



SẢN XUẤT KHÍ SINH HỌC TỪ NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI HEO VỚI LỒNG QUAY SINH HỌC YẾM KHÍ GIÁ THỂ RƠM

Lê Hoàng Việt¹, Đặng Thanh Nhân¹, Nguyễn Hoài Phương¹ và Nguyễn Võ Châu Ngân^{1,2}

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

²Phòng Hợp tác Quốc tế, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 15/07/2016

Ngày chấp nhận: 22/12/2016

Title:

Biogas production from pig-raising wastewater by anaerobic package cage rotating biological contactor with rice-straw medium

Từ khóa:

Giá thể rơm, khí sinh học, lồng quay sinh học yếm khí, nước thải chăn nuôi heo

Keywords:

Anaerobic package cage rotating biological contactor, biogas, pig-raising wastewater, rice-straw medium

ABSTRACT

The study on “Biogas production from pig-raising wastewater by anaerobic package cage rotating biological contactor with rice-straw medium” was implemented to assess the possibility of using rice straw as medium to the anaerobic package cage rotating biological contactor for livestock wastewater treatment as well as the substrate for biogas production. The result of 51 days operation of 02 anaerobic package cages rotating biological contactor with rice-straw medium (LQR) shows that the total volumes of gas generated from LQR at hydraulic retention time (HRT) of 3 days and from LQR at HRT of 6 days were 2531.8 L and 2384.7 L, respectively. LQR operated at HRT of 3 days having the average organic loading rate (based on biofilm area) of 0.0263 kg COD/m²*day could remove 60.04% of influent COD. LQR operated at HRT of 6 days having the average organic loading rate (based on biofilm area) of 0.0131 kg COD/m²*day could remove 75.01% of influent COD. LQR operated at HRT of 6 days gave more effective removal of organic matter than that of LQR operated at HRT of 3 days due to sufficient time for microorganisms to decompose solids and organic substances. After stopping loaded LQR operated at HRT of 3 days the biogas output was maintained higher than that of LQR operated at HRT of 6 days (417.6 L vs. 335.1 L). The results confirmed that rice straw could be used as medium for anaerobic package cage rotating biological contactor for treating pig-raising wastewater and producing biogas.

TÓM TẮT

Nghiên cứu “Sản xuất khí sinh học từ nước thải chăn nuôi heo với lồng quay sinh học yếm khí giá thể rơm” được triển khai nhằm đánh giá khả năng sử dụng rơm làm giá thể cho mô hình lồng quay sinh học yếm khí để xử lý chất thải chăn nuôi và làm chất nền cho sản xuất khí sinh học. Kết quả vận hành 02 mô hình lồng quay sinh học yếm khí giá thể rơm (LQR) trong 51 ngày cho thấy tổng thể tích khí sinh ra từ LQR có thời gian lưu nước (HRT) 3 ngày và LQR có HRT 6 ngày lần lượt là 2.531,8 L và 2.384,7 L. LQR ở HRT 3 ngày vận hành với tải nạp chất hữu cơ trung bình tính trên diện tích bề mặt giá thể là 0,0263 kg COD/m²*ngày cho hiệu suất loại bỏ COD là 60,04%. LQR ở HRT 6 ngày vận hành với tải nạp 0,0131 kg COD/m²*ngày cho hiệu suất loại bỏ COD là 75,01%. LQR ở HRT 6 ngày cho hiệu quả xử lý nước thải tốt hơn LQR ở HRT 3 ngày do có đủ thời gian để các vi sinh vật phân hủy chất rắn, chất hữu cơ. Sau khi ngưng nạp LQR ở HRT 3 ngày duy trì được lượng khí sinh học cao hơn LQR ở HRT 6 ngày (417,6 L so với 335,1 L). Kết quả nghiên cứu khẳng định có thể tận dụng rơm làm giá thể cho lồng quay sinh học yếm khí trong xử lý nước thải chăn nuôi, sản xuất khí sinh học.

Trích dẫn: Lê Hoàng Việt, Đặng Thanh Nhân, Nguyễn Hoài Phương và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016. Sản xuất khí sinh học từ nước thải chăn nuôi heo với lồng quay sinh học yếm khí giá thể rơm. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 47a: 13-21.

1 GIỚI THIỆU

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có thế mạnh trong sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và chăn nuôi. Theo Tổng cục Thống kê (2015), ĐBSCL là vùng sản xuất lúa trọng điểm của Việt Nam với tổng diện tích gieo trồng năm 2014 là 4,24 triệu hecta, chiếm 54,35% trong tổng số 7,81 triệu hecta canh tác lúa của cả nước. Tương ứng với diện tích canh tác và sản lượng lúa thì lượng rom phát sinh hàng năm ở ĐBSCL có thể đạt trên 4 triệu tấn (Nguyễn Vo Chau Ngan & Tran Sy Nam, 2015). Trong lĩnh vực chăn nuôi, số lượng heo ở ĐBSCL tính đến thời điểm năm 2014 là 3,47 triệu con và sản lượng thịt heo xuất chuồng là 3,33 triệu tấn (Tổng Cục Thống kê, 2015).

Chăn nuôi heo quy mô hộ gia đình ở ĐBSCL tập trung ở những vùng ven đô để đáp ứng nhu cầu cung ứng thực phẩm cho cư dân đô thị. Với số đầu heo nuôi tại các hộ gia đình không lớn, diện tích đất không nhiều, các hộ dân còn hạn chế trong chọn lựa các biện pháp xử lý nước thải phát sinh từ quá trình chăn nuôi. Phương pháp xử lý bằng hầm ủ khí sinh học (biogas) đã được giới thiệu từ thập kỷ '90 nhưng vẫn chưa được ứng dụng rộng rãi do một số hạn chế về chi phí đầu tư hay do tuổi thọ công trình (Nguyễn Vo Chau Ngan, 2011). Do đó, một loại công trình xử lý có thể tích nhỏ, chi phí đầu tư vừa phải, hiệu quả xử lý và tuổi thọ cao sẽ giúp các hộ chăn nuôi có thêm chọn lựa để đầu tư cho việc xử lý nước thải chăn nuôi, góp phần bảo vệ môi trường.

