



ẢNH HƯỞNG CỦA TỶ LỆ PHỐI TRỘN BÃ HÈM BIA VÀ RAU THẢI KẾT HỢP TRICHODERMA ĐẾN QUÁ TRÌNH Ủ VÀ CHẤT LƯỢNG PHÂN HỮU CƠ

EFFECTS OF MIXING RATIOS OF BREWERS' SPENT GRAIN AND VEGETABLE WASTE IN COMBINATION WITH TRICHODERMA ON THE COMPOSTING PROCESS AND COMPOST QUALITY

Phạm Trung Kiên*, Nguyễn Hoàng Anh

Trường Đại học Cửu Long

DOI: <https://doi.org/10.65934/mkusj.2026.01-e.986>

*Email: phamtrungkien2004vlo@gmail.com

Ngày nhận bài: 16/04/2026

Ngày phản biện: 22/04/2026

Ngày duyệt bài: 01/06/2026

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm tìm ra tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải thích hợp sản xuất phân hữu cơ được thực hiện tại ấp 1, xã Cái Ngang, tỉnh Vĩnh Long, thời gian từ 11/2025 - 04/2026. Kết quả đạt được như sau: Thí nghiệm 1: Tỷ lệ 7:3 duy trì pH, nhiệt độ và độ ẩm trong khoảng thích hợp cho hoạt động của vi sinh vật; tỷ lệ 1:0 thể hiện cường độ phân hủy mạnh và cho khối lượng phân thành phẩm cao; trong khi đó, tỷ lệ 5:5 giúp ổn định pH và độ ẩm trong suốt quá trình ủ. Nhìn chung, các tỷ lệ phối trộn đều đạt giá trị C/N phù hợp, góp phần thúc đẩy quá trình phân hủy hữu cơ diễn ra hiệu quả và ổn định sau 60 ngày ủ. Thí nghiệm 2: Tỷ lệ 7:3 có bổ sung Trichoderma cho kết quả tối ưu khi vừa duy trì pH ổn định, vừa tạo được nhiệt độ cao ở giai đoạn đầu. Đồng thời, khối lượng phân ủ đạt giá trị tốt, nhất là ở nghiệm thức bổ sung Trichoderma 2 lần. Bên cạnh đó, độ ẩm luôn được duy trì ở mức thích hợp và tỷ lệ C/N đạt chuẩn sau 60 ngày. Tỷ lệ phối trộn bã hèm bia với rau thải ở mức 7:3 kết hợp bổ sung Trichoderma 2 lần được khuyến cáo áp dụng trong thực tế, do đảm bảo quá trình phân hủy diễn ra ổn định, rút ngắn thời gian ủ và nâng cao chất lượng phân thành phẩm.

Từ khóa: Bã hèm bia, rau thải, Trichoderma, phân hữu cơ

ABSTRACT

The study aimed to determine the appropriate mixing ratio of spent brewery grains and vegetable waste for organic fertilizer production. It was conducted in Hamlet 1, Cái Ngang Commune, Vĩnh Long Province, from November 2025 to April 2026. The results are summarized as follows: In experiment 1, the 7:3 ratio maintained pH, temperature, and moisture within suitable ranges for microbial activity. The 1:0 ratio exhibited strong decomposition intensity and produced a high yield of finished compost. Meanwhile, the 5:5 ratio helped stabilize pH and moisture throughout the composting process. In general, all mixing ratios achieved appropriate C/N values, contributing to an efficient and stable organic decomposition process after 60 days of composting. In experiment 2, the 7:3 ratio with Trichoderma supplementation yielded optimal results by maintaining stable pH while generating high temperatures during the initial stage. At the same time, the compost mass reached favorable levels, particularly in the treatment in which Trichoderma was applied twice. In addition, moisture content was consistently maintained at suitable levels, and the C/N ratio met standards after 60 days. The mixing ratio of spent brewery grains and vegetable waste at 7:3 combined with two applications of Trichoderma is recommended for practical use, as it ensures a stable decomposition process, shortens composting time, and improves the quality of the final compost product.

Keywords: Brewer's spent grain, vegetable waste, Trichoderma, organic compost.

GIỚI THIỆU NGHIÊN CỨU

Phân hữu cơ có vai trò quan trọng trong việc cải tạo đặc tính, vật lý, hóa học và sinh học đất như cải thiện cấu trúc, cung cấp dinh dưỡng cho đất và là nguồn thức ăn cho vi sinh vật trong đất. Đất giàu hữu cơ trở nên tơi xốp thoáng khí, rễ cây dễ dàng phát triển... tăng hiệu quả sử dụng

phân hóa học giúp giảm chi phí sản xuất (Singh et al., 2020). Phân hữu cơ hiện nay sản xuất từ nhiều nguồn nguyên liệu khác nhau, bao gồm phụ phế phẩm nông nghiệp, công nghiệp, phân động vật và rác thải hữu cơ,... góp phần nâng cao hiệu quả tái sử dụng chất thải và bảo vệ môi trường.

