

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**KARA ASKER SİNEĞİ *Hermetia illucens* (L.) (DIPTERA:
STRATIOMYIDAE)'İN FARKLI BESİNLER ÜZERİNDEKİ YAŞAM
DÖNGÜSÜNÜN BELİRLENMESİ**

Ümmühan DAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**KARA ASKER SİNEĞİ *Hermetia illucens* (L.) (DIPTERA:
STRATIOMYIDAE)'İN FARKLI BESİNLER ÜZERİNDEKİ YAŞAM
DÖNGÜSÜNÜN BELİRLENMESİ**

Ümmühan DAL

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİ KORUMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARA ASKER SİNEĞİ *Hermetia illucens* (L.)
(DIPTERA:STRATIOMYIDAE)'İN FARKLI BESİNLER ÜZERİNDEKİ
YAŞAM DÖNGÜSÜNÜN BELİRLENMESİ

Ümmühan DAL
BİTKİ KORUMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 14/05/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Utku YÜKSELBABA
Prof. Dr. Hüseyin GÖÇMEN
Doç. Dr. Mehmet KEÇECİ

ÖZET

KARA ASKER SİNEĞİ *Hermetia illucens* (L.) (DIPTERA:STRATIOMYIDAE)'İN FARKLI BESİNLER ÜZERİNDEKİ YAŞAM DÖNGÜSÜNÜN BELİRLENMESİ

Ümmühan DAL

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Utku YÜKSELBABA

Mayıs 2024; 32 sayfa

Küreselleşen dünyada artan gıda ihtiyacı ile birlikte organik atıkların çoğalması hem insan sağlığı hem de ekosistem ve biyolojik çeşitlilik için ciddi tehditler oluşturmaktadır. *Hermetia illucens* organik atıklarla beslenebilmesi ve geride bıraktığı atıkların organik gübre, kanatlı hayvan yemi olarak kullanılması, biyodizel üretiminde tıp ve kozmetik alanlarında kullanılabilmesi nedeniyle son yıllarda ön plana çıkan popüler bir böcektir. Çalışmada ülkemizde en çok tüketilen-üretilen besinlerin başında gelen beyaz ekmeğin, civciv yeminin ve insanların beslenmesi sonucunda geriye kalan evsel atıkların *H. illucens*' in yumurta açılma süresi, yumurta açılma oranı, larva, prepupa, pupa, ömür süreleri gibi biyolojik parametrelerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bunun yanında Age-stage two-sex life programı kullanılarak yaşam çizelgesi parametrelerinin analizi yapılmıştır. Denemelerde 120 adet *H.illucens* yumurtasının beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atık ile ayrı ayrı beslenmesi sonucunda biyolojik parametreleri belirlenmiştir. Beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atık ile beslenen bireylerin larva süresi sırasıyla ortalama 32.36 gün, 31.89 gün ve 62.11 gün olarak bulunurken prepupa süresi sırasıyla 10.86 gün, 10.32 gün ve 12.32 gün olarak bulunmuştur. Pupa süresi ise beyaz ekmek civciv yemi ve evsel atık için sırasıyla ortalama 11.10 gün 10.06 gün ve 11.24 gün olarak belirlenmiştir. Ergin birey olduktan sonra beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atık için dişi ve erkek yaşam süresi sırasıyla dişi bireyler için ortalama 13.27 gün, 8.81 gün ve 8.27 gün olarak bulunurken erkek bireyler için sırasıyla 16.24 gün, 11.77 gün ve 8.83 gün olarak bulunmuştur. Yumurta açılma oranı, beyaz ekmek ile beslenen dişilerin bıraktığı yumurtalarda %15.78 olurken, civciv yemi ile beslenen dişilerin bıraktığı yumurtalarda %50.6, evsel atık ile beslenen dişilerin bıraktıkları yumurtalarda ise %50.5 olarak bulunmuştur. Yumurta açılım süreleri beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atık için sırasıyla 3.0, 3.5 ve 3.0 gün olarak bulunmuştur. Yaşam çizelgesi parametrelerine göre beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atık için kalıtsal üreme yeteneği (r) sırasıyla, 0.06 gün⁻¹, 0.05 gün⁻¹, 0.03 gün⁻¹ olurken artış oranı (λ) ise 1.06 gün⁻¹, 1.05 gün⁻¹, 1.03 gün⁻¹ olarak bulunmuştur. Net üreme gücü (R_0) beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atık için sırasıyla 63 yumurta/döl, 34 yumurta/döl ve 27 yumurta/döl gözlemlenirken ortalama döl süresi (T) ise 63 gün⁻¹, 61 gün⁻¹ ve 93 gün⁻¹ olarak bulunmuştur. Toplam yumurta sayısı beyaz ekmek için 7577, civciv yemi için 4407, evsel atık ile beslenen *H. illucens* bireyleri için 3329 adet yumurta olarak tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, *H. illucens*'in kullanılan her üç besinde de yaşam döngüsünü tamamlayabildiği ve generasyonunu devam ettirebildiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların benzer çalışmalara ışık tutabileceği ve referans veri olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Biyolojik eřitlilik, generasyon, organik atık, yaşam izelgesi

JÜRİ: Doç. Dr. Utku YÜKSELBABA

Prof. Dr. Hüseyin GÖÇMEN

Doç. Dr. Mehmet KEÇECİ



ABSTRACT

DETERMINATION OF THE LIFE CYCLE OF BLACK SOLDIER FLY *Hermetia illucens* (L.) (DIPTERA: STRATIOMYIDAE) ON DIFFERENT FOODS

Ümmühan DAL

Master Thesis, Department of plant protection

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Utku YÜKSELBABA

May 2024; 32 pages

The increase in organic waste along with the increasing food products in the globalizing world poses serious threats to both human health, ecosystem and biodiversity. *Hermetia illucens* is a popular insect that has come to the fore in recent years because it can feed on organic waste and use the remaining waste as organic fertilizer, poultry feed, biodiesel reproduction, medicine and cosmetics. In the study, white bread, chick feed and human nutrition, which are among the most consumed and produced foods. As a result, the remaining domestic wastes are biologically produced such as egg hatching time, egg hatching rate, larva, prepupa, pupa and lifespan of *H. illucens*. In addition, life changes were analyzed using the Age-stage two-sex life program. In the experiments, biological parameters were determined as a result of feeding 120 *H.illucens* eggs separately with white bread, chick feed and domestic waste. The average duration of larvae fed with white bread, chick feed and domestic waste is 32.36 days, 31.89 days and 62.11 days, respectively, while the duration of the prepupa is 10.86 days, 10.32 days and 12.32 days, respectively. The average pupation period was determined as 11.10 days, 10.06 days and 11.24 days for white bread, chick feed and domestic waste, respectively. The average life expectancy of males and females after ingestion of white bread, chick feed and household waste by the adult is 13.27 days, 8.81 days and 8.27 days for female individuals, respectively, and 16.24 days, 11.77 days and 8.83 days for male individuals, respectively. The egg hatching rate is considered to be 15.78% in the release of females fed with white bread, 50.6% in the eggs laid by females fed with chick feed, and 50.5% in the eggs laid by females fed with domestic waste. Egg hatching conditions vary as 3.0, 3.5 and 3.0 days for white bread, chick feed and household waste, respectively. According to the life cycle change, the hereditary reproductive ability (r) for chick feed and household waste compared to white bread is 0.06 day⁻¹, 0.05 day⁻¹, 0.03 day⁻¹, and the increase rate (λ) is 1.06 day⁻¹, 1.05 day⁻¹, respectively. , changes to 1.03 day⁻¹. Net reproductive power (R_0) was observed as 63 eggs/generation, 34 eggs/generation and 27 eggs/generation for white bread, chick feed and domestic waste, respectively, while the average fertilization time (T) was 63 days⁻¹, 61 days⁻¹ and 93 days⁻¹ It changes to. The total number of eggs was determined as 7577 for white bread, 4407 for chick feed, and 3329 eggs for *H. illucens* individuals fed with domestic waste. According to what was obtained from the study, it was determined that life could be completed and production could be continued in all three foods of *H. illucens*. The results obtained can be kept light by similar processes and reference data can be used.

KEYWORDS: Biological diversity, generation, life cycle, organic waste

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Utku YÜKSELBABA

Prof.Dr. Hüseyin GÖÇMEN

Assoc. Prof. Dr. Mehmet KEÇECİ



ÖNSÖZ

Artan dünya nüfusuyla birlikte gıda talebini karşılamak, bugünün en büyük sorunlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Bu ihtiyacın süregelen yıllarda giderek daha büyük boyutlara ulaşacağı öngörülmekte ve bu duruma hazırlıklı olunması gerektiği konusunda görüş birliği bulunmaktadır. Kara asker sineği, biyolojik özellikleri nedeniyle, insanların beslendiği mutfak atıkları, organik atıklar ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan atıklar gibi yaygın organik atıkların işlenmesinde sıkça tercih edilmektedir. Sanayi, tarım ve hayvancılık sektörlerinin sürekli olarak gelişmesiyle birlikte, gıda ve çevreyle ilgili sorunların artması kaçınılmazdır. Bu bağlamda Kara asker sineği böceği kullanılarak atıkların gıda ve çevreye olan etkisini daha aza indireceği için bu böceğe karşı araştırmalar giderek daha fazla ilgi görecektir. Bu çalışmada kara asker sineği *Hermetia illucens*'in farklı besinler üzerindeki yaşam döngüsünün belirlenmesi çalışılmıştır.

Yüksek lisans tezimin her aşamasında, değerli rehberliği ve katkılarıyla başarılı bir şekilde ilerlememi sağlayan danışman hocam, A.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'nden Sayın Doç. Dr. Utku YÜKSELBABA'ya içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum.

Çalışmam sırasında verdikleri destek ve yardımlar için Yüksek Ziraat Mühendisi İsse Hassan ALİ, Yüksek Ziraat Mühendisi Mehmet Özer ve Yüksek Ziraat Mühendisi Kübra Bilecen'e teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın en güzel renkleri olan, her anımda ve akademik hayatın en önemli basamağı olarak kabul gören yüksek lisans eğitimi süresince her konuda desteklerini esirgemeyen, beni cesaretlendiren, gücüme güç katan, beni hep motive eden, varlıklarına binlerce kez şükrettiğim başta kıymetli annem Meryem DAL ve biricik ablam Yeşim DAL CANBAR'a ; beni sabırla dinleyip her zaman motivasyonumu yüksek tutan, başarıma olan inancını asla kaybetmeyen, zekası ve duygusu ile bana destek olan yol arkadaşım Oğuzhan GÜLMEZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
3. MATERYAL VE METOT	7
3.1. Materyal.....	7
3.2. Metot	7
3.2.1. <i>Hermetia illucens</i> bireylerinin stok kültür olarak üretimi.....	7
3.3. <i>Hermetia illucens</i> ’in biyolojik parametrelerinin belirlenmesi	8
3.3.1 Yumurta açılım sürelerinin belirlenmesi	8
3.3.2. Larva gelişim sürelerinin belirlenmesi	9
3.3.3. Larva canlılık oranlarının belirlenmesi.....	9
3.3.4. Prepupa süresinin belirlenmesi	9
3.3.5. Pupa süresinin belirlenmesi	10
3.3.6. Eşey oranının belirlenmesi.....	10
3.3.7. <i>Hermetia illucens</i> bireylerinin ömür sürelerinin belirlenmesi.....	11
3.3.8. <i>Hermetia illucens</i> dişilerinin yumurta bırakma sayılarının belirlenmesi	11
3.4. Verilerin Analizi.....	12
4. BULGULAR	14
4.1.Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> ’in biyolojik parametreleri	14
4.1.1.Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> ’in yumurta açılma süreleri	14
4.1.2.Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> ’in larva gelişim süresi ve canlılık oranı	14

4.1.3. Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in prepupa süresi.....	15
4.1.4. Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in pupa süresi.....	15
4.1.5. Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in eşey oranı.....	16
4.1.6. Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in ömür sürelerinin belirlenmesi	16
4.1.7. Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> bireylerinin yumurta sayısı ve yumurta açılma oranlarının belirlenmesi.....	17
4.2. Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in yaşam çizelgesi parametreleri	17
4.2.1. <i>Hermetia illucens</i> 'in yaş ve döneme özgü canlılık oranları grafikleri (sxj).....	18
4.2.2. <i>Hermetia ilucens</i> 'in yaş ve döneme özgü üreme grafikleri (vxj)	20
4.2.3. <i>Hermetia ilucens</i> 'in yaş ve döneme özgü beklenen yaşam süresi grafikleri (exj).....	21
4.2.4. <i>Hermetia illucens</i> 'in ekmek besini üzerinde yaşa bağlı canlılık oranı (lx), üreme oranı (mx), ve doğurganlık (lx*mx) grafikleri	23
6. SONUÇLAR	28
7. KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak çalıştığım Kara asker sineği *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: stratiomyidae)'in farklı besinler üzerindeki yaşam döngüsünün belirlenmesi adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

14/05/2024

Ümmühan DAL



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
cm	: Santimetre
e_{xj}	: Yaşa ve döneme özgü beklenen yaşam süresi
g	: Gram
kcal	: Kilokalori
l_x	: Yaşa özgü canlılık oranı
$l_x \cdot m_x$	: Doğurganlık
mm	: Milimetre
m_x	: Üreme oranı
N	: Birey sayısı
r	: Kalıtsal üreme yeteneği (gün^{-1})
R_0	: Net üreme gücü (yumurta/döl)
s_{xj}	: Yaşa ve döneme özgü canlılık oranı
T	: Ortalama döl süresi
v_{xj}	: Yaşa ve döneme özgü üreme değer
λ	: Artış oranı sınırı (gün^{-1})

Ondalık ayraç olarak nokta (.) kullanılmıştır.

