



DOI:10.22144/ctu.jvn.2022.249

ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG CỦA HAI DẠNG PHÂN BÓN HỮU CƠ LỎNG VÀ RẮN ĐƯỢC TẠO RA TỪ NƯỚC THẢI HẦM Ủ BIOGAS

Châu Thị Anh Thy¹, Đỗ Thành Luân¹, Lê Thị Xà², Nguyễn Phương Thảo³ và Nguyễn Khởi Nghĩa^{1*}

¹Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

²Khoa Sư phạm, Trường Cao đẳng Cộng đồng Sóc Trăng

³Phòng Quản lý Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Khởi Nghĩa (email: nknghia@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 13/06/2022

Ngày nhận bài sửa: 03/07/2022

Ngày duyệt đăng: 20/07/2022

Title:

Assessment of the quality of two forms of liquid and solid organic fertilizers generated from biogas effluents

Từ khóa:

Bã bùn mía, nước thải hầm ủ biogas, phân hữu cơ lỏng, phân hữu cơ rắn, xỉ than

Keywords:

Bio-digester wastewater, liquid organic fertilizer, solid organic fertilizer, sugarcane bagasse, coal slag

ABSTRACT

This study aimed to reuse the nutrients of biogas effluents to create liquid and solid organic fertilizers, contributing to reducing biogas effluents directly discharged into environments and supplementing nutrients for crops. Biogas effluent's physico-chemical compositions were evaluated for quality. Fish emulsion and beneficial bacteria were added to the effluent to produce liquid organic fertilizer. For the solid fertilizer, liquid biogas effluents were absorbed into coal slag and then mixed with a sugarcane filter. The results showed that the best mixing ratio between biogas effluents and fish emulsion to create the standards of liquid organic fertilizers was 60:40 (v/v). For the solid form, a ratio of 30:70 (w/w) between sugarcane filter and coal slag in a combination with the addition of 16.7% fish meal and beneficial bacteria was the best formula. The storage temperature to ensure the composition and quality of these two types of organic fertilizers is 30°C.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm tận dụng dinh dưỡng của nước thải biogas để tạo phân hữu cơ dạng lỏng và rắn bổ sung dinh dưỡng cho cây trồng. Thành phần của nước thải biogas sau khi thu được đánh giá về chất lượng. Dịch cá và vi khuẩn có ích được bổ sung vào trong nước thải để tạo phân hữu cơ dạng lỏng. Đối với phân hữu cơ rắn, nước thải biogas được hấp thụ vào xỉ than trước khi phối trộn với bã bùn mía. Kết quả nghiên cứu cho thấy tỉ lệ phối trộn 60:40 (v/v) giữa nước thải hầm ủ biogas và dịch cá là tốt nhất. Đối với phân hữu cơ rắn, tỉ lệ phối trộn 70% bã bùn mía và 30% xỉ than đã hấp thụ nước thải biogas, kết hợp bổ sung thêm 16,7% bột cá là công thức tốt nhất. Nhiệt độ bảo quản đảm bảo thành phần và chất lượng của 2 loại phân hữu cơ này là 30°C.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, việc xây dựng hầm ủ biogas trong chăn nuôi ở quy mô nông hộ để xử lý nước thải, phân và mùi hôi trong chăn nuôi đồng thời tạo ra khí

đốt sinh học phục vụ nhu cầu sinh hoạt nông hộ đã và đang rất phổ biến ở nước ta. Phương pháp này cũng giúp giảm thiểu tác động của chất thải trong chăn nuôi đến môi trường sống xung quanh. Mặc dù việc xây dựng hầm ủ biogas có ưu điểm là cung cấp

khí sinh học cho hộ gia đình để hạn chế chi tiêu cho mua nhiên liệu đốt, nhưng việc xả thải nước thải hầm ủ biogas trực tiếp ra môi trường xung quanh dẫn đến ô nhiễm nguồn nước mặt do nước thải từ hầm ủ biogas chứa hàm lượng COD, BOD, đạm, lân và vi sinh vật khá cao (Nga và ctv., 2013). Vì vậy, thay vì xả thải ra ngoài môi trường, chúng ta hoàn toàn có thể tận dụng nguồn nước thải biogas này để làm phân bón cung cấp cho đất và cây trồng trong canh tác nông nghiệp (Surong & Dũng, 1997; Vinh, 2010; Nga và ctv., 2015; Nữ và ctv., 2015).

Trong nước thải biogas chứa đựng nhiều yếu tố dinh dưỡng đa lượng cho cây trồng như N và P với giá trị $P-PO_4^{3-}$ dao động từ 37,2 – 51,1 mg/L, $N-NO_3^-$ là 0,30 – 1,14 mg/L và $N-NH_4^+$ 105,6 – 217,9 mg/L và đồng thời không có kim loại nặng (Nga và ctv., 2014). Trước đó, nghiên cứu ứng dụng của Vinh (2010) đã sử dụng nước thải biogas để tưới cho cây cải xanh và rau xà lách. Gần đây là các nghiên cứu ứng dụng trên cây ớt (Nữ và ctv., 2015), và cây hoa vạn thọ (Nga và ctv., 2015) đã được thực hiện và cho hiệu quả tốt lên sinh trưởng và làm tăng năng suất cây trồng. Trên thế giới, nguồn nước thải biogas đã được nghiên cứu và ứng dụng làm gia tăng năng suất cây linh lăng (Koszel & Lorencowicz, 2015) và gia tăng năng suất các cây các cây trồng khác và vật liệu rắn trong nước thải hầm ủ còn có chức năng như là chất mang để chủng nấm đối kháng bệnh cây trồng *Trichoderma harzianum* vào trong đất rất hiệu quả (Pertiwini et al., 2016). Như vậy, nước thải biogas có thể được sử dụng như phân bón cho cây trồng thay thế một phần phân hóa học.

Mặc dù tiềm năng tận dụng nguồn nước thải hầm ủ biogas để sản xuất phân bón hữu cơ thương mại là rất cao, nhưng vấn đề này vẫn chưa thu hút được sự quan tâm của các nhà khoa học và nông dân ở Việt Nam, đặc biệt là khu vực Đồng bằng sông Cửu Long. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục tiêu đánh giá chất lượng của hai loại phân hữu cơ lỏng và rắn từ nước thải hầm ủ biogas và một số vật liệu khác với mong muốn góp phần làm giảm ô nhiễm môi trường và phục vụ cho sản xuất nông nghiệp bền vững ở Đồng bằng sông Cửu Long.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu nghiên cứu

2.1.1. Nước thải biogas

Nước thải hầm ủ biogas sử dụng trong thí nghiệm được thu thập ở tỉnh Sóc Trăng và thành phố Cần Thơ ở các hộ nông dân nuôi heo có quy mô từ 50 con trở lên. Nước thải hầm ủ biogas sau khi thu thập được tiến hành phân tích các đặc tính lý, hóa và

sinh học làm cơ sở xây dựng quy trình sản xuất phân hữu cơ dạng lỏng và rắn sau đó.

2.1.2. Dịch cá

Dịch cá là nguyên liệu phối trộn tạo phân hữu cơ dạng lỏng (PHCL) có thành phần dinh dưỡng gồm protein thô $\geq 32,0\%$, mỡ thô $\leq 10,0\%$, ẩm độ $\leq 55,0\%$ của công ty hóa chất Trần Tiến.

