



DOI:10.22144/ctu.jvn.2023.101

SẢN XUẤT KHÍ SINH HỌC TỪ ĐỒNG PHÂN HỦY RÁC THỰC PHẨM VÀ LỤC BÌNH

Nguyễn Công Thuận* và Trần Sỹ Nam

Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Công Thuận (email: ncthuan@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 13/12/2022

Ngày nhận bài sửa: 19/04/2023

Ngày duyệt đăng: 25/04/2023

Title:

Biogas production from co-digestion of food waste and water hyacinth

Từ khóa:

Khí sinh học, lên men yếm khí, lục bình, phối trộn rác thực phẩm

Keywords:

Anaerobic fermentation, biogas, co-digestion, food wastes, water hyacinth

ABSTRACT

This study aimed to investigate the potential of co-digestion of food waste (FW) and water hyacinth (WH) to improve biogas yield compared to only digestion of FW. Semi-continuous anaerobic incubation with different ratios of FW and WH was conducted. The results showed that the daily produced biogas and biogas yield were higher with increasing mixed WH ratios. Specifically, the volumes of daily produced biogas were 0.37 ± 0.03 L/day, 0.51 ± 0.03 L/day, 1.03 ± 0.03 L/day, 1.31 ± 0.04 L/day, and 1.71 ± 0.08 L/day for the treatments of 100%FW, 75%FW+25%WH, 50%FW+ 50%WH, 25%FW+75%WH, and 100%WH, respectively, while the biogas yields were 1.08 ± 0.10 L/(kgTS×day), 1.50 ± 0.10 L/(kgTS×day), 3.01 ± 0.09 L/(kgTS×day), 3.81 ± 0.11 L/(kgTS×day), 5.01 ± 0.24 L/(kgTS×day) for the same treatments. The percentage concentration of CH₄ was also lowest for the 100%FW treatment ($28.25 \pm 17.48\%$) compared to the 75%FW+25%WH treatment ($30.25 \pm 18.62\%$), the 50%FW+ 50%WH treatment ($33.25 \pm 17.59\%$), the 25%FW+75%WH treatment ($40.15 \pm 19.19\%$), and the 100%WH treatment ($44.51 \pm 18.71\%$). These results suggest that co-digestion of FW with WH has the potential to significantly increase biogas yield, providing a promising solution for the treatment of food waste by the biogas production method.

TÓM TẮT

Mục tiêu nghiên cứu này là nhằm điều tra tiềm năng của đồng phân hủy rác thực phẩm (RTP) và lục bình (LB) để cải thiện năng suất khí sinh học so với chỉ phân hủy RTP. Ủ yếm khí bán liên tục với các tỷ lệ khác nhau của RTP và LB được thực hiện và kết quả thể hiện rằng thể tích khí sinh học sinh ra hằng ngày, năng suất khí sinh học cao hơn khi tỷ lệ trộn với LB cao hơn. Cụ thể là, thể tích khí sinh học sinh ra là $0,37 \pm 0,03$ L/ngày, $0,51 \pm 0,03$ L/ngày, $1,03 \pm 0,03$ L/ngày, $1,31 \pm 0,04$ L/ngày và $1,71 \pm 0,08$ L/ngày lần lượt cho các nghiệm thức 100%RTP, 75%RTP+25%LB, 50%RTP+ 50%LB, 25%RTP+75%LB và 100%LB, trong khi năng suất khí sinh học là $1,08 \pm 0,10$ L/(kgTS×ngày), $1,50 \pm 0,10$ L/(kgTS×ngày), $3,01 \pm 0,09$ L/(kgTS×ngày), $3,81 \pm 0,11$ L/(kgTS×ngày), $5,01 \pm 0,24$ L/(kgTS×ngày) ho cùng nghiệm thức. Nồng độ phần trăm khí CH₄ thấp nhất ở nghiệm thức 100%RTP ($28,25 \pm 17,48\%$) so với nghiệm thức 75%RTP+25%LB ($30,25 \pm 18,62\%$), nghiệm thức 50%RTP+ 50%LB ($33,25 \pm 17,59\%$), nghiệm thức 25%RTP+75%LB ($40,15 \pm 19,19\%$), và nghiệm thức 100%LB ($44,51 \pm 18,71\%$). Kết quả đề nghị rằng đồng phân hủy RTP và LB có tiềm năng tăng ý nghĩa năng suất khí sinh học, cung cấp một giải pháp hứa hẹn cho xử lý RTP bởi phương pháp sản xuất khí sinh học.

1. GIỚI THIỆU

Sản xuất khí sinh học từ rác thực phẩm (RTP) như một biện pháp để tái sử dụng RTP, tuy nhiên nghiên cứu về sản xuất khí sinh học từ RTP còn hạn chế (Satyam et al., 2021; Sandesh et al., 2022). Ở nông thôn Việt Nam, tỉ lệ thu gom rác thải, trong đó có RTP, khá thấp (65,7%); thêm vào đó, thành phần RTP chiếm tỉ lệ cao (50 – 70%) (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2020). Hệ thống khí sinh học đã được áp dụng rất thành công trong xử lý chất thải chăn nuôi ở nông thôn. Dựa trên kết quả nghiên cứu của Thuận và Nam (2022) về khả năng sinh khí mê-tan (CH₄) từ ủ yếm khí theo mẻ RTP phân hủy sinh học ở nông thôn, RTP có thể được sử dụng để sản xuất khí học và nồng độ khí CH₄ đảm bảo cho đun nấu. Tuy nhiên, khi so sánh với lục bình (LB) thì khả năng sinh khí sinh học từ RTP kém hơn (Thuận & Nam, 2022).