Kısaltmalar

A:K	: Aydınlık ve Karanlık ortam
BSF	: Kara asker sineği
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
S.E	: Standart hata

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	<i>Hermetia illucens</i> larvalarının üretimi; a) <i>Hermetia illucens</i> üretimi yapılan çiftleşme kafesinin görüntüsü b) <i>Hermetia illucens</i> erginlerinin bıraktıkları yumurta kolonileri.....	7
Şekil 3.2.	Disk içerisinde beslenen larvalar.....	9
Şekil 3.3.	<i>Hermetia illucens</i> 'in prepupa görüntüsü	10
Şekil 3.4.	<i>Hermetia illucens</i> 'in pupa görüntüsü	10
Şekil 3.5.	<i>Hermetia illucens</i> a) dişi birey b) erkek birey görüntüsü.....	11
Şekil 3.6.	a) Dişi bireyin yumurta bırakma görüntüsü b) Dişi ve erkek bireyin içinde bulunduğu çiftleşme kafesi.....	11
Şekil 4.1.	<i>Hermetia illucens</i> 'in eşey oranı.....	16
Şekil 4.2.	Beyaz ekmek ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in yaş ve döneme özgü canlılık oranları (sxj)	18
Şekil 4.3.	Civciv yemi ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in yaş ve döneme özgü canlılık oranları (sxj)	19
Şekil 4.4.	Evsel atık ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in yaş ve döneme özgü canlılık oranları (sxj)	19
Şekil 4.5.	Beyaz ekmek ile beslenen <i>Hermetia ilucens</i> 'in yaş ve döneme özgü üreme eğrileri (vxj).....	20
Şekil 4.6.	Civciv yemi ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in yaş ve döneme özgü üreme eğrileri (vxj).....	20
Şekil 4.7.	Evsel atık ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in yaş ve döneme özgü üreme eğrileri (vxj).....	21
Şekil 4.8.	Beyaz ekmek ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in yaş ve döneme özgü beklenen yaşam süresi(exj)	21
Şekil 4.9.	Civciv yemi ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in yaş ve döneme özgü beklenen yaşam süresi(exj)	22
Şekil 4.10.	Evsel atık ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in yaş ve döneme özgü beklenen yaşam süresi(exj)	22
Şekil 4.11.	<i>Hermetia illucens</i> 'in beyaz ekmek ile beslenmesi sonucu yaşa bağlı canlılık oranı (lx), üreme oranı (mx), ve doğurganlık (lx*mx) eğrileri	23
Şekil 4.12.	<i>Hermetia illucens</i> 'in civciv yemi ile beslenmesi sonucu yaşa bağlı canlılık oranı (lx), üreme oranı (mx), ve doğurganlık (lx*mx) eğrileri	23

Şekil 4.13. *Hermetia illucens*'in evsel atık ile beslenmesi sonucu yaşa bağlı canlılık oranı (l_x), üreme oranı (m_x), ve doğurganlık ($l_x \cdot m_x$) eğrileri24



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. <i>Hermetia illucens</i> 'in yaşam döngüsünü belirleme çalışmalarında kullanılan besin içerikleri.....	8
Çizelge 4.1. Farklı besinler üzerinde beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in yumurta açılma süreleri.....	14
Çizelge 4.2. Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> 'in larva gelişim süresi ve canlılık oranı	14
Çizelge 4.3. <i>Hermetia illucens</i> 'in prepupa süreleri	15
Çizelge 4.4. <i>Hermetia illucens</i> 'in pupa süreleri.....	15
Çizelge 4.5. <i>Hermetia illucens</i> 'in ömür süresi.....	17
Çizelge 4.6. <i>Hermetia illucens</i> 'in pre -ovipozisyon süreleri	17
Çizelge 4.7. Dişi bireylerin yaşamları boyunca bıraktıkları yumurta sayısı ve yumurta açılma oranları	17
Çizelge 4.8. Farklı besinler ile beslenen <i>Hermetia illucens</i> bireylerinin yaşam çizelgesi parametreleri	18

1. GİRİŞ

Günümüzün en önemli küresel sorunlarından biri de giderek artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılamaktır. Gelecek yıllarda bu ihtiyacın yüksek boyutlara ulaşacağı ve önlemler alınması gerektiğine dikkat çekilmektedir (Kar vd. 2018). Nüfusun sürekli artışı, su kaynaklarında ortaya çıkan değişkenlikler, ekosistemin bozulması ile birlikte ortaya çıkan iklim değişikliği ve var olan su kaynaklarının kalite olarak düşmesi gıda tedarigi üzerinde büyük bir engel oluşturmaktadır (Doğan 2021). Bununla birlikte dünya çapında organik atıklardaki sürekli artış sadece insan sağlığı için değil ekosistem ve biyolojik çeşitlilik içinde yeni bir tehdit olarak görülmektedir (Pastor vd. 2015). Günde yaklaşık 1.3 milyon ton katı atık üretilmekte olup bu miktarın 2016'da 2 milyar tondan 2050'de 3.4 milyar tona çıkması öngörülmektedir (Kaza vd. 2018). Bu yüksek seviyedeki atıkla ilgili çevresel kaygılar arasında su kaynaklarının, toprağın ve havanın kirlenmesi yer alırken atıklar patojenlerin de yayılma yolu olmaktadır (Kawasaki vd. 2020). Ayrıca organik atıkların atmosfere yayılan metan gazı nedeniyle çevre üzerinde zararlı etkilere neden olduğu rapor edilmiştir (Anonymous 1). Düzenli depolama alanlarına atılan katı atıkların %50-70'i organik maddelerden, geri kalanı ise plastik, metal, kâğıt ve cam karışımından oluşan organik olmayan maddelerden oluşmaktadır (Komakech vd. 2015). Organik atıklar genellikle depolama, kompostlaştırma veya yakma yoluyla arıtılmakta (Kim vd. 2021) ve kullanılan bu atık yöntemleri, atıkların tamamen ayrıştırılmasından önce uzun süreler gerektirmektedir (Chun vd. 2019). Ayrıca çöp depolama alanlarındaki hijyenik olmayan koşullar, toplumda kolera ve sıtma gibi hastalıkların yayılmasına neden olan böcek ve kemirgen hastalık vektörlerinin üremesini teşvik etmektedir (Chowdhury vd.2017). Atık birikimi problemini verimli bir şekilde çözmek için daha sürdürülebilir yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada organik atıklarla beslenebilmesi ve beslenirken geride bıraktığı atığın organik gübre olarak kullanılabilmesinden dolayı organik atıkların işlenmesinde kara asker sineği, *H. illucens* larvalarının en ideal tür olduğu bildirilmiştir (Kinasih vd. 2018).

Biyolojik atıkların geri dönüşümü için uygun maliyetli bir alternatif olarak umut verici bir potansiyele sahip olan *H.illucens* Stratiomyidae familyasında yer almaktadır (Sheppard vd. 1994). İlk olarak Hindistan'da tespit edilmiştir (Roy vd. 2018). *H. illucens* larvaları Amerika'nın tropikal, subtropikal ve kuzey bölgelerinde görülse de artık dünyanın tropikal ve ılıman bölgelerinde de mevcuttur (Čičková vd. 2015). Yumurtalar ince granül yapıda olup sarı renktedir (Diclaro vd. 2009). Gübre, yiyecek artıkları, belediye atıkları ve çürümüş bitki materyali dahil olmak üzere organik atıklar üzerinde gelişim gösterirler (Dienner vd. 2011). Larvalar ortalama %36-48 protein ve %33 yağ içeriğine sahip olmakla birlikte (St-Hilaire vd. 2007) besinsel içerikleri yaşam döngüleri içerisinde bulundukları döneme göre ve beslendikleri substratın içeriğine göre değişiklik göstermektedir (Makkar vd. 2014). Larva dönemini tamamladıktan sonra prepupa evresine geçen bireyler siyah renge sahiptir (Sivanantharaja ve Graneswaran 2018). Pupa öncesi olan prepupa döneminde, beslenmeyi bırakır ve son dönemi olan pupa döneminde beslenme alanından uzak güvenli bir yer için kaynağını terk eder (Sheppard vd. 1994). Ergin bireylere dönüşmeden önceki son evre olan pupa evresinde vücut sertleşmeye başlamakta ve hareket kabiliyetlerini kaybetmektedirler (Sivanantharaja ve Graneswaran 2018). Pupa döneminde 27 mm uzunluğa, 6 mm genişliğe ve 220 mg ağırlığa ulaşabilmektedir (Makkar vd. 2014). *Hermetia illucens* diğer sineklerden farklı olarak

ergin bireylerinin, ağız parçaları veya sindirim organları olmadığı için beslenemezler (Kumar vd. 2018). Erkek *H. illucens* bireyinin karnı bronz, dişininki ise kırmızımsı kahverengidir (Kumar vd. 2018). *Hermetia illucens* erginleri güçlü uçucular değildirler ve günün çoğunu bitkiler üzerinde dinlenerek geçirerek yaklaşık iki hafta sadece su ile yaşarlar. Ergin dişi, yaşamı boyunca yalnızca bir kez çiftleşir ve yumurta bırakır (Surendra vd.2020). *Hermetia illucens*'in erkek bireyleri dişi bireylerden daha önce ergin döneme geçer ve çiftleşmeleri iki günden sonra gerçekleşir. Dişiler, larva substratının yakınındaki kuru alanlardaki yarıklara yumurta bırakırlar ve yumurtalardan yaklaşık dört gün içinde çıkış yapar (Tomberlin ve Sheppard 2002). Besin mevcudiyetine ve diğer koşullara bağlı olarak larva, prepupa ve pupa dönemi değişiklik gösterebileceğinden yaşam döngüsü dört aya kadar çıkabilir (Furman ve Young 1959).

Hermetia illucens biyolojik dönüşüm açısından dünyadaki en önemli böceklerden biri haline gelmiş olup birden fazla şirket tarafından endüstriyel olarak yetiştirilmektedir (Makkar vd. 2014). Yüksek kaliteli protein içermesinden dolayı yem olarak kullanılabilirken diğer bileşikleri kimya endüstrisinde hammadde olarak kullanılabilir (Maurer vd. 2016). Yağ fraksiyonu çıkarılıp biyoyakıt dönüştürülebilmektedir (Li vd. 2011). Kitin ise atık su arıtımından biyoaktif kaplamalara kadar çeşitli uygulamalarda kullanılan kitonasa işlenebilmektedir (Komi vd. 2016). Temmuz 2017 'den itibaren *H. illucens* larvalarına, su ürünleri yetiştiriciliğinde yem bileşeni olarak, böcek ununun ise domuz ve kümes hayvanı yemi için kullanılmasına Avrupa Komisyonu tarafından izin verilmektedir (Anonymous 2) Amerikan Birleşik Devletler'inde, bütün kurutulmuş *H. illucens* larvalarının salmonidler için yem olarak kullanılmasına ve üç eyalette (Idaho, Indiana ve Alaska) larvaların insanlar ve hayvanlar için besin olmasına izin vermektedir (Anonymous 3).

Dünyanın her yerinde bu böcek türünden yararlanmaya yönelik hem araştırma hem de üretim faaliyetleri devam etmektedir. Böylelikle *H. illucens* larvalarının organik madde atıklarını geri dönüştürerek ve gübre üreterek çevreye ve insanlara faydalı olduğu kanıtlanmıştır (Newton vd.2005). Kolay yetiştirilme özelliklerine sahip olması, organik atıkların tümünde beslenebilmesi ve beslenme sonucu ortaya çıkan artığının organik gübre olarak kullanılabilme değeri taşıması, larvalarının besin değerlerinin oldukça yüksek olması *H. illucens*'in üretilmesinde önemli bir faktördür (Nguyen vd.2015).

Çalışmada *H. illucens*'in ülkemizde en çok tüketilen-üretilen besinlerin başında gelen beyaz ekmeğin, civciv yeminin ve insanların beslenmesi sonucunda geriye kalan evsel atık üzerindeki yaşam döngüsünün ve yaşam çizelgesi parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca elde edilen verilerin *H. illucens*'in üç besin ile gelişebilme potansiyelinin belirlenmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu besin atıklarının *H. illucens* üretiminde değerlendirilerek geri dönüşümlerinin sağlanmasına ve belirtilen besinlerde yetiştirilmiş *H. illucens*'in hayvan ve insan beslenmesinde kullanılabilmesine imkân sağlayabilecek verilere ışık tutması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

Hogsette (1992), yürüttüğü çalışmada *H.illucens* larvalarının nem isteğinin 60 ± 5 arasında olduğunu, daha yüksek neme sahip ortamlarda besinlerin ıslanıp larvaların besin üzerinde hareket etmesinin zorlaştığını ve 28°C sıcaklık, %60 orantılı nemde larva ve pupa gelişim sürelerini sırasıyla 18 ve 15 gün olduğunu bildirmiştir.

Sheppard vd. (2002), *H.illucens*'in yetiştirme yöntemlerini çalışmışlardır. Güneş ışığının ve havada çiftleşme için yeterli alanın mevcut olduğu bir serada ikiye iki 4 m'lik bir kafeste çiftleşme ortamı sağlamışlardır. Çiftleşme, güneşin bulutlar tarafından engellenmemesi durumunda kışın en kısa günlerinde gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir. Kafeslere ise yetişkinler için sadece su verilerek yiyeceğe gerek duyulmadığını bildirmişlerdir. Larvaları buğday kepeği, mısır unu ve yonca unu içeren nemli bir karışımla beslemişlerdir. Bu kültürü üç yıl boyunca muhafaza ettiklerini ve kara asker sineği kolonisinin devam edebilmesi için tamamen kapalı alanlarda gübre yönetim sistemlerinin geliştirilmesine olanak sağlayacağı kanısına varmışlardır.

Tomberlin vd. (2009), yürüttükleri çalışmalarında *H.illucens*'in sıcaklık ile olan ilişkisini incelemişlerdir. *H.illucens* bireylerini 27, 30 ve 36 °C sıcaklıklarda tahıl bazlı bir besin ile yetiştirmişlerdir. Dört ile altı günlük larvaların hayatta kalması 27 ve 30°C'de ortalama %74-97 bulunurken 36°C'de yalnızca %0,1 olarak bildirmişlerdir. Larva ve pupa gelişimini 27°C'de tamamlaması için 30°C'ye kıyasla ortalama 4 gün daha uzun bir süre gerekli olduğunu tespit etmişlerdir. 27 ve 30°C'de dişiler erkeklerden ortalama %17-19 daha fazla ağırlığa sahip olduğu ancak larva gelişimini tamamlamak için diğer sıcaklıklara kıyasla daha uzun bir süreye ihtiyaç duyduklarını bildirmiştir. Her üç sıcaklıkta da ergin dişiler, ergin erkek bireylerden ortalama 3,5 gün daha az yaşadığı sonucuna varmışlardır.

Kim vd. (2011), *H.illucens*'in tükürük bezi ve bağırsağından salınan sindirim enzimlerinin biyokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. *Hermetia illucens* larvalarının bağırsak ekstraktlarının yüksek amilaz, lipaz ve proteaz aktivitelere sahip olması nedeniyle, *H.illucens*'in polifag böcek grubuna ait olabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca *H.illucens* larvalarının bağırsak ekstraktlarında güçlü bir tripsin benzeri proteaz aktivitesi ve larvalarının bağırsak ekstraktlarında daha yüksek lösin arilamidaz, α -galaktosidaz, β -galaktosidaz, α -mannosidaz ve gobbia-fukosidaz aktiviteleri gözlemlemişlerdir. Bu bulgular, *H.illucens* larvalarının gıda atıklarını ve organik maddeleri bilinen diğer sinek türlerinden daha verimli bir şekilde sindirebildiğini tespit etmişlerdir.

Nguyen vd. (2013), *H. illucens* bireylerini kümes hayvanı yemi, karaciğer, gübre, mutfak artıkları, balık artığı, meyve ve sebzeler ile besleyerek larva gelişimini incelemişlerdir. Gübre ile beslenen larvaların daha kısa, hafif ve gelişimlerinin daha uzun sürdüğünü, mutfak artıkları ile beslenen bireylerin boylarının daha uzun ve daha ağır larvalar olduğu bildirmişlerdir. Balık artığı ile beslenen *H.illucens* bireylerinin ise ölüm oranlarının neredeyse %100 olduğunu tespit etmişlerdir.

Barros-Cordeiro vd. (2014), *H. illucens*'in pupa içi gelişimi laboratuvarında kontrollü koşullar altında 125 larva esas alınarak pupa dönemine kadar beslenmeyi sürdürdüklerini bildirmişlerdir. Larva uzunluğu kütiküldeki pigmentasyon ve

sklerotizasyon derecesine göre prepupa aşamasının sekiz gün (192 saat) sürdüğünü pupa sürecinin ise ilk altı saatte meydana geldiğini, baş ve göğüs uzantılarının dışa doğru dönmesinin dokuzuncu ve yirmi birinci saatler arasında gerçekleştiğini ve dönemini tamamladıktan 21 saat sonra ergin olarak çıkış görüldüğünü tespit etmişlerdir.