Trong đó, bã hèm bia là phụ phẩm phát sinh với khối lượng lớn từ ngành công nghiệp sản xuất bia (Nocente et al., 2019), có hàm lượng chất hữu cơ và dinh dưỡng cao (Mada, 2020, as cited in Bianco, 2022) tiềm năng lớn để sản xuất phân hữu cơ. Bên cạnh đó, rau thải từ chợ cũng là nguồn nguyên liệu hữu cơ dồi dào, dễ phân hủy cần được xử lý. Trong đó, việc sản xuất phân hữu cơ bổ sung chế phẩm *Trichoderma* là giải pháp hiệu quả nhằm nâng cao chất lượng và rút ngắn thời gian ủ, nhóm vi sinh vật có khả năng phân giải mạnh các hợp chất hữu cơ khó phân hủy, thúc đẩy quá trình khoáng hóa, ổn định phân ủ và cải thiện chất lượng phân thành phẩm (He et al., 2022).

Do đó đề tài thực hiện nhằm tìm ra tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải có bổ sung *Trichoderma* thích hợp.

1. Phương pháp nghiên cứu

Vật liệu

Thí nghiệm được tiến hành từ tháng 11 đến tháng 05 năm 2026 tại ấp 1, xã Cái Ngang, tỉnh Vĩnh Long. Vật liệu thí nghiệm là bã hèm bia (độ ẩm 65,9% và C/N 10,8) mua ở xã Phú Quới, tỉnh Vĩnh Long, rau thải (độ ẩm 88,5% và C/N 24,8) được thu gom tại chợ lớn Vĩnh Long và chế phẩm *Trichoderma* có tên Tricô được sản xuất tại bộ môn Bảo vệ Thực vật, trường Đại học Cần Thơ, mật số 10^8 bào tử/g.

Phương pháp

Thí nghiệm 1: Đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải.

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên 1 nhân tố, 5 nghiệm thức với 5 tỷ lệ giữa bã hèm bia : rau thải (1:0, 0:1, 5:5, 7:3 và 3:7), 3 lần lặp lại (5 kg/lặp lại). Bã hèm bia được mua và sử dụng trong ngày, rau thải được cắt nhỏ (2 - 3 cm). Quá trình ủ thực hiện trong chậu nhựa (10 L) có lót lưới, đặt trong điều kiện có mái che, nền bê tông, đảm bảo điều kiện môi trường đồng nhất. Độ ẩm ban đầu giữ trạng thái tự nhiên, không bổ sung nước. Bề mặt chậu được phủ bạt nhằm hạn chế thất thoát nhiệt và ẩm, nhiệt độ và ẩm độ môi trường trung bình hàng ngày là $26,5^{\circ}\text{C} \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ và $64,3\% \pm 7,0\%$. Nguyên liệu được đảo trộn định kỳ 5 ngày/lần

trong 20 ngày đầu, sau đó ngừng đảo để duy trì điều kiện ủ đến cuối thí nghiệm.

Thí nghiệm 2: Đánh giá hiệu quả của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải có bổ sung *Trichoderma*.

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên 2 nhân tố, nhân tố A: 2 tỷ lệ phối trộn bã hèm bia với rau thải là 7:3 và 5:5 và nhân tố B: không bổ sung *Trichoderma*, bổ sung 2 lần và 4 lần, 3 lần lặp lại (5 kg/lặp lại). Thí nghiệm 2 được thực hiện tương tự quy trình ủ của Thí nghiệm 1. *Trichoderma* bổ sung 0,2 g/lần (theo khuyến cáo) pha loãng với 100 ml nước và tưới đều.

Các chỉ tiêu theo dõi

Nhiệt độ đo bằng nhiệt kế tại đồng ủ.

pH xác định từ dung dịch ủ.

Độ ẩm lấy ngẫu nhiên tại 3 vị trí trong đồng ủ: đỉnh, giữa và đáy.

Khối lượng vật liệu ủ và dịch rỉ ghi nhận ở 5 - 25 NSKU; giai đoạn sau chỉ ghi nhận khối lượng vật liệu ủ.

Số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2010 và phân tích ANOVA, sử dụng phép thử DUNCAN ở mức ý nghĩa 5% bằng phần mềm SPSS 16.0.

2. Đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải.

pH của dung dịch rỉ

Kết quả Bảng 1 cho thấy các nghiệm thức có pH ở 5 NSKU khác biệt không ý nghĩa qua phân tích thống kê, ở giai đoạn 10 đến 60 NSKU khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 1%.

Theo Bernal et al. (2009), pH trong khoảng 5,5 - 7,5 là tối ưu cho hoạt động vi sinh vật, đồng thời hạn chế thất thoát nitơ và thúc đẩy phân hủy chất hữu cơ. pH ban đầu ít ảnh hưởng đến quá trình ủ (Tinh, 2012). Ở giai đoạn đầu 5 - 10 NSKU, pH các nghiệm thức dao động từ trung tính đến kiềm nhẹ 6,6 - 8,6 theo thang đánh giá của Brady (1990). Trong đó, nghiệm thức tỷ lệ 1:0 đạt pH cao nhất (8,6) ở 10 NSKU đã thúc đẩy quá trình amoni hóa dẫn đến mất nitơ dưới dạng amoniac do bay hơi (Vallini et al., 2002). Ngược lại, nghiệm thức 0:1 và 3:7 có pH thấp hơn tương ứng là 5,8 và 5,9.

