

Siyah Asker Sineğinin (*Hermetia illucens* L.) Yem Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi

Uğur SEVİLMİŞ¹, Seyithan SEYDOŞOĞLU², Tugay AYAŞAN^{3*}, Emin BİLGİLİ¹, Deniz SEVİLMİŞ⁴

ÖZET: Gıda, yem ve yakıtta sürekli artan talebin karşılanması ve atıkların, özellikle de organik atıkların yönetilmesi büyük bir küresel problem haline gelmiştir. Mevcut organik atık yönetimi uygulamaları olan anaerobik sindirim, toprak dolgusu, atık arıtma ve kompostlama teknikleri sadece masraflı değil aynı zamanda yeraltı ve yüzey suyu kirliliği ve sera gazı emisyonları oluşturduklarından çevreye olumsuz etkilere de sahiptir. Böcekler, yüksek yağ içeriği, kısa ömür döngüleri ve yüksek üreme hızları nedeniyle biyodizel üretimi için hammadde kaynağı olarak büyük ilgi görmektedir. Ayrıca, yağ ekstraksiyonundan sonra hücre döküntüleri, suda yaşayan hayvanların, kümes hayvanlarının ve çiftlik hayvanlarının yetiştirilmesi için yüksek proteinli bir yem olarak kullanılabilir. Diptera takımına ve Stratiomyidae familyasına ait bir böcek olan Siyah Asker Sineği, (BSF) (*Hermetia illucens*), gıda ile rekabet etmeden, organik atıklar içindeki çoğu besin ve enerjiyi BSF biokütlesine dönüştürme potansiyeline sahiptir. Yeryüzünde atıkları, BSF'den daha hızlı ve verimli bir şekilde tüketebilecek hiçbir canlı olmadığını gösterilmiştir. Bu derlemede, BSF larva küspesi ile ağırlıklı olarak tavuk ve balık besleme konusunda yapılmış uluslararası çalışmalar bir araya getirilmiştir. Siyah asker sineği ile büyükbaş ve küçükbaş hayvan besleme konusunda ise dünyada erişilebilir çalışma olmamasına rağmen bazı memelilerde çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca BSF dışındaki diğer böcekleri içeren memeli besleme çalışmaları da bu konuda yapılabilecek çalışmalara temel sağlayabilecek düzeydedir.

Anahtar Kelimeler: Siyah asker sineği, larva, küspe, hayvan besleme

Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) as a Feed Source

ABSTRACT: Meeting the increasing demand for food, feed and fuel and managing waste, especially organic waste, has become a major global problem. Existing management practices for organic wastes like anaerobic digestion, landfill, waste treatment and composting techniques are not only costly, but also have negative impacts on the environment as they generate ground and surface water pollution and greenhouse gas emissions. Insects have attracted great attention in recent years as a source of raw materials for biodiesel production due to their high fat content, short life cycles and high reproduction rates. In addition, cell debris after oil extraction can be used as a high protein feed for the rearing of aquatic animals, poultry and livestock. The Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*), an insect belonging to the order Diptera and the family Stratiomyidae, has the potential to convert most nutrients and energy from organic waste into BSF biomass without competing with human food. It has been shown that there are no living things on earth that can consume wastes faster and more efficiently than BSF. In this article, it is aimed to review international studies on feeding with BSF larvae meal especially chicken and fish. Although there are no accessible studies in the world about feeding cattle and sheeps with black soldier flies, some different mammals have been studied. In addition, mammal feeding studies including insects other than BSF are at a level that can provide the basis for the studies that can be conducted in this field.

Keywords: Black soldier fly, larvae, meal, animal feeding

¹ Uğur SEVİLMİŞ (Orcid ID: 0000-0003-3820-8387), Emin BİLGİLİ (Orcid ID: 0000-0002-4191-0540), Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana, Türkiye

² Seyithan SEYDOŞOĞLU (Orcid ID: 0000-0002-3711-3733), Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye

³ Tugay AYAŞAN (Orcid ID: 0000-0001-7397-6483), Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Osmaniye, Türkiye

⁴ Deniz SEVİLMİŞ (Orcid ID: 0000-0003-3030-3160), Osmaniye Yağlı Tohumlar Araştırma Enstitüsü, Osmaniye, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Tugay AYAŞAN, e-mail: tayasan@gmail.com

GİRİŞ

İnsan nüfusundaki artış, protein talebinde bir artışa ve bunun sonucunda da protein bakımından zengin olan çiftlik hayvanlarında üretimin artmasına neden olmuştur (Herrero ve ark., 2015; Mottet ve ark., 2017; Tallentire ve ark., 2018). Hayvan beslenmesinde yaygın olarak kullanılan protein kaynakları, insan beslenmesi ile doğrudan ve dolaylı olarak rekabet eden balık kaynaklı ve bitkisel kaynaklı protein kaynaklarını da içermektedir (Shewry ve Halford, 2002; Van Der Spiegel ve ark., 2013). Akua kültür balıklarının çoğu akua yem kullanılarak üretilmekte ve etçil balık türlerinin yoğun akua kültür üretiminde, ana yem bileşenleri olarak yüksek kalitede balık unu (BU) ve balık yağı kullanılmaktadır (Oliva-Teles ve ark., 2015).

Dünyada bilinen bütün canlıların yarısını oluşturan 10 milyondan fazla böcek türü tespit edilmiştir. Bunlar arasında yaklaşık 1.500 böcek türünün insanlar ve hayvanlar için bir protein kaynağı olduğu tahmin edilmektedir (Ng ve ark., 2001). Böcekler, yüksek üreme kabiliyeti, yüksek yem dönüşüm oranı, düşük yem maliyeti ve kolay yetiştirme gibi çeşitli fizyolojik özelliklere sahiptirler. Ayrıca böcekler, antimikrobiyal peptitler üretebilme yeteneği gelişmiş canlılardır (Ratcliffe ve ark., 2014).

Pastor ve ark. (2015), sinek türlerinin organik atıkları yüksek proteinli yemlere dönüştürmek için uygunluğunu incelemişler ve Diptera, Muscidae, Stratiomyidae, Calliphoridae, Sarcophagidae ve Syrphidae'lerin göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmişlerdir. Ev sineği küspesi, doğrudan %50:50 balık unu ve soya küspesi karışımıyla karşılaştırılırsa, toprak kullanımı %98, küresel ısınma potansiyeli %61, enerji kullanımı da %38 azalmaktadır (Van Zanten ve ark., 2015).

