



İSKENDERUN TEKNİK
ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

SIYAH ASKER SİNEĞİ
[Hermetia illucens L.]
LARVASI UNUNUN SAZAN
[Cyprinus carpio L.1758]
**DİYETLERİNDE ALTERNATİF
PROTEİN KAYNAĞI OLARAK
KULLANIM OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI**

Hasan DOĞAN

**SU ÜRÜNLERİ
ANABİLİM DALI**

EYLÜL 2021



**SİYAH ASKER SİNEĞİ (*Hermetia illucens* L.) LARVASI UNUNUN SAZAN
(*Cyprinus carpio* L.1758) DİYETLERİNDE ALTERNATİF PROTEİN
KAYNAĞI OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Hasan DOĞAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2021

Hasan DOĞAN tarafından hazırlanan “SİYAH ASKER SİNEĞİ (*Hermetia illucens* L.) LARVASI UNUNUN SAZAN (*Cyprinus carpio* L.1758) DİYETLERİNDE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAĞI OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Funda TURAN

Su Ürünleri Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Danışman: Prof. Dr. Funda TURAN

Su Ürünleri Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Danışman: Prof. Dr. Zeynep ERDOĞAN

Biyoteknoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Trakya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Danışman: Prof. Dr. Yasemin Bircan Yıldırım

Su Ürünleri Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 20/09/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
 - 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 çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirim, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

HASAN DOĞAN

.../.../.....

SİYAH ASKER SİNEĞİ (*Hermetia illucens* L.) LARVASI UNUNUN SAZAN (*Cyprinus carpio* L.1758) DİYETLERİNDE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAĞI OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Hasan DOĞAN

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2021

ÖZET

Sazan (*Cyprinus carpio*) diyetlerinde alternatif protein kaynağı olarak siyah asker sineği (*Hermetia illucens*) larvası Ununun (ASSL) kullanım imkânları araştırılmıştır. Çalışmada, üç tekerrürlü olmak üzere, ASSL0 (Kontrol diyet grubu: sadece balık unu), ASSL50 (balık ununa ikame %50 ASSL), ASSL65 (balık ununa ikame %65 ASSL) ve ASSL75 (balık ununa ikame %75 ASSL) olacak şekilde dört farklı diyetle deneme balıkları beslenmiştir. Ortalama başlangıç ağırlıkları $1,045 \pm 0,083$ g olan sazanlar (*Cyprinus carpio*) sürekli su akışının sağlandığı 12 adet tanka tesadüfi olarak ve her bir tanka stok yoğunluğu 50 adet olacak şekilde stoklanmış ve 75 gün süre ile besleme çalışması devam etmiştir. Deneme yemleri sazanlara vücut ağırlıklarının %5'i oranında sabah ve akşam olmak üzere günde iki kez verilmiştir. Deneme periyodu sonunda, ASSL65 diyet grubunda ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı, protein etkinlik oranı, net protein kullanım oranı ve yem değerlendirme oranı pozitif yönde etkilenmiştir. Diyet grupları yemlerinin arasında nem, ham protein, yağ ve kül içeriği açısından önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P < 0,05$). ASSL75 diyet grubunun protein içeriği (%20,22), diğer diyet grupları arasında önemli ölçüde yüksek seviyede bulunmuştur. Araştırma sonucunda, siyah asker sineği larva ununun sazan diyetleri için alternatif hayvansal protein kaynağı olarak düşünülebileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler : *Hermetia illucens*, Böcek unu, Balık unu ikame, Sazan
Sayfa sayısı : 63
Danışman : Prof. Dr. Funda TURAN

THE USAGE OF BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) LARVAE MEAL AS
ALTERNATIVE PROTEIN SOURCE IN CARP DIETS (*Cyprinus carpio*)
(M.Sc. Thesis)

Hasan DOĞAN

İSKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE

August 2021

ABSTRACT

A seventy-five-day feeding study was performed to investigate the usage of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as an alternative protein source in carp diets (*Cyprinus carpio*). In this study, experimental fish were fed with four different diets (fish meal-based without Black soldier fly larvae (BSFL) meal (BSFL0), 50% (BSFL50), 65% (BSFL65), and 75% (BSFL75) of fish meal substitution with BSFL), with triplicate. The carps (1.045 ± 0.083 g) were randomly stocked into twelve flow-through tanks with a density of 50 fish per tank and reared for 75 days. Diet feed was provided to carps as a proportion of their biomass (5% of their mass per day) with two meals a day. Carps fed with BSFL65 meal showed positive effects on weight gain (WG), specific growth rate (SGR), protein efficiency ratio (PER), apparent net protein utilization (ANPU), and feed conversion ratio (FCR). There were significant differences in moisture, crude protein, lipid, and ash content in the whole body among dietary groups ($P < 0.05$). The protein content of the carp-fed BSFL75 diet group (20.22%) was significantly the highest among all three diet groups. Consequently, a BSFL meal can be considered as an alternative animal source of protein for the carp diet.

Key Words : *Hermetia illucens*, Insect meal, Fish meal replacement, Common carp.

Page Number : 63

Supervisor : Prof. Dr. Funda TURAN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın tüm aşamalarında büyük titizlik ve özveri ile desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli danışman hocam Prof. Dr. Funda TURAN' a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın ana konusu olan Siyah asker sineği üzerinde, pratikte ve teoride uzmanlaşmam için karşılıksız mentorluk yapan ve bu konu üzerinde yüksek lisans yapma fikrini veren, bana her daim yol gösterip destek olan, ayrıca tez çalışmamda kullanmam için bana sinek yumurtası gönderen saygıdeğer Dr. Tamer ÇALIKOĞLU hocama çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans yapmam için beni cesaretlendiren, öz ağabeyim gibi kollayıp yol gösteren, her konuda yardımcı olan sevgili Öğr. Gör. Özkan AKAR'a çok teşekkür ederim.

Tezimin saha çalışmalarında hiçbir zaman destek ve yardımlarını esirgemeyen sevgili Doktora öğrencisi Ayşegül ERGENLER'e çok teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında maddi manevi desteklerini ve fedakarlıklarını üzerimden hiçbir zaman eksik etmeyip her zaman yanımda olan ve bugünlere gelmemde haklarını ödeyemeyeceğim kıymetli anne ve babama, her koşulda yanımda olup büyük fedakarlıklar ile destek olan çok sevgili eşim Hatice ŞENTÜRK DOĞAN' a çok teşekkür ederim.

Ağustos 2021

Hasan DOĞAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
RESİMLERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ.....	7
2.1. Balık Yemlerinde Böcek Proteinlerinin Kullanımı.....	7
2.2. Siyah Asker Sineği (<i>Hermetia illucens</i>)	9
2.3. Balık yemlerinde siyah asker sineği (<i>Hermetia illucens</i>) kullanımı.....	17
3. MATERYAL VE METOT.....	23
3.1 Materyal.....	23
3.1.1 Deneme Yeri.....	23
3.1.2 Balık Materyali.....	23
3.1.3 Tank Materyali.....	24
3.1.4 Denemede kullanılan su ve özellikleri	25
3.1.5 Denemede Kullanılan Yem Hammaddeleri.....	25
3.1.6 Siyah Asker Sineği Larvası (<i>Hermetia illucens</i>) Unu Hazırlanışı.....	27
3.2 Metot.....	30
3.2.1 Deneme Üretiminin Planlanması.....	30

	Sayfa
3.2.2 Deneme Yemlerinin Hazırlanması.....	30
3.2.3 Balıkların Bakımı ve Yemlenmesi.....	32
3.3 Ölçüm ve Kimyasal Analizler.....	33
3.4 Kimyasal Analiz Yöntemleri.....	33
3.4.1 Kuru Madde.....	33
3.4.2 Ham Protein.....	33
3.4.3 Ham Yağ.....	33
3.4.4 Ham Kül.....	34
3.5 Büyüme Parametreleri.....	34
3.5.1 Canlı Ağırlık Artışı ve Spesifik Büyüme Oranı.....	34
3.5.2 Yem Değerlendirme Oranı.....	35
3.5.3 Protein Etkinlik Oranı.....	35
3.5.4 Yaşama Oranı.....	35
3.6 İstatistiksel Analizler.....	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	36
4.1 Deneme Ortamına Ait Çevresel Parametreler.....	36
4.2 Büyüme Performansı Parametreleri	36
4.2.1 Canlı Ağırlık Artışı.....	38
4.2.2 Final Ağırlık.....	39
4.2.3 Spesifik Büyüme Oranı.....	40
4.2.4 Yem Değerlendirme Oranı.....	41
4.2.5 Protein Etkinlik Oranı.....	42
4.2.6 Net Protein Kullanım Oranı.....	43
4.2.7 Yaşama Oranı.....	44

	Sayfa
4.3 Balıkların Vücut Kimyasal Kompozisyonları.....	45
4.3.1 Nem.....	46
4.3.2 Ham Protein.....	47
4.3.3 Ham Yağ.....	48
4.3.4 Ham Kül.....	49
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	50
6. ÖNERİLER.....	54
7. KAYNAKLAR.....	55

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Balık unu besin madde ve aminoasit kompozisyonları.....	2
Çizelge 1.2. Türkiye Su ürünleri ve balık yemi üretimi	3
Çizelge 1.3. Türkiye avcılık üretimi ile balık unu-yağı üretim miktarları	4
Çizelge 2.1. Üç farklı böcek türü, Balık unu ve Soya küspesinin ham protein ve ham yağ içerikleri	9
Çizelge 2.2. <i>Hermetia illucens</i> yaşam adımlarına göre ham protein, ham yağ ve kül içeriği.....	14
Çizelge 2.3. <i>Hermetia illucens</i> yaşam adımlarına göre aminoasit içeriği.....	16
Çizelge 2.4. <i>Hermetia illucens</i> yaşam adımlarına göre yağ asitleri bileşimi.....	16
Çizelge 3.1. Diyetlerde kullanılan yem hammaddelerin besin değerleri.	27
Çizelge 3.2. Deneme Yemleri, Kullanım Oranları ve Besin madde içerikleri.....	31
Çizelge 4.1. Denemede elde edilen büyüme ve yem değerlendirme sonuçları.....	37
Çizelge 4.2. Deneme sonunda balık etinin besin kompozisyonu	45

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Siyah asker sinekleri	10
Resim 2.2 <i>Hermetia illucens</i> yaşam döngüsü.....	11
Resim 2.3. Siyah asker sineği yumurtlama anı	12
Resim 2.4. Siyah asker sineği yumurtaları	12
Resim 2.5. Siyah asker sineği larvası.....	13
Resim 2.6. Siyah asker sineği prepupaları	14
Resim 3.1. Deneme yeri.....	23
Resim 3.2. Deneme kullanılan yavru sazanlar.....	24
Resim3.3. Denemede kullanılan tanklar.....	25
Resim 3.4. Deneme yemlerinin hazırlanmasında kullanılan hammaddeler.....	26
Resim 3.5. Üniversitenin öğrenci yemekhanesinden larva beslemede kullanılmak üzere toplanan yemek atıkları.....	28
Resim 3.6.Siyah Asker Sineği Larva besleme aşaması.....	29
Resim 3.7.Yem Hammaddelerinin hazırlanması	32
Resim 3.8.Yem hamurunun pelet haline getirilmesi.....	32

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Deneme boyunca ikişer haftalık tartımlarındaki canlı ağırlık artışları.....	38
Şekil 4.2. Deneme gruplarının final ağırlıkları.....	39
Şekil 4.3. Deneme gruplarının spesifik büyüme oranları	40
Şekil 4.4. Deneme gruplarının yem değerlendirme oranı	41
Şekil 4.5. Deneme gruplarının Protein etkinlik oranları.....	42
Şekil 4.6. Deneme gruplarının Net protein kullanım oranları.....	43
Şekil 4.7. Deneme gruplarının yaşama oranları	44
Şekil 4.8. Deneme gruplarına göre balıkların nem oranları.....	46
Şekil 4.9. Deneme gruplarına göre balıkların ham protein oranları	47
Şekil 4.10. Deneme gruplarına göre balıkların ham yağ oranları.....	48
Şekil 4.11. Deneme gruplarına göre balıkların ham kül oranları.....	49

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler **Açıklamalar**

$^{\circ}\text{C}$	Santigrat Derece
m	Metre
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp

Kısaltmalar **Açıklamalar**

CAA	Canlı Ağırlık Artışı
FAO	Food And Agriculture Organization
g	Gram
HK	Ham Kül
HP	Ham Protein
HS	Ham Selüloz
HY	Ham Yağ
kcal	Kilokalori
KM	Kuru Madde
mg	Miligram
mm	Milimetre
NPKO	Net Protein Kullanım Oranı
PEO	Protein Etkinlik Oranı
pH	Potansiyel Hidrojen
SASL	Siyah Asker Sineği Larvası
SASP	Siyah Asker Sineği Prepupası
SBO	Spesifik Büyüme Oranı
YDO	Yem Değerlendirme Oranı
YO	Yaşama Oranı

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9,5 milyara ulaşacağı öngörülmesiyle birlikte, küresel gıda üretim sisteminin de bu talebi karşılamada yetersiz kalacağı öngörülmektedir. Nüfus artışı, su kaynaklarının kullanımında meydana gelen değişiklikler, biyolojik çeşitliliğin azalması, iklim değişikliği ve su kaynaklarının kalitesinin düşmesi gıda talebinin karşılanabilmesi üzerinde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Bununla beraber hayvan beslenmesinde sıklıkla kullanılan protein kaynakları, insan beslenmesinde kullanılan protein kaynaklarıyla doğrudan ve dolaylı olarak rekabet halindedir. Verimli araziler ve temiz su kaynakları önemli oranda yem üretimine ayrılmakta, sera gazı emisyonlarına da ciddi bir katkı yapmaktadır. Aşırı avlanma, okyanuslardaki ekosistemi tehdit ederken, balık unu ve soya gibi protein kaynaklarının fiyatlarında da önemli bir artış yaşanmaktadır. Dünya genelinde avcılık, yetiştiricilik ve yüksek besleyicilik yönüyle en fazla tercih edilen protein kaynağı olan balık stokları, ya tükenmiş ya da tükenmek üzere olarak sınıflandırılmaktadır.

Tüm canlıların yetiştiriciliğinde olduğu gibi su ürünleri yetiştiriciliğinde de en önemli hususlardan biri beslemedir. Beslemede kullanılan yem materyalinin içeriği, canlıların hayati faaliyetlerini belirleyen en önemli konudur. Yetiştiriciliği yapılan canlının cinsine, yaşına, yetiştirilme ortamına göre besin talebi değişmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde, özellikle karnivor türlerin beslenmesinde protein kaynağı olarak kullanılması en elzem hammadde balık unudur. Balık ununun beslenme rasyonlarında tercih edilmesinin en büyük nedeni yüksek ve kaliteli protein kaynağı olmasıdır. İçeriğindeki mükemmel aminoasit dengesi, mineral madde (demir, fosfor, kalsiyum) ve vitamin (kolin, niasin, B12, riboflavin ve pantotenik asit) kompozisyonu sayesinde yetiştiriciliği yapılan türün büyüme performansının yüksek olabilmesi için birincil tercih sebebidir (Park Waldroup, 1994). Balık unu, bitkisel protein kaynaklarından çok daha yüksek miktarda esansiyel aminoasit (özellikle metiyonin ve lizin) ve bitkisel hammaddelerde bulunmayan yağ asitleri (dekohegzaenoik asit ve eikosapentaenoik asit) bulundurur (Sena S. De Silva, 1994). Ayrıca balık unu çok yüksek düzeyde bir enerji ve omega 3 yağ asidi barındırır (Simopoulos, 2000) Çizelge 1.1.

Çizelge 1.1. Balık unlarında besin madde ve aminoasit kompozisyonları (Karşlı, 2013)

Besin madde içerikleri %	Hamsi Balık unu	Ringa Balık unu
Ham Protein	65,00	70,00
Ham Yağ	9,00	9,00
Ham Selüloz	0,00	0,00
Ham Kül	15,40	10,10
Aminoasit Dağılımı %		
Lizin	5,07	5,41
Metiyonin	1,95	2,10
Sistin	2,60	2,80
Triptofan	0,78	0,81
Histidin	1,59	1,69
Lösin	4,98	5,25
Isolösin	3,06	3,14
Fenilalanin	2,75	2,74
Tirozin	2,22	2,19
Arjinin	3,81	4,09

Balık unu üretiminde, hamsi (*Engraulis spp.*), sardalya (*Sardina pilchardus*), istavrit (*Trachurus spp.*), ringa (*Clupea harengus*), menhaden (*Brevoortia spp.*) ve apelin (*Mallotus villosus*) gibi pelajik balıklar kullanılır (Guillaume J., 2001). Balık unu zengin besin içeriği sayesinde yetiştiricilik endüstrisinde vazgeçilmez konumdadır. Ayrıca su ürünleri yetiştiriciliğinde üretim maliyetinin yaklaşık %70'lik kısmını yem giderlerinin oluşturması, yem endüstrisini su ürünleri yetiştiriciliği bakımından çok önemli bir hale getirmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinin yaygınlaşması ile beraber balık ununa olan talep gün geçtikçe artış göstermektedir (Bkz. Çizelge 1.2,1.3) Bununla birlikte su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe meydana gelen artışa paralel olarak balık unu üretiminin artmadığı ve artmayacağı tahmin edildiğinden dolayı fiyatların sürekli artış göstermesi beklenmektedir (Kristofersson ve Anderson, 2004). Balık ununa olan talebin arzdan çok daha fazla olması durumu, balık unu

fiyatlarının hızla artması ve denizlerdeki balık stokları üzerinde aşırı avlanma baskısı oluşturması gibi iki büyük sorunu, balık yemi üretim endüstrisi ile karşı karşıya bırakmaktadır. Önümüzdeki süreçte ekonomik sebepler ve üretim azalması sebebi ile balık yemlerinde balık unu kullanım miktarlarının daha da azalacağı, balık yemlerinde birincil protein kaynağı olmaktan çıkarak lezzet artırıcı ve aminoasit dengeleyici olarak kullanılan özel bir yem hammaddesi olacağı öngörülmektedir (Karşlı, 2013).

Çizelge 1.2 Türkiye su ürünleri ve balık yemi üretimi; (GKGM, 2017; TÜİK, 2019)

Yıl	Avcılık (ton)			Yetiştiricilik (ton)			Toplam (ton)	Balık yemi üretimi (ton)
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam		
2000	460 521	42 824	503 345	35 646	43 385	79 031	582 376	40 646
2001	484 410	43 323	527 733	29 730	37 514	67 244	594 977	39 396
2002	522 744	43 938	566 682	26 868	34 297	61 165	627 847	45 468
2003	463 074	44 698	507 772	39 726	40 217	79 943	587 715	52 260
2004	504 897	45 585	550 482	49 895	44 115	94 010	644 492	64 414
2005	380 381	46 115	426 496	69 673	48 604	118 277	544 773	55 058
2006	488 966	44 082	533 048	72 249	56 694	128 943	661 991	70 153
2007	589 129	43 321	632 450	80 840	59 033	139 873	772 323	164 611
2008	453 113	41 011	494 124	85 629	66 557	152 186	646 310	159 152
2009	425 275	3 987	464 462	82 481	76 248	158 729	623 191	171 514
2010	445 680	40 259	485 939	88 573	78 568	167 141	653 080	184 810
2011	47 58	37 097	514 755	88 344	100 446	188 790	703 545	239 273
2012	396 322	36 120	432 442	100 853	115 570	212 410	644 852	300 022
2013	339 047	35 074	374 121	110 375	123 019	233 394	607 515	355 387
2014	266 078	36 134	302 212	126 894	108 239	235 133	537 345	355 571
2015	397 731	34 176	431 907	138 879	101 455	240 334	672 241	375 476
2016	301 464	33 856	335 320	151 794	101 601	253 395	588 715	461 099
2017	322 173	32 145	354 318	172 492	104 010	276 502	630 820	512 726
2018	283 955	30 139	314 094	209 370	105 167	314 537	628 631	446 058
2019	431 572	31 596	463 168	256 930	116 426	373 356	836 524	588 881

Çizelge 1.3 Türkiye avcılık üretimi ile balık unu ve yağı üretim miktarları (Bayraklı ve Özdemir, 2019)

Yıllar	Balık Unu (ton)	Balık Yağı (ton)
2008	17300	7070
2009	16850	7080
2010	30620	13380
2011	38650	16690
2012	17100	7730
2013	15480	7010
2014	14110	5970
2015	32330	13910
2016	17480	7410
2017	23840	10280

Su ürünleri yetiştiriciliğindeki kapasite artışı, kullanılan yem ihtiyacını da arttırmıştır. Balık yemi üretimi endüstrisi balık ununda ki bu açığı kapatabilmek için alternatif bitkisel yem kaynaklarına (ayçiçeği, mısır, soya küspeleri vb.) yönelmişlerdir. Bitkisel protein kaynakları, her ne kadar ekim alanlarının geniş olması ve fiyat avantajı gibi nedenlerden dolayı balık ununa ikame olarak değerlendirilse de proteinlerinin sindirilebilirliği, aminoasit ve esansiyel yağ oranlarının yetersiz olması durumu gibi nedenlerle, balık yemi formülasyonlarında kullanım oranlarını sınırlı kalmaktadır.

