

EFFECTS OF INITIAL pH AND *Trichoderma* PROBIOTIC RATIO ON THE COMPOST PROCESS FROM ORANGE PEEL (*Citrus nobilis*)

La Thuy An, Pham Hong Huong, Luu Minh Chau, Le Quoc Viet,
 Nguyen Ngoc Thanh, Huynh Xuan Phong, Tran Thi Giang*

Institute of Food and Biotechnology - Can Tho University

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 25/6/2023	This study investigated organic composting using orange peel (<i>Citrus nobilis</i>) materials combining coco peat, rice husk ash, and supplementing with <i>Trichoderma</i> probiotics. Experiment with treatments that changed the initial pH from 6.0, 6.5, to 7.0; at the same time, the percentage of adding <i>Trichoderma</i> probiotics from 1%, 5%, and 10% were also evaluated. After 28 days, the temperature in the compost pile fluctuated between 28-31°C, pH ranged from 6.0-6.8, and humidity ranged from 28-36%. Compost products were tested for size and maturity and showed that the particle size reached >99% uniformity, and the compost maturity came to the Vietnamese standards (TCVN 7185:2002). From the experimental treatments, the results have selected the treatment with the initial pH of 6.5 and the <i>Trichoderma</i> probiotics ratio of 5% for the best composting effect in 28 days. The results guide using orange peels to produce organic fertilizers and reduce waste sources that pollute the environment.
Revised: 17/7/2023	
Published: 17/7/2023	
KEYWORDS	
<i>Citrus nobilis</i>	
Composting	
Orange peel	
Organic fertilizer	
<i>Trichoderma</i>	

ẢNH HƯỞNG CỦA pH BAN ĐẦU VÀ TỈ LỆ CHẾ PHẨM SINH HỌC *Trichoderma* LÊN QUÁ TRÌNH Ủ PHÂN HỮU CƠ TỪ PHỤ PHẨM VỎ CAM SÀNH (*Citrus nobilis*)

La Thúy An, Phạm Hồng Hương, Lưu Minh Châu, Lê Quốc Việt,
 Nguyễn Ngọc Thanh, Huỳnh Xuân Phong, Trần Thị Giang*

Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm - Trường Đại học Cần Thơ

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 25/6/2023	Nghiên cứu ủ phân hữu cơ (compost) với vật liệu chính là vỏ cam sành (<i>Citrus nobilis</i>) được kết hợp với mụn dừa, tro trấu và bổ sung chế phẩm sinh học <i>Trichoderma</i> . Thử nghiệm được thực hiện với các nghiệm thức thay đổi pH ban đầu là 6,0, 6,5, và 7,0, đồng thời cũng khảo sát các tỉ lệ bổ sung chế phẩm sinh học <i>Trichoderma</i> ở mức 1%, 5% và 10% vào khối ủ. Sau 28 ngày, nhiệt độ trong khối ủ thành phẩm dao động trong khoảng 28-31°C, pH dao động từ 6,0-6,8 và độ ẩm dao động từ 28-36%. Sản phẩm phân hữu cơ thành phẩm cũng được kiểm tra kích thước và độ chín (hoai) cho thấy kích thước hạt đạt mức độ đồng đều >99% và độ hoai mục khối ủ đạt qui định theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 7185:2002). Trong các nghiệm thức bố trí thí nghiệm, kết quả đã tuyển chọn được nghiệm thức ủ phân hữu cơ với pH ban đầu 6,5 và tỷ lệ chế phẩm sinh học <i>Trichoderma</i> 5% cho hiệu quả ủ phân tốt nhất trong 28 ngày. Kết quả nghiên cứu giúp định hướng tận dụng vỏ cam sành để sản xuất phân hữu cơ và giảm nguồn rác thải gây ô nhiễm môi trường.
Ngày hoàn thiện: 17/7/2023	
Ngày đăng: 17/7/2023	
TỪ KHÓA	
<i>Citrus nobilis</i>	
Phân hữu cơ	
<i>Trichoderma</i>	
Ủ phân hữu cơ	
Vỏ cam sành	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.8213>

* Corresponding author. Email: ttgiang@ctu.edu.vn

1. Giới thiệu

Với định hướng phát triển kinh tế nông nghiệp, tập trung cao phục vụ cho nhu cầu trong nước và xuất khẩu, tổng diện tích cây lâu năm ở nước ta tiếp tục tăng do quá trình chuyển đổi cơ cấu cây trồng. Năm 2021, tổng diện tích cây ăn quả cả nước đạt 1.171,5 nghìn ha, tăng chủ yếu ở nhóm cây có múi với sản lượng bưởi đạt 1.034,7 nghìn tấn, cam, quýt ước đạt 1.784,7 nghìn tấn [1]. Trong đó, cam sành (*Citrus nobilis*) là giống cây ăn quả thuộc chi *Citrus*, có phẩm chất trái thơm ngon, có nhiều chất dinh dưỡng, giá trị thương mại và giá trị kinh tế cao hơn một số loại cây trồng khác. Cam sành thường được ép lấy nước dùng trực tiếp hoặc được dùng để sản xuất nước giải khát quy mô công nghiệp. Bên cạnh việc mang lại giá trị kinh tế cao, cam sành cũng thải ra lượng rác thải nông nghiệp khá lớn. Vỏ cam sành sau khi ép là nguồn nguyên liệu giàu cellulose, vitamin và tinh dầu nhưng chưa được tận dụng triệt để do cellulose là loại polysaccharide cao phân tử rất bền vững [2]. Vỏ cam sành là một trong những rác thải khó xử lý do có sinh khối lớn, ẩm độ cao nên dễ gây ô nhiễm môi trường [3]. Tuy nhiên, trong vỏ cam sành có hầu hết các thành phần dinh dưỡng thiết yếu có tiềm năng lớn trong sử dụng sản xuất phân bón hữu cơ [4]-[6].