RTP sinh ra hằng ngày ở mỗi hộ gia đình không đủ để sản xuất khí sinh học cho nông hộ sử dụng. Vì thế để xử lý rác ở hộ gia đình bằng phương pháp sản xuất khí sinh học và đủ khí CH₄ cho nông hộ sử dụng thì hệ thống khí sinh học cần thêm nguyên liệu nạp. LB được biết đến có khả năng sản xuất tốt khí sinh học (Nam và ctv., 2017; Ngân và ctv., 2018) và sự sẵn có của LB ở nông thôn cao. Việc kết hợp RTP và LB để sản xuất khí sinh học được mong đợi (1) cải thiện khả năng sinh khí vì LB có khả năng sinh khí cao hơn và (2) tạo đủ gas cho hộ gia đình sử

dụng vì RTP không đủ để sản xuất đủ gas cho hộ gia đình sử dụng hằng ngày. Nghiên cứu này được thực

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu nghiên cứu

RTP được thu ở các hộ dân ở ấp Tân Thạnh Tây, xã Tân Phú Thạnh, huyện Châu Thành A, tỉnh Hậu Giang. RTP dễ phân hủy gồm rau thừa (43,2% tính theo khối lượng tươi), vỏ trái cây và trái cây hư (39,9%), thức ăn đã nấu (12,4%) và các loại khác (4,5%). RTP sau khi thu thì được cắt ngắn < 2cm nhằm gia tăng diện tích bề mặt tiếp xúc cho vi sinh vật và tạo điều kiện cho quá trình phân hủy nhanh hơn (Ngân và ctv., 2018). LB được thu tại rạch ở ấp Tân Thạnh Tây, xã Tân Phú Thạnh, huyện Châu Thành A, tỉnh Hậu Giang. LB (gồm thân và lá được để ráo nước tự nhiên trong phòng một ngày) cũng được cắt ngắn < 2cm và được trộn đều để dùng cho thí nghiệm. RTP và LB sau khi xử lý được bảo quản đông lạnh trong tủ đông ở nhiệt độ khoảng -4oC để sử dụng trong suốt quá trình thí nghiệm. Mẫu RTP và LB dùng cho thí nghiệm được phân tích các thông số ẩm độ, chất rắn bay hơi (%VS), cacbon hữu cơ tổng số (%C), đạm tổng số (%N) và tính toán cho chỉ số C/N như ở Bảng 1. VS được phân tích theo phương pháp nung (APHA, 1998), cacbon hữu cơ tổng số được phân tích theo phương pháp Walkley Black (Bộ Khoa học và Công nghệ Môi trường, 2011), đạm tổng số được phân tích theo phương pháp Kjeldahl (Bộ Khoa học và Công nghệ Môi trường, 1995).

Bảng 1. Đặc tính lý, hóa học của nguyên liệu nạp trong thí nghiệm

Vật liệu nạp	Ẩm độ (%)	VS (%)	C (%)	N (%)	C/N
Rác thực phẩm	93,16 ± 0,15	82,12 ± 0,19	47,63 ± 0,46	1,68 ± 0,00	28,35 ± 0,27
Lục bình	93,16 ± 0,16	76,35 ± 2,45	44,29 ± 1,42	1,52 ± 0,00	29,14 ± 0,94

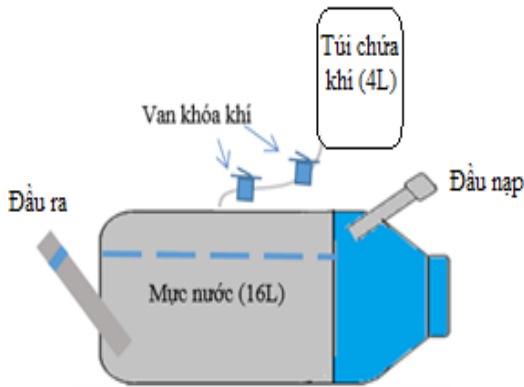
Ghi chú: phương pháp phân tích

Nước môi cho thí nghiệm là nước thải từ hệ thống khí sinh học đang hoạt động tại ấp Tân Thạnh Tây, xã Tân Phú Thạnh, huyện Châu Thành A, tỉnh Hậu Giang. Việc bổ sung nước thải từ hệ thống khí sinh học vào mỗi bình ủ được thực hiện nhằm thúc đẩy nhanh quá trình sinh khí (Ngân và ctv., 2018). Đặc điểm chất lượng nước môi như sau: pH = 7,22; độ kiềm = 219,3 mgCaCO₃/L; đạm a-môn (N-NH₄⁺) = 80,1 mg/L; photphát (P-PO₄³⁻) = 106,8 mg/L; tổng chất rắn (TS) = 36,5 mg/L; VS = 27,3 mg/L.

2.2. Bố trí thí nghiệm

2.2.1. Thiết kế mô hình ủ yếm khí bán liên tục

Bình ủ cho thí nghiệm ủ yếm khí bán liên tục được thiết kế như Hình 1 (Thuan & Khanh, 2022). Mô hình được mô tả ngắn gọn như sau: bình ủ gồm 20 lít với 16 lít để chứa dung dịch và 4 lít để chứa khí sinh học sinh ra; một ống nhựa gắn với bình ủ để dẫn khí vào túi chứa khí (được hút chân không); một ống nhựa (ø=27 mm) được gắn với bình ủ để hút dung dịch đo các thông số môi trường.