Bir dönem hayvansal protein ihtiyacına alternatif olarak omurgalı hayvanlara ait et, kan, kemik unu ve bazı rendering ürünleri kullanılmıştır. Ancak deli dana hastalığı (BSE) vakalarının görülmesi ve bu vakaların söz konusu kaynaklarla ilişkilendirilmesi, Avrupa Birliği'nde bahsi geçen kaynakların, çiftlik hayvanlarının beslenmesinde yem maddesi olarak kullanımının kısıtlanmasına neden olmuştur (Elwert ve Knips, 2010). Balık yemlerinin yapımında yüksek protein içeriğine sahip ham maddeler tercih edilmektedir. Balık diyetlerinin içerik seçimi ve formülasyonu, su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinin çevresel etkisini büyük ölçüde etkileyebilir (Boyd ve McNevin, 2015). Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe sürekli iyileştirme çok önemlidir (Belghit ve diğerleri, 2019). Bilim insanları da bu iyileştirmeler üzerinde çalışarak, kısıtlı kaynakların daha verimli kullanılmasını, çevresel etkinin azaltılmasını, maliyetlerin düşürülmesini, sürdürülebilir bir yetiştiricilik yapılmasını hedeflemektedir. Bu bağlamda yapılan

çalışmalar, böceklerin alternatif hayvansal protein kaynağı ihtiyacına çözüm olabilecek potansiyelde olduğu göstermiştir. Hayvan yemlerinde kullanım için aday olarak kabul edilen farklı böcek türlerinin besin bileşimi ve değerine ilişkin mevcut belgeler önemli hale gelmiştir (Jimoh ve diğerleri, 2011). Bütün bu verilere bakıldığında, hayvan beslemede kullanılması için, üretimi çevre dostu, düşük maliyetli, sürdürülebilir, kaliteli yeni hayvansal protein kaynağına ihtiyaç duyulduğu ve bu ihtiyacın da zamanla hızla artacağı öngörülmektedir (Christian Elwert, 2010; Veldkamp ve Bosh, 2015).

Böcekler, tür bakımından hayvanlar aleminin en kalabalık grubu olmakla birlikte, hayvanlar aleminin, böcekler sınıfında, altı bacaklılar alt şubesinde yer almaktadırlar. İnsanoğlu, yaklaşık 7000 yıl önce bal arısı ve ipek böceği yetiştiriciliğine başlamış ve günümüzde “kitlesel üretim” adı verilen yoğun üretime devam etmektedir (Capinera, 2008; Rumpold ve Schlüter, 2013a). Hayvan yemlerinde protein kaynağı olarak kullanılabilme potansiyellerinden dolayı, böceklere olan ilgi geçtiğimiz 30 yıldan bu yana artarak devam etmiştir. Dünyada 10 milyonu aşan böcek türü tespit edilmişken, bunların yaklaşık 1.500 türü hayvanlar ve insanlar için protein kaynağı olabilecek potansiyelindedir (Ng, Liew, Ang ve Wong, 2001). Böcekler, üreme kabiliyeti ve yem dönüştürme oranları yüksek canlılar olup, kolay yetiştirme ve düşük maliyetli üretim gibi avantajlara sahiptirler. Öte yandan, Avrupa Birliği’nde, balıkların beslenmesinde böcek proteini kullanımına 2013 yılında bazı kısıtlamalar çerçevesinde izin verilmiştir. Hayvan beslemede kullanıma elverişli olabilecek bazı böcek türleri üzerinde daha fazla durulmaktadır. Bunlardan bazıları siyah asker sineği (*Hermetia illuces*), sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*) ve karasinektir (*Musca domestica*) (Veldkaap, Huls, Bosh, Van, Lakemond ve Boekel, 2012; Charlton A.J. ve diğerleri, 2015).

Böcekler, son yıllarda organik atıkları dönüştürmede verimlilikleri, yaşam döngülerinin kısalığı ve fazla suya ihtiyaç duymamaları, protein kalitesi düşük olan bitkisel kaynakları, yüksek kaliteli hayvansal proteine dönüştürebilme yetenekleri sayesinde alternatif hayvansal protein kaynağı olarak tercih edilmeye başlanmıştır. Yemden yararlanma oranlarının yüksek olması, protein kaynağı olarak daha “sürdürülebilir” olmaları ve yüksek protein içeriğinden dolayı, kanatlı ve su ürünlerinin yetiştiriciliğinde balık unu ve soya küspesi protein kaynaklarına alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Balık yemleri yapımında en çok kullanılan hayvansal protein kaynağı olarak son yıllarda böcek unu özellikle de siyah asker sineği (*Hermetia illuces*) unu kullanımına yönelik çalışmalara önem verilmesi ve bu alandaki veri açığı bu tez konusunun seçiminde etkili olmuştur. Bu tez çalışmasında, özellikle dünyada en çok yetiştiriciliği yapılan iç su balıklarından olan sazan (*Cyprinus carpio*) diyetlerinde, balık ununa alternatif protein kaynağı olarak farklı oranlarda siyah asker sineği (*Hermetia illucens*) larvası unu kullanılmış, büyüme, yemden yararlanma ve besin madde kompozisyonu üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.



2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Balık Yemlerinde Böcek Proteinlerinin Kullanımı

Tür bakımından hayvanlar aleminin en kalabalık grubu olan böcekler, hayvanlar aleminin (Animalia), Böcekler sınıfında (Insecta), altıbacaklılar alt şubesinde (Hexapoda) yer almaktadırlar. Yaklaşık 7000 yıl önce bal arısı ve ipek böceği ile başlayan böcek yetiştiriciliği, günümüzde kitlesel üretim metodu ile sürdürülmektedir (Capinera, 2008). Yem endüstrisinin artan hayvansal protein ihtiyacı ile birlikte böcek üretiminin önemi de katlanarak artmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılmak üzere hazırlanan yemlerde protein kaynağı olarak özellikle balık unu tercih edilmektedir. Dünya'daki balık ununun yaklaşık %65'i su ürünleri yetiştiriciliğinde yem olarak kullanıldığı bildirilmektedir (Boyd ve McNevin, 2015). Ancak doğal stokların azalması ve bununla birlikte balık unundaki fiyat artışları, yeni kaynak arayışlarını da beraberinde getirmiştir. Hayvan yemlerinde kullanılan bir diğer protein kaynağı olan soya fasulyesi, küresel ölçekte değerlendirildiğinde ekim arazilerinin azalması, su kaynakları üzerinde negatif baskı oluşturması, esansiyel aminoasit bakımından yetersiz kalması gibi nedenlerden dolayı yem endüstrisini alternatif arayışlarına itmektedir. Böcekler, yüksek protein ve amino asit içeriği ile sayesinde balık ununa alternatif olabilecek konumdadır. Böcek proteininin alternatif olarak görülmesinin diğer nedenleri ise üretim maliyetlerinin düşük olması, organik atıklarla beslenebiliyor olması, dikey tarım yöntemiyle birim alanda yüksek kapasitede üretim imkanı olması, yaşam döngülerinin kısa olması, üretim süreçlerinde çok az suya ihtiyaç duyulması ve sürdürülebilir bir modele sahip olmaları gibi kritik avantajlarıdır.

Balıklar ve kanatlıların doğal besin kaynağı olan böcekler, bazı toplumlarda insan gıdası olarak da kullanılabilir. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi ' de (EFSA) 24 Kasım 2020'de, hali hazırda hayvan yemi olarak kullanılan un kurdu larvasının (*Tenebrio molitor*) bisküvi, makarna, ekmek, sos gibi birçok insan gıdasının içinde yer almasına onay vermiştir.

24 Mayıs 2017 'de Avrupa Birliği' nde alınan karar doğrultusunda (Commission regulation, 893/2017); un kurdu (*Tenebrio molitor*), karasinek (*Musca domestica*), buffalo kurdu

(*Alphitobius diaperinus*), siyah asker sineği (*Hermetia illucens*) ve cırcır (*Gryllus sp*) gibi böceklerin belirli oranlarda ve kısıtlı olmak koşulu ile global çapta balık yemlerine ilave edilmesini onaylanmıştır. Bu onay ile birlikte yapılan çalışmalar, zengin besin değerlerine sahip böcek türlerinin tatlı su ve deniz balıklarının özellikle juvenil dönemlerinde beslenme diyetlerine ikame edilebileceğini ortaya koymuştur (Barroso ve diğerleri, 2014). Bu türler arasında siyah asker sineği larvasının gökkuşığı alabalığı (*Onchorhynchus mykiss*) ve Atlantik somonunun (*Salmo salar*) beslenme diyetlerine katılabilecek en iyi seçenek olduğu kabul edilmektedir (Belghit I, 2018). Bu balık türleri tipik olarak yüksek protein ve yağ içerikli, düşük karbonhidrat seviyeleri ile formüle edilen yüksek enerjili diyetlerle beslenirler (Kaushik, Medale, Fauconneau Blanc, 1989).

Atsushi Hashizume vd., (2019) göre çipura diyetlerinde (*Sparus aurata*) düşük oranda (%0,5-5) karasinek larvası (*Musca domestica*) kullanıldığında, büyümenin ve hastalık direncinin desteklendiği belirtilmiştir. Bununla birlikte karasinek larvası ununun %25 veya daha fazla kullanılmasının büyümeyi olumsuz etkilediği sonucuna varmışlardır. Karasinek larva unundaki esansiyel amino asit miktarı kontrol yemindeki balık unu değerlerine yakın olsa da, doymamış omega-3 yağ asitlerindeki eksiklik ikame oranında sınırlayıcı faktör olarak not edilmiştir.

Un kurdu larvaları (*Tenebrio molitor*) karnivor beslenen balıkların doğal ortamlarında, doğal olarak tükettiği böceklerdir (Henry, Gasco, Piccolo ve Fountoulaki, 2015). Yüksek besin değerleri ve kolay bulunabilir olmasından dolayı bugüne kadar gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Gasco ve diğerleri, 2014), Afrika kedi balığı (*Clarias gariepinus*) (Ng ve diğerleri, 2001), sazan (*Cyprinus carpio*) (Liu ve diğerleri, 2017), deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) (Gasco ve diğerleri, 2016) gibi balıkların beslenme diyetlerine eklenerek araştırmalar yapılmıştır.

Jabir, Razak ve Vikineswary, (2012) morio kurdu (*Zophobas morio*) larvalarının kurutulmuş, juvenil Nil tilapya (*Oreochromis niloticus*) balıklarının beslenme diyetlerine eklenmesinin büyüme performanslarına etkisini araştırmış, %50 oranına kadar balık ununa ikame edilmesinin değerleri iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Artan oranlarda Morio kurdu ununun eklenmesi büyümeyi olumsuz etkileyip nihai ağırlığı azaltmıştır.

Böcek türlerine göre ham protein içeriği değişiklik gösterse de genel olarak yüksek protein içerikli yem hammaddeleri olarak değerlendirilmektedir (Veldkamp ve diğerleri, 2012) (Bkz. Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Üç farklı böcek türü, balık unu ve soya küspesinin ham protein ve ham yağ içerikleri (Veldkamp ve diğerleri 2012)

Protein Kaynağı	Ham Protein	Ham Yağ
Siyah asker sineği (larva)	35-47	35
Karasinek (larva)	43-68	4-32
Un kurdu (larva)	44-69	23-47
Balık unu	61-77	11-17
Soya küspesi	49-59	3

2.2. Siyah Asker Sineği (*Hermetia illucens*)

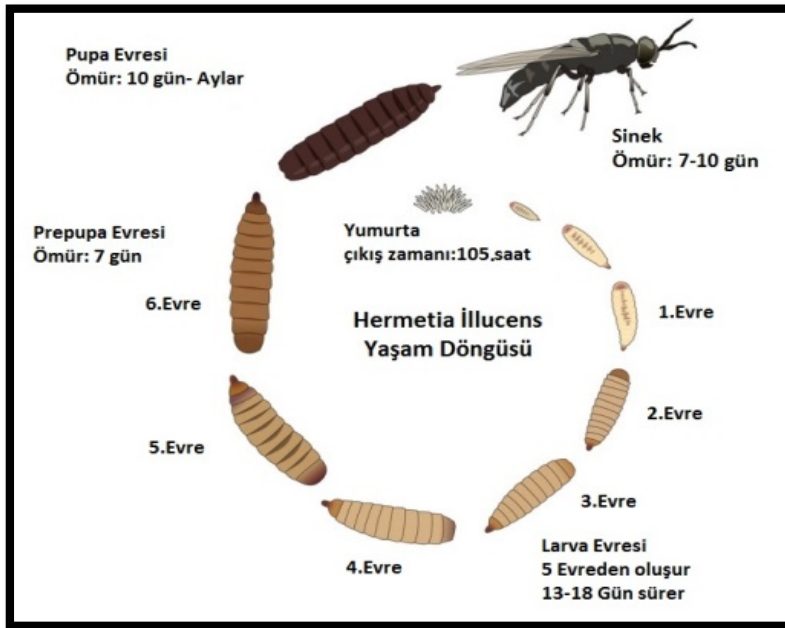
Siyah asker sineği; *Hermetia illucens* Diptera dizisi, Stratiomyidae ailesi, Hermetiidae alt ailesi, *Hermetia* cinsinde yer almaktadır (Linnaeus, 1758). Bulunduğu bölgeler 40^o güney ve 45^o kuzey enlemleri arası olarak bildirilmiştir (Diener, Solano, Gutierrez, Zurbreeg ve Tockner, 2011).

Organik atıkların yüksek proteinli yemlere dönüştürülmesinde Diptera, Stratiomyidae, Muscidae, Calliphoridae, Syrphidae ve Sarcophagidae'lerin çok etkili rol aldığı görülmüştür (Pastor, Velasquez, Gobbi ve Rojo, 2015). Bunlar arasında en fazla dikkat çeken tür olan siyah asker sineği larvaları *Hermetia illucens* dır (Banks, Gibson ve Cameron, 2014). Bu türün ilgi çekici olmasının başlıca nedenleri; ergin sineklerin beslenmemesi ve böylece hastalık yayıcı bir vektör olmaması, larvaların son aşamada beslenmeyi durdurarak diğer larvalardan daha fazla yağ barındırmasıdır (Sheppard, Tomberlin, Joyce, Kiser ve Sumner, 2002; Čičková, Newton, Lacy ve Kozánek, 2015). (Bkz. Resim 2.1).



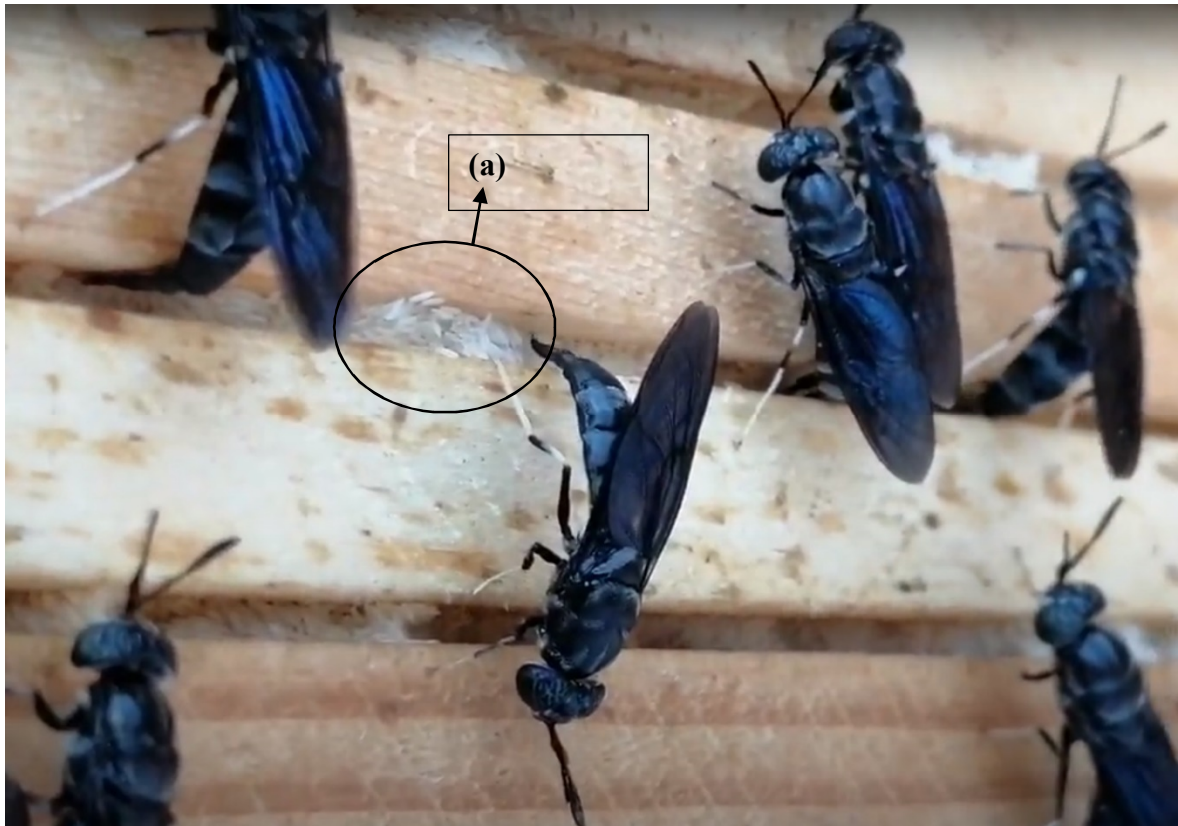
Resim 2.1 Siyah asker sinekleri (Orijinal)

Hermetia illucens yaşam döngüsünü sinek, yumurta, 5 larval dönem ve pupa olarak tamamlamaktadır (Caruso, Devic, Subamia, Talamond ve Baras, 2014) (Bkz. Resim 2.2).



Resim 2.2 *Hermetia illucens* yaşam döngüsü (Rindhe, Chatli, Wagh ve Kaur, 2019)

Yaşam döngüsünü tamamlama süresi sıcaklık, nem, ışık, besin varlığı gibi çevresel şartlara göre değişkenlik gösterebilir. Siyah asker sineğinin biyolojik döngüsünü en kısa sürede tamamlayabilmesi için gereken optimum şartların %60-70 nem ve 27-30 °C sıcaklık olduğu ifade edilmiştir (Kim ve diğerleri, 2008; Diener, Zurbrugg ve Tockner, 2009; Tomberlin, Adler ve Myers, 2009). Ergin dişi sinekler çiftleştikten sonra çürümekte olan organik materyallerin yakınında bulunan çatlak ve oyuklara yumurtalarını bırakırlar (Bkz. Resim 2.3). Dişi sinekler yumak halinde 320-1000 adet yumurta (Bkz. Resim 2.4) bıraktıktan sonra bir daha yumurtlamaz ve kısa süre sonra ölürlür.



Resim 2.3. Siyah asker sineği yumurtlama anı (Orijinal) (a): Siyah asker sineği yumurtaları.



Resim 2.4. Siyah asker sineği yumurtaları (Orijinal)

Yumurtaların %80'i, 27-30 °C ve %60-70 nem'de bırakılmalarını takiben yaklaşık 102-105 saat sonra açılmaktadır; (Sheppard ve diğerleri, 2002; Holmes, 2010). Yumurtadan çıkan yavru larvalar 0.66 mm uzunluğundadır. Larvalar 11 segmentten (boğum) oluşan bir yapıya sahiptir. Her segmentte seta ve mikroskobik kıllar yer alır (Bkz. Resim 2.5). Yumurtadan çıktıktan sonra sürünerek organik maddeye ulaşır ve beslenmeye başlarlar. Gelişimlerinin iyi olabilmesi beslenme ortamı sıcaklığı 20-30 °C olmalıdır. Uygun koşullarda beslenen larvalar 2-4 haftada 12-27 mm boy, 320 mg ağırlık ve 6 mm çapa ulaşabilirler. Olumsuz koşullar altında gelişim sreğleri 6 aya kadar uzayabilir. Larvalar düşük oksijen seviyesi, kuraklık ve besin azlığına oldukça dayanıklıdır (Diciaro, Joesph ve Kaufman, 2009; Tomberlin ve diğerleri, 2009; Diener ve diğerleri, 2011).