Kara ve suda yaşayan hayvanlar için yem maddesi olarak böceklere olan ilgi her yıl artmaya devam etmekte olup, konuyla ilgili artan sayıda yeni bilimsel makale yayınlanmaktadır (Magalhães ve ark., 2017; Dumas ve ark., 2018; Vargás-Abúndez ve ark., 2018). Böcekler, az yer

gereksinimi ile birim alanda yüksek yoğunlukta yetiştirilmekte olup biyolojik dönüşüm oranları da yüksektir (Ooninx ve de Boer, 2012). Bu nedenle, atık yönetiminde sinek larvalarının kullanımı ilgi çekmeye başlamıştır (Čičková ve ark., 2015; Pastor ve ark., 2015).

En fazla dikkat çeken türlerden biri, poliphagous larvalarının (BSFL) insan dışkısı ile beslenip geliştiği bilinen siyah asker sineği (SAS), *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) 'dır (Banks ve ark., 2014). Bu türün özellikle ilgi çekici olmasının bir nedeni, ergin sineğin beslenmemesi ve dolayısıyla hastalık bulaştırıcı bir vektör olmamasıdır (Sheppard ve ark., 2002). Diğer bir nedeni de, larvaların son aşamasında beslenmeyi bıraktıklarından, diğer sinek larvalarından daha fazla yağ barındırmalarıdır (Čičková ve ark., 2015).

Siyah asker sineği (SAS), tropik ve ılıman bölgelere özgüdür (James, 1935). Siyah Asker Sineği, meyveler ve sebzelerden hayvan kalıntılarına ve gübreye kadar geniş bir yelpazede organik madde tüketebilen büyük (13-20 mm) larvalara sahiptir (May, 1961). Siyah Asker Sineği erginleri beslenme davranışı göstermediğinden, larva aşamasındayken büyük bir yağ kütleli biriktirmektedir. Larva aşamasında Siyah Asker Sineği, beslendiği gübre atığını %50'ye kadar azaltabilmektedir (Sheppard ve ark., 1994). Atık tüketen pek çok zararlıdan farklı olarak, Siyah Asker Sineği larvaları bakteri veya hastalık taşımazlar ve *Escherichia coli* ve *Salmonella*'yı etkisiz hale getirebilirler (Erickson ve ark., 2004).

Siyah Asker Sineği, *Hermetia* gibi böcekler, ortalama % 42-43 ham protein, % 33 yağ, demir ve çinko gibi mikro besin maddelerini içeren yüksek kaliteli besin maddelerini toplarken; umut verici besin geri kazanma alternatiflerini sunmaktadır (Rumpold ve Schlüter, 2013; Sprangers ve ark., 2017). Siyah Asker Sineğinin larvaları yüksek miktarda protein (%40 kuru madde bazında) içermekle beraber dengeli bir esansiyel amino asit (AA) profiline

sahiptirler (Liland ve ark., 2017; Wang ve Shelomi, 2017). Yağ bakımından, özellikle de orta zincirli yağ asitleri 12: 0 laurik asit bakımından zengin olan doymuş yağ asitlerine sahiptirler (Sealey ve ark., 2011). Çalışmalar, Siyah Asker Sineği prepupa'sının, birçok hayvan türü için kabul edilebilir bir besin olduğunu göstermiştir (Newton ve ark., 1977; Bondari ve Sheppard, 1981).

Böceklerin beslenme durumu, türe ve beslendiği materyale bağlı olarak değişmektedir (Tschirner ve Simon, 2015; Meneguz ve ark., 2018). Siyah Asker Sineği larvalarının doğal yemleri, hayvan gübrelere, insan dışkıları, meyve ve sebze atıkları ve leş gibi ürünleri içermektedir (Rozkosny, 1983; Schremmer, 1984). Siyah Asker Sineği bu biyo atıkları tüketmekte, larva biyokütlesine dönüştürmekte ve olgunlaşmamış kompost ile benzer özelliklere sahip tortuyu geride bırakmaktadır (Xiao ve ark., 2018).

Siyah Asker Sineği, biyokütlesi % 32-58 protein ve % 15-39 yağ (kuru madde bazında) içerir ki bu nedenle evcil hayvanlar için (Bosch ve ark., 2014) ve hayvancılıkta (örneğin kümes hayvanları ve balık) yem üretimi (Makkar ve ark., 2014; Barragan-Fonseca ve ark., 2017) ve biyoyakıtlar açısından değerlidir (Zheng ve ark., 2012; Leong ve ark., 2016).

Yağın kısmi olarak alınmasından sonra Siyah Asker Sineği, %55-65'lik bir protein içeriğine (kuru maddede) sahip olur (Surendra ve ark., 2016). Siyah Asker Sineğindeki lorik asit, antimikrobiyal peptitler ve kitin, larva biyokütlesini daha da üstün bir yem bileşeni yapma potansiyeline sahiptir (Gasco ve ark., 2018). Bazı ülkeler (örneğin, AB, ABD, Kanada, Meksika, Avustralya, Çin, Güney Afrika, Kenya, Uganda) belirli koşullar altında yem üretimi için Siyah Asker Sineği kullanımına izin vermeye başlamıştır (EC, 2017, KEBS, 2017, Ugandan Standards Bureau (UNBS), 2017).

Mevcut Siyah Asker Sineği, biyolojik atık işleme tesisleri, yüksek işleme performansı ile günde birkaç ton ile birkaç yüz ton biyolojik atığı işleyebildiklerinden finansal olarak sürdürülebilir

durumdadırlar (Diener ve ark., 2015). Diener ve ark. (2009), günde larva başına 100-125 mg beslenme oranlarını önermektedir (% 60 nem içeriğiyle). Yetişkin SAS, hayatta kalmak için yiyeceğe ihtiyaç duymaz, ancak bir su kaynağı sağlandığında daha uzun süre yaşadıkları tespit edilmiştir (Tomberlin ve ark., 2002).