Hình 1. Mô hình ủ yếm khí bán liên tục

2.2.2. *Bố trí thí nghiệm*

Thí nghiệm được bố trí với 5 nghiệm thức và 3 lần lặp lại. Năm nghiệm thức dựa trên sự khác biệt về tỉ lệ phối trộn giữa RTP và LB. Tỉ lệ phối trộn được chọn là 2%TS. Đây là tỉ lệ TS mà năng suất sinh khí sinh học và khí CH₄ tốt đối với ủ yếm khí

Bảng 2. Các nghiệm thức phối trộn RTP và LB

Tên nghiệm thức	TS (%)	Khối lượng khô được nạp cho 45 ngày (g) (a)	Hàm lượng chất rắn (%) (b)	Tổng khối lượng tươi được nạp cho 45 ngày (g) (c = a*100/b)	Lượng nguyên liệu tươi được nạp mỗi ngày (từ ngày 1 đến ngày 45) (g) d=c/45	
					RTP	LB
NT1					103,96	0,00
NT2					77,97	25,99
NT3	2%	320	6,84	4.678,36	51,98	51,98
NT4					25,99	77,97
NT5					0,00	103,96

2.2.3. *Thu thập số liệu và tính toán số liệu*

Các thông số nhiệt độ và pH dung dịch trong bình ủ được đo hàng ngày bằng các máy đo pH cầm tay (HM-3IP, Nhật Bản), trong khi giá trị thế oxy hóa khử (Eh) được đo bằng máy Eh cầm tay (DKK TOA, Nhật Bản). Tổng thể tích khí sinh ra được lưu trong túi nhôm trong khoảng thời gian 5 ngày và được đo mỗi 5 ngày trong 60 ngày thí nghiệm bằng đồng hồ đo thể tích khí (TG 02, Ritter, Đức). Tỷ lệ khí CH₄, nồng độ khí Hydro sulfide (H₂S) và khí khác và tỷ lệ khí khác được đo cùng ngày với ngày đo tổng thể tích khí sinh ra bằng máy phân tích khí biogas (GA 5000, Geotechnology, UK).

Năng suất sinh khí sinh học tính trên nguyên liệu nạp được xác định theo công thức (1) (Thuan & Khanh, 2022; Thuận & Nam, 2022)

$$NSSK = (\sum Vt)/W \times d \tag{1}$$

theo mô của RTP (Thuận & Nam, 2022) và LB (Thuan & Khanh, 2022). Các nghiệm thức phối trộn RTP và LB cho thí nghiệm ủ bán liên tục được thể hiện ở Bảng 2.

Đầu tiên nước môi (200 mL) được cho vào bình ủ một lần trước khi nạp nguyên liệu, sau đó các bình ủ được nạp thủ công các vật liệu có khối lượng tương ứng với từng nghiệm thức đã được chuẩn bị để đảm bảo vật liệu chìm trong dung dịch và cuối cùng điều chỉnh bằng nước máy (được khử chlorine bằng cách để nước máy tự nhiên trong 7 ngày từ ngày lấy) một lần đến đúng thể tích thí nghiệm. Thời gian theo dõi thí nghiệm ủ yếm khí bán liên tục là 60 ngày như các thí nghiệm về ủ yếm khí theo mô và bán liên tục cho từng vật liệu RTP hay LB (Thuan & Khanh, 2022; Thuận & Nam, 2022). Nguyên liệu với khối lượng như ở Bảng 2 được nạp mỗi ngày từ ngày đầu (ngày 1) đến ngày 45 thì ngưng nạp (không nạp tiếp vì vật liệu đầy bình ủ), nhưng vẫn theo dõi lượng khí sinh ra đến ngày 60.

Trong đó:

NSSK: Năng suất sinh khí (L/KgTS × ngày)

ΣVt: Tổng thể tích khí sinh ra ở thời điểm t (L)

W: Trọng lượng nguyên liệu nạp tính theo TS (g) hoặc VS (g)

d: Thời điểm (ngày)

2.2.4. *Xử lý số liệu*

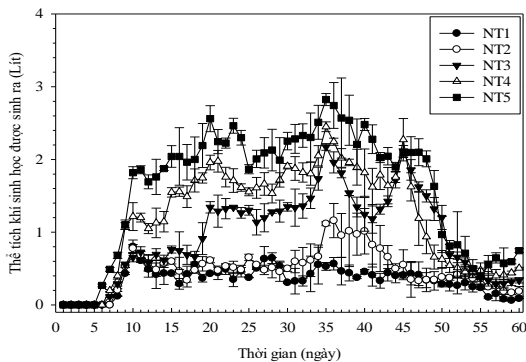
Sử dụng phần mềm SPSS 22.0 để thống kê mô tả cho giá trị trung bình (± stdev) của các giá trị nhiệt độ, pH, Eh, thể tích khí sinh học sinh ra hàng ngày, tổng thể tích khí sinh học, nồng độ CH₄, năng suất sinh khí và phân tích thống kê One-Way-ANOVA với phép kiểm định Duncan ở độ tin cậy 95% để so sánh giá trị trung bình pH, Eh, thể tích khí sinh học sinh ra hàng ngày, tổng thể tích khí sinh học, nồng

độ CH₄, năng suất sinh khí giữa các nghiệm thức. Mối quan hệ giữa tổng thể tích khí sinh học và giá trị pH và Eh được xác định bởi phân tích tương quan Pearson (mức ý nghĩa 5%).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thể tích khí sinh học sinh ra

