

USING BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) LARVAE TO TREAT ORGANIC WASTE INTO FERTILIZER FOR PLANTS

Luong Thi Thuy Van^{1*}, Hoang Van Kien², Pham Thi Hong Tu¹, Hoang Thanh Tam¹

¹TNU - University of Education, ²ATK Tan Trao High School, Son Duong district, Tuyen Quang province

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 28/3/2023	With the aim of turning waste into useful products and minimizing environmental pollution, using Black Soldier Fly (<i>Hermetia illucens</i>) larvae to treat organic waste into fertilizer carried out in Son Duong district, Tuyen Quang province is a feasible solution. The experiment was arranged with five formulas corresponding to five types of untreated organic waste. The volume and quality of the obtained product depend on the type of waste being treated. Larvae reared on vegetable, tuber, fruit and bean residues have a larger mass, protein, lipid, calcium and energy content than larvae fed with cassava residue and dung of buffaloes, cows, chickens and ducks. In contrast, the volume of organic fertilizer obtained from eating manure of buffaloes, cows and chickens was higher than the remaining materials. On the background of cassava residue, larvae have the smallest weight and are the poorest in nutrients. Organic fertilizer pellets from Black Soldier Flies contain all the essential nutrients for plants such as N, humus, P ₂ O ₅ and K ₂ O. However, in order to ensure Vietnam's standards on the quality of organic fertilizers for plants, raw materials after treatment from vegetables, tubers, fruits, bean residues, and cassava residues need to be properly supplemented with nutrients.
Revised: 13/6/2023	
Published: 13/6/2023	
KEYWORDS	
Black Soldier Flies	
Organic waste	
Larvae	
Fertilizer	
Tuyen Quang	

SỬ DỤNG ẤU TRÙNG RUỒI LÍNH ĐEN (*Hermetia illucens*) XỬ LÝ CHẤT THẢI HỮU CƠ THÀNH PHÂN BÓN CHO CÂY TRỒNG

Lương Thị Thúy Vân^{1*}, Hoàng Văn Kiên², Phạm Thị Hồng Tú¹, Hoàng Thanh Tâm¹

¹Trường Đại học Sư phạm - ĐH Thái Nguyên

²Trường Trung học phổ thông ATK Tân Trào, huyện Sơn Dương, tỉnh Tuyên Quang

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 28/3/2023	Với mục tiêu biến rác thải thành sản phẩm có ích, đồng thời giảm thiểu ô nhiễm môi trường, việc sử dụng ấu trùng Ruồi lính đen (<i>Hermetia illucens</i>) xử lý chất thải hữu cơ thành phân bón được thực hiện tại huyện Sơn Dương, tỉnh Tuyên Quang là giải pháp hoàn toàn khả thi. Thí nghiệm được bố trí với 5 công thức tương ứng với 5 loại chất thải hữu cơ cần xử lý; với các điều kiện vận hành tối ưu về mật độ ấu trùng, tỷ lệ cho ăn, chế độ cho ăn, môi trường thuận lợi cho sinh trưởng, phát triển của Ruồi lính đen. Khối lượng và chất lượng sản phẩm thu được tùy thuộc vào loại chất thải được xử lý. Ấu trùng nuôi nhờ chất thải là rau, củ, quả và bã đậu có khối lượng lớn hơn, có hàm lượng protein, lipid, canxi và giàu năng lượng hơn ấu trùng ăn bã sắn và phân trâu, bò, gà, vịt. Ngược lại, khối lượng phân hữu cơ thu được do ăn phân trâu, bò, gà vịt nhiều hơn các nguyên liệu còn lại. Trên nền chất thải bã sắn, ấu trùng có khối lượng nhỏ nhất và nghèo dinh dưỡng nhất. Phân hữu cơ ép viên từ Ruồi lính đen có chứa đầy đủ các thành phần dinh dưỡng thiết yếu cho cây trồng như N, mùn, P ₂ O ₅ và K ₂ O. Tuy nhiên, để đảm bảo quy chuẩn Việt Nam về chất lượng phân bón hữu cơ cho cây trồng, nguyên liệu sau khi xử lý từ rau, củ, quả, bã đậu, bã sắn cần được bổ sung dinh dưỡng hợp lý.
Ngày hoàn thiện: 13/6/2023	
Ngày đăng: 13/6/2023	
TỪ KHÓA	
Ruồi lính đen	
Chất thải hữu cơ	
Ấu trùng	
Phân bón	
Tuyên Quang	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.7617>

* Corresponding author. Email: vanltt@tnue.edu

1. Giới thiệu

Việc nghiên cứu và tìm ra giải pháp để “biến chất thải thành tài nguyên” đang ngày càng nhận được sự quan tâm của nhiều quốc gia trên thế giới nhằm ứng phó với những thách thức của biến đổi khí hậu và dân số ngày càng gia tăng. Xử lý chất thải hữu cơ bằng Ruồi lính đen góp phần thực hiện mô hình kinh tế tuần hoàn, biến rác thải thành những nguồn nguyên liệu có ích, giảm chi phí xử lý chất thải, giảm thiểu ô nhiễm môi trường [1].

