Beydemir 2010).

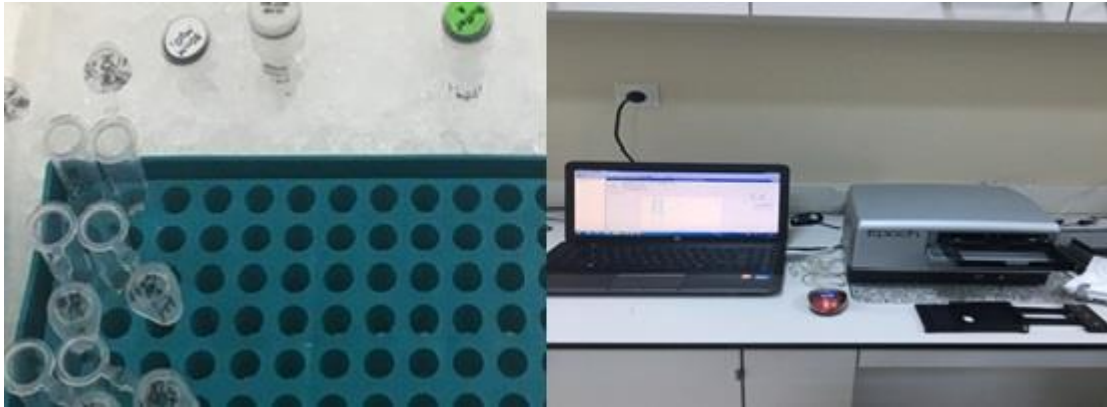
GH F 5’- AATGGTCAGAAATGCCAACC - 3’

GH R 5’- AAGCAAGCCAACAACCTCGTAG - 3’

GH TaqMan Prob 5’-FAM- CATCAACCTGCTCATCACGGGG-TAMRA-3’

IGF I F 5'- ATGTGCTGTGTCTCCTGTACCC - 3'
IGF I R 5'- TAAAAGCCTCTCTCTCCACACA - 3'
IGF I TaqMan Prob 5'-FAM- TAACCCTGACTTCGGCGGCA -TAMRA-3'
IGF II F 5'- GAAGGTCAAGATGATGTCTTCG- 3'
IGF II R 5'- AGTTCTCCTCCACATAGCGTTT- 3'
IGF II TaqMan Prob 5'-FAM- TCGAGTGCTGGTCATTGCGC -TAMRA-3'
GAPDH F 5'- ATCAAAGGGGCTGTCAAGAA - 3'
GAPDH R 5'- AGGAGTGGGTGTCTCCAATG - 3'
GAPDH TaqMan 5'-CY5- CGCCGAAGGACCCATGAAGG –BQ2-3'

Referans gene ait prob Cy5/Blackhole Quencher 2 boya setleri ile işaretlenerek kantitatif gen analizinde hedef ve referans genlerin aynı reaksiyon içerisinde ifadelerinin izlenmesi amacıyla ise hedef genlere ait proplar FAM/TAMRA kullanılacaktır (Ekinci and Beydemir 2010). Kit protokolüne uygun olarak Real Time PCR uygulaması FastStart TaqMan® Probe Master (Roche Cat. No: 04673409001) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 20). Toplam 50 mL hacimle gerçekleştirilen PCR işlem basamakları şu şekilde gerçekleştirilmiştir; AmpErase UNG enziminin aktivasyonu için 50 °C'de 2 dk ve 10 dk ön denatürasyonun ardından 45 döngü olacak şekilde 95 °C'de 15 sn ve 60 °C'de 1 dk olarak gerçekleştirilmiştir. PCR işlemi ile ölçülen Ct değerleri $2\Delta Ct$ eşitliği ile Pfaffl and Hageleit (2001)'e göre değerlendirilmeye alınmıştır.



Şekil 20. Gen Ekspresyonu (IGF I-II-GH axis ve GAPDH).

Besin maddelerinin sindirilebilirliği

Protein ve yağların sindirilebilirlik oranları daha önceden dışkılarda ve yemlerde (FM ve PM) belirlenen kromik oksit miktarları kullanılarak kuru madde üzerinden % olarak aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (Maynard *et al.* 1979).

$$\text{Kuru Madde (\%)} = 1 - \text{Yemdeki Cr}_2\text{O}_3 / \text{Dışkıdaki Cr}_2\text{O}_3$$

$\% \text{ Protein} = 100 - [100 \times (\text{yemdeki } \% \text{ kromik oksit} / \text{dışkıdaki } \% \text{ kromik oksit}) \times (\text{dışkıdaki } \% \text{ protein} / \text{yemdeki } \% \text{ protein})]$.

$\% \text{ Yağ} = 100 - [100 \times (\text{yemdeki } \% \text{ kromik oksit} / \text{dışkıdaki } \% \text{ kromik oksit}) \times (\text{dışkıdaki } \% \text{ yağ} / \text{yemdeki } \% \text{ yağ})]$.

Proksimate analizler

Ham protein

Protein analizi için hazırlanan örneklerden yaklaşık 5 g tartılarak yakma ünitesine alınmıştır. Kjeldahl tableti ve 20 mL sülfürik asit (H₂SO₄) eklenerek yakma ünitesine (Şekil 21) yerleştirilen tüpler 1,5 saat süreyle 450 °C’de tüpler içerisindeki karışım berrak renk alıncaya kadar yakılmıştır. Yakma işlemi sonrasında soğutulan tüpler otomatik protein tayin cihazına (Kjeldahl, GerhardtVapodest, 45s) yerleştirilerek distilasyon ve ardından titrasyon işlemlerine tabii tutulmuştur. Titrasyon işlemi sonucunda sarf edilen HCl miktarı kullanılarak örneklerdeki ham protein oranı hesaplanmıştır (AOAC 1998).

$$\%N = \frac{(\text{Örnek için harcanan ml HCl} - \text{Kör için harcanan ml HCl}) \times 0,014 \times (\text{HCl}' \text{nin N}) \times F}{\text{Örnek ağırlığı}}$$

$$\% \text{ Protein} = \%N \times 6,2$$



Şekil 21. Protein Analizi

Nem miktarının belirlenmesi

Nem miktarının belirlenmesinde kullanılan kruzeler analiz öncesinde 1-2 saat boyunca 100 °C’de etüvde bekletilmiştir. Sonrasından desikatöre alınan kruzeler, soğutulup 0,0001 g hassasiyete sahip hassas terazide daraları alınıp içlerine yaklaşık 10 g örnek koyularak tartılmıştır. İçerisinde örnek bulunan kruzeler 100 °C’de etüvde sabit ağırlık saptanıncaya kadar (~18 saat) kurutulmuştur. Sonrasında kruzeler alınarak desikatöre konulmuştur (Şekil 22).

Nihai tartım sonrasında kuru madde miktarı 100'den çıkarılarak nem oranı % olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AOAC 1998).

$$\%Nem: 100 - (\% Kuru Madde = \frac{(Son \ Ağırılık - İlk \ Ağırılık)}{Örnek \ Ağırlığı} \times 100)$$

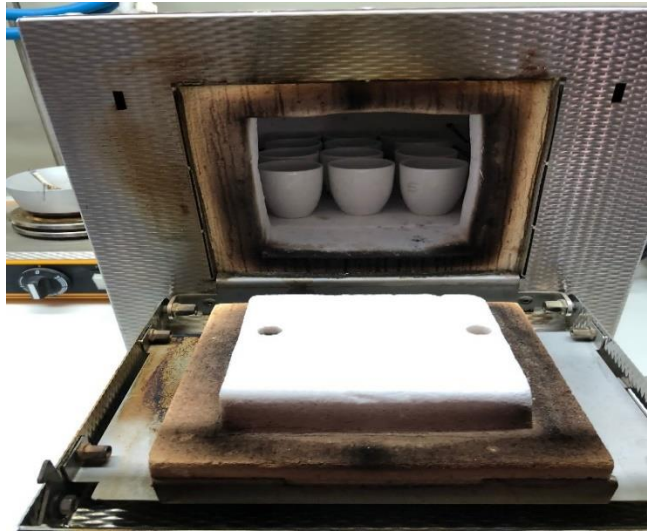


Şekil 22. Kuru Madde Analizi

Ham kül miktarının belirlenmesi

Kül miktarının tespiti için kullanılacak kruzelerin daraları alınarak yaklaşık 5 g örnek tartılıp içlerine koyulmuştur. İçerisinde örnek olan kruzeler kül fırınına yerleştirildikten sonra fırının sıcaklığı kademeli şekilde artırılmıştır (200 °C'de 5 dk, 300°C'de 5 dk, 400°C'de 5 dk). Nihai sıcaklık 525 °C' ye ayarlanarak 18 saat boyunca yakma yapılmıştır (Şekil 23). Sonrasında desikatöre alınarak soğutulan örnekler tartılıp aşağıdaki formüle göre kül miktarları belirlenmiştir (AOAC 1998).

$$\% \text{ Kül Miktarı} = \frac{\text{Kül Ağırlığı}}{\text{Örnek Ağırlığı}} \times 100$$



Şekil 23. Kül analizi

Yağ miktarının belirlenmesi

Toplam yağ miktarı Folch *et al.* (1957) metoduna göre belirlenmiştir. Alınan 1 g ağırlığındaki örnekler 50 mL'lik tüplere koyularak üzerlerine butylated hydroxytoluen (%0,01 (g/L) içeren kloroform/methanol (2:1 V/V) karışımından 20 mL eklenmiştir. Ultraturaks yardımı ile 1 dk parçalanarak homojenize edilen bu örnekler vakumlu motor yardımıyla filtre kâğıdı (Whatman No:1) ile süzölmüştür. Süzme işleminin ardından örnekler yeni tüplere alınarak 4'er mL $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ eklenmiştir. Devamında bu tüplere nitrojen doldurulup nitrojen dışarıya uçmayacak biçimde kapakları kapatıldıktan sonra 1 dk vortekslenerek oda koşullarında karanlık ortamda 24 saat süreyle faz oluşumu için muhafaza edilmiştir. Bu süre sonunda pastör pipeti yardımıyla tüplerin alt fazı dikkatlice alınıp yeni tüplere transfer edilmiştir. Bu işlemin ardından örnekler azot evaporatörü sistemi içerisine yerleştirilerek alt haznede bulunan suyun ısıtılmasıyla birlikte nitrojen gazıyla muamele edilmiştir. Belirli bir süre nitrojen muamelesi sonrasında büyük tüplerde bulunan kısım önceden tartılmış küçük cam tüplere aktarılarak evaporasyon işlemi sürdürölmüştür. Bu esnada belirli zaman aralığında tartımlar yapılarak tüplerin ağırlıkları sabitleninceye kadar tartım işlemine devam edilmiştir. Tüplerin ağırlıkları sabit hale geldiğinde yağ miktarları gravimetrik metotla hesaplanmıştır (Şekil 24). Daha sonra ağırlıkları sabitlenen tüpler üzerine kloroform eklenerek yağ asidi analizlerinde kullanılmak üzere $-20^{\circ}C$ 'de depolanmıştır.



Şekil 24. Yağ Miktarının Belirlenmesi

Yağ asidi tayini

Yağ asidi metil esterleştirme işlemleri Metcalfe and Schmitz (1961) metoduna göre yapılmıştır. Daha önce ekstrakte edilen yağların olduğu deney tüpleri içerisine 2 M'lık NaOH çözeltisinden 1,5 mL koyulup azotla hava kaçırmayacak şekilde kapatılmış ve $80^{\circ}C$ 'deki etüvde (Binder FD 53) 1 saat bekletilerek yağlar sabunlaştırılmıştır. Ardından oda koşullarında soğuması sağlanan örneklerin her birine %14'lük BF_3 (borontriflouride methanol)'den 2 mL

eklendikten sonra aynı şekilde nitrojenle (N) muamele edilip etüvde 80 °C’de 30 dk süreyle bekletilmiştir. Devamında örnekler yeniden oda sıcaklığına alınarak soğuması beklenmiştir. Soğumanın gerçekleşmesinden sonra örneklere 1 mL hekzan ilave edilerek vortekslenmiştir. Sonra tüplerin içerisine ultra saf sudan 1 mL eklenerek yeniden vortekslenmiştir. Ardından tekrar tüplere hekzan koyularak üstte oluşan faz pastör pipeti ile toplanarak Na₂SO₄ içeren yeni tüplere aktarılmıştır. Toplanan hekzan viallere (2 mL hacimli) aktarılıp N ile doldurularak vialler kapatılmıştır. Vialler yağ asitlerinin tespitini belirlemek üzere Agilent 6980 GC/MS cihazına konulmuştur (Şekil 25). Her bir örneğin yağ asitlerine ait pikler, içeriği daha önceden bilinen yağ asidi standartları (Supelco Component FAME Mix) pikleri ile karşılaştırılarak sonuçlar; toplam tespit edilen yağ asitlerinin yüzdesi olarak ifade edilmiştir. Gaz kromatografisi koşulları aşağıdaki gibi ayarlanmıştır:

Cihaz: Kütle Gaz Kromatografisi (GC/MS), Agilent 6980

Dedektör: FID

Kolon: CP-Sil 88 Agilent 6890 N

Dedektör sıcaklığı: 300 °C

Kolon sıcaklığı: 175 °C’de 20 dk bekleme, dakikada 2 °C artışla 205 °C 24 dk bekleme.

Taşıyıcı gaz: helyum (30 L/dk).



Şekil 25. Gaz Kromatografi Cihazı (Agilent 6980 (GC/MS))

Amino asit analizi

Analiz için hazır hale getirilen örneklerden 2 g alınarak 24 saat boyunca bir kurutma fırınında 110 °C’de 10N’lik hidroklorik asit (HCl) ile hidroliz işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen hidrolizatlar, 0,20 µL PTFE enjektörle süzülerek filtre edilmiştir. Ardından saf su ile 1/10 oranında seyreltilip 1,5 mL’lik amber şişelere aktararak amino asit analizi HPLC

sisteminde (Agilent Infinity II) DAD detektörü ile yapılmıştır (Şekil 26) (Henderson *et al.* 2000). Bu yöntemde otomatik bir örnekleyici ile şişeden 0.5 µL örnek çekilerek ve borat tampon, OPA ve FMOC reaktifleri ile türevlendirilmiştir. Türevlendirmenin ardından, numuneler sisteme ayrı ayrı enjekte edilmiştir. HPLC okumaları sonrasında elde edilen sonuçlar otomatik olarak kalibre edilerek ve g/100 g protein olarak ifade edilmiştir. Amino asitlerin ayrılması, pH'ı 7,8'e ayarlanmış 40mM Na₂HP0₄ (A) ile 10 N NaOH ve MeOH: ACN: H₂O (B) oranında kademeli mobil fazda 40 °C'de Zorbax Eclipse AAA amino asit kolonu ile %45:%45:%10 2 mL/dk akış hızında, yaklaşık 26 dakikada gerçekleştirilmiştir (Şekil 26).

Mobil fazın gradyan aşamaları aşağıdaki şekilde sırasıyla uygulanmıştır:

A: %100, B: %0; A: %43, B: %57; A: %0, B: %100; A: %0, B: %100;

A: %100, B: 1,9 dak. 18,1 dak., 18,6 dak., 22,3 dak., 23,2 dak.

Algılama iki farklı dalga boyunda yapılmıştır (338nm'de FMOC-amino asitler için 16 nm bant genişliğinde ve OPA-amino asitler 262 nm için 10 nm bant genişliğinde).



Şekil 26. Hidrolizat İşlemi ve Agilent HPLC Infinity II Sistemi

Nitrojenli atıkların (amonyak ve üre nitrojeni) tayini

Nitrojenli atıkların tayini için her tanktan 6'şar adet balık (ortalama 1,5 kg) besleme deneyinin yapıldığı aynı ortam koşulları oluşturularak her biri 50 L'lik fiberglas tankları bulunduran farklı bir resirküle kapalı devre sisteme (Akuamaks 2000, Türkiye) aktarılmıştır. Bu sistemde yürütülen amonyak ve üre nitrojeni analizlerinde su örneklerinin toplanması, 5 günlük bir süreyi kapsamakla birlikte iki örnek toplama günü arasında bir gün ara verilmiştir. Her bir gruba ait tekerrür tankı, günde 8 saat (09.00–17.00; 17.00–01.00; 01.00–09.00) olmak üzere toplam deneme boyunca 24 saatlik süre içerisinde her 4 saatte bir örneklenmiştir. Her örnekleme zamanı için her bir tanktan 3 tane amonyak 3 tane de üre-nitrojeni analizi için, 20

mL'lik sentilasyon tüplerine tanktaki sudan pipetle 10 mL çekilmiştir. Tüpler her bir örnekleme zamanı ve her bir tank için 6'lı buket şeklinde plastik bantla birleştirilmiştir (Şekil 27). Örnek toplanmasına başlamadan önceki akşam saatlerinde (21:00-22:00 arası) örneklenecek tanklarda %70'e yakın su değiştirilmesi sifonlama yoluyla gerçekleştirilmiştir. Böylelikle dışkı ve yenmemiş yem artıklarının ortamdaki alınması ve tankların temizlenmesi sağlanmıştır. Örneklerdeki amonyak konsantrasyonu, fenol-hipoklorür yöntemiyle, üre ise üreaz yöntemiyle analiz edilmiştir. Toplam amonyak-azot konsantrasyonu, amonyum klorür çözeltisinden hazırlanan standart bir eğri kullanılarak hesaplanmıştır. Üre konsantrasyonunu hesaplamak için üreaz işleminden önceki ve sonraki amonyak konsantrasyonu arasındaki fark kullanılmıştır (Solorzano 1969; Elliott 1976; Wedemeyer 1996; Engin *et al.* 2012).



Şekil 27. Amonyak ve Üre Nitrojeni Analizi

Antioksidan Enzimler

Antioksidan enzimlerin analizleri için belirli seviyede karaciğer dokusu tartılarak uygun koşullarda muhafaza edilmiştir. Ardından analizler için protokollerde belirtilen gerekli çözeltiler hazırlanarak kullanılmıştır. Ölçümler yapılmadan önce dokuların homojenizasyonu Qiagen TissueLyser II marka cihaz kullanılarak protokollerde belirtilen rpm ve sürede santrifüj edilmiş ve süpernatantlar alınmıştır. Sonrasında karaciğerdeki protein seviyeleri Lowry (1951) metoduna göre saptanmıştır. Malondialdehit (MDA) ve indirgenmiş glutatyon (GSH) düzeyi ile katalaz (CAT) ve süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi eliza okuyucuda (Bio Tek μ Quant MQX200, USA) ile analizlere tabii tutulmuştur.

Malondialdehit (MDA) tayini

Lipid içeriği kullanılarak Tiyobarbitirik asit (TBA) tepkimesinin belirlenmesi, düşük pH koşullarında TBA varlığında ısıtılmış ve 532 nanometrede dalga boyunda maksimum pik

seviyesini oluşturan sabit kırmızı–pembe oluşumu sağlanmıştır. Oluşan renk, 2 molekül TBA ile 1 molekül MDA'nın birleşmesiyle meydana gelen kromojen olması sonucundandır. Renklenme oluşumundan sonra, Malonaldehyde bis(diethyl acetal)'dan 10 µL alınarak 10 mL saf etanolde çözündürülmüştür. Devamında uygun koşullarda (+4 °C) muhafaza edilen standarttan standart kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş ve numunelerdeki TBA sonuçları hesaplanarak nmol/g olarak ifade edilmiştir.

İndirgenmiş glutatyon (GSH) tayini

Balıklardan alınan karaciğer dokusu, GSH ekstraksiyonu ve belirlenmesi için analizde kullanılmıştır. Karaciğer dokusu üzerine sülfosalisilik asit (%5-SSA) 5 mL koyularak bu dokular cam bagetle hafifçe ezilmiştir. Devamında, homojenize kıvam elde edilene kadar vortekste karıştırılmıştır. Oluşturulan homojenat, 15 dk 4500 rpm'de santrifüj edilerek süpernatant elde edilmiştir. Elde edilen süpernatantan 1 mL'ye fosfat tamponu (5ml) eklenmiş ve sonrasında etüvde 60 °C sıcaklıkta 10 dk. beklemeye bırakılmıştır. Sonrasında hızlı bir şekilde oda sıcaklığındaki ortama getirilmiştir. Örnekler 5,5'-Dithiobis(2-nitrobenzoic acid) 1 mL ayırıcı pipetlenerek 412 nm dalga boyunda ayraç körüne karşı optik dansitesi (OD) okunmuştur. Son olarak GSH (µmol GSH/g doku), GSH standardı ile (%5-SSA) oluşturulan kalibrasyon eğrisinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{GSH (mmol/g)} = [(\text{OD numune} - \text{OD kör}) \times (\text{ekstinksiyon kat sayısı} - \text{OD std})] \times f$$

f: sulandırma katsayısı

Katalaz (CAT) tayini

CAT analizinde H₂O₂ ile karaciğer dokularından elde edilen süpernatantın inkübe edilmesinin ardından geriye kalan H₂O₂'nin amonyum molibdatla sabit bir kompleks oluşturmasıyla birlikte spektrofotometrik ölçümler yapılarak analiz gerçekleştirilmiştir (Goth 1991).

Karaciğer dokularından elde edilen süpernatant, fosfat tamponuyla 60 sn boyunca 37 °C'de bekletilmiştir. Öncesinde 1 mL substrat ve 0,2 mL süpernatant (60 µmol/L sodyum potasyum fosfat tamponunda 65 mmol/mL H₂O₂; 7,4 pH'da) enzimatik reaksiyon için muamele edilmiştir. Sonrasında oluşturulan enzimatik reaksiyona 1 mL (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O (32,4 mmol/L) eklenmiş ve reaksiyon sona erdirilmiştir. Devamında H₂O₂ molibdatla meydana getirdiği sarı renkli karışımın absorbans değeri spektrofotometrede 405 nm dalga boyunda kör baza alınıp ölçülmüştür. Böylece A numunesinin absorbansı belirlenmiştir. A kör1'in absorbansı 0,2 mL plazma, 1 mL substrat ve 1 mL molibdatın ilave edilmeyele birlikte sonuçlar formülde yerine koyularak tespit edilmiştir.

$$\text{CAT aktivitesi (kU/L)} = [(A \text{ kör1} - A \text{ numune}) / (A \text{ kör2} - A \text{ kör3})] \times 271$$

Süperoksitdismutaz (SOD) tayini

Ksantin oksidaz enzimi yardımıyla ksantinin ürik asite dönüştürülmesiyle meydana gelen süperoksit radikalleri, mevcut koşullarda nitrobluetetrazoliumun (NBT) ile reaksiyona girer ve 560 nm’de ölçüldüğünde max. absorbans değeri oluşturan formazon bileşiğini ortaya çıkarırlar. Eğer numunelerde SOD enzimi mevcutsa süperoksit radikalleri SOD vasıtasıyla H₂O₂’ye dönüştürülebildiği için formazon oluşumu azalır ve böylelikle 560 nm dalga boyunda saptanan absorbans değerinde de azalmalar gözlemlenir. Absorbansta okunan değerdeki seviye SOD aktivitesinin tespitinde fayda sağlayacak kısımdır (Sun *et al.* 1989). İlk önce protokolde belirtilen ölçüm tamponundan analizler için hazırlanan boş deney tüplerine 2.85 mL konulmuştur. Ardından bu tüplere 100 µL karaciğer dokularından alınan süpernatant eklenirken kör için ayrılan tüpe 100 µL ultra saf su ilave edilmiştir. Daha sonra Xanthine Oxidase çözeltisinden 50 µL kör ve örnek tüplerine aktarılmış ve etüvde 20 dk boyunca 25 °C’de inkübe edilmiştir. Ardından bütün tüplere CuCl₂’den 1mL ilave edilip, 560 nm dalga boyunda reaktif solüsyonun baza alınarak okumalar yapılmıştır. Okumalarda saptanan değerlerle formazon seviyeleri kullanılarak aşağıdaki formülle hesaplamalar yapılmıştır.

$$\text{Hesaplama (EU/mg doku)} = (\Delta A_{\text{kör}} - \Delta A_{\text{numune}}) / \Delta A_{\text{kör}}$$

Sindirim Enzimleri Analizi

Balıklarda buccopharynxten rektuma kadar olan kısım pilorik sekadan ayrılarak sadece gastrointestinal sistem izole edilmiştir (Şekil 28). Balıklardan alınan gastrointestinal sistem (amilaz, lipaz ve tripsin enzimleri için) ve mide örnekleri (pepsin enzimi için) test kitleri (Biovision) kullanılarak analiz edilmiştir.



Şekil 28. Balık Üzerinde İzole Edilen Gastrointestinal Sistem.

Amilaz enzim aktivitesi

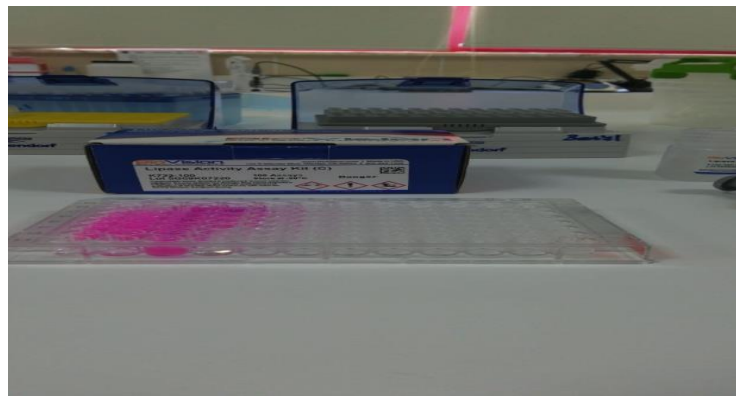
Balıklardan alınan gastrointestinal sistem, ultratorax yardımıyla 1 dk. homojenize edildikten sonra, süpernatantlar ayrılarak santrifüj kullanılarak 16 000 g'de 10 dakika süreyle santrifüjlenmiştir. Örnekler ve enzim malzemeleri, kullanılabileceği kadar -20 °C'de stoklanmıştır. Daha sonra bir amilaz pozitif kontrol 50 µL deney tamponu içinde çözölmüş ve -20 °C'de analiz anına kadar muhafaza edilmiştir. Ardından kit (Biovision AAA-K711-100) protokolünde belirtilen şekilde 5 µL amilaz pozitif kontrolü pileyttteki kuyucuklara eklenip hacim ayarlamaları yapılarak eliza okuyucuda (Biotek µQuant MQX200 Elisa Reader (Biotek Corp., USA) cihazında amilaz aktiviteleri tespit edilmiştir (Şekil 29).



Şekil 29. Amilaz Enzim Aktivitesi

Lipaz enzim aktivitesi

Balıklardan alınan gastrointestinal sistem, ultratorax yardımıyla 1 dk. homojenize edildikten sonra 10 dk. boyunca 16 000 g'de santrifüjlenmiştir. Santrifüjlemenin ardından, süpernatant doğrudan tahlil tamponu içinde seyreltilmiştir. Örnekler ve enzim malzemeleri, kullanılabileceği kadar -20 °C'de saklanmıştır. Ardından kit (Biovision LAA-K722-100) protokolünde belirtilen şekilde eliza okuyucuda (Biotek µQuant MQX200 Elisa Reader (Biotek Corp., USA) okumalar yapılarak lipaz aktiviteleri tespit edilmiştir (Şekil 30).



Şekil 30. Lipaz Enzim Aktivitesi

Tripsin enzim aktivitesi

Balıklardan alınan gastrointestinal sistem, ultratorax yardımıyla 1 dk. homojenize edildikten sonra 10 dk. boyunca 16 000 g'de santrifüjlenmiştir. Numuneler ve enzim malzemeleri, kullanılana kadar -20 °C'de saklanmıştır. 5 µL süpernatant, kuyucuklara aktararak hacmi 50 µL/çukur olarak ayarlamak için AssayBuffer eklenmiştir. Ardından kit (Biovision TAA-K771-100) protokolünde belirtilen şekilde eliza okuyucuda (Biotek µQuant MQX200 Elisa Reader (Biotek Corp., USA) cihazında okumalar yapılarak tripsin aktiviteleri tespit edilmiştir (Şekil 31).



Şekil 31. Tripsin Enzim Aktivitesi

Pepsin enzim aktivitesi

Homojenize edilen mide dokuları, çözünmeyen materyali uzaklaştırmak ve şeffaf süpernatant elde etmek için 16 000 g'de 10 dk santrifüjlenmiştir. Örnekler ve enzim materyalleri, kullanılana kadar -20 °C'de saklanmıştır. 5 µL serum alikotları kuyucuklara aktararak tampon çözelti ilavesiyle pileylere 50 µL/çukur olacak şekilde ayarlanmıştır. Ardından kit (Biovision TAA-K781-100) protokolünde belirtilen şekilde flourometrik spektrofotometre (Shimadzu RF-600) cihazında okumalar yapılarak tripsin aktiviteleri tespit edilmiştir (Şekil 32).



Şekil 32. Pepsin Enzim Aktivitesi

Histopatolojik Analizler

Balıklar ötenazi sonrası disekte edilerek karaciğer ve bağırsak dokuları %10'luk formalin solüsyonuna alınmıştır. Dokular ardından rutin işlemlere tabii tutularak parafin bloklara gömülüp mikrotom cihazında (Leica, Almanya) uygun kesitler alınmıştır. Bloklardan alınan 5 µm'lik kesitler hematoksilen ve eosin ile boyanarak histopatolojik bulgular ışık mikroskobu (Olympus BX51, DP72) altında nekrotik/dejeneratif değişiklikler ve yangısal değişiklikler yönünden incelenmiştir (Şekil 33) (Topal *et al.* 2017).



Şekil 33. Histopatolojik Analizler.

Ürün Kalitesi Analizleri

Fileto işlemi ve fileto verimliliği

İç organları ve baş kısımları alınan balıklar, devamında fileto makinesinde iki parçaya ayrılıp omurgalardan arındırılmıştır. Bu işlem sonrasında, kalan et kısımlarında bulunan küçük kılçıklar ve yüzgeçler yetkin kişilerce fileto bıçağı yardımıyla alınarak fileto işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından filetolar hassas terazide (Shimadzu, Japonya) tartılarak ağırlıkları tespit edilmiştir. Fileto yapımından önce tüm vücutları tartılarak kaydedilen aynı balıklar üzerinden fileto ağırlığı/tüm vücut ağırlığı oranlanıp fileto verimi belirlenmiştir (Şekil 34).