Resim 2.5 Siyah asker sineği larvası (Gökhan Arel, 2019) (a) kıllar

Larvaların rengi beslenme döneminin sonlarına doğru kütikulasında biriken tuzlardan dolayı koyulaşarak kahverengine döner (Resim 2.6). Bu dönemde beslenme durur, sindirim sistemi boşaltılır ve bazı antibakteriyel maddeler salgılanır. Ağız organelleri aşağı doğru kıvrılarak kancaya benzer bir yapıya dönüşür. Bu kanca yardımıyla inaktif pupa sürecini geçireceği kuru ve karanlık bir ortama hareket eder.



Resim 2.6 Siyah asker sineği prepupaları (Orijinal)

Çizelge 2.2 *Hermetia illucens* yaşam adımlarına göre ham protein, ham yağ ve kül içeriği (Xiu Liu ve arkadaşları, 2017).

	Yumurta (12 s)	1.gün Larva	6.gün Larva	14.gün Larva	Geç Prepupa	Geç pupa	Ölü Sinek
Ham Protein	45,0±0,12	56,2±0,06	54,2±0,15	39,2±0,06	40,4±0,21	43,8±0,21	57,6±0,26
Ham yağ	15,8±0,06	4,8±0,08	9,6±0,06	28,4±0,06	24,2±0,28	7,2±0,03	21,6±0,36
Kül	4,0±0,15	5,0±0,17	10,0±0,06	8,3±0,26	9,6±0,06	10,2±0,32	3,6±0,23

Siyah asker sineği pupalarının ihtiyacı olan çevresel isteklerin önceki evrelerdeki gibi 27-30 °C ve %60 nem olduğu bildirilmiştir. Optimum şartlarda 1-14 gün süren bu evre sonunda pupalar açılır ve içlerinden ergin sinekler çıkar (Sheppard ve diğerleri, 2002; Holmes L. , 2010). Ergin sineklerin pupadan çıkma süreci, havanın soğuk olması gibi çevresel koşulların olumsuz olduğu durumlardan dolayı 5 ay kadar gecikebilmektedir.

Siyah asker sineklerinin pupadan çıkma sürecini ilk olarak genellikle erkek bireyler tamamlamaktadır. Ergin siyah asker sineklerinin büyüklüğü, larval dönemdeki beslenmeye bağlı olarak 13-20 mm civarında olup dişi sineklerin de erkek sineklerden daha büyük olduğu görülmüştür (Tomberlin, Sheppard ve Joyse, 2002). Siyah asker sinekleri genel olarak 5-14 gün yaşarken, iri sineklerin yaşama süresi küçük olanlara göre daha uzundur. Larva döneminin sonunda ağız organellerinin körleşmesinden dolayı sinek evresinde beslenme şansı bulamazlar, bununla birlikte enerji ihtiyacını larva döneminde depoladığı yağlardan karşılarlar. Çevrede bulunan su, nektar gibi sıvılardan faydalanabilirler ve bu durum sineklerin yaşama süresini uzatır (Tomberlin ve diğerleri, 2002; Diclaro ve diğerleri, 2009). Pupadan çıkan siyah asker sinekleri 2-3 gün sonra çiftleşmeye başlar. Çiftleşme sonrası 2 gün içinde de yumurtlarlar.

Siyah asker sineği, ılıman ve tropik bölgelere özgüdür (James, 1935). Siyah asker sineği larvaları, meyve ve sebzelerden hayvan gübresi kalıntısına kadar seçici olmadan organik madde tüketebilen canlılardır (May, 1961). Siyah asker sineği larvaları beslendiği gübreyi % 50'ye kadar azaltabilmektedir (Sheppard, Thompson ve Savage, 1994). Siyah asker sineği larvaları organik atık tüketen birçok zararlı böcek türlerinden farklı olarak hastalık ve bakteri taşımazlar ve *Salmonella* ve *Escherichia coli*'yi etkisiz hale getirebilirler (Erickson, Islam, Sheppard ve Doyle, 2004). Ayrıca siyah asker sineği larvaları, doğal antimikrobiyal peptitler üretebilen canlılardır (Ratcliffe, Azambuja ve Mello, 2014).

Siyah asker sineği larvalarının gelişim durumu ve besin değerleri beslendiği materyale göre değişiklik gösterebilir (Meneguz ve diğerleri, 2018). Larvalar doğal koşullarda meyve ve sebze atıkları, insan dışkıları, hayvan gübrelere ve leş gibi organik materyalleri tüketmektedirler (Rozkosný R, 1983; Schremmer F, 1984). Larvaların yüksek protein ve yağ içeriği olan materyalle beslenmesinin larvanın besin değerlerini doğrudan arttırdığı görülmüştür (Makkar, Tran, Heuzé ve Ankers, 2014; Van Broekhoven, Oonincx, Huis ve Loon, 2015; De Marco ve diğerleri, 2015; Józefiak ve diğerleri 2016). Siyah asker sineği larvaları bu materyalleri tüketerek larva biyokütlesine dönüştürür ve geriye olgunlaşmış kompostta benzeyen özellikte tortu bırakır (Xiao X ve diğerleri, 2018).

Larva ağırlığının %43 (35-53)'ü civarında olduğu ve bu oranın beslenme ve diğer şartlara bağlı olarak değişiklik göstermediği kaydedilmiştir (Sheppard ve diğerleri, 1995; Barry,

2004). Siyah asker sineği larvalarının beslendiği materyal farklılığı, larvaların besin değerlerinde yağ, protein ve kül kompozisyonlarını belirgin bir oranda değiştirebilirken, aminoasit kompozisyonunda belirgin bir değişim sağlamadığı bildirilmiştir (Spranghers T. Ve diğerleri, 2016). Siyah asker sineğinin evrelerine göre de besin kompozisyonlarında değişim görülmüş ve Çizelge 2.2, 2.3. 2.4.'de belirtilmiştir (Xiu Liu ve diğerleri, 2017).

Çizelge 2.3 *Hermetia illucens* yaşam adımlarına göre aminoasit içeriği (Xiu Liu, ve diğerleri, 2017)

	Yumurta (12 s)	1.gün Larva	6.gün Larva	14.gün Larva	Geç Prepupa	Geç pupa	Ölü Sinek
Asparajin	41,6±0,75	39,2±0,15	34,8±0,04	36,3±0,12	35,1±0,11	32,5 ±0,15	48,8±0,71
Treonin	20,0±0,13	22,8±0,18	21,7±0,16	18,4±0,11	18,1±0,05	17,2±0,06	23,8±0,06
Serin	21,5±0,08	23,1±0,07	20,2±0,04	16±0,15	16,5±0,10	16,4±0,08	20,8±0,08
Glutamik asit	55,8±0,20	65,4±0,95	64,4±0,15	45,2±0,07	38,4±0,07	34,2±0,20	59±0,07
Prolin	21,8±0,08	29,1±0,06	29,4±0,52	21,9±0,16	21,6±0,09	21,8±0,21	26,4±0,08
Glisin	17,0±0,17	26,6±0,24	24,8±0,18	17,8±0,18	21,8±0,14	24,3±0,13	22,2±0,16
Alanin	22,0±0,24	34,2±0,09	43,6±0,12	23,3±0,13	22,8±0,23	23,2±0,08	36,0±0,13
Valin	19,0±0,08	24,3±0,13	24,2±0,09	18,7±0,21	19,2±0,12	20,0±0,27	24,3±0,12
Metiyonin	8,4±0,06	23,8±0,16	22,1±0,17	22,4±0,16	31,4±0,18	40,6±0,13	33,4±0,11
İzolösin	16,8±0,08	21,4±0,19	20,4±0,17	15,6±0,18	16,0±0,14	16,0±0,08	21,8±0,33
Lösin	30,8±0,22	36,8±0,13	35,0±0,11	27,1±0,14	28,0±0,09	28,0±0,08	37,4±0,13
Tirozin	20,2±0,32	23,4±0,14	19,4±0,11	25,5±0,19	26,8±0,15	25,8±0,08	26,2±0,17
Fenilalanin	17,0±0,08	18,2±0,16	18,7±0,12	18,6±0,12	19,3±0,13	17,4±0,21	22,0±0,21
Lizin	23,8±0,14	29,0±0,54	28,4±0,14	23,2±0,22	21,4±0,12	19,0±0,09	31,6±0,16
Histidin	38,5±0,56	53,2±0,39	55,0±0,48	31,6±0,25	36,6±0,11	36,4±0,17	52,9±0,58
Arjinin	26,0±0,12	30,3±0,21	20,4±0,14	20,5±0,14	20,4±0,18	19,0±0,16	30,0±0,44

Çizelge2.4. *Hermetia illucens* yaşam adımlarına göre yağ asitleri bileşimi (yağ yüzdesine göre hesaplanmıştır) (Xiu Liu, ve diğerleri, 2017).

	Yumurta (12 s)	1.gün Larva	6.gün Larva	14.gün Larva	Geç Prepupa	Geç pupa	Ölü Sinek
Laurik Asit 12:0	70,6±0,49	71,8±0,54	16,4±0,18	61,4±0,09	73,4±0,65	78,4±0,57	69,8±0,19
Miristik Asit 14:0	5,2±0,11	4,9±0,07	4,6±0,06	10,2±0,09	10,4±0,11	8,8±0,11	10,4±0,08
Palmitik Asit 16:0	2,8±0,09	2,4±0,05	14,6±0,08	7,8±0,05	5,5±0,04	5,3±0,04	4,8±0,05
Stearik Asit 18:0	2,1±0,06	2,3±0,06	3,8±0,05	1±0,03	0,6±0,01	0,6±0,01	0,6±0,01
Oleik Asit 18:1	3,4±0,03	6,1±0,13	24,2±0,55	7,8±0,06	3,4±0,05	2±0,04	3,5±0,06
Linoleik Asit 18:2	4,5±0,18	5±0,12	31,4±0,53	7,2±0,13	4,8±0,05	3,2±0,05	6,8±0,08

Siyah asker sineği gibi böcekler, yaklaşık %42-43 ham protein ve %33 yağ ile beraber çinko ve demir gibi besin maddelerini yapılarında bulundurmalarıyla, umut veren geri kazanma alternatifleri sunmaktadır (Rumpold ve Schlüter, 2013b; Spranghers ve diğerleri, 2017). Yüksek miktarda protein (%40 kuru madde bazında) ve dengeli bir aminoasit profiline sahip olan siyah asker sineği larvaları yağ asitleri bakımından da zengindirler (Liland NS ve diğerleri 2017; Wang ve Shelomi, 2017). Larvaların lorik asit, kitin ve antimikrobiyal peptitler bulundurması yem bileşeni olma potansiyelini daha da arttırmaktadır (Gasco, Finke ve Huis, 2018). Yapılan çalışmalar birçok canlı için kabul edilebilir bir besin kaynağı olduğunu göstermiştir (Newton, Booram, Barker ve Hale, 1977; Bondari ve Sheppard, 1981).

2.3. Balık Yemlerinde Siyah Asker Sineği (*Hermetia illucens*) Kullanımı

Siyah asker sineği larvası ya da prepupası su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemlere hayvansal protein kaynağı olarak ikame edildiğinde birçok başarılı sonuç elde edilmiştir. Su ürünleri üzerindeki etkileri izlendiğinde, mavi tilapia (*Oreochromis aureus*), kanal yayın balığı (*Ictalurus punctatus*) (Bondari ve Sheppard, 1987), gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Sealey WM ve diğerleri, 2011), Atlantik somon balığı (*Salmo salar*) (Lock, Arsiwalla ve Waagbø, 2016) ve turbot (*Psetta maxima*) (Kroeckel S. ve diğerleri, 2012) gibi birçok balık türü için kullanıma uygun protein kaynağını oluşturmaktadır (Anvo, Toguyéni, Otchoumou, Zoungrana-Kaboré ve Kouamelan, 2016).

Bondari ve Sheppard, (1981) siyah asker sineği larvalarını kanal yayın balığı ve mavi tilapya balıklarının yemlerine ikame ederek 10 hafta süren deneme ile büyüme parametreleri incelemiştir. Denemede kullanılan balıklar rastgele seçilmiş ilk ağırlıkları, sırasıyla 3,7 ve 1,7 gram, uzunlukları, sırasıyla 205±3,5mm ve 117±2,2 mm olarak kaydedilmiştir. Yaklaşık 40 haftalık sekiz erkek ve sekiz dişi yayın balığı 12 adet dikdörtgen tanklara (30,5x122x35,5) rastgele atanmıştır. Yaklaşık 4 L/dk oranda temiz su sağlayan havalandırma pinleri ile donatılmıştır. Büyüme için su sıcaklığı 27 °C'de tutulmuş ve balıklar teker teker markalanmıştır. Denemede kullanılan mavi tilapya balıkları, kanal yayın balığı ile aynı boyutta olup yaklaşık 10-12 haftalık balıklar seçilmiştir. Rastgele seçilen 50 adet mavi tilapya balığı tartılıp boylanmış ve her tanka 16 adet olacak şekilde yerleştirilmiştir. Denemede kullanılan larvalar, ticari yumurta çiftliğinde yumurtacı tavukların altındaki gübre ile beslenmiş ve beslenme sonrası su ile yıkanmıştır. Larvalar dondurucudan

çıkartılarak buzları çözdürülmüş, bütün ve kıyılarak iki farklı şekilde günde iki defa balıkların ağırlıklarının %3'ü kadar verilmiştir. Deney sonunda balıkların bütün larvayı tüketmediği, ancak larvalar ezildiği zaman her iki türün de ezilmiş larvaları tükettiği görülmüştür. Büyüme, balığın dokusu ve aroma gibi parametrelerde önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür. İkame oranının %100 olmasının mavi tilapia ve kanal yayın balığında olumsuz bir etki göstermediğini bildirilmiştir.

Sealey ve diğerleri, (2011), gökkuşağı alabalıklarının beslenmesinde kullanılmak üzere yetiştirilen siyah asker sineği larvalarını, süt çiftliğinden temin edilen %19-21 kuru madde oranına sahip inek gübresi ile beslemiştir. Larvalar, son beslenme döneminde %25-50 oranlarında gökkuşağı alabalığı işleme tesisinden getirilen iç organlar ve yağlardan oluşan balık sakatatları takviye edilerek zenginleştirilen inek gübresi ile beslenmiştir. Larvalar prepupa evresine gelince sistemden hasat edilerek 40 °C'de 36 saat kurutulmuş ve un haline getirilerek balıklara verilene kadar -20 °C'de tutulmuştur. Denemede kullanılacak yemlerde siyah asker sineği prepupa unu %50 oranda ikame edilmiş, diyetler %45 protein %20 yağ olacak şekilde ayarlanmıştır. Deneyde kullanılan balıklar karışık cinsiyetli olup 10 balıktan oluşan gruplar halinde 150 L'lik fiberglas tanklara yerleştirilmiştir. Balıklar 8 hafta boyunca haftada 6 gün olmak üzere, günde iki kere belirgin toklukta beslenmiştir. Balıklara verilen yem miktarı 20 dakikada tüketebilecekleri kadar ayarlanmıştır. Deneme sonunda her gruptan kan örnekleri alınarak kalan balıklar derili ve kemikli filetolar haline getirilerek vakumlu torbalara yerleştirilmiş -23 °C'de yaklaşık üç hafta saklanmıştır. Deney grupları arasında karkas kalitesinin duyuusal metotlarla tespiti için 18-60 yaşları arasında 30 kişi seçilmiş ve test sonuçları kaydedilmiştir. Sealey vd., (2011), duyuusal kalitenin kontrol yemiyle beslenen balıklardan farklı olmadığı, diğer grupların karkas kalitesinin benzer özellik gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, deneme grupları arasında büyüme, besin değerleri ve yem değerlendirme performanslarının benzer olduğu bildirilmiştir.

Kroeckel ve diğerleri, (2012), yapmış oldukları çalışmada siyah asker sineği prepupalarının kalkan balığının (*Psetta maxima*) beslenme performansına etkisini araştırmışlardır. Çalışmada ticari bir üreticiden tedarik edilen prepupalar 60 °C ve 450 bar'da preslenmiş ve yağı alınmıştır. Yağı alınan malzeme 60 °C sıcaklıkta kurutulmuş ve öğütülmüştür. Balık unu ile kıyaslanmak üzere artan oranlarda altı deneysel diyet formüle edilmiştir. Kontrol grubu ana protein kaynağı olarak sadece balık unu kullanılmış diğer diyetlerde balık ununa

ikame olarak %17, %33, %49, %64 ve %76 oranda prepupa unu kullanılmıştır. Tüm diyetler izonitrojen ve izokalik olacak şekilde formüle edilmiştir. Başlangıçta ağırlığı $54,9 \pm 0,9$ gram, uzunluğu $14,8 \pm 0,4$ cm olan 180 balık 18 adet 175 L'lik dikdörtgen akvaryumlara rastgele yerleştirilmiş ve deneme süresi 56 gün olarak planlanmıştır. Balıklar alışma sürecinde 4mm çapındaki ticari kuru yem ile beslenmiştir. Her bir deney grubu üç tekrar olacak şekilde ayarlanmış ve balıklar günde bir kere elle beslenmiştir. Deneme sonunda kontrol yemi ile beslenen balıkların önemli ölçüde daha yüksek nihai ağırlık, spesifik büyüme oranına sahip olduğu görülmüştür. Yem dönüşüm oranının %0, %17 ve %33 gruplarında benzer olduğu görülürken, diyetlere artan oranlarda daha yüksek miktarda prepupa unu katılımında yem dönüşüm oranının da önemli ölçüde arttığı kaydedilmiştir. Siyah asker sineği prepupa ununun kalkan balıklarının beslenme diyetlerinde %17'ye kadar ikame edilmesinin önemli bir fark yaratmadığı görülürken daha fazla kullanıldığında performansı negatif etkilediği izlenmiştir.

Ikram Belghit ve diğerleri, (2019), Atlantik somonu (*Salmo salar*) beslenme diyetlerinde farklı oranlarda kullanılmak üzere bitkisel kaynaklar ve kısmen deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) (60:40 oranlarda karıştırılmıştır) ile beslenen siyah asker sineği larvalarını kullanarak, balık unu ile olan farkını incelemek üzere çalışma yapmıştır. Larvalar diyetlerde kullanılmadan önce 8 gün süren beslenme periyodu ardından ortamdaki mekanik olarak ayrılmış, yıkanmış, kısmen yağsızlaştırılmış ve kurutulmuştur. Dört deneysel diyet izonitrojen (%39), izolipidik (%29) ve izoenerjik (25Mj/kg kuru madde brüt enerji) olacak şekilde formüle edilmiştir. Kontrol diyeti protein kaynakları balık unu ve bitkisel protein içerirken, tüm diyetlerde lipid kaynağı olarak balık yağı ve bitkisel yağlar tercih edilmiştir. İlk grup kontrol grubu olup %0 larva unu içerirken diğer gruplar %33, %66, %100 larva unu içerecek şekilde formüle edilmiştir. Denemede ilk ağırlıkları 1397 ± 10 gram olan balıklar kullanılarak, 125 m^3 'lük (5x5x5m) deniz kafeslerine her kafeste 90 balık olacak şekilde stoklanmıştır. Su sıcaklığı 9-13 °C olarak ölçülmüş ve deneme 114 gün sürecek şekilde planlanmıştır. Balıkların adaptasyonu için deneme öncesi 14 günlük süreçte tüm balıklar kontrol yemi ile beslenmiştir. Deneme süresince tüm gruplar günde iki öğün elle beslenmiş, öğünler arası dört saat beklendikten sonra yenmeyen yemler toplanıp günlük yemeleme miktarından çıkartılmıştır. Deneme sonunda balıkların ağırlıklarının yaklaşık üç kat arttığı gözlenmiştir. Gruplar arasında önemli farklar oluşmazken larva içeren diyetlerin lezzetsizliğine bağlı olarak yem alımının daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yağsızlaştırılmış siyah asker sineği larvasının Atlantik somon balıkları diyetlerine %100 oranda ikame edilmesinin önemli bir farklılık yaratmadığı görülmüştür.

