

TỔNG QUAN VỀ ẤU TRÙNG RUỒI LÍNH ĐEN: TRIỂN VỌNG ĐA CHIỀU TRONG QUẢN LÝ CHẤT THẢI HỮU CƠ, NGUỒN THỨC ĂN CHO NGÀNH CHĂN NUÔI VÀ PHÂN BÓN CHO CÂY TRỒNG

Lưu Thị Thùy Linh, Nguyễn Thị Nhiên *

Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: ntnhien@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 18.10.2021

Ngày chấp nhận đăng: 01.03.2022

TÓM TẮT

Bối cảnh dịch COVID-19 diễn biến phức tạp đã làm ngành chăn nuôi Việt Nam chịu nhiều ảnh hưởng từ giá đầu ra của sản phẩm bị giảm mạnh, trong khi đó giá nguyên liệu đầu vào lại tăng cao gây nhiều khó khăn cho hoạt động tái sản xuất. Để giảm thiểu áp lực bền vững thì côn trùng hoặc ấu trùng của chúng có thể là nguồn đạm thay thế đầy hứa hẹn. Kết quả tổng hợp thông tin, số liệu từ các nghiên cứu trước cho thấy ấu trùng ruồi lính đen có khả năng chuyển đổi chất thải hữu cơ tạo nguồn đạm chất lượng cao, kiểm soát một số vi khuẩn và côn trùng gây hại, cung cấp các tiền chất hóa học tiềm năng để sản xuất dầu diesel sinh học và cung cấp nguồn dinh dưỡng giá trị cao sử dụng làm thức ăn chăn nuôi. Bằng phương pháp nghiên cứu tại bàn, bài tổng quan này nhằm cung cấp cái nhìn tổng quan về các đặc điểm sinh học của ruồi lính đen, vai trò của nó trong quản lý chất thải thân thiện với môi trường; tiềm năng trong chăn nuôi cá, gia cầm và các ngành sản xuất thức ăn chăn nuôi của Việt Nam, cũng như dịch thủy phân làm phân bón cho cây trồng.

Từ khóa: Ruồi lính đen, lợi ích, tiềm năng.

Black Soldier Fly Larvae: A Multidimensional Perspective Inmanagement of Organic Waste, Animal Feed and Crop Fertilizer

ABSTRACT

In the context of complicated developments of the COVID-19 epidemic, Vietnam's livestock industry is suffering a lot from the sharp drop in output prices of products, while input materials increase, causing many difficulties for reproduction. For sustainable stress reduction, insects or their larvae could be a promising alternative protein source. The results of synthesizing information and data from previous studies show that black soldier fly larvae have the ability to convert organic waste to create high-quality protein sources, control some harmful bacteria and insects, and provide healthy nutrients, provide potential chemical precursors to produce biodiesel and provide high-value nutrients for animal feed use. By desk research method, a synthetic approach was used in this review to provide an overview of the biology of the black soldier fly, its role in environmentally friendly management of waste, its potential for fish, poultry and animal feed industries of Vietnam as well as liquid fertiliser for crop production.

Keywords: Black soldier fly, organic waste management.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ảnh hưởng nặng nề do dịch COVID-19 đến mọi mặt của nền kinh tế trong đó có nông nghiệp là điều không thể phủ nhận. Sự thiếu hụt trong tương lai đối với ngô, gạo, lúa mì và đậu tương ước tính lần lượt là 67, 42, 38 và 55% (Ray & cs., 2013). Dân số suy dinh dưỡng tăng

khoảng 805 triệu ở các nước đang phát triển, điều này có thể dẫn đến nguy cơ bùng phát các bệnh địa phương, quốc gia và toàn cầu cao hơn (Tomberlin & cs., 2002). Vì vậy, việc tìm kiếm nguồn thức ăn và thức ăn mới có chứa nhiều đạm và các axit amin thiết yếu, axit béo và vi chất dinh dưỡng (canxi, sắt, kẽm) cho vật nuôi trở nên cấp thiết.

Tổng quan về ấu trùng ruồi lính đen: Triển vọng đa chiều trong quản lý chất thải hữu cơ, nguồn thức ăn cho ngành chăn nuôi và phân bón cho cây trồng

Ruồi lính đen (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758) thuộc họ ruồi đen (Stratiomyidae) có nguồn gốc ở vùng nhiệt đới, cận nhiệt đới và nơi có nhiệt độ ẩm thuộc châu Mỹ. Kể từ những năm 1940, cùng với sự phát triển giao thương giữa các nước mà loài ruồi lính đen này phân bố ở nhiều vùng trên trái đất (Makkar & cs., 2014).

Ấu trùng ruồi lính đen được coi là loài vô hại (Rozkosny, 1982). Ấu trùng đóng vai trò tương tự như giun quế, giúp phân hủy các chất hữu cơ, trả lại các chất dinh dưỡng về đất. Loài ruồi này không tìm cách vào nhà, quán ăn, mà chúng sống cách biệt với con người. Ruồi lính đen trưởng thành sống và đẻ trứng dựa vào lượng chất béo được tích tụ từ giai đoạn phát triển ấu trùng (Nagakura & cs., 1991). Đặc điểm sinh học này lý giải tại sao hầu như ít ai thấy ruồi lính đen tại Việt Nam ngay cả khi chúng hiện diện trong khu vực dân cư sinh sống, cả thành thị và nông thôn.

Ruồi lính đen đã được nghiên cứu về khả năng chuyển đổi chất thải hữu cơ tạo nguồn đạm chất lượng cao, kiểm soát một số vi khuẩn và côn trùng gây hại, cung cấp các tiền chất hóa học tiềm năng để sản xuất dầu diesel sinh học và cung cấp nguồn dinh dưỡng giá trị cao sử dụng làm thức ăn chăn nuôi (Tomberlin & cs., 2002). Giá trị dinh dưỡng của ấu trùng ruồi lính đen đã được thảo luận, cũng như ảnh hưởng của các yếu tố sinh học và phi sinh học lên cả thành phần cơ thể và hoạt động của ấu trùng.

Mục đích của bài viết này là làm sáng tỏ một số đặc điểm sinh học của ruồi lính đen, vai

trò của nó trong quản lý chất thải thân thiện với môi trường và tiềm năng của nó đối với một số động vật nuôi như cá, gia cầm... cũng như ngành sản xuất thức ăn chăn nuôi của Việt Nam.

2. MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM CƠ BẢN VỀ RUỒI LÍNH ĐEN

2.1. Đặc điểm hình thái

Ruồi lính đen thường có vẻ bên ngoài giống ong bắp cày về hình thái và cách vận động nhưng không cắn, chích. Ruồi lính đen trưởng thành dài khoảng 2-20mm. Do đó về mặt dịch tễ học, ruồi lính đen không là tác nhân gây bệnh trên người và động vật (Trần Tấn Việt, 2005). Phần đầu có hai râu nhỏ là cơ quan xúc giác cảm thụ mùi vị và giúp ruồi định hướng khi bay.

Ấu trùng ruồi lính đen có hình dạng như quả ngư lôi, phần đầu nhọn còn phần đuôi tù hơn, mặt dưới dẹt và phẳng hơn mặt trên. Cơ thể phân thành nhiều đốt nhỏ. Tuổi cuối, ấu trùng có thể dài tới 16-27mm và rộng 2,8-6,0mm (Rozkosny, 1982).

