

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ CHẤT THẢI VỎ THANH LONG BẰNG ẤU TRÙNG RUỒI LÍNH ĐEN (*HERMETIA ILLUCENS*) VỚI CÁC TỶ LỆ PHỐI TRỘN CƠ CHẤT KHÁC NHAU

Nguyễn Vũ Hoàng Phương¹, Trần Thanh Tú^{2*}, Nguyễn Thị Thu Thảo¹
Bùi Thị Ngọc Hà¹, Huỳnh Thị Thanh Tuyết¹, Trần Lê Hiếu Giang¹
Đỗ Minh Tuấn¹, Huỳnh Đăng Khoa¹

¹Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP. HCM

²Trường Đại học Quốc tế, Đại học Quốc gia TP. HCM

Tóm tắt

Ấu trùng Ruồi Lính Đen (RLĐ) được ví như một bộ máy lọc sinh học có thể xử lý các nguồn chất thải hữu cơ khác nhau. Nghiên cứu này ứng dụng ấu trùng RLĐ trong việc xử lý chất thải hữu cơ với các tỷ lệ phối trộn giữa vỏ thanh long và cám công nghiệp lần lượt là 95:5, 90:10, 85:15. Kết quả nghiên cứu cho thấy, ấu trùng RLĐ có khả năng sinh trưởng và phát triển tốt trong 3 môi trường cơ chất trên. Trong đó, tỉ lệ phối trộn 85:15 đạt hiệu suất xử lý cao nhất chiếm 71,89 % và 95:5 đạt hiệu suất thấp nhất chiếm 49,37 %. Đây có thể được đánh giá là một mô hình xử lý rác thải hữu cơ mang lại hiệu quả kinh tế cao với chi phí đầu tư thấp, giảm thiểu chất thải hữu cơ trước khi đem đi chôn lấp và dễ áp dụng với quy mô gia đình hoặc thôn xóm ở các khu vực nông thôn.

Từ khoá: Ruồi Lính Đen; Chất thải; Vỏ thanh long; *Hermetia illucens*; Chi phí - lợi ích.

Abstract

Dragon fruit peel waste treatment by black soldier fly larvae (hermetia illucens) with different mixture rates

Black soldier fly larvae (BSF) is considered as one of the biological filters in treating different sources of organic waste to create environmentally and economically useful products. This research applies the BSF in the treatment of dragon fruit peel with different nutrient mixing ratios with industrial bran, which are 95:5, 90:10, 85:15, respectively. The results show that the BSF larvae have different growth capacity and reproduction ability in different substrate ratios. In which, the waste treatment efficiency at 85:15 ratio is the highest (71.89 %) and the lowest efficiency is at 95:5 ratio (49.37 %). This can be considered as an efficient model of organic waste treatment with low investment cost and easy to apply to family or hamlet scale in rural areas.

Keywords: Black Soldier fly; Dragon fruit peel waste; Larvae; *Hermetia illucens*; Growth capacity; Cost - benefit.

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, các vấn đề nghiêm trọng về môi trường đang xảy ra ở các đô thị lớn mà rác thải sinh hoạt là nguyên nhân chính. Theo Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2019, 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 [1]. 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 đốt rác vẫn chưa mang lại hiệu quả lớn về kinh tế và môi trường. Song song với việc phát thải ở khu vực đô thị thì các công ty chế biến, sản xuất nông sản cũng phát triển rất nhanh để đáp ứng nhu cầu trong và ngoài nước.

Thanh long là một loại trái cây đặc trưng của tỉnh Bình Thuận có tiềm năng giá trị kinh tế vô cùng lớn. Hiện tại diện tích trồng thanh long tại tỉnh là 34.000 ha, sản lượng hàng năm đạt hơn 520.000 tấn. Vỏ hay là cùi thanh long, chiếm khoảng 22 - 44 % tổng khối lượng của quả, đứng sau quả sầu riêng, mít và chanh dây [7]. Năm 2018, sản lượng thanh long đạt hơn 1 triệu tấn, dựa vào phần trăm khối lượng vỏ thanh long cho thấy khối lượng chất thải vỏ thanh long phát sinh là 220.000 - 440.000 tấn. Đặc biệt hơn, trong giai đoạn xảy ra đại dịch COVID-19 thì vấn đề xuất khẩu càng gặp nhiều khó khăn. Nhằm tận dụng những giá trị từ thanh long tại các cơ sở kinh doanh đã chuyển đổi từ xuất khẩu thanh long tươi sang chế biến khô, ép lấy nước hoặc chế biến thành những món ăn

khác như bánh mì thanh long,... Khi số lượng các doanh nghiệp chế biến thanh long xuất hiện càng nhiều thì chất thải vỏ thanh long càng lớn. Nếu như không xử lý đúng cách và hợp lý sẽ gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng.

Nghiên cứu ứng dụng ấu trùng RLĐ trong xử lý chất thải hữu cơ được xem như một phương pháp tiết kiệm chi phí và an toàn với môi trường đang ngày càng thu hút được sự quan tâm trên toàn thế giới [2, 3, 4]. Ấu trùng RLĐ phân hủy các chất thải hữu cơ như chất thải thực phẩm, phân động vật hoặc vỏ rau củ quả thành các sản phẩm giàu protein,... Nước ta là một quốc gia có khí hậu nhiệt đới gió mùa, là nơi tập hợp đầy đủ các điều kiện sinh thái để ấu trùng RLĐ sinh trưởng và phát triển. Thay vì sử dụng các công nghệ tái chế phức tạp và tốn kém nhiều thì việc lựa chọn RLĐ để xử lý vỏ thanh long sau chế biến đồng thời làm giảm tác động của chất thải đến môi trường là một phương án phù hợp trong điều kiện thực tiễn hiện nay. Nghiên cứu này vừa giải quyết vấn đề thực tiễn là vỏ thanh long đang bị thải bỏ và vừa hướng tới những nghiên cứu khác cho những loại nông sản đơn dòng khác,... Từ những vấn đề nêu trên, nhóm tác giả tiến hành thực hiện đề tài: “*Nghiên cứu xử lý chất thải vỏ thanh long bằng ấu trùng Ruồi Lính đen (Hermetia illucens) với các tỷ lệ phối trộn cơ chất khác nhau*”, với mục tiêu đánh giá quá trình sinh trưởng, phát triển và xử lý chất thải vỏ thanh long 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 RLĐ - *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 cơ chất làm thức ăn cho ấu trùng; (3) Xây dựng quy trình nuôi của RLĐ 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 ấu trùng.

