

PAPER DETAILS

TITLE: Kara Asker Sinegi *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758): Biyoloji, Üretim ve Hayvan Beslemede Kullanımı

AUTHORS: Sirri KAR, Hasan Ersin SAMLI, Levent ARIN

PAGES: 246-263

ORIGINAL PDF URL: <http://dogadergi.ksu.edu.tr/tr/download/article-file/464993>

Kara Asker Sineği *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758): Biyoloji, Üretim ve Hayvan Beslemede Kullanımı

Sırrı KAR¹ , Hasan Ersin ŞAMLI² , Levent ARIN³ 

¹Namık Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Tekirdağ, ²Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Tekirdağ, ³Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ

✉ : sirrikar@yahoo.com

ÖZET

Artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılamak günümüzün en önemli küresel sorunlarından biri durumundadır. Söz konusu ihtiyacın önümüzdeki yıllarda çok daha ciddi boyutlara ulaşacağı ve bu noktada radikal önlemler alınması gerektiği yaygın şekilde vurgulanmaktadır. Bu noktada süregelen alternatif arayışları, insanların, özellikle de çiftlik hayvanlarının beslenmesinde böceklerin en ideal kaynaklardan biri olabileceğini göstermiştir. İlgili araştırmalarda birçok böcek türü üzerinde durulmuş ve bunlardan özellikle de kara asker sineğinin çeşitli açılardan en ideal tür olduğu sonucuna varılmıştır. Üretim kolaylığı, organik atıklarda beslenebilmesi, beslenme artığının organik gübre olarak kullanılabilme potansiyeli taşıması, çevre dostu olması ve larvalarının besin içeriğinin oldukça yüksek olması gibi avantajlara sahip olan tür son yıllarda dünyanın birçok bölgesinde yaygın olarak üretilmeye başlamıştır. Elde edilen veriler ve hazırlanan raporlar, bu sinek türünün dünya çapındaki gıda açığı sorununu giderme konusunda, oldukça iddialı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu makalede, sineğin biyolojisi, morfolojisi, Türkiye koşullarında üretimi, besin içeriği ve hayvan beslemede kullanımı konuları ayrıntılı bir şekilde ele alınmış olup, hem üreticilerin hem de ilgili araştırmacıların yararlanabileceği hemen bütün veriler bir bütünlük içinde sunulmuştur.

DOI:10.18016/ksudobil.323450

Makale Tarihçesi

Geliş : 23.06.2017

Kabul : 15.08.2017

Anahtar Kelimeler

Kara asker sineği,
biyoloji,
üretimi,
hayvan besleme

Derleme Makale

Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758): Biology, Farming and Using for Animal Nutrition

ABSTRACT

Meeting the food needs of growing world population is one of the most important global problems of our time. It is widely emphasized that the need will be much more serious in the coming decades and that radical measures should be taken at this point. The ongoing search for alternatives at this point has shown that insects can be one of the ideal sources for feeding of human and especially livestock. Many insect species have been focused in the related investigations, and the results showed that particularly black soldier fly is the most ideal species in many aspects. The species, which has advantages such as ease of production, feeding on organic wastes, potential for utilization of organic wastes as an organic fertilizer, being nature friendly and largely nutritional content of larvae, has begun to be widely produced in many parts of the world in recent decade. Related data and reports reveal the significance of this fly species in the worldwide food shortage issue with a very assertive certainty. In this review, the issues of biology, morphology, farming in Turkey conditions, nutritional content and use for animal nutrition of the fly have been elaborated in detail, and almost all the current data that both possible producers and related researchers can benefit from are presented in an integrated manner.

Article History

Received: 23.06.2017

Accepted: 15.08.2017

Keywords

Acari,
Black soldier fly,
life cycle,
farming, animal Nutrition

Review Article

To Cited : Kar S, Şamlı HE, Arın L 2018. Kara Asker Sineği *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758): Biyoloji, Üretim ve Hayvan Beslemede Kullanımı. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 21(2):246-263, DOI:10.18016/ksudobil.323450.

GİRİŞ

Dünya nüfus artışına ve besin ihtiyacına yönelik olarak Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından bildirilmiş demografik değerlendirmelerde, 2050 yılı itibariyle dünya nüfusunun 9 milyarı bulacağı ve söz konusu nüfusu beslemek için gerekecek gıda ihtiyacının, 2005-2010 yıllarına göre %70-100 artacağı öngörülmektedir. Öte yandan, tarımsal üretimdeki artış ile ilgili en iyimser öngörü ise %60 dolaylarındadır (Makkar ve ark., 2014; Tomberlin ve ark., 2015). Günümüzde bile, çiftlik hayvanlarının ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, dünyadaki tarım alanlarının %70'i, buz olmayan tatlı suyun %30'u ve içilebilir suyun %8'i kullanılmaktadır. Ayrıca, çiftlik hayvanları, insan kaynaklı sera gazı salınımının %14.5'inden sorumlu olup (Makkar ve ark., 2014; van Huis ve ark., 2015), bu durum 21. Y.y.'da 1.8-4 °C ısınacağı tahmin edilen dünya açısından önemli bir durumdur. Öte yandan, diğer bir protein kaynağı alternatifi olan bitkisel üretim ile ilgili olarak da bazı kısıtlayıcı etmenler söz konusu olup, GDO, azot ve fosfor içerikli yaygın gübre kullanımına bağlı su ve diğer kaynakların kirlenmesi, doğal alanların tarlaya dönüştürülmesi, biyoçeşitliliğin azalması, toprak kalitesinin bozulması bunlardan bazılarıdır. Ayrıca, tahminler 2050 yılı itibariyle tarım kaynaklı sera gazı salınımının da %30 artacağı yönündedir (Caruso ve ark., 2014; Tomberlin ve ark., 2015). Yine, bitkisel proteinlerin, pek çok hayvan türü için gereken metiyonin başta olmak üzere lizin, triptofan, treonin gibi esansiyel amino asitleri, en azından bazı hayvanlar için istenen düzeyde içermiyor olması durumu da vardır (Józefiak ve ark., 2016). İlgili açığı kapatmak amacıyla, omurgalı hayvanlara ait et, kemik, kan unu, balık unu ve bazı diğer rendering ürünlerinden uzun yıllar yararlanılmıştır. Ancak, ortaya çıkan deli dana hastalığı (BSE), bu hastalığın söz konusu besleme stratejisi ile olası ilişkisi ve bazı diğer etmenler bu tip kaynakların çiftlik hayvanlarındaki kullanımının Avrupa Birliği'nde kısıtlanmasına yol açmıştır (Elwert ve ark., 2010; Veldkamp ve Bosch, 2015). Yine; bazı yemler için önemli bir kaynak olan balık unu ve balık yağının da, ilgili doğal kaynakların azalmasından dolayı günümüzde bile üretiminin hızla düştüğü bildirilmektedir (Tomberlin ve ark., 2015). Bütün bu veriler dikkate alındığında, hayvanların beslenmesi noktasında, üretimi çevre dostu olan, kaliteli yeni protein kaynaklarına ciddi derecede ihtiyaç duyulduğu ve bu ihtiyacın da zamanla hızla artacağı görülmektedir (Elwert ve ark., 2010; Veldkamp ve Bosch, 2015).

Dünya genelinde yaklaşık 400 farklı yenilebilen böcek türünün olduğu kaydedilmektedir (Allotey ve Mpuchane, 2003; Ozden ve ark., 2012). Bu böceklerden

biri olan *Locusta migratoria* çekirgesi kullanılarak hazırlanan besiyerlerinde çoğaltılan *Aspergillus niger* mayaları tarafından, besin endüstrisinde sıkça kullanılan sitrik asit üretiminin yapıldığı bilgiside kaydedilmektedir (Taskin ve ark., 2012).

Böceklerin hayvan yemlerinde alternatif protein kaynağı olarak kullanımı düşüncesi, özellikle son 30 yılda artarak devam eden bir ilgiyi üzerinde toplamış olup, dünya genelinde 18'den fazla ülkede konu ile ilgili oldukça etkili çalışmalar yürütülmektedir (Tomberlin ve ark., 2015). Öte yandan, Avrupa Birliği'nde, böcek proteinleri de işlenmiş hayvan proteini grubuna dahil edilmiştir. Fakat bu tip kaynakların yemlerde kullanımı ile ilgili kısıtlamalar bulunmaktadır. Ancak, 2013 yılında balıklarda böcek proteini kullanımı serbest bırakılmıştır; takip eden yıllarda bazı diğer değişikliklerin de olacağı öngörülmektedir. Bu noktada, ilgili besinlerin güvenilirliği ve değeri ile ilgili son birkaç yıldır hızla gelmeye başlayan çalışma sonuçlarının yasal süreçleri hızlandıracağı da ifade edilmiştir (Charlton ve ark., 2015; Tomberlin ve ark., 2015).

Hayvan beslemede kullanılabilecek alternatif arayışında bazı böcek türleri üzerinde özellikle durulmaktadır. Bunlardan başlıcaları kara asker sineği (*Hermetia illucens*), karasinek (*Musca domestica*) ve sarı unkurdu (*Tenebrio molitor*) (Veldkamp ve ark., 2012; Charlton ve ark., 2015). Bu türlerden de, besin içeriği, yetiştirme kolaylığı, farklı birçok materyalde beslenebiliyor olmaları gibi nedenlerden dolayı kara asker sineği özellikle öne çıkmaktadır (Andrew ve ark., 2010; Diener ve ark., 2011; Tomberlin ve ark., 2015).

Kara Asker Sineğinde Morfoloji, Biyoloji ve Beslenme

Kara asker sineğinin, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758), esas orijini Amerika kıtasının tropikal ve subtropikal bölgeleridir. Ancak, II. Dünya Savaşı'ndan sonra dünyaya yayılmış olup günümüzde 40° güney, 45° kuzey enlemleri arasındaki bölgelerde (Diener ve ark., 2011) ve Türkiye'de (Üstüner ve ark., 2003) doğal olarak bulunduğu bildirilmiştir.

Diptera dizisi, Stratiomyidae ailesi, Hermetiinae alt ailesi, *Hermetia* cinsinde yer alan kara asker sineğinin holometabol olan biyolojisi yumurta, 5 larva, pupa ve ergin şeklinde izler (Caruso ve ark., 2014). Yaşam döngüsünün karakteristiği papulasyona ve sıcaklık, nem, besin varlığı, ısk gibi faktörlere bağlı olarak az çok değişir. Bu noktada, sineğin bütün biyolojik dönemi için 27-30 °C sıcaklık ve %60-70 dolaylarındaki nemin uygun olduğu ve bu koşullar altında yumurtadan ergine toplam sürenin ortalama 40-45 gün sürdüğü ifade edilmiştir (Kim ve ark., 2008; Diener ve ark., 2009; Tomberlin ve ark., 2009). Öte yandan, tropikal bir tür olsa da, 27 °C üzeri sıcaklığın bu türün gelişimi

üzerine bazı olumsuzluklara neden olabileceği ve bu sıcaklıkta gelişen erginlerin, olasılıkla hızlanan metabolizmadan dolayı, daha küçük ve yaşam sürelerinin de daha kısa olduğu kaydedilmiştir (Tomberlin ve ark., 2009).

Çiftleşmiş ergin dişi sinek, larvaları için uygun besin olan organik materyallerin hemen üst kısımlarında veya kenarlarında bulunan yarık, çatlak, oluk veya oyuklara yumurtlarken, doğrudan organik materyal üzerine yumurtlama eğilimleri pek yoktur. Organik materyalden salınan kokunun sineğin bu tip ortamlara yumurtlamasını tetiklediği düşünülmektedir. Ayrıca, yumurtlayan dişi sineklerden salınan kimi feromonların, diğer dişilerin de aynı alana yumurtlamasını uyardığı bilinmektedir (Holmes, 2010; Sheppard ve ark., 2002). Yumurtalar kurumaya duyarlı olduğundan, yumurtlama alanı ve ortamının kısmen nemli olması tercih edilir. Bu noktada %30-90 arası (%60 ideal) nem ve 27-37 °C arası (27-30 °C ideal) sıcaklığın uygun olduğu bildirilmiştir (Sheppard ve ark., 2002; Holmes ve ark., 2012). Dişi sinek bir kere yumurtlamakta, genellikle grup halinde 320-1000 yumurta bırakmakta ve kısa bir süre sonra da ölmektedir. İnkubasyon sürecinde rengi beyazımsıdan sarımsı beje değişen yumurtalar, oval formda ve yaklaşık 1 mm uzunluktadır (Tomberlin ve Sheppard, 2002; Kim ve ark., 2008).

