

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ CHẤT THẢI HỮU CƠ BẰNG RUỒI LÍNH ĐEN (*HERMETIA ILLUCENS*) QUY MÔ PHÒNG THÍ NGHIỆM

Nguyễn Vũ Hoàng Phương¹, Lê Minh Thành¹,
Trần Thanh Tú^{2*}, Nguyễn Thị Thu Thảo¹,
Bùi Thị Ngọc Hà¹, Huỳnh Thị Thanh Tuyết¹

¹Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM

²Trường Đại học Quốc tế, ĐHQG HCM

*Email: ttu@hcmiu.edu.vn

Ngày nhận bài: 18/02/2022; Ngày chấp nhận đăng: 12/4/2022

TÓM TẮT

Xử lý chất thải hữu cơ bằng phương pháp sinh học mà cụ thể bằng ruồi Lính Đen đang là một trong những phương pháp mới, thân thiện với môi trường, giảm khối lượng rác thải đem đi chôn lấp, bảo tồn tài nguyên đất và nước. Nghiên cứu ứng dụng ruồi Lính Đen trong việc xử lý 3 loại chất nền khác nhau (rau củ quả, chất thải từ nhà hàng chay và chất thải từ nhà hàng) được thu thập từ chợ Sơn Kỳ, quận Tân Phú, TP. Hồ Chí Minh. Kết quả thực nghiệm cho thấy, ấu trùng ruồi Lính Đen có khả năng sinh trưởng tốt trong môi trường chất thải hữu cơ được xếp theo trật tự từ cao đến thấp, cụ thể Chất thải từ nhà hàng chay > Chất thải từ nhà hàng > Chất thải từ rau củ quả. Trong đó, hiệu suất xử lý chất thải ở nhà hàng chay là cao nhất và hiệu suất thấp nhất ở Khay rau củ quả. Mô hình được đánh giá có hiệu quả kinh tế cao phù hợp phát triển ở quy mô hộ gia đình và khu vực nông thôn.

Từ khóa: Ruồi Lính Đen, chất thải hữu cơ, ấu trùng, *Hermetia illucens*, khả năng sinh trưởng, lợi ích -chi phí.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng chung xu thế phát triển kinh tế-xã hội của thế giới, nền kinh tế Việt Nam đang có những bước chuyển mình mạnh mẽ. Tốc độ đô thị hóa ngày càng tăng, cộng thêm sự phát triển của các ngành công nghiệp, thương mại, dịch vụ, du lịch... dẫn đến mức sống của người dân ngày càng cao. Song song với điều này, nhiều vấn đề nghiêm trọng về môi trường đang xảy ra ở các đô thị lớn mà rác thải sinh hoạt là nguyên nhân chính. Tại các đô thị hiện nay, công tác quản lý chất thải vẫn còn nhiều hạn chế dẫn đến nguy cơ gây ra những tác động tiêu cực đến hệ sinh thái, môi trường và sức khỏe của con người.

Theo Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2011 [1], tổng khối lượng chất thải rắn sinh hoạt (CTRSH) phát sinh là 44.400 tấn/ngày và đến năm 2019 là 64.658 tấn/ngày. Trong đó, chất thải được xử lý bằng phương pháp chôn lấp chiếm khoảng 71%, tại các nhà máy chế biến compost chiếm 16%; xử lý bằng phương pháp đốt chiếm 11%. Hiện nay, công nghệ sử dụng chủ yếu là chôn lấp trong khi quỹ đất dành cho hoạt động này đã không còn, công nghệ compost và công nghệ đốt rác vẫn chưa mang lại hiệu quả lớn về kinh tế và môi trường.

Việc ứng dụng phương pháp sinh học, cụ thể là ứng dụng ruồi Lính đen (RLĐ) để xử lý chất thải hữu cơ trong những năm gần đây đang được hứa hẹn với những giá trị to lớn. Phương

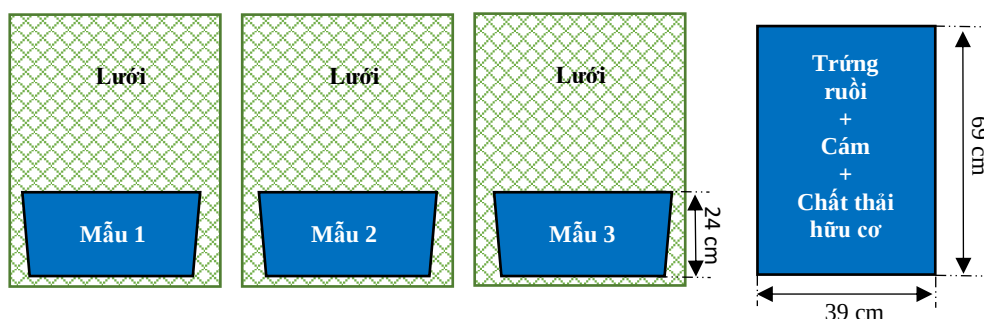
pháp này hướng đến mục tiêu giảm chất thải hữu cơ đem đi chôn lấp thông qua quá trình xử lý chất thải hữu cơ nhanh, tiết kiệm tài nguyên nước và bảo tồn tài nguyên đất, v.v. Từ những vấn đề nêu trên, nhóm đã tiến hành thực hiện nghiên cứu với đề tài: “Nghiên cứu xử lý chất thải hữu cơ bằng ruồi Lính Đen (*Hermetia illucens*) quy mô phòng thí nghiệm”, với mục tiêu đánh giá quá trình sinh trưởng, phát triển và xử lý chất thải hữu cơ với các thành phần dinh dưỡng khác nhau.

