Vietnam J. Agri. Sci. 2021, Vol. 19, No. 5: 695-704 Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam 2021, 19(5): 695-704
www.vnua.edu.vn

SỬ DỤNG CÔN TRÙNG LÀM THỨC ĂN CHĂN NUÔI: XU HƯỚNG VÀ TRIỂN VỌNG

Đặng Thúy Nhung*, Nguyễn Thị Xuân, Hán Quang Hạnh, Vũ Đình Tôn

Khoa Chăn nuôi, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

**Tác giả liên hệ: nhungthuydang@vnua.edu.vn*

Ngày nhận bài: 16.10.2020 Ngày chấp nhận đăng: 05.05.2021

TÓM TẮT

Sử dụng côn trùng làm thức ăn chăn nuôi ngày càng phát triển trên thế giới và là một hướng đi có nhiều tiềm năng ở Việt Nam nhằm thay thế nguồn protein động vật và thực vật. Mục tiêu của bài viết này là khái quát và đánh giá đặc điểm sinh học, giá trị dinh dưỡng và tiềm năng sử dụng một số loài côn trùng ăn được làm thức ăn chăn nuôi. Ấu trùng ruồi lính đen, sâu bột, nhộng tằm, châu chấu và dế là những loài được sử dụng phổ biến với nhiều tiềm năng về mặt dinh dưỡng khi hàm lượng protein thô và chất béo thô rất cao, dao động lần lượt là 42,1-63,3 và 8,5-36%, ngoài ra chúng cũng rất giàu lysine và threonine. Bổ sung hoặc thay thế một phần hay hoàn toàn bột cá hoặc bột đậu tương bằng bột côn trùng trong khẩu phần ăn của gia cầm và lợn cho kết quả tương đương hoặc tốt hơn về năng suất cũng như chất lượng thịt. Điểm cần lưu ý trong sử dụng chúng là phải giảm tối đa nguy cơ gây mất an toàn vệ sinh như: nhiễm khuẩn, độc tố, kim loại nặng,... trong quá trình nuôi, thu hoạch, chế biến và bảo quản. Cần tiếp tục đánh giá tiềm năng cũng như hiệu quả sử dụng một số loài côn trùng trên các đối tượng vật nuôi khác nhau nhằm phát triển nguồn protein mới, an toàn và giá thành phù hợp.

Từ khóa: Côn trùng, sinh khối, thức ăn giàu protein.

Use of Insects as Animal Feed: Trends and Prospects

ABSTRACT

Use of insects as animal feed has been increasing significantly in the world and considered to be a potential development pathway in Vietnam to substitute protein-rich feed of animal and plant origin. The objectives of this paper is to review and evaluate the biological characteristics, nutritive value, and potential use of several edible insect species as animal feed. Black soldier fly larvae, mealworm, silkworm, locusts, and crickets are the most common species that have been used widely and the greatest potential in term of nutritive value of crude protein and fat contents with 42.1-63.3 and 8.5-36% respectiverly, rich in lysine and threonine. Partial or total supplement of fish meal or soybean meal with insect meal in the poultry and pig diets resulted in similar or even better production performance and meat quality. Some risks of food safety such as microbiological, toxic, and heavy metal contamination should be carefully eliminated during the rearing, harvesting, processing and preserving of insects. Further assessment of the potential and effects of insect replacement in different animal diets are requested to develop a noval and safe source of protein - rich feed material with acceptable production cost.

Keywords: Insects, biomas, protein-rich feed.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam đang là nước có sản lượng thức ăn chăn nuôi lớn nhất khu vực Đông Nam Á, với số liệu công bố năm 2019 đạt xấp xỉ 20 triệu tấn. Mặc dù là quốc gia sản xuất thức ăn chăn nuôi lớn của khu vực nhưng Việt Nam vẫn chưa tự chủ được nguồn nguyên liệu và phần lớn phải nhập khẩu ngũ cốc, thức ăn giàu protein, phụ gia lên tới hàng tỷ USD mỗi năm. Đặc biệt, giá nguyên liệu thức ăn chăn nuôi thế giới tăng cao đã khiến thức ăn chăn nuôi tại Việt Nam thời gian gần đây phải điều chỉnh tăng (Nguyễn Huân & Kế Toại, 2020). Chính vì vậy, việc phát triển nguồn thức ăn sẵn có và các nguồn thức ăn mới để thay thế một phần

nguồn nguyên liệu nhập khẩu, nhất là nguồn thức ăn giàu protein đang là hướng đi cần thiết và hứa hẹn nhiều tiềm năng trong tương lai.

Nuôi côn trùng vừa giúp xử lý một lượng lớn chất thải hữu cơ, vừa tạo ra một nguồn thức ăn chăn nuôi có nhiều tiềm năng. Côn trùng là sinh vật biến nhiệt nên có thể nuôi trên nền các loại chất thải hữu cơ và có hiệu quả cao trong chuyển hóa thành nguồn thức ăn giàu dinh dưỡng (Makkar & cs., 2014). Côn trùng được biết đến là nguồn sinh học cấp thấp giàu protein và được coi là một nguồn protein thay thế tiềm năng cho bột cá và bột đậu tương. Chúng cũng giàu axit béo không bão hòa mạch dài, khoáng và vitamin,... cần thiết trong chăn nuôi (Veldkamp & cs., 2012; Khan, 2018; DeFoliart, 1997). Trong những năm gần đây, việc sử dụng côn trùng như ấu trùng ruồi lính đen, sâu bột, giun đất, nhộng tằm, châu chấu và dế như một thành phần giàu protein bền vững trong thức ăn cho lợn và gia cầm đang trở thành xu thế ở nhiều nước. Ở Việt Nam, côn trùng nằm trong danh mục nguyên liệu thức ăn được phép sử dụng làm thức ăn chăn nuôi (Bộ NNN&PTNT, 2019).

Mục đích của bài viết này là đánh giá đặc điểm sinh học, tiềm năng về mặt dinh dưỡng, tình hình và triển vọng sử dụng một số loại côn trùng phổ biến hiện nay như một nguồn thức ăn giàu protein trong chăn nuôi lợn và gia cầm, từ đó góp phần định hướng trong thực tiễn sản xuất chăn nuôi ở nước ta.