Yumurtaların ideal koşullarda (27 °C, >%60 nem) %80'i açılmaktadır (Holmes, 2010; Sheppard ve ark., 2002) ki açılmaları genellikle bırakılmayı takip eden 102.-105. saatlerde gerçekleşir (Olivier, 2010). Birinci dönem larvalar 0.66 mm uzunluğundadır. Fotofobik karakterdeki larvalar, sürünerek veya yüksekteye üzerine düşerek civardaki organik materyale ulaşır ve hemen beslenmeye başlar (Tomberlin ve ark., 2009). Larvalarda vücut 11 segmentlidir ve her segmentte mikroskobik kıl ve setalar yer alır. Gelişimleri adına uygun sıcaklık aralığı 20-30°C'dir. Uygun koşullar altında 2-4 haftada son dönem larva haline gelebilir ki büyüklüğü 20 mm (12-27 mm) uzunluğa, 6 mm çapa ve 220 mg ağırlığa ulaşabilir. Olumsuz şartlarda gelişim süreci 5-6 aya kadar uzayabilen larvalar kuraklığa, besin azlığına, düşük oksijen seviyesine oldukça dayanıklıdır (Díclaro ve Kaufman, 2009; Tomberlin ve ark., 2009; Diener ve ark., 2011). Esnek bir yapıya sahiptirler; %70 isopropil alkolde 2 saat yaşayabilirken, 1000 g seviyesindeki tekrarlı santrifüjlere direnç gösterebilirler (Oliver, 2010). Prepupa olarak da bilinen son dönem larvanın rengi, kütikulasında biriktirmeye başladığı kalsiyum tuzları sayesinde bej renkten koyu kahverengine dönmeye başlar. Bu süreçte, sindirim sistemini boşaltır, antibakteriyel bazı maddeler salgılar, ağız organelleri hafiften aşağı yönde kıvrılır ve bir kanca belirir. Söz konusu kanca yardımıyla beslenmekte olduğu materyalden ayrılan son dönem larva, görece yüksek ve kuytu bir alana ilerler ve inaktif pupa dönemine girer. Çalışmalar, son dönem larvanın

30-45°lik eğimlere doğru belli bir tırmanma eğiliminde olduğunu ve uygun pupa alanına ulaşabilmek adına 100 m kadar uzaklaşabildiğini göstermiştir. Pupaların belli bir alanda toplanma eğiliminin olması, birbirini takip etmelerini sağlayan belli kimyasalların da olabileceğini düşündürmektedir. İdeal pupa alanının kuytu, mümkün olduğunca loş, pek fazla mikrobiyal üremenin olmadığı, kuru ancak belli derecede de nemli alanlar olması gerektiği, larvaların ışığı sevmediği ve bağlı olarak, söz konusu göçün özellikle geceleri gerçekleştiği bildirilmiştir (Holmes, 2010; Olivier, 2010; Diener ve ark., 2011).

Pupa dönemi ideal koşul olan 27-30 °C sıcaklık ve %60 nemde 10-14 gün sürer (Sheppard ve ark., 2002; Holmes, 2010), ancak, soğuk hava sürecin 5 aya kadar uzamasına da neden olabilmektedir. Takibinde, pupalar açılır ve ergin sinekler çıkar ki ilk çıkanlar genelde erkek sineklerdir. Ergin sineklerin büyüklüğü, larva dönemindeki beslenme performanslarına da bağlı olarak 13-20 mm arasında değişir; dişiler erkeklere göre kısmen daha büyüktür. Bir çift uzun antene, üç çift bacağı ve iyi gelişmiş bir çift kanada sahip olan sinek genel olarak siyahımsı renktedir; ancak, bacakların tarsus kısımları beyazımsıdır ve bağlı olarak çizgili görünür (Tomberlin ve ark., 2002; Caruso ve ark., 2014; Makkar ve ark., 2014). Ergin sinekler genellikle 5-14 gün arası yaşar ve irice olanların ömrü küçükler göre daha uzundur. Esasen beslenmezler ve larva döneminde vücutlarında depoladıkları yağ kaynaklarını kullanırlar. Ancak, etrafta var olan su veya nektardan yararlanabilirler ki olası bu durum sineğin yaşama gücünü de arttırır (Tomberlin ve Sheppard, 2002; Díclaro ve Kaufman, 2009). Nem, sinekler açısından oldukça önemlidir ve ideal nem %60-70 olup, altındaki değerlerde ömürleri kısalmır (Holmes ve ark., 2012). Sinekler, pupadan çıktıktan 2-3 gün sonra çiftleşir ve takip eden 2 gün içerisinde de yumurtlar. Çiftleşme gündüzleri gerçekleşir ve bu durum ortalama 20-30 dk kadar süren bir seremoni dahilinde olur. Çiftleşen sineklerin, 0.5-1.5 m yüksekliğe sahip belli bir uçuş alanına, üzerine konup bekleyebilecekleri genişçe bitki yaprakları veya benzer materyallere ihtiyaç duydukları bildirilmiştir (Tomberlin ve Sheppard, 2001, 2002). Ayrıca, belli şiddette ışık çiftleşmede esastır ve ortama doğrudan güneş ışığı gelmesi şarttır. Sabah saatlerinde, ortama gelen 110 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ şiddetindeki güneş ışığı eşliğinde çiftleşmelerin %85'inin gerçekleşebileceği, ancak daha fazla ışığın olumsuz etki yaratabileceği ifade edilmiştir. Kapalı ortamda bakılan sineklerin mutlaka kaliteli ışık kaynağı (500 watt, 135 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ şiddetinde quartz iodin lamba) ile desteklenmesi gerekmektedir (Park, 2016). Sinekler için en ideal ışığın 450-700 nm arası dalga boyunda olduğu da ifade edilmiştir (Zhang ve ark., 2010).

Kara asker sineği larvaları hayvansal veya bitkisel birçok organik materyal üzerinde beslenebilme

yetisindedir. Kısmen mikrobiyal üreme gerçekleşmiş materyaller daha uygun olsa da, taze veya çürümeye yüz tutmuş besinleri de gayet iyi değerlendirebilirler (Myers ve ark., 2008; Nguyen ve ark., 2013; Žáková ve Borkovcová, 2013). Öyle ki, cesetlerde beslenebilmelerinden dolayı, yaygın olarak bulundukları bölgelerde adli entomolojinin de bir konusu durumundadır (Pujol-Luz ve ark., 2008). Larvalar temel olarak saprofajik ve polifajiktir, ancak kanibalistik değillerdir (Caruso ve ark., 2014). Söz konusu polifajik yetisi güçlü ağız organellerinden, etkili tükürük ve sindirim sistemi enzimlerinden kaynaklanır. Çalışmalar, sindirim sisteminde amilaz, proteaz ve lipazların oldukça aktif olduğunu göstermiştir. Yine, karasinek gibi böcek türlerinden farklı olarak, lözin arilamidaz, α -galaktosidaz, β -galaktosidaz, α -mannosidaz gibi enzimlerin de oldukça etkili şekilde iş gördüğü bilinmektedir (Kim ve ark., 2011). Larvaların sindiriminde intestinal floranın da büyük bir önemi vardır. Araştırmalar, türün kendine has özel bir floraya sahip olduğunu ve söz konusu oluşumun esasını Bacteroidetes, Firmicutes, Proteobacteria ve Gammaproteobacteria köküne ait bakteri türlerinin değişik oranlardaki karışımının oluşturduğunu göstermiştir. Bunlardan, *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. stratosphericus* ve *Proteus mirabilis* gibi bakteri türlerinin etkili proteaz, amilaz, selüloz, lipaz gibi enzimatik aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir (Jeon ve ark., 2011).

Kara Asker Sineğinin Üretiminde Temel Prensipler

Kara asker sineği larvaları, dünyanın birçok bölgesinde 1990'lardan itibaren üretilmeye başlamış olup, günümüzde üretim küçük, orta veya büyük işletmeler şeklinde artarak devam etmektedir. Bu türün üretimini avantajlı kılan başlıca özellikleri şunlardır: i) Üretimde, önemli düzeyde enerjiye, elektriğe, suya, alana, özel ekipmana ve iş gücüne gereksinim duyulmaması, ii) Atık statüsünde olan ve diğer birçok canlı türü için değerlendirilemeyen, hatta çevre kirliliğine kaynaklık yapan organik materyalleri gayet iyi şekilde kullanabilmesi, iii) Hızlı ve etkili şekilde beslenip üreyebilmesi ve iv) Beslenirken oldukça düşük düzeyde karbondioksit salınımına neden olurken, metan ve diğer sera gazı salınımına yol açmamasıdır (Olivier, 2010; Diener ve ark., 2011; van Huis ve ark., 2013; Nguyen ve ark., 2015). Uygun koşullarda, 2 kg yemden 1 kg CA (canlı ağırlık) prepupa elde edilebileceği, larvaların beslendiği materyali organik vücut moleküllerine çevirebilme yetisinin, besin tipine ve sıcaklık gibi çevresel faktörlere bağlı olarak %1.6-24 arasında değiştiği ve söz konusu yüksek dönüştürücülük gücünde, soğukkanlı fizyolojisinin özellikle önemli olduğu ifade edilmiştir (Sheppard ve ark., 1995; Barry, 2004; Olivier, 2010; Makkar ve ark., 2014; van Huis ve ark., 2015).

Yapılan denemeler, uygun ortam sağlandığı takdirde 1

m² alanda, 42 günde 180 kg CA (canlı ağırlık) prepupa (Józefiak ve ark., 2016), günlük 3 ton atık maddeden yine günlük 150 kg KM (kuru madde) prepupa, günlük larva başına 100 mg tavuk yemi kullanarak 1 m² alanda 2.5 kg KM prepupa, günlük 3-5 kg market atığı ile 1 m² alanda (larva yoğunluğu 5 larva/cm²) yine 2.5 kg KM prepupa (Diener ve ark., 2009), 169 kg taze (67.8 kg KM) domuz dışkısıyla 26.2 kg prepupa CA (45.000 larvadan gelişen 37.978 prepupa) (Newton ve ark., 2005), 22 g sinek yumurtasından, 164 kg KM uygun organik materyel kullanarak, haftada 44 kg CA prepupa (5 kgm⁻², toplamda 585.000 prepupa) ve 130 kg organik gübre, diğer bir ifadeyle 1 kg KM materyalden, 0.266 kg CA prepupa ve 0.52 kg yan ürün (Caruso ve ark., 2014), 100.000 yumurtacı tavuğun bulunduğu bir küme ait dışkılarından 5 ayda 58 ton prepupa (Tomberlin ve Sheppard, 2001) üretilebileceğini göstermiştir. Yine, Amerika'da yapılan hesaplamalar, bir sığır çiftliğinde çıkan gübrenin kara asker sineği larvalarının üretimi amacıyla kullanılması durumunda, inek başına yıllık 100-279 dolar kazanç elde edilebileceği ve bunun 90-230 dolarının prepupaların besin değerinden, 10-49 dolarının ise dışkı kontrolünden sağlanacağı bildirilmiştir (Amatya, 2009).

Üretim Ünitesinin Temel Özellikleri

Kara asker sineği üretimi amacıyla kurulan ünitelerde hem kalite ve kantite yönünden, hem de ekonomik açıdan verimlilik temel amaçtır. Söz konusu amaç hem kurulum aşamasında, hem de üretim sürecinde dikkate alınmalıdır. Esasen dünyada sinek larvası üretimi yapmakta olan işletmelerin birçoğunda otomasyon/mekanizasyon seviyesi oldukça düşüktür (Veldkamp ve Bosch, 2015). Ünite planlanırken, sinek açısından önemli olan ısı, nem, havalandırma ve güneş faktörü mutlak dikkate alınmalıdır. Bu noktada doğal kaynaklardan mümkün olduğunca yararlanma yoluna gidilmelidir. Uygun görüldüğü takdirde ısıtıcılar, nemlendiriciler ve ventilatörlerden yararlanılmalıdır. Pratik şekilde modifiye edilebilen kullanışlı seviyede yalıtım ve özellikle ergin sineklerin bulunduğu alanın mümkün olduğunca güneş ışığından yararlanabilecek konumda olması en çok dikkat edilmesi gereken unsurlardandır (Olivier, 2010; Holmes ve ark., 2012; Józefiak ve ark., 2016). Ünite dahilinde bulunması gereken temel unsurlar larva üretim konteynerleri ve ergin sinek kafesleridir. Bu iki alanın birbirinden belli derecelerde izole edilmesi, özellikle larva üretim alanına erginlerce yeni yumurtaların bırakılmasını önlemek adına, daha uygun görülmektedir (Caruso ve ark., 2014).