Nguyen vd (2015), yürütmüş oldukları çalışmada *H.illucens* larvalarının pazar ve organik atıkları ile beslenmesi sonucunda organik atıkların üzerinde yaşayan bakterilerin çoğalmasını engelleyerek ortaya çıkacak olan kötü kokuları azalttığını ve beslenme kesildikten sonra prepupa aşamasında kanatlı hayvan yetiştiriciliği için yüksek besin değerine sahip yem olarak tüketildiğini bildirmişlerdir. *H.illucens* larvalarının besin miktarlarını değerlendirmek için domuz karaciğeri, domuz gübresi, mutfak atıkları, meyve, sebze ve balık ile yapılan beslenme gruplarındaki besin tercihi en fazla mutfak atığında gösterdiğini ve mutfak atığı ile beslenen pupalarının uzunluk ve ağırlık bakımından en uzun boy ve en fazla ağırlığa sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Tschirner ve Simon (2015), yürüttükleri çalışmada *H. illucens* larvalarını kümes hayvanlarının gübresi, sığır gübresi ve zengin yağ içerikli maddelerden oluşan üç ana grup üzerinde beslemişlerdir. Beslenme değerlerine göre vücut yağ içeriğinin kümes hayvanlarının gübresiyle %15-25, sığır gübresinde %35 ve zengin yağ içerikli maddelerle beslenmesinde %42-49 olduğunu gözlemlemişlerdir.

Harnden ve Tomberlin (2016), *H. illucens* larvalarını üç sıcaklıkta (24.9°C, 27.6°C ve 32.2°C), %55 nem koşullarında dana eti, domuz eti ve tahıl bazlı besin (kontrol) ile beslemişlerdir. Sıcaklıkların ve besinlerin pupa dönemi hariç diğer tüm gelişim dönemlerini etkilediğini gözlemlemişlerdir. Genel olarak domuz eti ile beslenen larvalar sığır eti ve tahıl bazlı besin ile beslenenlere göre larva gelişimini tamamlamak için daha uzun bir süreye ihtiyaç duyduğunu gözlemlemişlerdir.

Yaşar ve Çirik (2017), çalışmalarında domates, muz, yoğurt, elma ve mısır olmak üzere 5 farklı besin ile beslenmesi sonucu *H. illucens*'nin yaşam tablosu parametrelerine etkisini incelemişlerdir. *Hermetia illucens*'in yumurtadan ergin birey olan döneme kadar en uzun gelişim süresinin yoğurt ile beslenen larvalarda (77.67 gün) en kısa gelişim süresinin mısır unu ile (42.18 gün) beslenen bireylerin olduğunu gözlemlemişlerdir. Mısır ununda en yüksek ölüm oranı %94.8 görülürken, muz ile beslenen bireylerde en düşük ölüm oranı %65.8 olarak bildirmişlerdir. Bıraktıkları yumurta sayısı muz, yoğurt, mısır unu ve elma için sırasıyla 1426, 1262, 384 ve 205 adet yumurta olarak bildirmişlerdir. Domates ile beslenen *H.illucens* bireylerinde ise yumurta gözlemleyememişlerdir.

Kinasih vd. (2018), bitki bazlı üç organik atığın *H.illucens* larvalarının gelişimlerdeki etkilerini araştırmışlardır. At gübresi, sebze atıkları ve tofu posası üzerinde ayrı ayrı besleme denemelerini inceleyerek larvaların büyüme hızı, larva ağırlığı ve gram içeriğindeki toplam prepupa ağırlığındaki etkilerini gözlemlemişlerdir. Tüm besinlerin *H.illucens* bireyleri için beslenme materyali olarak uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Jucker vd. (2017), yürüttükleri çalışmada *H.illucens*'in meyve (elma, armut ve portakal), sebze (marul, yeşil fasulye ve lahana) ve karışık meyve ve sebzeler ile beslenerek gelişimlerini incelemişlerdir. Tüm besinlerde gelişim dönemlerini

tamamlayabildiklerini bildirmişlerdir. Karışık meyve ve sebzelerde yetiştirilen larvaların ağırlığı, diğer besinlere göre daha düşük, pupaların en ağır ve erginlerin morfometrik ölçümlerinin de en yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Meyve ile beslenen larvalarda çoğunlukla doymuş yağ asitlerinden oluşan en yüksek yağ içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Esansiyel n-3 yağ asitlerinin en yüksek içeriği sebze ile beslenen larvalarda bulunduğunu bildirmişlerdir. En yüksek protein içeriğine sahip larvaların ise karışık besin ile beslenen *H. illucens* bireylerinde tespit etmişlerdir.

Lee vd. (2018), alternatif bir yem katkı maddesi olarak *H. illucens*'in etlik piliçlerde *Salmonella Gallinarum*'a karşı immün profilaktik etkisini belirlemek amaçlı bir çalışma yürütmüşlerdir. Elde ettikleri verilere göre *H. illucens*'in vücut ağırlığı artışı iyileştirdiğini ve CD4+ T lenfosit sıklığını, serum lizozim aktivitesini ve dalak lenfosit proliferasyonunu arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca *H. illucens*'in, bakteri temizliğini güçlendirip, piliç civcivlerinin *S. gallinarum*'a karşı hayatta kalma oranını arttırdığını gözlemlemişlerdir. Bu verilerin *H. illucens*'in spesifik olmayan bağışıklık tepkilerini uyaran profilaktik özelliklere sahip olduğunu ve *S. gallinarum*'a karşı bakteri yükünü azalttığını ileri sürmüşlerdir.

Kar vd. (2018), *H. illucens*'in biyolojisi, morfolojisi, Türkiye koşullarında üretimi, besin içeriği ve hayvan beslemede kullanımını ile ilgili yapılan çalışmaları ayrıntılı bir şekilde ele almışlardır.

Julita vd. (2018), sebze ve meyve atıkları ile beslenen *H. illucens*'in yaşam parametrelerini Age-Stage, Two-sex programı kullanarak tespit etmişlerdir. *R* değeri sebze ve meyve atıklarıyla beslenen *H. illucens* bireyleri için sırasıyla '*r*' 0.06 ve 0.05 bulunduğunu '*λ*' değerini ise sırasıyla 1.07 ve 1.05 olarak bildirmişlerdir. (*R*₀) değeri sebze ve meyve ile beslenen bireyler için sırasıyla 25.88 ve 19.99 olarak tespit edildiğini ve '*T*' değerini sebze ve meyve atıklarında sırasıyla 46.403 ve 50.00 gün olarak bildirmişlerdir. Deneyler sırasında verilen besinlerin suyunu bırakmalarından dolayı en yüksek ölüm larva döneminde görüldüğünü gözlemlemişlerdir.

Sevilmiş vd. (2019), *H. illucens* larva küspesi ile daha çok tavuk ve balık besleme konusunda yapılmış uluslararası çalışmalar bir araya getirmişlerdir. *Hermetia illucens*'in ile büyük ve küçükbaş hayvan besleme konusunda dünyada çok çalışma olmamasına rağmen bazı memelilerde çalışmalar yapıldığını bildirmişlerdir.

Tingle vd. (1975), yürüttükleri çalışmada *H. illucens*'in larva gelişim süresi için 14 ile 31 güne ihtiyaç duyduklarını ve yumurtadan ergin birey olana kadar geçen sürenin 38 gün olarak sürdüğünü bildirmişlerdir. Larvalar hızlı bir şekilde beslenerek günde birey başına ortalama 25-500 mg besin tükettiğini ve besin eksikliğinden kaynaklı olumsuz koşullarda yaşam döngüsünün 5 aya kadar sürebileceğini bildirmişlerdir.

Oonincx vd. (2014), *H. illucens* bireylerini tavuk, domuz ve inek gübresiyle besleyerek larvaların besin değerlerinin karşılaştırılmasını analiz etmişlerdir. Her üç besin içinde canlılık oranlarının yüksek olmasından kaynaklı verilen besinlerin substratların uygun olduğunu gözlemlemişlerdir. Gelişim süreleri için tavuk ve domuz gübresinde fark bulunmazken inek gübresiyle beslenen bireylerde daha uzun sürdüğünü bildirmişlerdir. Sindirilen nitrojenin verimliliği, domuz gübresinde tavuk ve inek

gübresine göre daha yüksek olduğunu fosforun ise en fazla inek gübresi ile beslenen bireylerde bulunduğunu bildirmişlerdir.

Gobbi vd. (2013), yürüttükleri çalışmada *H.illucens* bireylerini tavuk, et ve bu ikisinin karışımı olan besinler ile besleyerek yaşam döngüsünü analiz etmişlerdir. Larva dönemini et ile beslenen bireyler diğer iki besine kıyasla 15 gün daha uzun sürede tamamlandığını bildirmişlerdir. Pupa dönemi larva dönemine kıyasla daha az değişiklik gösterdiğini ve bu sürenin diğer iki besinde 16 gün sürdüğü bulunurken et ile beslenen bireylerde 19 gün sürdüğünü tespit etmişlerdir. *Hermetia illucens* larvaları tarafından tüketilen gıdanın, erginlerin hem fizyolojik hem de morfolojik gelişimini etkilediğini gözlemlemişlerdir.

Köleoğlu (2022), *Hermetia illucens* larvalarını dört farklı besin ile besleyerek balık yemlerinde kullanım durumlarını analiz etmiştir. Buğday unu ile beslenen bireylerden elde edilen larva unu %36.3 ile en düşük protein miktarına sahip olduğunu, meyve sebze atığı ve buğday kepeği ile beslenen bireylerin ise %43,5 değeri ile en yüksek protein miktarına sahip olduğunu bildirmiştir.

Nakamura vd. (2015), yüz adet ergin *H. illucens* bireylerini laboratuvar ortamında küçük kafeslerde led aydınlatma ve günde iki saat olacak şekilde güneş ışığı ile yetiştirmeyi hedeflemişlerdir. Her iki ışık uygulamasında da yumurta elde ettiklerini bildirmişlerdir. Güneş ışığında daha çok yumurta görülürken toplam yumurta sayısı ve yumurtlama günleri arasında önemli bir fark bulunmadığını gözlemlemişlerdir. Erginlerin ömrü üzerindeki etkileri incelemek için yeni oluşan *H. illucens* bireylerinin bulunduğu küçük kafeslerin içerisine şekerli su, su ve hiçbir sıvı koymadan gözlemlemişlerdir. Şekerli su bulunan kafeslerdeki erkek erginlerin üç kat, dişilerin ise iki kat ömrünü uzattığını tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

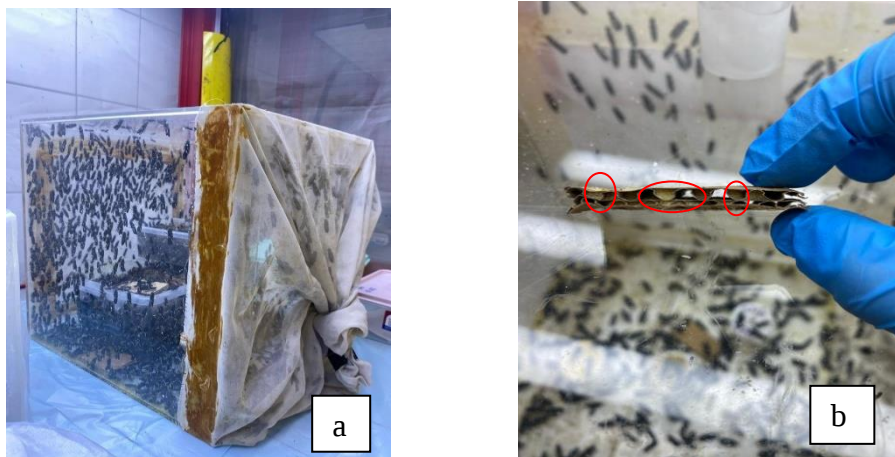
3.1. Materyal

Hermetia illucens'in farklı besinler üzerinde yaşam döngüsünü belirleme çalışmalarında beyaz ekmek etlik civciv yemi ve evsel mutfak atıkları kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan larvalar Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü Kanatlı Hayvan Yetiştiriciliği ana bilim dalından temin edilmiş ve Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma bölümü iklim odalarında en az 6 aydır stok kültür olarak yetiştirilmektedir. Denemeler için 15x10 cm boyutlarında pleksiglas, 42x30 cm ebatlarında plastik peynir küvetleri, 11x12 cm boyutlarında şeffaf plastik kaplı kutular, sirke, pamuk, şekerli su ve 2x5 cm şeklinde kesilmiş karton parçaları, petri, streç ve pens kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. *Hermetia illucens* bireylerinin stok kültür olarak üretimi

Denemelerde kullanılan *H. illucens* bireyleri, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde 26 ± 1 °C sıcaklık ve $\%60\pm10$ orantılı neme sahip iklim odalarında çoğaltılmıştır. Larvalar plastik küvetler içinde $\%60$ nem içeren sulandırılmış civciv yemi üzerinde beslenmiştir. Prepupa ve pupa aşamasına gelen bireyler plastik küvetlerden toplanarak başka plastik kaplara aktarılmıştır. Daha sonra ergin çıkışına kadar bu plastik kaplar 26 ± 1 °C sıcaklık ve $\%60\pm10$ orantılı nem ve karanlık koşullarda bekletilmiştir. Çıkış yapan erginler 26 ± 1 °C sıcaklık ve $\%60\pm10$ 16:8 A:K periyodunda 30x30 cm ölçülerindeki pleksiglas kafeslere alınmıştır. Kafeslere erginlerin su ihtiyacını gidermek için plastik numune kap içerisinde su ve çiftleşmeyi teşvik etmek amacıyla sirke konulmuştur. Çıkış yapan erginlerin yumurtlamaları için 2x5 cm şeklinde kesilmiş karton parçaları pleksiglas kafes içerisine yerleştirilmiştir (şekil 3.2.1a). Kafes içindeki kartonlar günlük olarak kontrol edilmiş ve içerisinde yumurta paketi bulunan (şekil 3.2.1b) kartonlar hava sağlanması için beyaz tül ile yapıştırılmış şeffaf plastik kaplara alınarak ışık görmeyen yere konulmuştur. Yumurtalardan çıkan larvalar daha sonra içinde civciv yemi bulunan plastik küvetlere aktarılmış ve *H. illucens* stok kültür üretimi bu döngü şeklinde yapılmıştır.



Şekil 3.1. *Hermetia illucens* larvalarının üretimi; a) *Hermetia illucens* üretimi yapılan çiftleşme kafesinin görüntüsü b) *Hermetia illucens* erginlerinin bıraktıkları yumurta kolonileri

3.3. *Hermetia illucens*'in biyolojik parametrelerinin belirlenmesi

Hermetia illucens'in biyolojik parametreleri beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atıklar üzerinde belirlenmiştir. Beyaz ekmek ve civciv yemi denemelerine ait besin içerikleri çizelge 3.1. de belirtilmiştir. Evsel atık tek yönlü beslemeye dahil edilmediği için besin içerikleri belirlenememiştir. Biyolojik parametrelerin belirlenme denemelerinden önce stok kültürde civciv yemi üzerinde beslenmiş erginlerden elde edilen yumurtalardan çıkan larvalar ayrı ayrı olacak şekilde beyaz ekmek ve evsel atıklar üzerinde çoğaltılmıştır. Daha sonra bu besinler üzerinde ergin hale gelen bireylerden alınan yumurtalar bir önceki generasyonda hangi besin üzerinde beslenmiş ise aynı besin ile beslenmesi sağlanarak biyolojik parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen biyolojik parametreler yumurta, larva, prepupa, pupa ve ömür süreleridir. Biyolojik parametreler her bir besin için ayrı ayrı olmak üzere başlangıçta 120 yumurta üzerinden belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. *Hermetia illucens*'in yaşam döngüsünü belirleme çalışmalarında kullanılan besin içerikleri

Besinler (100 g)	Beyaz ekmek	Etlik civciv yemi
Enerji (kcal)	267.01	320
Yağ(g)	0.8	3
Karbonhidrat(g)	58.93	
Şeker(g)	0.13	
Protein(g)	6	21
Tuz(g)	0.9	
Selüloz		28.5
Kül		5
Metiyonin		0.45
Sodyum		0.16
Fosfor		0.05
Kalsiyum		1

3.3.1 Yumurta açılım sürelerinin belirlenmesi

Her bir besin içinde ayrı ayrı beslenen larvalardan çıkan ergin bireylerin bulunduğu pleksiglas kafesler içerisine 2x5 cm ebatlarında ve gözenekleri olan karton parçaları dişilerin yumurta bırakabilmesi amacıyla yerleştirilmiştir. Yerleştirilen kartonlar parçaları 24 saat sonra kontrol edilmiş ve üzerinde yumurta bulunan kartonlar ağzı tül ile kaplı plastik kabın içine konulmuştur. Yumurtaların alındığı zaman yumurta bırakma tarihi olarak not edilmiştir. Yumurtalar 26 ± 1 °C $\%60 \pm 10$ orantılı nem içeren ve aydınlatma olmayan ortamda bekletilmiştir. Yumurtalar 24 saatte bir kontrol edilmiş ve açılma tarihi not edilmiştir. Daha sonra yumurta açılma tarihinden yumurta bırakılma tarihi çıkarılmış ve yumurta açılma süreleri belirlenmiştir.