Ruồi lính đen thuộc họ Stratiomyidae, có nguồn gốc từ các vùng nhiệt đới, cận nhiệt đới và ôn đới của châu Mỹ [2]. Trong những năm qua, đã có nhiều ứng dụng Ruồi lính đen (*Hermetia illucens*) trong lĩnh vực nông nghiệp và xử lý ô nhiễm môi trường. Ấu trùng Ruồi lính đen được sử dụng trong các trang trại nhằm xử lý chất thải như phân lợn, phân bò và phân gia cầm trong các vùng khí hậu có thể duy trì Ruồi lính đen quanh năm. Ấu trùng Ruồi lính đen không chỉ có khả năng làm giảm sinh khối chất thải mà còn có thể khử khoảng 85% nitrogen và 75% phosphorus trong phân lợn, 30-35% nitrogen và 61-70% phosphorus trong phân bò [3]. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng, Ruồi lính đen cũng có khả năng tiêu hóa các chất thải khác như phân hữu cơ trong chất thải rắn đô thị, bùn xử lý nước thải và chất thải chế biến cá [4]. Lalander và cộng sự (2019) kết luận rằng, ấu trùng Ruồi lính đen có thể thích nghi với nhiều loại chất thải hữu cơ như chất thải lò mổ, phân người, chất thải thực phẩm, trong đó hỗn hợp trái cây, rau và chất thải lò mổ được xử lý tốt hơn [5]. Bên cạnh đó, Ruồi lính đen cũng đóng vai trò quan trọng trong việc thay đổi hệ vi sinh vật có trong chất thải khi làm phân trộn và cũng làm giảm các vi khuẩn có hại như *E. coli* và *Salmonella enterica* bằng cách tiết ra các hợp chất diệt khuẩn có hại [6]. Ấu trùng Ruồi lính đen có thể làm giảm thể tích, khối lượng chất thải hữu cơ trong một thời gian ngắn; lượng khí độc sinh ra giảm, ít gây ra những ảnh hưởng không tốt đối với sức khỏe con người. Đây được coi là biện pháp quản lý chất thải rắn quan trọng và bền vững [7], [8].

Nhờ khả năng phân hủy chất hữu cơ hoàn hảo, ấu trùng Ruồi lính đen còn là nguồn thức ăn giàu dinh dưỡng cho gia cầm và cá, hoặc kết hợp để sản xuất các sản phẩm thay thế bột cá, dầu cá; các nguồn chất béo và protein thông thường [9]. Nghiên cứu của Cummins và cộng sự (2017) đã thay thế bột cá truyền thống bằng 25% ấu trùng Ruồi lính đen [10]. Một tính năng thú vị khác đó là phân ấu trùng Ruồi lính đen được xem như một loại phân hữu cơ giàu dinh dưỡng và lợi khuẩn, có thể dùng để bón bổ sung cho cây trồng hoặc cải tạo đất [11].

Huyện Sơn Dương, tỉnh Tuyên Quang là địa phương có nhiều cơ sở làm nghề truyền thống như làm bún, miến, đậu, sản xuất tinh bột sắn; nhiều trang trại chăn nuôi trâu bò, lợn, gà với quy mô lớn, vì vậy lượng chất thải hữu cơ hàng ngày tại các cơ sở này là rất lớn, gây ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến cuộc sống của người dân trong vùng [12]. Bên cạnh đó, người dân phần lớn chưa có ý thức thu gom, phân loại rác thải, ít quan tâm đến hiệu quả các loại rác thải hữu cơ có khả năng tái sử dụng. Xuất phát từ thực trạng trên, kết hợp với những đặc điểm ưu việt của Ruồi lính đen, do đó nghiên cứu: “Sử dụng ấu trùng Ruồi lính đen (*Hermetia illucens*) xử lý chất thải thành phân bón hữu cơ” được coi như một giải pháp hiệu quả, tiết kiệm chi phí, dễ thực hiện nhằm góp phần khắc phục thực trạng ô nhiễm môi trường tại địa phương, đồng thời tạo ra các sản phẩm có giá trị kinh tế phục vụ sản xuất nông nghiệp.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng ấu trùng Ruồi lính đen (*Hermetia illucens*) được lấy từ trang trại Xuân Vân, xã Tú Thịnh, huyện Sơn Dương, tỉnh Tuyên Quang. Nguồn chất thải hữu cơ thu thập từ 5 kiểu hộ gia đình tại huyện Sơn Dương, tỉnh Tuyên Quang, bao gồm: rau, củ, quả thối hỏng (hộ công chức nhà nước); phân trâu, bò (hộ chăn nuôi trâu, bò theo hình thức trang trại); bã sắn (hộ sản xuất tinh bột sắn); bã đậu (hộ làm đậu); phân gà, vịt (hộ làm nông nghiệp).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp nghiên cứu sử dụng ấu trùng Ruồi lính đen xử lý chất thải hữu cơ

Thí nghiệm được bố trí với các điều kiện vận hành tối ưu về mật độ ấu trùng, tỷ lệ cho ăn, chế độ cho ăn, môi trường thuận lợi cho sinh trưởng, phát triển của Ruồi lính đen [3], [13], [14]. Các công thức thí nghiệm được thiết kế theo khối ngẫu nhiên hoàn chỉnh gồm 5 công thức và 3 lần nhắc lại với các nguyên liệu xử lý tương ứng như sau: công thức 1 sử dụng nguyên liệu rau, củ, quả; công thức 2 sử dụng nguyên liệu phân trâu bò; công thức 3 sử dụng nguyên liệu bã sắn; công thức 4 sử dụng nguyên liệu bã đậu; công thức 5 sử dụng nguyên liệu phân gà, vịt. Quá trình chuẩn bị, vận hành và thu mẫu được trình bày chi tiết trong bảng 1.