2.1.3. Bã bùn mía

Bã bùn mía được dùng làm nguyên liệu phối trộn tạo phân hữu cơ dạng rắn (PHCR) là cặn bã sau khi lắng lọc nước mía ở các nhà máy đường đây là hỗn hợp những tạp chất như bùn đất, bã mía nhỏ, bụi,... bã bùn mía đã qua ủ hoai có màu xám đến đen.

2.1.4. Xi than

Xi than tổ ong sử dụng để hấp thụ dinh dưỡng trong nước thải hầm ủ biogas trong thí nghiệm là sản phẩm sau khi đốt than tổ ong dùng trong đun nấu ở hộ gia đình và các cửa hàng bán thức ăn ở khu vực thành phố Cần Thơ được thu gom và xử lý thành nguyên liệu phối trộn.

2.1.5. Bột cá

Bột cá sử dụng trong thí nghiệm để bổ sung hàm lượng dinh dưỡng cho PHCR được chế biến từ cá tươi hoặc phụ phẩm từ cá bởi công ty sản xuất bột cá biển Phi Quân. Các chỉ tiêu cơ bản của bột cá là protein thô $\geq 60\%$, chất béo 8% và độ ẩm 10%.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Khảo sát đặc tính lý, hóa và sinh học mẫu nước thải biogas thu thập

Xác định mật số vi khuẩn *E. coli*, Coliform và Salmonella

Mẫu nước thải hầm ủ biogas được xác định mật số các vi sinh vật gây bệnh như *E. coli*, Coliform và Salmonella bằng phương pháp Most Probable Number (MPN) (TCVN 6187-2:1996) và phương pháp đếm mật số khuẩn lạc trên môi trường Salmonella Shigella agar (ss agar) của Taylor and Harriss (1965).

Xác định thành phần lý hóa trong nước thải hầm ủ biogas

Dựa vào kết quả mục 2.2.1 tiến hành chọn một mẫu nước thải biogas có hàm lượng vi khuẩn *E. coli*, Coliform, Salmonella dưới ngưỡng quy định để phân tích các thành phần lý hóa như: chất rắn lơ lửng (SS), pH, carbon, BOD, COD, đạm tổng số (N_{ts}), NH_4^+ , NO_3^- , lân tổng số (P_{ts}), lân hữu dụng (P_{hd}), kali tổng số (K_{ts}), kali hữu dụng (K_{hd}), nguyên tố vi lượng: Mg, Ca, Fe, Zn, Cu; kim loại nặng: Chì (Pb),

cadimi (Cd) và vi khuẩn hiếu khí,... để xác định chất lượng nước thải đồng thời cũng làm cơ sở xây dựng quy trình sản xuất phân hữu cơ. Các phương pháp phân tích cho các chỉ tiêu này được thực hiện theo QCVN 62-MT:2016/BTNMT.

2.2.2. *Phối trộn các vật liệu tạo PHCL từ nước thải biogas*

Xác định tỷ lệ phối trộn tạo PHCL

Nguyên liệu để phối trộn PHCL được chọn là nước thải biogas, dịch cá và các dòng vi khuẩn cố định đạm, hòa tan lân, tổng hợp IAA và hòa tan silic lần lượt là các dòng vi khuẩn *Bacillus* sp., *Burkholderia* sp., *Olivibacter jilunii* sp., *Paenibacillus* sp..

Dịch cá được phối trộn với nước thải hầm ủ biogas theo các tỷ lệ được trình bày trong Bảng 1, sau đó phân tích thành phần dinh dưỡng để tuyển chọn lại các tỷ lệ pha trộn có thành phần dinh dưỡng đảm bảo tiêu chuẩn chất lượng phân hữu cơ theo Nghị định 84/2019/NĐ-CP. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 5 nghiệm thức và 3 lần lặp lại. Các chỉ tiêu phân tích bao gồm pH, chất hữu cơ (CHC), đạm tổng số (N_{ts}), đạm hữu hiệu (N_{hh}), lân tổng số (P_{ts}), lân hữu hiệu (P_{hh}), kali tổng số (K_{ts}) và kali hữu hiệu (K_{hh}).

Bảng 1. Tỷ lệ phối trộn tạo PHCL

Nghiệm thức	Tỷ lệ nước thải biogas:dịch cá
NT1	50:50
NT2	60:40
NT3	70:30
NT4	80:20
NT5	90:10

Đánh giá thành phần PHCL thành phẩm

Sau khi lựa chọn được tỷ lệ phối trộn tốt nhất, PHCL được chủng bổ sung các vi khuẩn có lợi bao gồm vi khuẩn cố định đạm, hòa tan lân, tổng hợp IAA và hòa tan silic (*Bacillus* sp., *Burkholderia* sp., *Olivibacter jilunii* sp., *Paenibacillus* sp.) với mật số cuối đạt 10^7 cfu/mL. Sau đó tiếp tục tiến hành phân tích các chỉ tiêu lý hóa sinh của dung dịch thành phẩm như: tỷ trọng, pH, CHC, N_{ts} , N_{hh} , P_{ts} , P_{hh} , K_{ts} và K_{hh} , Magie (Mg), Canxi (Ca), Sắt (Fe), Đồng (Cu), Kẽm (Zn), mật số vi khuẩn hiếu khí, mật số vi khuẩn cố định đạm, hòa tan lân và hòa tan silic. Ngoài ra, mật số vi khuẩn gây bệnh đường ruột ở người như *Coliform*, *E. coli* và *Salmonella* cũng được xác định. Các chỉ tiêu phân tích được đánh giá theo Nghị định 84/2019/NĐ-CP cho phân hữu cơ.

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến chất lượng phân hữu cơ dạng lỏng

Phân hữu cơ lỏng thành phẩm được kiểm tra tính ổn định thông qua thí nghiệm ảnh hưởng của nhiệt độ đến PHCL. Các mức nhiệt độ được chọn gồm 30°C, 40°C và 50°C. Thí nghiệm được bố trí trong các chai nhựa có thể tích 1000 mL. Thí nghiệm được bố trí theo thể thức hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 nghiệm thức và 3 lần lặp lại tương ứng với 3 chai nhựa. Các nghiệm thức được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Nghiệm thức thí nghiệm ảnh hưởng của nhiệt độ đến chất lượng PHCL

Nghiệm thức	Nhiệt độ thí nghiệm
NT1	Phân hữu cơ lỏng ủ ở 30°C
NT2	Phân hữu cơ lỏng ủ ở 40°C
NT3	Phân hữu cơ lỏng ủ ở 50°C

Thời gian kiểm tra tính ổn định của PHCL ở các mức nhiệt độ khác nhau được thực hiện trong 30 ngày. Sau khi kết thúc thí nghiệm tiến hành phân tích các chỉ tiêu chất lượng PHCL như sau: pH, CHC, N_{ts} , N_{hh} , P_{ts} , P_{hh} , K_{ts} và K_{hh} các chỉ tiêu vi sinh gồm mật số vi khuẩn hiếu khí, mật số vi khuẩn cố định đạm, hòa tan lân và hòa tan silic để đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ lên chất lượng của phân.