H. illucens larvalarının kümes hayvanlarında ve balık yemlerinde balık unu veya soya fasulyesine alternatif olarak kullanımı birçok araştırmacı tarafından önerilmektedir (Makkar ve ark., 2014; Veldkamp ve Bosch, 2015; Renna ve ark., 2017). *H. illucens*'in larvaları, organik atıkları, yüksek larva ağırlığı ile organik katı maddenin indirgenmesi arasındaki dengeyi yaklaşık %42-56'ya kadarki seviyede sağlayarak faydalı besin maddelerine dönüştürebilmektedir (Diener ve ark., 2009). *H. illucens*'in larvaları ayrıca organik atıklardaki mikroflorayı modifiye ederek istenmeyen bakterilerin oluşumunu veya miktarını azaltmaktadır (Yu ve ark., 2011). Larva yem kalitesinin, böceklerin kitlesel olarak yetiştirilmesinde önemli derecede etkili olduğu bilinmektedir. Çünkü ergin dişilerde daha büyük yumurtalıklar olduğundan küçük dişilerden daha fazla yumurta bırakırlar (Gobbi ve ark., 2013). Bu nedenle, larva yemi kalitesi ve beslenmesi çok önemlidir (Moreau ve ark., 2006).

Balık Yemi Olarak Siyah Asker Sineği

H. illucens larvaları, balık yemine çok benzeyen bir amino asit profiline sahiptir (Elwert ve ark., 2010; Tschirner ve Simon, 2015). Bu durum onları, omnivor balık yetiştiriciliğinde pahalı balık ununa ideal bir alternatif haline getirmektedir. Yetişkin sinekler rahatsız edici bir tür veya mekanik bir hastalık vektörü değildir (Dobermann ve ark., 2019). Küresel balık üretiminin yaklaşık üçte biri doğrudan tüketilmek yerine, hayvansal üretimde yemlerde kullanılmak üzere balık yağı ve balık ununa işlenmektedir (Tveterås ve Tveterås, 2010). Siyah Asker Sineği larvalarının yem katkı maddesi olarak incelenmesi ve endüstriyel ölçekte üretimi son birkaç yılda yoğunlaşmıştır (Wang ve Shelomi,

2017). *H. illucens*'in larvaları, prepupaları ve pupaları başarıyla balık beslemede kullanılmıştır (Bondari ve Sheppard, 1981; Sealey ve ark., 2011; Kroeckel ve ark., 2012; Stankus, 2013; Stamer ve ark., 2014; Barroso ve ark., 2014; Webster ve ark., 2016). Araştırmacılar balık unu ile karşılaştırıldığında, larva küspesinin belirli oranlarda yeme katıldığında, gruplar arasında değişiklik olmadığını göstermiştir.

Siyah Asker Sineği larvaları veya pupa öncesi aşamadaki böcek küspesi, bir dizi su ürünleri türünün yemlerinde başarıyla kullanılmıştır. Bunlar arasında kanal yayın balığı (*Ictalurus punctatus*), mavi tilapia (*Oreochromis aureus*) (Bondari ve Sheppard, 1987), gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Sealey ve ark., 2011), turbot (*Psetta maxima*) (Kroeckel ve ark., 2012) ve Atlantik somon balığı (*Salmo salar*) (Lock ve ark., 2014) sayılabilir.

Lock ve ark. (2014) Atlantik somonu yemlerine balık unu yerine, siyah asker sineğinin farklı oranlarda (%25, 50 ve 100) yeme katılmasının yemden yararlanma oranında artış sağladığını ifade etmişlerdir.

Akvaryum balıklarında siyah asker sineği larva ununun balık unu ile ikame edilmesinin büyüme veya performans üzerindeki etkisi bazı balık besleme denemelerinde başarılı bulunmuştur (Lock ve ark., 2016; Magalhães ve ark., 2017; Dumas ve ark., 2018). Siyah asker sineği küspesi, Afrika yayın balığı (*Clarias gariepinus*) ve kanal yayın balığı (*Ictalurus punctatus*) gibi diğer birçok balık türü için uygun bir protein kaynağıdır (Anvo ve ark., 2016).

Bondari ve Sheppard (1981), Siyah asker sineği larvalarını tilapiya ve kanal yayın balığı yemlerinde yem maddesi olarak kullandıkları çalışmalarında, balığın bütün larvaları tüketmeyi reddettiğini, ancak ezildiğinde her iki balık türünün de beslemeye devam ettiğini görmüşlerdir. Büyüme, aroma ve balığın dokusunda önemli bir farklılığın oluşmadığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar siyah asker sineği larvalarının, % 100 olarak ikame edilmesinin, kanal yayın balığı ve tilapiada olumsuz bir etki

yaratmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, gökkuşacağı alabalığı sekiz hafta boyunca pupa öncesi aşamada %50 siyah asker sinek küspesi ile beslenmiş, bunun balık büyümesi üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır. Ayrıca, balık filetosu duyuşsal tekniklerle kalite açısından test edilmiş ve kontrol grubunun yemiyle beslenen balıklarla karşılaştırıldığında önemli bir farklılık bulunmamıştır (Sealey ve ark., 2011).

H. Illucens'ın yeme yüksek oranda katılması, kanal yayın balığı, *Ictalurus punctatus*, gökkuşacağı alabalığı ve kalkanın büyüme performansını düşürmüştür (Kroeckel ve ark., 2012). Somon balığında, yeme *H. illucens* unu katkısının maksimum %25 olmasına izin verilmektedir (Lock ve ark., 2016).

