



T.C.
SINOP ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİL TİLAPİYASI (*Oreochromis niloticus*) YEMLERİNDE UNKURDU (*Tenebrio molitor*) LARVA UNUNUN KULLANIMI

YAZAR
BAHADIR TUNAHAN KARADAYI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. SEVAL DERNEKBAŞI

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI



**NİL TİLAPİYASI (*Oreochromis niloticus*) YEMLERİNDE UNKURDU
(*Tenebriomolitor*) LARVA UNUNUN KULLANIMI**

BAHADIR TUNAHAN KARADAYI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
DOÇ.DR. SEVAL DERNEKBAŞI**

SİNOP-2025

TEZ KABUL

Bahadır Tunahan KARADAYI tarafından hazırlanan “**Nil Tilapiyası (*Oreochromis niloticus*) Yemlerinde Unkurdu (*Tenebriomolitor*) Larva Ununun Kullanımı**” başlıklı bu çalışma, 07.07.2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Meryem Yeşim ÇELİK
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

Üye
(Danışman)

Doç. Dr. Seval DERNEKBAŞI
Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi

Üye

Doç. Öğr. Üyesi Keriman YÜRÜTEN ÖZDEMİR
Kastamonu Üniversitesi / Gıda Mühendisliği Fakültesi

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Hüseyin Turan ARAT

ETİK BEYANI

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

Bahadır Tunahan KARADAYI

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİL TİLAPİYASI (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) YEMLERİNDE UNKURDU (*TENEBRIO MOLITOR*) LARVA UNUNUN KULLANIMI

BAHADIR TUNAHAN KARADAYI

SİNOP ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. SEVAL DERNEKBAŞI

Bu araştırmada, Nil tilapiya (*Oreochromis niloticus*) yavrularının beslenmesinde *Tenebrio molitor* larva ununun (%0-TM0, %50-TM50, %75-TM75 ve %100-TM100) farklı oranlarda kullanımının büyüme performansı, yem değerlendirme oranları, biyokimyasal ve yağ asidi kompozisyonu ile sindirim enzimlerine etkisi incelenmiştir.

Ortalama 3.57 ± 0.02 g ağırlığındaki balıklar, 12 hafta boyunca hazırlanan deney yemleriyle beslenmiştir. En yüksek ortalama canlı ağırlık TM75 grubunda (21.94 ± 0.35 g) elde edilmiştir. En iyi yem değerlendirme oranı ve spesifik büyüme oranı TM75 grubunda (1.21 ± 0.02 ve 2.60 ± 0.01 g/gün) tespit edilmiştir ($p < 0.05$). HSI ve VSI değerleri gruplar arasında farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$).

Biyokimyasal analizlerde, TM0 grubunun nem oranı en yüksek bulunmuş ($p < 0.05$), protein oranı TM içeriğine bağlı olarak azalmış, ham yağ ve kül oranları ise değişmemiştir. Balıkların yağ asidi kompozisyonu, yem içeriğini yansıtmış; TM içeren gruplarda SFA oranı düşük, PUFA oranı yüksek bulunmuştur. Özellikle EPA, DHA, araşidonik ve linoleik asit seviyeleri TM gruplarında daha yüksektir. Amino asit analizinde, TAA, TEAA ve TNEAA değerleri TM0 ve TM100 gruplarında daha yüksek, TM50 ve TM75'te ise belirgin şekilde düşük olduğu belirlenmiştir.

Sindirim enzim analizlerinde, TM oranı arttıkça alfa-amilaz aktivitesi yükselmiş, TM75 grubunda lipaz, TM50 grubunda pepsin ve TM0-TM100 gruplarında tripsin aktivitesi en yüksek değerlerde bulunmuştur.

Sonuç olarak, *Tenebrio molitor* larva ununun Nil tilapiyası diyetlerinde %75 oranına kadar balık unu yerine kullanımı, büyüme ve sindirim üzerinde olumsuz etki oluşturmamıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Nil tilapiyası (*Oreochromis niloticus*), unkurdu, büyüme, enzim aktiviteleri

07.07.2025, 70 sayfa

ABSTRACT

MCS THESIS

USE OF MEALWORMS (*TENEbrio MOLITOR*) LARVAE MEAL IN NILE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) DIETS

BAHADIR TUNAHAN KARADAYI

SINOP UNIVERSITY GRADUATE EDUCATION INSTITUTE

AQUACULTURE DEPARTMENT

SUPERVISOR: ASSOC. DR. SEVAL DERNEKBAŞI

In this study, the effects of using *Tenebrio molitor* larva meal (%0-TM0, %50-TM50, %75-TM75 and %100-TM100) at different rates in the feeding of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry on growth performance, feed conversion ratios, biochemical and fatty acid composition and digestive enzymes were investigated.

Fish with an average weight of 3.57 ± 0.02 g were fed with the prepared experimental diets for 12 weeks. The highest average live weight was obtained in the TM75 group (21.94 ± 0.35 g). The best feed conversion ratio and specific growth rate were determined in the TM75 group (1.21 ± 0.02 and 2.60 ± 0.01 g/day) ($p < 0.05$). HSI and VSI values did not differ between the groups ($p > 0.05$).

In biochemical analyses, the moisture content of the TM0 group was found to be the highest ($p < 0.05$), the protein content decreased depending on the TM content, and the crude fat and ash ratios did not change. The fatty acid composition of the fish reflected the feed content; SFA ratio was found to be low and PUFA ratio was found to be high in TM containing groups. Especially EPA, DHA, arachidonic and linoleic acid levels were higher in TM groups. In amino acid analysis, TAA, TEAA and TNEAA values were determined to be higher in TM0 and TM100 groups and significantly lower in TM50 and TM75.

In digestive enzyme analyses, alpha-amylase activity increased as TM ratio increased, lipase in TM75 group, pepsin in TM50 group and trypsin activity in TM0-TM100 groups were found to be at the highest values.

In conclusion, the use of *Tenebrio molitor* larva meal instead of fish meal up to 75% in Nile tilapia diets did not have any negative effects on growth and digestion.

KEYWORDS: Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), mealworm, growth, enzyme activities

07.07.2025, 70 page

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her adımında ve her anında bana destek olan başta danışman hocam Sayın Doç. Dr. Seval DERNEKBAŞI'na, tez savunma sınavımdaki değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. M. Yeşim ÇELİK ve Dr. Öğr. Üyesi Keriman YÜRÜTEN ÖZDEMİR hocalarıma, hayatımın tamamında bana her konuda desteklerini eksik etmeyen canım aileme, hayat karmaşamızın içinde bana katlanan biricik eşim Nurcan'a ve doğumuna 2 ay kalan oğlumuz Akın Bahadır'a varlıkları ve yanımda oldukları için, çalışmalarım esnasında bana esnek çalışma fırsatı sunan Amasya Şehit Gültekin Tırpan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi müdürümüze ve idareci arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasına, SÜF-1901-23-05 numaralı proje kapsamında vermiş oldukları destekten dolayı, Sinop Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.



Bahadır Tunahan KARADAYI

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL	ii
ETİK BEYANI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 <i>Tenebrio molitor</i> yetiştiriciliği	3
2.2 Nil Tilapiyasının (<i>Oreochromis niloticus</i>) Biyolojik ve Yetiştiricilik Özellikleri.....	6
2.3 Literatür Özeti	8
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	13
3.1 GEREÇ.....	13
3.1.1 Araştırma Yeri	13
3.1.2 Araştırma Sistemi	13
3.1.3 Su Materyali	14
3.1.4 Balık Materyali	14
3.1.5 Yem Materyali.....	15
3.1.6 Araştırmada Kullanılan Ekipmanlar	15
3.2 YÖNTEM.....	15
3.3 Araştırma Süresi	15
3.3.1 Araştırma Planı	16
3.3.2 <i>Tenebrio molitor</i> Larva Ununun Hazırlanması.....	16
3.3.3 Araştırma Yemlerinin Hazırlanması.....	18
3.3.4 Balıkların Yemlenmesi	19
3.3.5 Balıkların Tartılması.....	19
3.3.6 Büyüme Parametrelerinin Belirlenmesi	21
3.3.7 Kimyasal Analizler	23
3.3.8 Verilerin Değerlendirilmesi	26
4. BULGULAR	27
4.1 Deneme Yemleri	27
4.2 Araştırma Tanklarındaki Su Parametreleri	30
4.3 Büyüme Parametreleri	31
4.4 Toplam Yem Tüketimi, Yem Tüketimi (YT, g/balık) ve Yem Değerlendirme Oranı (YDO) .	33
4.5 Hepatosomatik İndeks (HSI) ve Viserosomatik İndeks (VSI) değerleri	35
4.6 Vücut Kompozisyonu.....	37

4.7	Yağ Asit Kompozisyonları	39
4.8	Amino Asit Kompozisyonları	42
4.9	Sindirim Enzim Aktiviteleri	44
5.	TARTIŞMA.....	47
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	52
7.	KAYNAKLAR.....	53
	ÖZGEÇMİŞ	58



ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1.1.	Unkurdunun (<i>Tenebrio molitor</i>) yaşam döngüsü.	4
Şekil 2.1.2.	Unkurdunun (<i>Tenebrio molitor</i>) larva, pupa ve yetişkin (böcek) aşamaları	4
Şekil 2.1.3.	Unkurdu yetiştirme kabı	5
Şekil 2.2.1.	Nil tilapiya'nın (<i>Oreochromis niloticus</i> , Linnaeus, 1758) küresel olarak doğal (yeşil) ve tanıtılmış (kırmızı) yayılış alanları (GISD, 2012)	7
Şekil 2.2.2.	Nil tilapiyası (<i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1758)	7
Şekil 3.1.2.1.	Deneme sisteminin görünümü (Orijinal)	13
Şekil 3.1.2.2.	Sump sisteminin görünümü (Orijinal)	14
Şekil 3.2.3.1.	Un kurdu yetiştirme ünitesi (Orijinal)	16
Şekil 3.2.3.2.	Laboratuvarda üretilmiş un kurtları (Orijinal)	17
Şekil 3.2.3.3.	Hasat edilmiş ve dondurulmuş un kurtları (Orijinal)	18
Şekil 3.2.4.1.	Deneme yemleri (Orijinal)	19
Şekil 3.2.6.1.	Deneme sonu balıkların boy ve ağırlık ölçümleri (orijinal)	20
Şekil 3.2.6.2.	Deneme sonu balık örnekleri (Orijinal)	21
Şekil 4.3.1.	Deneme gruplarının deneme başı ve deneme sonu ortalama canlı ağırlıkları	32
Şekil 4.3.2.	Deneme gruplarının canlı ağırlık artışı (CAA, %, a), spesifik büyüme oranları (SBO, %, b), oransal büyüme oranları (OBO, %, c)	33
Şekil 4.4.1.	Gruplardan elde edilen toplam yem tüketimi (g, a) ve balık başına yem tüketimi (YT, g/balık, b)	34
Şekil 4.4.2.	Gruplardan elde edilen yem değerlendirme oranları (YDO)	35
Şekil 4.5.1.	Gruplardan elde edilen ortalama hepatosomatik indeks (HSI) değerleri	36
Şekil 4.5.2.	Gruplardan elde edilen ortalama viserosomatik indeks (VSI) değerleri	36
Şekil 4.6.1.	Nil tilapiya balıklarının deneme sonu nem oranları (%)	37
Şekil 4.6.2.	Nil tilapiya balıklarının deneme sonu ham protein oranları	38
Şekil 4.6.3.	Nil tilapiya balıklarının deneme sonu ham yağ oranları(%)	38
Şekil 4.6.4.	Nil tilapiya balıklarının deneme sonu ham kül oranları (%)	39

Şekil 4.7.1.	Deneme balıklarının filetolarında baskın olan yağ asit oranları	41
Şekil 4.7.2.	Deneme balık fletolarında tespit edilen toplam yağ asit oranları	42
Şekil 4.8.1.	Deneme balıklarının filetolarındaki amino asit oranları	44
Şekil 4.8.2.	Deneme balık fletolarında tespit edilen toplam amino asit oranları	44
Şekil 4.9.1.	Deneme balıklarının sindirim enzim aktiviteleri	46



TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1.1. Deneme yemlerinin formülasyonu (g kg ⁻¹)	27
Tablo 4.1.2. Araştırmada kullanılan yemlerin besin madde içerikleri (kuru madde de % olarak).	28
Tablo 4.1.3. Deneme yemlerinin yağ asit kompozisyonu (toplam yağ asitlerin %)	28
Tablo 4.1.4. Deneme yemlerinin amino asit kompozisyonları	30
Tablo 4.2.1. Araştırma süresince belirlenen su sıcaklığı (°C), pH ve çözülmüş oksijen (mg/l) değerleri	31
Tablo 4.3.1. Deneme gruplarında büyüme parametreleri	31
Tablo 4.4.1. Deneme gruplarından elde edilen toplam yem tüketimi (g), balık başına yem tüketimi (YT, g/balık) ve yem değerlendirme oranları (YDO)	33
Tablo 4.5.1. Gruplardan elde edilen ortalama hepatosomatik indeks (HSI), viserosomatik indeks (VSI)	35
Tablo 4.6.1. Nil tilapiya balıklarının deneme sonu kimyasal kompozisyonu (yaş madde)	37
Tablo 4.7.1. Deneme yemleri ile beslenen Nil tilapiya (<i>Oreochromis niloticus</i>) balıklarının fileto yağ asit kompozisyonları (toplam yağ asitlerinin % si)	39
Tablo 4.8.1. Deneme yemleri ile beslenen Nil tilapiya (<i>Oreochromis niloticus</i>) balıklarının fileto amino asit kompozisyonları	43
Tablo 4.9.1. Deneme gruplarının sindirim enzimi aktiviteleri	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

TM	: <i>Tenebrio molitor</i>
CAA	: Canlı ağırlık artışı
YO	: Yaşama oranı
SBO	: Spesifik büyüme oranı
YT	: Yem tüketimi
YDO	: Yem değerlendirme oranı
HSI	: Hepatosomatik indeks
VSI	: Viserosomatik indeks
HP	: Ham protein
HY	: Ham yağ
HK	: Ham kül
KM	: Kuru madde
NÖM	: Nitrojensiz öz madde
SFA	: Doymuş yağ asitleri
MUFA	: Tekli doymamış yağ asitleri
PUFA	: Çoklu doymamış yağ asitleri
DHA	: Dokosahegzaenoik asit
EPA	: Eikopentaenoik asit
GC/MS	: Gaz kromatografisi/kütle spektroskopisi
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
FAO	: The State of World Fisheries and Aquaculture
MERLAB	: Kastamonu Üniversitesi Merkez Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı
SUBİTAM	: Sinop Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi

1. GİRİŞ

Dünyada çeşitli nedenlerden dolayı su ürünlerine yönelim, talep ve bunlara bağlı olarak da su ürünleri yetiştiriciliğinde gün geçtikçe hızlanan bir artış söz konusudur. Genelde su ürünleri, özelde de balık yetiştiriciliğinin hızla gelişmesi, su ürünleri yetiştiriciliğinde yemlerin temel içeriği olan balık unu ve balık yağına olan talebin artmasına neden olmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde verimliliği ve maliyeti etkileyen en önemli unsur yemdir. Genellikle balık yemleri, balık türü ve büyüklüğüne bağlı olarak farklı oranlarda protein içermektedir. Yemlerde istenilen düzeyde protein miktarını sağlamak amacıyla, yüksek miktarda protein içeren yem hammaddeleri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Balık yemlerinde temel protein kaynağı olarak genellikle balık unu kullanılmaktadır. Balık unu, yüksek düzeyde protein içermesi, dengeli amino asit kompozisyonuna sahip olması ve balıklar tarafından lezzetli bulunması nedeniyle balık yemleri için en önemli ve vazgeçilmez bir protein kaynağıdır (Ölmez ve Aybal, 2006). Balık unu yalnızca balık yemlerinde değil hayvan yemlerinde de protein kaynağı olarak kullanılmasından dolayı, yem üretim maliyetlerinde önemli artışlara yol açmaktadır. Bu durumda, balık ununun kullanım alanı artarken, dünya genelindeki miktarı azalmaktadır.

Son yıllarda balık unu ve yağındaki bu durum, su ürünleri sektöründe balık yeminde kullanılmak üzere sektör paydaşlarını alternatif protein kaynaklarına yöneltmiştir. Bitkisel proteinin daha kolay ulaşılabilir ve ucuz olması balık yemlerinde balık unu ve yağına alternatif olarak kullanılmasını sağlamıştır (Gatlin vd., 2007; Naylor vd., 2009). Ancak, balık yemlerinde balık unu ve yağının eksikliği, balıklarda büyüme ve sağlık problemleri yaratmıştır. Buna ilaveten, son yıllarda bitkisel proteinlerin balık yemlerinde kullanılması; bitkisel proteine erişiminde ekonomik artışa sebebiyet vermiş ve tarım sektörü, biyodizel üretim sektöründe ve insan tüketimi için kullanıldığı her sektörde rekabet ortamı yaratmıştır (Pinotti vd., 2014; Moutinho vd., 2017).

Sürdürülebilir, ekonomik bir karma yem sanayiinin oluşturulabilmesi için balık yemlerinde balık ununa alternatif, sağlıklı ve balığın aminoasit ihtiyacını karşılayabilecek kaynakların bulunması sektördeki girdileri azaltmak ve ülke ekonomisine katkı sağlanması açısından da önemlidir. Bu nedenle, son yıllarda balık besleme üzerine yapılan çalışmalar genellikle yem maliyetini ve balık ununa olan bağımlılığı azaltmak için alternatif protein kaynakları bulmak ve bu protein kaynaklarının kullanım koşullarını belirlemek yönündedir. Bitkisel protein kaynaklarının balık yemlerinde kullanımı halen

güncelliğini korumakta ve çalışmalar devam etmektedir. Buna ilaveten su ürünleri yemlerinde kan unu, et ve kemik unu, kanatlı hayvanların yan ürünlerinden olan tüy unu ve hayvansal protein unlarının kullanımı da artmaya başlamıştır (Gasco vd., 2016). Dolayısıyla mevcut çalışma, balık unu yerine kullanılabilecek alternatif hayvansal protein kaynağı üzerine planlanmıştır.

Böcekler, balık yemlerinde balık ununun ihtiva ettiği protein oranına benzer protein ve yağ oranları, kolay ve ucuz ulaşılabilir kaynak olmaları gibi özellikleri ile balık yemlerinde balık unu yerine önemli alternatif hayvansal protein kaynaklarından biri olarak gösterilmektedir. Ayrıca birçok amino asitin ve fosforun doğal kaynağı olarak bilinmektedirler ve doğada bir çok balık türünün doğal besinini oluşturmaktadırlar (Barroso vd., 2014; Henry vd., 2015). Sürdürülebilir yetiştiricilik için gerekli olan balık yemlerinde böcek kullanımı Avrupa Birliği'nin 24 Mayıs 2017 tarihinde almış olduğu karar ile serbest hale gelmiş ve su ürünleri sektöründe yem ham maddesi olarak kullanılmaya başlanmıştır (Commision Regulation, 893/2017).