Bảng 1. Thí nghiệm sử dụng ấu trùng Ruồi lính đen xử lý chất thải hữu cơ

TT	Nội dung	Công thức 1	Công thức 2	Công thức 3	Công thức 4	Công thức 5
I - Công tác chuẩn bị						
1	Ấu trùng	0,5 kg ấu trùng 5 ngày tuổi cho mỗi công thức thí nghiệm				
2	Thành phần chất thải hữu cơ	rau, củ, quả	phân trâu, bò	bã sắn	bã đậu	phân gà, vịt
3	Khối lượng chất thải hữu cơ	6,0 kg chất thải cho mỗi công thức thí nghiệm. Chất thải được dàn đều, độ dày lớp chất thải khoảng 6 cm.				
4	Vật liệu đựng chất thải và nuôi ấu trùng	Thùng nhựa kích thước 30x40 cm. Mỗi thí nghiệm đặt 3 thùng.				
5	Địa điểm đặt mô hình	Hộ ông Hoàng Văn Hương, xã Thượng Ấm, huyện Sơn Dương, tỉnh Tuyên Quang				
6	Vị trí và thời gian đặt thí nghiệm	Thời gian chuẩn bị và bố trí thí nghiệm được thực hiện trong tháng 5/2022 để đảm bảo nhiệt độ môi trường từ 25 - 30°C. Thí nghiệm được đặt ở nơi thoáng gió, ánh sáng tán xạ (góc vườn).				
II - Phương pháp vận hành mô hình và thu mẫu						
7	Phương thức đưa ấu trùng vào mô hình	Cân đủ 0,5 kg ấu trùng ruồi cho vào thùng nhựa có chứa sẵn chất thải hữu cơ.				
8	Phương pháp vận hành mô hình	Trong 5 ngày duy trì thí nghiệm cần đảo trộn 1 lần/ngày để tăng cường lượng oxy cho ấu trùng hoạt động				
9	Thời gian và phương pháp thu mẫu	Tiến hành thu sản phẩm sau 5 ngày đưa ấu trùng vào xử lý. Sản phẩm được tách lọc bằng cách lấy bát nhựa xúc chất thải đã được xử lý phía bên trên thùng nhựa, phần còn lại đổ ra sàng có kích thước lưới 3 mm để lọc (ấu trùng chui xuống dưới, bên trên là chất thải).				
10	Sản phẩm thu được	Ấu trùng và phân hữu cơ				

2.2.2. Phương pháp chế biến phân bón và thức ăn chăn nuôi từ ấu trùng Ruồi lính đen

Sản phẩm thu được sau thí nghiệm gồm có ấu trùng tuổi lớn và phân hữu cơ do chúng thải ra được chế biến thành 2 sản phẩm, đó là ấu trùng sấy khô dùng làm thức ăn chăn nuôi và phân hữu cơ ép viên.

- Ấu trùng sấy khô: Ấu trùng đem sấy khô ở nhiệt độ khoảng 60°C, sau đó để nguội và đóng gói bảo quản sản phẩm.

- Phân hữu cơ ép viên: Phân hữu cơ thu được đem phơi khô khoảng 1 ngày, đối với sản phẩm xử lý rau, củ, quả phơi 3 ngày. Sau đó, dùng máy ép để ép thành dạng phân viên. Tiếp tục phơi khô phân ép viên trong khoảng 2 ngày trước khi đóng gói bảo quản.

2.2.3. Phương pháp phân tích chất lượng sản phẩm

Phương pháp phân tích thành phần dinh dưỡng thức ăn chăn nuôi:

- VCK*: Theo TCVN 4326:2007
- Protein thô*: Theo TCVN 4328:2007
- Lipid*: Theo TCVN 4331:2007
- Canxi: Theo phương pháp AAS
- Năng lượng: Trên thiết bị CAL 2K

Phương pháp phân tích thành phần dinh dưỡng trong phân bón:

- Nitơ/OM: Theo TCVN 7598:2007
 - P₂O₅ hữu hiệu: Theo TCVN 8559:2010
 - K₂O hữu hiệu: Theo TCVN 8560:2018
- (Dấu * là chỉ tiêu được công nhận VILAS/ISO 17025/2017).

2.2.4. Phương pháp tổng hợp số liệu và xử lý thống kê

Sử dụng phần mềm Excel để tập hợp bảng dữ liệu và vẽ biểu đồ, đồ thị minh họa số liệu nghiên cứu. Phần mềm SPSS được sử dụng để xử lý các chỉ số thống kê cơ bản như giá trị trung bình, độ lệch chuẩn (Sd). Xếp thứ tự các công thức thí nghiệm bằng phương pháp phân tích sâu ANOVA một nhân tố (Post Hoc One - way ANOVA).