Kanatlı Yemi Olarak Siyah Asker Sineği

Yumurta, ucuz ve yüksek kaliteli protein, temel vitamin ve mineral kaynağıdır (Miranda ve ark., 2015). Tavukların uygun beslenmesi, optimum yumurta üretimi için bir ön koşuldur. Bilim adamlarının, yakın zamanda, kanatlılar için yenilikçi yem bileşeni olarak böcekleri mercak altına almaya başlamalarının sebebi, böceklerden türetilmiş iki ana ürünün (küspe ve yağ), geleneksel protein ve yağ kaynaklarına (soya fasulyesi unu, bitkisel yağların) ikame edilmesinin uygun olabileceğinin tespit edilmesi olmuştur (Bovera ve ark., 2015; De Marco ve ark., 2015; Biasato ve ark., 2016; Biasato ve ark., 2017; Schiavone ve ark., 2017a). Böcekler tavuklar ve diğer kanatlılar için giderek daha çekici hale gelen bir yem kaynağı durumundadır (Makkar ve ark., 2014; Biasato ve ark., 2016). Böcekler, esasen kümes hayvanları için doğal ortamda karşılaştıkları bir besin kaynağıdır. Güve (*Cirina forda*), siyah asker sineği (*Hermetia illucens*), ev sineği kurtçuğunun (*Tenebrio molitor*) yüksek besin değerine sahip olduğu ifade edilmiştir (Van Huis ve ark., 2013; Makkar ve ark., 2014). Bu nedenle Avrupa Komisyonu, yakın zamanda, işlenmiş hayvansal protein kaynaklarının kullanımını onaylamıştır. Avrupa Birliği Komisyonu, su ürünlerinde böceklerin kullanımını onaylarken (Yönetmelik 2017/893/

EC, 2017); kümes hayvanı yemlerinde kullanımını onaylamak için çalışmalar yürütülmektedir (Dabbou ve ark., 2018). Siyah asker sineği, soya fasulyesi unu gibi yemlerin yerine ikame edilebilir durumdadır (Newton ve ark., 2005a). Siyah asker sineği larvaları, protein bakımından soyadan zengin (%37 ila % 63) ve üstün bir amino asit profiline sahiptir (Barragan-Fonseca ve ark., 2017).

Cullere ve ark. (2018), 10 ila 28 günlük bıldırcın yemlerine %10 ila %15 oranında siyah asker sineği larva küspesinin dahil edilmesinin, soya fasulyesi unu ile beslenen bıldırcınlar ile karşılaştırıldığında, performans ve karkas özelliklerinin benzer olduğunu göstermiştir. Yeme siyah asker sineği küspesi dahil edilmesinin, tavukların kan profilini olumlu yönde etkilediği de bildirilmiştir (Marono ve ark., 2017). Karma yem protein seviyesi (Laudadio ve ark., 2012) ve kaynağının (Qaisrani ve ark., 2014) modifikasyonlarının, etlik piliçlerin bağırsak histomorfolojisini, besinlerin sindirim ve emilimini etkilediği de tespit edilmiştir (Wang ve Peng, 2008). Cutrignelli ve ark., (2018), yakın zamanda siyah asker sineği larva unu ile beslenen tavukların bağırsak morfometrisini araştırmış, böcek küspesi ile beslenen hayvanlar ile standart yemle beslenenler arasında önemli farklılıklar bulmuşlardır. Araştırmacılar siyah asker sineği gruplarının duodenumunda standart yemden daha yüksek villi yüksekliği tespit etmiştir. Brits (2017) Japon bıldırcınlarının (*Coturnix coturnix japonica*) % 50 siyah asker sineği ile

beslendiğinde daha yüksek yem tüketimi ve daha iyi bir yemden yararlanma oranı elde edildiğini saptamışlardır.

Yapılan bir çalışmada soya küspesinin siyah asker sineği larvalarından elde edilmiş küspe ile %100 oranında değiştirilmesinin, yem tüketimi ile yumurta tavuğu yavrularının verim performansını 24 ila 45 haftalıkken önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Marono ve ark., 2017). Araştırmacılar bu olumsuz etkiyi renge (koyu) ve böcek yeminin lezzetine bağlamışlardır.

Schiavone ve ark., (2017b), yağsız siyah asker sineği küspesinin broilerler için mükemmel bir metabolize edilebilir enerji ve sindirilebilir amino asit kaynağı olarak görülebileceğini tespit etmiştir. Marono ve ark. (2017), yağsız siyah asker sineği larva küspesinin, yem tüketimi ve yumurta üretiminde olumsuz etkiler görünse bile, tavuklarda daha iyi bir yemden yararlanma oranına yol açtığını bildirmişlerdir.

Diğer Hayvan Türlerinin Yemi Olarak Siyah Asker Sineği

Siyah asker sineği ile büyükbaş ve küçükbaş hayvan besleme konusunda erişilebilir çalışmaya rastlanmamasına rağmen domuzlarda çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca siyah asker sineği dışındaki diğer böcekleri içeren memeli hayvan besleme çalışmaları da bu konuda yapılabilecek çalışmalara temel sağlayabilecek düzeydedir. Bazı böcek türleriyle soya küspesinin besin içerikleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bazı böcek türleri ve soya küspesinin besin içerikleri

Parametreler	Çekirge küspesi ¹	İpekböceği tırtılı ²	Soya küspesi ³	Ev sineği pupası küspesi (kurutulmuş) ⁴	Siyah asker sineği prepupa küspesi (kurutulmuş) ⁵
Ham protein (%)	53.6	5.3	49.5	76.2	43.2
Ham yağ (%)	26.5	16.4	0.9	14.4	28.0
Ham selüloz (%)	9.2	10.9	7.9	15.7	-
Kül (%)	4.3	12.0	5.9	7.7	16.6
Lysin (%)	-	5.0	3.1	4.9	2.2
Metionin (%)	-	3.0	0.7	1.4	0.8
Treonin (%)	-	4.5	2.0	2.3	1.4
Ca (%)	-	1.0	0.3	0.5	5.4
P (%)	-	2.8	0.7	1.7	0.9

¹Hassan ve ark., (2009); ²Ijaiya ve Eko, (2009); ³National Research Council, (1994); ⁴Pieterse ve ark., (2014); ⁵Newton ve ark., (2005b)

Siyah asker sineği larva ununun, domuz yemlerinde özellikle amino asit, yağ ve Ca içerikleri nedeniyle değerli ve uygun bir bileşen olduğu tespit edilmiştir. Fakat larva küspesinin kül içeriği yüksek bulunmuştur. Larva küspesini içeren yemler, soyaya dayalı bir yem kadar lezzetli bulunmuştur. Kurutulmuş siyah asker sineği prepupa unu, erken süttan kesilmiş domuzlara ikame olarak (%0, 50 veya 100) verilmiş, sonuçta %50 oranında karıştırılmasının iyi performans gösterdiği görülmüştür. Yavru domuzlarda siyah asker sineği larvaları ve soya fasulyesinin küspesinin görünümü ve sindirilebilirliği benzer bulunmuştur (Newton ve ark., 1977).