Hiện nay, có rất nhiều biện pháp xử lý chất thải hiệu quả và không gây ô nhiễm môi trường, có thể tái sử dụng các phụ phẩm nông nghiệp thành sản phẩm có giá trị kinh tế. Trong các biện pháp xử lý chất thải thì biện pháp phân hủy sinh học được ưu tiên hàng đầu. Sản xuất phân hữu cơ vừa xử lý triệt để vấn đề chất thải góp phần bảo vệ môi trường, vừa tạo được sản phẩm có giá trị [3], [7]. Ủ phân hữu cơ là quá trình các chất hữu cơ thông qua phân hủy sinh học tạo ra các hợp chất đơn giản, dễ hấp thu hơn có thể sử dụng như một nguồn dinh dưỡng hữu cơ cung cấp dinh dưỡng cho đất và cây trồng [8], [9]. Vì vậy, nghiên cứu này đã được thực hiện với mục đích tìm ra điều kiện thích hợp để tận dụng vỏ cam sành nhằm làm giảm tác hại đến môi trường cũng như giảm chi phí sản xuất cho người nông dân. Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp thêm lựa chọn cho vấn đề xử lý vỏ cam sành và định hướng áp dụng cho các nhà máy sản xuất phân hữu cơ ở Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Mẫu vỏ cam sành được thu gom từ các điểm bán nước ép cam trên địa bàn thành phố Cần Thơ. Sau khi thu gom về, các mẫu vỏ cam sành được xay nhỏ có kích thước khoảng 0,5-1,0 cm. Mụn dừa và tro trấu được ngâm qua nước (7-10 ngày) để loại bỏ tannin trong mụn dừa cũng như loại bỏ muối tro trong tro trấu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm ủ phân hữu cơ

Thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại theo 2 nhân tố các mức pH ban đầu là 6,0, 6,5, 7,0 và tỷ lệ chế phẩm sinh học (CPSH) *Trichoderma* là 1%, 5% và 10% với các nghiệm thức được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Ký hiệu bố trí nghiệm thức ủ phân compost

Ký hiệu nghiệm thức (NT)	pH ban đầu	Tỷ lệ CPSH (%)
NT 6-1	6,0	1
NT 6,5-1	6,5	1
NT 7-1	7,0	1
NT 6-5	6,0	5
NT 6,5-5	6,5	5
NT 7-5	7,0	5
NT 6-10	6,0	10
NT 6,5-10	6,5	10
NT 7-10	7,0	10

Khối ủ phân hữu cơ được phối trộn gồm vỏ cam sành, tro trấu và mụn dừa với tỉ lệ là 10:3:3. Tỉ lệ C:N ban đầu được điều chỉnh khoảng 30:1 bằng cách bổ sung urea, pH được điều chỉnh bằng cách bổ sung vôi và khối ủ được duy trì ẩm độ khoảng 50-60% trong thời gian ủ phân để vi sinh vật phát triển tốt.

Sau khi bố trí thí nghiệm, các chỉ tiêu pH, độ ẩm và nhiệt độ được thu nhận 3 ngày 1 lần. Sử dụng máy đo Takemura DM-15 và nhiệt kế để ghi nhận giá trị pH, độ ẩm và nhiệt độ tại khối ủ.

2.2.2. Xác định độ ẩm phân ủ phân hữu cơ thành phẩm

Mẫu phân hữu cơ thành phẩm sẽ tiến hành xác định ẩm độ trong phòng thí nghiệm. Cân mỗi nghiệm thức 5 g cho vào cốc sứ đã cân trước khối lượng, sấy mẫu từ 1-2 ngày đến khi khối lượng không đổi, ghi nhận kết quả. Độ ẩm của mẫu phân tích được tính theo công thức (1):

$$W = \frac{M_1 - M_2}{M} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó: M_1 : Khối lượng cốc sứ và mẫu trước khi sấy (g); M_2 : Khối lượng cốc sứ và mẫu sau khi sấy (g); M : Khối lượng mẫu đem sấy (g).

2.2.3. Xác định độ đồng đều và độ hoai của phân hữu cơ thành phẩm

Độ đồng đều của hạt phân hữu cơ được xác định theo TCVN 7185:2002. Cân 100 g phân ủ thành phẩm qua rây có đường kính lỗ rây 4 mm. Độ đồng đều của phân thành phẩm được xác định khi ít nhất 95% hạt phân hữu cơ lọt qua rây.

Độ hoai (chín) của phân ủ được xác định bằng phương pháp đo nhiệt độ của khối ủ phân hữu cơ theo TCVN 7185:2002. Sử dụng nhiệt kế có mức đo nhiệt độ từ 0°C đến 100°C. Sau 15 phút, đọc nhiệt độ lần thứ nhất. Theo dõi sự thay đổi nhiệt độ trong 3 ngày liên tiếp (vào cùng thời điểm 9 giờ đến 10 giờ), mỗi ngày đo 1 lần. Phân hữu cơ bảo đảm độ chín (hoai) khi nhiệt độ của khối ủ không thay đổi trong suốt 3 ngày theo dõi.

