



KHẢ NĂNG SINH KHÍ BIOGAS CỦA RƠM VÀ LỤC BÌNH THEO PHƯƠNG PHÁP Ủ YẾM KHÍ THEO MẸ VỚI HÀM LƯỢNG CHẤT RẮN KHÁC NHAU

Trần Sỹ Nam¹, Lê Thị Mộng Kha¹, Hồ Vũ Khanh¹, Huỳnh Văn Thảo¹, Nguyễn Võ Châu Ngân¹, Nguyễn Hữu Chiêm¹, Lê Hoàng Việt¹ và Kjeld Ingvorsen²

¹Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

²Department of Bioscience, Aarhus University, Denmark

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 28/07/2017

Ngày nhận bài sửa: 18/10/2017

Ngày duyệt đăng: 26/10/2017

Title:

The possibility of producing biogas from rice straw and water hyacinth at different VS's concentration in batch anaerobic experiment

Từ khóa:

Khí sinh học, lục bình, rơm, tỷ lệ nạp, ủ yếm khí

Keywords:

Batch anaerobic digestion, biogas, organic content, rice straw, water hyacinth

ABSTRACT

This study was conducted in order to choose the weight of rice straw and water hyacinth for batch biogas production. The experiment involved the use of a single factor completely randomized design in 120 mL reactors with 5 different rice straw and water hyacinth weight [10, 15, 20, 25 and 30 gVS. L⁻¹ are similar to 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0% VS], with 5 replications during 45 days at 35°C in the laboratory condition. The results showed that rice straw at loading rate ranging from 15 to 20 gVS. L⁻¹ produced the highest biogas productivity (66-70.4 mL.gVS⁻¹) ($p < 0.05$), with other loading rates, the biogas was produced from 47.7 to 58.0 mL.gVS⁻¹. Organic loading rate of water hyacinth at 2 to 2.5 gVS. L⁻¹ produced the highest biogas production (23-23.4 mL.VS⁻¹) ($p < 0.05$), the other VS rate produced from 18.9 to 20.0 mL.VS⁻¹. After 20-day incubation, the methane concentration in straw treatments was higher by 40%, which can be used for burning. Whereas the methane concentration in water hyacinth treatment was lower than 20%. The treatment with 25 gVS L⁻¹ treatment after 25 days and 30 gVS. L⁻¹ after 45 days of water hyacinth had produced higher than 50% of the methane concentration. The accumulation of VFAs in fermented batch resulted in the pH drop, which caused the low of biogas production. The study showed that the treatment of 2% VS rice straw and the treatment of 2.5% VS water hyacinth were suitable for biogas production.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm chọn hàm lượng rơm và lục bình phù hợp để sản xuất khí sinh học theo phương pháp ủ yếm khí theo mẻ. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên một nhân tố trong bình ủ 120 mL, với 5 hàm lượng rơm và 5 hàm lượng lục bình khác nhau gồm [10, 15, 20, 25 và 30 gVS. L⁻¹ – tương ứng với 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 và 3,0%VS], với 5 lần lặp lại trong 45 ngày ở 35°C trong điều kiện phòng thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy với rơm ở hàm lượng từ 15 - 20 gVS. L⁻¹ cho năng suất sinh khí cao nhất (66 - 70,4 mL.gVS_{nạp}⁻¹) ($p < 0,05$), với các hàm lượng khác năng suất khí dao động từ 47,7 - 58,0 mL.gVS_{nạp}⁻¹. Với Lục bình với hàm lượng VS từ 2 - 2,5 % cho năng suất sinh khí cao nhất (23 - 23,4 mL.gVS_{nạp}⁻¹) ($p < 0,05$), các hàm lượng chất rắn khác cho năng suất dao động từ 18,9 - 20,0 mL.gVS_{nạp}⁻¹. Sau 20 ngày ủ, nồng độ khí mê-tan ở các nghiệm thức rơm cao hơn 40%, ở mức nồng độ này có thể sử dụng cho đun nấu trong gia đình, trong khi các nghiệm thức lục bình có nồng độ khí mê-tan ở mức thấp hơn 20%. Nghiệm thức lục bình 25 gVS. L⁻¹ sau 25 ngày và nghiệm thức 30 gVS. L⁻¹ sau 45 ngày có nồng độ mê-tan cao hơn 50%. Sự tích lũy các VFAs làm pH trong mẻ ủ giảm dẫn đến sản lượng khí trong mẻ ủ sinh ra thấp. Nghiên cứu cho thấy nghiệm thức rơm 2%VS và nghiệm thức lục bình 2,5% VS thích hợp lựa chọn để sản xuất khí sinh học.

Trích dẫn: Trần Sỹ Nam, Lê Thị Mộng Kha, Hồ Vũ Khanh, Huỳnh Văn Thảo, Nguyễn Võ Châu Ngân, Nguyễn Hữu Chiêm, Lê Hoàng Việt và Kjeld Ingvorsen, 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.