Thể tích khí sinh học được sinh ra hằng ngày được thể hiện ở Hình 2. Các nghiệm thức với LB nhiều hơn có khí sinh học được sinh ra nhanh hơn so với các nghiệm thức với RTP nhiều hơn (NT5 có khí sinh học sinh ra ở ngày thứ 6; NT4, NT3 có khí sinh học sinh ra ở ngày thứ 7 và NT2, NT1 có khí sinh học sinh ra ở ngày thứ 8). Điều này cho thấy sự phân hủy LB diễn ra sớm hơn so với RTP. Khí sinh học sinh ra chậm ở giai đoạn 10 ngày đầu của thí nghiệm, bắt đầu ổn định và tăng cao ở giai đoạn 10 – 45 ngày và giảm dần từ ngày 45 đến ngày 60 của thí nghiệm (do ngưng nạp nguyên liệu ủ). Khuynh hướng này cũng tương tự như các nghiên cứu trước đây của Thuan and Khanh (2022), Thuận và Nam (2022). Thể tích khí sinh học trung bình sinh ra hằng ngày trong 60 ngày thí nghiệm giữa các nghiệm thức khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) ($0,37 \pm 0,03L$, $0,51 \pm 0,03L$, $1,03 \pm 0,03L$, $1,31 \pm 0,04L$, $1,71 \pm 0,08L$ lần lượt cho các nghiệm thức NT1, NT2, NT3, NT4 và NT5).



Hình 2. Thể tích khí sinh học sinh ra hằng ngày ở các nghiệm thức thí nghiệm

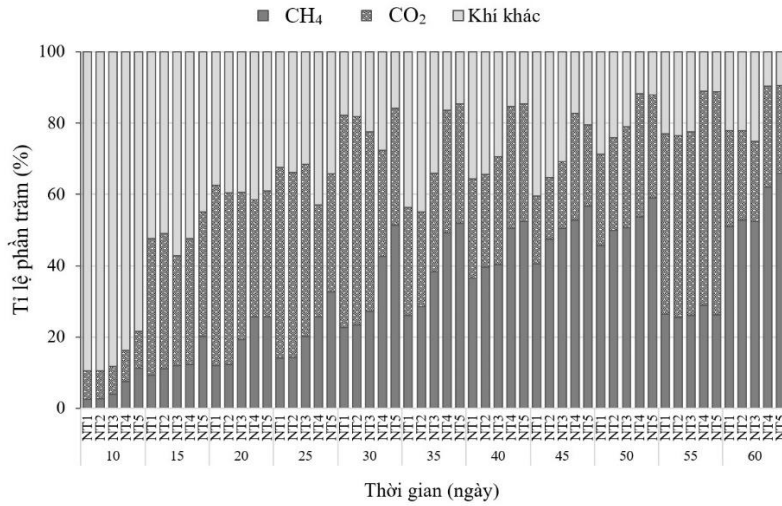
Tương tự như xu hướng thể tích khí sinh học trung bình sinh ra hằng ngày, tổng thể tích khí sinh học tích dồn trong 60 ngày thí nghiệm giữa các nghiệm thức khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Các nghiệm thức có tỷ lệ LB cao hơn có khuynh hướng có tổng thể tích khí sinh học sinh ra nhiều

hơn ($20,67 \pm 1,89L$, $28,83 \pm 1,84L$, $57,71 \pm 1,69L$, $72,23 \pm 2,08L$; $96,22 \pm 4,70L$ là lần lượt cho các nghiệm thức NT1, NT2, NT3, NT4 và NT5). Qua đây cho thấy, LB có năng suất sinh khí tốt hơn so với RTP trong thời gian ủ yếm khí 60 ngày. RTP và LB có tỷ lệ C và N khá tương đồng, về lý thuyết thì thành phần C dễ phân hủy sinh học trong vật liệu nào cao hơn sẽ sản sinh nhiều khí sinh học hơn. LB sản xuất nhiều khí sinh học hơn vì chứa nhiều C dễ phân hủy sinh hơn và điều này cần được kiểm chứng vì đây cũng là giới hạn của nghiên cứu này.

3.2. Nồng độ khí CH₄

Nồng độ phần trăm khí CH₄, CO₂ và các khí khác mỗi 5 ngày từ ngày 10 đến ngày 60 được thể hiện ở Hình 3. Nồng độ phần trăm khí CH₄ có khuynh hướng tăng dần theo thời gian, trong khi nồng độ phần trăm khí CO₂ và khí khác có khuynh hướng ngược lại. Sự thay đổi nồng độ phần trăm khí CH₄ theo thời gian thí nghiệm trong nghiên cứu này là phù hợp với các nghiên cứu khác với đối tượng là RTP (Thuận & Nam, 2022) và LB (Thuận & Khanh, 2022; Nam và ctv., 2017). Nồng độ phần trăm trung bình khí CH₄, CO₂ và các khí khác ở tất cả các nghiệm thức từ ngày 10 đến ngày 60 lần lượt là $35,28 \pm 6,85\%$, $30,77 \pm 1,80\%$ và $33,95 \pm 5,22\%$. Nồng độ phần trăm trung bình khí CH₄ có khuynh hướng cao hơn ở các nghiệm thức có tỉ lệ LB cao hơn ($28,25 \pm 17,48\%$, $30,25 \pm 18,62\%$, $33,25 \pm 17,59\%$, $40,15 \pm 19,19\%$ và $44,51 \pm 18,71\%$ là lần lượt cho các nghiệm thức NT1, NT2, NT3, NT4 và NT5). Nồng độ phần trăm trung bình khí CH₄ có khuynh hướng tương tự như khuynh hướng thể tích khí sinh học hằng ngày. Sự khác biệt nồng độ phần trăm trung bình khí CH₄ giữa các nghiệm thức là không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