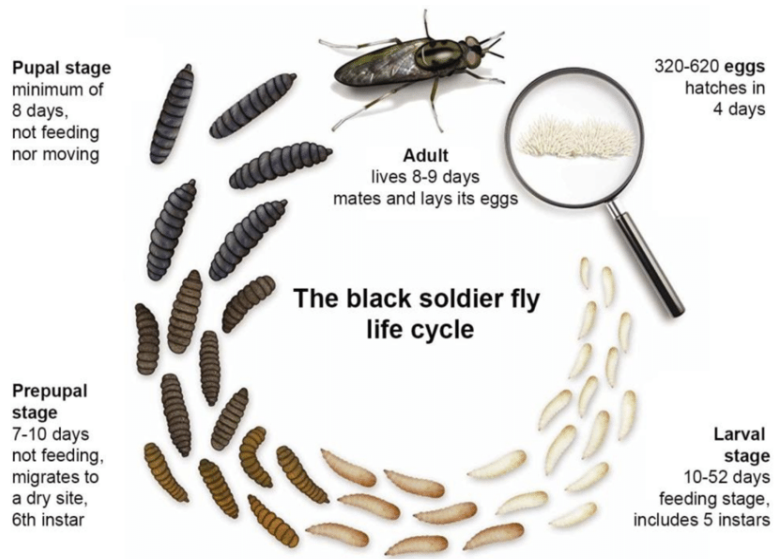
2.2. Đặc điểm sinh thái

Ruồi lính đen phát triển tốt trong khoảng nhiệt độ từ 20-28°C, ấu trùng ruồi lính đen sinh trưởng tốt trong khoảng 27,5-37,5°C tốt nhất là 32°C (Newton & cs., 1995).

Khoảng pH thích hợp cho ấu trùng ruồi lính đen phát triển là từ 6,8-8,2.



Hình 1. Ruồi lính đen trưởng thành



Nguồn: Larouche (2019).

Hình 2. Vòng đời của ruồi Lính đen

2.3. Đặc điểm dinh dưỡng

Ruồi lính đen đã được sử dụng như là tác nhân chu chuyển các chất hữu cơ có trong chăn nuôi (Sheppard & cs., 1994).

Ấu trùng ruồi lính đen có khả năng phân hủy phân gia súc, gia cầm, các dư thừa thực vật từ trang trại, sản phẩm tồn trữ bị loại thải, sản phẩm dư thừa từ quá trình chế biến thực phẩm, chất thải từ nhà hàng, nhà bếp (Newton & cs., 1995; Sheppard, 1983). Chúng có khả năng chuyển hóa lượng lớn chất thải sinh khối thành đạm dự trữ (trên 40%) và chất béo (30%).

2.4. Đặc điểm sinh sản

Ruồi lính đen sinh sản trên thực vật thối rữa và phân gia súc (Furman & cs., 1959). Ruồi lính đen đẻ trứng trong khe hở của những thanh gỗ, bìa carton với 205-820 trứng/ổ và cần 4-5 ngày để nở (Stephen, 1975). Hoạt động giao phối tập trung vào giữa ngày ở khoảng nhiệt độ 27°C. Trưởng thành con cái đẻ trứng tập trung vào buổi sáng đến giữa chiều khi nhiệt độ từ 27,5°C đến 37,5°C với độ ẩm 30-90%. Trong điều kiện bình thường, việc giao phối diễn ra chủ yếu vào buổi sáng, từ 8 giờ tới 13 giờ trưa, giảm dần khi cường độ ánh sáng tăng và ngừng khi cường độ ánh sáng đạt 200 μ mol-1m²s⁻¹ (Rozkosny, 1982).

2.5. Đặc điểm sinh trưởng

Vòng đời của ruồi lính đen có thể được chia thành năm giai đoạn: trứng, ấu trùng, tiền nhộng, nhộng và ruồi lính đen trưởng thành (Alvarez, 2012).

3. MÔ TẢ ĐẶC ĐIỂM SINH LÝ HÓA ẤU TRÙNG RUỒI LÍNH ĐEN

3.1. Đặc điểm tiêu hóa và sinh lý ruột của ấu trùng ruồi lính đen

Tương tự như các loài côn trùng và động vật có vú khác, ấu trùng ruồi ăn để lấy chất dinh dưỡng cho nhu cầu trao đổi chất của chúng (Cohen, 2005). Ấu trùng ruồi ăn qua miệng nằm ở đầu trước của chúng có hình bầu dục thuôn dài. Nghiên cứu hiện tại kết luận rằng ấu trùng ruồi ăn chất lỏng và chất rắn mà không xác định kích thước hạt tối đa (Brookes & Fraenkel, 1958; Oliveira & cs., 2015). Sau khi tiêu hóa, thức ăn sẽ đi qua ống thức ăn (thực quản) (Mumcuoglu & cs., 2001), van trung tâm có chức năng nghiền, rồi đi vào giữa ruột (Chapman, 2013). Phần giữa, được thể hiện trong Hình 3, là phần dài nhất và quan trọng nhất của đường tiêu hóa ấu trùng, để cảm nhận thức ăn, phân hủy và hấp thụ chất dinh dưỡng (Chapman,

2013; De Smet & cs., 2018; Luther, 1951). Haemolymph tương tự như máu ở động vật có xương sống và vận chuyển chất dinh dưỡng trong cơ thể ấu trùng (Chapman, 2013). Chất dinh dưỡng được lưu trữ trong cơ thể của ấu trùng, điều này rất quan trọng đối với sự tích tụ mỡ và kiểm soát sự trao đổi chất của ấu trùng (Chapman, 2013). Từ giai đoạn giữa, dinh dưỡng chuyển sang giai đoạn sau và ống malpighian. Các ống malpighian, nằm ở ngã ba giữa và sau được kết nối với haemolymph và rất quan trọng để duy trì cân bằng giữa các chất dinh dưỡng, nước và ion trong ấu trùng. Chúng trao đổi chất dinh dưỡng, ion, chất chứa nitơ (ví dụ như axit uric) và các chất thải chuyển hóa khác với haemolymph và ruột sau, vượt quá nhu cầu của ấu trùng (Chapman, 2013; Murakami và Shiotsuki, 2001). Các phân tử này và các thành phần không thể tiêu hóa trong khẩu phần ăn, men, chất chuyển hóa, vi khuẩn, đạm kháng khuẩn hoặc các thành phần thức ăn không được hấp thụ sẽ được bài tiết ra khỏi cơ thể (Chapman, 2013; Engel & Moran, 2013; Espinoza & Terra, 1987).

3.2. Môi trường ruột

Sinh lý tiêu hóa của ấu trùng ruồi cho thấy có cả phần hiếu khí và kỵ khí. Các lỗ hở ở phía trước và cuối của ấu trùng ruồi lính đen kết nối với hệ thống hô hấp của chúng và có thể cung cấp oxy (Rozkosny, 1983). Các cơ chế vận chuyển tích cực hoặc sự khuếch tán qua đường kính nhỏ của ruột giữa có thể cho phép cung cấp oxy vào ruột (Chapman, 2013). pH trong đường tiêu hóa của ấu trùng được đệm dọc theo chiều dài: phía trước ruột giữa là trung tính (pH = 7), phần giữa có tính axit (pH = 2) và phía sau là trung tính đến kiềm tính (pH = 6,3-9,3) (Espinoza & Terra, 1987; Shanbhag & Tripathi, 2009).

