

ÁP DỤNG QUÁ TRÌNH CO-COMPOSTING ỔN ĐỊNH Bùn THẢI TỪ HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHẾ BIẾN THỦY SẢN

APPLICATION OF CO-COMPOSTING PROCESS FOR SLUDGE STABILIZATION FROM SEAFOOD PROCESSING WASTEWATER TREATMENT FACILITY

Võ Diệp Ngọc Khôi*, Trần Văn Quang

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng¹

*Tác giả liên hệ: vdnkhoi@dut.udn.vn

(Nhận bài: 26/7/2021; Chấp nhận đăng: 13/8/2021)

Tóm tắt - Nghiên cứu trình bày hiệu quả quá trình co-composting ổn định bùn thải từ nhà máy chế biến thủy sản trong điều kiện hiếu khí phối trộn với rơm khô và chất thải xanh (CTX) thành compost. Các yếu tố nhiệt độ, độ ẩm, pH và TDS được quan trắc liên tục để đánh giá sự ảnh hưởng đến quá trình co-composting. Nhiệt độ cao nhất quan trắc trong các mô hình ủ đạt ở mức trên 60°C, độ ẩm trên 70%, pH từ 6,5-8. Quan sát hiện tượng và kết hợp các phương pháp đánh giá chất lượng compost cho thấy bùn khi ủ với rơm khô có hiệu quả hơn so với CTX. Compost có hai mô hình ổn định về nhiệt, riêng compost ủ với rơm khô có pH, tổng cacbon và tổng nitơ đảm bảo 10TCN 526:2002/BNN&PTNT về phân hữu cơ vi sinh và đạt chỉ số về sự phát triển của cây trồng khi khảo nghiệm trên hạt đậu và cây cải mầm. Chỉ số GI trên dung dịch chiết compost ủ với rơm khô có giá trị từ 120-134 nên có tiềm năng cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng theo nhu cầu.

Từ khóa - Bùn thải thủy sản; ủ phân trộn; rơm khô; chất thải xanh; hệ số này mầm

1. Đặt vấn đề

Thủy sản là một trong những ngành kinh tế mũi nhọn của Việt Nam, có giá trị kim ngạch xuất khẩu tăng nhanh (đạt 8,57 tỷ USD năm 2019) [1]. Bên cạnh việc mở rộng đầu tư và nâng cấp công nghệ sản xuất, các nhà máy thủy sản đã đầu tư không nhỏ vào các trạm xử lý nước thải (XLNT) nhằm đáp ứng quy chuẩn xả thải. Lượng nước thải phát sinh từ quá trình chế biến thủy sản khá cao, lớn nhất khoảng 20 - 25 m³/tấn sản phẩm. Việc xử lý toàn bộ lượng nước thải này bằng các quá trình tuyển nổi cơ học và sinh hóa hiếu khí làm phát sinh lượng lớn bùn thải, ước tính khoảng 10% tổng công suất xử lý của hệ thống XLNT [2]. Mặc dù theo QCVN 50:2013/BTNMT, bùn thải từ trạm XLNT chế biến thủy sản không thuộc danh mục chất thải nguy hại nhưng do phát sinh với khối lượng lớn, có tỷ lệ chất hữu cơ dễ phân hủy cao, nếu không xử lý kịp thời sẽ phát sinh mùi, gây ô nhiễm môi trường. Giải pháp chủ yếu hiện nay tại các nhà máy vẫn theo phương pháp truyền thống là nén, ép và vận chuyển chôn lấp [3].

Nghiên cứu của Trần Văn Quang và cộng sự [4] chỉ ra, quá trình kỵ khí có thể ổn định tốt cặn tuyển nổi và bùn dư từ quá trình sinh hóa nước thải chế biến thủy sản, hiệu suất xử lý theo TSS đạt trên 87%, lượng nước từ quá trình phân hủy kỵ khí nhỏ ($\leq 1\%$ lượng nước thải) nhưng nồng độ các chất ô nhiễm còn lại sau phân hủy kỵ khí như TSS, COD, N-NH₄ và T-P vẫn còn rất cao. So với quá trình kỵ khí, ủ hiếu khí được áp dụng phổ biến hơn vì quy trình khá đơn

Abstract - The study presents the efficiency of the co-composting process for sludge stabilization from a seafood processing factory mixed with dry straw and green waste in aerobic conditions to create compost. Temperature, moisture, pH and TDS were continuously monitored to assess the influence on the process. The highest temperature observed in each model was above 60°C, moisture was over 70%, and pH was from 6.5 to 8. Observation of the phenomena and combination of methods of assessing the compost quality showed that the sludge mixed with dry straw was more effective than green waste. The compost of two models was thermally stable whereas pH, total carbon and total nitrogen of dry straw-compost ensured 10TCN 526:2002/BNN&PTNT on microbial organic fertilizers and achieved growth indicators of plant growth when compost was tested on peas and sprouts. The GI index on the compost solution made with dry straw has a value of 120-134, so it have the potential to provide nutrients according to the demand of plants.

Key words - Seafood sludge; co-composting; dry straw; green wastes; GI

giản và bùn sau khi ổn định có khả năng sử dụng như một dạng phân bón hữu cơ [5-7]. Hiện nay, có nhiều phương pháp ủ khác nhau như ủ nóng, ủ nguội, ủ kết hợp hay các phương pháp ủ tiên tiến sử dụng chế phẩm EM, ủ nhanh bằng giun,... Thành phần nguyên liệu, thời gian và phương pháp ủ ảnh hưởng đến khối lượng và chất lượng phân hữu cơ tạo thành. Từ những năm thập niên 90, quá trình co-composting (ủ phân trộn) được tiếp cận để xử lý các chất hữu cơ bằng cách phối trộn thêm các vật liệu độn khác nhằm cân bằng lượng cacbon, chất dinh dưỡng của hỗn hợp ủ, đồng thời tăng khả năng thoáng khí và điều chỉnh được độ ẩm của hỗn hợp chất thải. Gần đây, quá trình này được áp dụng khá phổ biến trong các nghiên cứu xử lý bùn cồng, phân bùn tự hoại kết hợp nhiều loại chất thải rắn hữu cơ [8-10]. Vì vậy, với đặc trưng độ ẩm bùn thải thủy sản sau khi ép tại các nhà máy vẫn còn tương đối cao (trên 80%) nên phương pháp co-composting cần được lựa chọn xem xét.