Karapanagiotidis, Rumbos, Mente, Athanassiou, (2014), başlangıç ağırlıkları $1,47 \pm 0,22$ g olan toplam 240 adet yavru çipura (*Sparus aurata*) balıkları üzerinde, siyah asker sineği prepupa ununun büyüme performansına etkisini incelemişlerdir. Denemede kapalı devridaim sistemine sahip 60 Litrelik 12 adet tuzlu su akvaryumu kullanılmıştır. Her akvaryumda 20 balık olacak şekilde stoklanmış ve deneme süresi 70 gün olacak şekilde planlanmıştır. Denemede kullanılan sinek kolonisi, Pelinon Dağı'nın (Orta Yunanistan) güney bölgesinde toplanan vahşi bir popülasyondan elde edilmiştir. Larvalar sera koşullarında yetiştirilmiş ve ağırlıklı olarak bitkisel organik atıklarla beslenmiştir. Göç etmeye başlayan prepupalar rampa ve oluk sistemi ile toplanmış, kullanılıncaya kadar -20°C ' de saklanmıştır. Tüm prepupalar 5 saat boyunca 40°C 'de ve daha sonra vakum altında 24 saat daha kurutulduktan sonra öğütülmüştür. Siyah asker sineği prepupa unun besin değerleri %12,1 nem, %31,6 ham protein, %27,2 ham lipid ve %15,4 kül olarak ölçülmüştür. Su sıcaklığı 21°C 'de, ph $8,0 \pm 0,4$ 'te, tuzluluk $34 \pm 0,5$ 'te ve çözünmüş oksijen $>6,5$ ppm' de tutulmuştur. Balıklar günde iki defa doyana kadar beslenmiştir. Denemede kullanılmak üzere dört farklı izoenerjitik (20,3 Mj/kg), izonitrojenik (%46) diyet hazırlanmıştır. Kontrol grubu diyetle hayvansal protein kaynağı olarak sadece balık unu kullanılmış olup, diğer diyetlerde %10, %20 ve %30 oranlarında siyah asker sineği prepupa unu balık ununa ikame edilmiştir. Deneme sonunda tüm diyetlerin balıklar tarafından kolayca kabul edildiği görülmüştür. Kontrol grubunun yem tüketim miktarının diğer gruplardan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, prepupa unu içeren diyetlerin kontrol grubuna göre daha lezzetsiz olduğunu ortaya koymuştur. Prepupa unu içeren diyetlerin balık sağlığına olumsuz bir etkisi olmadığı görülmüştür. Prepupa unu içeren grupların kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde daha düşük ($P < 0,05$) nihai ağırlık ve ağırlık artışına sahip olduğu görülmüştür. Ancak çipura diyetlerinde balık ununun %10 ile %30 oranında siyah asker sineği prepupa unu ile kısmen değiştirilmesi, büyüme hızını önemli ölçüde azaltmamıştır. Yem değerlendirme oranı söz konusu olduğunda, prepupa unu ile beslenen balık gruplarından elde edilen değerler düşük seviyede kalmıştır ($P > 0,05$). Protein verimlilik oranı ve protein tutma oranlarında gruplar arasında önemsiz farklar oluşmuş, balıkların besin bileşimleri de prepupa unu kullanılmasından etkilenmemiştir ($P < 0,05$). Sonuçlar, balık ununun %30'a kadar siyah asker sineği prepupa unu ile değiştirilmesinin çipura balıklarının

büyümesi ve balıkların yem kullanımları üzerinde önemli ölçüde olumsuz etkiler yaratmadığını göstermiştir. Kontrol grubunun önemli ölçüde yüksek kilo almalarının nedeni yüksek yem tüketiminden kaynaklanmış, bu da muhtemelen balık ununun daha lezzetli olmasına dayandırılmıştır.

Magalhães, Sánchez-López ve Renato, (2017), Avrupa levrekleri (*Dicentrarchus labrax*) üzerinde yaptıkları çalışmada, diyetlere balık ununa alternatif olarak siyah asker sineği larva unu ikame etmiş, büyüme performansı, besin sindirilebilirliği gibi parametreleri incelemiştir. Çalışma 62 gün olacak şekilde planlanmıştır. Larva unu içermeyen bir kontrol diyeti ve üç deneysel diyet %6,5, %13 ve %19,5 oranlarında siyah asker sineği larvası unu içererek izonitrojenik, izoenerjistik ve izolipidik olacak şekilde formüle edilmiştir. Balıklar, her biri kapalı devridaim sistemi ile donatılmış 60 litre kapasiteli 12 adet fiberglas tanklara yerleştirilmiştir. Başlangıç ağırlıkları $49,4 \pm 0,5$ g olan 120 adet balık kullanılmıştır. Su sıcaklığı 26°C , tuzluluk 36 ppt ve çözülmüş oksijen %80 doygunlukta tutulmuştur. Balıkların adaptasyonunun sağlanabilmesi için bir hafta kontrol yemi ile beslenmiştir. Deneysel balıklar 12 saat karanlık, 12 saat aydınlık fotoperiyot rejimine tabi tutulmuştur. Deneysel süresi boyunca balıklar yem yemeyi durdurana kadar günde iki defa olmak üzere sabah ve akşam yemlenmiştir. Deneysel süresi boyunca herhangi bir ölüm kaydedilmiştir. Mevcut deneysel koşulda tüm diyet uygulamalarında balıkların büyüme performanslarının tatmin edici olduğu görülmüştür. Tüm deneysel diyetlerde larva ununun balık unu ile değiştirilmesinin sonucunda, Avrupa levreklerindeki büyüme parametrelerinin etkilenmediği görülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen büyüme parametrelerinin durumu, böcek ununun büyüme ve balık performansı üzerinde olumsuz etkiler olmaksızın %19,5'e kadar başarılı bir şekilde dahil edilebileceğini göstermiştir. Ayrıca bu sonuçlar, gruplar arasındaki yem alımının aynı olduğunu, dolayısıyla larva proteinlerinin dahil edilmesiyle ortaya çıkan olumsuz etkilerin (daha az lezzetlilik veya aminoasit dengesizliği) ortaya çıkmadığı göstermiştir. Bununla birlikte araştırmacılar, amino asit ve az lezzetlilik sorununun, uygun yem formülasyonu veya doğal cezbedici maddelerin ilavesi ile aşılabilir olduğunu belirtmiştir.

Senlin, Hong, Binxin, Jishu ve Haibo, (2017), Yağsızlaştırılmış siyah asker sineği larva unu ikamesinin yavru sazan balıkları (*Cyprinus carpio* var. Jian) üzerindeki etkileri araştırmak amacıyla 59 gün süren bir beslenme denemesi planlanmıştır. Çalışmada, beş adet izolipidik

%5,29±0,04 ve izoprotein (%40,69±0,11) diyet formüle edilmiştir. Kontrol grubu olarak tayin edilen diyetle hayvansal protein kaynağı olarak sadece balık unu kullanılmış, bu oranlara ikame olarak %25, %50, %75 ve %100 oranlarda yağsızlaştırılmış siyah asker sineği larvası unu kullanılarak 2,5 mm çapta pelet haline getirilmiştir. Denemeden önce balıklar, ortam adaptasyonu için iki hafta boyunca ticari bir yemle, günde üç defa beslenmiştir. Deney başlatılmadan önce 300 adet balık 24 saat aç bırakılıp tartılmıştır (34,78±3,03 gram). Seçilen balıkların yakın boy ve ağırlıkta olmasına özen gösterilmiştir. Tartılan balıklar yaklaşık 215x80x70 cm ölçülerdeki 15 adet fiberglas tanklara stok yoğunluğu 20 adet olacak şekilde yerleştirilmiştir. Deneme boyunca su parametreleri haftalık olarak ölçülmüş ve 24,6±2,55 °C, 6,13±1,69 mg/L çözünmüş oksijen, 7,65±0,42 Ph, 0,11±0,03 amonyak olarak kaydedilmiştir. Ölü balıklar tartılmış ve kaydedilmiştir. Deneme süresince tüm gruplar günde üç defa doyum noktasına ulaşıncaya kadar beslenmiştir. Araştırmacılar deney sonunda tüm balıkların başlangıç ağırlıklarının yaklaşık üç katına çıktığını kaydetmiştir. Canlı ağırlık, spesifik büyüme oranı, yem dönüşüm oranı, yem alımı, kondisyon faktörü, hepatosomatik indeks, kilo alma oranı, protein verimlilik oranı, iç organlar indeksi, intraperitoneal yağ vücut indeksi ve bağıl bağırsak uzunluğu gibi parametrelerde gruplar arasında önemli farklar olmadığı izlenmiştir. Kontrol grubu, %25 ve %50 larva unu içeren diyetle beslenen gruplarda, bağırsak mikrovilluslarındaki düzenliliğin en iyi seviyede olduğu görülürken, %75 ve %100 larva unu içeren diyetle beslenen gruplarda mikrovillusların daha düzensiz olduğu görülmüştür. Sonuç olarak Senlin Li ve diğerleri. (2017), yağsızlaştırılmış siyah asker sineği larvası ununun balık ununa %100 ikame edilmesinin, balıkların büyüme performansı üzerinde önemli bir değişiklik yaratmadığını, sazan balığı diyetlerinde %100'e kadar larva unu ikamesinin mümkün olduğunu belirtmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme yeri

Tez çalışması, İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi Su Ürünleri Araştırma Ünitesi'nde yürütülmüştür. Çalışma 75 gün sürecek şekilde planlanmış ve 19.11.2019-02.02.2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir (Bkz. Resim 3.1).

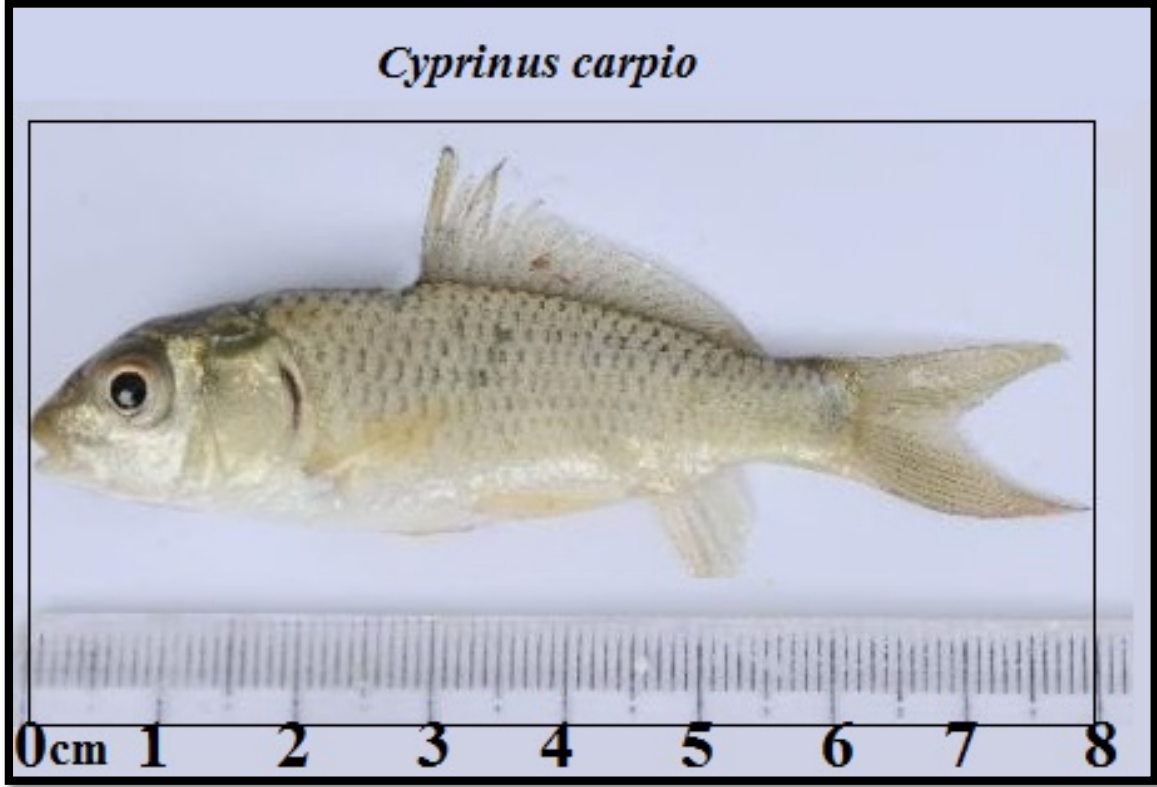


Resim 3.1. Deneme yeri (Orijinal)

3.1.2. Balık materyali

Denemenin balık materyali olan yavru sazanlar, Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Ortalama ağırlıkları 1.045 ± 0.083 g olan

600 adet yavru sazan balığı kullanılmıştır (Bkz. Resim 3.2). Her gruba 50'şer adet yavru balık, rastgele yerleştirilerek 12 adet fiberglas tanklarda gruplar oluşturulmuştur.



Resim 3.2. Deneme kullanılan yavru sazanlar (Orijinal).

3.1.3. Tank materyali

Denemede 115x50 cm ölçülerde 520 litrelik fiberglastan imal edilmiş dairesel tanklar kullanılmıştır (Bkz. Resim 3.3). Her tanka 2 adet hava taşı yerleştirilmiştir. Dinlendirilmiş kuyu suyu kullanılmış ve sürekli su temiz su girişi sağlanmıştır. Tankların 300 litrelik kısmı denemede kullanılmıştır. Yavru balıkların adaptasyon sağlaması için kontrol yemiyle beslenmişlerdir. Bu işlemle balıkların ortama adaptasyonları sağlanmıştır.



Resim3.3. Denemede kullanılan tanklar (Orijinal).

3.1.4. Denemede kullanılan su ve özellikleri

Deneme süresince balıkların bakımının yapıldığı tanklara gelen suyun sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) çözülmüş oksijen (mg/L) ve pH değerleri multiparametre cihazı ile sabah ve akşam olmak üzere günde iki defa, balıklar beslenmeden hemen önce ölçülmüştür.

3.1.5. Denemede kullanılan yem hammaddeleri

Deneme yemlerinin hazırlanmasında; balık unu, kurutulmuş siyah asker sineği larvası unu, et-kemik unu, soya küspesi, kanola küspesi, pamuk tohumu küspesi, ayçiçeği tohumu küspesi, buğday kepeği, balık yağı, soya yağı, bentonit, mono kalsiyum fosfat, vitamin ve su kullanılmıştır (Bkz. Resim 3.4). Et-kemik unu, soya küspesi, kanola küspesi, pamuk

tohumu k spesti, ayçiçeği tohumu k spesti, buğday kepeği, soya yağı APİL Hayvancılık ve Yemcilik'ten temin edilmiştir. Balık unu ve balık yağı AKDERE pet firmasından temin edilmiştir. Bentonit ve mono kalsiyum fosfat KATKİDEPOSU' ndan temin edilmiştir. Siyah asker sineği yumurtaları TAMER ÇALIKOĞLU'ndan temin edilmiştir.



Resim 3.4. Deneme yemlerinin hazırlanmasında kullanılan hammaddeler (Orijinal).

Deneme yemlerinin yapımında kullanılacak hammaddelerin temel besin madde içerikleri  izelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Diyetlerde kullanılan yem hammaddelerin besin değerleri.

Hammaddeler	Yem Hammaddelerinin Besin Madde İçerikleri (%)				
	Kuru madde	Ham Protein	Ham yağ	Ham Kül	Sindirilebilir Enerji (kcal/kg)
Balık Unu	92	60	12	11,5	2600
Et-Kemik Unu	92	45	8,5	37,0	2530
Soya Küspesi	90	44	0,5	6,0	2500
Kanola Küspesi	91	38	3,8	7,2	2100
Pamuk Tohumu Küspesi	90	41	1,5	6,5	1850
Ayçiçeği Küspesi	93	42	2,3	7,0	1800
Buğday Kepeği	89	14	4	6,4	1300
Soya Yağı	-	-	100	-	9000
Balık Yağı	-	-	100	-	8800

3.1.6. Siyah asker sineği larvası (*Hermetia illucens*) unu hazırlanışı

Siyah Asker Sineği yumurtalarından çıkan yavru larvalar, İskenderun Teknik Üniversitesi öğrenci yemekhanesinden çıkan yemek atıklarıyla (Bkz. Resim 3.5) beslenmiştir. Gıda atıkları parçalayıcı makine ile 3 mm partikül çapına gelecek şekilde öğütülmüştür. Öğütülen atıklar 40x60x15 cm ölçülerindeki plastik kasalara dökülerek larvaların beslenmesi sağlanmıştır (Bkz. Resim 3.6). 2 cm boya ulaşan larvalar kalbur ile elenerek hasat edilmiştir. Canlı larvalar el yapımı kurutma makinesinde 60 °C'de 8 saat kurutulmuştur. Kurutulan larvalar el yapımı öğütme makinesi ile un haline getirilmiştir.



Resim 3.5. (a) İskenderun Teknik Üniversitesi öğrenci yemekhanesi, (b) larva beslemede kullanılmak üzere toplanan yemek atıkları (Orijinal).



Resim 3.6.Siyah asker sineği larva besleme aşaması (Orijinal).

3.2. Metot

3.2.1. Deneme ünitesinin planlanması

Deneme süresi 75 gün olarak planlanan çalışmada sazan yavruları 510 litrelik hacme sahip olan tankların yaklaşık 300 litrelik kısmında stoklanmıştır. Tam şansa bağlı deneme planına göre her tanka 50 adet balık rastgele yerleştirilerek üç tekerrürlü dört muamele grup şeklinde stoklanmıştır. Toplamda 12 adet tank ve 600 adet sazan balığı yavrusu kullanılmıştır.

3.2.2. Deneme yemlerinin hazırlanması

Deneme yemlerinde hayvansal protein kaynağı olarak balık unu ve kurutulmuş siyah asker sineği larvası unu kullanılmıştır. Vitamin ve mineral madde eksikliğinin giderilmesi için, ticari vitamin (% 0,1) ve mineral (% 0,3) eklenmiştir. Kontrol yeminde hayvansal protein kaynağı olarak sadece balık unu kullanılmış ve diğer deneme yemlerinde balık unu ile birlikte belirlenen oranlarda siyah asker sineği larvası unu ikame edilmiştir. Kontrol %0 (SASL0), %50 (SASL50), %65 (SASL65) ve %75 (75SASL) oranlarında siyah asker sineği larva unu içeren dört farklı izonitrojenik (ham proteinleri bütün gruplarda aynı seviyede olan) deneme yemleri hazırlanmıştır (Resim 3.7). Hammadde analiz sonuçlarına göre, ham protein oranı %40 olan deneme yemlerinin formülasyonu hesaplanmıştır (Bkz. Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Deneme Yemleri, Kullanım Oranları ve Besin madde içerikleri.

Hammaddeler (g/100g)	Yemler			
	SASL0	SASL50	SASL65	SASL75
Balık unu	20	10	7	5
Asker sineği larvası (<i>Hermetia illucens</i>) unu	0	10	13	15
Et-Kemik unu	11	15	16	17
Soya küspesi	25	29	29	29
Kanola küspesi	7	5	5	5
Pamuk tohumu küspesi	6	5	5	5
Ayçiçeği küspesi	16	16	16	16
Buğday kepeği	4	2	2	2
Balık yağı	4	3	2	2
Soya yağı	4	2	2	1
Bentonit	1,0	1,0	1,0	1,0
Mono-kalsiyum	1,0	1,0	1,0	1,0
Vitamin mixture	1,0	1,0	1,0	1,0
Besin Değerleri (%)*				
Kuru madde	88,95	89,05	88,88	89,12
Nem	11,05	10,95	11,12	10,88
Ham Protein	40,35	40,46	40,31	40,36
Yağ	12,34	12,83	12,91	12,65
Kül	12,75	12,35	11,98	12,05
Sindirilebilir Enerji (kcal/kg)	2733,3	2800,0	2803,3	2782,6
Sindirilebilir Enerji (MJ/kg)	11,5	11,8	11,8	11,7

*Hesaplama ile bulunmuştur.