Larvaların Beslenmesi

Larvaların üretiminde; besin olarak sığır, domuz, tavuk dışkısı, sebze, meyve atıkları, evsel atıklar, tavuk yemi, köpek maması, balık, tavuk veya büyükbaş

hayvanların iç organları, fermentasyon sanayisi yan ürünleri ve diğer birçok organik materyalden yararlanılabileceği bildirilmiştir (Myers ve ark., 2008; Žáková ve Borkovcová, 2013; Nguyen ve ark., 2015). Ayrıca, farklı kaynakların karıştırılması ile elde edilen numunelerde larvaların daha da etkili beslenebildiği gözlemlenmiştir (Diener ve ark., 2011; Gobbi ve ark., 2013). Farklı özellikteki materyallerde beslenen larvalar arasında gelişim, ağırlık ve besin içerikleri yönünden çok da radikal farklılıklar olmadığı (Tomberlin ve ark., 2002), ancak, besin kalitesi arttıkça bazı larva besin değerlerinin de belli derecelerde daha iyi olabileceği bildirilmiştir (Diener ve ark., 2009). Sineğin larvalarının, protein ve yağ içeriği zayıf, enerjisi düşük dışkı ve çoğu bitkisel materyaldeki gelişim sürelerinin daha uzun sürdüğü, ancak beslenme performanslarının, final ağırlık ve büyüklüklerinin düşük kaldığı, öte yandan çok yüksek yağ içeriğine sahip materyalin ise yaygın larva ölümü ile sonuçlandığı ifade edilmiştir (Nguyen ve ark., 2013). Yapılan bir denemede, % 75 inek dışkısı % 25 balık organı karışımının oldukça başarılı bir beslenme sağladığı, ancak daha fazla balık organının, olasılıkla yüksek yağ oranından dolayı larva ölümlerine yol açtığı görülmüştür (St Hiliare, 2007). Yine, inek dışkısı ile yapılan çalışmalarda, kısıtlı dışkı verilen larvaların genellikle daha erken gelişimini tamamladığı, ancak sonuçta hafif ve boyutlarının küçük kaldığı görülmüştür (Myers ve ark., 2008). Genel olarak larvalar için %15 protein içerikli besinler ideal olsa da, % 6 protein içerikli dışkıları da gayet iyi kullanabilmektedirler ve farklı protein içerikli besinler larvanın kendi besin kompozisyonunu pek etkilememektedir (Caruso ve ark., 2014; Spranghers ve ark., 2016). Özellikle yağ ve karbonhidrat yeterli düzeyde olduğu takdirde protein azlığı pek sorun yaratmamaktadır. Besindeki yağ miktarı da esasen larva için çok da ciddi bir kısıtlayıcı etmen değildir; çünkü, kendi ihtiyacı olan besin maddelerini diğer organik materyallerden sentezleyebilme yetisindedirler. Bu noktada, hem kendi metabolizmaları, hem de sindirebildikleri bakteri veya bakteri ürünleri özellikle önemli olup (Caruso ve ark., 2014), tavuk dışkısına katılan *Bacillus* sp.'nin larva beslenmesini olumlu yönde etkilediği görülmüştür (Yu ve ark., 2011).

Tek bir larva; besin tipine ve çevresel koşullara bağlı olarak günlük ortalama 100 mg (25-500 mg) besin tüketebilmektedir (Diener ve ark., 2011; van Huis ve ark., 2013; Makkar ve ark., 2014). Larvaların beslenme ortamındaki yoğunluğunun ortalama cm²'de 5 olabileceği ve ideal çevre koşullarında, bu civardaki yoğunluk için, m²'ye günlük 15 kg organik materyal (Olivier, 2010; Park, 2016) veya 4-8 kg tavuk yemi (% 60 nemli, larva başına günlük 100 mg) (Diener ve ark., 2009) kullanılabileceği ifade edilmiştir. Yine, 45.000 larva, 14 günde, 24 kg domuz dışkısı tüketebilmektedir

(Newton ve ark., 2005). Günlük 70 g inek dışkısı verilen larvaların 43 gün içinde 137 mg canlı ağırlığa ulaştığı görülmüştür (Myers ve ark., 2008).

Larvaların beslendiği materyaldeki nemin % 60-70 (40-90) dolaylarında olması uygundur (Fatchurochim ve ark., 1989; St Hiliare, 2007; Myers ve ark., 2008; Olivier, 2010). Uygun nemi sağlamak adına, hazırlık aşamasında materyale doğrudan su eklenebilmektedir. Beslenme sürecinde de, materyal kontrol edilip, gerekirse günlük ortama su ilaveleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu noktada, kuruyan besinin larva gelişimini ciddi derecede olumsuz etkilerken, larvaların aşırı sulu ortamda beslenmeyip kenarlara doğru uzaklaştıkları kaydedilmiştir (Diener ve ark., 2009; Caruso ve ark., 2014). Bir şekilde, ortamda birikebilecek fazla sıvının tahliyesi için, larva besleme konteynerlerinde drenaj sisteminin olmasının iyi olabileceği görülmüştür (Diener ve ark., 2011). Ayrıca, hem ideal beslenme, hem de ideal nem adına, beslenen larva-taze besin karışımının ortalama 5 cm derinlikte olması uygun bulunmaktadır. Önceki beslenmeye ait kalıntı genellikle söz konusu bu üst fazın altlarında kalmaktadır (Caruso ve ark., 2014).

Larvalara yem verme işlemi, günlük veya günaşırı yapılabilir (Sheppard ve ark., 2002; Barry, 2004; St Hiliare, 2007). Besleme işleminin, ortamdaki larvaların yarısı prepupa aşamasına giriş yaptığında kesilmesinin ve beslenme materyalinin kurumaya bırakılmasının uygun olacağı bildirilmiştir (Sheppard ve ark., 2002). Yemlerin günlük veya birkaç gün ara ile hazırlanabileceği, belli derecede mikrobiyal üreme gelişmiş besinlerin larvalar için sorun olmayacağı ifade edilmiştir. Gerekirse, hazırlanan besinler -20°C'de uzun süre saklanabilmekte ve dondurucudan çıkan besin bir gün dışarıda tutulup eritildikten sonra larvalara verilebilmektedir. Ayrıca, iri parçalı besinlerin kıyma makinesinden geçirilmesi ve homojenize edilmesi ideal bir uygulama olarak görülmektedir (Nguyen ve ark., 2013).

Esasen tropikal bir tür olan kara asker sineğinin üretiminde temel kısıtlayıcı unsur sıcaklıktır. Hemen her gelişim dönemi için 27-30 °C sıcaklık uygun görülse de sinek 20-40 °C arasında gelişimini tamamlayabilmektedir. Öte yandan, ideal sınırlardan çıkıldıkça üretim süresi ve miktarı olumsuz etkilenmekte, ilgili nedenden dolayı larvaların gelişim süreci uygun koşullarda 2 haftada tamamlanırken, olumsuz sıcaklık, nem ve besin varlığında süreç 4-5 aya kadar uzayabilmektedir (Sheppard ve ark., 2002; Olivier, 2010; Nguyen ve ark., 2013; Holmes ve ark., 2013). Ancak, üretim ünitelerinde yapılacak bazı izolasyon uygulamaları ve bazı küçük müdahalelerle, Kanada gibi soğuk coğrafyalarda bile, çok fazla ısıtma gideri olmadan yıl boyu üretim yapılabilmesi bildirilmiştir (Diener ve ark., 2009; Alvarez, 2012; Holmes ve ark., 2012). Belli bir ortamda kalabalık şekilde beslenen larvaların sürünme, titreşim gibi

etkinlikleri nedeniyle ve ortamdaki mezofilik ve termofilik bakteriler sayesinde bulundukları mikro çevre ısınmaktadır. Öyle ki, söz konusu kalabalık nedenli aşırı ısınma riskinin yaz dönemi üretimlerinde göz önünde bulundurulması gerektiği ifade edilmektedir. Soğuk zamanlarda, konteynerlerde beslenen larvaların üzerine, yüzeylerini örtecek şekilde bırakılan strafor veya benzeri yalıtıcı ve hafif malzemelerin ölmeleri için yeterli olabileceği bildirilmiştir (Olivier, 2010).

Pupa İnkubasyonu

Larva üretim konteynerleri, üretim potansiyeline göre değişik büyüklüklerde olabilmekte, sert plastik veya korozif olmayan metalden yapılabilmektedir. Büyük konteynerler zemine veya tezgah üstüne tekli yerleştirilebildiği gibi, daha küçük olanları raf sistemine katlı halde yerleştirmek de mümkündür. Ebatların belirlenmesinde, olması gereken larva yoğunluğunun 2-5 larva cm⁻² ve gıda derinliğinin ise 10-15 cm düzeylerini geçmemesi gerekliliği dikkate alınmalıdır ki larvalar genel olarak besin materyalinin, havalanma derecesine göre, üst 2.5-3.8 cm'lik kısmında yerleşim göstermektedirler. O nedenle konteynerler için en az 30-40 cm derinliği gerekebileceği anlaşılmaktadır. Konteynerde, olası aşırı sıvı birikimini drene edecek bir sistemin olması uygun olacaktır. Yine, bir tarafının tümünden veya bir iki çıkış yolu halinde 30-45° eğimde, hafif pürüzlü yüzeye sahip şekilde olması gerekmektedir. Çünkü, uygun koşullarda yumurtaların %80'inden larva çıkmaktadır. Bu larvaların da % 76 ±12'si prepupa sürecine ulaşmakta ve beslenmesini tamamlayan prepupalar, etraftaki eğime doğru tırmanıp ayrı bir yerde pupa sürecine girmeyi tercih etmektedir. Söz konusu tırmanma alanının sonunda, prepupaların toplanmasını sağlayacak, mümkün olduğunca kısıtlı, dar bir geçişten ilerleyerek içine düşülen, mümkün olduğunca az ışıklı, koyu renkte bir bölme bulunmalıdır. Sonraki işlemlere alınacak prepupalar bu toplanma alanından düzenli olarak toplanabilmektedir (Diener ve ark., 2009; Olivier, 2010; Diener ve ark., 2011; Caruso ve ark., 2014).

Ergin sinek çıkımı için ayrılan pupalar, plastik veya ahşap bir kutu içerisine alınabilmektedir. Bu amaç için, öncelikle kutuya 15-20 cm derinliğinde pupasyon substratı konmalıdır. Substrat olarak gözenekli yapıya sahip, hafif, kirli veya yağlı olmayan, pupanın hava almasını engellemeyecek, partikül büyüklüğü pupadan küçük, ancak stigmasından büyük materyaller tercih edilmelidir. Bu noktada talaş ideal bir substrat olarak tanımlanmıştır. Pupalar, pupasyon substratına 20 g / 120 cm² yoğunlukta veya 2 L'lik kaba 100 pupa olacak yoğunlukta konulmalıdır. Daha yüksek yoğunluklar ergin çıkış oranını düşürmektedir. Pupasyon kabının ağzı bir tül ile kapatılmalı ve uygun bir pupasyon ortamına bırakılmalıdır. Söz konusu pupasyon ortamı

kuru olmalıdır. Ancak, belli derecede nemli olması gerekir. Bu amaç için, çok kuru substratlar bir miktar su ile nemlendirilebilir. Pupalar ergin sinekler için ideal olan koşullarda gelişimini tamamlayabilmektedir. Uygun koşullarda (27-30 °C, % 60-70 nem), pupalar 5-15 günlük bir süreçte açılır (bir haftada % 40'ı, 15-16 günde %90'ı açılır) ve ergin sinekler çıkar; ancak süreç daha soğuk ortamlarda açılmadan 5 aya kadar uzayabilmektedir. Hatta, uygun kaplarda +4°C'ye alınan pupalar bir çeşit fizyolojik dormansiye girer ki bu halde aylarca canlı olarak muhafaza edilebilmektedir. Pupa taşıyan kaplar ergin sinek kafeslerinde bulunmuyor ise, açılma süreci başladığında kapaklarındaki koruyak uzaklaştırılıp kafese bırakılmalıdır (Sheppard ve ark., 2002; Holmes ve ark., 2013; Caruso ve ark., 2014). Pupadan geriye kalan kabuklar kitin kaynağı olarak biriktirilebilmektedir (Holmes, 2010).