Đĩa quay sinh học là một trong những phương pháp sinh học để xử lý nước thải theo kiểu bám dính. Đĩa quay sinh học thường được thiết kế để xử lý nước thải ở dạng hiếu khí, nhưng cũng có nhiều nghiên cứu sử dụng đĩa quay sinh học yếm khí để xử lý nước thải như Laquidara *et al.* (1986), Yeh *et*

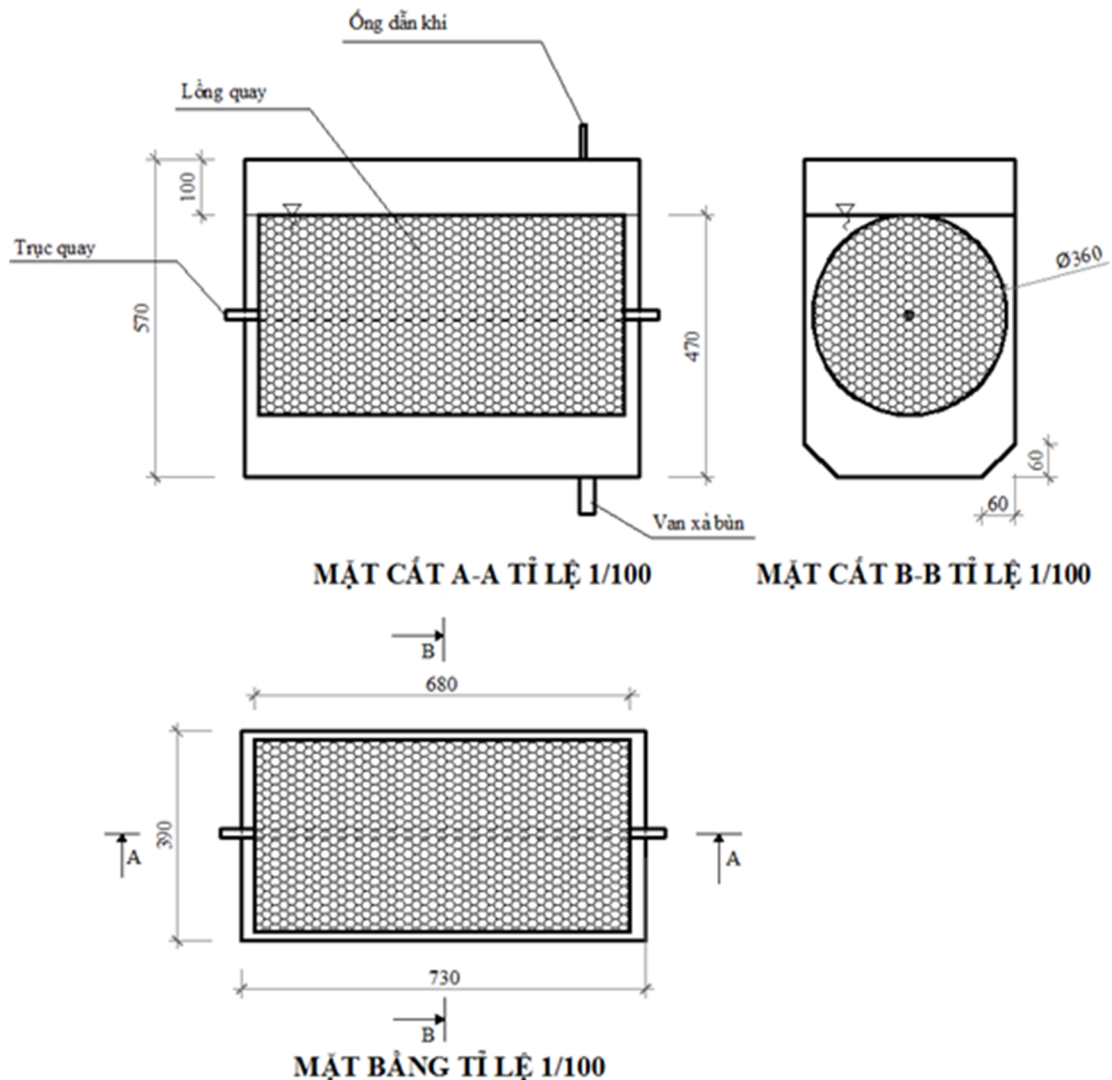
al. (1997). Wanner *et al.* (1990) đã đơn giản hóa việc chế tạo đĩa quay sinh học bằng cách giới thiệu lồng quay sinh học (LQSH). Sirianuntapiboon (2006) dùng LQSH yếm khí để xử lý nước thải có chứa dư lượng clo với nồng độ thậm chí lên đến 20 mg/L. Hệ thống LQSH yếm khí cũng được ứng dụng xử lý nước thải tổng hợp chứa đến 800 mg/L BOD₅ với nhiều nồng độ dư lượng xy-a-nua khác nhau (Sirianuntapiboon & Chuamkaew, 2007).