İpekböceğinin yem olarak kullanımı durumunda yüksek yağ içeriğinden arındırılması gereklidir (Ioselevich ve ark., 2004). Yağsız ipekböceği ununun, Jersey buzağı için besi yemlerinde yer fıstığının %33'üne kadar güvenli olduğu gösterilmiştir. İpekböceği bazlı bir başka çalışmada, bu yemin protein sindirilebilirliğinin, yer fıstığı küspesinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Narang ve Lal., 1985). Arpa ve saman diyetiyle beslenen kuzularda farklı düzeylerde patates proteini ilavesinin (%75:25), yağsız ipekböceği unu ile ikame edilmesinin, azot ve enerji bakımından benzer artışlara neden olduğu ortaya konulmuştur (Ioselevich ve ark., 2004). Brezilya'da, büyüme performansında ve karkas özelliklerinde olumsuz bir etkisi olmayan, yağsız ipekböceği unu ile domuz yetiştiriciliğinde yeme soya ile %100'e varan ikameler uygun bulunmuştur. Yemde ikame oranı %50'den yüksek olduğunda, yem yüksek enerji yoğunluğuna veya daha düşük lezzetliliğe sahip olmuştur. Bununla birlikte, düşük alım daha iyi bir yemden yararlanma oranı ile telafî edilmiştir (Coll ve ark., 1992). Hindistan'da domuzlarının beslenmesinde ipekböceği unu kullanımının, karkas, et kalitesi ve kan parametrelerini değiştirmeden, balık unu yerine kullanılabilceği bulunmuştur (Medhi, 2011).

Rusya'da işlenmiş yabancı ev sineği larvaları ile yapılan bir besleme çalışmasında, bu yemin,

domuzların performansı ve sağlığı üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir (Bayadina ve Inkina, 1980). Ev sineği, bilinen bir patojen taşıyıcısıdır ve kurtçuk yeminin hayvan yemlerine dahil edilmesi, hastalıkların potansiyel yayılmasıyla ilgili endişelere yol açmaktadır.

SONUÇ

Siyah asker sineği larvalarından yağ ekstraksiyonu işlemi sonrası geriye kalan küspenin, tavuk ve balık beslemede kullanımı konusunda birçok olumlu araştırma mevcuttur. AB komisyonu da son yıllarda kademeli olarak böceklerin endüstriyel hayvan beslemesinde kullanımını onaylamaya başlamıştır. Bu konuda daha fazla çalışma yapılmasıyla gerek potansiyel faydalar, gerekse sınırlamalar konusunda daha detaylı sonuçlar elde edilebilecektir.

Büyük ve küçükbaş hayvan yemlerinde yüksek seviyelerde yağ bulunması, rumende lif sindiriminde ve optimum rumen fermantasyonunda olumsuz etki gösterebilir. Bu nedenle, siyah asker sineği larvalarının içerdiği önemli orandaki yağ izole edilerek biyodizel üretiminde kullanılabilir ve arta kalan küspe, ham protein açısından zengin, yem endüstrisinde paha biçilmez bir kaynak olarak yer bulabilir. Siyah asker sineği larva proteinlerinin in vivo sindirilebilirliği iyi düzeydedir. Böcekli yemler (siyah asker sineği larvaları gibi) yüksek düzeyde kül içerir ve bu nedenle özellikle tek mideli hayvanların yemlerine yüksek oranda katılmaları bazı olumsuz etkilere neden olabilir. Sığır ve koyun diyetlerinde siyah asker sineği çalışmaları yetersizdir ve rasyona girme oranlarını optimize etmek için düşük dozlu (<%7) çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Koyun ve büyükbaş hayvan beslemede kullanılacak siyah asker sineklerinin üretiminde mikrobiyal bulaşma ve ağır metal riskinin yüksek olduğu, insan ve hayvan dışkısı yerine bitkisel biyoatıkların (meyve, sebze ve hal artıkları gibi) kullanılması daha uygun olabilir.

Böceklerin yem veya besin bileşenleri olarak fonksiyonel özellikleri üzerine bir çalışma

mevcut değildir fakat böceklerin önemli antimikrobiyal peptitler üretim durumları avantaja dönüştürülebilir.