2. ĐẶC ĐIỂM SINH HỌC MỘT SỐ LOÀI CÔN TRÙNG ĂN ĐƯỢC

2.1. Số lượng và phân loại các loài côn trùng ăn được

Về số lượng các loài côn trùng ăn được, van Huis & cs. (2013) cho biết có trên 1900 loài côn trùng ăn được đã được ghi nhận là sử dụng làm thực phẩm. Theo danh mục mới công bố gần đây bởi Jongema (2017) thì có trên 2.300 loài côn trùng ăn được, thuộc 18 bộ sống ở cả dưới nước và trên cạn. Chúng phân bố ở nhiều nơi trên trái đất, trong đó ở châu Phi là 524 loài, châu Á là 349 loài, châu Mỹ là 679 loài, châu Đại dương là 152 loài và châu Âu chỉ có 41 loài. Các loài côn trùng có thể được thu bắt từ tự nhiên hoặc nuôi ở các trang trại. Ở Việt Nam, số lượng các loài côn trùng ăn được đã được xác định là 24 loài thuộc 18 họ khác nhau và thuộc 8 bộ (DeFoliart, 1997).

Về phân loại, Rumpold & Schlüter (2013) cho biết côn trùng thuộc phân ngành giáp xác (Crustaceans) thuộc lớp động vật chân khớp (arthropods) với trên 1 triệu loài khác nhau. Các loài côn trùng có thể chia theo các bộ như: Bộ ruồi (Diptera) (như ruồi lính đen (black soldier fly), ruồi nhà (housefly); bộ cánh cứng (như sâu bột mealworm), bộ không chân (Megadrilacea) như giun đất (earthworm), bộ cánh vẩy (Lepidoptera) như nhộng tằm (silkworm) và bộ cánh thẳng (Orthoptera) như châu chấu (locust) và dế (cricket). Theo van Huis & cs. (2013), trong số hơn 2000 loài côn trùng ăn được, các loài bọ cánh cứng chiếm 31%, các loài sâu và bướm là 18%, các loài ong, kiến là 14%, các loài châu chấu và dế là 13%. Trong phạm vi bài viết này, chúng tôi sẽ tập trung vào 1 số loài đã và đang được nuôi ở nước ta hoặc có tiềm năng phát triển để làm thức ăn chăn nuôi, bao gồm ấu trùng ruồi lính đen, sâu bột, nhộng tằm, châu chấu và dế.

2.2. Ấu trùng ruồi lính đen (*Hermetia illucens)*

Ruồi lính đen (*H. illucens* Linnaeus 1758) thuộc họ ruồi đen (Stratiomyidae) có nguồn gốc ở vùng nhiệt đới, cận nhiệt đới và nơi có nhiệt độ ấm 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).

Về đặc điểm ngoại hình, ruồi lính đen trưởng thành có màu đen, hình dạng cơ thể giống con tò vò và có chiều dài cơ thể là 15-20mm, có thể lên tới 27mm, chiều rộng là 6mm và nặng tới 220mg vào giai đoạn cuối của ấu trùng (Makkar & cs., 2014).

Ruồi lính đen thành thục sau khoảng 2 tháng trong điều kiện lý tưởng nhưng giai đoạn ấu trùng kéo dài tới 4 tháng nếu thiếu thức ăn.

Vào cuối giai đoạn ấu trùng, chúng sẽ không thu nhận thức ăn, giữ cho đường tiêu hóa của chúng sạch và bắt đầu lột xác (Hardouin and Mahoux, 2003; dẫn theo Makkar & cs., 2014). Ấu trùng có khả năng thu nhận thức ăn rất nhanh, chúng tiêu hóa từ 25 tới 500mg thức ăn dạng tươi/ấu trùng/ngày và có thể chuyển hóa rất nhiều loại chất thải hữu cơ như: phụ phẩm rau, quả, bã cà phê, bã lên men các loại ngũ cốc, phụ phẩm từ chế biến cá, và chủ yếu ở phân gia súc và phân người (van Huis & cs., 2013; Hardouin & Mahoux, 2003, dẫn theo Makkar & cs., 2014). Ruồi lính đen là loài có khả năng chống chịu rất tốt với các điều kiện môi trường không thuận lợi như khô hạn, thiếu thức ăn, thiếu oxy (Diener & Christian, 2011). Ngoài ra, ruồi trưởng thành không ăn thức ăn, mà chủ yếu phụ thuộc vào lượng chất béo dự trữ ở giai đoạn ấu trùng, và không mang các mầm bệnh (Makkar & cs., 2014). Ruồi trưởng thành cũng không bị thu hút bởi nơi ở của con người hay các loại thực phẩm và cũng được coi là loài không gây hại (van Huis & cs., 2013). Vì vậy, ấu trùng ruồi lính đen rất phù hợp để phân hủy các loại chất thải hữu cơ và tạo ra nguồn protein có thể sử dụng làm thức ăn chăn nuôi.

2.3. Sâu bột mealworm (*Tenebrio molitor)*

Sâu bột mealworm (*Tenebrio molitor)* là ấu trùng của hai loài bọ cánh cứng màu đen (darkling beetles) thuộc họ Tenebrionidae là loài bọ màu vàng (*T. molitor* Linnaeus, 1758) và loại nhỏ hơn và ít phổ biến hơn là bọ nhỏ màu đen (*Tenebrio obscurus* Fabricius, 1792). Sâu bột thuần chủng có ở châu Âu và hiện nay phân bố ở nhiều nơi trên trái đất (Makkar & cs., 2014).

Vòng đời của loài bọ màu vàng (*T. molitor* Linnaeus, 1758) tương đối dài, từ 280-630 ngày. Ấu trùng sẽ nở sau 10-12 ngày (ở 18-20°C) và thành thục sau một số giai đoạn 8-20 ngày, thường là sau 3-4 tháng ở nhiệt độ môi trường, nhưng giai đoạn ấu trùng có thể kéo dài tới 18 tháng. Ấu trùng trưởng thành có màu vàng nâu nhạt, dài 20-32cm và nặng 130-160mg. Giai đoạn nhộng thường kéo dài 7-9 ngày ở 25°C hoặc có thể tới 20 ngày nếu nhiệt độ môi trường thấp hơn. Bọ trưởng thành có thể sống tới 2 hoặc 3 tháng (Makkar & cs., 2014). Loài bọ màu vàng (*T. molitor)* gây hại cho các loại hạt và bột ngũ cốc, kho dự trữ lương thực nhưng do quần thể thường có số lượng không nhiều nên ít gây tác hại nghiêm trọng. Chúng cũng có thể tiêu hóa được thịt, lông vũ và nhiều loại chất hữu cơ khác (Ramos-Elorduy & cs., 2002). Sâu bột thường rất dễ nhân giống và dễ nuôi, với hàm lượng protein cao nên chúng thường được nuôi để làm thức ăn cho động vật cảnh, bao gồm cả các loài chim, bò sát, động vật nhỏ có vú, lưỡng cư và cá. Do là loài ăn tạp nên sâu bột có khả năng chuyển hóa các loại chất thải, nhất là phụ phẩm từ cây trồng và tạo nguồn thức ăn giàu protein, giàu chất béo và năng lượng trong một thời gian tương đối ngắn.