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả xử lý chất thải hữu cơ của ấu trùng Ruồi lính đen

Quá trình xử lý chất thải hữu cơ của Ruồi lính đen khá đơn giản. Ấu trùng non sau khi được thả vào chất thải hữu cơ sẽ ăn chất thải để lớn lên, đồng thời giảm thiểu lượng chất thải. Về cơ bản, Ruồi lính đen có thể xử lý nhiều loại chất hữu cơ do có miệng khỏe, có thành phần vi khuẩn độc đáo trong đường ruột mà các loài côn trùng khác không có; cộng thêm các enzyme tiêu hóa có hoạt tính cao trong tuyến nước bọt và ruột như amylase, lipase và protease,... [15], [16]. Tuy nhiên, Lalander và cộng sự (2019) cho rằng, nguyên liệu xử lý có thể ảnh hưởng đến thời gian phát triển và trọng lượng của ấu trùng cũng như tỉ lệ chuyển đổi chất thải thành sinh khối. Thông thường ấu trùng sẽ phát triển tối ưu trong điều kiện nguyên liệu chứa 21% protein và 21% carbohydrate [8]; hàm lượng chất xơ (chất thải thực vật hoặc phân bò) không quá cao [17]; ẩm độ thích hợp từ 60 - 90%, nếu nguyên liệu quá khô ấu trùng không thể xử lý được, còn nếu quá ướt ấu trùng sẽ bò ra khỏi chất thải để tìm kiếm vị trí khô ráo hơn [18], [19]; pH trong khoảng từ 5-8 [20]; kích thước hạt từ 1-2 cm [17]. Mặt khác, hàm lượng chất béo cao có thể gây bất lợi cho sự phát triển của ấu trùng Ruồi lính đen [5]. Sau 5 ngày tiến hành thực nghiệm, các công thức với cùng khối lượng ấu trùng, khác nhau ở thành phần chất liệu xử lý đã thu được kết quả trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Khối lượng sản phẩm thu được sau 5 ngày thực nghiệm và sau khi sấy khô

TT	Sản phẩm	Công thức 1	Công thức 2	Công thức 3	Công thức 4	Công thức 5
I	Sản phẩm thu được sau 5 ngày thực nghiệm					
1	Ấu trùng (kg)	4,0 ± 0,3 ^{cd}	3,8 ± 0,1 ^{bc}	2,2 ± 0,6 ^a	4,1 ± 0,5 ^d	3,3 ± 0,4 ^b
2	Phân hữu cơ (kg)	1,5 ± 0,4 ^{ab}	2,5 ± 0,3 ^c	1,6 ± 0,2 ^b	1,5 ± 0,1 ^a	2,2 ± 0,3 ^c
3	Nguyên liệu chưa xử lí hết (kg)	0,0 ± 0,00 ^a	0,2 ± 0,05 ^b	0,8 ± 0,10 ^c	0,0 ± 0,00 ^a	0,3 ± 0,03 ^b
II	Sản phẩm thu được sau khi sấy khô và ép viên					
4	Ấu trùng sấy khô (kg)	1,8 ± 0,4 ^c	1,1 ± 0,2 ^a	0,8 ± 0,2 ^a	1,7 ± 0,3 ^c	1,2 ± 0,3 ^{bc}
5	Phân ép viên (kg)	1,6 ± 0,2 ^b	2,9 ± 0,3 ^d	1,2 ± 0,0 ^a	1,2 ± 0,1 ^a	2,2 ± 0,1 ^c

Ghi chú: Các số có cùng chỉ số a, b, c, d, e (theo dòng) có sự sai khác không đáng kể ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

Sản phẩm thu được sau 5 ngày thí nghiệm gồm có 2 thành phần chính là ấu trùng tuổi lớn và phân hữu cơ do ấu trùng thải ra trong quá trình sinh trưởng, phát triển của chúng. Khối lượng sản phẩm thay đổi đáng kể tùy thuộc vào loại chất thải được xử lý. Số liệu thống kê cho thấy, khối lượng ấu trùng thu được cao nhất ở công thức 4 (nguyên liệu xử lý là bã đậu) và công thức 1 (nguyên liệu xử lý là rau, củ, quả) với kết quả tương ứng là 4,1 kg và 4,0 kg), thấp nhất ở công thức sử dụng nguyên liệu bã bột sắn (2,2 kg). Khối lượng phân hữu cơ thu được cao nhất ở công thức 2 (phân trâu, bò) và công thức 5 (phân gà) với khối lượng tương ứng là 2,5 kg và 2,2 kg. Một số nguyên liệu do chứa nhiều cellulose như bã bột sắn, phân trâu, phân bò,... đã hạn chế khả năng xử lý của ấu trùng Ruồi lính đen, nguyên liệu ở các mô hình này vẫn còn thừa lại do ấu trùng không xử lý hết.

Thí nghiệm đã lựa chọn tỷ lệ cho ăn thuận lợi tối ưu cho cả việc tạo ra sinh khối ấu trùng và giảm thiểu chất thải. Độ dày lớp chất thải hợp lý, khoảng 6 cm, kết hợp đảo trộn để đảm bảo cung cấp oxy tối ưu cho ấu trùng vì nếu để lớp chất thải quá dày, ấu trùng có thể sẽ chết do thiếu oxy vì chúng có xu hướng di chuyển sâu xuống lớp chất thải. Bên cạnh đó, việc xử lý chỉ được thực hiện trong thời gian ngắn (5 ngày), không để kéo dài đã giúp cho việc vận hành và quản lý đơn giản hơn, đồng thời giảm rủi ro do dịch bệnh có thể sẽ làm hỏng cả hệ thống.