2.2.4. Xác định mật số vi sinh vật tổng số và nấm mốc phân giải cellulose

Mật số vi sinh vật tổng số và nấm mốc được thực hiện bằng phương pháp nhỏ giọt. Quá trình phân tích mẫu được bắt đầu bằng bước pha loãng theo dãy thập phân từ nồng độ 10^{-1} tới nồng độ 10^{-7} . Hút 10 μ L dung dịch mẫu ở các nồng độ pha loãng và nhỏ vào từng đĩa petri có chứa môi trường PCA (Plate Count agar) và môi trường CMC (Carboxymethylcellulose) để kiểm tra vi sinh vật tổng số và nấm mốc phân giải cellulose. Ủ ở 30°C trong vòng 1-3 ngày và ghi nhận số lượng khuẩn lạc.

Mật số vi sinh vật được tính theo công thức (2):

$$N = \frac{x}{d \cdot V} \text{ (CFU/g)} \quad (2)$$

Trong đó: N : Mật số vi sinh vật có trong 1 g đất (CFU/g); x : Số khuẩn lạc trung bình; d : Nồng độ pha loãng mẫu; V : thể tích nhỏ giọt (mL).

2.2.5. Xử lý số liệu

Số liệu thí nghiệm được tổng hợp và xử lý bằng phần mềm Excel 2010 (Microsoft Corporation, USA) và phân tích thống kê bằng chương trình Minitab 16 (Minitab Inc., USA).

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

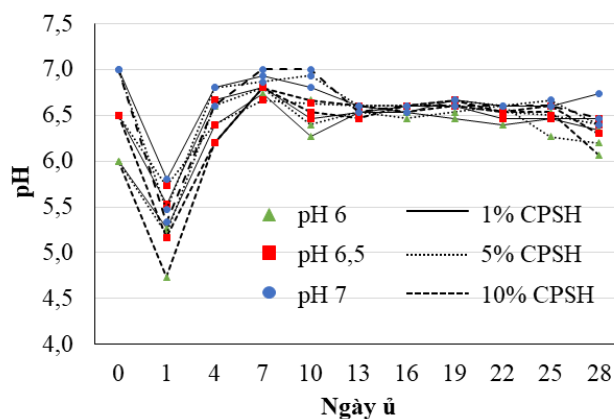
3.1. Ảnh hưởng của pH ban đầu và tỷ lệ CPSH lên giá trị pH

Diễn biến pH của các nghiệm thức được thể hiện trong Hình 1. Nhìn chung, chỉ sau 1 ngày ủ, pH của các nghiệm thức giảm rõ rệt xuống trong khoảng acid, sau đó tăng lên dần và duy trì ổn định mức trung tính từ 13 ngày ủ về sau. Kết quả này cho thấy xu hướng pH tương tự với nghiên cứu của Wang và cộng sự [10]. Một số nghiên cứu khác cũng báo cáo kết quả tương tự về việc ủ phân hữu cơ từ chất thải thực phẩm cho pH thấp trong một tuần hoặc hơn trong giai đoạn đầu do

sự hình thành các acid hữu cơ từ quá trình phân hủy chất thải hữu cơ của vi sinh vật [11]-[13]. Một lượng lớn acid hữu cơ được sinh ra trong giai đoạn ủ phân ban đầu làm giảm độ pH của chất nền ($\text{pH} < 5,0$), dẫn đến việc ức chế vi sinh vật hiếu khí và thúc đẩy quá trình lên men không mong muốn [14]. Tuy nhiên, độ pH sẽ không duy trì trong phạm vi này lâu do acid hữu cơ bị phân hủy, bay hơi và tạo ra NH_3 [7]. Do đó, sự gia tăng độ pH được quan sát thấy trong tất cả các nghiệm thức có thể được giải thích là sự phân hủy chất hữu cơ chứa nitơ dẫn đến sự tích tụ amoniac hòa tan trong phần nước để tạo thành kiềm NH_4^+ [15], [16].

Kết quả cho thấy pH theo xu hướng giảm nhanh, tăng dần và đi vào ổn định đến cuối của quá trình ủ phân hữu cơ [17]. pH của mô hình sau 28 ngày ủ dao động trong khoảng 6,0-6,8. Điều này chứng tỏ vi sinh vật, enzyme phân giải các hợp chất hữu cơ hiệu quả. Hầu hết nhóm vi khuẩn trong phân hữu cơ hoạt động tối ưu trong khoảng pH trung tính hoặc gần trung tính, trong khi nhóm nấm (nấm mốc, nấm men) lại thích điều kiện hơi acid. Do đó, phạm vi pH tối ưu thay đổi đáng kể trong quá trình ủ phân là 5,5-8,0 [7]; pH cao hoặc thấp hơn khoảng tối ưu sẽ ức chế hoạt động của vi sinh vật. pH cũng được xem là yếu tố chỉ thị cho chất lượng phân hữu cơ và là yếu tố xác định khả năng ứng dụng của phân hữu cơ [8].