KAYNAKLAR

- Anvo MPM, Toguyéni A, Otchoumou AK, Zougrana-Kaboré CY, Kouamelan EP, 2016. Evaluation of *Cirina Butyrospermi* Caterpillar's Meal As An Alternative Protein Source in *Clarias Gariepinus* (Burchell, 1822) Larvae Feeding. *International Journal of Fisheries Aquatic Studies*, 4(6):88-94.
- Banks IJ, Gibson WT, Cameron MM, 2014. Growth Rates of Black Soldier Fly Larvae Fed on Fresh Human Faeces and Their Implication for Improving Sanitation. *Tropical Medicine and International Health*, 19(1):14-22.
- Barragan-Fonseca KB, Dicke M, Van Loon JJ, 2017. Nutritional Value of The Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens* L.) and Its Suitability As Animal Feed—A Review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2):105-120.
- Barroso FG, De Haro C, Sánchez-Muros MJ, Venegas E, Martínez-Sánchez A, Pérez-Bañón C, 2014. The Potential of Various Insect Species for Use As Food for Fish. *Aquaculture*, 422-423(1):193-201.
- Bayadina GV, Inkina ZG, 1980. Effect of Prolonged Use of House-Fly Larvae in The Diet of Sows and Their Offspring, on The Fattening and Meat Quality of The Young. *Nauchnye Trudy Novosibirskogo Sel'skokhozyaistvennogo Instituta*, 134: 52-59.
- Biasato I, De Marco M, Rotolo L, Renna M, Lussiana C, Dabbou S, Pozzo L, 2016. Effects of Dietary *Tenebrio Molitor* Meal Inclusion in free range Chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(6):1104-1112.
- Biasato I, Gasco L, De Marco M, Renna M, Rotolo L, Dabbou S, Cavallarin L, 2017. Effects of Yellow Mealworm Larvae (*Tenebrio Molitor*) Inclusion in Diets for Female Broiler Chickens: Implications for Animal Health and Gut Histology. *Animal Feed Science And Technology*, 234: 253-263.
- Bondari K, Sheppard DC, 1981. Soldier Fly Larvae As Feed in Commercial Fish Production. *Aquaculture*, 24:103-109.
- Bondari K, Sheppard DC, 1987. Soldier Fly, *Hermetia illucens* L. Larvae As Feed for Channel Catfish, *Ictalurus Punctatus* (Rafinesque), And Blue Tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquaculture Research*, 18(3):209-220.
- Bosch G, Zhang S, Oonincx DG, Hendriks WH, 2014. Protein Quality of Insects As Potential Ingredients for Dog and Cat Foods. *Journal Of Nutritional Science*, 25(3):29.
- Bovera F, Piccolo G, Gasco L, Marono S, Loponte R, Vassalotti G, Nizza A, 2015. Yellow Mealworm Larvae (*Tenebrio molitor*, L.) As A Possible Alternative to Soybean Meal in Broiler Diets. *British Poultry Science*, 56(5):569-575.
- Brits D, 2017. Improving Feeding Efficiencies of Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia Illucens* (L., 1758) (*Diptera: Stratiomyidae: Hermetiinae*) Through Manipulation of Feeding Conditions for Industrial Mass Rearing (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- Čičková H, Newton GL, Lacy RC, Kozánek M, 2015. The Use of Fly Larvae for Organic Waste Treatment. *Waste Management*, 35:68-80.
- Coll JFC, Crespi MPAL, Itagiba MGOR, Souza JCD, Gomes AVC, Donatti FC, 1992. Utilization of Silkworm Pupae Meal (*Bombyx mori* L.) As A Source of Protein in The Diet of Growing-Finishing Pigs. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 21:378-383.
- Cullere M, Tasoniero G, Giaccone V, Acuti G, Marangon A, Dalle Zotte A, 2018. Black Soldier Fly As Dietary Protein Source for Broiler Quails: Meat Proximate Composition, Fatty Acid And Amino Acid Profile, Oxidative Status And Sensory Traits. *Animal*, 12(3):640-647.
- Cutrignelli MI, Messina M, Tulli F, Randazzo B, Olivotto I, Gasco L, Bovera F, 2018. Evaluation of An Insect Meal of The Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) As Soybean Substitute: Intestinal Morphometry, Enzymatic And Microbial Activity In Laying Hens. *Research In Veterinary Science*, 117:209-215.
- Dabbou S, Gai F, Biasato I, Capucchio MT, Biasibetti E, Dezzutto D, Schiavone A, 2018. Black Soldier Fly Defatted Meal As A Dietary Protein Source for Broiler Chickens: Effects on Growth Performance, Blood Traits, Gut Morphology and Histological Features. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1):49.
- De Marco M, Martínez S, Hernandez F, Madrid J, Gai F, Rotolo L, Kovitvadhi 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. *Animal Feed Science and Technology*, 209: 211-218.
- Diener S, Lalander C, Zurbrügg C, Vinnerås B, 2015. Opportunities And Constraints for Medium-Scale Organic Waste Treatment with Fly Larvae Composting. in *Proceedings of the 15th International Waste Management And Landfill Symposium*, Cagliari, Sardinia, pp. 5-9.

- Diener S, Zurbrugg C, Tockner K, 2009. Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae: Establishing Optimal Feeding Rates. *Waste Management and Research*, 27(6):603-610.
- Dobermann D, Field LM, Michaelson LV, 2019. Using *Hermetia Illucens* to Process Ugandan Waragi Waste. *Journal of Cleaner Production*, 211: 303-308.
- Dumas A, Raggi T, Barkhouse J, Lewis E, Weltzien E, 2018. The Oil Fraction and Partially Defatted Meal of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia Illucens*) Affect Differently Growth Performance, Feed Efficiency, Nutrient Deposition, Blood Glucose And Lipid Digestibility of Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*). *Aquaculture*, 492: 24-34.
- Elwert C, Knips I, Katz P, 2010. A Novel Protein Source: Maggot Meal of The Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) in Broiler Feed. *Tagung Schweine-und Geflügelernährung*, 140-42.
- 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. *Journal Of Food Protection*, 67(4):685-690.
- European Commission (EC) 2017. Commission Regulation (EU) 2017/893: Amending Regulation No 999/2001 and No 142/2011. *Off. J. Eur. Union*.
- Gasco L, Finke M, Van Huis A, 2018. Can Diets Containing Insects Promote Animal Health? *Journal of Insects As Food And Feed*, 4(1):1-4.
- 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(3):461.
- Hassan AA, Sani I, Maiangwa MW, Rahman SA, 2009. The Effect of Replacing Graded Levels of Fishmeal with Grasshopper Meal in Broiler Starter Diet. *Pat*, 5(1):30-38.
- Herrero M, Wirsenius S, Henderson B, Rigolot C, Thornton P, Havlík P, Gerber PJ, 2015. Livestock and The Environment: What Have We Learned in The Past Decade?. *Annual Review of Environment and Resources*, 40:177-202.
- Ijaiya AT, Eko EO, 2009. Effect of Replacing Dietary Fish Meal With Silkworm (*Anaphe Infracta*) Caterpillar Meal on Performance, Carcass Characteristics and Haematological Parameters of Finishing Broiler Chicken. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(6):850-855.
- Ioselevich M, Steinga H, Rajamurodov Z, Drochner W, 2004. Nutritive Value of Silkworm Pupae for Ruminants. In *VDLUFA Kongress, Qualitätssicherung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen*, vol. 116.
- James MT, 1935. The Genus *Hermetia* in The United States (*Diptera: Stratiomyidae*). *Bull Brooklyn Entomol Soc*, 30(4):165-170.
- Kroeckel S, Harjes AG, 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*, 364:345-352.
- Laudadio V, Passantino L, Perillo A, Lopresti G, Passantino A, Khan RU, Tufarelli V, 2012. Productive Performance and Histological Features of Intestinal Mucosa of Broiler Chickens Fed Different Dietary Protein Levels. *Poultry Science*, 91(1): 265-270.
- Leong SY, Kutty SRM, Malakahmad A, Tan CK, 2016. Feasibility Study of Biodiesel Production Using Lipids of *Hermetia Illucens* Larva Fed with Organic Waste. *Waste Management*, 47: 84-90.
- Liland NS, Biancarosa I, Araujo P, Biemans D, Bruckner CG, Waagbø R, Lock EJ, 2017. Modulation of Nutrient Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Larvae by Feeding Seaweed-Enriched Media. *PloS one*, 12(8):0183188.
- Lock EJ, Arsiwalla T, Waagbø R, 2014. Insect Meal: A Promising Source Of Nutrients In The Diet of Atlantic Salmon (*Salmo Salar*). In *Abstract Book Conference Insects to Feed The World*. The Netherlands, 14-17 May 2014.
- Lock ER, Arsiwalla T, Waagbø R, 2016. Insect Larvae Meal As An Alternative Source of Nutrients in The Diet of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Postsmolt. *Aquaculture Nutrition*, 22(6):1202-1213.
- Magalhães R, Sánchez-López A, Leal RS, Martínez-Llorens S, Oliva-Teles A, Peres H, 2017. Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Pre-Pupae Meal As A Fish Meal Replacement in Diets for European Seabass (*Dicentrarchus Labrax*). *Aquaculture*, 476:79-85.
- Makkar HP, Tran G, Heuzé V, Ankers P, 2014. State-Of-The-Art On Use Of Insects As Animal Feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197:1-33.
- Marono S, Loponte R, Lombardi P, Vassalotti G, Pero ME, Russo F, Di Meo C, 2017. Productive Performance and Blood Profiles of Laying Hens Fed *Hermetia Illucens* Larvae Meal As Total Replacement of Soybean Meal From 24 to 45 Weeks of Age. *Poultry Science*, 96(6):1783-1790.
- May BM, 1961. The Occurrence in New Zealand and The Life-History of The Soldier Fly *Hermetia illucens* (L.) (*Diptera: Stratiomyidae*). *New Zealand Journal Science*, 4(5).