Ấu trùng tươi và phân hữu cơ sau đó được chế biến thành 2 loại thương phẩm là ấu trùng sấy khô và phân ép viên. Khối lượng ấu trùng sấy khô ở công thức 1 (1,8 kg) và công thức 4 (1,7 kg) có khối lượng tương đương nhau về mặt thống kê, do đó có thể khẳng định hai loại nguyên liệu này cùng có ưu thế hơn so với các nguyên liệu còn lại. Khối lượng phân ép viên thu được cũng tương ứng với khối lượng chất thải hữu cơ của ấu trùng, cao nhất ở công thức sử dụng nguyên liệu phân trâu, bò (2,9 kg), tiếp đến là nguyên liệu phân gà, vịt (2,2 kg).

Trong quá trình xử lý sau thu hoạch, bước sấy khô đặc biệt được chú ý nhằm làm khô ấu trùng cho đến khi độ ẩm của chúng giảm xuống dưới 10% để chúng có thể được bảo quản hiệu quả [1]. Sấy khô sản phẩm bằng năng lượng mặt trời là một giải pháp tiết kiệm năng lượng và chi phí, đặc biệt thích hợp với các nước vùng nhiệt đới và dân cư có thu nhập thấp.

3.2. Chất lượng ấu trùng sấy khô và phân ép viên từ ấu trùng Ruồi lính đen

3.2.1. Chất lượng ấu trùng sấy khô của Ruồi lính đen

Theo Spranghers và cộng sự (2017) [21], hàm lượng các chất dinh dưỡng trong ấu trùng Ruồi lính đen thay đổi phụ thuộc vào loại chất thải được sử dụng làm nguồn thức ăn và giai đoạn chúng được thu hoạch. Cho dù được nuôi bằng nguyên liệu nào thì ấu trùng Ruồi lính đen luôn có hàm lượng protein và chất béo cao [13], [22]. Hàm lượng axit béo tổng số của ấu trùng Ruồi lính đen phụ thuộc vào hàm lượng axit béo của nguyên liệu xử lý [23]. Về thành phần khoáng, ấu trùng Ruồi lính đen tương đối giàu canxi (từ 9 đến 86 g kg⁻¹ VCK), photpho (từ 4 đến 5 g kg⁻¹ VCK) và kali (từ 5 đến 6 g kg⁻¹ VCK) [21], [22]. Thành phần các chất dinh dưỡng và năng lượng của ấu trùng Ruồi lính đen trong các thí nghiệm được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Chất lượng ấu trùng sấy khô của Ruồi lính đen

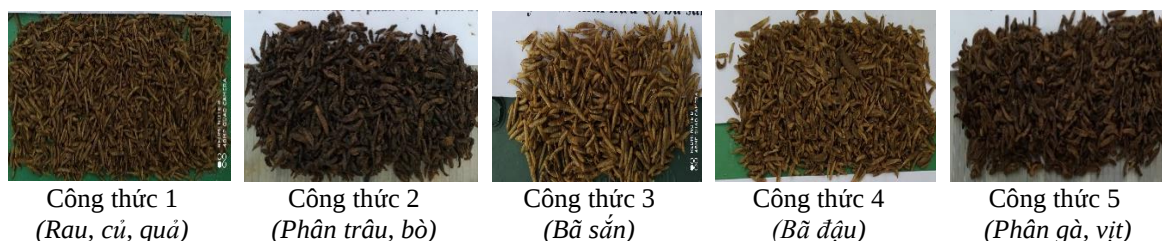
TT	Sản phẩm	Công thức 1	Công thức 2	Công thức 3	Công thức 4	Công thức 5
1	VCK (%)	90,91±0,09 ^e	83,66±0,24 ^d	54,73±0,27 ^a	57,45±0,19 ^b	66,18±0,17 ^c
2	Protein (%)	48,24±0,05 ^e	39,55±0,27 ^c	22,29±0,06 ^a	46,76±0,12 ^d	31,78±0,39 ^b
3	Lipid (%)	28,43±0,09 ^d	15,89±0,13 ^b	4,99±0,04 ^a	16,04±0,27 ^c	15,05±0,05 ^b
4	Canxi (%)	6,47±0,38 ^d	6,22±0,19 ^b	5,84 ±0,46 ^a	6,28±0,81 ^c	6,17±0,53 ^b
5	Năng lượng (Kcal/kg)	4959,43±3,45 ^e	3456,67±0,45 ^d	2140,93±0,06 ^a	2642,77±0,31 ^c	2596,33±0,60 ^b

Ghi chú: Các số có cùng chỉ số a, b, c, d, e (theo dòng) có sự sai khác không đáng kể ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

Ấu trùng Ruồi lính đen sấy khô ở 5 công thức (Hình 1) đều có chứa đủ thành phần các chất dinh dưỡng như protein, lipid, canxi và giàu năng lượng. Số liệu thống kê cho thấy, ấu trùng nuôi nhờ chất thải là rau, củ, quả (công thức 1) và bã đậu (công thức 4) có hàm lượng các chất dinh dưỡng cao và nhiều năng lượng hơn sản phẩm của các công thức còn lại. Ấu trùng nuôi trên nền chất thải bã sắn (công thức 3) nghèo dinh dưỡng nhất, trong đó hàm lượng protein chỉ bằng khoảng ½ so với chất nền là rau, củ, quả và bã đậu. Sản phẩm ấu trùng Ruồi lính đen sấy khô có sự khác biệt rõ rệt về màu sắc tùy thuộc vào loại chất thải mà chúng xử lý. Ấu trùng xử lý chất thải rau, củ, quả có màu nâu cánh gián; ấu trùng xử lý chất thải là bã sắn, bã đậu có màu nâu sáng; trong khi ấu trùng xử lý các loại phân gia súc, gia cầm có màu nâu đậm.