Kết quả đánh giá ảnh hưởng của pH ban đầu lên giá trị pH cho thấy có sự thay đổi sau 28 ngày ủ, đặc biệt trong giai đoạn đầu tiên. Tại thời điểm 1 ngày ủ, giá trị pH giảm so với pH ban đầu, pH 6 giảm xuống thấp nhất tại NT 6-10 là 4,7, pH 6,5 giảm xuống thấp nhất tại NT 6,5-10 là 5,2, ở pH 7 giảm xuống thấp nhất tại NT 7-10 là 5,3 (Hình 1). Do vi sinh vật phân giải vô cam sành tạo acid và các hợp chất hữu cơ, vi sinh vật tiếp tục phân giải hợp chất hữu cơ tạo acid hữu cơ làm pH khối ủ giảm. Hình 1 cho thấy pH ban đầu càng thấp thì pH có xu hướng giảm xuống càng nhiều. Giá trị pH ban đầu thấp đã được chứng minh là ảnh hưởng tiêu cực đến quá trình ủ phân hữu cơ [18], [19]. Cao và cộng sự [18] đã chứng minh rằng độ pH ban đầu 5,0 đã làm chậm quá trình phân hủy từ 7 đến 10 ngày. Chính vì thế, các nghiệm thức trong nghiên cứu này đã được điều chỉnh pH ban đầu từ khoảng 4,0 của vỏ cam sành lên các mức pH ban đầu của các nghiệm thức từ 6,0 đến 7,0 và điều này đã cho thấy hiệu quả của việc điều chỉnh pH ban đầu.



Hình 1. Ảnh hưởng của pH ban đầu và tỷ lệ CPSH đến pH phân hữu cơ

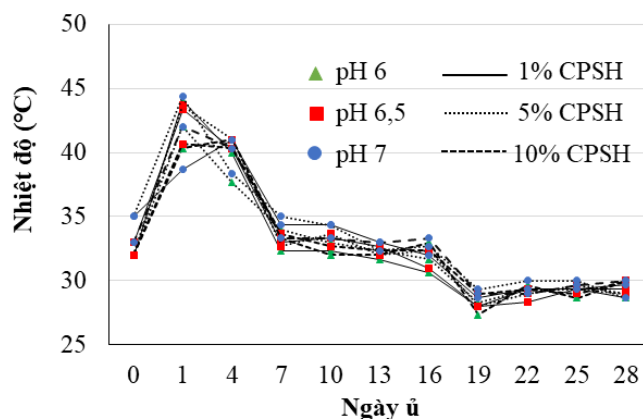
Sự thay đổi giá trị pH do ảnh hưởng của tỷ lệ CPSH tương tự với sự ảnh hưởng của pH ban đầu lên các nghiệm thức đồng ủ. Sau 1 ngày, ở cả 3 tỷ lệ CPSH 1%, 5% và 10% đều giảm xuống; thấp nhất tại pH 6, lần lượt NT 6-1, NT 6-5, NT 6-10 là 5,3; 5,2 và 4,7 (Hình 1). Tỷ lệ bổ sung CPSH càng nhiều thì hoạt động của vi sinh vật càng cao, sản sinh acid hữu cơ càng nhiều dẫn đến hiện tượng giảm pH xuống thấp, trong đó pH thấp nhất được ghi nhận ở các nghiệm thức bổ sung CPSH 10%. Sau đó, pH tăng dần và sau 13 ngày ủ, pH dần duy trì ở mức trung tính đến hết thời gian ủ, tại thời điểm này các vi sinh vật đạt trạng thái cân bằng nhất nên giá trị pH cũng đi vào giai đoạn ổn định. Kết thúc quá trình ủ, pH của các NT nằm trong khoảng 6,1-6,7, phù hợp với tiêu chuẩn chất lượng phân hữu cơ là từ 6,0-8,0.

3.2. Ảnh hưởng của pH ban đầu và tỷ lệ CPSH lên chỉ tiêu nhiệt độ

Sự thay đổi nhiệt độ của tất cả các nghiệm thức ủ phân hữu cơ được thể hiện trong Hình 2. Nhìn chung, nhiệt độ của tất cả các nghiệm thức tăng lên phạm vi ưa nhiệt ($>41^{\circ}\text{C}$) trong 4 ngày đầu tiên, sau đó giảm dần và ổn định đến nhiệt độ môi trường xung quanh. Xu hướng này phù hợp với cấu trúc nhiệt độ của quá trình ủ phân hữu cơ được mô tả trong hầu hết các nghiên cứu [20].

Sau 1 ngày ủ, nhiệt độ ở tất cả các nghiệm thức đều tăng so với ban đầu. Nhiệt độ tăng lên là do hoạt động mạnh mẽ của vi sinh vật chuyển hóa các hợp chất hữu cơ dễ phân hủy, dẫn đến hiện tượng giải phóng nhiệt sinh học, làm cho nhiệt độ khối ủ tăng lên chỉ sau vài giờ hoặc vài ngày [7], [21]. Tốc độ tăng ban đầu, nhiệt độ tối đa và khoảng thời gian của phạm vi ưa nhiệt là khác nhau giữa các vật liệu làm nguyên liệu ủ phân hữu cơ, hay điều kiện ủ khác nhau. Tốc độ tăng và đỉnh nhiệt độ tỷ lệ thuận với mức độ tiêu thụ của vi sinh vật đối với vật liệu hữu cơ có sẵn. Đỉnh nhiệt độ cao hơn cũng cho thấy hoạt động của vi sinh vật cao hơn [7], [22].