2. Vật liệu và các phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Trước khi triển khai thực nghiệm, nhóm tiến hành chuẩn bị (thu gom, phân loại và xử lý sơ bộ) các loại cơ chất được phối trộn giữa vỏ thanh long và cám công nghiệp. Trong đó, đối tượng được xử lý chính là vỏ thanh long được lấy từ Công ty sản xuất rượu vang đặt tại Trung tâm Thí nghiệm - Thực hành thuộc Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP. HCM. Vỏ thanh long có hàm lượng dinh dưỡng thấp. Cứ mỗi 100 gram vỏ thanh long khô thì có 6,03 % protein, 6,14 % fat, hàm lượng khoáng thấp. Độ ẩm của vỏ thanh long chiếm 91,19 % [5].

Mỗi thực nghiệm được tiến hành làm 2 khay, mỗi khay có kích thước giống nhau. Nghiên cứu thực hiện trên cùng một phương pháp là xay nhỏ vỏ thanh long và trộn với cám công nghiệp theo các tỉ lệ 5 %, 10 % và 15 %. Việc chọn các tỉ lệ cám ở trên được quyết định bởi các lý do sau. Một là, vỏ thanh long nói chung hay các vỏ rau củ quả có hàm lượng dinh dưỡng thấp (tỉ lệ C/N) sẽ gây khó khăn trong quá trình phát triển và sinh trưởng của ấu trùng. Hai là, việc bổ sung các tỉ

lệ cám như trên là không quá nhiều và sẽ không dẫn đến chi phí xử lý chất thải tăng làm mất tính cạnh tranh về chi phí của mô hình sau này.

Ngoài ra, nghiên cứu cần chuẩn bị thêm nhà lưới, trứng ruồi, cám gà con và một số dụng cụ gồm khay nhựa để đựng trứng và nuôi ấu trùng, mùng để kiểm soát không gian di chuyển và tránh việc thất thoát RLĐ ra khỏi khu vực thí nghiệm. Các thanh nẹp gỗ để phục vụ hoạt động thu trứng của ruồi sau khi giao phối. Trong quá trình nuôi cần chuẩn bị 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 sản công nghiệp,... Quy trình nuôi được bố trí tại Phòng thí nghiệm Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP. Hồ Chí Minh trong thời gian từ tháng 4 đến tháng 11 năm 2022.

2.2. Các 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 ấu trùng RLĐ trong điều kiện thực tiễn [3, 4, 6], nhóm tác giả tiến hành quy trình nuôi thông qua 5 bước như sau:

Bước 1: Ủ trứng

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

Bước 2: Cho cơ chất vào khay (Sự khác biệt giữa 3 thực nghiệm là tỉ lệ phối trộn giữa vỏ thanh long và cám công nghiệp như đã mô tả ở trên)

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 đưa vào khay nuôi lớn hơn và tiến hành nuôi tiếp. Tổng số ấu trùng trong khay được đếm và chia đều về các khay của thí nghiệm. Quá trình nuôi sẽ tiếp tục diễn ra đến hết vòng đời của ấu trùng.

Bước 3: Làm nơi ở cho nhộng đóng kén

Khi 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 nhộng chuyển dần thành đen, lớp vỏ bên ngoài cứng lại và tạo thành kén. Quá trình đóng kén sẽ diễn ra trong khoảng 3 - 5 ngày.

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

Trong thời gian nhộng đóng kén, nhóm tác giả 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 dễ đứng chỗ; Chuẩn bị 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 kích thích ruồi đẻ trứng vào một vị trí cố định giúp cho người thu gom trứng không vất vả và tránh thất thoát trứng trong quá trình sinh sản.

Bước 5: Thu hoạch trứng

Sau khi ruồi trưởng thành chui ra khỏi kén, chúng tiến hành tìm hiểu nhau

trong thời gian 1 - 2 ngày trước khi giao phối. 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 RLĐ lại tiếp tục quay vòng (từ trứng thành ấu trùng, nhộng và nở thành ruồi trưởng thành).

2.2.2. Phương pháp tổng quan tài liệu, thu thập và kế thừa

Thu thập thông tin từ các nguồn tài liệu nghiên cứu khoa học chính thống sau đó lựa chọn nội dung phù hợp. Khi thu thập những thông tin quan trọng sẽ tổng hợp, tìm ra các xu hướng và các đặc điểm chung của đối tượng cần nghiên cứu.

Thu thập, xử lý các số liệu và kế thừa kết quả nghiên cứu của các báo cáo đã có nhằm kết hợp các thông số để cải thiện được hiệu quả xử lý của ấu trùng, giảm các chi phí vật liệu, lựa chọn cơ chất tối ưu.

2.2.3. Phương pháp phân tích số liệu

Các số liệu đã thu thập được trong quá trình thực nghiệm được tổng hợp và phân tích bằng phần mềm thống kê. Các số liệu thu được phục vụ cho các hoạt động tính toán các chỉ số về trung bình, độ lệch chuẩn, tỉ lệ hao hụt, hiệu suất xử lý chất thải của ấu trùng.

2.2.4. 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 nhằm mục đích so sánh ba nghiệm thức xử lý chất nền khác nhau. Từ đó, kết quả của nghiên cứu sẽ chỉ rõ được sự tương đồng và khác biệt giữa các nghiệm thức.