Ergin Sinek Bakımı ve Yumurta Kontrolü

Ergin sineklerin 1-2 hafta süren kısa yaşamlarında, çiftleşip yumurta bırakmaları yetiştirme sürecindeki en zorlu biyolojik aşamadır. Bu süreç için 27-30 °C (20-40 °C) ve % 70 (20-90) nem ideal kabul edilmektedir (Sheppard ve ark., 2002; Barry, 2004; Holmes ve ark., 2013). Sineklerin çiftleşmesi yarım saat kadar süren bir seremoni eşliğinde gerçekleşmekte olup, bu seremonideki uçuş süreci adına belli bir alana ve üzerine konacakları materyallere ihtiyaç duyarlar. O nedenle, üretim ünitelerindeki ergin sinekler için en az 1.8×1.2×1.5 m ebatlarında kafese ihtiyaç duyulduğu (Zhang ve ark., 2010; Holmes ve ark., 2012), öte yandan 80×80×150 cm ebatlarındaki bir kafeste bile 5.000'e kadar erginin barındırılabilmesi ifade edilmiştir (Charlton ve ark., 2015). Kafes içine, sineklerin konabileceği geniş (4-7 cm) yapraklı plastik çiçeklerin yerleştirilebileceği bildirilmiştir (Sheppard ve ark., 2002). Esasen sineklerin çiftleşmesinde en büyük kısıtlayıcı etmen ışıktır. Direkt güneş ışığı altında çiftleştiklerinden, ergin kafeslerinin ünite, özellikle sabah saatlerinde bol güneş alacak şekilde yerleştirilmesi önemlidir (Park, 2016). Gerekirse, sineklerin yumurtlamasını uyarmak amacıyla, gün içinde, sinek kafesleri bir süreliğine ünite dışına bile taşınabilmektedir (Charlton ve ark., 2015). Güneşin yetersiz olduğu mevsimlerde yapay ışık kaynaklarından yararlanılabilmektedir. Bu amaç için kafesin üst kısmına bir lamba yerleştirilebilmekte (400-450 watt, 350-450 nm, sodyum lamba) ve 14:10 aydınlık : karanlık düzeninde ortam ışıklandırılabilir (Zhang ve ark., 2010). Ergin sinekler beslenmese de, su damlacıklarından yararlanabilmekte ve hatta şekerli sıvıları tüketerek enerji alabilmektedirler. Ortam nemi sinekler için önemli olduğundan, ergin kafeslerinde manuel veya otomatik su spreylerinin düzenli kullanımı önemlidir (Tomberlin ve Sheppard, 2002; DiClaro ve Kaufman, 2009).

Ergin sineklerin yumurtlaması adına bazı özel düzenlemeler gerekmektedir. Sineklerin belli bir yere yumurtlaması için ortamda bazı cezbediciler bulunmalıdır. Bu amaç için ergin kafesine bir kap içerisinde 1 kg kadar yüksek derecede nemli (% 60-70) organik besin materyali yerleştirilmelidir. Materyal olarak, karasinek larvaları için tarif edilen besin (5:3:2 oranında karıştırılmış buğday kepeği:alfalfa:mısır unu, yarı yarıya suyla karıştırılarak hazırlanır), tavuk yemi, tavuk dışkısı gibi organik materyaller kullanılabilir. Bu materyalin nemi düzenli olarak yükseltmeli, kurumaması engellenmeli ve en geç 10 günde bir numune değiştirilmelidir (Tomberlin ve ark., 2002; Caruso ve ark., 2014). Yumurtlama aparatı: 3 x 5 cm ebatlarında, 3 x 4 mm büyüklükte gözenekleri olan karton parçalarından üç tanesi üst üste yapıştırılarak hazırlanabilir. Sinekler bu gözeneklere yumurtlar (1 mm, beyazımsı renkte; sinek başına birkaç yüz tane, grup halinde) ki genellikle birbirine yakın gözeneklere yumurtlama eğilimindedirler. Hazırlanan aparatlar, kafese yerleştirilen cezbedici besinin hemen 3-5 cm üst kısımlarına yerleştirilmelidir. Aparatların, kafesin nemlendirilmesi sırasında ıslanmamasına dikkat edilmeli, gerekirse üst kısımlarına bazı koruyucular yerleştirilmelidir (Holmes ve ark., 2012; Caruso ve ark., 2014). Düzenli hazırlanması sırasında, cezbedici organik materyalin büyükçe (çap 25 cm, yükseklik 10 cm) bir plastik kabın tabanına yerleştirilebileceği ve yumurtlama aparatlarının da yine bu kabın iç yüzeyine yapıştırılabileceği de bildirilmiştir (Sheppard ve ark., 2002; Zhang ve ark., 2010).

Kafeslerden alınan yumurta bırakılmış karton bloklar plastik bir kaba (400-500 ml) yerleştirilebilmekte ve ağız kısmı bir kağıt havluyla kapatılıp 27-30 °C, %50-70 nem içeren bir ortamda tutulabilmektedir. Larvalar uygun koşullarda çıktıktan (102-105 saatte) sonra, yine aynı veya benzer büyüklükteki bir plastik kap içerisine yerleştirilen yüksek nemli içerikli (% 70; 20 g yem - 42 ml su karışımı) besin (tavuk yemi vb.) üzerine konmaktadır. Bu ortamda 3-5 gün beslenen larvalar asıl larva konteynerlerindeki besin üzerine geçirilmektedir (Barry, 2004; Myers ve ark., 2008; Holmes ve ark., 2013; Nguyen ve ark., 2013). Yumurtaların doğrudan beslenme materyali üzerine yerleştirilmesi, olası mantar üremesinden dolayı larva çıkışı belirgin derecede olumsuz etkileyebilmektedir (Sheppard ve ark., 2002).

Larvalarda Besin İçeriği

Kara asker sineği prepupalarında besin içeriği değerleri, beslendiği materyal tipine ve bazı çevresel faktörlere göre değişebilmektedir. Genel olarak larvaların protein, enerji, yağ bakımından zengin besinleri tüketmesi, ilgili değerler bakımından kendisinin de daha zengin ve daha büyük olmasıyla sonuçlanır (Van Broekhoven ve ark., 2015; De Marco ve

ark., 2015; Makkar ve ark., 2014; Józefiak ve ark., 2016). Yine, tükettiği besin tipinin, larvadaki ham kül kompozisyonunu da belirgin derecede değiştirebildiği, ancak amino asit kompozisyonunda pek bir farklılık oluşturmadığı kaydedilmiştir (Sprangers ve ark., 2016). Prepupa kuru ağırlığının, canlı ağırlığının % 43 (35-50)'ü dolaylarında olduğu ve bu değer fizyolojik bir özellik taşıdığı, o nedenle de beslenme ve diğer faktörlere bağlı olarak aşırı bir değişim göstermediği kaydedilmiştir (Sheppard ve ark., 1995; Barry, 2004). Prepupa kuru ağırlığındaki total yağ içeriğinin besin tipine göre çeşitli derecelerde değiştiği bilinmektedir. Söz konusu değer; kanatlı dışkısında beslenenlerde % 15-25 (Arango Gutierrez ve ark., 2004), domuz dışkısında beslenenlerde % 28 (Newton ve ark., 2005), sığır dışkısında beslenenlerde % 35 (Newton ve ark., 1977) ve yağlı atıklarda beslenenlerde ise % 42-49 olduğu bildirilmiştir (Barry, 2004). Larva yağının, orta uzunluktaki doymuş yağ asitlerinden zengin (total yağ asitinin %67'si), birden fazla çift bağa sahip yağ asiti yönünden görece fakir (total yağ asitinin %13'ü) olduğu ifade edilmiştir (Surendra ve ark., 2016). Öte yandan, larvaların beslendiği materyale göre, total yağdaki yağ asiti tipleri de belirgin derecede oransal değişime uğrayabilmektedir (Sealey ve ark., 2011; Finke, 2013; Sprangers ve ark., 2016). Örneğin; inek dışkısında beslenen kara asker sineği larvalarının % 21 yağ içerdiği ve bu yağın % 21 laurik, % 16 palmitik, % 32 oleik ve % 0.2 omega-3 (α -linolenik asit, eikosapentaenoik asit, dokosaheksaenoik asit) barındırdığı görülmüştür. Öte yandan, yarı yarıya inek dışkısı ve balık organları karışımıyla beslenen larvaların ise % 30 yağ içerdiği ve bu yağın % 43 laurik, % 11 palmitik, % 12 oleik ve % 3 omega-3 karışımından oluştuğu anlaşılmıştır. Ayrıca, söz konusu olumlu etkinin 24 saatlik bir beslenme değişikliğini takiben bile ortaya çıktığı ifade edilmiştir (St-Hilaire ve ark., 2007) (Çizelge 1).

Kara asker sineği prepupasının çeşitli besin içeriği yönünden et unu, kemik unu, et-kemik unu, balık unu ve soya unu ile benzeştiği (Sheppard ve ark., 1994; Tomberlin ve Sheppard, 2001; Elwert ve ark., 2010; Cullere ve ark., 2016), total protein oranının, kara asker sineği prepupası ununda % 35-57, balık ununda % 61-77, soya ununda ise % 43-56 olduğu bildirilmiştir (Diener ve ark., 2009; Veldkamp ve ark., 2012). Öte yandan, ayçiçeği ve soya gibi yağlı tohumların yağı alınıp yemlere küspe olarak katıldıklarından yağ içeriklerinin (kuru maddenin yaklaşık % 3'ü) kara asker sineği prepupasına (kuru maddenin yaklaşık % 38'i) göre oldukça düşük kaldığı ifade edilmiştir (De Marco ve ark., 2015; Veldkamp ve Bosch, 2015). Amino asit içeriği ile ilgili olarak; genelde böcek proteinlerinin soya ununa göre, arjinin ve sistein yönünden daha fakir, ancak metiyonin ve tirozin yönünden daha zengin olduğu bildirilmiş (Veldkamp ve ark., 2012), broylerler için esansiyel amino asit indeksi kara asker sineği

prepupasında 1.35, soya ununda ise 1.23 olarak hesaplanmıştır (Veldkamp ve Bosch, 2015). Kara asker sineği prepupalarının metiyonin ve lisin yönünden et ununa çok benzeştiği veya onun çok hafif altında kaldığı görülmüştür (De Marco ve ark., 2015). Yine, böcek unlarının metiyonin ve kalsiyum yönünden balık ununa göre daha zayıf kalabildiği, ancak, kara asker prepupalarının Ca yönünden diğer böceklerle göre daha zengin olduğu kaydedilmiştir (Makkar ve ark., 2014; De Marco ve ark., 2015; Józeffiak ve ark., 2016). Kara asker sineği prepupa ununun balık ununa göre yaklaşık % 50 daha az P içermektedir. Yine, yağ oranı da belirgin derecede daha azdır; ancak, yağın daha az olması pupalardan yem hazırlama sürecini de kolaylaştıran bir durumdur (Tschirner ve Simon, 2015).

Genel olarak böcek unlarının, birçok hayvan grubu için yüksek sindirilebilir özellikte oldukları bilinmektedir (Cullere ve ark., 2016). Örneğin; domuzların, %33 oranında yeme katılmış kara asker sineği ununu, yeme katılan benzer orandaki soyadan daha iyi sindirdikleri bildirilmiştir (Newton ve ark., 1977). Yine, broylerlerde de, yeme katılan %30-50 oranında kara asker sineği prepupa ununun soyaya göre, özellikle de amino asit yönünden, daha iyi değerlendirilebildiği kaydedilmiştir (Hwangbo ve ark., 2009; Pretorius, 2011). Aynı konuda yapılmış başka bir çalışmada, amino asit sindiriminde öne çıkan bir durum belirlenememiş olsa da, kara asker sineği destekli yemlerde yağ sindiriminin yağlı tohumlardan daha iyi olduğu anlaşılmıştır (De Marco ve ark., 2015).

Kara asker prepupasının içerdiği yüksek yağ oranının ve yağ asiti kompozisyonunun, türü iyi bir biyodizel üretim alternatifi konumuna getirdiği bildirilmektedir (Zheng ve ark., 2012; Surendra ve ark., 2016). Yapılan bir çalışmada, 1248.6 g taze inek dışkısında, 21 günde, 1200 adet (kuru ağırlığı 273.4 g) prepupa yetiştirilmiş olup, bundan yaklaşık 61 g biyodizel üretilebileceği ifade edilmiştir (Li ve ark., 2011).

Böcekler de dahil olmak üzere birçok canlı türünde değişen şekillerde antimikrobial etkinlik gösteren moleküller saptanmıştır. Bu tip moleküllerin, böceğin hemolenfi başta olmak üzere birçok dokusunda rastlandığı ve temel sentez nedenlerinin, olasılıkla kendilerini mikroorganizmalara karşı korumak olduğu bildirilmiştir. Bunların en yaygın formu olan antimikrobial peptitler (AMPs) doğal antibiyotik olarak da bilinmekte olup, birçok böcekte bu moleküllerin antibakteriyel, antimikotik, antiparazitik ve antivirütik etkinliği saptanmıştır (Ratcliffe ve ark., 2014; Józeffiak ve ark., 2016). Kara asker sineğinde de özel bir antimikrobial peptit (defensin benzeri peptit 4) tespit edilmiştir. Söz konusu molekülün metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA), *S. aureus*

40881, *S. aureus* 12256, *S. epidermidis* ve *Bacillus subtilis* gibi Gram (+) bakterilere karşı etkili olduğu bildirilmiştir (Park ve ark., 2005). Kara asker sineğinin bilinenden çok daha fazla antimikrobial moleküle sahip olabileceği (Park ve ark., 2014), yemlere katıldığı taktirde beslenen hayvanların vücudundaki bakteriyel kompozisyonu olumlu yönde etkileyebileceği ve durumun, aynı amaç için yeme katılan kimi antibiyotikler kadar etkili olabileceği ifade edilmiştir (Józeffiak ve ark., 2016). Kara asker sineği prepupa ürünleriyle beslenen kanatlıların genelde daha sağlıklı olduğu ve bu durumdan da olasılıkla adı geçen biyoaktif moleküllerin sorumlu olduğu ileri sürülmüştür (Cullere ve ark., 2016).