Nghiên cứu được tiến hành với trình tự như sau: (1) tổng quan tài liệu về đặc điểm sinh thái của ruồi Lính Đen (*Hermetia illucens*) bao gồm các thông số như nhiệt độ, độ ẩm, các loại chất nền ưu tiên sử dụng, thời gian vòng đời, các giai đoạn trong vòng đời, (2) thu thập, phân loại các loại chất nền được sử dụng lấy từ chợ Sơn Kỳ, quận Tân Phú, Tp. Hồ Chí Minh, (3) xây dựng quy trình nuôi của ruồi Lính Đen với các đặc điểm sinh thái phù hợp với điều kiện thực tiễn tại khu vực Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam. Bước cuối cùng là đánh giá các thông số liên quan đến quá trình sinh trưởng, phát triển và khả năng xử lý chất thải của ruồi Lính Đen.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Trước khi triển khai thí nghiệm, nhóm nghiên cứu tiến hành chuẩn bị (thu gom, phân loại và xử lý sơ bộ) các loại chất nền dành cho ấu trùng bao gồm ba loại chất thải hữu cơ chính, phổ biến được thu gom tại chợ Sơn Kỳ (phường Sơn Kỳ, quận Tân Phú, Tp. Hồ Chí Minh) là:



Hình 1. Bố trí các vật liệu thí nghiệm lưới mùng và khay thức ăn cho ruồi Lính Đen

Nhóm tiến hành liên hệ với các gian hàng bán rau củ quả, Nhà hàng chay và Nhà hàng thường. Mẫu được lấy cùng một ngày, được cân và xử lý sơ bộ.

- Mẫu 1 (M-1): Rau củ quả hư dập đại diện cho nhóm thuần chất thải hữu cơ rau củ quả;
- Mẫu 2 (M-2): Thức ăn chay được thải bỏ tại nhà hàng bán đồ chay, đại diện chất thải hữu cơ làm từ đậu phụ đã được chế biến;
- Mẫu 3 (M-3): Thức ăn thường được thải bỏ tại nhà hàng đại diện nhóm chất thải hữu cơ hỗn hợp.

Nghiên cứu cần chuẩn bị thêm nhà lưới, trứng ruồi, cám gà con và một số dụng cụ gồm khay nhựa có kích thước bằng nhau để đựng trứng và nuôi ấu trùng, mùng để kiểm soát không gian di chuyển và tránh việc thất thoát ra khỏi khu vực thí nghiệm. Các thanh nẹp gỗ để phục vụ hoạt động đẻ trứng của ruồi sau khi giao phối. Ngoài ra, trong quá trình nuôi cần bổ sung thêm các dụng cụ, thiết bị tại phòng thí nghiệm cụ thể như sau: nhiệt kế cầm tay, máy đo độ ẩm, đo ánh sáng, đo tốc độ gió, máy sấy, dụng cụ đếm v.v. đủ phục vụ hoạt động thiết kế và kiểm soát các thông số trong vòng đời của ruồi Lính Đen. Quy trình nuôi được bố trí tại phòng thí nghiệm trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Thành phố Hồ Chí Minh.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Sau khi thu thập và đánh giá các thông số liên quan đến vòng đời của ruồi Lính Đen trong điều kiện thực tiễn [2-4], nhóm tiến hành quy trình nuôi thông qua 5 bước như sau:

Bước 1: Ủ trứng

Cho hỗn hợp cám gà con, nước vào khay ủ và trộn đều. Độ ẩm hỗn hợp khoảng 80%. Sau đó rải trứng lên đĩa nhựa và đặt nó trên hỗn hợp cám gà con vừa trộn. Đậy lưới kín để tránh ruồi, kiến, các sinh vật khác tác động vào khay ủ.

Bước 2: Cho thức ăn vào khay (Sự khác biệt giữa 3 quy trình nuôi là thành phần chất nền tham gia)

Trong thời gian này, chất nền vẫn được giữ nguyên bao gồm cám gà con và nước, độ ẩm ổn định trong khoảng 60-80%. Sau 1 ngày, ấu trùng bắt đầu nở và dần dần phát triển. Ấu trùng sẽ đạt được kích thước bằng đầu que tăm (khoảng 2-3 mm) sau 5 ngày. Sau đó, chúng được cho vào khay nuôi lớn hơn và tiến hành nuôi tiếp. Tổng số ấu trùng trong khay được đếm và được chia đều về ba khay. Ấu trùng được nuôi bằng thức ăn được lấy từ nhà hàng, thức ăn chay và rau củ quả hư hỏng được thu thập ở chợ. Cần duy trì độ ẩm hằng ngày ổn định từ 60-80%. Quá trình nuôi sẽ tiếp tục diễn ra từ 15 đến 20 ngày.