3.3.2. Larva gelişim sürelerinin belirlenmesi

Yumurtaların açılım sürelerinin belirlenmesinden sonra, larvaların gelişim süreleri beyaz ekmek civciv yemi ve evsel atıklar için ayrı ayrı belirlenmiştir. Larva gelişim süreleri 26 ± 1 °C sıcaklık, 16:8 A:K ve $\%60 \pm 10$ orantılı nem koşullarında petri kapları içine konulmuş besin üzerinde ve her bir petri kabında bir larva olacak şekilde ayrı ayrı belirlenmiştir. İçerisinde besin ve larva bulunan petri kapları ağız kısımları streç film ile kapatılmıştır (Şekil 3.3.2). Larvaların hava almalarını sağlamak için ince uçlu böcek iğnesi streç film üzerine kontrollü delikler açılmıştır. Denemeler 24 saatte bir larvalar prepupa dönemine geçinceye kadar kontrol edilmiştir. Prepupa döneminde larvalar deri değiştirip kahverengi renk almaktadır. Kontroller sırasında deri değişimi ve kahverengi renk değişimi görüldüğü tarihler not edilmiştir. Prepupa tarihinden yumurta açılım tarihi çıkarılarak larva gelişim süreleri belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Disk içerisinde beslenen larvalar

3.3.3. Larva canlılık oranlarının belirlenmesi

Larva gelişim süresinin belirlenmesi sırasında 24 saatte bir yapılan kontrollerde ölü olan larvalar not edilmiş. Prepupa olan larva sayısından başlangıçtaki larva sayısı çıkarılarak larva canlılık oranları belirlenmiştir.

3.3.4. Prepupa süresinin belirlenmesi

Larvalar gelişimi tamamlandıktan sonra deri değiştirerek koyu kahverengi renk almaya başlarlar ve bu evre pupadan önceki prepupa evresidir. Prepupa dönemine geçen *H. illucens* bireyleri 24 saatte bir kontrol edilmiş ve pupaya geçiş tarihleri not edilmiştir. Pupa dönemine geçiş tarihinden prepupaya geçiş tarihi çıkartılarak prepupa süreleri belirlenmiştir.



Şekil 3.3. *Hermetia illucens*'in prepupa görüntüsü

3.3.5. Pupa süresinin belirlenmesi

Pupa dönemine geçen bireyler 24 saatte bir kontrol edilmiştir. Pupa döneminden sonra petri kaplarında ergin bireylerin görüldüğü tarihler not edilmiştir. *Hermetia illucens* bireylerinin pupa süreleri ergin olma tarihinden pupa olma tarihinin çıkarılması ile bulunmuştur.



Şekil 3.4. *Hermetia illucens* 'in pupa görüntüsü

3.3.6. Eşey oranının belirlenmesi

Denemelerde, dişi ve erkek olan bireylerin sayıları ile eşeyleri not edilmiştir. Toplam ergin olan birey üzerinden dişi ve erkek eşey oranları belirlenmiştir.



Şekil 3.5. *Hermetia illucens* a) dişi birey b) erkek birey görüntüsü

3.3.7. *Hermetia illucens* bireylerinin ömür sürelerinin belirlenmesi

Pupadan çıkan bireyler bir dişi bir erkek olacak şekilde 15x15 ölçülerindeki pleksiglas kafeslere çiftleşmesi için konulmuştur. Ergin bireyler 24 saatte bir kontrol edilerek çiftleşme kafesi içerisinde ölü görülen bireyler not edilmiştir. Ölüm tarihinden ergin olma tarihi çıkarılarak *H. illucens* bireylerinin ömür süreleri belirlenmiştir.

3.3.8. *Hermetia illucens* dişilerinin yumurta bırakma sayılarının belirlenmesi

Bir dişi ve bir erkek olarak 15x15 çiftleşme kafeslere konulan bireylere beslenmeleri için su ve yumurtlamayı teşvik amaçlı sirke verilmiştir. Kafesler içerisine karton parçalar yumurtlama alanı olarak konulmuştur. Karton parçaları 24 saatte bir kontrol edilmiştir. Dişilerin çiftleşme kafeslerindeki karton parçalarına bıraktığı yumurta kümesi tarihi not edilmiş ve bu yumurta kümesi daha sonra stereo mikroskop altında sayılarak ergin olan bir dişinin yaşam süresi boyunca bıraktığı yumurta sayısı belirlenmiştir. Belirlenen yumurta sayısından açılmayan yumurta sayısı çıkarılarak açılan yumurta sayısı belirlenmiştir.



Şekil 3.6. a) Dişi bireyin yumurta bırakma görüntüsü b) Dişi ve erkek bireyin içinde bulunduğu çiftleşme kafesi

3.4. Verilerin Analizi

Yaşam çizelgesi parametreleri TWO-SEX MsChart paket programı kullanılarak elde edilmiştir (Chi ve Liu, 1985). Bu programda, iki eşeyli tüm bireylerin gelişme dönemleri, yaşam süreleri, dişi ve erkek oranları gibi yaşam çizelgesi parametrelerinin hesaplanması yapılmaktadır (Chi ve Liu, 1985). Bu programın diğer analizlerden farkı iki eşeyi de dahil ederek yaşam çizelgesi oluşturduğundan dolayı diğer yaşam tablosu analizlerinden farklılık göstermektedir. Analiz edilen parametreler;

Yaş ve döneme göre, yaşa özgü canlılık oranı (l_x) Formül 1'e göre hesaplanmıştır (Chi ve Liu, 1985).

$$l_x = \sum_{j=1}^{\beta} s \cdot x_j \quad (3.1)$$

Üreme oranı (m_x), Formül 3.2'ye göre belirlenmiştir (Chi ve Liu, 1985).

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^{\beta} s_{x_i} F_{xj}}{\sum_{j=1}^{\beta} s_{xj}} \quad (3.2)$$

Yaş ve döneme özgü beklenen yaşam süresi (exj), formül 3.3'ye göre hesaplanmıştır. (Chi ve Su, 2006).

$$exj = \sum_{i=x}^{\infty} \sum_{y=j}^I s'_{iy} \quad (3.3)$$

(V_{xj}); x yaşında ve j dönemindeki bir bireyinin i yaşına kadar y aşamasına kadar hayatta kalır ve $s' = 1$ varsayılarak formül 3.4'e göre hesaplanmıştır (Tuan vd. 2014).

$$V_{xj} = \frac{e^{r(x+1)}}{s_{xj}} \sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i+1)} \sum_{y=j}^{\beta} s_{iy} f_{iy} \quad (3.4)$$

Kalıtsal üreme yeteneği (r), formül 3.5'e göre hesaplanmıştır (Goodman, 1982).

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \quad (3.5)$$

Net üreme gücü (R_0), Formül 3.6'ya göre hesaplanmıştır (Izhevsky ve Orlinsky, 1988)

$$R_0 = \sum l_x \cdot m_x \quad (3.6)$$

Artış oranı sınırı (λ), Formül 3.7'ye göre hesaplanmıştır (Goodman,1982).

$$\lambda = e^y \quad (3.7)$$

Ortalama döl süresi (T), Formül 3.8'e göre hesaplanmıştır (Birch, 1948).

$$T = \ln R_0 / r \quad (3.8)$$

Denemeler sonucunda elde edilen biyolojik veriler Shapiro-Wilk testine tâbi tutulmuştur. Veriler normal dağılım göstermediği için biyolojik sürelerin istatistiki analizleri Mann-Whitney U testi kullanılarak analiz edilmiştir. Farklı besinler ile beslenen *H.illucens* bireylerinin yaşam çizelgesi analizi sonucunda r , λ , R_0 , T değerleri arasındaki farklılık Paired bootstrap testi kullanılarak farklılık istatistiki olarak analiz edilmiştir. Yapılan testlerde önem derecesi $p < 0.05$ olan değerler istatiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1.Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens*'in biyolojik parametreleri

4.1.1.Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens*'in yumurta açılma süreleri

Denemelerde yumurta açılma süresi, 120 adet *H. illucens* yumurtası kullanılarak belirlenmiştir. Yumurta açılma süreleri beyaz ekmek besini için ortalama 3.5 gün, civciv yemi ve evsel atık için 3 gün olarak bulunmuştur. Yumurta açılma süreleri civciv yemi ve evsel atık ile beslenen *H.illucens* bireyleri için istatistiki olarak farklılık önemli değilken ekmek besini için bu farklılık önemli olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Farklı besinler üzerinde beslenen *Hermetia illucens*'in yumurta açılma süreleri

Deneme	N	Yumurta açılma süresi
Beyaz ekmek	120	3.5±0.04 ^a
Civciv yemi	120	3±0.00 ^b
Evsel atık	120	3±0.00 ^b

(N: Birey sayısı) (Aynı sütundaki farklı harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.)

4.1.2.Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens*'in larva gelişim süresi ve canlılık oranı

Larva gelişim süreleri, her bir petri kabında bir larva olacak şekilde beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atık ile beslenmesi sonucu belirlenmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde beyaz ekmek ile beslenen *H. illucens* larvalarının gelişim süresi en uzun 41 gün en kısa 24 gün olarak tespit edilmiştir. *Hermetia illucens*'in beyaz ekmek üzerindeki canlılık oranı %98.3 bulunmuştur. Civciv yemi ile beslenen larvaların gelişim süresi en uzun 45 gün en kısa 22 gün olarak gözlemlenmiştir. *Hermetia illucens*'in civciv yemi üzerindeki canlılık oranı % 96.57 olarak bulunmuştur. Evsel atık ile beslenme sonucu gelişim süresi en uzun 88 gün en kısa 45 gün olarak tespit edilmiştir. Evsel atık için *H. illucens* larvalarının canlılık oranı %90.8 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Larva gelişim süreleri ve canlılık oranlarında, beyaz ekmek ve civciv yemi ile beslenen *H.illucens* bireyleri için istatistiki olarak farklılık önemli değilken evsel atık için bu farklılık önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens*'in larva gelişim süresi ve canlılık oranı

Deneme	N	Ortalama(Gün±SE)	Minimum gelişme süresi (gün)	Maximum gelişme süresi (gün)	Canlılık oranı
Beyaz ekmek	118	32.36±0.51 ^a	24	41	%98.3±1.9 ^a
Civciv yemi	116	31.89±0.41 ^a	22	45	%96.7±1.9 ^a
Evsel atık	109	62.11±0.61 ^b	45	88	%90.8±1.9 ^b

(N:birey sayısı) (Aynı sütundaki farklı harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.)

4.1.3. Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens*'in prepupa süresi

Prepupa süresi beyaz ekmek ile beslenen *H.illuens* için ortalama 10.86 gün olarak gözlemlenmiştir. Prepupa süresi beyaz ekmek ile beslenen *H.illuens* için en uzun 27 gün, en kısa 7 gün olarak bulunmuştur. Prepupa süresi civciv yemi üzerinde 116 adet birey üzerinden devam etmiştir ve prepupa süresi en uzun 21 gün en kısa 5 gün olarak bulunmuştur. Civciv yemi ile beslenen larvalar prepupa evresinde ortalama 10.32 gün geçirmişlerdir. Evsel atık ile beslenen larvalar için bu değer ortalama 12.32 gün olarak belirlenmiştir. Evsel atık için prepupa evresinde en uzun gelişme 26 gün olarak bulunurken, en kısa gelişme süresi ise 8 gün olarak Çizelge 4.3'te verilmiştir. Verilen üç farklı besin için prepupa süreleri karşılaştırıldığında beyaz ekmek ve civciv yemi ile beslenen *H.illucens* bireyleri için fark istatistiki olarak anlamlı olarak bulunmazken evsel atık ile beslenen *H.illucens* bireyleri için farklılık anlamlı olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3. *Hermetia illucens*'in prepupa süreleri

Deneme	N	Ortalama (Gün±S.E)	Minimum gelişme süresi (gün)	Maximum gelişme süresi(gün)
Beyaz ekmek	118	10.86±0.31 ^a	7	27
Civciv yemi	115	10.32±0.25 ^a	5	21
Evsel atık	109	12.32±0.32 ^b	8	26

(N: Birey sayısı) (Aynı sütundaki farklı harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.)

4.1.4. Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens*'in pupa süresi

Çizelge 4.4 incelendiğinde beyaz ekmek ile beslenen 105 birey için pupa süresi en kısa 7 gün en uzun 23 gün olarak gözlemlenirken ortalama pupa süresi 11.10 gün olarak belirlenmiştir. Civciv yemi için pupa süresi en kısa 6 gün, en uzun 14 gün olarak gözlemlenirken ortalama pupa süresi 10.06 gün olarak belirlenmiştir. Evsel atık ile beslenen 109 adet bireyin 14'ünde ergin çıkışı görülmemiştir. Toplam 95 adet birey, ortalama 11.24 gün yaşayarak pupa dönemini tamamlamıştır. Pupa süresi, en kısa 4 gün en uzun 20 gün olarak bulunmuştur. Pupa süreleri istatistiki olarak karşılaştırıldığında beyaz ekmek ve evsel atık denemelerinde istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak civciv yemi ile beslenen *H.illucens* bireylerinin diğer besinler ile arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

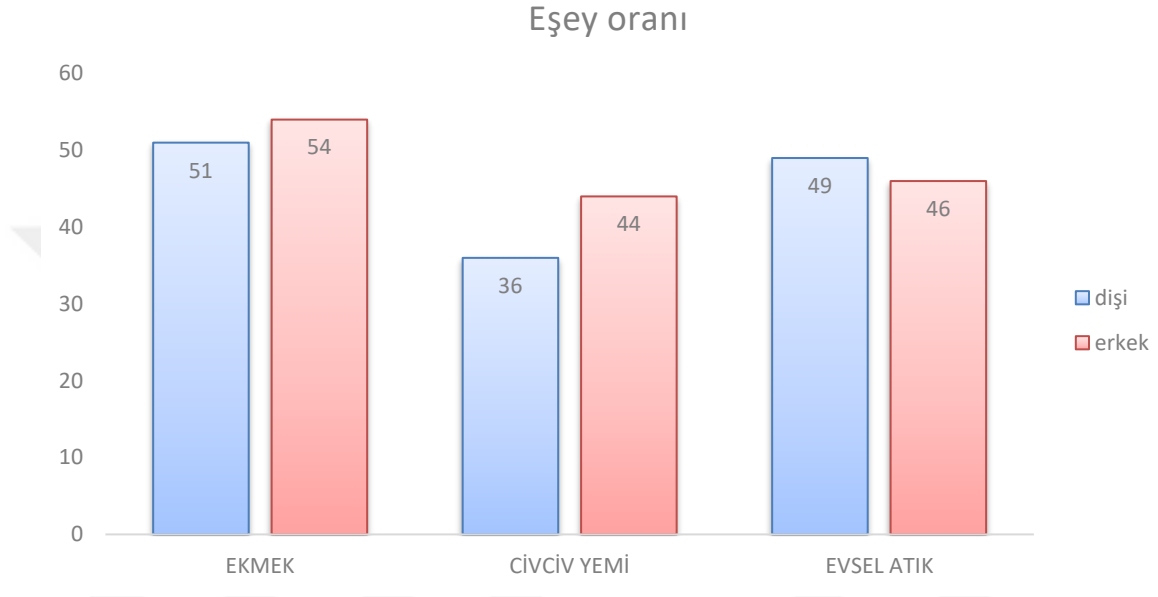
Çizelge 4.4. *Hermetia illucens*'in pupa süreleri

Deneme	N	Ortalama (Gün±S.E)	Minimum gelişme süresi (gün)	Maximum gelişme süresi(gün)
Beyaz ekmek	105	11.10±0.23 ^a	7	23
Civciv yemi	80	10.06±0.2 ^b	6	14
Evsel atık	95	11.24±0.25 ^a	4	20

(N: Birey sayısı) (Aynı sütundaki farklı harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.)

