

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



SU ÜRÜNLERİNDE CANLI YEM OLARAK BEYAZ KURT
(*Enchytraeus* sp.) YETİŞTİRİCİLİĞİ

MEHMET BAHTİYAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ MERYEM ÖZ

SİNOP - 2024

TEZ KABUL

Mehmet BAHTİYAR tarafından hazırlanan “**SU ÜRÜNLERİNDE CANLI YEM OLARAK BEYAZ KURT (*Enchytraeus sp.*) YETİŞTİRİCİLİĞİ**” başlıklı bu çalışma, 05.11.2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan	Doç. Dr. Dilek ŞAHİN Sinop Üniversitesi / Meslek Yüksekokulu	İmza
---------------	---	------

Üye (Danışman)	Dr. Öğr. Üyesi Meryem ÖZ Sinop Üniversitesi / Su Ürünleri Fakültesi	İmza
---------------------------	--	------

Üye	Dr. Öğr. Üyesi Ebru YILMAZ Ordu Üniversitesi / Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi	İmza
------------	---	------

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Hüseyin Turan ARAT

.....

ETİK BEYANI

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



Mehmet Bahtiyar

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU ÜRÜNLERİNDE CANLI YEM OLARAK BEYAZ KURT (*Enchytraeus* sp.)

YETİŞTİRİCİLİĞİ

MEHMET BAHTİYAR

SİNOP ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN:DR. ÖĞR. ÜYESİ MERYEM ÖZ

Bu çalışmada, beyaz kurt (*Enchytraeus* sp.) türünün su ürünleri yetiştiriciliğinde canlı yem olarak kullanılabilirliği için yetiştiricilik koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneme; kültür 1 ve kültür 2 olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Kültür 1 aşamasında, beyaz kurt türünün yaklaşık 21 °C de 70 günlük deneme sonunda, 10 ergin bireyden; 424 adet ergin ve yavru bireye yükseldiği belirlenmiştir. İkinci deneme (kültür 2) düzeneğinde bir ve ikinci deneme gruplarında kültür toprağı olarak Hindistan cevizi torfu, üçüncü grupta ise Hindistan cevizi torfu ile birlikte zeolit kullanılmıştır. Bir ve üçüncü deneme grubu kontrol yemi ile beslenmiş, ikinci grup ise kontrol yemine %10 oranında zeolit ilave edilen yem ile beslenmiştir. Kültür 2 aşamasında 60 gün süre ile yürütülen araştırmada yaklaşık 24 °C’de 10 adet olan kurt sayısı; Kontrol, Grup 1 ve Grup 2’de sırasıyla 58,67±4,67, 71,67±2,96 ve 134±3,79 olarak belirlenmiştir. Kültür toprağı ile birlikte kullanılan zeolit, sadece hindistan cevizi torfu kullanılan gruplara kıyasla kurt kültüründeki birey sayısında belirgin bir artışa neden olmuştur. Yapılan bu araştırmada, beyaz kurt kültür ortamında kullanılan zeolitın beyaz kurt yetiştiriciliğine kullanımının önerilebileceği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Su ürünleri yetiştiriciliği; Beyaz kurt; *Enchytraeus* sp.; Zeolit

Ekim 2024, 55 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

CULTURE Of WHITE WORM (*Enchytraeus* sp.) as LIVE FEED in AQUACULTURE

MEHMET BAHTİYAR

**SINOP UNIVERSITY INSTITUTE OF GRADUATE PROGRAMS
DEPARTMENT OF AQUACULTURE**

SUPERVISOR:ASST. PROF. DR. MERYEM ÖZ

This study aimed to determine the cultural conditions for using white grubs (*Enchytraeus* sp.) as live feed in aquaculture. The experiment was evaluated separately as culture 1 and culture 2. In culture 1, it was found that the white worm species increased from 10 adult individuals to 424 adult and juvenile individuals at the end of 70 days at approximately 21 °C. In the second experiment (culture 2), coconut peat was used as the culture medium in the first and second experimental groups, and zeolite with coconut peat in the third group. The first and third experimental groups were fed a control diet, while the second group was fed a diet with 10% zeolite added to the control diet. In the 60-day study at the culture 2 stage, the number of worms, which was 10 at 24 °C, was determined to be 58.67 ± 4.67 , 71.67 ± 2.96 and 134 ± 3.79 in the control, group 1, and group 2, respectively. The zeolite used together with the culture soil caused a significant increase in the number of individuals in the worm culture compared to the groups using coconut peat alone. This study found that the zeolite used in the white worm culture medium can be recommended for white worm culture.

KEYWORDS: Aquaculture; White worm; *Enchytraeus* sp.; Zeolite

October 2024, 55 Page

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında değerli katkılarından dolayı danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Meryem ÖZ'e, tez çalışmamda her türlü destek ve yardımlarını aldığım Sayın Doç. Dr. Dilek ŞAHİN'e, Dr. Öğr. Üyesi Ünal ÖZ ve Dr. Öğr. Üyesi Ayşah ÖZTEKİN'e, her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürleri bir borç bilirim.

Mehmet Bahtiyar



İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ KABUL	ii
ETİK BEYANI.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
2.1. Genel Bilgiler.....	5
2.2. Literatür Özeti.....	7
2.2.1. Beyaz kurt kültür ortamı	7
2.2.2. Su ürünlerinde canlı yem olarak kullanılabilen bazı kurt türleri ile yapılan çalışmalar	12
2.2.3. Beyaz kurdun genel özellikleri	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Deneme ünitesi	23
3.1.2. Deneme kültür kapları.....	23
3.1.3. Toprak ve su parametreleri ölçüm cihazı.....	23
3.1.4. Denemede kullanılan zemin materyalleri.....	24
3.1.5. Demede kullanılan görüntüleme cihazları ve ölçüm materyalleri.....	25
3.1.6. Deney hayvanı.....	25
3.1.7. Yem materyali.....	25
3.2. Yöntem.....	27
3.2.1. Deneme süresi.....	27
3.2.2. Deneme Planı.....	27
3.2.2.1. Kültür koşulları aşaması.....	27

3.3. İstatistiksel Analizler.....	31
4. BULGULAR.....	32
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	35
KAYNAKLAR	39
ÖZGEÇMİŞ	44



TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1 Klinoptilolit türü zeolitin kimyasal kompozisyonu	24
Tablo 3.2 Denemede kullanılan ticari yemin besin içeriği	26
Tablo 4.1 Birinci deneme (Kültür 1) süresince belirlenen kültür ortamı parametreleri (ort $\pm$ SH)	32
Tablo 4.2 Birinci deneme (Kültür 1) stok kültür verileri.....	32
Tablo 4.3 Kokon-Yumurta verileri	33
Tablo 4.4 İkinci deneme (Kültür 2) sonunda belirlenen deneme gruplarında birey artış verileri	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Ergin bir beyaz kurdun ağız ve anüs yapısı	16
Şekil 2.2 Beyaz kurt genel görünüm.....	17
Şekil 2.3 Su ürünlerinde canlı yem olarak kullanılabilen kurtların genel görünümü	18
Şekil 2.4 Beyaz kurdun çiftleşme ve kokon bırakmasının şematize edilmiş hali (a) ve çiftleşmeye hazır ergin iki birey (b)	20
Şekil 2.5 Beyaz kurtta klitellum ve ergin bireye benzeyen klitellumu oluşmamış yavru birey.....	21
Şekil 2.6 Kokon ve yumurtalar	22
Şekil 3.1 Deneme kültür kapları	23
Şekil 3.2 Zeolit ve torf	24
Şekil 3.3 Ergin beyaz kurt.....	25
Şekil 3.4 Deneme yemleri.....	26
Şekil 3.5 Deneme şeması	27
Şekil 3.6 Farklı yaşam evrelerindeki beyaz kurt.....	29
Şekil 3.7 Beyaz kurt boy ölçümleri	30
Şekil 4.1 İki aylık deneme sonunda kültürdeki bireylerin ağırlık dağılımı	33

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	: Santigrat derece
cm	: Santimetre
°F	: Fahrenheit derece
m	: Metre
mm	: Milimetre
µm	: Mikrometre
%	: Yüzde

Kısaltmalar

OECD:	: Ekonomik ve Kalkınma İş Birliği Örgütü
pH	: Hidrojen iyon konsantrasyonu negatif logaritması
ppt:	: Parts per thousand (binde bir kısım)

1. GİRİŞ

Su ürünleri üretimi dünyada en önemli sektörler arasında yer almaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği, insan gıdası olarak değerli bir gıda kaynağı olmasının yanı sıra, doğal canlı türlerin korunması adına da öneme sahiptir. Akvaryum balıkları sektörü de su ürünleri sektörünün önemli bir kolunu oluşturmaktadır. Akvaryum sektörü; tatlı ve tuzlu su balıklarından omurgasız canlılara, bitkilerden mercan kayalıklarına, akvaryum sistemlerinin kurulum ve bakım materyallerinden görsel kalitesinin zenginleştirilmesi için kullanılan materyallere, yemlerden ilaçlarına kadar çok geniş bir alanı içine almaktadır. Dünya genelinde milyon dolarlık ticaret hacmine sahip olan bu sektör içerisinde Türkiye, önemli bir üretim potansiyeline sahiptir. Ancak, bu potansiyelini tam olarak değerlendirebilme aşamasına ulaşamamıştır.

Ghosh vd. (2003)'a göre, süs balıkçılığı ekonomikliği, kolay uygulanabilirliği, ilgi çekici ve stres giderici özelliği ile bir hobi olarak popüler hale gelmiştir. ABD'de 7,2 milyon ve Avrupa'da 3,2 milyon ev akvaryumu bulunmakta ve dünya çapında gün geçtikçe bu sayı artmaktadır. Süs balıkçılığı da bu talebi karşılayacak şekilde büyümektedir. ABD, Avrupa ve Japonya dünyadaki en büyük akvaryum balık pazarı olup, ihracatın %65'inden fazlası Asya'dan karşılanmaktadır.

2001 yılında dünya genelinde tatlı ve tuzlu su canlı akvaryum balıkları ticaret hacmi yaklaşık 415 milyon ABD doları düzeyinde iken, 2011 yılında 735 milyon ABD doları ile en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Uluslararası ticaret hacminin önemli bileşenlerinden biri olan dış satım değerleri 2001-2018 döneminde yıllık %4,37 artarak 2018 yılında 342 milyon ABD dolarına ulaşmıştır. 2011 yılında en yüksek değeri olan 379 milyon ABD doları düzeyine ulaşmış ve sonrasında bir miktar azalarak sabit düzeyini korumuştur. Akvaryum balıkları ticaretinde 2018 yılında 105 ülke yer almakta, Japonya, Singapur, İspanya, Endonezya, Tayland, Çekya, Malezya, Myanmar, Hollanda ve Kolombiya en yüksek ticaret değerine sahip ilk 10 ülke konumundadır. Akvaryum balıkları ticaretinin %63,7'lik kısmını tatlı su balıkları oluşturmaktadır, ancak uluslararası pazarda ticareti yapılan deniz türlerinin oranı da her yıl artmaktadır. Dünya süs balıkları sektörü 15 milyar ABD doları değerinde olup, 2 milyardan fazla canlı süs balığının ticareti yapılmaktadır (Satam vd., 2018; Anonim, 2019; Bulut ve Özcan, 2022).

Tolon ve Emiroğlu (2014), yaklaşık 2000 yıllık geçmişe sahip olan akvaryumlarda balık yetiştirmenin günümüzde en popüler hobiler arasında olduğunu, dünya üzerinde yaklaşık

225 ülkenin bulunduğu akvaryum balığı uluslararası ticaretinde her yıl 4000' den fazla tatlı su ve 1400' den fazla tuzlu su türü olmak üzere yaklaşık 1 milyar akvaryum balığının alıcı bulunduğunu, su ürünleri sektöründe adet, boy ve uzunluk başına maliyet bakımından en değerli balığın akvaryum balıkları olduğunu bildirmektedirler.

Su ürünleri üretiminde, avcılık ile üretimin yanı sıra yetiştiricilik yoluyla üretim sürdürülebilirlik adına çok önemli bir konuma sahiptir. Yetiştiricilik yöntemi ile üretim, gerek yemeklik balık üretimi olsun gerek akvaryum canlıları üretimi olsun kontrollü koşullar altında yapılabilmesi sayesinde gelecekteki talepleri karşılama potansiyeli taşımaktadır. Gerek yemeklik gerekse süs balıkları yetiştiriciliği tatlı, tuzlu ve acı su türlerini içine alan önemli sayıda tür çeşitliliğine sahiptir. Sucul canlıların yetiştiriciliğinde en önemli etkenlerden biri ideal beslenme koşullarının uygulanmasıdır. Beslenme, kültür balığının genetik potansiyelini ortaya çıkarabilmesi için, büyüme ve üreme açısından en önemli faktörlerden biridir. Kültür balıkçılığında kuru karma yemlerin yanı sıra, canlı yemle besleme; balıkların büyüme, yaşama ve üreme gibi özellikleri üzerine olumlu yönde etki göstermektedir. Yetiştiriciliğin başarısındaki en önemli kriterlerden birisi de canlı yem uygulamalarıdır. Bu anlamda, sucul canlı türünün yaşamsal ihtiyaçlarını karşılamaya uygun, ekonomik ve kolay uygulanabilir, hijyenik ortamda yetiştirilebilir canlı yem üretimi oldukça önemlidir. Toprak kurtları bu anlamda yüksek protein değeri ve uygun aminoasit kompozisyonu özellikleri ile kaliteli canlı yem grubu içerisinde yer almaktadır (Ghosh vd., 2003; Tappin, 2010; Rezvani vd., 2011).

Akvaryum balıkları yetiştiriciliğinde canlı yem olarak en çok tercih edilen kurt türleri, tubifex, (*Tubifex tubifex*), grindal kurt (*Enchytraeus bucholzi*), mikro kurt (*Panagrellus redivivus*), toprak solucanı (*Eisenia fetida*) ve beyaz kurt (*Enchytraeus albidus*) şeklinde sıralanabilir. Bu anlamda özellikle birçok *Enchytraeus* sp. türü, çok sayıda balık türünün farklı yaşam evrelerindeki ağız açıklıklarına uygunluğu, besin ihtiyaçlarını dengeli bir biçimde karşılayabilme potansiyeline sahip olması, tatlı sulardan tuzlu sulara kadar geniş bir tuzluluk ve geniş bir sıcaklık aralığında yaşayabilmesi ve birçok balık türü tarafından kolaylıkla ve iştahlı bir biçimde tüketilebilmesi, içerdiği besin elementleri içeriğinin beslenme planlamaları ile zenginleştirilebilmesi gibi dikkat çekici özelliklere sahiptir.

Beyaz kurt (*Enchytraeus* sp.) Enchytraeidae familyasındandır. Canlı yem üretiminde, besleme değerinin yüksek olması, steril veya dezenfekte koşullarda (hastalık etkenleri ve diğer türlerden ayrı) üretilbilmesi, yetiştiriciliğinin kolay, ekonomik ve sürekli olması gibi kriterler önemlidir. Doğadan toplanan veya kontrollü koşullarda üretilen birçok

canlı yem türüne kıyasla beyaz kurt, hijyenik ortamlarda kolaylıkla, bol miktarda, kesintisiz ve ekonomik olarak yetiştirilebilme olanaklarının yanı sıra özellikle besin kalitesi ile ön plana çıkmaktadır.

Kontrollü koşullar altında üretilmiş olan beyaz kurtların gerek yemelik gerekse akvaryum balıkları sektöründe kaliteli bir canlı yem olarak kullanımı gün geçtikçe artmaktadır (Öz vd., 2015; Ruby vd., 2024).

Farklı maliyetlerdeki yemler ile beslenen beyaz kurdun besin içeriğinin ve üretiminin beslenme ve üretim prosedürüne bağlı olarak yüksek protein (%49-69), yağ (%10-27) ve düşük kül (%5-8) içeriğine sahip olabileceği ve yağ asitleri profilinin rotifer, artemia ve kopepod gibi standart canlı yemlerle kıyaslandığında n-3 serisi uzun zincirli çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin daha az olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, beyaz kurtun yem olarak avantajlı yönleri bulunmasına karşın, ticarileştirilebilmesi için daha büyük miktarlarda üretim olanaklarının geliştirilmesi ve aynı zaman da üretim maliyetlerinin azaltılması için kültür tekniklerinin geliştirilmesinin zorunlu olduğu ve rakip türleri ile kıyaslandığında, n-3 LC-PUFA serisinin zenginleştirilmesi gerekliliği de belirtilmiştir (Fairchild vd., 2017).