3.3. Men tiêu hóa đường ruột

Hầu hết các men tiêu hóa được tìm thấy ở bụng sau, điều này cho thấy đây là nơi chủ yếu diễn ra quá trình phân hủy thức ăn và hấp thụ chất dinh dưỡng. Các men bài tiết thay đổi tùy theo chế độ ăn, môi trường ruột (ví dụ: pH) và dọc theo ruột và các ngăn của nó (Espinoza & Terra, 1987). Các men quan trọng trong ấu

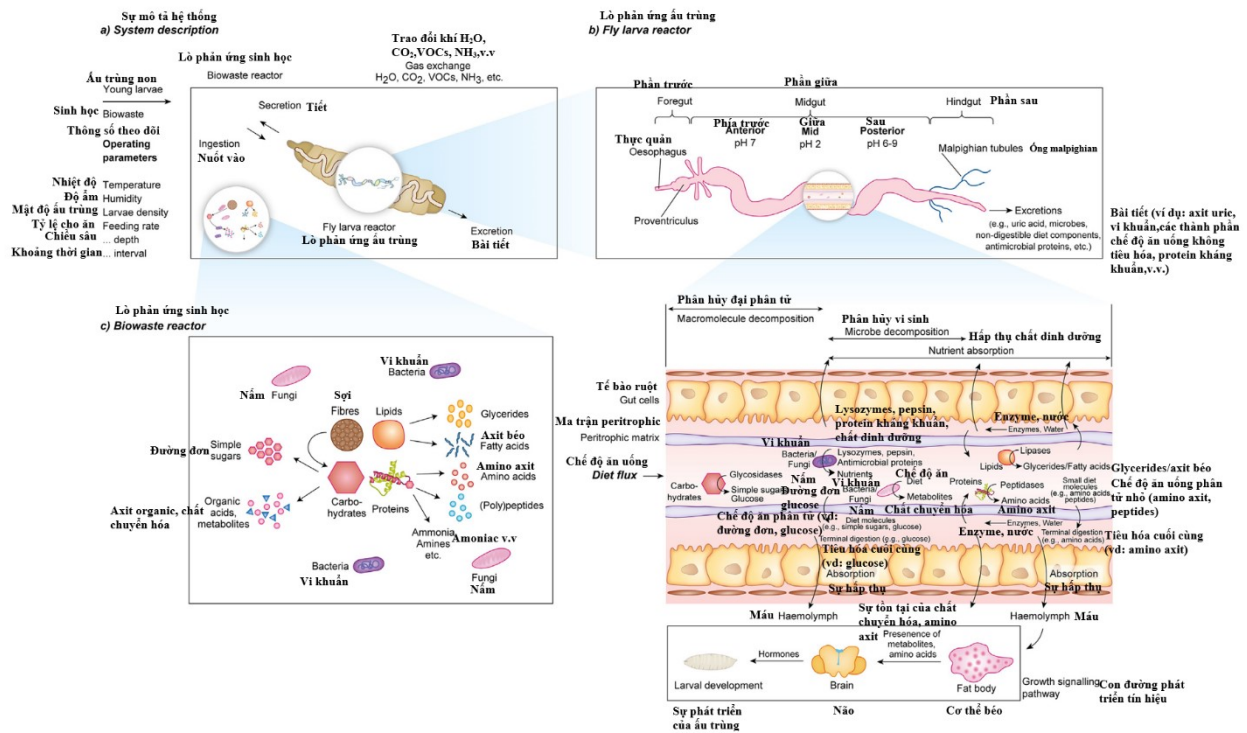
trùng ruồi để thủy phân các liên kết glycoside trong carbohydrate bao gồm amylase, maltase và glucosidase; liên kết peptide trong phân tử đạm gồm pepsin, trypsin, aminopeptidase và serine; và liên kết este trong mỡ gồm triacylglycerol lipase, phospholipase và phosphatases (Blahovec & cs., 2006; Kim & cs., 2011b; McDonald & cs., 2011; Zhang & cs., 2017). Ấu trùng ruồi cũng có một số lysozyme, chitinase và glucanase có thể tham gia vào quá trình phân hủy vi khuẩn (Fujita, 2004; Lemaitre & Miguel-Aliaga, 2013). Các men cytochrom P450 và glutathion S-transferase rất quan trọng đối với việc phân hủy độc tố nấm mốc hoặc thuốc diệt côn trùng (Cochrane & Leblanc, 1986; Fusetto & cs., 2017).

3.4. Vi khuẩn đường ruột

Vi khuẩn trong ruột ấu trùng ruồi có nhiều chức năng quan trọng đối với sự phát triển của ấu trùng (Douglas, 2010; Lemaitre & Miguel-Aliaga, 2013). Ấu trùng ruồi có thể sử dụng vi sinh vật như vi khuẩn và nấm để làm thức ăn cho chúng (Brookes & Fraenkel, 1958; Cohen, 2005; Lam & cs., 2009a).

Ấu trùng ruồi còn bài tiết pepsin và lysozyme vào ruột, các tế bào vi sinh vật sẽ được tiếp xúc với các men này ở pH axit sẽ phân hủy các vi sinh vật này để bài tiết các đạm có đặc tính kháng khuẩn như peptid kháng khuẩn, các men tạo oxy phản ứng (Choi & cs., 2012; Elhag & cs., 2017; Espinoza & Terra, 1987; Lemaitre & Miguel-Aliaga, 2013; Lemos & Terra, 1991b). Sự phân giải vi khuẩn và nấm ở ruột giữa sẽ giải phóng các chất dinh dưỡng được tạo ra và hấp thụ ở đoạn ruột sau.

Hoạt động phân hủy chất hữu cơ của vi khuẩn trong đường ruột ấu trùng ruồi dựa vào pH, men và đạm kháng khuẩn đã có thể giải thích sự bất hoạt có chọn lọc của một số vi khuẩn của ấu trùng ruồi. Thông qua việc sử dụng vi khuẩn huỳnh quang, người ta xác định được rằng có sự bất hoạt hoàn toàn của *Escherichia coli* và *Bacillus subtilis* ở đường ruột của ấu trùng ruồi lính đen (Lerch & cs., 2003; Mumcuoglu & cs., 2001), số lượng *E. coli*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella enterica* và UX174 giảm ở ấu trùng ruồi lính đen (Lalander & cs., 2014; Nordentoft & cs., 2017).



Nguồn: Gold & cs. (2018).

Hình 3. Hoạt động tiêu hóa trong đường ruột của ấu trùng ruồi lính đen

4. KHẢ NĂNG XỬ LÝ CHẤT THẢI HỮU CƠ CỦA RUỒI LÍNH ĐEN

Xử lý chất thải từ chăn nuôi gia súc gia cầm luôn là vấn đề được quan tâm ở các quốc gia, nếu những chất thải này không được xử lý nhanh và hiệu quả sẽ dẫn đến ô nhiễm không khí, nước và đất (Ali & cs., 2019; Li & cs., 2019). Các men thủy phân được tạo ra bởi một số vi sinh vật có chức năng tương tự như các men được tìm thấy trong ấu trùng ruồi; chúng có thể phân hủy carbohydrate, protein và lipid; đồng thời cũng có khả năng sử dụng một lượng lớn các phân tử sinh học khác hay chất bài tiết của ấu trùng như axit uric. Đối với phân lợn, ấu trùng ruồi lính đen có khả năng phân hủy 23% phân lợn đã ủ hoặc 28% phân lợn tươi (Newton & cs., 2005). Khi sử dụng ấu trùng ruồi lính đen để phân hủy phân động vật, khối lượng phân và thành phần kim loại nặng giảm đi đáng kể, phân cũng không còn mùi hôi. Ngoài khả năng phân giải phân động vật, ấu trùng ruồi lính đen còn có khả năng phân giải rác thải nhà bếp, vỏ