4.1.5. Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens*'in eşey oranı

Üç farklı deneme grubu için toplam 120 adet yumurtadan Şekil 4.1 incelendiğinde beyaz ekmek ile beslenen *H.illucens* larvalarının 105 bireyi gelişimini tamamlayarak %48.57 dişi, %51.43 erkek, civciv yemi ile beslenen *H.illucens* larvalarının 80 birey gelişimini tamamlayarak %45 dişi,%55 erkek, evsel atık ile beslenen *H.illucens* larvalarının 95 adet bireyinde erkek ve dişi birey dağılımları %51.57 dişi %48.43 erkek bireydir.



Şekil 4.1. *Hermetia illucens*'in eşey oranı

4.1.6. Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens*'in ömür sürelerinin belirlenmesi

Çizelge 4.5'e göre beyaz ekmek ile beslenen *H. illucens*'in ömür süresi ortalama 14.8 ± 0.62 , civciv yemi ile beslenenler için 10.44 ± 0.68 ve evsel atık ile beslenen *H. illucens*'in ömür süresi ortalama 8.54 ± 0.40 olarak bulunmuştur. Ömür süreleri istatistiksel olarak kıyaslandığında, civciv yemi ve evsel atık ile beslenen *H. illucens* bireylerinin yaşam süreleri aralarında önemli bir fark bulunmadığı beyaz ekmek ile beslenen *H. illucens* bireylerinde istatistiki olarak farklılığın anlamlı olduğu bulunmuştur. Dişi ve erkek bireylerin beyaz ekmek için ortalama ömür süreleri 13.27 gün dişi, 16.24 gün erkek olarak bulunurken civciv yemi için 8.81gün dişi, 11.77 gün erkek ve evsel atık için ortalama ömür süresi 8.27 gün dişi, 8.83 gün erkek olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. *Hermetia illucens*'in ömür süresi

Deneme	N	Ortalama±S.E	Dişi birey	Ortalama±S.E	Erkek birey	Ortalama±S.E
Beyaz ekmek	105	14.8±0.62 ^a	51	13.27±0.82	54	16.24±0.91
Civciv yemi	80	10.44±0.68 ^b	36	8.81±0.86	44	11.77±0.98
Evsel atık	95	8.54±0.40 ^b	49	8.27±0.57	46	8.83±0.58

(N: Birey sayısı) (Aynı sütundaki farklı harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.)

Age-stage two-sex life programından elde edilen bulgulara göre dişinin ergin dönemi başlangıcından yumurtlama sürecine kadar olan zaman APOP ve dişi bireyin yumurtlamaya başlamadan önceki tüm dönemleri TPOP değerleri çizelge 4.6 da verilmiştir. APOP değerleri arasındaki istatistiki fark incelendiğinde civciv ve evsel atık ile beslenen bireylerde farklılık önemli değilken beyaz ekmek ile beslenen bireylerde fark önemli olarak bulunmuştur. TPOP değerlerinde beyaz ekmek ve civciv yemi ile beslenen bireylerde farklılık önemli değilken evsel atık ile beslenen bireylerde fark önemli olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.6. *Hermetia illucens*'in pre -ovipozisyon süreleri

Deneme	N	APOP	TPOP
Beyaz ekmek	15	10.4±0.93 ^a	64.13±2.27 ^a
Civciv yemi	11	5.64±0.99 ^b	61.45±2.05 ^a
Evsel atık	8	5.38±0.65 ^b	93.5±2.18 ^b

(N: Birey sayısı) (Aynı sütundaki farklı harfler istatistiki olarak birbirinden farklıdır.)

4.1.7. Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens* bireylerinin yumurta sayısı ve yumurta açılma oranlarının belirlenmesi

Üç farklı besin ile beslenen *H. illucens* bireylerinin yumurta sayısı ve yumurta açılma oranları çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Dişi bireylerin yaşamları boyunca bıraktıkları yumurta sayısı ve yumurta açılma oranları

Deneme	N	Yumurta sayısı	Açılan yumurta sayısı	Yumurta açılma oranı
Ekmek	15	7577	1196	%15.78
Civciv yemi	11	4407	2228	%50.6
Evsel atık	8	3329	1948	%50.5

(N: Birey sayısı)

4.2. Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens*'in yaşam çizelgesi parametreleri

Hermetia illucens'in farklı besinlerle beslenen bireylerinin yaşam çizelgesi parametreleri Chi ve Liu (1985) tarafından geliştirilen TWOSEX-MSChart-Age-Stage programı kullanılarak analiz edilmiştir. 'r', 'λ', 'R₀' ve 'T' değerleri Çizelge 4.8 de verilmiştir. Beyaz ekmek ve civciv yemi ile beslenen *H.illucens* bireylerinin yaşam

çizelgesi parametreleri istatistiki olarak incelendiğinde aralarında önemli bir fark gözlemlenmezken evsel atık ile beslenen *H. illucens* bireylerinde istatistiki fark önemli olarak bulunmuştur.

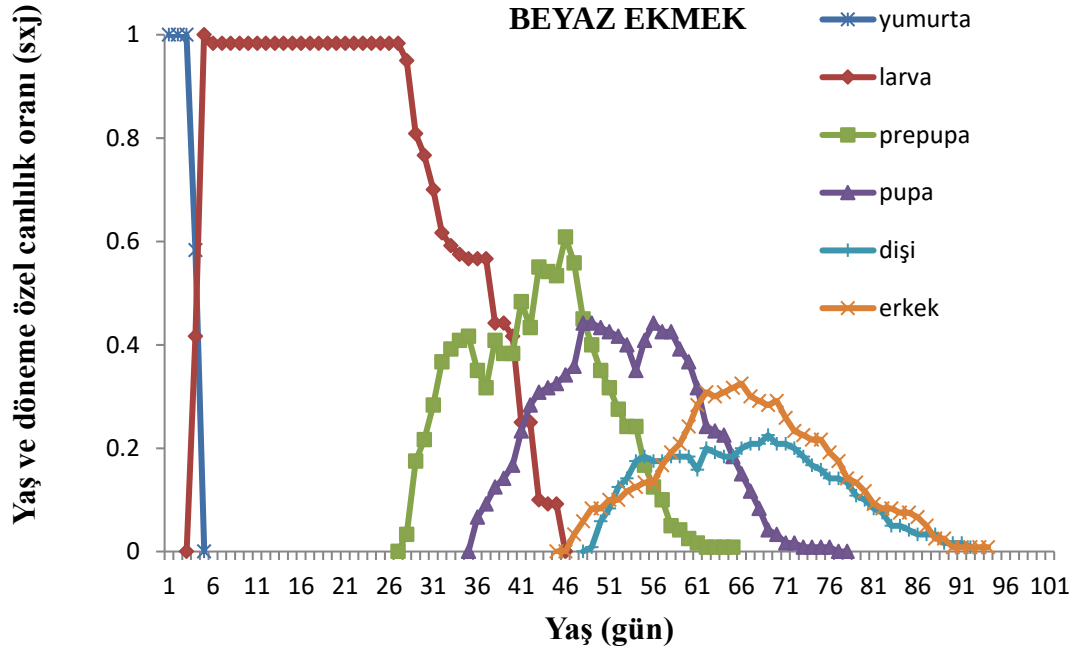
Çizelge 4.8. Farklı besinler ile beslenen *Hermetia illucens* bireylerinin yaşam çizelgesi parametreleri

Parametreler	Beyaz ekmek	Civciv yemi	Evsel atık
r (gün ⁻¹)	0.06±0.04 ^a	0.05±0.05 ^a	0.03±0.04 ^b
λ (gün ⁻¹)	1.06±4.87 ^a	1.05±5.95 ^a	1.03±4.37 ^b
R_0 (yumurta/döl)	63±15.61 ^a	34±10.31 ^a	27±9.60 ^b
T (gün)	63±1.78 ^b	61±1.83 ^b	93±2.02 ^a

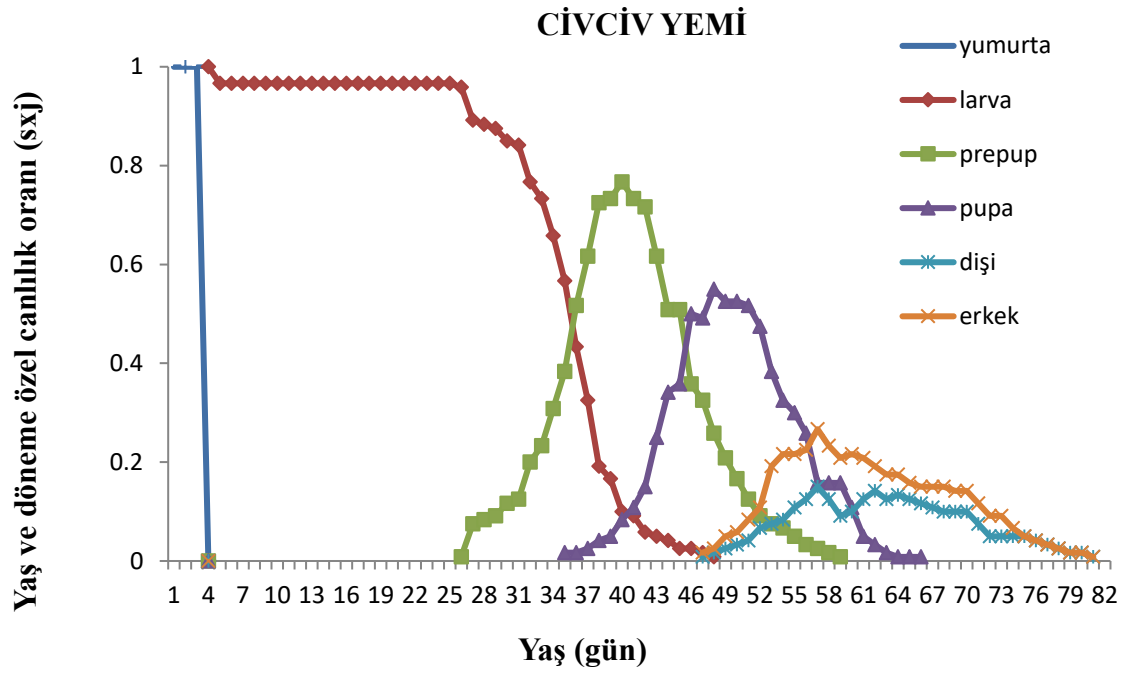
(Bootstrap analizine göre aynı harfe sahip satırlardaki ortalamalar arasında anlamlı bir fark yoktur $p < 0.05$)

4.2.1. *Hermetia illucens*'in yaş ve döneme özgü canlılık oranları grafikleri (sxj)

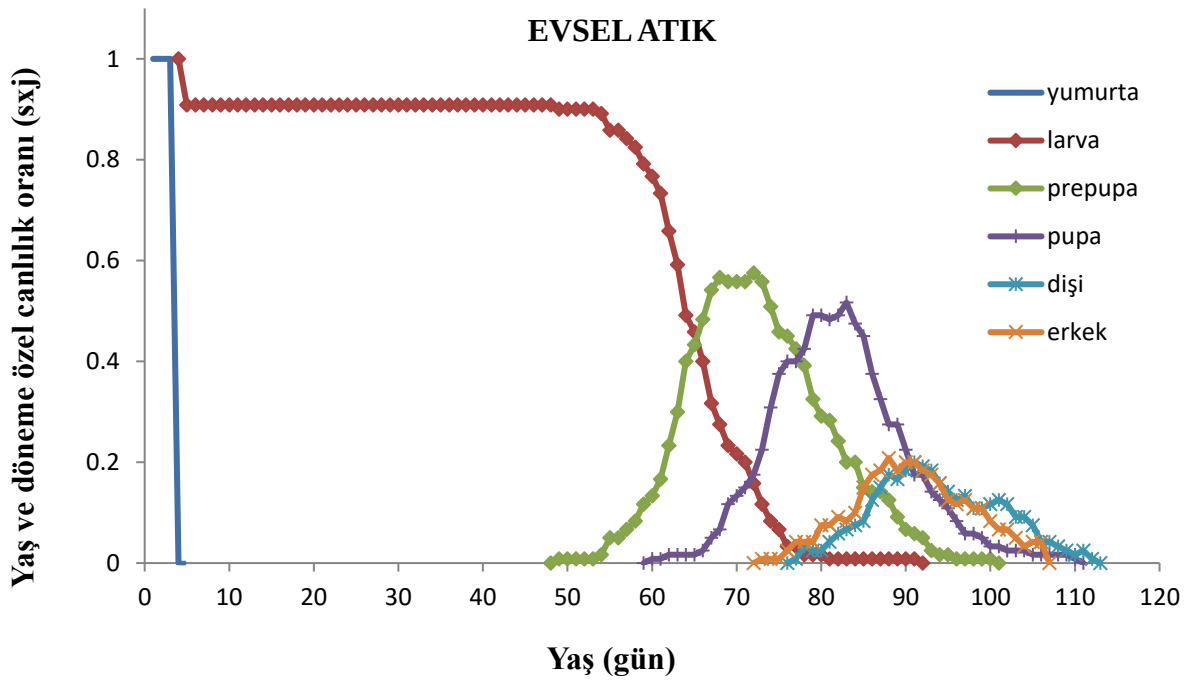
Hermetia illucens'in beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atık için sxj grafikleri sırasıyla şekil 4.2, 4.3.ve 4.4. de verilmiştir. Sxj grafiğinde elde edilen canlılık oranları, yeni bırakılmış bir yumurtanın x yaşına ve j dönemine kadar hayatta kalma olasılığını anlatmaktadır. Şekil 4.2, 4.3.ve 4.4 incelendiğinde *H. Illucens* ergin birey olmadan tüm besinlerde hayatta kalma oranı en fazla larva dönemi olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 4.2. Beyaz ekmek ile beslenen *Hermetia illucens*'in yaş ve döneme özgü canlılık oranları (sxj)