Khi thiết kế và vận hành LQSH, cần quan tâm đến chi phí đầu tư và thay thế các giá thể trong lồng quay do hầu hết giá thể được nhập khẩu từ nước ngoài có giá thành cao. Để giảm giá thành đầu tư và chủ động nguồn giá thể, Lê Hoàng Việt *et al.* (2014) và Lê Hoàng Việt *et al.* (2015) đã nghiên cứu sử dụng các vật liệu có sẵn, rẻ tiền trên thị trường như bông tắm, ống nhựa luồn điện làm giá thể cho mô hình LQSH hiếu khí xử lý thành công nước thải lò giết mổ và nước thải chế biến cá tra. Tran Sy Nam *et al.* (2014) đã khẳng định rom có thể sử dụng làm chất nền để sản xuất khí sinh học và việc kết hợp rom với phân heo sẽ cho năng suất sinh khí cao. Dựa trên các cơ sở khoa học trên, nghiên cứu này sử dụng rom làm giá thể cho LQSH yếm khí để giảm thiểu ô nhiễm từ nước thải chăn nuôi heo, tận dụng rom để sản xuất năng lượng, góp phần hạn chế đốt rom ngoài đồng gây ô nhiễm không khí.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Phương tiện thí nghiệm

Các thí nghiệm được tiến hành trên hai mô hình LQSH yếm khí do nhóm tác giả tự chế tạo. Lồng quay có nắp đậy kín bằng kim loại, phía trên nắp được lắp 1 van khí nối với ống dẫn khí đi vào túi thu khí bằng nhôm. Khí từ túi nhôm sẽ được đo đạc hàng ngày để đánh giá trữ lượng và chất lượng khí sinh ra.



Hình 1: Sơ đồ LQSH yếm khí sử dụng trong thí nghiệm

Các thông số thiết kế chính của mô hình như sau:

- Chiều rộng mô hình: $W = 0,39 \text{ m}$
- Chiều dài mô hình: $L = 0,73 \text{ m}$
- Chiều sâu công tác: $0,5 \text{ m}$
- Chiều cao mặt thoáng: $0,07 \text{ m}$
- Thể tích hoạt động: $V = 0,14 \text{ m}^3$
- Đường kính lồng quay: $D_{\text{lồng}} = 0,36 \text{ m}$
- Chiều dài lồng quay: $L_{\text{lồng}} = 0,68 \text{ m}$
- Thể tích lồng quay: $V_{\text{lồng}} = 0,07 \text{ m}^3$
- Khối lượng rom: $M_{\text{rom}} = 2,1 \text{ kg}$
- Phần trăm độ rỗng giá thể: $R = 86,67\%$

Giá thể được sử dụng cho mô hình LQSH là rom có chiều dài khoảng 30 - 70 cm. Tổng diện tích bề mặt giá thể rom là $S = 35,78 \text{ m}^2$.

2.2 Bố trí thí nghiệm

Nghiên cứu được tiến hành tại các phòng thí nghiệm của Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ. Cả hai mô hình LQSH được bố trí thí nghiệm không lặp lại.

2.2.1 Giai đoạn chuẩn bị

Nước thải chăn nuôi sử dụng cho thí nghiệm là nước thải từ quá trình vệ sinh chuồng trại của bà Trương Việt Đầu ở phường Xuân Khánh, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ. Trung bình mỗi ngày gia đình sử dụng 360 L nước để dội rửa cho 15 kg phân heo. Trước khi tiến hành thí nghiệm, mẫu nước thải được thu và phân tích một số thông số để đánh giá mức độ phù hợp của việc áp dụng biện pháp xử lý sinh học, cũng như các biến động về nồng độ ô nhiễm theo thời gian.

Rom có ẩm độ 52% được thu thập từ ruộng sau khi thu hoạch giống lúa IR50404 của ông Huỳnh Văn Bá, xã Đông Thạnh, huyện Bình Minh, tỉnh Vĩnh Long. Tiến hành cân 2,1 kg rom cho mỗi lồng quay sinh học rồi tiến xử lý bằng cách ngâm vào nước thải lấy từ hầm ủ biogas đang hoạt động trong 5 ngày để thúc đẩy quá trình tạo màng sinh học và khả năng phân hủy của rom.

2.2.2 Giai đoạn vận hành

Thời gian tăng trưởng của vi khuẩn tạo mêtan rất lâu từ 3 - 30 ngày (Gerardi, 2003), vì thế ở thời gian đầu thí nghiệm, nước thải lấy từ túi ủ biogas (4 m³ đang vận hành ổn định) và phân heo được đưa vào các lồng quay để bổ sung nguồn vi sinh vật nhằm tăng mật độ vi khuẩn và đẩy nhanh quá trình tạo màng sinh học. Tiến hành đo đặc khí thành phần và thể tích khí sinh học sinh ra mỗi ngày để nhận biết LQR đã hoạt động ổn định chưa. Khí thành phần khí và thể tích khí sinh ra hàng ngày không biến thiên nhiều chứng tỏ mô hình đã làm việc tốt, tiến hành lấy mẫu nước thải đầu vào và đầu ra của hai mô hình để phân tích các thông số cần theo dõi trong 3 ngày liên tiếp và phân tích các thông số pH, BOD₅, COD, SS, TKN, TP, NH₄⁺ nhằm đánh giá khả năng xử lý của mô hình. Thành phần và thể tích khí sinh ra mỗi ngày được đo đạc và phân tích trong suốt 51 ngày vận hành.

Hai mô hình LQR được vận hành bán liên tục bằng cách mỗi ngày nạp nước thải hai lần vào thời điểm 8 giờ và 15 giờ (tương ứng với thời điểm vệ sinh chuồng trại tại nông hộ).