1 GIỚI THIỆU

Thay thế nguồn năng lượng hóa thạch bằng các nguồn năng lượng tái tạo đóng một vai trò quan trọng trong sự phát triển của thế giới, trong đó năng lượng từ các sinh khối thực vật ngày càng được quan tâm nghiên cứu (Demirbas, 2001; Francesco and Buratti, 2009), đặc biệt là ở các nước nhiệt đới như Việt Nam. Lượng rơm rạ phát sinh ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) hằng năm là rất lớn khoảng 26,23 triệu tấn/năm. Hầu hết lượng rơm phát sinh được người dân đốt bỏ ngay trên đồng ruộng (Trần Sỹ Nam và *ctv.*, 2014), việc đốt bỏ sẽ phóng thích nhiều khí thải có hại cho môi trường. Trong hầu hết các nước, lục bình (*Eichhornia crassipes*) được xem là một mối đe dọa lớn đối với nông nghiệp, gây ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh và làm tắc nghẽn giao thông đường thủy do tốc độ tăng trưởng và phát triển nhanh chóng (Haley *et al.*, 1996; Mathur and Singh, 2004). Sinh khối hàng năm của lục bình là khoảng 90-140 tấn chất khô/ha tùy thuộc vào yếu tố địa lý và khí hậu (Nigam, 2002; Carina and Petersen, 2007). Hiện nay, lục bình hiện diện trên khắp các con sông và kênh rạch ở vùng ĐBSCL. Các nghiên cứu gần đây cho thấy rơm và lục bình là một trong những nguồn nguyên liệu sẵn có ở ĐBSCL và có khả năng sản xuất khí sinh học tốt (Singhal and Rai, 2003; Nguyễn Võ Châu Ngân và *ctv.*, 2012).

Nghiên cứu của Trần Sỹ Nam và *ctv.* (2014) và một số nghiên cứu có liên quan khác chỉ đánh giá khả năng sinh khí của lục bình hoặc rơm khi phối trộn với phân heo ở những tỉ lệ khác nhau và khả năng sinh khí của lục bình hoặc rơm ở các kích cỡ khác nhau mà chưa đánh giá khả năng sử dụng sinh khối lục bình hoặc rơm sản xuất khí sinh học ở những hàm lượng khác nhau. Trong khi đó, nếu hàm lượng nguyên liệu quá cao sẽ làm pH của môi trường xuống thấp gây ức chế hoạt động của vi khuẩn mêtan, đồng thời làm tắc nghẽn túi ủ. Nếu nạp quá ít thì dẫn đến khả năng sinh khí thấp (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Hữu Chiêm, 2013). Do vậy, tìm ra hàm lượng rơm và lục bình thích hợp là rất cần thiết để bổ sung cho túi ủ dẫn đến khả năng sinh khí cao. Xuất phát từ những vấn đề trên nghiên cứu “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” được thực hiện nhằm chọn hàm lượng rơm và lục bình phù hợp để sản xuất khí sinh học theo phương pháp ủ yếm khí theo mẻ.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Chuẩn bị vật liệu

Rơm (RO) và lục bình (WH) sau khi thu hoạch được phơi khô dưới ánh nắng mặt trời cho đến khi

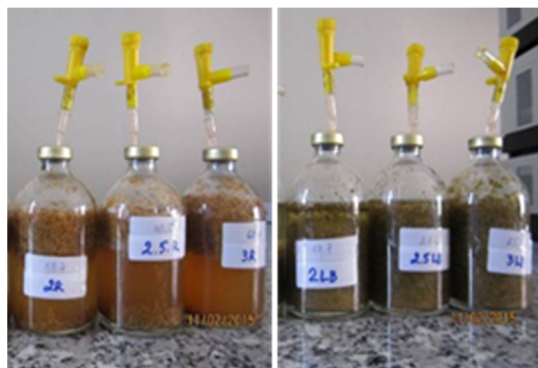
ẩm độ nhỏ hơn 10%; nghiền nhỏ rơm và lục bình nhằm gia tăng diện tích bề mặt tiếp xúc cho vi sinh vật, tạo điều kiện cho quá trình phân hủy nhanh hơn. Sau khi nghiền nhỏ, rơm và lục bình được phân tích các thông số %VS, %C, %N và tỷ số C/N.

Bảng 1: Đặc điểm rơm và lục bình

Đặc điểm	Nguyên liệu nạp	
	Rơm (RO)	Lục bình (WH)
VS (%)	88	82
%C	48,9	45,6
%N	1,34	2,20
C/N	36,5	20,7