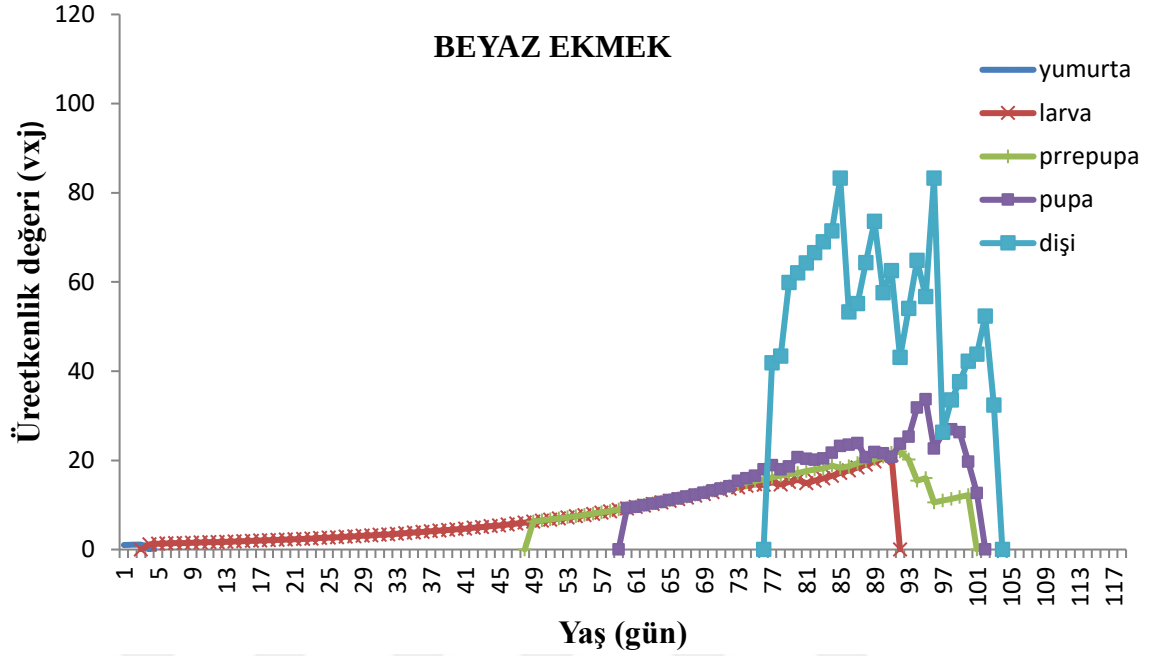
Şekil 4.3. Cıvciv yemi ile beslenen *Hermetia illucens*'in yaş ve döneme özgü canlılık oranları (sxj)



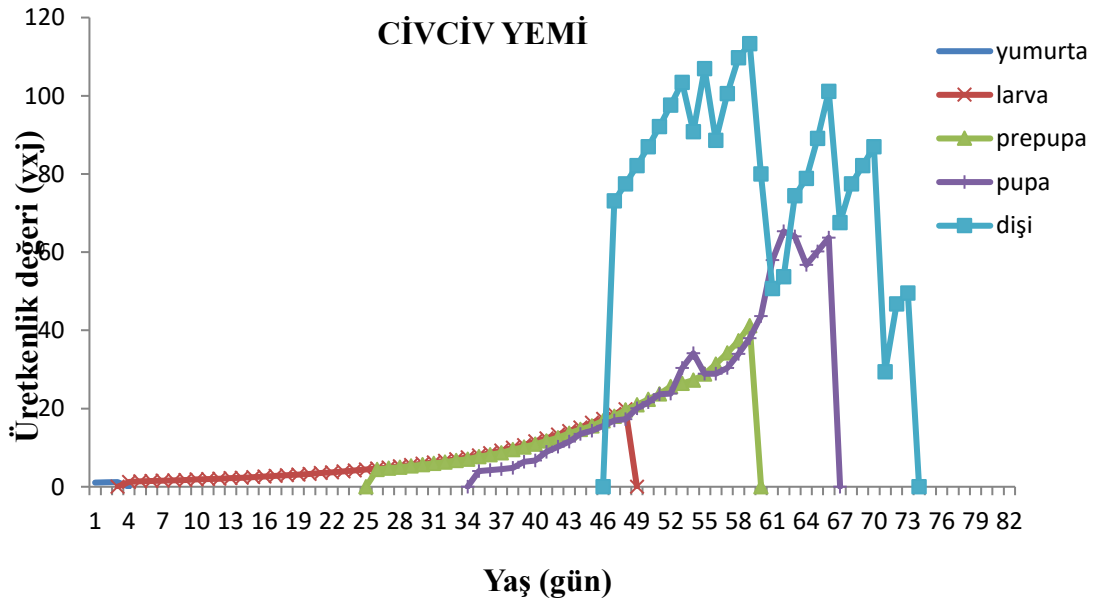
Şekil 4.4. Evsel atık ile beslenen *Hermetia illucens*'in yaş ve döneme özgü canlılık oranları (sxj)

4.2.2. *Hermetia ilucens*'in yaş ve döneme özgü üreme grafikleri (vxj)

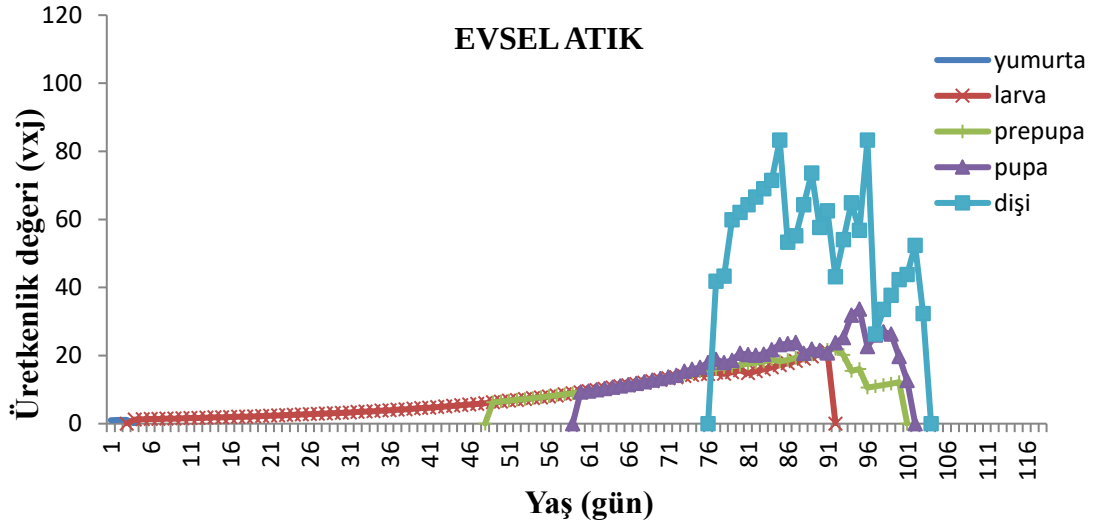
Üreme değeri (V_{xj}), bir bireyin belirli bir yaşta (x) ve dönemde (j) gelecek nesillere sağlayacağı genetik katkıyı nitelendiren bir ölçüdür. Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7 incelendiğinde popülasyona üreme olarak en yüksek katkıyı ergin dönemde yapmıştır.



Şekil 4.5. Beyaz ekmek ile beslenen *Hermetia ilucens*'in yaş ve döneme özgü üreme eğrileri (v_{xj})



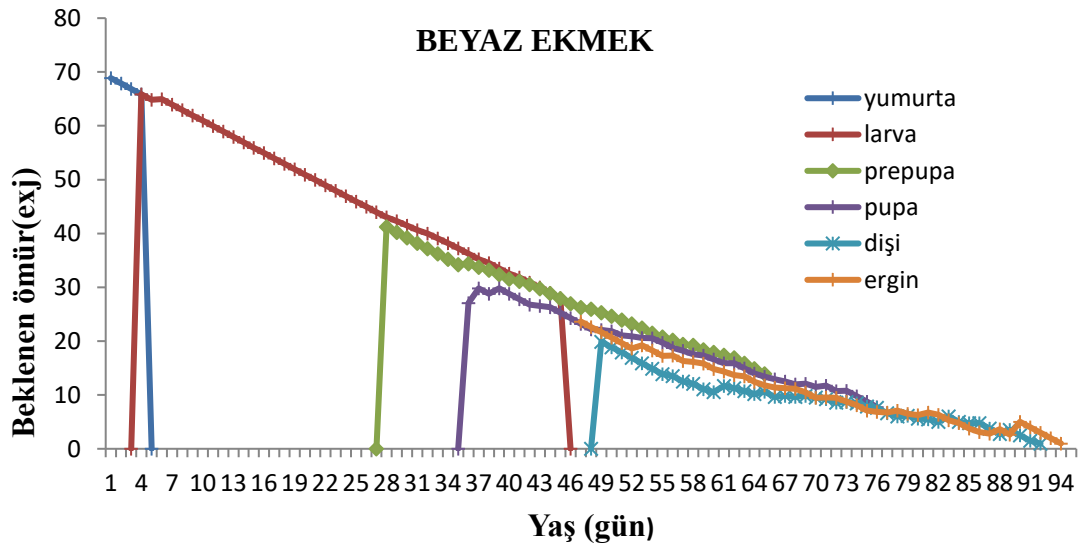
Şekil 4.6. Cıvciv yemi ile beslenen *Hermetia illucens*'in yaş ve döneme özgü üreme eğrileri (v_{xj})



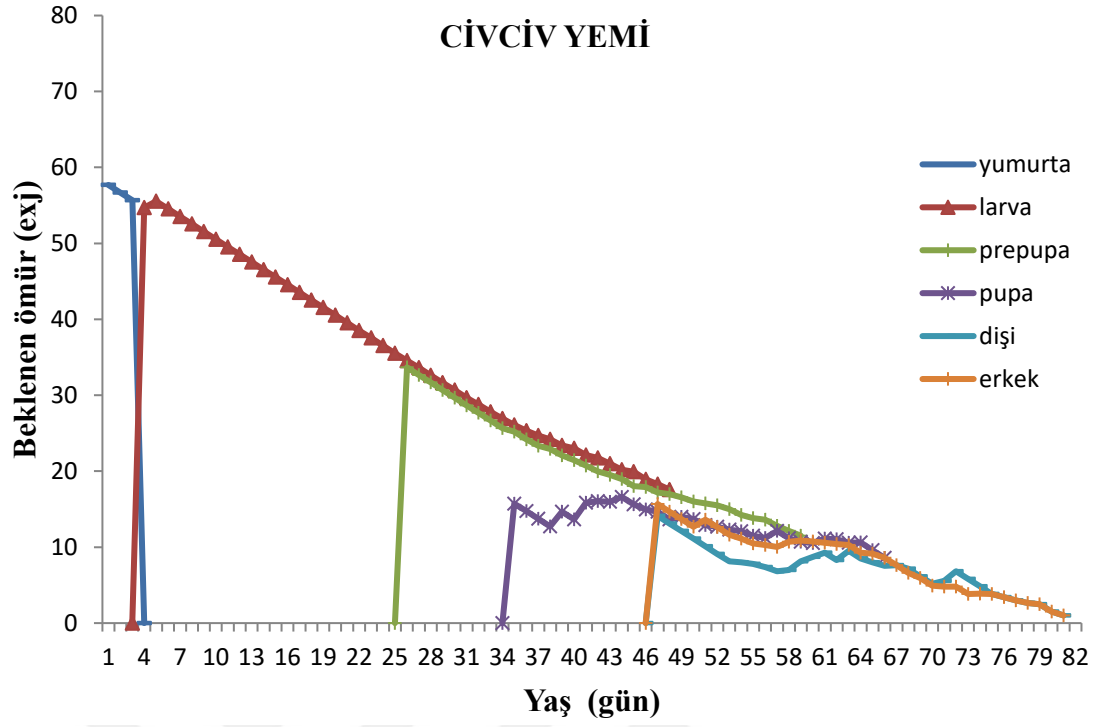
Şekil 4.7. Eysel atık ile beslenen *Hermetia illucens*'in yaş ve döneme özgü üreme eğrileri (vxj)

4.2.3. *Hermetia illucens*'in yaş ve döneme özgü beklenen yaşam süresi grafikleri (exj)

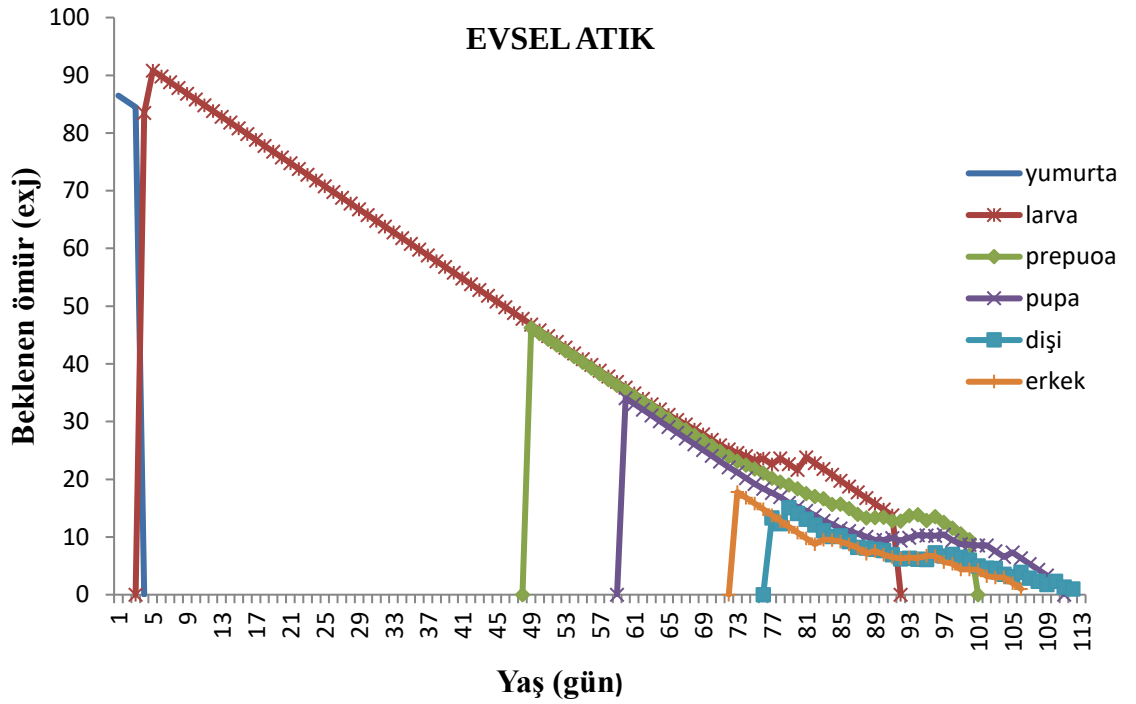
Beklenen ömür (exj), belirli bir yaş aralığındaki bireyin ergin öncesi ve ergin döneminde herhangi bir yaş aralığında ne kadar gün daha yaşayabileceğini öngören bir grafiklerdir. Şekil 4.8'de beyaz ekmekte beklenen ömür (exj) yumurta dönemi için 68.86, larva dönemi için 65.86, prepupa dönemi için 27, pupa dönemi için 37, dişi için 48 ve erkek için 46 gün olarak belirlenmiştir. Şekil 4.9 da civciv yemi için yumurta dönemi 57, larva 55, prepupa 25, pupa 34, erkek ve dişi 46 gün olarak belirlenmiştir. Eysel atık için yumurta dönemi 85, larva dönemi için 90, prepupa dönemi için 49, pupa dönemi için 61, dişi için 79 ve erkek için 73 gün olarak gözlemlenmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.8. Beyaz ekmek ile beslenen *Hermetia illucens*'in yaş ve döneme özgü beklenen yaşam süresi(exj)