Deneme rasyonunu oluşturan kuru yem hammaddeleri hassas dijital terazide Çizelge 3.2.'de belirtilen miktarlarda tartılmıştır. Önceden öğütülüp toz haline getirilen hammaddelerin tamamı, karıştırma makinasında 5 dk işlem görerek, tamamen homojen hale getirilmiştir. Kuru hammaddelerin karıştırılma işlemi sona erdikten sonra balık yağı ve soya yağı ilave edilerek 5 dk daha süreyle karıştırılmaya devam edilmiştir. Sonraki aşamada toplam yem ağırlığının %100'ü kadar su ilave edilerek 10 dk daha karıştırılmıştır. Hamur haline gelen karışım kıyma makinesinden geçirilerek 2 mm çapında peletler hazırlanmıştır (Bkz. Resim

3.8). Hazırlanan pelet yemler oda sıcaklığında 36 saat kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra etiketlenen poşetlere doldurularak buzdolabında muhafaza edilmiştir.



Resim 3.7. Yem Hammaddelerinin hazırlanması (orijinal).



Resim 3.8. Yemin hazırlanması (Orijinal)

3.2.3. Balıkların Bakımı ve Yemlenmesi

Deneme süresince, sazan balığı yavruları sabah 09.00 ve akşam 16:00 saatlerinde günde 2 kez ağırlıklarının %5'i kadar yem ile beslenmiştir. Haftada bir gün dipte kalan dışkıları sifon yöntemi ile uzaklaştırılmış ve tank temizliği yapılmıştır. Her 15 günlük periyotta balıkların ağırlıkları ölçülmüştür.

3.3. Ölçüm ve Kimyasal analizler

Deneme süresince haftalık olarak sudaki sıcaklık, ph ve oksijen parametreleri ölçülmüştür.

3.4. Kimyasal Analiz Yöntemleri

Denemede kullanılan yemler ve deneme gruplarına ait balık örneklerinin kimyasal analizleri şu şekilde yapılmıştır;

3.4.1. Kuru madde

2 g örnek hassas terazi ile tartılarak kurutma kaplarına konmuştur. Örnekler eşit bir şekilde dağılması için dikkatlice sallanarak 105 ± 2 °C'ye ayarlanmış FN-500 (Ankara/Türkiye) marka kurutma dolabında 1 gece tutulmuştur. Daha sonra oda sıcaklığına kadar soğuması için desikatörde bekletilmiştir. Tartım işlemi gerçekleştirilen örneğin kuru maddesi, kaybolan nem miktarı üzerinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır

$$\% \text{ Nem} = 100 \times (\text{Örnekteki ağırlık kaybı, g}) / (\text{Alınan örnek miktarı, g})$$

$$\% \text{ Kuru madde} = 100 - \% \text{ Nem}$$

3.4.2. Ham protein

Yaklaşık 1 g örnek hassas terazi ile tartılarak, 250 cc'lik kjeldahl tüplerine alınmıştır. Üzerine sülfürik asit, katalizör tablet ilave edilerek renk şeffaf hale gelinceye kadar (yaklaşık 30 dakika) 410-420°C'de yakılmıştır. Yakılan örnekler soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra her bir örneğin üzerlerine 50' mL saf su ve 40 mL 10 N sodyum hidroksit çözeltisi ilave edildikten sonra 6-7 dakika Kjehdal (Gerhard Kjeldatherm) marka cihazla destilasyona tabi

tutulmuştur. Destilat önceden 25 mL indikatörlü borik asit konan erlenlerde toplanarak (yaklaşık 125-150 mL) 0,1N sülfürik asit ile titre edilmiştir. Aynı şekilde muamelelerden geçirilen kör de titre edilerek sarf edilen miktar belirlendikten sonra, aşağıdaki formüle göre hesaplanan N miktarı 6,25 katsayısı ile çarpılarak ham protein düzeyi tespit edilmiştir.

$$\% N = 0,14 \times (\text{Titrasyon sarf (ml)} - \text{Kör sarf (ml)}) \times \text{Faktör} / \text{Örnek mik. (g)}$$

$$\% \text{ Ham protein} = \% N \times 6,25$$

3.4.3. Ham yağ

Yağ analizi Hanson ve Olley (1963) tarafından modifiye edilen, Bligh ve Dyer metodu ile yapılmıştır. Balığın dorsal bölgesinden 10 g numune tartılarak homojenizasyon tüpüne alınmıştır. Üzerine 8 ml saf su ilave edildikten sonra 20 ml kloroform ve 40 ml metanol eklenerek 1 dakika homojenize edilmiştir. Homojenize edilmiş numuneye 20 ml daha kloroform ilave edilmiş ve 30 sn süreyle tekrar homojenize edildikten sonra 20 dakika ve 2000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Üstteki metanol ve su tabakası ortamdaki uzaklaştırılıp altta kalan kloroform katmanından 10ml alınarak darası alınmış petrilere konulmuştur. Fazla kloroform su banyosunda buharlaştırıldıktan sonra numuneler 105 °C'de etüvde kurutulmuştur. Desikatöre alınıp soğutulmuş numunelerin son tartımı alındıktan sonra % yağ oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Ham Yağ} = \frac{(B - A) \times C \times 100}{W}$$

A: Dara (g)

B: Son tartım (g)

C: Yağ ekstraksiyonunda kullanılan toplam kloroform hacminin, buharlaştırma için kullanılan kloroform hacmine oranı

W = Örnek ağırlığı (g)

3.4.4. Ham kül

1 g civarında tartılan örnek, daha önceden kül fırınında yakılmış-desikatörde soğutulmuş kül potalarına koyulduktan sonra, MF 800 Nüve (Ankara/Türkiye) marka kül fırınında 600°C'de 24 saat yakılarak, desikatöre alınıp oda sıcaklığına kadar soğutulmuş tartılmıştır. Ham kül aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

$$\% \text{ Kül} = 100 \times ((\text{Örnek mik., g} - \text{Yakmada kayıp miktar, g}) / (\text{Örnek mik., g}))$$

3.5. Büyüme Parametreleri

Canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, yem değerlendirme oranı, yemdeki protein, protein etkinlik randımanı, yaşama oranı

3.5.1. Canlı ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranı

Belirli bir süre içerisinde büyümeyi ifade eden canlı ağırlık artışı (CAA) ve spesifik büyüme oranının (SBO) belirlenmesinde aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Oliva Teles, 2003).

$$\text{CAA Artışı (\%)} = [(\text{Son ağırlık, g} - \text{İlk ağırlık, g}) / \text{İlk ağırlık, g}] \times 100$$

$$\text{SBO (\%)} = \{[\ln(\text{Son ağırlık, g}) - \ln(\text{İlk ağırlık, g})] / \text{Gün}\} \times 100$$

3.5.2. Yem değerlendirme oranı

Balığa yedirilen yeme karşılık elde edilen canlı ağırlık artışını ifade eden yem değerlendirme oranı (YDO) aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (Albert Imsland ve diğerleri, 2001).

$$\text{YDO} = (\text{Tüketilen yem, g}) / (\text{Ağırlık artışı, g})$$

3.5.3. Protein etkinlik oranı

Ağırlık artışı ve tüketilen protein arasındaki oran olarak da tanımlanan protein etkinlik oranı (PEO) deneme sonunda elde edilen canlı ağırlığın, yemle alınan ham proteine oranından hesaplanmıştır (De Silva ve Anderson, 1995).

$$\text{PEO} = \text{Ağırlık artışı, g} / \text{Protein tüketimi}$$

3.5.4. Yaşama oranı

Denemenin sonu (NS) balık sayısının, başlangıçta olan balık sayısına (NB) oranından hesaplama yapılmıştır (Çelikkale, 2002).

$$\text{YO (\%)} = (\text{NS} / \text{NB}) \times 100$$

3.6. İstatistiksel Analizler

Elde edilen bulgular ortalamanın standart hatası olarak gösterilmiştir. Bulgular değerlendirilirken, SPSS 21.0 paket programlarından yararlanılmış, gruplar arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla ANOVA testi, farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını bulmak amacıyla Duncan Testi uygulanmıştır. Gruplar arası farklılıklar $P < 0,05$ önem derecesine göre değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Deneme Ortamına Ait Çevresel Parametreler

Deneme süresince su sıcaklığı, pH ve çözünmüş oksijen miktarları günde bir defa (sabah) olmak üzere ölçülmüş ve deneme süresince düzenli takibi yapılmıştır. Yetmiş beş günlük deneme süresince tanklardaki ortalama su sıcaklığı ortalama $18,9 \pm 2.03$ °C olmuş, en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri sırasıyla; 18,9 ve 19 °C olarak tespit edilmiştir. Yine deneme süresince tanklardaki ortalama pH değeri $8,07 \pm 0,05$ olmuş, en düşük ve en yüksek pH aralığı sırasıyla; 8,05 ve 8,15 olarak, çözünmüş oksijen değerleri ise ortalama, 9,35 mg/L en düşük ve en yüksek, çözünmüş oksijen aralığı sırasıyla; 9,20 ve 9,40 olarak ölçülmüştür. Bu değerler kontrollü şartlar altında yetiştiriciliği yapılan sazanlar için optimum değerler aralığındadır.

4.2. Büyüme Performansı Parametreleri

Deneme planında belirtildiği gibi tüm gruplar aynı protein, aynı enerji ve aynı yağ oranına sahip olacak şekilde hazırlanan 4 farklı diyet ile 75 gün boyunca beslenmişlerdir. Deneme boyunca elde edilen veriler, diyet gruplarına göre ortalama ve bunların standart hataları şeklinde Çizelge 4.1.'de sunulmuştur.

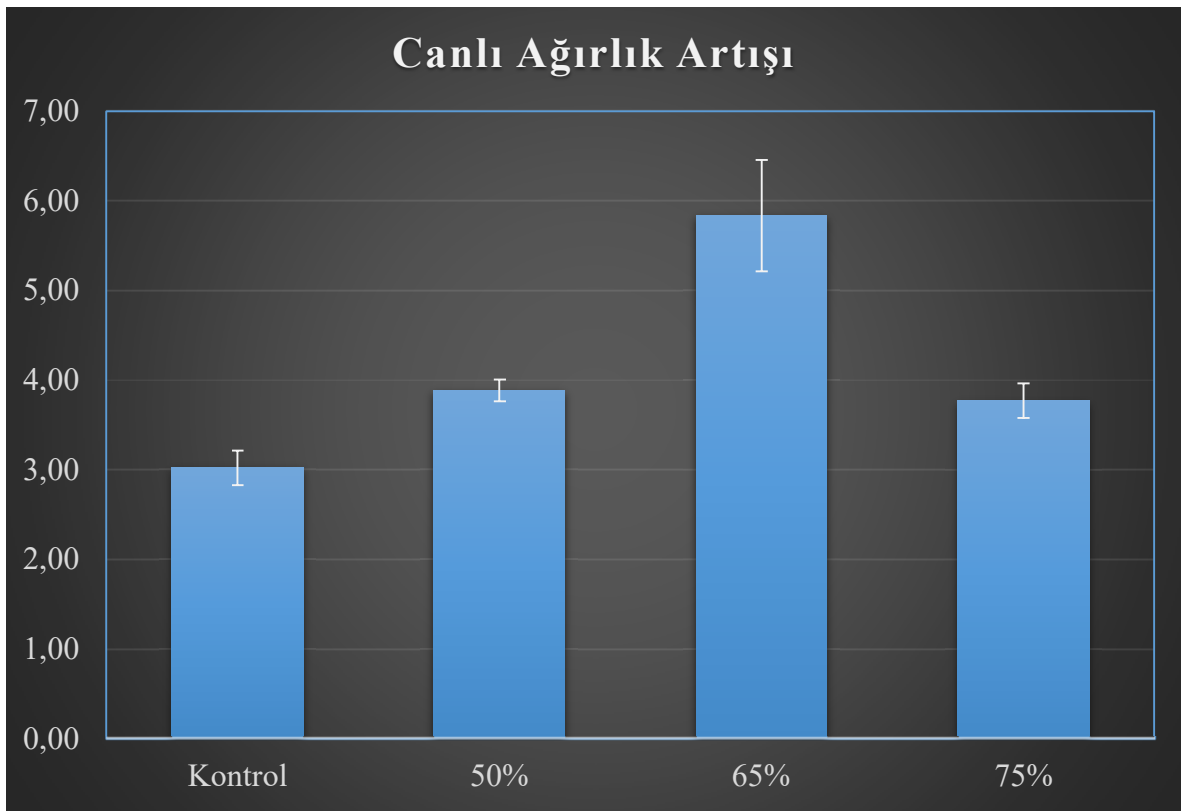
Çizelge 4.1. Denemede elde edilen büyüme ve yem değerlendirme sonuçları

Parametreler	Diyet Grupları			
	SASL0	SASL50	SASL65	SASL75
Başlangıç ağırlığı (g)	1,024±0,004 ^a	1,019±0,001 ^a	1,121±0,094 ^a	1,018±0,003 ^a
Final ağırlığı (g)	4,045±0,109 ^a	4,901±0,068 ^b	6,957±0,442 ^c	4,787±0,113 ^{ab}
Canlı ağırlık artışı (g)	3,021±0,112 ^a	3,882±0,069 ^b	5,836±0,358 ^c	3,768±0,112 ^b
Spesifik büyüme oranı (%)	1,830±0,039 ^a	2,093±0,020 ^b	2,437±0,051 ^c	2,062±0,029 ^b
Yem değerlendirme oranı	1,991±0,074 ^c	1,546±0,027 ^b	1,208±0,074 ^a	1,594±0,045 ^b
Protein etkinlik oranı	1,258±0,468 ^a	1,617±0,029 ^b	2,084±0,128 ^c	1,570±0,046 ^b
Net protein kullanım oranı	25,580±0,930 ^a	30,633±0,429 ^a	41,496±3,307 ^b	39,891±0,942 ^b
Yaşama oranı	74,66±0,66 ^a	74,00±1,15 ^a	74,00±1,15 ^a	74,66±0,66 ^a

*Değerler ortalamadır ve aynı satırda farklı üst simgelere sahip standart hatalar birbirinden önemli ölçüde farklıdır (P<0,05).

4.2.1. Canlı ağırlık artışı

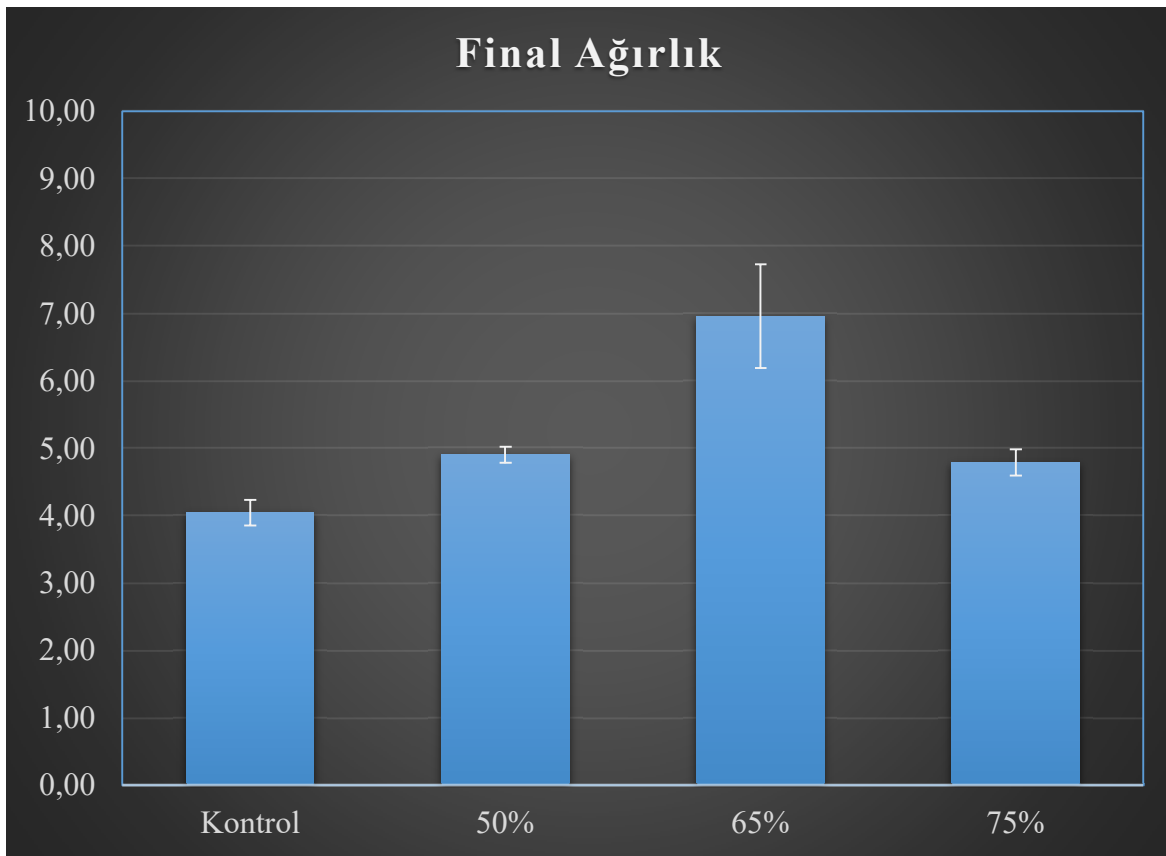
Ortalama canlı ağırlıkları $1,045 \pm 0,02$ g olan sazan yavrularından oluşan deneme gruplarında yapılan varyans analizi sonuçlarına göre başlangıç canlı ağırlık ortalamalarının homojen olduğu belirlenmiştir. Yavru sazanlarda 75 gün süresince yürütülen deneme sonunda elde edilen canlı ağırlık artışı verileri, deneme grupları arasında önemli farklılığın olduğunu göstermiştir (Bkz. Çizelge 4.1, Bkz. Şekil 4.1). Deneme grupları arasında $5,836 \pm 0,358$ g ile SASL65 grubunun canlı ağırlık artışı olarak en iyi performansı gösterdiği görülmüştür.



Şekil 4.1. Deneme sonunda gruplara ait canlı ağırlık artışları.

4.2.2. Final ağırlık

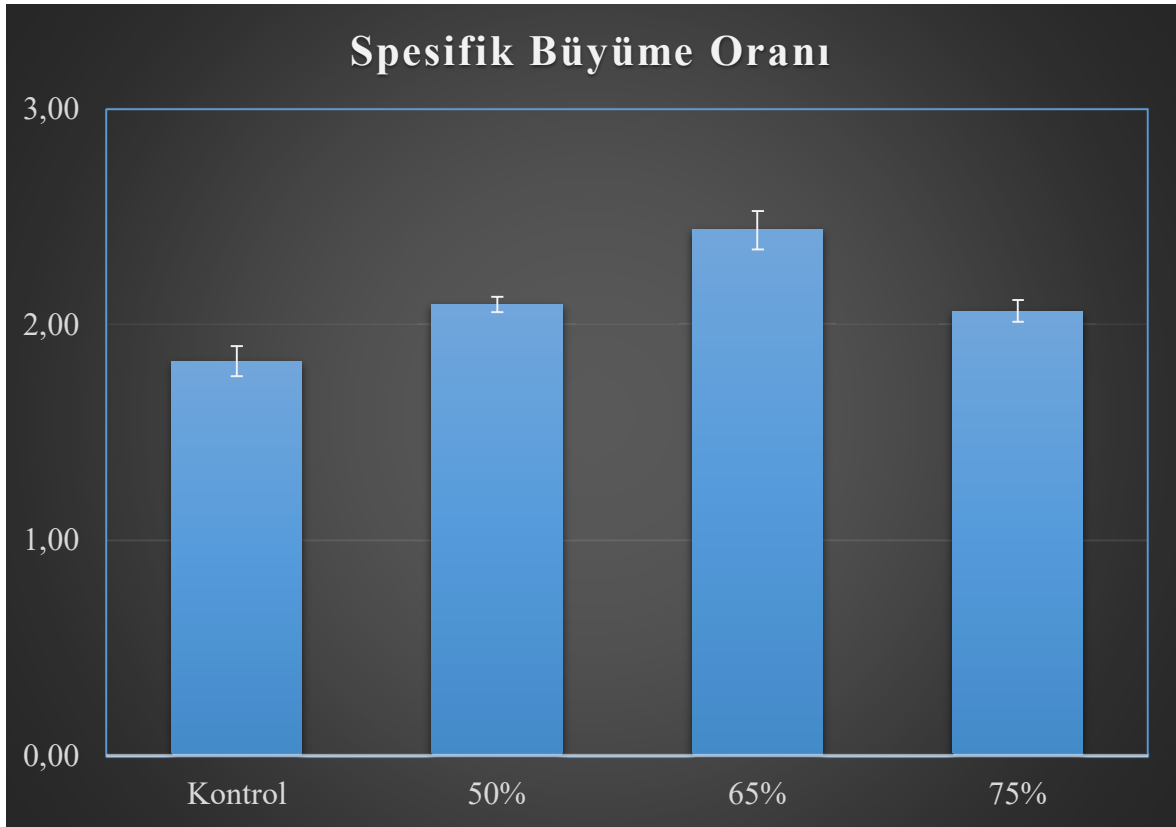
Deney başlangıcında ortalama canlı ağırlıkları $1,045 \pm 0,02$ g olan sazan yavrularının farklı diyetlerle beslenmesiyle, deney sonunda final ağırlıkları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar görülmüştür. En yüksek değer SASL65 $6,95 \pm 0,766$ g grubunda görülürken, en düşük değer SASL0 $4,046 \pm 0,190$ kontrol grubunda görülmüştür. SASL50 ve SASL75 grupları arasında önemli bir farklılık ($4,901 \pm 0,119$ ve $4,787 \pm 0,196$) görülmemiştir (Bkz. Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Deneme sonunda gruplara ait final ağırlıkları (g).