2.2 Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm ủ yếm khí theo mẻ được thiết kế trong chai thủy tinh có tổng thể tích 120 mL với nắp đệm cao su và nắp nhôm để đảm bảo bình hoàn toàn kín khí. Trong đó, thể tích ủ nguyên liệu là 90 mL (90 mL nước + vật chất), phần thể tích còn lại được sử dụng để chứa khí biogas sinh ra (Hình 1). Thí nghiệm ủ yếm khí liên tục hoặc bán liên tục thường được ứng dụng trong các trang trại chăn nuôi do lượng phân được thu gom liên tục hoặc hằng ngày để nạp vào các bể ủ yếm khí. Trong trường hợp nguyên liệu nạp không liên tục mà được thu gom theo đợt thì phương pháp ủ theo mẻ thường được áp dụng. Trong điều kiện thực tế, rơm và lục bình thường được thu gom theo từng đợt hoặc khi thu hoạch lúa đồng loạt. Ngoài ra, hầu hết các nghiên cứu sản xuất khí sinh học từ rơm và lục bình đều ứng dụng ủ yếm khí theo mẻ (Cundr and Haladova, 2014; Trần Sỹ Nam, 2017). Do đó, phương pháp ủ yếm khí theo mẻ được lựa chọn trong nghiên cứu này để có cơ sở áp dụng trong điều kiện thực tế.



Hình 1: Mô hình bố trí thí nghiệm tỷ lệ nạp rơm và lục bình

Thí nghiệm được bố trí theo phương pháp hoàn toàn ngẫu nhiên một nhân tố với 5 hàm lượng rơm và 5 hàm lượng lục bình khác nhau gồm [10, 15, 20, 25 và 30 gVS. L⁻¹ – tương ứng với 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 và 3,0%VS], mỗi nghiệm thức 5 lần lặp lại. Theo dõi liên tục trong 45 ngày được kiểm soát nhiệt độ ở

mức 35°C. Thí nghiệm được bố trí và thu mẫu theo 2 phần: phần thu mẫu khí và phần thu các chỉ tiêu

môi trường (pH, VFAs) nhằm tránh ảnh hưởng đến khả năng sinh khí của thí nghiệm.

Bảng 2: Hàm lượng rơm và lục bình trong thí nghiệm

Tỷ lệ nạp	Khối lượng chất khô (g)		Khối lượng tính theo VS (g)	
	Rơm (RO)	Lục bình (WH)	Rơm (RO)	Lục bình (WH)
1,0%VS	1,02	1,10	0,90	0,90
1,5%VS	1,53	1,65	1,35	1,35
2,0%VS	2,05	2,20	1,80	1,80
2,5%VS	2,56	2,74	2,25	2,25
3,0%VS	3,07	3,29	2,70	2,70

2.3 Phương pháp phân tích

pH trong hỗn hợp ủ được đo theo chu kỳ 5 ngày bằng máy đo pH HM-3IP DKK-TOA (Nhật). Mẫu TVFAs được thu theo chu kỳ 5 ngày, mẫu được ly trích bằng máy li tâm ở tốc độ 15.000 vòng/phút, cột chạy mẫu HPX-87H (Mỹ – Thermo) đầu dò UV và RI, nhiệt độ lò cột 50°C, tốc độ dòng 0,6 mL/phút với thời gian lưu mẫu là 30 phút. Tổng thể tích khí được xác định bằng đồng hồ đo áp suất với chu kỳ 5 ngày 1 lần. Thành phần khí mê-tan và CO₂ được xác định bằng máy GC-2014 (Nhật – Shimadzu) với đầu dò TCD và cột 60/80 Carboxen-1000 (L×O.D×I.D: 4.57m × 3.1mm × 2.1mm) theo chu kỳ 5 ngày/lần.

2.4 Tính toán và xử lý số liệu

Năng suất sinh khí tính trên nguyên liệu nạp được tính toán theo công thức sau:

$$NSSK = \frac{\text{Tổng thể tích khí trong 45 ngày}}{VS_{\text{nạp}}}$$

Trong đó:

NSSK: Năng suất sinh khí (mL/gVS_{nạp});

VS_{nạp} = VS_{đầu vào} – VS_{đầu ra}: lượng chất rắn bay hơi nạp vào (g)

Thể tích khí sinh ra được tính theo công thức sau:

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

Trong đó: P₁: Áp suất khí quyển (mmHg); V₁: Thể tích ban đầu (mL); T₁: Nhiệt độ của khí quyển

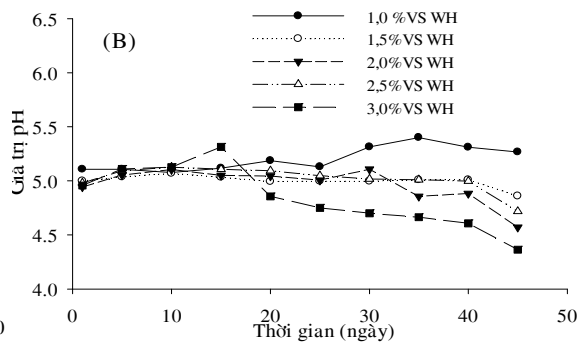
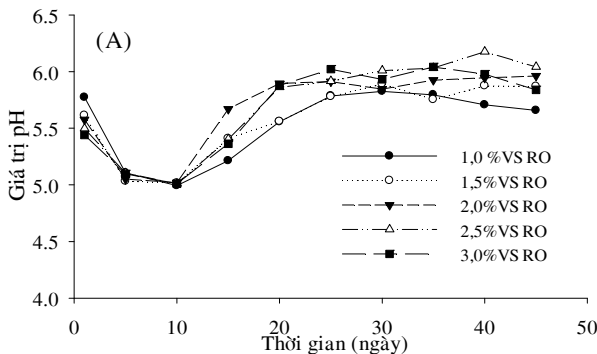
(37°C+273) (K); P₂: Áp suất đo trong bình ủ (mmHg); V₂: thể tích khí sinh ra sau khi ủ (mL); T₂: Nhiệt độ trong bình ủ (35°C+273) (K)