2.2.3. *Phối trộn tạo phân hữu cơ dạng rắn từ nước thải biogas*

Nguyên liệu để phối trộn phân hữu cơ dạng rắn (PHCR) là nước thải hầm ủ biogas, xỉ than tổ ong sau khi sử dụng, bã bùn mía, bột cá và các dòng vi khuẩn cố định đạm, hòa tan lân, tổng hợp 3-Indole acetic acid (IAA) và hòa tan silic (*Bacillus* sp., *Burkholderia* sp., *Olivibacter jilunii* sp., *Paenibacillus* sp.).

Xác định các tỷ lệ phối trộn cho phân hữu cơ dạng rắn

Chuẩn bị nguồn xỉ than: xỉ than được sấy ở 105°C trong 8 giờ và nghiền nhỏ bằng máy nghiền sau đó rây qua rây với kích thước 2 mm. Cho xỉ than hấp thụ nước hầm ủ biogas với tỷ lệ 1:1 theo khối lượng (Nghĩa & Thur, 2017). Xỉ than sau khi hấp phụ nước hầm ủ biogas được dùng để phối trộn với bã bùn mía ở các tỷ lệ khác nhau. Thí nghiệm đánh giá tỷ lệ phối trộn các vật liệu khác nhau để tạo phân hữu cơ dạng rắn được thực hiện ở điều kiện phòng thí nghiệm PHCR được cho vào các cốc thủy tinh 2 L. Thí nghiệm được bố trí với 3 nghiệm thức và 3 lần lặp lại tương ứng với 3 cốc thủy tinh mỗi cốc

được bố trí với 1 kg PHCR. Các nghiệm thức có các tỷ lệ phối trộn khác nhau được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Nghiệm thức thí nghiệm phối trộn tạo PHCR

Nghiệm thức	Tỷ lệ bã bùn mía:xi than đã hấp thu nước thải biogas (w/w)
NT1	70:30
NT2	80:20
NT3	90:10

Các nghiệm thức sau khi phối trộn được phân tích các chỉ tiêu lý hóa gồm ẩm độ, pH, CHC, N_{ts}, N_{hh}, P_{ts}, P_{hh}, K_{ts} và K_{hh}. Các chỉ tiêu phân tích được đánh giá theo Nghị định 84/2019/NĐ-CP cho phân hữu cơ rắn.

Bổ sung dinh dưỡng của PHCR sau khi đạt tỷ lệ phối trộn tốt nhất

Sau khi lựa chọn được tỷ lệ phối trộn tốt nhất ở mục 2.2.3 và dựa vào kết quả phân tích dinh dưỡng, hàm lượng đạm tổng số trong PHCR chưa đạt lượng đạm tổng số theo quy định của Nghị định 84/2019/NĐ-CP nên tiến hành bổ sung 16,7 % bột cá (w/w) để gia tăng hàm lượng dinh dưỡng cho phân hữu cơ thành phẩm đạt tiêu chuẩn quy định, ngoài ra, các dòng vi khuẩn có lợi bao gồm vi khuẩn cố định đạm, hòa tan lân, tổng hợp IAA và hòa tan silic (*Bacillus* sp., *Burkholderia* sp., *Olivibacter jilunii* sp., *Paenibacillus* sp.) với mật số đạt 10⁷ cfu/g cũng được bổ sung vào.

Phân hữu cơ dạng rắn thành phẩm được phân tích các chỉ tiêu lý hóa gồm: ẩm độ, pH, CHC, N_{ts}, N_{hh}, P_{ts}, P_{hh}, K_{ts} và K_{hh}, Mg, Ca, Fe, Cu, Zn. Các chỉ tiêu vi sinh gồm tổng mật số vi khuẩn hiếu khí, mật số vi khuẩn cố định đạm, hòa tan lân và hòa tan silic. Ngoài ra, mật số vi khuẩn gây bệnh đường ruột ở người như *Coliform*, *E. coli* và *Salmonella* được phân tích và đánh giá theo Nghị định 84/2019/NĐ-CP.

Bảng 4. Thành phần vi khuẩn *E. coli*, *Coliform*, *Salmonella* trong nước thải biogas

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nước thải biogas (Cái Răng, Cần Thơ)	Nước thải biogas (Mỹ Xuyên, Sóc Trăng)	QCVN-2016
<i>E. coli</i>	MPN/100 mL	4,22×10 ⁴	9,75×10 ¹	
<i>Coliform</i>	MPN/100 mL	1,98×10 ⁵	8,20×10 ³	5×10 ³
<i>Salmonella</i>	CFU/mL	KPH	KPH	

*Ghi chú: KPH: Không phát hiện; QCVN 62-MT:2016/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi

Kết quả nghiên cứu này phù hợp với các kết quả nghiên cứu của Hồng và Liệu (2012); hàm lượng *Coliform* trong nước thải đầu ra của hầm ủ biogas là

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến phân hữu cơ dạng rắn

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 nghiệm thức và 3 lần lặp lại ở 3 mức nhiệt độ là 30°C, 40°C và 50°C (Bảng 2). Thí nghiệm được bố trí trong các cốc thủy tinh thể tích 2 L mỗi lần lặp lại được bố trí với 1 kg PHCR.

Thời gian kiểm tra tính ổn định của PHCR ở các mức nhiệt độ khác nhau được thực hiện trong 30 ngày. Sau khi kết thúc thí nghiệm tiến hành phân tích các chỉ tiêu chất lượng PHCR rắn như sau: pH, CHC, N_{ts}, N_{hh}, P_{ts}, P_{hh}, K_{ts} và K_{hh}.

2.3. Phân tích số liệu

Số liệu thí nghiệm được tính toán và phân tích ANOVA bằng phần mềm Minitab 16.2.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chất lượng nước thải biogas

3.1.1. Thành phần vi khuẩn E. coli, Coliform, Salmonella trong nước thải hầm ủ biogas

Kết quả phân tích thành phần vi sinh vật gây bệnh trong 2 mẫu nước thải thu thập tại huyện Mỹ Xuyên, tỉnh Sóc Trăng và quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ được trình bày trong Bảng 4 cho thấy có sự hiện diện của nhóm vi khuẩn *Coliform* và *E. coli*. Trong đó, mẫu nước thải biogas thu thập ở quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ có mật số *E. coli* là 4,22×10⁴ MPN/100 mL và mật số *Coliform* là 1,98×10⁵ MPN/100 mL cao hơn mẫu nước thải thu ở huyện Mỹ Xuyên, Sóc Trăng (mật số *E. coli* là 9,75×10¹ MPN/100 mL và *Coliform* là 8,20×10³ MPN/100 mL). Tuy nhiên, cả 2 mẫu nước thải đều không có sự hiện diện của vi khuẩn *Salmonella*. Như vậy, có thể thấy rằng cả 2 mẫu nước thải thu thập đều có vi khuẩn *Coliform* vượt ngưỡng cho phép theo quy định của QCVN 62-MT:2016/BTNMT cho nước thải.