2.4. Nhộng tằm (silkworm)

Theo Makkar & cs. (2014), có một số loài nhộng tằm đã được phát hiện, bao gồm: *Bombyx mori* Linnaeus, 1758 [Bombycidae]; *Antheraea assamensis* Helfer, 1837; *Antheraea mylitta* (Drury, 1773); *Antheraea paphia* Linnaeus, 1758; *Samia cynthia ricini* [Saturniidae]. Tằm là một dạng sâu của bướm được nuôi để sản xuất tơ. Trong các loài trên thì loài *Bombyx mori* là phổ biến nhất, sản xuất tới 90% sản lượng tơ trên toàn thế giới.

Về đặc điểm sinh học của loài bướm *Bombyx mori*, kết quả nghiên cứu của Patel & cs. (2013) cho thấy loài bướm này đẻ trứng được bọc ở trong nang (kén) dẻo, hình elip và có màu trắng đục. Thời gian trứng nở trung bình là 8,32 ngày và tỷ lệ nở là 91,6%. Giai đoạn sâu (tằm) kéo dài 24,44 ngày trong khi giai đoạn nhộng kéo dài 12,54 ngày và khối lượng nhộng trung bình là 0,62g. Trung bình mỗi cá thể bướm đẻ khoảng 269 trứng trong cả cuộc đời của chúng.

Bột nhộng tằm được coi là nguồn thức ăn phù hợp với loài dạ dày đơn như gia cầm, lợn, cá và cũng có thể cho gia súc nhai lại. Do tằm thường được nuôi để lấy tơ nên một lượng lớn phụ phẩm kén thải ra có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường. Vì vậy, sử dụng nguồn phụ phẩm kén này làm thức ăn chăn nuôi hoặc sản xuất các sản phẩm có giá trị sinh học khác như chitin, protein, dầu và axit béo là biện pháp giúp giảm ô nhiễm môi trường.

2.5. Châu chấu (locusts) và dế (crickets)

Châu chấu, chủ yếu là họ Acrididae và Pyrgomorphidae; và dế, chủ yếu là họ Gryllidae, là những loài côn trùng thuộc bộ cánh thẳng, trong đó có trên 80 loài có thể ăn được tìm thấy ở châu Phi, Nam Mỹ và châu Á. Châu chấu là một nhóm gồm nhiều loài, sống thành từng đàn và di cư khi mật độ đàn cao (Makkar & cs., 2014). Đây là những loài côn trùng có nguy cơ gây hại cho cây trồng nếu không được kiểm soát tốt.

Theo Burrows (1997) châu chấu gồm khoảng 12 loài với sự khác nhau về ngoại hình và tập tính. Khi còn là ấu trùng chưa trưởng thành, chúng không có cánh và không thể bay được. Khi trưởng thành, chúng có thể bay ở khoảng cách xa thành từng đàn. Trứng của chúng được đẻ ở dưới đất ẩm ướt vào mùa mưa và phôi được phát triển ở dưới lớp đất bề mặt, khi con non nở ra sẽ bò lên trên bề mặt nhưng cánh vẫn chưa thể bay được. Chúng chỉ có thể bay được khi cánh phát triển đầy đủ ở giai đoạn cuối của con non. Thời gian phát triển giai đoạn con non dao động từ vài tuần cho tới 6 tháng phụ thuộc vào điều kiện môi trường, trong điều kiện có kiểm soát của phòng thí nghiệm là 6 tuần. Kích thước cơ thể con cái lúc trưởng thành dài 90mm, khối lượng là 2,5-3,5g trong khi con đực nhỏ hơn là 75mm chiều dài và khối lượng 1,5-2g.

Dế là côn trùng thuộc họ Gryllidae với 2.455 loài thuộc 14 phân họ và 333 giống. Chân của chúng có 3 đốt và có thể nhảy. Cơ thể của chúng có chiều dài từ 1 hoặc 2mm cho tới trên 50mm. Ngày nay, dế phân bố ở khắp các vùng trên trái đất, từ vĩ tuyến 55° bắc tới 55° nam. Dế là loài đẻ nhiều trứng, trứng của chúng được đẻ trong hang đất, rễ cây. Sau khi nở ra, con non sẽ trải qua từ 5 tới 12 lần lột xác cho tới khi trưởng thành. Đa số các loài dế ăn được các loại thức ăn có nguồn gốc động vật và thực vật (Alexander, 1968).

Bảng 1. Thành phần hóa học và giá trị dinh dưỡng của một số loại côn trùng ăn được
(tính theo vật chất khô)

Chỉ tiêu	Ấu trùng ruồi lính đen[1]	Sâu bột[2]	Nhộng tằm[3]	Châu chấu[4]	Dế[5]
Vật chất khô (%)	35-45			23-35	28,4
Protein thô (%)	42,1	52,8	60,7	57,3	63,3
Xơ thô (%)	7,0	-	3,9	8,5	
NDF (%)	-	12,0	-	22,5	18,3
ADF (%)	-	6,5	-	-	10,0
Chất béo thô (%)	26,0	36,1	25,7	8,5	17,3
Khoáng tổng số (%)	20,6	3,1	5,8	6,6	5,6
Năng lượng thô (GE, Mj/Kg)	22,1	26,8	25,8	21,8	-
Ca (g/kg)	75,6	2,7	3,8	0,0013	10,1
P (g/kg)	9,0	7,8	6,0	0,0011	7,9
K (g/kg)	6,9	8,9	-	-	-
Na (g/kg)	1,3	0,9	-	-	-
Mg (g/kg)	3,9	2,3	3,7	-	1,2
Fe (g/kg)	1,37	0,057	0,33	-	0,116
Mn (mg/kg)	246	9	18	-	40
Zn (mg/kg)	108	116	224	-	215
Cu (mg/kg)	6	16	15	-	15

Nguồn: [1]Arango Gutierrez & cs. (2004), Newton & cs. (1977), Sealey & cs. (2011), St-Hilaire & cs. (2007a, b); [2]Barker & cs. (1998), CIRAD (1991), Finke (2002), Jones & cs. (1972), Klasing & cs. (2000), Martin & cs. (1976); [3]Coll & cs. (1992); Fagoonee (1983a, b), Göhl (1982), Gowda & cs. (2004), Hossain & cs. (1993), Hossain & cs. (1997), Ioselevich & cs. (2004), Jintasataporn (2012), Longvah & cs. (2011), Narang and Lal (1985), Rao (1994); [4]Adeyemo & cs. (2008), Alegbeleye & cs. (2012), Anand & cs. (2008), Hemsted (1947), Ojewola & cs., (2005), Walker (1975); [5]Barker & cs. (1998), Finke (2002). Các nguồn trên dẫn theo Makkar & cs. (2014).