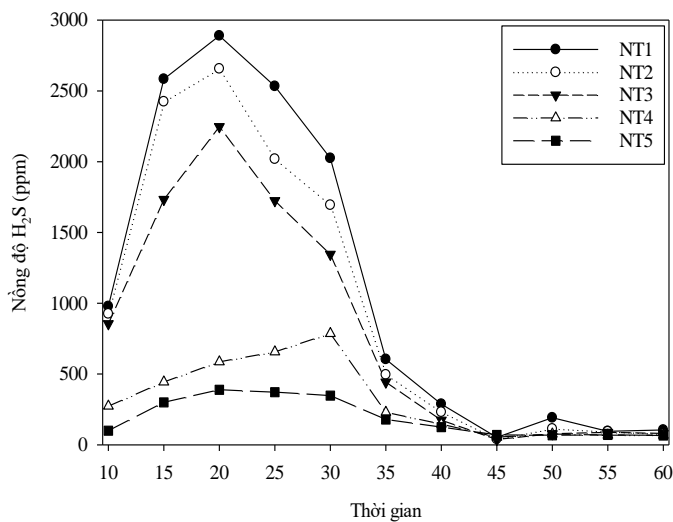
Nồng độ phần trăm khí CH₄ trong khí sinh học từ 45% thì có thể sử dụng cho đun, nấu (Ngân và ctv., 2018). Kết quả cho thấy, trong điều kiện nạp nguyên liệu mỗi ngày, khí sinh học có thể sử dụng ở ngày 30 cho NT5, ngày 35 cho NT4, ngày 45 cho NT3 và NT2 và ngày 50 cho NT1. Theo nghiên cứu của Thuận và Nam (2022) về ủ yếm khí rác thực phẩm theo mẻ, ở ngày thứ 50, nồng độ phần trăm khí CH₄ trong khí sinh học hơn 45% như NT1 của nghiên cứu này. Qua đây cho thấy, nếu sử dụng RTP cho sản khí sinh học thì mất thời gian dài hơn để có thể sử dụng khí sinh học so với sử dụng LB.



Hình 3. Khí sinh học thành phần được tạo ra ở các nghiệm thức

Nồng độ khí H₂S có xu hướng tăng dần đến ngày 20 và sau đó giảm dần. Sau ngày 20, sự thay đổi nồng độ khí H₂S có xu hướng ngược lại so với khí CH₄ (Hình 4). Nồng độ khí H₂S có xu hướng cao hơn ở các nghiệm thức có tỉ lệ RTP cao hơn (1122,55 ± 1146,68ppm, 978,73 ± 1026,02ppm, 800,73 ± 823,04ppm, 307,73 ± 267,04ppm và 189,64 ± 134,74ppm là lần lượt cho các nghiệm thức NT1, NT2, NT3, NT4 và NT5). Qua đây cho thấy, nồng độ khí H₂S khi ủ yếm khí RTP cao, vì vậy việc làm giảm khí H₂S cần được cải thiện khi sử dụng RTP cho sản xuất khí sinh học. Trong RTP có chứa lưu huỳnh (trong protein) nên hình thành nhiều H₂S (Tian et al., 2020).

Nồng độ H₂S là chất gây ô nhiễm nguy hiểm, độc hại và ăn mòn nhiều nhất trong khí sinh học, việc loại bỏ nó là điều kiện cần thiết cho bất kỳ hệ thống chuyển đổi năng lượng nào (Hao et al., 2020; Monteleone et al., 2011). Ngay cả ở nồng độ thấp, sự hiện diện của H₂S là không mong muốn trong quá trình phục hồi năng lượng chủ yếu do tính chất ăn mòn của nó. Nồng độ H₂S cho đốt cháy được khuyến nghị nhỏ hơn 500 ppm (Fortuny et al., 2011). Như vậy, các nghiệm thức RTP có nồng độ lớn hơn 500 ppm thì để sử dụng khí sinh học cần thời gian ủ yếm khí dài hơn. Ngoài ra, có thể sử dụng phương pháp lọc H₂S để có chất lượng khí sinh học cho đun nấu tốt hơn.



Hình 4. Nồng độ khí H₂S sinh ra ở các nghiệm thức

3.3. Năng suất sinh khí sinh học

Năng suất sinh khí của nguyên liệu ủ ở các nghiệm thức được thể hiện ở Bảng 3. Qua kết quả, năng suất sinh khí (tính theo cả cho TS và VS) ở các nghiệm thức có tỷ lệ RTP càng cao thì càng thấp. Trong nghiên cứu này, nghiệm thức 100% RTP cho năng suất thấp nhất so với các nghiệm thức còn lại. Qua quan sát cho thấy, sự nổi lên của các vật liệu bên trong bình ủ ở nghiệm thức 100% RTP và 75% RTP+25% LB nhiều hơn các nghiệm thức còn lại. Hạn chế của nghiên cứu là không khuấy đảo, không bố trí lớp lưới chống nổi vật liệu. Đây có thể cũng là một trong những nguyên nhân làm cho lượng khí thu được ở các nghiệm thức này thấp hơn các nghiệm thức còn lại. Vật liệu nổi lên và tạo thành ván trên bề mặt dung dịch hạn chế thoát khí từ dung dịch ra khoảng trống bên trong bình ủ. Do đó, để tăng năng suất sinh khí từ ủ yếm khí RTP, việc khuấy trộn vật liệu ủ cần được thực hiện (Latha et al., 2019).