Trước khi tiến hành thí nghiệm này, thí nghiệm định hướng vận hành LQR thực hiện với thời gian lưu tồn nước là 32 giờ cho hiệu quả loại COD thấp (biến thiên từ 17,5 - 30,6%). Do đó, thí nghiệm này sẽ tiến hành ở HRT là 3 ngày (LQR3N) và 6 ngày (LQR6N). Với thể tích hoạt động của mô hình là 140 L, lưu lượng nạp nước thải cho hai mô hình được tính toán như sau:

Lưu lượng nạp nước của LQR3N:

$$Q_{\text{nạp}} = \frac{V}{\theta} = \frac{140 \times 24}{72} = 46,7 \text{ (L/ngày)}$$

Lưu lượng nạp nước của LQR6N:

$$Q_{\text{nạp}} = \frac{V}{\theta} = \frac{140 \times 24}{144} = 23,3 \text{ (L/ngày)}$$

với V: thể tích hoạt động của bể (L)

θ: thời gian lưu nước (ngày)

Q_{nạp}: lưu lượng nước thải cần nạp cho mô hình để đạt thời gian tồn lưu lựa chọn

Trong nghiên cứu này, nước thải sẽ được nạp cho các mô hình đến ngày thứ 44, sau đó ngưng nạp và tiếp tục theo dõi thành phần và lượng khí sinh ra đến ngày thứ 51.

2.2.3 Phương pháp nghiên cứu và xử lý số liệu

Quy trình thu thập và phân tích các mẫu nước thải (gồm các thông số pH, SS, BOD₅, COD, TKN, TP, NH₄⁺) trước và sau xử lý được thực hiện theo các quy định của tiêu chuẩn và quy chuẩn Việt Nam hiện hành.

Riêng mẫu khí, các khí thành phần được phân tích bằng máy Biogas Pro 5000 (Geotech - UK), lượng khí sinh học sinh ra được đo bằng đồng hồ đo thể tích khí Ritter (Đức).

Đối với mẫu rom sau khi vận hành LQSH được lấy mẫu, sấy khô tuyệt đối sau đó quy về cùng trọng lượng ban đầu của rom làm thí nghiệm có độ ẩm 52%.

Chuỗi số liệu đầu ra 51 ngày của hai thí nghiệm thức có thời gian nạp nước 3 ngày và 6 ngày được tiến hành phân tích thống kê ANOVA và kiểm định F ở mức ý nghĩa 5%.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Thành phần và tính chất của nước thải

Theo dõi quá trình chăn nuôi và vệ sinh chuồng trại ở hộ chăn nuôi cho thấy nước thải chăn nuôi chủ yếu là nước vệ sinh chuồng trại với nguồn gây ô nhiễm chính là phân - nước tiểu heo và thức ăn thừa hòa lẫn vào nước. Lượng nước rửa chuồng và khẩu phần ăn của heo biến động lớn (do hộ này sử dụng thức ăn thừa trộn với cám để nuôi heo), làm cho các thông số ô nhiễm trong nước thải chăn nuôi cũng biến động lớn.

Bảng 1: Các thông số lý hóa của nước thải chăn nuôi heo

Thông số	Đơn vị	Nồng độ (n = 3)
pH	-	7,32 ± 0,12
SS	mg/L	5.439 ± 555,4
BOD ₅	mg/L	10.806,7 ± 1.199,1
COD	mg/L	19.569,0 ± 1.213,7
TKN	mg/L	292,8 ± 28,96
TP	mg/L	173,45 ± 41,73
NH ₄ ⁺	mg/L	60,73 ± 6,61

Về mặt cảm quan nước thải rất hôi và tanh, hàm lượng cặn lơ lửng rất cao. Do đó, trước khi đưa nước vào mô hình cần khuấy thật đều để tránh hiện tượng lắng cặn cản trở quá trình nạp nước thải vào mô hình thí nghiệm, cũng như việc gây ra sai khác về nồng độ chất hữu cơ nạp cho LQR.

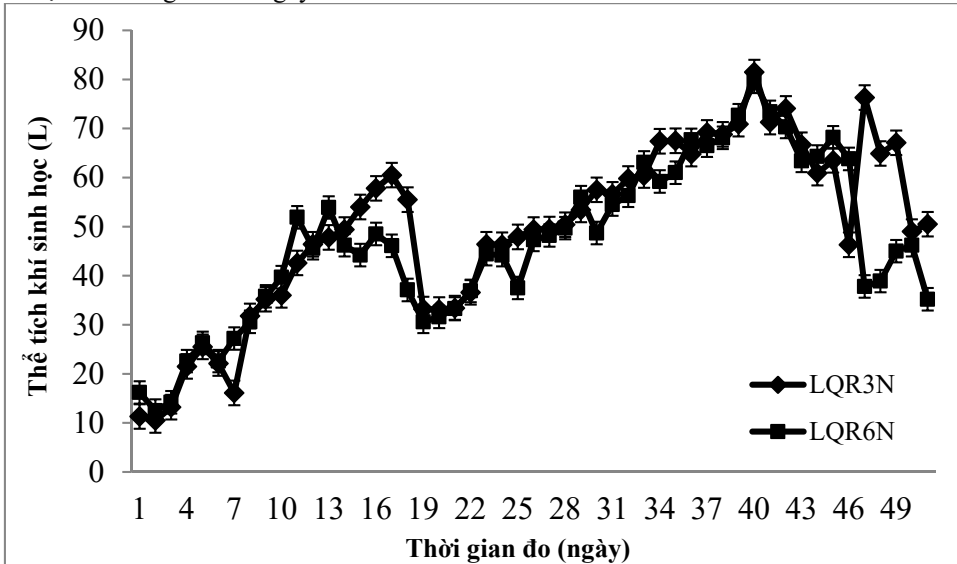
Kết quả phân tích cho thấy pH = 7,32 nằm trong khoảng thích hợp từ 6,6 - 7,6 cho quá trình xử lý yếm khí (McCarty, 1964). Tỷ số BOD/COD = 0,55 > 0,5 thích hợp cho xử lý sinh học (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2014). Tỷ số COD : N : P = 19.569 : 292,8 : 173,45 = 350 :

5,2 : 3,1 cho thấy nước thải có đủ dưỡng chất cho vi sinh vật yếm khí phát triển (Metcalf & Eddy, 1991). Như vậy, nguồn nước thải này có tính chất phù hợp để xử lý bằng biện pháp sinh học mà không cần phải bổ sung dưỡng chất và hiệu chỉnh pH trong quá trình vận hành.