Bảng 2. Hàm lượng axit amin của một số loại côn trùng ăn được (g/16g N)

Chỉ tiêu	Ấu trùng ruồi lính đen[1]	Sâu bột[2]	Nhộng tằm[3]	Châu chấu[4]	Dế[5]
Alanine	7,7	7,3	5,8	4,6	8,8
Arginine	5,6	4,8	5,6	5,6	6,1
Axit aspartic	11,0	7,5	10,4	9,4	7,7
Cystine	0,1	0,8	1,0	1,1	0,8
Methionine	2,1	1,5	3,5	2,3	1,4
Lysine	6,6	5,4	7,0	4,7	5,4
Isoleucine	5,1	4,6	5,1	4	4,4
Leucine	7,9	8,6	7,5	5,8	9,8
Phenylalanine	5,2	4,0	5,2	3,4	3,0
Threonine	3,7	4,0	5,1	3,5	3,6
Tryptophan	0,5	0,6	0,9	0,8	0,6
Axit glutamic	10,9	11,3	13,9	15,4	10,4
Histidine	3,0	3,4	2,6	3,0	2,3
Proline	6,6	6,8	5,2	2,9	5,6
Serine	3,1	7,0	5,0	5,0	4,6
Glycine	-	4,9	4,8	4,8	5,2
Tyrosine	6,9	7,4	5,9	3,3	5,2
Valine	8,2	6,0	5,5	4,0	5,1

Nguồn: [1]Newton & cs. (1977); [2]Finke (2002), Jones & cs. (1972); [3]Longvah & cs. (2011), Rao (1994); [4]Alegbeleye & cs. (2012), Balogun (2011); [5]Finke (2002) - dẫn theo Makkar & cs. (2014).

3. GIÁ TRỊ DINH DƯỠNG CỦA MỘT SỐ LOÀI CÔN TRÙNG

Nhiều loài côn trùng đã được đánh giá là nguồn thức ăn giàu dinh dưỡng protein, chất béo, năng lượng, vitamin và chất khoáng. Đã có nhiều công trình công bố về thành phần hóa học và giá trị dinh dưỡng của các loài côn trùng khác nhau, kết quả tổng hợp được trình bày ở bảng 1. Kết quả tổng hợp về hàm lượng các loại axit amin có trong 1 số loài côn trùng được trình bày ở bảng 2.

Các loại côn trùng có hàm lượng protein thô cao (42,1-63,3% theo vật chất khô) và tương đương hoặc cao hơn so với nhiều loại thức ăn chăn nuôi giàu protein khác như bột cá, khô đậu tương. Theo tổng kết của Sánchez-Muros & cs. (2014) thì có tới 20 loài côn trùng có hàm lượng protein thô tương đương với bột cá (protein thô là 60-80%) và có tới 28 loài khác có hàm lượng protein thô tương đương hoặc cao hơn bột đậu tương chứa protein thô 45-50%. Hàm lượng protein thô dao động đáng kể giữa các loài côn trùng và giai đoạn sống biến hình của chúng khi trưởng thành sẽ có hàm lượng protein cao hơn ở giai đoạn đang lột xác; đồng thời phụ thuộc vào nguồn thức ăn mà chúng ăn từ thực vật, ngũ cốc, hay chất thải hữu cơ (van Huis & cs., 2013).

Côn trùng có chứa đầy đủ các loại axit amin, đặc biệt là các axit amin thiết yếu, với hàm lượng tương đối cao. Trong các loại hạt ngũ cốc thường thiếu một số loại axit amin cần thiết như lysine, threonine hay tryptophan, nhưng hàm lượng các loại axit amin này đều có trong côn trùng, nhất là lysine và threonine hàm lượng tương đối cao. Tuy nhiên, hàm lượng methionine, cysteine trong côn trùng là tương đối thấp.

Không những giàu protein, côn trùng còn được coi là loại thức ăn giàu chất béo, nhất là ấu trùng ruồi lính đen, sâu bột và nhộng tằm. Đặc biệt, côn trùng rất giàu các axit béo không no mạch dài và các axit béo cần thiết như axit linoleic và axit α-linolenic. Thành phần các axit

béo của côn trùng cũng bị ảnh hưởng bởi nguồn thức ăn mà chúng ăn (van Huis & cs., 2013). Tuy nhiên, sự có mặt của các axit béo không no mạch dài cũng làm cho sản phẩm có chứa côn trùng dễ bị oxi hóa trong quá trình chế biến và nhanh bị ôi, thiu hơn. Giai đoạn phát triển của côn trùng cũng ảnh hưởng tới hàm lượng các chất béo. Ở giai đoạn chưa trưởng thành, hàm lượng chất béo dao động từ 8-70% tính theo vật chất khô (Tang & cs., 2019).

Về hàm lượng các loại chất khoáng, côn trùng được đánh giá là loại thức ăn giàu sắt và kẽm. Hơn nữa, hàm lượng các chất khoáng rất biến động giữa các loài và thay đổi theo giai đoạn phát triển của côn trùng. Ngoài ra, hàm lượng các chất khoáng còn phụ thuộc vào việc sử dụng một phần hay toàn bộ cơ thể của côn trùng để làm thức ăn.