10⁷ MPN/100 mL và vượt ngưỡng an toàn cho phép theo quy định của QCVN 62-MT:2016/BTNMTV. Tương tự, Vĩ và ctv. (2020) đã công bố vi khuẩn

E.coli trong mẫu nước thải biogas ở các hộ chăn nuôi dao động khoảng $6,0 \times 10^3 - 9,0 \times 10^4$ MPN/100 mL, trong khi mật số vi khuẩn *Coliform* dao động từ $1,2 \times 10^4$ đến $1,6 \times 10^4$ MPN/100 mL và cả hai đều vượt ngưỡng an toàn cho phép theo quy định dành cho nước thải biogas xả ra nguồn nước không dùng cho nguồn cung cấp nước sinh hoạt.

Như vậy, cả 2 mẫu nước thải được đánh giá trong nghiên cứu này đều không đạt tiêu chuẩn xả ra nguồn nước cung cấp nước sinh hoạt. Tuy nhiên, do quận Cái Răng là địa điểm thuận tiện trong việc thu mẫu nên được chọn để dùng cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.1.2. Thành phần nước thải biogas

Kết quả được trình bày trong Bảng 5 cho thấy thành phần hóa học trong nước thải biogas khá cao, đặc biệt các chỉ số COD, BOD, chất rắn lơ lửng, nitơ tổng số cao hơn rất nhiều so với quy định về chất lượng nước thải chăn nuôi xả ra thủy vực. Cụ thể, nhu cầu oxy hóa học COD cao 2,87 lần và nhu cầu oxy sinh học BOD cao gấp 2,2 lần so với quy định về nước thải chăn nuôi. Đáng lưu ý là thành phần chất rắn lơ lửng trong nước biogas cao gấp 4,45 lần so với tiêu chuẩn cho phép theo quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải chăn nuôi.

Bên cạnh đó kết quả phân tích còn cho thấy nguồn dinh dưỡng N, P, K trong nước thải hầm ủ biogas là khá cao. Trong đó, đạm tổng số và lân tổng số trong nước thải hầm ủ biogas là 220 mg/L và 41,9 mg/L, vượt chuẩn cho phép. Ngoài ra, trong nước thải hầm ủ biogas còn có các thành phần dinh dưỡng trung lượng và vi lượng như Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, cao, nhưng không chứa các kim loại nặng như Pb và Cd. Do đó, nước thải hầm ủ biogas là nguồn cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng nếu được tận dụng.

Kết quả nghiên cứu của Koszel and Lorencowicz (2015) cũng cho thấy nước thải biogas có chứa nhiều nguyên tố dinh dưỡng đa lượng cho cây trồng, đồng thời không chứa kim loại nặng và có thể được sử dụng như phân bón lỏng cho cây linh lăng, cây bắp và các cây ngũ cốc khác nhằm thay thế một phần lượng phân bón hóa học (Herning, 1999; Rodhe et al., 2006; Smith et al., 2007; Moller & Stinner, 2009; Pertiwinin et al., 2016; Sigurnjak et al., 2017). Ngoài ra, kết quả nghiên cứu của Nga và ctv. (2014) cũng cho thấy nước thải đầu ra của hầm ủ biogas không đủ tiêu chuẩn thải vào môi trường do có PO_4^{3-} dao động từ 37,2 – 51,1 mg/L, $N-NO_3^-$ dao động từ 0,30 – 1,14 mg/L, $N-NH_4^+$ dao động từ 105,6 – 217,9 mg/L và COD dao động từ 464,4 – 2.552 mg/L. Do vậy, nếu trực tiếp xả thải vào thủy vực sẽ

có nguy cơ gây ô nhiễm nguồn nước, suy giảm chất lượng môi trường của nguồn nước tiếp nhận. Trong đó, nguy cơ gây ra hiện tượng phú dưỡng nguồn nước là rất lớn và mật số vi khuẩn gây hại như *Coliform* trong nước thải biogas cao cũng có thể là mối nguy hại cho sức khỏe con người và gia súc. Tuy nhiên, hàm lượng dinh dưỡng trong nước thải hầm ủ biogas cao nên hoàn toàn có thể tận dụng để làm nguồn cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng (Nga và ctv., 2014; Việt và ctv., 2017), đồng thời có thể sử dụng như nguồn phân hữu cơ dạng lỏng làm phân hữu cơ cho cây trồng.

Bảng 5. Thành phần nước thải biogas được thu thập ở quận Cái Răng, Cần Thơ

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nước thải biogas	QCVN-2016
pH	-	7,37	5,5 – 9,0
COD	mg/L	860	300
BOD	mg/L	224	100
Tổng chất rắn lơ lửng	mg/L	667	150
N tổng số	mg/L	220	150
P tổng số	mg/L	41,9	-
$N-NH_4^+$	mg/L	6,65	-
$N-NO_3^-$	mg/L	4,81	-
Carbon	%	0,01	-
$P-PO_4^{3-}$	mg/L	19,4	-
K^+ hữu dụng	mg/L	85,6	-
K tổng số	mg/L	111	-
Nguyên tố vi lượng			
Mg	mg/L	32,1	-
Ca	mg/L	54,4	-
Fe	mg/L	0,170	-
Zn	mg/L	0,049	-
Cu	mg/L	0,053	-
Vi sinh vật			
Vi khuẩn hiếu khí	CFU/ml	$9,7 \times 10^5$	-
Kim loại nặng			
Chì (Pb)	mg/L	KPH	-
Cadimi (Cd)	mg/L	KPH	-

*Ghi chú: KPH: Không phát hiện; QCVN 62-MT:2016/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi

3.2. Tạo phân hữu cơ dạng lỏng từ nước thải hầm ủ biogas

3.2.1. Thành phần dinh dưỡng của phân hữu cơ lỏng ở các tỷ lệ phối trộn khác nhau

Kết quả phân tích được trình bày trong Bảng 6 cho thấy pH ở các nghiệm thức phối trộn đều đạt tiêu chuẩn quy định đối với phân hữu cơ ($\geq 5,0$),

ngoại trừ nghiệm thức có tỷ lệ phối trộn 90:10 (v/v) có pH chỉ đạt 4,93. Đối với thành phần chất hữu cơ theo Nghị định 84/2019/NĐ-CP trong phân bón hữu cơ là $\geq 20\%$, dựa vào kết quả phân tích cho thấy chỉ có 2 nghiệm thức đạt tiêu chuẩn này là nghiệm thức 1 có tỷ lệ phối trộn 50:50 (v/v) và nghiệm thức 2 có tỷ lệ phối trộn là 60:40 (v/v).

Ngoài ra, trong 5 nghiệm thức có tỷ lệ phối trộn khác nhau có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) trong thành phần N, P, K tổng số và hữu hiệu. Trong đó, nghiệm thức có tỷ lệ phần trăm dịch cá càng cao thì hàm lượng dinh dưỡng N, P, K càng cao và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức còn lại. Điều này cho thấy dịch cá là nguyên liệu có dinh dưỡng cao và rất phù hợp trong sản xuất phân hữu cơ. Kết quả này tương tự

như kết quả nghiên cứu của Kiên và ctv. (2021) cho rằng dịch thủy phân cá có thể sử dụng làm phân bón lá, giúp cây trồng phát triển tốt và cho năng suất cao hơn.