Canlı yemler, su ürünleri yetiştiriciliğinde birçok balık türünün larva aşamaları için gereklidir ve canlı yemlerle yetiştirilen yavru balıklar genellikle karma yemlerle yetiştirilenlere göre daha yüksek hayatta kalma ve büyüme oranına sahiptirler. Karasal Enchytraeidlerden (beyaz kurt) *Enchytraeus albidus* türünün, kolayca ve seri üretilmesi, geniş bir yelpazedeki organik atık maddelerle beslenmesi, yüksek protein ve uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri içeriğine sahip olması sürdürülebilir canlı yem kaynağı olma potansiyelini artırmaktadır. Geleneksel olarak, tuzlu su karidesi (*Artemia* sp.) ve rotifer çeşitli balıkların ilk beslenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, artemia kistlerinin doğal kaynakları sınırlı hale gelmekte, maliyetleri önemli ölçüde artmakta ve yıldan yıla değişmektedir. Bu nedenden dolayı son yıllarda balık larvalarının besin gereksinimlerini karşılayabilecek ve artemiadan daha ucuz olan alternatif canlı yem türlerine yönelik ilgi ve çabalar artış göstermiştir. Canlı yem olarak en uygun türler arasında, kopepodlar, nematodlar ve oligoketler bulunur, ancak bunların seri üretimi henüz tam olarak gelişmemiştir. Seri üretimi optimize etmek ve bu üretimin ekonomik sürdürülebilirliğini sağlamak için bu türün biyolojisi ve fizyolojisi hakkındaki bilginin artırılmasına yönelik araştırmalara gereksinim olduğu bildirilmektedir (Dai vd., 2021).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde canlı yemin kullanılması her zaman ayrı bir önem taşımıştır. Uygun bir canlı yemin en önemli özellikleri besin değerinin yüksek olması, kontaminasyon ve patojenlerden arındırılmış olması, üretiminin kolay, ekonomik ve sürdürülebilir olmasıdır. Beyaz kurt özellikleri dikkate alındığında ve diğer canlı yemlerle karşılaştırıldığında, çeşitli su hayvanlarının yetiştirilmesinde en iyi seçeneklerden biridir. Bu kurtların farklı deniz ve tatlı su balıklarını beslemek için kullanılmış olması ve farklı türlerin farklı yanıtlar vermesi, kullanımının yüksek potansiyele sahip olduğunu, diğer yandan farklı balık türlerinin beslenmesi konusunda ek araştırmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir (Amini Chermahini vd., 2023).

Enterasidler özellikle *E. albidus* türü 30 yılı aşkın süredir ekotoksikolojik çalışmalara konu olmuş ve kültürü için su, toprak ve agar gibi farklı ortamlarda çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca, canlı yem olarak değerlendirilebilmesi için yetiştiricilik ortamına yönelik araştırmalar da son yıllarda artarak devam etmektedir. Beyaz kurt, su ürünleri yetiştiriciliği için canlı yem kaynağı olarak veya yeterli üretim sağlanabildiğinde kurutulmuş veya dondurulmuş olarak ya da işlenip yem hammaddesi olarak kullanılabilme potansiyeline sahiptir. Saksı kurtları olarak da adlandırılan beyaz kurt (*Enchytraeus* sp.) türünün genel özellikleri ve kültür koşullarının belirlenmesi, tüm bu potansiyel özelliklerinin (besin kalitesi, yetiştiriciliğe elverişli olması, yavru veya ergin birçok balık türü tarafından tüketilmesi vb.) belirlenebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada, beyaz kurt (*Enchytraeus* sp.) türünün su ürünleri yetiştiriciliğinde canlı yem olarak kullanılabilirliği için yetiştiricilik koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Genel Bilgiler

Oligoket, Yunancada oligo: az, chaeta: seta, kıl anlamına gelen kelimelerden türeyen, segment başına düşen seta sayısı az anlamına gelmektedir. Oligoketler ekosistemde önemli bir role sahiptirler. Zeminin organizmalar tarafından karıştırılması anlamına gelen biyoturbasyon olayının gerçekleştirilmesinde oligoketler aktif rol oynarlar. Toprak solucanları, halkalı solucanlar olarak bilinen Annelida (segmentli kurtlar) şubesinin Oligochaeta sınıfına ait Lumbricidae familyası içinde yer alırlar. Bunlar uzun vücutlu ve hemen hemen silindirik yapıda halkalı solucanlardır. İlk ve son segment dışında her gövde segmentinde, hareket sırasında tutunma ve bazılarında da üreme işine hizmet eden, çiftler halinde 4 demet seta bulunduğu için ait oldukları sınıfa Oligoket adı verilmiştir (Mısırlıoğlu, 2001; Taş, 2008).

Oligochaeta (solucanlar) sınıfına ait olan birkaç familyanın üyeleri gerçek toprak solucanlarıdır. Avrupa’da saptanan toprak oligoketlerine ait iki familya bulunmaktadır. Bunlar Lumbricidae veya ‘gerçek yer solucanları’ ve Enchytraeidae olarak tanımlanan, daha küçük ‘saksı kurtları’dır. Toprakta yaşayan büyük omurgasız hayvanların en önemli grubunu oluşturan yer solucanları Oligochaeta sınıfı (Solucanlar) vasıtası ile Annelida (halkalı kurtlar) şubesine bağlıdır (Haktanır ve Arcak, 1997).

Enchytraeidae olarak tanımlanan familyanın ilk üyesi olan *E. albidus* türü, 1847 yılında Henle tarafından tanımlanmıştır. Enchytraeus cinsinde 116’ya yakın tür tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar içerisinde *E. albidus*, *C. sphagnetorum*, *E. crypticus*, *E. buchholzi*, *E. minutus*, *E. lacteus*, *E. bigeminus*, *E. friderica* sp., *E. bulbosus*, *E. japonensis*; *E. chaoyangensis*, *E. coronatus*, *E. doerjesi* sayılabilir. *E. albidus* türünün diğerlerinden biraz daha büyük olması ve bakımının kolaylığı bilimsel araştırmalara model olmasına ve yanı sıra ticari olarak da üretiminin hızlanmasına neden olmuştur. Özellikle balık ve kuş yemi olarak ticari öneme sahiptir (Christensen, 1956; Rota, 1994; Westheide ve Müller, 1996; Myohara vd., 1999; Xie vd., 2000; Rodriguez vd., 2002; Römbke ve Moser, 2002; Owojori, 2009).

Saksı kurtları (Enchytraeidae), 1-5 mm uzunlukta, küçük, beyaz canlılar olup, toprakta küme halinde çok sayıda bulunurlar. Yaşam alanları yaprak döküntü katmanı veya toprakların yüzey kısımlarıdır. Toprağın kurumasına karşı çok duyarlı olan bu canlılar,

genellikle nemli ılıman iklimlerde fazlaca bulunurlar. Saksı kurtları, kıyısal (sahil) bölgelerde, sucul ve karasal habitatlarda ve çoğunlukla nemli orman topraklarında bulunmaktadır. Yaşamları için en ideal ortam organik maddece zengin hafif asidik topraklardır. Toprak yapısının sıkı olduğu alanlarda sayıları metrekarede 30 bireye kadar azalır. Bu canlılar enzim salgılamadıklarından, karmaşık bitkisel polisakkaritleri özümleyemezler. Bu nedenden organik maddenin kimyasal ayrışımında çok etkin değillerken; besin olarak bakteriler, protozoalar, polenler ve diğer toprak hayvanlarının artıklarını tüketirler. Bu canlıların diğer bir ekolojik rolleri, yer solucanlarına benzer şekilde suya dayanıklı agregatlar (topraktaki kil, kum gibi yapıların organik madde ve canlı salgıları sayesinde oluşturdukları en küçük doğal toprak parçası) oluşturmaları ve ayrıca toprak mikroflorasının aktivitesinin uyarılmasına etkide bulunmalarıdır (Haktanır ve Arcak, 1997).

Bu canlıların vücutları kuvvetli kas yapısı olan çok sayıda (100-200 adet) segmentten oluşmuştur. Yutak sistemlerinde özel bir çene ve öğütücü kısım olmadığından besin maddelerini birlikte yutmuş oldukları ince taş parçacıkları yardımı ile öğütürler. Her türlü bitkisel artıklar, proteinli dokular ile beslenirlerse de, ana besin kaynaklarını bitki artıkları ile özellikle yaprak dokusu oluşturmaktadır (Haktanır ve Arcak, 1997).

Tüm oligoket kurtları vücutlarının çoğu segmentlerinde demetler halinde küçük kıllara (setalara) sahiptirler. Enchytraeidae familyasında bu kıl demetleri 2. segmentten başlar ve her bir demette genellikle 4 kıl bulunmaktadır. Tüm kıllar basittir ve yuvarlak (noktasal) şekilde bitmektedir. Şekilleri düz veya sigmoid (S şeklinde) olabilmektedir. Hermafrodit olan saksı kurtlarında testisler 11. segmentte, ovaryumlar ve erkek açıklığı 12. segmentte ve sperm depolayıcılar (spermateka çifti) 5. segmentte bulunmaktadır (Tarmo, 2012).

Enchytraeus albidus, cins içinde nispeten daha büyük olan türdür. 10-35 mm arasında değişen bir uzunluğa ve 0,5-1,0 mm'lik çapa sahiptir. Beyaz renkte (bazen sarımsı bir renk tonu ile) ve mikroskopla bakıldığında genellikle şeffaftır. *Enchytraeus albidus* türünün segment sayısı 52-74 arasında değişmektedir. Klitellumun varlığı yetişkin bireylerin bir özelliğidir. Klitellum 12. ve 13. segmentlerin tamamını kapsar. *Enchytraeus albidus* türünün klitellumu, epidermiste, yumurtaların bırakılması ve döllenmeyi kolaylaştırmak için çiftleşme partnerinden alınan spermatozoanın kozanın içine ekstrüde edilmesinden sorumlu özel bir yapıdır. *Enchytraeus albidus* hermafrodit bir üreme sistemine sahip olsa da birçok tür eşeyli üreme göstermektedir. Çiftleşme sırasında sperm

bir solucandan diğerine aktarılır. Dölllenmiş yumurtalar klitellum tarafından üretilen kokona bırakılır. Kokonlar genellikle yavruların yumurtadan çıkıp geliştiği toprak veya su ortamlarına bırakılır. *Enchytraeus albidus* türünde yumurta çapı yaklaşık 300-500 µm arasında değişmektedir. Genel olarak, yumurtadan çıktıktan 5-7 hafta sonra cinsel olgunluğa ulaşılır (Bell, 1958; Jamieson ve Ferraguti, 2006; Hönemann ve Nentwig, 2009; Maraldo ve Holmstrup, 2009; Eryalçın ve Tınkır, 2024).

Tek bir solucanın ömrü 9 ay kadardır ve her biri 3-20 canlı yumurta içeren yaklaşık 50 adet kokon üretebilir (Ivleva, 1973). Embriyonik gelişim süresi 20 °C'de yaklaşık 12 gündür. Yeni yumurtadan çıkan solucanların uzunluğu 1-2 mm' dir ve olgunlaştıklarında 20-40 mm' ye ulaşabilirler (Dai vd., 2021).

E. albidus türünün embriyonik gelişim, vücut büyümesi, olgunlaşma ve üremesi için gerekli optimum sıcaklık 15-22 °C olarak belirlenmiş olsa da popülasyon artışının 2 °C ve 25 °C' de bile gerçekleşebileceğini bildirmiştir. Genel olarak *E. albidus* türünün - 25°C ile + 35°C sıcaklık aralığında hayatta kalabildiği bildirilmektedir (Dai vd., 2021; Holmstrup vd., 2023).

2.2. Literatür Özeti

2.2.1. Beyaz kurt kültür ortamı

Haukka (1987)'nın *E. fetida* (Lumbricidae) ve *E. albidus* (Enchytraeidae) türleri ile yaptığı araştırma, iki farklı sıcaklık (15 °C ve 25 °C) ve iki farklı nem (%50, %80) ortamında, 95x95x65 mm'lik plastik kültür kutularında yürütülmüştür. Denemede kullanılan toprağa, içerisindeki diğer canlıların uzaklaştırılması için 105 °C sıcaklıkta 2 saat süre ile kurutma işlemi uygulandığı ve kutuların kapağına havalandırma için 1 cm² lik 4 adet delik açıldığı bildirilmiştir. Yem olarak, %31 haşlanmış patates, %31 arpa lapası, %16 beyaz ekmek, %16 et ve %6 portakal kabuğu karışımı kullanılmıştır. Kültürün nemini koruması için 2-3 gün aralıklarla su eklendiği ve deneme süresinin 23 gün olduğu belirtilmiştir. Araştırma sonunda *E. albidus* türünün büyümesi üzerine nemin en önemli faktör olduğu, %50 nemin %80 nemden daha ideal bulunduğu belirtilerek, sıcaklık faktörü ile hayat uzunluğu ve olgunluk döneminin etkilendiği; 25 °C'de olgunluğa erişimin 20 günde, 15 °C'de ise 30 günde gerçekleştiği bildirilmiştir.

Amorim vd. (2008) yaptıkları çalışmada *E. albidus* üzerine farklı toprak özelliklerinin etkisini araştırmışlardır. 5 tekerrürlü cam kültür kaplarının her birine 25 gram toprak, yem

ve 10 adet klitellumu gelişmiş ergin kurt yerleştirilmiştir. 20 °C ve 16:8 saat aydınlık:karanlık döngüsünün uygulandığı çalışma 6 hafta sürdürülmüştür. Araştırmanın başlangıcından üç hafta sonra ergin kurtların kültür kaplarından ayrılarak sayıldığı ve ergin bireyler tarafından bırakılan kokonların inkübasyonu için üç hafta daha araştırmanın yürütülerek yavru sayısının belirlendiği bildirilmiştir. OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü) tarafından kabul edilen standart toprağının (%70 kum, %20 kil, %10 turba ve pH 6,3), kültür için ideal bulunduğu ve OECD toprağına alternatif olarak kullanılan toprağın (%70 kil, %5 turba ve pH 5) canlının üzerinde strese neden olduğunu belirlenmiştir.

Walsh vd. (2015)'in *Pseudopleuronectes americanus* türünün beslenme performansı üzerine canlı ve suni diyetin etkileri başlıklı araştırmalarında, *E. albidus* türü canlı yemi üretmek için 34,5x20,25x12,75 cm'lik plastik taşıyıcılarda, 5-7 cm yüksekliğinde nemli organik saksı toprağı eklenerek hazırlanan üretim ortamına aşılandığı belirtilmiştir. Kurtların beslenmesi için ticari pelet yem kullanıldığı ve yemin kültür kabının orta kısımlarına doğru yerleştirildikten sonra toprak ile kapatıldığı bildirilmektedir. Kültür kaplarının nem içeriğini korumak, ışık emilimini azaltmak ve dış ortamdan bulaşmaları (akar, böcek vb) önlemek için opak bir kapak ile kapatıldığı bildirilmektedir. Yem tüketimi gözlemlenerek, gerektiğinde (haftada bir) yem ilavesi yapılarak 18-23 °C'lik kültür koşullarında kurtların ağırlığının 40 gramı geçtiği ve 2-4 gün aralıklarla hasat edildiği ve balıkların beyaz kurdu av olarak çok hızlı algıladıkları bildirilmiştir.

Höneman ve Nentwig (2009), *E. albidus* bireylerinin klitellum bölgesinde yumurta bulunan bireyler ile yürüttükleri çalışmada, mısır ve yulaf gevreği tozu (%70/%30 oranında) karışımının su ile nemlendirilmesi ile hazırlanan yemler ile beslendiklerini bildirilmişlerdir. Denemede bahçe-balkon bitkileri için kullanılan, %40 bataklık torfu, %40 ağaç kabuğu gübresi ve %20 ağaç liflerinin karıştırıldığı toprağın 2 mm' lik elekten geçirildikten sonra kullanıldığı ve pH değerinin 5,9, nem koşullarının %60 olduğu belirtilmiştir. Altı haftalık deneme süresince 16 saat aydınlık: 8 saat karanlık döngüsü ve 20 °C'de, 20 gram kuru ağırlıktaki toprak, 8 cm yükseklik 6 cm çapında olacak biçimde doldurularak düzenlenmiştir. Deneme başlangıcında 10 adet ergin birey ve 0,3 g yem deneme kültür kaplarına eklenmiştir. Her 3 günde bir kontrol edilerek tüketilmeyen yem ortamdan uzaklaştırılmış ve ortam neminin korunması için su ilave edilmiştir. Üç hafta sonunda ortamdan ergin kurtlar ayrılarak sayım işlemi yapılmıştır. Bu işleminden sonra üç hafta daha deneme yürütülerek, yavru sayısı belirlenmiştir. Üç hafta sonunda kalan anaç

birey sayısının 8-10 arasında olduğu, bundan sonraki üç haftalık süreç sonunda ise en yüksek yavru sayısının sırasıyla 142, 81,79, 69 ve 51 birey olduğu belirlenmiştir.

Römbke ve Moser (2002), *E. albidus* türünün bilimsel olarak Entrasid familyasının yeni bir türü olarak 1847'de Henle tarafından tanımlandığını, ideal kültür ortamlarının saf bahçe toprağı veya suni toprak ile bahçe toprağının karışımı ile hazırlanan 12-22 °C (optimum 15 °C)'lerde olduğunu ve 25 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda üretimin duracağı ve zararlı etkilerin olabileceğini bildirmiştir.

