

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI



***TENEBRIO MOLITOR* LINNAEUS (COLEOPTERA:
TENEBRIONIDAE)'UN FARKLI BESİNLERDE GELİŞİMİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞERAFETTİN KALAY

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Gülay KAÇAR

BOLU, EKİM - 2024

KABUL VE ONAY SAYFASI

Şerafettin KALAY tarafından hazırlanan “*Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae)’un farklı besinlerde gelişiminin belirlenmesi” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Bitki Koruma Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. 8/10/2024

Jüri Üyeleri

Danışman
Prof. Dr. Gülay KAÇAR
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Işıl ÖZDEMİR
Kocaeli Üniversitesi

Üye
Dr. Öğr. Üy. A. Sami KOCA
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

İmza

.....

.....

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

.....

ŞERAFETTİN KALAY

ÖZET

***Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae)'un farklı besinlerde gelişiminin belirlenmesi**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ŞERAFETTİN KALAY
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GÜLAY KAÇAR)**

**BOLU, EKİM - 2024
(XI +34)**

Böcekler, yüksek kaliteli yağ ve protein içeriği, kısa döl süreleri, düşük karbon salınımı ve üretim maliyetlerinin düşük olması gibi birçok faktörden dolayı gelecekte besin kaynağı olarak önemli bir yere sahiptir. Böcekler, son yıllarda hayvanlar ve insan gıdası için alternatif bir besin kaynağıdır. Bu türler arasında özellikle Un kurdu (*Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae)), gıda ve yem olarak en çok kullanılan yenilebilir böceklerden biridir. Bu çalışmada dokuz farklı besin kaynağının Un kurdu'nun larva ve pupa süresi, ergin ömrü, ağırlık, boyu ve ölüm oranlarına etkisi incelenmiştir. Deneme 4 tekkerrürlü olarak 28 ± 2 °C sıcaklık ve 70 ± 5 nemde, 14: 10 Aydınlik: Karanlık koşullarında inkubatorlerde yürütülmüştür. 5. besin ve 9. besin, böceklerin sağlıklı ve dengeli bir şekilde gelişimini sağlayan en ideal besinler olarak öne çıkmıştır. Diğer besinlerden özellikle 7. besin, larva evresinde hızlı bir gelişim sunmasına rağmen yüksek ölüm oranları ile dikkat çekmiştir. 8. besinde hiç gelişme kaydedilmemiştir. Bu sonuçlar, Un kurdu üretiminde besin kaynaklarının etkisini ortaya çıkarmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: *Tenebrio molitor*, Farklı besinler, Larva gelişim süresi, Pupa süresi, Ölüm oranı, Ömür

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE DEVELOPMENT OF *TENEBRIO MOLITOR* LINNAEUS (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) IN VARIOUS FOOD MSC THESIS

ŞERAFETTİN KALAY
BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES
DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION
(SUPERVISOR: PROF. DR. GÜLAY KAÇAR)

BOLU, OCTOBER 2024
(XI + 34)

Insects have a significant potential food source in the early future due to various factors, including high-quality oil and protein content, short life cycles, low carbon emissions, and reduced production costs. Recently, insects have gained attention as an alternative nutritional source for both animal and human consumption. Among these species, the mealworm (*Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae)) is significant important as one of the most used edible insects for food and forage pray. This study investigates the effects of nine different food sources on the larval and pupal duration, adult lifespan, weight, size, and mortality rates of the Mealworm. The experiments was carried out with 4 replications at $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $70\pm\%$ humidity, 14:4 light: dark conditions in incubators. 5th and 9th food sources and have been identified as the most suitable for promoting healthy and balanced development in the insects. Although 7th food source supported rapid development during the larval stage, it exhibited notably high mortality rates. No growth of larvae was observed with 8th food source. These findings underscore the impact of food sources on the growth and development of Mealworm..

KEYWORDS: *Tenebrio molitor*, Different foods, Larval development, Pupal development, Mortality

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLO LİSTESİ	viii
FOTOĞRAF LİSTESİ	ix
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	x
TEŞEKKÜR	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1 Materyal	13
3.2 Böceğin Tanımı Biyolojisi	14
3.2.1 Tanımı.....	14
3.2.2 <i>Tenebrio molitor</i> 'ün biyolojisi.....	16
3.3 Yöntem.....	17
3.4 Veri analizi	20
4. BULGULAR	21
5. TARTIŞMA	28
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	29
7. KAYNAKLAR.....	31

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Un kurdu denemelerinde kullanılan besinlerin içerikleri	24
Tablo 2. Besinlerin <i>Tenebrio molitor</i> 'un larva dönemi üzerindeki etkileri. (Ortalama $\pm$ SE)	33
Tablo 3. Besinlerin <i>Tenebrio molitor</i> 'un pupa dönemi üzerindeki etkileri (Ortalama $\pm$ SE)	35
Tablo 4. Besinlerin <i>Tenebrio molitor</i> 'un ergin dönemi üzerindeki etkileri (Ortalama $\pm$ SE)	37
Tablo 5. Besinlerin <i>Tenebrio molitor</i> 'un 2. nesilde üreme üzerindeki etkileri (Ortalama $\pm$ SE).....	38

FOTOĞRAF LİSTESİ

	Sayfa
Fotoğraf 1. Kullanılan besinler	25
Fotoğraf 2. Ergin <i>Tenebrio molitor</i> erkeği ve dişisi.....	26
Fotoğraf 3. <i>Tenebrio molitor</i> genital bölge dişisi sol (a) ve erkeği sağ (b).....	26
Fotoğraf 4. <i>Tenebrio molitor</i> yaşam döngüsü	27
Fotoğraf 5. <i>Tenebrio molitor</i> laboratuvar stokları	28
Fotoğraf 6. Besinlere aktarmak için toplanan larvalar.	29
Fotoğraf 7. Besinlere aktarılmış larvalar.....	29
Fotoğraf 8. Son döneme geçmiş larvalar	30
Fotoğraf 9. Larva, pupa ve ergin vücut (uzunluk, en (thorax)) ölçümleri ve ağırlık belirlenmesinden görüntüler	30
Fotoğraf 10. Denemenin kurulması	31

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

mm	: Milimetre
gr	: Gram
SH	: Standart hata
Cm	: Santimetre
FAO	: Food and Agriculture Organization
S.S	: Sınırlı sorumlu
Ark.	: Arkadaşları
Kg	: Kilogram
Dcp	: Dicalcium Phosphate
Mdcp	: Monodicalcium Phosphate

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, değerli hocam ve danışmanım, Sayın Prof. Dr. Gülay KAÇAR'a, Doç. Dr. Işıl ÖZDEMİR'e, Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman Sami KOCA'ya ve Doktora öğrencisi Nuraya MAMUK'a her zaman yanımda olup beni destekleyen aileme ve yol arkadaşım Feyza TUTAK'a sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım. Ayrıca S.S. Köroğlu Kooperatifine teşekkür ederim.



1. GİRİŞ

Böcekler, yüksek seviyede kaliteli ve yüksek yağ, protein içermeleri, döller arası sürelerinin kısa oluşu, üretimlerinde karbon salınımının az olması, kolay üretilmeleri ve üretim maliyetlerinin (kullanılan maddelere göre değişik gösterir) düşük olması gibi sebeplerden dolayı besin olarak gelecek vaat etmektedir (Özsoy ve Gündoğdu, 2017). Son yıllarda, böceklerin hayvan yemi ve insan gıdası için alternatif ve sürdürülebilir bir besin kaynağı olarak görülmesi nedeniyle "böcek yetiştiriciliği" ciddi anlamda ilgi çekmektedir (Huis, 2013). Günümüzde, en yaygın üretimi yapılan ticari yenilebilir böcekler, Ev cırcırı, *Acheta domesticus* (Linnaeus) (Orthoptera: Gryllidae), Bal arısı, *Apis mellifera* (Linnaeus) (Hymenoptera: Apidae), İpekböceği, *Bombyx mori* (Linnaeus) (Lepidoptera: Bombycidae), Mopana tırtılı, *Gonimbrasia belina* (Westwood) (Lepidoptera: Saturniidae), Afrika palmiye biti (*Rhynchoporus phoenicis*) (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) ve Sarı unkurdu *Tenebrio molitor* (Linnaeus) (Coleoptera: Tenebrionidae)'dir (Tang ve ark., 2019). Fransa, yenilebilir böcekler konusunda çeşitli çalıştaylar, sergiler ve seminerler düzenleyerek bu alandaki farkındalığı artırmayı hedeflemiştir. Ayrıca, Londra ve Paris'teki lüks restoranların menülerine böcek bazlı yemekler eklenmiş ve ünlü şefler böceklerden yaratıcı ve lezzetli yemekler hazırlamaya başlamıştır. Bu gelişmeler, entomofajinin gastronomi dünyasında da kabul görmeye başladığını ve böceklerin alternatif bir protein kaynağı olarak gastronomik değer kazandığını göstermektedir. Son zamanlarda Japonya'nın böcek ihracatının iki katı kadar arttığı kaydedilmiştir (Kaymaz ve Ulema, 2020). Böceklerin, insan tüketimi için kullanılması batı ülkelerindeki tüketiciler arasında giderek artan bir ilgi görmektedir (Joensuu ve ark., 2017). Avrupa'da Cırcır böcekleri'nin yanı sıra *T. molitor*, Küçük Un kurdu *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) ve Göçmen çekirgesi *Locusta migratoria* (Linnaeus) (Orthoptera: Acrididae) gibi böcekler daha çok pazarlanmaktadır. Örneğin, Hollanda'da evcil hayvan veya balık yemi olarak kullanılmak üzere böcek üreten şirketler, katı hijyen önlemleri uyguladıkları insan tüketimine uygun böceklerin yetiştirilmesi için özel üretim tesisi kurmuşlardır (Huis, 2016).

