



HIỆU QUẢ CỦA HỆ THỐNG KẾT HỢP THAN SINH HỌC (BIOCHAR) VÀ HỒ LỘC SINH HỌC TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHĂN NUÔI LỢN SAU HẦM BIOGAS

Nguyễn Quang Lịch^{1,*}, Vệ Quốc Linh², Trần Đức Hạnh², Nguyễn Quốc Huy²,
Nguyễn Văn Khanh³, Lê Văn Tuấn⁴, Chu Thị Hương⁵

¹ Khoa Kỹ Thuật và Công nghệ, Đại học Huế, 1 Điện Biên Phủ, Huế, Việt Nam

² Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, 102 Phùng Hưng, Huế, Việt Nam

³ Viện công nghệ sinh học, Đại học Huế, Tinh Lộ 10, Phú Vang, Thừa Thiên Huế, Việt Nam

⁴ Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, 77 Nguyễn Huệ, Huế, Việt Nam

⁵ Trường Cao đẳng Sư phạm Thừa Thiên Huế, 123 Nguyễn Huệ, Huế, Việt Nam

* Tác giả liên hệ: Nguyễn Quang Lịch <nguyenquanglich@hueuni.edu.vn>

(Ngày nhận bài: 26-9-2020; Ngày chấp nhận đăng: 14-10-2021)

Tóm tắt. Nghiên cứu này đánh giá hiệu quả của hệ thống kết hợp than sinh học (biochar) và hồ sinh học bèo tây (*Eichhornia crassipes*) trong việc xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau hầm biogas. Kết quả cho thấy nước thải đầu ra đạt quy chuẩn cho phép sau bảy giờ xử lý bằng hệ thống xử lý kết hợp. pH của nước thải luôn ổn định trong khoảng 6,9–7,2. Trong khi hiệu suất xử lý tổng phốt pho chỉ đạt 58,8% thì hiệu suất xử lý của các thông số ô nhiễm khác như BOD₅, TSS, COD, tổng nitơ và amoni đều đạt hiệu quả khá cao, lần lượt là 83,6, 88,9, 69,3, 88,3 và 98,1%. Đáng chú ý là hiệu suất xử lý Coliform đạt gần 100%. Với thời gian xử lý ngắn và hiệu suất xử lý cao, hệ thống xử lý nước thải chăn nuôi lợn kết hợp giữa than sinh học và hồ sinh học bèo tây có triển vọng ứng dụng rộng rãi trong thực tiễn.

Từ khóa: hầm biogas, nước thải chăn nuôi lợn, than sinh học, xử lý nước thải, hồ sinh học

Efficiency of integrated system using biochar and waste stabilization pond for treatment of effluent from swine manure biogas digester

Nguyễn Quang Lịch^{1*}, Ve Quoc Linh², Tran Duc Hanh², Nguyen Quoc Huy²,
Nguyễn Văn Khanh³, Le Van Tuan⁴, Chu Thi Huong⁵

¹ School of Engineering and Technology, Hue University, 1 Dien Bien Phu St., Hue, Vietnam

² University of Agriculture and Forestry, Hue University, 102 Phung Hung St., Hue, Vietnam

³ Institute of Biotechnology, Hue University, Road No. 10, Phu Vang, Thua Thien Hue, Vietnam

⁴ University of Sciences, Hue University, 77 Nguyen Hue St., Hue, Vietnam

⁵ Thua Thien Hue College of Education, 123 Nguyen Hue St., Hue, Vietnam

* Correspondence to Nguyễn Quang Lịch <nguyenquanglich@hueuni.edu.vn>

(Received: September 26, 2021; Accepted: October 14, 2021)

Abstract. This study evaluates the treatment efficiency of a combination of biochar and water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)-based stabilization pond for the treatment of effluent from swine manure biogas digesters. The results reveal that the treated effluent meets relevant national technical regulations. The effluent pH is stable at 6.9–7.2. While the removal performance of phosphate reaches 58.8%, that of BOD₅, TSS, COD, TN and ammonium achieves 83.6, 88.9, 69.3, 88.3, and 98.1%, respectively. Most notably, the removal performance of Coliform is almost complete. With its short treatment time and high treatment performance, the proposed treatment system using both biochar and water-hyacinth-based stabilization pond proves to be a promising treatment technology. It can be widely used to treat effluent from swine manure biogas digesters.