Qua kết quả nghiên cứu, RTP được phối trộn với LB thì năng suất sinh khí sinh học cao hơn. Jingqing et al. (2013) nghiên cứu phối hợp rác thải nhà bếp và phân heo để sản xuất khí sinh học và qua kết quả cho thấy rằng, việc phối trộn làm gia tăng năng suất sinh khí so với chỉ sử dụng 100% chất thải nhà bếp. Vì vậy, khi sử dụng RTP để sản xuất khí sinh học nên phối trộn các vật liệu khác như LB hay phân gia súc để thu được khí sinh học nhiều hơn.

Bảng 3: Năng suất sinh khí tính theo TS nạp và theo VS

Nghiệm thức	Năng suất sinh khí (L/kgTS/ngày)	Năng suất sinh khí (L/kgVS/ngày)
NT1	1,08 ± 0,10 ^a	1,31 ± 0,12 ^a
NT2	1,50 ± 0,10 ^b	1,86 ± 0,12 ^b
NT3	3,01 ± 0,09 ^c	3,79 ± 0,11 ^c
NT4	3,81 ± 0,11 ^d	4,90 ± 0,14 ^d
NT5	5,01 ± 0,24 ^e	6,56 ± 0,32 ^e

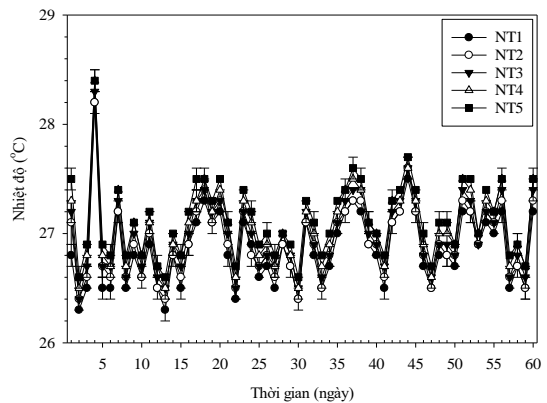
Ghi chú: Các chữ số (a, b, c, d và e) trong cùng một cột của bảng khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức (p < 0,05)

3.4. Ảnh hưởng của điều kiện môi trường của dung dịch ủ yếm khí đến khả năng sinh khí

3.4.1. Nhiệt độ của dung dịch ủ yếm khí

Nhiệt độ nước trong bình ủ dao động từ 26,3 đến 28,5°C (27,0 ± 0,4°C) (Hình 5). Nhiệt độ ảnh hưởng đến sự phân hủy của chất hữu cơ, hoạt động của vi khuẩn yếm khí sinh CH₄. Theo Việt (2005), điều kiện thích hợp cho vi khuẩn ưa ấm phát triển từ 25 đến 40°C, vi sinh vật ưa nhiệt từ 50 đến 65°C. Theo

Khải (2009), điều kiện tự nhiên nhiệt độ thích hợp cho vi khuẩn sinh CH₄ là 30 – 40°C, nhiệt độ thấp hơn hoặc thay đổi đột ngột đều ảnh hưởng quá trình sinh khí CH₄. Theo Chae et al. (2008), quá trình phân hủy yếm khí hoạt động hiệu quả nhất ở nhiệt độ 35°C. Nghiên cứu của Khải và Lượng (2010) cũng cho rằng ở nhiệt độ cao, tốc độ phát triển của các vi khuẩn nhanh hơn, tốc độ sinh khí CH₄ của vi khuẩn tăng theo nhiệt độ. Nhìn chung, khoảng nhiệt độ của các thí nghiệm là khá thuận lợi cho sự phát triển của vi sinh vật. Khác biệt nhiệt độ giữa các nghiệm thức không có ý nghĩa (p > 0,05).



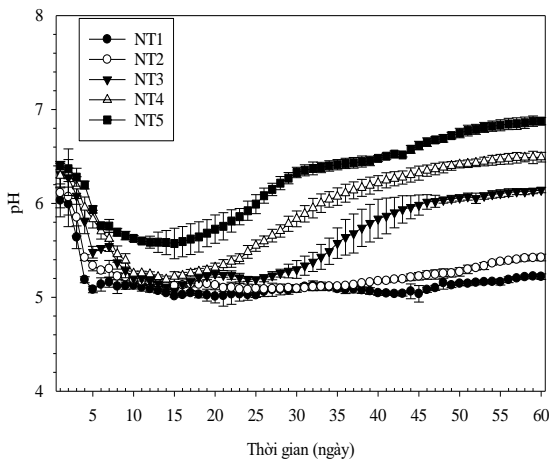
Hình 5. Nhiệt độ nước trong bình ủ ở các nghiệm thức

3.4.2. pH của dung dịch ủ yếm khí

Giá trị pH của dung dịch ủ dao động từ 4,89 đến 6,94 (5,64 ± 0,55) (Hình 6). Giá trị pH thay đổi theo từng giai đoạn của mẻ ủ, ở giai đoạn thủy phân các hợp chất hữu cơ và giai đoạn sinh axit, pH giảm xuống. Trong giai đoạn ngày 5-20, giá trị pH có xu hướng giảm (pH < 5,5) do chất hữu cơ bắt đầu được thủy phân mạnh mẽ và sinh ra nhiều axit. Sau ngày 20, giá trị pH có khuynh hướng tăng dần và ổn định hơn ở các NT3, NT4 và NT5, riêng các NT1 và NT2 có giá trị pH luôn nhỏ hơn 5,5.