Lock ve Janssen (2001) *E. albidus* türünde, kil ve organik materyal çeşidinin çinko ve kadmiyum toksisitesine etkilerinin incelendiği araştırmalarında, %70 iri taneli kum, %20 kaolinit kil ve %10 turba karışımının CaCO_3 kullanılarak pH'sının 6 olacak ve nem içeriği ise deiyonize su ile %50 olacak şekilde ayarlandığını belirtmişlerdir. Sürekli karanlık ortamda ve 20 °C'de yürütülen çalışmada haftada 1 öğün öğütülmüş yulaf ile besleme yapılmıştır.

Christensen (1956) *E. albidus* kültürü için kullanılan toprak materyalinin kullanılmadan önce 40 °C'de 4-5 saat süre ile sterilize edildiğini bildirmiştir. Bu araştırmada *E. albidus*, *E. buchholzi* ve *Lumbricillus lineatus* türlerinin uzunluk ve çapları sırasıyla 20-35 mm ve 0,7-1,0 mm; 5-10 mm ve 0,3 mm ve 12-18 mm ve 0,5-0,8 mm olarak belirlenmiştir.

Westheide ve Müller, (1996), *E. albidus* ve *E. crypticus* türünün morfoloji ve üreme koşullarının incelendiği araştırmada, toprak ve agar kültür ortamının oluşturulduğunu, yulaf ununun besin olarak kullanıldığını bildirmektedir. Mikroskop altındaki işlemlerde canlıların kurumaması için lam üzerine biraz su ve agar ile oluşturulan ortamın lamel ve balmumu ile kapatılması işleminin başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Bu prosedür ile ilk bölünmelerden kuluçkadan çıkış evresine kadar gözlemlene yapılabildiği ve akar, mantar veya bakteri vb. bulaşmasının da engellendiği belirtilmektedir.

Lindfeld vd. (2011) Entrasidler üzerine kirliliğin etkisinin araştırıldığı çalışmada, *E. albidus* stok kültüründe 20 °C'de strafor kutularda nemlendirilmiş toprak koşullarında haftada bir kez yulaf gevreği ile beslenme yapıldığını ve bireylerin olgunlaşıp klitellumu belirlendiğinde yaklaşık 1 cm uzunluğunda ergin bireylerin denemeye alındığını bildirmişlerdir. Araştırma toprağı olarak, çalışmanın başlangıcında 40 °C'de 4 gün süre ile kurutulup elenen 6,3 pH değerindeki bitki toprağının (işlenmiş bataklık torfu, ağaç kabuğu gübresi, ağaç lifleri, yeşil gübre karışımı) kullanıldığı bildirilmektedir. Altı haftalık besleme periyodu 7x7 cm'lik plastik deneme kaplarında yürütülmüş,

havalandırma gözeneklerinin tüllerle kapatılarak, kurtların çıkışının önlenmesi 20 °C’de, 8 saat karanlık-16 saat aydınlık koşullarında sağlanmıştır. Test kaplarının nemi %60 olacak biçimde hazırlanarak 10 adet ergin kurt ve 0,3 g yem ortama yerleştirilmiştir. Üç günde bir kalan yemin mantarlaşmasını önlemek için ortamdan uzaklaştırıldığı ve yeni yem eklendiği ayrıca gerekli olduğunda ortamın nemlendirilerek 3 hafta sonra ergin kurtların ortamdan ayrılarak sayıldığı bildirilmektedir. Kokon gelişimi için kültür koşulları 3 hafta daha sürdürülmüş ve süre sonunda tüm toprak küçük miktarlar halinde ayrılarak, mikroskop altında yavru sayıları belirlenmiştir. Deneme sonunda, ergin kurtların yaşama oranı %85 ve her kültür kabında yaşayan yavru sayısının ortalama 50 birey olduğu belirlenmiştir.

Rodriguez vd. (2002) *Enchytraeus coronatus* türünün üreme biyolojisi ve hayat döngülerinin incelendikleri çalışmada, gözlemlerin yapılabilmesi ve canlılığın sürdürülebilmesi için agar kültürünün tercih edildiğini bildirmişlerdir. Ortam sıcaklığı olarak 20 °C’nin sağlandığı 21-22 günlük jenerasyon süresinde, kuluçkadan çıkış oranının %80 olduğu, yumurtadan çıkıştan sonraki 8-10 günlük süreçte cinsel olgunluğa ulaşıldığı tespit edilmiştir. Kokon üretiminde zaman ile düzenli artışın olduğu bir periyot (4-9. hafta), her hafta 5 kokon gibi yüksek bir oranın olduğu periyot (10-20. hafta) ve üretimde azalmanın olduğu (her bireye ortalama 1,6 kokona kadar) bir periyot (21-32. hafta) ve optimum üreme periyodunun 8. ve 20. haftalar arasında olduğu belirtilmiştir.

Fairchild vd. (2017) düşük maliyetli veya maliyetsiz atık niteliğindeki yemler (öğütülmüş atık kahve, atık tahıl taneleri, tüketilmeyen ekmek, karışık ürünler ve su yosunu) ile yaptıkları araştırmada, 6, 9 ve 12 haftalık üretim periyodu sonunda kurtları hasat etmişlerdir. Denemede 45 plastik taşıyıcı (33x19x10 cm (6,4 l)), 3 tekerrürlü olacak şekilde kullanılmıştır. Deney kaplarına 5 cm derinliğinde, deniz suyu ile nemlendirilmiş ve elenmiş organik saksı toprakları kültür materyali olarak yerleştirilmiştir. Taşıyıcılara 0,3 kurt/100 cm³ toprak başlangıç stoklama oranı ile yaklaşık 210 adet kurt yerleştirilmiştir. Tüm kültür kapları kapak ile kapatılmış ve karanlık ortamda tutulmuştur. Deneme yemleri uygun boyut ve kıvama getirilerek kurtlara haftada 0,8 g yem/g olacak biçimde kültür kabının zeminine yerleştirilmiş ve toprak ile kaplanarak, maytların ve küçük sineklerin bulaşması minimize edilmeye çalışılmıştır. Haftalık olarak yemler yenilenmiştir ve toprağın pH, sıcaklık, nemi ölçülmüştür. Nem kontrolü için, kuru toprak veya deniz suyu ilave edilmiştir.

Memiş vd. (2004) özellikle akvaryum balıkları ve mersin balıkları için kullanılan canlı yem türü beyaz kurdun *Enchytraeus albidus* beş farklı diyet ile beslendiği, dört diyetin karbonhidratlar (buğday, ekmek, süt), sebzeler (elma, muz, hurma), meyveler (kabak, ıspanak, patates, havuç) ve ticari alabalık peletini kapsadığını, beşinci diyetin ise bunların karmasından oluştuğunu bildirilmişlerdir. 10 cm derinliğinde ve 20 cm çapındaki ağaç kutularda kültür ortamı oluşturulmuş, gübre ve kimyasal olmayan 300 g humus ve bahçe toprağı ile doldurulmuş ve pH 6,8-7,2 ve nem oranı da %22-26 aralığında tutulurken ortam sıcaklığı 20 °C olarak ayarlanmıştır. Deneme kutularına 10 adet ergin kurt yerleştirildikten sonra toprağın üzerine yaş ağırlığı 4-5 g olan yem haftada bir defa bırakılmış ve bir miktar toprak ile kapatılarak gerektiği kadar su püskürtme yöntemiyle su eklenerek, kutuların üzeri kuruma, predatör bulaşması veya ışığa karşı önlem olması için kapatılmıştır. 91 günlük araştırmanın sonunda deneme başındaki 10 birey 342 bireye ulaşmıştır. Üremeye ait verilerde en iyi artışın alabalık pelet yemi ile beslenen uygulamadan elde edildiği ayrıca 12 günde yumurtadan çıkış ve 20 günde de üremenin başladığı belirtilmiştir. Genç bireylerin kokonları 9-10 adet yumurta içerirken olgun bireylerde bu sayının 20-25'e kadar yükseldiği ve yaşlı bireylerde bu sayının 2-3'e düştüğü, bir kokonda en yüksek yumurta sayısının ise 35 olduğu da tespit edilmiştir.

Kurt kültürünün kullanımı, biyokütlelerinin maksimum arttığı dönemde, yani ekimin başladığı andan itibaren 40–50 gün içinde başlamaktadır. Saksı kurtları günlük olarak 35–420 g/m² (0,2 m² alana sahip kutudan 70-80 g) miktarında topraktan hasat edilebilmektedir. Yaklaşık 6 ay sonra substrat değiştirilmeli ve yenilenmesi için kültürün değiştirilmesi gerektiği bildirilmektedir (Springett, 1964; Fedonenko vd., 2017; Fairchild vd., 2017; Kolensky vd., 2019; Eryalçın ve Tınkır, 2024).

On yetişkin kurt, 30 g nemli toprak içeren 80 ml'lik plastik şişelere yerleştirilmiş ve şişeler, gaz değişimine izin veren delikli plastik bir kapakla kapatılmıştır. Şişeler iki hafta boyunca 18±1 °C'de tutularak yetişkinlerin kokon üretmesi sağlanmıştır. Yetişkinleri beslemek için haftada iki kez yulaf ezmesi (yaklaşık 15 mg kuru ağırlık) eklenmiş, buharlaşma yoluyla topraktan kaybedilen su miktarı belirlenerek uygun miktarda deionize su ilave edilmiştir. İki hafta sonra, yetişkinler deneme ortamından çıkarılmıştır. Toplamda, her biri yaklaşık olarak aynı sayıda 0-14 günlük kokon içeren 350 adet deneme şişesi hazırlanmıştır. Bu çalışmada, toprak kullanarak sıcaklığın birey artışı üzerindeki etkisi 5 ay süresince gözlenmiştir. Başlangıçta her ortama yaklaşık olarak aynı sayıda kokon yerleştirilmiş, yumurtadan çıkan *Enchytraeid*lere yem olarak yulaf ezmesi

verilmiştir. Seri üretim için en uygun sıcaklığı bulmak amacıyla 4–25 °C aralığındaki 7 farklı sıcaklıkta (4, 10, 15, 17, 20, 22, 25°C) *E. albidus* türünün geniş bir termal optimum aralığa sahip olduğu ve %6,5-6,8 arasındaki spesifik büyüme oranlarıyla 15–22 °C aralığında neredeyse benzer biyokütle üretimi sergilediği tespit edilmiştir. Bu sıcaklık aralığında protein içeriğinin kuru ağırlığın %40-45'i, glikojen içeriğinin %20-25 ve toplam yağ asidi içeriğinin %15-20 olduğu ve sıcaklığın yağ asidi bileşimi üzerinde oldukça önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Özellikle, omega-3 yağ asitlerinin (18:3 ω3 ve 20:5 ω3) düşük sıcaklıkta en yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Kitle kültürlerinde elde edilebilir kurt yoğunluğu açısından, bu araştırmanın sonuçları önceki araştırma sonuçlarından daha yüksek bulunmuş ve 1 ayda 100 g/l'ye yakın yoğunluklarda beyaz kurt olduğu belirlenmiştir. Maksimum biyokütle üretimi için 15-22 °C arasındaki sıcaklıklar önerilmektedir (Dai vd., 2021).

Bahrioğlu vd. (2023) *E. albidus* türü beyaz kurt kültüründe farklı yem ve substratlar üzerine yaptıkları çalışmada, 0,011 g başlangıç ağırlığında olan kurtlardan yaklaşık 9,3 g kültür toprağı içeren deneme kaplarına 150 adet aşılama ve 2 aylık süre sonunda bu sayının en düşük 57 adet ve en yüksek 2220 adet olduğunu bildirmişlerdir.

Tizkar vd. (2024) *E. albidus* türünün kültür ortamı üzerine araştırma yaparak farklı substratların ve farklı protein içerikli yemlerin kültür üzerine etkili olduğunu belirlemişlerdir.

2.2.2. Su ürünlerinde canlı yem olarak kullanılabilen bazı kurt türleri ile yapılan çalışmalar

Canlı yemler, su ürünleri yetiştiriciliğinde birçok balık türünün larva aşamaları için gereklidir ve formüle edilmiş yemle yetiştirilen balıklara kıyasla yaşama ve büyüme oranları üzerine daha fazla etkilidirler. Karasal enchytraeid (beyaz solucan), *Enchytraeus albidus*, kolaylıkla seri üretilmesi, çok çeşitli organik atık maddelerle beslenmesi ve yüksek protein ve uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri içeriğine sahip olması nedeniyle sürdürülebilir bir canlı yem kaynağı olma potansiyeline sahiptir (Dai vd., 2021).

Balık yetiştiriciliğinde kullanıma uygun canlı yemler arasında Oligochaeta solucanlarının (Oligochaeta) alt sınıfının temsilcileri, yetiştirme koşulları altında düşük bakım gereksinimleri ve suda uzun süreli hayatta kalma yetenekleri ile ayırt edilirler. Avrupa'da aulophorus (*Dero furcata*), çamur kurdu (*Tubifex tubifex*), saksı kurdu (*Enchytraeus*

albidus) ve Grindal kurdu (*Enchytraeus buchholzi*) balıkların beslenmesi amacıyla yetiştirilen en yaygın türlerdir (Kolesnyk vd., 2019).

Şahin vd. (2017) plati (*Xiphophorus maculatus*) türünün *Enchytraeus* sp. (beyaz kurt) ile beslenmesini inceledikleri çalışmada dondurulmuş beyaz kurt, dondurulmuş beyaz kurt ve ticari akvaryum balığı yemi kombinasyonları kullanmış, büyüme oranı, yem değerlendirme oranı ve yaşama oranının en ideal değerlerinin yarı yarıya ticari yem ve dondurulmuş beyaz kurt verilen gruplarda elde edildiğini bildirmişlerdir.

Kocaman vd. (2017) kahverengi alabalık (*Salmo trutta fario*) türünün *Enchytraeus albidus* (beyaz kurt) ile beslenme olanaklarını incelemişlerdir. Çalışmada alabalık pelet yemine farklı oranlarda (%0,25 ve %0,5) beyaz kurt ilave etmiş ve ticari yeme ek olarak verilen beyaz kurdun et kalitesinin artırılması için kullanılabileceği bildirilmişlerdir.

Farahi vd. (2010) melek balığı (*Pterophyllum scalare*) türünün toprak kurdu ile beslenmesini inceledikleri çalışmada ticari yem, sadece beyaz kurt, ticari yem-beyaz kurt kombinasyonlarından üç grup oluşturmuş, 60 gün sonunda yaşama oranının ve üreme oranının en ideal değerlerinin ticari yem-beyaz kurt verilen gruplarda elde edilirken, büyüme değerlerinin ise sadece ticari yem ile beslenen grupta olduğunu belirlemişlerdir. Benzer olarak Jimenez-Rojas vd., (2012) melek balığı (*Pterophyllum scalare*) türünün *Enchytraeus buchholzi* türü beyaz kurt ile beslenme koşullarını inceledikleri araştırmada balıkları ticari yem, ticari yem-beyaz kurt ve sadece beyaz kurt kombinasyonları ile beslemiş ve büyüme oranı ile yaşama oranının en ideal değerlerinin ticari yem-beyaz kurt karması verilen grupta elde edildiğini tespit etmişlerdir.

Kasiri vd. (2012) melek balığı (*Pterophyllum scalare*) türünü canlı toprak kurdu, kurutulmuş tubifex, kurutulmuş gammarus ve ticari yemden oluşan 4 farklı diyet ile beslemiş, büyüme oranı ve yaşama oranının en ideal değerlerinin ticari yem grubu ve canlı toprak kurdu verilen gruplarda elde edildiğini belirlemişlerdir. Araştırma sonunda, büyüme ve üreme dönemlerinde, hazırlanmış granül yem ve canlı toprak kurdunun kullanılmasının fayda sağladığı ve daha iyi sonuçlar elde etmek için bunların eş zamanlı kullanılması önerilmiştir.

Pratama vd. (2018) *Carassius auratus* türünün larvalarına farklı canlı yem kaynaklarının kombinasyonlarının etkisinin araştırıldığı çalışmada, en iyi büyüme ve yaşama oranı değerlerinin *Tubifex* sp. grubunda elde edildiğini bildirmişlerdir.

Rezvani vd. (2011) toprak kurdu (*Eisenia foetia*) ile beslemenin *Astronotus ocellatus* türünün gonodal gelişiminin ölçülmesindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada canlı yem ile beslenen grupta gonodal gelişimin ve üreme performansının, sadece ekstrüde yemle beslenen gruptan daha iyi olduğu tespit etmişlerdir.