Các số liệu sau khi đo đạc và phân tích được tổng hợp và xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2013, các biểu đồ được vẽ bằng phần mềm Sigmaplot 12.5, kiểm tra tính đồng nhất của phương sai trước khi thực hiện thống kê, so sánh tổng thể tích khí tích dồn và năng suất sinh khí giữa các thí nghiệm thức được thực hiện theo phương pháp phân tích phương sai với thí nghiệm một nhân tố (ANOVA) với phép thử Duncan ở độ tin cậy 95% bằng phần mềm IBM SPSS 20.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Diễn biến pH và VFAs trong mẻ ủ

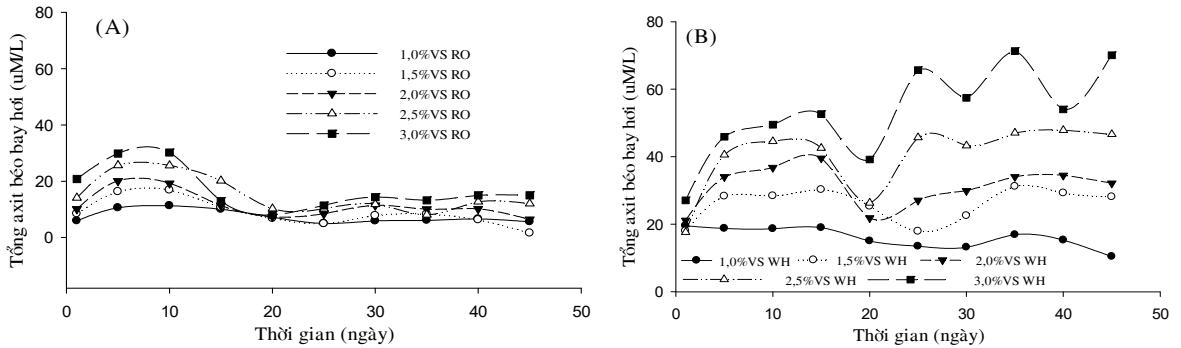
Kết quả cho thấy giá trị pH của các thí nghiệm thức rơm giảm thấp trong 10 ngày đầu sau đó có xu hướng tăng dần và dao động ổn định trong khoảng 5,8 - 6,2. Giá trị pH của các thí nghiệm thức lục bình nhỏ hơn 5,5 và có xu hướng giảm trong suốt quá trình thí nghiệm là do trong lục bình chứa các chất hữu cơ khó phân hủy như Hemicellulose, cellulozo, lignin dẫn đến quá trình thủy phân sinh ra các axit kéo dài. Giá trị pH thấp hơn 5,5 gây bất lợi cho quá trình phân hủy làm quá trình sinh khí bị kiềm hãm và sản lượng khí mê-tan sẽ giảm 75% (Jain and Mattiasson, 1998; Siegert and Banks, 2005; Ward *et al.*, 2008). Trong nghiên cứu này pH thấp có thể gây bất lợi cho vi sinh vật sinh khí mê-tan.



Hình 2: Diễn biến giá trị pH của các thí nghiệm thức nạp rơm (A) và lục bình (B)

Kết quả nghiên cứu hàm lượng tổng VFAs của các nghiệm thức rơm cho thấy khi pH trong hỗn hợp ủ giảm thì VFAs tích lũy tăng lên trong khoảng thời gian 10 ngày đầu sau đó có xu hướng giảm cho đến ngày 45 (Hình 3). Sự chuyển đổi các VFAs thành khí sinh học là nguyên nhân làm giảm VFAs trong mẻ ủ, kết quả này cho thấy quá trình phân hủy các chất hữu cơ diễn ra mạnh mẽ sau 10 ngày. Riêng đối với các nghiệm thức nạp nguyên liệu lục bình VFAs có xu hướng tăng trong suốt quá trình thí nghiệm (45 ngày), nguyên nhân có thể là do quá trình thủy phân

diễn ra mạnh làm pH giảm thấp gây ức chế vi sinh vật sinh khí mê-tan. Kết quả nghiên cứu cho thấy nồng độ VFAs có các thành phần chính là axit acetic, axit propionic và axit butyric. Trong đó, axit acetic và axit propionic chiếm phần lớn trong VFAs. Trong giai đoạn đầu của quá trình sinh khí, các chất hữu cơ được thủy phân tạo nên các axit béo mạch dài và vi sinh vật sẽ phân cắt các mạch cacbon đa phân tử thành mạch cacbon đơn giản hơn và sản phẩm tạo ra là các VFAs với thành phần chủ yếu là các axit acetic, axit propionic (Ye et al., 2013).