4.2.3. Spesifik büyüme oranı

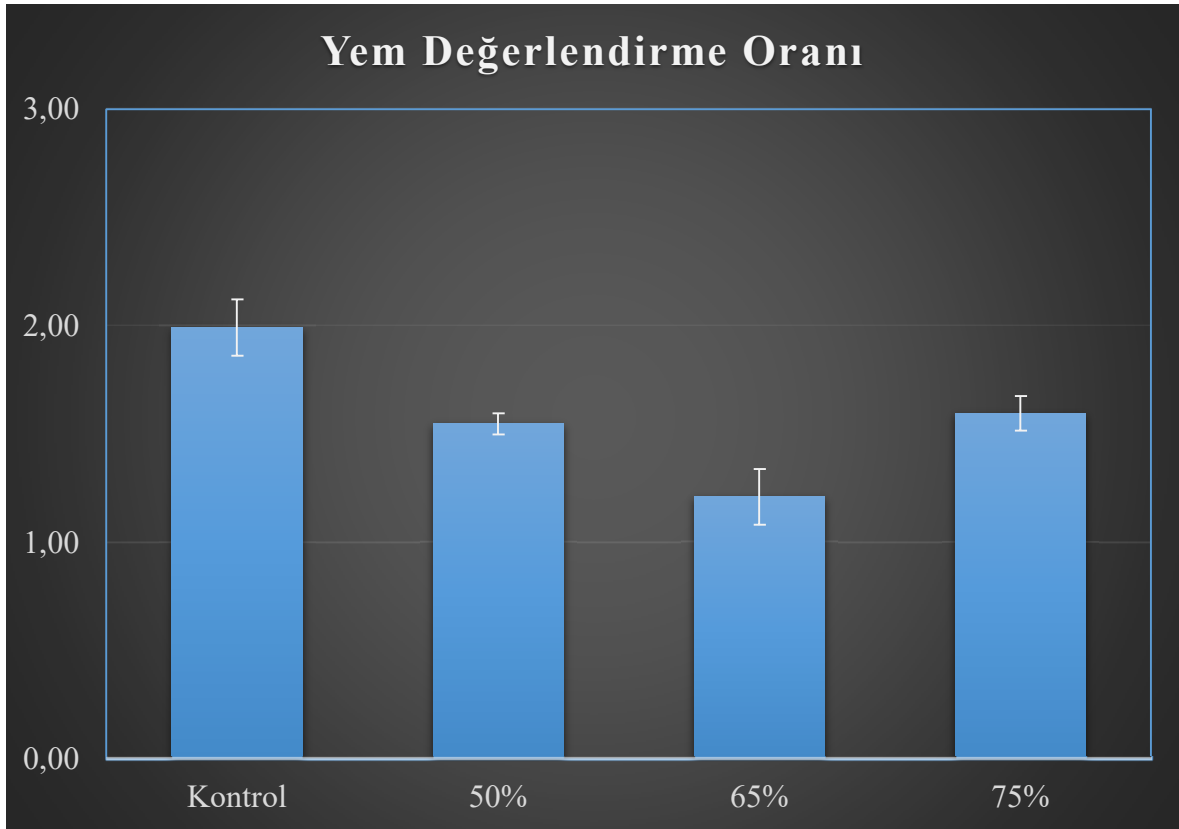
Deneme süresince yavru sazanların spesifik büyüme oranları (SBO) değerlendirilmiş en düşük SBO'nun $1,830 \pm 0,039$ ile kontrol grubunda olduğu görülmüştür. En yüksek SBO'nun ise $2,43 \pm 0,088$ ile SASL65 grubunda olduğu görülürken, SASL50 ($2,094 \pm 0,035$) ve SASL75 ($2,063 \pm 0,051$) gruplarının arasında önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür ($P < 0,05$) (Bkz. Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Deneme sonunda gruplara ait spesifik büyüme oranları (SBO).

4.2.4. Yem değerlendirme oranı

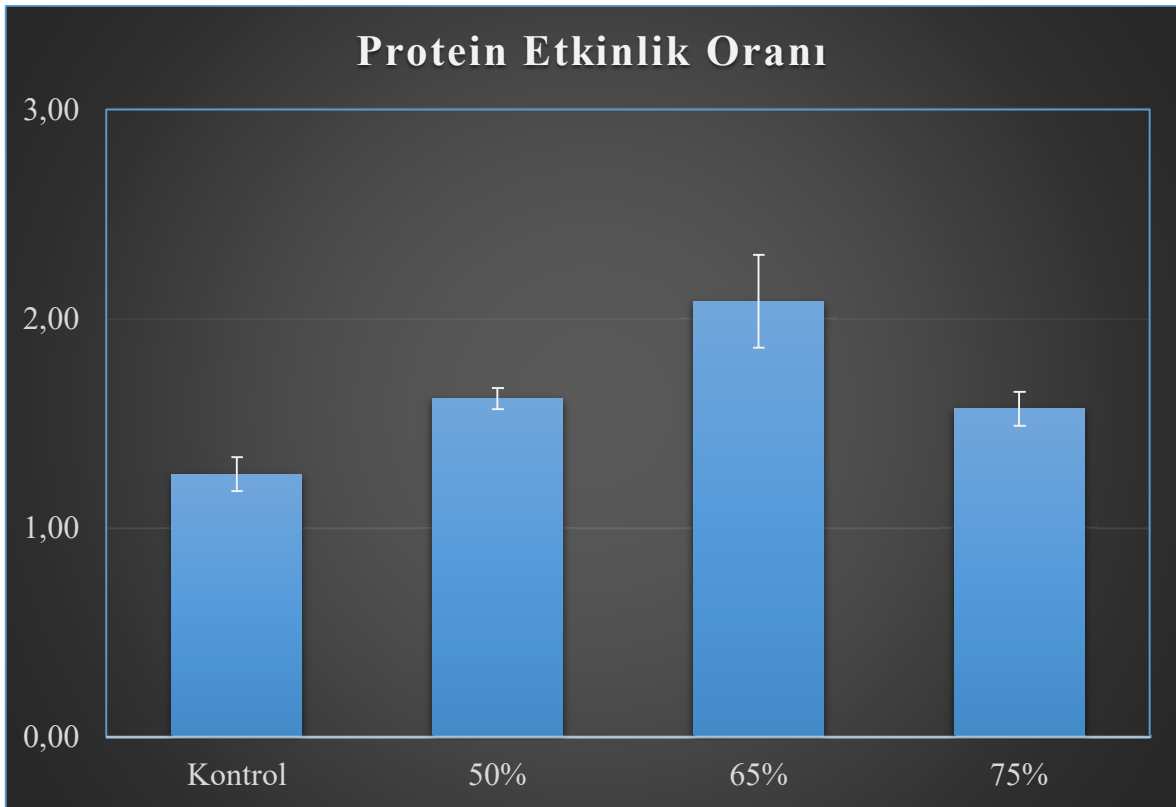
Balıkların vücut ağırlığı yüzdelere ve 75 günlük deneme süresince tükettikleri yem miktarına göre yem değerlendirme oranları (YDO) $1,991 \pm 0,129$ SASL0, $1,547 \pm 0,048$ SASL50, $1,209 \pm 0,129$ SASL65, $1,5952410,079$ SASL75 olup, tüm gruplar arasında istatistiksel farklılıklar görülmüştür ($P < 0,05$). En iyi YDO'nun $1,20$ ile SASL65, en kötü YDO'nun ise $1,99$ ile SASL0 kontrol grubu sazanlarda olduğu görülmüştür (Bkz. Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Deneme sonunda gruplara ait yem değerlendirme oranı (YDO).

4.2.5. Protein etkinlik oranı

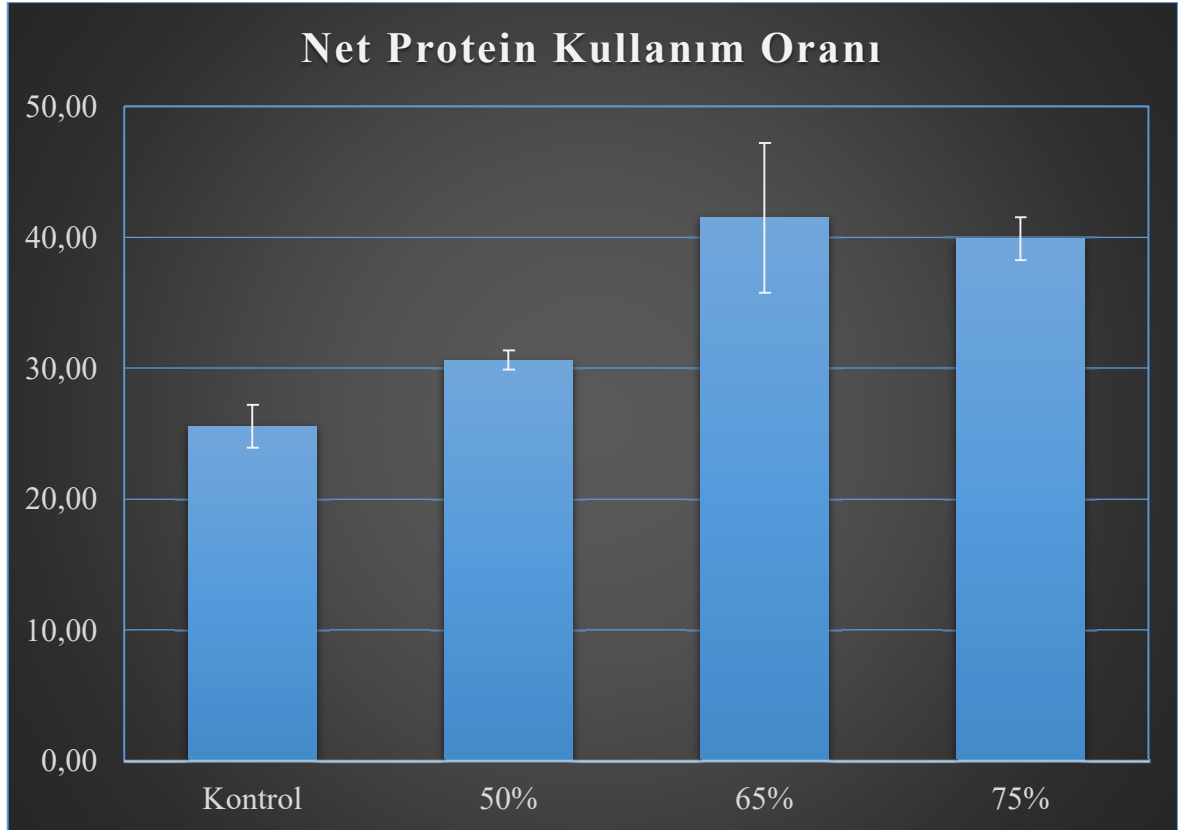
Deneme gruplarının, Protein Etkinlik Oranı (PEO); 1,259 ile 2,084 arasında değişmiştir. En yüksek PEO'nın 2,084 ile SASL65 grubunda, en düşük ise 1,259 ile SASL0 kontrol grubunda olduğu görölmüş, gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir($P<0,05$) (Bkz. Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Deneme sonunda gruplara ait protein etkinlik oranları (PEO)

4.2.6. Net Protein kullanım oranı

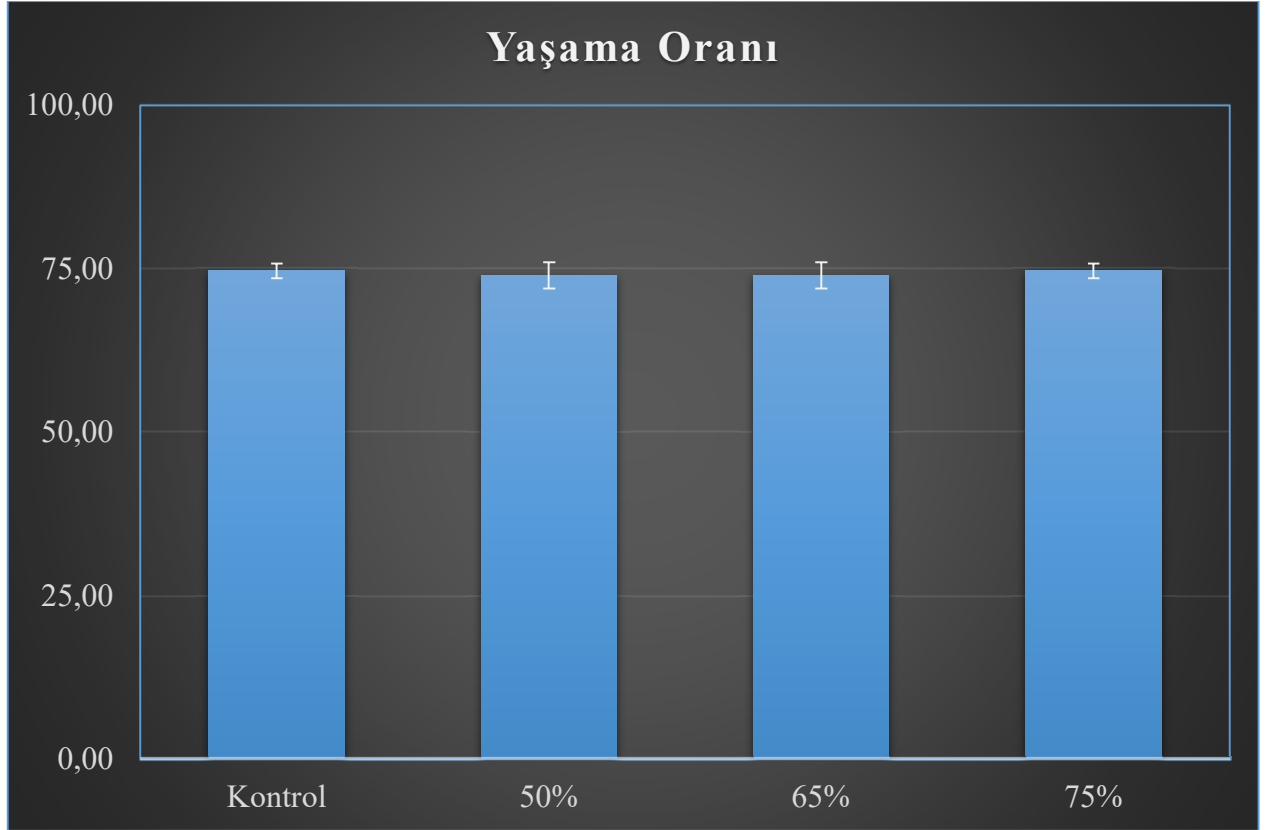
Deneme gruplarının Net protein kullanım oranı (NPKO); SASL0 25,581, SASL50 30,633, SASL65 41,496, SASL75 39,892 olarak ölçülmüş, gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar görülmüştür ($P<0,05$) (Bkz. Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Deneme sonunda gruplara ait Net protein kullanım oranları (%).

4.2.7. Yaşama oranı

Deneme sonunda balıkların yaşama oranları ortalaması $74,333 \pm 0,333$ olup, gruplar arasında önemli bir farklılık görülmemiştir ($P > 0,05$) (Bkz. Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Deneme sonunda gruplara ait yaşama oranları (%).

4.3. Balıklarının Vücut Kimyasal Kompozisyonları

Deneme sonunda, her bir tanktan 5'er adet balık rastgele alınıp balık etinde ham protein, ham kül, kuru madde ve ham yağ oranları tespit edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

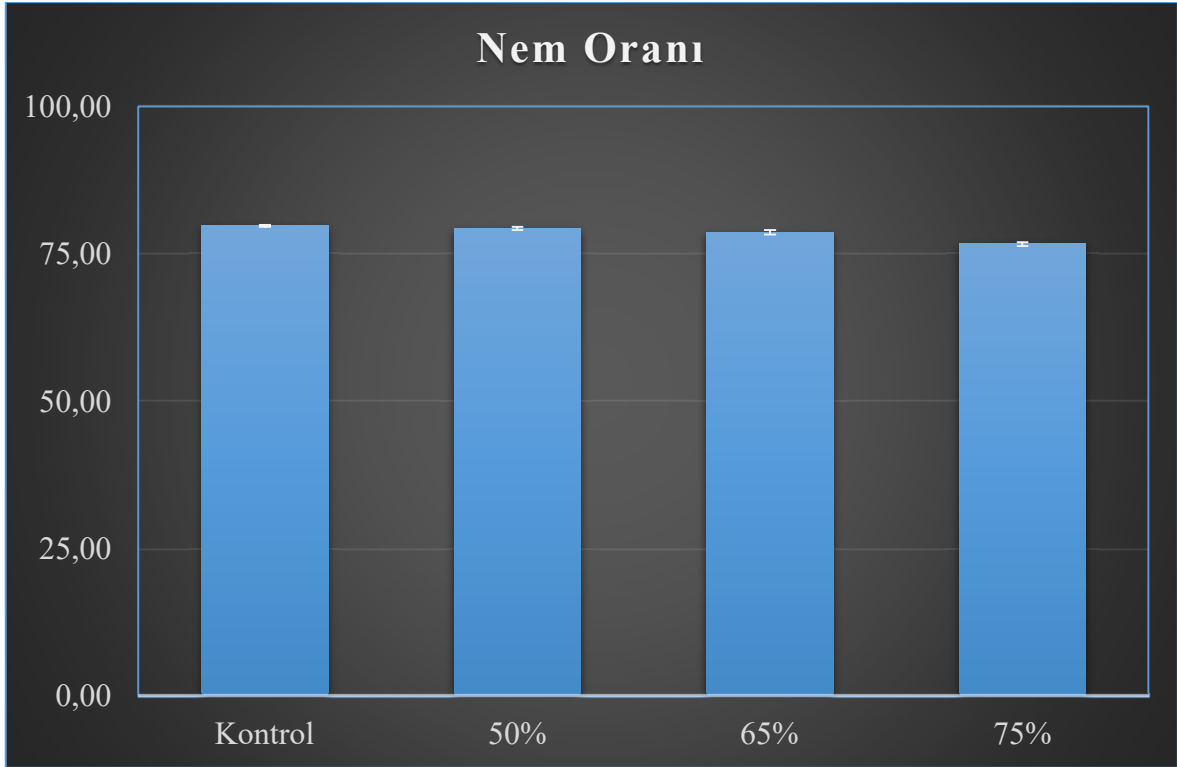
Çizelge 4.2. Deneme sonunda balık etinin besin kompozisyonu (n=5, $X \pm S.D$).

Besin Değerleri	Diyet grupları			
	SASL0	SASL50	SASL65	SASL75
Nem (%)	79,708±0,154 ^c	79,296±0,265 ^{bc}	78,670±0,353 ^b	76,667±0,333 ^a
Ham Protein (%)	15,726±0,591 ^a	16,059±0,244 ^{ab}	17,509±0,549 ^b	20,229±0,331 ^c
Ham Yağ (%)	4,564±0,642 ^{ab}	4,644±0,377 ^b	3,819±0,366 ^{ab}	3,103±0,308 ^a
Ham Kül (%)	1,133±0,029 ^a	1,802±0,085 ^c	1,603±0,023 ^b	1,767±0,048 ^{bc}

*Değerler ortalamadır ve aynı satırda farklı üst simgelere sahip standart hatalar birbirinden önemli ölçüde farklıdır (P<0,05).