Ở Việt Nam, theo đánh giá của Cục Trồng trọt (Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn), lượng phế phẩm từ hoạt động canh tác lúa chiếm tới 50 - 60% chất khô. Theo niên giám thống kê năm 2019 của Tổng cục thống kê, với diện tích trồng trọt hiện tại, ước tính lượng phế phẩm trên cả nước là 50 triệu tấn/năm. Như vậy, ngoài bùn thải phát sinh từ các hệ thống XLNT đô thị và công nghiệp thì canh tác nông nghiệp là nguồn phát sinh các phế phẩm sau thu hoạch như rơm rạ và chất thải xanh tương đối lớn. Giải pháp xử lý kết hợp các loại chất thải này với nhau tạo thành

¹ The University of Danang - University of Science and Technology (Vo Diep Ngoc Khoi, Tran Van Quang)

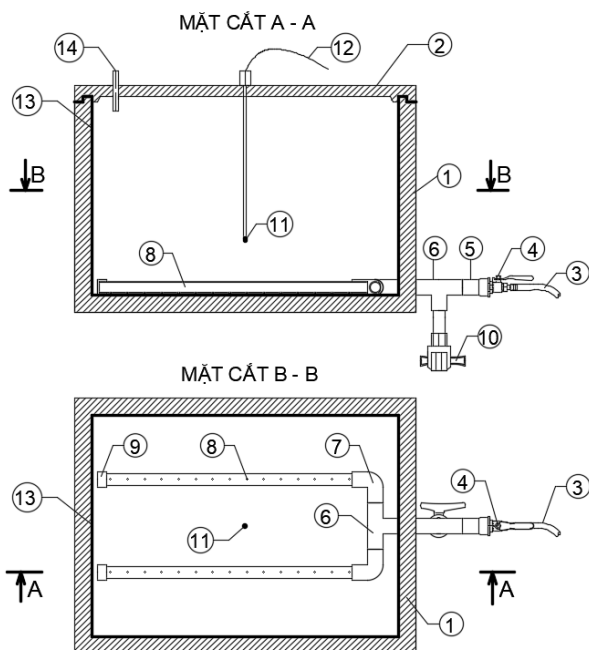
phân bón hữu cơ vi sinh là rất cần thiết.

Với các phân tích như trên, nghiên cứu này tập trung đánh giá hiệu quả của quá trình co-composting ổn định bùn thải từ hệ thống XLNT chế biến thủy sản (bùn thủy sản), kết hợp với chất độn là rơm rạ và chất thải xanh. Bên cạnh việc khảo sát các yếu tố ảnh hưởng như nhiệt độ, độ ẩm, pH và TDS, hiệu quả quá trình co-composting ổn định bùn với mỗi loại chất độn được đánh giá thông qua các phương pháp kiểm nghiệm chất lượng compost, làm cơ sở khuyến cáo áp dụng quá trình trong thực tiễn xử lý bùn thải tại các nhà máy chế biến thủy sản.

2. Vật liệu và phương pháp

2.1. Mô hình thí nghiệm

Thùng xốp hình chữ nhật có kích thước 60cm × 45cm × 40cm được sử dụng làm mô hình thí nghiệm, phía trong được bọc một lớp nylon cách nhiệt. Dưới đáy mô hình lắp đặt ống thổi khí bằng nhựa PVC đường kính 21 mm, phân phối thành hai tuyến nhánh có khoan lỗ phân phối khí với đường kính lỗ là 2 mm, khoảng cách giữa các lỗ là 30 mm. Bố trí van cấp khí và van xả nước ri đường kính 21 mm dưới đáy phía ngoài thành thùng xốp để điều chỉnh khí vào mô hình và thoát nước trong quá trình ủ vật liệu nếu có phát sinh. Chi tiết cấu tạo mô hình trình bày ở Hình 1.



Hình 1. Cấu tạo mô hình thí nghiệm

Ghi chú: 1-Thành thùng xốp; 2-Nắp đáy; 3-Ống dẫn khí; 4-Van cấp khí; 5-Nối ren; 6-T nối ống D21; 7-Co nối ống D21; 8-Ống phân phối khí D21; 9-Nắp bịt đầu ống; 10-Van cầu D21; 11-Cảm biến nhiệt độ; 12-Dây tín hiệu; 13-Lớp nylon cách nhiệt; 14-Ống thoát khí ra ngoài môi trường

Sử dụng máy thổi khí hiệu RESUN-ACO-008 (120W-220V-50Hz-0,032Mpa) với lưu lượng thổi điều chỉnh trung bình 10 m³/phút để cấp khí ổn định cho mô hình với chế độ thổi 2 phút thổi - 58 phút nghỉ. Sử dụng thiết bị đo nhiệt độ kết nối cảm biến bên trong mô hình (Multi-Channel Digital Thermometer AT-4508), cài đặt chế độ ghi và lưu dữ liệu tự động 2 phút/lần. Bố trí các mô hình trên kệ cố định ở khu vực thực nghiệm có mái che.