Un kurdu (*Tenebrio molitor*), hem gıda hem de yem olarak üzerinde en çok araştırma yapılan yenilebilir böceklerden birini temsil etmektedir. Un kurdu muhtemelen Akdeniz bölgesinde ortaya çıkmış olup, günümüzde kozmopolit olarak dağılım göstermiştir. Düşük bakım gereksinimleri nedeniyle, Un kurdu endüstriyel ölçekte üretime yönelik umut vaat eden adaylardan biridir. Son yıllarda dünya çapında bu türün üretim, için birçok çiftlik ve gıda-yem şirketi bu böceği kullanmaya başlanmıştır (Mancini ve ark., 2019). *Tenebrio molitor* larva ve pupasının protein, yağ, enerji, yağ asitleri bakımından zengin olduğu ve kanatlı hayvan beslemesinde başarıyla kullanılabileceği belirtilmiştir. *Tenebrio molitor*'un larvaları evcil hayvanların yanı sıra hayvanat bahçelerinde ve yaban hayatı parklarındaki egzotik kuşların beslenmesinde canlı olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Çalışlar, 2017). Son zamanlarda da *T. molitor*, AB (Avrupa Birliği)'de balık yemlerinde içerik maddesi olarak kullanılmasına izin verilen böcek türleri listesine dahil edilmiştir (Anonim, 2017). *Tenebrio molitor* larvasının besin değerleri, biyogüvenliği, tüketici kabulü ve piyasa fiyatı dikkate alındığında, hayvan yemlerinde alternatif veya sürdürülebilir bir protein kaynağı olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Hong ve ark., 2020). *Tenebrio molitor*, besleyici profilleri ve düşük çevresel etkileri nedeniyle insanlar için sürdürülebilir bir gıda kaynağı olabilir. Yapılan bir çalışmada, taze bitki materyalleri ile zenginleştirilmiş diyetlerin Un kurtları'nın büyüme performansı ve besin değeri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Dört hafta boyunca buğday kepeği ve havuç, portakal veya kırmızı lahana ile zenginleştirilmiş buğday kepeği ile yetiştirilen larvalar değerlendirilmiştir. Taze bitki takviyesi, un kurtlarının hayatta kalma oranı ve besin değeri üzerinde önemli değişiklikler yaratmıştır. Havuç, portakal ve kırmızı lahana ile beslenen larvalar, dördüncü haftada %40-46 daha ağır olmuştur (Liu ve ark., 2020). Ayrıca, kırk dört farklı ürün (tahıl unları, baklagiller ve çeşitli bitkisel ve hayvansal ürünler *T. molitor*'un yumurtlaması ve beslenmesi için uygunluk açısından değerlendirilmiştir. Nişastalı besin maddeleri, un kurtlarının üremesi ve gelişimi üzerinde olumlu etkiler göstermiştir. Seçilen nişasta kaynaklarıyla beslenme, *T. molitor* larvalarının besin bileşimi üzerinde etkili olmuş ve genellikle yüksek protein içeriğine sahip besin maddeleri, larvaların da yüksek protein içeriğine sahip olmasına neden olmuştur (Rumbos ve ark., 2020).

Bu çalışmada artan dünya nüfusunun gereksinimleri ve endüstriyel talepler göz önüne alındığında yüksek protein içeriğine sahip farklı besinlerin Un kurdu'nun larva ve pupa süresi, ergin ömrüne ve dl verimine etkisi değerlendirilmiştir. Böylelikle Un kurdu beslenmesinde kullanılabilecek en uygun besin kaynağı belirlenmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ramos ve ark. (2011), *T. molitor* larvalarına seçilen besinlerin etkisi incelemişlerdir. Araştırmada, larvaların seçimine sunulan iki diyet bileşeni buğday kepeği ve soya fasulyesi unu olarak belirlenmiştir. Çalışmada, larvaların bu iki bileşeni kendiliğinden seçmeleri sağlanmış ve bu seçimlerin büyüme hızı, gelişim süreçleri ve genel performanslarını nasıl etkilediği değerlendirilmiştir. Sonuçlar, larvaların bu besin bileşenlerinin beslenme verimliliğini artırdığını ve genel performanslarını iyileştirdiğini göstermiştir. Çalışma, larvaların besin seçimlerinin, sağlıklı gelişimlerinde ve beslenme ihtiyaçlarını daha iyi karşılamak için önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Latney ve ark. (2017), *T. molitor* ve *Zophobas morio* (Fabricius) (Coleoptera: Tenebrinoidae) larvalarının kalsiyum ve fosfor içeriğini etkileyen çeşitli diyetleri incelemişlerdir. Araştırmada, larvalara sunulan diyetler arasında organik kaynaklar (meyve ve sebze atıkları), tahıl bazlı karışımlar (kullanılmış tahıllar ve unlu mamuller), minerallerle zenginleştirilmiş karışımlar (özel olarak formüle edilmiş kalsiyum ve fosfor açısından zengin diyetler) ve endüstriyel atıklar (gıda işleme süreçlerinden kalan atıklar) yer almıştır. Sonuçlar, bu diyetlerin *T. molitor* ve *Z. morio* larvalarının kalsiyum ve fosfor içeriğini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Özellikle mineral açısından zengin diyetlerin, larvaların kalsiyum ve fosfor düzeylerini artırarak besin değerlerini iyileştirdiği bulunmuştur. Bu diyetlerin larvaların sağlığını ve besin kalitesini geliştirdiğini ve *T. molitor* ve *Z. morio* yetiştiriciliğinde mineral dengesinin sağlanması ve beslenme formülasyonlarının optimize edilmesi gerektiğini göstermiştir.

Ribeiro ve Abelho (2018), *T. molitor*'u daha geleneksel protein kaynaklarıyla rekabetçi hale getirmek için seri üretimin optimize edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. *Tenebrio molitor*'un yetiştirilmesi için aralık ve optimal çevresel, fiziksel ve beslenme koşulları hakkındaki bilimsel literatürler gözden geçirilmiştir. Sonuç olarak; (a) *T. molitor* büyümesi için optimum sıcaklık 25–28°C'dir; (b) *T. molitor* larva büyüme hızı %60-75 bağıl nem arasında optimum aralıkla $\geq$ %70 bağıl nemde (RH) en yüksektir ve (c) optimal büyüme %5-10 maya, %80-85 karbonhidrat içeren diyetlerle ve B kompleksi vitaminlerinin eklenmesiyle sağlanmıştır.

Melis ve ark. (2019), Un kurdu larvalarını, organik atıklar ve bitkisel atıklar gibi alternatif atık malzemeleri kullanılarak yetiştirmişlerdir. Her iki atığın, larvaların büyüme performansı, besin tüketimi, enerji tüketimi ve metabolik aktiviteleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, alternatif atıkların larvaların metabolizmasında belirgin farklılıklar yarattığını ve bu farklılıkların larvaların genel sağlık durumunu, beslenme verimliliğini ve büyüme hızını etkilediğini göstermiştir. Özellikle, organik atıklar gibi bazı atıkların larvaların enerji tüketimini artırarak daha hızlı büyüme sağlarken, bitkisel atıklar metabolik verimliliği ve besin kullanımı açısından avantajlar sunmuştur. Alternatif atıkların kullanımının, Un kurdu yetiştiriciliğinde metabolik yanıtları optimize etmenin ve daha sürdürülebilir beslenme stratejileri geliştirmenin önemini belirtmişlerdir.

Rumbos ve ark. (2020), *Tenebrio molitor*'nun yumurtlama ve beslenmesi için kırk dört farklı malzemenin uygunluğunu değerlendirmişlerdir. On ergin *T. molitor*, her biri tahıl unları ve öğütmeleleri (buğday unu, mısır unu, arpa unu), un dışı tahıl ürünleri (tahıl taneleri ve işlenmemiş tahıl ürünleri), baklagiller (mercimek, nohut, fasulye) ve bitkisel ve hayvansal kökenli ürünler (kurutulmuş meyve, sebze, hayvansal ürünler) içeren tüplere yerleştirilmiş ve bir hafta sonra çıkarılarak ölüm oranları belirlenmiştir. Tüpler, dokuz hafta inkübe edilmiş ve ardından larvalar sayılarak tartılmıştır. Araştırma, nişastalı malzemelerin ergin üremesini ve larva gelişimini desteklediğini, baklagillerin ise daha az döl ürettiğini göstermiştir. Beslenme substratının protein içeriği, larvaların protein içeriğini de etkilemiş; yüksek proteinli substratların, yüksek proteinli larvalar ürettiği belirlenmiştir.

Adamkova (2020), sıcaklık ve yemin *Tenebrio molitor*'un beslenme değeri üzerine etkilerini incelemiştir. Larvalar 15, 20 ve 25°C sıcaklıklarda buğday kepeği, mercimek unu ve karışımı ile beslenmiştir. Ham protein içeriği: yem içeriğinde mercimek oranı arttıkça ham protein içeriği artmıştır. Amino asitler: sıcaklık ve yem değişiklikleri, özellikle temel amino asitler val, arg ve leu üzerinde belirgin etkiler göstermiştir. Yağ içeriği: en yüksek yağ içeriği, 20°C'de buğday kepeği ile beslenen böceklerde belirlenmiştir. En düşük yağ içeriği ise 15°C'de kepek ile beslenen böceklerde bulunmuştur. Polien yağ asitleri: en yüksek içerik, 15°C sıcaklıkta ve buğday kepeği diyetinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, protein oranı yüksek diyetlerin ham protein içeriğini artırabileceği ve yemin, besin değerleri

üzerinde sıcaklıktan daha önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Yem ve sıcaklık, yağ içeriğini de önemli ölçüde etkilemiştir. Bu nedenle, *T. molitor*'un besin değerini optimize etmek için diyet ve sıcaklık dikkatlice ayarlanması gerektiği bildirilmiştir.

Riudavets ve ark. (2020), beş farklı tarımsal ve endüstriyel yan ürünü kayısı atıkları, bira artıkları, kırık tahıl taneleri, yumurta kabuğu artıkları ve kuluçkahane atıkları (tüy, kısırılık yumurtalar, ölü embriyolar ve yumurta sıvıları) ve bu ürünlerin karışımlarını *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), *T. molitor* ve *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) için diyet olarak değerlendirmişlerdir. Test edilen 26 kombinasyondan 11'i, 1. dönem larvaların ergin döneme geçmesini sağlamıştır. Bulgular, biyo-konversiyon parametreleri ve biyokütle kompozisyonunun diyet içeriğine bağlı olarak değişebileceğini, özellikle daha karmaşık besin gereksinimlerine sahip *E. kuehniella* ve *H. illucens* türlerinde bu değişimin belirgin olduğunu göstermiştir. *Tenebrio molitor* hemen hemen tüm yan ürünlerde gelişebilmiştir, ancak sadece uygun yan ürün karışımları kullanıldığında, gelişme parametreleri standart diyetle benzer sonuçlar göstermiştir. *Hermetia illucens* için en iyi biyodönüşüm sonuçları, kurutulmuş bira fabrikası kullanılmış tahılı, yem fabrikası yan ürünlerini ve kullanılmış mayasını içeren diyetle elde edilmiştir. Bu üç türün larvaları yüksek protein ve yağ içerikleri nedeniyle beslenme açısından ilginç olup, ancak *H. illucens*'in yüksek oranda doymuş yağ asitleri içeren yağ asidi profili, insan tüketimi için daha az sağlıklı görünmüştür.