Bảng 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải đến pH của đồng ủ

Thí nghiệm	Ngày sau khi ủ (NSKU)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60
1:0	6,6	8,6 ^a	8,4 ^a	8,5 ^a	8,0 ^a	7,5 ^b	7,3 ^a	7,1 ^a	6,9 ^a	6,8 ^a
0:1	6,7	5,8 ^c	6,2 ^c	6,6 ^c	7,7 ^b	8,2 ^a	6,6 ^b	6,3 ^c	6,0 ^c	5,8 ^c
5:5	6,8	6,5 ^b	6,5 ^{bc}	7,2 ^{bc}	7,6 ^b	7,5 ^b	7,2 ^a	6,9 ^b	6,6 ^b	6,5 ^b
7:3	6,7	6,6 ^b	6,9 ^b	7,7 ^b	7,5 ^b	7,6 ^b	7,2 ^a	7,0 ^{ab}	6,8 ^{ab}	6,7 ^a
3:7	6,8	5,9 ^c	6,3 ^c	7,1 ^{bc}	7,5 ^b	8,1 ^a	6,5 ^b	6,3 ^c	6,0 ^c	5,8 ^c
Mức ý nghĩa	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	1,5	3,1	3,1	4,3	1,9	2,3	1,9	1,9	2,6	1,6

(Ghi chú: Trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi cùng một chữ cái khác biệt không có ý nghĩa thống kê. **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%, ns: khác biệt không có ý nghĩa)

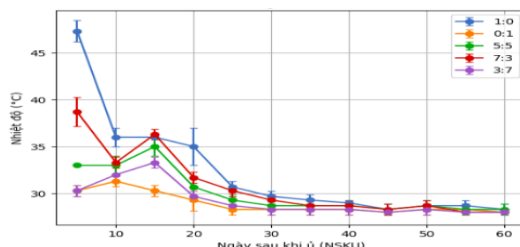
Giai đoạn 15 - 30 NSKU, pH tăng lên (6,2 - 8,2) do giải phóng NH_3 từ phân giải protein, sau đó giảm nhẹ bởi quá trình nitrat hóa (chuyển N-NH_4^+ thành N-NO_3^-). Tỷ lệ 0:1 và 3:7 pH tăng rõ rệt (8,2 - 8,1 tại 30 NSKU), phản ánh quá trình amoni hóa diễn ra mạnh sau giai đoạn acid hóa ban đầu.

Kết quả Hình 1 cho thấy nhiệt độ ở 5 - 25

Ở giai đoạn 35 - 60 NSKU, pH giảm và ổn định pH trung tính (5,8 - 6,8). Phù hợp với xu hướng chung của quá trình ủ compost (Getahun et al., 2012). Nhìn chung, thí nghiệm 5:5 và 7:3 duy trì pH trong đồng ủ ổn định với điều kiện tối ưu cho hoạt động vi sinh vật.

Nhiệt độ

NSKU khác biệt ở mức ý nghĩa 1%, giai đoạn 30 - 60 NSKU khác biệt không có ý nghĩa



Hình 1. Nhiệt độ (°C) của đồng ủ theo các tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải

Giai đoạn đầu (5 - 20 NSKU), thí nghiệm 1:0 ghi nhận nhiệt độ cao nhất (35,0 - 47,3°C) và khác biệt có ý nghĩa so với các thí nghiệm còn lại. Khoảng nhiệt độ phù hợp cho giai đoạn ủ ban đầu (Misra et al., 2003). Sau mỗi lần đảo trộn đồng ủ, nhiệt độ có xu hướng tăng trở lại do khối ủ được cung cấp oxy, tạo điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật hiếu khí hoạt động mạnh, đồng thời phá vỡ các vùng yếm khí và tăng cường quá trình phân hủy (Konstanczak, 1999).

Từ 25 NSKU, nhiệt độ bắt đầu giảm (28,0 - 30,7°C) và đến giai đoạn 30 - 60 NSKU thì ổn định quanh 28,0 - 29,7°C, xấp xỉ nhiệt độ môi

trường. Đây là giai đoạn khoáng hóa, góp phần ổn định chất hữu cơ thành mùn, phù hợp với cơ chế của quá trình ủ hiếu khí (Việt, 2004). Thí nghiệm 1:0 và 7:3 có nhiệt độ cao ở giai đoạn đầu, phản ánh hoạt động của vi sinh vật mạnh. Ngược lại, thí nghiệm 0:1 và 3:7 có nhiệt độ thấp hơn và ít biến động, có thể do nguyên liệu giàu thực vật và nước, làm chậm quá trình phân hủy (Uyên, 2011).

Theo Stentiford (1996), nhiệt độ khoảng 55°C là tối ưu để phân hủy mạnh và tiêu diệt mầm bệnh, trong khi 35 - 40°C thuận lợi cho đa dạng vi sinh vật. Trong nghiên cứu này, nhiệt độ

dao động 28,0 - 47,3°C, chưa đạt ngưỡng khử mầm bệnh cao nhưng vẫn phù hợp cho hoạt động phân hủy sinh học (Việt, 2005). Nhìn chung, nghiệm thức 1:0 và 7:3 cho hiệu quả phân hủy tốt.

Kết quả Bảng 2 cho thấy các nghiệm thức có ẩm độ ở giai đoạn 60 NSKU khác biệt có ý nghĩa qua phân tích thống kê ở mức ý nghĩa 5% và tỷ lệ C/N khác biệt có ý nghĩa ở mức ý nghĩa 1%.