Şekil 34. Fileto İşlemi ve Fileto Verimliliği

Toplam uçucu bazik azot (TVB-N) tayini

Malle and Poumeyrol (1989)'a göre TVB-N analizi yürütülmüştür. Ultraturaxta (IKA WerkTp 18-10 20.000 rpm), önceden 20 g tartılan örneklerin her birinin üzerine 40 mL TCA çözeltisi koyularak 1-2 dk boyunca homojenizasyon yapılmıştır. Ardından filtre kağıdı (Falten filler Ø150 mm) ile süzülen örnekler tüplere aktarılarak 5 dk boyunca 2500 rpm'de santrifüj edilmiştir (Şekil 35). Sonrasında elde edilen çözeltilerden her örnek için 12,5 mL alınmış ve örnekler 2,5 mL NaOH eklenmiştir. Bu şekilde hazırlanan numuneler devamında distilasyon cihazına aktarılmıştır. Distilatın toplanması için yerleştirilen erlene %4'lük borik asit çözeltisinden 5 mL ve 0,02 mL indikatörden (0,1 g metil kırmızısı ve 0,1 g brom kresol yeşili) ilave edilmiştir. Ardından bu şekilde muamele edilen erlenler distilasyon cihazına yerleştirilerek 5 dk boyunca 25 mL distilat elde edilecek bekletilmiştir (Şekil 35). Sonrasında elde edilen distilatla 0,1 N H₂SO₄ titre edilmiştir. Titrasyon boyunca tüketilen H₂SO₄ (n) göz önünde bulundurularak TVB-N miktarları her bir örnek için aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{TVB-N (mg / 100 g)} = n \times 16,8 \text{ mg azot}$$



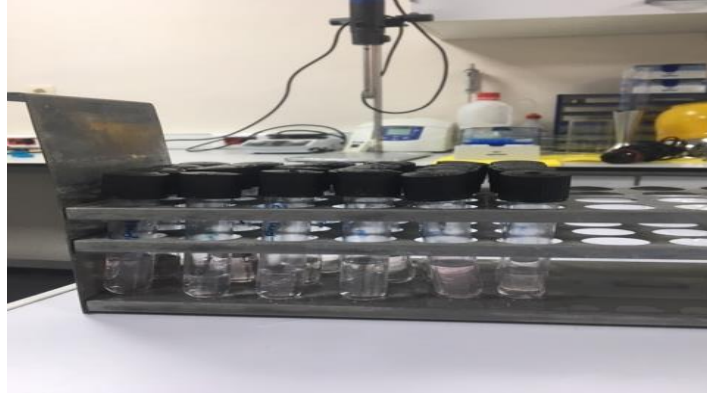
Şekil 35. TVB-N Analizi

Thiobarbitürik asit reaktif substans (TBARS) analizi

TBARS analizi için balıklardan alınan örnekler 2 g tartılmış ve her bir örneğin üzerine hazırlanan TCA solüsyonundan (%7,5 TCA, %0,1 EDTA, %0,1 propilgallat, 1-propil gallat 3 mL etanol) 12 mL ilave edilmiştir. Sonrasında ultra turrax ile 30 sn homojenize edildikten sonra karışımlar Whatman No:1'lu filtre kâğıdıyla süzülerek filtre edilmiştir. Süzüntüden analiz için hazırlanan tüplere 3 ml aktarılmış ve devamında hazırlanan TBA çözeltisinden de 3 mL koyulmuştur. Ardından tüpler su banyosunda 40-45 dk süresince 95 °C'de beklemeye alınmış ve sonrasında soğumaya bırakılmıştır (oda sıcaklığında). Tüpler bu sürenin ardından spektrofotometre cihazında (Bechman) 532 nm'de ölçülmüştür (Şekil 36). Kör için TCA çözeltisine (3 mL) TBA çözeltisi (3 mL) ilave edilerek örneklerde yapılan aynı işlemler uygulanmıştır. Köre göre kıyaslanan okumalardaki absorbans değerleriyle malonaldehide bis(dimethyl acetal) standart eğriden tespit edilen veriler aşağıda belirtilen formül üzerinde değerlendirilerek TBARS miktarları $\mu\text{mol MDA/kg}$ cinsinden belirlenmiştir (Lemon 1975).

$$\text{TBARS} = \frac{\left(\frac{\text{abs}}{k}\right) * 2}{\frac{1000}{m * 6,8 * 1000}}$$

- k : Standart eğriden elde edilen değer
m : Örnek miktarı
abs : Örnek için okunan absorbans değeri.



Şekil 36. TBARS Analizi

pH analizi

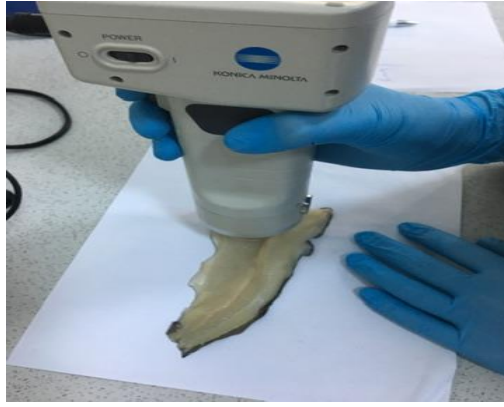
Ölçümlere başlanmadan önce, 4, 7 ve 10 pH tampon çözeltilerle pH metrenin kalibrasyonu yapılmıştır. Balık dokularından alınan örnekler 250 mL'lik cam kavanozlara 10 g tartılarak koyulmuştur. Ardından örnek içerek kavanozlara 100 mL saf su koyulmuş ve ultra turrax ile örnekler 1 dk. homojenize edilmiştir. Homojenizasyon sonrasında örneklerin içinde bulunduğu karışım pH metre (Seven Compact S220) ile tespit edilmiştir (Şekil 37) (Vural ve Öztan 1996).



Şekil 37. pH Ölçümü

Renk analizi

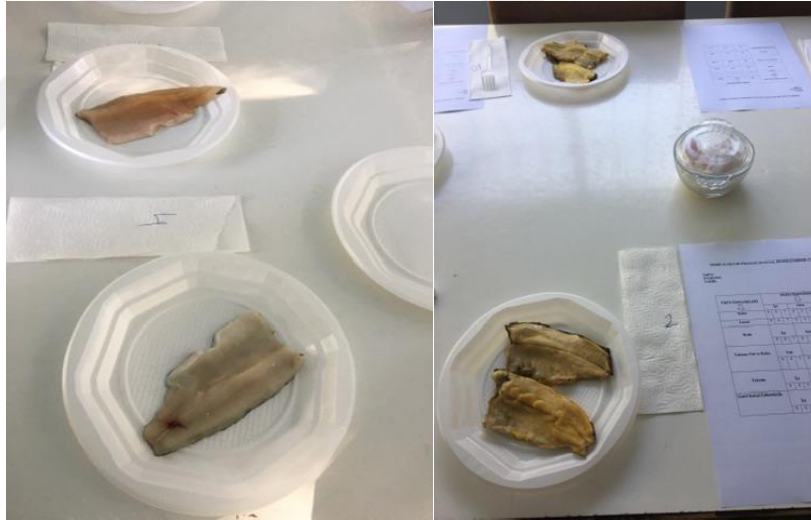
Filetoların iç yüzeylerindeki renk değerleri (L^* açıklık-koyuluk, a^* kırmızılık ve b^* sarılık) kolorimetre cihazı (Minolta CR-300, Osaka, Japonya) ile yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 38). Filetoların iç kısmında baş, orta ve kuyruk kısmından üç farklı alandan alınan renk değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak L^* , a^* , b^* renk değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 38. Renk Ölçümü

Duyusal analizler

Çiğ ve pişmiş alabalık filetoları üzerinde tecrübeli kişilerden oluşan 10 kişilik panelistler tarafından duyu analizleri yapılmıştır (Şekil 39). Çiğ ve pişmiş filetolar için ayrı ayrı hazırlanan formlarda (Şekil 40 ve Şekil 41) yer alan parametreler üzerinde 1 den 9 a kadar puan skalası belirlenerek, 3-1; kötü 6-4; orta ve 9-7; iyi şeklinde kategorize edilmiştir.



Şekil 39. Duyusal Analiz İçin Çiğ ve Pişmiş Filetolar.

Çiğ Fileto Duyusal Değerlendirme Formu

Ürün:

Panelist:

Tarih:

ÜRÜN ÖZELLİKLERİ ↓	DERECELENDİRME ↓								
	Parlak			Kabul Edilebilir			Mat		
Genel Görünüş (Fileto Dışı, Deri)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Genel Görünüş (Fileto İçi, Et)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Koku	İyi			Orta			Kötü		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Yabancı Koku	Yok			Hafif			Yoğun		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Genel Kabul Edilebilirlik	İyi			Orta			Kötü		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Şekil 40. Çiğ Fileto Duyusal Değerlendirme Formu

Pişmiş Fileto Duyusal Değerlendirme Formu

Ürün:

Panelist:

Tarih:

ÜRÜN ÖZELLİKLERİ ↓	DERECELENDİRME ↓								
	İyi			Orta			Kötü		
Koku	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Lezzet	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Renk	İyi			Orta			Kötü		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Yabancı Tat ve Koku	Yok			Hafif			Yoğun		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Tekstür	İyi			Orta			Kötü		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Genel Kabul Edilebilirlik	İyi			Orta			Kötü		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1

şekil 41. Pişmiş Fileto Duyusal Değerlendirme Formu.

İstatistik Analizler

Çalışma 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir. Fileto TBARS, TVB-N ve pH içerikleri hariç, analiz edilen her parametrenin deneysel uygulamalara göre değişimi tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ile belirlenmiştir. Filetolardaki TBARS, TVB-N ve pH sonuçları ise diyetel uygulamalar ve depolama süresinin etkilerini belirlemek amacıyla 2 yönlü varyans analizi (2-way ANOVA) yöntemi ile değerlendirilmiştir. Deneysel uygulamaların hedef parametreye olan etkisinin önemli olduğu durumlarda Duncan çoklu karşılaştırma testiyle gruplar arasındaki farklılıklar ortaya konmuştur. Tüm analizlerde önem seviyesi (P) 0,05 olarak alınmıştır.



ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Büyüme Performansı

Başlangıç ağırlığı yaklaşık 31 g olan balıklar 5 aylık besleme deneyi sonunda, ağırlıklarını deneysel gruplara göre 6,7–9 kata çıkararak yaklaşık 210–280 g ağırlığa ulaşmışlardır. Deney süresince her hangi bir balık ölümü gerçekleşmemiştir. Büyüme performansının deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Deneysel gruplar arasında en yüksek büyüme BPY/BUY grubunda gerçekleşirken (son ağırlık 279,7 g; oransal büyüme %803,3; SB 1,47), en düşük büyüme ise (son ağırlık 209,7 g oransal büyüme %579,7; SB 1,28) BPY grubunda gözlenmiştir. Besleme deneyi sonucunda dönüşümlü yemleme stratejisi uygulanan gruplardaki (BPY/BUY ve BPY-BUY) büyüme performansının herhangi bir yemleme stratejisi uygulanmayan gruplara kıyasla (BUY, BPY) daha yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir. Yem değerlendirme katsayısının (YDK) deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği ve büyümeye ters bir seyir gösterdiği tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). En düşük YDK, BPY/BUY grubunda (1,11) tespit edilirken, en yüksek değer ise BPY grubunda (1,20) bulunmuştur. İlgili veriler incelendiğinde, dönüşümlü yemleme stratejisi uygulanan her iki grupta (BPY/BUY ve BPY-BUY), YDK'nın diğer gruplara oranla daha düşük değerlerde olduğu göze çarpmaktadır. Yani büyümenin yüksek olduğu gruplarda YDK'nın düşük, büyümenin düşük olduğu gruplarda ise yüksek olduğu görülmüştür. Tüm deneme grupları ele alındığında ise YDK'nın 1,20 değerinin üzerine çıkmadığı görülmektedir. Çalışma sonucunda hesaplanan FIFO değerleri deneysel gruplar arasında önemli değişiklikler göstermiş ($P \leq 0,05$), en yüksek değer 4,69 ile BUY grubunda görülürken, en düşük değer BPY grubunda kaydedilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşluğu Alabalığında Büyüme Performansı.

Büyüme parametreleri	Deneysel uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BUY-BPY	BPY
İlk ağırlık (g)	31,0±0,1	31,0±0,1	31,1±0,2	30,9±0,1
Son ağırlık (g)	238,3±3,5 ^c	279,7±7,5 ^a	257,0±3,4 ^b	209,7±9,0 ^d
Ağırlık kazancı (%) ¹	668,9±14,9 ^c	803,3±25,8 ^a	727,6±6,1 ^b	579,7±27,4 ^d
SB (%) ²	1,36±0,01 ^c	1,47±0,02 ^a	1,41±0,01 ^b	1,28±0,02 ^d
YDK ³	1,17±0,01 ^{ab}	1,11±0,02 ^c	1,15±0,01 ^{bc}	1,20±0,01 ^a
FIFO ⁴	4,69±0,00 ^a	2,35±0,02 ^b	2,36±0,01 ^b	0,00±0,00 ^c
Yaşama oranı (%) ⁵	100,0±0,0	100,0±0,0	100,00±0,0	100,0±0,0

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

¹Ağırlık kazancı (%) = [(son ağırlık – başlangıç ağırlığı) / (başlangıç ağırlığı)] × 100

²Spesifik büyüme oranı = [(log_e son ağırlık) - log_e başlangıç ağırlığı] × 100 / denemede geçen gün sayısı

³Yem değerlendirme katsayısı = tüketilen yem miktarı (g) / ağırlık artışı (g)

⁴FIFO = [(diyetteki balık unu + diyetteki balık yağı) / (balık unu verimi + balık yağı verimi)] × YDK

⁵Yaşama oranı = deneme sonundaki balık sayısı / deneme başındaki balık sayısı × 100

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Yapılan bazı çalışmalarda, balık unu/yağı yerine kullanılan farklı alternatif bitkisel hammaddelerle üretilen diyetlerle beslenen balıkların büyüme performanslarında düşüşlerin görüldüğü rapor edilmiştir (Xie and Jokumsen 1997; Luo *et al.* 2006; Palmegiano *et al.* 2006; Romarheim *et al.* 2006; Øverland *et al.* 2009; Ustaoglu-Tiril *et al.* 2009; Slawski *et al.* 2011; Bruni *et al.* 2021; Vélez-Calabria *et al.* 2021). Sonuçlarımıza benzer şekilde, Gatesoupe *et al.* (2018), %100 balık unu/yağı, %50 balık unu/yağı ve %100 bitkisel kaynaklı diyetlerle gökkuşluğu alabalıklarını besledikleri çalışmalarında, kullandıkları diyetlerin balıkların büyüme parametreleri üzerinde önemli farklılıklara sebep olduğunu ($P \leq 0,05$), ayrıca %100 bitkisel kaynaklı diyetle beslenen balıklarda büyümenin negatif yönde etkilendiğini bildirmişlerdir. Lazzarotto *et al.* (2018) tarafından aynı tür üzerinde yürütülen başka bir çalışmada, %100 balık unu/yağı, %50 balık unu/yağı ve %100 bitkisel protein/yağ içerikli diyetlerle iki farklı periyotta yapılan beslemenin ilk periyodu sonunda balıkların ortalama vücut ağırlıklarının önemli derecede farklılık göstermediği, ancak denemenin 2. periyodu sonunda farklı diyetlerle beslenen deneysel gruplar arasında önemli farklar olduğu, en düşük canlı ağırlığın ise %100 bitkisel kaynaklı diyetle beslenen grupta tespit edildiği bildirilmiştir. Alabalık gibi karnivor bir tür olan kırmızı karagöz (*Pagrus major*) balıkları üzerinde yapılan başka bir çalışmada, sonuçlarımızla benzer şekilde en düşük büyümenin balık unu ve balık yağı içermeyen diyetle beslenen grupta olduğu rapor edilmiştir (Seong *et al.* 2019). Oransal içerik olarak yüksek miktarlarda bitkisel protein/yağ içeren diyetlerle de çeşitli çalışmaların yapıldığı literatürde

belirtilmektedir. Bu şekilde yapılan bir araştırmada %80 oranında balık unu ve %70 oranında balık yağı yerine aynı oranlarda bitkisel bileşenler eklenerek üretilen diyetle juvenil Atlantik somonları (*Salmo salar*) beslenmiştir. Besleme neticesinde belirtilen oranlarda bitkisel hammadde içeren diyetlerle beslenen balıkların büyüme performansında önemli derecede azalmaların görüldüğü bu durumda sonuçlarımızla bağdaştığı görülmektedir (Torstensen *et al.* 2008). Alabalık gibi karnivor bir tür olan çipura balıklarının diyetlerinde balık yağına ikame olarak %80 oranında bitkisel yağların kullanılması neticesinde bu balıkların büyüme performanslarında da düşüşlerin olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Montero *et al.* 2003; Menoyo *et al.* 2004; Izquierdo *et al.* 2005).

Diğer taraftan Brinker and Reiter (2011), balık unu yerine farklı oranlarda bitkisel protein kaynağı kullandıkları diyetlerle alabalıkları besledikleri çalışmalarında, araştırmamızın aksine spesifik büyüme oranı ve yem dönüşüm oranlarının diyetlerden önemli derecede etkilenmediğini ancak sonuçlarımıza benzer olarak YDK oranlarının, büyüme ile ters yönde etki ettiğini belirtmişlerdir. Gökkuşluğu alabalıkları üzerinde yürütülen bazı çalışmalarda ise YDK'nın bitkisel kaynaklı diyetlerle yapılan besleme sonucunda önemli derece etkilenmediği sonuçlarımızdan farklı olarak rapor edilmiştir (Cheng and Hardy 2002; Yürüten-Özdemir and Yıldız 2019). Bu yaklaşımla yürütülen çalışmalarda genel olarak görülen büyüme performansındaki azalmaların; bitkisel ürünlerin kullanımından, özellikle bitkisel ve balık unu/yağı yemi bileşenleri arasındaki amino asit-yağ asidi bileşimlerindeki farklılıklardan ve ayrıca diyetlerdeki anti-besleme faktörlerinin varlığı gibi nedenlerden dolayı kaynaklanabileceği beyan edilmiştir. Bununla birlikte bu azalmalara, ticari öneme sahip çoğu deniz türünün ve salmonidler dahil olmak üzere etçil balıkların diyetlerinde soya ve diğer bitkisel yemlerin kullanım miktarını sınırlayan tanımlanmamış biyolojik aktif bileşiklerin de etkili olabileceği ayrıca belirtilmektedir (Gatlin *et al.* 2007).

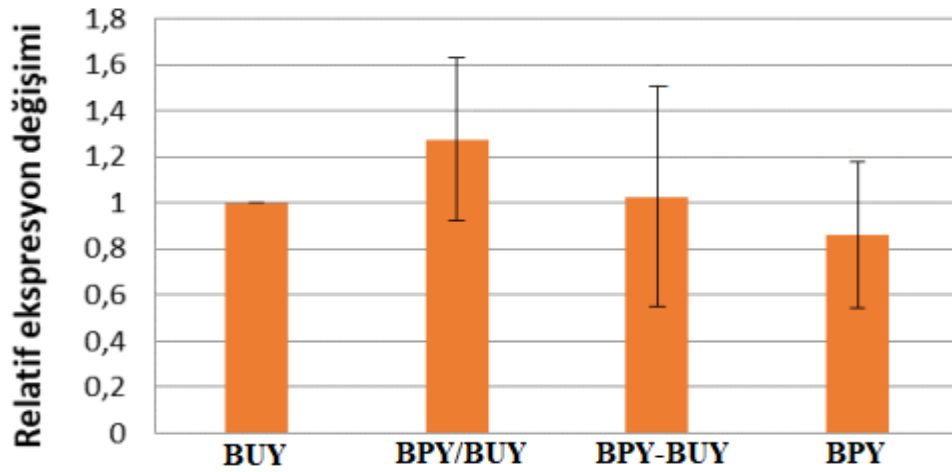
Balık unu ve balık yağı, balık yemlerinin önemli bileşenleridir ve bu nedenle su ürünleri yetiştiriciliği, diyet bileşenleri için bir kaynak olarak deniz balıkçılığına büyük ölçüde bağımlıdır. Üretilen balık unu ve balık yağının çoğu su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılmaktadır (Tacon and Metian, 2008). Su ürünleri yetiştiriciliğinin denizlerde yakalanan balıklara bağımlılığını azaltma, balıktaki FIFO oranıyla, yani 1 kg kültür balığı üretmek için gerekli yakalanan balığa eşdeğer miktarla tanımlanmaktadır (Terpstra 2015).

Tacon and Metian (2008), genel olarak yakalanan 1000 kg pelajik balıktan ~50 kg balık yağı ve ~225 kg balık unu üretildiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, salmon diyetlerinde kullanılan balık yağı oranını %20, balık unu oranını ise %30 olarak belirtmiş, ayrıca bu türdeki yem değerlendirme katsayısını ise ~1,25 değerinde kabul edildiğini beyan etmişlerdir. Bu

verilere göre 1000 kg pelajik balıktan 200 kg salmon biokütlesi elde edileceği rapor edilerek FIFO oranının 5:1 olduğu (1000:200 kg = 5:1) aynı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Araştırmamızdaki diyetlerde kullanılan balık unu/yağı oranları ve tespit ettiğimiz YDK değerleriyle yaptığımız hesaplamalarda, FIFO oranının BUY deneysel grubunda 4,69:1,00 olduğu belirlenmiştir. Diğer bir deyişle 1 kg gökkuşağı alabalığının pelajik balık maliyeti 4,69 kg olmuştur. Dönüşümlü yemleme stratejisi uygulanan deneysel gruplarda (BPY/BUY ve BPY-BUY) bu maliyet sırasıyla 2,35 ve 2,36 kg a düşürülmüş ve BPY grubunda ise tamamen sıfırlanmıştır. FIFO oranının tarihsel süreç içerisinde farklı metotlarla bir çok araştırmacı tarafından hesaplandığı ve farklı sonuçlarda rapor edildiği görülmektedir (Jackson 2009; Byelashov and Griffin, 2014; Terpstra 2015; Kok *et al.*, 2020). Örneğin Jackson (2009), salmon ve alabalıklarda 2015 yılında FIFO oranını 0,82 olarak hesaplamış ve bu oranın önceki yıllara göre azaldığını bildirmiştir. Kok *et al.*, (2020) rapor edilen farklı oranların sebeplerinin özellikle son yıllarda diyetlerde kullanılan balık unu/yağı oranlarının azalması, alternatif kaynakların kullanımının artması ve özellikle de balıklardan elde edilen by-product ürünlerinde hesaplamalara dahil edilmesinin sebep olabileceğini bildirmişlerdir

GH, IGF-I ve IGF-II mRNA Seviyeleri

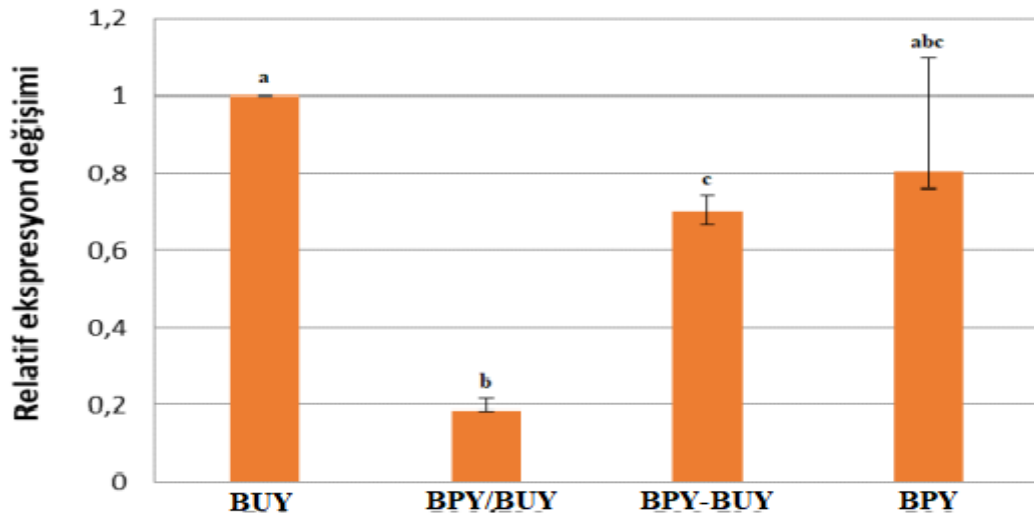
Farklı yem ve yemleme stratejisi ile 150 gün boyunca beslenen gökkuşağı alabalığının karaciğer dokularına ait GH mRNA seviyeleri Şekil 42’de verilmiştir. GH mRNA ekspresyonunun referans gene karşı (GAPDH) oransal değişimi deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmemiştir. Diğer yandan, en yüksek mRNA seviyesi BPY/BUY grubunda görülürken (1,27), en düşük değer BPY grubunda kaydedilmiştir (0,86). BUY grubuna göre dönüşümlü yemleme rejimi uygulanan BPY/BUY ve BPY-BUY gruplarında yukarı yönlü, sadece bitkisel kaynaklı diyetle beslenen PM grubunda ise aşağı yönlü bir regülasyona sebep olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 42. Faklı Yem ve Yemleme Stratejisi ile 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakđ Alabalığında Karaciğer GH mRNA Ekspresyonunun Referans Gene Karşı (GAPDH) Oransal Değişimi.

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesin gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

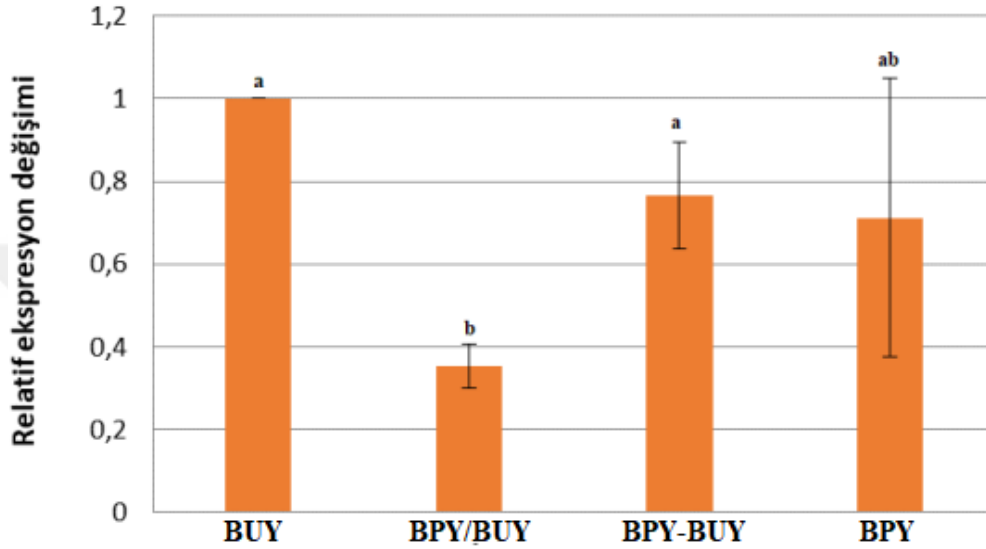
Deneysel gruplara ait balıkların karaciğer dokularındaki IGF-I mRNA seviyeleri Şekil 43'te verilmiştir. mRNA gen ekspresyon seviyesinin referans gene karşı oransal değişimine baktığımızda, BUY grubuna göre dönüşümlü yemleme rejimi uygulanan BPY/BUY ve BPY-BUY ile sadece bitkisel kaynaklı diyetle beslenen BPY grubunda aşakđ yönlü bir regülasyona sebep olduğu, bu seviyelerin deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği ($P \leq 0,05$) tespit edilmiştir. Gruplar arasında en düşük IGF-I mRNA seviyesinin 0,18 ile BPY/BUY grubunda yer aldığı görülmektedir.



Şekil 43. Faklı Yem ve Yemleme Stratejisi ile 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşakđ Alabalığında Karaciğer IG-I mRNA Ekspresyonunun Referans Gene Karşı (GAPDH) Oransal Değişimi.

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesin gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Deneysel uygulamalara tabii tutulan balıkların karaciğer dokularına ait IG-II mRNA seviyesi Şekil 44'te verilmiştir. mRNA gen ekspresyon seviyesinin referans gene karşı oransal değişimi incelendiğinde, BUY grubuna göre dönüşümlü yemleme rejimi uygulanan BPY/BUY ve BPY/BUY grupları ile sadece bitkisel kaynaklı diyetle beslenen BPY grubunda IGF-I'de olduğu gibi aşağı yönlü regulasyon olduğu görülmektedir. Bu seviyelerin deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği ($P \leq 0,05$), ayrıca gruplar arasında en düşük IGF-II mRNA seviyesinin 0,35 ile BPY/BUY grubunda gerçekleştiği tespit edilmiştir.



Şekil 44. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi ile 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşaağı Alabalığında Karaciğer IG-II mRNA Ekspresyonunun Referans Gene Karşı (GAPDH) Oransal Değişimi.

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Balıklarda GH hormonunun, üreme, iskelet ve yumuşak doku, bağışıklık fonksiyonu, iyonik ve ozmotik dengenin düzenlenmesi, lipid, protein ve karbonhidrat metabolizması gibi fizyolojik süreçlerde önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir (Reinecke *et al.* 2005; Hoseinifar *et al.* 2017). Diğer yandan, özellikle insülin benzeri büyüme faktörü-I'nin (IGF-I), besin bulunabilirliğine bağlı olarak büyümeyi oldukça önemli ölçüde desteklediği belirtilmiştir (Duan, 1998; Moriyama *et al.* 2000; Leroith *et al.* 2001; Fox *et al.* 2010). GH ve IGF metabolik sistemine göre hipotalamustan GH hormonlarının salgılanmasıyla birlikte karaciğerde IGF-I'in sentezi başladığı, bu mekanizmanın sonraki aşamalarında karaciğerde sentezlenen IGF-I'in miktarına bağlı olarak kas ve diğer dokularda IGF-II'nin sentezinin başladığı daha önceki çalışmalarda rapor edilmiştir (Duan 1998; Reinecke *et al.* 2005). İç ve dış faktörlerin direk ya da dolaylı etkisiyle balıklarda büyüme metabolizmasının gerçekleştiği, diyetlerde yer alan besin maddelerinin niteliği ve niceliğinin balıkların büyümeleri üzerine etki eden dış faktörlerden en önemlilerinden birisi olduğu yapılan besleme çalışmalarında belirtilmiştir (Reindl and Sheridan

2012). Çeşitli lipid, protein ve karbonhidrat seviyelerine sahip diyetlerle beslenen salmonlarda, büyüme hormonları gen ekspresyonunun önemli derecede etkilendiği belirtilmiştir (Leggatt *et al.* 2009). Benzer şekilde araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlarda, IGF-I ve IGF-II gen ekspresyonlarının deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği görülmektedir. Benedito-Palos *et al.* (2007) balık diyetlerinde balık yağı yerine bitkisel yağ kullanılmasının büyüme hormonu gen ekspresyonu seviyesinde aşağı yönlü bir regülasyona neden olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacıların bildirdiği doğrultuda sonuçlarımızda yer alan GH, IGF-I ve IGF-II sonuçlarının BUY grubuna kıyasla BPY grubunda daha düşük seviyelerde olduğu ve sonuçlarımızla örtüştüğü görülmektedir. Çalışmamızda, en düşük GH seviyesi tamamen bitkisel kaynaklı yemle beslenen BPY grubunda görülmüş, IGF-I ve IGF-II seviyeleri BPY grubunda tamamen balık unu/yağı tabanlı yemle beslenen BUY grubuna göre daha düşük seviyede kalmıştır. Dönüşümlü yemleme stratejisi uygulanan BPY/BUY grubunun ise IGF-I ve IGF-II bakımından en düşük seviyede yer aldığı tespit edilmiştir. Araştırmamız sonucunda en yüksek büyümenin BPY/BUY, en düşük ise BPY grubunda olduğu tespit edildiği dikkate alındığında büyüme ile GH seviyeleri arasında paralellik olduğu, IGF-I ve IGF-II mRNA seviyelerinin ise büyümeye ters bir seyir sergilediği görülmektedir. Kutluyer *et al.* (2017) tarafından gökkuşağı alabalığı üzerinde yapılan bir çalışmada, karaciğer GH gen ekspresyon düzeylerinin büyüme parametreleri ile uyumlu olduğu sonuçlarımıza benzer şekilde rapor edilmiştir. Yapılan literatür araştırması sonucunda GH, IGF-I ve IGF-II genlerinin tamamının büyüme ile uyumlu olmadığı bazı çalışmalar görülmektedir. Örneğin Hassaan *et al.* (2018), Nil tilapyasında GH geni ile büyüme performansı arasında negatif bir korelasyon olduğunu belirtmiştir. Alabalıklarla yapılan bir çalışmada büyümenin en fazla görüldüğü deneysel grupta sadece IGF-II gen ekspresyon düzeyinde yukarı yönlü regülasyon olduğu, GH ve IGF-I ekspresyonlarında ise en yüksek seviyenin büyümenin yavaş olduğu diğer gruplarda yer aldığı bildirilmiştir (Aksakal-İçoğlu 2013). Diğer taraftan, aynı tür ile yapılan başka bir çalışmada diyetel uygulamaların karaciğer dokusundaki GH ve IGF gen ekspresyonları üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Gómez-Requeni *et al.* 2004). GH/IGF ekspresyon düzeylerinde görülen değişikliklerin anlamlandırılması için besinsel içeriklerin detaylı biçimde incelenmesine ihtiyaç duyulduğu, bunun nedeninin ise besinlerin karmaşık bir düzenleme ağı olan GH/IGF sistemleri üzerinde önemli ölçüde etkili olabileceği belirtilmektedir (Gabillard *et al.* 2006; Safari *et al.* 2016; Safari *et al.* 2017).