2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Công thức chung được sử dụng để đánh giá khả năng sinh trưởng của ấu trùng và hiệu quả xử lý chất thải hữu cơ lần lượt như sau:

✓ Sinh khối của ấu trùng RLĐ và khối lượng chất thải hữu được xác định bằng cân đĩa loại 1 hoặc 5 kg.

✓ Xác định độ lệch chuẩn của kích thước ấu trùng trong khay

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{X_i - \mu}{N} \right)^2}$$

σ : Độ lệch chuẩn tổng thể

μ : Giá trị trung bình tổng thể

X_i : Là phần tử thứ i của tổng thể

N : Số thành phần của tổng thể

✓ Xác định độ ẩm của chất nền:

$$M(\%) = \frac{(m_0 + m_1) - m_2}{m_1} \times 100\%$$

m_0 là khối lượng của cốc (gr)

m_1 là khối lượng của vỏ thanh long trước khi đem đi sấy (gr)

m_2 là khối lượng của cốc và vỏ thanh long sau khi sấy (gr)

✓ Tỷ lệ sống sót của ấu trùng: $N(\%)$

$$N = \frac{WL_S}{WL_T} \times 100\%$$

Tỷ lệ phối trộn 95:5

N : Tỷ lệ sống sót ấu trùng (%)

WL_T : Số lượng ấu trùng trước khi xử lý chất thải

WL_S : Số lượng ấu trùng sau khi xử lý chất thải

✓ Hiệu suất xử lý chất thải: $H(\%)$

$$H = \frac{W_T - W_S}{W_T} \times 100\%$$

H : Hiệu suất xử lý chất thải (%)

W_T : Khối lượng chất thải trước khi được xử lý

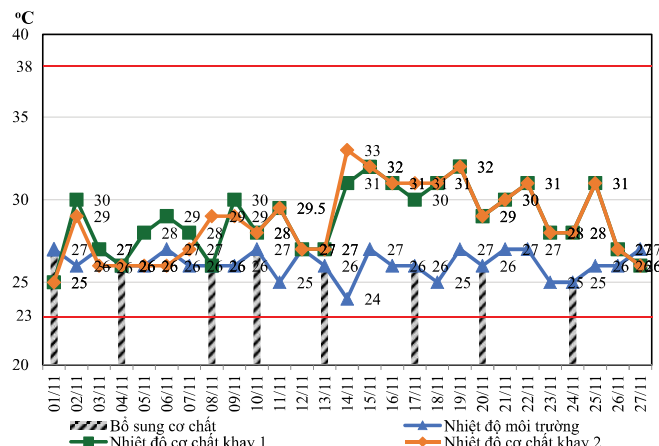
W_S : Khối lượng chất thải sau khi được xử lý

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá yếu tố sinh thái trong 3 quy trình nuôi ấu trùng

Nhiệt độ là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng rất lớn đến quá trình sinh trưởng và phát triển của ấu trùng RLĐ. Nhiệt độ thích hợp của ấu trùng trên 4 ngày từ 26 - 35°C, nếu nhiệt độ quá cao sẽ gây ức chế hoặc tử vong [8].

Sau quá trình nghiên cứu và ghi nhận lại số liệu, nhiệt độ chất nền và môi trường xung quanh của 3 tỷ lệ được thể hiện như sau:



Hình 1: Sự biến thiên nhiệt độ của tỷ lệ phối trộn 95:5

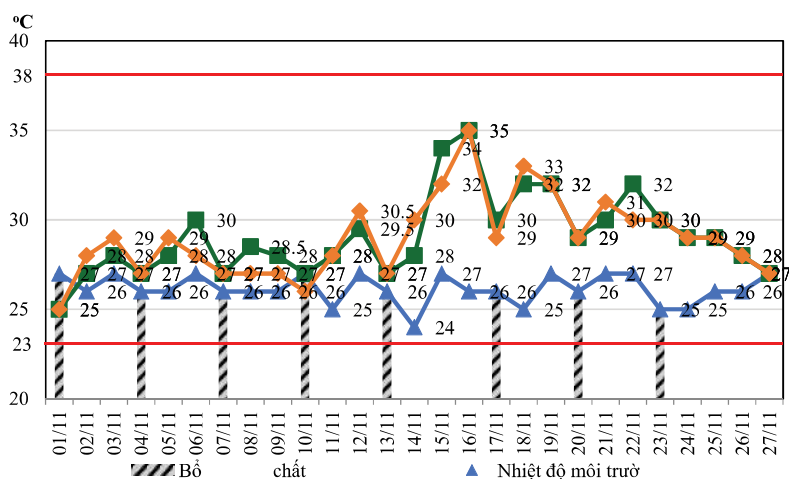
Nghiên cứu

Theo kết quả của Hình 1, nhiệt độ môi trường xung quanh ở ngày đầu (27°C) cao hơn nhiệt độ môi trường cơ chất (25°C). Điều này được lý giải như sau: Ở ngày đầu tiên, quá trình phân hủy chất hữu cơ chưa diễn ra, ấu trùng chưa kịp thích nghi để xử lý cơ chất mới. Sau khoảng thời gian 6 - 9 giờ, quá trình phân hủy chất hữu cơ bắt đầu diễn ra, ấu trùng dần thích nghi. Sự gia tăng nhiệt độ ở những ngày kế tiếp (từ 13/11 đến 20/11) là kết quả của việc ấu trùng tiếp cận và xử lý được thức ăn. Trong quá trình này, ấu trùng có xu hướng di chuyển quần tụ lại với nhau và tỏa nhiệt.

Đây là thời điểm ấu trùng xử lý tích cực nhất thông qua sự gia tăng nhiệt độ của chất nền. Cũng trong Hình 1, nhiệt độ chất nền nằm trong khoảng từ $25 - 33^{\circ}\text{C}$, càng về cuối thì nhiệt độ có xu hướng giảm dần và thấp hơn nhiệt độ môi trường.