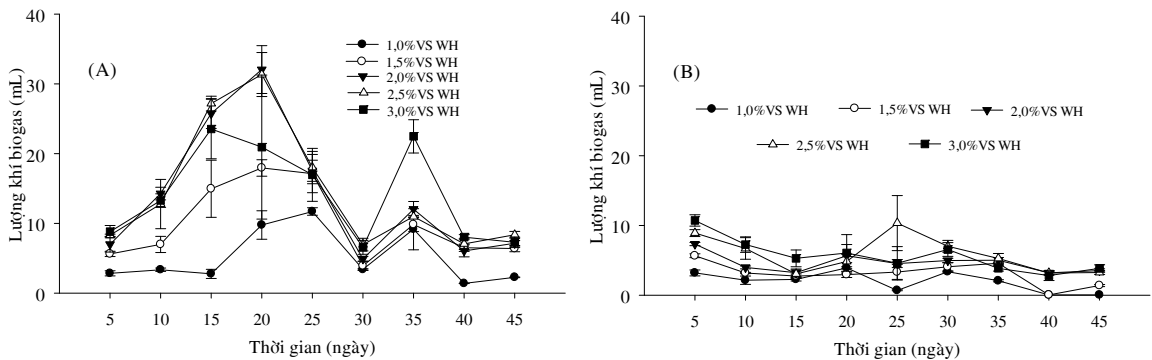


Hình 3: Diễn biến của VFAs của Rơm (A) và Lục bình (B)

3.1.1 *Diễn biến lượng khí sinh học và tổng lượng biogas tích dồn*

Kết quả đo đặc thể tích khí sinh học sinh ra theo chu kỳ 5 ngày của các nghiệm thức rơm tập trung ở giai đoạn từ ngày 10 đến ngày 25 chiếm hơn 53% tổng lượng khí sinh ra trong cả quá trình ủ. Lượng khí sinh ra cực đại vào ngày 20 của các nghiệm thức rơm 1%VS; 1,5%VS; 2,0%VS; 2,5%VS và 3,0%VS lần lượt là 9,76 mL; 18,0 mL; 32,1 mL; 31,4 mL và

20,9 mL. Hình 4A cho thấy ở các nghiệm thức của nguyên liệu rơm có 2 đỉnh sinh khí vào ngày 20 và 35 có thể là do rơm có thành phần hữu cơ khó phân hủy như lignin-xenlulozo (Ponnamperuma, 1984), đồng thời đây là nguyên liệu thực vật dễ xảy ra hiện tượng nổi nên vào ngày 35 mới được phân hủy. Đối với nguyên liệu lục bình, lượng khí sinh ra thấp và có xu hướng giảm, nguyên nhân là do pH trong thí nghiệm này nhỏ hơn 5,5 gây ức chế vi sinh vật sinh khí mê-tan.

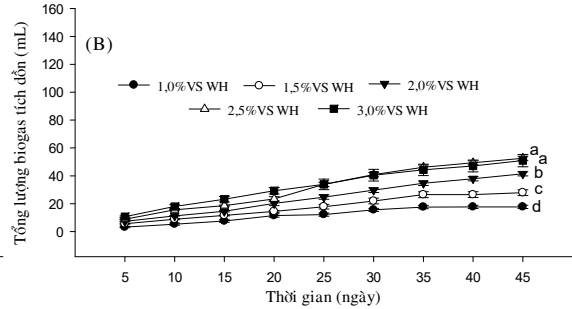
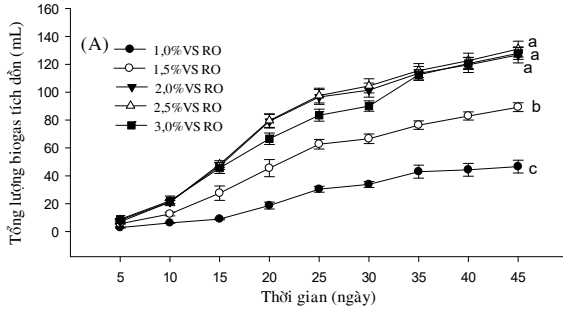


Hình 4: Diễn biến lượng khí sinh ra theo chu kỳ 5 ngày của rơm (A) và lục bình (B)

Kết quả của thí nghiệm cho thấy tổng thể tích khí sinh ra của các nghiệm thức rơm và lục bình trong 45 ngày dao động lần lượt từ 46,6 đến 131,0 mL và 17,7 mL đến 52,5 mL (Hình 5). Trong đó, nghiệm thức 2,5%VS cho tổng lượng khí tích dồn cao nhất với nguyên liệu nạp rơm (131 mL) và lục bình (52,5 mL). Tổng lượng khí tích dồn của nghiệm thức