- Medhi D, 2011. Effects of Enzyme Supplemented Diet on Finishing Crossbred Pigs at Different Levels of Silk Worm Pupae Meal in Diet. *Indian Journal of Field Veterinarians*, 7(1).
- Meneguz M, Schiavone A, Gai F, Dama A, Lussiana C, Renna M, Gasco L, 2018. Effect of Rearing Substrate on Growth Performance, Waste Reduction Efficiency and Chemical Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98: 5776-5784.
- Miranda J, Anton X, Redondo-Valbuena C, Roca-Saavedra P, Rodriguez J, Lamas A, Cepeda A, 2015. Egg and Egg-Derived Foods: Effects on Human Health and Use As Functional Foods. *Nutrients*, 7(1):706-729.
- Moreau J, Benrey B, Thiéry D, 2006. Grape Variety Affects Larval Performance and Also Female Reproductive Performance of The European Grapevine Moth *Lobesia botrana* (*Lepidoptera: Tortricidae*). *Bulletin of Entomological Research*, 96(2):205-212.
- Mottet A, de Haan C, Falcucci A, Tempio G, Opio C, Gerber P, 2017. Livestock: On Our Plates or Eating at Our Table? A New Analysis of The Feed/Food Debate. *Global Food Security*, 14, 1-8.
- Narang MP, Lal R, 1985. Evaluation of Some Agro-Industrial Wastes In The Feed of Jersey Calves. *Agricultural Wastes*, 13(1):15-21.
- National Research Council, NRC 1994. Nutrient Requirements of Poultry 9th ed. National Academy Press. Washington, DC.
- Newton GL, Booram CV, Barker RW, Hale OM, 1977. Dried *Hermetia illucens* Larvae Meal As A Supplement for Swine. *Journal of Animal Science*, 44(3):395-400.
- Newton L, Sheppard C, Watson DW, Burtle G, Dove R, 2005a. Using the Black Soldier Fly, *Hermetia illucens*, As A Value-Added Tool for The Management of Swine Manure. *Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC*, 17.
- Newton GL, Sheppard DC, Watson DW, Burtle GJ, Dove CR, Tomberlin JK, Thelen EE, 2005b. 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*, pp. 5-7.
- Ng WK, Liew FL, Ang LP, Wong KW, 2001. Potential of Mealworm (*Tenebrio Molitor*) As An Alternative Protein Source in Practical Diets for African Catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture Research*, 32:273-280.
- Oliva-Teles A, Enes P, Peres H, 2015. Replacing Fishmeal And Fish Oil in Industrial Aquafeeds for Carnivorous Fish. In *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*, pp. 203-233. Woodhead Publishing.
- Oonincx DG, De Boer IJ, 2012. Environmental Impact of The Production of Mealworms As A Protein Source For Humans—A Life Cycle Assessment. *PloS one*, 7(12):51145.
- Pastor B, Velasquez Y, Gobbi P, 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.
- Pieterse E, Pretorius Q, Hoffman LC, Drew DW, 2014. The Carcass Quality, Meat Quality and Sensory Characteristics of Broilers Raised on Diets Containing Either *Musca domestica* Larvae Meal, Fish Meal or Soya Bean Meal As The Main Protein Source. *Animal Production Science*, 54(5):622-628.
- Qaisrani SN, Moquet PCA, Van Krimpen MM, Kwakkel RP, Verstegen MWA, Hendriks WH, 2014. Protein Source and Dietary Structure Influence Growth Performance, Gut Morphology, and Hindgut Fermentation Characteristics In Broilers. *Poultry Science*, 93(12):3053-3064.
- Ratcliffe, N., Azambuja, P., & Mello, C. B. (2014). Recent advances in developing insect natural products as potential modern day medicines. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 2014.
- Renna M, Schiavone A, Gai F, Dabbou S, Lussiana C, Malfatto V, De Marco M, 2017. Evaluation of The Suitability of A Partially Defatted Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) Larvae Meal As Ingredient for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss walbaum*) Diets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1):57.
- Rozkosný R, 1983. A Biosystematic Study of the European Stratiomyidae (Diptera): Volume 2-Clitelliariinae, Hermediinae, Pachygasterinae and Bibliography (Vol. 25). Springer Science & Business Media.
- Rumpold BA, Schlüter OK, 2013. Nutritional Composition and Safety Aspects of Edible Insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5):802-823.
- Schiavone A, Cullere M, De Marco M, Meneguz M, Biasato I, Bergagna S, Dalle Zotte A, 2017a. 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. *Italian Journal of Animal Science*, 16(1):93-100.
- Schiavone A, De Marco M, Martínez S, Dabbou S, Renna M, Madrid J, Gasco L, 2017b. Nutritional Value of A Partially Defatted and A Highly Defatted Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens* L.) Meal For Broiler Chickens: Apparent Nutrient Digestibility, Apparent Metabolizable Energy and Apparent Ileal Amino Acid Digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1):51.