Kara asker sineği prepupalarının yüksek düzeyde laurik asit (12 karbonlu, orta uzunlukta zincirli yağ asiti) içerdiği ve larva, ilgili yağ bakımından fakir gıdalar tüketse bile vücudundaki laurik asit düzeyinin yine de yüksek kaldığı ifade edilmiştir (Spranghers ve ark., 2016).

Söz konusu yağ asitinin, doğal bir antimikrobiyal olduğu, hücre membranını yıkımlayarak birçok gıda kaynaklı patojeni inhibe edebildiği bilinmektedir (Kim ve Rhee, 2016). Molekülün, *Clostridium perfringens* gibi patojenlere karşı, diğer orta zincirli yağ asitlerine kıyasla yüksek derecede etkili olduğu, ancak, yararlı Laktobasillere karşı pek bir olumsuz etki göstermediği ve bu durumun, kanatlı bağırsağında yer alan, Gram (+) bakterilerin ağırlıkta olduğu flora dengesini olumlu yönde etkileyebileceği bildirilmiştir. Yine, çalışmalar, kara asker sineği prepupasının, mayalanmış gıdalarla beslendikleri takdirde, bazı mantar ve bakteriler tarafından sentezlenen dallanmış zincire sahip yağ asitlerini de belli derecede içerebildiğini göstermiştir (Spranghers ve ark., 2016).

Kitin, selülozdan sonra doğada en yaygın olarak bulunan, yapı olarak selüloza benzeyen ve bu molekülün hayvanlardaki formu olarak tanımlanan bir polimerdir. Artropodların dış iskeletinde ve diğer bazı canlıların değişik yapılarında bulunmaktadır. Esasen, β -1,4-N-asetilglikozamin monomerlerinin peş peşe diziliminden oluşmaktadır ve α , β ve γ olmak üzere üç formu bulunmaktadır (Kramer ve ark., 1995; Miranda-Castro ve Paulín, 2012). Kara asker sineği larvalarındaki kitin düzeyinin hamam böceği, un kurdu, karasinek gibi diğer böceklerle kıyasla ortalama iki kat daha fazla olduğu ve kuru ağırlığında % 5.4-8.7 kitin içerdiği bildirilmiştir (Diener ve ark., 2009; Finke, 2013; Veldkamp ve Bosch, 2015). Yapılan incelemeler, kara asker sineği larvalarındaki kitinin % 35 oranında alfa kristalin formda olduğu ve bu düzeyin, günümüze kadar incelenmiş bütün böcek kitinleri arasındaki en düşük kristalin indeksi olduğu kaydedilmiştir (Wasko ve ark., 2016).

Çizelge 1. Kara asker sineği prepupasına ait besin içeriği değerleri

Parametre	Değer	Kaynaklar
Büyükklüğü (mm)	12-27	Tomberlin ve ark., 2009; Diener ve ark., 2011,2
Ağırlığı (mg)	82-220	
Kuru madde (%)	43 (35-48)	Caruso ve ark., 2014; Makkar ve ark., 2014; De Marco ve ark., 2015; Veldkamp ve Bosh, 2015; Sheppard ve ark., 1994; Sheppard ve ark., 2002
Ham protein (% KM)	42 (35-48)	
Kitin (%KM)	4.5-8.7	Diener ve ark. 2009; Veldkamp ve ark.2012; Kroeckel et al 2012; Finke, 2013
Yağ (% KM)	33 (15-49)	Arango Gutierrez ve ark., 2004; Barry, 2004; Newton ve ark., 2005
Enerji (MJ kg ⁻¹ KM)	21.8-22.1	De Marco ve ark., 2015; Schiavone ve ark. 2017; Van Broekhoven ve ark., 2015; Józefiak ve ark., 2016
Lif (% KM)	7.0	Diener ve ark., 2011; Makkar ve ark., 2014; De Marco ve ark., 2015; Sprangers ve ark., 2016
Ham kül (% KM)	20 (11-28)	
Mineraller	g/kg KM	Makkar ve ark., 2014; De Marco ve ark., 2015; Józefiak ve ark., 2016; Sealey ve ark., 2011
Ca	19.2-86	
P	4.4-15	
K	6-7	
Mg	2.6-3.9	
Cl	1.6-2.4	
Na	0.6-1.8	
Fe	0.11-1.4	
S	0.2-0.3	
Mn	0.12-0.38	
Zn	0.07-0.11	
Cu	0.01	
Se	0.0006	
I	0.0005	
Vitaminler		Makkar ve ark., 2014; De Marco ve ark., 2015; Józefiak ve ark., 2016; Sealey ve ark., 2011
A (µg retinol/kg CA)	<300	
D2 (IU/kg CA)	<80	
D3 (IU/kg CA)	100	
E (mg α-tocopherol/kg CA)	6.2	
C (mg/kg CA)	<10	
Tiamin (mg/kg CA)	7.7	
Riboflavin (mg/kg CA)	16.2	
Pantotenik asit (mg/kg CA)	38.5	
Niasin (mg/kg CA)	71.0	
Pridoksin (mg/kg CA)	6.0	
Folik asit (mg/kg CA)	2.7	
Biotin (mg/kg CA)	0.4	
B12 (µg/kg CA)	55,8	
Kolin (mg/kg CA)	1100	
Karnitin (mg/kg CA)	83,8	
Ham proteinde (HP) amino asitoranı (%)	45.8-50.4	De Marco ve ark., 2015; Veldkamp ve Bosh, 2015; Veldkamp ve ark., 2012; Sprangers ve ark., 2016

KM: Kuru madde, CA: Canlı ağırlık

Çizelge 1. Kara asker sineği prepupasına ait besin içeriği değerleri (devam)

Parametre	Değer		Kaynaklar
Yağ asitleri	g/kg KM	Yağdaki oranı (%)	
Kaprik asit 10:0	0.69	1.4-2.0	Tomberlin ve ark., 2009; Spranghers ve ark., 2016; Olivier, 2010; Sealey ve ark., 2011; St-Hilaire ve ark., 2007
Laurik asit 12:0	51.2	21-60.8	
Myristik asit 14:0	12.0	5.1-9.4	
Myritoleik asit 14:1	0.5	<1	
Palmitik asit 16:0	16.1	8.7-19.8	
Palmitoleik asit 16:1	4.9	2.9-7.6	
Stearik asit 18:0	2.6	1.0-6.5	
Oleik asit 18:1	15.6	6.3-32	
Linoleik asit 18:3	16.9	0.0-1.4	
Araşidik asit 20:0	0.16	0.0-3.5	
Amino asitler (aa)	g kg ⁻¹ KM	HP'deki % oranı	De Marco ve ark., 2015; Veldkamp ve Bosh, 2015; Veldkamp ve ark., 2012; Spranghers ve ark., 2016
Alanin	24.2-27.8	7.7	
Arjinin	17.8-23.3	4.8-6.1	
Aspartat	34.9-41.4	11.0	
Sistein	2.1-2.5	0.1-0.7	
Metiyonin	7.1-7.9	1.4-2.1	
Lizin	20.5-23.4	6-8	
İzolözin	17.2-19.1	4.0-5.1	
Lözin	26.6-30.6	6.6-7.9	
Fenilalanin	16.3-18.3	3.8-5.2	
Treonin	15.4-16.4	3.6-4.1	
Triptofan	5.4-6.7	0.5-1.1	
Glutamat	41.3-45.8	10.9	
Histidin	7.6-13.8	2.6-3.0	
Prolin	22.4-25.1	6.6	
Serin	13.7-16.4	3.1	
Tirozin	22.2-24.2	6.0-7.1	
Valin	24.1-30.6	5.6-8.2	
Glisin	17.2-44.30		

KM: Kuru madde, CA: Canlı ağırlık

Kitin ve kitozan gibi kitin derivatlarının insektisidal, antimikrobal (Nelson ve ark., 1994; Chen ve ark., 2002; Miranda-Castro ve Paulín, 2012; Veldkamp ve ark., 2012), yaralarda ağrıyı azaltıcı ve iyileşmeyi uyarıcı (Burkatovskaya ve ark., 2008), spesifik ve nonspesifik bağışıklık uyarıcı (Sawayanagi ve ark., 1982; Tanaka ve ark., 1997; Lee ve ark., 2008; Harikrishnan ve ark., 2012; Bovera ve ark., 2015), immunomodülatör, antitümoral, kolesterol düşürücü, obezite önleyici (Miranda-Castro ve Paulín, 2012) gibi biyoetkinlikleri birçok canlı grubunda gösterilmiştir. Özellikle, düşük kristalin indeksine sahip kitinin güçlü ağır metal bağlayıcı-atılımını sağlayıcı özellik

taşıdığı da bilinmektedir (Aranaz ve ark., 2009). Kitinin özellikle sekum florasını etkili şekilde aktive ettiği, durumun ortamda yüksek butirik asit üretimi ile sonuçlandığı (Khempaka ve ark., 2011), bu molekülün bağırsak hücreleri için önemli bir enerji kaynağı olduğu ve dolayısıyla bağırsak mukozası kan akışını, bağlı olarak da doku oksijenasyonunu ve emilimi arttırdığı öne sürülmüştür (Mahdavi ve Torki, 2009). Kozmetikte, farmakolojide, tekstilde, kağıt sanayinde, metal nanokompozit eldesinde, atık işleme endüstrisinde ve diğer bir çok alanda kullanılabilen kitinin (Aranaz ve ark., 2009), günümüzdeki en büyük kaynağı yengeçler ve karideslerdir. Bu noktada, kara

asker sineğinin önemli bir alternatif kaynak olabileceği, uygun yöntemlerle prepupanın kitininin ve besin maddelerinin birbirinden ayrılabilmesi ifade edilmiştir (Veldkamp ve Bosch, 2015).

Kitin ve derivatları, omurgalı hayvanlarda lizozim enzimleri ve kalın bağırsak mikroorganizmalarınca değişen derecelerde sindirilebilmektedir (Miranda-Castro ve Paulín, 2012). Tavukların kursak ve karaciğer hücrelerinde kitinaz bulunmaktadır (Suzuki ve ark., 2002), ancak, kitin sindiriminin genelde sınırlı olduğu (Hossain ve Blair, 2007), bağırsak florasının, kitinin yararlı alt ürünlere dönüştürülmesinde asıl büyük rolü üstlendiği kaydedilmiştir. Yemde bulunan kitinin, tavuklarda antimikrobial, immunomodulator, antioksidan, hipokolesterolemik etki gösterebileceği öngörülmüştür (Świątkiewicz ve ark., 2015). Öte yandan, kitinaz aktivitesi olmayan balık türleri başta olmak üzere (Kroeckel ve ark., 2012), kanatlılarda ve bazı diğer hayvanlarda yüksek kitin tüketiminin protein sindirimini ve yemden yararlanmayı olumsuz etkileyebileceği de bildirilmektedir (Razdan ve Pettersson 1994; Longvah ve ark., 2011; Kroeckel ve ark., 2012). Söz konusu olumsuz etki yemdeki kitin miktarıyla doğrudan ilişkili olup, tavuklarda yemdeki 30 g kg⁻¹ kitozanın (kitin derivatı) belirgin canlı ağırlık artışında kayba yol açtığı görülmüştür (Razdan ve ark., 1997). Yine, 3.6 g kg⁻¹ kitozan içeren yemin yumurta verimini azalttığı, ancak 1.4 g kg⁻¹ kitozan içeriğinin bu noktada herhangi bir olumsuz etkisinin görülmediği ifade edilmiştir (Hirano ve ark., 1990). Düşük düzeylerdeki kitozanın broylerlerde de belli bir olumsuz etkisi izlenmemiş olup, düşük vizkoziteli kitozanın diyetteki yağın dışkiyle atılımını arttırabilirdi, ancak yemden yararlanmada ve canlı ağırlık (CA) artışında herhangi bir olumsuzluk yaratmadığı anlaşılmıştır (Kobayashi ve ark., 2002). Yine, broylerlerde yapılan bir çalışmada, yemdeki %3 kitozanın CA artışını sadece %2 azalttığı sonucuna varılmıştır. Ancak, aynı araştırmacılar, *Salmonella gallinarum* ile enfekte piliçlerde CA artışının %12.5 azalırken, enfekte ancak tedavi uygulananlarda %2.5, enfekte olduğu halde tedavi edilmeyip yemine kitozan katılanlarda ise yine %2.5 CA azalışı kaydetmişlerdir (Balicka-Ramisz ve ark., 2007).