1,0%VS cho lượng khí thấp nhất với 2 nguyên liệu nạp. Kết quả thống kê tại thời điểm kết thúc thí nghiệm (45 ngày) cho thấy tổng lượng khí tích dồn của các nghiệm thức rơm với hàm lượng 3,0%VS, 2,5%VS và 2,0%VS không có khác biệt ($p > 0,05$) nhưng khác biệt có ý nghĩa so với hàm lượng 1,5%VS và 1,0%VS ($p < 0,05$). Đối với nguyên liệu

lục bình, kết quả thống kê cho thấy, hàm lượng 2,5% VS và 3,0%VS có tổng lượng khí tích dồn không có sự khác biệt ($p>0,05$), tuy nhiên khác biệt so với nghiệm thức 2,0%VS; 1,5%VS và 1,0%VS ($p<0,05$). Đối với hàm lượng 3,0%VS, lượng chất hữu cơ cao sẽ làm tích tụ các axit béo do các vi khuẩn ở giai đoạn sinh khí mê-tan không sử dụng kịp làm giảm pH gây bất lợi cho các vi khuẩn sinh



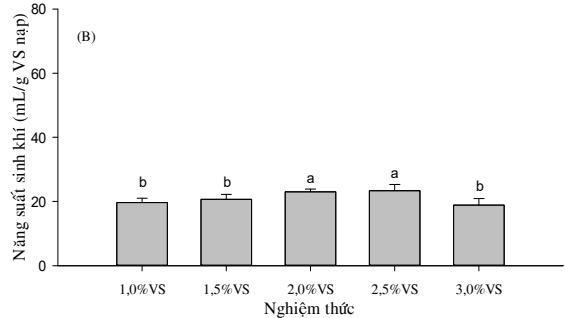
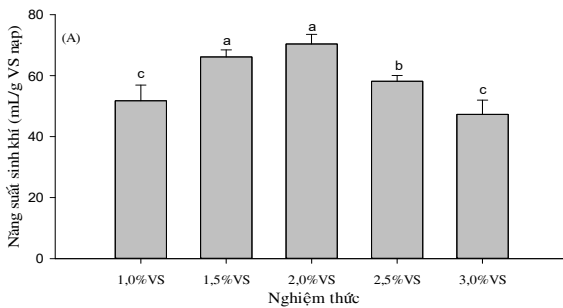
Hình 5: Tổng thể tích biogas tích dồn trong 45 ngày của nguyên liệu nạp rom (A) và lục bình (B)

Ghi chú: các đường có ít nhất một chữ cái giống nhau thì khác biệt không có ý nghĩa (Duncan test, $p>0,05$)

3.2 Năng suất sinh khí biogas

Kết quả cho thấy năng suất sinh khí của các nghiệm thức rom và lục bình dao động lần lượt từ 47,3 mL/gVS_{nạp} – 70,4 mL/gVS_{nạp} và 18,9 mL/gVS_{nạp} – 23,4 mL/gVS_{nạp}. Trong đó, năng suất sinh khí cao nhất ở nghiệm thức rom 2,0%VS (70,4 mL/gVS_{nạp}) và nghiệm thức lục bình 2,5%VS (23,4 mL/gVS_{nạp}), nghiệm thức có năng suất sinh khí thấp nhất là nghiệm thức rom 3% VS và lục bình

1,0%VS. Nghiên cứu cho thấy nghiệm thức 2,0%VS có năng suất sinh khí khác biệt so với các nghiệm thức 3,0%VS, 2,5%VS và 1,0%VS đối với nguyên liệu nạp rom ($p<0,05$). Trong khi đó, với nguyên liệu nạp lục bình, hàm lượng 2,5%VS và 2,0%VS có năng suất sinh khí không có sự khác biệt ($p>0,05$), tuy nhiên khác biệt so với các nghiệm thức 3,0%VS, 1,5%VS và 1,0%VS ($p<0,05$). Điều này chứng tỏ tỷ lệ nạp ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất sinh khí.



Hình 6: Năng suất sinh khí biogas của các nghiệm thức nạp rom (A) và lục bình (B)

Ghi chú: Cột ghi chú các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa (Duncan test, $p<0,05$)

Trong điều kiện thực tế, hàm lượng rom và lục bình quá cao sẽ gây tích tụ các a-xít hữu cơ làm giảm pH, gây ức chế vi sinh vật sinh khí mê-tan, đồng thời dễ làm làm tắc nghẽn túi ủ do hàm lượng chất xơ khó phân hủy cao. Trong khi đó, nếu nạp quá ít sẽ dẫn đến khả năng sinh khí thấp (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Hữu Chiếm, 2013) không đủ cho nhu cầu sử dụng. Theo nghiên cứu của Appels *et al.* (2008), đối với nguyên liệu nạp là chất thải rắn hoặc những vật liệu khó phân hủy thông thường, lượng nạp từ