Hàm lượng protein và chất béo cao cho thấy tiềm năng sử dụng Ruồi lính đen làm thức ăn chăn nuôi là phù hợp, có thể dùng để thay thế cho bột đậu nành và bột cá [21], [24]. Việc thay thế một phần hoặc hoàn toàn thức ăn thông thường bằng ấu trùng Ruồi lính đen đã mang lại kết quả khả quan về tăng trưởng và chất lượng cho cá da trơn (*Ictalurus punctatus*), tôm

(*Litopenaeus vannamei*) [10], lợn [25] và gà [26]. Do hàm lượng chất dinh dưỡng trong ấu trùng phụ thuộc vào nguyên liệu được sử dụng để nuôi chúng, vì vậy Makkar và cộng sự (2014) [22] đã khuyến nghị nên bổ sung nguyên liệu để cải thiện tỷ lệ protein, chất béo và chất xơ cho thức ăn chăn nuôi từ ấu trùng Ruồi lính đen. Hơn nữa, kết quả nghiên cứu của Spranghers và cộng sự 2017 cũng cho thấy nếu chỉ sử dụng thức ăn là ấu trùng Ruồi lính đen thì hiệu suất tăng trưởng của vật nuôi sẽ giảm [21].



Hình 1. Ấu trùng Ruồi lính đen sấy khô

3.2.2. Chất lượng của phân hữu cơ ép viên từ ấu trùng Ruồi lính đen

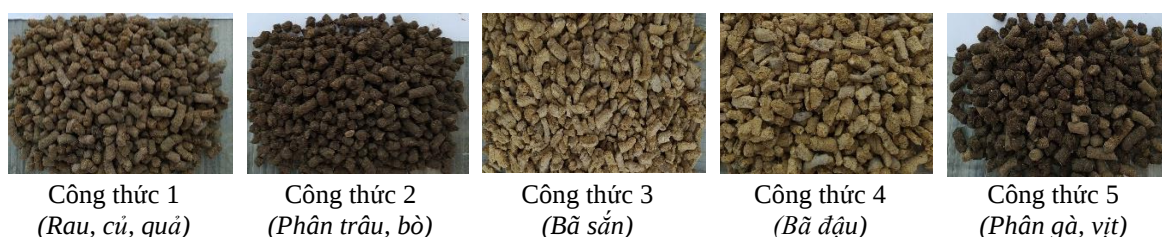
Có rất ít kết quả nghiên cứu về thành phần, tính chất của bã thải từ Ruồi lính đen. Tuy nhiên, khả năng chuyển đổi nitơ hữu cơ thành amoni của ấu trùng Ruồi lính đen đã được Green và Popa (2012) [11] quan sát và cho kết quả rằng, Ruồi lính đen ăn thực vật và chất thải thực phẩm giúp tăng cường đáng kể quá trình khoáng hóa nitơ; trong đó nồng độ amoni trong nước rỉ rác tăng lên từ 5 đến 6 lần; độ pH của cặn thải thường dao động từ 7 đến 8, nằm trong phạm vi tối ưu cho sự phát triển của thực vật [27]. Độ ẩm của cặn thải cũng phụ thuộc vào độ ẩm ban đầu của chất thải. Đối với rác thải thực phẩm, Cheng và cộng sự (2017) quan sát thấy khi độ ẩm ban đầu là 70% và 75% thì độ ẩm của bã thải cuối giai đoạn cho ăn đã giảm xuống còn khoảng 50%; mặt khác, khi độ ẩm ban đầu là 80% thì không giảm và duy trì trên 80% trong suốt quá trình xử lý chất thải của Ruồi lính đen [28].

Kết quả phân tích chất lượng phân ép viên từ ấu trùng Ruồi lính đen được trình bày tại bảng 4.

Bảng 4. Chất lượng của phân ép viên từ ấu trùng Ruồi lính đen

TT	Sản phẩm	Công thức 1	Công thức 2	Công thức 3	Công thức 4	Công thức 5	Quy chuẩn QCVN 01-189:2019/BNNPTNT
1	Nitơ (%)	1,76±0,00 ^d	1,42±0,00 ^b	1,26±0,02 ^a	1,64±0,03 ^c	1,82±0,00 ^e	≥ 2 %
2	Mùn (%)	47,67±0,01 ^e	44,76±0,01 ^d	37,42±0,35 ^a	39,45±0,19 ^b	41,46±0,01 ^c	≥ 2 %
3	P ₂ O ₅ hh (mg/100g)	1484,42±95,18 ^b	2293,26±50,17 ^c	1192,37±57,65 ^a	1527,07±46,09 ^b	3128,95±61,15 ^d	≥ 2 %
4	K ₂ O _{hh} (mg/100g)	2038,59±17,28 ^b	2838,11±155,42 ^c	1818,58±62,16 ^a	2076,10±36,50 ^b	2207,79±104,72 ^b	≥ 2 %