Su ürünleri yetiştiriciliği ticari öneme sahip türlerin üreme biyolojileri ile ilgili her türlü bilinmezlin ortadan kalkması ile bugün gelmiş olduğu noktaya ulaşmıştır. Son yıllarda alternatif türlerin yetiştiricilik şartlarına adaptasyonun sağlanması ile üretime eklenmesi, sektörün önümüzdeki yıllarda genişleyeceğinin göstergesidir. Bu türlerden biri de dünyada yetiştiricilik bakımından ilk sıralarda yerini almış olan tilapiya balıklarıdır. Sarı unkurdu *Tenebrio molitor*, ise hayvansal kaynaklı protein kaynağına sürdürülebilir bir alternatif olarak kabul edilmektedir. Dünya nüfusu gün geçtikçe hızla artmakta olup 2050 yılına kadar 9 milyarın üzerine çıkacağı düşünülmektedir. Bu durumun gelecekte protein talebini de arttıracaktır. Yenilebilir böcekler arasında un kurdu Avrupa'da en yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bu nedenle mevcut çalışmada RAS sistemlerde Nil tilapiya yavru yemlerine farklı oranlarda ilave edilen *Tenebrio molitor* larva ununun büyüme, besin kompozisyonu, yağ asit profilleri ile sindirim enzim miktarları üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

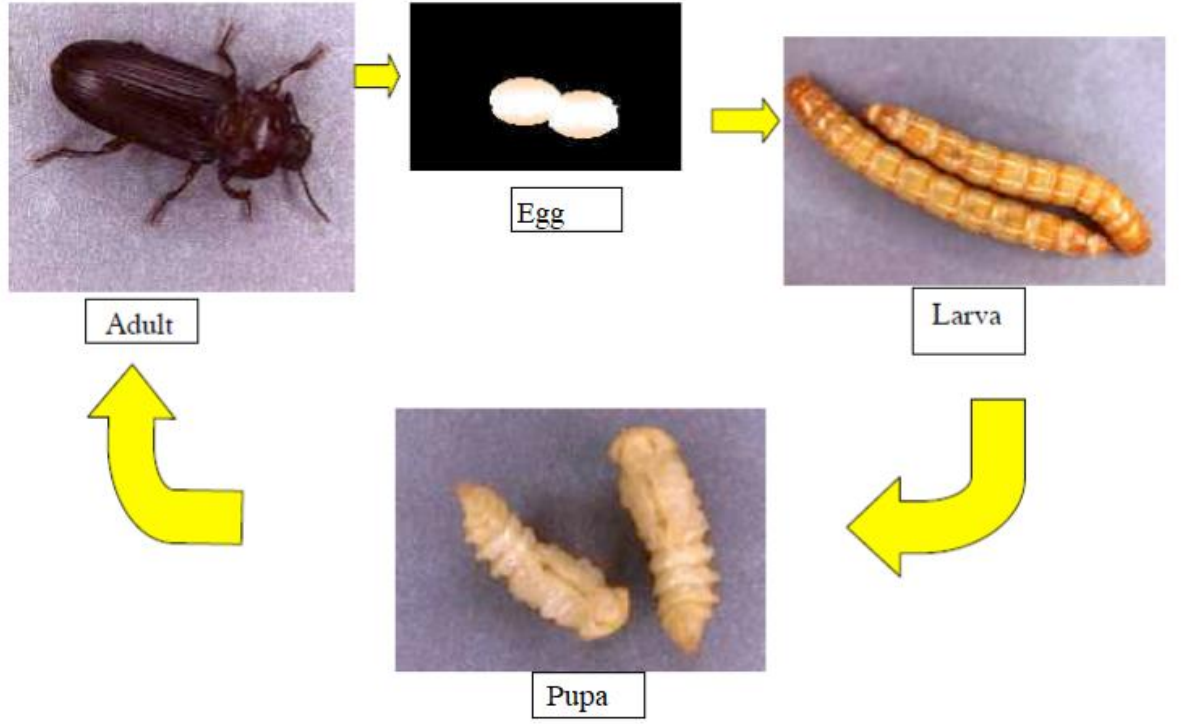
2. GENEL BİLGİLER

2.1 *Tenebrio molitor* yetiştiriciliği

Böcek türlerinin ve bu türlerin gelişim evrelerinin çeşitliliği arasında, su ürünleri üretiminde alternatif protein kaynağı olarak en yaygın kullanılan tür un kurdu ya da Sarı un kurdu olarak bilinen *Tenebrio molitor* türüdür. Su ürünlerinin yanı sıra pet hayvanlarının beslenmelerinde de kullanılan un kurdu Avrupa ve Uzak doğuda üretimi en yoğun olarak yapılan böcek türüdür. Bu türün sistematigi aşağıda verilmiştir (Büche, 2007).

- Âlem : Animalia
- Şube : Arthropoda
- Alt şube : Hexapoda
- Sınıf : Insecta
- Takım : Coleoptera (kın kanatlılar)
- Alt takım : Polyphaga
- Familya : Tenebrionidae (kara böcekgiller)
- Alt familya : Tenebrioninae
- Cins : *Tenebrio*
- Tür : *Tenebrio molitor* (TM)

Yaşam alanı olarak karanlık ve nemli yerleri tercih eden un kurtlarının yaşam döngüsü 4 bölümden oluşmaktadır. Yaşam döngüsü 280-630 gün süren bu türün ilk evresi yumurtadır. 4-12 gün içinde yumurtadan çıkan larvalar, 9-12 gün bu evrede kalırlar ve olgunlaşmaları için 3-4 aya ihtiyaç duyarlar. Larvalar bu evrede genellikle beyazdır. Bu evreden sonra larva deri dökerek pupa evresine geçer ve bu evre metamorfoz evresi olarak bilinir. Son aşama ise yetişkinlik evresidir ve bu dönemde üreme özelliği kazanırlar (Gullan ve Cranston, 2000) (Şekil 2.1.1, Şekil 2.1.2). Yetişkin duruma ermiş un kurtları 12-200 mm uzunluğundadır ve ortam şartlarının elverişli olduğu durumlarda yılda 6 defa üreyebilmektedirler (Makkar vd., 2014).



Şekil 2.1.1. Un kurdunun (*Tenebrio molitor*) yaşam döngüsü.



Şekil 2.1.2. Unkurdunun (*Tenebrio molitor*) larva, pupa ve yetişkin (böcek) aşamaları

Besleme ve üretim için yüksekliği 5-6 cm olan tabanı geniş saklama kapları kullanılmaktadır. Larva, pupa ve böcek evrelerini ayırmak üzere en az 3 kap kullanması gereklidir. Çünkü pupa evresinde hareketsiz oldukları için böcek ve larvalar tarafından yenmeleri olasıdır. Üretim için böcekler bir kapta belli bir süre tutulup tekrar farklı bir kaba aktarılabilir ya da ömürlerini burada geçirirler. Yeni böceklerin farklı bir kaba alınıp taze yataklığa yumurta bırakmalarını sağlamak gerekir, çünkü bu yeni yataklık yumurtadan çıkan larvaların besin kaynağı olacaktır. Larvalar gözle görülür hale geldiklerinde taze yataklığa alınarak daha sağlıklı büyümeleri sağlanmalıdır. Larvalar içerisinde pupa evresine geçenler ayrı kaba aktarılır ve böcek evresine geçmeleri beklenir. Böceklerde ince taneli tahıl kullanımı ters dönerek birkaç günde ölümüne sebep olabilmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek için yataklığa tahıl kepekleri karıştırılmalı ve yumurta kartonları kullanılmalıdır. Yumurta kartonları aynı zamanda böcekler için çiftleşme ve yumurtlama alanı olarak kullanılmaktadır. Kullanılan bu yumurta kartonlarını nemden korumak da önemlidir (Kibar, 2018) (Şekil 2.1.3).



Şekil 2.1.3. Unkurdu yetiştirme kabı

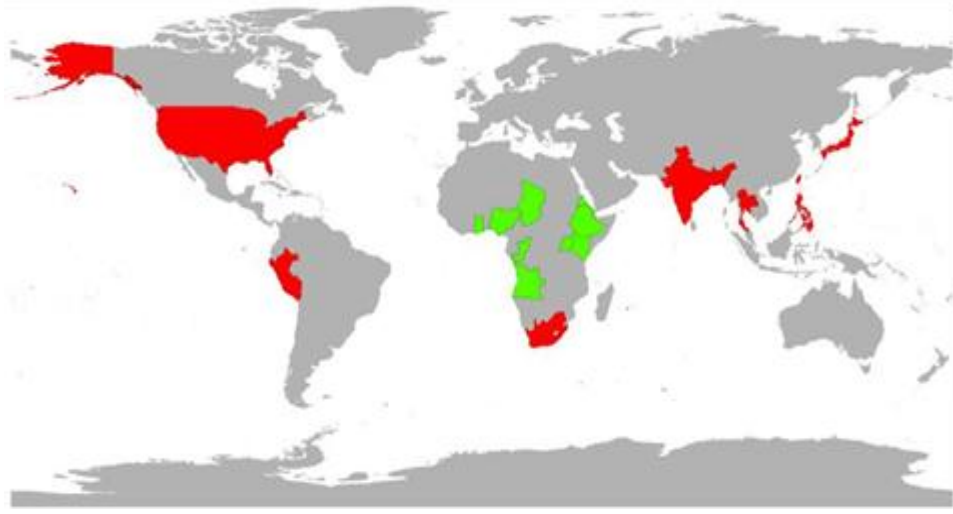
Un kurtları yataklık olarak adlandırılan tahıl unları ve kepeklerinden oluşan karışımda beslenir. Buğday, yulaf, arpa, mısır ve benzeri tahılların unları ve kepekleri kullanılmaktadır. Sıvı ihtiyaçlarını karşılamak için de patates, havuç, elma, marul gibi sebze ve meyveler verilmektedir. Dikkat edilmesi gereken en önemli şey, un kurtlarının bulunduğu kabın aşırı nemden korunmasıdır. Bunu sağlamak için kapların üzeri açık bırakılmalı ya da örümcek, sinek vb diğer canlıların girmesini önlemek için sadece

sineklik teli ile kapatılmalıdır. Sıvı ihtiyaçlarını karşılamak için verilen sebze ve meyvelerin kabuklu tarafı alt tarafa gelecek şekilde yatak üzerine bırakılmalı ya da yataklık ile arasına temiz kağıt, alüminyum folyo koyularak yataklığın nemlenmesinin önüne geçilmelidir (Kibar, 2018).

Un kurtları su ürünleri yem sektöründe alternatif protein kaynağı olarak kullanılmış ve bu güne kadar Afrika kedi balığı (*Clarias gariepinus*) (Ng vd., 2001); gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Gasco vd., 2014; Belforti vd., 2015; Borgogno vd., 2017); tilapiya (*Oreochromis niloticus*) (Sanchez-Muros vd., 2016), sarı yayın balığı (*Pelteobagrus fulvidraco*) (Su vd., 2017), sazan (*Cyprinus carpio*) (Li vd., 2017) gibi tatlı su balıklarında ve Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) (Gasco vd., 2016; Magalhaes vd., 2017), çipura (*Sparus aurata*) (Piccolo vd., 2017), mercan (*Pagellus bogaraveo*) (Iaconisi vd., 2017); kalkan (*Psetta maxima*) (Kroeckel vd., 2012); Atlantik somonu (*Salmo salar*) (Lock vd., 2014) gibi deniz balıklarının beslenmesinde ve Pasifik beyaz karidesi (Panini vd., 2017; Choi vd., 2018) gibi karides türlerinde; Mandarin olarak bilinen (*Siniperca scherzeri*) akvaryum balığı türlerinde denenmiştir.

2.2 Nil Tilapiyasının (*Oreochromis niloticus*) Biyolojik ve Yetiştiricilik Özellikleri

Orta ve Kuzey Afrika ile Orta Doğu'da doğal olarak bulunan, tropikal bir tatlı su balığı türü olan Nil tilapiyası (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) su ürünleri yetiştiriciliğinde en önemli türlerinden biri olup, yetiştiriciliği yapılan üçüncü balık türüdür (FAO, 2020). Yeterli bitki örtüsüne sahip göllerin ve geniş nehirlerin kenarındaki sığ, durgun suları tercih ettiği bilinmektedir (Picker ve Griffiths, 2011) (Şekil 2.2.1).



Şekil 2.2.1 Nil tilapiya'nın (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) doğal dağılımı ve yaşam alanı. *O. niloticus*'un küresel olarak doğal (yeşil) ve tanıtılmış (kırmızı) yayılış alanları (GISD, 2012).

Nil tilapiyası, sikloid pullara sahip derin gövdeli bir balıktır. Gümüş renginde, zeytin/gri/siyah vücut çubuklarına sahip olan Nil tilapiyası, üreme mevsiminde genellikle kırmızıya çalan bir renge bürünmektedir (Picker ve Griffiths, 2011). Maksimum 62 cm uzunluğa ve 3,65 kg ağırlığa ulaşmaktadır (tahmini 9 yaşında) (FAO, 2012). *O. niloticus*'un ortalama boyu (toplam uzunluğu) 20 cm'dir (Şekil 2.2.2).



Şekil 2.2.2 Nil tilapiyası (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758)

Tilapiya için büyümeyi sınırlayan faktörlerin en başında besin mevcudiyeti ve su sıcaklığı gelmektedir. Optimum büyüme sıcaklığı 28-36°C arasında gerçekleşmekte ve

sıcaklık düştükçe büyüme hızı azalmaktadır (FAO, 2012). Beslenme özelliklerini değiştirebilme kabiliyetleri de büyümede değişkenliğe neden olabilmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılan havuzlarında 5-6 aylıkken cinsel olgunluğa ulaşabilmektedirler (FAO, 2012).

Erkek Nil tilapiyaları şiddetle korudukları bir yumurtlama yuvası oluşturarak üremeyi başlatmaktadırlar. Su sıcaklığı 24°C'nin üzerine çıktığında, dişi yumurtalarını yuvaya bırakır ve yumurtalar erkekler tarafından döllenir. Sonrasında döllenmiş yumurtaları dişi ağzında toplar ve bu durum ağız kuluçkası olarak bilinmektedir. Yumurtalar ve yumurtadan çıkan yavrular, iki hafta sonra yumurta sarısı kesesi tamamen emilene kadar bu şekilde kuluçkaya yatırılır ve büyütülür (FAO, 2012). Bir dişinin üreteceği yumurta sayısı vücut büyüklüğüne bağlı olarak 100-1.500 yumurtaya kadar değişebilmektedir. Dişiler kuluçkaya yatarken yumurtlamazlar. Öte yandan erkekler, en uygun çevresel koşullar sağlandığında birden fazla dişinin yumurtalarını sürekli olarak dölleyebilirler (FAO, 2012).

Nil tilapiyaları; diğer balık türlerinin kullanmadığı çok çeşitli besin maddelerini değerlendirebilmeleri, kısa bir besin zincirine sahip olmaları, çözünmüş oksijene karşı toleransları, stok yoğunluğuna karşı adapte olabilmeleri, kolay döl verebilmeleri ve genel olarak hastalıklara karşı dayanıklı olmaları nedeniyle de yetiştiricilikte en çok tercih edilen türler arasında yer almaktadır.

2.3 Literatür Özeti

Su ürünleri yetiştiriciliğinde yemler içerisinde unkurdunun yaygın olarak kullanılmasının ilk sebebi yüksek protein oranına sahip olmasıdır. Bununla birlikte, ait olduğu familyanın birçok türünün Dünya'ya dağılmış olması (Makkar ve diğ., 2014) unkurdunun yaşam döngüsünde özellikle larval dönemde protein (%53.2) ve yağ (%34.5) içeriğini yüksek oranlarda koruyor olması (Ghosh vd., 2017) bu türün yaygın kullanımını arttırmaktadır. Yapılan çalışmalarda, unkurdunun çinko, selenyum, biotin, pantotenik asit, folik asit gibi maddelerce zengin olduğu (Rumpold ve Schöler, 2013) ve izolösin, lösin, lisin ve doymamış yağ asitlerinin de yüksek oranlarda ve balık unu ve soya küspesi ile benzer oranlarda içerdiği bulunmuştur (Rumpold ve Schöler, 2013). Ayrıca, kurutulmuş un kurdunun, balık ununun yerini doldurabilecek potansiyalde olduğu düşünülmektedir (Wang vd., 1996; DeFoliart, 1992).

Gebremichael ve diğ. (2022) sazan (*Cyprinus carpio*) yavrularının diyetindeki un kurdu ununun, altı haftalık beslemeye kadar büyüme performansını, yem kullanımını veya biyometrik indeksleri önemli ölçüde etkilemediğini, bu nedenle, sazan yavruları için un kurdu diyetlerinde besin sindirilebilirliği, kitinolitik enzim aktivitesi ve kitin seviyesi hakkında daha fazla araştırma yapılması gerektiğini ve uzun vadede sazan diyetinde unkurdu ilavesinin %50 oranıyla optimal olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Habte-Tsion vd. (2024) balık unu yerine unkurdu larva ununu kullandıkları çalışmalarında, Atlantik somonları (*Salmo salar*) yüksek sağkalım göstermiş ve büyüme performansı, vücut kompozisyonu (doymamış yağ asitleri hariç), büyüme ile ilgili genlerin göreceli ifadesi ve sindirim mikrobiyomunun alfa çeşitliliğinde önemli farklılıklar gözlenmediğini ve Atlantik somonunun diyetinde un kurdu ikamesinin adaptif bağışıklık sistemini güçlendirerek sağlık yararlarını artırabileceğini ayrıca un kurdu öğünlerinin balık ununa benzer büyüme, hayatta kalma ve sağlık yararları göstererek balıklarda iyi bir performans gösterdiğini bildirmişlerdir.

Sánchez-Muros vd. (2016) unkurdu ununun tilapya (*Oreochromis niloticus*) rasyonunda balık unu ikamesi olarak kullandıkları çalışmalarında, unkurdu ununun soya küspesi ile karşılaştırılabilir bir bileşime sahip olduğunu ve balık ununun kısmen veya soya küspesinin tamamen unkurdu unu ile yer değiştirmesi yem alımını, in vitro protein sindirilebilirliğini, amino asit bileşimini veya biyometrik indeksleri, bununla birlikte, unkurduunun test edilen her iki seviyede de (%25 ve %50) dahil edilmesi büyümeyi yaklaşık %29 oranında azalttığı ve kasın yağ asidi profilini etkilediği bildirilmiştir. Unkurdu, yüksek ikame oranlarında kullanılamayan bir protein kaynağıdır ve lipid profilini iyileştirmesi gerekir. Unkurdu kullanımı, kitinin sindirimdeki rolünün daha iyi anlaşılmasını ve balık büyümesini etkileyebilecek toksinlerin daha iyi tespit edilmesini gerektirir.

Da Silva Sousa (2020) Avrupa levreğinde (*Dicentrarchus labrax*) yağı alınmış larva ununu kullandığı çalışmada, %50 balık ununun unkurdu ile değiştirilmesinin, balık büyümesini etkilemeden FCR ve PER'yi önemli ölçüde iyileştirdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, balık ununun unkurdu ile tamamen değiştirilmesi, Avrupa levreği büyüme performansını, HSI ve VSI'yi bozmamış, ancak tüm vücut yağ içeriğini artırarak lipid metabolizması üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu, kaslardaki EPA ve DHA'nın (% toplam yağ asitleri) göreceli içeriğinin azalmasına rağmen, insan tüketimi için 100 g'lık bir fileto porsiyonundaki EPA + DHA'nın mutlak değerleri, tüm balıklarda insan tüketimi

için önerilen seviyelerin ($>0,25$ g / 100 g ıslak ağırlık) üzerinde kalmış ve uygulamalar arasında önemli ölçüde değişmediğini bildirmiştir. Bu sonuçlardan Avrupa levreği için diyetlerde balık ununun *Tenebrio molitor* unu ile değiştirilmesinin mümkün olduğunu, ancak balık unu ile tamamen değiştirilebilmesi için uzun vadede dikkatli bir şekilde ele alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Gasco vd. (2016) tam yağlı *Tenebrio molitor* (TM) larva küspesinin diyetle dahil edilmesinin etkilerini değerlendirmek için yaptıkları çalışmalarında, Avrupa levreği yavru diyetlerine 25 (TM25) ve 50 (TM50) oranında ilave edilen TM larva unu diyetleriyle balık unu bazlı kontrol diyeti (CD) karşılaştırıldığında, %50 TM unun ilavesinin balıkların nihai canlı ağırlık, kilo alımı, spesifik büyüme oranı ve beslenme oranında kötüleşmeye yol açtığını bildirmişlerdir. Tüm vücut kompozisyonu açısından, ham protein ve lipid miktarı TM kullanımından önemli ölçüde etkilenmezken, FA profilinde değişiklikler gözlemlendi, özellikle, C18:2 n6 artarken C20:5 n3 ve C22:6 n3'te keskin düşüşler olduğunu vurgulamışlardır. Buna bağlı olarakta, $\sum n3 / \sum n6$ oranının önemli bir düşüş gösterdiği bildirilmiştir.

Chemello vd. (2020) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) diyetlerinde kısmen yağsız sarı un kurdu ununun artan konsantrasyonlarıyla kademeli bir balık unu ikamesinin etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, balık ununun böcek unu ile tamamen ikame edilmesinin uygulanabilir olduğunu ve balık büyümesi veya çoğu besin maddesinin sindirilebilirliği üzerinde olumsuz bir etki olmadığını bildirmişlerdir.

Su vd. (2017) kısmen balık unu yerine un kurdu (*Tenebrio molitor*) unu içeren diyetlerin yavru sarı yayın balığının (*Pelteobagrus fulvidraco*) büyüme performansı ve bağışıklık tepkileri üzerindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, %25, %50 ve %75 balık unu yerine un kurdu unu içerecek şekilde formüle edilen yemlerle beslenen sarı yayın balığı kontrol grubuyla (%0 unkurdu) karşılaştırıldığında, en az %50 unkurdu diyet içermesi seviyesinin, büyüme üzerine herhangi bir olumsuz etkisi olmadan sarı yayın balığının bağışıklık tepkisini ve bakteri direncini artırabileceğini bildirmişlerdir.