Walsh vd. (2015) *Pseudopleuronectes americanus* türünün beslenme performansı üzerine canlı ve suni diyetin etkilerini araştırmışlardır. *Artemia* sp., *E. albidus*, *Leptocheirus plumulosus* türü canlı yemler ve ticari yem ile beslenen balıklarda en iyi performansın beyaz kurt ile beslenen gruptan elde edildiğini belirlemişlerdir. Denemede kullanılan canlı yemler ve ticari yemin besin içeriği kuru madde üzerinden yaklaşık olarak, beyaz kurtta; %75,90 protein, %15,09 yağ, %2,89 selüloz, %6,12 kül; artemiada; % 56,60 protein, % 0 yağ, % 9,09 selüloz, % 34,32 kül; *L. Plumulosus* türünde; % 52,93 protein, % 0 yağ, % 8,05 selüloz, % 39,02 kül; ticari yemde % 60 protein, %15 yağ, % 50,5 selüloz ve % 9,5 kül olduğu bildirilmiştir.

Vedrasco vd. (2002) ile Chebanov ve Galich, (2011) mersin balığı yetiştiriciliğinde juvenil aşama için *Enchytraeus* sp. türü kurtlarının kullanıldığını bildirmişlerdir. Mersin balığı kuluçkahanelerinde oligoketlerden *Enchytraeus albidus* türünün seri üretiminde, genellikle 50×40×12 cm boyutunda, %22–26 nem, 6,2–6,8 pH ve 18–20 °C'de küçük topaklı tchernoziem (siyah toprak, humus) ile doldurulmuş ahşap kutular kullanılmıştır. Öncelikle 9-10 cm'lik bir katmana 200-250 g/m² (kutu başına 40-50 g) saf solucan kültürüyle aşılanmış kaliteli bir toprak yayılmıştır. Bu ilk oligoket popülasyonunun beslenmesi için çavdar, kepek, un ezmesi, patates, lahana, pancar, yem mayası, bahçe yaprakları ve diğer karbonhidrat açısından zengin sebzeler kullanılmıştır. Toprağa katılan tüm bu besinler bir takım fermentasyon süreçlerinden geçmiş ve işlenmiş gıdalar, solucanların biyokütlesinin (kuru ağırlık) yaklaşık 6 katı dozajda haftada bir kez kutulara dağıtılmıştır. Hedeflenen üretim miktarının haftada, 350–420 g/m² olduğu bildirilmiştir.

E. albidus besin içeriği, ham protein %44,15 ± 0,7, ham yağ %10,06 ± 0,1 Kül %7,03±0,4 ve karbonhidrat %38,76±0,98 olduğu ve balık beslemede kullanıldığında özellikle besin değerleri zenginleştirilmiş canlı yemlerin hem yaşama oranının yüksek hem de büyüme performansının optimize edilmiş bir larval üretimi desteklediği bildirilmektedir (Akar, 2019).

Holmstrup vd. (2022) araştırmalarında Annelid solucan *Enchytraeus albidus* türünün, yavru Avrupa pisi balığı *Platichthys flesus* için canlı yem olarak kullanımını

incelemişlerdir. Optimum nem içeriği, tuzlu su (15 ppt tuzluluk) ve kuru substratın, 200 ml tuzlu su ile 1 kg kuru toprak/deniz yosunu karışımı oranında iyice karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Kurtlar yulaf ezmesi ile doyuncaya kadar beslenmiştir. Enchytraeus kurtları soğuk musluk suyunda durulanmış ve daha sonra tanklar arasında manuel olarak dağıtılmıştır. Araştırma sonunda, beyaz kurtun Avrupa pisi balığı için canlı yem olarak kullanılmasının mümkün olduğu belirlenmiştir.

2.2.3. Beyaz kurdun genel özellikleri

Toprakta yaşayan büyük omurgasız hayvanların en önemli grubunu oluşturan yer solucanları Oligochaeta takımı (Solucanlar) vasıtası ile Annelida (halkalı kurtlar) şubesine bağlıdır. Kuzey yarımkürede çayır ve orman arazilerin ağaç yaprağı döküntüsü katmanlarında m² de yüzlerce bulunabilen bu canlılar asit podzol (iğne yapraklı ormanların karakteristik toprağı) topraklarda yaygın olmayıp, m²de onlarca adet ile ifade edilebilirler. Tropik ve yarı tropik bölgelerde ılıman iklimde olduğu kadar yaygın değildirler. Kuzey yarıküre türleri nötral ve alkali koşullara adapte durumdayken, pek çok tropik ve güney yarı-küre solucanları asit koşullara daha iyi uyum sağlamıştır (Haktanır ve Arcak, 1997).

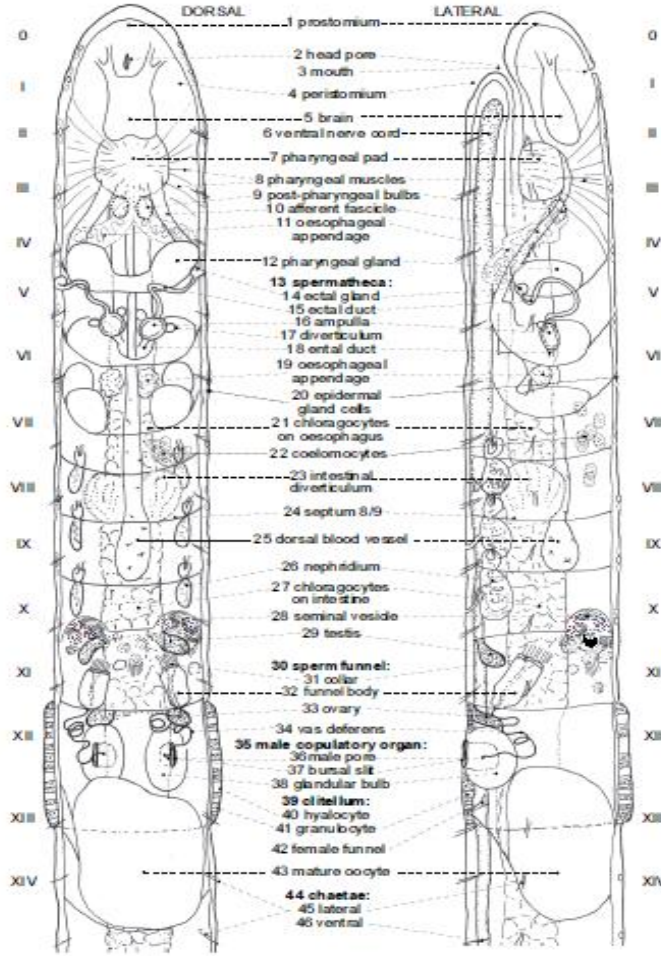
Küçük pigmentsiz oligoketler olan Enchytraeidlerin, 28 cinsinin 19 türü toprakta bulunur. Geriye kalanlar ise öncelikle deniz ve tatlı su habitatlarında bulunur. Enchytraeidlerin serin ve ılıman iklimlerde ortaya çıktığı ve genellikle organik madde bakımından zengin nemli topraklarda bulundukları bildirilmiştir. Enchytraeidler tipik olarak 10-20 mm uzunluğundadır ve minyatür olmaları gibi birkaç farklı özellikleri dışında anatomik olarak solucanlara benzemektedirler. Hem erkek hem de dişi açıklıklarını içeren XII. ve XIII. segmentlerde setalara ve bir klitelluma sahiptirler. Enchytraeidler hermafrodittir ve solucanlardakine benzer şekilde üremektedirler. Kokonlar bir veya daha fazla yumurta içerebilir ve yeni yumurtadan çıkan bireylerin olgunlaşması türe ve çevre sıcaklığına bağlı olarak 65-120 gün arasında değişebilir (Coleman vd., 2024).

Toprak kurtları 'halkalılar' olarak adlandırılan Annelida filumunda (şubesinde) yer almaktadırlar. Toprak kurtlarının vücudu aerodinamik yapıdadır. Toprak içerisinde kolayca hareketi sağlayacak biçimde çıkıntısız ve mukus ile kaplıdır. Gelişmiş sinir, dolaşım, boşaltım, kas ve üreme sistemine sahiptirler. Silindirik yapıdaki vücut, baş ve anal segment dışında, ön uçtan arka ucuna kadar hemen hemen birbirine benzeyen segmentlerden oluşmaktadır. Kurtların ön uç tarafları prostomium (ağız) kısmıdır.

Segmentlerden oluşmuş vücutları setalar (kıllar) ile kaplanmıştır. Birkaç istisna olmakla beraber tüm Oligoketlerin vücut duvarında ektodermal kökenli, kitin ve protein kısmından oluşan setalar bulunur. Genelde her segmentte iki dorsal, iki ventral olmak üzere dört seta demeti bulunur. Setaların başlangıç segmenti sistematik açıdan önemli bir ölçüttür. Kitin ve protenoid kısımdan meydana gelen setalar ile hareket sağlanır. Kurtların sindirim sistemleri vücut uzunluğu boyunca uzanmaktadır ve anüs ile sonlanmaktadır. Vücutları uzun ve silindirik olup bir seri eşit segment içerir. Sadece vücudun anterior ve posterior uçları bu segmentasyona katılmaz. Anteriördeki presegmental uç prostomium adını alır ve büyük ölçüde duysal özelliktedir. Posterördeki postsegmental uç ise pygidium adını alır ve anüsü içerir. Ağız, I. anterior segmentin ventralinde yer alır. Değişikliğe uğramış bu segment peristomium adını alır. Peristomium genellikle hem prostomium, hem de bir veya birkaç anterior segmentle birleşerek başı oluşturur. Vücut duvarı dışta ince bir kütikula ve epidermis içerir. Epidermis altında halka ve boyuna kas sıraları yer alırlar. Tüm bu yapılarla annelid vücut duvarı nispeten incedir. Periton (dış zar) silindir şeklindeki bu duvarı sölomdan ayırır. Sıvı ile dolu olan sölom bağırsağı çevreler. Bağırsak çift katlı peritondan oluşmuş dorsal ve ventral mezenter vasıtasıyla sölomda asılı tutulur. Bağırsak tipik olarak düz ve boru şeklindedir. Vücut duvarından farkı, buradaki halka kasların, boyuna olanların altında yer almasıdır (Aktaç, 2004; Taş, 2008; Schmelz ve Collado, 2010). Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de beyaz kurdun genel görünümü verilmiştir.



Şekil 2.1 Ergin bir beyaz kurdun ağız ve anüs yapısı (Oriijinal)

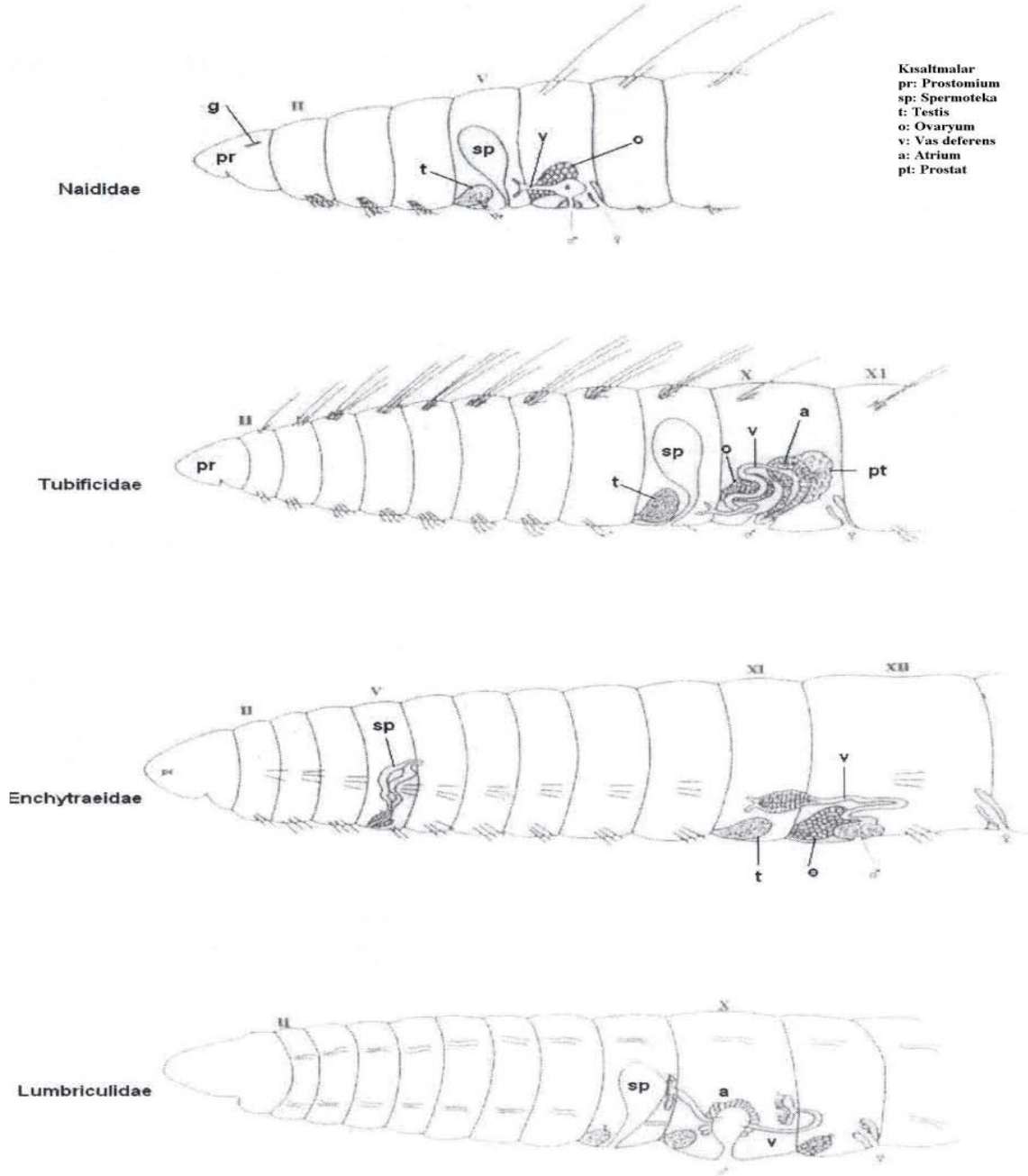


Şekil 2.2 Beyaz kurdun kesit görünümü (Brinkhurst, 1986; Schmelz ve Collado, 2010)

Oligoketlerin vücutları tipik olarak homonom segmentli, pre-oral bir prostomiuma sahip, bilateral simetrik, geniş sölömlü ve hermafrodit solucanlardır. Vücuttaki ilk segment “prostomium” olarak adlandırılır ve segment olarak kabul edilmeyen küçük bir lop şeklindedir. Prostomiumdan sonra gelen kısım peristomium olarak adlandırılır. Peristomium belirgin şekilde prostomiumdan ayrılmış ise bu tip prostomiuma “prolobik”, birbirleriyle kaynaşmış ise “zygobik”, prostomiumun dorsal kenarından bir çıkıntı oluşturuyorsa “epilobik” prostomium olarak adlandırılır. Prostomiumun şekli türlere göre özellik kazanmakta ve taksonomik açıdan önemli bir ölçüt olarak değerlendirilmektedir. Bazı türlerde prostomium oldukça küçük olabildiği gibi hiç bulunmayabilir, bazen de üçgenimsi, küt veya ince, uzun, dokunsal fonksiyonu olan hortum (proboscis) benzeri bir yapıya da dönüşmüş olabilir. Ağız, prostomiumun ventralinde bulunur. Vücut yüzeyi zar gibi ince bir kutikula ile örtülüdür. Altında epidermis hücreleri, daha içte ise biri halka diğeri boyuna uzanan lifli bir kas tabakası bulunur. Her segmentte barsak ile vücut duvarı

arasında bir çift sölom kesesi yer alır. Sölom epitelinin yer yer değişikliğe uğraması ile metabolizma artıklarını içerisinde depolayarak boşaltıma yarayan “klorojen hücreler” yer alır (Brinkhurst, 1986; Taş, 2008).

Şekil 2.3’te Su ürünlerinde canlı yem olarak kullanılabilen kurtların genel görünümü verilmiştir.