Bước 3: Làm nơi ở cho nhộng đóng kén

Sau 15 đến 20 ngày, ấu trùng đã chuyển qua giai đoạn nhộng, tích lũy đầy đủ năng lượng thông qua hoạt động xử lý chất thải. Tiếp theo, chúng ngừng sử dụng thức ăn, di chuyển ra khỏi chất nền. Màu của ấu trùng chuyển dần thành đen, lớp vỏ bên ngoài cứng lại và tạo thành kén. Quá trình đóng kén sẽ diễn ra trong khoảng 2-3 ngày.

Bước 4: Giăng lưới công nghiệp chuẩn bị cho ruồi trưởng thành sinh sản.

Trong thời gian nhộng đóng kén, nhóm tiến hành giăng ba lưới ở các vị trí có ánh sáng mặt trời và hạn chế sự ảnh hưởng của mưa. Lọc kén và chuyển vào khay đặt trong lưới, kê cao cho tiện việc sinh sản của chúng. Đặt chất dẫn dụ sinh sản để ruồi đẻ đúng chỗ; làm các thanh gỗ có khe hẹp khoảng 0,2-0,5 mm để tiện cho ruồi đẻ và thu hoạch trứng. Chất dẫn dụ là hỗn hợp được làm ra với mục đích để kích thích ruồi đẻ trứng vào một vị trí quy định giúp cho người thu gom trứng không vất vả và tránh thất thoát trứng. Hỗn hợp này thường được làm từ các hỗn hợp các chất hữu cơ.

Bước 5: Thu hoạch trứng

Sau khi ruồi trưởng thành chui ra khỏi kén, chúng tiến hành tìm hiểu nhau trong thời gian 1 ngày trước khi giao phối. Con đực sẽ chết sau vài giờ giao phối. Con cái tiếp thực hiện nhiệm vụ sinh sản của mình. Thời gian sinh sản sẽ diễn ra từ 5-7 ngày sau khi nở từ kén ra. Mỗi con cái có thể đẻ khoảng 500-900 trứng phụ thuộc điều kiện sinh thái hay loại chất nền được sử dụng... Vòng đời của ruồi Lính Đen lại tiếp tục quay vòng lại ban đầu.

2.2.2. Phương pháp ma trận

Nhóm tiến hành thu thập và tổng hợp các thông số để so sánh các chỉ tiêu như chiều ngang, chiều dài, khối lượng ấu trùng cũng như khối lượng chất thải trước và sau khi xử lý... từ đó đánh giá khả năng sinh trưởng và xử lý chất thải của ấu trùng với ba loại chất nền trên.

2.2.3. Phương pháp tính toán và xử lý số liệu

Để lựa chọn hệ chất nền thích hợp làm thức ăn cho ruồi Lính Đen với các mục tiêu khác nhau trong điều kiện tự nhiên tại phòng thí nghiệm trường đại học Công nghiệp Thực phẩm

Tp.HCM và đánh giá khả năng xử lý chất thải hữu cơ trên ba loại chất nền khác nhau, nhóm đã tiến hành sử dụng các công thức lần lượt như sau:

Tỷ lệ hao hụt của ấu trùng N (%): được tính toán bằng cách lấy phần trăm số lượng ấu trùng mất đi trong quá trình xử lý.

$$N = \frac{N_T - N_S}{N_T} \times 100 \% \quad (\text{Công thức 1})$$

Trong đó: N : Tỷ lệ hao hụt ấu trùng (%);

N_T : Số lượng ấu trùng trước khi xử lý chất nền;

N_S : Số lượng ấu trùng sau khi xử lý chất nền.

Hiệu suất xử lý chất thải: được tính toán bằng cách lấy phần trăm khối lượng chất thải đã được xử lý so với khối lượng chất thải ban đầu.

$$H = \frac{M_T - M_S}{M_T} \times 100 \% \quad (\text{Công thức 2})$$

Trong đó: H : Hiệu suất xử lý chất thải (%);

M_T : Khối lượng chất thải trước xử lý;

M_S : Khối lượng chất thải còn lại sau khi nhộng đã xử lý.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá khả năng sinh trưởng và phát triển của ruồi Lính Đen

Nhóm đã tiến hành mua hỗn hợp bao gồm trứng ruồi Lính Đen và cám gà con với tổng khối lượng 2,673 g của một đơn vị uy tín, sau 1 ngày thì trứng nở ra ấu trùng non. Ấu trùng non được nuôi với hỗn hợp thức ăn trên trong 5 ngày tiếp theo. Tổng số ấu trùng được đếm là 2.322 con với khối lượng 290,5 g (mẫu tươi) và được chia đều cho 3 khay. Mỗi khay sẽ nhận được 774 ấu trùng với khối lượng 96,75 g và tiến hành nuôi tiếp với 3 nhóm chất nền khác nhau được thu gom từ gian hàng rau củ quả, nhà hàng chay và nhà hàng thường. Sau 20 ngày, nhóm tiến hành chọn ngẫu nhiên 10 con đem đi cân, đo chiều rộng và chiều ngang của nhộng. Kết quả đánh giá khả năng sinh trưởng và phát triển của nhộng ở 3 khay được thể hiện ở Bảng 1:

Bảng 1. Khả năng sinh trưởng sau khi kết thúc giai đoạn nhộng của ruồi Lính Đen

Khay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TB	Độ lệch chuẩn
	Chiều dài (Đơn vị: mm)											
M-1	20	20,5	20	20	20	20	19,5	20	20	19,5	19,95	0,28
M-2	21	21,5	19,5	20,5	21	19	20,5	19	20,4	20	20,24	0,86
M-3	20	20,5	21	20,5	20,5	20	21,5	20,5	20	21	20,55	0,5
	Chiều ngang (Đơn vị: mm)											
M-1	4,1	3,9	4	3,9	4	3,9	3,9	4	4	4	3,97	0,07
M-2	5,1	4,9	5	4,9	5	4,9	5,1	5	5,1	4,9	4,99	0,09
M-3	6,1	6	5,9	5,9	6,1	5,9	6	6,1	6	5,9	5,99	0,09

Kết quả từ Bảng 1 cho thấy, chiều dài trung bình của nhộng ở Khay rau củ quả (M-1), Khay đồ ăn chay (M-2) và Khay đồ ăn thường (M-3) lần lượt là 19,95 mm, 20,24 mm và

20,55 mm. Trong đó, chiều dài lớn nhất trong 3 Khay rơi vào Khay chứa đồ ăn thường có kích thước là 21,5 mm và chiều dài ngắn nhất rơi vào Khay chứa rau củ quả có kích thước là 19,5 mm. Tiếp theo, về chỉ số chiều ngang của nhộng, kết quả cũng diễn ra tương tự và được xếp theo thứ tự từ lớn bé đến lớn cụ thể như sau: Chiều ngang trung bình của Khay rau củ quả là 3,97 mm, Khay chứa thức ăn chay là 4,99 mm và Khay thức ăn thường là 5,99 mm. Trong đó, chiều ngang bé nhất nằm ở Khay rau củ quả là 3,9 mm, chiều ngang lớn nhất nằm ở Khay thức ăn thường là 6,1 mm.

Ngoài ra, trong Khay chứa đồ ăn rau củ quả (M-1), nhộng phát triển chậm, thời gian vòng đời dài hơn hai khay còn lại (4 ngày), kích thước nhộng nhỏ, hình thái đồng đều; Khay chứa đồ ăn chay (M-2) phát triển tốt và kích thước lớn hơn so với khay rau củ quả tuy nhiên hình thái không đồng đều; Khay chứa đồ ăn nhà hàng (M-3) phát triển nhanh nhất, kích thước cũng lớn hơn so với hai khay còn lại tuy nhiên hình thái không đồng đều như Khay (M-1). Độ đồng đều của nhộng được giải thích thông qua các thông số được tính ở Bảng 1 ứng với các chỉ số độ lệch chuẩn về chiều dài lần lượt là 0,28 đối với Khay rau củ quả (M-1), 0,86 của Khay đồ ăn chay (M-2) và 0,5 ở Khay thức ăn thường (M-3). Độ lệch chuẩn về chiều ngang là 0,07 đối với Khay rau củ quả (M-1) và 0,09 đối với Khay chứa thức ăn chay (M-2) và Khay chứa thức ăn thường (M-3). Kết quả này được lý giải do hàm lượng dinh dưỡng của mỗi loại chất nền khác nhau nên tốc độ phát triển và sinh trưởng của nhộng cũng khác nhau. Cụ thể, đối với Khay chứa chất thải rau củ quả là hỗn hợp thải bỏ của gian hàng rau củ quả có đặc tính chứa nhiều khoáng chất, chất xơ (Cellulose) nhưng nghèo về hàm lượng Protein (đạm), Lipid (béo), Carbohydrate (bột đường) và năng lượng thấp so với 2 chất thải còn lại. Trong 100 g rau củ quả (ví dụ là mận tím) sẽ có khoảng 0,6 g protein, 0,2 g lipid, 3,9 g carbohydrate và năng lượng chiếm khoảng 20 Kcalo [9].

Chất thải từ Khay nhà hàng chay là hỗn hợp được làm từ đậu phụ là chính cộng thêm có thêm rau củ quả có hàm lượng dinh dưỡng cân đối. Ví dụ, trong 100g chất thải từ nhà hàng chay có khoảng 9,41 g protein, 5,29 g lipid, 2,35 g carbohydrate và năng lượng chiếm khoảng 100 Kcalo [10].

Chất thải từ Khay nhà hàng thường là hỗn hợp gồm nhiều loại thức ăn khác nhau gồm bún, cơm, thịt, rau củ quả có hàm lượng Protein, Lipid, Carbohydrate cao hơn hai loại chất thải còn lại. Tổng năng lượng chiếm khoảng 800 Kcalo.