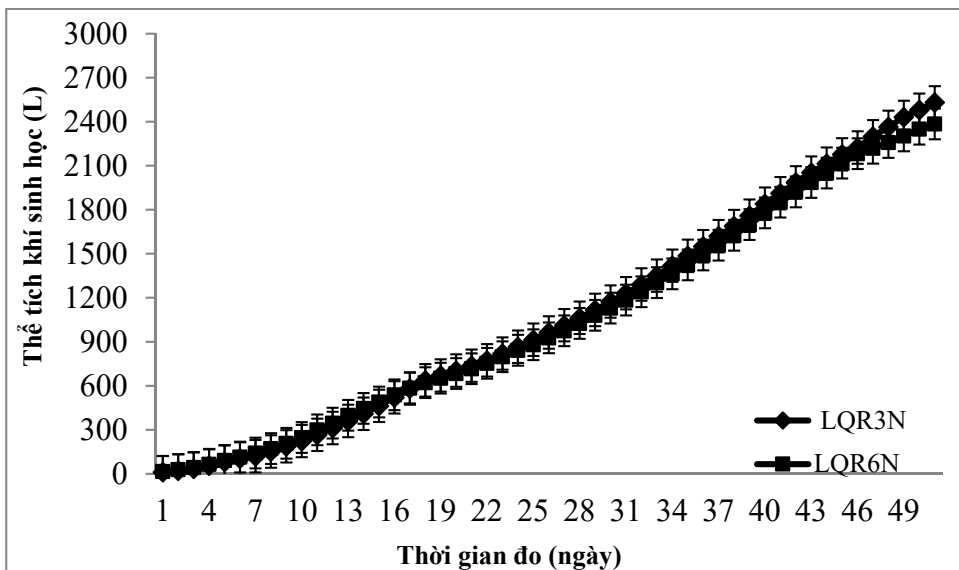
3.2 Khả năng sản xuất khí sinh học

Thể tích khí sinh ra hàng ngày và thể tích khí cộng dồn trong quá trình vận hành trình bày ở Hình 2 và 3. Trong 10 ngày đầu, thể tích khí sinh ra ít là do hệ vi sinh vật yếm khí mới hình thành và đang trong giai đoạn thích nghi. Từ ngày thứ 10 đến

ngày thứ 33, lượng khí sinh ra mỗi ngày của LQR3N cao hơn LQR6N. Nguyên nhân do lượng nước thải nạp cho LQR3N nhiều hơn so với LQR6N sẽ cung cấp nhiều thức ăn hơn cho vi sinh vật sinh khí mêtan. Tuy nhiên, cũng có một số ngày lượng khí sinh ra ở LQR6N cao hơn LQR3N như ngày thứ 10, 11, 13, 22 và 29. So sánh với đề xuất nạp chất hữu cơ từ 1 - 6 kg COD/m³*ngày (Polprasertc, 2007), lượng chất hữu cơ nạp vào LQR3N cao hơn (6,73 kg COD/m³*ngày) dẫn đến quá tải gây ức chế cho vi sinh vật sinh khí mêtan tại một số thời điểm.



Hình 2: Biến thiên thể tích khí sinh ra hàng ngày của nghiệm thức LQR3N và LQR6N



Hình 3: Thể tích khí sinh học cộng dồn của nghiệm thức LQR3N và LQR6N

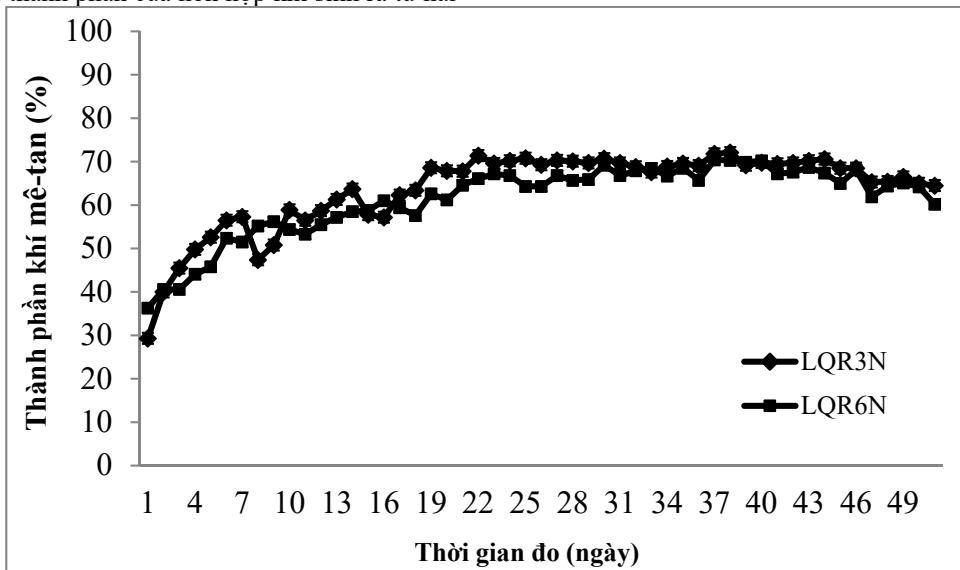
Trong quá trình chăn nuôi có những lúc người dân bán bớt heo, tái đàn hoặc heo bị dịch bệnh ảnh

hưởng đến lượng chất nền nạp cho hầm ủ. Vì vậy, sau khi vận hành được 44 ngày, bắt đầu từ ngày

thứ 45 sẽ ngưng nạp nước thải cho cả hai lồng quay để đánh giá xem sau khi ngưng nạp nước thải, lồng quay nào sẽ duy trì khả năng sinh khí lâu và cho lượng khí sinh học nhiều hơn. Kết quả cho thấy sau khi ngưng nạp LQR3N duy trì được lượng khí sinh học cao hơn LQR6N (417,6 L so với 335,1 L). Tổng lượng khí sinh ra sau 51 ngày vận hành của LQR3N và LQR6N lần lượt là 2.531,8 L và 2.384,7 L. Kết quả phân tích ANOVA và kiểm định F cho thấy thể tích khí cộng dồn của hai lồng quay không khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