Mancini ve ark. (2020), bira üretim atıkları, ekmek ve kurabiye artıkları ile bunların karışımlarını beslenme substratı olarak kullanarak *T. molitor* larvalarını yetiştirdikleri bir çalışmada, bira atıklarıyla beslenen larvaların daha hızlı büyüyüp daha yüksek protein ve karbonhidrat içerikleri gösterdiğini saptamışlardır. Kurabiye içeren substratlar larvaların lipid içeriğini artırmış ancak larvaların büyümesini yavaşlatmıştır. Mikrobiyal yükler kısmen diyetle etkilenmiştir. Larvaların antioksidan durumu, diyetle ilgili olarak farklı tokoferol izoformları göstermiştir, ancak genel antioksidan kapasitede fark görülmemiştir. Sonuçlar, Un kurdu larvalarının farklı substratlarla yüksek besin değerine sahip gıda-yem üretmek için esnek bir şekilde yetiştirilebileceğini göstermiştir.

Liu ve ark. (2020), yürüttükleri çalışmada, taze bitki materyali eklenmiş diyetlerin Un kurtları'nın büyüme performansı ve besin değeri üzerindeki etkilerini incelenmişlerdir. Un kurdu larvaları dört hafta boyunca buğday kepeği veya buğday kepeği ile zenginleştirilmiş havuç, portakal veya kırmızı lahana içeren diyetlerde yetiştirilmiştir. Bitki takviyeleri, Un kurtları'nın hayatta kalma, gelişim veya antioksidan aktivitelerinde önemli değişiklikler yaratmamıştır. Ancak, bitki takviyeli diyetlerle beslenen larvalar daha hızlı büyümüş ve dördüncü haftada sadece buğday kepeği ile beslenenlere göre %40-46 daha yavaş olmuştur. Bu sonuçlar, Un kurdu üretiminin diyet formülasyonunun optimize edilmesine yardımcı olmuştur.

Silva ve ark. (2021), Un kurdu larvalarının kanatlı hayvan gübresi, yatak talaşı, saman ve kuru yapraklar gibi çeşitli altlık malzemeleri içeren diyetlerle beslenmesinin, larvaların gelişim hızını, büyüme oranını ve kimyasal bileşimini nasıl etkilediği değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, bu tür diyetlerin larvaların protein, lipid ve karbonhidrat içeriğinde değişikliklere neden olduğunu, ancak genel olarak besin değerlerinin iyileştiğini göstermiştir. Ayrıca, kanatlı hayvan altlığı bazlı diyetlerin Un kurdu yetiştiriciliğinde ekonomik ve çevresel avantajlar sağladığı, aynı zamanda atık yönetimine katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, Un kurdu beslenmesinde alternatif diyetlerin potansiyelini ve sürdürülebilirlik açısından önemini göstermiştir.

El Deen ve Lama (2021), *Tenebrio molitor* yapay diyetinin optimize edilmesine odaklanmış olup yürüttükleri çalışmada sekiz farklı diyetin dişilerin ağırlığı, verimliliği ve larvaların ağırlığı üzerindeki etkileri değerlendirmişlerdir. Buğday kepeği, bira mayası, işlenmiş tahıl ve ekmek artıkları gibi yan ürünler kullanılarak farklı oranlarda diyetler oluşturulmuştur. Farklı diyetler altında dişilerin yumurtlama dönemi boyunca ağırlığında önemli bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Dişi verimliliği (larva sayısı) de diyetler arasında önemli bir fark göstermemiştir. Ancak, buğday kepeği ve bira mayası içeren diyet A ile beslenen larvaların toplam biyokütlesi (452,4 mg) ve ortalama larva ağırlığı (3,1 mg) önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde, buğday kepeği, bira mayası ve işlenmiş tahıl içeren diyet G ile beslenen larvaların ortalama ağırlığı da (3,2 mg) yüksek olmuştur. Bu bulgular, yan ürün türlerinin *T. molitor*'un üreme performansını etkilemediğini, ancak larvaların büyümesini etkileyebileceğini

göstermiştir. Bu çalışma, yan ürünlere dayalı diyetlerin Un kurdu üretiminde etkili bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Zim (2021), tarım faaliyetlerinden elde edilen bitki artıklarının *T. molitor* larvalarının beslenmesinde kullanımını incelenmiştir. Narenciye, domates, biber ve patates kalıntıları buğday kepeği ile karıştırılarak (%50: 50 oranında) diyet olarak kullanılmıştır. Larvaların ağırlık artışı, büyüme oranı, ölüm oranı, tüketilen yem miktarı ve dönüşüm oranı gibi beş zooteknik parametre değerlendirilmiştir. Bitki kalıntıları ve buğday kepeği karışımları, larvaların ağırlık artışı ve büyüme oranı üzerinde olumlu etki göstermiştir. Bitki kalıntıları tek başına kullanıldığında, tüm zooteknik parametreler üzerinde olumsuz etki yapmıştır. Narenciye ve domates kalıntıları en yüksek ölüm oranlarına (sırasıyla %92 ve %98) sahip olmuştur. En verimli diyetler, narenciye ve buğday kepeği karışımı, patates ve buğday kepeği karışımı ve biber ve buğday kepeği karışımı olmuştur. Sonuç olarak, bitki kalıntıları ve buğday kepeği karışımları, *T. molitor* larvalarının büyüme ve gelişimi için etkili diyetler olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

Kröncke ve Benning (2022), Un kurdu larvalarının makro besin alımını optimize etmek için besin seçim yöntemini kullanmışlardır. Altı, sekiz ve on haftalık larvalar, yirmibeş besin seçeneği arasından dört kombinasyon halinde sekiz peletlenmiş substrat arasında iki hafta boyunca seçim yapabilmiştir. Optimal makro besin oranları, karbonhidratlar için %67,3-71,5, proteinler için %19,9-22,8 ve lipidler için %8,6-10,0 olarak belirlenmiştir. Karbonhidrat alımı, biyokütle büyümesini ve gıda dönüşümünü önemli ölçüde artırmıştır. Yüksek protein alımı ise larvaların protein içeriğini artırmıştır. Buğday kepeği ve unu, yulaf kepeği ve gevreği, mısır kabukları, lupin unu ve patates gevreği, Un kurdu larvaları için uygun substratlar olarak belirlenmiş ve larvaların tahıl bazlı bir diyeti tercih ettiğini göstermiştir.

Said ve El Defrawy (2022), *T. molitor* larvalarının farklı diyetlerle otuz gün boyunca beslenmesi sonucu besin bileşimi ve büyüme parametreleri incelemişlerdir. Kullanılan diyetler arasında buğday, yulaf, %21 tavuk yemi, mısır sapı ve bunların çeşitli kombinasyonları yer almıştır. Buğday, yulaf, %21 tavuk yemi ve bunların karışımları ile beslenen larvalar, en yüksek spesifik büyüme oranı ve yem dönüşüm verimliliğine sahip olduğu bulunmuştur. Besin analizleri, diyetler

arasında önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek protein ve yağ oranları, %21 tavuk yemi ve buğday ile beslenen larvalarda bulunmuştur. En yüksek ham lif seviyeleri, mısır sapı ve buğday + mısır sapı diyetlerinde tespit edilmiştir. Genel olarak, buğday, yulaf, %21 tavuk yemi ve bunların karışımları, Sarı un kurdu kitlesel yetiştiriciliğinde iyi büyüme oranları ve besin bileşimi sağlamıştır.

Bordiean ve ark. (2022), tarım ve gıda endüstrisinden elde edilen yan ürünlerin, *T. molitor* larvalarının büyüme performansı, yem dönüşüm oranı (FCR), tüketilen yem verimliliği (ECI), besin kalitesi ve yağ kompozisyonu üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmada, buğday, çavdar kepeği, kolza tohumu unu, kolza tohumu kekik, keten tohumu ve süt thistle kekleri içeren yedi farklı diyet test edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en düşük FCR değerleri taze ve kuru bazda sırasıyla 3,32 ve 2,01 olarak bulunmuştur. ECI değerleri, farklı diyetlerle beslenen larvalar arasında istatistiksel olarak farklılık göstermiştir (ortalama değer %45,7). Besin profiline göre, protein ve yağ oranları sırasıyla %43,6-53,4 ve %22,3-30,0 arasında değişmiştir. Tüm örneklerde ana yağ asitleri oleik asit (%32,97-46,74), linoleik asit (%22,79-38,98) ve palmitik asittir (%12,80-17,81). Çalışma, Sarı un kurdu kullanılarak ucuz endüstriyel yan ürünlerin etkili bir şekilde değerlendirilmesi ve dönüştürülmesi için yeni bir fırsat sunduğunu ortaya koymuşlardır.

Pinter ve ark. (2022), organik atıkların biyo-dönüşümünü optimize etmek amacıyla böceklerin ve organik atıkların kombinasyonlarını belirlemeye odaklanmışlardır. Yürüttükleri çalışmada, *Zophobas morio* (Linneous) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tenebrio molitor* larvaları ve *Acheta domesticus* (Linne) (Orthoptera: Gryllidae) üzerinde farklı diyetlerin (tavuk yemi ile %10 oranında tamamlanan %90 sebze atığı, bahçe atığı, sığır gübresi veya at gübresi) büyüme, hayatta kalma oranları ve besin değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Organik atıklar, bireysel larvaların ağırlığını azaltmıştır, ancak yeşil atık gübrelerden daha az olumsuz etkiler göstermiştir. Bahçe atığındaki besin konsantrasyonları ortalama düzeydeyken, sebze atığı en zayıf diyet olmuştur. *Tenebrio molitor* ve *A. domesticus*, maksimum büyüme oranlarına sahipken, *A. domesticus* protein bakımından zengin, *Z. morio* ve *T. molitor* ise yağ bakımından zengindir. Besin açısından fakir diyetlerin verilmesi, larvalarda düşük protein ve yüksek yağ konsantrasyonuna neden olmuştur.

Fasce ve ark. (2022), buğday kepeği bazlı diyetlere taze havuç ve ıslatılmış bira posası eklenmesinin, Un kurdu'nun büyüme performansını, besin içeriğini ve genel sağlık durumunu nasıl etkilediği değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, taze havuç ve ıslatılmış bira posası eklenen diyetlerin Un kurdu'nun besin değerlerini artırarak protein, vitamin ve mineral içeriğini iyileştirdiğini göstermiştir. Ayrıca, bu eklemelerin larvaların büyüme hızını ve üretim verimliliğini artırdığı bulunmuştur. Çalışma, bu tür besin takviyelerinin un kurdu yetiştiriciliğinde beslenme verimliliğini artırmada etkili bir yöntem olduğu vurgulanmıştır.