Bảng 2. Kết quả của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải đến độ ẩm (%) và tỷ lệ C/N thời điểm 60 ngày sau khi ủ

Nghiệm thức	Độ ẩm	C/N
1:0	28,6 ^b	14,8 ^b
0:1	51,8 ^a	19,9 ^a
5:5	35,6 ^b	16,4 ^{ab}
7:3	32,9 ^b	16,9 ^{ab}
3:7	51,5 ^a	9,1 ^c
Mức ý nghĩa	*	**
CV (%)	19,3	16,6

(Ghi chú: trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi cùng một chữ cái khác biệt không có ý nghĩa thống kê. *: khác biệt mức ý nghĩa 5%).

Ở 60 NSKU, nghiệm thức 0:1 và 3:7 duy trì độ ẩm cao (51,8% và 51,5%), khác biệt ý nghĩa so với các nghiệm thức 1:0, 7:3 và 5:5 (28,6%, 32,9% và 35,6%).

Ẩm độ của nguyên liệu ủ đầu vào tốt nhất từ 60 - 70% và đầu ra (phân đã hoai) nên có ẩm độ từ 30 - 40% là tối ưu (Căn, 1982). Độ ẩm quá cao hoặc quá thấp đều bất lợi cho hoạt động vi sinh vật. Do đó, việc duy trì độ ẩm và không khí tối ưu cho mẻ phân ủ, sẽ giúp cho quá trình ủ phân diễn ra nhanh và chất lượng phân tốt (Hiền, 2003).

Tóm lại, nghiệm thức 5:5 và 7:3 có độ ẩm phù hợp cho quá trình ủ phân.

Ở 60 NSKU, nghiệm thức 0:1 có tỷ lệ C/N cao nhất (19,8) khác biệt không ý nghĩa so với nghiệm thức 5:5 và 7:3 (16,4 và 16,9), khác biệt so với các nghiệm thức còn lại và đều nhỏ hơn 25. Các nghiệm thức nằm trong khoảng thích

hợp, phù hợp với nhận định của Lê Văn Căn (1981) rằng khi vật liệu hữu cơ được phân giải cơ bản, tỷ lệ C/N giảm xuống khoảng 20 hoặc thấp hơn.

Theo Bolt (1978) và Viễn (2007), khi tỷ lệ C/N giảm xuống khoảng 15 - 17, hoạt động hô hấp của vi sinh vật giảm và hệ thống đạt trạng thái tương đối ổn định, cho thấy phân đã hoai mục. Như vậy, nghiệm thức 5:5 và 7:3 có độ ẩm và tỷ lệ C/N phù hợp cho quá trình ủ phân.

Khối lượng

Kết quả Bảng 3 cho thấy các nghiệm thức có khối lượng ở giai đoạn từ 5 đến 20 NSKU khác biệt không có ý nghĩa qua phân tích thống kê, ở giai đoạn từ 25 đến 60 NSKU khác biệt có ý nghĩa ở mức ý nghĩa 1%. Ở giai đoạn (5 - 20 NSKU), khối lượng đồng ủ dao động từ 4,8 xuống 4,2 kg do khối lượng có vật liệu ủ và lượng dịch rỉ nên giảm không đáng kể.

Bảng 3. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải đến khối lượng (kg) của đồng ủ

Nghiệm thức	Ngày sau khi ủ (NSKU)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1:0	4,8	4,7	4,5	4,4	3,8 ^a	3,2 ^a	2,5 ^a	2,1 ^a	1,8 ^a	1,6 ^a	1,6 ^a	1,5 ^a
0:1	4,8	4,7	4,6	4,3	2,1 ^d	1,5 ^d	0,7 ^e	0,4 ^e	0,2 ^d	0,2 ^d	0,2 ^d	0,2 ^d
5:5	4,8	4,7	4,5	4,3	2,4 ^c	2,0 ^{bc}	1,5 ^c	1,2 ^c	0,9 ^c	0,9 ^{bc}	0,8 ^b	0,8 ^b
7:3	4,8	4,6	4,4	4,2	2,8 ^b	2,2 ^b	1,8 ^b	1,5 ^b	1,3 ^b	1,1 ^b	1,0 ^b	0,9 ^b
3:7	4,8	4,7	4,6	4,3	2,2 ^{cd}	1,8 ^c	1,2 ^d	0,9 ^d	0,6 ^c	0,6 ^c	0,6 ^c	0,6 ^c

Mức ý nghĩa	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	0,9	0,9	1,6	2,4	4,9	6,8	9,9	12,9	18,0	16,8	13,1	12,4

(Ghi chú: trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi cùng một chữ cái khác biệt không có ý nghĩa thống kê. **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%, ns: khác biệt không có ý nghĩa.)

Từ 25 - 60 NSKU, khối lượng giảm nhanh do chỉ có vật liệu ủ. Tỷ lệ 0:1 ghi nhận tốc độ giảm nhanh nhất (từ 2,1 xuống 0,2 kg), cho thấy khả năng phân hủy cao nhờ nguyên liệu có hàm lượng nước lớn, cấu trúc mềm, giàu vitamin. Ngược lại, tỷ lệ 1:0 giảm chậm hơn (từ 3,8 xuống 1,5 kg), khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức còn lại, do thành phần giàu protein, cellulose, hemicellulose và lignin làm hạn chế khả năng phân hủy, cho thấy bã hèm bia không phù hợp cho ủ trực tiếp (Assandri et al., 2020).