Tüm Vücut Proksimet Kompozisyonu

Besleme deneyi sonrası balıklarda tespit edilen tüm vücut proksimet değerleri Tablo 9'da verilmiştir. Ham protein, ham yağ, nem ve kül oranları deneysel uygulamalardan önemli

derecede etkilenmemiş, sırasıyla ortalama %15,9, %11,2, %70,2 ve %2,0 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, sadece bitkisel hammaddeleri içeren yemle beslenen (BPY) balıkların diğer gruplara göre daha yüksek protein ve nem içerdiği, kül içeriğinin ise BPY/BUY grubundaki balıklarla aynı seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 9. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşaağı Alabalığında Tüm Vücut Proksimet İçeriği (%).

Parametre	Deneyisel uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BUY-BPY	BPY
Protein	15,7±0,5	15,9±0,7	15,8±0,9	16,0±0,2
Lipit	11,7±1,5	11,2±1,5	11,2±1,3	10,6±1,0
Nem	69,8±1,6	70,1±1,7	70,2±1,3	70,8±1,2
Kül	1,9±0,1	2,0±0,1	1,9±0,1	2,0±0,1

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Gökkuşaağı alabalığında ham protein, ham yağ, nem ve ham kül oranları üzerine birçok araştırma yürütülmüştür (Nettleton ve Exler 1992; Celikkale *et al.* 1998; Güzel ve Güllü 2006). Bu çalışmalardan bitkisel içerikli diyetlerle beslenen alabalıkların tüm vücudundaki besin maddelerinden bazılarının sonuçlarımızla farklılık gösterdiği (Shafaeipour *et al.* 2008; Alami-Duante *et al.* 2010), diğer taraftan bazı parametrelerde ise benzer sonuçların tespit edildiği (Refstie *et al.* 1997; Hansen *et al.* 2007; Callet *et al.* 2017) görülmektedir. Bahsedilen benzerlik ve farklılıklara birçok faktörün sebep olabileceği ve bu faktörlerin genel olarak; balığın yaşı, türü, cinsiyeti, genotipik yapısı, mevsimsel değişimler, yetiştirilme ortamı veya habitatı, besin içeriği, su ortamının özellikleri ve yem içeri vb. olduğu beyan edilmiştir (Kiriş ve Dikel 2002; Erdem 2006).

Sonuçlarımıza benzer şekilde Callet *et al.*, (2017), tamamen bitkisel ve tamamen balık unu/yağı içeren diyetlerle iki farklı periyotta alabalıkları uzun dönem besledikleri çalışmalarında 153 ve 197'inci günlerde balıkların vücudunda tespit ettikleri protein oranlarının deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmediğini, 197'inci günde balıklardaki protein oranlarının yaklaşık %15,4 olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, her iki günde balıklardaki %nem oranının da deneysel uygulamalardan etkilenmediğini devamında 197'inci günde tespit ettikleri nem oranının %70,5 olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuçlarımızın aksine, Yürüten and Yıldız (2019), balık unu yerine farklı oranlarda ve tamamen bitkisel kaynaklı diyetlerle alabalıkları besledikleri çalışmalarında, bitkisel

kaynakların kullanımıyla birlikte balıkların tüm vücutlarında tespit edilen protein oranlarında azalmaların görüldüğünü bildirmişlerdir. Benzer diğer çalışmalarda gökkuşağı alabalığı ve farklı karnivor balık türlerinin beslenmesinde bitkisel protein kaynaklarının kullanılmasıyla birlikte, genel olarak balıkların protein oranlarında azalmaların görüldüğü rapor edilmiştir (Palmegiano *et al.* 2006; Shafaeipour *et al.*, 2008; Güroy *et al.* 2011). Barrows *et al.* (2007), balık unu yerine bitkisel protein kaynağı içeren yemlerle gökkuşağı alabalıklarını besledikleri çalışmalarında, balıkların tüm vücut proksimetlerindeki ham protein oranının tamamen balık unu ile beslenen grupta %15,0 olduğunu, bu oranın tamamen bitkisel protein kaynaklarını içeren grupta ise %13,3 oranında tespit edildiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Shafaeipour *et al.* (2008), balık unu yerine artan oranlarda bitkisel kaynaklı diyetlerle gökkuşağı alabalıklarını besledikleri çalışmalarında, diyetlerde kullanılan bitkisel hammadde artışıyla birlikte balıkların tüm vücutlarındaki ham protein oranlarının azaldığını rapor etmişlerdir. Diğer taraftan bizim sonuçlarımıza benzer şekilde, Hansen *et al.* (2007), Atlantik morinasını balık unu yerine farklı oranlarda ve tamamen bitkisel protein içeren diyetlerle besledikleri çalışmalarında, tüm vücut ham protein oranlarının bitkisel kaynaklı diyet kullanımıyla birlikte etkilenmediğini ve bu oranların hem balık unu hem de tamamen bitkisel kaynaklı diyetle beslenen gruplarda aynı oranlarda olduğunu bildirmişlerdir.

Tüm vücut yağ asidi kompozisyonu

Farklı yem ve yemleme stratejisi ile 150 gün boyunca beslenen gökkuşağı alabalığına ait tüm vücut yağ asidi profili Tablo 10'da gösterilmiştir. Besleme deneyi sonunda, 18:0, 20:0 ve 24:0 hariç, diğer tüm yağ asitleri deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmiştir ($P \leq 0,05$). Tamamen bitkisel yağ içeren yemle beslenen BPY grubunda en fazla bulunan yağ asidi LA iken (%27,2), tamamen balık yağı içeren yemle beslenen BUY ile dönüşümlü yemleme stratejisi uygulanan BPY/BUY ve BPY-BUY gruplarında OA'in dominant olduğu görülmektedir (sırasıyla %27,9, %27,6 ve %26,7). BUY grubunda OA'ten sonra en fazla bulunan yağ asitleri PA (%17,9) ve DHA (%13,2) iken, BPY grubunda LA'ten sonra en fazla tespit edilen yağ asitleri OA (%26,5) ve LNA (%12,6) olmuştur. En yüksek toplam SFA, MUFA ve n3 ile n3/n6 oranı BUY grubunda tespit edilirken (sırasıyla %32,1, %33,3, %22,3 ve 1,8), en düşük değerler BPY grubunda kaydedilmiştir (sırasıyla %23,5, %27,8, %19,5 ve 0,7). Diğer yandan en yüksek toplam PUFA ve n-6 oranları BPY grubunda (sırasıyla %48,7 ve %29,2), en düşük oranlar ise BUY grubunda (sırasıyla %33,3 ve %12,4) tespit edilmiştir.

Tablo 10. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşığı Alabalığında Tüm Vücut Yağ Asidi Kompozisyonu (%)

Yağ asitleri	Deneyisel uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BPY-BUY	BPY
14:0	8,2±0,5 ^a	5,9±0,7 ^{bc}	6,4±0,3 ^b	5,0±0,3 ^c
16:0	17,9±0,6 ^a	14,5±1,5 ^b	14,4±0,2 ^b	10,6±1,0 ^c
16:1n-7	4,9±0,2 ^a	2,6±0,7 ^b	2,6±0,1 ^b	1,2±0,2 ^c
18:0	4,8±0,2	4,7±0,1	4,8±0,1	4,6±0,2
18:1n-9	27,9±1,5	27,6±0,6	26,7±0,1	26,5±0,0
18:2n-6	10,2±0,4 ^c	20,5±3,2 ^b	20,5±0,4 ^b	27,2±0,8 ^a
20:0	0,4±0,1	0,3±0,0	0,3±0,0	0,4±0,4
18:3n-3	4,6±0,4 ^c	9,7±1,4 ^b	9,5±0,0 ^b	12,6±0,5 ^a
18:4n-3	1,0±0,1 ^c	1,0±0,1 ^c	1,2±0,1 ^b	1,5±0,0 ^a
21:0	0,7±0,0 ^c	1,2±0,1 ^a	1,1±0,1 ^b	1,2±0,0 ^a
20:2n-6	0,3±0,0 ^c	0,5±0,0 ^b	0,6±0,0 ^b	0,8±0,1 ^a
20:3n-6	1,1±0,0 ^a	0,9±0,1 ^b	0,9±0,0 ^b	0,5±0,1 ^c
20:4n-6	0,7±0,0 ^a	0,5±0,1 ^b	0,6±0,0 ^b	0,6±0,0 ^b
20:5n-3	3,5±0,1 ^a	1,7±0,3 ^b	2,0±0,2 ^b	1,0±0,2 ^c
24:0	0,1±0,1	0,1±0,0	0,1±0,0	0,2±0,2
24:1n-9	0,4±0,0 ^a	0,3±0,1 ^b	0,3±0,0 ^b	0,1±0,0 ^c
22:6n-3	13,2±0,5 ^a	7,9±1,4 ^b	8,4±0,2 ^b	4,5±0,5 ^c
ΣSFA	32,1±0,9 ^a	26,7±1,7 ^b	27,0±0,1 ^b	23,5±0,4 ^c
ΣMUFA	33,3±1,7 ^a	30,4±1,2 ^b	29,5±0,0 ^{bc}	27,8±0,2 ^c
ΣPUFA	34,7±1,4 ^c	42,9±2,9 ^b	43,5±0,0 ^b	48,7±0,6 ^a
Σn3	22,3±1,0 ^a	20,3±0,2 ^{bc}	21,0±0,5 ^b	19,5±0,2 ^c
Σn-6	12,4±0,4 ^c	22,6±3,1 ^b	22,5±0,4 ^b	29,2±0,8 ^a
n3/n6	1,8±0,0 ^a	0,9±0,1 ^b	0,9±0,0 ^b	0,7±0,0 ^c

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Araştırmamızdaki balıkların tüm vücut yağ asidi kompozisyonunun daha önceki yapılan çalışmalarda da (Menoyo *et al.* 2004; Izquierdo *et al.* 2005; Arslan *et al.* 2012; Betancor *et al.* 2016; Lazzarotto *et al.* 2018) bildirildiği gibi diyetlerdeki yağ asidi profillerini yansıttığı görülmektedir. Tamamen bitkisel yağların kullanıldığı yemle beslenen BPY grubu ile dönüşümlü besleme uygulamasına tabi tutulan, BPY/BUY ve BPY-BUY deneme gruplarında 18 karbonlu PUFA'lerden LA ve LNA'nın daha yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir.

Benzer sonuçlar diğer balık türleri ile alakalı çalışmalarda da rapor edilmiştir (Moraes *et al.* 2012; Hixson *et al.* 2014; Montanher *et al.* 2016; Betancor *et al.* 2018). Diğer taraftan 20 ve 22 karbonlu PUFA'lerden EPA ve DHA miktarlarının sırasıyla BUY> BPY-BUY> BPY/BUY>BPY şeklinde olduğu görülmektedir. Genel olarak araştırmalarda, balık yağının bitkisel yağlarla değiştirilmesinin, balıkların yağ asidi profilinde sürekli olarak büyük değişikliklere yol açtığı belirtilmiştir (Turchini *et al.* 2003). Bu değişiklikler genel anlamda balık vücudundaki LA ve LNA'nın artışı, buna karşın EPA ve DHA'nın azalışı şeklinde ortaya çıkmaktadır (Arslan *et al.* 2008; Arslan *et al.* 2012; Yu *et al.* 2019; Ofori-Mensah *et al.* 2021). EPA ve DHA gibi uzun zincirli n-3 PUFA'ların insan sağlığı açısından oldukça faydalı olduğu dikkate alındığında (Ruxton *et al.* 2005; Sinclair *et al.* 2007), bu yağların balıklardaki varlığının çok önemli olduğu ayrıca bildirilmiştir. Bu yağ asitlerinin yanı sıra diğer önemli bir yağ asidi araşidonik asidin (ARA; 20:4n-6) normalde balıklarda bol miktarda bulunması beklenmektedir. Araştırmamızda tespit ettiğimiz ARA seviyesinin, tamamen balık yağı içeren diyetle beslenen BUY grubunda diğer deneme gruplarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Gökkuşluğu alabalığında benzer sonuçlar daha önceki çalışmalarda da tespit edilmiştir (Lazzarotto *et al.* 2018).

Tüm vücut amino asit kompozisyonu

Farklı yem ve yemleme stratejisi ile 150 gün boyunca beslenen gökkuşluğu alabalığına ait tüm vücut amino asit kompozisyonu Tablo 11'de gösterilmiştir. Esansiyel amino asitlerden metiyonin, lösin ve lizin seviyelerinin deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Bu amino asit miktarlarının en düşük seviyeleri tamamen bitkisel kaynaklı diyetle beslenen BPY grubunda tespit edilirken (sırasıyla 0,50, 1,08 ve 1,35 g/100 g), en yüksek değerler BUY grubunda ölçülmüştür (sırasıyla 0,68, 1,40, 1,64 g/100 g). Toplam EAA seviyelerinin deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmiş ($P \leq 0,05$), en düşük miktar BPY grubunda (7,49 g/100g) görülürken, en yüksek değer BUY grubunda tespit edilmiştir (8,55 g/100 g). Balıkların tüm vücudunda tespit edilen esansiyel olmayan amino asitler ele alındığında, glutamik asit, aspartic asit, glutamin ve glisinin deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği görülmektedir ($P \leq 0,05$). Bu amino asitlerden glutamik asit, aspartic asit, glutamine ait en yüksek değerler BPY grubunda görülürken (sırasıyla 1,45, 1,42, 0,38 g/100 g), glisinin en yüksek seviyesi BUY grubunda tespit edilmiştir (1,53 g/100 g). Toplam EOAA seviyelerinin deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği ($P \leq 0,05$) ve en yüksek miktarın BPY grubunda (8,03 g/ 100 g) yer aldığı görülmektedir. EOAA/EAA oranı deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmiş

($P \leq 0,05$), bu oran BPY grubunda diğer gruplara göre önemli derecede yüksek olarak tespit edilmiştir.

Tablo 11. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşaağı Alabalığında Tüm Vücut Amino Asit Kompozisyonu (%).

Amino asitler	Deneyisel Uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BPY-BUY	BPY
<u>EAA</u>				
Arjinin	2,01±0,01	1,91±0,03	1,95±0,06	1,80±0,01
Treonin	0,57±0,06	0,55±0,08	0,51±0,05	0,51±0,10
Histidin	0,43±0,05	0,45±0,03	0,42±0,09	0,39±0,02
Valin	0,51±0,12	0,42±0,06	0,47±0,12	0,42±0,06
Metiyonin	0,68±0,10 ^a	0,70±0,05 ^a	0,63±0,10 ^a	0,50±0,12 ^b
Tiriptofan	ND	ND	ND	ND
Fenilalanin	0,57±0,20	0,60±0,20	0,60±0,15	0,79±0,14
İzolösin	0,73±0,10	0,71±0,04	0,61±0,17	0,65±0,11
Lösin	1,40±0,10 ^a	1,34±0,16 ^a	1,35±0,09 ^a	1,08±0,18 ^b
Lizin	1,64±0,20 ^a	1,37±0,06 ^b	1,49±0,07 ^a	1,35±0,05 ^b
ΣEAA	8,55±0,53 ^a	8,05±0,33 ^b	8,04±0,35 ^b	7,49±0,48 ^c
<u>EOAA</u>				
Glutamik asit	1,20±0,13 ^c	1,25±0,09 ^b	1,27±0,03 ^b	1,45±0,10 ^a
Aspartik asit	1,14±0,08 ^c	1,31±0,09 ^a	1,22±0,05 ^b	1,42±0,15 ^a
Asparajin	0,61±0,03	0,50±0,04	0,66±0,01	0,81±0,07
Serin	0,78±0,02	0,80±0,08	0,72±0,04	0,68±0,07
Glutamin	0,17±0,01 ^b	0,17±0,01 ^b	0,19±0,02 ^b	0,38±0,10 ^a
Glisin	1,53±0,02 ^a	1,51±0,05 ^a	1,50±0,11 ^a	1,37±0,4 ^b
Alanin	0,92±0,10	0,82±0,10	0,92±0,04	1,12±0,09
Tirozin	0,39±0,02	0,40±0,05	0,41±0,03	0,53±0,03
Sistin	0,28±0,36	0,29±0,38	0,18±0,18	0,14±0,11
ΣEOAA	7,03±0,72 ^b	7,06±0,75 ^b	7,07±0,50 ^b	8,03±1,08 ^a
ΣAA	15,58±2,51	15,11±2,09	15,11±2,14	15,52±2,40
ΣEOAA/ΣEAA	0,82±0,20 ^b	0,87±0,23 ^b	0,87±0,31 ^b	1,07±0,19 ^a

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

ND: tespit edilememiştir, BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Temel sınırlayıcı esansiyel amino asitler olan metiyonin ve lizinin alabalıkların tüm vücudundaki seviyelerinin diyetlerdeki amino asit profilini yansıttığı elde ettiğimiz sonuçlarda görülmektedir. Her iki EAA'nın sadece bitkisel protein kaynaklı diyetle beslenen BPY grubunda diğer deneysel gruplara kıyasla daha düşük miktarlarda olduğu belirlenmiştir. Farklı bir tür olan Atlantik morinası üzerinde tamamen bitkisel ve hayvansal kaynaklı diyetlerle yapılan besleme çalışması sonrasında balıklarda tespit edilen metiyonin ve lizin miktarlarının, bitkisel kaynaklı diyetlerin kullanımıyla birlikte azaldığı ve bu durumun sonuçlarımızla benzer olduğu görülmektedir (Hansen *et al.* 2007). Aynı araştırmada bu durumun nedeninin özellikle soya mamülleri gibi bitkisel kaynaklı diyetlerin metiyonin seviyesindeki azalmalara ve buğday glutenin de lizin seviyelerindeki düşüşlerden sorumlu olabileceği belirtilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlarda yukarıda bahsedilen bu durumun diyetlerde kullandığımız bitkisel kaynaklı diyetlerden (soya mamülleri ve buğday gluteni) kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Espe *et al.* (2006), Atlantik salmonu diyetlerinde balık ununun büyük oranında bitkisel protein ile değiştirilmesinin mümkün olabileceğini ancak bu durumun metiyonin gibi balıkların büyümelerinde sınırlayıcı rolü olan EAA'larla gerçekleştirileceğini rapor etmişlerdir. Araştırmacıların salmonlar üzerinde tamamen bitkisel ve tamamen hayvansal kaynaklı diyetlerle yaptıkları besleme çalışmalarında, diyetlere bağlı olarak balıkların amino asit profillerinde farklılıkların görüldüğünü, en düşük metionin seviyesinin %100 bitkisel protein kaynaklı diyetle beslenen grupta yer aldığını sonuçlarımızla örtüşür şekilde belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca bu durumun, diğer EAA'larla birlikte tamamen bitkisel protein kaynaklı diyetle beslenen grupta görülen büyümedeki azalmayı açıklayabileceğini, bu diyetle beslenen balıklarda görülen düşük seviyedeki EAA' ları da genel olarak yansıttığını rapor etmişlerdir. Deng *et al.* (2006), Japon pisi balığı (*Paralichthys olivaceus*) üzerinde tamamen bitkisel ve tamamen hayvansal kaynaklı diyetlerle yaptıkları besleme çalışmalarında, diyetlerde yer alan büyümeyi sınırlayıcı EAA'lardan metiyonin ve lizin seviyelerinin balıkların tüm vücudunda tespit edilen seviyeleri yansıttığını, metiyoninin ve lizin miktarlarının diyetlerde kullanılan bitkisel protein miktarının artışıyla birlikte azaldığını sonuçlarımız doğrultusunda belirtmişlerdir. Aynı araştırmada balıkların tüm vücutlarında tespit edilen toplam EAA miktarlarının en düşük seviyesinin tamamen bitkisel protein kaynaklı diyetle beslenen grupta yer aldığı sonuçlarımıza benzer şekilde bildirmişlerdir. Diğer taraftan, alabalıklar üzerinde bitkisel protein kaynaklarını farklı oranlarda ve tamamen (%100) içeren diyetlerle yapılan bir araştırmada, çalışmamızın aksine diyetlerdeki farklılıkların balıkların tüm vücutlarındaki esansiyel amino asit seviyelerinde önemli bir farklılığa neden olmadığı bildirilmiştir (Yürüten and Yıldız 2019).

Amonyak ve Üre Salınımı

Besleme deneyi sonunda elde edilen amonyak ve üre salınımı sonuçları Tablo 11’de sunulmuştur. Tablo detaylı şekilde incelendiğinde, farklı deneysel uygulamalardaki günlük tüketilen azot miktarlarının gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık gösterdiği görülmektedir ($P \leq 0,05$). Deneysel gruplardaki tüketilen en yüksek azot seviyesi BPY-BUY grubunda tespit edilirken (5166 mg N/kg/gün), en düşük değer ise BPY grubunda (1930 mg N/kg/gün) gerçekleşmiştir. Amonyum ve amonyağın toplamı ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$) şeklinde, toplam amonyak (TAN) olarak adlandırılan değerlerin günlük sonuçlarında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık görülmediği ve elde edilen sonuçların birbirlerine yakın seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan denemede yer alan balıkların günlük üre-azot salınımının deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği görülmektedir ($P \leq 0,05$). Günlük üre-azot salınımı miktarı en düşük BUY grubunda (28 mg Üre-N/kg/gün), en yüksek ise BPY grubunda (76 mg Üre-N/kg/gün) gözlenmiştir. Toplam azot salınımları deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmemiş ve ortalama 330 mg TAN/kg/gün olarak ölçülmüştür. Diğer taraftan tutulan nitrojen-dışkı oranları deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmiştir ($P \leq 0,05$). Bu parametredeki en yüksek seviyenin BPY-BUY grubunda (4789 mg N/kg/gün) olduğu, en düşük değer ise BPY grubunda (1504 mg N/kg/gün) gerçekleştiği tespit edilmiştir. Tüketilen azot miktarına göre, TAN salınımı, üre-nitrojen ve toplam azot miktarları % olarak değerlendirildiğinde bu üç parametrenin de deneysel uygulamalardan istatistiksel olarak önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir ($P \leq 0,05$). TAN salınımında en yüksek oranın BPY grubunda (17,9 %C_N), en düşük ise BPY-BUY grubunda (6,2 %C_N) yer aldığı görülmektedir. Diğer taraftan Üre-azot miktarlarının, en yüksek BPY grubunda (4,0 %C_N) görüldüğü diğer bütün gruplarda sonuçların yaklaşık olarak 1-2 %C_N aralığında sonuçlandığı görülmüştür. Toplam azot sonuçların ise olarak en yüksek BPY grubunda (22,0 %C_N) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 12. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşluğu Alabalığında Amonyak ve Üre Salınımı

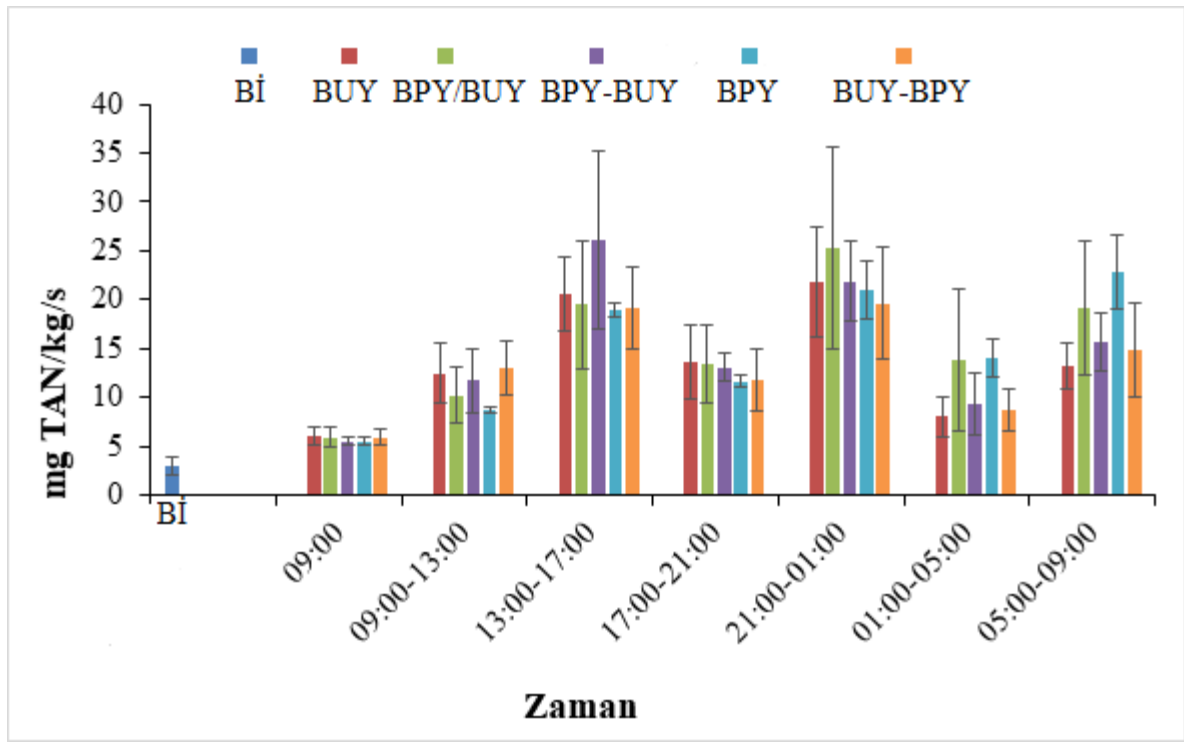
Parametre	Deneyisel uygulamalar				
	BUY	BPY/BUY	BPY-BUY	BUY-BPY ¹	BPY
C _N (Tüketilen nitrojen mg N/kg/gün)	2948±83 ^b	2576±73 ^c	3095±38 ^b	5166±49 ^a	1930±15 ^d
TAN salınımı (mg TAN/kg/gün)	326±22	332±11	322±34	324±53	348±67
Üre-Nitrojen (mg üre-N/kg/gün)	28±50 ^d	42±70 ^c	53±60 ^b	53±11 ^b	76±90 ^a
Toplam nitrojen (mg/N/kg/gün)	354±27	374±12	375±28	377±63	427±64
Tutulan nitrojen-dışkı Nitrojen(mg N/kg/day)	2594±81 ^b	2202±61 ^c	2720±41 ^b	4789±43 ^a	1504±92 ^d
TAN salınımı (%C _N)	11,9±3,3 ^b	12,7±1,1 ^b	10,6±2,6 ^{bc}	6,2±0,4 ^c	17,9±2,0 ^a
Üre-nitrojen (%C _N)	1,0±0,2 ^c	1,7±0,4 ^b	1,7±0,1 ^b	1,0±0,1 ^c	4,0±0,7 ^a
Toplam nitrojen (%C _N)	12,7±3,8 ^b	14,4±0,9 ^b	12,3±2,5 ^b	7,3±0,5 ^c	22,0±1,6 ^a

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

¹BPY-BUY grubu dönüşümlü olarak analiz edilerek BUY-BPY şeklinde sonuçlarda verilmiştir.

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Beslenmeyi takiben TAN ve üre-nitrojen atılım oranları, 24 saatlik bir örnekleme periyodu boyunca farklı diyetlerle ve yemleme stratejisi ile beslenen balıklar arasında önemli ölçüde değişiklik göstermiştir ($P \leq 0,05$) (Şekil 45). BUY-BPY grubu haricindeki diğer deneysel gruplarda, besleme anını takip eden 8 saatlik periyotlarda en yüksek TAN salınımının gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Örnekleme periyodu süresince en yüksek TAN salınımı 26,1 mg TAN/kg/s ile sabah yemlemesini takip eden 8 saatlik sürede BUY-BPY grubunda tespit edilmiştir. BUY-BPY grubunun aksine, BUY (21,8 mg TAN/kg/s), BUY/BPY (25,3 mg TAN/kg/s) ve BPY (19,6 mg TAN/kg/s) gruplarında en yüksek değerlerin ise akşam yemlemesini takip eden 8 saatlik sürede gerçekleştiği gözlenmiştir. Deneyisel uygulamalar sonucunda BUY, BPY/BUY, BUY-BPY ve BPY gruplarında görülen en yüksek TAN seviyelerinin, örneklemenin yapıldığı zamanın karanlık olduğu döneme denk geldiği görülmektedir. BUY-BPY grubunda ise en yüksek seviyenin, örneklemenin aydınlık ortamda yapıldığı zaman dilimine denk geldiği tespit edilmiştir.