Montalbán ve ark. (2022), tarım ve endüstri yan ürünlerine dayalı diyetlerin *T. molitor* larvalarının büyüme performansı, sindirilebilirliği, besin değeri ve mikrobiyota kompozisyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada kullanılan yan ürünler arasında meyve ve sebze artıkları, kullanılmış tahıllar, gıda işleme kalıntıları ve tarım atıkları yer almıştır. Sonuçlar, bu diyetlerin larvaların büyüme hızını artırdığını, sindirilebilirliği iyileştirdiğini ve besin değerlerini geliştirdiğini göstermiştir. Ayrıca, bu yan ürünlere dayalı diyetlerin larvaların mikrobiyota kompozisyonunda olumlu değişiklikler sağladığı belirlenmiştir. Çalışma, tarım ve endüstri yan ürünlerinin Un kurdu yetiştiriciliğinde sürdürülebilir ve ekonomik bir alternatif olarak kullanım potansiyelini göstermiştir.

Kotsou ve ark. (2023), portakal albedo (mezokarp) kabuk atığını, *T. molitor* larvalarının beslenmesinde kullanmışlardır. Kepek, bu atık ile (%25'e kadar) takviye edilmiştir. Larvaların sağ kalım ve büyüme performansı ile besin değerleri (protein, yağ, karbonhidrat, kül, karotenoidler, A ve C vitaminleri, polifenoller) değerlendirilmiştir. Sonuçlar, portakal albedo kabuklarının yem içeriğini artırarak, larvaların karotenoid ve A vitamini içeriğini sırasıyla %198 ve %46, protein ve kül içeriğini ise sırasıyla %32 ve %26,5 oranında artırdığını göstermiştir. Bu nedenle, portakal albedo kabuk atığının *T. molitor* larvalarının beslenmesinde kullanılması, larvaların besin değerini artırırken böcek yetiştiriciliği maliyetlerini de düşürmüştür.

Yakti ve ark. (2023), kenevir tarım atıklarının Siyah asker sineği *Hermetia illucens* ve *Tenebrio molitor* larvalarının yetiştirilmesinde kullanılabilirliğini incelemişlerdir. *Hermetia illucens* larvalarında, saman yerine kenevir atığı kullanımı, larvaların büyüklüğünü artırarak besin değerini iyileştirmiştir. Bu

larvalar, daha yüksek demir (Fe) ve kalsiyum (Ca) seviyeleri ile düşük fosfor (P) ve magnezyum (Mg) içermiştir. Larvalarda sadece kanabidiolik asit (CBDA), kanabigerolik asit (CBGA) ve kanabidiol (CBD) gibi kanabinoidler bulunmuştur. *Tenebrio molitor* larvalarında ise, kenevir atığı kullanımı larva büyüklüğünü küçültürken, kalsiyum, demir, potasyum (K) ve ham protein miktarını artırmıştır. Ancak, magnezyum ve fosfor seviyeleri düşmüş ve kenevirle beslenen *T. molitor* larvalarında kanabinoid tespit edilmemiştir. Sonuç olarak, kenevir tarım atıkları, *H. illucens* larvalarının besin değerini artırabilirken, *T. molitor* larvalarının büyümesini olumsuz etkileme olasılığı göstermiştir.

Riaz ve ark. (2023), Un kurtları'nı farklı diyetlerle besledikleri çalışmada; buğday kepeği, ospor (*Bacillus clausii*), imutec (*Lactocaseibacillus rhamnosus*), kokulu beyaz cincile (*Calocybe indica*), maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ve bunların karışımlarını kullanmışlardır. Buğday kepeği en etkili diyet olarak bulunmuş ve en ağır ve en uzun pupalar bu diyetle elde edilmiştir. Mantar ve ospor, maya ve imutec'e göre daha hızlı larva gelişim sağlamıştır. Mantar içeren diyetler en yüksek protein içeriğine sahipken, buğday kepeği en yüksek yağ ve kül içeriğine sahip olmuştur. Sonuç olarak, buğday kepeği veya mantar ve ospor içeren diyetler, Un kurtları'nın kitlesel yetiştirilmesi için en uygun diyetler olarak bulunmuştur.

Rehorska ve ark. (2023), yerel yan ürünler veya artıkların *T. molitor* larvalarının kitlesel üretiminde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yirmi dokuz farklı substratın larva büyüme performansı ve ergin üremesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Malt kalıntı peletleri en başarılı substrat olarak belirlenmiş ve buğday kepeğine alternatif olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, mısır özü yemi, kestane, ekmek artıkları, soya fasulyesi, tatlı patates ve buğday rüşeymi de uygun diyetler olarak tespit edilmiştir.

Shah ve ark. (2024), laboratuvar ortamında 28°C ve %60-65 bağıl nemde Un kurtları'nın kitlesel üretimi için 10 farklı larva diyeti test etmişlerdir. Diyetler, *T. molitor*'un biyolojik özellikleri üzerinde önemli etkiler göstermiştir. Sadece buğday kepeği ve buğday kepeği ile mısır ve yulaf lapası kombinasyonlarını içeren diyetlerde larvalar, pupalar ve erginler daha büyük olmuştur. Yulaf lapası içeren diyetlerde larva ölümleri daha yüksek olmuştur. Ayrıca, sadece buğday kepeği içeren diyetlerde dişi çıkışı diğer diyetlere göre daha yüksek olmuştur. Bu bulgular,

sürdürülebilir gıda üretimi için Un kurdu yetiştirme uygulamalarının optimize edilmesine yardımcı olmakta ve özellikle buğday kepeği ile beslenen hayvan yemlerinde umut verici bir protein kaynağı olarak kullanılma potansiyelini göstermiştir.

Kotsou ve ark. (2024), tarım ve gıda atıklarının *T. molitor* larvalarının beslenmesinde kullanımı üzerine yaptıkları araştırmada, bu atıkların böceklerin besin ihtiyaçlarını karşılamak için zengin bir kaynak sunduğunu göstermişlerdir. Araştırma, meyve ve sebze kabukları, tahıl atığı ve işlenmiş gıda kalıntıları gibi çeşitli atıkların Un kurdu yeminde kullanılarak, larvaların protein, karbonhidrat, lipit ve vitamin ihtiyaçlarını karşıladığını ortaya koymuştur. Bu uygulama, Un kurdu üretiminde üretim miktarını azaltabildiği ve besin değerini iyileştirebildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, tarım ve gıda atıklarının Un kurdu beslenmesinde kullanılması, atık yönetimini geliştirmekte ve çevresel sorunları azalttığı kaydedilmiştir. İncelemeler, bu yöntemlerin tarım ve gıda atıklarının değerini artırırken, Un kurdu'nun insan tüketimi ve hayvancılık ile su ürünleri sektörlerinde sürdürülebilir bir protein kaynağı olarak kullanılma potansiyelini vurgulamışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırmada deneme materyali olarak kullanılan Un kurdu popülasyonu Ankara’da bulunan canlı yem üreticilerinden satın alma yolu ile temin edilmiştir. Laboratuvar stoklarına alınmıştır (Fotoğraf 5). Alınan bu ergin böceklerin erkek ve dişi olarak teşhis edilerek ayrılmıştır (Fotoğraf 1 ve 2). Daha sonra çiftleştirilerek temel bir popülasyon oluşturulmuştur. Bu popülasyondan elde edilen larvalar üzerinde biri kontrol olmak üzere dokuz farklı besinde olacak şekilde deneme kurulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Un kurdu denemelerinde kullanılan besinlerin içerikleri

Besin No	Besin İsmi	İçerik
1	D-591	Mısır, ayçiçeği tohumu küspesi, tam yağlı soya fasulyesi küspesi, arpa, dcp, mermer tozu, mdcp, sodyum bikarbonat, tuz
2	D-581	Mısır, ayçiçeği tohumu küspesi, tam yağlı soya, mermer tozu, soya fasulyesi küspesi, arpa, dcp, sodyum bikarbonat, tuz
3	D-571	Mısır, ayçiçeği tohumu küspesi, tam yağlı soya, mermer tozu, buğday, soya fasulyesi küspesi, arpa, dcp, sodyum bikarbonat, tuz
4	D-561	Mısır, ayçiçeği tohumu küspesi, buğday, tam yağlı soya, soya fasulyesi küspesi, arpa, razmol, dcp, mermer tozu, sodyum bikarbonat, tuz
5	D-532	Mısır, tam yağlı soya fasulyesi küspesi, arpa, dcp, mermer tozu, mdcp, tuz
6	Bakla unu bazlı	%70 bakla unu, %20 buğday kepeği, %10 maya
7	Nohut unu bazlı	%70 nohut unu, %20 buğday kepeği, %10 maya
8	Mercimek unu bazlı	%70 mercimek unu, %20 buğday kepeği, %10 maya
9	Buğday unu bazlı (kontrol)	%70 tam buğday unu, %20 buğday kepeği, %10 maya



Fotoğraf 1. Kullanılan besinler

3.2 Böceğin Tanımı Biyolojisi

3.2.1 Tanımı

Tenebrio molitor, genellikle "Un kurdu" olarak bilinen ve hem doğada hem de çeşitli ticari ortamlarda yaygın olarak bulunan bir böcek türüdür. Coleoptera takımının Tenebrionidae ailesine ait olan bu böcek, çoğunlukla nişastalı maddelerle beslenir, özellikle un ve tahıl ürünlerinin üretildiği ve depolandığı yerlerde zararlı olarak kabul edilmiştir (Cotton, 1927; Ghaly ve Alkoaik, 2009). *Tenebrio molitor*'un yaşam döngüsünde yer alan yumurta, larva ve pupa dönemleri, her biri belirgin morfolojik özelliklerle teşhis edilebilir (Cotton, 1927). Yumurta dönemi, beyazımsı ve oval şekilli, yaklaşık 1-1,5 mm uzunluğundaki kümelenmiş yumurtalarla tanımlanmıştır (Cotton, 1927). Larva dönemi, sarımsı kahverengi renkte, segmentli bir yapıya sahip ve büyüme sürecinde 9-23 kez deri değiştirir olgun larvalar yaklaşık 30 mm'ye kadar büyüebilmiştir (Weaver ve McFarlane, 1990). Pupa dönemi, hareketsiz, beyazımsı renkte ve kıvrımlı bir form ile tanınmıştır. Daha sonra başlangıçta beyazımsı olan pupanın rengi koyulaşarak ergin döneme geçmiştir (Ludwig, 1956).