Nhìn chung, tỷ lệ 1:0 có khối lượng đồng ủ cao nhất.

Kết quả thí nghiệm 1 cho thấy nghiệm thức 1:0 cho khối lượng đồng ủ cao nhất và cùng với 7:3 thể hiện hiệu quả phân hủy mạnh, nhưng xét tổng thể các yếu tố như độ ẩm, tỷ lệ C/N và pH, nghiệm thức 5:5 và 7:3 cho thấy sự phù hợp và ổn định hơn. Hai nghiệm thức giúp duy trì điều kiện tối ưu cho hoạt động vi sinh vật, góp phần nâng cao hiệu quả cho quá trình ủ phân.

Đánh giá hiệu quả của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải có bổ sung *Trichoderma*

pH của dung dịch ủ

Kết quả Bảng 4 pH khác biệt không ý nghĩa của tỷ lệ phối trộn ở 5 và 25 - 60 NSKU, nhưng khác biệt có ý nghĩa (1%) ở 10 - 20 NSKU. Đối với *Trichoderma*, pH khác biệt không ý nghĩa ở 5 - 15 và 25 - 35 NSKU, nhưng khác biệt có ý nghĩa thống kê ở 20 và 40 NSKU (5%) và ở 45 - 60 NSKU (1%).

Đối với tỷ lệ phối trộn ở giai đoạn 10 - 20 NSKU, tỷ lệ 7:3 có pH cao hơn (7,2 - 8,0) so với 5:5 (6,4 - 6,7) do bã hèm bia giàu protein phân giải tạo NH₃, trong khi rau thải hàm lượng nước cao, carbohydrate dễ phân giải (đường đơn, tinh bột)... thúc đẩy hình thành acid hữu cơ làm giảm pH. Từ 25 - 60 NSKU, pH các nghiệm thức khác biệt không ý nghĩa và ổn định trong khoảng 6,5 - 7,0, cho thấy ảnh hưởng tỷ lệ phối trộn ở giai đoạn đầu.

Đối với số lần bổ sung *Trichoderma*, tại 20, 40, 45 và 60 NSKU, các mức độ có bổ sung duy trì pH cao hơn (6,7 - 7,2) so với không bổ sung (6,3 - 6,6), cho thấy *Trichoderma* thúc đẩy quá trình phân giải chất hữu cơ, hạn chế sự tích lũy acid hữu cơ và pH ổn định.

Bảng 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải có bổ sung *Trichoderma* đến pH của dung dịch ủ

Nhân tố	Mức độ	Ngày sau khi ủ (NSKU)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	60
Tỷ lệ phối trộn (A)	7:3	7,3	8,0 ^a	7,4 ^a	7,2 ^a	7,0	6,9	6,8	6,7	6,7	6,6
	5:5	7,2	6,7 ^b	6,4 ^b	6,5 ^b	6,7	7,0	7,1	6,8	6,8	6,5
Số lần bổ sung <i>Trichoderma</i> (B)	0	7,3	7,4	6,8	6,6 ^b	6,7	7,0	6,7	6,6 ^b	6,5 ^b	6,3 ^b
	2	7,0	7,1	6,9	6,8 ^{ab}	6,6	7,1	7,1	6,9 ^a	6,8 ^a	6,7 ^a
	4	7,4	7,6	7,1	7,2 ^a	7,1	7,0	7,0	7,0 ^a	6,9 ^a	6,7 ^a
Mức ý nghĩa	F _A	ns	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	F _B	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	**	**
	F _{A*B}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)		3,9	4,9	3,3	4,4	5,9	2,3	4,4	2,8	2,9	2,5

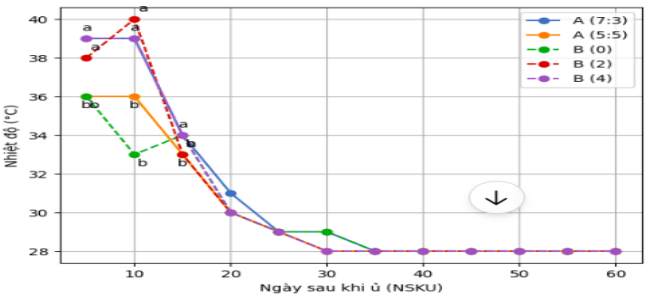
(Ghi chú: trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi cùng một chữ cái khác biệt không có ý nghĩa thống kê. **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%, *: khác biệt mức ý nghĩa 5%, ns: khác biệt không có ý nghĩa.)

Kết quả cho thấy pH dao động 6,3 - 8,0, chủ yếu gần trung tính, phù hợp cho hoạt động của vi sinh vật trong quá trình ủ compost (Việt & Chiêm, 2013). Khoảng pH này cũng nằm trong ngưỡng thích hợp 5,5 - 9,0 (Robert et al., 1992). Đồng thời, pH của vật liệu ủ có khả năng tự điều chỉnh trong quá trình phân hủy (Blain Metting, 1995).

Tóm lại, tỷ lệ 7:3 + *Trichoderma* cho pH phù hợp và ổn định.