Như vậy, kết quả phân tích cho thấy 2 tỷ lệ phối trộn của nghiệm thức 1 (50:50 (v/v)) và nghiệm thức 2 (60:40 (v/v)) đáp ứng được các tiêu chuẩn theo Nghị định 84/2019/NĐ-CP về sản xuất phân hữu cơ. Tuy nhiên, để tăng cường xử lý nước thải hầm ủ biogas, tỷ lệ phối trộn 60% nước thải hầm ủ biogas và 40% dịch cá được khuyến cáo sử dụng vì có thể tận dụng được tối đa lượng nước thải hầm ủ biogas. Vì vậy, tỷ lệ phối trộn 60:40 (v/v) được chọn cho quy trình tạo phân hữu cơ lỏng ở các nghiên cứu tiếp theo.

Bảng 6. Thành phần dinh dưỡng và chất lượng PHCL có các tỷ lệ phối trộn khác nhau

Chỉ tiêu	Đơn vị	Tỷ lệ nước thải biogas (%) : dịch cá (%) (v/v)					F	Nghị định 84/2019/NĐ-CP
		50 : 50	60 : 40	70 : 30	80 : 20	90 : 10		
pH	-	5,17 ^a	5,17 ^a	5,11 ^b	5,04 ^c	4,93 ^d	*	≥ 5
Chất hữu cơ	%	27,5 ^a	21,4 ^b	16,4 ^c	11,4 ^d	5,92 ^e	*	≥ 20
N tổng số	%	3,31 ^a	2,71 ^b	2,16 ^c	1,47 ^d	0,76 ^e	*	
N hữu hiệu	%	0,710 ^a	0,544 ^b	0,329 ^c	0,290 ^c	0,119 ^d	*	
P hữu hiệu	%	0,559 ^a	0,449 ^b	0,328 ^c	0,243 ^d	0,118 ^e	*	
P tổng số	%	0,583 ^a	0,475 ^b	0,370 ^c	0,245 ^d	0,136 ^e	*	
K hữu hiệu	%	0,709 ^a	0,587 ^b	0,535 ^c	0,343 ^d	0,132 ^e	*	
K tổng số	%	0,466 ^a	0,356 ^b	0,219 ^c	0,211 ^c	0,110 ^d	*	

*Ghi chú: Trong cùng một dòng những số có chữ cái theo sau khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%; theo phép thử Tukey test

3.2.2. Thành phần dinh dưỡng trong PHCL thành phẩm

Kết quả được trình bày ở mục 3.2.1 cho thấy tỷ lệ phối trộn 60% nước thải hầm ủ biogas và 40% dịch cá (v/v) được chọn xây dựng quy trình sản xuất PHCL. Tuy nhiên, với tỷ lệ phối trộn này, hàm lượng lân và kali tổng số cũng như hữu hiệu vẫn khá còn thấp. Vì vậy, 5,5% KH_2PO_4 công nghiệp được bổ sung vào nguyên liệu phối trộn để giúp gia tăng hàm lượng lân và kali đồng thời giúp cân bằng lượng dưỡng chất trong phân hữu cơ lỏng. Ngoài ra, các chủng vi khuẩn có lợi như hòa tan lân, cố định đạm, hòa tan silic cũng được chủng vào với tổng mật số là 10^7 cfu/mL. Kết quả đánh giá các thành phần dinh

dưỡng cũng như các chỉ tiêu khác của PHCL sau khi phối trộn được trình bày ở Bảng 7. Kết quả cho thấy so với tiêu chuẩn quy định của phân hữu cơ (84/2019/NĐ-CP), các thông số về dinh dưỡng cũng như chất lượng phân bón đều đạt tiêu chuẩn theo quy định của phân bón hữu cơ. Ngoài ra, các yếu tố hạn chế như kim loại nặng như As, Pb, Cd,... và vi khuẩn có hại đều không phát hiện trong phân hữu cơ lỏng thành phẩm này. Như vậy, PHCL được tạo ra từ nước thải hầm ủ biogas đã đạt được các tiêu chuẩn dinh dưỡng theo đúng quy định của cơ quan chức năng và có thể dùng để đánh giá hiệu quả của phân hữu cơ lỏng trên sinh trưởng và năng suất của cây trồng.

Bảng 7. Thành phần dinh dưỡng và chất lượng của phân hữu cơ dạng lỏng thành phẩm

Chỉ tiêu	Đơn vị	PHCL	Nghị định 84/2019/NĐ-CP
Tỷ trọng	g/mL	1,14	-
pH	-	5,32	> 5
Chất hữu cơ	%	21,1	≥ 20
N-hữu hiệu	%	0,40	-
N tổng số	%	2,50	-
P-hữu hiệu	%	2,76	-
P tổng số	%	2,81	-
K-hữu hiệu	%	2,06	-
K tổng số		2,32	-
Trung lượng, vi lượng			
Magie (Mg)	mg/kg	260	-
Canxi (Ca)	mg/kg	KPH	-
Sắt (Fe)	mg/kg	10,2	-
Đồng (Cu)	mg/kg	1,26	-
Kẽm (Zn)	mg/kg	8,90	-
Vi sinh			
Vi khuẩn hiếu khí	CFU/g	$2,53 \times 10^9$	-
Vi khuẩn cố định đạm	CFU/g	$3,60 \times 10^5$	-
Vi khuẩn hòa tan lân	CFU/g	$4,40 \times 10^5$	-
Vi khuẩn hòa tan silic	CFU/g	$5,10 \times 10^5$	-
Yếu tố hạn chế			
Arsen (As)	mg/kg	2,91	≤ 10,0
Chì (Pb)	mg/kg	0,356	≤ 200
Cadimi (Cd)	mg/kg	0,180	≤ 5,0
Thủy ngân (Hg)	mg/kg	KPH	≤ 2,0
Vi khuẩn <i>Salmonella</i>	MPN/100mL	KPH	-
Vi khuẩn <i>E.coli</i>	MPN/100mL	KPH	-

*Ghi chú: KPH: Không phát hiện

3.2.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến PHCL

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến thành phần dinh dưỡng và chất lượng PHCL được trình bày trong Bảng 8, ở các nhiệt độ thí nghiệm 30°C, 40°C và 50°C ảnh hưởng không đáng kể đến thành phần dinh dưỡng cũng như chất lượng phân hữu cơ lỏng trong thời gian thí nghiệm. Tuy nhiên, nhiệt độ có ảnh hưởng đến pH và thành phần vi sinh của PHCL trong quá trình bảo quản. Cụ thể, đối với các chỉ tiêu như N_{ts} , P_{ts} , K_{ts} và N, P, K hữu hiệu thể hiện sự khác biệt không ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức có nhiệt độ khác nhau. Điều này có nghĩa là khi nhiệt độ bảo quản PHCL tăng từ 30°C lên 40°C hoặc lên 50°C sẽ ảnh hưởng không đáng kể đến thành phần dinh dưỡng trong phân hữu cơ. Trong khi, pH có xu hướng giảm khi nhiệt độ tăng và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) thì ngược lại chất hữu cơ và lân tổng số tăng lên khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi nhiệt độ tăng lên. Điều này cũng cho thấy phân hữu cơ dạng lỏng có thể thích nghi với nhiệt độ bảo quản từ 30 – 50°C ở các

kho mà không làm ảnh hưởng đến thành phần dinh dưỡng của phân bón.