quả cà phê, bã hạt cọ dầu, chất thải nông nghiệp và một số rác thải hữu cơ khác. Li & cs. (2014) chỉ ra rằng rác thải nhà bếp là rác thải hữu cơ tổng hợp, nó không chỉ có tinh bột, chất xơ cellulose mà còn có chất béo, muối và nhiều thành phần khác nhưng ấu trùng ruồi lính đen vẫn có khả năng phân giải các hợp chất này. Những nghiên cứu khác cho thấy ấu trùng ruồi lính đen có thể phân giải đến 67,9% rác thải nhà bếp, 74,2% chất thải từ cá và 98,9% chất thải từ rau hoa quả (Nguyen & cs., 2015), 12-21% vỏ sắn (Supriyatna & cs., 2016), 12,5-25,9% hạt cao su (Abduh & cs., 2017). Ruồi lính đen xử lý lõi ngô lên men không làm giảm cellulose và hemicellulose, đồng thời giảm lignin 2% (Li & cs., 2015). Xử lý phân bò làm giảm 17% cellulose và 5% hemicellulose (Li & cs. (2011).

5. GIÁ TRỊ DINH DƯỠNG CỦA RUỒI LÍNH ĐEN

Thành phần cơ thể của ấu trùng ruồi lính đen khác nhau giữa các chất nền không chỉ về

hàm lượng đạm (dao động từ 37 đến 63% chất khô; VCK) mà cả hàm lượng chất béo, có sự thay đổi nhiều nhất (dao động từ 7 đến 39% VCK). Sự biến đổi lớn trong thành phần cơ thể cũng có thể tồn tại trong suốt quá trình phát triển của chính ấu trùng. Ví dụ, hàm lượng đạm thô giảm khi tuổi càng cao, tỉ lệ cao nhất được báo cáo ở ấu trùng 5 ngày tuổi (61%), trong khi tỉ lệ này ít hơn ở ấu trùng 15 ngày tuổi (44%) và 20 ngày tuổi (42%) (Rachmawati & cs., 2010).

Hàm lượng vật chất khô (DM) của ấu trùng tươi từ 20 đến 44% (Diener & cs., 2009; Nguyen & cs., 2015; Oonincx & cs., 2015b; Sheppard & cs., 2008), phụ thuộc vào cả chế độ ăn và giai đoạn ấu trùng (Rachmawati & cs., 2010), vật chất khô cao hơn trong các giai đoạn sau. Hàm lượng axit amin cho thấy đạm ấu trùng ruồi lính đen đặc biệt giàu lysine (6-8% hàm lượng đạm) (Sheppard & cs., 2008). Khi so sánh ấu trùng ruồi lính đen và giá trị bột đậu nành (dựa trên g/16g N), ấu trùng chứa hàm lượng alanin, methionine, histidine và tryptophan cao hơn và

hàm lượng arginine thấp hơn so với bột đậu nành. Ấu trùng ruồi lính đen có chứa 58-72% axit béo bão hòa và 19-40% axit béo không bão hòa đơn và đa trong tổng hàm lượng chất béo (Kroeckel & cs., 2012; Li & cs., 2011c; Makkar & cs., 2014 ; Surendra & cs., 2016), chứa hàm lượng cao axit lauric, palmitic và oleic (Surendra & cs., 2016).

6. KHẢ NĂNG SỬ DỤNG LÀM NGUỒN THỨC ĂN CHĂN NUÔI

Để sử dụng làm thức ăn chăn nuôi, ruồi lính đen có một số lợi thế chính so với các loài côn trùng khác (Bosch & cs., 2014). Loài này có nhiều pha và các chất chiết xuất từ ruột của chúng có hoạt tính amylase, lipase và protease cao (Kim & cs., 2011). Giá trị dinh dưỡng của ruồi lính đen rất lớn và có thể dễ dàng đưa vào chế độ ăn của vật nuôi. Ý tưởng sử dụng côn trùng làm thức ăn chăn nuôi không hề mới, nhưng chưa phổ biến ở Việt Nam.

Bảng 1. Hàm lượng đạm thô (CP) và chất béo thô (CF) của ấu trùng ruồi lính đen được nuôi trên các cơ chất

Cơ chất	%CP ¹	n	%CF ³	n	Tài liệu tham khảo
Phân gia súc	42,1	1	34,8; 29,9	2	Li & cs. (2011b); Newton & cs. (1977)
Phân gà	40,1 ± 2,5	3	27,9 ± 8,3	3	Arango Gutiérrez & cs. (2004); Li & cs. (2011b); Sheppard & cs. (1994)
Phân lợn	43,6; 43,2	2	26,4 ± 7,6	4	Li & cs. (2011b); Manzano-Agugliaro & cs. (2012); Newton & cs. (2005b); St-Hilaire & cs. (2007b)
Bột nhân cọ	42,1; 45,8	2	27,5	1	Rachmawati & cs. (2010)
Rác thải nhà hàng	-		39,2	1	Zheng & cs. (2012)
Thức ăn cho gà	47,9 ± 7,1	3	14,6 ± 4,4	3	Bosch & cs. (2014); Nguyen & cs. (2015); Oonincx & cs. (2015b)
Phụ phẩm ²	41,7 ± 38	4	-		Oonincx & cs. (2015b)
Gan	62,7	1	25,1	1	Nguyen & cs. (2015)
Hoa quả	38,5	1	6,63	1	Nguyen & cs. (2015)
Cá	57,9	1	34,6	1	Nguyen & cs. (2015)

Ghi chú: ¹Tất cả các giá trị được biểu thị trên vật chất khô. Giá trị là trung bình ± độ lệch chuẩn. n là số lần lặp lại. Nếu n = 2, các giá trị riêng lẻ được nêu, 1 phân tách bằng dấu chấm phẩy;

²Mật mía, vỏ khoai tây, ngũ cốc đã qua sử dụng và men bia, bánh mì và bánh quy;

³Giá trị ban đầu trên cơ sở vật chất tươi đã được chuyển đổi sang cơ sở vật chất khô bằng cách sử dụng hàm lượng nước được báo cáo.

Bảng 2. Thành phần hóa học, giá trị dinh dưỡng (tính theo VCK) và hàm lượng axit amin của ấu trùng ruồi lính đen

Chỉ tiêu	Ấu trùng ruồi lính đen ¹	Chỉ tiêu	Ấu trùng ruồi lính đen ²
Vật chất khô (%)	35-45	Alanine	7,7
Đạm thô (%)	42,1	Arginine	5,6
Xơ thô (%)	7,0	Arginine	11,0
NDF (%)	-	Cystine	0,1
ADF (%)	-	Methionine	2,1
Chất béo thô (%)	26,0	Lysine	6,6
Khoáng tổng số (%)	20,6	Isoleucine	5,1
Năng lượng thô (GE, Mj/Kg)	22,1	Leucine	7,9
Ca (g/kg)	75,6	Phenylalanine	5,2
P (g/kg)	9,0	Threonine	3,7
K (g/kg)	6,9	Tryptophan	0,5
Na (g/kg)	1,3	Axit glutamic	10,9
Mg (g/kg)	3,9	Histidine	3,0
Fe (g/kg)	1,37	Proline	6,6
Mn (mg/kg)	246	Serine	3,1
Zn (mg/kg)	108	Glycine	-
Cu (mg/kg)	6	Tyrosine	6,9
		Valine	8,2

Nguyên: ¹: Arango & cs. (2004), Newton & cs. (1977), Sealey & cs. (2011), St-Hilaire & cs. (2007a, b);
²: Newton & cs. (1977).