Sau đó, nhiệt độ giảm dần đến khoảng $28-31^{\circ}\text{C}$ từ ngày 19. Sự giảm nhiệt độ xuống nhiệt độ môi trường xung quanh là sự chuyển dịch quá trình phân hủy sang quá trình phân hủy chậm hơn do các thành phần hữu cơ dễ phân hủy trong chất nền giảm nhanh. Các vật liệu có thể có xu hướng trở nên ổn định (hoai) trong thời gian còn lại [15]. Tuy nhiên, thời gian hoai phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như loại giá thể, thành phần hữu cơ của giá thể, tỷ lệ C:N, kích thước giá thể, nhiệt độ trong quá trình ủ phân,...[9].



Hình 2. Ảnh hưởng của pH ban đầu và tỷ lệ CPSH đến nhiệt độ phân hữu cơ

Đánh giá sự thay đổi giá trị nhiệt độ do ảnh hưởng của tỷ lệ CPSH cho thấy, tại thời điểm 1 ngày ủ, nhiệt độ tăng so với ban đầu, ở tỷ lệ CPSH 1% và 5% đạt giá trị cao nhất ở NT 6-1 và NT 6,5-5, NT 7-5 là 44°C , nhiệt độ tại tỷ lệ CPSH 10% đạt cao nhất tại NT 7-10 là 42°C . Sau đó nhiệt độ giảm dần và các nghiệm thức duy trì ở mức ổn định khoảng $28-31^{\circ}\text{C}$ đến hết thời gian ủ (Hình 2). Trong 3 mức pH, nghiệm thức đạt giá trị nhiệt độ cao nhất là 44°C vào ngày 1 là các NT 6-1 ở pH 6, NT 6,5-5 ở pH 6,5 và NT 7-5 ở pH 7,0 (Hình 2). Nhìn chung, nhiệt độ khối ủ diễn ra theo quy luật tăng nhanh, giảm dần và đi vào ổn định. Sau 28 ngày ủ, nhiệt độ dao động từ $28-31^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ trong khối ủ là sản phẩm phụ của sự phân hủy các hợp chất hữu cơ bởi vi sinh vật. Nhiệt độ có vai trò quan trọng, giúp nhận biết sự hoạt động của vi sinh vật. Do hoạt động mạnh mẽ của các loại vi sinh vật hữu ích có trong chế phẩm vi sinh vật giúp cho nhiệt độ của đồng ủ gia tăng nhanh trong giai đoạn đầu [23]. Điều này cho thấy các mức pH ban đầu và tỷ lệ phối trộn CPSH đều thích hợp cho quá trình ủ phân hữu cơ từ phụ phẩm vỏ cam sành.

3.3. Mật số vi sinh vật trước và sau quá trình ủ phân hữu cơ

Kết quả Bảng 2 cho thấy, mật số vi sinh vật tăng đến ngày 14, sau đó giảm ở ngày 28. Sau 1 ngày ủ, mật số vi sinh vật ở mức 10^8 CFU/g, trong đó nghiệm thức đạt giá trị cao nhất là NT 6-10 ($9,02 \times 10^8$ CFU/g), tiếp theo NT 6,5-10 và NT 7-10 lần lượt là $8,96 \times 10^8$ CFU/g và $8,95 \times 10^8$

CFU/g, khác biệt không có ý nghĩa thống kê. Tại thời điểm 14 ngày ủ, mật số vi sinh vật tổng số tăng cao từ 10^8 CFU/g lên 10^9 CFU/g, trong đó có 4 nghiệm thức đạt giá trị cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại là NT 6,5-10, NT 6-10, NT 7-10 và NT 6,5-5 lần lượt đạt giá trị là $6,73 \times 10^9$ CFU/g, $6,66 \times 10^9$ CFU/g, $6,65 \times 10^9$ CFU/g và $6,64 \times 10^9$ CFU/g. Nguyên nhân mật số tăng cao trong thời điểm này là do các vi sinh vật bắt đầu thích nghi với môi trường trong đồng ủ và phát triển mạnh mẽ về số lượng. Tại thời điểm 28 ngày ủ, mật số vi sinh vật giảm xuống nhưng vẫn nằm trong mức 10^9 CFU/g. Có 4 nghiệm thức đạt giá trị cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại là NT 6,5-10, NT 6-10, NT 7-10 và NT 6,5-5, lần lượt đạt giá trị là $4,27 \times 10^9$ CFU/g, $4,22 \times 10^9$ CFU/g, $4,21 \times 10^9$ CFU/g và $4,20 \times 10^9$ CFU/g. Nguyên nhân giảm sau 28 ngày có thể là do môi trường đồng ủ cạn kiệt chất dinh dưỡng, một số tế bào vi sinh vật bị phân hủy dẫn đến mật số giảm. Các vi sinh vật làm phân trộn bị ảnh hưởng rõ rệt bởi sự dao động nhiệt độ, các thành phần hóa lý của chất nền làm phân trộn, carbon hữu cơ hòa tan và nitơ [24], [25].