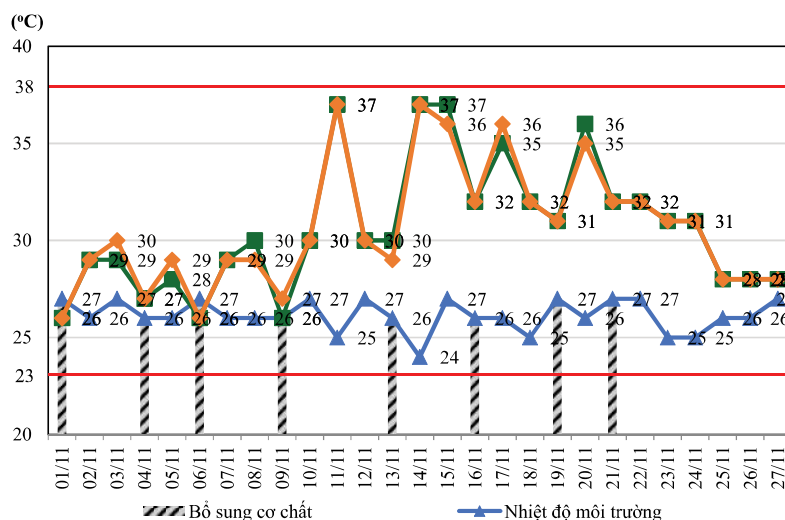
Tỷ lệ phối trộn 90:10

Theo Hình 2, giá trị nhiệt độ cao nhất ở khay 3 và khay 4 đạt 35°C tại ngày 16/11, giai đoạn này ấu trùng xử lý cơ chất tích cực nhất. Nhiệt độ cơ chất tại 2 khay ở tỷ lệ 90:10 chưa vượt qua ngưỡng chống chịu ($>38^{\circ}\text{C}$).



Hình 2: Sự biến thiên nhiệt độ của tỷ lệ phối trộn 90:10

Tỷ lệ phối trộn 85:15



Hình 3: Sự biến thiên nhiệt độ của tỷ lệ 85:15

Theo Hình 3, nhiệt độ cao nhất ở khay 5 và 6 đều đạt 37°C (11/11 và 14/11), đây là thời điểm ấu trùng xử lý tốt nhất và sinh nhiệt trong quá trình di chuyển tìm kiếm thức ăn. Theo một nghiên cứu đã nhận định rằng nhiệt độ tối ưu của chất nền ấu trùng là từ 26 - 38°C và tốt nhất nhiệt độ nên được giữ ở khoảng 35°C vì đây là nhiệt độ cho ăn tối ưu cho ấu trùng RLĐ [9].

Đánh giá các yếu tố sinh thái của 3 quy trình nuôi với tỷ lệ cơ chất khác nhau

Trong 3 nghiệm thức, các cơ chất được bỏ vào theo từng giai đoạn. Các cột trong Hình 1, 2 và 3 là những mốc thời gian bổ sung thêm cơ chất. Ngoài ra, trong 3 thực nghiệm đều sử dụng phương pháp cơ học là xay nhuyễn. Do đó, tốc độ phân huỷ thức ăn diễn ra gần như đồng thời giúp ấu trùng tiêu thụ thức ăn dễ dàng. Ấu trùng có thể xử lý chất thải hữu cơ nhanh hay chậm phụ thuộc rất lớn vào thời gian phân huỷ của chất nền hay cụ thể hơn là phương pháp xử lý sơ bộ cơ chất. Chất nền chứa nhiều thành phần cám hơn thì nhiệt độ sẽ cao hơn so với các cơ chất còn lại, ví dụ nhiệt độ trong chu trình đạt cao nhất của 3 tỷ lệ lần lượt là: Ở tỷ lệ 85:15 là 37°C, tỷ lệ 90:10 là 35°C và ở tỷ lệ 95:5 là 33°C. Màu sắc của cơ chất cũng thay đổi

từ đỏ ban đầu của vỏ thanh long chuyển sang nâu đậm.

Quá trình biến thiên nhiệt độ tại cơ chất tùy thuộc vào khả năng xử lý của ấu trùng, những ngày đầu tiên, ấu trùng còn non và yếu nên cần thời gian thích nghi với môi trường. Vì vậy, nhiệt độ ban đầu chỉ tăng nhẹ, ví dụ ở tỷ lệ 90:10 trong những ngày đầu nhiệt độ chất nền từ 25 - 30°C (1 - 11/11). Khi đến các giai đoạn sau, ấu trùng lớn dần, thích nghi được với môi trường nên nhiệt độ tăng cao hơn.

3.2. Đánh giá khả năng sinh trưởng và phát triển của ấu trùng

Về chiều dài

Nhìn chung, sự phát triển kích thước ở 2 khay trong cùng một nghiệm thức được xem như tương đương nhau, không có sự chênh lệch lớn. Từ kết quả Bảng 1 cho thấy, chiều dài trung bình lớn nhất rơi vào tỷ lệ phối trộn 85:15 có kích thước ở hai khay lần lượt là 22,83 mm và 21,83 mm, chiều dài ngắn nhất rơi vào tỷ lệ phối trộn 95:5 có kích thước ở hai khay lần lượt là 20,53 mm và 21,18 mm. Đối với khay tỷ lệ phối trộn 90:10, ấu trùng có kích thước chiều dài lớn hơn tỷ lệ phối trộn 95:5 nhưng lại nhỏ hơn tỷ lệ phối trộn 85:15 tương đương với khay 5 (21,5 mm) và khay 6 (21,02 mm).