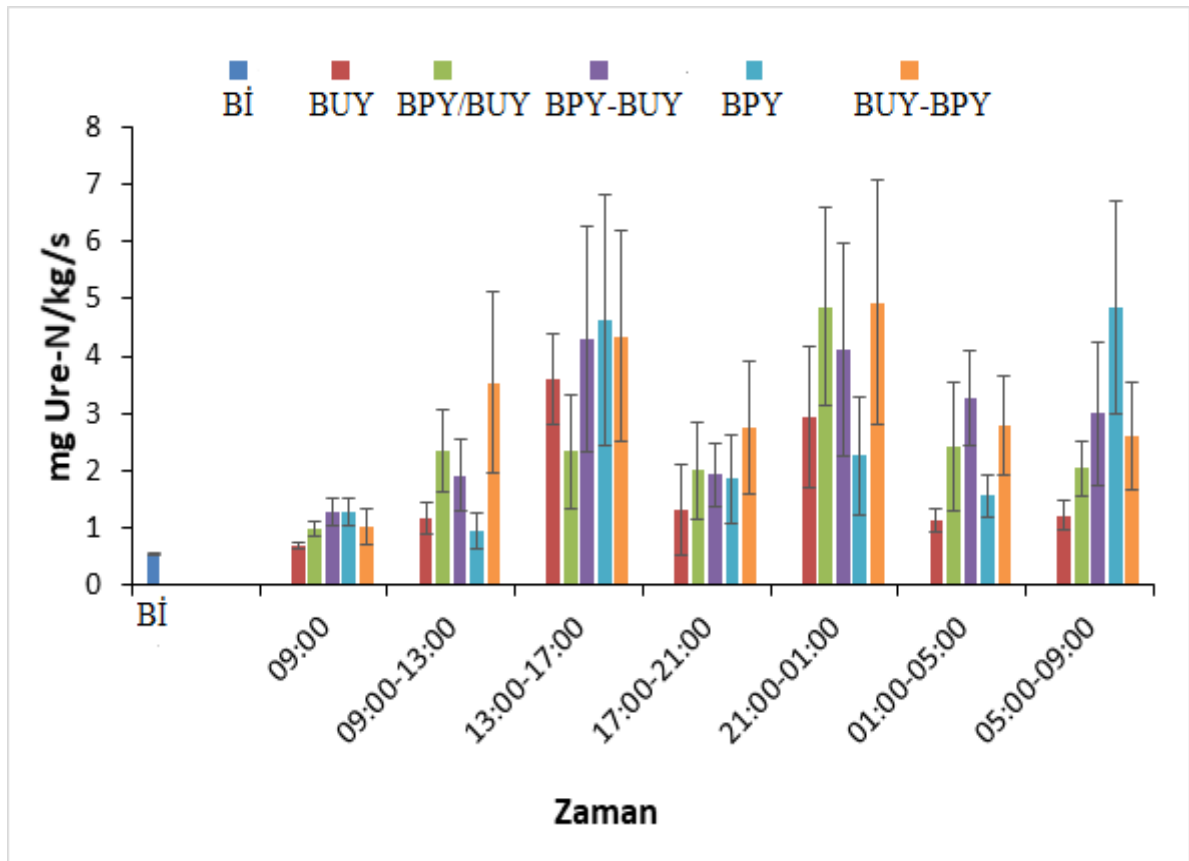
Şekil 45. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi ile 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşuğu Alabalığında Günlük Toplam Amonyak Azotu (TAN) Sonuçları. Sonuçlar $\text{ort} \pm \text{std}$. Sapma ($n=3$) Olarak Verilmiştir. Farklı Harfler İstatistiksel Açıdan Önemli Fark Olduğunu Göstermektedir ($P \leq 0,05$).

¹BUY-BPY grubu dönüşümlü olarak analiz edilerek BPY-BUY şeklinde sonuçlarda verilmiştir.

²Bİ: Balık içermeyen sadece su içeren tank.

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Deneyssel uygulamalar sonucunda Üre-nitrojen salınımının bütün gruplarda 24 saatlik periyod boyunca dalgalanmalar göstererek önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Şekil 46). Deneyssel gruplardan BUY uygulamasında Üre-Nitrojen salınımlarının, örnekleme süresince genellikle en düşük seviyelerde kaldığı gözlenirken, BPY grubunun ise özellikle besleme anını takip eden 4 saatlik süreler içerisinde en yüksek salınımı gerçekleştirdiği görülmektedir. Ayrıca, yemleme stratejisi uygulanan BPY/BUY, BPY-BUY ve BUY-BPY gruplarının besleme anını takip eden 8 saatlik süreler içerisinde yüksek salınım değerlerine sahip olduğu ve BPY grubuna yakın bir seviyede olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu gruplar içerisinde BUY-BPY grubunun sabah yemlemesini takip eden 8 saatlik süre ve karanlık periyodun son döneminde en yüksek salınımına sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan örnekleminin karanlık zaman diliminde yapıldığı süreler içerisinde (yemlemeyi takip eden 4 ve 8 saatlik sürede) en yüksek salınımın BPY grubunda görüldüğü tespit edilmiştir.



Şekil 46. Deneysel Yemlerle Beslenen ve Yemleme Stratejisi Uygulanan Gökkuşığı Alabalığında Günlük Üre-Azot Salınımı. Sonuçlar ort±std. Sapma (n=3) Olarak Verilmiştir. Farklı Harfler İstatistiksel Açıdan Önemli Fark Olduğunu Göstermektedir ($P \leq 0,05$).

¹ BUY-BPY grubu dönüşümlü olarak analiz edilerek BPY-BUY şeklinde sonuçlarda verilmiştir.

² Bİ: Balık içermeyen sadece su içeren tank.

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Amonyak, balıklardaki protein metabolizma sürecinin en son ana ürünüdür ve toplam protein metabolizmasındaki atık miktarının yaklaşık %75-90'ını oluşturmaktadır. Karaciğerde parçalandıktan sonra kan yoluyla solungaçlara taşınan amonyak, solungaçlar aracılığıyla suya atılır (Dostat *et al.* 1995). Bu metabolizmadaki atılım ürünlerinin diğer önemli kısmını da yaklaşık %5-15 ile üre oluşturmaktadır. Solungaçlardan atılan amonyak ve üre oranları ise %80-90 oranındadır. Protein metabolizmasındaki diğer atık ürünler kreatin, ürik asit, trimetilamin oksit (TMAO), kreatinin, inülin ve amino asitler gibi diğer bileşiklerdir. Bahsedilen bütün atık ürünlerin büyük bir kısmı solungaçlar ile çok küçük bir kısmı ise idrarla su ortamına atılmaktadır (Smith 1989; Wedemeyer 1996). Amonyak boşaltım miktarını balıklarda; yemdeki protein oranı, proteinin kalitesi ve enerji oranı gibi değişik faktörler etkilemektedir (Cowey and Walton, 1989; Dostat *et al.* 1995; Chakraborty and Chakraborty, 1998; Yiğit *et al.* 2003; Tantikitti *et al.* 2005).

Yetiştiricilik hususunda maksimum seviyede ağırlık artışına ulaşarak bununla birlikte dışkı, amonyak nitrojeni ve üre nitrojeni gibi atık ürünleri miktarını minimuma indirmek

maksadıyla, balıkların türüne uygun şekilde kaliteli yemlerin formüle edilmesi ve bu yemlerle balıkların beslemesi çok önemlidir. Bir balık türü için hazırlanan yemdeki protein oranı optimal seviyedeysse, proteinin neredeyse tamamı büyüme amacıyla kullanılır ve amonyak az miktarda suya atılır (Tibbetts *et al.* 2001). Balık türü, büyüklüğü, su sıcaklığı, stres, üreme dönemi, çevre koşulları ve suyun yapısı optimum protein ihtiyacı değerinin belirlenmesinde çok önemli faktörlerdir. Protein oranı miktarının bahsedilen optimal seviyeden fazla olduğu durumda, proteinler deamine olarak amonyak boşaltım miktarında artışa neden olmaktadır (Cai *et al.* 1996; Azevedo *et al.* 2004). Kısaca balıklarda, yem içeriğindeki proteinler ile vücuda alınıp herhangi bir sentez sürecinde kullanılmayan amino asitler, deaminasyona uğrayıp amonyak formunda vücuttan dışarıya salınmaktadır (Yiğit *et al.* 2003).

Balıklarda proteinlerin enerji sağlama hususunda önemli rolünün olduğu bilinmektedir. Çünkü balıklar, enerjilerinin belirli bir kısmını proteinlerden karşılamaktadırlar. Fakat enerji ile protein korelasyonunda hassas bir denge oluşturulmalıdır ki, böylelikle proteinlerin daha yüksek miktarlarda protein sentezi için kullanılması ve ayrıca balıkların gereksinim duyduğu enerji ihtiyaçlarını da daha çok yağlar ve karbonhidratlardan karşılayabilmeleri sağlanmalıdır (Polat 2001). Balık yeminde bulunan protein harici enerji kaynaklarının yeterli düzeyde olmayışı ve proteinlerin vücut metabolizması için enerji kaynağı olarak kullanılmadığı durumda amonyak boşaltım miktarı ayrıca etkilenmektedir. Proteinlerin aşırı seviyelerde enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda amonyak boşaltımında artışa sebep olmaktadır. Bu artış amonyağın boşaltılması için ihtiyaç duyulan enerjinin metabolik faaliyetler için kullanılması anlamına gelmekte ve yetiştiricilik için en önemli konu olan balıkların büyümesi hususunda azalmalara sebep olmaktadır (Watanabe *et al.* 1987). Özet olarak, balıklarda nitrojen seviyesinin boşaltım ürünlerinde daha az düzeyde olması, vücut içerisinde daha fazla nitrojenin tutulduğu anlamına gelmekte ve dolayısıyla yemde bulunan proteinlerin enerji kaynağı olarak değil de balığın büyümesi amacıyla kullanıldığına, böylece solungaçlardan daha az miktarda nitrojenin amonyak şeklinde dışarı boşaltıldığı belirtilmektedir (Yiğit *et al.* 2002).

Bu doğrultuda sonuçlarımızda tespit ettiğimiz TAN salınımı (%C_N), üre-nitrojen (%C_N) ve toplam nitrojen (%C_N) oranlarının deneysel uygulamalardan önemli derece etkilenerek ($P \leq 0,05$), en yüksek seviyelerinin (sırasıyla 17,9, 4,0 ve 22,0) büyümenin en az olduğu tamamen bitkisel kaynaklı diyetle beslenen (BPY) grupta olduğu görülmektedir. Harmantepe vd. (2008), alabalık yavruları üzerinde yaptıkları çalışmada sonuçlarımıza benzer şekilde büyümenin daha düşük olduğu deneysel grupta daha fazla nitrojen boşaltım miktarının elde edildiğini, bu durumun yemlerdeki esansiyel amino asit kompozisyonundan dolayısıyla protein kalitesinden kaynaklabileceğini rapor etmişlerdir. Kaushik *et al.* (2004), balık unu yerine hemen

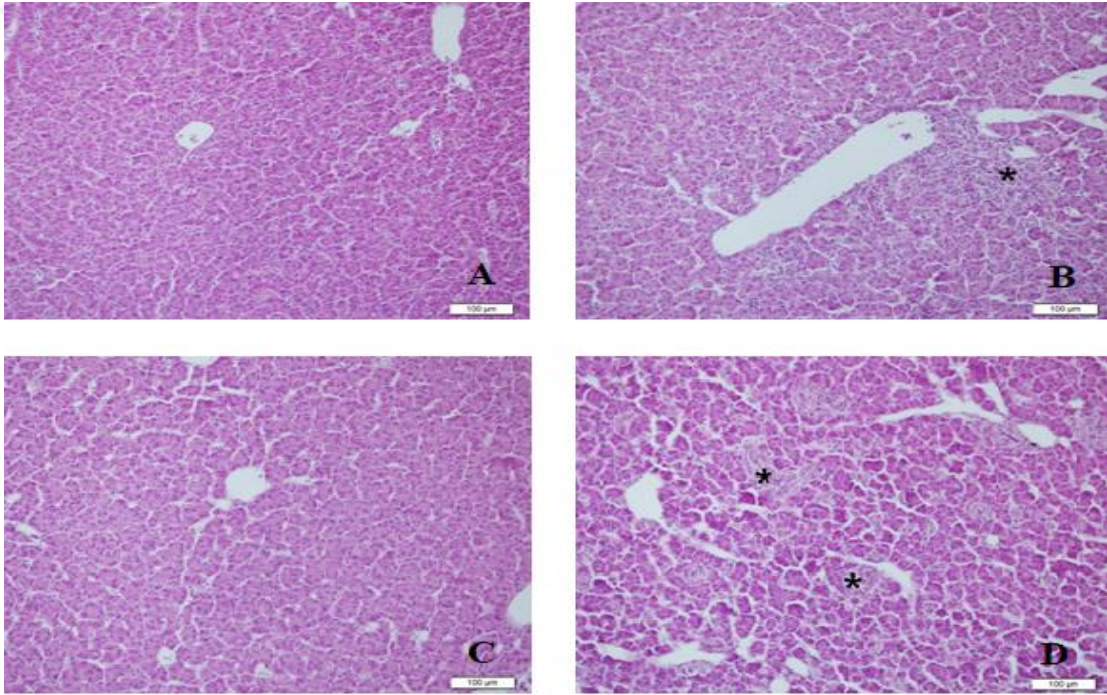
hemen tamamen bitkisel proteinleri kullanarak elde ettikleri farklı diyetlerle levrekler üzerine gerçekleştirdikleri araştırmalarında, bitkisel proteinin en fazla olduğu diyetle beslenen balıklarda en düşük büyümenin (313,9 g) görüldüğünü ve bu duruma paralel olarak en yüksek amonyak-N salınımının yine aynı grupta tespit edildiğini (312,8 mg-N/kg/gün) bildirmişlerdir.

Daha önce yapılan konuyla alakalı çalışmalar incelendiğinde karnivor balıklarda azot salınımlarının araştırmalara göre farklılık gösterdiği, bu farklılıkların ise öncelikle balıkların beslenme sıklığından, deneylerde kullanılan diyetlerin bileşimlerinden ve balık türlerinin değişikliğinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Guérin-Anvey, 1976; Ramnarine *et al.* 1987; Fang and Tian 2010; Nerici *et al.* 2012). Engin *et al.* (2012), balık yağı yerine tamamen ve eşit oranlarda farklı bitkisel yağları kullandıkları diyetlerle yavru levrekler üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmada, deneysel gruplar arasında günlük TAN salınım oranlarında önemli farklılıkların görülmediğini sonuçlarımıza benzer şekilde bildirmişlerdir. Aynı araştırmada, sonuçlarımızın aksine, günlük üre-nitrojen salınımının ise deneysel uygulamalar arasında farklılığa neden olmadığı belirtilmiştir. Engin *et al.* (2013), bitkisel yağları kullandıkları diyetlerle yaptıkları diğer bir çalışmada, levrekler üzerinde farklı sıcaklıklarda saatlik TAN atılım oranlarının, 32,5 ve 50,0 mg TAN (NH₃-N)/kg balık/s olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacıların düşük sıcaklıkta rapor ettikleri salınım oranının (32,5 (NH₃-N)/kg balık/s), araştırmamızdaki bitkisel protein/yağ tabanlı yem ve yemleme stratejisi uyguladığımız gruplarda tespit ettiğimiz değerlerle yakın olduğu görülmektedir. Diğer taraftan araştırmacılar üre-azot atılım oranlarının sadece balık yağı diyetiyle beslenen balıklarda, bitkisel yağ karışımı içeren diyetlerle beslenen balıklara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise bu değerlerin bildirilen sonuçların aksine en yüksek BPY grubunda olduğu tespit edilmiştir. Davidson *et al.* (2013), araştırma sonuçlarımıza benzer olarak, bitkisel ve balık unu tabanlı diyetlerle alabalıkları besledikleri çalışmalarında, yemleme anında ve deneme süresi boyunca toplam amonyak azotu (TAN) değerlerinin balık unu içeren diyetle kıyasla bitkisel tabanlı diyetle beslenen balıklarda önemli derecede yüksek seviyelerde yer aldığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Rolland *et al.* (2015), bitkisel protein kaynakları içeren diyetlerle alabalıkları beslemenin, amonyak atılım oranlarında diyetlere bağlı olarak farklı profiller sergilediğini ve ayrıca en yüksek TAN salınımının (9.5 mmol/kg) balık unu içermeyen diyetle beslenen grupta görüldüğünü bildirmişlerdir. Alabalıklar üzerinde gerçekleştirilen başka bir çalışmada, Larsen *et al.* (2012), balık unu ve bitkisel protein kaynakları içeren diyetlerle beslenen balıklarda 24 saatlik periyod boyunca TAN salınım oranlarının sonuçlarımızla benzer şekilde artarak dalgalanmalar gösterdiğini ve bu süre sonunda en yüksek salınım oranının bitkisel protein kaynakları içeren diyetle beslenen grupta

(59 mg/g) olduğunu beyan etmişlerdir. Benzer şekilde, Yang *et al.* (2011), bitkisel protein tabanlı diyetlerle alabalıklar üzerinde yaptıkları besleme çalışmalarında, en fazla amonyak nitrojen salınımının en yüksek oranda bitkisel materyal içeren diyetle beslenen balıklarda görüldüğünü rapor etmişlerdir.

Histopatolojik Bulgular

Besleme deneyi sonunda gökkuşağı alabalığında karaciğerleri histopatolojik açıdan incelendiğinde, tüm deneme gruplarında herhangi bir yağlanmanın görülmeyeceği tespit edilmiştir. Ancak yağlanma durumundan farklı olarak, BPY/BUY grubundaki balıkların karaciğerlerdeki hepatositlerde hafif düzeyde nekrotik ve dejeneratif değişimler görüldüğü, BPY grubundaki balıkların karaciğerlerinde bu nekrotik ve dejeneratif değişimlerin diffuz tarzda ve daha şiddetli olduğu belirlenmiştir (Şekil 47).

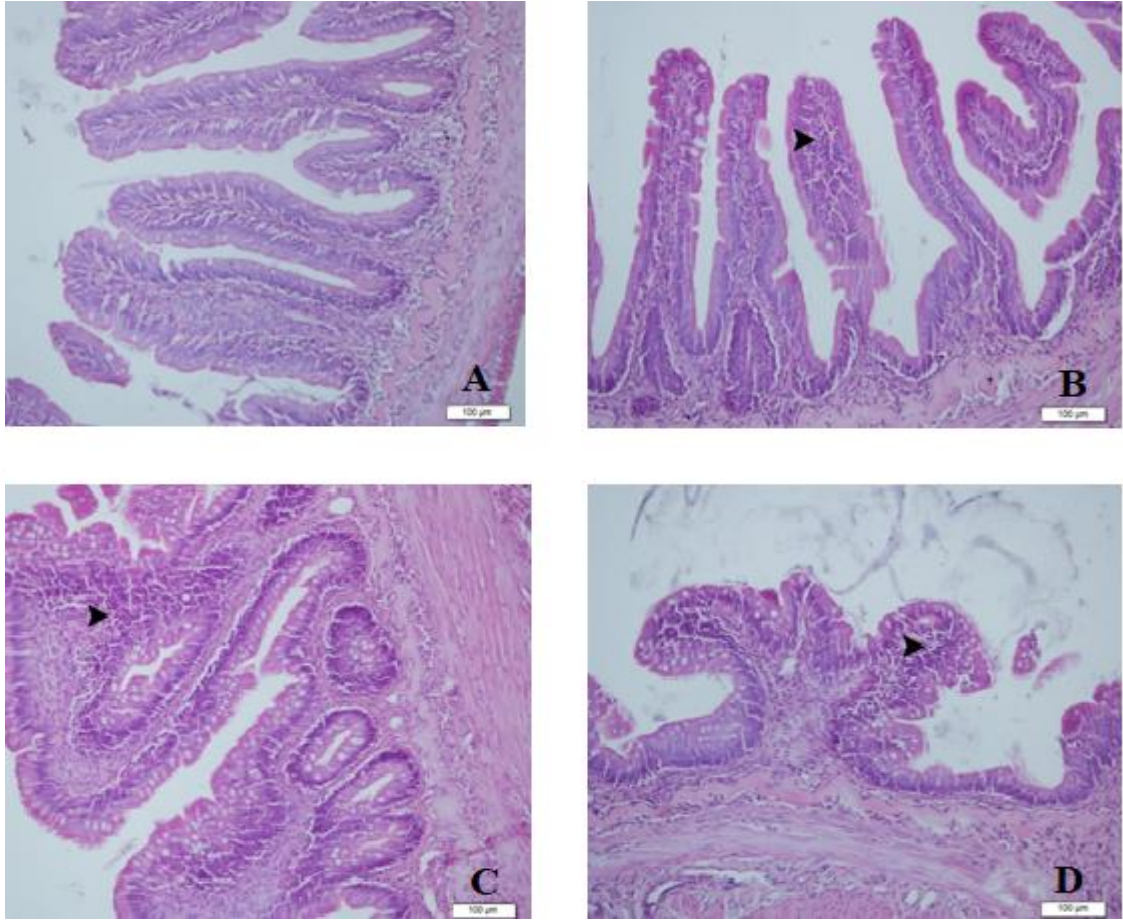


Şekil 47. Karaciğer Dokularının Histolojik Görünümü. A) BUY grubu, Karaciğerin normal histolojik görünümü (H-E), B) BPY/BUY grubu, Karaciğerlerdeki hepatositlerde hafif düzeyde nekrotik ve dejeneratif değişimler (*) (H-E), C) BPY-BUY grubu, Karaciğer normal histolojik görünümü (H-E), D) BPY grubu, Karaciğerlerde diffüz tarzda, şiddetli düzeyde nekrotik ve dejeneratif değişimler (*) (H-E).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Besleme deneyi sonunda gökkuşağı alabalığında bağırsak histopatolojisi incelendiğinde, BUY grubundaki balıkların bağırsaklarının normal histolojik görünümde olduğu tespit edilmiştir. BPY/BUY ve BPY-BUY gruplarındaki balıkların bağırsaklarında hafif düzeyde bir enteritis görülürken, BUY grubunda görülen enteritisin daha şiddetli olduğu belirlenmiştir. BPY/BUY ve BPY-BUY grubundaki balıkların bağırsaklarındaki villuslarda

hafif düzeyde mononükleer hücre infiltrasyonlarına rastlanırken, BPY grubundaki balıkların bağırsaklarındaki villuslarda ise şiddetli düzeyde mononükleer hücre infiltrasyonlarına rastlanmıştır (Şekil 48).



Şekil 48. Bağırsak Dokularının Histolojik Görünümü. A) BUY Grubu, Bağırsak Normal Histolojik Görünümü (H-E), B) BPY/BUY Grubu, Villuslarda Hafif Düzeyde Mononükleer Hücre İnfiltrasyonları (>) (H-E), C) BPY-BUY Grubu, Villuslarda Hafif Düzeyde Mononükleer Hücre İnfiltrasyonları (>) (H-E), D) BPT Grubu, Villuslarda Şiddetli Düzeyde Mononükleer Hücre İnfiltrasyonları (>) (H-E).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesin gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Beslemeyle alakalı histolojik incelemeler, yem kalitesi ve yem metabolizması hakkında bilgi sunmakla birlikte balıkların beslenmesi hakkında da yol gösterebilmektedir (Segner and Braunbeck, 1988; Caballero *et al*, 2004). Yıldız *et al*. (2013), organlardaki histolojinin gökkuşağı alabalığı ile alakalı besleme çalışmaları hakkında detaylı bilgiler sağlayabileceğini ayrıca rapor etmişlerdir. Bazı araştırmacılar tarafından alternatif hammaddeleri içeren yemlerle beslenen farklı balıkların dokularında çeşitli histolojik değişikliklerin oluşabileceği önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Bell *et al*. 1995; Tucker *et al*. 1997; Caballero *et al*. 2002; Wassef *et al*, 2009).

Santigosa *et al*. (2011), karnivor balıklar üzerinde bitkisel bazlı diyetlerle yapılan beslemenin bağırsak dokusu histolojisini etkilediğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde

çalışmamızda deneysel uygulamalara tabii tutulan alabalıkların bağırsak dokuları üzerinde yapılan histopatolojik incelemelerde bitkisel kaynaklı diyetlerle beslenen gruplarda (BPY/BUY, BPY-BUY ve BPY) farklılıklara rastlanılmıştır. Sonuçlarımıza benzer biçimde, Estruch *et al.* (2018), çipura (*Sparus aurata*) balıklarının tamamen bitkisel içerikli diyetlerle beslenmesinin balıkların bağırsak histopatolojisini olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Rodiles *et al.* (2015), dil balığı (*Solea senegalensis*) üzerinde farklı bitkisel protein kaynakları içeren diyetlerle yaptıkları araştırmada balıkların bağırsaklarında hücre yapılarında histolojik etkinin olduğunu sonuçlarımızla örtüşür şekilde rapor etmişlerdir. Ancak, yapılan bazı çalışmalarda histolojik değişikliklerin gözlenmediği de belirtilmiştir. Mamauag *et al.* (2019), karnivor bir tür olan orfoz balığı (*Epinephelus marginatus*) üzerinde yaptıkları çalışmada, bitkisel kaynaklı diyetlerle yapılan beslemenin balıkların bağırsak ve karaciğer dokularında histopatolojik değişikliklere yol açmadığını bildirmişlerdir. Diğer yandan, yine elde ettiğimiz sonuçların aksine, kanola yağı içeren diyetlerle beslenen gökkuşağı alabalığı karaciğer dokularında lipid vakoullerinin oluştuğu belirtilmiştir (Yıldız *et al.* 2013).

Antioksidan enzim aktivitesi ve lipid peroksidasyon seviyesi

Karaciğer antioksidan enzim aktiviteleri ile indirgenmiş glutatyon ve MDA ile ifade edilen lipid peroksidasyon seviyesi deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo 13). En yüksek MDA miktarı tamamen balık unu/yağı tabanlı diyetle beslenen BUY grubunda (1,21 mmol/mg) görülürken, en düşük değerin ise sadece bitkisel tabanlı diyetle beslenen BPY grubunda (0,48 mmol/mg) olduğu görülmektedir. Dönüşümlü yemleme stratejisi uygulanarak beslenen gruplardaki (BPY/BUY ve BPY-BUY) MDA değerleri ise BUY grubuna kıyasla daha düşük seviyelerde, sırasıyla 0,96 ve 0,69 mmol/mg olarak tespit edilmiştir. İndirgenmiş glutatyon miktarı genel anlamda MDA miktarına zıt bir eğilim göstermiş, en düşük GSH miktarı BUY grubunda gözlenmiştir (0,10 nmol/mg doku). En yüksek ve en düşük SOD aktiviteleri sırasıyla BPY (58,06 EU/g protein) ve BUY (25,20 EU/g protein) gruplarında gözlenirken, en yüksek CAT aktivitesi BUY (47,89 U/mg doku), en düşük CAT aktivitesi ise BPY (15,24 U/mg doku) grubunda tespit edilmiştir.

Tablo 13. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşluğu Alabalığında Karaciğer Lipid Peroksidasyonu, İndirgenmiş Glutasyon ve Antioksidan Enzim Aktivitesi Sonuçları

Parametreler	Deneyssel uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BPY-BUY	BPY
MDA (mmol/mg doku)	1,21±0,30 ^a	0,96±0,15 ^b	0,69±0,19 ^c	0,48±0,29 ^d
GSH (nmol/mg doku)	0,10±0,00 ^c	0,14±0,30 ^b	0,24±0,00 ^a	0,26±0,20 ^a
CAT (U/mg doku)	47,89±1,61 ^a	34,06±2,23 ^b	29,29 ±1,31 ^c	15,24 ±1,24 ^d
SOD (EU/g protein)	25,20±3,79 ^d	35,28±1,77 ^c	43,10±1,98 ^b	58,06±3,36 ^a

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesin gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Hücrelerde üretilen serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri (ROS), özellikle hidroperoksitlerin oluşumuna yol açarak birtakım olumsuzluklara neden olmaktadır. ROS'ların seviyesi fazla yükseldiğinde, özellikle hücrelere zarar vererek fizyolojik mekanizmaları değiştirebileceği ve doku hasarına hatta organ yetmezliğine neden olarak hayvanların sağlığını olumsuz yönde etkileyebileceği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Peng *et al.* 2016). Hayvanlarda biyolojik sistemleri bu olumsuzluklara karşı korumadan sorumlu enzimlerin genel olarak CAT, SOD, GR, GST ve GPx olduğu belirtilmiştir (Cabrita *et al.* 2014; Saddick *et al.* 2017). Antioksidan enzimlerin yanı sıra MDA'nın hücrelerde çoklu doymamış yağ asitleri peroksidasyonunun son ürünlerinden biri olarak oksidatif stresin önemli bir göstergesi ve oksidatif stresle antioksidan durumun bir belirteci olduğu bildirilmektedir (Gawel *et al.* 2004). Besleme hususunun ise antioksidan dengenin korunması açısından bahsedilen enzimler ve MDA üzerinde oldukça önemli bir etkisinin olduğu belirtilerek bu konularda birçok çalışmanın yapıldığı ancak, bu tür bir etkiye sahip olan diyet bileşenlerinin türleri ve seviyeleri hakkında çelişkili sonuçların olduğu belirtilmiştir (Covey, 1986; Martinez-Alvarez *et al.* 2005; Aluwong *et al.* 2013). Bitkisel bileşenlerde bulunan fenolik ve flavonoid bileşiklerin varlığı, bu bileşenlerin antioksidan aktiviteyi artıran uyarıcı etkilerinin olabileceği, yemdeki genel bileşenler ve seviyeleri, zaman, balık türleri, büyüklük, beslenme davranışı ve çevresel faktörler gibi çeşitli faktörlerden dolayı çelişkili sonuçların olabileceği genel olarak bildirilmiştir (Guo *et al.* 2002; Martínez-Álvarez *et al.* 2005; Sitjà-Bobadilla *et al.* 2005; Kokou *et al.* 2017).

Reda *et al.* (2021), balık unu yerine farklı oranlarda ve tamamen bitkisel hammaddelerle elde ettikleri diyetlerle Afrika Yayın Balıkları (*Clarias gariepinus*) üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, kullanılan bitkisel kaynaklı diyetlerin beslemenin otuzuncu gününde SOD ve CAT seviyeleri üzerinde önemli derecede farklılıklara neden olduğunu ve en yüksek CAT

seviyesinin bitkisel protein içermeyen grupta yer aldığını sonuçlarımıza benzer şekilde belirtmişlerdir. Araştırmacılar tespit ettikleri en yüksek SOD seviyesinin ise tamamen balık unu içeren diyetle beslenen grupta görüldüğünü sonuçlarımızın aksine ayrıca bildirmişlerdir.

Wang *et al.* (2020), balık unu yerine farklı oranlarda soya protein konsantresi (SPC) kullanarak hazırladıkları bitkisel kaynaklı diyetlerle yavru hibrit orfoz balıkları üzerinde yaptıkları çalışmalarında, kullanılan bitkisel kaynaklı diyetlerin MDA seviyeleri üzerinde önemli derecede farklılıklara sebep olduğunu ve en düşük MDA seviyesinin (1,88 nmol/mg) en yüksek oranda (%77) SPC içeren diyetle beslenen balıklarda kaydedildiğini sonuçlarımızla örtüşür şekilde bildirmişlerdir. Aynı araştırmada, GSH miktarı ile CAT ve SOD aktivitelerinin bitkisel protein kullanımıyla birlikte önemli derecede etkilenmiş, GSH miktarı ve CAT aktivitesi bitkisel protein seviyesi ile düşüş gösterirken, SOD aktivitesi aynı durumda artış göstermiştir.