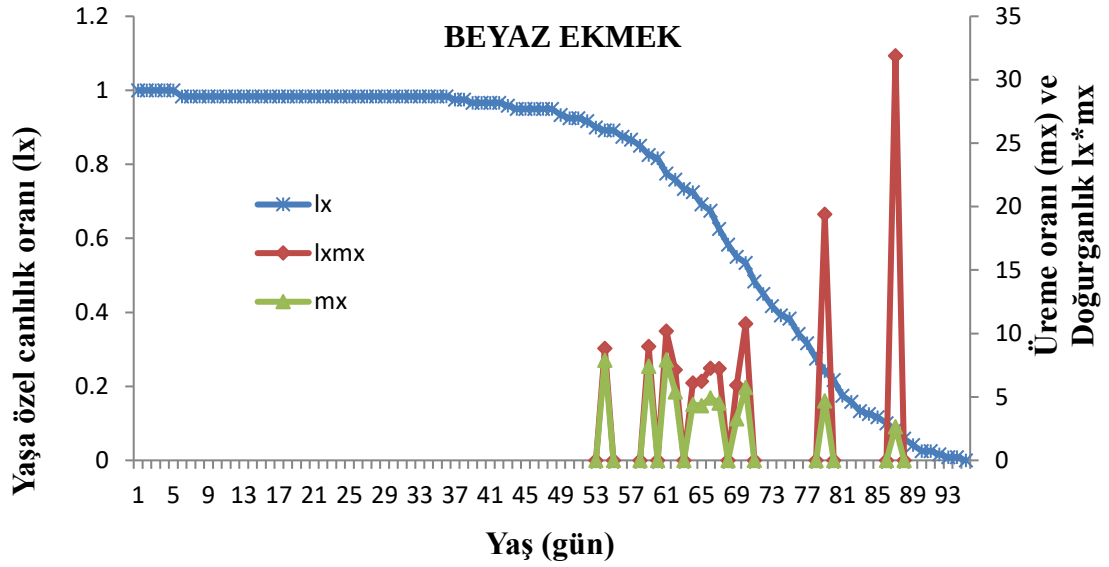
Şekil 4.9. Cıvcıv yemi ile beslenen *Hermetia illucens*'in yaş ve döneme özgü beklenen yaşam süresi(exj)



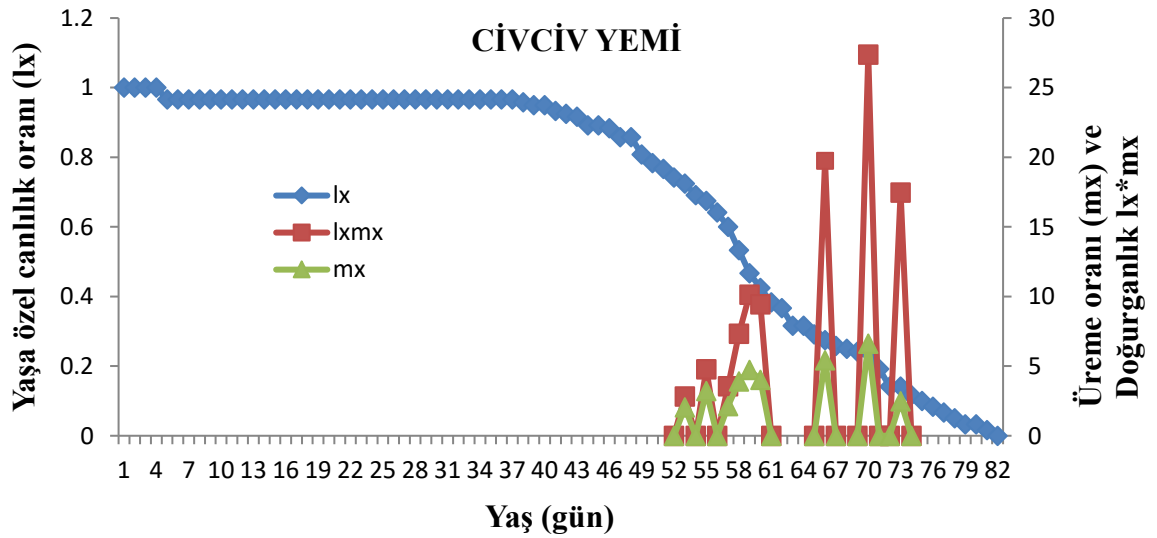
Şekil 4.10. Evsel atık ile beslenen *Hermetia illucens*'in yaş ve döneme özgü beklenen yaşam süresi(exj)

4.2.4. *Hermetia illucens*'in ekmekek besini üzerinde yaşa bağlı canlılık oranı (l_x), üreme oranı (m_x), ve doğurganlık ($l_x \cdot m_x$) grafikleri

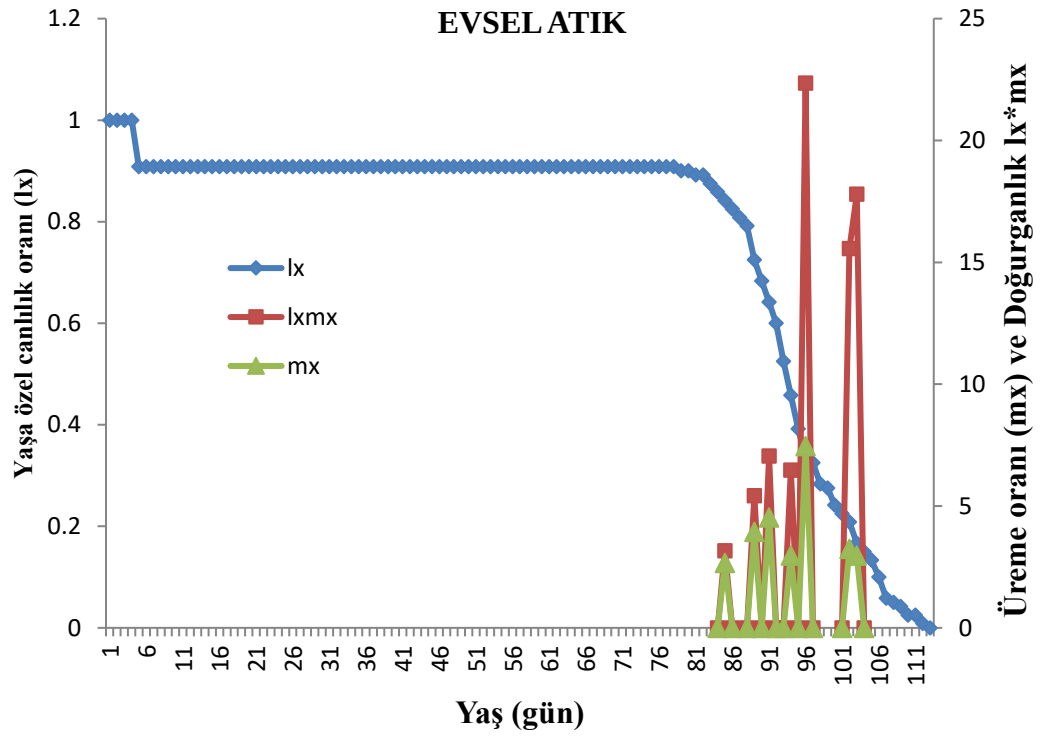
Yaşa özel canlılık oranı (l_x), toplam popülasyonun yaşa özel doğurganlığı (m_x) ve yaş ile canlı kalma oranının etkisinde doğurganlık ($l_x m_x$) eğrilerinin değişimi Şekil 4.11, 4.12, 4.13'te verilmiştir. Verilen tüm besinlerde (l_x) eğrisi incelendiğinde canlılık oranı yumurtadan itibaren belli bir düzeyde ilerlerken ergin olması sonucu ölüm gerçekleşmiştir. Doğurganlık ($l_x \cdot m_x$) değerlerinin belirli zamanlarda düşüp yükselmesi ise dişinin yaşamı boyunca bir defa yumurta bırakmasından kaynaklıdır.



Şekil 4.11. *Hermetia illucens*'in beyaz ekmekek ile beslenmesi sonucu yaşa bağlı canlılık oranı (l_x), üreme oranı (m_x), ve doğurganlık ($l_x \cdot m_x$) eğrileri



Şekil 4.12. *Hermetia illucens*'in civciv yemi ile beslenmesi sonucu yaşa bağlı canlılık oranı (l_x), üreme oranı (m_x), ve doğurganlık ($l_x \cdot m_x$) eğrileri



Şekil 4.13. *Hermetia illucens*'in evsel atık ile beslenmesi sonucu yaşa bağlı canlılık oranı (l_x), üreme oranı (m_x), ve doğurganlık ($l_x \cdot m_x$) eğrileri

5. TARTIŞMA

Kara asker sineği *Hermetia illucens*'in organik madde atıklarını geri dönüştürerek ve gübre üreterek çevreye ve insanlara faydalı olduğu bildirilmiştir (Newton vd. 2005). Çalışmada ülkemizde en çok tüketilen-üretilen besinlerin başında gelen beyaz ekmeğin, civciv yeminin ve insanların beslenmesi sonucunda geriye kalan evsel atık ile beslenen *H.illucens* 'in yaşam döngüsünün belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda beyaz ekmeğin, civciv yemi ve evsel atık ile beslenen larvaların yaşam süresi sırasıyla 32.36 gün, 31.89 gün ve 62.11 gün olarak gözlemlenmiştir. Prepupa süreleri beyaz ekmeğin, civciv yemi ve evsel atık için sırasıyla ortalama 10.86 gün, 10.32 gün ve 12.32 gün olarak tespit edilmiştir. Pupa süreleri için beyaz ekmeğin, civciv yemi ve evsel atık için sırasıyla ortalama 11.10 gün, 10.06 gün ve 11.24 gün olarak bulunmuştur. Eşey oranları, beyaz ekmeğin ile beslenen bireylerde %48.57 dişi, %51.43 erkek, civciv yemi ile beslenen bireylerde %45 dişi, %55 erkek ve evsel atık için %51.57 dişi %48.43 erkek birey olarak tespit edilmiştir. Yaşam döngüsü analizi sonucunda APOP ve TPOP değerleri beyaz ekmeğin için sırasıyla 10.04 ve 64.13 gün, civciv yemi için 5.64 gün ve 61.45 gün evsel atık için 5.38 ve 93.5 gün olarak bulunmuştur. Beyaz ekmeğin, civciv yemi ve evsel atık ile beslenen *H.illucens*'in yaşam döngüsü parametreleri ' r ' sırasıyla 0.06 ± 0.04 gün⁻¹ 0.05 ± 0.05 gün⁻¹ ve 0.03 ± 0.0 gün⁻¹, ' λ ' sırasıyla, 1.06 ± 4.87 gün⁻¹ 1.05 ± 5.95 gün⁻¹ ve 1.03 ± 4.37^b gün⁻¹, ' R_0 ' sırasıyla 63 ± 15.61 yumurta/döl 34 ± 10.31 yumurta/döl ve 27 ± 9.60 yumurta/döl ve son olarak da ' T ' 63 ± 1.78 gün 61 ± 1.83 gün ve 93 ± 2.02 gün olarak belirlenmiştir.

Hogsette (1992) 28°C sıcaklık ve %60 oranında nem içeren bir ortamda yürüttüğü çalışmasında tavuk yemi ile beslenen *H.illucens*'in, dişi bireylerin yumurta bıraktıktan sonra yumurtaların açılma süresinin 4 gün sürdüğünü bildirmiştir. Yaşar ve Çirik (2018) 25±10 °C de sıcaklık ve %50±5 orantılı nem içeren ortamda yürüttükleri çalışmalarında mısır unu ile beslenen *H.illucens* larvalarının yumurta açılma süresini 3.07 gün, yoğurt ile beslenen larvaları 3.03 gün olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda beyaz ekmeğin, civciv yemi ve evsel atık ile besleneni ile beslenen *H.illucens* bireylerinin yumurta açılma süreleri yukarıda belirtilen çalışmalardaki bulgular ile benzerlik göstermektedir. *Hermetia illucens*'in yumurta açılma süresinin, optimum sıcaklık ve nem koşullarında genel olarak benzer olduğunu ve besin türünün bu süreyi önemli ölçüde etkilemediği düşünülmektedir.

Binsin vd (2023) 28±2 °C ve %70±10 nem koşullarında tavuk gübresi, Hindistan cevizi artığı, yemek artıkları ve hurma üzerinde beslenen *H.illucens*'in gelişim dönemi, yetişkin ömrü ve yaşam tablosu parametrelerini analiz etmişlerdir. *H.illucens*'in en kısa larva prepupa ve pupa sürelerinin yemek artıkları ile beslenen bireylerde gözlemlenmiştir. En uzun larva ve prepupa süresi Hindistan cevizi artığında pupa süresinin ise tavuk gübresinde olduğunu bildirmişlerdir. APOP değerleri Tavuk gübresi, hurma ve gıda atığı ile karşılaştırıldığında Hindistan cevizi artıkları ile beslenmesinde anlamlı bir fark bulunduğunu, TPOP değerlerinde yemek artıkları ve hurma arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Yaşam tablosu parametreleri için, gıda atığı ve hurma besininin, tavuk gübresi ve hindistancevizi atığı besinlerine kıyasla *H.illucens* larvaları için daha uygun bir besin olduğunu ve hurma besininin diğer besinler içerisinde en ideal sonucu gösterdiğini bildirmişlerdir. *H.illucens*' in en yüksek R_0 değeri $78,5567 \pm 14,33$ ve en yüksek yumurta verimi ($467,57 \pm 27,28$) hurma ile

beslenen *H.illucens* olarak bildirmişlerdir. Julita vd (2019) 26 ± 1 °C sıcaklık ve 70 ± 5 nem içeren laboratuvar koşullarında meyve atığı ve sebze atığı üzerinde beslenen *H.illucens* larvalarının gelişim süreleri ve yaşam parametreleri değerlerini analiz etmişlerdir. Sebze artığı ve meyve artıklarıyla beslenen *H.illucens* bireylerinin toplam gelişim süresi (yumurtadan ergin aşamasına kadar) önemli ölçüde fark bulunmadığını ancak sebze atıklarıyla beslenen *H.illucens*'in larva ve ergin döneminin, meyve atıklarıyla beslenenlere göre gelişim süresinin daha uzun olduğunu bildirmişlerdir. APOP değerleri sebze atıkları için 4.6 ± 0.6 meyve atıkları için 6.2 ± 0.7 , TPOP değerleri sebze atıkları için 53.8 ± 0.8 , meyve atıkları için 56.2 ± 0.2 tespit etmişlerdir. Yaşam parametre değerleri sebze ve meyve atıkları için sırasıyla '*r*' 0.68 ve 0.05, '*λ*' 1.072 ve 1.05, '*R₀*' 25.88 ve 19.99 '*T*' 46.03 ve 50.0 gün olarak bildirmişlerdir. Denemeler sırasında sebze ve meyve atıklarının ürettiği sudan kaynaklı en yüksek ölüm larva dönemi olarak görüldüğünü bildirmişlerdir. Yaşar ve Çirik (2018) *H.illucens*'i domates, muz, yoğurt, elma ve mısır ile beslemiştir. Yoğurt ile beslenen larvaların gelişim süresi 62.37 gün, elma 42.40 gün, muz 30.95 gün, mısır unu 31.03 gün ve domates 35.89 gün olarak gözlemlemişlerdir. Yaşam parametre değerleri için sadece muz ve yoğurt ile beslenen bireylerde gözlemleyebilmişlerdir. '*r*' '*R₀*' '*λ*' değerleri için aralarındaki istatistikî fark önemsiz olarak bildirilmiştir. *T* değeri yoğurt için 84.0 gün muz için 48.0 gün olarak bulunan değerlerin aralarında önemli bir fark olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda larva, prepupa ve pupa değerleri arasında gelişim süresini en kısa sürede tamamlayan civciv yemi ile beslenen *H.illucens* larvaları olarak bulunurken en uzun sürede tamamlayan evsel atık ile beslenen *H.illucens* larvaları olmuştur. En yüksek '*R₀*' değeri beyaz ekmek ile beslenen (63 ± 15.61) bireylerde görülmüştür. Görülen bu farklılık *H.illucens*'in besin çeşitleri arasında gelişim ve net üreme oranlarının farklılık göstereceği kanısına varılmıştır.