2.2. Nguyên liệu

Bùn thủy sản (BTS) được khảo sát và lấy mẫu từ hệ thống XLNT chế biến thủy sản của nhà máy Danifood (D&N), là một trong những nhà máy chế biến sản phẩm Surimi quy mô lớn tại Khu công nghiệp dịch vụ thủy sản Đà Nẵng. Hiện nay, hệ thống XLNT của nhà máy áp dụng quá trình sinh hoá hiếu khí (bể bùn hoạt tính hoạt động gián đoạn - SBR) để xử lý chất hữu cơ trong nước thải. Ngoài ra, các biện pháp cơ học như máy tách rác tinh và biện pháp hoá lý như quá trình keo tụ - lắng kết hợp quá trình tuyển nổi áp lực để tách lượng cặn không tan trong nước cũng như dầu mỡ nhằm đảm bảo hiệu quả xử lý của quá trình hiếu khí. Bùn dư từ công trình sinh học (các bể SBR) được đưa về bể nén trọng lực để giảm ẩm, bùn sau nén được bơm về khu vực ép bùn băng tải. Bùn sau khi ép được lưu trữ trong các bao chứa tại nhà máy và định kỳ được Công ty Môi trường Đô thị đến thu gom xử lý [11]. Mẫu BTS sau khi qua máy ép băng tải được bảo quản kín trong túi đựng mẫu và vận chuyển về phòng thí nghiệm (PTN) để xác định đặc điểm bùn thải theo các phương pháp tiêu chuẩn. Tiến hành rây bùn bằng dụng cụ có đường kính lỗ rây < 1mm để loại bỏ các tạp chất vô cơ có kích thước lớn trước khi thực hiện thí nghiệm.



Hình 2. Máy ép bùn băng tải (2a) và mẫu bùn D&N (2b)

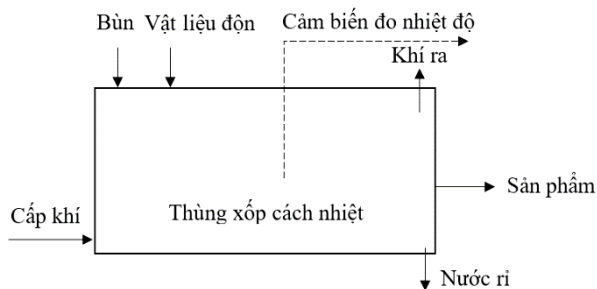
Vật liệu phối trộn lựa chọn sử dụng trong nghiên cứu là rơm khô (Hình 3a) và chất thải xanh (Hình 3b) là các phế phẩm từ quá trình thu hoạch hoa màu, chủ yếu là các loại rau phổ biến như rau muống, mồng tơi... Hai loại vật liệu này được thu thập tại một nông trại tại xã Hòa Tiến, huyện Hòa Vang, thành phố Đà Nẵng.



Hình 3. Vật liệu rơm (3a) và chất thải xanh (3b)

2.3. Tiến hành thí nghiệm đánh giá quá trình

Các vật liệu độn là rơm khô (R) và chất thải xanh (CTX) dạng tươi sau khi cắt nhỏ đến kích thước 3 - 5cm, phối trộn với BTS với khối lượng tương ứng để hỗn hợp có độ ẩm khoảng 50 - 60%, bằng cách ép chặt một nắm nguyên liệu, nếu thấy có nước rỉ ra vài giọt là độ ẩm đạt yêu cầu. Trước khi ủ, BTS và các vật liệu độn ở dạng tươi, dạng khô (phơi từ 2 - 3 nắng) được xử lý mẫu và phân tích các thông số độ ẩm, độ tro, tổng cacbon hữu cơ, tổng nitơ và tổng photpho theo các phương pháp tiêu chuẩn nhằm đánh giá sự phù hợp về đặc tính của mỗi vật liệu đối với quá trình co-composting. Nguyên lý quá trình thực nghiệm được thể hiện tại Hình 4.



Hình 4. Nguyên lý quá trình thực nghiệm

Về tỷ lệ phối trộn vật liệu cho quá trình ủ, như trình bày ở trên, độ ẩm ban đầu hỗn hợp ủ được lựa chọn làm căn cứ xác định tỷ lệ phối trộn mỗi thành phần theo khối lượng vật liệu. Đối với MH1 (BTS và R), trộn 4 kg bùn sau ép và 2 kg rơm khô; Đối với MH2 (BTS và CTX), trộn 6 kg bùn sau ép và 10 kg chất thải xanh ở dạng tươi. Với tỷ lệ phối trộn này, lượng hỗn hợp nạp vào hai mô hình có độ ẩm và thể tích vật liệu ủ tương đương.

Sau khi nạp nguyên liệu, ngoài thông số nhiệt độ được quan trắc liên tục thì độ ẩm, pH và tổng chất rắn hòa tan (TDS) được kiểm tra định kỳ để theo dõi sự ảnh hưởng của các yếu tố vật lý và hóa học đến quá trình phân hủy chất thải. Biến thiên nhiệt độ được theo dõi bằng thiết bị ghi và lưu dữ liệu tự động. Mẫu được phân tích theo các phương pháp tiêu chuẩn để xác định sự biến thiên độ ẩm, pH và TDS. Khi nhiệt độ bên trong vật liệu ủ có xu hướng giảm dưới 50°C liên tục trong 2 ngày và độ ẩm đạt dưới 40% thì tiến hành bổ sung thêm bùn vào các mô hình. Theo dõi thí nghiệm cho đến khi nhiệt độ trong mô hình cân bằng với nhiệt độ môi trường thì kết thúc và tiến hành các bước đánh giá hiệu quả quá trình co-composting dựa trên các khảo nghiệm chất lượng bùn thải thủy sản sau khi ổn định với mỗi loại vật liệu độn.

2.4. Phương pháp

2.4.1. Phương pháp phân tích, so sánh

Áp dụng các phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu theo Tiêu chuẩn Việt Nam; Phương pháp kiểm tra độ ổn định, so sánh các chỉ tiêu chất lượng compost theo 10TCN 526:2002/BNN&PTNT về phân hữu cơ vi sinh.