Mật số nấm mốc cho thấy có sự thay đổi mật số trước và sau ủ, gia tăng từ ngày 1 đến ngày 14, sau đó giảm tới ngày 28. Sau 1 ngày ủ, mật số vi sinh vật ở mức 10^8 CFU/g, trong đó NT 6,5-5 ($3,16 \times 10^8$ CFU/g) khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với hai nghiệm thức đạt giá trị cao hơn là NT 6,5-10 ($3,21 \times 10^8$ CFU/g) và NT 6-10 ($3,18 \times 10^8$ CFU/g). Tại thời điểm 14 ngày ủ, mật số nấm mốc tăng cao từ 10^8 CFU/g lên 10^9 CFU/g, trong đó NT 6-10 ($5,27 \times 10^9$ CFU/g) khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đạt giá trị cao nhất là NT 6,5-10 ($5,36 \times 10^9$ CFU/g). Nguyên nhân mật số tăng cao trong khoảng thời gian 14 ngày ủ là do nấm mốc bắt đầu thích nghi với môi trường trong đồng ủ, sử dụng chất dinh dưỡng để phát triển và tăng nhanh về số lượng. Tại thời điểm 28 ngày ủ, mật số nấm mốc vẫn nằm trong mức 10^9 CFU/g, có 3 nghiệm thức đạt giá trị cao là NT 7-10 ($3,84 \times 10^9$ CFU/g) và NT 6-10 ($3,18 \times 10^9$ CFU/g), khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đạt giá trị cao nhất là NT 6,5-10 ($3,89 \times 10^9$ CFU/g). Mật số nấm mốc vẫn duy trì ở mức cao do phần lớn sự chuyển biến từ tế bào sinh dưỡng sang dạng bào tử. Kết quả này cho thấy thành phẩm phân hữu cơ có tiềm năng trở thành nguồn chất mang cho việc tồn trữ vi sinh nấm mốc, trong đó có *Trichoderma* [26].

Bảng 2. Mật số vi sinh vật tổng số và mật số nấm mốc theo thời gian ủ phân hữu cơ

Nghiệm thức	Mật số vi sinh vật (CFU/g)			Mật số nấm mốc (CFU/g)		
	Ngày 1	Ngày 14	Ngày 28	Ngày 1	Ngày 14	Ngày 28
NT 6-1	$6,61 \times 10^8$ d	$6,16 \times 10^9$ c	$4,03 \times 10^9$ bc	$2,98 \times 10^8$ cd	$4,14 \times 10^9$ fg	$3,49 \times 10^9$ e
NT 6,5-1	$6,65 \times 10^8$ d	$6,32 \times 10^9$ b	$3,80 \times 10^9$ d	$2,86 \times 10^8$ d	$4,31 \times 10^9$ f	$3,54 \times 10^9$ de
NT 7-1	$6,52 \times 10^8$ d	$6,11 \times 10^9$ c	$3,95 \times 10^9$ c	$2,91 \times 10^8$ d	$4,05 \times 10^9$ g	$3,49 \times 10^9$ e
NT 6-5	$7,05 \times 10^8$ c	$6,37 \times 10^9$ b	$4,08 \times 10^9$ b	$2,98 \times 10^8$ cd	$4,73 \times 10^9$ de	$3,61 \times 10^9$ cd
NT 6,5-5	$8,08 \times 10^8$ b	$6,64 \times 10^9$ a	$4,20 \times 10^9$ a	$3,16 \times 10^8$ ab	$4,93 \times 10^9$ cd	$3,77 \times 10^9$ b
NT 7-5	$6,97 \times 10^8$ c	$6,34 \times 10^9$ b	$3,96 \times 10^9$ c	$2,98 \times 10^8$ cd	$4,61 \times 10^9$ e	$3,66 \times 10^9$ c
NT 6-10	$9,02 \times 10^8$ a	$6,66 \times 10^9$ a	$4,21 \times 10^9$ a	$3,18 \times 10^8$ a	$5,27 \times 10^9$ ab	$3,84 \times 10^9$ ab
NT 6,5-10	$8,96 \times 10^8$ a	$6,73 \times 10^9$ a	$4,27 \times 10^9$ a	$3,21 \times 10^8$ a	$5,36 \times 10^9$ a	$3,89 \times 10^9$ a
NT 7-10	$8,95 \times 10^8$ a	$6,65 \times 10^9$ a	$4,22 \times 10^9$ a	$3,05 \times 10^8$ bc	$5,06 \times 10^9$ bc	$3,84 \times 10^9$ ab

Ghi chú: Giá trị trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại, các ký tự theo sau các giá trị trong cùng một cột khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ở mức 5% ($P < 0,05$).

Sự thay đổi mật số của vi sinh vật trên các môi trường bị ảnh hưởng bởi chất dinh dưỡng, thành phần có trong đồng ủ và thời gian suốt quá trình ủ. Ngoài ra, chúng cũng bị ảnh hưởng bởi các mức pH và tỷ lệ CPSH khác nhau bổ sung vào đồng ủ. Nhìn chung, đối với mức pH, mật số vi sinh vật đạt giá trị cao nhất ở pH 6,5 đến pH 6, cuối cùng pH 7 và ba mức pH đều khác biệt có ý nghĩa thống kê. Tương tự, tỷ lệ CPSH đạt mật số cao nhất ở 10% đến 5% và cuối cùng là 1%.