Kokou *et al.* (2017), balık unu yerine bitkisel proteinleri farklı oranlarda kullanarak elde ettikleri diyetlerle çipura balıklarını besledikleri araştırmada, bitkisel kaynaklı diyetlerin antioksidan enzimlerden SOD seviyeleri üzerinde önemli derece etkili olduğunu ve tespit edilen en düşük SOD değerinin bitkisel protein içermeyen diyetle beslenen balıklarda tespit edildiğini sonuçlarımıza benzer şekilde bildirmişlerdir. Diğer taraftan aynı araştırmada, diyetlerde bitkisel protein kullanımının balıklarda CAT aktivitesi üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı sonuçlarımızdan farklı olarak belirtilmiştir.

Diğer yandan, gökkuşağı alabalığında yapılan başka bir çalışmada, balık unu yerine tamamen bitkisel protein kaynağı içeren diyetle beslemenin, balıklarda tespit edilen GSH seviyeleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Fontagne'-Dicharry *et al.* 2015). Minářová *et al.* (2021) tarafından yürütülen başka bir çalışmada, bitkisel kaynaklı diyetlerle yapılan beslemenin alabalıkların karaciğer dokularındaki GSH seviyeleri üzerinde önemli derecede etki ettiği ve GSH düzeyinde bitkisel hammaddelerin kullanımına bağlı olarak artışa sebep olduğu rapor edilmiştir. Hamre *et al.* (2016) tarafından Atlantik somonu üzerinde bitkisel diyetlerle yapılan başka bir çalışmada, tespit edilen CAT seviyelerinin deneysel gruplar arasında önemli derecede farklılık gösterdiğini, en düşük CAT miktarının ise bitkisel diyetle beslenen grupta olduğunu sonuçlarımızla benzer şekilde ifade etmişlerdir.

Diğer taraftan bazı araştırmalarda, kullanılan bitkisel hammaddelerin sonuçlarımızın aksine MDA ve antioksidan enzimleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Örneğin Mohammadi *et al.* (2020), Nil tilapyaalarının (*Oreochromis niloticus*) beslenmesinde kullandıkları diyetlerde balık unu yerine kullandıkları bitkisel kaynakların, MDA seviyesi ve SOD, GPx ve CAT aktivitesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Aynı

şekilde, Abasubong *et al.* (2018) tamamen balık unu içeren diyetle beslenen grupta, balık unu yerine tamamen bitkisel protein konsantrisi içeren diyetle beslenen gruptaki çipura balıklarının karaciğerlerinde tespit ettikleri SOD ve CAT seviyelerinin istatistiksel olarak farklılık göstermediğini bildirilmişlerdir. Farklı bir tür olan yıldızlı pisi balığı (*Platichthys stellatus*) üzerinde balık unu yerine bitkisel hammaddelerden SPC içeren diyetle yapılan besleme sonucunda, MDA düzeyi ve antioksidan enzim aktivitelerinin düzensizlik gösterdiği; bu durumun türlere özgü değişkenlikten veya diyetlerde kullanılan bitkisel proteinlerin farklılığından kaynaklanabileceği rapor edilmiştir (Li *et al.* 2015).

Mevcut çalışmada en yüksek MDA değeri tamamen balık yağı içeren yemle beslenen BUY grubu balıklarda görülürken, tamamen bitkisel yağ içeren yemle beslenen BPY grubu balıkların MDA miktarı en düşük seviyede kalmıştır. Balık yağının yüksek düzeyde uzun zincirli çoklu doymamış yağ asidi içermesi ve dolayısıyla oksidasyona karşı daha hassas olması bu durumu açıklayabilir (Tocher *et al.* 2003).

Sindirim enzim aktiviteleri

Deneyisel uygulamaların sindirim enzimleri (pepsin, tripsin, lipaz ve amilaz) aktiviteleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo 14). En düşük pepsin (2,7 U/mg protein), lipaz (0,6 U/mg protein) ve tripsin (3,7 U/mg protein) aktivitesi BPY grubunda gözlenmiştir. Diğer yandan en yüksek pepsin, lipaz ve tripsin aktiviteleri BPY/BUY uygulamasında sırasıyla, 5,9, 2,1 ve 7,6 U/mg protein olarak tespit edilmiştir. Bitkisel hammadde içerikli yemin kullanım oranının amilaz aktivitesini artırırken, pepsin, lipaz ve tripsin aktivitelerini azalttığı görülmektedir.

Tablo 14. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşluğu Alabalığında Sindirim Enzimleri Aktivitesi

Sindirim Enzimleri	Deneyisel uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BPY-BUY	BPY
Pepsin (U/mg protein)	4,84±1,21 ^b	5,89±2,45 ^a	4,98±2,01 ^b	2,69±1,57 ^c
Lipaz (U/mg protein)	1,97±1,3 ^{ab}	2,13±1,27 ^a	1,46±0,58 ^b	0,57±0,83 ^c
Amilaz (U/mg protein)	2,76±1,26 ^c	3,48±1,49 ^b	3,42±1,55 ^b	4,0±1,41 ^a
Tripsin (U/mg protein)	6,23±2,17 ^b	7,61±2,91 ^a	6,11±2,55 ^b	3,73±1,91 ^c

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Balıklarda sindirim enzimi aktivitesi üzerinde balık unu ve balık yağı yerine alternatif bileşenlerin değiştirilmesiyle elde edilen diyetlerle ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Santigosa

et al. 2008; Rodiles *et al.* 2012; Gisbert *et al.* 2016). Ancak bu çalışmalardan bitkisel bazlı diyetlerle yapılan araştırmalarda önemli bir dezavantaj olarak, diyetlerde bitkisel içeriğin yüksek olduğu durumlarda bağırsak epitelinde yapısal değişikliklere, besin emilimini engelleyen veya azaltan sindirim şekline neden olduğu bildirilmiştir (Baeverfjord and Kroghdahl 1996; Urán *et al.* 2008).

Zamani *et al.* (2020), gökkuşağı alabalıklarının bitkisel içerikli diyetlerle beslenmesi sonucunda, amilaz, tripsin, lipaz ve proteaz aktiviteleri üzerinde bitkisel diyetlerin önemli derecede etki ettiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca bitkisel içeriğin seviyesine bağlı olarak (%50 oranına kadar) bu enzim aktivitelerinde önemli ölçüde artışlar görüldüğünü, bu orandan sonraki seviyelerde ise (%75-100) mevcut çalışmamıza benzer şekilde azalmalar olduğunu belirtmişlerdir. Yine mevcut çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde, Yaghoubi *et al.* (2019), çipura balıklarının beslenmesinde kullanılan diyetlerdeki bitkisel protein kaynağının artmasıyla birlikte tripsin ve lipaz enzim aktivitelerinde önemli derecede azalmaların olduğunu rapor etmişlerdir. Yapılan diğer araştırmalarda yine sonuçlarımıza benzer olarak diyetlerdeki artan bitkisel protein seviyesine bağlı olarak bazı balık türlerinde de sindirim enzim aktivitelerinde azalmaların görüldüğü belirtilmiştir (Santigosa *et al.* 2008; Deng *et al.* 2010; Bowyer *et al.* 2013;). Diğer taraftan, çipura (Santigosa *et al.* 2011) ve sarıkuyruk yalı balığında, *Seriola dumerili* (Bowyer *et al.* 2013) yapılan çalışmalarda bitkisel hammaddelerin diyetlere eklenmesinin amilaz aktivitesi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Başka bir araştırmada ise yine çalışmamızın aksine Gisbert *et al.* (2016), diyetteki balık unu ile bitkisel protein kaynağının yer değiştirilmesinin yassı kefalde (*Mugil cephalus*) sindirim enzimleri aktiviteleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını bildirmiştir. Genel olarak araştırmalarda tespit edilen bu değişikliklere; tripsin ve lipaz inhibitörleri, lektinler, fitik asit, saponinler, fitoöstrojenler, antivitaminler ve alerjenlerin varlığının yanı sıra, balığın türünün, yaşının, büyüklüğünün, beslenme şeklinin, besin kalitesinin (yemdeki proteinler, yağlar, karbonhidratlar, mineral ve vitaminler), beslenme sıklığının, verilen yem miktarının, stoklama yoğunluğu ve çevresel faktörlerin, kullanılan bitkisel kaynakların ve sindirime geçiş sürelerindeki değişikliklerin neden olabileceği belirtilmiştir (Francis *et al.* 2001; Gatlin *et al.* 2007; NRC, 2011 ve Zamani *et al.* 2020).

Görünür Sindirilebilirlik Katsayıları

DeneySEL uygulamalar kuru madde, protein ve lipit sindirilebilirlik katsayılarını önemli derecede etkilemiştir ($P \leq 0,05$). Kuru madde sindirilebilirlik oranının en düşük BUY grubunda (%78,7) olduğu, en yüksek ise BPY grubunda (%84,6) yer gerçekleştiği tespit edilmiştir. En yüksek ve en düşük lipit sindirilebilirlik oranları sırasıyla BUY (%92,3) ve BPY grubunda

(%86,5) görülmüştür. Diğer taraftan, protein sindirilebilirlik oranlarına bakıldığında en yüksek seviyenin BPY grubunda yer aldığı (%94,0), en düşük seviyenin de BUY grubunda (%84,9) olduğu belirlenmiştir (Tablo 15).

Tablo 15. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşluğu Alabalığında Sindirilebilirlik Oranları (%).

Parametre	Deneyisel uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BPY-BUY	BPY
Kuru Madde	78,7±1,2 ^c	82,1±1,3 ^b	81,6±1,1 ^b	84,6±0,6 ^a
Lipit	92,3±1,1 ^a	90,2±1,5 ^b	90,7±2,1 ^{ab}	86,5±1,7 ^c
Protein	84,9±2,3 ^c	93, 5±1,3 ^a	93,0±0,7 ^b	94,0±0,9 ^a

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Sindirilebilirlik çalışmaları yem sindirilebilirliğinin önemi açısından oldukça önemli bir parametre olmakla birlikte, karnivor balık türleri yemlerinde maliyet durumunun da belirteci olduğunu göstermektedir ve bu nedenle sindirilebilirlik hakkında birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Alabalık gibi karnivor bir tür olan levrekler üzerinde yapılan bir çalışmada, tamamen bitkisel ve hayvansal kökenli diyetlere ek olarak farklı oranlarda bitkisel-hayvansal protein içeren yemlerle yapılan besleme deneyi sonrasında diyetset içeriklerin sindirilebilirlik katsayıları üzerinde önemli derecede etkili olduğunu ve en yüksek sindirilebilir kuru madde oranının tamamen bitkisel kökenli diyetle beslenen grupta olduğunu bildirilmiştir (Altan and Korkut 2011).

Callet *et al.* (2017), tamamen bitkisel protein/yağ ve tamamen balık unu/yağı içeren diyetler hazırlayarak alabalıkları besledikleri çalışmalarında, diyetlerin sindirilebilirlik üzerinde oldukça önemli etkiye sahip olduğunu ($P \leq 0,05$) ve yağların sindirilebilirlik katsayılarının tamamen bitkisel kaynaklı diyetlerle beslenen gruplarda daha düşük oranlarda kaldığını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada tamamen bitkisel kaynaklı diyetle yapılan beslemenin proteinlerin sindirilebilirlik oranını arttırdığı bildirilmiştir. Santizo-Taana *et al.* (2020) tarafından alabalıklar üzerinde yapılan diğer bir çalışmada, diyetlerde balık unu/yağı yerine kullanılan bitkisel kaynakların oransal miktarlarına bağlı olarak protein sindirilebilirliğine önemli derecede etki ettiği bildirilmiş fakat kuru madde ve lipit sindirilebilirliğinin önemli derecede değişmediği rapor edilmiştir. Brezas and Hardy (2020), tamamen bitkisel ve tamamen hayvansal protein kaynakları içeren diyetlerle alabalıkları besledikleri çalışmalarında, sonuçlarımızla benzer şekilde sindirilebilir kuru madde ve protein

seviyelerinin tamamen bitkisel protein içerikli diyetle beslenen gruplarda daha yüksek olduğu rapor etmişlerdir.

Fileto Kalitesi

Fileto verimi ve proksimet kompozisyon

Besleme deneyi sonunda elde edilen gökkuşağı alabalığı filetolarına ait verim ve proksimet kompozisyon Tablo 16’da verilmiştir. Deneysel uygulamalar fileto verimliliğini önemli derecede etkilememiş, fileto oranı ortalama %48,3 olarak tespit edilmiştir. Filetolarda tespit edilen ham protein oranlarının deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmediği, BPY-BUY (%17,5) ve BPY (%17,6) grubundaki balıklara ait filetoların BPY/BUY grubuna (%16,8) yakın, BUY grubundan (%16,0) ise yüksek oranda protein içerdiği görülmektedir. Ayrıca lipit, kuru madde ve kül miktarları deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmemiş ve sırasıyla ortalama %5,7, %23,8 ve %1,7 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 16. Farklı yem ve yemleme stratejisi ile 150 gün boyunca beslenen gökkuşağı alabalığına ait filetoların verimi ve proksimet kompozisyonu (%).

Parametre	Deneysel uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BPY-BUY	BPY
Fileto verimi	48,4±0,6	48,6±0,7	48,3±1,1	47,8±0,8
Protein	16,0±0,5	16,8±0,3	17,5±0,6	17,6±0,4
Lipit	5,3±0,2	5,4±0,9	5,8±0,2	6,3±1,5
Nem	76,2±1,2	75,2±2,3	74,8±2,1	73,9±1,2
Kül	1,6±0,0	1,8±0,1	1,6±0,2	1,8±0,1

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Balığın yenilebilir ana kısmı olan filetonun balık üretiminde temel ekonomik ve besleyici ilgiyi elinde tutan kısım şeklinde tanımlandığı, ayrıca et kalitesi üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye sebep olmaksızın fileto verimini artırmanın küçük farklılıklarda bile olsa balık üreticileri için çok önemli bir husus olduğu bildirilmiştir (Rora *et al.* 2001; Bugeon *et al.* 2010). Bu durumu balığın boyutunun, yem oranının (Einen and Thomassen 1998; Einen *et al.* 1999), diyet kompozisyonunun (Rasmussen 2001), genetik çizginin (Smith *et al.* 1988) veya cinsi olgunlaşma (Paaver *et al.* 2004) gibi çok sayıda faktörün etkileyebileceği belirtilmiştir. Yapılan araştırmalarda balık ağırlık kayıplarında görülen %50’den fazla oranın, fileto yapımı esnasında iç organlar ve başın alınmasıyla meydana gelebileceği bildirilmiştir (Decken *et al.* 1992; Hung and Storebakken 1994). Bugeon *et al.* (2010), gökkuşağı alabalıkları üzerinde yapmış oldukları araştırmada, fileto üretimi için balıkların işlenmesi sırasında ana atıkların iç organlar, kafa,

iskelet, deri, yüzgeçler ve deri altı yağ dokusu olduğunu, bu kısımlar çıkarıldıktan sonra son ürün olarak kalan fileto oranının genellikle balık canlı ağırlığının yarısından daha azını temsil ettiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonuçlarımızda tespit ettiğimiz fileto oranlarının bütün deneme gruplarında benzer değerlerde olduğu görülmektedir. Diğer bir çalışmada, Atlantik somonu üzerinde yapılan fileto oranı hesaplamalarında fileto çıkarma esnasında görülen kaybın %30 ila %45 arasında değiştiği bildirilmiş ve bu oranların bulgularımızla yakınlık gösterdiği görülmektedir (Mørkøre *et al.* 2001). Brinker and Reiter (2011), sonuçlarımızın aksine bitkisel ve hayvansal kaynaklı diyetlerle yapılan beslemenin, alabalık fileto oranları üzerinde önemli derecede farklılıklara sebep olduğunu, en düşük seviyenin ise tamamen bitkisel kaynaklı diyetle beslenen grupta kaydedildiğini bildirmişlerdir.

Araştırmamızda elde ettiğimiz alabalık filetolarındaki proksimet sonuçlarının genel olarak deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmediği görülmektedir. Alabalıklar üzerinde yapılan benzer bir çalışmada Bruni *et al.* 2021, beslemede kullanılan bitkisel ve hayvansal kaynaklı diyetlerin sonuçlarımızın aksine balık filetolarındaki besin içerikleri üzerinde önemli derecede etki ettiğini ancak diğer taraftan sonuçlarımıza benzer şekilde ham protein oranının en yüksek seviyesinin bitkisel protein kaynaklı diyetle beslenen grupta olduğunu belirtmişlerdir. Aynı şekilde Francesco *et al.* (2004), bitkisel protein kaynaklarının filetolardaki protein seviyeleri üzerinde önemli etkisinin olduğunu sonuçlarımızdan farklı olarak rapor etmişlerdir. Diğer yandan, alabalıklar üzerinde yapılan farklı bir çalışmada, tamamen bitkisel içerikli ve balık unu tabanlı diyetlerle beslenen balıkların filetolarında ham kül ve nem oranlarının tamamen bitkisel kaynaklı diyetle beslenen grupta önemli derecede yüksek olduğu sonuçlarımızın aksine bildirilmiştir (Haghighyan and Mehrgan 2015). Yine mevcut çalışmadan elde ettiğimiz verilerin aksine, Brinker and Reiter (2011), bitkisel kaynaklı diyetle beslenen derisi alınmış alabalık filetolarındaki lipit içeriğinin balık unu diyetiyle beslenen gruba kıyasla daha düşük seviyede olduğunu bildirmişlerdir. Diğer taraftan yine aynı çalışmada çalışmamıza benzer şekilde bitkisel kaynaklı diyetle beslenen balıkların protein oranlarının bitkisel kaynaklı besleme neticesinde arttığı belirtilmiştir. Filetoların besin içeriğinde görülen bu farklılıkların sebeplerinin balıkların boyutundan, farklı genetik yapı ve beslenme geçmişi gibi faktörlerden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Shearer 1994; Dumas *et al.* 2007).

Renk

Deneysel yemlerle beslenen alabalıkların filetolarında belirlenen renk değerleri (a^* , b^* ve L^*) Tablo 17’te verilmiştir. a^* , b^* ve L^* değerleri üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELAB (Commission Internationale de l’Eclairage) tarafından verilen kriterlere göre yapılmıştır. Buna göre; L^* ; $L^*=0$, siyah; $L^*=100$, beyaz

(koyuluk/açıklık); a*; +a*=kırmızı, -a*=yeşil ve b*; +b*=sarı, -b*=mavi renk yoğunluklarını göstermektedir. Renk değerler istatistiksel olarak incelendiğinde filetolara ait a* ve b* sonuçlarının deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmediği, L* değerinin ise deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği ($P \leq 0,05$) görülmüştür. En yüksek L* değeri BUY grubunda (52,3) görülürken, en düşük değer BPY grubunda (37,4) kaydedilmiştir.

Tablo 17. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşluğu Alabalığına Ait Filetolarda Renk Değerleri

Renk	Deneysel Uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BPY-BUY	BPY
a*	1,0±0,4	0,7±0,1	0,8±0,5	1,0±0,2
b*	5,4±0,8	7,1±0,9	5,5±0,4	6,6±0,7
L*	52,3±2,9 ^a	44,6±1,8 ^b	39,0±0,9 ^c	37,4±1,1 ^c

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

L*=100, beyaz (koyuluk/açıklık), a*=kırmızı ve b*=sarı renkleri ifade etmektedir.

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesin gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Bitkisel hammaddelerin etin sararmasına ve kızarmasına neden olabilecek lutein, zeaksantin, karotenoidler ve diğer hidroksikrotenoid vb. maddeleri düşük veya yüksek seviyelerde taşımalarından dolayı (Weels *et al.* 2017), et kalitesi üzerinde renk değerlerinde bir trende ya da dalgalanmalara sebep olabileceği belirtilmiştir (de Francesco *et al.* 2004). Genel olarak diyet formülasyonlarının balıketinin rengini, hem pigment içerikleri (karotenoidler, tokoferoller) nedeniyle doğrudan etkileyebileceği hem de lipid içeriğini oluşturan hammaddelerin modifiye edebilmesiyle birlikte dolaylı olarak etkileyebileceği bildirilmektedir (Bjerkeng *et al.* 1999). Ayrıca geleneksel protein kaynaklarının diğer protein kaynaklarıyla ikamesinin, balık türlerinin beslenme gereksinimlerini karşılamak için tüm yem formülasyonlarının iyi bir şekilde ayarlanması gerektiğinden, renk parametresi üzerindeki etkiyi yalnızca bir bileşene bağlamanın zor olacağı rapor edilmiştir (Alfnes *et al.* 2006). Araştırmamız da dahil olmak üzere kurgusal olarak benzer çalışmalar incelendiğinde, a*, b* ve L* değerlerinde bulguların farklılık gösterdiği görülmektedir. Örneğin, Brinker ve Reiter (2011), %100 balık unu, %50 balık unu-%50 bitkisel protein ve %100 bitkisel protein kaynağı içeren diyetlerle alabalıkları besledikleri çalışmalarında diyetlerin, renk parametreleri (a*, b* ve L*) üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz bulgularda ise sadece L* değerlerindeki farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar ayrıca diyetlerdeki bitkisel protein oranının artışıyla birlikte, a*, b* ve L* değerlerinin hepsinde bir azalma olduğunu bildirirken, çalışmamızda ise L* değerleri haricinde böyle bir değişikliğin olmadığı görülmüştür. Alabalıklar üzerinde bitkisel protein kaynaklı diyetlerle yapılan diğer bir

çalışmada deneysel diyetlerin yine a^* , b^* ve L^* değerleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (D'Souza *et al.* 2006). Aynı araştırmacılar diyetle bağlı olarak yüksek oranda bitkisel kaynaklı yemle beslenen balık filetolarında, L^* ve b^* değerlerinin artış gösterdiğini, a^* değerinde ise bulgularımıza benzer şekilde önemli fark göstermediğini belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmada de Francesco *et al.* (2004), bitkisel diyetlerin et kalitesi üzerinde sarı ve kırmızı renklerin istenmeyen aşırı renk yoğunluğa sebep olmadığını ve renk değerlerinde normal farklılıkların olduğunu bildirerek bulgularımızla örtüşen sonuçlar rapor etmişlerdir. Alabalıklar üzerinde yapılan güncel bir çalışmada, tamamen bitkisel protein kaynaklı diyetle yapılan beslemenin filetolardaki a^* , b^* ve L^* değerlerinin tümü üzerinde önemli derecede etki ettiği ve tespit edilen L^* değerlerinin sonuçlarımızla benzerlik gösterdiği rapor edilmiştir (Bruni *et al.* 2021).

Duyusal analizler

Besleme deneyi sonucunda elde edilen filetolara ait duyusal analiz sonuçları Tablo 18 (çiğ fileto) ve Tablo 19'da (pişmiş fileto) verilmiştir. Sonuçlarını değerlendirmek için hedonik tip skala (1'den 9'a kadar puan aralığı) kullanılmıştır. Araştırmamızda pişirilmemiş filetolarda genel kabul edilebilirliğin, deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği ($P \leq 0,05$) görülmüştür. Genel kabul edilebilirlik BUY (7,4) ve BPY (7,5) grubunda, BPY/BUY (7,2) grubundan önemli derecede yüksek iken BPY-BUY grubu (7,3) benzerlik göstermiştir. Görünüş, koku ve yabancı koku parametrelerinin ise deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmediği tespit edilmiştir.

Tablo 18. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşaağı Alabalığında Çiğ Filetoya Ait Duyusal Analiz Sonuçları

Parametre	Deneysel Uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BPY-BUY	BPY
Görünüş	7,7±0,5	7,8±0,1	7,6±0,4	7,7±0,3
Koku	7,5±0,3	7,5±0,1	7,5±0,3	7,3±0,2
Yabancı Koku	7,4±0,3	7,3±0,2	7,4±0,2	7,5±0,3
Genel Kabul Edilebilirlik	7,4±0,1 ^a	7,2±0,0 ^b	7,3±0,2 ^{ab}	7,5±0,1 ^a

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

Maksimum skor: 9 ve minimum skor: 1. (9-6: İyi, 6-3: Orta ve 3-1: Kötü olarak kategorize edilmiştir).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Pişmiş filetodalar üzerinde yapılan duyusal analiz sonuçlarımızda ise, deneysel uygulamaların renk üzerinde önemli derecede etkili olduğu ($P \leq 0,05$) görülmüş ve en yüksek renk değerinin BPY grubunda (8,4) olduğu tespit edilmiştir. Renk haricinde koku, lezzet,

yabancı tat ve koku, tekstür ve genel kabul edilebilirlik parametrelerinde ise deneysel uygulamaların önemli derecede etkili olmadığı gözlenmiştir.

Tablo 19. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşaağı Alabalığında Pişirilmiş Filetoya Ait Duyusal Analiz Sonuçları

Parametre	Deneysel Uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BPY-BUY	BPY
Koku	7,7±0,5	7,8±0,2	7,8±0,4	7,6±0,4
Lezzet	8,1±0,6	8,0±0,2	8,0±0,4	7,5±0,0
Renk	8,1±0,1 ^b	8,2±0,1 ^b	8,2±0,0 ^{ab}	8,4±0,1 ^a
Yabancı Tat ve Koku	7,9±0,5	7,7±0,5	7,8±0,6	8,2±0,5
Tekstür	8,0±0,2	8,2±0,6	8,2±0,1	8,1±0,3
Genel Kabul Edilebilirlik	7,9±0,2	8,1±0,3	8,2±0,3	8,0±0,2

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

Maksimum skor: 9 ve minimum skor: 1. (9-6: İyi, 6-3: Orta ve 3-1: Kötü olarak kategorize edilmiştir).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesin gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Lesiow *et al.* (2009), insanların balıkları tüketmeleri hususunda, en önemli faktörler olarak sınıflandırılan lezzet ve doku yapısına ek olarak, renk faktörünün de özellikle salmonidler için oldukça önemli olduğunu bildirmişlerdir. Johansson *et al.* (2000) ise balıkları familya olarak tasnif etmeden genel olarak doku, koku, tat ve görsel görünüm vb. birçok faktörün birleşik algısıyla kalitenin belirlenebileceğini; çünkü farklı parametreler olmadan sonuçların doğrudan karşılaştırılmasının zor olabileceğini bildirmişlerdir (Brinker and Reiter 2011). Bu nedenle çalışmamızda hem pişmiş hem de çiğ filetolar duyusal testlere tabii tutularak belirlenen parametrelerin fazla olması göz önünde bulundurulmuştur. Atlantik somonu üzerinde bitkisel diyetlerle yapılan besleme çalışmasında farklı diyetlerle beslenen gruplardan elde edilen filetolarda yine tekstür değerlerinin önemli derecede etkilenmediği bildirilmiştir (Davidson *et al.* 2018). Bulgularımızın aksine bazı araştırmalarda ise bitkisel ve hayvansal kaynaklı diyetlerin duyusal parametreler üzerinde genel olarak etkili olduğu bildirilmiştir. Örneğin de Francesco (2004), organoleptik testlerin gruplar arasında önemli farklılıklar ortaya koyduğunu özellikle bitkisel diyetle beslenen alabalık filetolarının daha yüksek et sertliğine, daha az tatlılığa, daha az koku yoğunluğuna ve daha düşük sulu olma eğilimine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

pH

Farklı yem ve yemleme stratejisi ile 150 gün boyunca beslenen gökkuşaağı alabalığına ait filetoların +4 °C'de 12 günlük depolama süresince pH sonuçları Tablo 20'de gösterilmiştir.

Sonuçlar ele alındığında deneysel uygulamaların pH değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı, gün ve deneysel uygulamalar $\times$ gün interaksyonu bakımından ise önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$).

Bütün deneme gruplarındaki pH değerlerinin 0'ıncı günde en yüksek olduğu ve bu değerlerin diğer günlere kıyasla 6'ıncı günde kısmen yükselerek 12 günlük muhafaza süresince azalış gösterdiği belirlenmiştir. Buzdolabında depolamanın ilk gününde BPY-BUY grubuna ait filetolardaki pH değerinin en yüksek seviyede (7,23) yer aldığı, son gününde ise BUY grubunda (6,47) olduğu gözlenmiştir. Diğer taraftan muhafaza süresince tespit edilen en düşük pH değerinin 12. günde yemleme stratejisi uygulanan gruplarda (BPY/BUY ve BPY-BUY) olduğu (6,38) tespit edilmiştir.

Genel olarak ölümden sonra balıkların pH değerlerinde bir azalmanın görüldüğü, bu durumun ise balık türlerine, öldürmeden önceki strese, kas dokusundaki mevcut enerji depolarına, filetoyu yumuşatan dokusal değişikliklere, mikrobiyal gelişmelere ve et üzerinde istenmeyen koşulların oluşmasına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Rasmussen 2001). Sonuçlarımıza benzer şekilde, Brinker *et al.* (2011), bitkisel diyetle beslenen alabalıkların filetolarındaki pH değerlerinin, ölümden sonraki 24 saatlik süre içerisinde azaldığını belirtmişlerdir. Bitkisel kaynaklı diyetlerle alabalıklar üzerinde yapılan diğer çalışmalarda pH sonuçlarının yine sonuçlarımızla örtüşerek yakın ve benzer değerlerde olduğu, depolama süresine bağlı olarak pH seviyelerinin azaldığı diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Concollato *et al.* 2016; Brinu *et al.* 2021).

Tablo 20. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşaklı Alabalığına Ait Filetolarda Zamana Bağlı pH, TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$) ve TVB-N (mg/100 g) Değişimleri.

Deneyssel uygulamalar	Gün	pH	TBARS	TVB-N
BUY	0	7,11 $\pm$ 0,05 ^{ab}	0,16 $\pm$ 0,02 ^j	10,57 $\pm$ 0,11 ^m
	3	6,70 $\pm$ 0,02 ^{ij}	0,48 $\pm$ 0,02 ⁱ	12,97 $\pm$ 0,12 ^j
	6	6,89 $\pm$ 0,07 ^{cdefg}	1,78 $\pm$ 0,18 ^{fg}	13,56 $\pm$ 0,14 ⁱ
	9	6,87 $\pm$ 0,05 ^{cdefgh}	3,89 $\pm$ 0,34 ^d	15,62 $\pm$ 0,12 ^g
	12	6,47 $\pm$ 0,01 ^k	6,02 $\pm$ 0,11 ^a	19,58 $\pm$ 0,41 ^d
BPY/BUY	0	6,99 $\pm$ 0,18 ^{bcd}	0,13 $\pm$ 0,00 ^j	10,66 $\pm$ 0,19 ^m
	3	6,75 $\pm$ 0,03 ^{ghij}	0,44 $\pm$ 0,03 ^{ij}	12,38 $\pm$ 0,26 ^k
	6	6,94 $\pm$ 0,04 ^{cdef}	1,47 $\pm$ 0,04 ^{gh}	13,99 $\pm$ 0,06 ⁱ
	9	6,78 $\pm$ 0,03 ^{fghij}	2,89 $\pm$ 0,01 ^e	16,14 $\pm$ 0,06 ^f
	12	6,38 $\pm$ 0,14 ^k	4,42 $\pm$ 0,43 ^c	20,36 $\pm$ 0,34 ^c
BPY-BUY	0	7,23 $\pm$ 0,26 ^a	0,19 $\pm$ 0,00 ^{ij}	10,27 $\pm$ 0,16 ^m
	3	6,74 $\pm$ 0,04 ^{ghij}	0,38 $\pm$ 0,02 ^{ij}	12,62 $\pm$ 0,27 ^{jk}
	6	6,80 $\pm$ 0,06 ^{efghij}	1,41 $\pm$ 0,56 ^h	13,80 $\pm$ 0,11 ⁱ
	9	6,65 $\pm$ 0,06 ^j	2,86 $\pm$ 0,03 ^e	15,99 $\pm$ 0,30 ^{fg}
	12	6,38 $\pm$ 0,16 ^k	4,83 $\pm$ 0,02 ^b	21,97 $\pm$ 0,75 ^a
BPY	0	7,02 $\pm$ 0,12 ^{bc}	0,13 $\pm$ 0,03 ^{oj}	10,49 $\pm$ 0,24 ^m
	3	6,85 $\pm$ 0,05 ^{defghi}	0,24 $\pm$ 0,03 ^{ij}	11,62 $\pm$ 0,20 ^l
	6	6,96 $\pm$ 0,05 ^{bcde}	1,64 $\pm$ 0,21 ^{fgh}	14,58 $\pm$ 0,53 ^h
	9	6,71 $\pm$ 0,12 ^{hij}	1,94 $\pm$ 0,09 ^f	16,80 $\pm$ 0,28 ^e
	12	6,39 $\pm$ 0,06 ^k	4,01 $\pm$ 0,19 ^d	21,24 $\pm$ 0,51 ^b

2-yönlü ANOVA

Uygulama	0,59	0,00	0,00
Gün	0,00	0,00	0,00
Uygulama $\times$ Gün	0,03	0,00	0,00

Sonuçlar ort $\pm$ std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$)

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Tiyobarbitürik asit (TBARs) miktarı

Faklı yem ve yemleme stratejisi ile 150 gün boyunca beslenen gökkuşağı alabalığına ait filetoların +4 °C’de 12 günlük depolama süresince TBARs sonuçları Tablo 20’de gösterilmiştir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde TBARs değerleri üzerinde deneysel uygulamaların, günlerin ve deneysel uygulamalar × gün interaksyonunun önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$).