Tubin vd. (2020) biofloc bir sistemde yetiştirilen tilapia (*Oreochromis niloticus*) diyetlerine farklı katılım seviyelerinde (%0 veya kontrol, %5, 10, 15 ve %20 TM dahil) un kurdu unu ilavesinin nihai ağırlık, ağırlık artışı, SGR, FCR, eritrositler, hepatosomatik indeks ve karkas bileşiminin katılım seviyelerinin artmasına bağlı olarak doğrusal bir etkiyle sonuçlandığı, genel sonuçlara bakıldığında ise biofloc sistemlerde yetiştirilen

tilapia yavrularının diyetlerine %10'a kadar unkurdu ilavesinin mümkün olduğunu bildirmişlerdir.

Tran vd. (2022) diyetle yağdan arındırılmış unkurdu ununun tatlısu levreğinin (*Perca fluviatilis*) üretim performansı, serum biyokimyası, besin sindirilebilirliği, fileto özellikleri, bağırsak mikrobiyotası ve çevresel etkileri üzerindeki etkilerini araştırmışlar, balık unu yerine %0, 25, 50 ve 75 oranında unkurdu unu ilave edilen dört deneysel diyetle 105 gün boyunca beslenen yavru levreklerde %25 oranda balık unu ikamesinin spesifik büyüme oranı ve yem dönüşüm oranı üzerinde önemli bir etki göstermediğini bildirmişlerdir.

Ennayer vd. (2022) levrek diyetlerine kısmen balık unu yerine *Tenebrio molitor* larva ununu ikame ederek dahil edilmesinin etkisini değerlendirmeyi amaçladıkları çalışmalarında, %0, %17, %34 ve %50 balık unu ikamesi içeren dört deneme yemi hazırlanmış, balık ununun %50'sinin TM larva yemi ile ikame edilmesinin zooteknik performansları iyileştirdiğini ve yem alımı, balığın analitik bileşimi veya bağırsak mikrobiyotası üzerinde olumsuz bir etki göstermediğini bildirmişlerdir.

Arshad vd. (2023) Nil tilapiyası diyetlerine büyüme performansı ve yağ asidi profili üzerine farklı oranlarda kara asker sineği kurtçuk unu ilavesinin (%0, %20, %40, %60) etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, balıkların büyüme performansı ve yağ asit profilleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, biyokimyasal vücut kompozisyonu ve yağ asidi profili için %20 BSF'nin en uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Unkurdunun kanatlı kümes hayvanlarının beslenmesinde bir yem kaynağı olarak kullanımı üzerine de çeşitli araştırmalar vardır. Unkurdu, içerdiği protein kalitesi bakımından kanatlı rasyonlarında soya küspesi yerine rahatlıkla ikame edilebilecek bir ürün olmasına rağmen, metiyonin içeriğinin kanatlı hayvanlar için yetersiz olduğu bildirilmiştir (Ramos-Elorduy vd., 2002). Yem tüketimi, ağırlık kazancı ve yemden yararlanma oranına olumsuz bir etkiye neden olmaksızın kurutulmuş unkurdunun etlik piliç rasyonlarında %7.5 ve %10 oranlarında kullanılabileceği (Biasato vd., 2016; Ramos-Elorduy vd., 2002), ayrıca büyüme üzerinde olumsuz etkisi olmaksızın temel kanatlı diyetlerine %25'e kadar unkurdu ilave edilebileceği vurgulanmıştır (Schiavone vd., 2014). Kanatlı beslenmesinde, balık unu yerine unkurdu kullanılan diyetlerin kalitesinde iyileşme meydana geldiği ve tavukların yumurta veriminin %2-4 arasında daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Wang vd., 1996).

Günümüz diyetlerinde kullanılan balık unu miktarlarındaki azalmalara rağmen, bu çaba, balıkların refahına ve besin kalitesine zarar vermeden türü kapsayan daha sürdürülebilir formülasyonlara öncelik vermeye devam etmelidir (Iaconisi vd., 2018; Nogales-Mérída vd., 2019).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 GEREÇ

3.1.1 Araştırma Yeri

Araştırma, Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Akvaryum Balıkları Araştırma Ünitesi'nde yürütülmüştür.

3.1.2 Araştırma Sistemi

Denemenin yürütülmesi amacıyla 80 L hacminde 12 adet akvaryum ve 2 adet sumptan oluşan birbirinden bağımsız 2 adet akvaryum sistemi kurulmuştur. Şekil 3.1.2.1'de deneme ünitesinde kullanılan akvaryum sisteminin görünümü verilmiştir. Akvaryum tabanında atık birikiminin engellenmesi amacıyla, su çıkışı dip akıntısı oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Akvaryumdan çıkan su savaklanarak, PVC boru yardımıyla ve kendi cazibesiyle sumptın giriş haznesine dolması sağlanmıştır. Sump sisteminde sırasıyla filtrasyonu sağlaması amacıyla biyoball, biyosünger, seramik ring ve elyaf gibi filtre ekipmanları kullanılmıştır (Şekil 3.1.2.2).



Şekil 3.1.2.1. Deneme sisteminin görünümü (Orijinal)



Şekil 3.1.2.2. Sump sisteminin görünümü (Orijinal)

3.1.3 Su Materyali

Araştırmada, stok tanklarında dinlendirilmiş tatlısu kullanılmıştır. Araştırma süresince gerekli olduğu sürece tanklardaki su stoklanarak, kullanılmadan önce dinlendirilmiş ve kullanılabilecek kadar hava taşları ile suyun havalandırılması sağlanmıştır. Araştırma süresince, su sıcaklığı, pH ve çözünmüş oksijen miktarları her sabah “Thermo Scientific Orion 4 Star” laboratuvar cihazlarıyla ölçülmüştür.

3.1.4 Balık Materyali

Denemede, Su Ürünleri Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezinde üretilmiş olan 250 adet Nil tilapiya yavruları kullanılmıştır. Merkezde bulunan 150 lt lik üç adet kare tankta stoklanan yavru balıklar ticari bir yem ile besleme periyoduna alınmıştır. Deneme, bina içerisinde Akvaryum Balıkları Araştırma Ünitesinde 40x40x50 cm hacminde 12 adet kare tanklarda ve her birinde 11 adet balık olacak şekilde kurulmuştur. Deneme kurulmadan önce 24 saat aç bırakılan balıklar, stok tanklarından tesadüfi olarak seçilerek deneme tanklarına her bir grup için üç tekerrürlü olacak şekilde yerleştirilmiştir. Deneme resirküle tatlısu sisteminde yürütülmüştür. Deneme grupları deneme süresi olan 12 hafta boyunca farklı oranlarda *Tenebrio molitor* larva unu ilave edilmiş 4 deneme yemi ile beslenmiştir.

3.1.5 Yem Materyali

Araştırmada, Nil tilapiya yavruları için araştırmanın temelini oluşturan *Tenebrio molitor* larva unu farklı oranlarda ilave edilerek deneme rasyonları hazırlanmıştır. Deneme rasyonlarında kullanılan yem hammaddeleri (balık unu, soya küspesi, balık yağı, vs.) özel bir yem fabrikasından (SURSAN, Sinop) temin edilmiş, *Tenebrio molitor* larva unu ise Yem Teknolojisi Laboratuvarında üretilmiş larvaların kurutulması sonucunda elde edilmiştir.

Araştırma yemleri hazırlanmadan önce, karmayı oluşturacak olan hammaddeler elenmiş ve hammaddelerin temel besin madde oranları (kuru madde, ham protein, ham yağ, ham selüloz, ham kül ve nitrojensiz öz madde) saptanmıştır. Besin madde oranları analiz edilmiş balık unu (hamsi unu), soya küspesi, TM larva unu ve mısır proteini kullanılarak hesaplama yolu ile araştırma rasyonları düzenlenmiştir.

Bu değerlerden yararlanılarak, protein oranı %35 olacak şekilde, %0 *Tenebrio molitor* larva unu içeren kontrol yemi (TM0), %50 (TM50), %75 (TM75) ve %100 (TM100) *Tenebrio molitor* larva unu içeren 3 izonitrojenik araştırma yemi Su Ürünleri Fakültesi Yem Teknolojisi laboratuvarında hazırlanmıştır. Ayrıca yemlere mineral ve vitamin eksikliğinin karşılanması amacıyla vitamin ve mineral karmaları ile metiyonin ve dikalsiyum fosfat ilave edilmiştir.

3.1.6 Araştırmada Kullanılan Ekipmanlar

Araştırmada balıkların canlı ağırlıkları ile yemlerin tartımında 0,001 g hassasiyetli dijital terazi, toplam boy ölçümünde 1 mm taksimatlı ölçüm tahtası, su sıcaklığının, çözünmüş oksijen ve pH ölçümleri için “Thermo Scientific Orion 4 Star” marka laboratuvar cihazı kullanılmıştır.

3.2 YÖNTEM

3.3 Araştırma Süresi

Araştırma 12 hafta süre ile yürütülmüştür. Araştırma; yemlerin yapımı ve balıklardaki büyümenin incelendiği büyüme-gelişme olmak üzere iki aşama olarak ele alınmıştır.

3.3.1 Araştırma Planı

Üç tekerrürlü ve 4 grup olarak planlanan araştırma için stok tankında adaptasyonları sağlanmış yavru Nil tilapiya balıklarından ortalama ağrılıkları 3.57 ± 0.03 g olan toplam 132 adet balık rastgele seçilmiş ve 80 L hacimli araştırma tanklarının her birine 11'er adet olmak üzere yerleştirilmiştir. Balıkların stres vb. etkiler nedeniyle tank dışına atlamalarını önlemek için tankların üzeri ince gözlü aç ile kapatılmıştır. Her bir tanka 4 L min^{-1} lik su akışı sağlanmıştir. Tankların bulunduğu ortam normal gün ışığı ile aydınlatılmış ve geceleri ışıklandırma yapılmamıştır.

3.3.2 *Tenebrio molitor* Larva Ununun Hazırlanması

Araştırma materyali olan TM larva unu Su Ürünleri Fakóltesi yem teknolojisi laboratuvarında üretilmiştir. Yerel bir üreticiden temin edilen TM larvaları için mısır unu ve kepekli un ile bir yatak hazırlanmıştır. Önce pupa sonra da böcek olan larvalar için laboratuvarında raflı bir üretim sistemi kurularak yoğun üretime geçilmiştir. (şekil 3.2.3.1).



şekil 3.2.3.1. Un kurdu yetiştirme ünitesi (Orijinal)

Yem teknolojisi laboratuvarında raflı sisteme aktarılan larvalar için hazırlanan yataklar mısır unu, kepekli un, pirinç kepeği olarak düzenlenmiştir. Larvaların ve

böceklerin su ihtiyacını karşılamak için de çoğunlukla marul ve patates başta olmak üzere, salatalık, muz ve portakal kabukları gibi bitkisel materyaller kullanılmıştır (Şekil 3.2.3.2).



Şekil 3.2.3.2. Laboratuvarda üretilmiş un kurtları (Orijinal)

Ortam sıcaklığı klima ile kışın 26°C’de, yazın ise klima kapatılarak mevcut ortam sıcaklığında üretim yapılmıştır. Hasat boyuna ulaşan larvalar hasat edilerek -20°C’de depolanmıştır (Şekil 3.2.3.3).



Şekil 3.2.3.3. Hasat edilmiş ve dondurulmuş unkurtları (Orijinal)

Deneme kurulmadan önce stoklanmış olan TM larvaları çıkarılarak 55°C'ye ayarlanmış etüvde kurutulmuştur. Kurutulan larvalar bir rondo yardımıyla parçalanarak, yem materyali olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

3.3.3 Araştırma Yemlerinin Hazırlanması

Rasyonları oluşturan kuru yem hammaddeleri 500 µm'lik bir elek ile elenerek kalın materyallerden arındırılmıştır. Eleme işleminden sonra, kuru hammaddeler ayrı ayrı tartılarak karıştırma işleminin yapıldığı kap içerisinde 10 dakika süre ile karıştırılmıştır. Kurutulmuş TM larva unu ise öğütüldükten sonra bu karışım içerisine ilave edilerek karıştırma işlemine devam edilmiştir. Son olarak karışımın içine yağ ilavesi yapılmıştır. Daha sonra kuru hammadde içeriğinin %35'i oranında su ilave edilerek, homojen bir karışım elde etmek için yaklaşık 20 dakika karıştırılmaya devam edilmiştir. Karışım homojen hale getirildikten sonra daha iyi karışması için kıyma makinesinden 3 kez geçirilmiş ve 1 mm çapında peletler hazırlanmıştır.

Hazırlanan peletler kurutma dolabında 55°C' de 6 saat süre ile kurutulmuştur. Kurutma işleminin sonunda oda sıcaklığına kadar soğutulan pelet yemler balıkların yiyebilecekleri büyüklükte kırılarak, küçük poşetler içerisine konulmuştur (Şekil 3.2.4.1).

Tüketilen yem miktarını belirlemek için her bir yem poşeti ayrı ayrı 100 g'lık olarak tartılmıştır. Hazırlanan rasyonların tamamı, balık yağlarının okside olma özelliklerinden kaynaklanan bozulmaları önlemek için kullanılabildiği kadar +4°C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.2.4.1. Deneme yemleri (Orijinal)

3.3.4 Balıkların Yemlenmesi

Balıklar, 12 haftalık araştırma süresince sabah 09:00 ve akşam 15:30 olmak üzere günde iki kez görülebilir doygunluk sınırına ulaşıncaya kadar yemlenmişlerdir. Yemleme bittikten sonra bir süre beklenmiş ve doygunluk sınırına ulaştıklarını anlayabilmek için yeniden bir miktar yem verilmiştir. Balıklar tamamen yem almaz duruma geldiklerinde yemleme sona erdirilmiştir.

Resirküle sistemde yürütülen çalışmada, meydana gelebilecek organik yükü azaltmak için tanklar her gün son yemlemeden sonra sifonlanmak suretiyle dışkı ve yem artıklarının ortamdaki uzaklaştırılması sağlanarak, taze su ilavesi yapılmıştır. Araştırma süresince her gün yapılan sifonlamadan başka, haftada bir genel bir temizlik yapılarak tanklara taze su eklenmiştir.

3.3.5 Balıkların Tartılması

Araştırmada, deneme başı ve deneme sonunda yapılan tartımlarda balıkların bireysel ağırlıkları ve toplam boyları ölçülmüştür (Şekil 3.2.6.1). Bu tartım ve ölçüm işlemleri sırasında balıkların mekanik etkilerden zarar görmesini ve strese girmelerini önlemek ve doğru ölçüm yapabilmek amacıyla balıklar, benzokain çözeltisinde (50 mg/lt)

bayıltılmışlardır. Tartımı yapılan balıklar sürekli havalandırılan ve içerisinde temiz su bulunan ayrı bir tankta ayıldıktan sonra temizlenen ve su ilavesi yapılan araştırma tanklarına alınmıştır.

Tartım işlemi sabah erken saatlerde balıklar açken yapılmış ve tartım günleri balıklar yemlenmediği için bu günler araştırma süresine dahil edilmemiştir.



Şekil 3.2.6.1. Deneme sonu balıkların boy ve ağırlık ölçümleri (orijinal)



Şekil 3.2.6.2. Deneme sonu balık örnekleri (Orijinal)

3.3.6 Büyüme Parametrelerinin Belirlenmesi

Denemede elde edilen verilerden, aşağıdaki formüller yardımıyla sonuçlara ulaşılmıştır (Caballero vd., 2002; Yiğit vd., 2002; Khan vd., 2003; Solberg, 2004; Huang vd., 2007).

3.3.6.1 Canlı Ağırlık Artışı (CAA) ve Yaşama Oranı (YO)

Deneme süresince balıkların kazandıkları canlı ağırlık artışıdır. Aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$CAA (\%) = (\text{Deneme sonu vücut ağırlığı (g)} - \text{Deneme başı vücut ağırlığı (g)}) \times 100$$

Yaşama oranı (YO), araştırma sonunda tanklarda kalan balık sayısının araştırma başındaki balık sayısına oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

$$YO (\%) = (\text{Deneme sonu canlı balık sayısı} / \text{Deneme başı balık sayısı}) \times 100$$

3.3.6.2 Spesifik Büyüme Oranı (SBO)

Spesifik büyüme oranı, gerçek büyüme olarak da bilinen, balığın içinde bulunduğu ortam şartları ile belirlenmiş büyümenin ölçüsü olup, belirli bir zaman aralığı içindeki büyümenin ifadesidir. Balıklarda SBO sabit değildir. Yemleme oranı, balık büyüklüğü ve su sıcaklığı gibi çeşitli faktörlerle etkilenmektedir. Ayrıca SBO, balık büyüklüğünün artması ile azalmaktadır. SBO aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$SBO (\%) = \{[\ln(\text{deneme sonu ağırlık (g)}) - \ln(\text{deneme başı ağırlık (g)})] / \text{deneme süresi}\} \times 100$$

3.3.6.3 Oransal Büyüme Oranı (OBO)

Belirli bir dönemdeki büyüme, dönem başındaki boy veya ağırlığın yüzdesi olarak belirtilir. OBO aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$OBO (\%) = (\text{Final ağırlığı (g)} - \text{Başlangıç ağırlığı (g)}) / \text{Başlangıç ağırlığı (g)} \times 100$$

3.3.6.4 Yem Tüketimi (YT)

Deneme süresince balık başına tüketilen yem miktarıdır. Aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$YT (\text{g/balık}) = \text{Toplam tüketilen yem miktarı (g)} / \text{Balık sayısı}$$

3.3.6.5 Yem Değerlendirme Oranı (YDO)

Yem değerlendirme sayısı, büyüme ve beslenme arasındaki ilişkiyi gösterir. Balığa verilen yemin ağırlığa döndürüldüğü verimliliğin bir ölçüsüdür. Aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$YDO = \text{Toplam verilen yem miktarı (g)} / \text{Ağırlık artışı (g)}$$

Yem tüketimi, yemleme oranı, su sıcaklığı ve balık büyüklüğü YDS'yi etkileyen faktörlerdir. Büyüme için optimum sıcaklıklar türlere göre değişiklik gösterir. Alabalıklar için 15°C de maksimum büyüme sağlanırken, 23°C de büyümenin imkânsız olduğu bildirilmiştir [62].

3.3.6.6 Hepatosomatik İndeks (HSI) ve Viserosomatik İndeks (VSI) Değerleri

Hepatosomatik İndeks ve Viserosomatik İndeks değerlerini belirlemek için, deneme sonunda her bir tekerrürden 3'er adet balık örnek olarak alınmıştır. Örnek olarak alınan balıkların vücut ağırlıkları tartıldıktan sonra HSI değerini tespit etmek için,

karaciğer çıkarılarak tartılmış ve aşağıdaki formülle HSI hesaplanmıştır (Mourente vd., 2005; Francis vd., 2006; Regost vd., 2003).

$$\text{HSI (\%)} = [\text{Karaciğer ağırlığı (g)} / \text{Toplam vücut ağırlığı (g)}] \times 100$$

VSI değerini belirlemek için, örnek olarak alınan balıkların tüm iç organları çıkarılarak tartılmış ve aşağıdaki formülle hesaplama yapılmıştır;

$$\text{VSI (\%)} = (\text{İç organ ağırlığı (g)} / \text{Toplam vücut ağırlığı (g)}) \times 100$$

3.3.7 Kimyasal Analizler

12 haftalık deneme süresi sonunda, tüm vücut besin madde bileşenlerinin analizi (HP, HY, HK, HS, KM) için her bir tanktan 3'er adet balık en az acı çekecek şekilde öldürülerek etleri homojenizatörde homojen hale getirilip, analizler yapılana kadar -20°C'de saklanmıştır.

Yağ asit analizleri SUBİTAM'da yaptırılmıştır. Her gruptan alınan belirli bir miktar balıketi olası aksiliklere karşı tekrar yağ asit ve diğer analizlerin yapılabilmesi için -20°C'de derin dondurucuda saklanmıştır.