- Schremmer F, 1984. Die Polymetabole Larval-Entwicklung Der Waffenfliegenart *Hermetia Illucens*.-Ein Beitrag Zur Metamorphose Der Stratiomyidae)/The Polymetabol Development of The Soldier Fly Larva *Hermetia Illucens*.-A Contribution To The Metamorphosis of The Stratiomyidae. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie B für Botanik und Zoologie, 405-429.
- Sealey WM, Gaylord TG, Barrows FT, Tomberlin JK, McGuire MA, Ross C, StHilaire S, 2011. Sensory Analysis of Rainbow Trout, *Oncorhynchus Mykiss*, Fed Enriched Black Soldier Fly Prepupae, *Hermetia Illucens*. Journal of the World Aquaculture Society, 42(1):34-45.
- Sheppard DC, Newton GL, Thompson SA, Savage S, 1994. A Value Added Manure Management System Using The Black Soldier Fly. Bioresource Technology, 50(3): 275-279.
- Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC, Sumner SM, 2002. Rearing Methods for The Black Soldier Fly (*Diptera: Stratiomyidae*). Journal of Medical Entomology, 39(4):695-698.
- Shewry PR, Halford NG, 2002. Cereal Seed Storage Proteins: Structures, Properties and Role in Grain Utilization. Journal of Experimental Botany, 53(370):947-958.
- Spranghers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Owyn A, Deboosere S, De Meulenaer B, De Smet S, 2017. Nutritional Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Prepupae Reared on Different Organic Waste Substrates. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(8):2594-2600.
- Stamer A, Wessels S, Neidigk R, Hoerstgen-Schwark G, 2014. Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Larvae-Meal As An Example for A New Feed Ingredients' Class in Aquaculture Diets. 4 th ISOFAR Scientific Conference. Building Organic Bridges, at the Organic World Congress 2014, 13 - 15 Oct. Istanbul, Turkey (eprint ID 24223).
- Stankus A, 2013. Integrating Biosystems To Foster Sustainable Aquaculture: Using Black Soldier Fly Larvae As Feed in Aquaponic Systems. <http://hdl.handle.net/10125/29693>.
- Surendra KC, Olivier R, Tomberlin JK, Jha R, Khanal SK, 2016. Bioconversion of Organic Wastes Into Biodiesel and Animal Feed Via Insect Farming. Renewable Energy, 98:197-202.
- Tallentire CW, Mackenzie SG, Kyriazakis I, 2018. Can Novel Ingredients Replace Soybeans and Reduce The Environmental Burdens of European Livestock Systems in The Future. Journal of Cleaner Production, 187: 338-347.
- Tomberlin JK, Sheppard DC, Joyce JA, 2002. Selected Life-History Traits of Black Soldier Flies (*Diptera: Stratiomyidae*) Reared on Three Artificial Diets. Annals of the Entomological Society of America, 95(3):379-386.
- 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.
- Tveterås S, Tveterås R, 2010. The Global Competition for Wild Fish Resources Between Livestock and Aquaculture. Journal of Agricultural Economics, 61(2):381-397.
- Ugandan Bureau of Standards (UNBS), 2017. Dried Insect Products For Compounding Animal Feeds – Specification. Kampala, Uganda. DUS 1712:2017.
- Van der Spiegel M, Noordam MY, Van der Fels-Klerx HJ, 2013. Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, And Rapeseed) And Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(6):662-678.
- Van Huis A, Van Itterbeek J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P, 2013. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. No. 171.
- Van Zanten HH, Mollenhorst H, Oonincx DG, Bikker P, Meerburg BG, de Boer IJ, 2015. From Environmental Nuisance to Environmental Opportunity: Housefly Larvae Convert Waste To Livestock Feed. Journal of Cleaner Production, 102: 362-369.
- Vargas-Abúndez AJ, Randazzo B, Foddai M, Sanchini L, Truzzi C, Giorgini E, Olivotto I, 2019. Insect Meal Based Diets for Clownfish: Biometric, Histological, Spectroscopic, Biochemical and Molecular Implications. Aquaculture, 498:1-11.
- Veldkamp T, Bosch G, 2015. Insects: A Protein-Rich Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets. Animal Frontiers, 5(2):45-50.
- Wang JX, Peng KM, 2008. Developmental Morphology Of The Small Intestine of African Ostrich Chicks. Poultry Science, 87(12):2629-2635.
- Wang YS, Shelomi M, 2017. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) As Animal Feed and Human Food. Foods, 6(10):91.

- Webster CD, Rawles SD, Koch JF, Thompson KR, Kobayashi Y, Gannam AL, Hyde N M, 2016. Reutilization of Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS) As A Substrate for Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia Illucens*, Along With Poultry Byproduct Meal and Soybean Meal, As Total Replacement of Fish Meal in Diets for Nile Tilapia, *Oreochromis Niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, 22(5):976-988.
- Xiao X, Mazza L, Yu Y, Cai M, Zheng L, Tomberlin JK, Zhang J, 2018. Efficient Co-Conversion Process of Chicken Manure into Protein Feed and Organic Fertilizer by *Hermetia Illucens* L. (*Diptera: Stratiomyidae*) Larvae and Functional Bacteria. *Journal of Environmental Management*, 217: 668-676.
- 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. *Environmental Entomology*, 40(1):30-35.
- Zheng L, Hou Y, Li W, Yang S, Li Q, Yu Z, 2012. Biodiesel Production From Rice Straw and Restaurant Waste Employing Black Soldier Fly Assisted by Microbes. *Energy*, 47(1):225-229.