Araştırmamızdaki deneysel uygulamalarda tespit edilen TBARs değerlerinin, 12 günlük muhafaza süresi boyunca ortalama 0,13 ile 6,02 $\mu\text{mol MDA/kg}$ arasında değiştiği ve bekletme süresi boyunca artış gösterdiği görülmektedir. Depolamanın 0. gününde en yüksek seviyenin 0,19 $\mu\text{mol MDA/kg}$ ile BPY-BUY deneysel grubunda yer aldığı, 3, 6, 9 ve 12’inci günlerde ise en yüksek TBARs seviyesinin BUY deneysel grubunda (sırasıyla 0,48, 1,78, 3,89 ve 6,02 $\mu\text{mol MA/kg}$) olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan depolamanın son günlerinde (9 ve 12. gün) BPY grubunda en düşük değerler (sırasıyla 1,94 ve 4,01 $\mu\text{mol MDA/kg}$) olarak kaydedilmiştir.

TBARs gibi birçok kimyasal yöntem, depolama sırasında balık kalitesinin bozulmasının bir göstergesi olarak uygulanmaktadır. TBARs değeri, malondialdehit içeriğini ölçen bir lipid oksidasyon indeksidir ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksijenle ilk reaksiyon ürünü olan hidroperoksitler aracılığıyla oluşmaktadır (Fernández *et al.* 1997). Kimyasal testler genellikle enzimatik, bakteriyel veya oksidatif aktivitelerden türetilen parçalanma ürünlerinin miktarını ölçmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Sallam *et al.* 2004). Araştırmamızda depolama süresince tüm deneysel gruplarının TBARs değerlerinin 0 ile 12. günler arasında kademeli olarak arttığı görülmüştür. Benzer şekilde Yıldız *et al.* (2015), farklı lipit kaynaklarıyla oluşturdukları diyetlerin gökkuşağı alabalıklarında TBARs değerlerini 12 günlük muhafaza süresince kademeli olarak arttırdığını belirtmişlerdir. Bruni *et al.* (2021), hayvansal ve bitkisel kaynaklı diyetlerle alabalıkları besledikleri çalışmalarında, diyetel uygulamaların filetolardaki TBARs seviyelerine önemli derecede etki ettiğini ve en yüksek seviyenin hayvansal içerikli diyetle beslenen grupta olduğunu, bunun nedeninin ise uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinden kaynaklandığını sonuçlarımızla örtüşür şekilde belirtmişlerdir ($P \leq 0,05$). Balıklarda TBARs değerinin maksimum 5 $\mu\text{mol MDA/kg}$ ’ı geçmediği durumlarda kalite açısından iyi derecede olduğu, buna karşın TBA’nın 8 $\mu\text{mol MDA/kg}$ değerine kadar tüketilebileceği araştırmacılar tarafından öne sürülmektedir (Schormuller 1969). Çalışmamızda elde ettiğimiz TBARs değerlerinin (0,11 ile 6,02 $\mu\text{mol MDA/kg}$ arasında) insan tüketimi için kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Yapılan diğer araştırmalarda da (Chaiyapechara *et al.* 2003; Yıldız *et al.* 2006) ifade edilen TBARs sonuçlarının çalışmamızla örtüştüğü görülmektedir.

Toplam uçucu temel nitrojen (TVB-N mg/100 g) miktarı

Farklı yem ve yemleme stratejisi ile 150 gün boyunca beslenen gökkuşağı alabalığına ait filetoların +4 °C’de 12 günlük depolama süresince TVB-N sonuçları Tablo 20’de gösterilmiştir. Mevcut sonuçlar genel olarak ele alındığında, TVB-N değerleri üzerinde deneysel uygulamaların, günlerin ve deneysel uygulamalar × gün interaksyonunun önemli derecede etkilerinin olduğu tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Farklı gruplara ait TVB-N değerlerinin 12 günlük muhafaza süresince 10,27 mg/100 g ile 21,97 mg/100 g arasında değiştiği ve depolama boyunca TVB-N değerlerinin genel olarak kademeli şekilde artış gösterdiği kaydedilmiştir. Buzdolabında depolama boyunca en yüksek TVB-N seviyesinin depolamanın son gününde (12. gün) BPY-BUY grubunda (21,97 mg/100 g) görüldüğü, aynı günde en düşük seviyenin ise BUY grubunda (19,58 mg/100 g) olduğu tespit edilmiştir.

TVB-N, mikrobiyal aktivitenin bir sonucu olarak proteinlerin ve protein olmayan azotlu bileşiklerin bozulmasıyla üretilen ve balıklarda bozulma göstergesi olarak kullanılan parametredir (Erkan *et al.* 2011; Castro *et al.* 2012; Özoğul *et al.* 2016). Kalite açısından balıklarda TVB-N değerinin 0-25 mg N/100 g çok iyi, 26-30 mg N/100 g iyi, 31-35 mg N/100 g tüketilebilir ve 35 mg N/100 g üzerinde ise bozulmuş ürün olarak değerlendirildiği bilinmektedir (Huss 1988). Yapmış olduğumuz depolama süresince tüm gruplardaki alabalık filetolarının TVB-N parametresi bakımından 25 mg N/100 g seviyesini aşmadığı ve insan tüketimi açısından Huss (1998)’in belirtmiş olduğu skalaya göre çok iyi seviyede olduğu belirlenmiştir.

Fileto yağ asidi kompozisyonu

Deneysel yemler ve yemleme stratejisi ile 150 gün süresince beslenen gökkuşağı alabalığı filetolarının yağ asidi kompozisyonu Tablo 21’de sunulmuştur. Genel anlamda filetolara ait yağ asidi kompozisyonu, ilgili diyetlerin ve yemleme programının yağ asidi profilini yansıtmıştır. Deneysel uygulamalar 14:0, 16:0, 16:1, 18:0, LA, LNA, 18:4n-3, 21:0, 20:2n-6, EPA ve DHA gibi yağ asitlerinin oranlarını önemli derecede etkilemiştir ($P \leq 0,05$). BPY grubunda en fazla bulunan yağ asitleri LA (%25,0) ve OA (%23,8) iken, BUY grubundaki dominant yağ asitleri OA (%23,3) ve DHA (%17,3) olarak tespit edilmiştir. Toplam SFA, MUFA ve n3 ile n3/n6 oranı yemdeki balık yağı kullanıma bağlı olarak gruplar arasında değişiklik göstermiştir ($P \leq 0,05$). En yüksek değerler BUY grubunda görülürken (sırasıyla %35,5, %28,2, %25,5 ve 2,4), en düşük değerler ise BPY grubunda kaydedilmiştir (sırasıyla %26,9, %25,2, %21,0 ve 0,8). Toplam PUFA ve n6 miktarları da deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmiş ($P \leq 0,05$), en yüksek değerler BPY grubunda gözlenirken (sırasıyla

%47,9 ve %27,0), en düşük değerler BUY grubunda kaydedilmiştir (sırasıyla %36,3 ve %10,8). BPY grubunda toplam PUFA'yı oluşturan ana yağ asitleri LA ve LNA iken, BUY grubundaki esas PUFA'lar EPA ve DHA olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 21. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşluğu Alabalığına Ait Filetolarda Yağ Asidi Kompozisyonu (%)

Yağ asitleri	Deneyssel uygulamalar			
	FM	PM/FM	PM-FM	PM
14:0	12,3±0,1 ^a	9,6±0,3 ^{bc}	10,1±0,1 ^b	8,2±1,6 ^c
16:0	16,5±0,5 ^a	14,5±1,1 ^c	14,1±0,5 ^c	12,5±0,3 ^b
16:01	4,4±0,5 ^a	2,5±0,4 ^b	2,2±0,1 ^b	1,2±0,2 ^c
18:0	4,1±0,4	4,4±0,1	4,5±0,1	4,5±0,1
18:1n-9	23,3±0,8	24,2±1,4	23,1±0,4	23,8±1,6
18:2n-6	9,0±1,0 ^c	18,3±1,5 ^b	19,3±0,5 ^b	25,0±1,1 ^a
20:0	0,9±0,6	0,2±0,1	0,3±0,1	0,2±0,0
18:3n-3	3,5±0,3 ^d	8,4±0,8 ^c	9,5±0,3 ^b	11,9±0,4 ^a
18:4n-3	0,9±0,2 ^b	0,9±0,1 ^b	1,2±0,1 ^{ab}	1,5±0,3 ^a
21:0	0,6±0,1 ^c	1,0±0,1 ^{ab}	1,0±0,1 ^b	1,2±0,0 ^a
20:2n-6	0,3±0,1 ^c	0,6±0,1 ^b	0,7±0,0 ^b	0,9±0,0 ^a
20:3n-6	0,7±0,3	0,6±0,3	0,5±0,0	0,3±0,2
20:4n-6	0,8±0,2	0,7±0,1	0,8±0,2	0,7±0,0
20:5n-3	3,8±0,4 ^a	2,0±0,1 ^b	1,9±0,1 ^b	1,1±0,2 ^c
24:0	1,1±0,7	0,7±0,5	0,2±0,1	0,3±0,2
24:1n-9	0,5±0,2	0,3±0,1	0,5±0,2	0,2±0,1
22:6n-3	17,3±0,7 ^a	11,1±0,6 ^b	10,2±0,2 ^b	6,5±1,2 ^c
ΣSFA	35,5±0,8 ^a	30,4±1,9 ^b	30,1±0,4 ^b	26,9±1,7 ^c
ΣMUFA	28,2±1,1 ^a	26,9±1,1 ^{ab}	25,8±0,1 ^b	25,2±1,6 ^b
ΣPUFA	36,3±0,3 ^d	42,7±1,1 ^c	44,0±0,4 ^b	47,9±0,5 ^a
Σn3	25,5±0,6 ^a	22,5±0,6 ^b	22,8±0,1 ^b	21,0±0,7 ^c
Σn6	10,8±0,8 ^c	20,2±1,7 ^b	21,3±0,3 ^b	27,0±1,1 ^a
n3/n6	2,4±0,2 ^a	1,1±0,1 ^b	1,1±0,0 ^b	0,8±0,1 ^c

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesin gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

Daha önceki çalışmalarda fileto yağ asitlerinin diyetdeki lipit kaynaklarından önemli ölçüde etkilendiği bildirilmiştir (Güler and Yıldız, 2011; Dernekbaşı *et al.* 2017; Fickler *et al.* 2018). Benzer diğer araştırmalarda (Rinchard *et al.* 2007; Yıldız *et al.* 2010; Ti *et al.* 2019) bitkisel yağların kullanımına bağlı olarak fileto yağ asitleri profillerinin, genel olarak sonuçlarımızla örtüştüğü ve özellikle LA ve LNA bakımından yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Diğer taraftan uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerini içermeyen diyetssel bitkisel yağların, fileto yağ asidi profilini büyük ölçüde değiştirdiği ve filetolarda EPA ve DHA

içeriklerini azalttığı bildirilmektedir (Tocher *et al.* 2003; Bell *et al.* 2004; Francis *et al.* 2007; Sprague *et al.* 2016; Gasco *et al.* 2020; Parisi *et al.* 2020). Benzer şekilde, mevcut çalışmada yemde balık yağı yerine bitkisel yağ kullanımı filetoda EPA ve DHA'nın azalmasına, LA ve LNA gibi yağ asitlerinin ise atmasına sebep olmuştur. Diğer yandan, tamamen bitkisel yağ içeren yemle beslenen BPY grubunda küçümsenemeyecek kadar önemli seviyede EPA (%1,1) ve DHA (%6,5) bulunması, gökkuşağı alabalığının 18 karbonlu omega-3 olan LNA'ten 20 karbonlu EPA ve 22 karbonlu DHA'yı sentezleyebildiğini göstermektedir (Arslan *et al.* 2012).

Fileto amino asit kompozisyonu

Deneysel yemler ve yemleme stratejisi ile 150 gün süresince beslenen gökkuşağı alabalığı filetolarının yağ asidi kompozisyonu Tablo 22'de sunulmuştur. Fileto amino asit kompozisyonu deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmemiştir. Bununla birlikte toplam EAA miktarı BUY grubunda BPY grubuna göre daha yüksek, toplam EOAA miktarı ise daha düşük olma eğilimi göstermiştir. $\sum EOAA / \sum EAA$ oranı deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmemiş, ortalama 0,88 olarak tespit edilmiştir.

Harlioğlu (2012), alabalıklar üzerinde farklı oranlarda bitkisel ve hayvansal içerikli diyetlerle yaptığı besleme çalışmasında, yüksek oranda bitkisel kaynak içeren diyetle yüksek oranda balık unu içeren diyetle beslenen balıkların kaslarında tespit ettikleri metiyonin seviyelerinin deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilenmediğini bildirmişlerdir. Diğer yandan aynı araştırmada tespit edilen lizin seviyelerinin ise diyetlerden önemli derecede etkilenerek bitkisel hammadde kullanımıyla birlikte azalmalar gösterdiği belirtilmiştir. Hansen *et al.* (2007), Atlantik morinası üzerinde tamamen bitkisel, tamamen hayvansal ve farklı oranlarda bitkisel/hayvansal içerikli diyetlerle yaptıkları araştırmada, balıkların kaslarında tespit edilen arjinin esansiyel amino asit seviyesinin diyetlerdeki bitkisel içerik miktarının artışıyla birlikte azaldığını belirtmişlerdir. Çalışmamıza benzer şekilde Nil tilapyasında yemlerde balık unu yerine bitkisel kaynak kullanmanın fileto amino asit içeriğine etki etmediği bildirilmiştir (Herath *et al.* 2016).

Tablo 22. Farklı Yem ve Yemleme Stratejisi İle 150 Gün Boyunca Beslenen Gökkuşığı Alabalığına Ait Filetolarda Amino Asit Kompozisyonu (%)

<i>Amino asitler</i>	Deneysel Uygulamalar			
	BUY	BPY/BUY	BPYBUY	BPY
<u>EAA</u>				
Arjinin	2,59±0,26	2,49±0,16	2,51±0,21	2,31±0,18
Treonin	0,25±0,14	0,36±0,18	0,30±0,11	0,40±0,19
Histidin	0,44±0,02	0,31±0,03	0,47±0,04	0,33±0,06
Valin	0,48±0,02	0,35±0,07	0,54±0,05	0,49±0,09
Metiyonin	0,97±0,21	1,07±0,11	1,11±0,09	0,98±0,12
Tiriptofan	ND	ND	ND	ND
Fenilalanin	0,27±0,03	0,10±0,08	0,36±0,06	0,42±0,12
İzolösin	0,62±0,14	0,45±0,09	0,73±0,06	0,37±0,09
Lösin	0,59±0,07	0,71±0,15	0,81±0,22	0,59±0,07
Lizin	2,42±0,06	2,59±0,07	2,51±0,05	2,64±0,12
ΣEAA	8,64±0,33	8,43±0,16	8,49±0,28	7,90±0,49
<u>EOAA</u>				
Glutamik asit	0,27±0,39	0,50±0,42	0,42±0,43	0,58±0,34
Aspartik asit	0,14±0,19	0,28±0,22	0,37±0,25	0,65±0,30
Asparajin	1,20±0,40	1,29±0,25	1,23±0,43	1,24±0,25
Serin	1,05±0,03	1,06±0,03	1,09±0,05	1,33±0,05
Glutamin	0,69±0,01	0,71±0,02	0,70±0,01	0,79±0,04
Glisin	1,24±0,15	1,37±0,31	1,42±0,10	1,49±0,11
Alanin	1,00±0,05	1,01±0,09	1,00±0,14	1,21±0,16
Tirozin	0,82±0,07	0,92±0,03	0,90±0,04	1,05±0,06
Sistin	1,17±0,01	1,27±0,02	1,08±0,03	1,36±0,04
ΣEOAA	7,03±0,55	7,16±0,80	6,95±0,67	8,34±0,12
ΣAA	15,67±3,00	15,59±2,95	15,44±3,09	16,24±2,16
ΣEOAA/ΣEAA	0,81±0,12	0,84±0,11	0,81±0,14	1,05±0,10

Sonuçlar ort±std. sapma (n=3) olarak verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel açıdan önemli fark olduğunu göstermektedir ($P \leq 0,05$).

ND: tespit edilememiştir, BUY: tamamen BUY yemi ile besleme, BPY/BUY: sabah BPY, öğleden sonra ise BUY ile besleme, BPY-BUY: bir gün tamamen BPY, ertesi gün ise tamamen BUY ile besleme, BPY: tamamen BPY yemi ile besleme

SONUÇ ve ÖNERİLER

Balık unu ve balık yağı, balık yemlerinin en önemli bileşenleridir ve bu nedenle su ürünleri yetiştiriciliği, diyet bileşenleri için bir kaynak olarak deniz balıkçılığına büyük ölçüde bağımlıdır. Son yıllarda görülen iklim değişikliği ve küresel ısınma, tsunami ve sel gibi doğal afetler, insan nüfusunun artması ve üretilen su ürünlerinin daha çok oranlarda insan gıdası olarak tüketilmesi, Covid 19 salgınıyla birlikte gıda arz güvenliği ve sürdürülebilirlik kavramlarının daha da önem kazanması ve ayrıca en önemli hususlardan olan dünyada ve ülkemizdeki avcılık seviyelerinin doygunluk noktasına ulaşması neticesinde yetiştiricilik sektörünün giderek büyümesiyle birlikte balık unu ve yağı tedariki daha da önemli bir konu haline gelmiştir. Bu durum neticesinde “fish in:fish out” kavramı son yıllarda ortaya çıkmış ve gün geçtikçe bu kavramı temsil eden oranların sıfır değerinde ve sıfıra yakın olması arzu edilmektedir. Diğer bir deyişle çitlik balıkları yemlerinde kullanılan balık unu ve yağının minimal seviyelere çekilmesi arzulanmaktadır. Mevcut çalışmamızda tespit ettiğimiz FIFO değerleri BUY deneysel grubunda 4,69:1,00, BPY/BUY ve BPY-BUY gruplarında sırasıyla 2,35:1,00 ve 2,36:1,00, BPY grubunda ise sıfır olarak hesaplanmıştır. Diğer bir deyişle, sadece balık unu/balık yağı tabanlı yemle beslenen grupta (BUY) 1 kg balık üretimi için 4,69 kg pelajik balığın avlanması gerekirken, sadece bitkisel içerikli yemle beslenen grupta (BPY) 1 kg balık üretimi için hiç pelajik balık avlanmasına gerek kalmamaktadır. Her iki yemin dönüşümlü olarak kullanıldığı gruplarda ise 1 kg balık üretimi için yaklaşık 2,4 kg pelajik balık gerekmektedir. Alabalık gibi karnivor balık yemlerinde kıt bir kaynak olan balık unu yerine özellikle bitkisel yemlerin kullanımı yem maliyetlerini düşürecektir. Böylelikle yaptığımız bu çalışmanın ekonomik ve sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği adına önemli sonuçlar sunabileceği düşünülmektedir.

Besleme deneyi sonunda balıklar vücut ağırlıklarını deneysel gruplara bağlı olarak 6,8 ile 9 katına çıkarmışlardır. İki farklı yemin dönüşümlü olarak kullanılması özellikle pepsin, tripsin ve lipaz enzim aktivitelerini uyarak, yemlerin tek olarak kullanıldığı gruplara göre büyümeyi önemli derecede arttırmıştır. Bununla birlikte, en düşük büyüme performansı gösteren BPY grubundaki balıkların dahi 209,7 g nihai ağırlığa kadar büyüyerek ülkemizdeki ortalama porsiyonluk alabalık ağırlığına ulaşabildiği görülmüştür. Balık yetiştiriciliğinde kullanılan yemlerin, gerek canlı ağırlık üzerinden yapılan yüzde hesaplamalarla gerekse de *ad libitum* (doyana kadar) metotlarla uygulandığında firmadan firmaya içerik ve büyüklük

farklılıkları gösterebilen tek çeşit ticari yemler olduğu bilinmektedir. Ancak, mevcut araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda, balıkların tek çeşit yemle beslemesi yerine farklı yemlerin dönüşümlü olarak kullanılması önerilebilir. Böylece çalışmamız, alabalık başta olmak üzere ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan levrek, çipura gibi diğer karnivor türlerin yetiştiriciliğinde de kullanılabilecek yeni bir yemleme/besleme metodu sunmaktadır. Balık yetiştiriciliği konusunda diğer önemli bir husus ise yem değerlendirme katsayısıdır. En düşük YDK'nın, BPY/BUY grubunda (1,11), en yüksek ise BPY grubunda (1,20) olduğu sonuçlarımızda tespit edilmiştir. Dönüşümlü yemleme stratejisi uygulanan gruplarda (BPY/BUY ve BPY-BUY), YDK'nın diğer gruplara oranla daha düşük değerlerde kaydedildiği ve büyümeyle ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir. Çalışmamızın önerdiği yeni yemleme/besleme stratejisinin yem değerlendirme etkinliğini arttırarak yetiştiricilik maliyetini de düşüreceği söylenebilir.

Balık yetiştiriciliği esnasında gerçekleşen azot salınımı çevresel etki bakımından önem arz etmektedir. Balık yeminin kalitesiyle birlikte kimyasal içeriği, ayrıca tercih edilen yemleme yöntemi, çevreye salınan azot miktarını etkilemektedir. Çünkü tüketilmeyen ve sindirilemeyen yem, çevrenin kirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Kirlilikle birlikte balıklarda verim kaybıyla birlikte hatta toplu ölümlere, ayrıca su kalitesinde düşüslere neden olmaktadır. Atık yemin azaltılması ve yemlerin sindirilebilirliğinin artırılmasıyla birlikte hem balıklar için belirli bir değerin üzerinde toksik etki yapan azotun hem de yukarıda bahsedilen çevre kirliliğinin önüne geçilebileceği belirtilmektedir. Mevcut çalışmada, farklı formülasyona sahip yemlerin tek başına veya dönüşümlü olarak kullanılmalarının toplam azot salınım seviyesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Tamamen bitkisel kaynaklarla formüle edilen yemlerin gerek tek başına gerek se dönüşümlü olarak kullanılmasının çevresel açıdan problem oluşturmayacağı söylenebilir.

Oksijenli solunumun doğal sonucu olarak vücutta oksidatif strese ve dolayısıyla lipid peroksidasyonuna sebep olan reaktif oksijen türleri oluşmaktadır. Mevcut çalışmada, oksidasyona çok yatkın olan balık yağının yerine bitkisel yağların kullanılması, BPY grubunda lipid peroksidasyonunu (MDA) önemli derecede düşürmüştür. Aynı zamanda, SOD aktivitesi ve GSH miktarı da diyetel bitkisel yağlar/hammaddelerin artmasıyla artış göstermiştir. Bu sonuçların balık refahı açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan tamamen bitkisel hammadde içeren yemlerin tek başına kullanıldığı yemle beslenen balıkların histolojik bulgularında hafif düzeyde dejenerasyonlar tespit edilse de, bu durumun her iki deneysel yemin dönüşümlü olarak kullanılması durumunda giderilebileceği sonucuna varılmıştır.

Fileto, balıklarda insan gıdası olarak tüketilen yenilebilir kısım olarak nitelendirilmektedir. Bu nedenle besleme çalışmalarında nihai ürün şeklinde değerlendirilirken ağırlık baz alınmakta ve toplam vücut ağırlığına üzerinden hesaplanmaktadır. Sonuçlarımızda fileto verimliliği üzerinde yem içeriklerinin ve besleme stratejilerinin önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Diğer yandan fileto proksimet kompozisyonu değerlendirildiğinde, deneysel uygulamaların genel olarak protein, lipit, nem ve kül miktarları üzerinde önemli farklılıklara sebep olmadığı görülmektedir. Esansiyel yağ asitlerinden özellikle EPA ve DHA'nın gerek balıkların gerekse de insan beslenmesinde çok önemli fonksiyonlarının olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla balıketteki EPA ve DHA miktarları büyük önem arz etmektedir. Mevcut çalışmada, filetolardaki yağ asitlerinin genel olarak diyetel yağ içeriklerini yansıttığı görülmektedir. Diyetel balık yağı arttıkça filetodaki EPA ve DHA miktarının da arttığı görülmektedir. Diğer yandan, sadece BPY yemi ile beslenen balıklar diyetel balık yağı almamalarına rağmen filetolarında yine de sırasıyla %1,1 ve %6,5 oranında EPA ve DHA tespit edilmiştir. Bu durum, gökkuşağı alabalığının diyetlerde kullanılan LNA gibi 18 C'lu omega 3 yağ asitlerini EPA ve DHA'ya dönüştürebilme kapasitesini göstermektedir. Dolayısı ile tamamen bitkisel yağ içeren yemlerle beslendiğinde dahi gökkuşağı alabalığının insanlar için EPA ve DHA kaynağı olabileceği görülmektedir. Balıketi yüksek kalitede protein içermektedir. Diğer bir deyişle insan için esansiyel amino asitleri dengeli ve bol miktarda içermektedir. Mevcut çalışmada fileto amino asit içeriğinin deneysel uygulamalardan etkilenmediği ve tipik balıketi karakteri sergilediği görülmektedir.

Balıkların tüketim tercihleri aşamasında dış görünüş, parlaklık, bütünlük, renk gibi birçok faktörün balığın kalitesi ve müşteri beğenisi üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Özellikle Salmonidlerin filetolarında da renk faktörünün tüketim tercihinde ön plana çıktığı bilinmektedir. Bu renklenmelere balığın türünün yanı sıra büyüklüğü ve beslenme şekline bağlı olarak yemlerde bulunan hammaddelerin neden olabileceği belirtilmektedir. Sonuçlarımızda filetolardaki L* yani parlaklık değeri hariç, a* (sarı) ve b* (kırmızı) renk değerleri üzerinde yem içeriklerinin ve besleme stratejilerinin önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, tamamen bitkisel hammaddeleri içeren yemin tek başına veya dönüşümlü olarak kullanımı balıkların filetolarında arzu edilmeyen renklenmelere neden olmadığından dolayı, tüketim tercihi açısından renk hususunda olumsuz bir duruma sebep olmayacağı öngörülmektedir.

Duyusal analizler, gıda ürünlerinin kalitesi ve tüketim tercihleri hususunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü bu analizlerde insanlar, ürünleri direk duyu organlarıyla değerlendirme fırsatı yakaladıkları için daha sağlıklı ve rasyonel sonuçlar alınabilmektedir.

Mevcut araştırmamızda, hem çiğ hem de pişmiş filetolar üzerinden genel bir değerlendirme yapılmıştır. Çiğ filetolardaki genel kabul edilebilirlik üzerinde yem içeriklerinin ve besleme stratejilerinin önemli bir etkisinin olduğu, en yüksek beğeni puanının tamamen bitkisel kaynaklı diyetle beslenen grupta olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, pişmiş filetolarda deneysel uygulamaların duyuşsal analiz parametrelerine herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, bitkisel hammaddelerle formüle edilen yemlerin tek başına veya dönüşümlü olarak kullanılmasının tketic i beğenisi açısından her hangi bir negatif etkisinin olmadığı görülmektedir.