Nhiệt độ

Kết quả ở Hình 2 cho thấy nhiệt độ của tỷ lệ phối trộn khác biệt có ý nghĩa ở 5 và 10 NSKU (1%) và 15 NSKU (5%), khác biệt không ý nghĩa ở 20 - 60 NSKU. Số lần bổ sung *Trichoderma* khác biệt có ý nghĩa ở 5 NSKU (5%) và 10 NSKU (10%), khác biệt không ý nghĩa ở 15 - 60 NSKU.



Hình 2. Diễn biến nhiệt độ (°C) của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải có *Trichoderma*

Đối với tỷ lệ phối trộn 7:3 duy trì nhiệt độ cao hơn (34,7 - 39,5°C) so với 5:5 (33,5 - 36,8°C) trong 5 - 15 NSKU, khác biệt có ý nghĩa. Từ 20 NSKU trở đi, sự khác biệt không còn ý nghĩa nhiệt độ giảm gần bằng với nhiệt độ môi trường.

Đối với số lần bổ sung *Trichoderma*, các mức độ bổ sung 2 và 4 lần có nhiệt độ cao hơn (38,5 - 40,5°C) so với không bổ sung ở 5 - 10 NSKU, cho thấy khả năng kích thích phân hủy và sinh nhiệt. Sau đó, nhiệt độ giảm dần và ổn định đến cuối quá trình (Kiệt, 2012). Ở 15 - 60 NSKU, khác biệt không ý nghĩa giữa các nghiệm

thức, cho thấy vai trò của *Trichoderma* giảm khi hệ vi sinh ổn định, đồng thời không ghi nhận tương tác giữa hai nhân tố. Nhiệt độ ổn định ở giai đoạn cuối phản ánh vật liệu đã hoai (Thiện, 2014). Kết quả cho thấy tỷ lệ 7:3 + *Trichoderma* cho hiệu quả tăng nhiệt tốt nhất ở giai đoạn đầu.

Khối lượng

Kết quả Bảng 5 cho thấy khối lượng giữa các tỷ lệ phối trộn khác biệt không ý nghĩa ở giai đoạn 5, 10, 20 và 25 NSKU, nhưng khác biệt ở 15, 30 và 35 NSKU (5%) và từ 40 - 60 NSKU (1%).

Bảng 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thải có bổ sung *Trichoderma* đến khối lượng (kg) của đồng ủ

Nhân tố	Mức độ	Ngày sau khi ủ (NSKU)									
		5	15	25	30	35	40	45	50	55	60
Tỷ lệ phối trộn (A)	7:3	4,6	3,9 ^b	3,1	2,5 ^a	2,1 ^a	1,9 ^a	1,6 ^a	1,3 ^a	1,1 ^a	1,1 ^a
	5:5	4,7	4,1 ^a	2,9	2,0 ^b	1,8 ^b	1,5 ^b	1,1 ^b	0,9 ^b	0,8 ^b	0,8 ^b
Số lần bổ sung <i>Trichoderma</i> (B)	0	4,7	4,0	3,2	2,3	2,0	1,7	1,4	1,1	0,9	0,9
	2	4,7	4,0	2,9	2,2	1,9	1,6	1,4	1,1	1,0	1,0
	4	4,5	3,9	3,0	2,3	2,0	1,7	1,3	1,1	1,0	0,9
Mức ý nghĩa	F _A	ns	*	ns	*	*	**	**	**	**	**
	F _B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	F _{A*B}	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	**	**
CV (%)		2,8	5,2	9,1	14,3	12,7	10,7	10,0	8,7	7,8	7,6

Ghi chú: trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi cùng một chữ cái khác biệt không có ý nghĩa thống kê. **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%, *: khác biệt mức ý nghĩa 5%, ns: khác biệt không có ý nghĩa.

Nhân tố bổ sung *Trichoderma* khác biệt không ý nghĩa đến khối lượng ở 5 - 60 NSKU. Ở giai đoạn đầu (5 - 10 NSKU), khối lượng giảm từ 4,7 xuống khoảng 4,1 kg. Tại 15 NSKU, tỷ lệ 5:5 cao hơn (4,1 kg) so với 7:3 (3,9 kg) nhưng giảm nhanh ở các giai đoạn sau. Từ 30 - 60 NSKU, tỷ lệ 5:5 giảm mạnh hơn (2,0 xuống 0,8

kg) so với 7:3 (2,5 xuống 1,1 kg). Việc bổ sung *Trichoderma* không ảnh hưởng đáng kể mức độ hao hụt khối lượng, dù có xu hướng giảm nhẹ tương đương so với không bổ sung. Giữa hai nhân tố có tương tác ở giai đoạn 45 - 60 NSKU, thể hiện ở Bảng 6.

Bảng 6. Sự tương tác của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thái có bổ sung *Trichoderma* đến khối lượng (kg) của đồng ủ

Tổ hợp nghiệm thức		Ngày sau khi ủ (NSKU)			
		45	50	55	60
Tỷ lệ phối trộn 7:3	không bổ sung <i>Trichoderma</i>	1,5 ^{ab}	1,1 ^{bc}	1,0 ^c	0,9 ^c
	2 lần <i>Trichoderma</i>	1,7 ^a	1,4 ^a	1,3 ^a	1,2 ^a
	4 lần <i>Trichoderma</i>	1,6 ^a	1,3 ^{ab}	1,1 ^b	1,1 ^b
Tỷ lệ phối trộn 5:5	không bổ sung <i>Trichoderma</i>	1,3 ^{bc}	1,0 ^c	0,9 ^{cd}	0,9 ^c
	2 lần <i>Trichoderma</i>	1,0 ^d	0,8 ^d	0,7 ^e	0,7 ^d
	4 lần <i>Trichoderma</i>	1,1 ^{cd}	0,9 ^d	0,8 ^{de}	0,8 ^{cd}
Mức ý nghĩa		**	**	**	**
CV (%)		10,0	8,7	7,8	7,6

(Ghi chú: trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi cùng một chữ cái khác biệt không có ý nghĩa thống kê. **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%.)