3.3.7.1 Kuru Madde Analizi

Kuru madde tayini Ludorff ve Meyer (1973)'e göre yapılmıştır. 5 g örnek, daha önceden kurutulup darası alınan kurutma kaplarına konulmuştur. 105°C'ye ayarlı kurutma dolabında 8 saat süre ile kurutma işlemine devam edilmiş, sabit tartıma gelen örnekler desikatörde soğutulmuş ve aşağıdaki eşitliğe göre kuru madde miktarı % olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Kuru Madde (\%)} = (\text{Daratlı kuru madde (g)} - \text{Dara (g)}) / (\text{Daratlı örnek (g)} - \text{Dara (g)}) \times 100$$

$$\text{Nem (\%)} = 100 - \% \text{ Kuru Madde}$$

3.3.7.2 Ham Protein Analizi

Ham protein analizleri Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (Akyıldız, 1984). Bu yöntemle göre balıketi için 1 g örnek, yem için 0.5 g örnek tartılıp, üzerine katalizör olarak 2 adet titanyum tablet ve derişik H₂SO₄'dan 20 ml ilave edilmiştir. Tüpler yakma ünitesine yerleştirildikten sonra, kademeli olarak ısı arttırılarak toplam 1 saat süreyle yakılmışlardır. Yakma işlemi bittikten sonra, soğutulan tüplere 50 ml saf su ilave edilerek

destilasyon ünitesine yerleştirilmişlerdir. Daha sonra üzerine 50 ml %33'lük NaOH çekilerek yaklaşık 100 ml destilat elde edilene kadar 4 dakika destilasyon işlemine devam edilmiştir. Destilat içinde 20 ml %4'lük borik asit ve 2 damla “Tashiro's indicator solution” bulunan erlenmayerde toplanmıştır. Toplana destilat 0.1N HCl ile titre edilmiş, harcanan çözelti kaydedilerek aşağıdaki formüle göre ham protein miktarı % olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Ham Protein (\%)} = (\text{Titrasyonda harcanan HCl miktarı (ml)} \times 0.0014 \times 6.25 / \text{Örnek miktarı (g)}) \times 100$$

3.3.7.3 Ham Yağ Analizi

Ham yağ miktarının belirlenmesi için, 2 g örnek (yağ örnek için K₂SO₄ ile nemi alındıktan sonra) bir kartuşa konulmuştur. Kartuş, saksolet cihazına yerleştirilip, daha önceden kurutulup darası alınan balona sabitlenmiştir. Üzerine 1.5 kez sifon yapacak şekilde susuz saf eter ilave edilerek, 60-70°C'de 6 saat beklenmiş ve en az 6 kez sifon yapması sağlanmıştır. Daha sonra 105°C kurutma dolabında 1 saat kurutulan balonların son tartımları yapılarak, aşağıdaki formüle göre ham yağ miktarı % olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

$$\text{Ham yağ (\%)} = (\text{Balon son tartım (g)} - \text{Balon dara (g)}) / \text{Örnek miktarı (g)} \times 100$$

3.3.7.4 Ham Kül Analizi

Darası belli olan porselen kroze içerisine 2 g örnek tartılarak, 550°C'ye ayarlı kül fırınında 5-6 saat yakılmıştır. Süre sonunda fırından çıkarılan ve desikatörde soğutulan örnekler tekrar tartılmış, aşağıdaki formüle göre ham kül miktarı % olarak belirlenmiştir (Akyıldız, 1984).

$$\text{Ham Kül (\%)} = (\text{Daralı kül (g)} - \text{Dara (g)}) / \text{Daralı örnek (g)} - \text{Dara (g)} \times 100$$

3.3.7.5 Yağ Asit Analizleri

Yağ örneklerinin gaz kromatografisi cihazında (Thermo Scientific Trace 1310) analize uygun hale gelmesi için yağ asitleri, metil esterlerine dönüştürülerek türevlendirme yapılmıştır. Bunun için, ekstrakte edilmiş yağdan 0.25 gr alınarak 4 ml heptan ilavesiyle çözündürülmüş ve üzerine 0.4 ml 2N KOH eklenmiştir. Bu karışım 2 dakika süresince vortekste karıştırılmış, daha sonra 5 dakika 5000 rpm devir hızında

santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminin ardından oluşan heptan fazından 1.5-2 ml alınarak GC/MS analizi için cam tüplere aktarılmıştır. Orneğin cihaza enjeksiyonu otomatik örnekleyici (Autosampler AI 1310) ile gerçekleştirilmiştir.

Örnekler Thermo Scientific ISQ LT modeli GC/MS gaz kromatografisi kütle spektrometresi ile analiz edilmiştir. Bu analiz için 60 m uzunluğunda 0.25 µm iç çapında, 0.25 µm film kalınlığına sahip Trace Gold TG-WaxMS kapiller kolon (Thermo Scientific kod: 26088-1540) kullanılmıştır. Enjeksiyon bloğu sıcaklığı 240 °C ye ve kolon sıcaklık programı da 100°C den 240 °C ye yükselecek şekilde ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak sabit akışta helyum gazı (1 ml/dk) kullanılmış ve 1:20 split oranı uygulanmıştır. MS ünitesi (ISQ LT), elektron iyonizasyon modunda kullanılmıştır. Yağ asitleri, 37 bileşenden oluşan standart FAME karışımının gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır.

3.3.7.6 Amino Asit Analizleri

Amino asit analizleri Kastamonu Üniversitesi Merkez Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı'nda (MERLAB, Türkiye) yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ön kolon türevlendirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirildi.

Analiz prosedürü; 0,5 gram numune tartılır ve 110°C'de 20 mL HCl ile 18-24 saat yakılır. Daha sonra, 20 mL saf su eklenir ve 70°C'de bir buharlaştırıcıda kurutulur. Kurutulan numune, saf su ile 50 mL'ye tamamlanarak enjeksiyona hazır hale getirilir. HPLC analizinde, Zorbax Eclipse AAA 4,6 X 150 mm, 3,5 µm kolon kullanılırken, mobil faz A olarak %0,1 formik asit içeren su, mobil faz B olarak ise %0,1 formik asit içeren metanol tercih edilir. Enjeksiyon hacmi 10 µL, akış hızı 1 mL/dk ve kolon sıcaklığı 40°C olarak ayarlanır. Gradyan programı, 2,5 dakikada faz A'nın %85 ve faz B'nin %15 olmasıyla başlar, farklı hızlarda devam eder ve 14 dakikada başlangıç koşullarına geri döner. Seyreltme faktörü analiz sonuçlarına yansır.

3.3.7.7 Sindirim Enzimi Analizleri

Çalışmanın sonunda sindirim enzimi aktivitelerinden amilaz, lipaz, pepsin ve tripsin aktiviteleri test edildi. Tüm sindirim sistemi ve hepatopankreas, buz gibi soğuk sterilize edilmiş damıtılmış suda iyice homojenize edildi ve 4°C'de 45 dakika boyunca 15.000x g'de santrifüjlendi. Süpernatant, ham enzim kaynağı olarak kullanıldı. Amilaz aktivitesi, Bernfeld (1955) tarafından tarif edilen nişasta hidroliz yöntemiyle analiz

edildi. Lipaz aktivitesi Furne vd. (2005). Pepsin, Worthington (1988) yöntemi kullanılarak test edildi. Tripsin, Erlanger ve arkadaşlarına göre (1961) bir substrat olarak Na-Benzoyl-DL-arginin 4-nitroanilid hidroklorür kullanılarak belirlendi. Tüm sindirim enzimlerinin spesifik aktiviteleri miligram protein olarak hesaplandı. Tüm enzim aktivite birimleri aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplandı (55):

$$\text{AMİLAZ} = [(\text{örnek sonucu} - \text{kör sonucu})^2 \times 7,712] - [1,082 \times (\text{örnek} - \text{kör})] + 0,082$$
$$= \text{Sonuç} / \text{mgprotein}$$

$$\text{LİPAZ} = [(\text{Süpernatant-Kör}) \times (0,2359 + 0,0153)^2] / \text{mg protein}$$

$$\text{PEPSİN} = [(\text{Örnek-Kör}) \times 1000] / [10 \times \text{mg protein}]$$

$$\text{Absorbasyon sonucu} = [(\text{Son sonuç} - \text{ilk sonuç})/10\text{dk}]$$

$$\text{TRİPSİN} = [(\text{Absorbasyon sonucu} \times 1\text{milyon}) / 8.800] / 2 = \text{Sonuç} / \text{mg protein}$$

3.3.8 Verilerin Değerlendirilmesi

Deneme gruplarından elde edilen verilerin normalite testleri Anderson-Darling normalite testi ile grupların varyanslarının eşitliği Levene's testi ile kontrol edildikten sonra gruplar arasında farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Yaşama oranı ve yüzde ile ifade edilen verilerin arc-sin transformasyonu yapılarak normalitesi kontrol edilmiştir. İstatistiksel analizlerde Minitab 17 paket programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Yapılan bu çalışma ile farklı oranlarda *Tenebrio molitor* larva unu ilave edilmiş yemlerle beslenen yavru tilapiya balıklarının büyüme parametreleri, kimyasal kompozisyonu, yağ asit miktarları ve sindirim enzim aktiviteleri araştırılmıştır.

4.1 Deneme Yemleri

Çalışmada kullanılan balıkların beslenmiş olduğu deneme yemlerinin formülasyonu ve biyokimyasal kompozisyonu Tablo 4.1.1 ve Tablo 4.1.2'de verilmiştir.

Tablo 4.1.1. Deneme yemlerinin formülasyonu (g kg⁻¹)

Yem hammaddeleri	TM0	TM50	TM75	TM100
Balık unu	200	100	50	0
TM larva unu	0	100	150	200
Soya küspesi	223	273	280	300
İrmik altı un	320	280	273	253
Mısır proteini	150	150	150	150
Balık yağı	40	30	25	30
Metiyonin	1	1	1	1
Vitamin karması(*)	3	3	3	3
Mineral karması(*)	3	3	3	3
Dikalsiyum fosfat	10	10	10	10

(*) Vitamin-mineral karması (mg/kg karışım): vitamin A, 210000 IU; Vitamin D₃, 35000 IU; vitamin E, 7000 mg; vitamin K₃, 322 mg; vitamin B₁, 588 mg; vitamin B₂, 252 mg; vitamin B₆, 294 mg; vitamin B₁₂, 826 mcg; niasin, 1400 mg; biotin, 7583 mcg; 182 mg folik asit, pantothenik asit, 1722 mg; inositol, 17220 mg; vitamin C, 933.31 mg; Ca, 1414mg.

Tablo 4.1.2. Araştırmada kullanılan yemlerin besin madde içerikleri (kuru madde de % olarak).

Deneme rasyonları	Nem (%)	HP (%)	HY (%)	HK (%)	NÖM+Selüloz¹ (%)	Toplam Enerji² (kJ/g)
TM0	9.27±0.37	35.30±0.15	11.48±0.05	5.88±0.10	38.07±0.06	19.34±0.13
TM50	9.08±0.14	35.08±0.12	11.51±0.07	5.95±0.04	38.38±0.05	19.35±0.08
TM75	10.04±0.29	34.24±0.04	11.96±0.05	5.22±0.13	38.54±0.03	19.36±0.20
TM100	10.06±0.15	34.06±0.03	11.97±0.04	4.93±0.05	38.98±0.03	19.39±0.04

Her değer; ortalama±standart hatayı ifade etmektedir.

¹Nitrojensiz Öz Madde+Selüloz (%)=100-(nem+ ham protein+ham yağ+ham kül)

²Toplam enerji; protein 23.6 kJ/g, yağ 39.5 kJ/g ve NÖM+Selüloz 17kJ/g kalori değerleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Çalışmada kullanılan balıkların beslenmiş olduğu deneme yemleri nin yağ asit ve amino asit kompozisyonları Tablo 4.1.3 ve Tablo 4.1.4'de verilmiştir.

Tablo 4.1.3. Deneme yemlerinin yağ asit kompozisyonları (toplam yağ asitlerin %)

Fatty acids	Deneme Yemleri			
	TM0	TM50	TM75	TM100
C14:0	5.84±0.02	4.89±0.00	5.09±0.03	4.80±0.02
C15:0	1.52±0.02	0.72±0.01	0.64±0.01	0.59±0.01
C16:0	17.71±0.19	16.25±0.03	16.58±0.02	16.51±0.09
C17:0	0.16±0.01	0.20±0.00	0.30±0.00	0.22±0.01
C18:0	7.06±0.02	6.13±0.02	6.17±0.06	5.59±0.03
C20:0	1.87±0.01	1.26±0.01	1.23±0.01	1.08±0.04
C21:0	0.01±0.01	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.01
C22:0	0.96±0.01	0.52±0.00	0.50±0.01	0.45±0.01
C23:0	0.09±0.04	0.02±0.00	0.04±0.01	0.03±0.01

Tablo4.1.3'ündevamı

C24:0	0.54±0.01	0.33±0.00	0.33±0.01	0.33±0.01
ΣSFA	35.79±0.26	30.32±0.04	30.89±0.13	29.62±0.05
C14:1	0.51±0.01	0.22±0.00	0.20±0.00	0.17±0.01
C15:1	0.18±0.08	0.09±0.00	0.08±0.00	0.07±0.01
C16:1	1.45±0.08	0.63±0.00	0.58±0.00	0.50±0.02
C17:1	0.89±0.17	0.55±0.01	0.58±0.01	0.50±0.02
C18:1 n-9c	16.45±0.01	24.83±0.08	28.40±0.03	27.13±0.06
C18:1 n-9t	2.69±0.09	1.44±0.01	0.82±0.02	1.18±0.04
C20:1	1.83±0.01	1.34±0.02	1.21±0.01	1.03±0.02
C20:1 n-9	1.91±0.01	1.14±0.00	1.00±0.01	0.88±0.01
C24:1	1.35±0.01	0.90±0.03	0.88±0.06	0.83±0.02
ΣMUFA	30.98±0.12	31.13±0.09	33.76±0.04	32.28±0.08
C18:2 n-6c	12.27±0.01	18.04±0.02	17.38±0.10	19.61±0.09
C18:2 n-6t	0.52±0.06	0.35±0.00	0.33±0.01	0.28±0.00
C18:3 n-3	3.12±0.01	3.08±0.01	2.91±0.02	2.78±0.03
C18:3 n-6	0.37±0.03	0.19±0.01	0.19±0.01	0.16±0.01
C20:2	0.68±0.01	0.56±0.01	0.50±0.00	0.38±0.01
C20:3 n-3	0.06±0.00	0.08±0.01	0.10±0.01	0.11±0.00
C20:3 n-6	0.14±0.13	0.17±0.08	0.03±0.01	0.05±0.05
C20:4 n-6	1.69±0.04	1.14±0.00	1.06±0.01	0.98±0.02
C20:5n-3	7.35±0.04	5.65±0.01	4.85±0.01	5.24±0.02
C22:2	0.30±0.02	0.25±0.01	0.31±0.00	0.31±0.00
C22:6 n-3	10.21±0.06	8.62±0.04	7.28±0.03	7.87±0.03
ΣPUFA	36.70±0.17	38.15±0.08	34.94±0.11	37.78±0.11
Σn-3PUFA	20.72±0.02	17.43±0.03	15.13±0.02	16.00±0.03
Σn-6PUFA	14.99±0.17	19.90±0.07	18.99±0.11	21.08±0.11
n-3/n-6	1.38±0.02	0.88±0.00	0.80±0.01	0.76±0.00
DHA/EPA	1.39±0.01	1.53±0.01	1.50±0.01	1.50±0.01

Veriler 3 tekrarın ortalamasıdır. SFA: Doymuş yağ asitleri, MUFA: Tekli doymamış yağ asitleri, PUFA: Çoklu doymamış yağ asitleri, DHA: Dokosahegzaenoik asit, EPA: Eikopentaenoik asit.

Tablo 4.1.4. Deneme yemlerinin amino asit kompozisyonları

Deneme Yemleri				
	TM0	TM50	TM75	TM100
<i>Esansiyel Amino Asitler (g/100g)</i>				
Arginin	4.52	3.50	3.86	3.31
Histidin	1.32	0.92	0.97	1.00
İzolösin	2.69	2.59	2.33	2.40
Lösin	1.07	0.93	0.89	0.90
Lizin	10.57	7.98	7.23	7.69
Metiyonin	1.67	1.13	1.07	0.97
Sistin	1.08	0.81	0.99	0.74
Fenilalanin	2.17	2.05	1.94	1.98
Treonin	1.10	1.12	1.08	1.00
Valin	2.70	2.36	2.21	2.37
<i>Esansiyel Olmayan Amino Asitler (g/100 g)</i>				
Alanin	3.30	3.13	3.52	3.02
Aspartik Asit	3.94	4.28	4.15	3.26
Glutamik Asit	5.72	5.55	5.99	4.93
Glisin	9.55	9.84	8.78	8.85
Serin	5.90	6.12	5.84	6.37
Tirosin	1.89	1.82	1.84	2.02
Prolin	5.15	6.09	5.02	5.71
TAA	64.31	60.23	57.71	56.74
TEAA	27.80	22.59	21.57	21.56
TEOAA	35.43	36.83	35.14	34.44
TEAA/TEOAA	0.79	0.61	0.62	0.63

4.2 Araştırma Tanklarındaki Su Parametreleri

Araştırmada, su sıcaklığı, pH ve çözünmüş oksijen miktarları günlük olarak ölçülmüştür. Su parametrelerine ilişkin minimum, maksimum ve ortalama değerler Tablo 4.2.1’de verilmiştir.

Tablo 4.2.1. Araştırma süresince belirlenen su sıcaklığı (°C), pH ve çözünmüş oksijen (mg/l) değerleri

	En düşük	En yüksek	Ortalama
Su sıcaklığı (°C)	25.5	28.4	26.78±0.15
pH	7.30	8.78	8.19±0.07
Çözünmüş oksijen (mg/l)	3.12	5.23	4.03±0.08

Araştırma süresince ortalama su sıcaklığı 26.78±0.15°C, pH 8.19±0.07, çözünmüş oksijen konsantrasyonu ise 4.03±0.08 mg/l olarak saptanmıştır.

4.3 Büyüme Parametreleri

Deneme başı ve sonunda grupların ortalama canlı ağırlıkları, canlı ağırlık artışları (CAA,%), spesifik büyüme oranları (SBO,%), oransal büyüme oranları (OBO,%) ve yaşama oranlarına (YO) ilişkin bulgular Tablo 4.3.1’de verilmiştir.

Deneme grupları arasında YO açısından istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir (p>0.05). Yaşama oranı bütün gruplarda %100 olarak tespit edilmiştir.

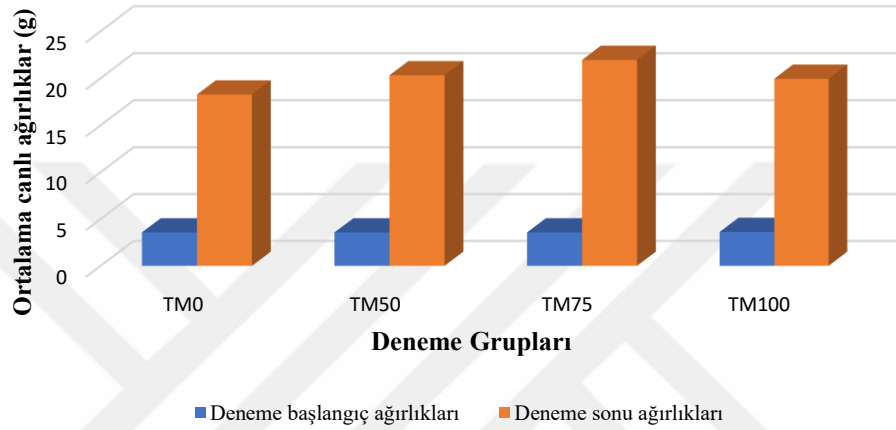
Tablo 4.3.1. Deneme gruplarında büyüme parametreleri

Deneme	Canlı	Ağırlıklar	CAA	SBO	OBO	YO
Grupları	(g)		(%)	(%)	(%)	(%)
	Deneme	Deneme				
	Başı	Sonu				
TM0	3.56±0.03	18.26±0.85 ^c	14.70±0.88 ^c	2.33±0.08 ^c	412.88±27.69 ^c	100
TM50	3.57±0.03	20.31±1.52 ^a	16.75±1.53 ^b	2.48±0.11 ^b	471.26±43.99 ^b	100
TM75	3.56±0.06	21.94±0.35 ^a	18.38±0.31 ^b	2.60±0.01 ^b	516.05±5.76 ^b	100
TM100	3.61±0.01	19.94±0.23 ^a	16.33±0.24 ^b	2.44±0.02 ^b	452.64±7.40 ^b	100

Her değer; ortalama±standart hatayı ifade etmektedir.

Aynı sütunda farklı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).