4.3.1. Nem

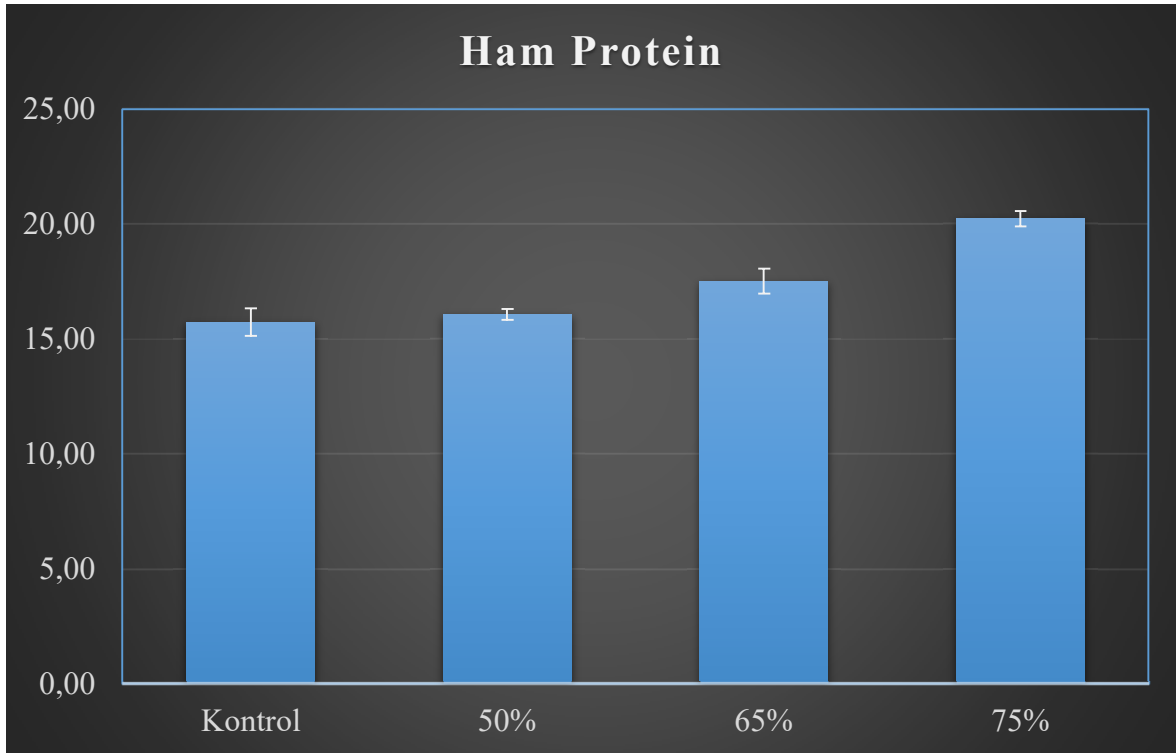
Deneme sonunda gruptaki balık eti nem içeriği Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. En düşük nem içeriği $76,667 \pm 0,333$ ile SASL75 grubunda en yüksek nem içeriği ise $79,708 \pm 0,154$ ile SASL0 grubunda belirlenmiştir. Yapılan istatistiki değerlendirmede gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar görülmemiştir ($P > 0,05$) (Bkz. Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Deneme sonunda gruplara ait balıkların nem oranları (%)

4.3.2. Ham protein

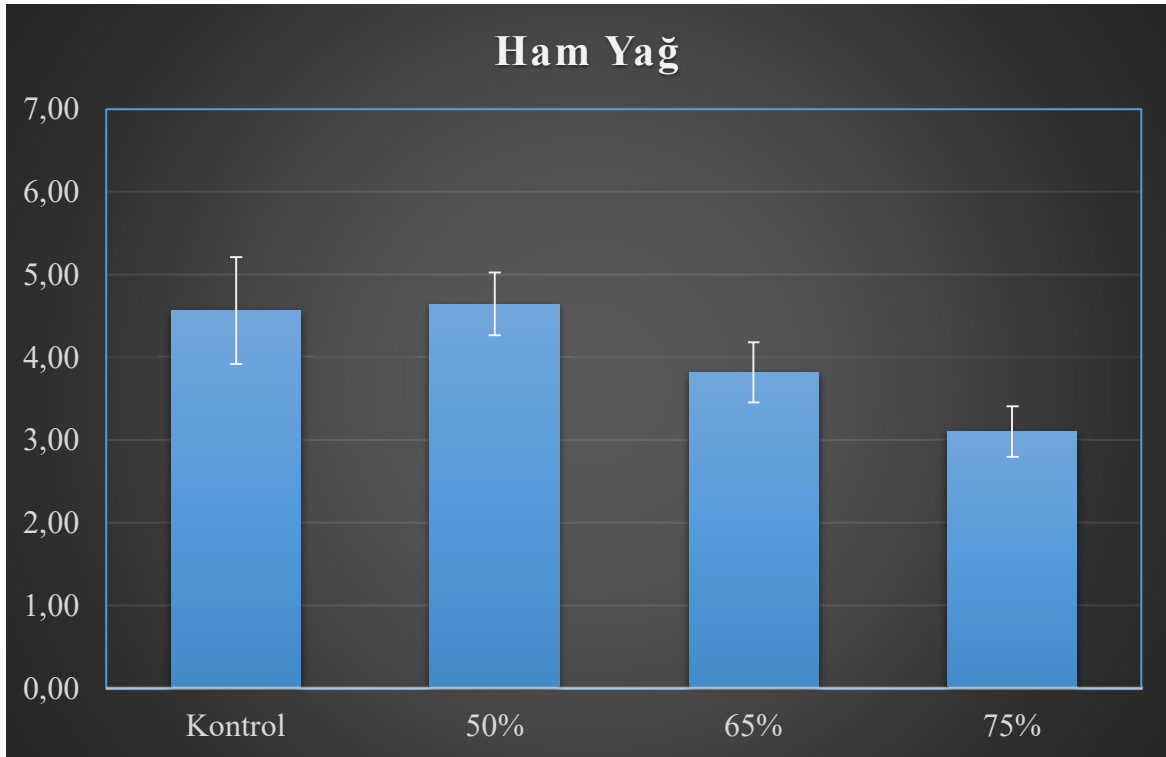
Deneme sonunda grupların ham protein (%) içerikleri Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. En yüksek protein içeriğine sahip olan grup %20,229±0,331 ile SASL75 olur iken, %15,726±0,591 ham protein içeriği ile SASL0 kontrol grubu en düşük grup olarak kaydedilmiştir. Yapılan istatistiki değerlendirmede gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P<0,05$) (Bkz. Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Deneme sonunda gruplara ait ham protein oranları (%)

4.3.3. Ham yağ

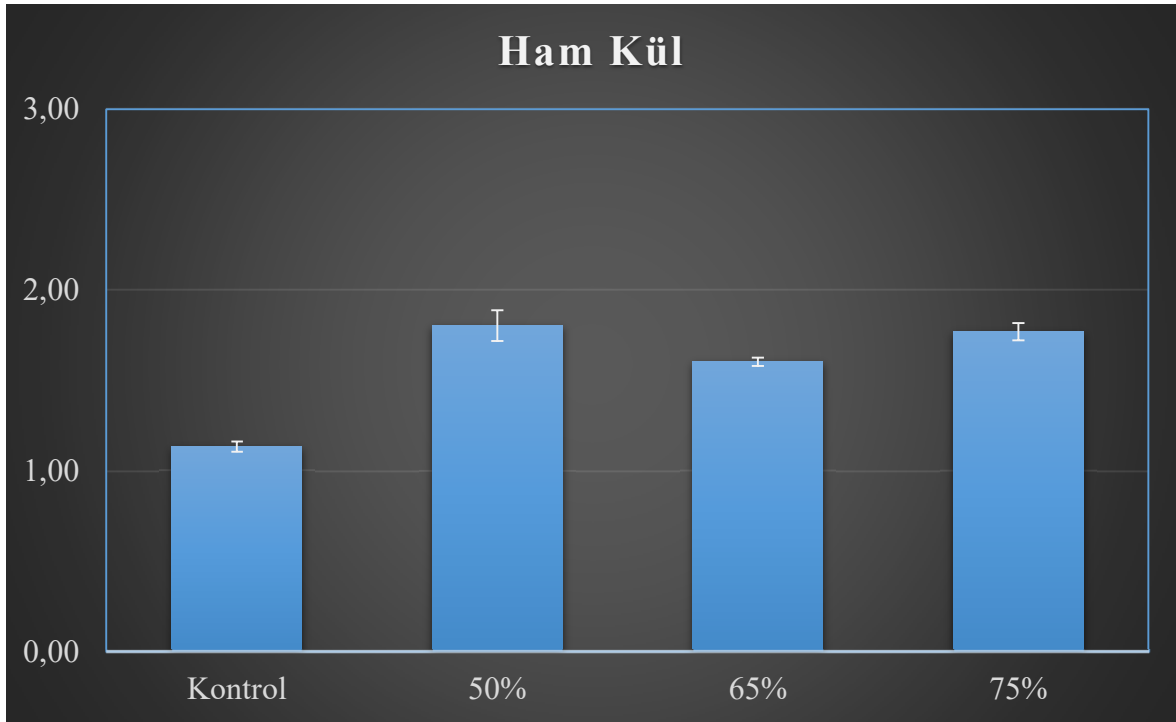
Deneme sonunda balıkların ham yağ (%) içerikleri Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir. En yüksek yağ içeriğine sahip balık grubu %4,644±0,377 ile SASL50 olarak gözlenirken, %3,103±0,308 yağ içeriği ile SASL75 grubu en düşük yağ içeriğine sahip olan grup olarak kaydedilmiştir. Yapılan istatistiki değerlendirmede gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P<0,05$) (Bkz. Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Deneme sonunda gruplara ait ham yağ oranları (%)

4.3.4. Ham kül

Deneme sonunda grupların ham kül (%) içerikleri Çizelge 4.2.' de verilmiştir. En düşük kül içeriğine sahip olan grup $1,133 \pm 0,029$ ile SASL0 Kontrol grubu olmuştur. En yüksek kül içeriği $1,802 \pm 0,085$ ile SASL50 grubunda belirlenmiştir. Yapılan istatistiki değerlendirmede gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P < 0,05$) (Bkz. Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Deneme sonunda gruplara ait ham kül oranları (%)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, farklı oranlarda siyah asker sineği larvası unu içeren 3 farklı deneme yemi (SASL50, SASL65 ve SASL75) ile siyah asker sineği larvası unu içermeyen kontrol (SASL0) yeminin yavru sazanlarda büyüme performansı, yem değerlendirme oranı ve balık etinin kimyasal kompozisyonu üzerine etkileri incelenmiştir.

Mevcut araştırmada, büyümeye ilişkin elde edilen veriler değerlendirildiğinde, genel anlamda siyah asker sineği larvası ununun sazanlarda büyüme ve yem değerlendirmeye pozitif yönde etkisinin olduğu istatistiksel olarak tespit edilmiştir. 75 günlük deneme sonunda en iyi canlı ağırlık artışı $5,836 \pm 0,358$ g ile SASL65 grubunda, en düşük canlı ağırlık artışı ise $3,021 \pm 0,112$ ile kontrol grubunda (SASL0) elde edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.1). Ortalama canlı ağırlık artışı dikkate alındığında gruplar arasında farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0,05$). Büyüme parametrelerinden spesifik büyüme oranı (SBO) değerlendirildiğinde, en yüksek ortalama spesifik büyüme oranı (SBO) ($\%2.437 \pm 0.051$) SASL65 diyet grubunda elde edilirken, en düşük değer ($\%1.830 \pm 0.039$) kontrol grubu olan balık unu bazlı diyetle beslenen grupta (SASL0) elde edilmiştir.

Balıkların büyüme ve gelişim performanslarını doğru belirleyebilmek için kullanılan parametrelerden biri de spesifik büyüme oranıdır. Spesifik Büyüme Oranı balık büyüdükçe azalır. Eğer SBO % 1'in üzerindeyse balığın iyi büyüdüğünden bahsedilebilir (Korkut, Kop, Demirtaş ve Cihaner, 2007; Bayraktar, 2019). Bu anlamda yapılacak olan değerlendirmede elde edilen SBO verilerine göre diyetlere Siyah asker sineği larva unu dahil edilmesinin büyüme performanslarını önemli ölçüde iyileştirdiği belirtilebilir.

Mevcut çalışma ilgili benzer sonuç farklı bir böcek unu olarak solucan ununun alternatif kullanımına yönelik Bayraktar (2019) tarafından yürütülen tez çalışmasında da rastlanmıştır. Bu çalışmada, yavru gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yeminde solucan unu kullanımının büyüme performansı ve vücut kompozisyonu üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla ortalama ağırlıkları $5,05 \pm 03,61$ g olan yavru alabalıklara farklı oranlarda solucan unu ikamesi değerlendirilmiştir. Deneme sonunda ortalama en yüksek canlı ağırlığa % 259,40 ile rasyona %30 oranında ikame edilen solucan unun grubu (SU30) ulaşmış, bu grubu sırası ile SU20 ve SU10 ($\% 211,17$ ve $\% 182,76$) grubu ile kontrol SU0 ($\% 113,68$) grubu

takip etmiştir. SU30 grubu ile diğer gruplar arasındaki fark, canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, yem değerlendirme oranı ve protein değerlendirme randımanı bakımından istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Bu değerler açısından çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

Mohanta, Subramanian, Korikanthimath ve Redondo, (2016) tarafından, ortalama 0,7 g ağırlığı olan rohu (*Labeo rohita*) balıklar için yapılan bir çalışmada, 3 farklı diyet (sade pişirilmiş solucan D1, karma öğütülmüş solucan D2 ve kurutulmuş solucandan yapılmış pelet yem D3) ile beslemişler, çalışma sonunda en iyi büyüme SBO % 4,21 ile D3 ve % 3,38 ile D1 grubunda olduğunu tespit etmişler ve deney sonuçları peletlenmiş solucan başka deyişle böcek diyetinin rohu balığı yavrularının yetiştirilmesinde kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Ayrıca çalışmamızda, SASL65 diyet grubunda en iyi yem değerlendirme oranı (YDO) (1.208 ± 0.074), protein etkinlik oranı (PER) (2.084 ± 0.128) ve net protein kullanım oranı (NPKO) (41.496 ± 3.307), diğer üç diyet grubuyla beslenen sazanlara göre önemli ölçüde ($P<0.05$) daha yüksek bulunmuştur. (SASL0, SASL50 ve SASL75) (Bkz. Çizelge 2).

Büyüme performansının konu alındığı bu çalışmalarda balık diyetlerinde protein ikamesi, Siyah asker sineğinin hem larvalarından hem de prepupalarından elde edilen unlar kullanılarak bazı balık türleri için araştırılmıştır: Bu türler; Kalkan (*Psetta maxima*) (Kroeckel ve diğerleri, 2012), hibrit tilapia (*Oreochromis niloticus X Oreochromis spilurus*) (Furrer, 2011), gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Sealey ve diğerleri, 2011), Atlantik somonu (*Salmo salar*) (Belghit ve diğerleri, 2019), Avrupa levrek (*Dicentrarchus labrax*) (Magalhães ve diğerleri, 2017) , Jian sazan (*Cyprinus carpio* var. Jian) (Li ve diğerleri, 2017) olarak sıralanabilir.

Magalhães, Lopez ve Leal, (2017) çalışmalarında levrek diyetlerine SASL unu dahil edildiğinde büyüme ve yemden yararlanma parametrelerinin arttığına dair benzer sonuçlara dikkat çekmişlerdir. Ayrıca, Siyah asker sineği prepupa ununun (diyet proteininin %22.5'ine tekabül eden) %19,5'ine kadarının Avrupa levrekleri için diyetlerde büyüme üzerinde herhangi bir olumsuz etki olmaksızın %45 balık ununun yerini alabileceğini bildirmişlerdir.

Büyüme, yem kullanımı ve sindirim enzim aktivitesi üzerinde olumlu etkileri olduğu görülmüştür.

Kroeckel ve ark. (2012), kalkan balıkları (*Psetta maxima*) üzerinde yapmış oldukları çalışma sonunda, kalkan diyetlerinde balık ununa %17, %33, %49, %64 ve %76 oranlarında yağ alınmış siyah asker sineği prepupa unu ikame edilmesinin, kalkan balıklarının büyüme performansları üzerinde önemli farklılıklar yarattığını görmüştür. Diyetlere artan oranlarda SASP unu katılımlında yem dönüşüm oranının da önemli ölçüde arttığı kaydedilmiştir. SASP ununun kalkan diyetlerinde balık ununa %17'ye kadar ikame edilmesinin önemli bir fark yaratmadığı görülürken daha fazla kullanıldığında performansı negatif etkilediği kaydedilmiştir.

Sealey ve ark. (2011), gökkuşağı alabalıklarının (*Onchorhynchus mykiss*) üzerinde yapmış oldukları çalışma sonunda, farklı oranlarda balık organları ve büyükbaş hayvan gübresi ile beslenen SAS larvalarının kurutulmuş gökkuşağı alabalığı diyetlerindeki balık unu yerine kullanılmasının büyüme performansları, besin değerleri ve lezzetlilik açısından kontrol grubu ile arasında önemli farklılıklar oluşmadığını bildirmişlerdir.

Belghit ve ark. (2019), Atlantik somonu (*Salmo salar*) üzerinde yapmış oldukları çalışma sonunda, bitkisel kaynaklar ve deniz yosunu ile beslenen SAS larvalarının kurutulmuş yağsızlaştırılarak somon diyetlerindeki balık ununa %0, %33, %66, %100 oranlarda ikame edilmesinin deneme grupları arasında önemli farklılıklar oluşturmadığını bildirmişlerdir. SASL unu içeren diyetlerle beslenen gruplarda yem alımının düşük olmasının, SASL ununun lezzetsizliğinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Atlantik somon balıklarının diyetlerinde balık unu yerine %100 oranda SASL unu kullanılmasının büyüme parametreleri üzerinde önemli bir farklılık yaratmadığı bildirilmiştir.

Yapılan bu çalışma ile ilgili benzer sonuçlar Li ve diğerleri, (2017), Jian sazan diyetine %50'ye kadar SASL unu eklemenin iyi bir büyüme performansı gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca bazı çalışmalarda ikame oranları %75'i aştığında diyet stresi ve bağırsak histopatolojik hasarının görüldüğünü bildirmişlerdir. Bu nedenle mevcut çalışma, Siyah asker sineği larva küspesinin sazan diyetlerinde optimum kullanım oranlarını belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Sonuçlarımız, sazanların büyüme performansının ve yem verimliliğinin diyet bileşiminden etkilendiğini göstermiştir. Siyah asker sineği larva unu

içeren (SASL%65) grubun, nihai ağırlık, canlı ağırlık kazancı ve spesifik büyüme oranının, kontrol (SASL0) ve diğer diyetler (SASL50, SASL75) ile beslenen gruplardan önemli ölçüde iyi olduğu gözlenmiştir.

Önceki çalışmalar, diyete farklı seviyelerde böceklerin eklenmesinin büyüme performansında çelişkili sonuçlar verdiğini göstermiştir. Nil tilapia'sı üzerinde yapılan diğer araştırmalar, Siyah asker sineği larva ununun balık ununa ikame edilmesinin, kilo alımını ve spesifik büyüme oranını önemli ölçüde azalttığını, yem alımını ve yem değerlendirme oranını önemli ölçüde iyileştirdiğini rapor etmiştir (Joao Fernando Koch ve diğerleri, 2016). Kroeckel ve ark. (2012) Siyah asker sineği larva ununun balık ununa ikame edilmesinin, kalkan balığının büyüme performansını ve yem kullanımını önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir. Bu farklı sonuçlar, balık türleri, balık boyutu, böcek türleri ve substratları ve böcek için işlemedeki farklılıklardan kaynaklanabilir (Tschirner ve Simon, 2015).