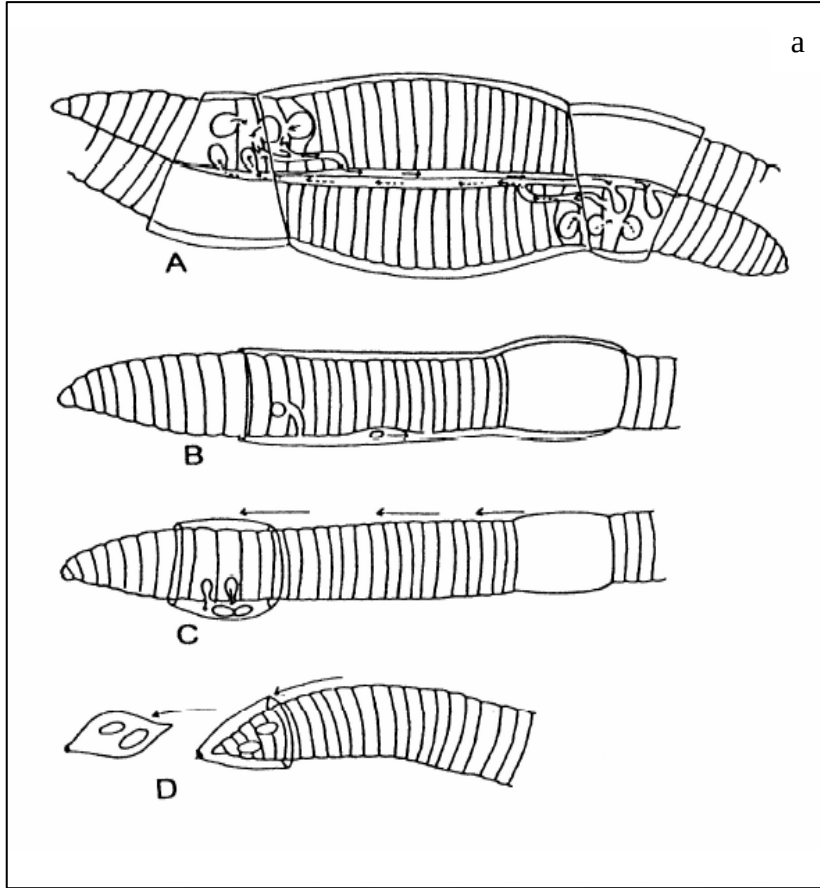


Şekil 2.3 Su ürünlerinde canlı yem olarak kullanılabilen kurtların genel görünümü (Brinkhurst, 1986)

Enchytraeidler, geniş bir sölom (vücut boşluğu) ile parçalı, iki taraflı simetrik, hermafroditik, klitellat annelidler olarak oligoketlerin genel vücut planına sahiptirler. Vücut duvarı kütikül, epidermis, dairesel kas tabakası, uzunlamasına kas ve peritondan oluşur. Enchytraeidler genellikle renksizdir ve yetişkin bireyler genellikle 2-30 mm uzunluğunda ve 0,1-1 mm genişliğindedir. Enine kesitte silindirikler. Segment sayısı nadiren 20'nin altında veya 70'in üzerindedir (Schmelz ve Collado, 2010).

Vücutları halka veya eyer şeklinde glandüler kuşak (klitellum) içeren birçok bölümden oluşur. Segment sayısı yaşla birlikte artar. Enchytraeidlerin vücudu ince bir kütikül ile kaplıdır. Belirli bir şekle, boyuta ve gövdenin üzerinde bulunan setalara sahiptirler. Enchytraeidlerin belirgin gözleri yoktur. Oligoketlerde görülen dermal gözler sadece ışığa duyarlıdır (Aktaç, 2004; Kobeticova, 2007).

Bell (1958)'e göre *Enchytraetus albidus* diğer türlere göre daha büyüktür ve boyutları 10-35 mm uzunluğunda ve 0,5-1,0 mm çapı arasındadır. Beyaz renktedirler (nadiren sarımsı), genellikle mikroskop altında şeffaftır. Baş, prostomium ile birinci segment arasındaki alanda bulunur. Klitellum, XII. ve XIII. segmentlerin tamamında bulunur. Demet başına üç ila beş adet olan setalar, ilk ve son bölümler hariç her birinde dört demet halinde oluşur; hafif veya keskin bir şekilde kavisli olabilecekleri uç kısımları dışında düzdürler. Beyaz kurtlar, toprak içerisindeki organik çürümüş kalıntıları besin olarak kullanmaktadırlar. Tat hücreleri ağız kenarlarında ve içerisinde yer almaktadır. Toprak kurtları özel bir solunum donanımına sahip değildirler ve solunum derilerinden gerçekleşmektedir. Solunumun ve hayati faaliyetlerinin yürütülebilmesi için vücutlarının nemli olması zorunludur. Sucul ataları gibi toprak kurtları da aylarca su içerisinde canlı kalabilmektedirler. Oligoketlerde hem ovaryum hem de testisler bir veya birden fazla segmentte yer alırlar. Bu çift haldeki gonadları erkek ve dişi genital açıklıklarla birleştiren karmaşık bir üreme kanal sistemleri vardır. Toprak kurtları hermafrodittir yani her birey hem erkek hem dişi üreme organına sahiptir. Her bireydeki yumurta ve sperm hücresi kendini döllemeyi önleyecek biçimde konumlanmıştır. Ergin iki birey ters yönde bir araya gelerek sperm değişimi gerçekleştirilir (Mısırlıoğlu, 2001; Aktaç, 2004). Şekil 2.4'te beyaz kurdun çiftleşme ve kokon bırakması verilmiştir.



Şekil 2.4 Beyaz kurdun çiftleşme ve kokon bırakmasının şematize edilmiş hali (a, Kobeticova, 2007) ve çiftleşmeye hazır ergin iki birey (b, Orijinal)

Depolanan spermiler ile daha sonra yumurta döllenmesi gerçekleştirilir. Kurdun baş kısmına yakın bölümlerdeki kalınlaşmış ve yapısı diğer bölümlerden biraz daha farklılaşmış ve ‘klitellum (klitellae:kemer)’ olarak adlandırılan kemer halka şeklinde gözlemlenebilen bir bölümde, olgun yumurtalar ve spermilerin döllendikten sonra kokon içerisine bırakılması işlevi gerçekleştirilmektedir (Şekil.2.5).

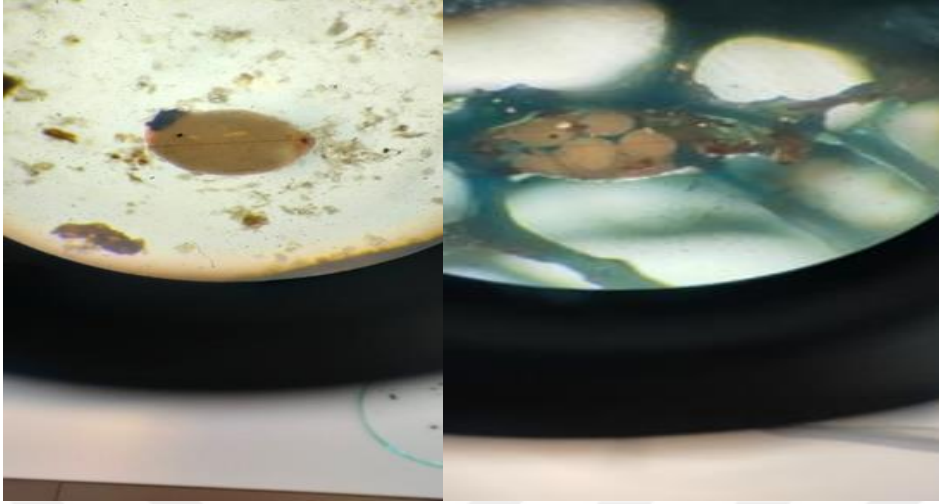


Şekil 2.5 Beyaz kurtta klitellum ve ergin bireye benzeyen klitellumu oluşmamış yavru birey (Orijinal)

Bu glandüler epidermal kuşak tüm oligoketlerin karakteristik bir özelliğidir. Bezler daha sonra yumurtaların içine bırakılacağı bir kokon (koza) salgılar. Kliteller epidermisin yüzeyinden koza duvarı ilk önce salgılanır ve bunu protein açısından zengin besin sıvısı takip eder. Sonra da olgun yumurtalar bırakılır. Dış spermatekal açıklık seviyesinde işlem yaklaşık bir dakika süreyle kesintiye uğrar. Ardından spermeler kokona aktarılır ve döllenme kokon içerisinde gerçekleşir. Kokona yumurtalar bırakıldıktan sonra kurt yumurta kapsülünden kendini çekerek kokondan sıyrılır. Kokonun her iki kutubu da kapanır ve substrat üzerinde yumuşak bir dokuya bırakılır. İyi beslenen bireyler cinsel olgunluğun başlangıcından yaşamlarının son dönemlerine kadar sürekli olarak kokon üretebilirler. Kokon üretebilme sayıları ortam sıcaklığına bağlı olarak 21 °C derecede farklı türler için günde 1-3 kokon olacak şekilde değişir. Ergin birey formuna dönüşene kadar kokon içinde bölünmeler ve gelişim 9 gün süresince devam eder. 8 gün daha geçtikten sonra yavrular cinsel olgunluğa ulaşabilir. Birçok Enchytraeidlerin ömrü 100 günü aşabilir.

Kokon içerisinde döllenmiş yumurtalar (Şekil 2.6) ve albümin içerikli sıvının bulunduğu üzüm çekirdeği, limon veya yumurta şekline benzer bir kapsüldür. Bir ucu yuvarlatılmış ve diğer ucu hafif sivri biçimdedir. Daha sonra bu kokonlar kurt tarafından toprak içerisine bırakılmaktadır. Renk başlangıçta incimsi sarı renkte iken kokon içindeki bireyler olgunlaştıkça yani kuluçkadan çıkışa yakın zamanlarda kahverengileşmektedir. Toprak kurtları sadece kendi bireylerinin spermelerini kullanmaktadırlar (Westheide ve

Müller, 1996; Mısırlıoğlu, 2001; Jamieson ve Ferraguti, 2006; Kobeticova, 2007; Anonim, 2024).



Şekil 2.6 Kokon ve yumurtalar (Orijinal)

Tüm oligoket solucanları, vücudu kasıp gererek hareket etme yeteneğine sahiptir. Epitelin altında dairesel ve uzunlamasına kas katmanlarından oluşan bir kas sistemi vardır. Bu kas yapısı onların sadece bir yandan diğer yana bükülmesine değil, aynı zamanda vücudun uzunluğunu da önemli ölçüde değiştirmesine olanak tanır (Şekil.2.6). Yumurtlama için kullanılacak olan mukus salgılayan konsantre özel hücreler bulunur. Kokonun içindeki albümin (mukoza) yumurtaların kurumasını önler ve gelişimlerinin en başında larvalar için besindir (Kolesnyk vd., 2019).

Toprak kurtları 55-85 °F sıcaklıkta yaşamakta ve üremektedirler. Ticari toprak kurtları üretiminde ideal büyüme sıcaklığı 60-80 °F sıcaklıklar arasındadır. Ortam nemi %60-85 aralığında olmalıdır. Direkt güneş ışığından korunmalıdırlar. Kurtlar oksijensiz ortamda yaşayamayacakları için toprağın havalandırılması gereklidir. Toprağın pH değerleri 4-8 aralığında olabilir ancak ideal koşullar 6,8-7,2 aralığındadır. Fazla asidite kireç taşı (CaCO_3) ile fazla alkali durumlarda ise turba yosunu ilavesi uygulanmaktadır. Toprak kurtları için kuşlar, ratlar, yılanlar, köstebekler, fareler, tarla sincapları, kara kurbağası, karıncalar, diğer böcekler ve akarlar zararlılar arasındadır ve kültür koşullarında uzak tutulmalıdır (Westheide ve Müller, 1996; Sherma, 2003).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

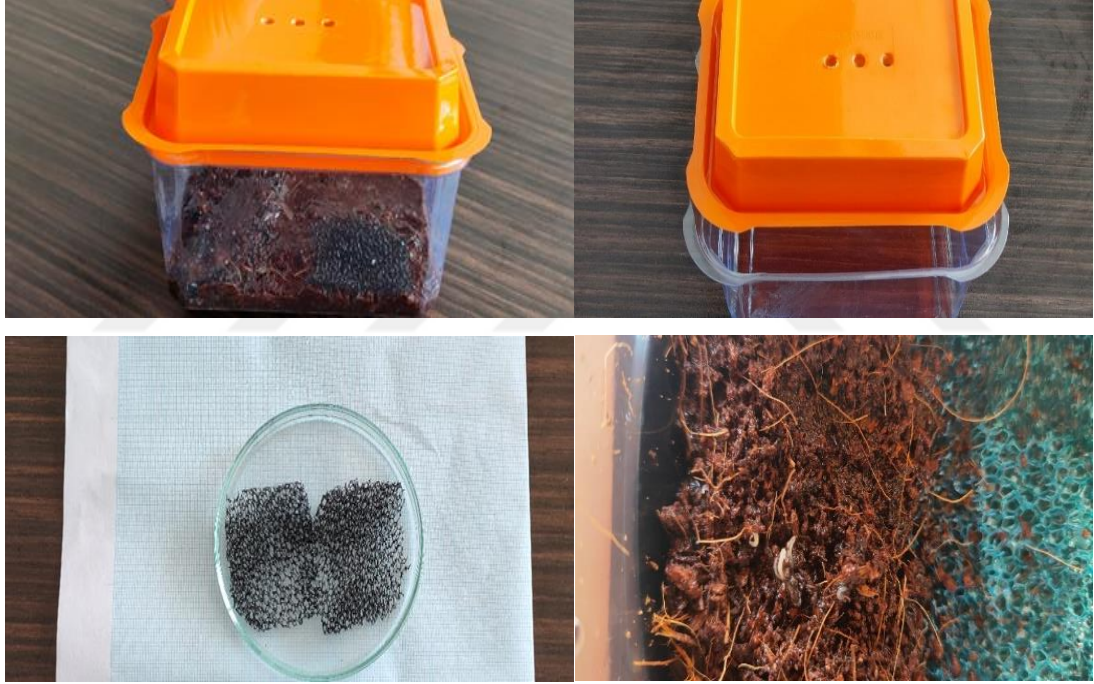
3.1. Materyal

3.1.1. Deneme ünitesi

Deneme, Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezi ile Akvaryum Ünitesi'nde yürütülmüştür.

3.1.2. Deneme kültür kapları

Denemede, canlı sağlığına zararsız özellikte, plastik kültür kapları (12x7x9cm) kullanılmıştır (Şahin vd., 2017, Holmstrup vd., 2023; Tizkar vd., 2024) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Deneme kültür kapları (Orijinal)

3.1.3. Toprak ve su parametreleri ölçüm cihazı

Deneme düzeneğinin oluşturulması için kullanılan kültür toprağı özellikleri Soil Survey Instrument ile, deneme suyunun genel özellikleri ise YSI Professional Plus isimli el tipi saha ve laboratuvar cihazı ile ölçülmüştür.

3.1.4. Denemede kullanılan zemin materyalleri

Denemede ticari olarak herhangi bir kimyasal veya gübre içermeyen organik hindistan cevizi torfu (Genta sıkıştırılmış torf, cocopea ticari isimli) kullanılmıştır. Bu toprağın hazırlanması için gerekli olan su, tüm deneme gruplarında benzer özellikte ve miktarlarda kullanılan çeşme suyudur. Ayrıca, denemede toprak ve su parametrelerini düzenleyici olarak kırılma boyutu 100 mikron olan doğal mineral zeolit (klinoptilolit türü) kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Zeolit ve torf (Orijinal)

Yerel üretici firmadan temin edilen toz boyutunda doğal zeolit, herhangi bir işleme tabi tutulmadan kullanılmıştır. Kimyasal kompozisyonu Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Klinoptilolit türü zeolit kimyasal kompozisyonu

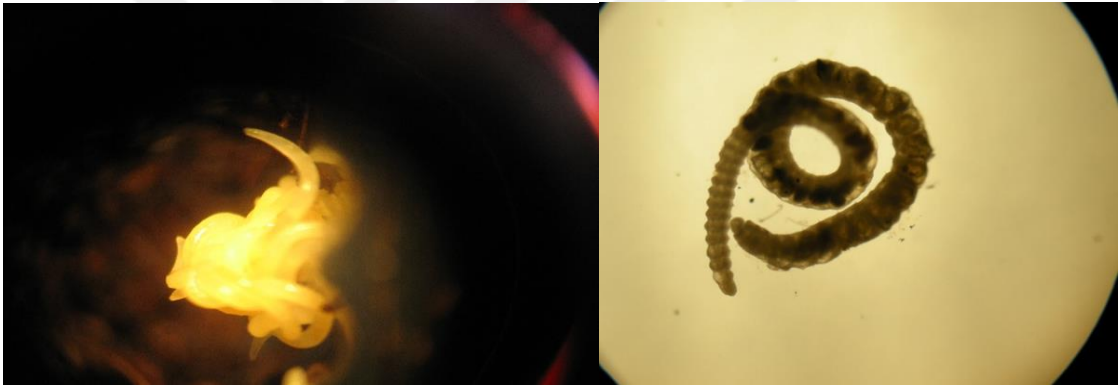
	Zeolit
SiO ₂ (%)	67,83
Al ₂ O ₃ (%)	11,54
MgO (%)	1,24
K ₂ O (%)	2,11
CaO (%)	3,23
Na ₂ O (%)	0,57
Fe ₂ O ₃ (%)	1,40
P ₂ O ₅ (%)	0,22
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	5,88
pH	8,84

3.1.5. Denemede kullanılan görüntüleme cihazları ve ölçüm materyalleri

Denemede Labomed marka digizoom stereo mikroskop ve Novex RZ 65500 marka stereo mikroskop kullanılmıştır. Deneme materyallerinin ve yemlerinin tartımında 0.001 g hassasiyette KERN marka EW420-3NM model terazi kullanılmıştır. Ayrıca boy ölçümlerinde milimetrik kâğıt kullanılmıştır. Anaç, kokon ve yumurtaların gözlemlenebilmesi için akvaryum iç filtre süngeri kullanılmıştır.