Larvaların Hayvan Beslemede Kullanımı

Beslenme alanını terk edip belli bir alanda toplanan prepupalar, çeşitli hayvan türlerini beslemek amacıyla (Finke, 2013) canlı, kurutulmuş veya un haline getirilmiş olarak kullanılabilir. Ayrıca; yağı ve kitini değişik amaçlar için ayrılabilir. Kurutulmuş veya dondurulmuş prepupalar bu formda uzun süre muhafaza edilebilirken, istenildiğinde soya, mısır, balık ununa benzer şekillerde hazırlanıp yemlere katılabilir. Kuru madde içerikleri yüksek (%35-45), nem içerikleri düşük olduğundan, basit bazı süreçlerden geçirilerek kolaylıkla

kurutulabilmektedir. Kurutma işlemi; fırınlarda 60 °C'de, nem içeriğine göre 24-34 saatte gerçekleştirilebileceği gibi, güneş ışığı altında bırakarak da yapılabilir. Son süreç, >20.000 Lux şiddetindeki güneş ışığı altında, 38 ± 4°C hava sıcaklığında, çevresel nemin %47 ± 6 olduğu ortamda 17 saatte gerçekleştirilebilir. Ayrıca, ahşap bir sandığa yerleştirilen prepupaların, basit elektrikli ısıtıcılar kullanılarak da kurutulabileceği kaydedilmiştir. Kurutulmuş prepupalar ağırlıklarının ortalama %65'ini kaybetmektedirler (Veldkamp ve ark., 2012; Caruso ve ark., 2014; Makkar ve ark., 2014; De Marco ve ark., 2015). Prepupalardan yağ eldesi amacıyla; 250 bar basınç, 50 °C, 30 dk (Tschirner ve Simon, 2015) veya 450 bar basınç, 60 °C, 30 dk (Kroeckel ve ark., 2012) işlem uygulaması yeterli olmaktadır. Prepupadan yağ alma işleminin, içeriğindeki diğer besin maddelerini pek etkilemediği, kalan kısmın kurutulup yem katkısı olarak kullanılabilirliği de bildirilmiştir (Maurer ve ark., 2016). Prepupalar, yıkama işlemine oldukça dayanıklıdır. Sonraki süreçlere geçmeden önce yıkayıp kurutulmaları mümkündür. Ayrıca, larvalar beslenmeyi tamamladığında sindirim sistemi içeriklerini boşaltmakta ve daha sonra prepupa aşamasına geçiş yapmaktadır. Dolayısıyla, prepupaların beslendiği materyal ile ilişkili hastalıklara kaynaklık etme olasılığının pek olmadığı bildirilmiştir (Veldkamp ve ark., 2012; Caruso ve ark., 2014; Makkar ve ark., 2014; De Marco ve ark., 2015).

Böcekler, tavuklarda dahil bir çok kanatlının doğal beslenmesinin bir parçasıdır. Böceklerle yapılan besleme denemelerinden, doğal adaptasyonun da bir sonucu olarak (Bovera ve ark., 2015), oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, unkurdu (Ramos-Elorduy ve ark., 2002) ve karasinek pupalarından hazırlanan unların (Tégua ve ark., 2002; Awoniyi ve ark., 2003; Agunbiade ve ark., 2007; Pretorius, 2011) yumurta tavuğu ve broyler yemlerine kuru maddenin % 10-25'ine kadar başarıyla katılabilirliği bildirilmiştir. Hatta, pupa ununun soya, balık unu gibi diğer katkılarla değiştirilebileceği, değerlendirilebilir enerji içeriği açısından da kanatlı türüne göre 14.2-17.9 MJ kg⁻¹ KM gibi önemli bir seviyeye sahip olduğu bildirilmiştir (Hwangbo ve ark., 2009; Józefiak ve ark., 2016). Yapılan bir çalışmada; üç grup broyler civciv yetiştirme dönemi boyunca sırasıyla soya yağı içeren rutin diyet, soya yağının yarı yarıya ve tümünden kara asker sineği larvası yağı ile değiştirildiği diyetlerle beslenmişlerdir. Sonuç olarak; hayvanlardaki besi performansı, yem tüketim tercihi, mezbaha işlemleri, kan değerleri, göğüs eti protein, total yağ içeriği ve rengi konusunda herhangi bir fark görülmemiştir. Öte yandan, kara asker sineğinin PUFA (birden çok çift bağ içeren yağ asitleri) yönünden fakir olduğu, ilgili nedenden dolayı, bu kaynaktan beslenen broylerin karkaslarında doymuş yağ oranının arttığı, PUFA

oranının düştüğü, MUFA (tek çift bağ içeren yağ asitleri) oranının ise değişmediği gözlemlenmiştir (Schiavone ve ark., 2017).

Böcek unları, genel olarak birçok besin maddesi yönünden zengin olmasından dolayı kanatlı ve balık başta olmak üzere birçok hayvan türü için ideal bir besin kaynağı konumundadır. Bu noktada, özellikle yemlere katılan bitkisel ve hayvansal proteinlerle kompanze edilme potansiyeli özel önem taşımaktadır. Çalışmalarda, böcek proteinlerinin metiyonin amino asiti veya metiyonin + sistin amino asiti ikilisi yönünden zengin olduğu görülmüş ve bu amino asitlerin büyümekte olan tavuk ve domuz yavruları için büyük önem taşıdığı ifade edilmiştir (Veldkamp ve Bosch, 2015). Ayrıca, bitkisel proteinlerdeki metiyonin ve diğer kükürt içeren esansiyel amino asit içeriğinin, genel olarak gelişmekte olan broylerler için yetersiz kalabildiği ve durumun balık unu gibi hayvansal proteinlerin eklenmesiyle kompanze edilmesi gerektiği bilinmektedir. Bu noktada, böcek proteinleri önemli bir hayvansal protein alternatifi olarak değerlendirilmektedir (Józefiak ve ark., 2016).

Yumurta tavuklarında yapılan bir denemede, sadece % 36 soya unu, sadece % 24 kara asker sineği prepupa unu ve % 12 prepupa ile % 15.6 soya unu içeren üç yem kullanılmış ve denemeler arasında tavukların sağlığı, yumurta verimi, yumurta kabuk kalitesi ve albumin içeriğinde önemli bir fark görülmemiştir (Maurer ve ark., 2016). Broylerlerde, ilk günden yetiştirme periyodunun sonuna kadar, yemdeki soyanın tümünden prepupayla değiştirilmesi durumunda, prepupa alanların sadece % 4 daha düşük bir canlı ağırlığa sahip oldukları, ancak, yem tüketimlerinin de % 7 daha az olduğu görülmüştür. Bu durum, prepupanın yüksek değerlendirilebilme özelliği ile ilişkilendirilmiştir (Makkar ve ark., 2014). Prepupa ununun broylerlerdeki sindirim düzeyini belirlemek üzere, yemlere 250 g kg⁻¹ düzeyinde katılmış ve sonuçta sindirim düzeyinin çok yüksek olduğu (sindirim kanalı total sindirim düzeyi / CTTAD: 0.99) görülmüştür (De Marco ve ark., 2015). Yine, civcivlerde yeme katılan balık ununun prepupa unuyla yer değiştirilmesinin broyler gelişiminde herhangi bir olumsuzluğa yol açmadığı bildirilmiştir (Elwert ve ark., 2010). Bildiricilerde yapılan soya-prepupa unu karşılaştırmalı denemelerinden de broylerlerde yapılanlara benzer sonuçlar elde edilmiştir (Cullere ve ark., 2016).

Prepupa unu ile ilgili ruminantlarda yapılmış belli bir çalışma bulunmamaktadır. Gelişmekte olan domuz yavruları için ideal bir kaynak olarak tanımlanmıştır. Balıklardaki kullanımı, ruminantlara ve domuzlara göre daha yaygın araştırılan bir alandır. Çalışmalar, balık yeminde kullanılan balık unu ve diğer bazı kaynakların kısmen veya yüksek oranda prepupa ile yer değiştirilmesinin oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu noktada, bazı türlerde, özellikle de

yavru balıklarda prepupanın yüksek kitin içeriğinin bazı sorunlar yaratabileceği de öne sürülmüştür. Ancak, konu ile ilgili çalışma sonuçları birbiriyle çelişkilidir. Olası olumsuzlukları gidermek adına, ya yeme katılan prepupa seviyesinin düşürülebileceği veya bazı işlemlerle prepupa kitininin ayrıştırılabileceği de ifade edilmiştir (Newton ve ark., 2005; Kroeckel ve ark., 2012; Makkar ve ark., 2014).

Kara Asker Sineği Kaynaklı Organik Gübre Üretimi

Oldukça güçlü ağız organellerine ve sindirim enzimlerine sahip olan kara asker sineği larvaları, sindirim sistemlerinde güçlü simbiyotik mikroorganizmalara da sahiptirler. İlgili nedenlerden dolayı, farklı tipte organik maddelerin tüketilebilmesi konusunda bilinen diğer bütün sinek larvalarından daha başarılıdır ve sadece yüksek miktarda selüloz, kitin ve kalsiyum içeren kemik, saman gibi kompleks maddeleri tüketemezler (Olivier, 2010). Gayet hızlı bir şekilde beslenebilen larvalar, birkaç haftalık süre dahilinde beslendiği materyali önemli derecelerde azaltabilmektedir. Söz konusu azaltma performansı besin tipine, miktarına, larva yoğunluğuna, sıcaklığa ve diğer bazı çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Myers ve ark., 2008; Diener ve ark., 2011; Banks ve ark., 2013). Yapılan çalışmalarda, kara asker sineği larvalarının ideal koşullarda birkaç hafta süren aktif beslenme periyodunda yemek artıklarını % 95 (Olivier, 2010), tavuk, domuz, inek dışkısını % 50-60 (Sheppard, 1983; Newton ve ark., 2005; Myers ve ark., 2008), bitkisel atıkları % 66.5 (Žáková ve Borkovcová, 2013), kentsel-evsel atıkları, karışık organik materyali % 65-72 (Diener ve ark., 2011), kanatlı yemini % 42-70 (Diener ve ark., 2009; Gobbi ve ark., 2013) oranında azalttığı görülmüştür. Ayrıca, larvalarca kullanılmış materyalde zaman içerisinde üreyen mantar ve aktinomisetler, birkaç aylık süreçte mevcut materyali % 50 daha düşürebilmektedir (Oliver, 2010). Yine, beslendiği materyalde bulunan, kullanılan gübrelerden vs. kaynaklanan kimi minerallerin doğaya saçılmasını da radikal şekilde engellemektedir (Erickson ve ark., 2004; Yu ve ark., 2011). Örneğin, çeşitli hayvan dışkılarında yapılan denemelerde dışkıyla doğaya saçılan azot yükünü % 25-50, fosfor yükünü ise % 61-70 oranında azalttıkları tespit edilmiştir (Sheppard ve ark., 1998; Newton ve ark., 2005; Myers ve ark., 2008; Newton ve ark., 2008; Makkar ve ark., 2014). Domuz dışkısı ile yapılan bazı çalışmalarda, larvaların dışkı ile doğaya saçılan toplam azotu % 71, fosforu % 52, potasyumu % 52 ve diğer bazı elementleri (Al, B, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, S, Zn) % 38-93 düzeyinde azalttığı görülmüştür (Erickson ve ark., 2004; Liu ve ark., 2008).

Larvalar taze materyali oldukça hızlı ve etkili şekilde aza indirgediğinden ve işlediğinden genel mantar ve bakteri üremesini baskılamakta ve dolayısıyla da

rahatsız edici koku salınımını engellemektedirler (Newton ve ark., 2005; Diener ve ark., 2011). Ayrıca, dışkıdaki veya diğer materyallerdeki mikroflorayı manuple ettiklerinden, olası birçok hastalık etkeninin de elemine edilmesini sağlamaktadırlar. Örneğin, çeşitli hayvan dışkısı üzerinde yapılan denemeler, larvaların materyaldeki *Salmonella* spp. (*S. senftenberg*, *S. typhimurium*, *S. dublin*, *S. enterica*) ve *Escherichia coli* suşlarını radikal bir şekilde azalttığını göstermiştir. Bu etkinin, ortam koşullarını patojen mikroorganizmalar aleyhinde değiştirmesinden ve bu bakterileri tüketip sindirmesinden kaynaklandığı da bildirilmiştir (Winfield ve Groisman, 2003; Erickson ve ark., 2004; Gabler, 2014; Liu ve ark., 2008; Lalander ve ark., 2013). Larvaların, prepupa dönemine geçişte sindirim sistemlerini boşalttıkları ve dolayısıyla da, yem olarak kullanılabilecek ileriki dönemlere hastalık etkenlerini taşıma risklerinin hemen hemen hiç olmadığı da vurgulanmıştır (Sheppard ve ark., 1994; Lalander ve ark., 2013). Ayrıca, ergin sineklerin beslenmiyor olması, canlı hayvanlarla veya insanlarla yakın temastan kaçınması, iç mekanlara girmemesi gibi özellikler, bu türün hastalık nakli konusunda tamamen güvenli olmasını sağlamaktadır (Newton ve ark., 2005; van Huis ve ark., 2013). Yine, üredikleri ortamda, karasinek (*Musca domestica*) üremesini % 94-100 baskılayabildiği de bildirilmiştir (Sheppard, 1983). Bütün bu özelliklerinden dolayı, kara asker sineği organik materyallerden kaynaklanan doğa kirlenmesinin kalitatif ve kantitatif önleyicisi konumundadır (Oliver, 2010; Diener ve ark., 2011; van Huis ve ark., 2013). Öyle ki, tür için “doğanın kendi antibiyotiği” ifadesi bile kullanılmıştır (Newton ve ark., 2008).