Nếu đánh giá theo mức độ năng lượng thì thứ tự chất thải được xếp từ cao đến thấp, cụ thể như sau: Chất thải từ nhà hàng > Chất thải từ nhà hàng chay > Chất thải từ Rau củ quả

Ngoài ra, trong quá trình nuôi, vị trí của của ấu trùng cũng quyết định kích thước. Những ấu trùng nằm ngoài rìa so với chất nền sẽ khó khăn hơn khi tiếp cận chất thải ở trung tâm. Do đó, nhóm thường phải trộn đều để chất thải được xử lý một cách tốt nhất.

3.2. Đánh giá tỷ lệ sống sót của nhộng ruồi Lính Đen

Khi trứng nở, ấu trùng được nuôi tiếp trong 5 ngày. Sau đó, nhóm tiến hành tách bỏ chất thải đã sử dụng, đem cân, đo và đếm tổng khối lượng của ấu trùng non (tươi) hay còn gọi là ấu trùng 5 ngày tuổi. Ấu trùng được chia đều vào 3 khay lớn với số lượng 774 ấu trùng mỗi khay và tiến hành xử lý với 3 loại chất thải khác nhau. Trong quá trình nuôi cần kiểm soát độ ẩm và nhiệt độ theo quy định. Độ ẩm tối ưu của RLĐ tương đối dài khoảng 60-80%. Việc kiểm soát độ ẩm dựa vào việc so sánh tương đối giữa nhiệt độ chất nền và nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí được đo bằng máy đo cầm tay.

Sau khi xử lý chất thải, ấu trùng chuyển đổi thành giai đoạn nhộng có *Tỷ lệ sống sót* như sau:

Bảng 2. Tỷ lệ sống sót (Survival rate) của ấu trùng (N) ruồi Lính Đen đối với từng khay trong các giai đoạn

Khay	Số lượng ấu trùng trước khi xử lý (N_T)	Số lượng nhộng sống sót sau khi xử lý (N_S)	Tỷ lệ nhộng sống sót (N)
M-1	774	536	69,25
M-2	774	771	99,61
M-3	774	677	87,47

Kết quả từ Bảng 2 cho thấy, với số lượng ấu trùng ban đầu của mỗi khay là 774 con, sau quá trình xử lý chất thải thì số lượng ấu trùng chuyển thành nhộng đã thay đổi đáng kể.

Kết quả tính toán tỷ lệ sống sót của nhộng tại Khay chứa rau củ quả (M-1), Khay chứa thức ăn chay (M-2), Khay chứa thức ăn nhà hàng (M-3) lần lượt là 69,25%, 99,61%, 87,47%. Khay rau củ quả có tỷ lệ hao hụt cao nhất, được lý giải do quá trình nuôi phát sinh rất nhiều nước rỉ rác tiết ra trong quá trình phân hủy rau củ quả, ấu trùng chưa thích nghi kịp với môi trường quá ẩm chứa nhiều nước dẫn đến tình trạng chết và gây ra hao hụt gần tới 30,75%. Ngoài ra, một yếu tố chính là do năng lượng của Khay rau củ quả thấp. Các chỉ số dinh dưỡng như protein, lipid, carbohydrate không đảm bảo nên ấu trùng thiếu thức ăn và không thể phát triển ổn định.

Tương tự như Khay chứa rau củ quả, Khay chứa thức ăn nhà hàng thường cũng phát sinh nước thải. Lượng nước thải rỉ ra ít hơn nhưng hàm lượng dinh dưỡng của chất nền cao nên không gây hậu quả nghiêm trọng. Tỷ lệ hao hụt là 12,53%. Khay chứa thức ăn chay có môi trường tốt, ít có nước thải và độ ẩm ổn định hơn, tỷ lệ hao hụt chiếm chỉ số thấp nhất khoảng 0,39%. Điều này được lý giải do Khay chứa thức ăn chay có thành phần chủ yếu là đậu phụ có hàm lượng dinh dưỡng cân đối.

3.3. Đánh giá khả năng phân hủy chất thải hữu cơ của ruồi Lính Đen

Sau khi chia ấu trùng vào 3 khay lớn, nhóm tiến hành bỏ lần lượt vào mỗi khay với khối lượng chất thải được thu thập từ gian hàng rau củ quả, nhà hàng chay và nhà hàng thường lần lượt là 1.850 g, 2.100 g và 2.200 g. Mẫu được lấy cùng một ngày, được cân và xử lý sơ bộ để độ ẩm của chất thải phù hợp với môi trường sống của ấu trùng khoảng 70%. Sau thời gian 20 ngày, ấu trùng đã chuyển qua giai đoạn nhộng. Màu của nhộng chuyển thành màu nâu đen và có xu hướng quần tụ và sau đó chúng di chuyển ra khỏi thức ăn. Nhóm tiến hành tách nhộng ra khỏi thức ăn và đo khối lượng chất thải của 3 khay. Chất thải còn lại bao gồm thức ăn còn dư và chất thải của nhộng được thải ra.