Bảng 1. Kích thước chiều dài sau khi kết thúc giai đoạn nhộng của Ruồi Lính đen

Tỷ lệ	Chiều dài (đơn vị: mm)	95:05:00		90:10:00		85:15:00	
Khay		1	2	3	4	5	6
1		20	20	21	21,5	24	21,5
2		21	22	22	21	22	24
3		20	22	20	21	22	21
4		20,5	23	22	21	22	21
5		20	21,5	22	21,5	22,5	22
6		22,5	20	23	24	22,5	23
7		20	21	20,5	20,5	23	22
8		19	21,5	21	19	22,5	21,5
9		22	19	20,5	20,5	22,5	22
10		21	22	19	21	23	22
11		20,5	21	22,5	22	24	21
12		19	19,5	20	21,5	23	21,5
13		20	21,5	22,5	20	23,5	21,5
14		23	21	23	22	23,5	21,5
15		20	22,5	22	21	23	21
16		19	20	22,5	20,5	21,5	23,5
17		22	20,5	22	21	24	21,5
18		19	20	21	20,5	22	21,5
19		20	23	22,5	21	22	22
20		22	22,5	21	20	24	21,5
TB		20,525	21,175	21,5	21,025	22,825	21,825
Độ lệch chuẩn		1,219	1,173	1,112	0,993	0,799	0,816

Bảng 2. Kích thước chiều ngang sau khi kết thúc giai đoạn nhộng của Ruồi Lính đen

Tỷ lệ	Chiều ngang (đơn vị: mm)	95:05:00		90:10:00		85:15:00	
Khay		1	2	3	4	5	6
1		5	4,5	5	4,5	5	5
2		4	5	4,5	4	4,5	4,5
3		3,5	4	4	4,5	4,5	4,5
4		4	4	4	4	4,5	4
5		3,5	5	4,5	4	5	4,5
6		4,5	4	4	4,5	5	4
7		3,5	4	4	4,5	4,5	4,5
8		3,5	4	4	4	5	4,5
9		4,5	4	4,5	4	4,5	4,5
10		4	3,5	4	4,5	5	4
11		3,5	4	3,5	4	4,5	4
12		3,5	3,5	4	4	5	4
13		3,5	4	4	4,5	5	4,5
14		4,5	4	5	4,5	5,5	4
15		4	4	4,5	5	4,5	4,5
16		3,5	3,5	4,5	4,5	4,5	5
17		3,5	4	4	4	5	5
18		3	3,5	4,5	4	4,5	4,5
19		4	3,5	4,5	5	5	4,5
20		4	4	5	4	4,5	4,5
TB		3,85	4	4,3	4,3	4,775	4,425
Độ lệch chuẩn		0,489	0,429	0,41	0,34	0,302	0,335

Ở tỷ lệ phối trộn 85:15 có thành phần cám công nghiệp nhiều hơn hai tỉ lệ phối trộn còn lại nên ấu trùng RLĐ có kích thước trung bình lớn và hình thái đồng đều hơn. Ngược lại, ở tỷ lệ phối trộn 95:5 có thành phần dinh dưỡng thấp hơn nên ấu trùng có kích thước trung bình ngắn và hình thái không đồng đều bằng hai tỉ lệ phối trộn còn lại. Độ đồng đều của nhộng được lý giải thông qua thông số độ lệch chuẩn về chiều dài lần lượt là 1,22 (khay 1) và 1,17 (khay 2) đối với tỷ lệ phối trộn 95:5; 1,11 (khay 3) và 1,0 (khay 4) đối với tỷ lệ phối trộn 90:10; 0,8 (khay 5) và 0,82 (khay 6) đối với tỷ lệ phối trộn 85:15.

Về chiều ngang

Theo kết quả Bảng 2, chiều ngang trung bình lớn nhất của ấu trùng RLĐ thuộc tỷ lệ phối trộn 85:15 với kích thước lần lượt là 4,775 mm và 4,425 mm và có hình thái đồng đều, chiều ngang trung bình ngắn nhất thuộc tỷ lệ phối trộn 95:5 với kích thước là 3,85 mm và 4 mm và có hình thái kém đồng đều hơn so với tỷ lệ phối trộn 90:10 và 85:15. Độ đồng đều của nhộng ứng với thông số độ lệch chuẩn theo chiều ngang lần lượt là 0,489 (khay 1) và 0,429 (khay 2) ở với tỷ lệ phối trộn 95:5; 0,41 mm (khay 3) và 0,34 mm (khay 4) đối với tỷ lệ phối trộn 90:10; 0,302 mm (khay 5) và 0,335 mm (khay 6) đối với tỷ lệ phối trộn 85:15.

Kết quả số liệu về chiều ngang nhộng RLĐ phát triển tương tự như chiều dài. Điều này được lý giải do việc bổ sung cám công nghiệp. Tỷ lệ nào có hàm lượng dinh dưỡng cao hơn đồng nghĩa với việc nhộng sẽ có kích thước lớn hơn và phát triển tốt hơn các tỉ lệ còn lại.

Thời gian vòng đời

Thời gian vòng đời được tính kể từ khi bắt đầu thực hiện cho ấu trùng xử lý chất nền đến khi sàng lọc để tách nhộng ra khỏi chất nền.

Bảng 3. Thời gian tồn tại của ấu trùng ở 3 tỷ lệ phối trộn 95:5, 90:10 và 85:15

Tỷ lệ	Vòng đời của ấu trùng Ruồi Lính đen			Thời gian (ngày)
	Ngày thu trứng	Ngày trứng nở	Thời gian ấu trùng xử lý	
95:5	25/10	27/10	01/11 - 28/11	34
90:10	25/10	27/10	01/11 - 28/11	34
85:15	25/10	27/10	01/11 - 28/11	34