Tuy nhiên, điều đáng lưu ý ở một số loài côn trùng có chứa chitin là thành phần không tiêu hóa được. Chitin là một polysaccharite chủ yếu có ở bộ xương ngoài (vỏ giáp xác) của ngành động vật chân khớp. Chitin là một loại polysaccharide mạch thẳng gồm các tiểu phân N-acety-D-glucosamine kết hợp với nhau theo liên kết β (1-4) glycoside, vì vậy không thể tiêu hóa được bởi động vật dạ dày đơn (Sánchez-Muros & cs., 2014). Hàm lượng chitin ở một số loài côn trùng dao động tùy theo từng loài và giai đoạn phát triển của chúng. Ở dế là khoảng 8% (Wang & cs., 2004), nhộng tằm khoảng 66,6 mg/kg vật chất khô (Finke, 2007 - dẫn theo Sánchez-Muros & cs., 2014). Mặc dù là một thành phần không được tiêu hóa bởi động vật dạ dày đơn nhưng chitin cũng có thể có ảnh hưởng tích cực tới khả năng miễn dịch không chỉ ở một số loài cá mà còn ở gia cầm. Do chitin có thể ảnh hưởng đến khả năng tiêu hóa protein của vật nuôi nên việc loại bỏ chitin khỏi côn trùng sẽ nâng cao được chất lượng protein của chúng.

4. TÌNH HÌNH SỬ DỤNG CÔN TRÙNG LÀM THỨC ĂN CHĂN NUÔI

4.1. Tính an toàn của côn trùng khi làm thức ăn chăn nuôi

Đối với bất kì nguồn thức ăn chăn nuôi mới nào thì tính an toàn về vệ sinh thực phẩm rất cần được đánh giá chính xác trước khi đưa vào sử dụng. Đối với từng loài côn trùng, cần đảm bảo không mang các mầm bệnh, không bị nhiễm khuẩn, không tồn dư các chất hóa học hay các độc tố và không chứa nhiều các kim loại nặng (DiGiacomo & Leury, 2019). Không phải tất cả các loài côn trùng đều ăn được bởi vì một số loài có chứa các yếu tố gây hại cho sức khỏe của chúng ta. Chẳng hạn, một số loài tiết ra các độc tố để xua đuổi các loài khác không tấn công chúng. Ngoài ra, các loài côn trùng như châu chấu, dế được thu bắt trong các khu vực có phun thuốc bảo vệ thực vật có thể tồn dư một số loại thuốc hóa học trong cơ thể của chúng (Rumpold & Schlüter, 2013). Vì vậy, để giảm tối đa những nguy cơ liên quan tới an toàn vệ sinh thì chỉ nên sử dụng các loài côn trùng ăn được và được nuôi bằng các loại thức ăn không có chất tồn dư trong môi trường không bị ô nhiễm.

Nguy cơ liên quan tới sự nhiễm khuẩn của một số loại côn trùng khi sử dụng làm thức ăn cũng đã được nghiên cứu và công bố, làm gia tăng sự lo ngại về tính an toàn của chúng khi sử dụng cho vật nuôi và con người. Một số loại vi khuẩn đã được xác định có trong đường tiêu hóa cũng như trên bề mặt của một số loài côn trùng như ấu trùng ruồi nhà (loài *Musca domestica*) khi nuôi bằng cá tươi bao gồm *Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Aspergillus tamarii,* và *Bacillus cereus (*Banjo & cs., 2005). Một số biện pháp chế biến có thể làm giảm số lượng các loại vi khuẩn có hại nhưng nếu thực hiện không đạt theo yêu cầu thì có thể chưa loại bỏ hoàn toàn được mầm bệnh. Rumpold & Schlüter (2013) cho biết đun sôi côn trùng liên tục 5-10 phút có thể làm giảm số lượng vi sinh vật và loại bỏ hoàn toàn vi khuẩn họ Enterobacteriacea ở hầu hết các loài côn trùng, nhưng rang trong 10 phút lại không thể loại bỏ hoàn toàn vi khuẩn họ Enterobacteriacea. Thông thường xử lý nhiệt bằng đun sôi 5-10 phút hay rang trong 10 phút cũng chưa thể làm bất hoạt hoàn toàn các loại bào tử vi khuẩn. Chỉ những biện pháp tiệt trùng như sử dụng nhiệt áp cao hoặc phương pháp tiệt trùng thông thường ở 110-150°C thì mới tiêu diệt được bào tử vi khuẩn. Sấy khô bột côn trùng với độ ẩm

4-5% sẽ hạn chế tối đa hoạt động của các loài vi khuẩn. Ngoài ra, cũng cần lưu ý bảo quản sản phẩm đúng cách để tránh nhiễm khuẩn trong quá trình bảo quản. Veldkamp & cs. (2012) cho biết các tài liệu nghiên cứu đều chỉ ra rằng bản thân côn trùng không mang các mầm bệnh nguy hiểm cho con người, mà hầu hết các trường hợp bị nhiễm khuẩn đều đến từ môi trường xung quanh (bao gồm môi trường khu vực nuôi, chế biến, bảo quản sản phẩm côn trùng). Theo quy định của Ủy ban châu Âu thì các loài côn trùng và các sản phẩm từ côn trùng khi sử dụng làm thức ăn chăn nuôi không được mang mầm bệnh và không gây ảnh hưởng xấu tới sức khỏe thực vật, động vật và con người.

Côn trùng có thể tích lũy kim loại nặng trong tế bào của một số cơ quan nội tạng của chúng trong quá trình chúng sống ở môi trường có chứa nhiều kim loại nặng, và sự tích lũy này có thể không giết chết côn trùng nhưng sẽ gây độc cho loài nào ăn chúng (Veldkamp & cs., 2012). Chẳng hạn, sâu bột (*T. molitor*) tích lũy cadimi (Cd) và chì (Pb) khi chúng ăn chất hữu cơ có nguồn gốc từ khu vực đất bị nhiễm những kim loại này, hoặc tích lũy selen (Se) khi trong thức ăn của chúng có quá nhiều sodium selenite (Na_2SeO_3) (Vijver & cs., 2003; Hogan & Razniak, 1991, dẫn theo Veldkamp & cs., 2012). Vì vậy, khi nuôi côn trùng cần đảm bảo chất nền không bị nhiễm các loại kim loại nặng để tránh nguy cơ tích lũy trong côn trùng.

4.2. Tiềm năng sử dụng côn trùng làm thức ăn chăn nuôi

4.2.1. Chế biến côn trùng

Côn trùng có thể được sử dụng ở dạng tươi sống hoặc qua chế biến làm thức ăn chăn nuôi. Một số dạng sản phẩm côn trùng được chế biến hiện nay như sấy đông khô, dạng bột khô hoặc đông đá. Chế biến sẽ giúp bảo quản côn trùng được lâu hơn và dễ sử dụng hơn. Tuy nhiên cho tới nay vẫn có rất ít các công trình công bố về các phương pháp chế biến côn trùng làm thức ăn chăn nuôi (Veldkamp & cs., 2012).