3.1.6. Deney hayvanı

Denemede, *Enchytraeus* sp. türünün başlangıç kültürü yerel piyasadan temin edilmiştir. Bu başlangıç kültürünün, Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezi ve Akvaryum Ünitesi'ndeki adaptasyon ve üretim aşamasından sonra üretilen bireyler deneme düzeneği için kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Ergin beyaz kurt (Orijinal)

3.1.7. Yem materyali

Denemede, ticari olarak akvaryum balıkları için üretilen pond yem; adaptasyon, üretim ve araştırma aşamalarındaki anaç ve yavru kurtların beslenmesi için kullanılmıştır. Denemede kullanılan ticari balık yeminin besin madde bileşimlerin Tablo 3.2'de sunulmuştur.

Tablo 3.2 Denemede kullanılan ticari yemin besin içeriği

Deneme yeminin besin madde içerikleri*	Balık yemi (havuz balığı pond yem)
Ham protein	%31
Ham yağ	%5
Selüloz	%2
Nem	%7
D3	1800 IU/kg
E5 manganez	81mg/kg
E6 Çinko	48 mg/kg
E1 Demir	32 mg/kg

*Ticari firma etiket değerleri

Deneme yemlerinde, ilgili literatürler (Memiş vd., 2004) dikkate alınarak bireylerin tüketebileceği miktar, veriliş yöntemi ve çeşidinin belirlenmesi için deneme başlangıcından önce gözlemlene yapılmıştır. Deneme süresince, tekerrürler ve gruplar arasında eşit miktar ve koşullarda yemleme yapılmasına özen gösterilmiştir. Denemede kuru yemler ıslatılarak toprağın yüzey tabakasına bırakılmış ve üzerini kapatacak biçimde cam bir kapak kapatılarak hava alması ve bozulması önlenmiştir (Şekil.3.4). Ayrıca bu şekilde yemin bitip bitmediği kolaylıkla kontrol edilmiştir. İki gün süre ile kontroller yapılarak, tüketilmeyen yemler ortamdan uzaklaştırılmış ve yeni yem eklenmiştir. Denemede tüketilen yemlerin miktarı tartım yoluyla belirlenmiştir.

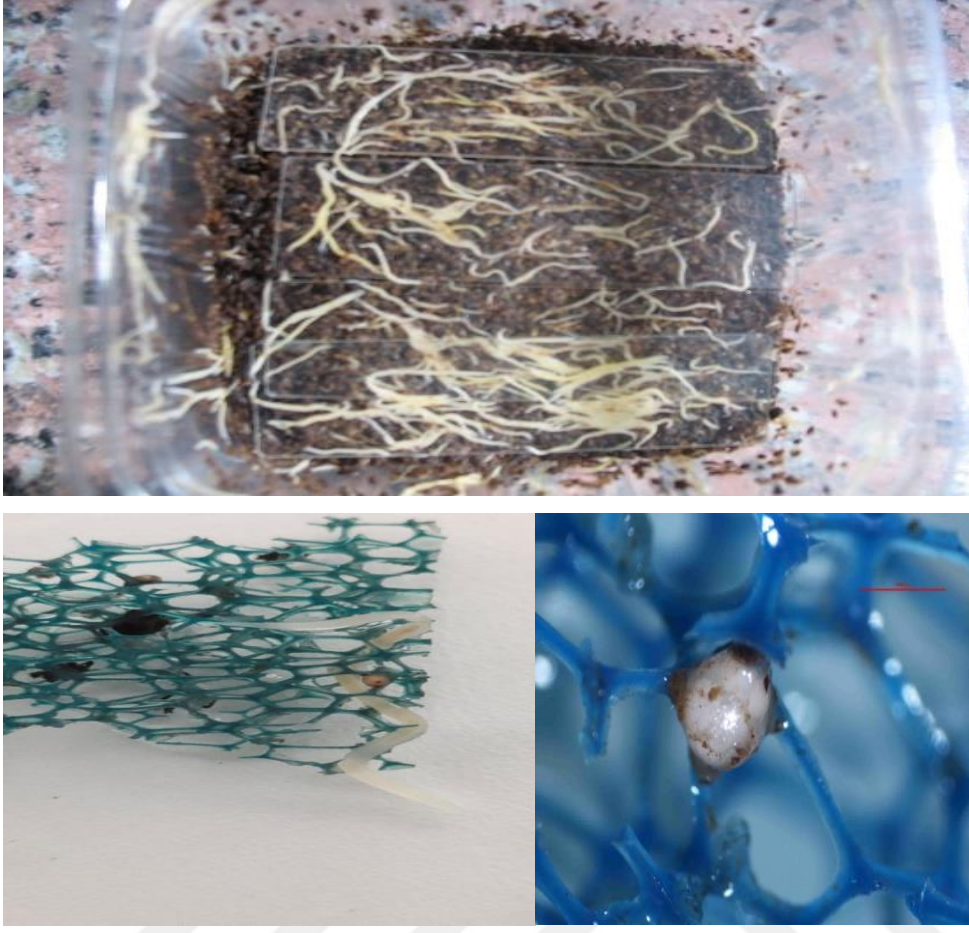


Şekil 3.4 Deneme yemleri (Orijinal)

araştırmalarda belirtilen kültür koşulları ve uygulamaları değerlendirilerek planlanmıştır (Walsh vd., 2015; şahin vd., 2017; Bahrioğlu vd., 2023; Holmstrup vd., 2023). Deneme grupları 3 tekerrürlü olarak oluşturulmuştur. Ayrıca deneme; kültür 1 ve kültür 2 olarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Sinop Üniversitesi Su rnleri Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezi ve Akvaryum nitesi'deki üretim aşamasından sonra üretilen bireyler, anaç, yavru, yumurta, kokon aşamalarına ait genel özelliklerin belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu aşamada, beyaz kurt *Enchytraeus* sp. türünün genel morfolojik, biyolojik vb. zellikleri belirlenmiştir. Deneme süresince, yumurta ve kokon özelliklerinin belirlenmesi için düzenli aralıklarla stok kültür koşulları kontrol edilerek, anaç, yavru, kokon ve yumurtalar alınmış ve mikroskop altında gözlemlenerek veriler toplanmıştır. Araştırma süresince elde edilen tüm veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve kurt popülasyonundaki sayısal artış, boy ve ağırlık verileri, kokon sayısı vb. veriler ilgili literatür ışığında değerlendirilmiştir (Zakirah vd., 2016).

Birinci Deneme (Kültür 1) Düzeneği: Başlangıç (stok) kültürü olarak düzenlenen bu grup beyaz kurt kültürü için önerilen ideal sıcaklık, nem ve pH koşullarında düzenlenmiş ve stoktaki popülasyon artış sayısı ve ağırlıkları 70 gün süre ile belirlenmiştir. Kültür toprağı olarak 100 g hindistin cevizi torfu (kuru halde) kullanılmıştır. Stok kültürde üretilen ergin bireyler ikinci deneme düzeneğinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Ayrıca bu kültürde üretilen kokon ve yumurta verileri belirlenmiştir. Denemede kokonların daha rahat görüntülenebilmesi için, yeni bir kültür ortamı hazırlanmış toprak miktarı yarı yarıya azaltılarak akvaryum i filtre sngerinden kesilen 1-2 mm kalınlığındaki sünger parçaları ilave edilmiştir. Yetmiş gün sonra, tüm ergin bireyler ortamdan uzaklaştırılarak, kültürdeki kokon ve yavru bireylerin büyümesi sağlanmış ve 20 gün sonra sayım işlemi tekrar yapılmıştır. 36 gün sonra da yeni kokon ve yavru bireylerin belirlenmesi ile araştırma sonlandırılmıştır (şekil 3.6) (Amorim vd., 2008).

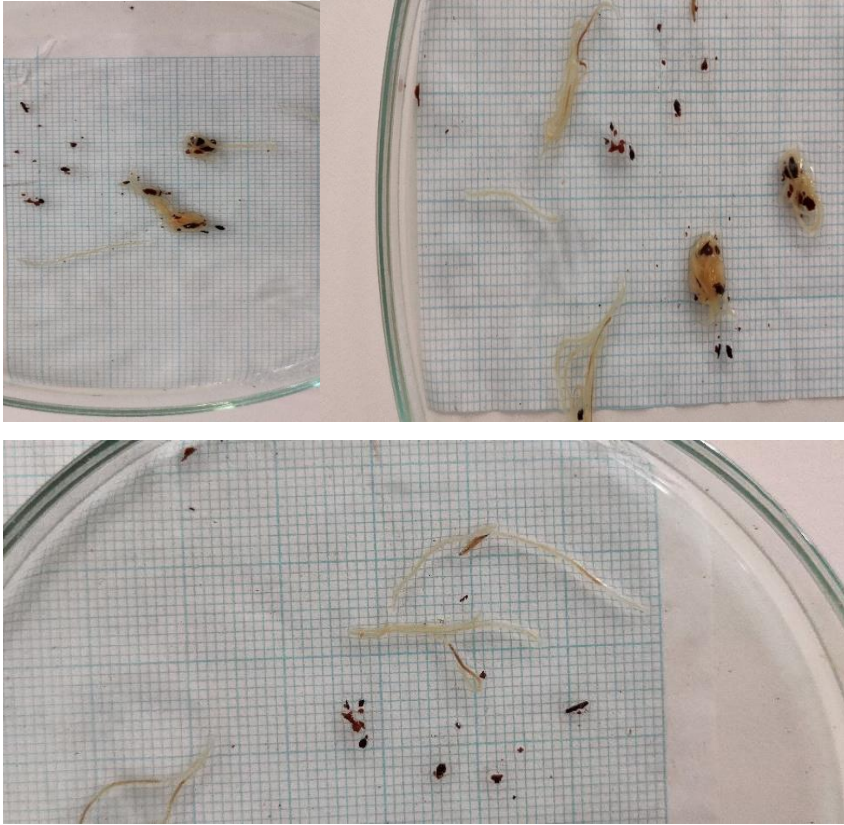


Şekil 3.6 Farklı yaşam evrelerindeki beyaz kurt (Orijinal)

İkinci Deneme (Kültür 2) Düzenneği: İkinci deneme düzenneği ideal sıcaklık (15-22 °C) değerlerinin üst sınırlarında düzenlenerek, toprak ve su parametrelerinin dengelenmesine katkı sağlayan doğal mineral klinoptilolit türü zeolitın yem katkısı ve toprak düzenleyici olarak kültür üzerine etkisi belirlenmiştir. Toz boyutta klinoptilolit türü zeolit deneme gruplarından birinin yemine ve diğerinin ise kültür toprağına eklenmiştir. Birinci deneme düzenneği ile üretilen ergin kurtlar kullanılarak, üç tekerrürlü üç grup oluşturulmuştur. Bu deneme düzenneğinde birinci grup kontrol grubudur ve bu gruptaki kurtlar kontrol yemi ile beslenmiş, yem veya toprağına zeolit ilave edilmemiştir. İkinci gruptaki kurt kültürünün toprağına zeolit ilave edilmezken sadece yemine zeolit ilave edilmiştir. Üçüncü grupta ise kurt kültürünün toprağına zeolit ilave edilmiş, yemine zeolit ilave edilmemiştir.

İkinci deneme (kültür 2) düzenneğinde bir ve ikinci deneme gruplarında kültür toprağı olarak 10 g Hindistan cevizi torfu (kuru halde), üçüncü grupta ise 10 gramlık substrat miktarında 5 g Hindistan cevizi torfu yerine 5 g toz zeolit kullanılmıştır. Bir ve üçüncü deneme grubu kontrol yemi beslenmiş, ikinci grup ise kontrol yemine %10 oranında

zeolit ilave edilen yem ile beslenmiştir. Deneme kaplarına zemin materyalleri eklendikten sonra su ilave edilerek (%30-40 nemli olacak biçimde), nem miktarı ayarlanmış ve kültür kaplarına hava alabilecek büyüklükte delikler açılmıştır. Kültür kapları karanlık ortamda ve uygun sıcaklıklarda saklanmışlardır (Bu aşamadan sonra, 10'ar adet sağlıklı görünen anaç (ergin) kurt seçilerek her bir tekerrüre yerleştirilmiştir. Kültür kaplarının kapağı kapatılarak, nem içeriğinin korunması ve dışarıdan zararlı canlıların kültür ortamına ulaşması engellenmiştir. Kültürün nemini koruması için 2-3 gün aralıklarla kontrol edilmiş ve gerektiğinde su eklenmiştir (Lock ve Janssen, 2001; Memiş vd., 2004; Walsh vd., 2015; Fairchild vd., 2017, Şahin vd., 2017; Bahrioğlu vd., 2023; Holmstrup vd., 2023). Toprak parametrelerinin ölçümü, yemleme, havalandırma ve nemlendirme işlemleri, anaç, kokon, yumurta ve yavru gözlemleri rutin kontroller ile düzenlenmiştir. Deneme süresi sonunda kültür ortamındaki beyaz kurt popülasyonuna ait birey artış miktarının belirlenmesi için tüm örnekler canlı olarak sayılmıştır. Kurtlarda boy ölçümleri milimetrik kâğıt üzerine konulmuş nemlendirilmiş petri kaplarında takip edilmiştir. Fikse edilen kurtlar kasıldıkları için canlı olanlardan daha kısadır ve boy ölçümleri canlı kurdun hafif nemli yüzeyde hareketi sırasında belirlenmiştir (Schmelz ve Collado, 2010) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Beyaz kurt boy ölçümleri (Orijinal)

3.3. İstatistiksel Analizler

Araştırmada elde edilen sonuçların %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak analizi “Minitab Release 17 for Windows” paket programı ile yapılmıştır. Varyans analizinin ön koşullarının sağlandığı verilerde parametrik (ANOVA), sağlanamadığı durumlarda ise parametrik olmayan testler (Kruskal-Wallis) uygulanmıştır. Tüm veriler ortalama $\pm$ standart hata (SH) olarak ifade edilmiştir.



4. BULGULAR

Deneme süresince haftalık olarak kültür ortamının sıcaklık, nem ve pH parametreleri ölçülmüş ve sırasıyla Kültür 1 ve Kültür 2 için ortalama değerler hesaplanarak Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1 Birinci deneme (Kültür 1) süresince belirlenen kültür ortamı parametreleri (ort $\pm$ SH)

Kültür 1 Ortamı Parametreleri			
Sıcaklık (°C)	20,75 $\pm$ 0,53		
pH	6,81 $\pm$ 0,09		
Nem (%)	42,50 $\pm$ 1,64		
Kültür 2 Ortamı Parametreleri*	Grup 1 (kontrol)	Grup2	Grup3
Sıcaklık (°C)	23,44 $\pm$ 0,28	23,39 $\pm$ 0,26	23,39 $\pm$ 0,22
pH	6,89 $\pm$ 0,05 ^b	7,03 $\pm$ 0,05 ^b	7,22 $\pm$ 0,05 ^a
Nem (%)	42,22 $\pm$ 1,73	41,67 $\pm$ 1,67	40,00 $\pm$ 1,40

*Üst simge olarak farklı harfle gösterilen ortalamalar sütunlarda anlamlı derecede farklıdır (P<0,05)

Birinci deneme (Kültür 1) süresince, kültür ortamındaki bireylerin artış miktarları belirlenerek Tablo 4.2’de sunulmuştur. 70 gün sonunda kültür sayılarak birey sayıları belirlenmiştir. Tüm bu bireyler ortamdan uzaklaştırılmış ve sadece kokondan çıkacak bireylerin gelişimi için 20 gün beklenmiş ve tekrar sayılarak toplam birey sayısı toplam 90 gün sonunda 751 adet olarak tespit edilmiştir. Daha sonra kültür 36 gün süreyle takip edilerek ilk kokon ve yavru kurt gözlemi ile bu bireylerin ilk erginlik devresi (22. gün) belirlenmiştir.