Buzdolabında saklanan/bekletilen filetoların bozulmadan uzun süre kalabilmesi önemli kalite göstergesidir. Bu açıdan, bekleme süresine bağlı olarak ürünlerde pH, TVB-N ve TBARS değişimi bozulma derecesi hakkında fikir veren en önemli indikatörlerdir. Sonuçlarımızda tespit ettiğimiz pH seviyelerinin, depolamanın başlangıcından itibaren tüm deneysel gruplarda azalış gösterdiği ve depolamanın son gününde deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği, ayrıca bu seviyelerin tüm uygulamalarda taze balıkta arzu edilen pH aralığı içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. Böylelikle kalite bakımından, yem içerikleri ve besleme stratejileri uygulamalarının filetolardaki pH seviyesi üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmadığı görülmektedir. Diğer kalite indikar olan TBARS seviyelerinin depolama süresince tüm gruplarda genel olarak artış gösterdiği ve deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir. Bitkisel kaynaklı yağların diyetteki miktarının artması ile filetolardaki TBARS seviyesinin düştüğü görülmektedir. Bu durumun ise bitkisel kaynaklı yağların balık yağına göre lipit oksidasyonuna karşı daha dayanıklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, balık yemlerinde kullanılan bitkisel yağların filetoların saklama süresini uzatacağı söylenebilir. Filetolarda tespit ettiğimiz TVB-N seviyelerinin depolama süresince bütün gruplarda genel olarak artış gösterdiği ve deneysel uygulamalardan önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir. Genel anlamda, yemdeki bitkisel hammadde miktarının artması filetolardaki TVB-N miktarında artışa neden olsa da, depolama sonunda tüm gruplarda tespit ettiğimiz TVB-N değerlerinin taze balıkta tavsiye edilen sınır değerini aşmadığı görülmektedir. Böylelikle, tamamen bitkisel kaynaklarla formüle edilen yemlerin tek başına veya balıkunu/yağı tabanlı yemle dönüşümlü olarak kullanılmasının TVB-N seviyesi üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abasubong, K. P., Liu, W. B., Zhang, D. D., Yuan, X. Y., Xia, S. L., Xu, C. and Li, X. F., 2018. Fishmeal replacement by rice protein concentrate with xylooligosaccharides supplement benefits the growth performance, antioxidant capability and immune responses against *Aeromonas hydrophila* in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). Fish & Shellfish Immunology, 78, 177-186.
- Aksakal-İçoğlu İ. 2013. Farklı Yağ Kaynağı İçeren Diyetlerin Gökkuşaağı Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Bazı Büyüme (GH-I), (IGF-I), (IGF-II) ve İmmün Sistem (Tgf- β) Genleri Ekspresyonu Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum 2013, 61.
- Alami-Durante, H., Médale, F., Cluzeaud, M. and Kaushik, S.J., 2010. Skeletal muscle growth dynamics and expression of related genes in white and red muscles of rainbow trout fed diets with graded levels of a mixture of plant protein sources as substitutes for fishmeal, Aquaculture, 303, 1–4.
- Albrektsen, S., Mundheim, H. and Aksnes, A., 2006. Growth, feed efficiency, digestibility and nutrient distribution in Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed two different fish meal qualities at three dietary levels of vegetable protein sources. Aquaculture 261, 626–640. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.08.031.
- Alfnes, F., Guttormsen, A. G., Steine, G. and Kolstad, K., 2006. Consumers' willingness to pay for the color of salmon: a choice experiment with real economic incentives. American Journal of Agricultural Economics, 88(4), 1050-1061.
- Altan, Ö. and Korkut, A. Y., 2011. Apparent digestibility of plant protein based diets by European sea bass *Dicentrarchus labrax* L., 1758. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 11(1).
- Aluwong, T., Kawu, M., Raji, M., Dzenda, T., Govwang, F., Sinkalu, V. and Ayo, J.. 2013. Effect of yeast probiotic on growth, antioxidant enzyme activities and malondialdehyde concentration of broiler chickens. Antioxidants, 2(4), 326-339.
- AOAC. 1998. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Schemists. (17th edn). Arlington, VA.
- Arslan, M., Rinchard, J., Dabrowski, K. and Portella, M.C., 2008. Effects of different dietary lipid sources on the survival, growth and fatty acid composition of South American catfish (*Pseudoplatystoma fasciatum*), surubim, juveniles. Journal of the World Aquaculture Society, 39: 51-61.
- Arslan, M., Sirkecioğlu, A. N., Bayır, A., Arslan, H. and Aras, M., 2012. The Influence of Substitution of Dietary Fish Oil with Different Vegetable Oils on Performance and Fatty Acid Composition of Brown Trout, *Salmo trutta*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12(3), 575-583.
- Ayadi, F.Y., Muthukumarappan, K. and Rosentrater, K.A., 2012. Alternative protein sources for Aquaculture feeds. Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition, (4), 1–26.
- Azevedo, P.A., Leeson, S., Cho, C.Y. and Bureau, D.P., 2004. Growth and feed utilization of large size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*)

- reared in freshwater: diet and species effects, and responses over time. *Aquaculture Nutrition*, 10: 401–411.
- Baeverfjord, G., and Krogdahl, Å., 1996. Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., distal intestine: a comparison with the intestines of fasted fish. *Journal of Fish Diseases*, 19(5), 375–387.
- Barrows, F.T., Gaylord, T.G., Stone, D.A.J. and Smith, C.E., 2007. Effect of protein source and nutrient density on growth efficiency, histology, and plasma amino acid concentration of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture Research*, 38, 1747–1758.
- BDA (The British Dietetic Association), 2017. The Nutrition and Hydration Digest. <https://www.bda.uk.com/uploads/assets/c24296fe-8b4d-4626aeebb6cf2d92fccb/NutritionHydrationDigest.pdf>. 03.08.2021.
- Bell, J. G., Henderson, R. J., Tocher, D. R. and Sargent, J. R., 2004. Replacement of dietary fish oil with increasing levels of linseed oil: modification of flesh fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) using a fish oil finishing diet. *Lipids*, 39(3), 223–232.
- Bell, J.G., Tocher, D.R., MacDonald, F.M. and Sargent, J.R., 1995. Effects of dietary borage oil (enriched in linoleic acid, 18:3(n-6) or marine fish oil (enriched in eicosapentaenoic acid, 20:5 (n-3) on growth, mortalities, liver histopathology and lipid composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 14, 373–383.
- Benedito-Palos, L., Ballester-Lozano, G.F., Simó, P., Karalazos, V., Ortiz, Á., Calduch-Giner, J. and Pérez-Sánchez, J., 2016. Lasting effects of butyrate and low FM/FO diets on growth performance, blood haematology/biochemistry and molecular growth-related markers in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) *Aquaculture*. (454) 8–18. doi: 10.1016/j.aquaculture.
- Benedito-Palos, L., Saera-Villa, A., Calduch-Giner, J.A., Kaushik, S. and Pérez-Sánchez, J., 2007. Combined replacement of fish meal and oil in practical diets for fast growing juveniles of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): networking of systemic and local components of GH/IGF axis. *Aquaculture*, 267, 199–212.
- Betancor, M. B., Li, K., Bucerzan, V. S., Sprague, M., Sayanova, O., Usher, S., Han, L., Norambuena, F., Torrisen, O., Napier, J. A., Tocher, D. R. and Olsen, R. F., 2018. Oil from transgenic *Camelina sativa* containing over 25% n-3 long-chain PUFA as the major lipid source in feed for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *British Journal of Nutrition*, 119: 1378–1392.
- Betancor, M. B., Sprague, M., Montero, D., Usher, S., Sayanova, O., Campbell, P. J., Napier, J. A., Caballero, M. J., Izquierdo, M. and Tocher, D. R., 2016. Replacement of Marine Fish Oil with de novo Omega-3 Oils from Transgenic *Camelina sativa* in Feeds for Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.). *Lipids*, 51(10): 1171–1191.
- Bilgüven, M. and Barış, M., 2011. Effects of the Feeds Containing Different Plant Protein Sources Growth Performance and Body Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, W.). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 11(3), 345–350. DOI: 10.4194/1303-2712-v11_3_02.
- Bilgüven, M., 2002. Yemler bilgisi yem teknolojisi ve balık besleme. Akademisyen Yayınevi Yayın No:1. Mersin.

- Bjerkeng, B., Hatlen, B. and Wathne, E., 1999. Deposition of astaxanthin in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with herring, capelin, sandeel, or Peruvian high PUFA oils. *Aquaculture*, 180(3-4), 307-319.
- Bonaldo, A., Parma, L., Mandrioli, L., Sirri, R., Fontanillas, R., Badiani, A. and Gatta, P.P., 2011. Increasing dietary plant proteins affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut histology in turbot (*Psetta maxima*) juveniles. *Aquaculture*, 318(1-2), 101-108.
- Bowyer, J. N., Qin, J. G., Smullen, R. P., Adams, L. R., Thomson, M. J. and Stone, D. A., 2013. The use of a soy product in juvenile yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) feeds at different water temperatures: 1. Solvent extracted soybean meal. *Aquaculture*, 384, 35-45.
- Brezas, A. and Hardy, R. W., 2020. Improved performance of a rainbow trout selected strain is associated with protein digestion rates and synchronization of amino acid absorption. *Scientific reports*, 10(1), 1-12.
- Brinker, A. and Reiter, R., 2011. Fish meal replacement by plant protein substitution and guar gum addition in trout feed, Part I: Effects on feed utilization and fish quality. *Aquaculture*, 310(3-4), 350-360. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.09.041.
- Bruce, T. J., Sindelar, S. C., Voorhees, J. M., Brown, M. L. and Barnes, M. E., 2017. Performance and immunological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed bioprocessed plant-based proteins. *Aquaculture Nutrition*, 23(5), 1160-1168. doi:10.1111/anu.12485.
- Bruni, L., Secci, G., Husein, Y., Faccenda, F., Lira de Medeiros, A.C. and Parisi, G., 2021. Is it possible to cut down fishmeal and soybean meal use in aquafeed limiting the negative effects on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet quality and consumer acceptance? *Aquaculture*, 543 (2021), Article 736996, 10.1016/j.aquaculture.2021.736996.
- BSGM (Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü), 2021. Su Ürünleri İstatistikleri 2021. <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf>. 03.08.2021.
- Bugeon, J., Lefevre, F., Cardinal, M., Uyanik, A., Davenel, A. and Haffray, P., 2010. Flesh quality in large rainbow trout with high or low fillet yield. *Journal of Muscle Foods*, 21(4), 702-721.
- Byelashov, O. A. and Griffin, M. E., 2014. Fish in, fish out: perception of sustainability and contribution to public health. *Fisheries*, 39531-535, 10.1080/03632415.2014.967765.
- Caballero, M. J., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M. and Izquierdo, M. S., 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue FA composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 214: 253-271.
- Caballero, M.J., Izquierdo, M.S., Kjorsvik, E., Fernández, A.J. and Rosenlund, G. 2004. Histological alterations in the liver of sea bream, *Sparus aurata* L., caused by shortor long-term feeding with vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid source. *Journal of Fish Diseases*, 27: 531–541. doi: 10.1111/j.1365-2761.2004.00572.x.
- Cabrita, E., Martínez-Páramo, S., Gavaia, P. J., Riesco, M. F., Valcarce, D. G., Sarasquete, C. ... and Robles, V., 2014. Factors enhancing fish sperm quality and emerging tools for sperm analysis. *Aquaculture*, 432, 389-401.

- Cai, W. C., Jiang, G. Z., Li, X. F., Sun, C. X., Mi, H. F., Liu, S. Q. and Liu, W. B., 2018. Effects of complete fish meal replacement by rice protein concentrate with or without lysine supplement on growth performance, muscle development and flesh quality of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 481–491. <https://doi.org/10.1111/anu.12581>.
- Cai, Y., Wermerskirchen, J. and Adelman, R. I., 1996. Ammonia Excretion Rate Indicates Dietary Protein Adequacy for Fish. *The Progressive Fish-Culturist*. 58: 124-127.
- Callet, T., Medale, F., Larroquet, L., Surget, A., Aguirre, P., Kerneis, T., . . . and Dupont-Nivet, M., 2017. Successful selection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on their ability to grow with a diet completely devoid of fishmeal and fish oil, and correlated changes in nutritional traits. *PLoS One*, 12(10). doi:ARTN e018670510.1371/journal.pone.0186705.
- Castro, P., Millán, R., Penedo, J. C., Sanjuán, E., Santana, A. and Caballero, M. J., 2012. Effect of storage conditions on total volatile base nitrogen determinations in fish muscle extracts. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21(5), 519-523.
- Celikkale, M.S., Okumuş, I., Kurtoglu, I.Z., Şahin, S., Sivri, N. and Akyol, A. 1998. Comparison of the composition and biochemical properties of meat of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*S. fontinalis*, Mitchell, 1814). (In Turkish). III. East Anatolian National Fisheries Congress. 10-12 June, 1998. Erzurum, Turkey.
- Ceyhun, S.B., Senturk. M., Erdogan, O. And Kufrevioglu, O.I., 2010. In vitro and in vivo effects of some pesticides on carbonic anhydrase enzyme from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) gills. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 97: 177–181.
- Ceylan, N., Yenice, E., Gökçeyrek, D. ve Tuncer, E., 1999. İnsan Beslenmesinde Daha Sağlıklı Yumurta Üretimi Yönünde Kanatlı Besleme Çalışmaları. YUTAV’99 Uluslararası Tavukçuluk Fuarı ve Konferansı, 3-6 Haziran, İstanbul, 300-307.
- Chaiyapechara, S., Liu K.K.M., Barrows, F.T., Hardy, R.W. and Dong, F.M., 2003. Proximate composition, lipid oxidation, and sensory characteristics of fillets from rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fed diets containing 10% to 30% lipid. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34, 266– 288.
- Chakraborty, S.C. and Chakraborty, S., 1998. Effect of dietary protein level on excretion of ammonia in Indian major carp, *Labeo rohita*, fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, 4: 47–51.
- Chamberlain, R.H. and Barnh. R.A., 1993. Early use by fish of a mitigation salt marsh, Humboldt Bay, California. *Estuaries*, 16: 769-783.
- Chance, R. E., Mertz, E. T. and Halver, J. E., 1964. Nutrition of Salmonoid Fishes. Xii. Isoleucine, Leucine, Valine and Phenylalanine Requirements of Chinook Salmon and Inter-Relations between Isoleucine and Leucine for Growth. *Journal of Nutrition*, 83: 177-185.
- Cheng, Z.J. and Hardy, R.W., 2003. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture nutrition*, 9(2), 77-83.
- Cheng, Z.J. and Hardy, R.W., 2002. Apparent digestibility coefficients of nutrients and nutritional value of poultry by-product meals for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* measured in vivo using settlement. *Journal of World Aquaculture Society*, 33(4):458–65. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00025.x>.
- Cho, J. and Kim, I., 2011. Fish meal–nutritive value. *Animal Nutrition*, 95 (2011), 685-692.

- Collins, S. A., Overland, M., Skrede, A. and Drew, M. D., 2013. Effect of plant protein sources on growth rate in salmonids: meta-analysis of dietary inclusion of soybean, pea and canola/rapeseed meals and protein concentrates. *Aquaculture*, 400/401: 85-100.
- Concollato, A., Olsen, R. E., Vargas, S. C., Bonelli, A., Cullere, M. and Parisi, G., 2016. Effects of stunning/slaughtering methods in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from death until rigor mortis resolution. *Aquaculture*, 464, 74-79.
- Cowey, C.B. and Walton, M., 1989. Intermediary Metabolism. *Fish Nutrition*. Second Edition. Edited by John E. Halver, Academic Press, London.
- Cowey C.B., 1986. The role of nutritional factors in the prevention of peroxidative damage to tissues. *Fish Physiology Biochemistry* 2: 171–178.
- Cowey, C. B., Adron, J. W., Hardy, R., Smith, J. G. M. and Walton, M. J., 1979. Utilization by Rainbow-Trout of Diets Containing Partially Rendered Hide Fleshings. *Aquaculture*, 16(3), 199-209. doi:Doi 10.1016/0044-8486(79)90108-X.
- Dabrowski, K., Arslan, M., Rinchar, J. and Palacios, M. E., 2008. Growth, Maturation, Induced Spawning, and Production of the First Generation of South American Catfish, *Pseudoplatystoma* sp., in North America. *Journal Of The World Aquaculture Society*, 39(2), 174-183.
- Dabrowski, K., Arslan, M., Terjesen, B. F. and Zhang, Y., 2007. The effect of dietary indispensable amino acid imbalances on feed intake: Is there a sensing of deficiency and neural signaling present in fish? *Aquaculture*, 268(1-4), 136-142.
- Davidson, J., Good, C., Barrows, F.T., Wesh, C., Kenney, P.B. and Summerfelt, S.T., 2013. Comparing the effects of feeding a grain- or a fishmeal-based diet on water quality, waste production, and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* performance within low exchange water recirculating aquaculture systems. *Aquaculture Engineering* 52:45-57. doi: 10.1016/j.aquaeng. 2012.08.001.
- Davidson, J., Kenney, P. B., Barrows, F. T., Good, C. and Summerfelt, S. T., 2018. Fillet quality and processing attributes of postsmolt Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed a fishmeal-free diet and a fishmeal-based diet in recirculation aquaculture systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49(1), 183-196.
- de Francesco, M., Parisi, G., Médale, F., Lupi, P., Kaushik, S. J. and Poli, B. M., 2004. Effect of long-term feeding with a plant protein mixture based diet on growth and body/fillet quality traits of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 236(1-4), 413-429.
- De Silva S.S., and Anderson, T.A., 1995. *Fish Nutrition in Aquaculture*. Chapman & Hall Aquaculture Series, London, 319 pp.
- De Silva, S., Francis, D. S. and Tacon, A.G. J., 2011. Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds, CRC Press, Boca Raton, Flo., pp.1-20.
- Deborde, C., Hounoum, B.M., Moing, A., Maucourt, M., Jacob, D., Corraze, G. and Fauconneau, B., 2021. Putative imbalanced amino acid metabolism in rainbow trout long term fed a plant-based diet as revealed by 1H-NMR metabolomics. *Journal of Nutrition Science*, 10(13), 1-18. <https://doi.org/10.1017/jns.2021.3>.
- Decken, V. D. A., Espe, M., Lied, E., Lie, Ø., Huse, I., Ringø, E., ... and Haaland, H., 1992. Effect of predigested protein intake on growth and muscle metabolic parameters in Atlantic salmon (*Salmo salar*); The effect of starvation on the composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*); Effects of dietary formate and acetate on growth and lipid digestibility in Arctic charr (*Salvinus alpinus*, L.); Growth rate and feed conversion factor of young halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) fed six different diets; The

protein value of fish silage prepared from capelin stored under different conditions. <https://fdir.brage.unit.no/fdir-xmlui/handle/11250/131382?show=full>. 05.11.2021.

- Delong, D. C., Halver, J. E. and Mertz, E. T., 1958. Nutrition of salmonoid fishes. VI Protein requirements of chinook salmon at two water temperatures. *Journal of Nutrition*, 65(4), 589-599. doi:10.1093/jn/65.4.589.
- Deng, J., Mai, K., Ai, Q., Zhang, W., Wang, X., and Xu, W., 2006. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*. 2006; 258(1-4):503-13. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.004>.
- Dernekbaşı, S., Karayücel, İ. and Akyüz, A. P., 2017. Evaluation of sesame (*Sesamum indicum*) seed meal as a replacer for soybean meal in the diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(1), 31-39.
- Dostat, A., Metailler, R., Tetu, N., Servais, F., Chartois, H., Huelvan, C. And Desbruyeres, E., 1995. Nitrogenous Excretion in Juvenile Turbot *Scophthalmus maximus* (L.), Under Controlled Conditions. *Aquaculture Research*, 26: 639-650.
- D'Souza, N., Skonberg, D. I., Stone, D. A. and Brown, P. B., 2006. Effect of soybean meal-based diets on the product quality of rainbow trout fillets. *Journal of food science*, 71(4), S337-S342.
- Duan, C., 1998. Nutritional and developmental regulation of insulin-like growth factors in fish. *Journal of Nutrition*, 128: 306-314.
- Dumas, A., De Lange, C. F., France, J. and Bureau, D. P., 2007. Quantitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 273(1), 165-181.
- Einen, O. and Thomassen, M. S., 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*): II. White muscle composition and evaluation of freshness, texture and colour characteristics in raw and cooked fillets. *Aquaculture*, 169(1-2), 37-53.
- Einen, O., Mørkøre, T., Rørå, A. M. B. and Thomassen, M. S., 1999. Feed ration prior to slaughter—a potential tool for managing product quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 178(1-2), 149-169.
- Ekinci, D. and Beydemir, S., 2010. Risk assessment of pesticides and fungicides for acid-base regulation and salt transport in rainbow trout tissues. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 97: 66-70.
- Elliott, J. M., 1976. Energy Losses in the Waste Products of Brown Trout (*Salmo trutta* L.). *Journal of Animal Ecology*, (45), (561-580).
- Engin, K., Eroldoğan, O. T., Özşahinoğlu, I., Yılmaz, H. A. and Mumogullarında, P., 2013. Diurnal ammonia and urea excretion rates in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* fed diets containing mixtures of canola and cotton seed oil at two different ambient temperature, *Journal of Thermal Biology*, 38, 8.
- Engin, K., Yılmaz, H. A., Ozsahinoglu, I. and Mumogullarında, P., 2012. Diurnal ammonia and urea excretion rates in the juvenile European sea bass, *Dicentrarchus labrax* fed diets containing cotton seed and/or canola oils.
- Erdem, M.E., 2006. Doğu Karadeniz bölgesinde doğadan avlanan ve yetiştiriciliği yapılan dere alabalığının (*salmo trutta fario* Linnaeus, 1758) et kalitesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

- Erkan, N., Üretener, G., Alpas, H., Selçuk, A., Özden, Ö. and Buzrul, S., 2011. The effect of different high pressure conditions on the quality and shelf life of cold smoked fish. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(2), 104-110.
- Espe, M., Lemme, A., Petri, A. and El-Mowafi, A., 2006. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fish meal? *Aquaculture* 255(1–4):255–262 DOI 10.1016/j.aquaculture.2005.12.030.
- Estruch, G., Collado, M. C., Monge-Ortiz, R., Tomás-Vidal, A., Jover-Cerdá, M., Peñaranda, D. S. and Martínez-Llorens, S., 2018. Long-term feeding with high plant protein based diets in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.) leads to changes in the inflammatory and immune related gene expression at intestinal level. *BMC Veterinary Research*, 14(1), 1-15.
- Fang, J. and Tian, X. S., 2010. Dong, The influence of water temperature and ration on the growth, body Xiangli composition and energy budget of tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*), *Aquaculture*, 299, 1–4.
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations), 2009. Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. <https://www.fao.org/3/i1143e/i1143e.pdf>. 04.08.2020.
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations), 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. <https://www.fao.org/publications/sofia/2016/en/#:~:text=The%20State%20of%20World's%20Fisheries%20and%20Aquaculture%202016&text=As%20always%2C%20the%20scope%20is,%2C%20utilization%2C%20trade%20and%20consumption.03.03.2020>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations), 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture. Fisheries and Aquaculture Department. Rome, Italy. 2012.
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations), 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture, Sustainability in Action. <http://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>. 03/03/2021.
- FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations), 2010. Aquaculture development. Ecosystem approach to aquaculture, FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 5, Suppl. 4, Rome, FAO.
- FAO/NACA, 2012. Farming the Waters for People and Food. R.P. Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan & P. Sorgeloos, (Eds.) Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010, Phuket, Thailand. 22-25 September 2010. FAO, Rome and NACA, Bangkok. 896 pp.
- Fernández, J., Pérez-Álvarez, J. A. and Fernández-López, J. A., 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food chemistry*, 59(3), 345-353.
- Fickler, A., Staats, S., Hasler, M., Rimbach, G. and Schulz, C., 2018. Dietary Buglossoides arvensis oil as a potential candidate to substitute fish oil in rainbow trout diets. *Lipids*, 53(8), 809-823.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.
- Fontagné-Dicharry, S., Godin, S., Liu, H., Prabhu, P. A. J., Bouyssiere, B., Bueno, M., ... and Kaushik, S. J., 2015. Influence of the forms and levels of dietary selenium on antioxidant status and oxidative stress-related parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *British journal of nutrition*, 113(12), 1876-1887.

- Fox, B.,K., Breves, J.,P., Davis, L.K., Pierce, A.L., Hirano, T. and Grau, E.G., 2010. Tissue-specific regulation of the growth hormone/insulin-like growth factor axis during fasting and re-feeding: Importance of muscle expression of IGF-I and IGF-II mRNA in the tilapia. *General and Comparative Endocrinology*, 166: 573–580.
- Francis, D. S., Turchini, G. M., Jones, P. L. and De Silva, S. S., 2007. Growth performance, feed efficiency and fatty acid composition of juvenile Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*, fed graded levels of canola and linseed oil. *Aquaculture Nutrition*, 13(5), 335-350.
- Francis, G., Makkar, H. P. and Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199(3-4), 197-227.
- Gabillard, J.C., Kamangar, B.B. and Nuria, M., 2006. Coordinated regulation of the GH/IGF system genes during refeeding in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Endocrinology*, 191: 15–24.
- Gatesoupe, F. J., Fauconneau, B., Deborde, C., Hounoum, B. M., Jacob, D., Moing, A., Corraze, G. and Medale, F., 2018. Intestinal microbiota in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed diets with different levels of fish-based and plant ingredients: A correlative approach with some plasma metabolites. *Aquaculture Nutrition*, 24(5), 1563-1576. doi:10.1111/anu.12793.
- Gatlin, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., ... and Wurtele, E., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38(6), 551-579. doi:10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x
- Gaweł, S., Wardas, M., Niedworok, E. and Wardas, P., 2004. Malondialdehyde (MDA) as a lipid peroxidation marker. *Wiadomosci lekarskie (Warsaw, Poland: 1960)*, 57(9-10), 453-455.
- Gaylord, B., Gaines, S.D., Siegel, D.A. and Carr, M.H. 2005. Marine reserves exploit population structure and life history in potentially improving fisheries yields. *Ecological Applications*, (15), 2180-2191.
- Gisbert, E., Mozanzadeh, M. T., Kotzamanis, Y. and Estévez, A., 2016. Weaning wild flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) fry with diets with different levels of fish meal substitution. *Aquaculture*, 462, 92-100.
- GKGM (Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü), 2018. Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü 2018 Yılı Faaliyet Raporu. https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Genel/2018_Faaliyet_Raporu.pdf. 04.06.2020.
- Gómez-Requeni, P., Mingarro, M., Caldach-Giner, J.A., Médale, F., Martin, S.A.M., Houlihan, D.F., Kaushik, S. and Pérez-Sánchez, J., 2004. Protein growth performance, amino acid utilisation and somatotrophic axis responsiveness to fish meal replacement by plant protein sources in gilthead sea bream (*Sparus aurata*), *Aquaculture*, 232, 1–4.
- Goth, L., 1991. A simple method for determination of serum catalase activity and revision of reference range. *Clinica Chimica Acta*, 196: 143-151.
- Gözükara, E. M., 1997. *Biyokimya*. Nobel Tıp Kitabevleri, 908.
- Guo, Q., Rimbach, G., Moini, H., Weber, S. and Packer, L., 2002. ESR and cell culture studies on free radical-scavenging and antioxidant activities of isoflavonoids. *Toxicology*, 179: 171–180.

- Güler, M. and Yildiz, M., 2011. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 35(3), 157-167.
- Güroy, D., Güroy, B., Merrifield, D.L., Ergün, S., Tekinay, A.A. and Yigıt, M., 2011. Effect of dietary Ulva and Spirulina on weight loss and body composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), during a starvation period. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 95, 320-327. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01057.x>.
- Güzel, Ş. ve Güllü, K., 2006. 17 α -metilttestosteron'un gökkuşığı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, W., 1792) kimyasal kompozisyonu, fileto verimi, viseral yağ ve hepatosomatik indeks üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23(1-2):233-236.
- Haghbayan, S. and Mehrgan, S. M., 2015. The effect of replacing fish meal in the diet with enzyme-treated soybean meal (HP310) on growth and body composition of rainbow trout fry. Molecules, 20(12), 21058-21066.
- Halver, J. E., 1957. Nutrition of salmonoid fishes. III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. Journal of Nutrition, 62(2), 225-243. doi:10.1093/jn/62.2.225.
- Halver, J. E., Delong, D. C. and Mertz, E. T., 1957. Nutrition of salmonoid fishes. V. Classification of essential amino acids for Chinook salmon. Journal of Nutrition, 63(1), 95-105. doi:10.1093/jn/63.1.95.
- Hamre, K., Sissener, N. H., Lock, E. J., Olsvik, P. A., Espe, M., Torstensen, B. E., ... and Hemre, G. I., 2016. Antioxidant nutrition in Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr and post-smolt, fed diets with high inclusion of plant ingredients and graded levels of micronutrients and selected amino acids. PeerJ, 4, e2688.
- Hansen, A. C., Rosenlund, G., Karlsen, O., Koppe, W. and Hemre, G. I., 2000. Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) I - Effects on growth and protein retention. Aquaculture, 272(1-4), 599-611. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.08.034.
- Harlioğlu, A.G., 2012. Effect of solvent extracted soybean meal and full-fat soya on the protein and amino acid digestibility and body amino acid composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Iranian Journal of Fisheries Science, 11, 504-517.
- Hassaan, M.S., Soltan, M. A., Mohammady, E.Y., Elashry, M.A., El-Haroun, E. R. and Davies., S.J., 2018. Growth and physiological responses of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed dietary fermented sunflower meal inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis*, Aquaculture, Volume 495,592-601.
- Harmantepe, F. B., Doğan, G., Karşlı, Z., Aral, O. ve Kaya, D., 2008. Kahverengi ve Beyaz Balık Unu İçeren Yemlerin Gökkuşığı Alabalığı, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) Yavrularının Büyümesi Üzerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Cilt: 4 Sayı: 1-2.
- Henderson, J. W., Ricker, R. D., Bidlingmeyer, B.A. and Woodward, C., 2000. Rapid, Accurate, Sensitive, and Reproducible HPLC Analysis of Amino Acids. Amino Acid Analysis Using Zorbax Eclipse-AAA Columns and the Agilent 1100 HPLC.
- Herath, S. S., Haga, Y. and Satoh, S., 2016. Effects of long-term feeding of corn co-product-based diets on growth, fillet color, and fatty acid and amino acid composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 464, 205-212.
- Hixson, S. M. and Parrish, C. C., 2014. Substitution of fish oil with camelina oil and inclusion of camelina meal in diets fed to Atlantic cod (*Gadus morhua*) and their effects on growth, tissue lipid classes and fatty acids. Journal of Animal Science, 92: 1055-1067.

- Hoseinifar, S.H., Safari, R. and Dadar, M., 2017. Dietary sodium propionate affects mucosal immune parameters, growth and appetite related genes expression: Insights from zebrafish model. *General and Comparative Endocrinology*, 243, 78-83.
- Hua, K., Cobcroft, M. J., Cole, A., Condon, K., Jerry, R.D., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, J.M., Zeng, C., Zenger, K. and Struggnel, M.J., 2019. The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. *One Earth*, (1)3, 316-329. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>.
- Huerta-Yépez, S., Tirado-Rodriguez, A.B. and Hankinson, O., 2016. Role of diets rich in omega-3 and omega-6 in the development of cancer. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México (English Edition)*. 2016;(73)1–11. doi: 10.1016/j.bmhmx201611001.
- Hung, S. S. and Storebakken, T., 1994. Carbohydrate utilization by rainbow trout is affected by feeding strategy. *The Journal of nutrition*, 124(2), 223-230.
- Hunt, S. C., 2007. Tyrosine hydroxylase: another piece of the genetics of hypertension puzzle. *Circulation*, 116(9), 970-972. doi:10.1161/Circulationaha.107.721779.
- Huss, H. H., 1988. Fresh fish quality and quality changes: a training manual prepared for the FAO/DANIDA Training Programme on Fish Technology and Quality Control (No. 29). Food & Agriculture Organization.
- İSUB (İzmir Su Ürünleri Yetiştiricileri ve Üreticileri Birliği), 2014. Su Ürünleri ve Kültür Balıkçılığı Sektör Raporu. http://www.isub.org.tr/assets/rapor_suurunliveriekulturbalikciligiileilgilirevize_3eylul2014.pdf. 03.06.2020.
- Izquierdo, M.S., Montero, D., Robaina, L., Caballero, M.J., Rosenlund, G. and Gines, R., 2005. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture*, 250, 431– 444. doi:10.1016/j.aquaculture.2004.12.001.
- Jackson, A., 2009. Fish in - fish out ratios explained. *Aquaculture European*, 34(3), (2009), 5-10.
- Jalili, R., Tukmechi, A., Agh, N., Noori, F. and Ghasemi, A., 2013. Replacement of dietary fish meal with plant sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*); effect on growth performance, immune responses, blood indices and disease resistance. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(3), 577-591.
- Jamiu, D.M. and Ayinla, O.A., 2003. Potential for the development of Aquaculture in African NAGA, *Worldfish Center Quarterly*, 26(3), 9-13.
- Johansson, L., Kiessling, A., Kiessling, K. H. and Berglund, L., 2000. Effects of altered ration levels on sensory characteristics, lipid content and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Quality and Preference*, 11(3), 247-254.
- Kaushik, S. J. and Seiliez, I., 2010. Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs. *Aquaculture Research*, 41(3), 322-332. doi:10.1111/j.1365-2109.2009.02174.x.
- Kimura, F.T. and Miller, V.L., 1957. Improved determination of chromic oxide in cow feed and faeces. *Agricultural Food and Chemistry*, 5, 216.
- Kiriş, G.A. ve Dikel, S., 2002. Fiber tank ve beton havuza yerleştirilmiş ağ kafeslerdeki gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) besi performansları ve karkas kompozisyonları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19(3-4):371-380.