Ngoài ra, kết quả về mật số vi khuẩn có lợi trong PHCL cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về mật số vi khuẩn hiếu khí, cố định đạm, hòa tan lân và hòa tan silic giữa 3 nghiệm thức bố trí nhiệt độ khác nhau. Trong đó nghiệm thức bố trí với nhiệt độ phòng (30°C) cho kết quả mật số vi sinh vật cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với 2 nghiệm thức còn lại ở 40°C và 50°C. Kết quả này cho thấy khi nhiệt độ càng tăng lên mật số vi sinh vật sẽ giảm xuống do nhiệt độ cao ảnh hưởng đến sự phát triển của vi sinh vật trong PHCL và nhóm vi sinh vật trong phân hữu cơ lỏng là nhóm chịu nhiệt trung bình. Do đó, để vừa đảm bảo thành phần dinh dưỡng cũng như thành phần vi sinh vật trong PHCL được duy trì lâu hơn trong thời gian bảo quản, nên bảo quản PHCL ở nhiệt độ phòng tương ứng khoảng (30°C) để đạt được hiệu quả tối đa của PHCL phối trộn từ nước thải hầm ủ biogas và dịch cá.

Bảng 8. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên chất lượng PHCL

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nhiệt độ			F	Nghị định 84/2019/NĐ-CP
		30°C	40°C	50°C		
pH	-	6,27 ^a	5,24 ^b	5,22 ^b	*	≥5,0
Chất hữu cơ	%	20,6 ^c	22,6 ^b	23,3 ^a	*	≥20,0
N-hữu hiệu	%	0,413	0,375	0,426	ns	-
N tổng số	%	2,56	2,32	2,66	ns	-
P-hữu hiệu	%	2,75	2,84	2,93	ns	-
P tổng số	%	2,85	2,81	2,99	ns	-
K-hữu hiệu	%	1,79	1,75	1,77	ns	-
K tổng số	%	2,61	2,49	2,54	ns	-
Vi sinh						
Vi khuẩn hiếu khí	log ₁₀ CFU/g	8,08 ^a	6,42 ^b	5,30 ^c	*	-
Vi khuẩn cố định đạm	log ₁₀ CFU/g	5,47 ^a	3,68 ^b	3,11 ^c	*	-
Vi khuẩn hòa tan lân	log ₁₀ CFU/g	6,17 ^a	3,40 ^b	2,97 ^c	*	-
Vi khuẩn hòa tan silic	log ₁₀ CFU/g	4,96 ^a	3,23 ^b	3,09 ^b	*	-

*Ghi chú: Trong cùng một dòng những số có chữ cái theo sau khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5% theo phép thử Tukey test

3.3. Tạo phân hữu cơ dạng rắn từ nước thải hầm ủ biogas

3.3.1. Thành phần dinh dưỡng của PHCR ở các tỷ lệ phối trộn tạo PHCR khác nhau

Kết quả phân tích các tỷ lệ phối trộn khác nhau được trình bày trong Bảng 9 cho thấy các thành phần về chất lượng PHCR gồm chất hữu cơ, N, P, K tổng số và hữu hiệu có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh giữa 3 nghiệm thức có tỷ lệ phối trộn khác nhau. Trong đó, nghiệm thức có tỷ lệ bã bùn mía phối trộn càng cao thì hàm lượng các thông số chất lượng càng cao, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với các nghiệm thức còn lại. Điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu trước đây của Malik et al. (2001) khi cho thấy bã bùn mía là nguồn nguyên liệu tốt cho sản xuất phân sinh học vì sinh khối bã bùn mía cung cấp nguồn

carbon hữu ích cho vi sinh vật phát triển. Tương tự nghiên cứu của Viễn và ctv. (2006) khi tận dụng nguồn chất thải hữu cơ bã bùn mía làm phân hữu cơ giúp cải tạo đất và giảm được vấn đề ô nhiễm môi trường. Điều đó cho thấy trong bã bùn mía giàu chất hữu cơ, carbon, đạm và lân và là nguyên liệu rất phù hợp cho sản xuất phân hữu cơ rắn. Nhìn chung, các nghiệm thức có tỷ lệ phối trộn khác nhau đều đáp ứng được các tiêu chuẩn theo Nghị định 84/2019/NĐ-CP về sản xuất PHCR. Tuy nhiên, để tận dụng được tối đa để xử lý nguồn nguyên liệu nước thải hầm ủ biogas thì tỷ lệ phối trộn 70% bã bùn mía + 30% xỉ than hấp thụ nước thải biogas (w/w) được lựa chọn cho quy trình sản xuất phân hữu cơ rắn ở các nghiên cứu tiếp theo do các thành phần dinh dưỡng đáp ứng được tiêu chuẩn quy định và đây là tỷ lệ phối trộn hấp thụ được lượng nước thải hầm ủ biogas nhiều nhất.

Bảng 9. Thành phần dinh dưỡng và chất lượng các nghiệm thức có tỷ lệ phối trộn PHCR khác nhau

Chỉ tiêu	Đơn vị	Bã bùn mía (%) : xỉ than hấp thụ biogas (%)			F	CV (%)
		70 : 30	80 : 20	90 : 10		
Ẩm độ	%	26,1 ^a	26,5 ^a	26,7 ^a	ns	3,40
pH	-	6,68 ^a	6,49 ^b	6,46 ^b	*	1,81
Chất hữu cơ	%	34,7 ^b	36,7 ^a	37,4 ^a	*	3,82
N hữu hiệu	%	0,063 ^a	0,075 ^a	0,075 ^a	ns	17,3
N tổng số	%	1,02 ^b	1,25 ^a	1,30 ^a	*	11,6
P hữu hiệu	%	1,69 ^c	2,03 ^b	2,27 ^a	*	12,9
P tổng số	%	4,17 ^c	4,63 ^b	5,31 ^a	*	11,1
K hữu hiệu	%	0,735 ^a	0,619 ^b	0,563 ^b	*	12,7
K tổng số	%	1,84 ^a	1,55 ^b	1,41 ^b	*	12,7

*Ghi chú: Trong cùng một dòng những số có chữ cái theo sau khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%; theo phép thử Tukey test

3.3.2. Thành phần dinh dưỡng và chất lượng của PHCR thành phẩm sau khi bổ sung thêm dinh dưỡng

Sau khi đánh giá các thành phần dinh dưỡng và chất lượng PHCR ở các tỷ lệ phối trộn khác nhau cho thấy tỷ lệ phối trộn 70% bã bùn mía + 30% xỉ than hấp thụ nước thải biogas (w/w) được chọn để tạo quy trình sản xuất PHCR từ nước thải hầm ủ biogas và bã bùn mía. Tuy nhiên, với tỷ lệ phối trộn này, hàm lượng N tổng số của PHCR chỉ đạt 1,02% còn khá thấp khi so sánh với PHCL. Vì vậy, bột cá có hàm lượng protein thô 60% được đưa vào nguyên liệu phối trộn với tỷ lệ 16,7% (w) giúp gia tăng thành phần dinh dưỡng cũng như chất lượng PHCR, chủ yếu là đạm tổng số. Đồng thời, các chủng vi khuẩn có lợi như vi khuẩn hòa tan lân, cố định đạm, hòa tan silic cũng được chủng vào phân hữu cơ rắn thành phẩm với tổng mật số là 10^7 CFU/g. Thành phần dinh dưỡng và chất lượng của PHCR sau khi phối trộn và ủ được trình bày ở Bảng 10. So với tiêu