Sau khi thu hoạch côn trùng từ chất nền, cần tiến hành làm sạch để loại bỏ hết các chất thải bám vào chúng. Thông thường nhất là biện pháp sử dụng sàng để tách côn trùng ra khỏi chất nền. Sau đó, côn trùng có thể được chế biến nguyên con hoặc phân tách một phần cơ thể chúng. Khi sử dụng nguyên con, có thể tiến hành đông đá hoặc luộc trong nước sôi. Ví dụ, ấu trùng ruồi có thể được rửa sạch bằng nước nóng 40-50°C sau đó sấy trong 24 giờ ở 60°C hoặc với ấu trùng sâu bột có thể sấy ở 50°C trong 3 ngày (Gawaad & Brune, 1979; Ramos-Elorduy & cs., 2002 - dẫn theo Veldkamp & cs., 2012). Đối với phương pháp phân tách, sau khi thu hoạch, sơ chế làm sạch thì có thể thực hiện phân tách mỡ, protein hòa tan, protein không hòa tan, và chitin. Khi tách mỡ thì hàm lượng protein sẽ cao hơn. Có thể sử dụng các chất hòa tan hữu cơ như hexane để tách mỡ rồi sấy khô. Để phân tách chitin, có thể sử dụng hóa chất (NaOH và HCl) để khử khoáng rồi khử protein, hoặc sử dụng biện pháp sinh học là lên men hoặc enzyme. Hiện nay, các biện pháp phân tách protein vẫn chưa được nghiên cứu nhiều (Veldkamp & cs., 2012).

4.2.2. Tiềm năng sử dụng một số loài côn trùng làm thức ăn chăn nuôi

Theo Urošević & cs. (2019), số loài côn trùng đã được sử dụng làm thức ăn hoặc nguyên liệu thức ăn chăn nuôi nhỏ hơn rất nhiều so với tổng số các loài côn trùng ăn được. Đến nay có 24 loài côn trùng thuộc 6 bộ khác nhau (Blattodea, Coleoptera, Diptera, Isoptera, Lepidoptera và Orthoptera) đã được đánh giá tiềm năng sử dụng làm thức ăn chăn nuôi, trong đó bộ Diptera (48%) và Lepidoptera (29%) là hai bộ được sử dụng phổ biến nhất, trong khi bộ Coleoptera chỉ chiếm 9%. Theo van Huis & cs. (2013), các loài côn trùng được sử dụng phổ biến nhất làm thức ăn chăn nuôi hiện nay là ấu trùng ruồi lính đen, ấu trùng ruồi nhà, nhộng tằm và sâu bột. Châu chấu và mối cũng là nguồn thức ăn giàu protein rất khả thi cho chăn nuôi nhưng ít phổ biến hơn.

Côn trùng đã và đang được sử dụng làm thức ăn cho gia súc gia cầm, thủy sản và động vật cảnh ở nhiều nước trên thế giới. Côn trùng chủ yếu được sử dụng làm thức ăn cho gia cầm, thủy sản, thú cảnh và lợn. Theo IPIFF (2019) côn

trùng có thể được sử dụng tới 40% trong khẩu phần ăn của cá và tới 30% trong khẩu phần ăn của gà. Tuy nhiên, côn trùng hiện nay đang bị cấm sử dụng cho động vật nhai lại ở trên toàn thế giới do nguy cơ truyền lây bệnh bò điên (spongiform encephalopathy) (DiGiacomo & Leury, 2019). Riêng ở châu Âu, hiện nay côn trùng chưa được phép sử dụng làm thức ăn cho gia cầm và lợn do lo ngại dịch bệnh có thể truyền lây khi sử dụng côn trùng nuôi trên chất nền có nguồn gốc động vật (Commission Regulation (EU) No 56/2013, dẫn theo IPIFF, 2019).

a. Trong chăn nuôi gia cầm

Nhiều loài côn trùng được coi như là nguồn thức ăn tự nhiên của gia cầm trong các hệ thống chăn thả tự do, cho thấy sự phù hợp của việc sử dụng côn trùng làm thức ăn cho gia cầm. Đã có khá nhiều nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng một số loài côn trùng trong khẩu phần ăn tới năng suất, chất lượng thịt, sức đề kháng và hiệu quả kinh tế của gia cầm. Bảng 3 tóm tắt một số nghiên cứu nổi bật thực hiện gần đây với một số loài côn trùng khác nhau.

Các kết quả nghiên cứu với các loài côn trùng khác nhau cho thấy côn trùng là một nguồn thức ăn phù hợp, có nhiều tiềm năng đối với các loại gia cầm. Có thể sử dụng côn trùng để thay thế một phần hoặc toàn bộ bột cá, bột đậu tương trong khẩu phần của gia cầm mà không ảnh hưởng hoặc thậm chí cho năng suất, chất lượng sản phẩm cao hơn, giảm chi phí sản xuất và cho hiệu quả kinh tế cao, nhất là đối với các nông hộ chăn nuôi quy mô vừa và nhỏ. Tuy nhiên, cần có nghiên cứu sâu hơn về ảnh hưởng của việc sử dụng côn trùng tới chất lượng và đặc tính cảm quan của thịt để dễ dàng được người tiêu dùng chấp nhận hơn, đồng thời cần nghiên cứu ảnh hưởng tới chất lượng trứng khi sử dụng lâu dài cho gia cầm đẻ trứng (Khan, 2018).

b. Trong chăn nuôi lợn

Côn trùng ít được sử dụng làm thức ăn cho lợn hơn so với gia cầm. Một số loài côn trùng đã được thử nghiệm làm thức ăn cho lợn như ấu trùng ruồi lính đen, sâu bột, nhộng tằm. Bảng 4 tổng hợp một số nghiên cứu chính về sử dụng côn trùng làm thức ăn cho lợn.