3.4. Độ ẩm, độ đồng đều và độ hoai phân ủ thành phẩm

Kết quả tại Bảng 3 cho thấy, độ ẩm của các khối ủ thành phẩm dao động từ 27,63-36,54%. Ba nghiệm thức NT 6-1 (36,16%), NT 6-5 (36,09%) và NT 6,5-1 (36,16%) đạt giá trị cao hơn so với

qui định TCVN 7185:2002, các nghiệm thức còn lại có độ ẩm đều đạt chỉ tiêu qui định không lớn hơn 35%. Tất cả các nghiệm thức đều có tỷ lệ hạt phân bón đạt qua rây lớn hơn 99%, trong đó NT 6,5-10 đạt giá trị cao nhất là 99,82%. Điều đó chứng tỏ các phân bón có bổ sung mức pH và vi sinh vật khác nhau đều cho kết quả phù hợp với TCVN 7185:2002 (lớn hơn 95%). Vì vậy, kích thước hạt phân sau 28 ngày ủ đạt mức đồng đều.

Sau 3 ngày theo dõi nhiệt độ phân hữu cơ thành phẩm, kết quả cho thấy có 4 nghiệm thức không thay đổi giá trị trong 3 ngày (độ chênh lệch bằng 0) là NT 6,5-1, NT 6-5, NT 6,5-5 và NT 6,5-10. Cho nên phân hữu cơ thành phẩm ở các nghiệm thức này bảo đảm độ chín (hoai) ở mức tốt vì nhiệt độ của nghiệm thức này không thay đổi trong suốt thời gian theo dõi (TCVN 7185:2022).

So sánh với một số tiêu chí trong TCVN 7185:2002 về phân hữu cơ vi sinh vật, trong 9 nghiệm thức bố trí, có hai nghiệm thức NT 6,5-5 và NT 6,5-10 đạt kết quả tốt nhất trong tất cả các chỉ tiêu đánh giá. Do đó, để định hướng ứng dụng kết quả thí nghiệm thì NT 6,5-5 sẽ được lựa chọn để tiết kiệm chi phí cho hoạt động ủ phân hữu cơ từ vỏ cam sành.

Bảng 3. Độ ẩm, độ đồng đều và độ hoai các nghiệm thức

Nghiem thức	Độ ẩm khô kiệt (%)	Hạt phân bón lọt qua rây (%)	Chênh lệch nhiệt độ (°C)
NT 6-1	36,16 ± 2,57	99,34 ± 0,24	0,58
NT 6,5-1	36,54 ± 3,74	99,68 ± 0,12	0,00
NT 7-1	27,63 ± 3,44	99,79 ± 0,04	1,00
NT 6-5	36,09 ± 8,46	99,41 ± 0,11	0,00
NT 6,5-5	29,89 ± 1,98	99,74 ± 0,08	0,00
NT 7-5	29,81 ± 2,26	99,82 ± 0,09	0,58
NT 6-10	32,57 ± 2,41	99,13 ± 0,08	0,58
NT 6,5-10	34,55 ± 0,85	99,65 ± 0,05	0,00
NT 7-10	28,19 ± 2,83	99,73 ± 0,26	0,58

4. Kết luận

Từ nguồn phụ phẩm chính là vỏ cam sành được phối trộn với mụn dừa và tro trấu, sau 28 ngày ủ phân hữu cơ, nhiệt độ trong khối ủ đạt trong khoảng 28-31°C, pH từ 6-6,8 và độ ẩm từ 28-36%. Độ đồng đều lớn hơn 99% và độ hoai mục đạt chỉ tiêu theo qui định TCVN 7185:2002. Mật số vi sinh vật tổng số lớn hơn 10^9 CFU/g. Nghiệm thức tốt nhất là NT 6,5-5 và NT 6,5-10 (tại pH 6,5, tỷ lệ CPSH 5% và 10%) đạt 5/5 chỉ tiêu đánh giá và phù hợp với TCVN 7185:2002 về phân hữu cơ vi sinh vật. Điều này cho thấy tiềm năng sử dụng vỏ cam sành trong việc sản xuất phân hữu cơ cũng như giảm ô nhiễm rác thải từ vỏ cam sành.

Lời cảm ơn

Kính phí thực hiện thông qua đề tài nghiên cứu khoa học theo hợp đồng thực hiện nhiệm vụ Khoa học và Công nghệ số 10/HĐ-SKHCN ngày 18/10/2021 giữa Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Cần Thơ và Trường Đại học Cần Thơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] General Statistics Office (GSO), *Statistical Yearbook of Viet Nam 2021*. Statistical Publishing House, Hanoi, Vietnam, 2022.
- [2] T. H. Dung, H. V. Hieu, T. D. Duong, and N. T. Cong, "Isolation of cellulose-degrading microbes for rice straw decomposition," *Vietnam Journal of Science and Technology*, vol. 60, no. 6, pp. 32-36, 2018.
- [3] T. de J. Debernardi-Vázquez, N. Aguilar-Rivera, and R. Núñez-Pastrana, "Composting of byproducts from the orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) and sugarcane (*Saccharum* spp. hybrids) agroindustries," *Ingenieria Investigacion*, vol. 40, no. 3, pp. 81-88, 2020.
- [4] V. Negro, B. Ruggeri, D. Fino, and D. Tonini, "Life cycle assessment of orange peel waste management," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 127, pp. 148-158, 2017.
- [5] K. Rezzadori, S. Benedetti, and E. Amante, "Proposals for the residues recovery: Orange waste as raw material for new products," *Food and Bioproducts Processing*, vol. 90, no. 4, pp. 606-614, 2012.