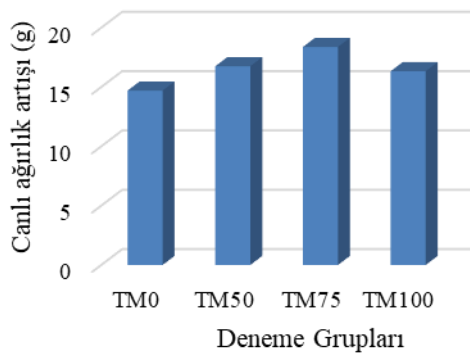
Deneme başında canlı ağırlıklar 3.56 ± 0.03 g ile 3.61 ± 0.01 g arasında değişmiş ve deneme sonunda en yüksek ortalama canlı ağırlık 21.94 ± 0.35 g ile TM75 grubundan elde edilmiş olup, bunu sırasıyla TM50, TM100 ve TM0 (20.31 ± 1.52 g, 19.94 ± 0.23 g, 18.26 ± 0.85 g) grupları izlemiştir (Şekil 4.3.1). TM75 grubu ile diğer deneme grupları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).



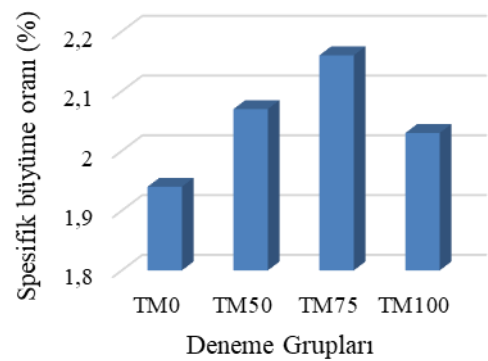
Şekil 4.3.1. Deneme gruplarının deneme başı ve deneme sonu ortalama canlı ağırlıkları

Canlı ağırlık artışı (CAA, %) değerleri bakımından elde edilen sonuçlara göre en yüksek CAA TM75 grubundan ($\%18.38\pm0.31$), en düşük CAA ise TM0 grubundan ($\%14.70\pm0.88$) elde edilmiştir. Spesifik büyüme oranı ve oransal büyüme oranlarında da bu sıralama değişmemiştir. (Tablo 4.3.1 ve Şekil 4.3.2 a, b, c).

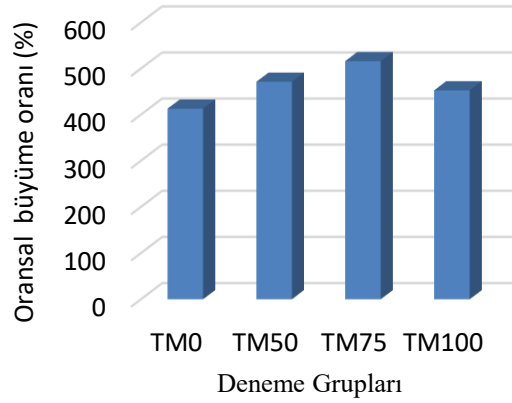
a.



b.



C.



Şekil 4.3.2. Deneme gruplarının canlı ağırlık artışı (CAA, %, a), spesifik büyüme oranları (SBO, %, b), oransal büyüme oranları (OBO, %, c)

4.4 Toplam Yem Tüketimi, Yem Tüketimi (YT, g/balık) ve Yem Değerlendirme Oranı (YDO)

Tablo 4.4.1’de deneme sonunda gruplardan elde edilen toplam yem tüketimi, balık başına yem tüketimi (YT) ve yem değerlendirme oranı (YDO) gösterilmiştir. Alternatif protein kaynağı olarak TM larva ununun kullanıldığı TM50, TM75 ve TM100 grupları arasında toplam yem tüketimi ve balık başına yem tüketimi üzerine istatistiki olarak protein kaynağının herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Ancak TM0 yemi ile karşılaştırıldığında aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

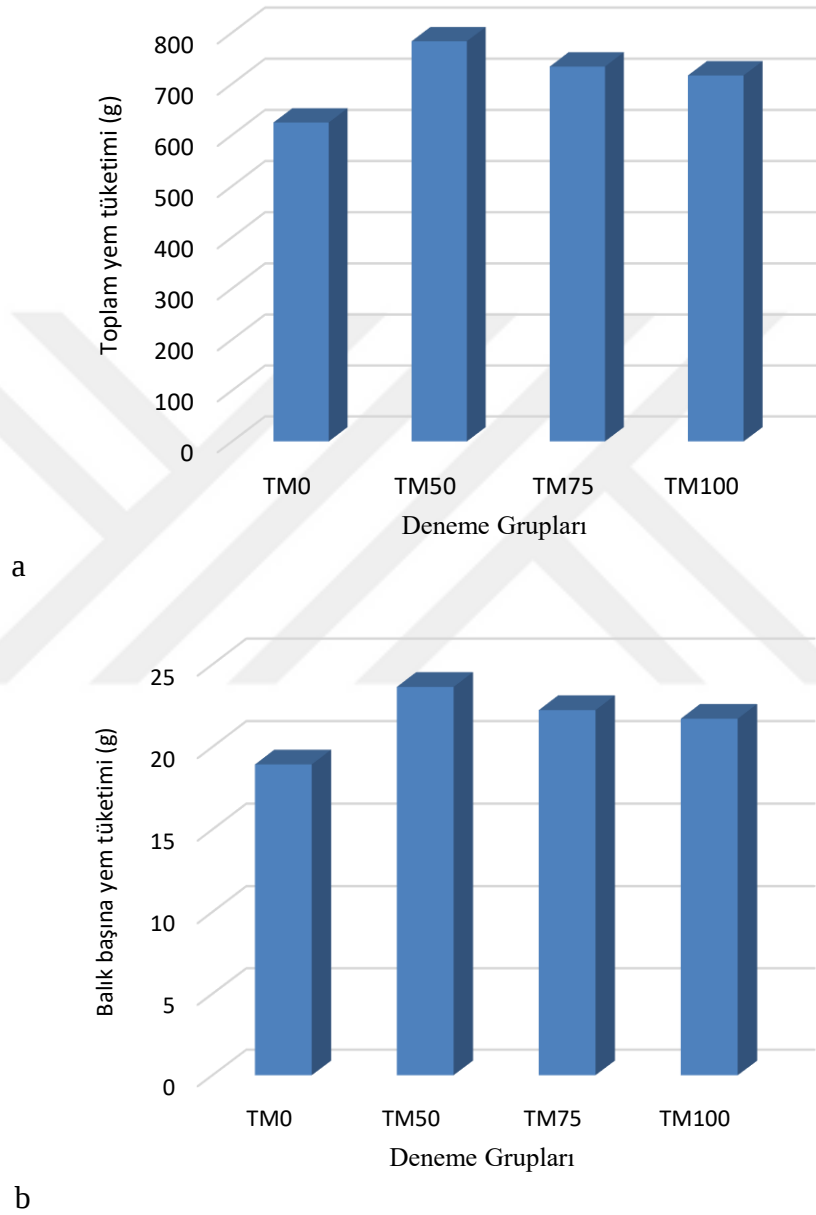
Deneme sonunda, gruplardan elde edilen en yüksek yem tüketimi TM50 (23.64) ve grubunda, en düşük yem tüketimi ise TM0 (18.94) grubunda tespit edilmiştir (Şekil 4.4.1). Bütün gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4.4.1. Deneme gruplarından elde edilen toplam yem tüketimi (g), balık başına yem tüketimi (YT, g/balık) ve yem değerlendirme oranları (YDO)

Deneme Grupları	Toplam Tüketimi (g)	Yem YT (g/balık)	YDO
TM0	624.37 ^d	18.94 ^d	1.30±0.08 ^c
TM50	783.14 ^a	23.64 ^a	1.43±0.12 ^a
TM75	733.72 ^b	22.23 ^b	1.21±0.02 ^d
TM100	716.41 ^c	21.71 ^c	1.33±0.02 ^b

Her değer; ortalama±standart hatayı ifade etmektedir.

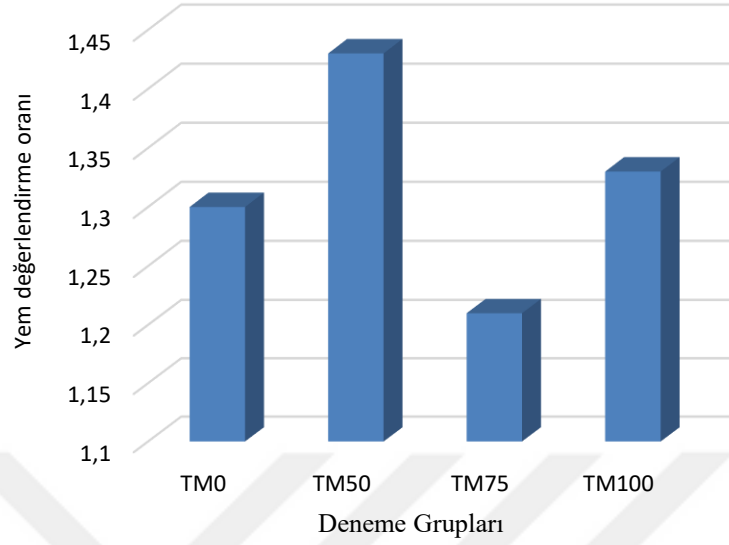
Aynı sütunda farklı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).



Şekil 4.4.1. Graplardan elde edilen toplam yem tüketimi (g, a) ve balık başına yem tüketimi (YT, g/balık, b)

Deneme sonunda en iyi yem değerlendirme oranı TM75 (1.21 ± 0.02) grubunda tespit edilmiştir. En düşük yem değerlendirme oranı ise 1.43 ± 0.12 ile TM50 grubunda belirlenmiştir (Şekil 4.4.2). Deneme sonunda tüm gruplar arasında tespit edilen yem

değerlendirme oranları açısından istatistiki açıdan farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.4.2. Gruplardan elde edilen yem değerlendirme oranları (YDO)

4.5 Hepatosomatik İndeks (HSI) ve Viserosomatik İndeks (VSI) değerleri

Deneme başı ve sonunda elde edilen HSI ve VSI ilişkin bulgular Tablo 4.5.1’de gösterilmiştir.

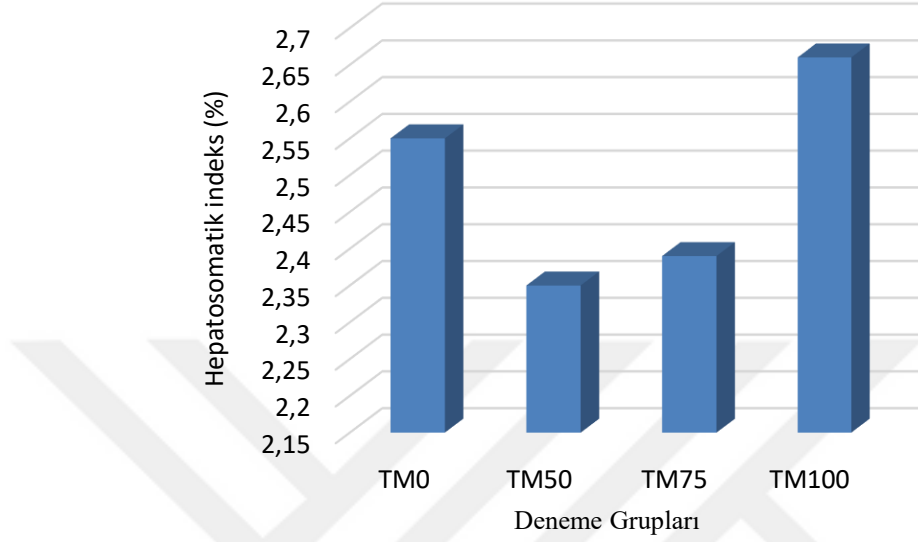
Tablo 4.5.1. Gruplardan elde edilen ortalama hepatosomatik indeks (HSI) ve viserosomatik indeks (VSI)

Deneme Grupları	HSI (%)	VSI (%)
TM0	2.55±0.39 ^a	7.61±0.49 ^a
TM50	2.35±0.11 ^a	8.19±0.26 ^a
TM75	2.39±0.15 ^a	7.99±0.19 ^a
TM100	2.66±0.31 ^a	8.72±0.89 ^a

Her değer; ortalama±standart hatayı ifade etmektedir.

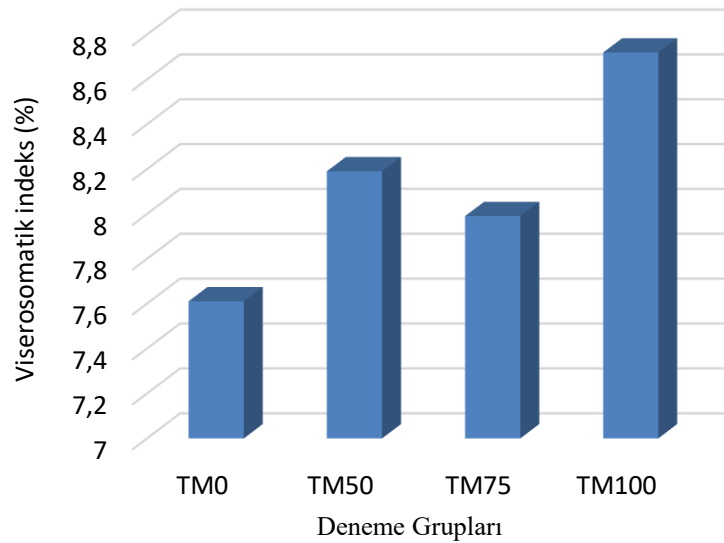
Aynı sütunda farklı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).

Deneme sonunda HSI değerleri incelendiğinde gruplar arasında önemli bir fark ($p>0.05$) bulunmadığı tespit edilmiştir. Deneme sonunda en yüksek HSI 2.66 ± 0.31 ile TM100 grubunda gözlemlenirken en düşük HSI ise 2.35 ± 0.11 ile TM50 grubundan elde edilmiştir (Şekil 4.5.1).



Şekil 4.5.1. Gruplardan elde edilen ortalama hepatosomatik indeks (HSI) değerleri

Deneme başında ortalama 9.71 ± 0.38 olan VSI değeri deneme sonunda K, 10STK, 15STK ve 20STK gruplarında sırasıyla, 10.31 ± 0.23 , 11.12 ± 0.21 , 10.26 ± 0.54 ve 11.34 ± 0.30 olarak bulunmuş (Tablo 4.5.1 ve Şekil 4.5.2) ve elde edilen değerler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).



Şekil 4.5.2. Gruplardan elde edilen ortalama viserosomatik indeks (VSI) değerleri

4.6 Vücut Kompozisyonu

Araştırmada, deneme sonunda balık etinden alınan örneklerde belirlenen nem, ham protein (HP), ham yağ (HY) ve ham kül (HK) oranları Tablo 4.6.1’de verilmiştir.

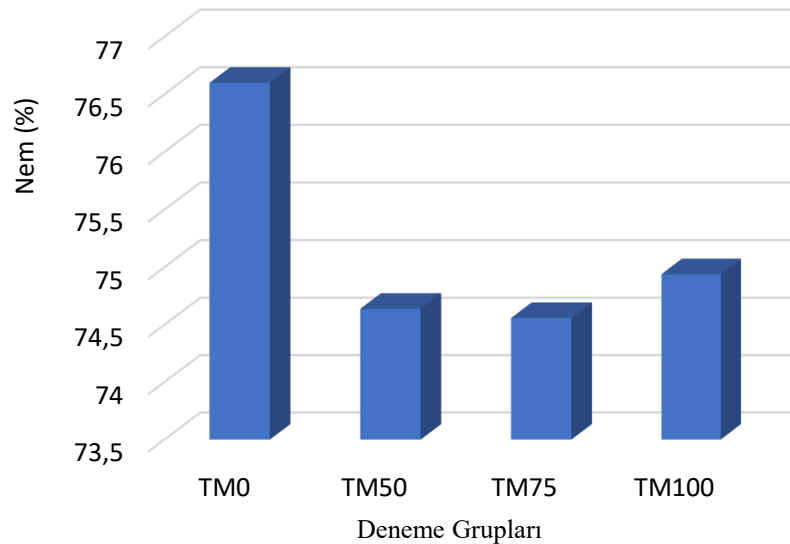
Tablo 4.6.1. Nil tilapiya balıklarının deneme sonu kimyasal kompozisyonu (yaş madde)

Deneme Grupları	Nem (%)	HP (%)	HY (%)	HK (%)
TM0	76.60±0.52 ^a	16.70±0.19 ^a	4.93±0.10 ^a	2.48±0.01 ^a
TM50	74.64±0.37 ^b	15.52±0.18 ^b	5.25±0.21 ^a	2.55±0.04 ^a
TM75	74.56±0.09 ^b	14.43±0.29 ^c	5.89±0.10 ^a	2.73±0.03 ^a
TM100	74.94±0.13 ^b	14.14±0.21 ^c	4.20±0.14 ^a	2.61±0.05 ^a

Her değer; ortalama±standart hatayı ifade etmektedir.

Aynı sütunda farklı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).

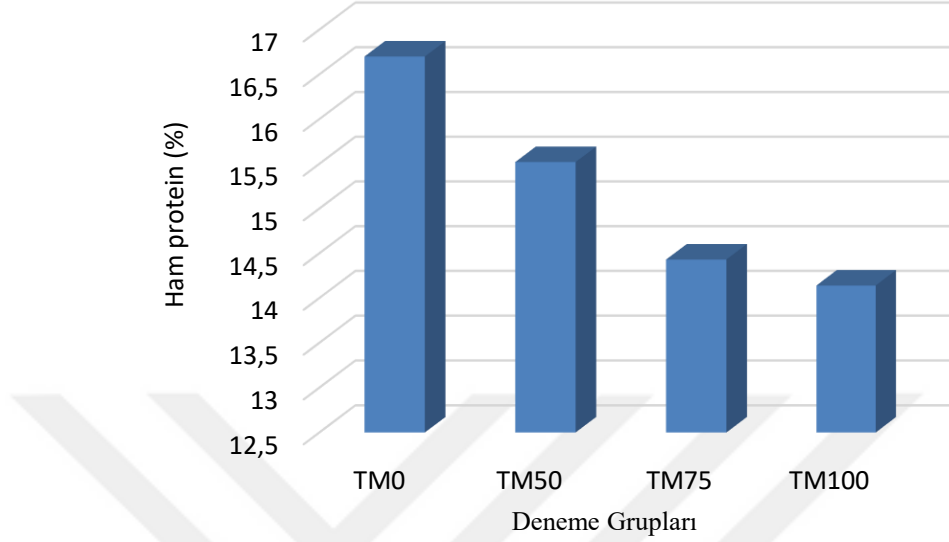
Deneme yemleri ile beslenen gruplar arasındaki nem oranlarına bakıldığında TM0 grubu ile TM50, TM75, TM100 grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir (Tablo 4.6.1 ve Şekil 4.6.1).



Şekil 4.6.1. Nil tilapiya balıklarının deneme sonu nem oranları (%)

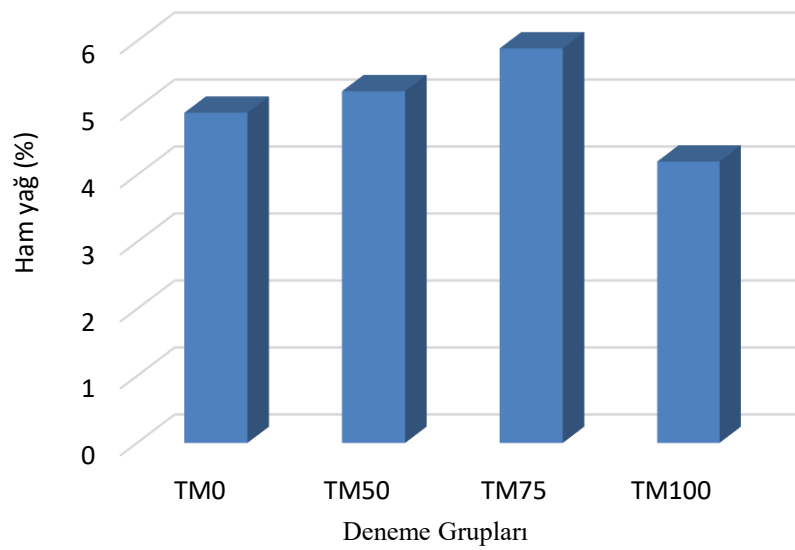
Deneme sonunda balık etindeki HP oranları incelendiğinde, deneme grupları arasında en yüksek HP oranı TM0 (16.70±0.19) grubunda, en düşük HP oranı ise TM100

(14.14 ± 0.21) grubunda tespit edilmiştir. TM0, TM50 ve diğer deneme grupları (TM75 ve TM100) arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 4.6.1 ve Şekil 4.6.2)



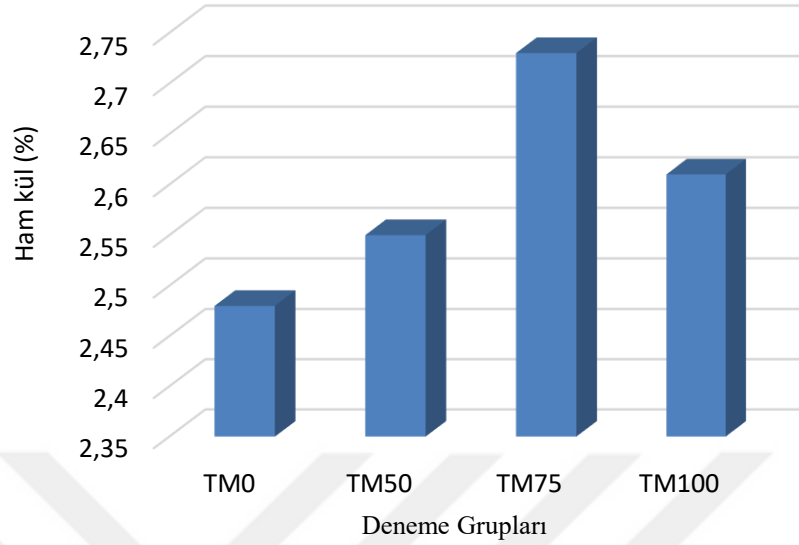
Şekil 4.6.2. Nil tilapiya balıklarının deneme sonu ham protein oranları (%)

Deneme sonunda en yüksek HY oranı TM75 (5.89 ± 0.10) grubunda, en düşük HY oranı ise TM100 (4.20 ± 0.14) grubunda tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm gruplar arasındaki farkın önemli olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir (Tablo 4.6.1 ve Şekil 4.6.3).