Bảng 3. Khả năng phân hủy chất thải hữu cơ của ruồi lính đen

Khay	Khối lượng chất nền lúc đầu (M_T)	Khối lượng chất nền còn lại (M_S)	Hiệu suất xử lý chất thải (H)
M-1	1850	1100	40,54
M-2	2100	625	70,24
M-3	2200	860	60,93

Hiệu suất xử lý chất thải được tính bằng thương số của khối lượng chất nền còn lại trên khối lượng chất nền được bỏ lúc ban đầu. Kết quả được thể hiện theo Bảng 3, cụ thể như sau: hiệu suất xử lý của Khay chứa rau củ quả chiếm 40,54%; Khay chứa thức ăn chay là 70,24% và Khay chứa thức ăn nhà hàng là 60,93%. Khay thức ăn chay có thành phần chủ yếu là tinh

bột, có hàm lượng dinh dưỡng cân đối. Trong quá trình nuôi tỷ lệ hao hụt thấp nhất, do đó hiệu suất xử lý chất thải cao nhất chiếm 70,24%, điều đó cho thấy thức ăn chay là loại thức ăn phù hợp hơn so với hai khay còn lại. Kết quả này có giá trị tương đồng với nghiên cứu của Rehman et al. (2017) và Somroo et al. (2019) có hiệu suất xử lý chất nền đối với thức ăn từ đậu phụ chiếm từ 49,0% đến 72,4% [5, 6].

Khay rau củ quả hư hỏng có hàm lượng chất xơ, độ ẩm cao nhưng hàm lượng dinh dưỡng thấp. Tỷ lệ hao hụt ấu trùng trong quá trình nuôi cũng lớn hơn so với hai khay còn lại. Ngoài ra, việc suy giảm số lượng ấu trùng cũng ảnh hưởng rất lớn đến khả năng xử lý chất thải và hiệu suất đạt 40,54% thấp hơn với các nghiên cứu của Giannetto et al. (2019), Lalander et al. (2019) có hiệu suất xử lý từ 46,7% đến 60% [7, 8].

Khay nhà hàng có tốc độ xử lý chất thải cũng khá cao chỉ đứng sau Khay thức ăn chay. Đây là khay hỗn hợp có hiệu suất xử lý chất thải khoảng 60,93%, có kết quả tương đồng với nghiên cứu của Surendra et al. (2019) từ 51,5% đến 60% đối với chất nền là thức ăn thừa ở Canteen [2].

Như vậy, trong 3 khay tiến hành nuôi thí nghiệm thì khả năng xử lý chất thải ở Khay chứa thức ăn chay nổi trội hơn 2 khay còn lại. Hiệu suất xử lý của Khay chứa rau củ quả có giá trị thấp nhất. Kết quả này có thể được lý giải do phần xử lý chất thải sơ bộ không đạt được kích thước tốt nhất trước khi đem cho ấu trùng xử lý.

3.4. Đánh giá tiềm năng kinh tế có thể phát triển từ ruồi Lính Đen

Một mục tiêu không kém phần quan trọng đó là đánh giá tiềm năng kinh tế của mô hình để có thể ứng dụng, phát triển nâng cao hiệu quả khi được triển khai ngoài thực tế. Nghiên cứu tiến hành đánh giá thông qua phân tích dòng tiền đầu vào và đầu ra của cả quá trình xử lý chất thải bằng ruồi Lính đen. Các chi phí được phân chia thành các nhóm với ý nghĩa khác nhau để tiện đánh giá và quản lý sau này:

Nhóm chi phí đầu vào bao gồm: nhà lưới nuôi RLĐ, cám gà con, trứng ruồi, khay nhựa, lưới công nghiệp, dụng cụ sinh sản, nhân công, chi phí phát sinh. Trong đó, một số dụng cụ được mua và sử dụng nhiều lần, cụ thể: nhà lưới nuôi RLĐ, khay nhựa, lưới công nghiệp, dụng cụ sinh sản. Đối với nhà lưới nuôi RLĐ được đầu tư tiêu tốn nhiều kinh phí, tuy nhiên nó là điều kiện bắt buộc để đảm bảo an toàn vệ sinh, cũng như tránh thất thoát ruồi trưởng thành ra không gian bên ngoài. Trong thí nghiệm này, chúng tôi sử dụng cám gà con có cấu trúc dinh dưỡng cân đối để tạo môi trường sống ban đầu tốt nhất cho ấu trùng từ 1-5 ngày tuổi. Tuy nhiên, cám gà con có thể thay thế bằng các loại cám khác có cấu trúc dinh dưỡng tương tự. Số tiền chi cho hoạt động nhân công là nhiệm vụ khá quan trọng. Nó có thể ảnh hưởng đến chất lượng cũng như tính hiệu quả của bài toán kinh tế. Do đó, cần chọn lựa người phù hợp hoặc trong giai đoạn đầu, người nuôi cần tiến hành truyền đạt thực tế, tránh những sai lầm đáng tiếc xảy ra. Thống kê chi phí đầu vào được mô tả chi tiết trong Bảng 4.