Yaşar ve Çirik (2018) yürüttükleri çalışmada domates, muz, yoğurt, elma ve mısır ile beslenen *H.illucens* bireylerinin bıraktıkları yumurta sayıları ve yumurta açılma oranları değerlendirildiğinde, muz besininde toplam 1426 yumurta bulunurken açılma oranı %89.7, yoğurt ile beslenenlerde toplam 1262 yumurta, %87.3 açılma oranı, mısır unu ile beslenenlerde toplam 384 yumurtadan %64.5 açılma, domates ile beslenen bireylerde yumurta bulunmadığını ve elma ile beslenen bireylerde toplam 205 yumurtadan %69.7 yumurta açılma oranı gözlemlemişlerdir. Çalışmamızda beyaz ekmek ile beslenen *H.illucens* bireylerinde toplam yumurta sayısı 7577 adet olup 1196 yumurta açılım göstermiştir ve açılma oranı %15.78 bulunmuştur. Civciv yemi ile beslenen *H.illucens* bireylerinde bırakılan 4407 adet yumurta sayısından 2228 adet yumurta açılım göstermiş ve açılma oranı %50.6 bulunmuştur. Evsel atık ile beslenen *H.illucens* bireylerinde bırakılan 3329 adet yumurtadan 1948 adet yumurta açılım göstermiş ve yumurta açılma oranı %50.5 bulunmuştur. Her iki çalışma incelendiğinde besin çeşitlerindeki farklılığın *H. illucens* bireylerinde bırakılan yumurta sayısını ve açılma oranlarını etkilediği görülmüştür.

Nguyen vd. (2013), 28°C sıcaklık ve %60 oranında nem içeren bir ortamda domuz karaciğeri ve meyve-sebze karışımı ile beslenen *H. illucens*'in larvaları üzerine yaptıkları çalışmada, larva gelişim süresinin ortalama domuz karaciğerinde 19 gün, meyve-sebze karışımında ise 21 gün sürdüğünü bildirmişlerdir. Tinder vd. (2017) 28°C sıcaklık ve %70 nem koşullarında haşlanıp püre haline getirilen börülce ve sorgum ile beslenen *H. illucens* bireylerinin ortalama yaşam süresi börülcede 61 gün, sorgumda

ortalama 71 gün olduğunu bildirmişlerdir. Jucker (2017), yürüttüğü çalışmada *H. illucens* larvalarını meyve (elma, armut ve portakal), sebze (marul, yeşil fasulye ve lahana) ve karışık meyve ve sebzelerde beslemiştir. Karışık meyve ve sebzelerle beslenen *H.illucens* bireylerinin, sadece meyve ve sadece sebze ile beslenen *H.illucens* bireylerine kıyasla larva, pupa ve ergin dönemlerinde farklı ağırlıklara sahip olduğunu ve tüm besin gruplarında yaşam döngüsünü tamamlayabildiğini bildirmiştir. Ojumoola vd. (2022) Nijerya'daki dokuz ortak pazar gıda atığının *H. illucens* yetiştiriciliğine uygunluğunu araştırmışlardır. *Hermetia illucens* larvalarının ve prepupaların mısır unu, börülce unu, olgunlaşmış muz kabukları, amaranth yaprakları, karpuz kabukları ve ekmek ile beslenen bireylerin canlılık oranı, kontrol besin olan tavuk yemi ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğunu gözlemlemişlerdir. Lahana ve ananas meyvesinde larvaların canlılık oranı tavuk yemine kıyasla daha düşük olduğunu ve ananas meyvesinin yüksek nem içeriği, düşük protein ve düşük karbonhidrat içeriği nedeniyle *H. illucens*'in hayatta kalması ve gelişimini tamamlaması için uygun bir besin kaynağı olmadığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atık besinleri için *H. illucens* bireylerinin yaşam döngüsünü tamamlayabildiği ve generasyonunu devam ettirebildiği gözlemlenmiştir. Beyaz ekmek ile beslenen larvaların yaşam süresi toplam 69.12 gün civciv yemi için 62.71 gün ve evsel atık için toplam yaşam süresi 94.21 gün olarak bulunmuştur. Yaşam sürelerindeki bu farklılık larva döneminde verilen besinlerin içerik değerlerinin farklı olmasından kaynaklı değişkenlik gösterdiği düşünülmektedir.

6. SONUÇLAR

Çalışmada Kara asker sineği *H.illucens*'in çeşitli besin gruplarında yetiştirilmesi sonucunda; en az ölüm beyaz ekmek ile beslenen bireylerde görülmüştür. Prepupa ve pupa dönemleri diğer besin gruplarında beyaz ekmek ile beslenen bireylere göre daha uzun sürerken ergin olduktan sonra da en uzun yaşam süresi beyaz ekmek ile beslenen bireylerde gözlemlenmiştir. *Hermetia illucens* bireylerinin farklı besinler üzerinde gelişimleri değişkenlik gösterirken yumurta açılma oranları ve bırakılan yumurta sayılarının da bu besinden etkilendiği düşünülmektedir. Toplam bırakılan yumurta sayısı en yüksek beyaz ekmek ile beslenen deneme grubunda görülmüştür. Yumurta açılma oranı ise civciv yemi ve evsel atık ile beslenen deneme gruplarında hemen hemen aynı oranda ve ekmek ile beslenenlere göre daha yüksek gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan beyaz ekmek, civciv yemi ve evsel atık besinlerinde yaşam süreleri diğer çalışmalarda kullanılan bazı besinlere kıyasla daha uzun tespit edilmiş olsa da bu besinler ile beslenen *H. illucens* bireylerinin yaşam döngüsünü tamamlayabildiği ve generasyonunu devam ettirebildiği gözlemlenmiştir. Gelecekte de bu besinlerle beslenmiş *H.illucens* bireyleri içeren yem karışımlarının hayvan beslemesindeki kullanımı sonucunda etkilerinin incelenmesi üzerine çalışmaların yapılması önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Anonymous 1: *World Food and Agriculture*, Fishery and Aquaculture Statistics <https://www.fao.org/home/en> [Son erişim tarihi: 20.01.2024].
- Anonymous 2: <https://www.allaboutfeed.net/all-about/new-proteins/eu-agrees-on-insect-protein-for-aquafeed/> [Son erişim tarihi: 07.06.2024].
- Anonymous 3: Association of American Feed Control Officials. <https://www.aafco.org/document/method-performance-reports/2016/aafco-regular-check-sample-program/2016-22-lamb-feed-medicated/analyte-proficiency-testing-report/>. [Son erişim tarihi: 20.01.2024].
- Barros-Cordeiro, K. B., Bão, S. N. Ve Pujol-Luz, J. R. 2014. Intra-puparial development of the black soldier-fly, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science*, 14(1): 83.
- Binsin, C., Ahmad, H. ve Hasan, H. A. 2023. Age-stage, two-sex life table analysis of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), reared on different organic wastes. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 102108.
- Chi, H. and Liu, H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin*, 24(2): 225-240.
- Chowdhury, F. R., Nur, Z., Hassan, N., von Seidlein, L., & Dunachie, S. (2017). Pandemics, pathogenicity and changing molecular epidemiology of cholera in the era of global warming. *Annals of clinical microbiology and antimicrobials*, 16, 1-6.
- Chun, C.Y., Yoong, L.S., Kim, L.P., Hock, T.L., Ling, L.J., 2019. Comparison of *Hermetia illucens* larvae and pre-pupae as potential aqua feed derived from the biotransformation of organic waste. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C. ve Kozánek, M. 2015. The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35: 68-80.
- Diclaro II, J. W.ve Kaufman, P. E. 2009. Black soldier fly *Hermetia illucens* linnaeus (insecta: Diptera: Stratiomyidae). *Eeny*, 461: 1-3.
- Diener, S., Studt Solano, N. M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrügg, C. ve Tockner, K. 2011. Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2: 357-363.
- Doğan, H. ve Turan, F. 2021. Kara Asker Sineği (*Hermetia illucens*) Larva Ununun Sazan (*Cyprinus carpio*) Diyetlerinde Alternatif Protein Kaynağı Olarak Kullanımı. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 508-514.
- Furman, D. P., Young, R. D. ve Catts, P. E. 1959. *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. *Journal of Economic Entomology*, 52(5): 917-921.
- Gobbi, P., Martinez-Sanchez, A., Rojo, S., 2013. The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *European Journal of Entomology*, 110. 461-468.

- Harnden, L. M., ve Tomberlin, J. K. 2016. Effects of temperature and diet on black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae), development. *Forensic Science International*, 266: 109-116.
- Hogsette, JA., 1992. New diets for production of house flies and stable flies (Diptera: Muscidae) in the laboratory. *Journal of Economic Entomology*; 85: 2291–2294.
- Jucker, C., Erba, D., Leonardi, M. G., Lupi, D. ve Savoldelli, S. 2017. Assessment of vegetable and fruit substrates as potential rearing media for *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *Environmental Entomology*, 46(6): 1415-1423.
- Julita, U., Fitri, L. L., Putra, R. E. ve Permana, A. D. 2019. Survival and reproductive value of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) on vegetable and fruits waste rearing substrate. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1245, No. 1, p. 012002). IOP Publishing.
- Kar, S., Şamlı, H. E. ve Arın, L. 2018. Kara Asker Sineği *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758): Biyoloji, Üretim ve Hayvan Beslemede Kullanımı. *Ksu Tarım ve Doga Dergisi-Ksu Journal of Agriculture and Nature*, 21(2): 246-263.
- Kawasaki, K., Kawasaki, T., Hirayasu, H., Matsumoto, Y. ve Fujitani, Y. 2020. Evaluation of fertilizer value of residues obtained after processing household organic waste with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Sustainability*, 12(12): 4920.
- Kim, C. H., Ryu, J., Lee, J., Ko, K., Lee, J. Y., Park, K. Y. ve Chung, H. 2021. Use of black soldier fly larvae for food waste treatment and energy production in Asian countries: a review. *Processes*, 9(1):161.
- Kinasih, I., Putra, R.E., Permana, A.D., Gusmara, F.F., Nurhadi, M.Y., Anitasari, R.A., 2018. Growth performance of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) fed on some plant based organic wastes. *HAYATI J. Biosci.* 25: 79–84.
- Komakech, AJ, Sundberg, C., Jönsson, H. and Vinnerås, B. 2015. Life cycle assessment of biodegradable waste treatment systems for sub-Saharan African cities, *Resources, Conservation and Recycling*, 99: 100-110.
- Köleoğlu, A.B. 2022 Kara asker sineği (*Hermetia illucens*) larvalarının farklı besin ortamlarında yetiştirilmesi ve elde edilen hayvansal protein kaynağının balık beslemede uygunluğunun değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 88 s.
- Kumar, S., Negi, S., Mandpe, A., Singh, R. V. and Hussain, A. 2018. Rapid composting techniques in Indian context and utilization of black soldier fly for enhanced decomposition of biodegradable wastes-A comprehensive review. *Journal of Environmental Management*, 227: 189-199.”
- Lee, J., Kim, Y. M., Park, Y. K., Yang, Y. C., Jung, B. G. and Lee, B. J. 2018. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae enhances immune activities and increases survivability of broiler chicks against experimental infection of *Salmonella Gallinarum*. *Journal of Veterinary Medical Science*, 80(5): 736-740.
- Liu, Y.Y., Li, G.Y., Yang, L., Chi, H., Chen, X.S., 2018. Demography and mass rearing of the medicinal blister beetle *Epicauta impressicornis* (Pic) (Coleoptera:

- Meloidae) at different temperatures. *J. Econ. Entomol.* 111: 2364–2374.
- Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuz'e, V. ve Ankers, P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197: 1–33.
- Maurer, V., Holinger, M., Amsler, Z., Früh, B., Wohlfahrt, J., Stamer, A. ve Leiber, F. 2016. Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2(2): 83-90.
- Nakamura, S., Ichiki, R.T., Shimoda, M., Morioka, S., 2016. Small-scale rearing of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), in the laboratory: low-cost and year-round rearing. *Appl. Entomol. Zool.* 51, 161–166
- Newton, G. L., Sheppard, D. C., Watson, D. W., Burtle, G. J., Dove, C. R., Tomberlin, J. K. ve Thelen, E. E. 2005. The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool. In *Symposium on the state of the science of Animal Manure and Waste Management*, 1: 1-57.
- Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K. ve Vanlaerhoven, S. 2015. Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology*, 44(2): 406-410.
- Nguyen, T.T., Tomberlin, J.K., Vanlaerhoven, S., 2013. Influence of Resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larval development. *Journal of Medical Entomology*, 50 (4): 898–906.
- Ojumoola, O. A., Owa, A. S. Ve Adeagbo, R. A. 2022. Survival And Morphometrics of The Black Soldier Fly, *Hermetia Illucens* (Diptera: *Stratiomyidae*) Reared On Common Market Food Wastes In Nigeria. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture (MJSA)*, 6(2): 117-123.
- Oonincx, D.G.A.B., van Huis, A., van Loon, J.J.A., 2015. Nutrient utilisation by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. *J. Insects Food Feed* 1, 131-139.
- Pastor, B., Velasquez, Y., Gobbi, P., ve Rojo, S. 2015. Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3): 179-193.
- Roy, S., Chakraborty, S. K., Parui, P. and Mitra, B. 2018. Taxonomy of Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) of Sunderban Biosphere Reserve, India. In *Proceedings of the Zoological Society*, 71: 121-126.
- Sevilmiş, U., Seydoşoğlu, S., Ayaşan, T., Bilgili, E., & Sevilmiş, D. 2019. Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) as a feed source. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(4):2379-2389.
- Sheppard, D. C., Newton, G. L., Thompson, S. A. ve Savage, S. 1994. A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, 50(3): 275-279.
- Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C. ve Sumner, S. M. 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39(4): 695-698.

- Siddiqui, S. A., Ristow, B., Rahayu, T., Putra, N. S., Yuwono, N. W., Mategeko, B., ... & Nagdalian, A. 2022. Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. *Waste Management*, 140: 1-13.
- Sivanantharaja, A. and Gnanaswaran, R. 2018. Biology of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) in Jaffna, Sri Lanka. *Int. J. Entomol. Res*, 3:18-22.
- St-Hilaire, S., Cranfill, K., McGuire, M. A., Mosley, E. E., Tomberlin, J. K., Newton, L. and Irving, S. 2007. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(2): 309-313.
- Surendra, K. C., Tomberlin, J. K., van Huis, A., Cammack, J. A., Heckmann, L. H. L. and Khanal, S. K. 2020. Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Management*, 117: 58-80.
- Tinder, A.C., Puckett, R.T., Turner, N.D., Cammack, J.A., Tomberlin, J., 2017. Bioconversion of sorghum and cowpea by black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) larvae for alternative protein production. *Journal of Insects as Food and Feed*. 3: 1-10.
- Tingle, FC., Mitchell, ER., Copeland, WW., 1975. The soldier fly, *Hermetia illucens*, in poultry houses in North Central Florida. *Journal of the Georgia Entomological Society*. 10: 179–183.
- Tomberlin, J. K. and Sheppard, D. C. 2002. Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal of Entomological Science*, 37(4): 345-352.
- Tomberlin, J. K., Adler, P. H. ve Myers, H. M. 2009. Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environmental Entomology*, 38(3): 930-934.
- Tschirner, M., and Simon, A. 2015. Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4): 249-259.
- Yaşar, B. ve Çirik, T. (2018). Life tables of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) on different foods. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22: 392-398.

ÖZGEÇMİŞ

Ümmühan DAL

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2020-2024	Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016-2019	Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Antalya