Ghi chú: Các số có cùng chỉ số a, b, c, d, e (theo hàng) có sự sai khác không đáng kể ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$



Hình 2. Phân hữu cơ ép viên từ ấu trùng Ruồi lính đen

Sản phẩm phân bón hữu cơ thu được sau xử lý có chứa đầy đủ các thành phần dinh dưỡng thiết yếu cho cây trồng như Nitơ, mùn, P₂O₅ và K₂O. Hàm lượng P₂O₅, K₂O hữu hiệu trong phân hữu cơ có nguyên liệu từ phân trâu bò và phân gà đạt quy chuẩn QCVN 01-189:2019/BNNPTNT

về chất lượng phân bón. Phân bón từ nguyên liệu bã sắn có hàm lượng dinh dưỡng thấp nhất. Do vậy, để đảm bảo quy chuẩn về chất lượng phân bón hữu cơ cho cây trồng, nguyên liệu sau khi xử lý từ rau, củ, quả, bã đậu, bã sắn cần được bổ sung dinh dưỡng hợp lý. Phân hữu cơ ép viên sau khi phơi khô (Hình 2) có màu sắc khá tương đồng với màu của ấu trùng Ruồi lính đen sấy khô. Tuy nhiên, sản phẩm của công thức 1 và 2 có kết cấu tốt hơn so với ba công thức còn lại.

4. Kết luận

Sử dụng ấu trùng Ruồi lính đen xử lý chất thải hữu cơ là giải pháp hoàn toàn khả thi và dễ thực hiện. Sản phẩm thu được sau khi xử lý gồm có 2 thành phần là ấu trùng tuổi lớn và phân hữu cơ do ấu trùng thải ra.

- Khối lượng sản phẩm thu được thay đổi tùy thuộc vào loại chất thải được xử lý. Ấu trùng ăn bã đậu và rau, củ, quả có khối lượng lớn hơn so với ấu trùng ăn bã sắn và phân trâu, bò, gà, vịt. Ngược lại, khối lượng phân hữu cơ thu được do ăn phân trâu, bò, gà vịt nhiều hơn các nguyên liệu còn lại. Ấu trùng xử lý kém nhất với nguyên liệu là bã sắn. Khối lượng ấu trùng sấy khô và phân ép viên tương ứng với khối lượng ấu trùng tươi và phân hữu cơ thu được sau khi xử lý.

- Ấu trùng Ruồi lính đen sấy khô có chứa các chất dinh dưỡng như protein, lipid, canxi và giàu năng lượng. Ấu trùng nuôi nhờ chất thải là rau, củ, quả và bã đậu có hàm lượng các chất dinh dưỡng cao và nhiều năng lượng hơn sản phẩm của các mô hình còn lại. Ấu trùng nuôi trên nền chất thải bã sắn nghèo dinh dưỡng nhất.

- Phân hữu cơ ép viên từ Ruồi lính đen có chứa đầy đủ các thành phần dinh dưỡng thiết yếu cho cây trồng như N, mùn, P_2O_5 và K_2O . Tuy nhiên, nguyên liệu sau khi xử lý từ rau, củ, quả, bã đậu, bã sắn cần được bổ sung dinh dưỡng hợp lý để đảm bảo quy chuẩn Việt Nam về chất lượng phân bón hữu cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] D. Beesigamukama, B. Mochoge, N. K. Korir, K. K. M. Fiaboe, D. Nakimbugwe, F. M. Khamis, S. Subramanian, M. M. Wangu, T. Dubois, S. Ekesi, and C. M. Tanga, "Low-coast technology for recycling agro-industrial waste into nutrient-rich organic using black soldier fly," *Waste Management*, vol. 119, pp. 183-194, 2021.
- [2] J. W. Diclaro and P. E. Kaufman, "Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae)," Askifas powered by EDIS, University of Florida, September 21, 2021. [Online], Available: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN830>. [Accessed Sept. 16, 2022].
- [3] H. M. Myers, J. K. Tomberlin, B. D. Lambert, and D. Kattes, "Development of black soldier fly (Diptera: stratiomyidae) larvae fed dairy manure," *Environmental Entomology*, vol. 37, no. 1, pp. 11-15, 2008.
- [4] S. St-Hilaire, K. Cranfill, M. A. McGuire, E. E. Mosley, J. K. Tomberlin, L. Newton, W. Sealey, C. Sheppard, and S. Irving, "Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids," *Journal of the World Aquaculture Society*, vol. 38, no. 2, pp. 309-313, 2007, doi: [10.1111/j.1749-7345.2007.00101.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00101.x).
- [5] C. Lalander, S. Diener, C. Zurbrugg, and B. Vinnerås, "Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*)," *Journal of Cleaner Production*, vol. 208, pp. 211-219, 2019.
- [6] M. C. Erickson, M. Islam, C. Sheppard, J. Liao, and M. P. Doyle, "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*, vol. 67, no. 4, pp. 685-690, 2004.
- [7] L. Setti, E. Francia, A. Pulvirenti, S. Gigliano, M. Zaccardelli, C. Pane, F. Caradonia, S. Bortolini, L. Maistrello, and D. Ronga, "Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.), Diptera: Stratiomyidae) larvae processing residue in peat-based growing media," *Waste Management*, vol. 95, pp. 278-288, 2019.
- [8] D. C. Sheppard, G. L. Newton, S. A. Thomson, and S. Savage, "A value-added manure management-system using the black soldier fly," *Bioresource Technology*, vol. 50, pp. 275-279, 1994.
- [9] K. Bondari and D. C. Sheppard, "Soldier fly larvae as feed in commercial fish production," *Aquaculture*, vol. 24, pp. 103-109, 1981.