Şekil 4.6.3. Nil tilapiya balıklarının deneme sonu ham yağ oranları (%)

Balık etindeki HK oranları incelendiğinde, tüm gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$) (Tablo 4.6.1 ve Şekil 4.6.4).



Şekil 4.6.4. Nil tilapiya balıklarının deneme sonu ham kül oranları (%)

4.7 Yağ Asit Kompozisyonları

Deneme sonunda elde edilen Nil tilapiya yavrularının fileto yağ asit kompozisyonları Tablo 4.7.1'de verilmiştir.

Tablo 4.7.1. Deneme yemleriyle beslenen Nil tilapiya (*Oreochromis niloticus*) yavrularının fileto yağ asit kompozisyonları (toplam yağ asitlerinin % si)

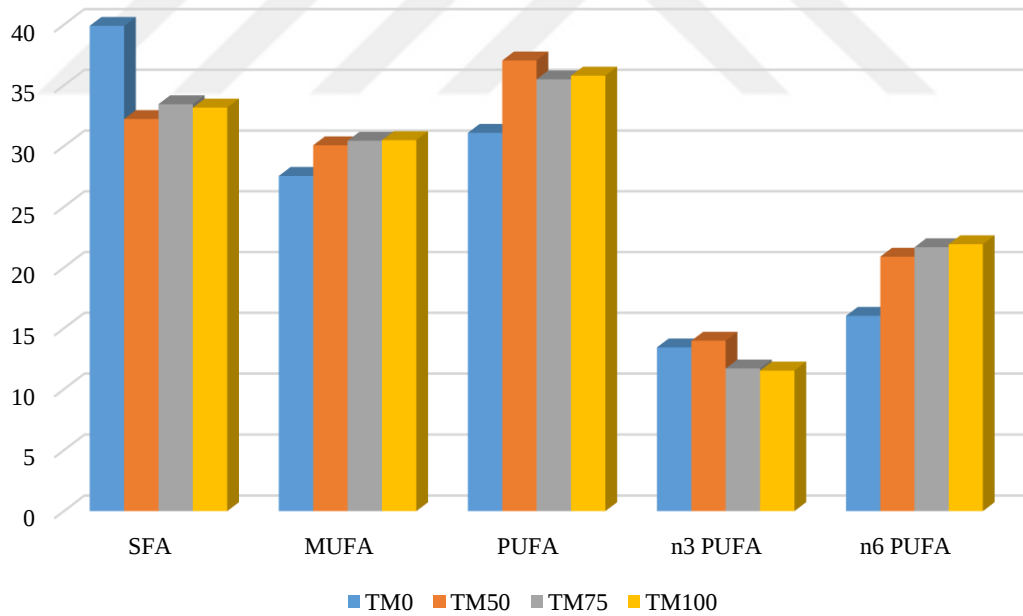
Yağ asitleri	Deneme Grupları			
	TM0	TM50	TM75	TM100
C14:0	4.70±0.02 ^c	5.75±0.01 ^a	5.04±0.04 ^b	5.06±0.05 ^b
C15:0	0.03±0.00 ^c	0.08±0.00 ^a	0.05±0.00 ^b	0.07±0.00 ^a
C16:0	18.82±0.15 ^a	15.75±0.04 ^c	17.94±0.11 ^b	17.51±0.14 ^b
C17:0	1.49±0.04 ^a	0.54±0.01 ^b	0.54±0.00 ^b	0.60±0.01 ^b
C18:0	10.02±0.22 ^a	3.83±0.03 ^b	3.91±0.18 ^b	3.84±0.15 ^b
C20:0	1.40±0.04 ^c	1.66±0.00 ^a	1.43±0.02 ^{bc}	1.53±0.10 ^{ab}
C21:0	1.12±0.02 ^c	1.52±0.00 ^a	1.48±0.01 ^a	1.31±0.01 ^b
C22:0	0.60±0.01 ^b	0.76±0.00 ^a	0.61±0.01 ^b	0.61±0.01 ^b

Tablo 4.7.1'nin devamı

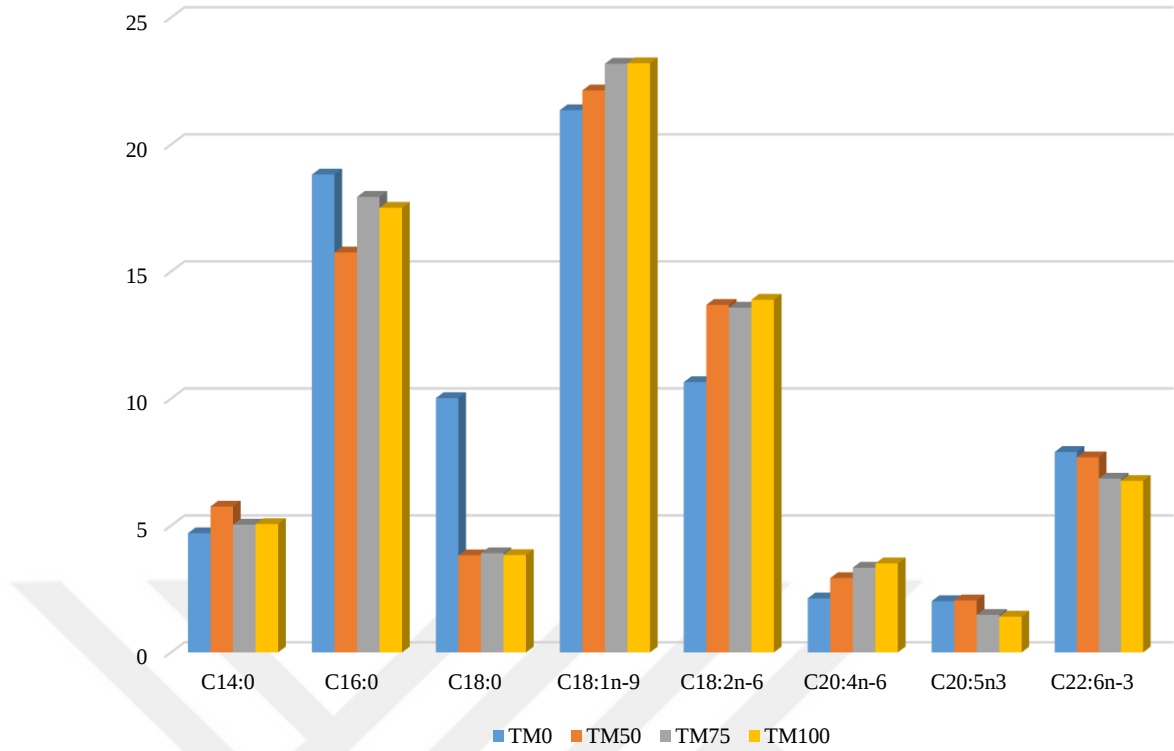
C23:0	0.18±0.02 ^a	0.20±0.00 ^a	0.20±0.01 ^a	0.21±0.00 ^a
C24:0	1.54±0.05 ^c	2.14±0.02 ^a	2.24±0.00 ^a	2.44±0.01 ^b
ΣSFA	39.90±0.25^a	32.23±0.05^c	33.45±0.26^b	33.17±0.07^b
C14:1	0.40±0.13 ^b	0.85±0.01 ^a	0.34±0.00 ^b	0.53±0.09 ^{ab}
C15:1	0.03±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a
C16:1	1.17±0.02 ^a	0.39±0.01 ^b	0.29±0.01 ^c	0.25±0.01 ^c
C17:1	0.38±0.01 ^a	0.40±0.01 ^a	0.30±0.00 ^b	0.30±0.01 ^b
C18:1 n-9c	21.35±0.20 ^a	22.13±0.04 ^a	23.18±0.04 ^a	23.20±0.34 ^a
C18:1n-9t	1.49±0.38 ^b	1.64±0.02 ^a	1.66±0.23 ^a	1.22±0.03 ^c
C20:1	1.55±0.56 ^b	2.28±0.012 ^a	2.21±0.02 ^a	2.42±0.04 ^a
C20:1 n-9	0.35±0.12 ^c	0.67±0.00 ^a	0.57±0.01 ^b	0.56±0.01 ^b
C24:1	0.83±0.26 ^c	1.66±0.04 ^b	1.87±0.01 ^a	1.97±0.02 ^a
ΣMUFA	27.55±1.14^b	30.07±0.23^a	30.44±0.24^a	30.49±0.27^a
C18:2 n-6c	10.65±0.01 ^b	13.69±0.02 ^a	13.58±0.04 ^a	13.89±0.01 ^a
C18:2 n-6t	1.87±0.15 ^a	0.32±0.0 ^b	0.34±0.00 ^b	0.37±0.01 ^b
C18:3 n-3	2.14±0.02 ^c	2.77±0.01 ^a	2.32±0.00 ^b	2.34±0.01 ^b
C18:3 n-6	0.00±0.00 ^c	2.13±0.04 ^a	2.51±0.04 ^a	2.07±0.00 ^a
C20:2	1.43±0.00 ^c	1.91±0.01 ^a	1.85±0.01 ^b	2.06±0.10 ^a
C20:3 n-3	1.36±0.04 ^b	1.48±0.00 ^a	1.05±0.01 ^c	1.03±0.33 ^c
C20:3 n-6	1.38±0.01 ^c	1.82±0.01 ^b	1.92±0.01 ^a	2.08±0.00 ^a
C20:4 n-6	2.13±0.02 ^c	2.93±0.17 ^b	3.34±0.01 ^a	3.51±0.01 ^a
C20:5n-3	2.02±0.02 ^a	2.05±0.01 ^a	1.48±0.00 ^b	1.41±0.01 ^b
C22:2	0.21±0.01 ^a	0.27±0.00 ^a	0.27±0.00 ^a	0.29±0.01 ^a
C22:6 n-3	7.90±0.02 ^a	7.69±0.01 ^b	6.85±0.02 ^c	6.76±0.04 ^c
ΣPUFA	31.10±0.04^c	37.05±0.19^a	35.50±0.02^b	35.80±0.04^b
Σn-3 PUFA	13.43±0.08^b	13.98±0.04^a	11.70±0.03^c	11.53±0.25^c
Σn-6 PUFA	16.03±0.11^c	20.90±0.23^b	21.68±0.04^{ab}	21.93±0.05^a
n-3/n-6	0.84±0.01^a	0.67±0.01^b	0.54±0.00^c	0.53±0.01^c
DHA/EPA	3.91±0.03^c	3.76±0.02^d	4.62±0.00^b	4.81±0.03^a

Veriler 3 tekrarın ortalamasıdır. TM: *Tenebrio molitor*, SFA: Doymuş yağ asitleri, MUFA: Tekli doymamış yağ asitleri, PUFA: Çoklu doymamış yağ asitleri, DHA: Dokosahegzaenoik asit, EPA: Eikopentaenoik asit,

Toplam doymuş yağ asit (SFA) oranları unkurdu ilaveli yemlerle beslenen gruplarda kontrol grubundan (TM0) daha düşük, toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) kontrol grubu ile benzer sonuçlar gösterirken, toplam çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) oranlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. SFA en yüksek TM0 grubunda tespit edilmiştir. Bazı yağ asitleri [C16:0, palmitik asit (PA); C18:0, stearik asit (SA); C20:0, araşidik asit (ARA); C18:1 n9t, oleik asit (OA); C20:1, eikosinoik asit (ESA); C20:3n6, dihomu γ -linolenik asit (γ -ALA); C20:5n-3, eikosapentaenoik asit (EPA) ve C22:6n-3, dokosapentaenoik asit (DHA)] tüm grupların filetolarında daha yüksek konsantrasyonda mevcuttu. TM0 grubunda C18:3n-6 yağ asiti %0.00 olarak belirlenmesine rağmen, diğer deneme gruplarında 2.07 ± 0.00 - 2.51 ± 0.04 arasında değişen değerlerde tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Bütün gruplardaki balıkların EPA ve DHA oranları oldukça yüksek seviyelerde belirlenirken, araşidonik asit ve linoleik asit bakımından da deneme gruplarındaki balıkların kontrole göre daha yüksek oranlara sahip olduğu tespit edilmiştir ($p > 0.05$). Şekil 4.7.1’de balık filetolarında baskın olarak tespit edilen yağ asitleri, Şekil 4.7.2’de toplam yağ asit oranları gösterilmiştir.



Şekil 4.7.1. Deneme balık filetolarındaki baskın olan yağ asit oranları



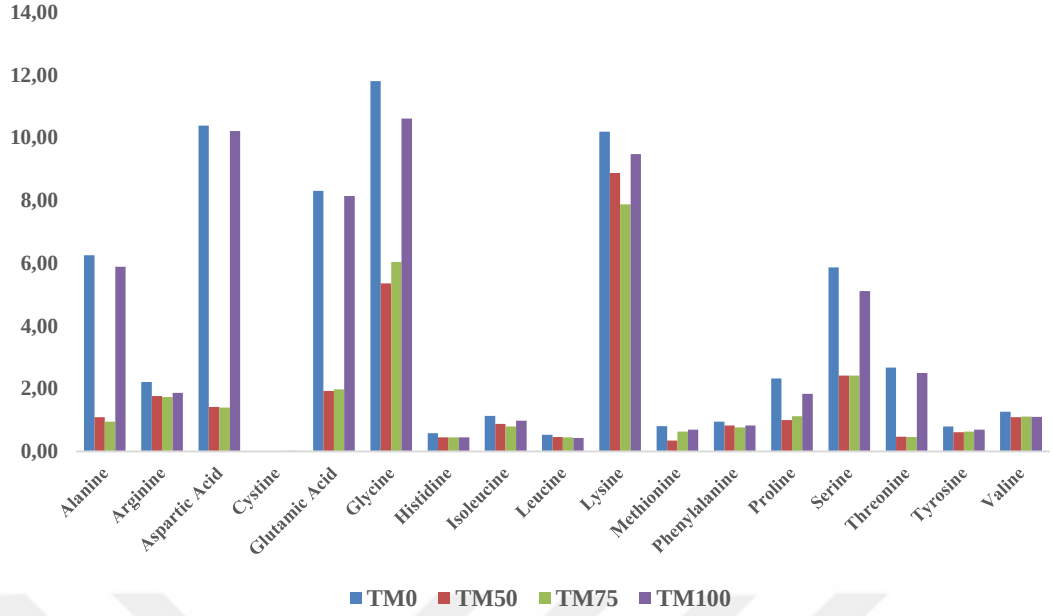
Şekil 4.7.2. Deneme balık fletolarında tespit edilen toplam yağ asit oranları

4.8 Amino Asit Kompozisyonları

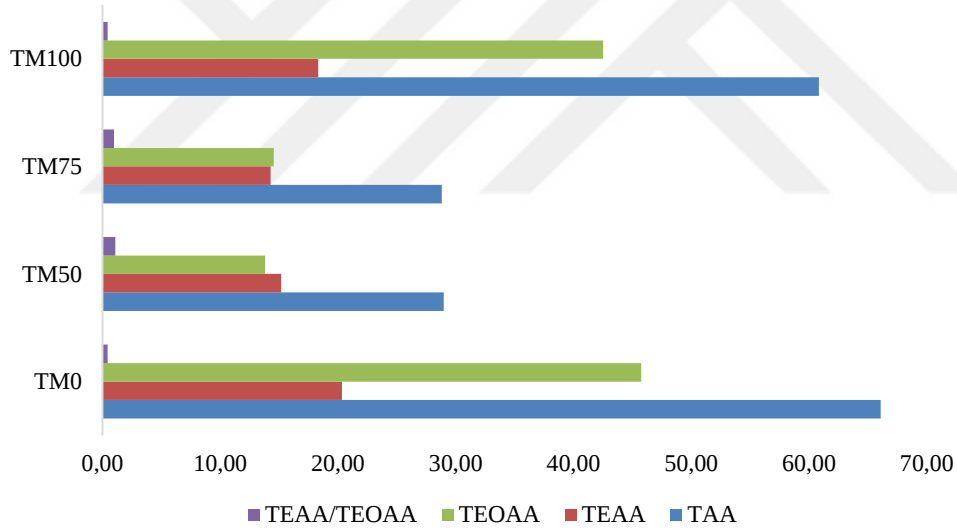
Araştırma sonunda, deneme yemleri ile beslenen gruplar arasında elde edilen amino asit kompozisyonları Tablo 4.7.1’de gösterilmiştir. Deneme yemleri ile beslenen Nil tilapiya (*Oreochromis niloticus*) yavrularının fileto amino asit kompozisyonlarında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. En yüksek toplam amino asit (TAA), toplam esansiyel amino asit (TEAA) ve toplam esansiyel olmayan amino asit (TEOAA) değerleri kontrol grubunda (TM0) belirlenmiştir (sırasıyla 66.09, 20.34 ve 45.75 g/100 g). TM100 grubunda bu değerler TM50 ve TM75 gruplarına göre daha yüksek olmakla birlikte, kontrol grubuna kıyasla düşüktür. Özellikle lizin, treonin, metiyonin ve glisin gibi bazı amino asitlerde TM0 ve TM100 grupları daha yüksek değerler göstermiştir. TM50 ve TM75 gruplarında bu amino asitlerin düzeyleri belirgin şekilde azalmıştır.