2.4.2. Đánh giá sản phẩm sau quá trình thí nghiệm

a. Khả năng nảy mầm của hạt

Dựa trên cơ sở đánh giá theo TCVN và sử dụng phương pháp xác định chỉ số nảy mầm của hạt (chỉ số GI) để xác định chất lượng sản phẩm sau thời gian thí nghiệm [12]. Trộn sản phẩm sau thí nghiệm (compost) với nước cất theo hai tỉ lệ 1:5 và 1:10. Khuấy ly tâm hỗn hợp với tốc độ 180 vòng/phút, trong 1 giờ. Lọc lấy phần nước trong làm thí nghiệm. Vẽ bảng gồm 10 ô nhỏ trên tờ giấy lọc và đặt hạt đậu xanh vào mỗi ô. Cho vào mỗi đĩa petri (chứa giấy lọc + hạt đậu xanh) 3 mL dung dịch chiết. Sử dụng nước cất đối với mẫu trống để so sánh. Ủ các đĩa petri trong bóng tối ở nhiệt độ 28 - 30°C trong 48 giờ. Xác định tỉ lệ nảy mầm trên mỗi đĩa và đo độ dài của rễ hạt giống đã nảy mầm trên mỗi đĩa, tính trung bình. Thí nghiệm thực hiện lặp lại 2 lần. Tính toán hệ số nảy mầm bằng công thức GI. Hệ số nảy mầm $\geq 80\%$ thì đạt chuẩn sử dụng bón cho cây trồng tùy theo nhu cầu sinh trưởng.

$$GI = \frac{\% \text{nảy mầm} \times \text{chiều dài rễ (hạt sử dụng dịch chiết compost)}}{\% \text{nảy mầm} \times \text{chiều dài rễ (hạt sử dụng nước cất)}} \times 100$$

b. Khảo nghiệm trên cây cải mầm

- Thí nghiệm 1: Chuẩn bị 5 bát nhựa (đường kính 10 mm) trong đó 2 bát gồm 100% lượng compost mỗi loại (B1-R; B1-CTX), 2 bát gồm 50% đất sạch và 50% compost mỗi loại (B2-R; B2-CTX), 1 bát gồm 100% đất sạch để đối chứng (mẫu trắng-T). Gieo mỗi bát cùng một số lượng hạt cải mầm và lượng nước tưới, đặt ở nơi thoáng mát. Sau 7 ngày, cắt phần thân mầm cải và xác định khối lượng. So sánh kết quả khối lượng thân mầm của các bát sử dụng đất và compost, nếu $< 50\%$ so với mẫu trắng sẽ chỉ ra khả năng tồn tại độc tính trong compost [14].

- Thí nghiệm 2: Chuẩn bị 5 bình nhựa PE thể tích 1 lít được lấp đầy khoảng 1/2 thể tích bình, trong đó 2 bình gồm 100% lượng compost mỗi loại (C1-R, C1-CTX), 2 bình gồm 50% đất sạch và 50% compost mỗi loại (C2-R, C2-CTX), 1 bình gồm 100% đất sạch để đối chứng (mẫu trắng-T). Gieo mỗi bình cùng một số lượng hạt cải mầm và lượng nước tưới, đậy kín miệng bình và đặt ở nơi thoáng mát. Sau 7 ngày, đo chiều dài rễ cây mầm, nếu chiều dài rễ $> 70\%$ so với mẫu trắng thì compost có tiềm năng đối với cây trồng [14].

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm nguyên liệu ủ

BTS sau khi ép tại nhà máy D&N phát sinh khoảng 3 - 5 tấn/ngày với công suất máy ép dao động 2,5 - 5 m³/h (định kỳ nhà máy ép 5 - 6 lần/tuần). Hóa chất sử dụng ép bùn là polymer Specfloc C-1492 LMW flocculant cation với thành phần chính Polyacrylamide-PAC (CONH₂[CH₂-CH]_n), định lượng sử dụng dao động khoảng 3 - 6 kg/3,5 tấn bùn sau ép [11]. Kết quả phân tích mẫu bùn sau khi được ép qua máy ép băng tải trình bày tại Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả phân tích mẫu bùn thủy sản D&N (Số mẫu: 12)

TT	Thông số	Giá trị	Trung bình
1	Độ ẩm (%)	80,2 - 83,6	81,3
2	Độ tro (%)	10,7 - 14,2	12,1
3	pH (-)	6,9 - 7,4	7,2
4	TOC (g/100g chất khô)	28,6 - 35,3	33,1
5	T-N (g/100g chất khô)	4,12 - 5,01	4,51
6	T-P (g/100g chất khô)	0,93 - 1,38	1,15

Độ ẩm của bùn sau ép D&N có độ ẩm khá cao, trung bình 81,3%. Độ tro khoảng 10,7 - 14,2%, và giá trị pH dao động từ 6,9 đến 7,4. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu Nguyễn Thị Phương trên BTS [2]. Nhìn chung, hàm lượng cacbon hữu cơ bùn thải D&N trung bình là 33,1%. Giá trị này tương đương với kết quả đánh giá bùn thải từ nhà máy XLNT sinh hoạt Hòa Xuân [14]. Tổng lượng nitơ các mẫu bùn khoảng 4,12 - 5,01%, không có sự dao động lớn so với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Thị Phương [2] với giá trị khoảng 1,81 - 5,62%, nhưng cao hơn kết quả nghiên cứu của Lê Thị Kim Oanh [15] trên bùn thải chế biến cá da trơn và Võ Đức Phú trên bùn thải chế biến cá tra [16], lần lượt là 3,2% và 2,6%. Trong khi đó, hàm lượng photpho tổng số bùn thải D&N dao động trong khoảng 0,93 - 1,38%, thấp hơn nhiều so với các mẫu BTS theo

nghiên cứu của Nguyễn Thị Phương [2] là 3,3 - 7,29%.

Đối với các vật liệu độn, theo số liệu thu thập tại nhà vườn, cứ mỗi 0,5 kg rau mồng tơi thành phẩm thì sau thu hoạch phát sinh 0,8 - 1 kg phế phẩm; 2,1 kg rau muống thành phẩm thì sau thu hoạch phát sinh 0,9 - 1,1 kg phế phẩm. Như vậy, lượng CTX phát sinh khi thu hoạch mồng tơi gấp đôi lượng thành phẩm, trong khi đó đối với rau muống thì khoảng 50% thành phẩm. Kết quả phân tích các mẫu vật liệu độn được trình bày tại Bảng 2 cho thấy, CTX tươi có độ ẩm cao gần như gấp đôi so với rom tươi. Sau khi được làm khô, độ ẩm cả hai loại vật liệu giảm khá cao và còn khoảng gần 2%, trong khi đó hàm lượng cacbon hữu cơ tăng lên đến 36 - 39%.