- Knox, D., Cowey, C. B. and Adron, J. W., 1983. Studies on the nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Magnesium deficiency: the effect of feeding with a Mg-supplemented diet. *British Journal Nutrition*, 50(1), 121-127. doi:10.1079/bjn19830079.
- Kok, B., Malcorps, W., Tlustý, M. F., Mahmoud, M., Eltholth, N. A., Auchterlonie, D. C. Little, R., H., Newton, R.W. and Davies, S. J., 2020. Fish as feed: Using economic allocation to quantify the Fish In : Fish Out ratio of major fed aquaculture species. *Aquaculture*. (550), 737800. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735474>.
- Kokou, F., Sarropoulou, E., Cotou, E., Kentouri, M., Alexis, M. and Rigos, G. 2017. Effects of graded dietary levels of soy protein concentrate supplemented with methionine and phosphate on the immune and antioxidant responses of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Fish Shellfish Immunology*, 64: 111–121.
- Kutluyer, F., Sirkecioğlu, A.N., Aksakal, E. Aksakal, F.İ., Tunç, A. and Günaydin, E., 2017. Effect of dietary fish oil replacement with plant oils on growth performance and gene expression in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Annals of Animal Science*, 17, 1135-1153.
- Larsen, B. K., Dalsgaard, J. and Pedersen, P.B., 2012. Effects of plant proteins on postprandial, free plasma amino acid concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 326, 90-98.
- Lazzarotto, V., Me'dale, F., Larroquet, L. and Corraze, G., 2018. Long-term dietary replacement of fishmeal and fish oil in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, whole body fatty acids and intestinal and hepatic gene expression. *PLoS One*, 13:190730. doi: 10.1371/journal.pone.0190730.
- Leggatt, R. A., Raven, P. A., Mommsen, T. P., Sakhrani, D., Higgs, D. and Devlin, R. H., 2009. Growth hormone transgenesis influences carbohydrate, lipid and protein metabolism capacity for energy production in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 154(1), 121-133.
- Lemon, D.W., 1975. An improved TBA test for rancidity new series circular. *Nova Scotia*, 51, 1-4.
- Leroith, D., Bondy, C., Yakar, S., Liu, J.L. and Butler, A., 2001. The somatomed in hypothesis: 2001. *Endocrinology Reviews*, 22: 53–74.
- Lesiow, T., Ockerman, H. W. and Dabrowski, K., 2009. Composition, properties and sensory quality of rainbow trout affected by feed formulations. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(5), 678-686.
- Leskanich, C.O. and Noble, R., 1997. Manipulation of The n-3 Polyunsaturated Fatty Acid Composition of Avian Eggs and Meat. *World's Poultry Science Journal*, (53), 155-183.
- Li, P. Y., Wang, J. Y., Song, Z. D., Zhang, L. M., Zhang, H., Li, X. X. and Pan, Q., 2015. Evaluation of soy protein concentrate as a substitute for fishmeal in diets for juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Aquaculture*, 448, 578-585.
- Lindhorst-Emme, W., 1990. *Forellenzucht Verlag Paul Parey, Hamburg und Berling*. 157.
- Lovell R. T., 1998. *Nutrition and feeding of Fish*. 2nd Edn, Kluwer Academic Publishers, pp. 267, London, UK.
- Lowry, O.H., 1951. Protein measurement with folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, 193, 265-275.

- Luo, L., Xue, M., Wu, X., Cai, X., Cao, H. and Liang, Y., 2006. Partial or total replacement of fishmeal by solvent-extracted cottonseed meal in diets for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture Nutrition*, 12; 418–424.
- Malle, P. and Poumeyrol, M., 1989. A new chemical criterion for the quality control of fish: trimethylamine/total volatile basic nitrogen (%). *J. Food Prot.* 52:419–423.
- Mamauag, R. E. P., Ragaza, J. A. and Nacionales, T., 2019. Fish performance, nutrient digestibilities, and hepatic and intestinal morphologies in grouper *Epinephelus fuscoguttatus* fed fermented copra meal, *Aquaculture Reports*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100202>.
- Martinez-Alvarez, R.M., Morales, A.E. and Sanz, A., 2005. Antioxidant defenses in fish: Biotic and abiotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15: 75–88.
- Maynard, L. A., Loosli, J. K. Hintz, H. F. and Warner, R.G., 1979. *Animal Nutrition*, 7th edition, pp: 13–4. McGraw Hill, New York.
- Menoyo, D., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Gines, R., Lopez-Bote, C.J. and Bautista, J.M., 2004. Adaptation of lipid metabolism, tissue composition and flesh quality in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) to the replacement of dietary fish oil by linseed and soyabean oils. *British Journal of Nutrition*, 92: 41–52. doi: 10.1079/BJN20041165.
- Mérida, S. N., Tomás-Vidal, A., Martínez-Llorens, S. and Cerdá, M. J., 2010. Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: amino acid retention, gut and liver histology. *Aquaculture*, 298(3–4), 275–281.
- Mertz, E. T., 1972. The protein and amino acid needs. In *Fish nutrition*, edited by J.E. Halver, New York. Academic Press, 106–143.
- Metcalfe, L.D. and Schmitz, A.A., 1961. *Analytical Chemistry* (1961). 33 (3). pp 363–364. DOI: 10.1021/ac60171a016. Publication Date: March 1961. ACS Legacy Archive.
- Metochis, C.P., Crampton, V.O., Ruohonen, K., El-Mowafi, A., Bell, J. G., Adams, A. and Thompson, K. D., 2017. Effects of marine protein-, marine oil- and marine-free diets on the growth performance and innate immuneresponses of Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) post-smolts. *Aquaculture Research*, 2017,(48), 2495–2515. doi:10.1111/are.13087.
- Miller, M. R., Nichols, P. D. and Carter, C. G., 2007. Replacement of fish oil with thraustochytrid *Schizochytrium* sp. L oil in Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L) diets. *Comparative Biochemistry and Physiology A* (148): 382–392.
- Mohammadi, G., Rafiee, G., El Basuini, M. F., Van Doan, H., Ahmed, H. A., Dawood, M. A. and Abdel-Latif, H. M., 2020. Oregano (*Origanum vulgare*), St John's-wort (*Hypericum perforatum*), and lemon balm (*Melissa officinalis*) extracts improved the growth rate, antioxidative, and immunological responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) infected with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture Reports*, 18, 100445.
- Montanher, P. F., e Silva, B. C., Bonafe, E. G., Carbonera, F., dos Santos, H. M. C., Figueiredo, I. d. L. Maruyama, S. A., Matsushita, M. and Visentainer, J. V., 2016. Effects of diet supplementation with chia (*Salvia hispanica* L.) oil and natural antioxidant extract on the omega-3 content and antioxidant capacity of Nile tilapia fillets. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 118: 698–707.
- Montero, D., Kalinowski, T., Obach, A., Robaina, M.J., Tort, L., Caballero, R. and Izquierdo, M.S., 2003. Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects on fish health. *Aquaculture*, 225: 353– 370. doi:10.1016/S0044-8486(03)00301-6.

- Morais, S., Edvardsen, R., Tocher, D. and Bell, G., 2012. Transcriptomic analyses of intestinal gene expression of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed diets with Camelina oil as replacement for fish oil. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 161:283–293.
- Moriyama, S., Ayson, F.G. and Kawauchi, H., 2000. Growth regulation by insulin-like growth factor-I in fish. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 64: 1553–1562.
- Mørkøre, T., Vallet, J. L., Cardinal, M., Gomez-Guillen, M. C., Montero, P., Torrissen, O. J. and Thomassen, M. S., 2001. Fat content and fillet shape of Atlantic salmon: relevance for processing yield and quality of raw and smoked products. *Journal of food science*, 66(9), 1348-1354.
- Nakagawa, H., Sato, M. and Gatlin, D. M., 2007. Dietary Supplements for the Health and Quality of Cultured Fish, Ix-Xi. doi:Book_Doi 10.1079/9781845931995.0000.
- Nerici, C., Silva, A. and Merino, G., 2012. Effect of two temperatures on ammonia excretion rates of *Seriola lalandi* (Palm fish) juveniles under rearing conditions, *Aquacultural Engineering*, 46.
- Nettleton, J.A. and Exler, J., 1992. Nutrients in wild and farmed fish and shellfish. *Journal of Food Science*, 57 (2): 2-5. doi: 10.1111/j.1365-2621.1992.tb05470.x.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. 128. doi:10.17226/2115.
- Ofori-Mensah, S., Yıldız, M., Arslan, M. and Eldem, V., 2021. Fish oil replacement with different vegetable oils in gilthead sea bream, *Sparus aurata* diets: Effects on fatty acid metabolism based on whole-body fatty acid balance method and genes expression, *Aquaculture*, (529),1943-1957. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735609>.
- Onat, A., Surdum-Avcı, G., Senocak, M., Ornek, E. and Gozukara, Y., 1992. Plasma lipids and their interrelationship in Turkish adults. *Journal of Epidemiol Community Health*, 46(5), 470-476. doi:10.1136/jech.46.5.470.
- Onat, T. ve Emerk K., 1997. Temel Biyokimya. Saray Medikal Yayıncılık, Ankara. 520-528.
- Øverland, M., Sørensen, M., Storebakken, T., Penn, M., Kroghdahl, Å. and Skrede, A., 2009. Pea protein concentrate substituting fish meal or soybean meal in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*)—Effect on growth performance, nutrient digestibility, carcass composition, gut health, and physical feed quality, *Aquaculture*, 288: 305–311.
- Özogul, Y., Durmus, M., Ucar, Y., Özogul, F. and Regenstein, J. M., 2016. Comparative study of nanoemulsions based on commercial oils (sunflower, canola, corn, olive, soybean, and hazelnut oils): Effect on microbial, sensory, and chemical qualities of refrigerated farmed sea bass. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 422-430.
- Paaver, T., Gross, R. and Ilves, P., 2004. Growth rate, maturation level and flesh quality of three strains of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in Estonia. *Aquaculture International*, 12(1), 33-45.
- Palmegiano, G.B., Daprá, E., Forneris, G., Gai, F., Gasco, L., Guo, K., Peiretti, P.G., Sicuro, B. and Zoccarato, I., 2006. Rice protein concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture*, 258: 357-367.
- Peng, S., Gao, J., Liu, W., Jiang, C., Yang, X., Sun, Y. and Xu, Q., 2016. Andrographolide ameliorates OVA-induced lung injury in mice by suppressing ROS-mediated NF-κB signaling and NLRP3 inflammasome activation. *Oncotarget*, 7(49), 80262.
- Pennell, W., 1996. Principles of Salmonid Culture. Elsevier, (29), 1-1039.

- Pfaffl, M.W and Hageleit, M., 2001. Validities of mRNA quantification using recombinant RNA and recombinant DNA external calibration curves in real-time RT-PCR. *Biotechnology Letters*, 23: 275–282.
- Pickova, J., and Mørkøre, T., 2007. Alternate oils in fish feeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(3), 256-263.
- Pigott, G. M., 1990. *Seafood effects of technology on nutrition*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Polat, A., 2001. Balık Besleme Ders Notları. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Adana.
- Prabhu, P. A. J., Schrama, J. W., Fontagné-Dicharry, S., Mariojouis, C., Surget, A., Bueno de Mesquita, M. and Kaushik, S. J., 2018. Evaluating dietary supply of microminerals as a premix in a complete plant ingredient-based diet to juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*. (24), 539–547. DOI: 10.1111/anu.12586.
- Pratoomyot, J., Bendiksen, E. A., Bell, J. G. and Tocher, D. R., 2010. Effects of increasing replacement of dietary fishmeal with plant protein sources on growth performance and body lipid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 305(1-4), 124-132. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.04.019.
- Rasmussen, R. S., 2001. Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield and sensory characteristics. *Aquaculture Research*, 32(10), 767-786.
- Reda, R. M., Nasr, M. A. F., Ismail, T. A. and Moustafa, A., 2021. Immunological Responses and the Antioxidant Status in African Catfish (*Clarias gariepinus*) Following Replacement of Dietary Fish Meal with Plant Protein. *Animals: an open access journal from MDPI*, 11(5): 1223. <https://doi.org/10.3390/ani11051223>.
- Refstie, S., Helland, S. J. and Storebakken, T., 1997. Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 153(3-4), 263-272. doi:Doi 10.1016/S0044-8486(97)00025-2.
- Reindl, K.M. and Sheridan, M.A., 2012. Peripheral regulation of the growth hormone-insulin-like growth factor system in fish and other vertebrates. *Comparative Biochemistry Physiology A*. 2012;163:231–245.
- Reinecke, M., Björnsson, B.T., Dickhoff, W.W., McCormick, S.D., Navarro I., Power D.M. and Gutiérrez, J., 2005. Growth hormone and insulin-like growth factors in fish: Where we are and where to go. *General and Comparative Endocrinology*, 142: 20–24.
- Richard, L., Blanc, P. P., Rigolet, V., Kaushik, S. J. and Geurden, I., 2010. Maintenance and growth requirements for nitrogen, lysine and methionine and their utilisation efficiencies in juvenile black tiger shrimp, *Penaeus monodon*, using a factorial approach. *British Journal of Nutrition*, 103(7), 984-995. doi:10.1017/S0007114509992844.
- Rinchard, J., Czesny, S. and Dabrowski, K., 2007. Influence of lipid class and fatty acid deficiency on survival, growth, and fatty acid composition in rainbow trout juveniles. *Aquaculture*, 264(1-4), 363-371.
- Rodiles, A., Herrera, M., Hachero-Cruzado, I., Ruiz-Jarabo, I., Mancera, J. M., Cordero, M. L., and Alarcón, F. J., 2015. Tissue composition, blood biochemistry and histology of digestive organs in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles fed diets containing different plant protein ingredients. *Aquaculture nutrition*, 21(6), 767-779.
- Rodiles, A., Santigosa, E., Herrera, M., Hachero-Cruzado, I., Cordero, M. L., Martínez-Llorens, S., and Alarcón, F. J., 2012. Effect of dietary protein level and source on digestive

- proteolytic enzyme activity in juvenile *Senegalese sole*, *Solea senegalensis* Kaup 1850. *Aquaculture International*, 20(6), 1053-1070.
- Rolland, M., Skov, P.V., Larsen, B.K., Holm, J., Gómez-Requeni, P. and Dalsgaard, J., 2015. Increasing levels of dietary crystalline methionine affect plasma methionine profiles, ammonia excretion, and the expression of genes related to the hepatic intermediary metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 2016; doi:10.1016/j.cbpb.2016.04.006.
- Romarheim, O.H., Skrede, A., Gao, Y., Krogdahl, A., Denstadli, V., Lilleeng, E. and Storebakken, T., 2006. Comparison of white flakes and toasted soybean meal partly replacing fish meal as protein source in extruded feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture*, 256, 354–364.
- Rora, A. M. B., Mørkøre, T. and Einen, O., 2001. Primary processing (evisceration and filleting). *Farmed Fish Quality* (SC Kestin and PD Warriss, eds.), Blackwell Science, Oxford, 249-260.
- Ruxton, C.H.S., Calder, P.C., Reed, S.C. and Simpson, M.J.A., 2005. The impact of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids on human health. *Nutrition Research Reviews*, 18: 113-129.
- Saddick, S., Afifi, M. and Zinada, O.A.A., 2017. Effect of Zinc nanoparticles on oxidative stress-related genes and antioxidant enzymes activity in the brain of *Oreochromis niloticus* and *Tilapia zillii*. *Saudi journal of biological sciences*, 24(7), 1672-1678.
- Safari, R., Hoseinifar, S.H., Nejadmoghadam, S. and Jafar, A., 2016. Transcriptomic study of mucosal immune, antioxidant and growth related genes and non-specific immune response of common carp (*Cyprinus carpio*) fed dietary *Ferula* (*Ferula assafoetida*). *Fish and Shellfish Immunology*, 55: 242-248.
- Safari, R., Hoseinifar, S.H., Nejadmoghadam, S. and Khalili, M., 2017. Non-specific immune parameters, immune, antioxidant and growth-related genes expression of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fed sodium propionate. *Aquaculture Research*, doi:10.1111/are.13272.
- Sallam, K.I., Ishioroshi, M. and Samejima, K., 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. *LWT-Food Science and Technology*, 37(8): 849-855.
- Santigosa, E., García-Meilán, I., Valentín, J. M., Navarro, I., Pérez-Sánchez, J. and Gallardo, M. Á., 2011. Plant oils' inclusion in high fish meal-substituted diets: effect on digestion and nutrient absorption in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Research*, 42(7), 962-974.
- Santigosa, E., Sánchez, J., Médale, F., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J. and Gallardo, M. A., 2008. Modifications of digestive enzymes in trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bream (*Sparus aurata*) in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources. *Aquaculture*, 282(1-4), 68-74.
- Santizo-Taán, R., Bautista-Teruel, M. and Maquirang, J.R.H., 2020. Enriched *Ulva pertusa* as partial replacement of the combined fish and soybean meals in juvenile abalone *Haliotis asinina* (Linnaeus) diet. *Journal of Applied Phycology*, 32(1), 741-749.
- Sargent, J. R. and Tacon, A. G., 1999. Development of farmed fish: a nutritionally necessary alternative to meat. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58(2), 377-383. doi:10.1017/s0029665199001366.

- Segner, H. and Braunbeck, T. 1988. Hepatocellular adaptation to extreme nutritional conditions in ide, *Leuciscus idus melanotus* L. (Cyprinidae). A morphofunctional analysis. Fish Physiology Biochemistry, 5: 79–97.
- Seong, T., Matsutani, H., Haga, Y., Kitagima, R. and Satoh, S., 2019. First step of non-fish meal, non-fish oil diet development for red seabream, (*Pagrus major*), with plant protein sources and microalgae *Schizochytrium* sp. Aquaculture Research, 50(9), 2460-2468. <https://doi.org/10.1111/are.14199>.
- Shafaepour, A., Yavari, V., Falahatkar, B., Maremmazi, J.G.H. and Gorjipour, E., 2008. Effects of canola meal on physiological and biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Nutrition, 14:110-119.
- Shearer, K. D., 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. Aquaculture, 119(1), 63-88.
- Smith, R. R., 1989. Nutritional Energetics. Fish Nutrition. Second Edition. Edited by John E. Halver, Academic Press, London.
- Sinclair, A.J., Begg, D.P., Mathai, M., Weisinger, R.S., 2007. Omega 3 fatty acids and the brain: review of studies in depression. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 16: 391-397.
- Sitjà-Bobadilla, A., Peña-Llopis, S., Gómez-Requeni, P., Médale, F., Kaushik, S. and Pérez-Sánchez, J. 2005. Effect of fish meal replacement by plant protein sources on non-specific defence mechanisms and oxidative stress in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture, 249: 387–400.
- Slawski, H., Adem, H., TresseL, R.P., Wysujack, K., Koops, U., Kotzamanis, Y., Wuertz, S. and Schulz, C., 2011. Total fish meal replacement with rapeseed protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), Aquaculture International, DOI 10.1007/s10499-011-9476-2.
- Smith, R. W., Blaney, S. C., Dowling, K., Sturm, A., Jonsson, M. and Houlihan, D. F., 2001. Protein synthesis costs could account for the tissue-specific effects of sub-lethal copper on protein synthesis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquatic Toxicology, 53(3-4), 265-277. doi:10.1016/s0166-445x(01)00171-0.
- Solorzano, L., 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenol-hyochloride method. Limnological Oceanography 14, 799-801.
- Sprague, M., Dick, J.R. and Tocher, D.R., 2016. Impact of sustainable feeds on omega-3 long-chain fatty acid levels in farmed Atlantic salmon, 2006–2015. Scientific reports, 6(1), 1-9.
- Sun, Y., Oberley, L.W., Elwell, J.H. and Sierra-Rivera, E. 1989. Antioxidant enzyme activities in normal and transformed mouse liver cells. International Journal of Cancer, 44: 1028-1033.
- Tacon, A. G. J. and Metian, M., 2008. Global overview on the used of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeed: trends and future prospects. Aquaculture 285: 148-158.
- Tacon, A.G.J., 2019. Trends in Global Aquaculture and Aquafeed Production: 2000–2017, Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, DOI:10.1080/23308249.2019.1649634.
- Tacon, A.G.J., 1994. Feed ingredients for carnivorous fish species. Alternative to fishmeal and other fisheries resources. F.A.O. Fisheries circular No. 881 F1RCIC 881.
- TAGEM (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü), 2019. Su Ürünleri Sektör Politika Belgesi 2019-2023.

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Sekt%C3%B6r%20Politika%20Belgesi%202019-2023.pdf>. 05.04.2020.

- Tantikitti, C., Sangpong, W. and Chiavareesajja, S., 2005. Effects of defatted soybean protein levels on growth performance and nitrogen and phosphorus excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, 248: 41-50.
- TEPGE (Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü), 2020. Ürün Raporu su ürünleri 2020.<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/2020%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202020-317%20TEPGE.pdf>. 03.04.2020.
- Terpstra, A. H.M., 2015. The Use of Fish Meal and Fish Oil in Aquaculture and Calculation of the Fish-In-Fish-Out (FIFO) Ratio. <http://www.tilapiastichting.nl/Downloads/8%2005.04.2022>.
- Ti, W.M., Ong, M.K. and Teoh, C.Y., 2019. Assessment on the effects of dietary fatty acids on growth performance, body compositions, plasma lysozyme activity and sensorial quality of juvenile marble goby, *Oxyeleotris Marmorata*. *Aquaculture Reports*, 14, 100186.
- Tibbetts, S.M., Lall, S.P. and Anderson, D.M., 2001. Optimum dietary ratio of digestible protein and energy for juvenile American eel, *Anguilla rostrata*, fed practical diets. *Aquaculture Nutrition*, 7: 213-220.
- Tocher, D. R., and Sargent, J. R., 1986. Incorporation of [1-C-14] Arachidonic and [1-C-14] Eicosapentaenoic Acids into the Phospholipids of Peripheral-Blood Neutrophils from the Plaice, *Pleuronectes-Platessa* L. *Biochimica Et Biophysica Acta*, 876(3), 592-600. doi:Doi 10.1016/0005-2760(86)90048-2.
- Tocher, D.R., Zheng, X., Schlechtriem, C., Hastings, N., Dick, J.R. and Teale, A.J., 2006. Highly unsaturated fatty acid synthesis in marine fish: cloning, functional characterization, and nutritional regulation of fatty acyl $\Delta 6$ desaturase of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Lipids*, 41(11), 1003-1016.
- Tocher, D.R., Bell, J.G., McGhee F., Dick, J.R. and Fonseca-Madrigal, J., 2003. Effects of dietary lipid level and vegetable oil on fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) over the whole production cycle. *Fish Physiology and Biochemistry*, 29, 193–209.
- Topal, A., Atamanalp, M., Oruc, E. and Erol, H.S., 2017. Physiological and biochemical effects of nickel on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) tissues: Assessment of nuclear factor kappa B activation; oxidative stress and histopathological changes. *Chemosphere*, 166, 445-452.
- Torrecillas, S, Robaina, L, Caballero, M.J., Montero, D., Calandra, G., Mompel, D., Karalazos, V., Kaushik, S. and Izquierdo, M.S., 2017. Combined replacement of fishmeal and fish oil in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Production performance, tissue composition and liver morphology. *Aquaculture* (474), 101–112. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.03.031.
- Torstensen, B.E., Espe, M., Sanden, M., Stubhaug, I., Waagbø, R., Hemre, G.I., ... and Berntssen, M.H.G., 2008. Novel production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) protein based on combined replacement of fish meal and fish oil with plant meal and vegetable oil blends. *Aquaculture*, 285(1-4), 193-200.
- Trond, E. and Mohr, V., 1987. Biochemistry of autolytic processes in Antarctic krill post mortem. *Biochemical Journal*, 246, 295-305.

- Tucker, J.W., Llellis, W.A., Vermeer, G.K., Roberts, D.E. and Woodward, P.N., 1997. The effects of experimental started diets with different levels of soybean or menhaden oil on red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*, 149: 323– 339.
- Turchini, G.M., Mentasti, T., Frøyland, L., Orban, E., Caprino, F., Moratti, V.M. and Valfré, F. 2003. Effect of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquaculture*, 225: 251- 267. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00294-1.
- Turchini, G.M., Torstensen, B.E. and Ng, W.K., 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, (1), 10-57. doi: 10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2022. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111.10.12.2022>.
- Tüzün, C., 1992. *Biyokimya*. Palme Yayınları Tıp Serisi No: 111. ISBN 975-7477-02-8 Ankara. 485 s.
- Urán, P.A., Gonçalves, A.A., Taverne-Thiele, J.J., Schrama, J.W., Verreth, J.A.J. And Rombout, J.H.W.M., 2008. Soybean meal induces intestinal inflammation in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish & shellfish immunology*, 25(6), 751-760.
- Ustaoglu-Tiril, S.U., Karayucel, İ., Alagil, F., Dernekbasi, S. and Yagci, F.B., 2009. Evaluation of Extruded Chickpea, Common Bean and Red Lentil Meals as Protein Source in Diets for Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8 (10): 2079-2086.
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S. ve Baygar, T., 2004. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. İÜ Su Ürünleri Fakültesi Yayın, 975-404-715-4. İstanbul. 491s.
- Vélez-Calabria, G., Peñaranda, D. S., Jover-Cerdá, M. and Martínez Llorens, S., 2021. Successful Inclusion of High Vegetable Protein Sources in Feed for Rainbow Trout without Decrement in Intestinal Health. *Animals*, 2021,(11), 3577. <https://doi.org/10.3390/ani11123577>.
- Vural, H., ve Öztan, A., 1996. Et ve Ürünleri Kalite Kontrol Laboratuvarı Uygulama Kılavuzu. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları (36), Ankara.
- Walton, M.J., 1985. Aspects of amino acid metabolism in teleost fish. *Nutrition and Feeding in Fish*. Edited By: Cowey, C. B, Mackie, A. M. and Bell, J. G., Academic Press, London.
- Wang, J., Liang, D., Yang, Q., Tan, B., Dong, X., Chi, S., ... and Zhang, S., 2020. The effect of partial replacement of fish meal by soy protein concentrate on growth performance, immune responses, gut morphology and intestinal inflammation for juvenile hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀×*Epinephelus lanceolatus*♂). *Fish & Shellfish Immunology*, 98, 619-631.
- Wassef, E.A., Saleh, N.E. and El-Abd El-Hady, H.A., 2009. Vegetable oil blend as alternative lipid resources in diets for gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture International*, 17: 421-435. doi: 10.1007/s10499-008-9213-7.
- Watanabe, T., Takeuchi, T., Satoh, S., Ida, T. and Yaguchi, M., 1987. Development of Low Protein-high energy diets for practical carp culture with special reference to reduction of total nitrogen exction. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 53 (8): 1413-1423.
- Wedemeyer, G. A., 1996. *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-6011-1>.
- Wilson, R. P. and Halver, J. E., 1986. Protein and Amino-Acid-Requirements of Fishes. *Annual Review of Nutrition*, (6), 225-244.

- Wilson, R.P., 2002. Amino Acids and Proteins. In: Fish Nutrition, Halver, J.E. and R.W. Hardy (Eds.). 3rd Edn., Academic Press Inc., California, pp: 144-175.
- Xie, S. and Jokumsen, A., 1997. Replacement of Fish Meal by Potato Protein Concantrate in Diets for Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum): Growth, Feed Utilization and Body Composition, *Aquaculture Nutrition*, 3: 65- 69.
- Xu, W., Jin, J., Zou, T., Han, D., Liu, H., Zhu, X. and Xie, S. Q., 2019. Growth, feed utilization and metabolic responses of three gibel carp (*Carassius gibelio*) strains to fishmeal and plant protein-based diets. *Aquaculture Nutrition*. (2019) (25):319–32. doi: 10.1111/anu.12855.
- Yaghoubi, M., Torfi Mozanzadeh, M., Ghafleh Marammazi, J., Omid Safari, O. and Gisbert, E., 2019. Effects of soy protein base diet supplemented with lysine and methionine on digestive enzymes activity and hematological parameters in silvery-black porgy (*Sparidentex hasta*) juveniles. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 18 (4) :968-980.
- Yang, Y. H., Wang, Y. Y., Lu, Y. and Li, Q. Z., 2011. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and nitrogen and phosphorus excretion on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International*, 19(3), 405-419.
- Yardı, O., Sendogan, E., Bat, L., Sezgin, M. and Culha, M., 2008. Macrobenthic Mollusca and Crustacea fauna of Lake Sarikum (Sinop). *Su Urunleri Dergisi*, 25(4), 301-309.
- Yerlikaya, P. ve Gökoğlu, N., 2002. Gıdalarda biyojen aminler ve önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 6(12), 24-30.
- Yiğit, M., Koshio, S., Aral, O., Karaali, B., and Karayücel, S., 2003. Ammonia Nitrogen Excretion Rate-An Index for Evaluating Protein Quality of Three Feed Fishes for The Black Sea Turbot. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 55(1): 69-76.
- Yiğit, M., Yardı, Ö., and Koshio, S., 2002. The Protein Sparing Effects of High Lipid Levels in Diets for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) With Special Reference to Reduction of Total Nitrogen Excretion. *The Israeli Journal of Aquaculture Bamidgeh*. 54(2): 79-88.
- Yildiz, M., Eroldoğan, O. T., Engin, K., Gülçubuk, A. and 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(3).
- Yildiz, M., Köse, İ., Issa, G. and Kahraman, T., 2015. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 46(12), 2885-2896.
- Yılmaz, E., Naz, M. and Akyurt, I., 2004. Effect of dietary olive pomace oil and L-carnitine on growth and chemical composition of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 56(1), 14-21.
- Yürüten-Özdemir, K. and Yıldız, M., 2019. Effects of Dietary Fish Meal Replacement by Red Lentil Meal on Growth and Amino Acid Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Alinteri Zirai Bilimler Dergisi*. 34(2), 194-203.
- Zamani, A., Khajavi, M., Nazarpak, M. H. and Gisbert, E., 2020. Evaluation of a bacterial single-cell protein in compound diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry as an alternative protein source. *Animals*, 10(9), 1676.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	: Fatih KORKAZ
Doğum tarihi	:
Doğum Yeri	:
Uyruğu	:
Adres	:
Tel	:
E-mail	:
Eğitim	
Lise	: Kozan 50. Yıl Lisesi
Lisans	: Çukurova Üniversitesi
Yüksek lisans	: Atatürk Üniversitesi
Doktora	: Atatürk Üniversitesi
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce	: İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	