Tenebrio molitor'un dişi ve erkek bireylerinin genital olarak teşhisi, abdominal bölgedeki morfolojik farklara dayanmıştır (Fotoğraf 3). Dişilerde belirgin bir ovipozitör bulunur; bu yapı, abdominal segmentlerin son kısmında yer alarak hafif çıkıntılı bir şekilde görünmektedir (Fotoğraf 3). Erkeklerde ise genital kapsül bulunur, ancak bu yapı dişilerdeki ovipozitöre kıyasla daha küçük ve daha

az belirgindir. Erkeklerin abdomeni dişilere göre daha ince ve uzundur (Fotoğraf 3). Cinsiyet tayini genellikle mikroskopik incelemeyle veya abdominal segmentlerin gözle incelenmesiyle yapıldığı bildirilmiştir (Manojlovic, 1987; Ghaly ve Alkoaik, 2009).



♀

Fotoğraf 2. Ergin *Tenebrio molitor* A. erkek; B. dişi (Cao ve ark., 2014)

♀

♀

♀

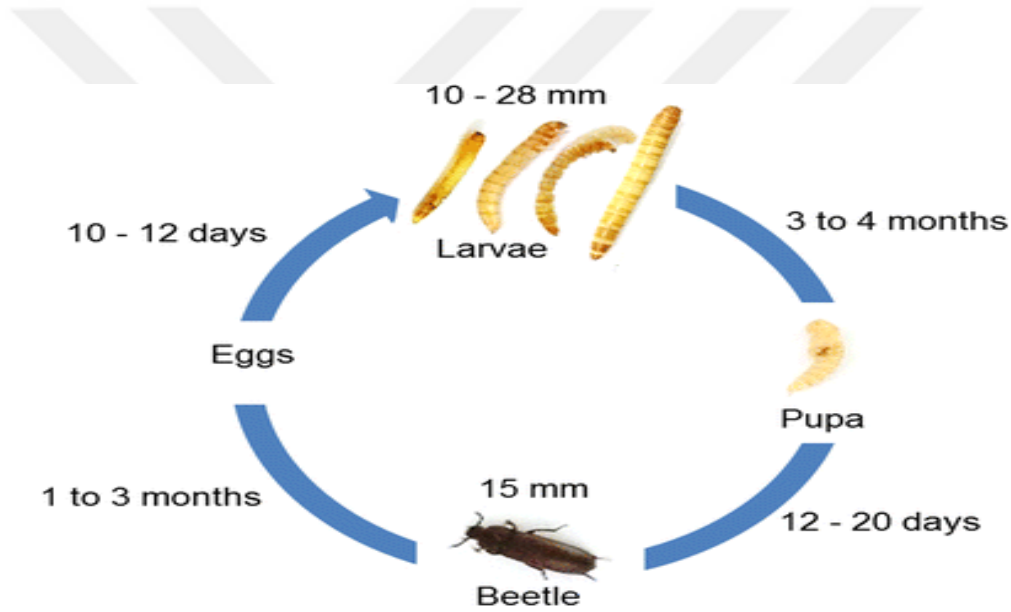
♀



Fotoğraf 3. *Tenebrio molitor* genital bölgesi dişi sol (a) ve erkeği sağ (b)

3.2.2 *Tenebrio molitor*'ün biyolojisi

Biyolojik olarak, *Tenebrio molitor* bir tam başkalaşım (süreci; yumurta, larva, pupa ve yetişkin olmak üzere dört dönem geçirir (Fotoğraf 4). Dişi bireyler, 250-500 arasında yumurta bırakır ve 26-30°C sıcaklıkta ortalama 4 gün içinde açılır (Cotton, 1927). Larva süresi laboratuvarında kontrollü koşullarda yaklaşık 57 gün, doğal ortamlarda ise 629 güne kadar sürebilir (Cotton, 1927; Weaver ve McFarlane, 1990). Larvalar 9 ila 23 kez deri değiştirir (Ludwig, 1956). Erginler- çiftleşmeden 3 gün sonra üreme yeteneğine ulaşır ve yaşam döngüsü genellikle 75 ila 90 gün arasında tamamlandığı bildirilmiştir (Hardouin ve Mahoux, 2003; Spencer ve Spencer, 2006).



Fotoğraf 4. *Tenebrio molitor* yaşam döngüsü (Cao ve ark., 2014)



Fotoğraf 5. *Tenebrio molitor* laboratuvar stokları

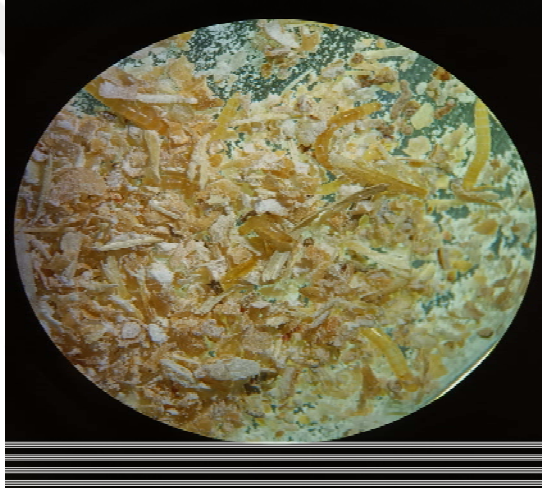
3.3 Yöntem

3.3.1. *Tenebrio molitor*' ün farklı besinlerde gelişiminin belirlenmesi

Besinler 200 gr'lık karışımlar olarak hazırlanmıştır (Fotoğraf 1). Kodlanan besinler piyasadan tavuk üretimi yapan bir firmanın kendi özel karışımlarından beş çeşit olarak tedarik edilmiştir.

Çiftleşme sonrası elde edilen yumurtalardan çıkan larvalarla (1 veya 2. dönem) farklı besin kaplarında deneme kurulmuştur. Denemede 6 cm yüksekliğinde 10 cm eninde beyaz plastik yuvarlak ve 6 cm yükseklikte eni 15 cm olan dikdörtgen kaplar kullanılmıştır. Deneme her bir besin için 4 tekerrür olacak şekilde, her birine 20 adet yeni yumurtadan çıkmış 1. dönem larva olmak üzere toplamda bir besin için 80 adet larva kullanılmıştır (Fotoğraf 6 ve 7). Haftada üç gün (pazartesi, çarşamba, cuma) kontrol edilmiş olup bu süreçte son dönem larva, boyu, ağırlığı, pupa boyu ve ağırlığı, ergin eni (thorax), boyu, ağırlığı ve bunların büyüme gelişim oranları takip edilmiştir (Fotoğraf 9). Literatür incelendiğinde en etkili besin olarak buğday unu, buğday kepeği, maya karışımları kullanıldığından bu besin kontrol olarak tercih edilmiştir. Bu çalışmada, kontrol grubu %70 buğday unu, %20 buğday kepeği ve %10 kuru maya içeren 200 gramlık bir karışım olarak hazırlanmıştır (Ghaly ve Alkoaik, 2009). Ayrıca, diğer besinlerin her biri 200 gram olacak şekilde hazırlanmış, bu besinler arasında D-591, D-581, D-571, D-561, D-532, bakla unu bazlı, nohut unu bazlı ve mercimek unu geri kalan %20'si buğday kepeği ve %10'u kuru maya ile tamamlanmıştır. Oluşturulan karışımlar, kullanılmadan önce otoklavda sterilize edilmiştir. Sterilizasyon işlemi

tamamlandıktan sonra, karışımlar $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ayarlı dolapta 48 saat süreyle muhafaza edilmiştir. Çalışma boyunca her iki günde bir kontrol edilmiş olup larva ve ergin böceklerin su ihtiyaçları da bu kontroller esnasında besin ortamına verilen taze patates ile karşılanmıştır. Deneme $28 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%70 \pm 5$ nem koşullarında, 14:10 (Aydınlık: Karanlık) karanlık döngüsü altında gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 10). Bu koşullar, yumurta, larva, pupa ve ergin böceklerin optimal gelişimlerini desteklemek amacıyla ayarlanmıştır. Bu deneme sonunda ergin olduktan sonra ikinci dönemlerinde ergin olan un kurtlarından dişi ve erkek bireyler alınarak, larva sayıları ve üreme kapasiteleri incelenmiştir. İkinci nesilde gerçekleştirilen çalışmada ise *T. molitor*'ün erginlerin çiftleşip yumurta koyup larva çıkışı olup olmadığı kontrol edilmiştir.



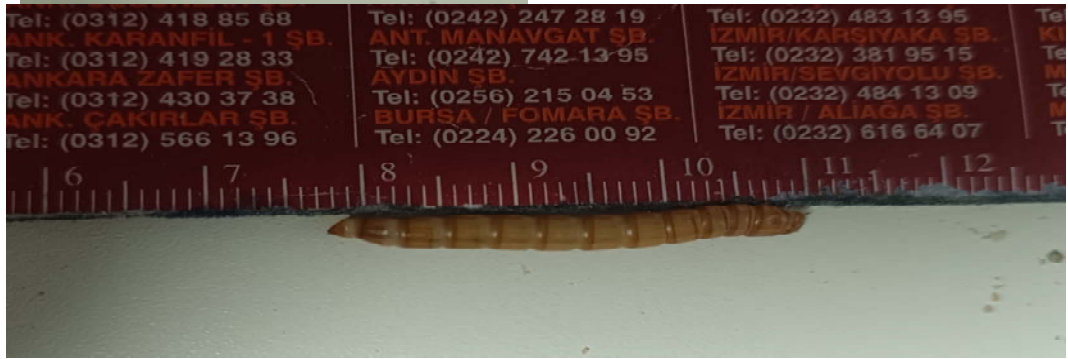
Fotoğraf 6. Besinlere aktarmak için toplanan larvalar



Fotoğraf 7. Besinlere aktarılmış larvalar



Fotoğraf 8. Son döneme geçmiş larvalar



Fotoğraf 9. Larva, pupa ve ergin vücut (uzunluk, en (thorax)) ölçümleri ve ağırlık belirlenmesinden görüntüler



Fotoğraf 10. Denemenin kurulması

3.4 Veri analizi

Tenebrio molitor'ün farklı besinlerde gelişimi üzerine kurulan denemede sonuçların değerlendirilmesinde SPSS programı kullanılmıştır. Denemede, pupa gelişimi, pupanın ağırlığı, pupanın boyu, erginin ağırlığı ve erginin boyu normal dağılım gösterdiğinden Tukey testi uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir. Larva gelişimi, larva ağırlıkları, larva boyları, larva ölüm oranları, pupa ölüm oranı, ergin ömrü, erginin eni (thorax) ve 2. döl larva sayılarına ait veriler normal dağılım göstermediğinden Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR

Toplam larva gelişim süresi verileri, her besinin larvaların büyüme sürecini nasıl etkilediği Tablo 2’de gösterilmiştir. Bu süre, yumurta konulduğundan itibaren çıkan larvaların pupa dönemine kadar geçen süreyi kapsamıştır. En hızlı gelişim 7. besin grubunda gözlenmiştir ($3,79 \pm 1,25$ gün). Bu grup, larvaların çok kısa bir sürede gelişmesini sağlamış olmasının aksine %50 ölüm oranı ile en yüksek ölüm oranına sahip olduğu bulunmuştur. Bu durum, larvaların bu besinde hızlı büyüdüğünü ancak hayatta kalmakta zorlandığını göstermiştir. En yavaş gelişim ise 5. besin ve 4. besin gruplarında belirlenmiştir (sırasıyla $10,21 \pm 1,98$ gün ve $9,73 \pm 4,44$ gün). 5. besin grubunda, bu uzun gelişim süresi ağırlık ve boy açısından olumlu sonuçlar vermiştir. Ortalama gelişim süresi 1. besin, 2. besin ve 6. besin gruplarında kaydedilmiştir. Bu gruplarda larva gelişim süreleri yaklaşık 9-10 gün civarında bulunmuştur. Sonuç olarak besinlerin larvaları beslemede uygun olduğunu göstermiştir (Tablo 2).