Tablo 4.8.1. Deneme yemleriyle beslenen Nil tilapiya (*Oreochromis niloticus*) yavrularının fileto amino asit kompozisyonları

Deneme Grupları				
	TM0	TM50	TM75	TM100
<i>Esansiyel Amino Asitler (g/100g)</i>				
Arginin	2.22	1.77	1.74	1.87
Histidin	0.58	0.44	0.45	0.44
İzolösin	1.13	0.88	0.79	0.98
Lösin	0.52	0.44	0.45	0.43
Lizin	10.20	8.88	7.88	9.48
Metiyonin	0.81	0.35	0.63	0.69
Sistin	0	0	0	0.02
Fenilalanin	0.95	0.83	0.77	0.82
Treonin	2.67	0.47	0.46	2.50
Valin	1.27	1.09	1.11	1.10
<i>Esansiyel Olmayan Amino Asitler (g/100 g)</i>				
Alanin	6.26	1.09	0.95	5.89
Aspartik Asit	10.39	1.41	1.39	10.22
Glutamik Asit	8.31	1.92	1.98	8.15
Glisin	11.81	5.36	6.04	10.61
Serin	5.87	2.42	2.42	5.11
Tirosin	0.79	0.61	0.63	0.69
Prolin	2.32	1.00	1.12	5.11
TAA	66.09	28.98	28.81	60.85
TEAA	20.34	15.16	14.27	18.31
TEOAA	45.75	13.82	14.54	42.51
TEAA/TEOAA	0.45	1.10	0.98	0.43



Şekil 4.8.1. Deneme balık filetolarındaki amino asit oranları



Şekil 4.8.2. Deneme balık filetolarında tespit edilen toplam amino asit oranları

4.9 Sindirim Enzim Aktiviteleri

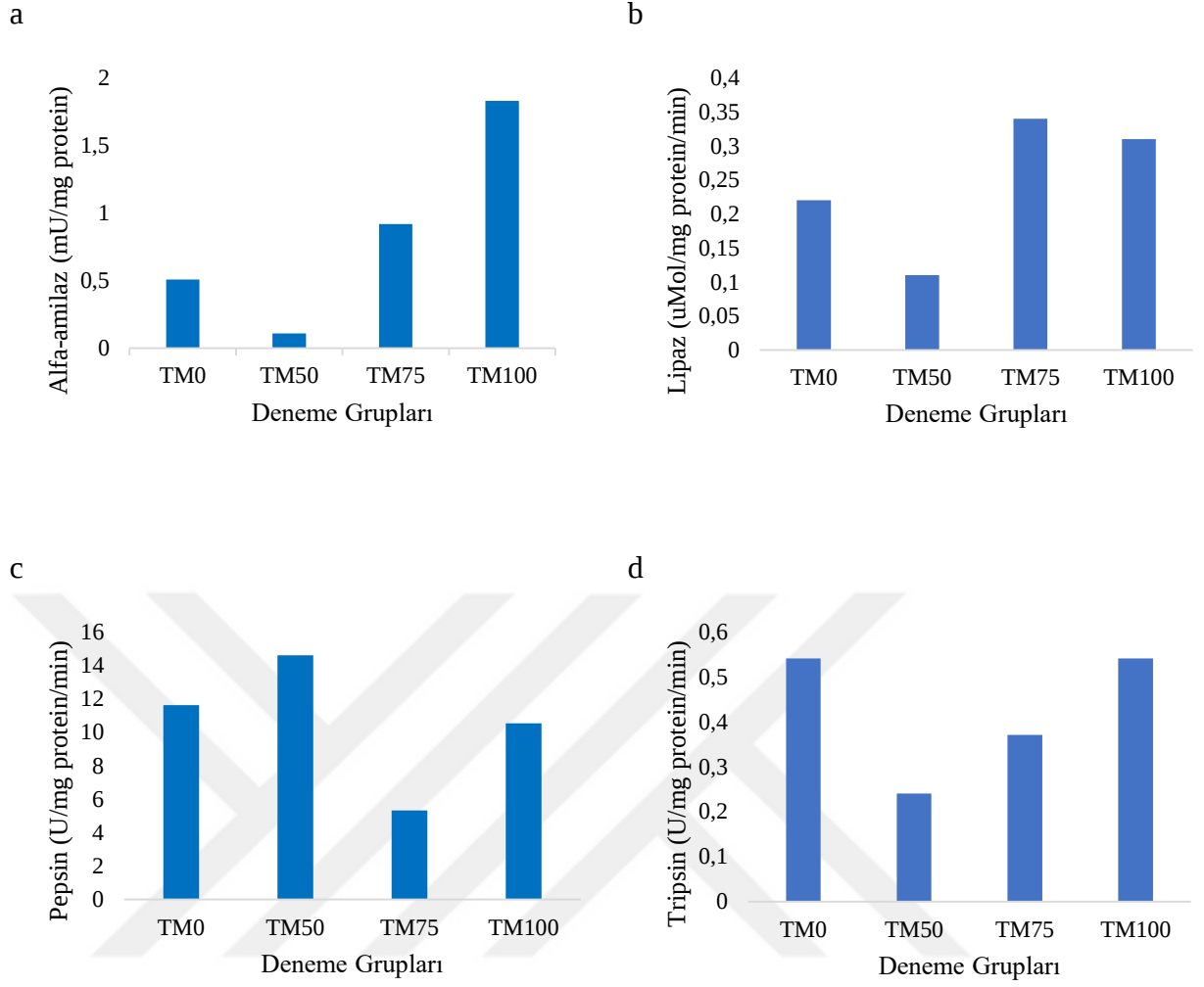
Sindirim enzim aktivitelerinden pepsin mide, amilaz, lipaz ve tripsin bağırsak dokularından yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.9.1'de, tüm grupların karşılaştırmalı sindirim enzim aktivitelerini gösteren grafik Şekil 4.9.1' de verilmiştir. Balıkların barsaklarındaki en düşük alfa-amilaz aktivitesi TM0 grubunda, en yüksek ise TM100 grubunda tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Lipaz aktiviteleri bakımından ise tüm deney grupları arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir ($p > 0.05$). TM50 grubu yemlerle

beslenen balıkların midesindeki pepsin aktivitesi TM75 grubu balıklarından önemli ölçüde daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0.05$). En düşük tripsin aktivitesi ise TM50 grubunda tespit edilmiş, bunu TM75, TM100 ve TM0 grupları izlemiştir ($p<0.05$).

Tablo 4.9.1. Deneme gruplarının sindirim enzimi aktiviteleri

Sindirim Enzimleri	Deneme Grupları			
	TM0	TM50	TM75	TM100
Alfa-amilaz (mU/mg protein)	0.51±0.04 ^c	0.11±0.03 ^d	0.92±0.84 ^b	1.83±0.11 ^a
Lipaz (uMol/mg protein/min)	0.22±0.01 ^b	0.11±0.03 ^c	0.34±0.13 ^a	0.31± 0.07 ^{ab}
Pepsin (U/mg protein/min)	11.60±1.64 ^b	14.59 ±6.86 ^a	5.32±1.77 ^c	10.52±2.03 ^b
Tripsin (U/mg protein/min)	0.54±0.38 ^a	0.24±0.06 ^c	0.37±0.11 ^b	0.54±0.33 ^a

Tüm veriler ortalama±standart hata şeklinde verilmiştir ve altı paralel olarak yapılmıştır. Aynı satırda farklı üssel harflerle ifade edilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).



Şekil 4.9.1. Sindirim enzim aktiviteleri

5. TARTIŞMA

Araştırmada, farklı oranlarda *Tenebrio molitor* larva unu (%50, %75 ve %100) kullanılarak hazırlanmış 3 deneme yemi ile *Tenebrio molitor* larva unu içermeyen kontrol yeminin Nil tilapiya (*Oreochromis niloticus*) yavrularının büyümesi, besin kompozisyonu ve yağ asit kompozisyonları ile sindirim enzim aktiviteleri üzerine etkilerinden hareketle, Nil tilapiya yavru yemlerinde hangi oranın daha uygun olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırma süresince, deneme tanklarında ölçülen su sıcaklığı ($26.78 \pm 0.15^\circ\text{C}$), pH (8.19 ± 0.07) ve oksijen (4.03 ± 0.08 mg/l) değerlerinin tilapiya balıkları yetiştiriciliği için uygun olduğu tespit edilmiştir (Alpbaz, 2005; Güllü vd., 2007).

Balıkların beslenmesi ile ilgili yapılan çalışmaların çoğu yemlerde kullanılan alternatif hammaddelerin, üzerinde çalışılan türün büyüme performansı ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkisini ortaya koymayı amaçlayan çalışmalardır. Balık yem formülasyonu içerisinde değişikliğe gidilerek, alternatif protein ya da yağ kaynağı olarak belirlenen birçok hammadde yem formülasyonu içerisinde kendine yer bulmuştur. Su ürünleri yetiştiriciliğinde yapılan çalışmalarda, balık yemleri içerisinde balık yağı yerine bitkisel yağlar; balık unu yerine ise karasal kökenli hayvansal protein kaynakları kullanılarak yapılan besleme ile (balıkların hangi yaşam evresinde olduğuna göre değişmekle beraber) büyüme performansları, vücut kompozisyonu, yaşam oranları, besin maddelerini sindirilebilirlikleri vb. parametreler incelenmiştir. Bu denemenin materyallerini oluşturan un kurdu larvaları yüksek protein ve yağ içeriği sebebi ile yem hammaddesi olarak balıkların beslenmesinde kullanılan karasal kökenli hayvansal protein kaynağıdır. Unkurdu larvalarının yetişkin bireyleri kinon içeriği sebebi ile yem hammaddesi olarak kullanılmamakta ancak larval dönemdeki unkurdu, balık yeminde balık ununa alternatif hammadde olarak kendine yer bulabilmektedir (Aguilar-Mirand vd., 2002; Henry vd., 2015).

Tilapiya balığı (*Oreochromis niloticus*) ile yapılan bir çalışmada un kurdu larva unu ile hazırlanmış üç farklı formülasyondaki yem ile beslenen gruplarda balık unu ve soya unu kullanılarak hazırlanmış yemler ile beslenen balıklarda büyüme parametrelerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Sanchez vd., 2015). Gökkuşığı alabalığı ile yapılan başka bir çalışmada, %0, %25 ve %50 olarak belirlenen unkurdu unu ilaveli yemler ile beslenen balıklarda üç grup arasında büyüme performansları açısından

bir farklılık görülmemiş ancak yemden yararlanma oranları %25 ve %50 oranında unkurdu unu içeren yemler ile beslenen balıklardan daha düşük bulunmuştur (Belforti vd., 2015). Levrek balıklarında (*Dicentrarchus labrax*) larval dönemde yapılan bir çalışmada %25 oranında unkurdu larva unu kullanılarak hazırlanan yemler ile beslenen balıklarda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında büyümede herhangi bir olumsuz etki yaratmadığı ancak unkurdunun %50 olarak arttırıldığı durumda balıklarda büyüme performansını olumsuz olarak etkilediğini bildirilmiştir (Gasco vd., 2016). Çipura balıkları (*Sparus aurata*) ile yapılan bir çalışmada balıklar %25 ve %50 oranında unkurdu unu kullanılarak hazırlanmış yem ile beslenmiş ve en yüksek büyüme oranı %25 oranında unkurdu unu ihtiva eden grupta bulunmuştur (Piccolo vd., 2017). Chen vd. (2023) diyetlere eklenen *Tenebrio molitor* ununun largemouth levreğin (*Micropterus salmoides*) büyüme performansı ve hepatik sağlığı üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu, uygun seviyelerde (%7,80) TM takviyesi, balıkların antioksidan kapasitesini ve bağışıklık sistemini destekleyerek büyüme performansını artırabildiğini bildirmişlerdir. Ancak, yüksek düzeylerdeki (%21,23) TM katkısının, karaciğer sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açtığını ve büyümeyi sınırlandırdığını bildirilmişlerdir. Afrika kedi balıkları (*Clarias gariepinus*) ile yapılan bir çalışmada, balıkların yem formülasyonunda üç farklı oranda unkurdu unu kullanılmış %40 oranında unkurdu unu eklenmiş yem ile beslenen balıklarda en yüksek büyüme oranı tespit edilmiş, yem içeriğindeki protein seviyesinin %50'sinin unkurdu larvasından karşılanmasının büyüme üzerinde olumsuz bir etki yaptığı ortaya konmuştur (Ng vd., 2001). Da Silva Sousa (2020) Avrupa levreği yemlerine %50 FM'nin TM ile değiştirilmesinin balık büyümesini etkilemeden FCR ve PER'yi önemli ölçüde iyileştirdiğini, FM'nin TM ile tamamen değiştirilmesi Avrupa levreği büyüme performansını, HSI ve VSI'yi bozmamış, ancak tüm vücut yağ içeriğini artırarak lipid metabolizması üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu bildirmiştir. Mevcut çalışmada ise en yüksek büyüme unkurdu ilaveli yemlerle beslenen gruplarda belirlenirken, en düşük büyüme kontrol grubunda tespit edilmiştir. Bu durumda mevcut çalışmadan elde edilen bulgulara göre büyüme performansı bakımından negatif bir etki yaratmaksızın Nil tilapiya yavru yemlerine %75 unkurdu larva unu ilavesinin yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Balık, insan tüketimi için önemli bir besin kaynağıdır ve deniz ekosisteminin önemli bir bileşenidir, bu nedenle balık türlerindeki yağ asit kompozisyonlarının değerlendirilmesi önemlidir (Mehboob vd., 2003). Yağ asitleri, tüm yaşam biçimleri için

kritik olan çok çeşitli metabolik işlevlere hizmet eder. Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA; n-3 ve n-6 serileri) enerji üretmeyen biyolojik fonksiyonlarda önemli bir rol oynar. Özellikle n-3 PUFA'ların, yani eikosapentaenoik asit, 20: 5n-3 (EPA) dokosapentaenoik asit, 22: 5n-3 (DPA) ve dokosaheksaenoik asit, 22: 6n-3 (DHA) insan vücudunda çok sayıda işlevi vardır (Maggie, 2004; Zlatanov ve Laskaridis, 2007). Mevcut çalışmada EPA ve DHA oranları oldukça yüksek seviyelerde belirlenmiştir. B durumda tilapiya balıkları için TM larva unu kullanımı rahatlıkla tavsiye edilebilir.

Diyet yağ asidi profilinin balık dokularındaki yağ asidi profiline yansıdığı iyi bilinmektedir (Bruni vd., 2020; Kousoulaki vd., 2015; Renna vd., 2017). Aynı böcek türü kullanılsa bile çalışmalar arasında yağ asidi profillerinde farklılıkların olmasının normal olduğunu belirtmek de önemlidir, çünkü böceklerin bileşimini birçok faktör etkileyebilir (Borgogno vd., 2017; Iaconisi vd., 2018; Renna vd., 2017). Örneğin, böcek yetiştirmek için kullanılan yetiştirme substratları çok önemlidir, çünkü böcekler farklı yağ asitleri biriktirebilir ve bu nedenle yağ asidi profilleri balık denemelerinde kullanılmak üzere ihtiyaç duyulan gereksinimlere göre ayarlanabilir (Paul vd., 2017). Ewald (2020) BSL larvaları üretmek için kullandıkları deniz ürünleri içeren farklı diyetlerin yağ asidi profillerinin diyetlerden etkilenebileceği sonucuna varmıştır.

Genellikle balıklar, bazı yağlı türler hariç, düşük SFA içeriğine sahiptir (Alasalvar vd. 2002). Mevcut çalışmada, TM larva unu ilaveli diyetlerle beslenen gruplarda kontrol grubuna göre kas SFA'sının önemli ölçüde daha düşük bir değere sahip olduğu belirlenmiştir. Böcek eklenmesinin SFA artışını indükleyebileceğini gösteren literatürde bildirilen (Borgogno vd., 2017) önceki verilerden farklı bir sonuç ortaya çıkmıştır. Palmitik asit (C16:0), SFA arasında en yüksek yüzdeye sahiptir ve *T. molitor* eklenmesiyle miktarı azaldı. Da Silva Sousa (2020) yaptıkları çalışmada bunun tam tersi bir durumu, yani TM nin katılımıyla diyetlerdeki SFA oranında önemli bir artışı bildirmişlerdir. Bu artışın olumlu bir yanı, balıkların diğer omurgalılarından farklı olduğu için enerjinin ağırlıklı olarak C16:0 ve MUFA'dan (C18:1n9, C20:1n11, C22:1n11) elde edilmesi, böylece TM50 ve TM100 diyetlerinin kas birikimi ve büyümesi için daha fazla enerjiye sahip olmasıdır (Bruni vd., 2020; Tocher, 2003). Mevcut çalışmaya benzer bir şekilde, Gasco vd., (2016) ve Iaconisi vd., (2018), Avrupa levreği ve gökkuşuğu alabalığı kasındaki SFA toplamının, bileşen ve diyet formülasyonu yüksek SFA içeriği içerdiğinde bile *T. molitor*'un diyetel katılımlarından (her iki denemede de katılım seviyelerinin %25 ve %50'si) etkilenmediğini bildirmiştir.

Oleik asit (C18:1n9c), diyetel MUFA'lar arasında en bol bulunan yağ asididir ve böceklerin yüksek katılımları kas lipitlerindeki yüzdelerini artırmıştır. Bunun nedeni muhtemelen bu yağ asidinin böceklerde, özellikle *Tenebrio molitor*'da (Iaconisi vd., 2018; Nogales-Mérida ve diğ., 2019) yüksek  erikte bulunmasıdır. Bu farklılıklara rağmen, MUFA toplamının diyet uygulamaları arasında anlamlı bir fark göstermediğı, diğ er MUFA'ların T. molitor düzeylerinin artmasıyla azaldığı belirlenmiştir.

Sanchez-Muros vd. (2015) TM'nin soya küspesi ile karşılaştırılabilir bir bileşime sahip olduğunu ve Nil tilapiyası yemlerinde FM'nin kısmen veya soya küspesi TM ile tamamen değıştirilmesinin yem alımını, in vitro protein sindirilebilirliğini, kasın amino asit bileşimini veya biyometrik endeksleri etkilemediğini, ancak test edilen her iki seviyede de (25 ve 50%) TM'nin dâhil edilmesi büyümeyi yaklaşık %29 oranında azalttığını ve kasın yağ asidi profilini etkilediğini bildirmişlerdir.

Da Silva Sousa (2020) %50 FM'nin TM ile değıştirilmesinin kastaki EPA ve DHA'nın (% toplam yağ asitleri) göreceli içeriğinin azalmasına rağmen, insan tüketimi için 100 g'lık bir fileto porsiyonundaki EPA + DHA'nın mutlak değ erleri, tüm balıklarda insan tüketimi için önerilen seviyelerin (>0,25 g / 100 g ıslak ağırlık) üzerinde kaldığını ve uygulamalar arasında önemli ölçüde değışmediğini bildirmiştir. Bu sonuçlar, Avrupa levreğ i diyetinde balık ununun *Tenebrio molitor* ile değıştirilmesinin mümkün olduğunu, ancak uzun vadeli bir denemede FM'nin tamamen değıştirilmesi konusunda dikkatli olunmasının gerektiğı vurgulanmıştır.

Mevcut çalışmada, diyetlerdeki amino asit miktarlarının daha dengeli bir dağılım gösterdiği gözlemlenirken, en yüksek değ erler genellikle TM0 grubunda gözlenmiş ve TM100 grubuna doğru kademeli bir azalma eğilimi tespit edilmiştir. Ancak bu diyetlerle beslenen balıklarda bazı amino asit düzeylerinde önemli dalgalanmalar kaydedilmiştir. Özellikle Lizin, Aspartik Asit ve Glutamik Asit gibi amino asitlerde TM0 ve TM100 gruplarında yüksek konsantrasyonlar belirlenirken, TM50 ve TM75 gruplarında önemli azalmalar gözlenmiştir. Diyetlerdeki toplam esansiyel amino asit (TEAA) miktarı TM0 grubunda en yüksek seviyede olup, TM100 grubunda en düşük seviyeye ulaşmıştır. TM50 ve TM75 gruplarında bu değ erlerde giderek azalan bir eğilim göstermiştir. Bu diyetlerle beslenen balıkların TEAA düzeylerinde de benzer bir değışim gözlenmiştir. TM50 ve TM75 gruplarında önemli azalmalar tespit edilirken, TM100 grubunun TEAA düzeyinin TM0 grubuna göre düşük olmakla birlikte bu gruba nispeten yakın olduğu belirlenmiştir. Bu farkın özellikle Lizin, Treonin ve Arjinin gibi esansiyel aminoasitlerde

anlamalı olduğu belirlenmiştir. TEAA/TNEAA oranı incelendiğinde ise yem örneklerinde bu oranın TM0 grubunda yaklaşık 0.79, TM100 grubunda ise 0.63 civarında olduğu ve giderek azalış gösterdiği, öte yandan bu oranın balıklarda TM50 (1.10) ve TM75 (0.98) gruplarında daha yüksek olduğu, TM0 ve TM100 gruplarında ise sırasıyla 0.45 ve 0.43 gibi daha düşük seviyelere düştüğu tespit edilmiştir.

Chemello vd. (2020), yaklaşık %20 oranında balık unu ve dengeli bir esansiyel amino asit (EAA) profili içeren tipik ticari diyetlerde, FM'nin tamamen *Tenebrio molitor* ile ikame edilebileceğini ve bu ikamenin balıkların büyüme performansı, kondisyon faktörü, hepatik amino asit katabolizması ve lipojenik enzim aktiviteleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye yol açmadığını bildirmişlerdir. Jeong vd. (2021) genç zeytin pisi balığı (*Paralichthys olivaceus*) yemlerine un kurdu ilavesinin fleto amino asit kompozisyonları üzerine önemli bir etkisinin olmadığını, filetoların esansiyel amino asit bileşiminin değişmeden kaldığını bildirmişlerdir.