Kết quả Bảng 6 cho thấy sự tương tác giữa tỷ lệ phối trộn và số lần bổ sung *Trichoderma* có ý nghĩa thống kê ở giai đoạn 45 - 60 NSKU (1%). Nghiệm thức 7:3 kết hợp bổ sung *Trichoderma* 2 lần đạt khối lượng cao nhất (1,7 kg ở 45 NSKU) và còn 1,2 kg ở 60 NSKU. Ngược lại, tỷ lệ 5:5 với cùng mức bổ sung cho khối lượng thấp nhất (0,7 kg ở 60 NSKU). Hiệu quả xử lý phụ thuộc vào tỷ lệ phối trộn ban đầu, trong đó hàm lượng bã hèm bia cao giúp cân bằng phân hủy và ổn định vật chất, còn tỷ lệ rau thái lớn làm tăng hao hụt khối lượng.

Như vậy, nghiệm thức 7:3 + 2 lần bổ sung *Trichoderma* duy trì khối lượng thích hợp.

Bảng 7. Kết quả của tỷ lệ phối trộn bã hèm bia và rau thái có bổ sung *Trichoderma* đến độ ẩm (%) và tỷ lệ C/N thời điểm 60 ngày sau khi ủ

Nhân tố	Mức độ	Độ ẩm	Tỷ lệ C/N
Tỷ lệ phối trộn (A)	7:3	37,1 ^b	11,7
	5:5	42,8 ^a	13,4
Số lần bổ sung <i>Trichoderma</i> (B)	0	42,1 ^a	13,0
	2	38,2 ^b	11,5
	4	39,5 ^b	13,1

Độ ẩm và tỷ lệ C/N

Kết quả Bảng 7 cho thấy độ ẩm của tỷ lệ phối trộn và số lần bổ sung *Trichoderma* ở giai đoạn 60 NSKU, khác biệt có ý nghĩa qua phân tích thống kê với mức ý nghĩa 1%. Đối với tỷ lệ C/N cho thấy tỷ lệ phối trộn và số lần bổ sung *Trichoderma* ở giai đoạn 60 NSKU, khác biệt không có ý nghĩa qua phân tích thống kê.

Đối với tỷ lệ phối trộn ở giai đoạn 60 NSKU, tỷ lệ 5:5 có độ ẩm cao hơn (42,8%) so với 7:3 (37,1%), khác biệt có ý nghĩa thống kê.

Mức ý nghĩa	F _A	**	ns
	F _B	**	ns
	F _{A*B}	ns	ns
CV (%)		4,0	16,6

(Ghi chú: trong cùng một cột, các số trung bình theo sau bởi cùng một chữ cái khác biệt không có ý nghĩa thống kê. **: khác biệt ở mức ý nghĩa 1%, ns: khác biệt không có ý nghĩa.)

Đối với số lần bổ sung *Trichoderma*, độ ẩm ở 60 NSKU, nghiệm thức không bổ sung có độ ẩm cao nhất (42,1%), khác biệt có ý nghĩa so với bổ sung 2 và 4 lần (38,2% và 39,5%).

Qua Bảng 7 cho thấy tỷ lệ C/N của 2 nhân tố dao động từ 11,5 - 13,4, sau ủ 60 NSKU. Kết quả này cũng tương đồng với Konstanczak et al. (1999), khi cho rằng phân compost hoại mục thường có tỷ lệ C/N xấp xỉ 12. Sự phát triển của vi sinh vật trong quá trình ủ phân bị ảnh hưởng đặc biệt bởi tỷ lệ C/N, đóng vai trò quan trọng cho các nguồn carbon và nitơ cần thiết cho sự phát triển (Cerdea et al., 2018).

Khi bổ sung *Trichoderma* vào phân hữu cơ sẽ làm tăng tốc độ hoại mục của phân đồng thời mật số các nấm *Trichoderma* còn lại sau khi ủ giúp phòng trừ bệnh cho cây trồng (Viễn, 2011, trích dẫn bởi Châu, 2022).

Như vậy, tỷ lệ 7:3 + 2 lần bổ sung *Trichoderma* có độ ẩm và tỷ lệ C/N phù hợp cho quá trình ủ phân.

KẾT LUẬN

Tỷ lệ 7:3 đều duy trì pH, nhiệt độ và độ ẩm phù hợp; tỷ lệ 1:0 cho phân hủy mạnh và khối lượng cao; tỷ lệ 5:5 ổn định pH và độ ẩm, và các tỷ lệ phối trộn đạt C/N phù hợp góp phần thúc đẩy quá trình ủ phân diễn ra hiệu quả sau 60 ngày ủ.