75 günlük yetiştirmeden sonra, sazanların hayatta kalma oranının (YO) %74.00-74.66 aralığında olduğu görülmüştür. SASL ile beslenen gruplar arasında hayatta kalma oranlarında önemli bir farklılık görülmemiştir. Çalışma sırasında, deneysel sazanların genel aktivitelerinde herhangi bir anormal davranış görülmemiştir

Ayrıca Dedeke, Owa, Olurkin, Akinfe ve Awotedu, (2013) tarafından yapılan bir çalışmada yavru *Clarias gariepinus* balığı yemine farklı oranlarda (% 0, % 15, % 25, % 35 ve % 50) solucan/böcek unu katmışlar ve % 25 % 35 oranında solucan unu ilaveli yemin solucan unu içermeyen kontrol grubuna göre daha yüksek yaşama oranı sağladığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde Bayraktar (2019)'da yaptıkları çalışmada, gruplara göre en iyi yaşama oranı % 74,45 ile SU30 solucan/böcek unu içeren grupta, solucan unu içermeyen kontrol grubunda ise % 60,02 olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Mevcut çalışmada, diyet grupları arasında tüm balık etinde nem, ham protein, lipid ve kül içeriği bakımından önemli farklılıklar görülmüştür ($P<0.05$). Çalışmada, üç diyet grubu arasında SASL75 diyet grubundaki protein içeriğinin (%20.229), önemli oranda en yüksek grup olduğu görülmüştür. Siyah asker sineği larva unu ikame edilen grupların lipid içeriklerinin, kontrol grubundan önemli ölçüde düşük olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$).

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen sonuçları, sazan diyetinde balık ununun %65'e kadar SASL unu ile değiştirilmesinin canlı ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı, yem dönüşüm oranı ve protein verimlilik oranı üzerinde olumlu etkileri olduğunu belirgin olarak göstermiştir. Bu sonuçlara dayanarak siyah asker sineği larvasından yapılan böcek ununun, sazan kültürü için beslenme açısından uygun bir protein kaynağı olabileceği söylenebilir. Bu uygulama su ürünleri sektörünün büyümesini artırabilir.



6. ÖNERİLER

Bu araştırma ile SASL ununun yavru sazan balıklarının diyetlerinde alternatif hayvansal protein kaynağı olarak kullanılabilme olanakları belirlenmiştir. Bu sonuçlara dayanarak su ürünleri yetiştiriciliği sektörüne ve bundan sonra yapılacak bilimsel araştırmalara aşağıdaki öneriler sunulabilir;

-Canlı ağırlık kazanımının %65 SASL unu ikame edilmesi ile iyileşmesi ele alındığında, özellikle yavru sazan balıklarının daha iyi performans göstermesi, ticari işletmelerin SASL ununu diyetlerine eklemesi ile daha başarılı sonuçlar alabilecekleri öngörülmektedir.

Spesifik büyüme oranının yeme katılan SASL unundan doğrudan etkilendiği görülmüştür. Artan SASL unu oranı ile yavru gelişimleri de belirgin olarak hızlanmıştır. Sazan yavrularının büyüme performansının iyileşmesi, balıkların asıl besleme havuzlarına daha kısa sürede çıkarılmasını ve bu da yetiştiricilik süresinin kısalarak işletmenin daha yüksek karlılıkta çalışmasına imkan verebilir.

- Küçük çaplı aile işletmelerinin organik evsel atıkları ile siyah asker sineği larvalarını beslemesi ve bu larvaları yetiştirdikleri sazan balıklarının diyetlerinde kullanmak üzere işleminin, çevresel ve ekonomik açıdan ciddi kazanımlar sağlayacağı düşünülmektedir.
- Tüm bunlarla birlikte, böcek proteinlerinin yem endüstrisinde kullanılabilmesinin önünün daha hızlı açılabilmesi için bilimsel çalışmaların arttırılması son derece önem arz etmektedir.
- Mevcut çalışmanın devamında histopatolojik incelemelerin yapılmasının yararlı olabileceği düşünülmektedir.
- Larvaların içerdiği antimikrobiyal peptitler üzerinde daha fazla bilimsel çalışmalar yürütülmesinin ciddi kazanımlar sağlayacağı düşünülmektedir.
- Kurutulmuş larvaların oksidasyona bağlı olarak acımanın önüne geçilebilmesi için yeni çalışmalar yürütülmelidir.

7. KAYNAKLAR

- Abd Rahman Jabir Mohd Din, Shaharudin Abdul Razak, Vikineswary Sabaratnam. (2012). Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile . *African Journal of Biotechnology*, 6592-6598.
- Atsushi Hashizume, Atsushi İdo, Takashi Ohta, Serigne Thierno Thiaw, Ryusaku Morita, Munenori Nishikawa, Takayuki Takahashi, Chiemi Miura, Takeshi Miura. (2019). Housefly (*Musca domestica*) Larvae Preparations after Removing the Hydrophobic Fraction Are Effective Alternatives to Fish Meal in Aquaculture Feed for Red Seabream (*Pagrus major*). *Fishes*, 38.
- Barış Bayraklı, S. Ö. (2019). Karadeniz’de Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve Çaçı (*Sprattus sprattus*) Balıklarının avcılığı ile balık unu-yağı işleme teknolojisi üzerine bir araştırma. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 9-16.
- Birgit A. Rumpold, Oliver K. Schlüter. (2013a). Nutritional Composition and Safety Aspects of Edible Insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 802-823.
- Birgit A. Rumpold, Oliver K. Schlüter. (2013b). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Elsevier*, 1-11.
- Capinera, Jhon L. (2008). Encyclopedia of entomology. *Kluwer Academic Publishers*, 1-4.
- Charlton A.J., Mike Dickinson, Maureen Elizabeth Wakefield, Elanie Fitches. (2015). Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7-16.
- Christian Elwert, Ivonne Knips, Peter Katz. (2010). A novel protein source: Maggot meal of the Black Soldier fly (*Hermetia illucens*) in broiler. *Tagung Schweine- und Geflügelernährung*, 140-142.
- Claude E. Boyd, Aaron A. McNevin (2015). Resource use and the Environment. *Aquaculture*.
- Craig D. Sheppard, G. Larry Newton, Sidney A. Thompson, Stan Savage . (1995). A Value Added Manure Management System Using the Black Soldier Fly. *Bioresource Technol*, 275-279.
- Craig D. Sheppard, Jeffery K. Tomberlin, Jhon A. Joyce, Barbara C. Kiser, Sonya M. Sumner (2002). Rearing Methods for The Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 695-698.

- Dadi Kristofersson, James L. (2004). Structural breaks in the fishmeal - soybean meal price relationship. *Department of Economics and Resource Management Agricultural University of Norway*, 246-258.
- Damian Józefiak, Agata Josefiak, Bartosz Kieronczyk, Mateusz Rawski, Sylwester Swiatkiewicz, Jakup Dlugosz, Ricarda Margarete Engberg. (2016). Insects – a Natural Nutrient Source for Poultry – a Review. *Ann Anim Sci*, 297-313.
- Domenico Caruso, Devic Emilie, Subamia I.W., Talamond Pascale, Baras Etienne. (2014). Technical Handbook of Domestication and Production of Diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. *PT Penerbit IPB Press*, 141.
- Fernando G.Barroso, Carolin De Haro, Maria Jose Sanchez-Muros, Elena Venegas, Anabel Martinez Sanchez, Celeste Perez Banon. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Elsevier* , 193-201.
- Gasco L., M.Finke, A. Van Huis, (2018). Can Diets Containing Insects Promote Animal Health? *Journal of Insects As Food And Feed*, 1-4.
- GKGM. (2017). *Doğal ve kontrol için veriler 2015*. 12 Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü.
- Haeree H. Park, (2016). Black Soldier Fly Larvae Manual. *Sustainable UMass*, 3.
- Hanson S.W.F., Olley J., (1963). Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates, *Proceeding of the Biochemical Society*, 89, 101-102
- Harinder Makkar, Gilles Tran, Valerie Heuze, Philippe Ankers. (2014). State-of-the-art on Use of Insects as Animal Feed. *Anim Feed Sci Tech*, 1-33.
- Helene Čičková, G. Larry Newton, R. Curt Lacyi Milan Kozanek. (2015). The Use of Fly Larvae for Organic Waste Treatment. *Waste Management*, 68-80.
- Ian J. Banks, Walter Gibson, Mary M. Cameron. (2014). Growth Rates of Black Soldier Fly Larvae Fed on Fresh Human Faeces and Their Implication for Improving Sanitation. *Tropical Medicine and International Health*, 14-22.
- Ikram Belghit, Nina S. Liland, Peter Gjesdai, Irene Biancarosa, Elisa Menchetti, Yanxian Li, Rune Waagbo, Ashild Krogdahl, Erik-Jan Lock. (2019). Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Elsevier*, 609-619.
- Ikram Belghit, Nina S. Liland, Rune Waagbo, Irene Biancarosa, Nicole Pelusio, Yanxian Li, Ashild Krogdahl, Erik-Jan Lock. (2018). Potential of insect-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 72-81.
- Ioannis T. Karapanagiotidis, Daskalopoulou E., Vogiatzis I., Christos I. Rumbos, Eleni Mente, Christos Athanassiou (2014). Substituon of Fishmeal by Fly *Hermetia*

illucens Prepupae Meal in the Diet of Gilthead Seabream (*Sparus aurata*). *HydroMedit*, 13-15.

- Jean Guillaume, Sadisivam Kaushik, Pierre Bergot, Robert Metailler. (2001). *Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans*. United Kingdom: Praxis PublishingS Ltd, 25-31
- Jeffery K. Tomberlin, Peter H. Adler, Heidi M. Myers. (2009). Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in Relation to Temperature. *Environmental Entomology*, 230-234.
- Jeffery K. Tomberlin, D. Craig Sheppard, John A. Joyce (2002). Selected Life-History Traits of Black Soldier Flies. *ARTHROPOD BIOLOGY*, 379.
- Joseph W. Diclaro II, Phillip E. Kaufman. (2009). Black Soldier Fly - *Hermetia Illucens*. *University of Florida*. Florida, 47.
- K. Bondari, D. C. Sheppard. (1981). Soldier Fly Larvae As Feed in Commercial Fish Production. *Aquaculture*, 103-109.
- K. Bondari, D. C. Sheppard. (1987). Soldier Fly, *Hermetia illucens* L. Larvae As Feed for Channel Catfish, *Ictalurus Punctatus (Rafinesque)*, And Blue Tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquaculture Research*, 209-220.
- Kim Jong- Gill, Choi Young-Cheo, Choi Ji-Young, Kim Won-Tae, Jeong Gill-Sang, Park Kwan-Ho, Hwang Sock-Jo. (2008). Ecology of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera; Stratmyidae) in Korea. *Korea J Appl Entomol*, 337-343.
- Kroeckel S, H. A. (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*, 345-352.
- Laura Gasco, Belforti M., Rotolo L., Luisiana C., Parisi G., Terova G., Roncarati A., Gai F. (2014). Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *1st International Conference "Insects to Feed the World* (s. 69). The Netherlands: Wageningen University, Ede Wageningen.
- Laura Gasco, Morgane Henry, Giovanni Piccolo, Stefania Marono, Francesco Gai, Manuela Renna, Carola Lussiana, Efthimia Antonopoulou, Paula Marola, Stavros Chatzifotis (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*, 34-45.
- Leslie Holmes, (2010). Role of Abiotic Factors on the Development and Life History of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *Masters Thesis, University of Windsor, ON, Canada*, 285.
- Leslie Holmes, Sherah L. Vanlaerhoven, Jeffery Tomberlin. (2012). "Relative Humidity Effects on the Life. *Environmental Entomology*, 971-978.

- Linnaeus, C. (1758). *Systema nature*. İsveç: Holmiae, 67.
- Lock E.R., Arsiwalla T., Rune Waagbo (2016). Insect Larvae Meal As An Alternative Source of Nutrients in The Diet of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Postsmolt. *Aquaculture Nutrition*, 1202-1213.
- M.De Marco, Salutarario Martinez, F. Hernandez, J. Madrid S. Luca Rotolo, M. Belforti, H. Katz, Domenico Bergero, Siem Dabbou, Attawit Kovitvadhi, Zoccarato Ivo, Larua Gasco, Achille Schiavone.(2015). Nutritional Value of Two Insect Larval Meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for Broiler Chickens: Apparent Nutrient Digestibility, Apparent Ileal Amino Acid Digestibility and Apparent Metabolizable Energy. *Anim Feed Sci Technology*, 211-218.
- Marco Meneguz, Achille Schiavone, Francesco Gai, Andrea Dama, Carola Lussiana, Manuela Renna, Laura Gasco. (2018). Effect of Rearing Substrate on Growth Performance, Waste Reduction Efficiency and Chemical Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 5776-5784.
- Marilyn C. Erickson, Mahbub Islam, Craig Sheppard, Jean Lialo, Michael P. Doyle. (2004). Reduction of *Escherichia Coli* O157: H7 and *Salmonella Enterica Serovar Enteritidis* in Chicken Manure By Larvae of The Black Soldier Fly. *Journal Of Food Protection*, 685-690.
- Maurice Theodore James. (1935). The Genus *Hermetia* in The United States (Diptera: Stratiomyidae). *Bull Brooklyn Entomol Soc.*, 165-170.
- May, B. (1961). The Occurrence in New Zealand and The Life-History of The Soldier Fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). *New Zealand Journal Science*, 5.
- Melta Rini Fahmi, Emilie Devic. (2013, aralık). Biology of *Hermetia illucens*. *Biology of Hermetia illucens*.
- Morgane Annie Henry, Laura Gasco, Giovanni Piccolo, Eleni Fountoulaki. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Anim. Feed Sci. Technol*, 1-22.
- Morgane Paul Magouana Anvo, A. Toguyéni, A. K. Otchoumou, Chantal Yvette Zoungrana-Kaboré, E. P. Kouamélan (2016). Evaluation of *Cirina Butyrospermi* Caterpillar's Meal As An Alternative Protein Source in *Clarias Gariepinus* (Burchell, 1822) Larvae Feeding. *International Journal of Fisheries Aquatic Studies*, 88-94.
- Newton G.L., Booram C.V., Barker R.W., O. M. Hale. (1977). Dried *Hermetia Illucens* Larvae Meal As A Supplement for Swine. *Journal of Animal Science.*, 395-400.
- Ng W.K., L. F. Wong. (2001). Potential of Mealworm (*Tenebrio Molitor*) As An Alternative Protein Source in Practical Diets for African Catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*, 273-280.

- Nihat Yeşilayer, İsmail Eralp Kaymak, H. Muhittin Gören, Zafer Karşlı. (2013). Balık Yemlerinde Balık Ununa Alternatif Bitkisel Protein Kaynaklarının. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 12-30.
- Nina S. Liland, Irene Biancorsa, Pedro Araujo, Daan Biemans, Christian G. Brucker, Runer Waagbo, Bente E. Torstensen, Erik-Jan Lock. (2017). Modulation of Nutrient Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Larvae by Feeding Seaweed. *Enriched Media*, 420-431.
- Norman Ratcliffe, Partrica Azambuja, Cicero Brasilerio Mello. (2014). Recent advances in developing insect natural products as potential modern day medicines. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 47-54.
- Park Waldroup, Adams M. H. (1994). Evaluation of the phosphorus provided by animal proteins in the diet for broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 209-218.
- Pastor B, Y. Velasquez, P. Gobbi, S. Rojo. (2015). Conversion of Organic Wastes Into Fly Larval Biomass: Bottlenecks and Challenges. *Journal of Insects as Food and Feed*, 179-193.
- Rozkosný R. (1983). A Biosystematic Study of the European Stratiomyidae (Diptera): Volume 2-Clitellariinae, Hermediinae, Pachygasterinae and Bibliography (Vol. 25). *Springer Science & Business Media*, 802-823.
- Rui Pedro Moreira de Magalhães, Antonio Sanchez-Lopez, Renato Silva Leal, Silvia Martinez-Llorens, Aries Olia-Teles, Helena Peres. (2017). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish. *Aquaculture*, 469-482.
- S.N. Rindhe, Manish Kumar Chatli, R.V. Wagh, Amanpreet Kaur, Nitin Mehta, Pavan Kumar, Om Prakash Malav. (2019). Black Soldier Fly: A New Vista for Waste Management and Animal Feed. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 1329-1342.
- Sadasivam Kaushik, Françoise Médale, Benoit Fauconneau, D. Blanc (1989). Effect of digestible carbohydrates on protein/energy utilization and on glucose metabolism in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture*, 63-74.
- Sarah Van Broekhoven, Dennis G. A. B. Oonincx, Arnold Van Huis, Joop J. A. Van Loon, (2015). Growth Performance and Feed Conversion Efficiency of three Edible 4 Mealworm Species (Coleoptera: Tenebrionidae) on Diets. *Insect Physiol*, 1-10.
- Schremmer F. (1984). Die Polymetabole Larval-Entwicklung Der Waffenfliegenart *Hermetia Illucens*.—Ein Beitrag Zur Metamorphose Der Stratiomyidae)/The Polymetabol Development of The Soldier Fly Larva *Hermetia Illucens*.—A Contribution To The Metamorphosis of The Stratiomyidae. A. *Botanik und Zoologie*, 405-429.

- Sena S. De Silva, T. Anderson. (1994). *Fish nutrition in aquaculture*. London, Glasgow, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: Chapman and Hall, 32-41.
- Senlin Li, Ji Hong, Zhang Binxin, Zhou Jishu, Yu Haibo, (2017). Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. *Elsevier*, 62-70.
- Sırrı Kar, Hasan Ersin Şamlı, Levent Arın (2018). Kara Asker Sineği *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758): Biyoloji, Üretim ve Hayvan Beslemede Kullanımı. *KSÜ Tarım ve Doğa dergisi*, 247.
- Simopoulos, A. P. (2000). Human Requirement for N-3 Polyunsaturated Fatty Acids. *Elsevier*, 961-970.
- Stefan Diener, Nandayure M. Studt Solano, Floria Roa Gutierrez, Christian Zurbrügg Klement Tockner. (2009). Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae. *Establishing Optimal Feeding Rates*, 603-610.
- Stefan Diener, Nandayure M. Studt Solao, Floria Roa Gutierrez, Christian Zurbrügg, Klement Tockner. (2011). Biological Treatment of Municipal Organic Waste using Black Soldier Fly Larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2:357-363.
- Tamer Çalıkoğlu. (2019). <http://bsfturk.blogspot.com/2019/04/> adresinden alındı
- Tami Barry, (2004). Evaluation of the Economic, Social, and Biological Feasibility of Bioconverting Food Wastes with the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *PhD Dissertation*, 176.
- Teun Veldkamp, A. Van Huis, G. Van Duinkerken, C. M. M. Lakemond, E. Ottevanger, G. Bosch, M.A. J. S. Van Boekel (2012). Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets. *Wageningen UR Livestock Research*, Report 638.
- Teun Veldkamp, Guido Bosch. (2015). Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontiers*, 45-50.
- Thomas Spranghers, Matteo Ottoboni, Cindy Klootwijk, Anneke Owyn, Stefan Deboosere, Bruno de Meulenaer, Joris Michiels, Mia Eeckhouti Patrick De Clercq, Stefan De Smet (2017). Nutritional Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Prepupae Reared on Different Organic Waste Substrates. *Sci Food Agric*, 87-95.
- Turgay Üstüner, Abdullah Hasbenli, Rudolf Rozicosny. (2003). The First Record of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera, Stratiomyidae) from the Near East. *Studia Dipterologica*, 10(1):181-185.
- TÜİK. (2019). *Su ürünleri üretim miktarları*, 34.

- Wendy M. Sealey, Gibson T. Gaylord, Frederic T. Barrows, Jeffery K. Tomberlin, Marc A. McGuire, Carolyn Ross, Sophie St. Hilaire. (2011). Sensory Analysis of Rainbow Trout, *Oncorhynchus Mykiss*, Fed Enriched Black Soldier Fly Prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34-45.
- Wilfred O Alegbeleye, Sam O Obasa, Olugbenga O Olude, Kehinde Otubu, Wahab Jimoh (2011). Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquaculture Research*, 412-440.
- Xiaopeng Xiao, Lorenzo Mazza, Yongqiang Yu, Minmin Cai. (2018). Efficient Co-Conversion Process of Chicken Manure into Protein Feed and Organic Fertilizer by *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) Larvae and Functional Bacteria. *Journal of Environmental Management*, 668-676.
- Xiu Liu, Xuan Chen, Hui Wang, Qinqin Yang, Kashif ur Rehman, Wu Li, Qing Li, Lorenzo Mazza, Jibin Zhang, Zinli Yu, Longyu Zheng. C. (2017). Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. *Plos One*, 1-21.
- Yu- Shiang Wang, Matan Selomi. (2017). Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) As Animal Feed and Human Food. *Foods*.



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