Bảng 2. Kết quả phân tích các mẫu vật liệu độn (Số mẫu: 02)

Mẫu	Độ ẩm (%)	Độ tro (%)	TOC (g/100g chất khô)	T-N (g/100g chất khô)	T-P (g/100g chất khô)
Rom tươi	18,47	12,04	27,38	0,56	0,63
Rom khô	1,52	15,15	36,80	1,07	0,31
CTX tươi	34,78	9,00	22,6	0,85	0,62
CTX khô	1,40	14,99	39,03	1,15	0,67

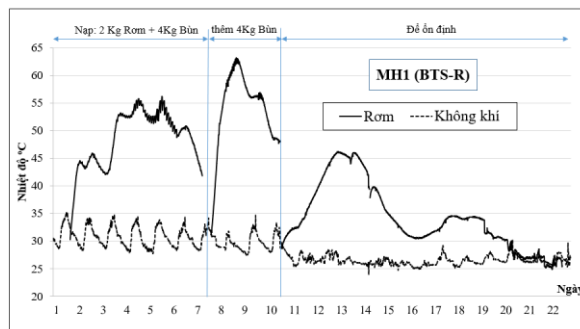
Với kết quả đánh giá đặc điểm nguyên liệu như trên, để đảm bảo điều kiện cho quá trình ổn định hiếu khí bùn thủy sản D&N, rom khô và CTX dạng tươi được lựa chọn làm vật liệu độn cho các thí nghiệm.

3.2. Kết quả theo dõi các yếu tố ảnh hưởng quá trình

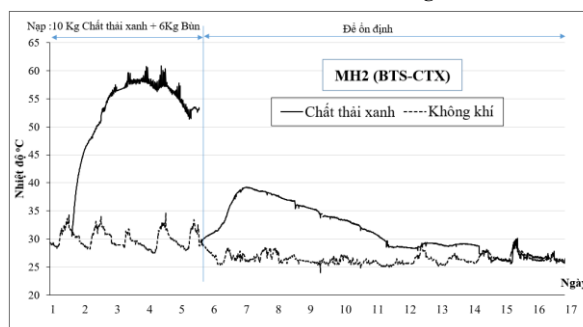
- Nhiệt độ: nhiệt độ là một trong các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hoạt tính của vi sinh vật (VSV) trong quá trình phân hủy sinh học và là chỉ thị để nhận biết các giai đoạn xảy ra trong quá trình ủ compost. Biến thiên nhiệt độ trong hai mô hình được trình bày tại Hình 5 và Hình 6. Nhiệt độ theo dõi trong các mô hình có biên độ cao hơn nhiệt độ môi trường do có quá trình phân hủy hiếu khí chất hữu cơ diễn ra trong hỗn hợp vật liệu ủ. Nhiệt độ trong cả hai mô hình tăng lên đến trên 55°C trong vòng 3 - 4 ngày và duy trì nhiệt độ này ở hai ngày tiếp theo. Kết quả này cao hơn 10°C so với nghiên cứu ủ bùn thải thủy sản phối trộn với rom sau quá trình trồng nấm của Lâm Thị Hẹn và cộng sự [17]. Đối với MH1, đến ngày thứ bảy, nhiệt độ hạ thấp xấp xỉ 40°C và độ ẩm giảm xuống 50% nên tiến hành mở nắp bổ sung thêm 4 kg bùn. Nhiệt độ sau đó tăng nhanh và đạt ở mức 63°C sau hai ngày kể từ ngày nạp thêm bùn. Nhiệt độ có xu hướng tăng cao hơn do rom khô đã được phá vỡ cấu trúc và phân hủy ở lần nạp liệu trước. Ở nền nhiệt độ này, các VSV gây hại sẽ bị ức chế và không tồn tại ở các giai đoạn tiếp theo. Đối với MH2, nhiệt độ cao nhất đạt ở mức 61°C trong 3 - 4 ngày đầu, cao hơn khoảng 5°C so với MH1 ở cùng thời điểm. Khi nhiệt độ mô hình giảm xuống còn 50°C ở ngày thứ năm, trong khi đó độ ẩm vẫn duy trì ở mức cao là 70% nên không bổ sung bùn như MH1 và tiếp tục theo dõi cho đến khi kết thúc thí nghiệm.

Nhận xét chung, sau khi đạt được nhiệt độ tối đa (trên 60°C), hai mô hình đều có thời gian giữ nhiệt trên mức nhiệt 50°C là khá ngắn (khoảng 2 - 3 ngày), do rom khô và chất thải xanh là các vật liệu độn có độ rỗng cao nên khả năng khuếch tán khí tốt nhưng lại giữ nhiệt kém. Kể từ ngày thứ mười, nền nhiệt độ môi trường thay đổi và xuống mức thấp hơn (dao động trên dưới 25°C) đã ảnh hưởng một

phần đến quá trình ổn định nhiệt của các mô hình. Các thời điểm nhiệt độ dao động theo hình răng cưa là do ảnh hưởng của việc thổi khí tươi (nhiệt độ thấp) vào mô hình làm tổn thất nhiệt, sau đó nhiệt sinh ra từ quá trình phân hủy hiếu khí khiến nhiệt độ lại tăng lên. Tổng thời gian cần thiết để ổn định bùn trong các mô hình theo thông số nhiệt độ là khoảng 24 ngày đối với MH1 và 17 ngày đối với MH2.