Kết quả phân tích khí sinh học cho thấy trong 4 ngày đầu thành phần của hỗn hợp khí sinh ra từ hai

lồng quay chưa đạt giá trị tiêu biểu của khí sinh học (còn chứa hàm lượng cao của các loại khí tạp như CO₂, O₂, H₂S và khí khác, CH₄ chưa đến 50%) và biến động nhiều. Từ ngày thứ 5 trở đi phần trăm khí mê-tan trong hỗn hợp khí thu được từ hai lồng quay đều đạt trên 50% hoàn toàn đủ để sử dụng cho nhu cầu đun nấu. Việc gia tăng nhanh chóng thành phần khí mê-tan trong thời gian ngắn có thể là do giá thể rơm có diện tích bề mặt lớn (35,78 m²), lại được tiền xử lý trước nên chứa một lượng lớn quần thể vi sinh vật yếm khí giúp thúc đẩy quá trình phân hủy chất hữu cơ để sinh khí.



Hình 4: Thành phần khí CH₄ trong hỗn hợp khí sinh học ở LQR3N và LQR6N

Trong 3 tuần đầu, phần trăm khí CH₄ của nghiệm thức LQR3N cao hơn của nghiệm thức LQR6N trừ một số ngày (ngày thứ 8, 9, 15 và 16). Từ ngày 19 cho đến ngày 40, phần trăm khí CH₄ của hai lồng quay gần như tương đương nhau và biến động rất ít (từ 64,6 - 72,1%). Từ ngày thứ 40 tới ngày vận hành cuối, phần trăm khí CH₄ của LQR3N cao hơn LQR6N, đồng thời trong giai đoạn này thể tích khí sinh ra ở LQR3N cũng cao hơn ở LQR6N. Do ở LQR3N lượng nạp hàng ngày

nhiều hơn nên lượng chất rắn hữu cơ, chất dinh dưỡng lắng đọng lại nhiều hơn, vi sinh vật có thể tiếp tục sử dụng để sinh khí.

3.3 Hiệu quả xử lý nước thải

Nồng độ các chất ô nhiễm trước và sau xử lý của hai lồng quay được thể hiện qua Bảng 2. Dựa trên số liệu của Bảng 2, tải nạp nước và tải nạp chất hữu cơ được tính toán trình bày trong Bảng 3.

Bảng 2: Nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải đầu vào và đầu ra của LQR3N và LQR6N

Thông số	Đơn vị	Nước thải	Trung bình (n = 3)	Hiệu suất xử lý (%)
pH	-	- Đầu vào	7,42 ± 0,09	-
		- Đầu ra LQR3N	6,76 ± 0,03	-
		- Đầu ra LQR6N	6,89 ± 0,04	-
COD	mg/L	- Đầu vào	20.179 ± 2.181,19	-
		- Đầu ra LQR3N	7.991,33 ± 729,09	60,4
		- Đầu ra LQR6N	5.042 ± 841,38	75,01
BOD ₅	mg/L	- Đầu vào	11.548,33 ± 1.653,4	-
		- Đầu ra LQR3N	4.728,33 ± 505,01	59,06
		- Đầu ra LQR6N	2.995 ± 546,17	74,07
SS	mg/L	- Đầu vào	5.241,33 ± 1.091,53	-
		- Đầu ra LQR3N	3.719,17 ± 56,81	29,04
		- Đầu ra LQR6N	3.433,33 ± 406,15	34,5
TKN	mg/L	- Đầu vào	273,97 ± 74,91	-
		- Đầu ra LQR3N	334,57 ± 16,53	-
		- Đầu ra LQR6N	376,71 ± 70,72	-
TP	mg/L	- Đầu vào	199,02 ± 29,66	-
		- Đầu ra LQR3N	187,58 ± 32,92	5,75
		- Đầu ra LQR6N	172,63 ± 10,87	13,26
NH ₄ ⁺	mg/L	- Đầu vào	55,83 ± 7,91	-
		- Đầu ra LQR3N	155,67 ± 7,13	-
		- Đầu ra LQR6N	179,02 ± 18,87	-

Bảng 3: Điều kiện vận hành của hai lồng quay sinh học LQR3N và LQR6N trong thí nghiệm

Các điều kiện vận hành	Đơn vị	LQR3N	LQR6N
Tải nạp BOD trung bình tính trên diện tích màng $L = \frac{Q \times BOD}{A}$	kg BOD/m ² *ngày	0,0151	0,0075
Tải nạp COD trung bình tính trên diện tích màng $L = \frac{Q \times COD}{A}$	kg COD/m ² *ngày	0,0263	0,0131
Tải nạp BOD trung bình tính trên thể tích hoạt động $L = \frac{Q \times BOD}{V}$	kg BOD/m ³ *ngày	3,8522	1,9219
Tải nạp COD trung bình tính trên thể tích hoạt động $L = \frac{Q \times COD}{V}$	kg COD/m ³ *ngày	6,7311	3,3584
Tải nạp nước theo diện tích giá thể của lồng quay $q = \frac{Q}{A}$	m ³ /m ² *ngày	0,0013	0,0007

pH: pH của nước thải sau xử lý của LQR3N và LQR6N lần lượt là 6,76 và 6,89 thấp hơn pH đầu vào (7,42) nhưng vẫn nằm trong khoảng thích hợp (6,6 - 7,6) cho quá trình xử lý yếm khí (McCarty, 1964). Theo Gerardi (2003), pH của nước thải đầu ra giảm thấp là do ở giai đoạn đầu của quá trình phân hủy yếm khí, nhóm vi khuẩn acetogenic và acidogenic sinh ra a-xít. Đối với LQR6N có thời gian lưu dài hơn nên vi khuẩn sinh CH₄ có đủ thời gian sử dụng a-xít để tạo khí CH₄ nên giá trị pH tăng cao hơn.