Bảng 4. Thống kê chi phí đầu vào khi làm mô hình nuôi

STT	Nguyên vật liệu	Số lượng	Đơn vị	Đơn giá (đ)	Thành tiền (đ)
1	Trứng ruồi	2	gram	15.000	30.000
2	Khay nhựa (64×39×24)	4	cái	170.000	680.000
3	Thức ăn cho gà con	3	kg	13.000	39.000
4	Lưới công nghiệp	3	cái	200.000	600.000
5	Thanh gỗ (Tận dụng có sẵn)	0	cái	0	0
6	Nhà lưới nuôi ruồi Lính đen	1	cái	4.500.000	4.500.000
7	Thuê nhân công	1	người	2.000.000	2.000.000
8	Trong quá trình nuôi có phát sinh thêm một số chi phí			10%	785.900
Tổng cộng					8.633.900

Theo Bảng 4, tổng chi phí đầu vào khi thực hiện mô hình sẽ mất khoảng 8 triệu 633 nghìn đồng.

Song song với chi phí đầu vào thì sẽ có chi phí đầu ra tương ứng. Các sản phẩm có được từ RLĐ bao gồm ấu trùng tươi, phân phối trộn, trứng, các sản phẩm phụ khác. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này chỉ đề cập đến việc bán sản phẩm “trứng” của RLĐ. Sau khi RLĐ sinh sản trong lồng công nghiệp. Số trứng được thu lại khoảng 10,59 g. Giá thị trường 1 kg trứng dao động khoảng 15-30 triệu đồng (số liệu được thu thập ở các website uy tín buôn bán trứng ở thị trường). Với số trứng như trên, nguồn tài chính mang về cho người nuôi khoảng 317 nghìn đồng.

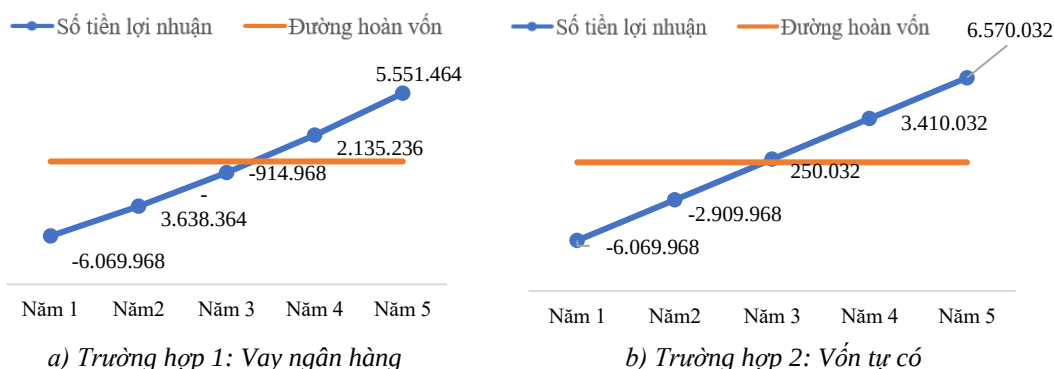
Như đã thảo luận ở trên, chúng ta có một số dụng cụ có thể tái sử dụng mà không cần đầu tư lại. Sau một khoảng thời gian sẽ hồi vốn và đem lại lợi nhuận cho người nuôi và quan trọng là giải quyết được vấn đề xử lý chất thải hữu cơ hiện hữu.

Trong quá trình tính toán, đề tài đã xây dựng 2 trường hợp cụ thể: Trường hợp 1: Vay ngân hàng và Trường hợp 2: Vốn cá nhân. Trong trường hợp 1, số tiền đầu tư ban đầu 8.633.900 VNĐ (theo Bảng 4) với lãi suất 12%/năm để chi trả cho tất cả chi phí. Trường hợp 2, cá nhân tự bỏ ra số tiền trước mà không trả lãi suất. Trong cả hai trường hợp đều cần bỏ ra 40.000 VNĐ tiền mua cám bổ sung, chi phí là 440.000 VNĐ/11 tháng. Các chi phí đầu ra, đầu vào và tính toán thời gian hoàn vốn được mô tả cụ thể ở Bảng 5, Hình 2 dưới đây:

Bảng 5. Tính toán thời gian hoàn vốn

STT	Nguyên vật liệu	Số tiền ước tính (VNĐ)
1	Chi phí mua thức ăn gà con từ tháng thứ 2 trở đi (11 tháng)	440.000
2	Tiền vay ngân hàng và tiền lãi trong năm đầu	9.669.968
3	Lợi nhuận thu được từ việc bán trứng ruồi	3.600.000

Khả năng lợi nhuận được thể hiện như sau:



Hình 2. So sánh thời gian hoàn vốn sử dụng vốn ngân hàng và vốn tự có

Qua quá trình tính toán cho hai trường hợp, kết quả cho thấy cơ hội đầu tư bằng việc mô phỏng ở cấp phòng thí nghiệm sẽ có thời gian hòa vốn sau 3 năm. Chi phí đầu tư ban đầu không quá lớn và thời gian hòa vốn của 2 phương án không chênh lệch nhiều, nên có thể sử dụng vay ngân hàng hay dùng tài chính cá nhân để mở rộng, nâng cao sản lượng trứng. Lợi nhuận đem lại từ việc nuôi ruồi Lính Đen là ổn định.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy RLĐ có khả năng sinh trưởng và thích nghi tốt trong các loại chất thải hữu cơ khác nhau và được xếp theo thứ tự từ cao đến thấp: Khay chứa thức ăn chay, Khay chứa thức ăn nhà hàng và Khay chứa rau củ quả. Hiệu suất xử lý chất thải của Khay chứa rau củ quả là 40,54%, Khay chứa thức ăn nhà hàng 60,93% và Khay chứa thức ăn chay chiếm 70,24% đã góp phần rút ngắn được thời gian phân hủy rác hữu cơ trong tự nhiên và hạn chế mùi hôi trong quá trình phân hủy. Trong đó, Khay chứa thức ăn chay có khả năng xử lý chất thải cao nhất đạt 70,24%, còn Khay rau củ quả có hiệu suất thấp nhất chiếm 40,54%.