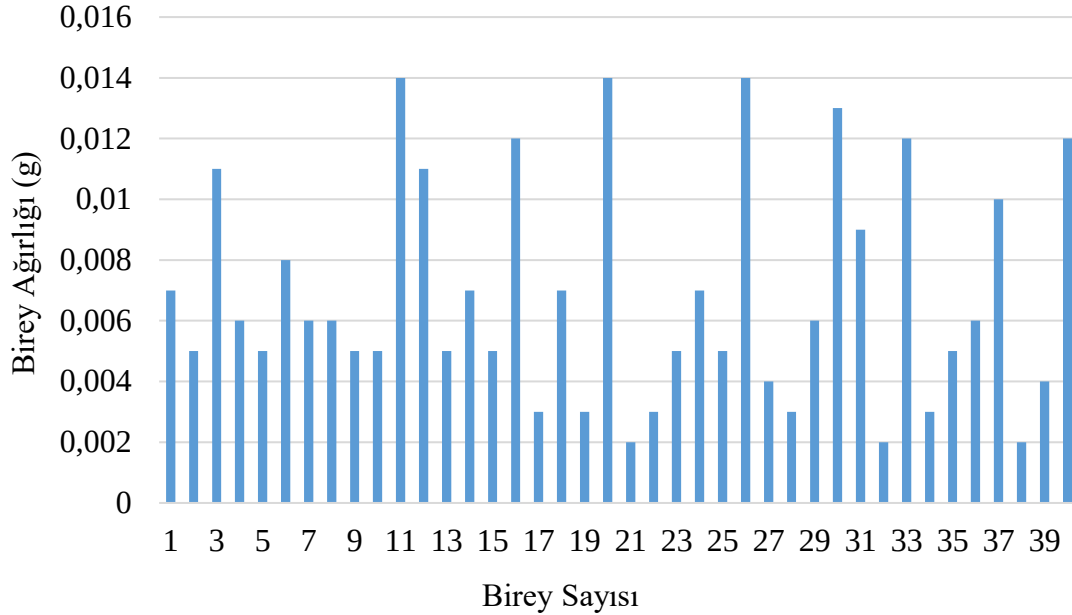
Tablo 4.2 Birinci deneme (Kültür 1) stok kültür verileri

Deneme başı ortalama ergin boy (mm) (n=10)	Deneme başı ortalama ergin birey ağırlık (g) (n=10)	Deneme sonu toplam ağırlık (g) (n=424)	Kokonlardan çıkan birey sayısı (adet)*
24,30 $\pm$ 1,56	0,0123 $\pm$ 0,00	2,54	327

*Erginlerin kültürden uzaklaştırılmasından 20 gün sonra, kokonlardan çıkan birey sayısı

Deneme sonunda elde edilen ergin bireylerin boyları 14-27 mm aralığında ve çapları 0.3-0.6 mm aralığında bulunmuştur.

Deneme sonunda elde edilen 424 adet yavru ve ergin kurttan 40 birey tesadüfi olarak alınmış ve ortalama canlı ağırlık 0.0068 ± 0.00 g olarak belirlenmiştir (Şekil. 4.1).



Şekil 4.1 İki aylık deneme sonunda kültürdeki bireylerin ağırlık dağılımı

Deneme sonunda kültürdeki kurtların toplam artış sayısı 751 adet olarak hesaplanmıştır. Denemede Kültür 1'deki anaçlardan elde edilen kokonların boyutları ve yumurta sayıları belirlenmiştir. Kokon ve yumurta verileri Tablo 4.3'te sunulmuştur. Kokondan çıkış süresi ise 23 °C'de 3 adet kokonda takip edilmiş ve ortalama 7,67 gün; 19 °C'de 3 adet kokonda ise ortalama 12,33 gün olarak, uzunlukları ise 0.5-1 mm aralığında belirlenmiştir. Bu kültürde akvaryum iç filtre süngeri kullanılmış ve kurtların bu sünger parçalarına kokon bırakması ile kokonlar ortamdan rahatlıkla ve zarar görmeden alınıp mikroskop altında incelenebilmiştir. Kültür 1'den elde edilen toplam 10 adet kokonun uzun ve kısa eksen ölçümleri sırasıyla 1200/600-1100/800-990/780-1236/1051-800/670-1000/770-1200/1100-1000/650-800/800-930/700 µm olarak ölçülmüştür.

Tablo 4.3 Kokon-Yumurta verileri

Kokondaki Yumurta Çapı (µm) (n=10)	Kokondaki yumurta sayısı (adet)(n=10)
513,530,353,355,340,420,380,365,410,290	4,8,9,11,7,6,6,5,17,12

Üç farklı deneme grubu ile yürütülen kültür 2 aşaması sonunda elde edilen veriler Tablo 4.4'te sunulmuştur.

Tablo 4.4 İkinci deneme (Kültür 2) sonunda belirlenen deneme gruplarında birey artış verileri

Deneme grupları*	Deneme Sonu Ergin ve Yavru Ortalama Birey Sayısı (adet)
Grup 1	58,67±4,67 ^b
Grup 2	71,67±2,96 ^b
Grup 3	134±3,79 ^a

*Üst simge olarak farklı harfle gösterilen ortalamalar sütunlarda anlamlı derecede farklıdır (P<0,05)

Kültür 2 denemesi sonunda, kültürdeki birey artış sayısı ortalama 58,67±4,67 adet ile kontrol grubunda ve maksimum 134±3,79 adet ile zeminde zeolit bulunan grupta belirlenmiştir (P<0.05).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu araştırmada, su ürünleri yetiştiriciliğinde kaliteli besin kaynağı olarak kullanım potansiyeli olan ve son yıllarda yoğun üretimi için kültür koşulları ve besin içeriğinin zenginleştirilmesi üzerine yürütülen araştırmaların arttığı *Enchytraeus* sp. (beyaz kurt) türünün kültür koşulları araştırılmıştır.

Dünyanın artan nüfusunun protein talebini karşılamada sürdürülebilir balık üretimi gerekmektedir. Tahminler, akuakültür miktarının 2030 yılında %32 oranlarında artarak 109-204 milyon tona ulaşacağını ön görmektedir (FAO, 2020; Dhakal vd., 2022). Bu nedenle su ürünleri yetiştiriciliği hızla büyüyen bir hayvansal besin üretim sektörüdür ancak birçok balık türünün erken yaşam evreleri için yüksek kaliteli canlı yem ihtiyaçları sınırlayıcı bir faktör olabilir. Yetiştirilen yüksek değerli türler de dahil olmak üzere neredeyse tüm deniz balıkları ve bazı tatlı su balıkları, yaşamlarının ilk aşamalarında canlı yemlere ihtiyaç duyar. Su ürünleri sektörü balık yetiştiriciliği için yavru üretimi sağlamak amacıyla kaliteli canlı yem tedarikine bağımlıdır. Bu, balıkların larva ve gençlik evrelerinin hayatta kalmasını ve büyümesini artırmak için yeni ve ekolojik açıdan sürdürülebilir canlı yem biçimlerine ihtiyaç olduğu anlamına gelmektedir. Geç larva gelişimi ve metamorfoz sonrasında, halihazırda yaygın olarak kullanılan canlı yemlerin (rotifer, artemia, kopepod vb.) sınırlı temini ve küçük boyutları sürdürülebilirliği sağlamak için yetersiz kalabilmektedir. Canlı yemden kuru yeme geçiş, besleme başarısındaki sınırlamaların yavaş büyüme oranlarına ve artan ölüm oranlarına neden olabileceği kritik bir dönemdir. Bu nedenle, kuru yemin daha büyük canlı yem organizmaları ile desteklenmesi gereklidir (Holmstrup vd., 2022).

Bu araştırma sonunda, Kültür 1 aşamasında, beyaz kurt türünün yaklaşık 21 °C’de 70 günlük deneme sonunda, ortalama bireysel canlı ağırlığı 0,0123 g olan 10 ergin bireyden; 424 adet ergin ve yavru bireye (toplam 2,54 gram ağırlığa) yükseldiği belirlenmiştir. Aynı kültür denemesinde (Kültür 1) 70 gün sonra anaç bireyler ortamdaki uzaklaştırılarak, 20 gün daha beklenmiş ve sonra yumurtadan gelişen yeni bireyler sayılarak 327 adet olarak belirlenmiştir. Toplam yeni üreyen birey sayısı 90 gün süre sonunda 751 adet olarak belirlenmiş ve birey artış sayısı (başlangıç 10 adet ve sonuç 751 adet olmuştur) yaklaşık 74 kat olmuştur. Yeni bireylerin ergenliğe ulaşma süresi yaklaşık 24 °C’de toplam 22 gün olarak belirlenmiştir (ilk kokon ve bir hafta sonrasında ilk yavru bireyin görülmesi ile belirlenmiştir). Bu çalışmaya benzer olarak, Hönemann ve Nentwig (2009) yaptıkları

araştırmada kurtların yumurtadan çıktıktan 5-7 hafta sonra cinsel olgunluğa ulaştığını, *E. albidus* türünün kültüründe üç hafta sonunda ergin kurtların ortamdaki ayrılarak sayım işleminin yapıldığını ve ergin kurtların ayrılmasından sonra üç hafta daha denemenin yürütüldüğünü bildirmişlerdir. En yüksek yavru sayısının ise ortalama 142 birey olduğu belirlenmiştir. Lindfeld vd. (2011) *E. albidus* kültüründe 3 hafta sonra ergin kurtları ortamdaki ayrılarak sayım yapmışlardır. Kokon gelişimi için kültür koşulları 3 hafta daha sürdürülmüş, süre sonunda tüm toprak küçük miktarlar halinde ayrılarak, mikroskop altında yavru sayıları belirlenmiştir. Deneme sonunda her kültür kabında yaşayan yavru sayısının ortalama 50 birey olduğu belirtilmiştir. Haukka (1987)'nin *E. albidus* türünün sıcaklık faktörü ile yaşama ve olgunluk döneminin etkilendiğini; 25 °C'de olgunluğa erişim süresinin 20 günde, 15 °C'de ise 30 günde gerçekleştiğini bildirmiştir.

Kokon ve yumurtalara ait bulgular incelendiğinde, elips biçiminde olan kokonlar minimum 800/670 µm ve maksimum 1236/1051 µm aralığında bulunmuştur. Kokon içerisindeki dairesel yumurtaların çapları ise; 290-530 µm olduğu belirlenmiştir. Bir kokondaki yumurta sayısı 4-17 adet olarak belirlenmiştir. Kokondan çıkış süresi ise 23 °C' de ortalama 7, 67 ve 19 °C'de 12,33 gün olarak belirlenmiştir. Bu değerlere benzer biçimde; Jamieson ve Ferraguti (2006)'nin araştırmasında yumurta çapının 300-500 µm olduğu, Memiş vd. (2004)'in araştırmasında, genç bireylerin kokonları 9-10 adet yumurta içeriyor iken olgun bireylerde bu sayının 20-25 e kadar yükseldiği ve yaşlı bireylerde bu sayının 2-3 e düştüğü, bir kokonda en yüksek yumurta sayısının ise 35 olduğu da tespit edilmiştir. Embriyonik gelişim süresi 20°C'de yaklaşık 12 gün olduğu bildirilmiştir (Dai vd., 2021). Memiş vd. (2004)'nin araştırmasında, *E. albidus* türünde 20°C'de, 12 günde yumurtadan çıkış ve 20 günde de üremenin başladığı belirtilmektedir.

Yapılan bu araştırmada, kokon takibinin yapılabilmesi için oluşturulan kültür ortamında kullanılan akvaryum iç filtre sünger parçalarının kokonun yapıştırılması için beyaz kurtlar tarafından yoğun biçimde tercih edildiği ve sonraki araştırmalarda kültür ortamında kokon takibi için kullanım kolaylığı ve kokonların hasarsızca taşınip mikroskopta incelenebilmesi için önerilebileceği belirlenmiştir.

Yetmiş gün süreyle yürütülen araştırma sonunda (Kültür 1), *Enchytraeus* sp. türünün ergin bireylerinin boy değerleri 14 mm-27 mm aralığında ve çap değerleri 0.3 mm-0.6 mm aralığında belirlenmiştir. Bu bulgulara benzer değerler; Bell (1958)'in çalışmasında, 10-35 mm ile 0.5-1 mm olarak; Dai vd. (2021)'nin araştırmasında, ergin kurtların 20-40

mm boy aralığında, Christensen (1956)'in çalışmasında, 20-30 mm boy ve 0.7-1 mm çap olarak bildirilmiştir.

Kültür 2 aşamasında 60 gün süre ile yürütülen araştırmada yaklaşık 24 °C'de 10 adet olan kurt sayısı; kontrol, Grup 1 ve Grup 2'de sırasıyla 58,67±4,67, 71,67±2,96 ve 134±3,79 olarak belirlenmiştir. Bu verilere benzer biçimde, Memiş vd. (2004)'in araştırmasında, beyaz kurt *Enchytraeus albidus* ile yürütülen 91 günlük araştırmanın sonunda en iyi değerlerin olduğu grupta, deneme başındaki 10 bireyin 342 bireye ulaştığı bildirilmiştir. Bahrioglu vd. (2023) *E. albidus* türünün kültüründe farklı yem ve substratlar üzerine yaptıkları araştırmada, 0.011 g başlangıç ağırlığında olan kurtlardan yaklaşık 9,3 g kültür toprağı içeren deneme kaplarına 150 adet aşılandığı ve 2 aylık süre sonunda bu sayının en düşük 57 adet ve en yüksek 2220 adet olduğunu bildirmişlerdir.

Kültür toprağı ile birlikte kullanılan zeolit, sadece hindistan cevizi torfu kullanılan gruplara kıyasla kurt kültüründeki birey sayısında belirgin bir artışa neden olmuştur. Amorim vd. (2008)'in *E. albidus* üzerine farklı toprak özelliklerinin etkisini inceledikleri araştırmada, OECD-standart toprağının (%70 kum, %20 kil, %10 turba ve pH 6,3), kültür için ideal bulunduğunu ve OECD toprağına alternatif olarak kullanılan toprağın (%70 kil, %5 turba ve pH 5) canlının üzerinde strese neden olduğunu bildirmişlerdir. Zeolit, bentonit gibi doğal adsorban maddeler beyaz kurt kültür ortamında kullanıldığında toprak ve su parametrelerini düzenleme özellikleri nedeni ile kültürün verimliliğine katkı sağlayabilir. Bu konu üzerine yürütülen çalışmalar ile daha fazla veri toplanması literatüre katkı sağlayacaktır. Bu araştırmaya benzer şekilde beyaz kurt yetiştiriciliğinde zeolit kullanımına yönelik daha önce yapılmış bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu anlamda elde edilen olumlu yöndeki veriler özgün değerdedir ve beyaz kurt kültür ortamında zeolit kullanımının önerilebileceğı belirlenmiştir. Beyaz kurt kültüründe bir süre sonra kültürün yenilenmesi gerektiğı bildirilmektedir. Daha sonra yapılacak araştırmalarda, kültür artış hızına ve kültür ortamının değiştirilme sürelerine yönelik araştırmalar yapılabilir. Ayrıca, kokon, yumurta, yavru ve ergin bireylerin gözlemlenebilmesi için kültür ortamında akvaryum iç filtre sünger parçalarının kullanımı veri toplanmasını pratikleştirmiştir. Sucul canlıların yaşam ortamına uygun biçimde üretilmiş dayanıklı ve gözenekli bir yapıya sahip oluşu, kurtların yaşam alanı ve üreme alanı olarak toprak ile birlikte kullanımının uygunluğunu ortaya koymuştur.

Zeolitler, su ve toprak özelliklerinin düzenlenebilmesi için uzun süredir kullanılmakta olan doğal materyallerdir. Zeolit asidik değil hafif alkalidir ve gübrelere birlikte

kullanılması toprak pH seviyelerinin tamponlanmasına yardımcı olabilir, böylece kireç uygulamasına olan ihtiyaç azalır (Szatanik-Kloc vd., 2021). Beyaz kurt kültür ortamı ise, canlıının biyolojisi gereği hafif asidik bir özellikte olmalıdır. Ancak kültür koşulları üzerine yapılan araştırmalarda bir müddet sonra toprak yapısının uygun sınırlar dışına çıktığı ve belirli aralıklar ile yenilenmesi veya CaCO_3 (kireç, kalsiyum karbonat) ilavesi gerektiği bildirilmektedir (Roembke ve Knacker, 1989, Lock ve Janssen, 2001). Bu araştırmada elde edilen veriler göz önünde tutulduğunda, zeminine zeolit ilave edilen grupta en yüksek birey artış sayısının belirlenmesi ve pH değerlerinin uygun sınırlar içerisinde kontrol grubundan istatistiki olarak da farklı bulunmasıyla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre, beyaz kurt kültür ortamında birey artış sayısına ve pH değerlerinin dengelenmesi adına olumlu yönde katkı sağladığı tespit edilmiştir.