6.1. Thức ăn cho lợn

Bột ấu trùng ruồi lính đen là một thành phần thích hợp trong khẩu phần ăn của lợn, vì nó có hàm lượng axit amin và canxi cao đồng thời còn tạo cảm giác ngon miệng cho lợn (Oonincx & cs., 2015). Tuy nhiên, sự thiếu hụt tương đối của methionine và cystine đòi hỏi phải bao gồm các axit amin đó trong chế độ ăn cân bằng (Makkar & cs., 2014). Hơn nữa, do hàm lượng tro và chất béo thô cao, nên trộn bột ấu trùng ruồi lính đen với các thành phần giàu đạm khác (Newton & cs., 1977). Khả năng tiêu hóa vật chất khô và nitơ có xu hướng tốt hơn đối với lợn được cho ăn bột đậu nành so với bột ấu trùng ruồi lính đen (85,3 và 77,2 so với 77,5 và 76%, tương ứng). Ngoài ra, lợn cai sữa được chứng minh tốc độ tăng trọng kém hơn khi chỉ được cho ăn bằng bột ấu trùng ruồi lính đen, điều đó cho thấy rằng cần phải tinh chỉnh bổ sung để cải thiện năng suất của lợn cai sữa sớm (Newton & cs., 2005b).

6.2. Thức ăn gia cầm

Ấu trùng và nhộng ruồi lính đen, phát triển trên phân lợn hoặc chất thải nhà bếp, đã được sử dụng tốt như một chất bổ sung đạm cho gà con (Hale, 1973). Một phần thay thế bột đậu nành (10-20%) cho gà thịt cho thấy khả năng sản xuất, hiệu quả sử dụng thức ăn, tỉ lệ chết và các đặc điểm thân thịt tương tự như những con được cho ăn theo khẩu phần thương mại (Arango, 2005; Zhang & cs., 2014b). Việc thay thế một phần (50%) hoặc toàn bộ khô dầu đậu nành bằng bột ấu trùng ruồi lính đen đã được khử chất béo một phần trong khẩu phần ăn cho gà để không ảnh hưởng đến năng suất trứng của chúng, cũng như hiệu quả sử dụng thức ăn, nếu so sánh với khẩu phần tiêu chuẩn cho gà đẻ (Maurer & cs., 2016).

Năng lượng chuyển hóa biểu kiến cao và hệ số tiêu hóa hồi tràng biểu kiến axit amin của bột ấu trùng ruồi lính đen cũng làm cho nó trở

thành một thành phần có giá trị để sử dụng trong công thức thức ăn cho gà thịt (De Marco & cs., 2015). Ngoài ra, Arango (2005) đề xuất ấu trùng ruồi lính đen có hàm lượng khoáng chất phù hợp cho dinh dưỡng của gia cầm, theo yêu cầu khoáng chất của gà thịt, được trích dẫn bởi Hội đồng Nghiên cứu Quốc gia (NRC, 1994).

6.3. Thức ăn cho cá

Việc thay thế đạm trong khẩu phần ăn của cá đã được nghiên cứu bằng cách sử dụng thức ăn thu được từ cả ấu trùng và nhộng của ruồi lính đen cho các loài cá sau: Cá da trơn (*Ictalurus dotatus*) (Bondari & Sheppard, 1981; 1987; Zhang & cs., 2014a, b), cá rô phi xanh (*Oreochromis aureus*) (Bondari & Sheppard, 1981; 1987), cá rô phi lai (cá rô phi Nile, *Oreochromis niloticus* lai với cá rô phi Sabaki, *Oreochromis spilurus*) (Furrer, 2011), cá hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*) (Sealey & cs., 2011; St-Hilaire & cs., 2007b), cá hồi Đại Tây Dương (*Salmo salar*) (Lock & cs., 2015), cá bơn (*Psetta maxima*) (Kroeckel & cs., 2012) và cá trê vàng (*Tachysurus fulvidraco*) (Zhang & cs., 2014a).

Hầu hết các nghiên cứu này chỉ ra rằng, ở mức độ thấp của ấu trùng ruồi lính đen bổ sung vào khẩu phần ăn đã cho thấy hiệu quả tương tự như ở cá được cho ăn thức ăn truyền thống, điều này có thể được giải thích là do hàm lượng đạm của ấu trùng cao (Bondari & Sheppard, 1987; Newton & cs., 2005b; Sealey & cs., 2011; St-Hilaire & cs., 2007a; Zhang & cs., 2014a). Mức độ cao trong thức ăn cho cá (trên 33%) không chỉ làm giảm tốc độ tăng trưởng của cá (Kroeckel & cs., 2012; Newton & cs., 2005b; St-Hilaire & cs., 2007b), mà còn làm giảm sự ngon miệng của khẩu phần và khả năng tiêu hóa đạm (Kroeckel & cs., 2012).

6.4. Thức ăn cho loài động vật khác

Bột ấu trùng của ruồi lính đen đã được sử dụng để làm thức ăn cho động vật như cá sấu (*Alligator mississippiensis*) (Bodri & Cole, 2007) và ếch núi (*Leptodactylus fallax*) (Dierenfeld & King, 2009), một số loài thằn lằn và lưỡng cư (Dierenfeld & King, 2009). Phân của ấu trùng ruồi lính đen được nuôi trên ngũ cốc chưng cất

khô được đánh giá làm thức ăn cho tôm càng xanh thương phẩm (*Macrobrachium rosenbergii*), mang lại hiệu quả tương tự như thức ăn cho tôm thông thường (Tiu, 2012).

7. KHẢ NĂNG TRUYỀN LÂY MÂM BỆNH

Ruồi lính đen trưởng thành vì không sử dụng thức ăn nên không bị thu hút bởi nơi ở của con người hay các loại thực phẩm và cũng được coi là loài không gây hại (Huis & cs., 2013). Vào cuối giai đoạn ấu trùng, chúng sẽ không thu nhận thức ăn, giữ cho đường tiêu hóa của chúng sạch và bắt đầu vũ hóa (Makkar & cs., 2014). Do đó, ruồi lính đen trưởng thành không có nguy cơ truyền lây mầm bệnh cho vật nuôi cũng như con người (Warana, 2016). Đồng thời, miệng của chúng thoái hóa, vì lẽ đó không cắn phá và chưa có bất kỳ trường hợp nào cho thấy chúng mang mầm bệnh truyền nhiễm (Oliveira & cs., 2015). Tháng 5 năm 2017, tổ chức Nông lương của Liên Hiệp Quốc xác nhận ruồi lính đen là một trong những côn trùng an toàn cho chăn nuôi để phục vụ nông nghiệp và làm thức ăn cho động vật (European Commission, 2017).

8. TIỀM NĂNG VÀ ỨNG DỤNG

Theo nghiên cứu của nhóm tác giả Nguyễn Văn Chí (Nguyễn Mai, 2019) trong khuôn khổ đề tài khoa học cấp thành phố của sở NN&PTNT Hà Nội thấy rằng mô hình ruồi lính đen được đánh giá mang lại lợi ích thiết thực cho môi trường sử dụng để xử lý chất thải hữu cơ từ các hoạt động sản xuất nông nghiệp, đảm bảo an toàn với vật nuôi và sức khỏe con người.