Thời gian ấu trùng bắt đầu hoạt động xử lý chất thải được tính từ lúc 5 ngày tuổi sau khi nở đến thời điểm tách nhộng đã đóng kén ra khỏi chất nền. Qua kết quả có thể thấy tổng thời gian vòng đời diễn ra của ấu trùng được ghi nhận lại ở 3 tỷ lệ đều là 34 ngày. Quá trình này phụ thuộc vào phương pháp xử lý sơ bộ thức ăn là xay nhuyễn chất thải vỏ thanh long, nhờ thế ấu trùng có thể dễ dàng hấp thụ và thực hiện hoạt động xử lý chất thải từ vỏ thanh long với tốc độ nhanh chóng khiến thời gian hóa đen được rút ngắn. Tỷ lệ phối trộn chất dinh dưỡng cũng là một phần quan trọng trong quá trình xử lý thức ăn của ấu trùng. Cám được bổ sung với mục đích làm cân bằng thành phần dinh dưỡng trong chất nền vỏ thanh long, tỷ lệ phối trộn ở chất nền có mức độ dinh dưỡng càng cao thì hiệu quả xử lý chất nền của ấu trùng càng tốt, thời gian phát triển càng được thu hẹp. Theo nghiên cứu của Ferrarezi R và Cs [10] đã nghiên cứu về vòng đời của RLĐ được nuôi trên hệ cơ chất là chất thải rau củ, cá, bã cà phê với tổng thời gian kéo dài khoảng 45 ngày: Trứng (4 ngày), giai đoạn ấu trùng (18 ngày), giai đoạn nhộng (14 ngày) và

giai đoạn trưởng thành (9 ngày). Qua đó, có thể thấy rằng thời gian xử lý chất thải từ vỏ thanh long của ấu trùng RLD tính từ ngày ủ trứng đến hết quá trình xử lý chất thải là 36 ngày, tổng số ngày ngắn hơn so với thời gian của nhóm tác giả là 45 ngày.

Bảng 4. Số lượng ấu trùng trước và sau xử lý

	Tỷ lệ 5 %		Tỷ lệ 10 %		Tỷ lệ 15 %	
	Khay 1	Khay 2	Khay 3	Khay 4	Khay 5	Khay 6
Số lượng ấu trùng trước khi xử lý (con)	1968	1968	1968	1968	1968	1968
Số lượng ấu trùng sau xử lý (con)	1580	1530	1810	1830	1920	1910

Theo số liệu ở Bảng 4, tỷ lệ sống sót trung bình của ấu trùng ở tỷ lệ phối trộn 85:15 không đáng kể với kết quả cao nhất chiếm tới 97,31 %. Thông qua đó, chất nền được xử lý sơ bộ bằng phương pháp xay nhuyễn là điều kiện thuận lợi cho ấu trùng thực hiện hoạt động tiêu thụ chất thải nhanh và phát triển tốt. Khi được nuôi trong điều kiện chất nền phù hợp, ấu trùng sẽ phát huy tối đa khả năng xử lý chất thải hữu cơ của mình. Không những thế, cám còn giúp cho độ ẩm được phân hủy từ vỏ thanh long trở nên cân bằng hơn. Ngược lại, số lượng ấu trùng bị hao hụt ở tỷ lệ phối trộn 95:5 có kết quả trung bình ở 2 khay khoảng 79,01 %. Nguyên nhân dẫn đến sự hao hụt này là do khi xử lý sơ bộ chất nền bằng phương pháp xay nhuyễn, thời gian phân hủy thức ăn sẽ diễn ra nhanh, trong khi lượng cám không đủ để cân bằng độ ẩm. Ấu trùng xử lý chất thải không kịp, dẫn đến quá trình hình thành nước rỉ rác lớn gây nên sự tổn thất cho ấu trùng trong quá trình xử lý.

Đã có nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng, độ ẩm là một trong những yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến vòng đời và tỷ lệ sống sót của ấu trùng, độ ẩm tối ưu từ khoảng 60 - 70 % (Chul-Hwan Kim, 2021) [11]

Tỷ lệ hao hụt

Để tính được tỷ lệ hao hụt, cần xác định được tổng số lượng con ban đầu và sau khi tách ấu trùng. Số liệu sẽ được thể hiện chi tiết ở Bảng 4.

sẽ là điều kiện tốt giúp ấu trùng thích nghi và phát triển. Thêm vào đó, khối lượng cám ở thực nghiệm này chỉ chiếm 95:5 tổng khối lượng nên hàm lượng dinh dưỡng thấp hơn hai tỉ lệ phối trộn còn lại. Tỷ lệ 5 % cám không thể can thiệp vào việc làm giảm độ ẩm từ qua. Trình phân hủy vỏ thanh long, khiến số lượng ấu trùng bị hao hụt. Điều này đã lý giải được nguyên nhân gây ra hiện tượng thất thoát lượng ấu trùng ở 2 khay ở tỷ lệ phối trộn 95:5 và 90:10 nhiều hơn khay 85:15.

3.3. Đánh giá hiệu suất xử lý chất thải của ấu trùng RLD

Sau thời gian 27 ngày, ấu trùng đã chuyển qua giai đoạn đóng kén thành 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 thực nghiệm. Chất thải còn lại bao gồm thức ăn còn dư và chất thải của nhộng được thải ra.

Hiệu suất xử lý chất thải của ấu trùng RLD được tính bằng thương số của khối lượng chất nền còn lại trên khối lượng chất nền được bỏ lúc ban đầu sẽ được thể hiện chi tiết ở Bảng 5.

Bảng 5. Hiệu suất xử lý chất thải hữu cơ của Ruồi Lính đen

Tỷ lệ	Khay	Khối lượng chất thải ban đầu (W_t)	Khối lượng chất thải sau xử lý (W_s)	Hiệu suất xử lý chất thải (H)	Giá trị trung bình (%)
95:5	Khay 1	6600 gr	3335 gr	49,47	49,37
	Khay 2	6600 gr	3349 gr	49,26	
90:10	Khay 3	6600 gr	2685 gr	59,32	60,11
	Khay 4	6600 gr	2581 gr	60,89	
85:15	Khay 5	6600 gr	1876 gr	71,58	71,89
	Khay 6	6600 gr	1769 gr	72,21	

Trong quá trình nuôi, ấu trùng RLD ở tỷ lệ phối trộn 85:15 có hiệu suất xử lý chất thải cao nhất với kết quả là 71,89 %. Ở tỷ lệ phối trộn 95:5, 90:10 có hiệu suất xử lý chất thải thấp hơn bởi vì tỷ lệ hao hụt ấu trùng trong quá trình nuôi cũng lớn hơn tỷ lệ phối trộn 95:5. Việc suy giảm số lượng ấu trùng cũng ảnh hưởng rất lớn đến khả năng xử lý chất thải khiến cho hiệu suất xử lý chất thải thấp, cụ thể ở tỷ lệ phối trộn 90:10 và 95:5 lần lượt chiếm 60,11 % và 49,37 %. Mặc dù thế, các kết quả mang lại đều đáp ứng được hiệu quả trong việc xử lý chất thải hữu cơ so với các nghiên cứu của Giannetto et al., 2019 [12]; Lalander et al., 2019 [13] có hiệu suất xử lý từ 46,7 % đến 60 %.