Kara asker sineği larvalarının güçlü sindirim sürecinden geçen organik materyalin etkili ve güvenilir bir doğal gübre alternatifi olduğu da ifade edilmiştir (Diclora ve Koufman, 2009; Caruso ve ark., 2014; Gabler, 2014). Larvaların beslenme ürünlerinin ağır metal içeriğinin düşük, kimyasal kompozisyonunun ise ticari gübrelere benzer olduğu bildirilmiştir. Çin lahanası üzerinde yapılan çalışmalar büyümeye, verime ve ürün kalitesine olan etkisinin kimyasal gübrelere hemen hemen denk olduğunu göstermiştir (Choi ve ark., 2009).

SONUÇ

Kara asker sineği; hastalıklar açısından güvenilir, üretiminin, larvaların elde edilmesinin, işlenmesinin ve muhafazasının kolay, besin içeriğinin yüksek, kanatlı ve diğer birçok hayvan gurubundaki değerlendirilebilirliğinin iyi olmasından dolayı hayvan besleme açısından, özellikle de protein açığının giderilmesi noktasında, en umut verici alternatiflerden biri konumundadır. Beslemedeki doğrudan önemi yanında, içerdiği bazı özel aktif

moleküllerin hayvanlarda en azından bazı hastalıklara karşı direnci arttırması, larva üretiminin bir yan çıktısı olan organik gübre üretiminin de süreçte doğal olarak gerçekleştirilebilmesi gibi özellikler, bu sinek türüne önem kazandıran diğer faktörlerdendir. Türkiye iklim koşullarının çoğunlukla uygun olması, birçok dünya ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de, kara asker sineği üretiminin takip eden yıllarda yaygın olarak gerçekleştirileceği ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Agunbiade JA, Adeyemi OA, Ashiru OM, Awojobi HA, Taiwo AA, Oke DB, Adekunmisi AA 2007. Replacement of Fish Meal with Maggot Meal in Cassava Based Layers' Diets. J Poult Sci, 44:278-282.
- Allotey J, Mpuchane S 2003. Utilization of Useful Insects as a Food Source. AJFAD, 3:1-8.
- Alvarez L 2012. The Role of Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in Sustainable Waste Management in Northern Climates. Electronic Theses and Dissertations. p.402.
- Amatya P 2009. Economics of Black Soldier Fly in Dairy Waste Management. Master of Science (Agricultural Economics), Tarleton State University, 70 pp.
- Andrew N, Khusro M, Andrew N, Nicholas A 2010. Insects as Poultry Food: a Scoping Study. Australian Poultry CRC Pty Ltd, NSW Australia.
- Aranaz I, Mengibar M, Harris R, Panos I, Miralles B, Acosta N, Galed G, Heras A 2009. Functional Characterization of Chitin and Chitosan. Curr Chem Biol, 3:203-230.
- Arango Gutierrez GP, Vergara Ruiz RA, Mejia Velez H 2004. Compositional, Microbiological and Protein Digestibility Analysis of Larval Meal of *Hermetia illucens* (Diptera:Stratiomyidae) at Angelopolis-Antioquia, Colombia. Facult Nacl Agron Med, 57:2491-2499.
- Awoniyi TAM, Aletor VA, Aina JM 2003. Performance of Broiler-Chickens Fed on Maggot Meal in Place of Fish Meal. Int J Poult Sci, 2:271-274.
- Balicka-Ramisz A, Wojtasz-Pajak A, Pilarczyk B, Ramisz A 2007. The Effect of Chitosan on Body Weight and Protection Against *Salmonella gallinarum* Infection in Broiler Chickens. Arch Tierz Dummerstorf, 50(3):288-293.
- Banks IJ, Gibson WT, Cameron MM 2013. Growth Rates of Black Soldier Fly Larvae Fed on Fresh Human Faeces and Their Implication for Improving Sanitation. Trop Med Int Health, 19(1):14-22.
- Barry T 2004. Evaluation of the Economic, Social, and Biological Feasibility of Bioconverting Food Wastes

- with the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). PhD Dissertation, University of Texas, 176 pp.
- Bovera F, Loponte R, Marono S, Piccolo G, Parisi G, Iaconisi V, Gaco L, Nizza A 2015. Use of *Tenebrio molitor* Larvae Meal as Protein Source in Broiler Diet: Effect on Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Carcass and Meat Traits. *J Anim Sci*, 94:639–647.
- Burkatovskaya M, Castano AP, Demidova-Rice TN, Tegos GP, Hamblin MR 2008. Effect of Chitosan Acetate Bandage on Wound Healing in Infected and Noninfected Wounds in Mice. *Wound Repair Regen*, 16(3):425–431.
- Canli O, Tasar GE, Taskin M 2012. Inulinase production by *Geotrichum candidum* OC-7 using migratory locusts as a new substrate and optimization process with Taguchi DOE. *Toxicology and Industrial Health*, 29(8): 704–710.
- Caruso D, Devic E, Subamia IW, Talamond P, Baras E 2014. Technical Handbook of Domestication and Production of Diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. PT Penerbit IPB Press, Kampus IPB Taman Kencana Bogor, IRD-DIVA-ISEM publication, No 2014-038. pp.141.
- Charlton AJ, Dickinson M, Wakefield ME, Fitches E, Kenis M, Han R, Zhu F, Kone N, Grant M, Devic E, Bruggeman G, Prior R, Smith R 2015. Exploring the Chemical Safety of Fly Larvae as a Source of Protein for Animal Feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1):7-16.
- Chen HC, Chang CC, Mau WJ, Yen LS 2002. Evaluation of *N*-acetylchitoooligosaccharides as the Main Carbon Sources for the Growth of Intestinal Bacteria. *FEMS Microbiol Lett*, 209:53–56.
- Choi Y, Choi J, Kim J, Kim M, Kim W, Park K, Bae S, Jeong G 2009. Potential Usage of Food Waste as a Natural Fertilizer After Digestion by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Int J Indust Entomol*, 19(1):171-174.
- Cullere M, Tasoniero G, Giaccone V, Miotti-Scapin R, Claeys E, De Smet S, Dalle Zotte A 2016. Black Soldier Fly as Dietary Protein Source for Broiler Quails: Apparent Digestibility, Excreta Microbial Load, Feed Choice, Performance, Carcass and Meat Traits. *Animal*, 10(12):1-8.
- De Marco M, Martínez S, Hernandez F, Madrid J, Gai F, Rotolo L, Belforti M, Bergero D, Katz H, Dabbou S, Kovitvadhi A, Zoccarato I, Gasco L, Schiavone A 2015. Nutritional Value of Two Insect Larval Meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for Broiler Chickens: Apparent Nutrient Digestibility, Apparent Ileal Amino Acid Digestibility and Apparent Metabolizable Energy. *Anim Feed Sci Technol*, 209:211-218.
- Diclaro JW, Kaufman PE 2009. Black Soldier Fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). EENY 461. UF/IFAS Extension, University of Florida.
- Diener S, Solano NMS, Gutierrez FR, Zurbrugg C, Tockner K 2011. Biological Treatment of Municipal Organic Waste Using Black Soldier Fly Larvae. *Waste Biomass Valorization*, 2:357-363.
- Diener S, Zurbrugg C, Tockner K 2009. Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae: Establishing Optimal Feeding Rates. *WMR*, 27:603-610.
- Elwert C, Knips I, Katz P 2010. A Novel Protein Source: Maggot Meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) in Broiler Feed. In: M. Gierus, H. Kluth, M. Bulang und H. Kluge (Hrsg): 11. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, 23-25. November 2010 Lutherstadt Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Universität Halle-Wittenberg, ISBN: 978-3-86829-250-3
- Erickson MC, Islam M, Sheppard C, Liao J, Doyle MP 2004. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in Chicken Manure by Larvae of the Black Soldier Fly. *J Food Protection*, 67:685-690.
- Fatchurochim S, Geden CJ, Axtell RC 1989. Filth Fly (Diptera) Oviposition and Larval Development in Poultry Manure of Various Moisture Levels. *J Entomol Sci*, 24(2):224-231.
- Finke MD 2013. Complete Nutrient Content of Four Species of Feeder Insects. *Zoo Bio*, 32:27-36.
- Gabler F 2014. Using Black Soldier Fly for Waste Recycling and Effective *Salmonella* spp. Reduction. Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences, Project Thesis.
- 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). *Eur J Entomol*, 110(3):461-468.
- Harikrishnan R, Kim JS, Balasundaram C, Heo MS 2012. Dietary Supplementation with Chitin and Chitosan on Haematology and Innate Immune Response in *Epinephelus bruneus* against *Philasterides dicentrarchi*. *Exp Paras*, 131:116-124.
- Hirano S, Itakur CH, Seino H, Akiyama Y, Nonaka I, Kanbara N, Kawakami T 1990. Chitosan as an Ingredient for Domestic Animal Feeds. *J Agric Food Chem*, 38:1214-1217.
- Holmes L 2010. Role of Abiotic Factors on the Development and Life History of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Masters Thesis, University of Windsor, ON, Canada. Electronic Theses and Dissertations, pp 285.

- Holmes LA, Vanlaerhoven SL, Tomberlin JK 2012. Relative Humidity Effects on the Life History of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environ Entomol*, 41(4):971-978.
- Holmes LA, Vanlaerhoven SL, Tomberlin JK 2013. Substrate Effects on Pupation and Adult Emergence of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environ Entomol*, 42(2):370-374.
- Hossain SM, Blair R 2007. Chitin Utilisation by Broilers and its Effect on Body Composition and Blood Metabolites. *Brit Poultry Sci*, 48:33-38.
- Hwangbo J, Hong EC, Jang A, Kang HK, Oh JS, Kim BW, Park BS 2009. Utilization of House Fly-Maggots, a Feed Supplement in the Production of Broiler Chickens. *J Env Biol*, 30:609-614.
- Jeon H, Park S, Choi J, Jeong G, Lee SB, Choi Y, Lee SJ 2011. The Intestinal Bacterial Community in the Food Waste-Reducing Larvae of *Hermetia illucens*. *Current Microbiol*, 62:1390-1399.
- Józefiak D, Józefiak A, Kierończyk B, Rawski M, Świątkiewicz S, Długosz J, Engberg RM 2016. Insects – a Natural Nutrient Source for Poultry – a Review. *Ann Anim Sci*, 16(2):297-313.
- Khempaka S, Chitsatchapong C, Molee W 2011. Effect of Chitin and Protein Constituents in Shrimp Head Meal on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Intestinal Microbial Populations, Volatile Fatty Acids, and Ammonia Production in Broilers. *J Appl Poul Res*, 20:1-11.
- Kim JG, Choi YC, Choi JY, Kim WT, Jeong GS, Park KH, Hwang SJ 2008. Ecology of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) in Korea. *Korea J Appl Entomol*, 47:337-343.
- Kim W, Bae S, Park K, Lee S, Choi Y, Han S, Koh Y 2011. Biochemical Characterization of Digestive Enzymes in the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *J Asia-Pac Entomol*, 14(1):11-14.
- Kim SA, Rhee MS 2016. Highly Enhanced Bactericidal Effects of Medium Chain Fatty Acids (caprylic, capric, and lauric acid) combined with Edible Plant Essential Oils (carvacrol, eugenol, b-resorcylic acid, trans-cinnamaldehyde, thymol, and vanillin) Against *Escherichia coli* O157:H7. *Food Control*, 60:447-454.
- Kobayashi S, Terashima Y, Itoh H 2002. Effects of Dietary Chitosan on Fat Deposition and Lipase Activity in Digesta in Broiler Chickens. *Brit Poultry Sci*, 43(2):270-273.
- Kramer KJ, Hopkins TL, Schaefer J 1995. Applications of Solids NMR to the Analysis of Insect Sclerotized Structures. *Insect Biochem Mol Biol*, 25:1067-1080.
- Kroeckel S, Harjes A-GE, Roth I, Katz H, Wuertz S, Susenbeth A, Schulz C 2012. When a Turbot Catches a Fly: Evaluation of a Pre-pupae Meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Fish Meal substitute – Growth Performance and Chitin Degradation in Juvenile Turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364–365:345-352.
- Lalander C, Diener S, Magri ME, Zurbrugg C, Lindstrom A, Vinneras B 2013. Faecal Sludge Management with the Larvae of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) - from a Hygiene Aspect. *Sci Total Environ*, 458-460:312-318.
- Lee CG, Da Silva CA, Lee JY, Hartl D, Elias JA 2008. Chitin Regulation of Immune Responses: an Old Molecule with New Roles. *Curr Opin Immunol*, 20:1-6.
- Li Q, Zheng L, Qiu N, Cai H, Tomberlin JK, YU Z 2011. Bioconversion of Dairy Manure by Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) for Biodiesel and Sugar Production. *Waste Manag*, 31:1316-1320.
- Liu Q, Tomberlin JK, Brady JA, Sanford MR, Yu Z 2008. Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae Reduce *Escherichia coli* in Dairy Manure. *Environ Entomol*, 37:1525-1530.
- Longvah T, Mangthya K, Ramulu P 2011. Nutrient Composition and Protein Quality Evaluation of Eri Silkworm (*Samia ricini*) Prepupae and Pupae. *Food Chem*, 128:400-403.
- Mahdavi R, Torki M 2009. Study on Usage Period of Dietary Protected Butyric Acid on Performance, Carcass Characteristics, Serum Metabolite Levels and Humoral Immune Response of Broiler Chickens. *AJAVA*, 8(9):1702-1709.
- Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P 2014. State-of-the-art on Use of Insects as Animal Feed. *Anim Feed Sci Tech*, 197:1-33.
- Maurer V, Holinger M, Amsler Z, Früh B, Wohlfahrt J, Stamer A, 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.
- Miranda-Castro SP, Paulín EGL 2012. Is Chitosan a New Panacea? Areas of Application. In: *The Complex World of Polysaccharides*. Chapter 1, pp.1-46. <http://dx.doi.org/10.5772/51200>
- Myers HM, Tomberlin JK, Lambert BD, Kattes D 2008. Development of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae Fed Dairy Manure. *Environ Entomol*, 37(1):11-15.
- Nelson JL, Aleksander JW, Gianotti SL, Chalk CL, Pyles T 1994. Influence of Dietary Fiber on Microbial Growth in Vitro and Bacterial Translocation after Burn Injury in Mice. *Nutrition*, 10:32-36.
- Newton GL, Booram CV, Barker RW, Hale OM 1977. Dried *Hermetia illucens* Larvae Meal as a Supplement for Swine. *J Anim Sci*, 44:395-400.
- Newton GL, Sheppard C, Watson DW, Burtle G, Dove R 2005. Using the Black Soldier Fly, *Hermetia*