Chế biến ấu trùng ruồi lính đen như làm khô, khử chất béo, loại bỏ lớp biểu bì đường như làm tăng khả năng cung cấp dinh dưỡng; hàm lượng chất khô cao của chúng làm cho chúng mất nước dễ dàng hơn và ít tốn nước hơn so với các sản phẩm phụ tươi khác (Sheppard & cs., 2008). Để tăng hàm lượng đạm thô của bột côn trùng, chất béo là một lựa chọn khả thi (Makkar & cs., 2014; Newton & cs., 2005a). Surendra & cs. (2016) nhận thấy rằng ép cơ học và chiết xuất bằng dung môi làm giảm đáng kể hàm lượng chất béo thô (3,4%). Đối với một số loài

như ếch, ấu trùng ruồi lính đen nghiên, xay hoặc băm nhỏ có thể làm tăng khả năng tiêu hóa Ca và P (Dierenfeld & King, 2009). Newton & cs. (1977) đã thử nghiệm bổ sung bột ấu trùng ruồi lính đen vào thức ăn của lợn, kết quả cho thấy mức tiêu thụ của khẩu phần bột ấu trùng cao hơn ($P < 0,05$) so với khẩu phần bột đậu nành không chứa thêm chất béo, chất lượng thịt lợn không có sự khác biệt giữa nhóm thí nghiệm và đối chứng. Bên cạnh đó, có rất nhiều những công bố về tác dụng thay thế của bột và dầu chiết xuất từ ấu trùng ruồi lính đen cho bột xương, bột thịt và bột cá trong nuôi trồng thủy sản và động vật không xương sống thủy sinh như tôm (Cummins & cs., 2017). Việc đưa ấu trùng ruồi lính đen vào khẩu phần ăn của vật nuôi đã cho thấy nhiều hứa hẹn như một chất thay thế tiềm năng cho các thành phần thức ăn thông thường như bột đậu nành, bột cá...

Ấu trùng ruồi lính đen rất phàm ăn, chỉ với $1m^2$, ấu trùng có thể ăn tới 40kg phân lợn tươi mỗi ngày, cần 14 tiếng để xử lý 14kg rác thải sinh hoạt hữu cơ và từ 24-48 tiếng để xử lý các phụ phẩm nông nghiệp, phế phẩm làng nghề khác.

Ấu trùng ruồi lính đen tích lũy lipid từ chất nền dinh dưỡng của chúng để sử dụng làm năng lượng cho giai đoạn trưởng thành không ăn, vì vậy lượng mỡ mà ấu trùng tích lũy được có thể được chuyển đổi thành diesel sinh học (Wang & cs., 2017; Cummins & cs., 2017). Biodiesel là một nguồn năng lượng thay thế đầy tiềm năng cho diesel dầu mỏ trong bối cảnh khủng hoảng năng lượng toàn cầu. Tuy nhiên, giá thành biodiesel không hề rẻ. Để giảm chi phí sản xuất, các nguồn nguyên liệu giá rẻ được quan tâm và tìm kiếm nhiều hơn. Ấu trùng ruồi lính đen là một trong những nguồn nguyên liệu đầy hứa hẹn với số lượng dồi dào và chủng loại phong phú nhất trên thế giới.

Những gì chúng không tiêu thụ, kết hợp với phân thải của chúng, có thể được sử dụng làm phân bón (Green & cs., 2012; Lalander & cs., 2015). Phân ấu trùng ruồi lính đen là loại phân hữu cơ vi sinh chất lượng cao được tạo thành từ chất hữu cơ có nguồn gốc đầu vào là nguyên liệu thực phẩm, rau củ quả, chất hữu cơ,... được hệ tiêu hóa của ấu trùng ruồi lính đen và vi sinh

vật cộng sinh trong đường tiêu hóa của ấu trùng này tạo ra. Chúng là loại phân khá sạch, rất ít hoặc không có mùi hôi, có rất nhiều dưỡng chất tốt cho đất.

9. KẾT LUẬN

Ấu trùng ruồi lính đen có thể được nuôi trên hầu hết các chất hữu cơ và có thể được sử dụng làm nguồn thức ăn chăn nuôi, sản xuất dầu biodiesel đồng thời còn mang lại giá trị kinh tế.

Trước những ưu điểm vượt trội của ruồi lính đen trong xử lý chất thải và ứng dụng các sản phẩm từ ruồi lính đen trong đời sống con người nói trên mà ruồi lính đen được nghiên cứu và nuôi trên quy mô công nghiệp ở nhiều nước trên thế giới. Tuy nhiên, ở Việt Nam, những nghiên cứu về ruồi lính đen chưa nhiều. Trong thực tế, đã có một số cơ sở tiến hành nhân nuôi và sử dụng loài ruồi này, chủ yếu tập trung ở một số tỉnh và thành phố phía Nam. Việc nhân nuôi ruồi lính đen là một thách thức vì mặc dù có nhiều nghiên cứu về các chủ đề khác nhau liên quan đến ảnh hưởng của các yếu tố sinh học và phi sinh học đối với sinh học ấu trùng của nó không chỉ ở các vùng nhiệt đới mà còn ở các vùng ôn đới, nhưng vẫn có rất ít thông tin về cách các yếu tố này ảnh hưởng đến các giai đoạn trưởng thành của ruồi lính đen, chẳng hạn khả năng giao phối, kích thích trứng và khả năng sinh sản. Điều thứ hai là phải nghiên cứu tất cả các đặc điểm lịch sử cuộc đời để hiểu đầy đủ ảnh hưởng của chất lượng thức ăn đối với cơ thể ấu trùng và đặc biệt là cần có nghiên cứu về tác động đến môi trường và đa dạng sinh học của Việt Nam.

Mặc dù đã có những khảo sát hoặc nghiên cứu về khả năng sử dụng ấu trùng ruồi lính đen làm thức ăn cho vật nuôi, thủy sản và phân bón cho cây trồng, nhưng cũng cần phải có nhiều nghiên cứu hơn nữa để đảm bảo tính an toàn trong việc sử dụng sinh khối của chúng cũng như không có khả năng lây truyền mầm bệnh. Bên cạnh chất lượng dinh dưỡng, các khía cạnh khác như tính an toàn của sản phẩm và khả năng chế biến cũng rất quan trọng để sử dụng ấu trùng ruồi lính đen trong các công thức thức

Tổng quan về ấu trùng ruồi lính đen: Triển vọng đa chiều trong quản lý chất thải hữu cơ, nguồn thức ăn cho ngành chăn nuôi và phân bón cho cây trồng

ăn chăn nuôi trong tương lai. Cần phải nghiên cứu thêm để đánh giá khả năng sử dụng ấu trùng ruồi lính đen làm thức ăn bổ sung hoặc là nguồn cung cấp đạm chính trong khẩu phần ăn thương mại. Và cần có nhiều nghiên cứu và phát triển hơn nữa về việc ứng dụng ruồi lính đen trong nông nghiệp, xử lý chất thải, xác định giá trị và tiềm năng của chúng.