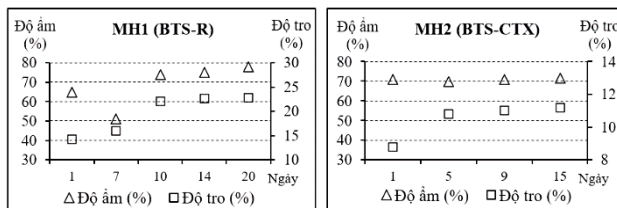


Hình 5. Biến thiên nhiệt độ trong MH1



Hình 6. Biến thiên nhiệt độ trong MH2

- Độ ẩm: Độ ẩm của vật liệu ủ sau ngày đầu tiên đạt trên 60% đối với MH1 và trên 70% đối với MH2, sau đó có xu hướng tăng cao lên đến xấp xỉ 80% đối với MH1 và duy trì ở mức trên dưới 70% đối với MH2.



Hình 7. Biến thiên độ ẩm và độ tro hai mô hình





Quan sát hiện tượng thí nghiệm và có thể giải thích: Ở lần nạp liệu đầu tiên (trong vòng 6 - 7 ngày), do nhiệt độ trong mô hình đạt ở mức cao từ 55 - 63°C nên nước có khả năng bốc hơi và được đẩy ra ngoài ở các thời điểm thổi khí. Từ ngày thứ bảy trở về sau, khi vật liệu ủ dần ổn định, nhiệt độ giảm dần và mô hình được đậy kín đã làm giảm quá trình thoát hơi nước và làm tăng độ ẩm của hỗn hợp vật liệu ủ. Độ tro của hỗn hợp tăng dần thể hiện quá trình phân hủy chất hữu cơ được duy trì theo thời gian ủ.

- pH: Giá trị pH dao động trong khoảng 6,5 - 7,5 đối với MH1 và 6,8 - 8,5 đối với MH2 và xu hướng tăng trong ngày thứ bảy trở đi. Giá trị pH tuy có sự biến thiên theo thời gian, đặc biệt tăng cao ở thời điểm cuối quá trình của MH2, dễ xảy ra hiện tượng thất thoát nitơ nhưng nhìn chung giá trị pH biến thiên nằm trong giới hạn cho phép đối với điều kiện phân hủy hiếu khí.

- TDS: Hàm lượng chất rắn hòa tan trong mẫu vật liệu ủ có xu hướng tăng dần theo thời gian ủ. Giá trị TDS dao động từ 92 - 115 mg/L đối với MH1 và từ 340 - 395 mg/L đối với MH2. Tuy giá trị dao động không lớn nhưng qua đó cho thấy, có quá trình oxy hóa và khoáng hóa diễn ra trong vật liệu ủ.

Trong quá trình thí nghiệm, các hiện tượng thay đổi vật liệu bên trong hai mô hình được ghi nhận và đánh giá.

Bảng 3. Bảng theo dõi cảm quan vật liệu ủ trong MH1

Ngày thứ 1	Ngày thứ 7	Ngày thứ 10	Ngày thứ 20
			
Độ ẩm: 65% pH: 6,5	Rom ngã màu, xuất hiện nấm mốc	Độ ẩm cao, mùi khai nhẹ, xuất hiện nhiều nấm mốc	Độ ẩm cao, không còn nấm mốc

Bảng 4. Bảng theo dõi cảm quan vật liệu ủ trong MH2

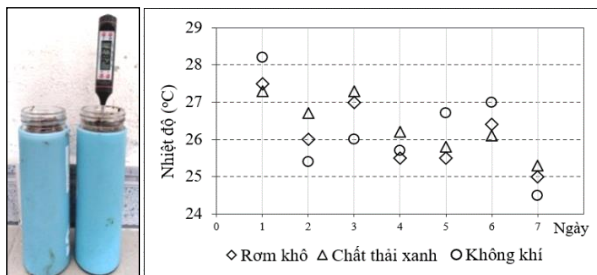
Ngày thứ 1	Ngày thứ 10	Ngày thứ 15
		
Độ ẩm: 71% pH: 6,6	Độ ẩm cao, mùi khai, xuất hiện giòi, nước rỉ	Độ ẩm cao, mùi khai, xuất hiện ruồi

Giá trị pH và nhiệt độ trong MH1 nằm trong khoảng tối ưu cho VSV nên mô hình xuất hiện nhiều nấm mốc. Trong khi pH vật liệu ủ trong MH2 lớn hơn 7, cùng với việc thổi khí sẽ làm thất thoát nitơ dưới dạng NH₃ nên gây mùi khai, không xuất hiện nấm mốc nhưng xuất hiện ấu trùng giòi và phát triển thành ruồi.

3.3. Kết quả đánh giá chất lượng sản phẩm

3.3.1. Độ ổn định bùn

Tiến hành lấy mẫu compost từ hai mô hình và cho vào đây bình hình trụ 500 mL. Theo dõi sự thay đổi nhiệt độ trong thời gian 7 ngày để xác định độ ổn định của sản phẩm.



Hình 8. Chênh lệch nhiệt độ compost so với nhiệt độ môi trường

Kết quả Hình 8 cho thấy nhiệt độ vật liệu sau khi ủ của cả hai mô hình chênh lệch khoảng 0,5 - 1,3°C so với nhiệt độ môi trường chứng tỏ chất hữu cơ trong các vật liệu đã được ổn định, không còn khả năng phân hủy [18].

3.3.2. Kết quả đánh giá chất lượng theo TCVN

Các thông số đánh giá chất lượng sản phẩm sau quá trình ủ theo 10TCN 526:2002/BNN&PTNT về phân hữu

cơ vi sinh trình bày tại Bảng 5. Kết quả so sánh cho thấy, compost MH1 có độ ẩm thấp hơn đến 21% trong khi TOC cao hơn so với compost ủ rom mà nhà vườn đang sử dụng, đặc biệt hàm lượng tổng nitơ cao hơn 3 - 5 lần khi so sánh với các mẫu còn lại. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Lâm Thị Hẹn và cộng sự [17] và cao hơn nghiên cứu của Zhao Xiu-lan [19]. Các chỉ tiêu pH, TOC, T-N của sản phẩm MH1 đạt yêu cầu về phân hữu cơ vi sinh theo 10TCN 526:2002/BNN&PTNT, tuy nhiên độ ẩm và hàm lượng lân hữu hiệu không đạt. Các thông số đánh giá chất lượng sản phẩm MH2 và phân rom không đảm bảo yêu cầu về chất lượng phân bón hữu cơ theo tiêu chuẩn.