Theo Raja & Lee (2012), giá trị pH thích hợp cho quá trình ủ yếm khí dao động từ 6,5 đến 8,5, giá trị pH dưới 5,5 sẽ làm cho quá trình phân hủy bị ức chế. Theo Việt (2005), pH tối ưu cho các vi khuẩn sinh khí CH₄ từ 7,0 đến 7,2. Như vậy, pH của thí nghiệm là chưa tối ưu cho sinh khí CH₄ ở các nghiệm thức, do đó việc nghiên cứu cải thiện giá trị pH để tối ưu về năng suất sinh khí cần được thực hiện. Giá trị pH của dung dịch ủ có khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức (p < 0,05), tăng dần từ NT1 đến NT5 (5,15 ± 0,04, 5,24 ± 0,03, 5,62 ± 0,06, 5,92 ± 0,05, 6,25 ± 0,07 lần lượt cho NT1, NT2,

NT3, NT4 và NT5). Giá trị pH có tương quan thuận có ý nghĩa với tổng thể tích khí sinh học ($R = 0,995$, $p < 0,001$). Qua đây cho thấy, pH ảnh hưởng đến khả năng sinh khí sinh học và sinh khí CH_4 , pH càng cao thì năng suất sinh khí càng cao. Mối tương quan thuận giữa pH và tổng thể tích khí sinh học cũng được tìm thấy ở các nghiên cứu trước đây (Nam và ctv., 2017; Thuận & Nam, 2022).



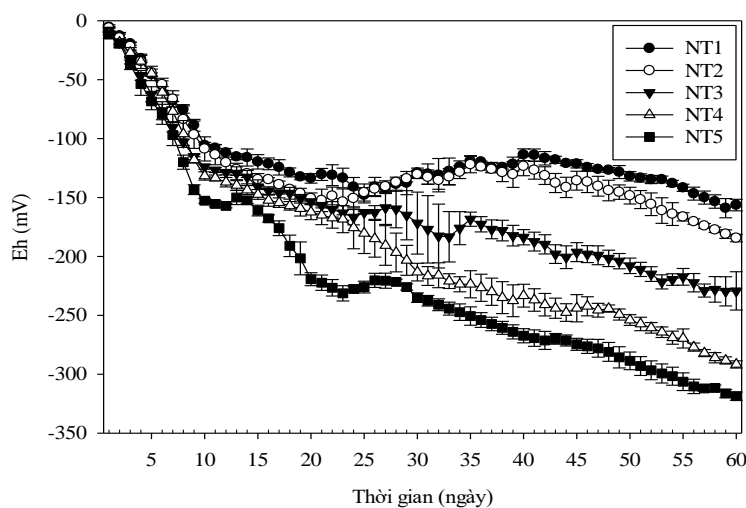
Hình 6. pH nước trong bình ủ ở các nghiệm thức

3.4.3. Giá trị oxy hóa khử (Eh) của dung dịch ủ yếm khí

Giá trị Eh của dung dịch ủ dao động từ $-4,00$ mV đến $-322,00$ mV ($-162,97 \pm 69,74$ mV) (Hình 7). Giá

trị Eh ở các nghiệm thức có khuynh hướng giảm dần theo thời gian (Nam và ctv., 2017; Thuận & Nam, 2022). Trong quá trình ủ yếm khí, các vi sinh vật yếm khí tùy nghi tiêu thụ oxy hòa tan trong nước và là nguyên nhân làm giảm Eh (Garadi, 2003), giá trị Eh càng âm cho thấy môi trường trong mẻ ủ có trạng thái khử cao, quá trình này sẽ thuận lợi cho quá trình phát triển của vi sinh vật yếm khí sinh khí CH_4 . Trong môi trường yếm khí hoàn toàn, thể oxy hóa khử luôn đạt giá trị âm (nhỏ hơn -100 mV) (Viese & Koning, 2007). Giá trị Eh cao (> -100 mV) trong giai đoạn 5 ngày đầu cho thấy quá trình khử xảy ra kém trong giai đoạn này. Như vậy, sau 5 ngày, điều kiện môi trường của các mẻ ủ đã ở trạng thái yếm khí hoàn toàn, thuận lợi cho sinh khí CH_4 .

Sự khác biệt có ý nghĩa giá trị Eh của dung dịch ủ giữa các nghiệm thức được tìm thấy ($p < 0,05$); giá trị Eh giảm dần từ NT1 đến NT5 ($-116,71 \pm 3,43$ mV, $-127,66 \pm 3,44$ mV, $-161,51 \pm 6,03$ mV, $-190,16 \pm 6,22$ mV và $-218,81 \pm 4,87$ mV lần lượt cho NT1, NT2, NT3, NT4 và NT5). Sự tương quan nghịch có ý nghĩa giữa Eh và tổng thể tích khí sinh học được tìm thấy ($R = 0,993$, $p < 0,001$). Điều này chứng tỏ rằng, Eh ảnh hưởng đến khả năng sinh khí sinh học và sinh khí CH_4 , Eh càng thấp thì năng suất sinh khí càng cao. Mối tương quan nghịch giữa pH và tổng thể tích khí sinh học cũng được tìm thấy ở các nghiên cứu trước đây (Nam và ctv., 2017; Thuận & Nam, 2022).