ch chuẩn quy định của phân hữu cơ (Nghị định 84/2019/NĐ-CP). Cụ thể, chất hữu cơ của PHCR đạt 64,5% vượt mức quy định (20%), pH đạt 7,6 là mức pH tối hảo thuận lợi cho cây trồng phát triển cao hơn so với mức quy định (pH>5) và ẩm độ đạt 29,7% thấp hơn mức quy định (<30%). Các thành phần dinh dưỡng như N, P, K tổng số và hữu dụng của PHCR cũng khá cao có thể đáp ứng dinh dưỡng cho cây trồng khi sử dụng PHCR. Các yếu tố hạn chế như kim loại nặng gồm As, Hg, Pb, Cd và vi sinh vật bất lợi như *Salmonella*, *E. coli* không được phát hiện trong PHCR hoặc phát hiện với hàm lượng thấp hơn so với nghị định 84/2019/NĐ-CP về sản xuất phân hữu cơ. Ngoài ra, mật số vi sinh vật có lợi như vi khuẩn cố định đạm, hòa tan lân và hòa tan silic cũng đạt (10^6 CFU/g) đều này cho thấy khi bón PHCR được phối trộn từ bã bùn mía và nước thải hầm ủ biogas không chỉ cung cấp chất hữu cơ, hàm lượng dinh dưỡng mà còn bổ sung thêm một lượng vi sinh vật có lợi cho đất và cây trồng giúp cải thiện đặc tính đất cũng như sinh trưởng của cây trồng.

Bảng 10. Thành phần dinh dưỡng và chất lượng của PHCR thành phẩm sau khi bổ sung thêm bột cá

Chỉ tiêu	Đơn vị	PHCR	Nghị định 84/2019/NĐ-CP
Âm độ	%	29,7	≤ 30
pH	-	7,46	> 5
Chất hữu cơ	%	44,5	≥ 20
N-hữu hiệu	%	0,558	-
N tổng số	%	2,81	-
P-hữu hiệu	%	2,92	-
P tổng số	%	5,0	-
K-hữu hiệu	%	2,83	-
K tổng số		5,55	-
Trung lượng, vi lượng			
Magie (Mg)	%	0,639	-
Canxi (Ca)	%	7,68	-
Sắt (Fe)	%	1,62	-
Đồng (Cu)	mg/kg	83,5	-
Kẽm (Zn)	mg/kg	271	-
Vi sinh			
Vi khuẩn hiếu khí	CFU/g	$3,93 \times 10^9$	-
Vi khuẩn cố định đạm	CFU/g	$3,65 \times 10^6$	-
Vi khuẩn hòa tan lân	CFU/g	$8,16 \times 10^6$	-
Vi khuẩn hòa tan silic	CFU/g	$2,97 \times 10^6$	-
Yếu tố hạn chế			
Arsen (As)	mg/kg	KPH	≤ 10,0
Chì (Pb)	mg/kg	39,9	≤ 200
Cadimi (Cd)	mg/kg	2,64	≤ 5,0
Thủy ngân (Hg)	mg/kg	KPH	≤ 2,0
Vi khuẩn <i>Samonella</i>	MPN/g	KPH	-
Vi khuẩn <i>E.coli</i>	MPN/g	KPH	-

*Ghi chú: KPH: Không phát hiện; Nghị định 84/2019/NĐ-CP: Nghị định của chính phủ về quản lý phân bón

3.3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến chất lượng phân hữu cơ dạng rắn thành phẩm

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ đến phân hữu cơ dạng rắn được trình bày trong Bảng 11. Nhìn chung, kết quả cho thấy có sự khác biệt thống kê ($p < 0,05$) giữa các nghiệm thức xử lý ở các nhiệt độ khác nhau, do đó có thể thấy được sự ảnh hưởng của nhiệt độ lên thành phần dinh dưỡng của phân hữu cơ dạng rắn tạo ra từ nước thải hầm ủ biogas và bã bùn mía thông qua sự thay đổi các chỉ tiêu như

N, P và K tổng số trong phân hữu cơ rắn. Cụ thể khi nhiệt độ càng cao lên thành phần dinh dưỡng của phân hữu cơ rắn như hàm lượng chất hữu cơ, hàm lượng N, P và K tổng số bị giảm đi đáng kể, thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) khi so sánh với nghiệm thức bảo quản ở nhiệt độ phòng (30°C). Kết quả này có thể giải thích rằng khi nhiệt độ lên cao thì hàm lượng chất hữu cơ và N tổng số giảm đi do 1 phần carbon và nitrogen trong phân hữu cơ được khoáng hóa và được chuyển hóa thành CO_2 , N_2 , N_2O , NO_2 , và mất khí ở dạng khí.

Bảng 12. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên chất lượng phân hữu cơ dạng rắn

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nhiệt độ			F	CV (%)
		30°C	40°C	50°C		
pH	-	6,94 ^b	7,20 ^a	7,08 ^a	*	1,68
Chất hữu cơ	%	41,5 ^a	36,5 ^b	37,7 ^b	*	6,42
N-hữu hiệu	%	0,128 ^b	0,157 ^b	0,188 ^a	*	17,7
N tổng số	%	2,31 ^a	2,15 ^{ab}	1,99 ^b	*	7,01
P-hữu hiệu	%	4,79 ^a	4,70 ^a	4,54 ^a	ns	5,84
P tổng số	%	5,03 ^a	4,95 ^{ab}	4,77 ^b	*	2,87
K-hữu hiệu	%	2,49 ^a	2,47 ^a	2,46 ^a	ns	3,42
K tổng số	%	3,38 ^a	3,41 ^a	3,22 ^b	*	2,94
Vi sinh						
Vi khuẩn hiếu khí	$\log_{10}\text{CFU/g}$	7,26 ^a	6,08 ^b	5,33 ^c	*	11,1
Vi khuẩn cố định đạm	$\log_{10}\text{CFU/g}$	6,49 ^a	4,14 ^b	3,48 ^c	*	26,5
Vi khuẩn hòa tan lân	$\log_{10}\text{CFU/g}$	6,39 ^a	4,52 ^b	3,99 ^c	*	17,2
Vi khuẩn hòa tan silic	$\log_{10}\text{CFU/g}$	3,13 ^a	2,66 ^b	2,53 ^b	*	7,10

*Ghi chú: Trong cùng một dòng những số có chữ cái theo sau khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%; theo phép thử Tukey test

Tương tự, kết quả về mật số vi sinh vật trong PHCR cũng cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) về mật số vi sinh vật có lợi giữa 3 nghiệm thức. Trong đó, nghiệm thức xử lý ở nhiệt độ phòng (30°C) cho kết quả tổng mật số vi khuẩn đạt $7,26 \log_{10}\text{CFU/g}$, vi khuẩn cố định đạm đạt $6,49 \log_{10}\text{CFU/g}$, vi khuẩn hòa tan lân đạt $6,39 \log_{10}\text{CFU/g}$ và vi khuẩn hòa tan silic đạt $3,13 \log_{10}\text{CFU/g}$ cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với 2 nghiệm thức xử lý ở nhiệt độ 40°C và 50°C . Điều này cho thấy khi nhiệt độ càng lên cao thì mật số vi sinh vật sẽ giảm xuống do nhiệt độ cao làm PHCR bị mất ẩm độ làm ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và phát triển của vi sinh vật trong PHCR và ngoài ra, nhóm vi sinh vật trong phân hữu cơ rắn là nhóm chịu nhiệt trung bình. Do đó, để duy trì thành phần dinh dưỡng cũng như thành phần vi sinh vật trong PHCR được lâu hơn trong thời gian bảo quản, cần bảo quản PHCR ở nhiệt độ phòng tương ứng khoảng 30°C .