KAYNAKLAR

- Anonim, (2019). (Dey, V.K., 2016). *The global trade in ornamental fish* (INFOFISH International 4/201652-55. www.infofish.org. (Erişim tarihi: 22.07.2024)
- Anonim, (2024). Organization and Reproduction of Enchytraeids (Oligochaeta). <https://av.tib.eu/media/20058>. (Erişim tarihi: 12.07.2024)
- Akar, T. (2019). *Karadeniz alabalığı (Salmo Trutta labrax, Pallas 1811) larvalarının beslenmesinde annelid ve nematod kullanımının büyüme performansı ve yaşama oranına etkisi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aktaş, N. (2004). *Omurgasız hayvanlar (morfoloji – sistematik)*. Ders Kitabı. Trakya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü. http://www.nihataktac.com.tr/dersnotu/Omurgasizlar_kitap.pdf. 384p.
- Amini Chermahini, M. A., Zargham, D., & Bashiti, T. (2023). Cultivation and use of white worm *Enchytraeus albidus*, in aquaculture. *Journal of Ornamental Aquatics. Iranian of Ornamental Aquatics*, 10(2), 47-58. URL: <http://ornamentalaquatics.ir/article-1-330-en.html>
- Amorim, M. J. B., Novais, S., Römbke, J., & Soares, A. M. V. M. (2008). Avoidance test with *Enchytraeus albidus* (Enchytraeidae): Effects of different exposure time and soil properties. *Environmental Pollution*, 155, 112-116. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.10.028>
- Bahrioğlu, E., Isa, M. H., Cengiz, S., & Ercan, E. (2023). The effect of fish meal and plant-based diets on the growth and nutritional composition of white worms (*Enchytraeus albidus* Henle, 1837) in various substrates. *Pakistan J. Zool.*, 5(2), 563-570. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20211028111008>
- Bell, A.W. (1958). *The anatomy of the Oligochaete Enchytraeus albidus, with a key to the species of the genus Enchytraeus. Published By The American Museum Of Natural History. Central Park West At 79th Street, New York 24, N.Y..Number1902.*
- Bulut, H., & Özcan, E. İ. (2022). Current status of aquarium fish (ornamental fish) enterprises during the pandemic period (Elazığ city sample). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(1), 37-41. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i1.37-41.4763>
- Brinkhurst, O.R. (1986). Guide to the freshwater aquatic microdrile Oligochaetes of North America. *Canadian Technical Special Pub. of Fisheries and Aquatic Sciences*, 84, 1-259.
- Christensen, B., (1956). Studies on Enchytraeidae 6. technique for culturing Enchytraeidae, with notes on cocoon types. *OIKOS*, 7(2), 302-307.
- Chebanov, M. S., & Galich, E. V. (2011). Sturgeon hatchery manual. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 558. Ankara, FAO. 303 p. ISBN 978-92-5-106823-6.
- Coleman, D. C., S. Geiseny, S., & Wall, D.H. (2024). Soil fauna: occurrence, biodiversity, and roles in ecosystem function. *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*, 5, 131-159. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822941-5.00005-3>.
- Dai., W., Slotsbo, S., & Holmstrup, M. (2021). Thermal optimum for mass production of the live feed organism *Enchytraeus albidus*. *Journal of Thermal Biology*, 97, 9. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102865>
- Dhakal, A., Pandey, M., Kayastha, P., Suwal, G., & Suwa, B. (2022). An overview of status and development trend of aquaculture and fisheries in Nepal. *Hindawi Advances in Agriculture*, volume 2022, Article ID 4206401, 16 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/4206401>

- Eryalçın, K. M., & Tinkır, M. (2024). Live Feeds in aquaculture. *Present-Day Turkish Aquaculture And Trends In International Research*, 9, 229-257. <https://doi.org/10.26650/B/LS32LS24.2024.005.009>
- Fedonenko, O., Marenkov, O., Sharamok, T., Kolesnik, N., Grygorenko, T., & Symon, M. (2017). Basics of aquaculture and hydrobiotechnology. *World Scientific News*, 88(1), 1-57.
- Fairchild, E.A., Bergman, A.M., & Trushenski, J.T. (2017). Production and nutritional composition of white worms *Enchytraeus albidus* fed different low-cost feeds. *Aquaculture*, 481, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.08.019>
- Farahi, A., Kasiri, M., Talebi, A., & Sudagar, M. (2010). Effect of different feed types on growth, spawning, hatching and larval survival in angel fish (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein, 1823). *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society*, 3(4), 299-303. <http://www.bioflux.com.ro/aac>
- FAO, (2020). World fisheries and aquaculture – sustainability in action. 244p, Erişim: 27 .November. 2024 <https://effop.org/news-events/world-fisheries-and-aquaculture-sustainability-in-action/>.
- Ghosh, A., Mahapatra, B. K., & Datta, N. C. (2003). Ornamental fish farming – successful small scale aqua business in India. *Aquaculture Asia*, 8(3), 14-16.
- Haukka, J. K. (1987). Growth and survival of *Eisenia fetida* (Sav.) (Oligochaeta: Lumbricidae) in relation to temperature, moisture and presence of *Enchytraeus albidus* (Henle) (Enchytraeidae). *Biology and Fertility of Soils*, 3, 99-102.
- Haktanır, K., & Arcak, S. (1997). Toprak biyolojisinin konusu, önemi ve gelişimi. Ankara Univ. Ziraat Fakültesi Yayın No: 1486, Ders Kitabı 447.
- Holmstrup, M. E., Gadeberg, S.F., Engell-Sørensen, K., Slotsbo, S., & Holmstrup, M. (2022). A new strategy in rearing of European flounder: using live *Enchytraeus albidus* to enhance juvenile growth. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(11), 1333-1341. ISSN 2352-4588 online, <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0106>.
- Holmstrup, M., Touzot, M., & Slotsbo, S. (2023). Characterization of the thermal death time landscape for *Enchytraeus albidus*. *Pedobiologia - Journal of Soil Ecology*, 97-98. 150876. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2023.150876>.
- Hönemann L., & Nentwig W. (2009). Are survival and reproduction of *Enchytraeus albidus* (Annelida: Enchytraeidae) at risk by feeding on Bt-maize litter? *European Journal of Soil Biology*, 45, 351-355. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2009.03.001>
- Ivleva, I.V., (1973). *Enchytraeus albidus*. In: Mass cultivation of invertebrates: Biology and methods. Published for the National Marine Fisheries Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, D.C. the Israel Program for Scientific Translations, pp. 8–38 (translated from Russian).
- Jamieson, B. G., & Ferraguti, M. (2006). Non-leech clitellata. *Reproductive Biology and Phylogeny of Annelida*, 4, 235-392.
- Jimenez-Rojas, J. E., Ameciga-Diaz, P. A., & Herazo-Duarte, D. M. (2012). Desempeno de juveniles del pez angel *Pterophyllum scalare* alimentados con el oligoqueto *Enchytraeus buchholzi*. *Universitas Scientiarum*, 17(1), 28-34. <https://doi.org/10.11144/javeriana.SC17-1.poja>
- Kasiri, M., Farahi, A., & Sudagar, M. (2012). Growth and reproductive performance by different feed types in fresh water angelfish (*Pterophyllum sacalare* Schultze, 1823). *Veterinary Research Forum*, 3(3) 175-179.
- Kobeticova, K. (2007). *Laboratory tests of toxicity with Enchytraeids*. (Unpublished Rigorous dissertation) Masaryk University.

- Kocaman, E. M., Yanık, T., Pirol, A., Mammadov, J., Uçar, A., Parlak, V., Alak, G., & Atamanalp, M. (2017). Evaluation of assition of white worm (*Enchytraeus albidus*, Henle, 1837) to diets on quality of Brown trout (*Salmo trutta fario*). *Current Trends in Natural Sciences*, 6(12), 287-290. ISSN: 2284-953X
- Kolensyuk, N., Simon, M., Marenkov, Nesterenko, O. S., & Tushnytska, N. (2019). Oligochaetes (Oligochaeta): Dero Furcata, Sludge Worm, *Enchytraeus albidus* and Grindal Worms As Valuable Food Objects in Fish Farming (Review). *Ribogospod. nauka Ukr.* 1(47), 28-47. <https://doi.org/10.15407/fsu2019.01.028>
- Lindfeld, A., Lang, C., Knop, E., & Nentwing, W. (2011). Hard to digest or a piece of cake? does GM wheat affect survival and reproduction of *Enchytraeus albidus* (Annelida:Enchytraidae). *Applied Soil Ecology*, 47(1), 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.10.012>
- Lock, L., & Janssen, C. R. (2001). Effect of clay and organic matter type on the ecotoxicity of zinc and cadmiyum to the potworm *Enchytraeus albidus*. *Chemosphere* 44(8),1669-1672. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(00\)00565-8](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(00)00565-8)
- Maraldo, K., & Holmstrup, M. (2009). Recovery of enchytraeid populations after severe drought events. *Applied Soil Ecology*, 42(3), 227-235. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.04.004>
- Memiş, D., Çelikkale, M. S., & Ercan, E. (2004). The effect of different diets on the white worm (*Enchytraeus albidus* Henle, 1837) reproduction. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 4(1), 05-07. E-ISSN: 2149-181X
- Mısırlıoğlu, İ. M. (2001). Doğanın gönüllü bahçıvanları toprak solucanları. *Bilim ve Teknik*,78.
- Myohara, M., Yoshida-Noro, C., Kobari, F., & Tochinal, S, (1999). Fragmenting oligochaeta *Enchytraeus japonensis*: A new material for regeneration study. *Develop. Growth Differ.*, 41(5), 549-555. DOI: 10.1046/j.1440-169x.1999.00455.x
- Owojori, O. J. (2009). *Influence of clay content and salinity on the bioavailability and toxicity of metals (copper and zinc) to soil organism.*(for the degree of doctor of philosophy University of Stellenbosch). <https://scholar.sun.ac.za/server/api/core/bitstreams/62e8ff11-a147-4ce5-9946-5a28e025bff2/content>
- Öz, M., Bahtiyar, M., Şahin, D., Karslı, Z., & Öz, Ü. (2015). Using white worm (*Enchytraeus* spp.) as a live feed in aquarium fish culture. *Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture*, 1,165-168.
- Pratama, A., Alawi, H., & Aryani, N. (2018). The effect of substitution and combination of feed on the growth and survival rate of gold fish larvae (*Carassius auratus*). *Journal online Mahasiswa (JOM)*, 5(1),1-10.
- Rezvani, A., Amiri, B. M., Manouchehri, H., & Abadian, R. (2011). Measurement of gonadal development of *Astronotus ocellatus* (Cuvier, 1829) as a results of feeding earthworm (*Eisenia foetia*). *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 1(1), 11-13.
- Rodriguez, P., Arrate, J.A., & Martinez-Madrid, M. (2002). Life history of the oligochaeta *Enchytraeus coronatus* (Annelida, Enchytraeidae) in agar culture. *Invertebrate Biology*, 121(4), 350-356. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7410.2002.tb00135.x>
- Roembke, J. & Th. Knacker, (1989). Aquatic toxicity test for enchytraeids. *Hydrobiologia* 180, 235-242. © 1989 Kluwer Academic Publishers.
- Rota, E., (1994). Enchytraeidae (Oligochaeta) of Western Anatolia: Taxonomy and faunistics. *Bolletino di Zoologia* (ISSN: 0373-4137), 61(3), 2141-260. <https://doi.org/10.1080/11250009409355892>.

- Römbke, J., & Moser, Th. (2002). Validating the Enchytraeid reproduction test: Organisation and results of an international ringtest. *Chemosphere* 46(7), 1117-1140. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(01\)00113-8](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(01)00113-8)
- Ruby, P., Antony, C., Ahilan, B., Selvaraj, S., Ramya, N. & Wino, A. J. (2024). White worms *Enchytraeus albidus* as a live feed and formulated aquafeeds. *Vigyan Varta*, 5(4), 165-167. E-ISSN: 2582-9467
- Satam, S. B. Sawant, N. H, Ghughuskar, M. M. Sahastrabuddhe, V. D. Naik, V. V. Pagarkar, A. U, Chogale, N. D., Metar, S. Y, Shinde, K. M., Sadawarte, V. R., Sawant A. N., Singh, H. Sawant, P. A., Patil, V. K., Rane, A. D., Haldankar, P. M., & Bhattacharyya, T. (2018). Ornamental fisheries: A new avenue to supplement farm income. *Advanced. Agricultural Research & Technology Journal*, 2(2), 193-197. ISSN: 2581-3749 (online).
- Schmelz, R. M., & Collado, R. (2010). A guide to European terrestrial and freshwater species of Enchytraeidae (Oligochaeta). *Soil Organism*, 82(1), 1-176. <https://soil-organisms.org/index.php/SO/article/view/203>
- Sherma, R. (2003). Raising earthworm successfully. North Carolina Cooperative Extension Service. Publication number: EBAE 103-83, *Biological and Agricultural Engineering*, North Carolina State University, Raleigh, NC.
- Springett, J. A. (1964). A method for culturing Enchytraeidae. *Oikos*, 175-177. <https://doi.org/10.2307/3564754>.
- Szatanik-Kloc, A., Szerement, J., Adamczuk, A., & Józefaciuk, G. (2021). Effect of low zeolite doses on plants and soil. *Physicochemical Properties. Materials*, 14(10), 18p. 2617. <https://doi.org/10.3390/ma14102617>
- Şahin, D., Öz, M., Karşı, Z., Aral, O., & Bahtiyar, M. (2017). Effect of frozen White worm (*Enchytraeus* sp.) on growth of platy (*Xiphophorus maculatus* Günther, 1866). *Turkish Journal of Aquatic Sciences*. 32(2), 71-75. doi: 10.18864/TJAS201706.
- Tarmo, T. (2012). Life forms in Oligochaeta: a literature review. *Zoology in the Middle East*, 4, 71-82. DOI: 10.1080/09397140.2012.10648986. (Advances of the 5th International Oligochaeta Taxonomy Meeting Zoology in the Middle East, Supplementum 4, 2012: 071–082. ISSN 2193-1550 © Kasperek Verlag, Heidelberg)
- Tappin, A. R. (2010). Rainbowfishes, their care, keeping in captivity. *Electronic publication*, 493 pages.
- Taş, M. (2008). *Sazlıdere Deresi (Edirne) Oligochaeta Faunası ve Mevsimsel Dinamiği*. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi), Trakya Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Tizkar B., Alinezhad S., Zoughi Shalmani A., & Hafezieh, M. (2024). Intraction effects of substrate and different protein diets on the growth and reproduction of white worm (*Enchytraeus albidus* Henle 1837). *Journal of Aquaculture Development (JAD)*, 18(1), 1-12.
- Tolon, T., & Emiroğlu, D., (2014). Akvaryum Balıkları Pazar Yapısı ve Tüketici Tercihlerinin Değerlendirilmesi. 1. Ulusal Akvaryum Balıkları ve Sorunları Çalıştayı Sonuç Raporu. Antalya.120-124.
- Xie, Z., Liang, Y., & Wang, H. (2000). *Enchytraeus chaoyangensis*, a new terrestrial culture species (Enchytraeidae, Oligochaeta) from Northeastern China. *Acta Hydrobiol.*, 42, 1/2, 69-72.
- Vedrasco, A., Lobchenko, V., Pirtu, I., & Billard, R. (2002). The culture of live food for Sturgeon Juveniles, a mini review of the Russian literature. *International Review of Hydrobiology*, 87(5-6), 569 – 575. <https://doi.org/10.1002/1522-2632>.
- Walsh, M. L., Fairchild, E. A., Rennels, N., & Howell, W. H. (2015). The effects of live and artificial diets on feeding performance of winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*,

- in the hatchery. *Journal of the World Aquaculture Society*, 46(1), 61-68.
<https://doi.org/10.1111/jwas.12171>
- Westheide, W., & Müller, M. C. (1996). Cinematographic documentation of Enchytraeid morphology and reproductive biology. *Hidrobiologia*, 334, 263-267.
- Zakirah, M. T., Shabdin, M. L., Khairul-Adha, A. R., Fatimah-A'tirah, M., & Ahmad-Nasir, A. S. (2016). The effects of different diets on survival of marine oligochaetes worm (Oligochaeta: Tubificidae). *AACL Bioflux*, 9(5), 1144-1153.
<http://www.bioflux.com.ro/aac1>



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet BAHTİYAR

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Pendik Rauf Denктаş Lisesi, 2004

Lisans : Sinop Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi, 2011

Yüksek Lisans : Sinop Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2024.

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Okyanus Akvaryum İnş.ve İhr. Ltd. Şti, 2016-

Yayın Listesi :

Öz, M., Bahtiyar, M., Şahin, D., Karlı, Z., & Öz, Ü. (2015). Using white worm (*Enchytraeus* spp.) as a live feed in aquarium fish culture. *Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture*, 1, 165-168.

Şahin, D., Öz, M., Karlı, Z., Aral, O., & Bahtiyar, M. (2017). Effect of frozen White worm (*Enchytraeus* sp.) on growth of platy (*Xiphophorus maculatus* Günther, 1866). *Turkish Journal of Aquatic Sciences*. 32(2), 71-75. doi: 10.18864/TJAS201706.

Şahin, D., Öz, M., Aral, O., Bahtiyar, M., & Taşçı, S. (2022). Growth and Pigmentation of Goldfish (*Carassius auratus* L, 1758) Fed on a Diet Supplemented with Purslane (*Portulaca* sp.) Extract. *Pakistan Journal of Zoology*, 54(1): 175-181. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20210318090307>

Şahin, D., Öz, M., Aral, O., Bahtiyar, M., & Taşçı, S. (2022). Use of purslane (*Portulaca* sp.) extract as a potential feed additive on growth parameter and skin pigmentation for blue streak hap, *Labidochromis caeruleus* (Fryer, 1956). *Journal of Applied Ichthyology*, 38(1), 101–108. <https://dx.doi.org/10.1111/jai.14281>