Bảng 3. Một số nghiên cứu chính về sử dụng côn trùng làm thức ăn cho gia cầm

Loại vật nuôi	Loại sản phẩm từ côn trùng	Tỷ lệ sử dụng	Kết quả chính
Gà đẻ[1]	Bột ấu trùng ruồi lính đen đã khử mỡ.	12 và 24% thay thế cho 50 hoặc 100% khô đậu tương ở khẩu phần đối chứng.	Không sai khác về năng suất trứng, thu nhận thức ăn, khối lượng trứng và hiệu quả chuyển hóa thức ăn. Không có gà bị chết hoặc rối loạn về sức khỏe nhưng phân có màu đen và vật chất khô cao hơn khi thay thế 24%.
Chim cút sinh trưởng[2]	Bột ấu trùng ruồi lính đen đã khử mỡ.	10% (thay thế 28,4% dầu đậu tương và 16,1% bột đậu tương), 15% (thay thế 100% dầu đậu tương và 24,8 % bột đậu tương.	Không có sự sai khác về khối lượng cơ thể, thu nhận thức ăn, hiệu quả chuyển hóa thức ăn, tỷ lệ chết, tỷ lệ thịt lườn.
Gà thịt[3]	Bột ấu trùng sâu bột.	Bổ sung 0,1; 0,2 và 0,3% sâu bột vào khẩu phần và lô đối chứng không bổ sung sâu bột.	Tăng khối lượng cơ thể trung bình cao hơn, giảm tiêu tốn thức ăn so với lô đối chứng. Không ảnh hưởng tới thu nhận thức ăn và chất lượng cảm quan của thịt về mùi vị, độ mềm, độ ngọt, màu sắc. Tổng thu và lợi nhuận cao hơn so với lô đối chứng.
Gà thịt (giai đoạn vỗ béo)[4]	Bột nhộng tằm.	Thay thế bột cá bằng 25, 50, 75, 100% bột nhộng tằm.	Không ảnh hưởng tới lượng thức ăn thu nhận, khối lượng cơ thể, tiêu tốn thức ăn. Chi phí sản xuất khi sử dụng 100% bột nhộng tằm thấp hơn (0,16 USD/kg tăng khối lượng) so với lô đối chứng sử dụng bột cá (0,19 USD/kg tăng khối lượng).
Gà thịt (giai đoạn khởi động)[5]	Bột châu chấu.	Thay thế 50% bột cá bằng bột châu chấu (1,7% trong khẩu phần).	Khối lượng cơ thể gà cao hơn, tiêu tốn thức ăn thấp hơn và không gây ra các rối loạn về sinh lý thể hiện qua các chỉ tiêu về huyết học.
Gà thịt (8-20 ngày tuổi)[6]	Bột dế	Thay thế bột đậu tương bằng 5, 10, 15% bột dế trong khẩu phần.	Không ảnh hưởng tới tăng khối lượng cơ thể, thu thận thức ăn và tiêu tốn thức ăn.

Nguồn: [1] Maurer & cs., (2016); [2]Cullere & cs., (2016); [3] Hussain & cs. (2017); [4] Ijaiya & Eko (2009); [5] Adeyemo GO & cs. (2008); [6]Wang & cs. (2005).

Bảng 4. Một số nghiên cứu chính sử dụng côn trùng làm thức ăn cho lợn

Loại vật nuôi	Loại sản phẩm từ côn trùng	Tỷ lệ sử dụng	Kết quả chính
Lợn thịt choai[1]	Bột ấu trùng ruồi lính đen đã khử một phần mỡ	Thay thế 50, 75, 100% cho bột đậu tương.	Không ảnh hưởng tới chất lượng thịt, làm tăng độ ngọt của thịt và hàm lượng axit béo chưa no mạch dài ở mỡ lưng.
Lợn cái sau cai sữa[2]	Bột ấu trùng ruồi lính đen đã khử một phần mỡ	Thay thế 30, 60% bột đậu tương, tương ứng tỷ lệ bột ấu trùng là 5% và 10% trong khẩu phần.	Không ảnh hưởng tới sinh trưởng, trừ giai đoạn 24-61 ngày thí nghiệm. Có sự tăng tuyến tính về lượng thức ăn thu nhận hàng ngày theo mức thay thế bột ấu trùng (cao nhất là 10%). Không ảnh hưởng tới tỷ lệ tiêu hóa, hình thái ruột, hình thái mô.
Lợn sau cai sữa[3]	Bột sâu bột	Thay thế 1,5; 3,0; 4,5 và 6,0% bột đậu tương.	Tăng tuyến tính khối lượng cơ thể, tăng trọng hàng ngày, thu nhận thức ăn hàng ngày, tỷ lệ tiêu hóa vật chất khô và protein thô theo mức tăng tỷ lệ thay thế bột sâu bột. Không có sự sai khác về hàm lượng immunoglobulin A và G.
Lợn sinh trưởng và vỗ béo[4]	Bột nhộng tằm chưa khử mỡ	Thay thế 50 và 100% bột đậu tương.	Không ảnh hưởng tới sinh trưởng và đặc tính thân thịt. Ảnh hưởng tới thu nhận thức ăn khi thay thế trên 50% do nồng độ năng lượng cao hoặc giảm tính ngon miệng, nhưng hiệu quả chuyển hóa thức ăn tốt hơn do hàm lượng lysine trong bột nhộng tằm cao.

Nguồn: [1]Altmann & cs. (2019); [2]Biasato & cs. (2019); [3]Jin & cs. (2016); [4]Coll & cs. (1992) - dẫn theo Makkar & cs. (2014).

Các nghiên cứu sử dụng côn trùng làm thức ăn cho lợn cho thấy sinh trưởng của lợn và chất lượng thịt thường không bị ảnh hưởng hoặc thậm chí được cải thiện. Côn trùng có thể thay thế một phần bột đậu tương trong khẩu phần ăn của lợn thịt. Tuy nhiên, theo DiGiacomo & Leury (2019) thì cần có những đánh giá ở quy mô lớn hơn để khẳng định về tính ngon miệng của thức ăn từ côn trùng, tỷ lệ sử dụng phù hợp, đánh giá ảnh hưởng tới sinh trưởng và chất lượng thịt của lợn nuôi thương phẩm.