Tỷ lệ 7:3 có bổ sung *Trichoderma* cho kết quả tối ưu khi duy trì pH ổn định, nhiệt độ cao ở giai đoạn đầu và khối lượng phân ủ tốt, đặc biệt ở 2 lần bổ sung *Trichoderma*. Tỷ lệ phối trộn và số lần bổ sung có độ ẩm thích hợp và đạt tỷ lệ C/N phù hợp sau 60 ngày ủ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Assandri, D., Pampuro, N., Zara, G., Cavallo, E., & Budroni, M. (2020). Suitability of composting process for the disposal and valorization of brewer's spent grain. *Agriculture*, 11(1), 2.

Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical

criteria for compost maturity assessment. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444–5453.

Blain Metting, F.J., (1995). Soil microbibal ecology. In *Composting as a Process Based on the Control of Ecological Selective Factors*, Frederick C. Miller, LaTrobe University, Bundoora, Victoria, Australia. Pages 515 - 537.

Bolt, G. H., & Bruggenwert, M. G. M. (1978). *Soil chemistry. A. Basic elements* (p. 281pp).

Châu, T. M. (2022). Nghiên cứu sử dụng chất thải hữu cơ từ khoa học môi trường và tài nguyên thiên nhiên - Trường Đại học Cần thơ để ủ phân compost. Trường Đại học Cần Thơ.

Getahun, T., Nigusie, A., Entele, T., Van Gerven, T., & Van der Bruggen, B. (2012). Effect of turning frequencies on composting biodegradable municipal solid waste quality. *Resources, Conservation and Recycling*, 65, 79-84.

He, J., Zhu, N., Xu, Y., Wang, L., Zheng, J., & Li, X. (2022). The microbial mechanisms of enhanced humification by inoculation with *Phanerochaete chrysosporium* and *Trichoderma longibrachiatum* during biogas residues composting. *Bioresource technology*, 351, 126973.

Hiền, N. T. (2003). *Phân hữu cơ, phân vi sinh và phân ủ*. Nhà xuất bản Nghệ An, Nghệ An.

Kiệt, N. T. (2012). Sản xuất phân hữu cơ - vi sinh từ chất thải ao nuôi cá thác lác ở tỉnh Hậu giang. Đề tài Khoa học và Công nghệ cấp trường. Trường Đại học Cần Thơ.

Konstanczak M (1999). Utiliation of organic waste in urban Center, Published by Bonn/Eschborn, Module 2,3.

Misra, R. V., Roy, R. N., & Hiraoka, H. (2003). *On-farm composting methods*. Rome, Italy: UN-FAO.

Nocente, F., Taddei, F., Galassi, E., & Gazza, L. (2019). Upcycling of brewers' spent grain by production of dry pasta with higher nutritional potential. *Lwt*, 114, 108421.

Phuong, N. L. (2011). Nghiên cứu sử dụng bùn thải ao nuôi cá tra để làm phân hữu cơ. Luận văn thạc sĩ Khoa học môi trường. Trường Đại học Cần Thơ.

Robert, R., V.D.K. Maarten, B. George, Willson, E. Mark, Singley, L. Tom, Richad, J. John, & Kolega

- (1992). On-Farm composting handbook, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension, Ithaca, NY 4853-5701.
- Singh, T. B., Ali, A., Prasad, M., Yadav, A., Shrivastav, P., Goyal, D., & Dantu, P. K. (2020). Role of organic fertilizers in improving soil fertility. In *Contaminants in agriculture: sources, impacts and management* (pp. 61-77). Cham: Springer International Publishing.
- Stentiford, E. I. (1996). Composting control: principles and practice. In *The science of composting* (pp. 49-59). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Thiện, T. C. (2014). Sử dụng nấm *Trichoderma* ủ bùn đáy ao nuôi tôm nước mặn thâm canh ở huyện Đầm Dơi tỉnh Cà mau. Luận văn tốt nghiệp cao học. Trường Đại học Cần Thơ.
- Tính, N. V. (2012). Nghiên cứu sản xuất phân hữu cơ vi sinh từ nguyên liệu bùn thải của nhà máy chế biến thủy sản vĩnh hoàn. Luận văn Thạc sĩ Quản lý môi trường. Trường Đại học Cần Thơ.
- Uyên, N. T. B. (2011). Khảo sát, đánh giá thành phần rắn và lỏng của các loại phân compost khác nhau. Luận văn Thạc sĩ khoa học môi trường. Trường Đại học Cần Thơ.
- Vallini, G., Gregorio, S. D., Pera, A., & Cunha Quada, A. C. (2002). Exploitation of composting management for either reclamation of organic wastes or solid-phase treatment of contaminated environmental matrices. *Environmental Reviews*, 10(4), 195-207.
- Viễn, D. V. (2007). Sử dụng bã mùn mía làm phân hữu cơ trong cải thiện một số tính chất hoá học đất phèn. Báo cáo nghiên cứu đề tài cấp Bộ. Đại học Cần Thơ.
- Việt, L. H. & Chiêm, N. H. (2013). *Giáo trình Quản lý và Xử lý Chất thải rắn*. Nhà xuất bản Đại Học Cần Thơ. 495 trang.
- Việt, L. H. (2004). *Giáo trình xử lý chất thải rắn*. Trường Đại học Cần Thơ.
- Việt, L. H. (2005). *Giáo trình xử lý chất thải rắn*. Khoa Môi trường và Quản lý tài nguyên thiên nhiên. Đại học Cần Thơ.