3.4. Đánh giá lợi ích và chi phí

Một mục tiêu không kém phần quan trọng của nghiên cứu này đó là đánh giá tiềm năng chi phí - lợi ích của mô hình để

có thể ứng dụng, phát triển nâng cao hiệu quả trước 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 ấu trùng RLD. Các chi phí được phân chia thành các nhóm với ý nghĩa khác nhau để thuận lợi cho việc đánh giá và quản lý sau này.

Đối với nhà lưới nuôi RLD 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, nhóm tác giả 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 được thay thế bằng các loại cám khác có thành phần dinh dưỡng tương tự. Thống kê chi phí đầu vào được mô tả chi tiết trong Bảng 6.

Bảng 6. Thống kê chi phí làm mô hình nuôi

STT	Nguyên, vật liệu	Số lượng	Đơn vị	Đơn giá (VNĐ)	Thành tiền (VNĐ)
1	Trứng ruồi	0,5	gram	20.000	10.000
2	Thanh long (thu gom miễn phí)		kg	0	0
3	Cám công nghiệp	5	kg	10.000	50.000
4	Lưới công nghiệp	1	cái	200.000	200.000
5	Thanh gỗ (tận dụng có sẵn)	10	thanh	0	0
6	Nhà lưới nuôi RLD			4.500.000	4.500.000
7	Khay nhựa (32 × 20,5 × 17)	6	cái	50.000	300.000
8	Găng tay	2	hộp	80.000	160.000

STT	Nguyên, vật liệu	Số lượng	Đơn vị	Đơn giá (VNĐ)	Thành tiền (VNĐ)
9	Giấy vệ sinh	2	cuộn	5.000	10.000
10	Bình tưới nước	1	bình	60.000	60.000
11	Giấm	1	chai	12.000	12.000
12	Thuê nhân công	1	người	2.000.000	2.000.000
Tổng cộng					7.302.000
Chi phí phát sinh				10 %	8.032.200

Tổng cộng số trứng thu được sau một quá trình nuôi là: 41,83 gr

Giá bán trứng 20.000/1gr trứng => lợi nhuận thu được:

$$20.000 \times 41,83 = 836.600 \text{ đồng}$$

Vay ngân hàng 10 triệu đồng với lãi suất 10 % năm để chi trả cho tất cả chi phí ban đầu. Nếu tiến hành nuôi RLĐ trong 12 tháng ta được các chi phí và lợi nhuận như sau:

$$\text{Thời gian hoàn vốn (năm)} = \frac{\text{chi phí đầu tư}}{\text{dòng tiền trong 1 năm}} = \frac{11.000.000 + 600.000}{10.039.200} = 1 \text{ năm}$$

Qua quá trình tính toán, kết quả cho thấy cơ hội đầu tư bằng việc mô phỏng ở quy mô phòng thí nghiệm sẽ có thời gian hòa vốn sau hơn 1 năm. Chi phí đầu tư ban đầu không quá lớn và thời gian hòa vốn của phương án không chênh lệch nhiều, nên có thể sử dụng vay ngân hàng để mở rộng, nâng cao sản lượng trứng. Lợi nhuận đem lại từ việc nuôi RLĐ là ổn định.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu xử lý chất thải hữu cơ bằng ấu trùng RLĐ trên cơ chất phối trộn giữa vỏ thanh long và cám công nghiệp qua các phương pháp xử lý sơ bộ xay nhuyễn cho thấy ấu trùng có khả năng thích nghi và sinh trưởng tốt trong môi trường chất nền được xếp theo thứ tự từ cao đến thấp: Tỷ lệ phối trộn 85:15, 90:10 và 95:5. Cụ thể hơn, tỉ lệ 85:15 có kích

✓ Chi phí mua cám (12 tháng):

$$50.000 \text{ đồng} \times 12 = 600.000 \text{ đồng}$$

✓ Tiền vay ngân hàng, tiền lãi trong một năm:

$$10.000.000 \text{ đồng} + 1.000.000 \text{ đồng} = 11.000.000 \text{ đồng}$$

✓ Lợi nhuận thu được từ việc bán trứng của RLĐ trong một năm:

$$836.600 \text{ đồng} \times 12 = 10.039.200 \text{ đồng}$$

thước ấu trùng lớn, tương đối đồng đều hơn và tỷ lệ sống sót của ấu trùng rất cao (97,31 %). Trong khi hệ chất nền ở tỷ lệ 95:5 về kích thước có giá trị trung bình thấp nhất và không đồng đều bằng, tỷ lệ sống sót ở mức tương đối (79,01 %) được lý giải bởi vì lượng cám được phối trộn ít nhất nên cơ chất có độ dinh dưỡng thấp hơn khiến ấu trùng kém phát triển và độ ẩm cao hơn nên số lượng ấu trùng bị thất thoát nhiều hơn 2 tỷ lệ phối trộn còn lại.