- [10] V. C. Cummins, S. D. Rawles, K. R. Thompson, A. Velasquez, Y. Kobayashi, J. Hager, and C. D. Webster, "Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)," *Aquaculture*, vol. 473, pp. 337-344, 2017, doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.02.022.
- [11] T. R. Green and R. Popa, "Enhanced ammonia content in compost leachate processed by black soldier fly larvae," *Applied Biochemistry and Biotechnology*, vol. 166, no. 6, pp. 1381-1387, 2012.
- [12] Sy Hao, "Tuyen Quang: Suffering from cow's waste... more worries about landfills," *Environment & Resources*, October 12, 2016. [Online]. Available: <https://baotainguyenmoitruong.vn/tuyen-quang-kho-vi-chat-thai-bo-them-lo-bai-rac-270777.html>. [Accessed Sept. 16, 2022].
- [13] I. J. Banks, W. T. Gibson, and M. M. Cameron, "Growth rates of black soldier fly larvae fed on fresh human faeces and their implication for improving sanitation," *Tropical Medicine and International Health*, vol. 19, no. 1, pp. 14-22, 2014.
- [14] A. S. P. Paz, N. S. Carrejo, and C. H. G. Rodriguez, "Effects of larval density and feeding rates on the bioconversion of vegetable waste using black soldier fly larvae *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae)," *Waste Biomass Valorization*, vol. 6, no. 6, pp. 1059-1065, 2015.
- [15] H. Jeon, S. Park, J. Choi, G. Jeong, S. B. Lee, Y. Choi, and S. J. Lee, "The intestinal bacterial community in the food waste-reducing larvae of *Hermetia illucens*," *Current Microbiology*, vol. 62, pp. 1390-1399, 2011.
- [16] W. Kim, S. Bae, K. Park, S. Lee, Y. Choi, S. Han, and Y. Koh, "Biochemical characterization of digestive enzymes in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)," *Journal of Asia-Pacific Entomology*, vol. 14, pp. 11-14, 2011.
- [17] C. R. Lohri, S. Diener, I. Zabaleta, A. Mertenat, and C. Zurbrugg, "Treatment technologies for urban solid biowaste to create value products: A review with focus on low- and middle-income settings," *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, vol. 16, pp. 81-130, 2017.
- [18] J. Y. K. Cheng, S. L. H. Chiu, and I. M. C. Lo, "Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldier fly bioconversion," *Waste Management*, vol. 67, pp. 315-323, 2017.
- [19] J. A. Cammack and J. K. Tomberlin, "The impact of dietary protein and carbohydrate on select life-history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae)," *Insects*, vol. 8, no. 2, pp. 56-69, 2017.
- [20] C. Lalander, J. Fidjeland, S. Diener, S. Eriksson, and B. Vinnerås, "High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. reduction using black soldier fly for waste recycling," *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 35, pp. 261-271, 2015.
- [21] T. Sprangers, M. Ottoboni, C. Klootwijk, A. Ovyen, S. Deboosere, B. DeMeulenaer, J. Michiels, M. Eeckhout, P. De Clercq, and S. De Smet, "Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 97, no. 8, pp. 2594-2600, 2017.
- [22] H. P. S. Makkar, G. Tran, V. Heuzé, and P. Ankers, "State-of-the-art on use of insects as animal feed," *Animal Feed Science and Technology*, vol. 197, pp. 1-3, 2014.
- [23] N. S. Liland, I. Biancarosa, P. Araujo, D. Biemans, C. G. Bruckner, R. Waagbø, B. E. Torstensen, and E.-J. Lock, "Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed enriched media," *Plos one*, vol. 12, no. 8, 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0183188.
- [24] K. C. Surendra, R. Olivier, J. K. Tomberlin, R. Jha, and S. K. Khanal, "Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming," *Renewable Energy*, vol. 98, pp. 197-202, 2016.
- [25] G. L. Newton, C. V. Booram, R. W. Barker, and O. M. Hale, "Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine," *Journal of Animal Science*, vol. 44, pp. 395-400, 1977.
- [26] O. M. Hale, "Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera, Stratiomyidae) as a feed additive for poultry," *Journal of Georgia Entomological Society*, vol. 8, no. 1, pp. 17-20, 1973.
- [27] K. Rehman, M. Cai, X. Xia, L. Zheng, H. Wang, A. Az. Soomro, Y. Zhou, W. Li, Z. Yu, and J. Zhang, "Cellulose decomposition and larval biomass production from the co-digestion of dairy manure and chicken manure by mini-livestock (*Hermetia illucens* L.)," *Journal of Environmental Management*, vol. 196, pp. 458-465, 2017.
- [28] J. Y. K. Cheng, S. L. H. Chiu, and I. M. C. Lo, "Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldier fly bioconversion," *Waste Management*, vol. 67, pp. 315-323, 2017.