Về tiềm năng kinh tế, mô hình xử lý rác hữu cơ bằng RLĐ có chi phí thấp, có thể áp dụng với quy mô gia đình hoặc một thôn xóm ở các khu vực ngoại thị và nông thôn. Ngoài ra, các sản phẩm từ ruồi Lính Đen có thể mang lại nhiều lợi nhuận từ việc kinh doanh tốt như trứng, phân bón, kén nhộng, xác ruồi, v.v.

5. KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu này đã đánh giá khả năng thích nghi tốt của RLĐ trên các loại chất thải hữu cơ cũng như khả năng xử lý của chúng. Trong những nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi sẽ hướng đến việc bổ sung thêm các yếu tố như gia tăng số lượng mẫu (ấu trùng) và độ lặp của thực nghiệm trên quy mô lớn cũng như nghiên cứu với loại chất nền đơn dòng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Tài Nguyên và Môi Trường, Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia, năm 2019.
2. Surendra K.C., Tomberlin J.K., van Huis A., Cammack J.A., Heckmann L-L.H., Khanal S.K., 2020 - Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF), Waste Management **117** (2020) 58-80.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050>

3. Singha A., Kumaria K. - An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review, *Journal of Environmental Management* **251** (2019) 109569.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109569>
4. Lalander C.C., Ermolaev E., Wiklicky V., Vinnerås B. - Process efficiency and ventilation requirement in black soldier fly larvae composting of substrates with high water content, *Science of the Total Environment* **729** (2020) 138968.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138968>
5. Rehman K.U., Rehman A., Cai M., Zheng L., Xiao X., Somro A.A., Wang H., Li W., Yu Z., Zhang J. - Conversion of mixtures of dairy manure and soybean curd residue by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.), *Journal of Clean Production* **154** (2017) 366-373. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.019>
6. Somroo A.A., Rehman K.U., Zheng L., Cai M., Xiao X., Hu S., Mathys A., Gold M., Yu Z., Zhang J. - Influence of *Lactobacillus buchneri* on soybean curd residue co-conversion by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for food and feedstock production, *Waste Management* **86** (2019) 114-122.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.022>
7. Giannetto A., Oliva S., Ceccon Lanes C.F., de Araújo Pedron F., Savastano D., Baviera C., Parrino V., Lo Paro G., Spanò N., Cappello T., Maisano M., Mauceri A., Fasulo S. - *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae and prepupae: Biomass production, fatty acid profile and expression of key genes involved in lipid metabolism, *Journal of Biotechnology* **307** (2020) 44-54.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.10.015>
8. Lalander C., Diener S., Zurbrugg C., Vinnerås B. - Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*), *Journal of Cleaner Production* **208** (2019) 211-219, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>
9. Bảng thành phần dinh dưỡng Việt Nam, Viện dinh dưỡng, 2017.
<http://vikinutri.com/Chi-tiet-dinh-duong-thuc-pham/5027>
10. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2018.
<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/411177/nutrients>.

ABSTRACT

RESEARCH ON ORGANIC WASTE TREATMENT BY BLACK SOLDIER FLIES (*HERMETIA ILLUCENS*) AT PILOT SCALE

Nguyen Vu Hoang Phuong¹, Le Minh Thanh¹,
Tran Thanh Tu^{2*}, Nguyen Thi Thu Thao¹,
Bui Thi Ngoc Ha¹, Huynh Thị Thanh Tuyet¹

¹*Ho Chi Minh City University of Food Industry*

²*International University, VNU-HCM*

*Email: tttu@hcmiu.edu.vn

Applying Black Soldier Flies (BSF) as biological method for organic wastes treatment is one of new methods which is environmentally friendly by reducing the wastes to be disposed in landfills as well as reserving water and land resources. In this study, we apply BSF for treating three different groups of organic wastes, including fruit wastes, wastes from vegetarian restaurants, and wastes from non-vegetarian restaurants collected at Son Ky Ward, Tan Phu District, Ho Chi Minh City, Vietnam. Results show that the BSF larvae have different growth and reproduction ability in different substrates, highest potential in vegetarian restaurant's substrate and lowest potential in fruit substrate. In which, the effectiveness of waste treatment in vegetarian restaurant's substrate is highest and in fruit substrate is lowest. These models have high economic efficiency if being applied at household scale and in rural areas.

Keywords: Black soldier flies, organic wastes, larvae, *Hermetia illucens*, growth ability, cost-benefit.