Larvaların gelişim süresi kadar, ağırlıkları arasında önemli fark bulunmuştur. En yüksek larva ağırlığı 5. besin grubunda belirlenmiştir ($0,16 \pm 0,00$ gr). Bu grup larvaları besini tüketirken daha fazla enerji depolamış ve bu da hem ağırlık hem de boy artışına katkıda bulunmuştur. En düşük ağırlık ise 7. besin grubunda kaydedilmiştir ($0,08 \pm 0,01$ gr). Bu besin grubunda larvalar hızlı gelişmesine rağmen, yeterince ağırlık kazanamaması dikkat çekmiştir (Tablo 2).

En uzun larvalar 5. besin ve 9. besin gruplarında kaydedilmiştir (2,56 mm). Bu iki besin grubu larvaların dengeli büyümesini sağlamıştır. En kısa larvalar ise 2. ve 7. besin gruplarında belirlenmiştir (1,79 mm ve 1,71 mm). Bu gruplardaki larva boyutları diğer iki gruba karşılaştırıldığında daha küçük kaldığı anlaşılmıştır. Özellikle 7. besin grubunda hızlı gelişime rağmen boyun kısa kalması, bu besinin larvaların uzun süreli sağlıklı büyümesi için yeterli olmadığı kanısına varılmıştır (Tablo 2).

Besinlerin larva gelişimine olan etkisi sadece büyüme ve gelişme süresi ile değil, aynı zamanda larvaların hayatta kalma oranı ile de ölçülmüştür. Ölüm oranı, bir besinin larvaların yaşaması üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkilerini göstermiştir. En yüksek larva ölüm oranı 7. besin grubunda belirlenmiştir

(%50±2,04). Bu, her iki larvadan birinin bu besinle hayatta kalamadığını, besinin hızlı büyüme sağlasa bile, larvaların ihtiyaç duyduğu tüm besin maddelerini sağlamadığını göstermiştir. En düşük ölüm oranı ise 9. besin grubunda bulunmuştur (Tablo 2).

Besin gruplarının larva gelişimleri, ağırlıkları, boy ve ölüm oranlarının mevcut değerleri amacıyla yapılan Kruskal-Wallis testi sonucu, değişkenler arasında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Larva gelişimi: $X^2 = 18,431$, $df = 8$, $P = 0,018$; ağırlık: $X^2 = 24,263$, $df = 8$, $P = 0,002$; boy: $X^2 = 23,813$, $df = 8$, $P = 0,002$; ölüm oranı: $X^2 = 21,751$, $df = 8$, $P = 0,005$ dir.

Tablo 2. Besinlerin *Tenebrio molitor*'un larva dönemi üzerindeki etkileri. (Ortalama ±SE)

Besin	Larva gelişimi (gün)	Ağırlık (gr)	Boy (mm)	Ölüm oranı (%)
1	9,51±1,33	0,13±0,01	2,11±0,17	13,75±5,15
2	10,12±0,71	0,1±0,01	1,79±0,26	23,75±11,61
3	6,56±2,91	0,13±0,02	2,01±0,28	25,00±10,40
4	9,73±4,44	0,11±0,02	1,86±0,34	25,00±14,86
5	10,21±1,98	0,16±0,00	2,56±0,03	0
6	9,19±3,28	5,3±3,39	2,4±0,11	3,75±3,75
7	3,79±1,25	0,08±0,01	1,71±0,27	50,00±2,04
8	0	0	0	0
9	6,15±0,78	0,16±0,43	2,56±0,04	0

En hızlı pupa gelişimi 2. besin grubunda gerçekleşmiştir (4,27±0,64 gün). 2. besin grubunda ölüm oranı oldukça yüksektir (%19,20±6,08). Bu durum, hızlı gelişime rağmen larvaların yeterince enerji depolayamadığını ve metabolik süreçlerin olumsuz etkilendiğini bize göstermiştir. En yavaş pupa gelişimi 5. besin grubunda kaydedilmiştir (6,17±0,60 gün). Bu besin, daha uzun süre pupa döneminde kalmasını sağlamıştır.

Aynı zamanda, 5. besin grubunda en yüksek pupa ağırlığı ($0,17 \pm 0,01$ gr) kaydedilmiş, ancak bu grupta düşük bir pupa ölüm oranı ($\%5,0 \pm 3,53$) bulunmuştur. 5. besin grubu, en yüksek pupa ağırlığına sahip olmasına rağmen düşük ölüm oranı göstermiştir. Ayrıca, ortalama pupa gelişimi süresi 1. besin, 3. besin ve 4. besin gruplarında birbirine yakın olarak kaydedilmiştir (sırasıyla $5,75 \pm 0,75$ gün, $4,92 \pm 1,23$ gün ve $6,12 \pm 1,61$ gün). Bu besinler dengeli bir gelişim süresi sunmuş, ancak ölüm oranları ve diğer gelişim parametrelerinde farklılıklar bulunmuştur (Tablo 3). Besin grupları arasında ağırlık açısından önemli farklar bulunmuştur. En yüksek pupa ağırlığı 5. besin grubunda belirlenmiştir ($0,17 \pm 0,01$ gr). Ayrıca bu grubun ölüm oranı düşük ($\%5,0 \pm 3,53$) bulunmuştur. En düşük ağırlık ise 7. Besin grubunda kaydedilmiştir ($0,07 \pm 0,01$ gr). Ağırlık açısından dengeli sonuçlar veren diğer besin grupları 9. besin ($0,14 \pm 0,00$ gr) ve 6. besin ($0,13 \pm 0,01$ gr) dir (Tablo 3).

En uzun pupa boyu 5. besin grubunda ($1,92 \pm 0,22$ mm) kaydedilmiştir. En kısa pupalar 7. besin grubunda belirlenmiştir ($0,87 \pm 0,14$ mm). Bu besin grubu larvalarıda hem düşük ağırlık kazanmış hem de kısa boylu kalmıştır. Bu durum, besin yetersizliğini veya besinin düşük kalitede olduğunu göstermiştir. Ayrıca, bu gruptaki ölüm oranı da ortalamanın üzerindedir seyretmiştir ($\%7,28 \pm 2,62$) (Tablo 3).

En yüksek pupa dönemi ölüm oranı 2. besin grubunda belirlemiştir ($\%19,20 \pm 6,08$). En düşük ölüm oranı 4. besin ve 9. besin ($\%1,25 \pm 1,25$) kaydedilmiştir. Özellikle 9. besin grubu hem gelişim süresi, ağırlık ve boy açısından iyi sonuçlar vermiş hem de ölüm oranı oldukça düşük olmuştur. 5. besin grubu düşük ölüm oranı ($\%5,0 \pm 3,53$) ve yüksek ağırlık/boy oranı ile dengeli bir besin kaynağı olduğunu göstermiştir (Tablo 3).

Tukey test durumuna göre, besin oluşumuna bağlı olarak pupa gelişimi, pupa ağırlık, pupa boy değişkenlerinde anlamlı bir fark bulunmamıştır. Pupa gelişimi ($P = 0,075 > 0,05$) ve pupa ağırlık ($P = 0,150 > 0,05$) için elde edilen p-değerleri, gruplar arasında anlamlı olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir.

Pupa dönemindeki ölüm oranlarının değerlendirilmesi amacıyla yapılan Kruskal-Wallis testine göre, besin değerleri arasındaki dağılım olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ($X^2 = 18,359$, $df = 8$, $P = 0,019$).

Tablo 3. Besinlerin *Tenebrio molitor*'un pupa dönemi üzerindeki etkileri (Ortalama $\pm$ SE)

Besin	Pupa gelişimi (gün)	Ağırlık (gr)	Boy (mm)	Ölüm oranı (%)
1	5,75 $\pm$ 0,75 a	0,12 $\pm$ 0,01 abc	1,31 $\pm$ 0,11 ab	12,15 $\pm$ 8,33
2	4,27 $\pm$ 0,64 ab	0,10 $\pm$ 0,01 bc	1,17 $\pm$ 0,17 b	19,20 $\pm$ 6,08
3	4,92 $\pm$ 1,23 ab	0,1 $\pm$ 0,02 bc	1,10 $\pm$ 0,19 b	14,52 $\pm$ 3,40
4	6,12 $\pm$ 1,61 a	0,11 $\pm$ 0,02 abc	1,23 $\pm$ 0,24 ab	0 $\pm$ 0
5	6,17 $\pm$ 0,60 a	0,17 $\pm$ 0,01 a	1,92 $\pm$ 0,22 a	5,0 $\pm$ 3,53
6	7,02 $\pm$ 2,11 a	0,13 $\pm$ 0,01 ab	1,57 $\pm$ 0,09 ab	9,20 $\pm$ 3,24
7	3,98 $\pm$ 1,36 ab	0,07 $\pm$ 0,01 c	0,87 $\pm$ 0,14 b	7,28 $\pm$ 2,62
8	0 $\pm$ 0 b	0 $\pm$ 0 d	0 $\pm$ 0 c	0 $\pm$ 0
9	5,45 $\pm$ 0,31 ab	0,14 $\pm$ 0 ab	1,51 $\pm$ 0,09 ab	1,25 $\pm$ 1,25

En uzun ergin ömrü 9. besin grubunda kaydedilmiştir (27,00 $\pm$ 6,94 gün). Bu besinin larvaların sağlıklı gelişimini sağlayıp ergin aşamada daha uzun süre hayatta kalsığını göstermiştir. Ayrıca bu grubun ağırlık ve boy değerleri de ortalamaya göre oldukça iyi olup, bu da besinin böceklerin genel gelişimine olumlu katkı sağlamıştır. En kısa ergin ömür 1. besin ve 3. besin gruplarında kaydedilmiştir (sırasıyla 9,50 $\pm$ 1,93 gün ve 8,75 $\pm$ 3,14 gün). Bu gruplarda larvaların ergin dönemine geçtikten sonra hayatta kalma süreleri oldukça kısa olmuştur. Bu durum, besinin yeterli enerji sağlayamadığını ya da böceklerin genel sağlık durumunu olumsuz etkilediğini göstermiştir. Ortalama birbirine paralel ergin ömürleri ise 5. besin gruplarında kaydedilmiştir (22,25 $\pm$ 4,71 ve 13,50 $\pm$ 1,84 gün) (Tablo 4).