- [6] O. Mariana, C. Alzate, and C. Ariel, "Comparative environmental life cycle assessment of orange peel waste in present productive chains," *Journal of Cleaner Production*, vol. 322, 2021, Art. no. 128814.
- [7] C. Lin, N. K. Cheruiyot, X. T. Bui, and H. H. Ngo, "Composting and its application in bioremediation of organic contaminants," *Bioengineered*, vol. 13, no. 1, pp. 1073-1089, 2022.
- [8] M. S. Ayilara, O. S. Olanrewaju, O. O. Babalola, and O. Odeyemi, "Waste Management through Composting: Challenges and Potentials," *Sustainability*, vol. 12, 2020, Art. no. 4456.
- [9] J. A. Adediran, L. B. Taiwo, and R. A. Sobulo, "Effect of organic wastes and method of composting on compost maturity, nutrient composition of compost and yields of two vegetable crops," *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 22, no. 4, pp. 95-109, 2003.
- [10] J. Wang, Z. Liu, J. Xia, and Y. Chen, "Effect of microbial inoculation on physicochemical properties and bacterial community structure of citrus peel composting," *Bioresource Technology*, vol. 291, 2019, Art. no. 121843.
- [11] S. Li, G. H. Huang, C. J. An, and H. Yu, "Effect of different buffer agents on in-vessel composting of food waste: performance analysis and comparative study," *Journal of Environmental Science and Health*, vol. 48, no. 7, pp. 772-780, 2013.
- [12] Y. Zhou, A. Selvam, and J. W. C. Wong, "Evaluation of humic substances during co-composting of food waste, sawdust and Chinese medicinal herbal residues," *Bioresource Technology*, vol. 168, pp. 229-234, 2014.
- [13] X. Wang, A. Selvam, M. Chan, and J. W. C. Wong, "Nitrogen conservation and acidity control during food wastes composting through struvite formation," *Bioresource Technology*, vol. 147, pp. 17-22, 2013.
- [14] B. Ruiz and X. Flotats, "Citrus essential oils and their influence on the anaerobic digestion process: An overview," *Waste Management*, vol. 34, no. 11, pp. 2063-2079, 2014.
- [15] S. Y. Choy, K. Wang, W. Qi, B. Wang, C. L. Chen, and J. Y. Wang, "Cocomposting of horticultural waste with fruit peels, food waste, and soybean residues," *Environmental Technology*, vol. 36, no. 11, pp. 1448-1456, 2015.
- [16] J. B. Tumuhairwe, J. S. Tenywa, E. Otabbong, and S. Ledin, "Comparison of four low-technology composting methods for market crop wastes," *Waste Management*, vol. 29, no. 8, pp. 2274-2281, 2009.
- [17] T. T. T. Hien, P. T. N. Han, N. T. N. Huyen, B. T. Tham, V. T. Lieu, and N. T. Han, "Investigating on composting process from sludge of Ha Thanh supply water treatment plant," *Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry*, vol. 56, no. 4, pp. 111-115, 2020.
- [18] Y. Cao, X. Wang, L. Liu, G. L. Velthof, T. Misselbrook, Z. Bai, and L. Ma, "Acidification of manure reduces gaseous emissions and nutrient losses from subsequent composting process," *Journal of Environmental Management*, vol. 264, 2020, Art. no. 110454.
- [19] S. P. Wang, X. Z. Zhong, T. T. Wang, Z. Y. Sun, Y. Q. Tang, and K. Kida, "Aerobic composting of distilled grain waste eluted from a Chinese spirit-making process: the effects of initial pH adjustment," *Bioresource Technology*, vol. 245, pp. 778-785, 2017.
- [20] F. Kalemelawa, E. Nishihara, T. Endo, Z. Ahmad, R. Yeasmin, M. M. Tenywa, and S. Yamamoto, "An evaluation of aerobic and anaerobic composting of banana peels treated with different inoculums for soil nutrient replenishment," *Bioresource Technology*, vol. 126, pp. 375-382, 2012.
- [21] V. D. N. Khoi and T. V. Quang, "Study on treatment of biodegradable organic wastes from market by aerobic composting process," *Journal of Science and Technology, The University of Danang*, vol. 17, no. 5, pp. 15-19, 2019.
- [22] B. K. Adhikari, S. Barrington, J. Martinez, and S. King, "Effectiveness of three bulking agents for food waste composting," *Waste Management*, vol. 29, no. 1, pp. 197-203, 2009.
- [23] R. Chang, Y. Li, N. Li, X. Wu, and Q. Chen, "Effect of microbial transformation induced by metallic compound additives and temperature variations during composting on suppression of soil-borne pathogens," *Journal of Environmental Management*, vol. 279, 2021, Art. no. 111816.
- [24] J. A. López-González, F. Suárez-Estrella, M. C. Vargas-García, M. J. López, M. M. Jurado, and J. Moreno, "Dynamics of bacterial microbiota during lignocellulosic waste composting: Studies upon its structure, functionality and biodiversity," *Bioresource Technology*, vol. 175, pp. 406-416, 2015.
- [25] B. Xi, X. Zhao, X. He, C. Huang, W. Tan, R. Gao, H. Zhang, and D. Li, "Successions and diversity of humic-reducing microorganisms and their association with physical-chemical parameters during composting," *Bioresource Technology*, vol. 219, pp. 204-211, 2016.
- [26] L. Joos, G. L. Herren, M. Couvreur, I. Binnemans, F. E. Oni, M. Höfte, J. Debode, W. Bert, and H. Steel, "Compost is a carrier medium for *Trichoderma harzianum*," *BioControl*, vol. 65, no. 6, pp. 737-749, 2020.