Ấu trùng RLĐ có khả năng phân hủy chất thải hữu cơ cao, hiệu suất xử lý ở các nhóm nghiệm thức nằm trong khoảng từ 49,37 - 71,89 % đã góp phần rút ngắn được thời gian phân hủy rác hữu cơ trong tự nhiên. Kết quả nghiên cứu chất thải hữu cơ cao nhất là tỷ lệ phối trộn 85:15. Ngược lại, ở tỷ lệ phối trộn 95:5 do lượng cám được phối trộn ít nhất nên trong chất

nền có hàm lượng dinh dưỡng thấp khiến ấu trùng bị suy giảm. Mặc dù với phương pháp xay nhuyễn chất thải từ vỏ thanh long giúp ấu trùng dễ dàng tiêu hóa thức ăn nhưng lại phát sinh ra lượng lớn nước rỉ rác, nguyên nhân là do tốc độ hấp thụ thức ăn của ấu trùng chậm hơn so với thời gian phân hủy của vỏ thanh long khiến ấu trùng không xử lý kịp, ảnh hưởng một phần đến hiệu suất xử lý chất thải.

Ứng dụng RLĐ có thể được xem là một mô hình xử lý rác hữu cơ với chi thấp và dễ áp dụng với quy mô gia đình hoặc thôn xóm ở các khu vực nông thôn. Việc áp dụng mô hình này sẽ giúp làm giảm diện tích đất cần cho chôn lấp chất thải, giảm ô nhiễm môi trường, tạo thêm việc làm cho người dân và thu lại lợi nhuận từ việc kinh doanh các sản phẩm của nó như trứng, kén nhộng,...

5. Kiến nghị

Nghiên cứu trên chỉ sử dụng một phương pháp xử lý cơ học. Do đó, cần bổ sung thêm các phương pháp xử lý khác đối với chất thải như phương pháp giữ nguyên cơ chất, phương pháp kiểm soát độ ẩm để có sự so sánh, đánh giá tổng quan.

Cần có thêm các nghiên cứu trên quy mô lớn hơn về việc sử dụng rác thải hữu cơ đơn dòng cho sự sinh trưởng và phát triển của ấu trùng và những nghiên cứu phân tích sâu hơn về sự giảm trừ các chất hữu cơ, các chất gây ô nhiễm, cũng như vai trò là nguồn cung cấp protein cho gia súc, gia cầm của RLĐ. Ở Việt Nam, nghiên cứu thành phần dinh dưỡng cho phát triển giai đoạn ấu trùng của RLĐ gần như là chưa có.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2019). *Báo cáo hiện trạng môi trường Quốc gia năm 2019*.
- [2]. Nguyễn Vũ Hoàng Phương, Lê Minh Thành, Trần Thanh Tú, Nguyễn Thị Thu Thảo, Bùi Thị Ngọc Hà, Huỳnh Thị Thanh Tuyết (2022). *Nghiên cứu xử lý chất thải hữu cơ bằng ruồi Lính Đen (Hermetia illusens) quy mô phòng thí nghiệm*. Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm 22 (2), 41 - 51, https://jstf.hufi.edu.vn/uploads/files/so-tap-chi/nam-2022/Tap-22-So-2/5_41-51.pdf.
- [3]. 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, 58 - 80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050>.
- [4]. Singha A., Kumaria K., (2019). *An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review*. Journal of Environmental Management 251, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109569>.
- [5]. Olipriya B., Kandasamy P., Sudip K. D., (2022). *Effect of dragon fruit peel powder on quality and acceptability of fish nuggets stored in a solar cooler (5 ± 1°C)*. Journal of Food Science and Technology, 59, 3647 - 3658, <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-022-05377-5>.
- [6]. Lalander C.C., Ermolaev E., Wiklicky V., Vinnerås B., (2020). *Process efficiency and ventilation requirement in black soldier fly larvae composting of substrates with high water content*. Science of the Total Environment 729, 138968. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138968>.
- [7]. Wijitra L., Nathalie D. C., Vera V. H., Koen D., (2012). *Dragon Fruit (Hylocereus*

spp.) *Seed Oils: Their Characterization and Stability Under Storage Conditions*. Journal of the American Oil Chemists' Society 90(2). Doi: 10.1007/s11746-012-2151-6.

[8]. Lê Đức Ngoan, Nguyễn Hải Quân, Phạm Thị Phương Lan, Nguyễn Duy Quỳnh Trâm (2021). *Tổng quan về sử dụng ấu trùng Ruồi Lính đen (Hermetia illucen) làm thức ăn trong chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản*. Tạp chí Khoa học công nghệ nông nghiệp và phát triển nông thôn, trang 141 - 150.

[9]. Newby, R., (1997). *Use of soldier fly larvae in organic waste management*. Proceedings of the "Compost 97" conference, 14 - 15th July 1997, Griffith University, Brisbane Hilton.

[10]. Ferrarezi R and Bailey D S, (2016). *Alternative sources of food for aquaponics in the U.S. Virgin Islands: A case study with Black soldier flies*. UVI/AES Annual Report.

[11]. Chul-Hwan Kim, JunHee Ryu, Jongkeun Lee, Kwanyoung Ko, Ji-yeon Lee,

Ki Young Park and Haegeun Chung (2021). *Use of Black soldier fly Larvae for food waste treatment and energy production in Asian countries: A review*. <https://doi.org/10.3390/pr9010161>.

[12]. A. Giannetto et al. (2019). *Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) larvae and prepupae: Biomass production, fatty acid profile and expression of key genes involved in lipid metabolism*. J. Biotechnol., vol. 307, p. 44 - 54, Jan. 2020. Doi: 10.1016/j.jbiotec.2019.10.015.

[13]. Lalander, C.; Diener, S.; Zurbrugg, C.; Vinnerås, B. (2019). *Effects of feedstock on larval development and process efficiency in wastetreatment with black soldier fly (Hermetia illucens)*. J. Clean. Prod., 208, 211 - 219.

BBT nhận bài: 09/02/2023; Phản biện xong: 06/3/2023; Chấp nhận đăng: 28/3/2023