En yüksek ergin dönemi ağırlık 5. besinin larvaların gelişim sürecinde yeterli enerji depolamalarına yardımcı olduğunu ve ergin hale geldiklerinde en ağır böceklerin bu besinle beslendiğini göstermiştir. En düşük ergin ağırlığı 7. besin grubunda kaydedilmiştir (0,05 $\pm$ 0,01 gr). Bu besin, larvaların ergin aşamaya geçişte yeterince beslenemediğini ve düşük ağırlıkta kaldıklarını göstermiştir. (Tablo 4).

En uzun böcekler 5. besin grubunda kaydedilmiştir (1,45 $\pm$ 0,05 mm). Bu, bu besinin böceklerin fiziksel gelişimini en çok destekleyen besin olduğunu

göstermiştir. En kısa böcekler 7. grubunda olmuştur ($0,65 \pm 0,15$ mm). Besinin böceklerin gelişimini yeterince desteklemediğini ve büyümelerini engellediği kanısına varılmıştır. Ortalama boy uzunlukları ise 9. besin ve 6. besin gruplarında kaydedilmiştir ($1,27 \pm 0,13$ mm ve $1,20 \pm 0,10$ mm) (Tablo 4).

En geniş thorax eni, 9. besin grubunda ($0,75 \pm 0,22$ mm) kaydedilmiştir. Buna karşılık, en dar thorax eni, 7. besin grubunda ($0,22 \pm 0,05$ mm) ölçülmüştür. Bu sonuç, 7. besinin böceklerin gelişimi için uygun olmadığını ve yeterli büyümeyi sağlayamadığını göstermektedir. Ayrıca, thorax genişliği açısından 5. besin grubu ($0,47 \pm 0,02$ mm) ve 1. besin grubu ($0,35 \pm 0,05$ mm) da ortalama değerlere sahip olarak kaydedilmiştir (Tablo 4).

Tukey test sonucuna göre, besin bileşimine bağlı olarak ergin ömür, ağırlık, boy ve "en" değişkenlerde anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ergin ömrü ($P = 0,090 > 0,05$) ağırlık ($P = 0,236 > 0,05$) boy ($P = 0,125 > 0,05$) ve "en" ($P = 0,200 > 0,05$).

Erginlerin ömür değerlerine göre yapılan Kruskal-Wallis testine göre, besin değerleri arasında anlamlı farklar olduğu tespit edilmiştir. Hem ergin ömrü ($X^2 = 20,964$, $df = 8$, $P = 0,007$) hem de en (thorax) ($X^2 = 21,918$, $df = 8$, $P = 0,005$) için anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu sonuçlar, farklı besin gruplarının erginlerin yaşam süresi üzerinde önemli etki yarattığını göstermiştir.

Tablo 4. Besinlerin *Tenebrio molitor*'un ergin dönemi üzerindeki etkileri (Ortalama $\pm$ SE)

Besin	Ergin ömrü (gün)	Ağırlık (gr)	Boy (mm)	En (Thorax) (mm)
1	9,50 $\pm$ 1,93	0,10 $\pm$ 0,01 ab	1,0 $\pm$ 0,15 ab	0,35 $\pm$ 0,05
2	12,00 $\pm$ 3,89	0,07 $\pm$ 0,01 ab	0,87 $\pm$ 0,17 ab	0,30 $\pm$ 0,07
3	8,75 $\pm$ 3,14	0,08 $\pm$ 0,01 ab	0,9 $\pm$ 0,17 ab	0,37 $\pm$ 0,7
4	10,50 $\pm$ 3,28	0,09 $\pm$ 0,02 ab	1,07 $\pm$ 0,20 ab	0,35 $\pm$ 0,09
5	22,25 $\pm$ 4,71	0,12 $\pm$ 0,0 a	1,45 $\pm$ 0,05 a	0,47 $\pm$ 0,02
6	13,50 $\pm$ 1,84	0,11 $\pm$ 0,0 ab	1,27 $\pm$ 0,10 ab	0,40 $\pm$ 0,04
7	9,50 $\pm$ 1,89	0,05 $\pm$ 0,01 bc	0,65 $\pm$ 0,15 bc	0,22 $\pm$ 0,05
8	0 $\pm$ 6,94	0 $\pm$ 0 c	0 $\pm$ 0 c	0 $\pm$ 0
9	27,00 $\pm$ 6,94	0,10 $\pm$ 0,01 ab	1,27 $\pm$ 0,13 ab	0,75 $\pm$ 0,22

Bu çalışmada 2. nesilde en çok yumurta koyup larva sayısına ulaşan besinler sırasıyla 1. besin ve .7 besin olmuştur. En az larva sayısı 2. besinde kaydedilmiştir (Tablo 5).

İkinci dölün larvaları ile ilgili olarak yapılan Kruskal-Wallis testine göre, besin değerleri arasında dağılım olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ($X^2 = 30,000$, $df = 8$, $P = 0,000$). Sonuç olarak, farklı besin gruplarının ikinci döldeki larva sayıları üzerinde önemli ölçüde etkili olduğunu göstermiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Besinlerin *Tenebrio molitor*'un 2. nesilde üreme üzerindeki etkileri
(Ortalama $\pm$ SE)

Besin	Ortalama larva sayısı+SE
1	284 $\pm$ 0,34
2	81 $\pm$ 0,82
3	122 $\pm$ 0,90
4	130 $\pm$ 0,42
5	134 $\pm$ 0,61
6	130 $\pm$ 0,80
7	163 $\pm$ 0,55
8	0
9	126 $\pm$ 0,85

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada *Tenebrio molitor*'un farklı besinlerde gelişimi incelenmiştir. Özellikle 1. besin grubunda en yüksek larva sayısı kaydedilmiştir ($284\pm0,34$). Bu sonuçlar, proteinden zengin içeriklerin larva üretimi ve genel üreme başarısı üzerindeki etkisini ortaya koymuştur. Rumbos ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada da benzer şekilde, yüksek protein içeren diyetlerin *T. molitor*'un larva gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tahıl unları ve baklagiller gibi protein açısından zengin besinlerin larva gelişimi ve üreme performansı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada, proteinden zengin diyetlerin larva üretimini olumlu yönde etkilediği ve yüksek verim sağladığı bildirilmiştir.

Denemde 9. besin grubunda (buğday bazlı, %10 maya içerikli) pupa gelişiminin dengeli olduğu belirlenmiş ve bu diyetin pupa süresi üzerinde olumlu etkiler yarattığı saptanmıştır. B besin grubunda pupa gelişim süresi $5,45\pm0,31$ gün, pupa ağırlığı ise $0,14\pm0,00$ gr olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular, pupa gelişiminde, maya içerikli diyetin önemli bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır. Ribeiro ve Abelho (2018) maya ve yüksek karbonhidrat içeren diyetlerin *T. molitor* pupa gelişimi üzerindeki olumlu etkileri olduğunu, maya ile zenginleştirilmiş diyetlerin pupa gelişimini hızlandığı ve bu diyetlerle optimal büyüme koşullarının sağlandığı rapor edilmiştir.

Bu çalışmada, protein açısından zengin 5. besin grubunda, larva gelişimi hızlanmış ve ağırlıkları artmıştır ($9,73\pm4,44$ gün, $0,16\pm0,00$ gr). Larvaların büyümesini olumlu etkilediği sonucunu desteklemektedir. Ramos ve ark. (2011) *T. molitor* larvalarına buğday kepeği ve soya fasulyesi unu içeren diyetler verilmiş ve bu besinlerin larvaların gelişim hızını ve genel performanslarını artırdığını belirlemişlerdir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Un kurdu'nun gelişiminde ağırlık artışı, boy uzaması ve ölüm oranları üzerinde, farklı besinlerin her döneme özgü önemli farklar yarattığı belirlenmiştir.

- Sırasıyla 5. ve 9. besinler, böceklerin yaşam döngüsü boyunca en iyi gelişim ve hayatta kalma oranlarını sağlamıştır. Bu besinler, yüksek ağırlık, uzun ergin ömrü ve düşük ölüm oranları ile böceklerin sağlıklı gelişimi için en uygun besin kaynakları olarak öne çıkmıştır.
- 8. besin, böceklerin gelişimini tamamen durduran bir etkiye sahip olmuş ve tüm aşamalarda büyümeyi engellemiştir.
- En uzun ergin ömrü, 9. besinde belirlenmiştir ($27,00 \pm 6,94$ gün). Bu, 9. besin böceklerin yaşam süresini olumlu etkilediğini göstermiştir.
- 5. besin de uzun ergin ömrü bulunmuştur ($22,25 \pm 4,71$ gün).
- 8. besin ile beslenen böcekler gelişim göstermemiş ve ergin aşamasına ulaşamamıştır.
- Sırasıyla 5. ve 9. besinlerde, ergin dönemi daha yüksek ağırlığa sahip olmuştur (sırasıyla $0,12 \pm 0,0$ gr ve $0,10 \pm 0,01$ gr). Bu, bu besinlerin böceklerin gelişim ve büyümesini desteklediğini göstermiştir.
- 7. ve 8. besinlerde, ergin dönemi, çok düşük ağırlıkta kalmış veya hiç ağırlık kazanamamıştır. Bu, bu besinlerin gelişim açısından yetersiz olduğunu göstermiştir.
- En büyük larva ve ergin boyu 5. ve 9. besinlerde kaydedilmiştir. 5. besinde larva boyu $2,56 \pm 0,03$ mm'ye ulaşırken, ergin boyu $1,45 \pm 0,05$ mm olmuştur.
- 8. besinde ise böcekler gelişim gösterememiş ve boy açısından herhangi bir fark kaydedilmemiştir.
- Thorax eni 5. ve 9. besinlerde en fazla ölçülmüştür. 5. besinde $0,47 \pm 0,02$ mm olarak kaydedilmiştir.
- Larva gelişimi açısından en kısa süre 7. besinde kaydedilmiştir ($3,79 \pm 1,25$ gün), ancak bu besinde yüksek ölüm oranı kaydedilmiştir.
- 9. besinde ise larva gelişimi biraz daha uzun sürmüştür ($6,15 \pm 0,78$ gün), ancak pupa evresine geçişte daha iyi sonuçlar alınmıştır.