4. KẾT LUẬN

Nước thải hầm ủ biogas là nguồn nguyên liệu giàu dinh dưỡng có thể được xử lý và tái sử dụng làm nguồn phân bón cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng. Phối trộn nước thải hầm ủ biogas và dịch cá với tỷ lệ 60% : 40% (v/v) và bổ sung các vi sinh vật có lợi tạo ra phân hữu cơ dạng lỏng có thành phần dinh dưỡng và chất lượng đạt tiêu chuẩn về sản xuất phân hữu cơ theo Nghị định 84/2019/NĐ-CP. Tỷ lệ phối trộn 70% bã bùn mía và 30% xỉ than hấp thu nước thải hầm ủ biogas (w/w) kết hợp bổ sung 16,7% bột cá (w) và chủng một số vi khuẩn có lợi cho cây trồng đã tạo ra phân bón hữu cơ dạng rắn có thành phần dinh dưỡng và các yếu tố hạn chế đạt tiêu chuẩn quy định về phân hữu cơ của nhà nước. Nhiệt độ bảo quản tốt nhất đảm bảo các thành phần dinh dưỡng, chất lượng và vi sinh vật có lợi cho PHCR và PHCL từ nước thải hầm ủ biogas là 30°C . Sự tái sử dụng các nguyên liệu như nước thải hầm ủ biogas, xỉ than, bã bùn mía giúp giảm thiểu lượng chất thải ra môi trường đồng thời tạo phân bón hữu cơ dạng lỏng và rắn.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện với sự tài trợ kinh phí của Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua đề tài cấp

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Chính phủ. (2019). *Nghị định quy định về quản lý phân bón* (Số 84/2019/NĐ-CP).

Herning, H.O. (1999). The use of digested slurry within agriculture.

Hồng, N. T. & Liệu, P. K. (2012). Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn bằng hầm biogas quy mô hộ gia đình ở Thừa Thiên Huế. *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*, 73(4), 83-91.

Kiên, T. T., Tung, T. V., Vi, L. Q., Hiệu, T. T., Thảo, N. T. P. & Thắng, N. V. (2021). Ảnh hưởng của phân bón lá chiết suất từ dịch thủy phân cá tra lên sự sinh trưởng và phát triển của cây cải xanh. Kết quả nghiên cứu *Tạp chí Công Thương*.

Koszel, M., & Lorencowicz, E. (2015). Agricultural use of biogas digestate as a replacement fertilizer. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 7, 119-124.

Malik, F. R., Ahmed, S., & Rizki Y. M. (2001). Utilization of lignocellulosic Waste for Preparation of Nitrogenous Biofertilizer. *Journal of Biological Sciences*, 4, 1217-1220.

Moller, K., & Stinner, W. (2009). Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *European Journal of Agronomy*, 30, 1-16.

Nga, B. T., Chiêm, N. H. & Nũ, P. V. (2013). Công nghệ túi ủ khí sinh học ở nông thôn Đồng Bằng Sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 28, 23-29.

Nga, B.T., Ngọc, N.T.N & Thông, B.H. (2014). Khả năng sinh khí của bèo Tai tượng và lục bình trong túi ủ biogas. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 2, 17 – 25.

Nga, B. T., Thuận, N. C., & Izumi, T. (2015). Sử dụng nước thải mô hình khí sinh học trồng cây vụn thọt (*Tagetes patula* L.). *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 1, 55-60.

Nghĩa, N. K., & Thur, T. A. (2017). Hiệu quả phân hủy hoạt chất thuốc trừ sâu propoxur trong đất của dòng vi khuẩn *Paracoccus* sp. P23-7 cố định trong bã cà phê. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 52b, 31-40.

Nũ, P. V., Nga, B. T., & Izumi, T. (2015). Sử dụng nước thải túi ủ biogas có vật liệu nạp là phân heo và bèo tai tượng (*pistia stratiotes*) canh tác cây ớt (*capsicum frutescens*l.). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, số chuyên đề Môi trường, 35-40.

Bộ: “Nghiên cứu quy trình sản xuất phân bón hữu cơ dạng lỏng và rắn từ nước thải biogas tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long” mã số B2020-TCT-10 do Trường đại học Cần Thơ quản lý năm 2020-2022.

Pertiwinin, A., Budyanto, E. C., Hidayat, M., Rochijan, Soeherman, Y., & Habibi, M.F. (2016). Making Organic Fertilizer Using Sludge from Biogas Production as Carrier Agent of *Trichoderma harzianum*. *Journal of Biological Sciences*, 17, 21-27.

Rodhe, L., Salomon, E., & Edström, M. (2006). Handling of digestate on farm level;

Sigurnjak, I., Vaneekhaute, C., Michels, E., Ryckaert, B., Ghekiere, G., Tack, F. M., & Meers, E. (2017). Fertilizer performance of liquid fraction of digestate as synthetic nitrogen substitute in silage maize cultivation for three consecutive years. *The Science of the Total Environment*, 599-600, 1885-1894.

Smith, K. A., Metcalfe, P., Grylls, J., Jeffrey, W., Sinclair, A. (2007). *Nutrient value of digestate from farm-based biogas plants in Scotland*. Report for Scottish Executive Environment and Rural Affairs Department-ADA/009/06.

Sương, N. K. & Dũng, N. L. (1997). Sản xuất khí đốt biogas bằng kỹ thuật lên men kỵ khí, Nhà xuất bản Nông nghiệp.

Taylor, W. I., & Harris, B. (1965). Isolation of shigellae. II. Comparison of plating media and enrichment broths. *American Journal of Clinical Pathology*, 44(4), 476-9.

Vi, L. Q., Huyền, Đ. T. T., Tín, P. Đ., Hiệu, T. T., Thảo, N.T.P. & Thắng, N.V. (2020). Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi sau biogas quy mô hộ gia đình khu vực Đồng bằng sông Cửu Long bằng phương pháp hấp phụ biochar kết hợp oxy hóa bậc cao (ozon). *Tạp chí Môi trường*, số Chuyên đề Tiếng việt 1/2020.

Viễn, D. M., Gương, V. T., Đông, N. M., & Phương, N. T. K. (2006). Sử dụng phân hữu cơ bã bùn mía cải thiện dinh dưỡng P và độc chất Al trên đất phèn. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 6, 118-125.

Việt, L. H., Ý, L. T. N., Nhi, V. T. Đ., & Ngân, N. V. C. (2017). Xử lý nước thải từ hầm ủ biogas bằng ao thâm canh tảo *Spirulina* sp.. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 49a,1-10. DOI:10.22144/jvn.2017.001

Vinh, N. Q. (2010). *Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu sử dụng nước xả của các công trình khí sinh học làm phân bón cho rau cải xanh và xả lách ở Đồng Nai*.