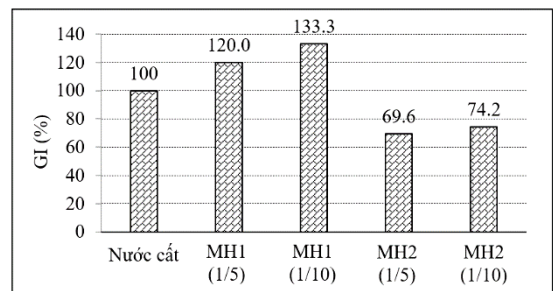
Bảng 5. Đặc điểm các mẫu vật liệu sau quá trình ủ

TT	Thông số	MH1	MH2	Phân rom ^(*)	10TCN (526:2002)
1	Đường kính hạt	5 - 8	> 5	> 5	4 - 5
2	Độ ẩm (%)	48	72	69	< 35
3	pH	6,8	8,5	7,0	6 - 8
4	TOC (g/100g)	21,90	34,30	18,66	≥ 13
5	T-N (g/100g)	2,60	0,89	0,51	≥ 2,5
6	P ₂ O ₅ (g/100g)	0,029	0,034	0,033	≥ 2,5

Ghi chú: (*) - Mẫu phân rom ủ sử dụng tại nhà vườn.

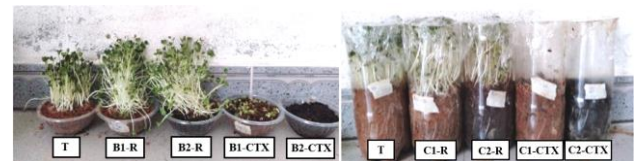
3.3.3. Kết quả khảo nghiệm sản phẩm

Kết quả theo dõi mật độ lên mầm của hạt và đo chiều dài của rễ là cơ sở xác định chỉ số GI, thể hiện tại Hình 9.



Hình 9. Kết quả xác định chỉ số GI

Hệ số GI của các mẫu theo hai tỷ lệ chiết xuất thành phẩm thành dung dịch thí nghiệm là 1:5 và 1:10 đối với MH1 đều đạt giá trị lớn hơn 80% ở mức 120 - 133,3, chứng tỏ vật liệu đang ở trạng thái cân bằng C/N [12], có thể không chứa độc tính [20], trong khi đó kết quả tính toán đối với MH2 đều dưới 80% ở cả hai tỷ lệ chiết xuất.



Hình 10. Cây cải mầm sau 7 ngày khảo nghiệm PTN

Kết quả theo dõi khối lượng thân cây mầm và chiều dài rễ khi tiến hành khảo nghiệm với các tỷ lệ đất sạch và compost thành phẩm hai mô hình thể hiện tại Hình 10. Quan sát thấy, cây mầm phát triển tốt ở nghiệm thức mẫu trắng-T và các nghiệm thức B1-R, B2-R, C1-R, C2-R. Kết quả đo đạc tương ứng trình bày ở Bảng 6 cho thấy, khi sử dụng compost của MH1 có kết quả trội hơn về khối lượng thân mầm lẫn chiều dài rễ, đạt yêu cầu ở tỷ lệ compost: Đất sạch là 50%: 50%. Trong khi kết quả so sánh với compost

của MH2 không đạt yêu cầu về cả hai thông số.

Bảng 6. Kết quả khảo nghiệm trên cây cải mầm

Mẫu	Tỷ lệ	Khối lượng thân mầm (g)	Chiều dài rễ (cm)
Đất sạch	100%	22,27	16,0
Compost MH1:Đất	50% : 50%	27,53	17,5
	100% : 0%	25,57	7,0
Compost MH2:Đất	50% : 50%	0,7	3,0
	100% : 0%	-	-

Ghi chú: (-): Không xác định được.

Để đánh giá độ tin cậy về hiệu quả của quá trình co-composting và tiềm năng sử dụng sản phẩm, các thông số về tỷ lệ phối trộn compost và đất sạch cũng như mức độ đáp ứng các chỉ số đặc trưng về chất dinh dưỡng, kim loại nặng, chỉ tiêu VSV cần được xem xét chi tiết hơn.

4. Kết luận

BTS sau quá trình ép tại nhà máy Danifood độ ẩm vẫn còn cao (hơn 80%), hàm lượng tổng cacbon hữu cơ và tổng nitơ khá cao nên phù hợp xử lý theo phương pháp ủ sinh học trong điều kiện hiếu khí.

Kết quả nghiên cứu chỉ ra, quá trình co-composting ổn định BTS có hiệu quả khi phối trộn với rơm khô và không phù hợp với CTX tươi. Do độ ẩm hỗn hợp BTS-CTX khi ủ đạt đến 70% và duy trì trong suốt quá trình ủ, phát sinh mùi và ấu trùng của giòi khi kết thúc thí nghiệm. Các chỉ số đánh giá chất lượng compost sau khi ủ từ hỗn hợp BTS-CTX không đạt yêu cầu. Sản phẩm sau quá trình ủ đối với mô hình BTS-R ổn định về nhiệt, các thông số vật lý, tổng cacbon hữu cơ và tổng nitơ đạt giá trị yêu cầu đối với 10TCN 526:2002/BNN&PTNT về phân hữu cơ vi sinh và đảm bảo các chỉ số về sự phát triển của cây trồng khi khảo nghiệm trên hạt đậu và cây cải mầm.