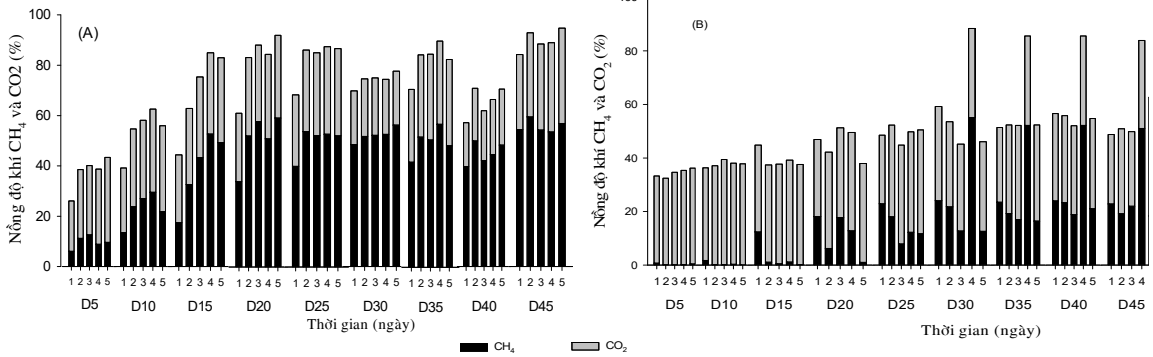
0,64 – 1,6 kg VS.m³.ngày⁻¹. Nghiên cứu của Trần Sỹ Nam và *ctv.* (2015) với lượng nạp 1kg/VS/ngày thì túi ủ nạp 100% rom chỉ có thể vận hành đến ngày 23 là không thể nạp nguyên liệu tiếp tục. Tương tự, túi ủ nạp 100% lục bình cũng vận hành đến ngày 27. Như vậy, nghiên cứu của Trần Sỹ Nam và *ctv.* (2015) đã cho thấy khuyết điểm khi sử dụng rom và lục bình trong ủ yếm khí bán liên tục - ứng dụng trên túi ủ polyethylene là túi dễ bị đầy. Để ứng dụng vào điều kiện thực tế, phương pháp ủ yếm khí theo mề

là một phương pháp có tính khả thi cao trong sản xuất khí sinh học đối với nguyên liệu nạp rơm và lục bình. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy hàm lượng rơm (2%VS) và lục bình (2,5% VS) thích hợp để ứng dụng trong điều kiện thực theo phương pháp ủ yếm khí theo mẻ.

3.3 Nồng độ khí mê-tan

Kết quả nghiên cứu cho thấy các nghiệm thức rơm 1,0%VS; 1,5%VS; 2,0%VS; 2,5%VS và 3,0%VS có nồng độ khí CH₄ trung bình trong 45 ngày lần lượt là 32,7%; 42,9%; 43,5%; 44,7% và 44,6%. Nồng độ khí CH₄ thấp trong 20 ngày đầu, sau đó nồng độ khí CH₄ tăng dần và luôn cao hơn 40%. Đối với nghiệm thức lục bình nồng độ khí CH₄

trung bình trong 45 ngày của các nghiệm thức 1,0%VS; 1,5%VS; 2,0%VS; 2,5%VS và 3,0%VS lần lượt là 16,7%; 12,1%; 10,8%; 26,3% và 9,1%. Hình 7B cho thấy nồng độ CH₄ trong 25 ngày sinh ra rất thấp, chủ yếu là CO₂. Sau đó nồng độ CH₄ tăng trở lại, tuy nhiên không đáng kể. Thành phần khí mê-tan phụ thuộc rất lớn lượng VFAs, có khoảng 70% khí mê-tan được chuyển hóa từ TVFAs phân còn lại (30%) phụ thuộc sự chuyển hóa của H₂ và CO₂ (McCarty, 1964). Nguyên nhân nồng độ khí mê-tan đối với nghiệm thức nạp lục bình thấp trong suốt quá trình thí nghiệm do VFAs cao không được vi sinh vật sinh khí mê-tan chuyển hóa, kết quả lượng khí CO₂ sinh ra cao (Hình 7).



Hình 7: Nồng độ khí mê-tan của các nghiệm thức nạp rơm (A) và lục bình (B)

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

4.1 Kết luận

Tổng lượng khí tích dồn cao nhất ở nghiệm thức rơm 2,5% VS không khác biệt so với hàm lượng 3,0%VS và 2,0%VS nhưng cao hơn so với nghiệm thức 1,0%VS và 1,5%VS. Tổng lượng khí tích dồn cao nhất ở hàm lượng lục bình 2,5%VS không khác biệt so với 3%VS nhưng khác biệt so với hàm lượng 1,0%VS; 1,5%VS và 2,0%VS.

Năng suất sinh khí của nguyên liệu nạp rơm cao nhất ở hàm lượng 2,0%VS cao hơn so với nghiệm thức 1,0%VS; 2,5%VS và 3,0%VS. Trong khí đó, năng suất sinh khí của các nghiệm thức nạp lục bình cao nhất ở hàm lượng 2,5%VS không khác biệt so với nghiệm thức 2,0%VS và khác biệt so với nghiệm thức 1,0%VS, 1,5%VS và 3,0%VS.