SS: SS trong nước thải đầu vào rất cao và biến động lớn (5.241,33 ± 1.091,53 mg/L) do thức ăn có nhiều thành phần có kích thước to như cặn, vỏ trấu lẫn trong cám không tiêu hóa được và thải ra ngoài. Nồng độ chất rắn lơ lửng trong nước thải sau xử lý không giảm nhiều (29,04% đối với LQR3N và 34,5% đối với LQR6N). SS không giảm nhiều là do chế độ nạp nước bán liên tục, lượng nước nạp

cho mô hình tập trung vào 02 lần nạp trong ngày, cộng thêm chiều dài của mô hình ngắn có thể dẫn đến hiện tượng “đoạn mạch” làm cho SS trong nước thải mới và SS trong mô hình bị cuốn ra ngoài. Nồng độ SS trong nước thải đầu ra cao dẫn đến một số thông số ô nhiễm khác như BOD và COD đầu ra cũng cao. Kết quả phân tích ANOVA và kiểm định F cho thấy nồng độ SS sau xử lý của hai lồng quay không khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

BOD₅ và COD: nồng độ BOD₅ đầu vào của hai lồng quay tương đối cao và có sự biến động khá lớn (11.548,33 ± 1.653,45 mg/L) do khẩu phần ăn hàng ngày của heo không ổn định. BOD₅ trong nước thải đầu ra của cả hai lồng quay giảm đáng kể, đối với LQR3N giảm xuống 4.728 mg/L (hiệu suất xử lý 59,06%), ở LQR6N giảm còn 2.995 mg/L (hiệu suất xử lý 74,07%). Tương tự COD trong nước thải đầu vào cao và có sự biến động lớn

(20.179 ± 2.181,19 mg/L). Kết quả phân tích nước thải đầu ra của hai lồng quay cho thấy nồng độ COD đầu ra giảm nhiều - LQR3N giảm còn 7.991,33 mg/L (hiệu suất xử lý 60,4%) và LQR6N giảm còn 5.042 mg/L (hiệu suất xử lý 75,04%). Kết quả phân tích ANOVA và kiểm định F cho thấy nồng độ BOD₅ và COD sau xử lý của LQR6N thấp hơn nồng độ BOD₅ và COD sau xử lý của LQR3N và khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%. Hiệu suất xử lý COD và BOD₅ của LQR6N tốt hơn LQR3N do thời gian lưu dài hơn đủ để lắng, khả năng phân hủy chất rắn và các chất ô nhiễm hữu cơ tốt hơn.

TP: nồng độ photpho tổng trong nước thải đầu vào rất cao và có sự biến động khá lớn (199,02 ± 29,66 mg/L). Sau quá trình xử lý hàm lượng TP trong nước thải đầu ra giảm rất ít. Nghiệm thức LQR3N giảm còn 187,58 mg/L (hiệu suất xử lý 5,75%), trong khi LQR6N giảm từ 199,02 mg/L xuống 172,63 mg/L (hiệu suất xử lý 13,26%). Hàm lượng TP không giảm nhiều là do vi khuẩn chỉ sử dụng một phần, phần còn lại lắng đọng trong lồng quay; trong điều kiện yếm khí sẽ chuyển thành dạng P hòa tan, khi nước thải ra ngoài thì P hòa tan cũng đi theo ra ngoài. Kết quả phân tích ANOVA và kiểm định F cho thấy nồng độ TP sau xử lý của hai lồng quay không khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

TKN và NH₄⁺: nồng độ TKN và NH₄⁺ trong nước thải đầu vào tương đối cao và biến động lớn (273,97 ± 74,91 mg/L; 55,83 ± 7,91 mg/L). Sau xử lý hàm lượng TKN và NH₄⁺ đầu ra của hai lồng quay cao hơn đầu vào. Nồng độ NH₄⁺ đầu ra của LQR3N và LQR6N tăng từ 55,83 mg/L lên 155,67 và 179,02 mg/L. Đối với TKN, LQR3N tăng lên 334,57 mg/L, còn LQR6N tăng lên 376,71 mg/L. Điều này được lý giải dựa trên TKN là tổng đạm hữu cơ và đạm a-môn. Trong nước thải, đạm hữu cơ chủ yếu nằm trong phần chất rắn lơ lửng (thức ăn mới tiêu hóa một phần trong phân heo), phần này lắng đọng trong lồng quay chuyển hóa thành a-môn nên hàm lượng a-môn tăng cao. A-môn là chất hòa tan, với lượng a-môn cao vi khuẩn trong mô hình chỉ sử dụng được một phần, phần còn lại khi nạp nước thải vào sẽ bị đẩy ra ngoài cộng với một lượng TKN trong chất rắn lơ lửng của nước thải mới do hiện tượng đoạn mạch nên hàm lượng TKN đầu ra tăng cao. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Tchobanoglous & Burton (1991), quá trình xử lý yếm khí có nhược điểm là không xử lý tốt các dưỡng chất như N và P. Tuy nhiên, nếu nước thải này được dùng trong canh tác nông nghiệp như nuôi cá, trồng cây sẽ cung cấp nguồn đạm tốt cho ao cá và cây trồng. Kết quả phân tích ANOVA và kiểm định F cho thấy nồng độ TKN và NH₄⁺ sau xử lý của hai lồng quay không khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.