Để khẳng định hiệu quả quá trình co-composting đối với BTS và tiềm năng sử dụng sản phẩm sau khi ổn định, các phương pháp kiểm soát độ ẩm, pH và xác định độc tính xuất hiện trong các giai đoạn ủ sẽ được xem xét chi tiết ở các nghiên cứu tiếp theo. Đồng thời, hiệu quả ổn định BTS với rơm khô được đánh giá so sánh với các phế phẩm nông nghiệp khác làm cơ sở khuyến cáo giải pháp kỹ thuật xử lý BTS phù hợp cho các doanh nghiệp.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được tài trợ bởi Tập đoàn Vingroup - Công ty CP và hỗ trợ bởi chương trình học bổng đào tạo thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), Viện Nghiên cứu Dữ liệu lớn (VinBigdata), mã số VINIF.2020.TS.48.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- http://vasep.com.vn/-Hiệp hội chế biến và xuất khẩu thủy sản Việt Nam.
- Nguyễn Thị Phương, Nguyễn Mỹ Hoa, Đỗ Thị Xuân, Võ Thị Thu Trân và Lâm Ngọc Tuyết, “Đặc tính bùn thải từ hệ thống xử lý nước

thải của nhà máy sản xuất bia và chế biến thủy sản”, *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, Số 45A, 2016, Số trang 74-81.

- Bộ Tài Nguyên Môi trường, *Báo cáo Môi trường Quốc gia năm 2017-Quản lý chất thải*, Hà Nội, 2017.
- Trần Văn Quang, *Đánh giá các trở ngại và đề xuất biện pháp nâng cao hiệu quả quản lý nước thải cho khu công nghiệp dịch vụ thủy sản Đà Nẵng*, Đề tài khoa học cấp thành phố, năm 2015-2017.
- Nguyễn Thị Phương, Nguyễn Mỹ Hoa, Đỗ Thị Xuân, “Nghiên cứu sử dụng bùn thải của nhà máy chế biến thủy sản ủ phân compost kết hợp với rơm và lục bình”, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, Tập 54, Nông nghiệp, 2018, Số trang 81-89.
- Huỳnh Công Khánh, Trần Sỹ Nam, Nguyễn Thị Ngọc Thủy, Nguyễn Văn Đạo, “Sản xuất và đánh giá hiệu quả phân hữu cơ vi sinh từ bùn thải nhà máy sản xuất bia và nhà máy chế biến thủy sản trên năng suất cây rau”, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, Số 3 (112), 2017, Số trang 10-14.
- Đỗ Thị Xuân, Nguyễn Thị Phương, Nguyễn Mỹ Hoa, Trần Nam Kha và Trương Thùy Linh, “Hiệu quả của bùn thải bia và bùn cá được xử lý phơi nắng trên sinh trưởng và năng suất rau trồng trong nhà lưới”, *Tạp chí Nghiên cứu khoa học và Phát triển kinh tế Trường Đại học Tây Đô*, Số 02-2017, Số trang 81-96.
- Olufunke Cofie, Josiane Nikiema, Robert Impraim, Noah Adamtey, Johannes Paul and Doulaye Koné, *Co-composting of Solid Waste and Fecal Sludge for Nutrient and Organic Matter Recovery*, Agri. and Eco. Blog: ISBN 978-92-9090-835-7.
- Dorai Narayana, *Co-Treatment of Septage and Fecal Sludge in Sewage Treatment Facilities*, A Guide for Planners and Implementers, <http://iwaponline.com/ebooks/book>.
- Barthod, J., Rumpel, C., & Dignac, M. F., “Composting with additives to improve organic amendments-A review”, *Agronomy for Sustainable Development*, 38(2), 2018, 17.
- Công ty TNHH chế biến thực phẩm D&N, *Sổ tay vận hành hệ thống xử lý nước thải*, 2018.
- Zucconi, F., Monaco, A., Debertoldi, M., “Biological evaluation of compost maturity”, *Biocycle* 22, 1981, Pages 27-29.
- Van der Wurff, A.W.G., Fuchs, J.G., Raviv, M., Termorshuizen, A.J., *Handbook for Composting and Compost Use in Organic Horticulture*, BioGreenhouse COST Action FA 1105, ISBN: 978-94-6257-749-7, (Editors) 2016.
- D.N.K. Vo, M. Tokuoka, S. Tanaka, N.T. Phan, V.Q. Tran, “Study on sludge treatment by the aerobic stabilization process combined with bulking agent and heated air supply”, *Vietnam Journal of Science and Technology*, 58(5A), 2020, Pages 190-200.
- Lê Thị Kim Oanh, Trần Thị Mỹ Diệu, “Nghiên cứu sản xuất compost nhằm tái sử dụng bùn thải từ nhà máy xử lý nước thải chế biến cá da trơn”, *Tạp chí Phát triển KH&CN*, Tập 18 (M2), 2015, Số trang 99-114.
- Võ Phú Đức, *Xây dựng quy trình sản xuất phân hữu cơ vi sinh từ nguồn bùn thải phát sinh trong quá trình chế biến cá tra*, Đề tài Khoa học công nghệ tỉnh Đồng Tháp, 2013.
- Lâm Thị Hẹn và Phạm Anh Thi, *Nghiên cứu xử lý bùn sau hệ thống xử lý nước thải thủy sản bằng biện pháp ủ phân compost trong điều kiện kỵ khí và hiếu khí*, Luận văn tốt nghiệp Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ, năm 2011.
- The Environment Ministry of Canada, *Technical Document on Municipal Solid Waste Organics Processing*, Cat. No.: En14-83/2013E. ISBN: 978-1-100-21707-9, 2013.
- Zhao Xiu-lan, LI Bi-qiong, NI Jiu-pai1, XIE De-ti, “Effect of four crop straws on transformation of organic matter during sewage sludge composting”, *Journal of Integrative Agriculture*, 15(1), 2016, Pages 232–240.
- Yuan Luo, Jie Liang, Guangming Zen, Ming Chen, Dan Mo, Guoxue Li, Difang Zhang, “Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects”, *Waste Management*, Volume 71, January 2018, Pages 109-114.