- illucens*, as a Value-added Tool for the Management of Swine Manure. In: Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center. North Carolina State University, Raleigh, NC, 17pp. http://www.cals.ncsu.edu/Waste_mgt/smithfield_projects/phase2report05/cd/web%20files. Erişim tarihi: 15.04.2017.
- Newton GL, Sheppard DC, Burtle G 2008. Black Soldier Fly Prepupae: a Compelling Alternative to Fish Meal and Fish Oil. Public Comment on Alternative Feeds for Aquaculture, NOAA 15/11/2007–29/2/2008.
- Nguyen TTX, Tomberlin JK, Vanlaerhoven S 2013. Influence of Resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larval Development. J Med Entomol, 50(4):898-906.
- Nguyen TTX, Tomberlin JK, Vanlaerhoven S 2015. Ability of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae to Recycle Food Waste. Environ Entomol, 44:406-410.
- Olivier PA 2010. The bio-conversion of putrescent Wastes. ESR LLC, Washington, Louisiana. www.biotech.kth.se. Erişim tarihi: 15.04.2017.
- Park CH, Hahm ER, Park S, Kim HK, Yang CH 2005. The Inhibitory Mechanism of Curcumin and its Derivative against β -catenin/Tcf Signaling. FEBS Letters, 579:2965-2971.
- Park HH 2016. Black Soldier Fly Larvae Manual. <http://scholarworks.umass.edu>. Erişim tarihi: 15.04.2017.
- Park S-I, Chang BS, Yoe SM 2014. Detection of antimicrobial Substances from Larvae of the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). Entomological Research, 44(2):58-64.
- Pretorius Q 2011. The Evaluation of Larvae of *Musca domestica* (common house Fly) as Protein Source for Broiler Production. MSc Thesis, Department of Animal Science, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa.
- Pujol-Luz JR, Francez PAC, Ururahy-Rodrigues A, Constantino R 2008. The Black Soldier-Fly, *Hermetia illucens* (Diptera, Stratiomyidae), Used to Estimate the Postmortem Interval in a Case in Amapa State, Brazil. J Forensic Sci, 53:476-478.
- Ramos-Elorduy J, González EA, Hernández AR, Pino JM 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. J Econ Ent, 95:214-220.
- Ratcliffe N, Azambuja P, Mello CB 2014. Recent Advances in Developing Insect Natural Products as Potential Modern Day Medicines. Evid. Based Complement. Alternat Med, 2014:904958, pp.21.
- Razdan A, Pettersson D 1994. Effect of Chitin and Chitosan on Nutrient Digestibility and Plasma Lipid Concentrations in Broiler Chickens. Br J Nutr, 72:277-288.
- Razdan A, Petterson D, Petterson J 1997. Broiler Chicken Body Weights, Feed Intakes, Plasma Lipid and Small-intestinal Bile Acid Concentrations in Response to Feeding of Chitosan and Pectin. Br J Nutr, 78:283-291.
- Sawayanagi Y, Nambu N, Nagay T 1982. Directly Compressed Tablets Containing Chitin or Chitosan in Addition to Lactose or Potato Starch. Chem Pharm Bull, 30(8):2935-2940.
- Schiavone A, Cullere M, De Marco M, Meneguz M, Biasato I, Bergagna S, Dezzutto D, Gai F, Dabbou S, Gasco L, Dalle Zotte A 2017. Partial or Total Replacement of Soybean Oil by Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) Fat in Broiler Diets: Effect on Growth Performances, Feed-choice, Blood Traits, Carcass Characteristics and Meat Quality. Ital J Anim Sci, 16(1):93-100.
- Sealey WM, Gaylord TG, Barrows FT, Tomberlin JK, McGuire MA, Ross C, St-Hilaire S 2011. Sensory Analysis of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Fed Enriched Black Soldier Fly Prepupae, *Hermetia illucens*. JWS, 42:34-45.
- Sheppard DC 1983. House Fly and Lesser Fly Control Utilizing the Black Soldier Fly in Manure Management Systems for Caged Laying Hens. Environ Entomol, 12:1439-1442.
- Sheppard C, Newton GL, Thompson SA, Savage S 1995. A Value Added Manure Management System Using the Black Soldier Fly. Bioresource Technol, 50:275-279.
- Sheppard DC, Newton GL, Thompson SA 1994. A Value Added Manure Management System Using the Black Soldier Fly. Bioresource Technol, 50:275-279.
- Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM 2002. Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). J Med Entomol, 39(4):695-698.
- Sheppard DC, Newton GL, Davis J, Gascho G, Thompson S, Savage S, Bramwell K 1998. Using Soldier Flies as a Manure Management Tool for Volume Reduction, House Fly Control and Feedstuff Production (AS 93-9 and LS 93-5). Southern Regional SARE Program
- Sprangers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Olyn A, Deboosere S, De Meulenaer B, Michiels J, Eeckhout M, De Clercq P, De Smet S 2016. Nutritional Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Prepupae Reared on Different Organic Waste Substrates. Sci Food Agric, www.soci.org. Erişim tarihi: 10.03.2017.

- St-Hilaire S, McGuire MA, Tomberlin JK, Cranfill K, Mosley EE, Newton L, Sealey W, Irving S, Sheppard C 2007. Fish Offal Recycling by the Black Soldier Fly Produces a Foodstuff High in Omega-3 fatty Acids. *Journal of World Aquaculture*, 38(2):309-313.
- Surendra KC, Olivier R, Tomberlin JK, Jha R, Khanal SK 2016. Bioconversion of Organic Wastes into Biodiesel and Animal Feed via Insect Farming. *Renew Energy*, 98:197-202.
- Suzuki M, Fujimoto W, Goto M, Morimatsu M, Syuto B, Toshihiko I 2002. Cellular Expression of Gut Chitinase mRNA in the Gastrointestinal Tract of Mice and Chickens. *J Histochem Cytochem*, 50:1081-1089.
- Świątkiewicz S, Świątkiewicz M, Arczewska-Włosek A, Józefiak D 2015. Chitosan and its Oligosaccharide Derivatives (chito-oligosaccharides) as Feed Supplements in Poultry and Swine Nutrition. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 99:1-12.
- Tanaka Y, Tanioka S, Tanaka M, Tanigawa T, Kitamura Y, Minami S, Okamoto Y, Miyashita M, Nanno M 1997. Effects of Chitin and on BALB/c Mice by Parenteral Administration Chitosan Particles Oral and Parenteral Administration. *Biomaterials*, 18(8):591-595.
- Taskin M, Tasar GE, Incekara U 2012. Citric acid production from *Aspergillus niger* MT-4 using hydrolysate extract of the insect *Locusta migratoria*. *Toxicology and Industrial Health* 29(5): 426-434.
- Téguia A, Mpoam M, Okourou Mba JA 2002. The Production Performance of Broiler Birds as Affected by the Replacement of Fish Meal by Maggot Meal in the Starter and Finisher Diets. *Tropicult*, 20:187-192.
- Tomberlin JK, Adler PH, Myers HM 2009. Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in Relation to Temperature. *Environ Entomol*, 38(3):930-934.
- Tomberlin JK, Sheppard DC 2001. Lekking Behavior of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). *Florida Entomologist*, 84(4):729-730.
- Tomberlin JK, Sheppard DC 2002. Factors Influencing Mating and Oviposition of Black Soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a Colony. *J Entomol Sci*, 37:345-352.
- Tomberlin JK, Sheppard DC, Joyce JA 2002. Selected Life-history Traits of Black Soldier Flies (Diptera:Stratiomyidae) Reared on three Artificial Diets. *Ann Entomol Soc Am*, 95:379-386.
- Tomberlin JK, van Huis A, Benbow ME, Jordan H, Astuti DA, Azzollini D, Banks I, Bava V ve ark., 2015. Protecting the Environment Through Insect Farming as a Means to Produce Protein for Use as Livestock, Poultry, and Aquaculture Feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4):307-309.
- Tschirner M, 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.
- Üstüner T, Hasbenli A, Rozkošný R 2003. The First Record of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera, Stratiomyidae) from the Near East. *Studia Dipterologica*, 10(1):181-185.
- Van Broekhoven S, Oonincx DGAB, Van Huis A, Van Loon JJA 2015. Growth Performance and Feed Conversion Efficiency of three Edible 4 Mealworm Species (*Coleoptera: Tenebrionidae*) on Diets Composed of 5 organic by-Products. *J Insect Physiol*, 73:1-10.
- Van Huis A, Dicke M, van Loon JJA 2015. Insects to Feed the World. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1):3-5.
- Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P 2013. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed security, *FAO Forestry Paper* 171, 187 pp.
- Veldkamp T, Bosch G 2015. Insects: a Protein-rich Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets. *Animal Frontiers*, 5(2):45-50.
- Veldkamp T, van Duinkerken G, van Huis A, Lakemond CMM, Ottevanger E, Bosch G, van Boekel MAJS 2012. Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets - a Feasibility Study. Report 638. Wageningen UR Livestock Research P.O. Box 65, 8200 AB Lelystad. pp.49.
- Wasko A, Bulak P, Polak-Berecka M, Nowak K, Polakowski C, Bieganski A 2016. The First Report of the Physicochemical Structure of Chitin Isolated from *Hermetia illucens*. *Int J Biol Macromol*, 92:316-320.
- Winfield MD, Groisman EA 2003. Role of Nonhost Environments in the Lifestyles of *Salmonella* and *Escherichia coli*. *Appl Environ Microbiol*, 69:3687-3694.
- Yu G, Cheng P, Chen Y, Li Y, Yang Z, Chen Y, Tomberlin JK 2011. Inoculating Poultry Manure with Companion Bacteria Influences Growth and Development of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Environ Entomol*, 40(1):30-35.
- Žáková M, Borkovcová M 2013. *Hermetia illucens* Application in Management of Selected Types of Organic Waste. *Electronic International Interdisciplinary Conference*, September, 2.-6.2013

Zhang J, Huang L, He J, Tomberlin JK, Li J, Lei C, Sun M, Liu Z, Yu Z 2010. An Artificial Light Source Influences Mating and Oviposition of Black Soldier flies, *Hermetia illucens*. J Insect Sci, 10:1-7.

Zheng L, Li Q, Zhang J, Yu Z 2012. Double the Biodiesel Yield: Rearing Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia illucens*, on Solid Residual Fraction of Restaurant Waste After Grease Extraction for Biodiesel Production. Renew Energy, 41:75-79.