- 8. besinde gelişim tamamen durmuş ve böcekler larva evresinde kalmıştır, bu besin metabolik süreçlerin ilerlemesini engellemiştir.
- 7. besin, en yüksek pupa ölüm oranı bulunmuştur ($50,0 \pm 2,04$). Bu, bu besinin böceklerin sağlıklı bir şekilde yaşam döngülerini tamamlamalarına engel olduğunu göstermiştir.
- 5. ve 9. besin de pupa ölüm oranı çok düşük belirlenmiştir ($5,0 \pm 3,53$ ve 0), bu da bu besinlerin sağlıklı bir gelişim ve düşük mortalite sağladığını ortaya koymuştur.
- 8. besinde ise ölüm oranı 100 bulunmuş olup, bu da besinin böceklerin yaşam döngüsünü tamamlamasına izin vermediğini göstermiştir.

Bu çalışmada 5. ve 9. besinler, böceklerin gelişiminde en iyi performansı sergilemiştir. 7. besin, hızlı bir gelişim sağlarken yüksek ölüm oranlarına yol açmıştır. Gelecek çalışmalarda, bu besinin içerik ve oranlarının düzenlenmesi, Un kurdu'nun sağlıklı gelişimi açısından daha düşük ölüm oranları elde etmek için önemli olacaktır. Farklı besin kombinasyonlarının *T. molitor* üzerindeki etkilerini araştıran daha fazla çalışma yapılmalıdır. Bu tür çalışmalar, Un kurdu üretiminde en uygun besin bileşenlerini belirlemeye yardımcı olacaktır.

7. KAYNAKLAR

Bu tez çalışmasında APA atıf sistemi kullanılmıştır.

- Adamkova, K. (2020). Effects of temperature and diet on the nutritional value of *Tenebrio molitor*. *Insect Science*, 27(3), 479-488.
- Anonim. (2017). AB Komisyonu Tüzüğü. Avrupa Birliği Resmi Gazetesi. (Erişim tarihi: 25 Ekim 2024).
- Bordiean, M., Mihaila, S., & Vasiliev, R. (2022). The effects of agricultural and food industry by-products on the growth performance and nutritional quality of *Tenebrio molitor* larvae. *Waste Management*, 136, 34-42.
- Cotton, R. T. (1927). Biology of the Mealworm (*Tenebrio molitor* L.) with special reference to its diet. *Journal of Economic Entomology*, 20(2), 332-337.
- Cao, L., Wang, X., Zhu, S., & Liu, Z. (2014). Adults of *Promethis valgipes*: (A) male, (B) female, and *Tenebrio molitor* (C) [Resim]. ResearchGate.
- El Deen, A. A., & Lama, R. A. (2021). Optimization of artificial diets for *Tenebrio molitor*: Effects on weight, efficiency, and larvae weight. *International Journal of Entomology Research*, 6(2), 58-65.
- European Commission (2017). Commission Regulation (EU) 2017/893 of 24 May 2017 amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as regards the provisions on processed animal protein. *Off. J. Eur. Union*, 60, 92–116.
- Fasce, A., Accardi, S., & Montalbán, P. (2022). Effects of fresh carrot and soaked brewer's grains on the growth performance and nutritional quality of *Tenebrio molitor*. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(3), 321-330.
- Ghaly, A. E., & Alkoaik, F. N. (2009). The yellow mealworm as a novel source of protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4(4), 319-331.
- Hardouin, J., & Mahoux, G. (2003). *Insects as human food: Proceedings of a conference*. Wageningen Academic Publishers.

- Hong, J., Han, T., & Kim, Y. Y. (2020). Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: A review. *Animals*, 10 (11), 2068.
- Joensuu ve Silvenius (2017). Production of mealworms for human consumption in Finland: A preliminary life cycle assessment. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(3), 211-216.
- Kaymaz ve Ulema (2020). Yenilebilir böceklerin menülerde kullanılması üzerine bir araştırma-Kapadokya örneği. *Journal of Travel and Tourism Research*, (14), 46-63.
- Kröncke ve Benning Kröncke, C., & Benning, J. (2022). Optimizing macro nutrient intake in *Tenebrio molitor* larvae through food choice methods. *Insect Science*, 29(2), 123-134.
- Kotsou, S., Vasilaki, C., & Koutinas, A. A. (2023). Utilizing orange albedo as a dietary supplement in *Tenebrio molitor* larval feed. *Food and Bioproducts Processing*, 141, 100-107.
- Kotsou, S., Chatzopoulou, M., & Koutinas, A. A. (2024). Utilization of agricultural and food waste in the nutrition of *Tenebrio molitor* larvae. *Food and Bioproducts Processing*, 150, 101-110.
- Ludwig, D. (1956). The life cycle of the mealworm *Tenebrio molitor* under controlled environmental conditions. *Journal of Experimental Zoology*, 132(2), 409-439.
- Latney, L. V., Toddes, B. D., Wyre, N. R., & DeWitt, C. (2017). Effects of various diets on the calcium and phosphorus composition of mealworms (*Tenebrio molitor* larvae) and superworms (*Zophobas morio* larvae). *American Journal of Veterinary Research*, 78(2), 178-185.
- Liu, C., Masri, J., Perez, V., Maya, C., & Zhao, J. (2020). Growth performance and nutrient composition of mealworms (*Tenebrio molitor*) fed on fresh plant materials-supplemented diets. *Foods*, 9(2), 151.
- Manojlovic, B. (1987). Reproduction biology of *Tenebrio molitor*. *Journal of Insect Physiology*, 33(3), 181-187.

- Mancini, S., Fratini, F., Turchi, B., Mattioli, S., Dal Bosco, A., Tuccinardi, T., ... ve Paci, G. (2019). *Tenebrio molitor* yetiştiriciliğinde eski gıda ürünleri: Büyüme, kimyasal bileşim, mikrobiyolojik yük ve antioksidan durum üzerindeki etkiler. *Hayvanlar*, 9 (8), 484.
- Mancini, S., Fratini, F., Turchi, B., Mattioli, S., Dal Bosco, A., & Paci, G. (2020). Utilization of brewery by-products, bread, and biscuit waste as substrates for rearing *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(3), 329-338
- Melis, R., Leanza, F., Scano, P., Furesi, F., Tocco, G., Ibba, I., & Roggio, T. (2019). Rearing *Tenebrio molitor* larvae using organic and plant waste: Effects on growth performance and metabolic activities. *Waste Management*, 94, 39-47.
- Özsoy ve Gündoğdu (2017). *Tenebrio molitor* L. (Un Kurdu)'de Büyüme ve Gelişim Karakterlerine Ait Genetik Parametre Tahminleri. *Ziraat Fakültesi Dergisi* 12(2): 90-99.
- Pinter, M., Ittész, P., & Zoltán, K. (2022). Exploring the combination of insects and organic waste to optimize bio-conversion. *Waste Management*, 132, 90-99.
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Shapiro-Ilan, D. I., & Tedders, W. L. (2011). Self-selection of two diet components by *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae and its impact on fitness. *Environmental Entomology*, 40(5), 1285-1290.
- Riaz, M., Khan, S., Ahmed, R., & Hussain, M. (2023). Evaluation of different diets for the mass rearing of mealworm (*Tenebrio molitor*). *Journal of Insects as Food and Feed*, 9(2), 125-134.
- Rehorska, M., Novak, P., Borkovcova, M., & Vaneckova, L. (2023). Local by-products for mass production of mealworm (*Tenebrio molitor*). *Insects*, 14(1), 10.
- Riudavets, J., Castañé, C., Alomar, O., Urbaneja, A., & Pons, M. J. (2020). Evaluation of five agricultural and industrial by-products as diets for *Ephestia kuehniella*, *Tenebrio molitor*, and *Hermetia illucens*. *Waste Management*, 118, 124-132.

- Rumbos, J. P., Paschos, A., & Vassilopoulou, E. (2020). Assessment of the suitability of forty-four different materials for the oviposition and feeding of *Tenebrio molitor*. *Journal of Insect Science*, 20(6), 1-10.
- Spencer, J. A., & Spencer, D. S. (2006). Mating behavior and reproductive strategies of the mealworm beetle (*Tenebrio molitor*). *Entomological Research*, 36(4), 251-255.
- Silva, A., Oliveira, A., Lima, N., & Pereira, R. (2021). The effects of various substrates on the growth, development, and chemical composition of *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(1), 23-31.
- Said ve El Defrawy (2022). Growth performance and nutritional composition of *Tenebrio molitor* larvae fed different diets. *International Journal of Entomology Research*, 7(4), 201-210.
- Shah, A., Ali, R., Almadiy, A. A., Abd Al Galil, F. M., Alfuhaid, N. A., Ahmed, N., & Alam, P. (2024). Laboratory evaluation of various larval diets for mass production of mealworm (*Tenebrio molitor*). *Sustainability*, 16(2), 275.
- Tang, C., Yang, D., Liao, H., Sun, H., Liu, C., Wei, L., & Li, F. (2019). Edible insects as a food source: A review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s43014-019-0008-1> (Erişim tarihi 02.10, 2024).
- Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual review of entomology*, 58, 563-583.
- Van Huis, A. (2016). Edible insects are the future. *Proc Nutr Soc*, 75(3): 294-305.
- Yakti, W., Förster, N., Müller, M., Mewis, I., & Ulrichs, C. (2023). Utilization of hemp agricultural waste in the rearing of black soldier fly (*Hermetia illucens*) and mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae. *Waste Management*, 150, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.02.001>
- Zim (2021). Use of plant residues from agricultural activities in the diet of *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Agricultural Science*, 13(4), 112-120.
- Weaver, D. K., & McFarlane, J. E. (1990). Growth and development of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) at constant temperatures. *Journal of Stored Products Research*, 26(2), 121-130.