5. KẾT LUẬN

Côn trùng ăn được rất đa dạng và có nhiều tiềm năng để sử dụng làm thức ăn chăn nuôi. Ấu trùng ruồi lính đen, sâu bột, nhộng tằm, châu chấu và dế là những loài được sử dụng phổ biến và có nhiều tiềm năng. Có thể sử dụng những sản phẩm chế biến từ côn trùng để bổ sung hoặc thay thế một phần hoặc hoàn toàn các nguồn nguyên liệu giàu protein truyền thống như bột cá, bột đậu tương trong khẩu phần ăn của gia cầm và lợn mà không ảnh hưởng hoặc cho kết quả tốt hơn về năng suất cũng như chất lượng sản phẩm. Để tăng cường hiệu quả sử dụng côn trùng làm thức ăn chăn nuôi, cần lưu ý giảm tối đa một số nguy cơ liên quan đến an toàn vệ sinh về nhiễm khuẩn, độc tố, kim loại nặng trong quá trình nuôi, thu hoạch, chế biến và bảo quản sản phẩm. Ở nước ta, cần tiếp tục đánh giá tiềm năng cũng như nghiên cứu về quy trình nuôi, chế biến và hiệu quả sử dụng một số loài côn trùng trên các đối tượng vật nuôi khác nhau để đưa ra khuyến cáo phù hợp trong thực tiễn sản xuất, nhằm tạo ra nguồn protein mới, an toàn, giá thành phù hợp phục vụ phát triển chăn nuôi bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Adeyemo G.O., Longe O.G. & L.H.A. (2008). Effects of feeding desert locust meal (Schistocerca gregaria) on performance and haematology of broilers. Tropentag, Hohenheim, Germany.

Alexander R.D. (1968). Life Cycle Origins, Speciation, and Related Phenomena in Crickets. The Quarterly Review of Biology. 43(1): 1-41.

Altmann B.A., Neumann C., Rothstein S., Liebert F. & Mörlein D. (2019). Do dietary soy alternatives lead to pork quality improvements or drawbacks? A look into micro-alga and insect protein in swine diets. Meat Science. 153: 26-34.

Banjo A.D., Lawal O.A. & Adeduji O.O. (2005). Bacteria and fungi isolated from housefly (*Musca domestica* L.) larvae. African Journal of Biotechnology. 4(8): 780-784.

Biasato I., Renna M., Gai F., Dabbou S., Meneguz M., Perona G., Martinez S., Lajusticia A.C.B., Bergagna S., Sardi L., Capucchio M.T., Bressan E., Dama A., Schiavone A. & Gasco L. (2019).

Partially defatted black soldier fly larva meal inclusion in piglet diets: effects on the growth performance, nutrient digestibility, blood profile, gut morphology and histological features. Journal of animal science and biotechnology. 10: 12-12.

Bộ NN&PTNT (2019). Thông tư số 21/2019/TT-BNNPTNT ngày 28 tháng 11 năm 2019 hướng dẫn một số điều của Luật Chăn nuôi về thức ăn chăn nuôi.

Burrows M. (1997). The neurobiology of an insect brain. Oxford. Oxford University Press.

Cullere M., Tasoniero G., Giaccone V., Miotti-Scapin R., Claeys E., Smet S.D. & Zotte A.D. (2016). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. Animal : an international journal of animal bioscience. 10(12): 1923-1930.

DeFoliart G.R. (1997). An overview of the role of edible insects in preserving biodiversity. Ecology of Food and Nutrition. 36(2-4): 109-132.

Diener S. & Christian Zurbrügg (2011). Black soldier fly larvae for organic waste treatment–prospects and constraints. 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries, Khulna, Bangladesh.

DiGiacomo K. & Leury B.J. (2019). Review: Insect meal: a future source of protein feed for pigs? Animal. 13(12): 3022-3030.

Hussain I., Sarzamin Khan, Asad Sultan, Naila Chand, Rafiullah Khan, Waqas Alam & Ahmad N. (2017). Meal worm (Tenebrio molitor) as potential alternative source of protein supplementation in broiler. International Network for Natural Sciences. 10(4): 255-262.

Ijaiya A.T. & Eko E.O. (2009). Effect of Replacing Dietary Fish Meal with Silkworm (*Anaphe infracta*) Caterpillar Meal on Growth, Digestibility and Economics of Production of Starter Broiler Chickens. Pakistan Journal of Nutrition. 8(6): 845-849.

IPIFF (2019). The european insect sector today: Challenges, opportunities and regulatory landscape. IPIFF vision paper on the future of the insect sector towards 2030. Brussels, Belgium. The International Platform of Insects for Food and Feed.

Jin X.H., Heo P.S., Hong J.S., Kim N.J. & Kim Y.Y. (2016). Supplementation of Dried Mealworm (Tenebrio molitor larva) on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Blood Profiles in Weaning Pigs. Asian Australas J Anim Sci. 29(7): 979-986.

Jongema (2017). Worldwide list of recorded edible insects. The Netherlands, Department of Entomology, Wageningen University and Research.

Khan S.H. (2018). Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition. Journal of Applied Animal Research. 46(1): 1144-1157.

Makkar H.P.S., 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.

Maurer V., Holinger M., Amsler Z., Frueh 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.

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.

Nguyễn Huân & Kế Toại (2020). Nhiều nhà máy thức ăn chăn nuôi sắp hết nguyên liệu. Truy cập từ https://nongnghiep.vn/nhieu-nha-may-thuc-an-chan-nuoi-sap-het-nguyen-lieu-d262460.html ngày 14/08/2020.

Patel S.R., Pandya H.V., Patel S.D. & Naik M.M. (2013). Biology of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). International Journal of Plant Protection 6(2): 382-389.

Ramos-Elorduy J., González E.A., Hernández A.R. & Pino J.M. (2002). Use of Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. Journal of Economic Entomology. 95(1): 214-220.

Rumpold B.A. & Schlüter O.K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 17: 1-11.

Sánchez-Muros M.J., Barroso F.G. & Manzano-Agugliaro F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. Journal of Cleaner Production. 65: 16-27.

Tang C., Yang D., Liao H., Sun H., Liu C., Wei L. & Li F. (2019). Edible insects as a food source: a review. Food Production, Processing and Nutrition. 1(1): 8.

Urošević M. I., Popovic A., Jajj I., Petrovj M., Sa'sa Krstovi & Samardzic M.M. (2019). The potential and risks of insects usage as animal feed - the legislation in European Union and perspective for Serbia. Annals of Agronomy. 43(1): 46-56.

van Huis A., Itterbeeck J.V., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G. & Vantomme P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Veldkamp T., Duinkerken G.v., Huis A.v., Lakemond C.M.M., Ottevanger E., Bosch G. & Boekel T.v. (2012). Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets: a feasibility study. Wageningen UR Livestock Research.

Wang D., Zhai S.W., Zhang C.X., Bai Y.Y., An S.H. & Xu Y.N. (2005). Evaluation on Nutritional Value of Field Crickets as a Poultry Feedstuff. Asian-Australas J Anim Sci. 18(5): 667-670.