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành bài tổng quan này, tác giả đã nhận được sự giúp đỡ của nhóm nghiên cứu nhiệm vụ môi trường theo quyết định số: 3884/QĐ-BNN-KHCN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abduh M.Y., Jamilah M., Istiandari P., Syaripudin & Manurung R. (2017). Bioconversion of rubber seeds to produce protein and oil-rich biomass using black soldier fly larva assisted by microbes. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5(4): 591-597.
- Ali M.F.Z., Ohta T., Ido A., Miura C. & Miura T. (2019). The Dipterose of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Induces Innate Immune Response through Toll-Like Receptor Pathway in Mouse Macrophage RAW. *Section Natural and Bio-inspired Molecule*. 9(11): 677. doi:10.3390/biom9110677.
- 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*. 402. <https://scholar.uwindsor.ca/etd>.
- Arango Gutiérrez G.P. (2005). Aportes nutricionales de la biomasa de *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) en la cría de pollos de engorde. MSc thesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Arango Gutiérrez G.P., Vergara Ruiz R.A. & Mejía Vélez H. (2004). Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of the larva meal of *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae) at Angelópolis-Antioquia, colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 57: 2491-2500.
- Beskin K.V., Holcomb C.D., Cammack J.A., Crippen T.L., Knap A.H., Sweet S.T. & Tomberlin J.K. (2018). Larval digestion of different manure types by the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) impacts associated volatile emissions. *Waste Management*. 74(6): 213-220. doi:10.1016/j.wasman.2018.01.019.
- Blahovec J., Kostecka Z. & Kocisova A. (2006). Peptidolytic enzymes in different larval stadium of housefly *Musca domestica*. *Veterinari Medicina*. 51(4): 139-144. doi:10.17221/5533.
- Bodri M.S. & Cole E.R. (2007). Black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) as feed for the American alligator (*Alligator mississippiensis* Daudin). *Georgia Journal of Science*. 65(2): 82-88. <https://digitalcommons.gaacademy.org/gjs/vol65/iss2/5>.
- Bondari K. & Sheppard D.C. (1981). Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. *Aquaculture*. 24(4): 103-109. doi:10.1016/0044-8486(81)90047-8.
- Bondari K. & Sheppard D.C. (1987). Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquaculture Research*. 18(2): 209-220. doi:10.1111/j.1365-2109.1987.tb00141.x.
- Brookes V.J. & Fraenkel G. (1958). The nutrition of the larva of the housefly. *Physiol. Zool*. 31(5): 208-223. doi:10.1086/physzool.31.3.30157842.
- Cochrane B.J. & Leblanc G.A. (1986). Genetics of xenobiotic metabolism in *Drosophila* I. Genetic and environmental factors affecting glutathione-S-transfer in larvae. *Biochemical Pharmacology*. 35(10): 1679-1684. doi:10.1016/0006-2952(86)90323-0.
- Cohen A.C. (2005). *Insect Diets*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Broken Sound Parkway NW, USA.
- Cummins V.C., Rawles S.D., Thompson K.R., Velasquez A., Yuka Kobayashi Hager J. & Webster C.D. (2017). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*. 473: 337-344. doi:10.1016/j.aquaculture.2017.02.022.
- Chapman R.F. (2013). *The insects: structure and function*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Choi W.H., Yun J.H., Chu J.P. & Chu K.B. (2012). Antibacterial effect of extracts of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae against Gram-negative bacteria. *Entomological Research*. 42(5): 219-226. doi:10.1111/j.1748-5967.2012.00465.x
- De Marco M., Martínez S., Hernandez F., Madrid J., Gai F., Rotolo L., Belforti M., Bergero D., Katz H. & Dabbou S. (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. doi:10.1016/j.anifeedsci.2015.08.006.
- De Smet J., Wynants E., Cos P. & Van Campenhout L. (2018). Microbial community dynamics during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and impact on exploitation potential. *Appl Environ Microbiol*. 84(9): e02722-17. doi:10.1128/AEM.02722-17.
- Diener S., Zurbrügg 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. doi:10.1177/0734242x09103838.
- Dierenfeld E.S. & King J. (2009). Digestibility and mineral availability of phoenix worms (*Hermetia illucens*) ingested by mountain chicken frogs (*Leptodactylus fallax*). *Journal of Herpetological Medicine and Surgery*. 18(3): 100-105. doi:10.5818/1529-9651.18.3-4.100
- Douglas A.E. (2010). *The Symbiotic Habit*. Princeton University Press, Princeton (New Jersey), USA.
- Elhag O., Zhou D., Song Q., Soomro A.A., Cai M., Zheng L., Yu Z. & Zhang J. (2017). Screening, expression, purification and functional characterization of novel antimicrobial peptide genes from *Hermetia illucens* (L). *PLoS ONE*. 12(1): e0169582. doi:10.1371/journal.pone.0169582.
- Engel P. & Moran N.A. (2013). The gut microbiota of insects - diversity in structure and function. *FEMS Microbiology Reviews*. 37(5): 699-735. doi:10.1111/1574-6976.12025.
- Espinoza-Fuentes F.P. & Terra W.R. (1987). Physiological adaptations for digesting bacteria - water fluxes and distribution of digestive enzymes in *Musca domestica* larval midgut. *Insect Biochemistry*. 17(6): 809-817. doi:10.1016/0020-1790(87)90015-1.
- European Commission (2017). Regulation (EU) 2017/893 of 24 May 2017 amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as regards the provisions on processed animal protein Retrieved from http://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2017.138.01.0092.01.ENG&toc=OJ:L:2017:138:TOC on Sep 1, 2021.
- Fujita A.I. (2004). Lysozymes in insects: what role do they play in nitrogen metabolism? *Physiol. Entomol*. 29: 305-310. doi:10.1111/j.0307-6962.2004.00393.x.
- Furman D.P., Young R.D. & Catts E.P. (1959). *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. *Journal of Economic Entomology*. 52(5): 917-921. doi:10.1093/jee/52.5.917.
- Furrer T. (2011). Finding an adequate tilapia feed for rural fish farmers in Mombasa. BSc thesis, Zurich University of Applied Sciences, Winterthur, Switzerland.
- Fusetto R., Denecke S., Perry T., O'Hair R.A.J. & Batterham P. (2017). Partitioning the roles of CYP6G1 and gut microbes in the metabolism of the insecticide imidacloprid in *Drosophila melanogaster*. *Scientific Reports*. 7: 1-12. doi:10.1038/s41598-017-05699-x.
- Gold M., Tomberlin J.K., Diener S., Zurbrügg C. & Mathys A. (2018). Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Management*. 82: 302-318. doi:10.1016/j.wasman.2018.10.022.
- Green T.R. & Popa R. (2012). Enhanced ammonia content in compost leachate processed by black soldier fly larvae. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 166: 1381-1387. doi:10.1007/s12010-011-9530-6.
- Hale O.M. (1973). Dried *Hermetia illucens* larvae (Stratiomyidae) as a feed additive for poultry. *Journal of the Georgia Entomological Society*. 8: 16-20.
- Kim W., Bae S., Kim A., Park K., Lee S., Choi Y., Han S., Park Y. & Koh Y. (2011b). Characterization of the molecular features and expression patterns of two serine proteases in *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *BMB Reports*. 44: 387-392. doi:10.5483/BMBRep.2011.44.6.387.
- Kim W., Bae S., Kim A., Park K., Lee S., Choi Y., Han S., Park Y. & Koh Y. (2011). Characterization of the molecular features and expression patterns of two serine proteases in *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. *BMB Reports*. 44(6): 387-392. doi:10.5483/BMBRep.2011.44.6.387.
- Kroeckel S., Harjes A.G.E., 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 and Fisheries Management*. 364-365: 345-352. doi:10.1016/j.aquarch.2012.08.041.
- Lalander C.H., Fidjeland J., Diener S., Eriksson S. & Vinneras B. (2015). High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. Reduction using black soldier fly for waste recycling. *Agronomy for Sustainable Development*. 35(1): 261-271. doi:10.1007/s13593-014-0235-4.