Nồng độ khí CH₄ của các nghiệm thức nạp rơm thấp trong 20 ngày đầu, sau đó nồng độ khí CH₄ tăng dần và luôn cao hơn 40%. Nồng độ CH₄ ở các nghiệm thức nạp bằng lục bình thấp hơn so với nạp bằng rơm.

Hàm lượng rơm ở mức 2%VS và 2,5%VS đối với lục bình thích hợp để sản xuất khí sinh học theo phương pháp ủ yếm khí theo mẻ trong điều kiện thực tế.

4.2 Đề xuất

Cần nghiên cứu kiểm soát pH trong các mẻ ủ có hàm lượng hữu cơ cao nhằm tạo môi trường tối ưu cho vi sinh vật sinh khí mê-tan.

Có thể ứng dụng phương pháp ủ yếm khí theo mẻ để sản xuất khí sinh học với hàm lượng rơm 2%VS và hàm lượng lục bình 2,5%VS trong điều kiện thực tế.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của tổ chức DANIDA đã tài trợ cho nghiên cứu này thông qua Dự án SuBProM (11-016AU).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Appels, L., J. Baeyens, J. Degève and R. Dewil., 2008. Principles and Potential of the Anaerobic Digestion of Waste-activated Sludge. Progress in Energy and Combustion Science, 34 (6): 755-781.
 Carina, C. G. and C. M. Petersen, 2007. Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: a literature review. Waste Manage, 27: 117-129.
 Cundr and Haladova, 2014. Biogas yield from Anaerobic batch co-digestion of rice straw and zebu dung. Scientia agriculturæ bohémica, 45, (2): 98-103

- Demirbas, A., 2001. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energ. Convers. Manage*, 42 (11): 1357–1378.
- Francesco, F. and C. Buratti, 2009. Biogas production from different substrates in an experimental Continuously Stirred Tank Reactor anaerobic digester. *Bioresource Technology*, 100: 5783-5789.
- Harley, K.L.S., M.H. Julien and A.D. Wright, 1996. Water hyacinth: a tropical world wide problem and methods for its control. *Proceeding of the 2nd International Weed Control Congress*, Copenhagen, 2: 639-644.
- Jain, S.R. and B. Mattiasson, 1998. Acclimatization of methanogenic consortia for low pH biomethanation process. *Biotech.Lett*, 20 (8): 771–775.
- Lê Hoàng Việt và Nguyễn Hữu Chiêm, 2013. Giáo trình quản lý và sử dụng chất thải rắn. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ. 495 trang.
- Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2015. Giáo trình quản lý và tái sử dụng chất hữu cơ. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ. 401 trang.
- Mathur, S.M. and P. Singh, 2004. Development and performance evaluation of a water hyacinth chopper cum crusher. *Biosystems Engineering*, 88: 411–418.
- McCarty, P.L., 1964. Anaerobic waste treatment fundamentals. Part I – chemistry and microbiology. *Journal of Public Works*, 95: 107–112.
- Nguyễn Võ Châu Ngân, Nguyễn Trường Thành, Nguyễn Hữu Lộc, Nguyễn Trí Nguơn, Lê Ngọc Phúc và Nguyễn Trương Nhật Tân, 2012. Khả năng sử dụng lục bình và rom làm nguyên liệu nạp bổ sung cho hầm ủ biogas. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 22a: 213 - 221.
- Nigam, J.N., 2002. Bioconversion of water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*) hemicellulose acid hydrolysate to motor fuel ethanol by xylose-fermenting yeast. *Journal of Biotechnology*, 97: 107–116.
- Ponnamperuma, F.N., 1984. Straw as a source of nutrients for wetland rice. In *Organic matter and rice*. IRRI, Los Banos, Philippines. 117–137.
- Siegert, I. and C. Banks, 2005. The effect of volatile fatty acid additions on the anaerobic digestion of cellulose and glucose in batch reactors. *Process Biochem*, 40: 3412–3418.
- Singhal, V. and J.P.N. Rai., 2003. Biogas production from water hyacinth and channel grass used for phytoremediation of industrial effluents. *Bioresource Technology*, 86: 221–225.
- Trần Sỹ Nam, 2017. Nghiên cứu sản xuất khí sinh học từ rom và lục bình. Luận án tiến sĩ chuyên ngành Môi trường đất và nước. Trường Đại học Cần Thơ. Cần Thơ.
- Trần Sỹ Nam, Nguyễn Thị Huỳnh Như, Nguyễn Hữu Chiêm, Nguyễn Võ Châu Ngân, Lê Hoàng Việt và Kjeld Ingvorsen, 2014. Ước tính lượng và các biện pháp xử lý rom rạ ở một số tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 32: 87-93.
- Ward, A.J., P.J Hobbs, P. Holliman and D.L. Jones, 2008. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresour Technol*, 99: 7928–7940.
- Ye, J., D. Li, Y. Sun, G. Wang, Z. Yuan, F. Zhen and Y. Wang, 2013. Improved biogas production from rice straw by co-digestion with kitchen waste and pig manure. *Waste Management*, 33: 2653–2658.