Mevcut çalışmada, TM larva unu oranı arttıkça, alfa-amilaz aktivitesinde belirgin bir artış tespit edilmiştir. Bu durum, alfa-amilaz karbonhidratları sindiren bir enzim olduğu için, TM larva unu içeren diyetlerin karbonhidrat sindirimini artırmış olabileceğini gösterebilir. TM50 ve TM100 gruplarında lipaz aktivitesi nispeten düşük kalmış, TM75 grubunda ise en yüksek aktivite tespit edilmiştir. Lipaz yağ sindiriminde rol oynayan bir enzimdir, dolayısıyla yağ kompozisyonu ve yağ asidi profili bakımından T. molitor unu içeren diyetlerde yağ sindiriminin farklı şekillerde etkilenmiş olabileceği düşünülebilir. Pepsin aktivitesi TM50 grubunda en yüksek, TM75 grubunda ise en düşük seviyede belirlenmiştir. Pepsin protein sindiriminde görev almaktadır ve TM larva ununun protein yapısının balık ununa göre farklı olduğu düşünüldüğünde bu varyasyonların, protein sindiriminde etkili olabileceği söylenebilir. TM0 ve TM100 gruplarında tripsin aktivitesi eşit ve en yüksek, TM50 grubunda ise en düşük seviyede tespit edilmiştir. Tripsin protein sindirimini etkileyen bir enzimdir. TM larva unu oranına göre protein sindiriminde değişiklikler olmuş olabilir, fakat TM0 ve TM100 gruplarındaki benzer aktiviteler dikkat çekicidir. Bu nedenle farklı araştırmaların yapılması bu durumun anlaşılabilmesini kolaylaştıracak kanısındayız

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde balık yemi üretim sektörü, kuruluşundan günümüze üretim miktarı, teknoloji kullanımı, kalite ve kapasite geliştirmede önemli gelişmeler göstermesine rağmen mevcut olan potansiyel düşünüldüğünde, bu gelişmelerin yetersiz kaldığı görülmektedir. Yem sektöründeki en büyük sorun, istenilen nitelikte ve istenilen zamanda gerekli ham maddenin yurt içinden sağlanamaması, yurt dışından getirilme zorunluluğu olan hammaddelerin ise dövize indeksli olmasıdır. Balık yetiştiriciliğinde kullanılan karma yemlerin maliyetini etkileyen en önemli unsur olan yem yapımında kullanılan hammaddelerin maliyeti yem maliyetini artırmakta, bu da balık üretim maliyetine yansımaktadır. Balık üretim maliyetinin düşürülmesi, karma yem sektöründe artan üretime bağlı olarak özellikle ülkemiz sınırları içerisinde bulunan ve balık beslemede kullanılacak kaliteli ve yeterli hammadde temininin sağlanmasıyla mümkün olabilecektir. Bunun sağlanması için yemde, yetiştiriciliği yapılan balığın besin maddesi ihtiyacını karşılayabilecek özellikteki ekonomik yem hammaddelerinin kullanımı gereklidir. Bu aşamada araştırmacılar, pahalı bitkisel ve hayvansal protein kaynaklarına alternatif olarak, yemlerin besleme kalitesini düşürmeden daha ucuz ve kolay bulunabilen protein kaynaklarının araştırılması üzerine yoğunlaşmışlardır.

Araştırmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda, amaçlanan beklentilere ulaşıldığı, ancak yine de *Tenebrio molitor* larva unu kullanımıyla ilgili daha farklı ve detaylı sonuçların ortaya koyulabilmesi amacıyla yeni çalışmaların kurgulanması gerektiği düşünülmektedir. Böylece yem maliyetinin daha da düşürülebileceği tahmin edilmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Aguilar-Miranda, E.D., López, M.G., Escamilla-Santana, C. & Barba de la Rosa, A.P. (2002). Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 192–195.
- Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., Zubcov, E., Shahidi, F. & Alexis, M. (2002). Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry*, 79, 145–150. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00122-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00122-X)
- Alpbaz, A. (2005). Su Ürünleri Yetiştiriciliği. Alp yayınları, Bornova–İzmir, 548 s.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Arshad, I., Mateen1, A., Ramzan, M., Iqbal, Z., Saddique, H., Ahmad, R.A., Irfan, M., & Tahir, M. (2023). Fatty Acid Profile And Growth Performance Of Nile Tilapia Under The Influence Of 20%, 40% And 60% Fish Meal Replacement With Black Soldier Fly Maggot Meal In Diet. *Journal of Survey in Fisheries Sciences* 10(3), 317-324.
- Barroso, F.G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., & Pérez-Bañón, C. (2014). ‘The potential of various insect species for use as food for fish’. *Aquaculture* 422–423, 193–201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.024>.
- Belforti, M., Gai, F., Lussiana, C., Renna, M., Malfatto, V., Rotolo, L., De Marco, M., Dabbou, S., Schiavone, A., Zoccarato, I. & Gasco, L. (2015). *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets, *Ital J Anim Sci*, 14(4), 670–675.
- Bernfeld, P. (1955). Amylases, α and β . *Methods Enzymol*, 1, 149–158.
- Biasato, I., De Marco, M., Rotolo, L., Renna, M., Lussiana, C., Dabbou, S., Capucchio, M.T., Biasibetti, E. Costa, P., Gai, F., Pozzo, L., Dezzutto, D., Bergagna, S., Martinez, S., Gasco, L. & Schiavone, A. (2016). Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens” *The Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100 (6), 1104-1112.
- Büche, B. (2007). Species *Tenebrio molitor* - Yellow Mealworm. <http://bugguide.net/node/view/101010#size>.
- Bruni, L., Belghit, I., Lock, E.J., Secci, G., Taiti, C. & Parisi. G. (2020). ‘Total replacement of dietary fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae does not impair physical, chemical or volatile composition of farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.)’. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100(3), 1038–1047. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10108>
- Borgogno, M., Dinnella, C., Iaconisi, V., Fusi, R., Scarpaleggia, C., Schiavone, A., Monteleone, E., Gasco, L., Parisi, G. (2017). Inclusion of *Hermetia illucens* larvae meal on Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed : Effect on sensory profile according to static and dynamic evaluations. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97(10), 3402–3411. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8191>
- Caballero, M.J., Obach, G., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M. & Izquierdo, M.S. (2002). Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 214, 253-271.
- Chen, H., Yu, J., Ran, X., Wu, J., Chen, Y., Tan, B., Lin, S. (2023). Effects of Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) on Growth Performance, Hepatic Health and Digestibility in Juvenile Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*). *Animals* 13, 1389. <https://doi.org/10.3390/ani13081389>
- Chemello, G., Renna, M., Caimi, C., Guerreiro, I., Oliva-Teles, A., Enes, P., Biasato, I., Schiavone, A., Gaid, F. & Gasco, L. (2020). Partially defatted *Tenebrio molitor* larva meal in diets for grow-

- out rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum): Effects on growth performance, diet digestibility and metabolic responses. *Animals*, 10(2), 229, <https://doi.org/10.3390/ani10020229>
- Choi, B.D., Wong, N.A.K. & Auh, J.-H. (2017). Defatting and sonication enhances protein extraction from edible insects. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 37(6), 955–961. doi: 10.5851/kosfa.2017.37.6.955
- Cho, S.H., Lee, S.M., Lee, S.M. & Lee, J.H. (2005). Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L) reared under optimum salinity and temperature conditions. *Aquaculture Nutrition*, 11:235-240.
- DeFoliart, G.R. (1992). Insects as human food: gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. *Crop Prot.*, 11, 395–399.
- Ennayer, I., Chadli, H., Chebbaki, K., Akharbach, H., Zim, J., Nhhala, H., Bouhdid, S., Chiaar, A., Sarehane, M. & Chairri, H. (2022). The effect of the substitution of fishmeal with mealworm (*Tenebrio molitor*) on the survival, growth and quality of the European seabass (*Dicentrarchus labrax*) reared in Morocco. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 26(4), 727 – 744
- Erlanger, B.F., Kokowsky, N. & Cohen W. (1961). The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. *Arch Biochem Biophys*, 95, 271–278.
- Ewald, N., Vidakovic, A., Langeland, M., Kiessling, A., Sampels, S. & Lalander, C. (2020). Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) – Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste Management* 102, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.014>.
- FAO. (2012). Cultured Aquatic Species Information Programme. *O. niloticus*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Rakocy, J. E. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome.
- FAO. (2020). Sustainability in Action, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Francis, D.S., Turchini, G.M., Jones, P.L. & De Silva, S.S. (2006) Effects of dietary oil source on growth and file fatty acid composition of Murray cod, *Maccullochella peelii peelii*. *Aquaculture*, 253, 547-556.
- Furne, M. (2005). Digestive enzyme activities in Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. A comparative study. *Aquaculture*, 250,391–398.
- Gasco, L., Henry, M., Piccolo, G., Marono, S., Gai, F., Renna, M., Lussiana, C., Antonopoulou F., Mola, P. & Chatzifotis, S. (2016). *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Anim Feed Sci. Technol*, 220,34–45.
- Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, A., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, J.E., Stone, D., Wilson, R. & Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Res* 38, 551–579.
- Gebremichael, A., Sándor, Z.J. & Kucska, B. (2022). Does dietary inclusion of defatted yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) affect growth and body composition of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*)? *South African Journal of Animal Science* 52 (No. 4)
- Ghosh, S., Lee, S.-M., Jung, C. & Meyer-Rochow, V. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *J. Asia-Pac., Entomol*, 20, 686–694.
- GISD. (2012). Global Invasive Species Database – *O. niloticus* – Available from:<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=1322&fr=1&sts=sss&lang=EN>
- Gullan, P. & Cranston, P. (2000). Aquatic insects, The Insects An outline of Entomology, Blackwell Science, London.

- Güllü, K., Güner, Y., Güzel, S., Kayım, M., Serezli, R., Öksüz, A., Bircan, R., Atamanalp, M. & Tokşen, E. (2007). Kocabaş, M. Balık üreticisi el kitabı. Avrupa Birliği, Dogu Anadolu Kalkınma Programı, 100. Yıl Üniversitesi Ziraat Fak., Proje Koordinasyon Merkezi Yayını, Van. 2007.
- Habte-Tsion, H.M., Hawkyard, M., Sealey, W.M., Bradshaw, D., Meesala, K.M. & Bouchard, D.A. (2024). Effects of Fishmeal Substitution with Mealworm Meals (*Tenebrio molitor* and *Alphitobius diaperinus*) on the Growth, Physiobiochemical Response, Digesta Microbiome, and Immune Genes Expression of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Nutrition* Article ID 6618117, <https://doi.org/10.1155/2024/6618117>
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G. & Fountoulaki, E., (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Anim. Feed Sci. Technol*, 203, 1–22,
- Huang, S.S.Y., Oo, A.N., Higgs, D.A., Brauner, C.J. & Satoh, S. (2007) Effect of dietary canola oil level on the growth performance and fatty acid composition of juvenile red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, 271, 420–431.
- Iaconisi, V., Bonelli, A., Pupino, R., Gai, F., Parisi, G. (2018). Mealworm as dietary protein source for rainbow trout: Body and fillet quality traits. *Aquaculture* 484, 197–204.
- Jeong, S.M., Khosravi, S., Yoon, K.Y., Kim, K.W., Lee, B.J., Hur, S.W. & Lee, S.M. (2021) Mealworm, *Tenebrio molitor*, as a feed ingredient for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Reports* 20, 100747. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100747>
- Khan, M.A., Jafri, A.K., Chadha, N.K. & Usmani, N. (2003). Growth and body composition of rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing oilseed meals: partial or total replacement of fish meal with soybean meal. *Aquaculture Nutrition*, 9, 391–396.
- Kibar, E. (2018). Unkurdu (*Tenebrio molitor*) besleme, bakım, üretim. <https://steemit.com/tr/@ethemkibar/unkurdutenebriomolitorbeslemebakimretim-si9cqco5hi>.
- Kroeckel, S., Harjes, A.G.E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A. & Schulz, C. (2012). When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 364–365, 345–352.
- Kousoulaki, K., Saether, B.-S., Albrektsen, S., Noble, C. (2015). Review on European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) Nutrition and feed management: a practical guide for optimizing feed formulation and farming protocols. *Aquaculture Nutrition* 21, 129–151. <https://doi.org/10.1111/anu.12233>
- Li, M.H., Robinson, E.H., Oberle, D.F. & Zimba, P.V. (2007). Effects of various dietary carotenoid pigments on fillet appearance and pigment absorption in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 38(4): 557–563. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00130.x>
- Lock, E.J., Arsiwalla, T. & Waagbø, R. (2014). Insect meal: A promising source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*). In: *Insects to Feed The World*, The Netherlands, 14–17, 74 pages.
- Naylor, R., Hardy, R., Bureau, D., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A., Forster, I., Gatlin, D., Goldberg, R., Hua, K. & Nichols, P. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resource. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, (106), 15103–15110.
- Ng, W.K. (2001). Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African Catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research* 32(SUPPL. 1), 273–280. <https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x>
- Nogales-Mérida, S., Gobbi, P., Józefiak, D., Mazurkiewicz, J., Dudek, K., Rawski, M., Kierończyk, B., Józefiak, A. (2019). Insect meals in fish nutrition. *Reviews in Aquaculture* 11(4), 1080–1103. <https://doi.org/10.1111/raq.12281>

- Magalhães, R., Sánchez-López, A., Leal, R.S., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A. & Peres, H. (2017). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 476, 79–85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.021>.
- Maggie B. & Covington M.D. (2004). Omega–3 Fatty Acids. *Am. Fam. Physician*, 70(1), 133–140
- Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V. & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 197:1–33.
- Mehboob, S., Samreen, T.T., Hassan, M., Nadeem, S., Rafique, R.M. (2003). Proximate composition of muscle, liver and gonad of wild and farmed *Labeo rohita* (Rohu). *Pak J Zool.* 35:307-310.
- Moutinho, S., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., Jover-Cerdá, M., Oliva-Teles, A., Peres, H. (2017). Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: Growth, feed efficiency, amino acid utilization, and economic efficiency. *Aquacult*, (468), 271–277.
- Mourente, G., Good, J.E. & Bell, J.G. (2005). Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): effects on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E₂ and E_{2a}, immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Aquaculture Nutrition*, 11, 25-40.
- Nogales-Mérida, S., Gobbi, P., Józefiak, D., Mazurkiewicz, J., Dudek, K., Rawski, M., Kierończyk, B. & Józefiak, A. (2019). Insect meals in fish nutrition. *Reviews in Aquaculture* 11(4): 1080–1103. <https://doi.org/10.1111/raq.12281>
- Ölmez, M. & Aybal, N.Ö. (2006). Balık beslemede kanola (*Brassica sp.*) kullanımı. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi* Ek Sayı, 23(1/2):269-273.
- Panini R.L., Lima, F.L.E., Guimarães, A.M., Rios, C., da Silva, F.M.O., Nascimento, V.F., Fracalossi, D.M., Prudêncio, S.R.I., Schwinden, E., Peres, S.C., Amboni Renata, D.M.C., 2017, Potential use of mealworms as an alternative protein source for Pacific white shrimp: Digestibility and performance. *Aquaculture*, 473,115–120.
- Paul, A., Frederich, M., Megido, R.C., Alabi, T., Malik, P., Uyttenbroeck, R., Francis, F., Blecker, C., Haubruge, E., Lognay, G. & Danthine, S. (2017). Insect fatty acids: a comparison of lipids from three orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 20(2), 337–340. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.001>
- Piccolo, G., Iaconisi, V., Marono, S., Gasco, L., Loponte, R., Nizza, S., Bovera, F. & Parisi, G. (2017). Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Animal Feed Science and Technology* 226, 12–20.
- Picker, M.D. & Griffiths, C.L. (2011). Alien and Invasive Animals – A South African Perspective. Randomhouse/Struik, Cape Town, South Africa. 240 pp.
- Pinotti, L., Krogdahl, A., Givens I., Knight, C., Baldi, A., Baeten, V., Van Raamsdonk, L., Woodgate, S., Perez Marin, D. & Luten J. (2014). The role of animal nutrition in designing optimal foods of animal origin as reviewed by the COST Action Feed for Health (FA0802). *Biotechnol Agron Soc Environ*, 18(4), 471–479.
- Ramos-Elorduy, J., Gonzalez, E.A., Hernandez, A.R., Pino, J.M., “Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens” *Journal of Economy Entomology*, 95 (1): 214-220, (2002).
- Regost, C., Arzel, J., Robin, J., Rosenlund, G. & Kaushik, S. J. (2003). Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*) 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. *Aquaculture*, 217, 465–482.
- Renna, M., Schiavone, A., Gai, F., Dabbou, S., Lussiana, C., Malfatto, V., Prearo, M., Capucchio, M.T., Biasato, I., Biasibetti, E., De Marco, M., Brugiapaglia, A., Zoccarato, I. & Gasco, L. (2017).

- Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) Larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)) diets. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0191-3>
- Rumpold, B.A. & Schlüter, O.K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 17, 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>.
- Sánchez-Muros, M.J., de Haro, C., Sanz, A., Trenzado, C.E., Villareces, S. & Barroso, F.G. (2016). Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquacult Nutr.*, 22, 943–955.
- Schiavone, A., De Marco, M., Rotolo, L., Belforti, M., Martinez Mirò, S., Madrid Sanchez, J., Hernandez Ruiperez, F., Bianchi, C., Sterpone, L., Malfatto, V., Katz, H., Zoccarato, I., Gai, F. & Gasco, L. (2014). Nutrient digestibility of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meal in broiler chickens” Abstract book Conference “Insects to Feed The World”, The Netherlands 14-17 May 2014, pp. 84.
- Solberg, C. (2004). Influence of dietary oil content on the growth and chemical composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Nutrition*, 10, 31-37.
- da Silva Sousa, A. (2020). Impact of defatted mealworm larvae meal on European seabass (*Dicentrarchus labrax*) flesh quality. MESTRADO CIÊNCIAS DO MAR - RECURSOS MARINHOS ESPECIALIZAÇÃO AQUACULTURA E PISCAS. INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS ABEL SALAZAR. 83 pages.
- Su, J., Gong, Y., Cao, S., Lu, F., Han, D., Liu, H., Jin, J., Yang, Y., Zhu, X. & Shouqi Xie, S. (2017). Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal on the growth performance, immune response and disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Fish & Shellfish Immunology* 69, 59-66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2017.08.008>
- Tran, H.Q., Prokešová, M., Zare, M., Matoušek, J., Ferrocino, I., Gasco, L. & Stejskal, V. (2022). Production performance, nutrient digestibility, serum biochemistry, fillet composition, intestinal microbiota and environmental impacts of European perch (*Perca fluviatilis*) fed defatted mealworm (*Tenebrio molitor*). *Aquaculture* 547, 737499.
- Tocher, D.R. (2003). Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science* 11(2), 107–184. <https://doi.org/10.1080/713610925>
- Tubin, J.S.B., Paiano, D., de Oliveira Hashimoto, G.S., Furtadoc, W.E., Martinsc, M.L., Durigond, E. & Emerenciano, M.G.C. (2020). *Tenebrio molitor* meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. *Aquaculture* 519, 734763. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734763>
- Wang, Y., Chen, Y., Li, X., Xia, J., Du, Q. & Sheng, Z. (1996). Study on rearing the larvae of *Tenebrio molitor* Linne and the effects of its processing and utilization. *Acta Agriculturae Universitatis Henanensis*, 30 (3), 288-292.
- Yigit, M., Yardim, Ö. & 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.
- Worthington, C. (1988). Worthington enzyme manual: enzymes and related biochemicals. Worthington Biochemical Corporation.
- Zlatanov, S., Laskaridis, K. ((2007)). Seasonal variation in the fatty acid composition of three Mediterranean fish—sardine (*Sardina pilchardus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and picarel (*Spicara smaris*). *Food Chem.*, 103, 725–728.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bahadır Tunahan KARADAYI

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Adıyaman Fen Lisesi, 2011

Lisans : Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi Kamu Yönetimi, 2017
Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri
Fakültesi Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği.

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Sedef Tersanesi/Metal Grup Gemi İnşa, 2017-2018

İş Yeri : Sefine Tersanesi/Göktürk Gemi İnşa, 2018-2019

İş Yeri : Milli Eğitim Bakanlığı, Milli Eğitim Müdürlüğü, 2019-...

Yayın Listesi :

Seval Dernekbaşı, Bahadır Tunahan Karadayi (2024). Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in fish feed. Journal of Aquaculture & Marine Biology 13(3): 121-122. Short communication

Seval Dernekbaşı, Bahadır Tunahan Karadayi (2025). Nil tilapiyası (*Oreochromis niloticus*) Yemlerinde Unkurdu (*Tenebrio molitor*) Larva Ununun Kullanımı. ASES X. INTERNATIONAL HEALTH, ENGINEERING AND SCIENCES CONGRESS APRIL 25-27, 2025. SINOP UNIVERSITY, SINOP, TURKIYE. (Sözlü sunum).