Hình 5: Rơm trước vận hành (trái) và sau vận hành LQR3N (giữa) và LQR6N (phải)

Sau 51 ngày làm thí nghiệm toàn bộ rơm trong hai LQR được lấy ra để quan sát, kết quả cho thấy rơm đã bị phân hủy và giảm trọng lượng nhiều so với ban đầu. Trước khi thí nghiệm, trọng lượng rơm của mỗi lồng quay là 2,1 kg và kết thúc vận hành thì trọng lượng rơm của hai lồng quay còn lại ở LQR3N và LQR6N lần lượt là 0,7 kg và 0,38 kg. Ở LQR3N lượng rơm sau thí nghiệm có kích thước lớn hơn và trọng lượng cao

hơn so với LQR6N, nguyên nhân là do lượng nạp nguyên liệu của LQR3N nhiều nên lượng chất ô nhiễm hữu cơ có trong nước thải nhiều hơn, do đó vi sinh vật sử dụng lượng rơm ít hơn.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Kết quả nghiên cứu cho phép rút ra một số kết luận sau:

– Có thể sử dụng lồng quay sinh học yếm khí với giá thể là rơm để sản xuất khí sinh học từ nước thải chăn nuôi heo.

– Việc sử dụng lồng quay sinh học yếm khí có thể giảm chi phí đầu tư do thời gian tồn lưu nước ngắn hơn (3 - 6 ngày) so với các loại hầm ủ yếm khí không giá bám khác (thường là 20 ngày).

– Do thời gian tồn lưu nước ngắn, nồng độ ni-tơ và phốt-pho trong nước thải đầu ra còn lại rất cao, cần có những giải pháp xử lý hay tái sử dụng nước thải.

Một số kiến nghị được đề xuất:

– Do tỉ lệ dài: rộng của mô hình nhỏ dẫn đến hiện tượng đoản mạch, gây ảnh hưởng đến chất lượng nước sau xử lý, cần tăng tỉ lệ dài: rộng của mô hình cho các nghiên cứu tiếp theo hay khi áp dụng vào thực tế.

– Nước thải đầu ra còn chứa nhiều dưỡng chất cần được tái sử dụng cho canh tác cây trồng hay nuôi thủy sản giúp tăng thu nhập cho nông hộ, không đưa trực tiếp ra ngoài sẽ làm ô nhiễm môi trường tiếp nhận.

– Lượng rơm làm giá thể nên được định kỳ thay mới và nghiên cứu sử dụng nó để ủ phân compost bón cho cây trồng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Gerardi M. H. (2003). The microbiology of anaerobic digesters. John Wiley & Sons, Inc.

Laquidara M. J., Blanc F. C., O'Shaughnessy J. C. (1986). Development of biofilm, operating characteristics and operational control in the anaerobic rotating biological contactor process. Water Pollution Control Federation, 58(2): 107–114.

Lê Hoàng Việt, Ngô Huệ Đức, Nguyễn Hữu Thuận, Nguyễn Võ Châu Ngân (2015). Đánh giá hiệu suất xử lý nước thải chế biến cá tra của lồng quay sinh học hiếu khí. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 40a: 62–68.

Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân, Lưu Trọng Tác, Lê Thị Bích Vi (2014). Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải giết mổ gia súc tập trung của đĩa

quay sinh học và lồng quay sinh học. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 35a: 46–53.

Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân (2014). Giáo trình Kỹ thuật Xử lý Nước thải (tập 2). NXB Đại học Cần Thơ.

McCarty P. L. (1964). Anaerobic waste treatment fundamentals - Part I. Chemistry and microbiology. Public works. Vol 95: 107–112.

Nguyen Vo Chau Ngan, Tran Sy Nam (2015). Greenhouse gas emission from on-field straw burning in the Mekong Delta of Viet Nam. In: Proceedings of 8th Asian Crop Science Association Conference. Ha Noi, Sep 23 - 25, 2014. Agricultural University Press. pp. 43–50.

Nguyen Vo Chau Ngan (2011). Small-scale anaerobic digesters in Vietnam - Development and challenges. J. Viet. Env., 1(1): 12–18.

Polprasert C. (2007). Organic waste recycling Technology and Management. IWA publishing.

Sirianuntapiboon S. (2006). Treatment of wastewater containing Cl₂ residue by packed-cage rotating biological contactor system. Bioresource Technology, 97: 1735–1744.

Sirianuntapiboon S., Chuamkaew C. (2007). Packed cage rotating biological contactor system for treatment of cyanide wastewater. Bioresource Technology, 98: 266–272.

Tchobanoglous G., Burton F. L. (1991). Wastewater Engineering - Treatment, Disposal and Reuse 3rd ed. McGrawhill, New York.

Tổng Cục Thống kê (2015). Niên giám Thống kê Việt Nam 2014. NXB Thống kê.

Tran Sy Nam, Vo Thi Vinh, Nguyen Huu Chiem, Nguyen Vo Chau Ngan, Le Hoang Viet, Kjeld Ingvorsen (2014). Enhancing biogas production by supplementing rice straw. Journal of Science and Technology, Vol 52 (3a): 294–301.

Wanner J., Sykora M., Kos M., Miklenda J., Grau P. (1990). Packed-cage RBC with combined cultivation of suspended and fixed-film biomass. Water Sci Technol 22(1–2): 101–111.

Yeh A. C., Lu C., Lin M. R. (1997). Performance of anaerobic rotating biological contactor: Effects of flow rate and influent organic strength. Wat.Res. 31(6): 1251–1260.