Hình 7. Eh nước trong bình ủ ở các nghiệm thức

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Thí nghiệm khả năng sinh khí sinh học của RTP được phối trộn với LB cho thấy thể tích khí sinh học sinh ra hằng ngày, tổng thể tích khí tích sinh ra và nồng độ khí CH₄, năng suất sinh khí có khuynh hướng cao hơn ở các nghiệm thức RTP được phối trộn với LB ở tỉ lệ cao hơn. Qua nghiên cứu cho thấy, phối trộn RTP với LB góp phần tăng năng suất sinh khí sinh học khi xử lý RTP bằng phương pháp sản xuất khí sinh học. Để tăng năng suất sinh khí của RTP khi không phối trộn hoặc phối trộn với LB với

tỷ lệ thấp thì cần cải thiện điều kiện pH của dung dịch ủ yếm khí.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi The Toyota Foundation (No. D19-N-0043), Nhật Bản. Nhóm tác giả chân thành cảm ơn phòng thí nghiệm Môi trường Đất và Nước, phòng thí nghiệm Độc học Môi trường và phòng thí nghiệm Chất thải rắn của Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ thiết bị phân tích mẫu nước và khí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- APHA. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.
- Bộ Khoa học và Công nghệ Môi trường. (1995). *TCVN 6498:1999 (ISO 11261 : 1995) về chất lượng đất - xác định nitơ tổng - phương pháp Kjedahl*.
- Bộ Khoa học và Công nghệ Môi trường. (2011). *TCVN 8941:2011 về Chất lượng đất - Xác định các bon hữu cơ tổng số - Phương pháp Walkley Black*.
- Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2020). *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2019*. Nhà xuất bản Dân Trí.
- Chae, K. J., Jang, A., Yim, S. K., & Kim, I. S. (2008). The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. *Bioresource Technol.* 99, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.063>
- Fortuny, M., Baeza, J. A., Gamisans, X., Casas, C., Lafuente, J., Deshusses, M. A., & Gabriel, D. (2011). Biological sweetening of energy gases mimics in biotrickling filters. *Chemosphere*, 71(1), 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.10.072>
- Garadi, M. H. (2003). *The microbiology of anaerobic digesters*. Wiley Interscience. John Wiley & Sons. Inc. 94-129.
- Hao, H. N., Van, L. T. T., & Luu, T. L. (2020). Removal of H₂S in biogas using biotrickling filter: Recent development. *Process Safety and Environmental Protection*, 144, 297-309. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.07.011>
- Jingqing, Y., Li, D., Sun, Y., Wang, G., Yuan, Z., Zhen, F., & Wang, Y. (2013). Improved biogas production from rice straw by co-digestion with kitchen waste and pig manure. *Waste Management*, 33, 2653-2658. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.05.014>
- Khải, N. Q. (2009). *Công nghệ khí sinh học: Hướng dẫn xây dựng, vận hành, bảo dưỡng, sử dụng toàn diện khí sinh học và bã thải*. Nhà xuất bản Lao động – xã hội.
- Khải, N. Q., Lương, N. G. (2010). *Công nghệ khí sinh học chuyên khảo*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- Latha, K., Velraj, R., Shanmugam, P., & Sivanesan, S. (2019). Mixing strategies of high solids anaerobic co-digestion using food waste with sewage sludge for enhanced biogas production. *Journal of Cleaner Production*, 210, 388-400. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.219>
- Monteleone, G., De Francesco, M., Galli, S., Marchetti, M., & Naticchioni, V. (2011). Deep H₂S removal from biogas for molten carbonate fuel cell (MCFC) systems. *Chemical Engineering Journal*, 173 (2), 407-414. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.07.078>
- Nam, T. S., Kha, L. T. M., Khánh, H.V., Thảo, H. V. T., Ngân, N. V. C., Chiêm, N. H., Việt, L. H., & Ingvorsen, K. (2017). Khả năng sinh khí biogas của rơm và lục bình theo phương pháp ủ yếm khí theo mẻ với hàm lượng chất rắn khác nhau. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu (1), 93-99. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2017.035>
- Ngân, N. V. C., Chiêm, N. H., Việt, L. H., Nam, T. S., Út, V. N., & Ingvorsen, K. (2018). *Lục bình, tiềm năng sử dụng cho sản xuất khí sinh học*. Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- Raja, S. A., Lee, C. L. R. (2012). Biomethanation of water hyacinth using additives under forced mixing in a bio reactor. *International Journal of Chemical Sciences and Research*, 4(2), 15–24
- Sandesh, P., Ashutosh, P., Harshad, P., Varun, P., & Firdos, K. (2022). A Review on Bio Methane Production using Kitchen Waste. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 11(04), 29-36.

- Satyam, K., Fahd, H., & Shefali, T. (2021). Setup design for the production of methane gas from kitchen waste. *Journal of Physics: Conference Series*. 2007, 012016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2007/1/012016>
- Thuan, N. C., & Khanh, H. C. (2022). Semi-continuous anaerobic digestion of water hyacinth with different volatile solid levels for biogas production – A mesocosm experiment. *Journal of Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.12911/22998993/156622>
- Thuận, N. C., & Nam, H. H. (2022). Nghiên cứu khả năng sinh khí CH₄ từ ủ yếm khí rác thực phẩm. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 17, 86-91.
- Tian, G., Xi, J., Yeung, M., & Ren, G. (2020). Characteristics and mechanisms of H₂S production in anaerobic digestion of food waste. *Science of The Total Environment*, 724,137977. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137977>
- Viese, J., & Koning, R. (2007). *Monitoring of digesters in biogas plants - Application report: Laboratory analysis and process analysis biogas plant monitoring*. [Online]. Available from: <https://uk.hach.com/asset-get.download.jsa?id=25593611187> [Accessed 10 August 2022].
- Việt, L. H. (2005). *Quản lý và xử lý chất thải hữu cơ*. Giáo trình Đại học Cần Thơ.