- Lam K., Geisreiter C. & Gries G. (2009a). Ovipositing female house flies provision offspring larvae with bacterial food. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 133: 292-295. doi:10.1111/j.1570-7458.2009.00928.x.
- Larouche J. (2019). Processing methods for the black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae: From feed withdrawal periods to killing methods. Université Laval. <http://hdl.handle.net/20.500.11794/37923>.
- Lemaitre B. & Miguel-Aliaga I. (2013). The digestive tract of *Drosophila melanogaster*. *Annual Review Genetics*. 47: 377-404. doi:10.1146/annurev-genet-111212-133343.
- Lemos F.J.A. & Terra R.W. (1991b). Digestion of bacteria and the role of midgut lysozyme in some insect larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry, Molecular Biology*. 100(2): 265-268. doi:10.1016/0305-0491(91)90372-k.
- Lerch K., Linde H.J., Lehn N. & Grifka J. (2003). Bacteria ingestion by blowfly larvae: an in vitro study. *Dermatology*. 207: 362-366. doi:10.1159/000074115.
- Li C.J. (2014). Conversion of spent grains and DDGS by black soldier flies. MSc thesis, Laboratory of Entomology, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.
- Li Q., Zheng L., Cai H., Garza E., Yu Z. & Zhou S. (2011a). From organic waste to biodiesel: black soldier fly, *Hermetia illucens*, makes it feasible. *Fuel*. 90(4): 1545-1548. doi:10.1016/j.fuel.2010.11.016.
- Li Q., Zheng L., Hou Y., Yang S. & Yu Z. (2011b). Insect fat, a promising resource for biodiesel. *Journal of Petroleum and Environmental Biotechnology*. S2: 001. doi:10.4172/2157-7463.S2-001.
- Li Q., Zheng L., Qiu N., Cai H., Tomberlin J.K. & Yu Z. (2011). Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: *Stratiomyidae*) for biodiesel and sugar production. *Waste Management*. 31: 1316-1320. doi:10.1016/j.wasman.2011.01.005.
- Li W., Li Q., Zheng L., Wang Y., Zhang J., Yu Z. & Zhang Y. (2015). Potential biodiesel and biogas production from corncob by anaerobic fermentation and black soldier fly. *Bioresource Technology*. 194: 276-282. doi:10.1016/j.biortech.2015.06.112.
- Luther S. (1951). *The Housefly. Its Natural History, Medical Importance, and Control*. Comstock Publishing Company, New York, USA.
- Manzano-Agugliaro F., Sanchez-Muros M., Barroso F., Martínez-Sánchez A., Rojo S. & Pérez-Bañón C. (2012). Insects for biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16(6): 3744-3753. doi:10.1016/j.rser.2012.03.017.
- Newton G.L., Booram C.V., Barker R.W. & Hale O.M. (1977). Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *Journal of Animal Science*. 44(3): 395-400. doi:10.2527/jas1977.443395x.
- Nguyen T.T., Tomberlin J.K. & Vanlaerhoven S. (2015). Ability of black soldier fly (Diptera: *Stratiomyidae*) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology*. 44(2): 406-410. doi:10.1093/ee/nvv002.
- Nguyễn Mai (2019). Nhân rộng mô hình nuôi ruồi lính đen Truy cập từ <https://hanoimoi.com.vn/tin-tuc/Nong-nghiep/928519/-nhan-rong-mo-hinh-nuoi-ruoi-linh-den> ngày 06/03/2019
- Oonincx D.G.A.B., Van Broekhoven S., Van Huis A. & Van Loon J.J.A. (2015b). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS One*. 10(12): e0144601. doi:10.1371/journal.pone.0144601.
- Oonincx D.G.A.B., Van Huis A. & Van Loon J.J.A. (2015a). Nutrient utilisation by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. *Journal of Insects as Food and Feed*. 1(2): 131-139. doi:10.3920/JIFF2014.0023.
- Sealey W.M., Gaylord T.G., Barrows F.T., Tomberlin J.K., McGuire M.A., Ross C. & St-Hilaire S. (2011). Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 42: 34-45. doi:10.1111/j.1749-7345.2010.00441.x.
- Sheppard D.C., Newton G.L. & Burtle G. (2008). Black soldier fly prepupae a compelling alternative to fish meal and fish oil. Public comment prepared in response to a request by the National Marine Fisheries Service Nov. 15, 2007, NOAA 15/11//2007-29/2/2008.
- Sheppard D.C., Newton G.L., Thompson S.A. & Savage S. (1994). A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*. 50(3): 275-279. doi:10.1016/0960-8524(94)90102-3.
- St-Hilaire S., Cranfill K., McGuire M.A., Mosley E.E., Tomberlin J.K., Newton L., Sealey W., Sheppard C. & Irving S. (2007a). Fish offal recycling by the black soldier fly produces a food stuff high in omega-3 fatty acids. *Journal of the World Aquaculture Society*. 38(2): 309-313. doi:10.1111/j.1749-7345.2007.00101.x.
- St-Hilaire S., Sheppard C., Tomberlin J.K., Irving S., Newton L., McGuire M.A., Mosley E.E., Hardy R.W. & Sealey W. (2007b). Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 38(1): 59-67. doi:10.1111/j.1749-7345.2006.00073.x.

- Tiu L. (2012). Enhancing sustainability of freshwater prawn production in Ohio. Ohio State University South Centers Newsletter. Fall. 11(4): 4.
- Tomberlin J.K., Adler P.H. & Myers H.M. (2009). Development of the black soldier fly (Diptera: *Stratiomyidae*) in relation to temperature. *Environmental Entomology*. 38(3): 930-934. doi:10.1603/022.038.0347.
- Tomberlin J.K., Sheppard D.C. & Joyce J.A. (2002). Selected lifehistory traits of black soldier flies (Diptera: *Stratiomyidae*) reared on three artificial diets. *Annals of the Entomological Society of America*. 95(3): 379-386. doi:10.1603/0013-8746(2002)095[0379:SLHTOB]2.0.CO;2.
- Trần Tấn Việt, Nguyễn Hữu Trúc và Đỗ Nguyễn Hương Thảo (2005). Nghiên cứu đặc điểm hình thái, sinh học và hành vi của ruồi lính đen *Hermetia illucens*. Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh.
- Zhang J., Zheng L., Jin P., Zhang D. & Yu Z. (2014a). Fishmeal substituted by production of chicken manure conversion with microorganisms and black soldier fly. In: Abstract book of the international conference 'Insects to feed the world', 14-17 May 2014, Ede, the Netherlands. pp. 14-17.
- Zhang J., Zheng L., Jin P., Zhang D. & Yu Z. (2014b). Kitchen waste converted by black soldier fly and partly substituting soymeal in chicken feed. In: Abstract book of the international conference 'Insects to feed the world', 14-17 May 2014, Ede, the Netherlands. pp. 14-17.
- Zhang J.B., Huang L., He J., Tomberlin J.K., Li J.H., Lei C.L., Sun M., Liu Z.D. & Yu Z.N. (2010). An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*. *Journal of Insect Science*. 10(1): 202. doi:10.1673/031.010.20201.
- Zhang Z., Wang H., Zhu J., Suneethi S. & Zheng J. (2012). Swine manure vermicomposting via housefly larvae (*Musca domestica*): the dynamics of biochemical and microbial features. *Bioresource Technology*. 118: 563-571. doi:10.1016/j.biortech.2012.05.048.