Keywords: biogas digester, swine manure effluent, biochar, effluent treatment, removal performance

1 Đặt vấn đề

Sản xuất khí sinh học (biogas) từ chất thải là giải pháp tạo ra lợi ích kép: không chỉ giảm thiểu ô nhiễm mà còn biến chất thải thành nguồn năng lượng sạch hữu ích. Chính vì vậy, việc sản xuất biogas từ các nguồn phế phẩm nông nghiệp đã phổ biến ở nhiều nước trên thế giới từ những năm 1770, và sau đó được ứng dụng ở Việt Nam trong những năm 1960 [2]. Cộng hòa Liên Bang Đức là nước sản xuất biogas lớn nhất châu Âu với lượng điện tạo ra từ biogas xấp xỉ 14 TWh vào năm 2014 và chiếm khoảng 13% tổng sản lượng điện của quốc gia này [11, 13]. Tính đến tháng 9 năm 2013, Vương quốc Anh có hơn 130 nhà máy lớn sản xuất biogas. Ở các nước châu Âu, biogas chủ yếu được sử dụng để sản xuất điện và làm nhiên liệu xe hơi [11]. Nhiều phương tiện giao thông công cộng như xe buýt, tàu ở các nước châu Âu và một số nước châu Á

đã sử dụng biogas làm nhiên liệu [13]. Cùng với sự phát triển về việc sử dụng biogas làm nguồn năng lượng rẻ thay thế cho nhiên liệu hóa thạch và giảm phát thải khí nhà kính, việc nghiên cứu nâng cao hiệu suất tạo biogas từ các nguồn nguyên liệu khác nhau cũng như nâng cao hiệu quả và xử lý triệt để nguồn chất thải liên quan, nhất là nước thải sau hầm biogas đã và đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm.

Trong những năm gần đây, biogas đã trở nên phổ biến ở Việt Nam, không chỉ làm chất đốt mà còn được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau như thắp sáng, chạy động cơ hay chuyển hóa thành các dạng năng lượng khác sử dụng cho các thiết bị trong sản xuất. Một mặt cung cấp nguồn năng lượng cho người dân, mặt khác giúp người dân xử lý các chất thải từ chăn nuôi và các hoạt động sản xuất khác, các hầm sản xuất biogas ở các hộ gia đình và trang trại chăn nuôi, đã góp phần bảo vệ môi trường và bảo tồn tài nguyên. Tuy nhiên, các nghiên cứu ứng dụng các công nghệ trong quản lý nguồn chất thải sau hầm biogas hiện vẫn còn hạn chế, nhất là trong điều kiện ô nhiễm môi trường như hiện nay. Khảo sát thực tế cho thấy 100% nước thải sau hầm biogas được thải trực tiếp ra các ao hồ hoặc kênh mương. Mặc dù hầm biogas có hiệu quả xử lý cao các chất ô nhiễm trong nước thải chăn nuôi lợn như COD (trung bình giảm 84,7%), BOD₅ (trung bình giảm 76,3%) và SS (trung bình giảm 86,1%) [10, 12], nhưng giá trị của một số thông số ô nhiễm trong nước thải đầu ra vẫn còn cao như BOD₅ (307 mg/L), COD (463 mg/L), SS (373 mg/L), Coliform ($10,6 \times 10^6$ MPN/100 mL) [10, 12], vượt nhiều lần so với giá trị tối đa cho phép ở cột B của Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi (QCVN 62:2016/BTNMT) [9]. Chính vì vậy, việc tiếp tục xử lý nước thải sau hầm biogas trước khi thải ra môi trường là rất cần thiết và cần phải xử lý đồng thời nhiều tác nhân gây ô nhiễm, đặc biệt là chất hữu cơ, nitơ, phốt pho và tổng số Coliform. Nhiều giải pháp kỹ thuật được triển khai nghiên cứu và ứng dụng theo các quy mô và công nghệ khác nhau. Nhìn chung, các công nghệ xử lý vẫn chưa phù hợp với điều kiện sản xuất thực tiễn ở Việt Nam, nhất là ở khu vực nông thôn. Do vậy, hệ thống xử lý nước thải sau hầm Biogas sử dụng than sinh học (biochar) kết hợp với xử lý sinh học sử dụng cây bèo tây (*Eichhornia crassipes*) đã được thiết kế nhằm góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường ở các trang trại sản xuất chăn nuôi, đồng thời tái sử dụng nguồn nước thải cung cấp cho sản xuất nông nghiệp hoặc các mục đích sử dụng khác trong điều kiện nguồn nước ngày càng khan hiếm như hiện nay.

2 Đối tượng và phương pháp

2.1 Đối tượng

Đối tượng nghiên cứu là nước thải từ chăn nuôi lợn trước và sau hầm biogas của năm hầm biogas quy mô hộ gia đình và năm hầm biogas quy mô trang trại trên địa bàn tỉnh Thừa Thiên Huế (Bảng 1).

Bảng 1. Đặc điểm các hầm biogas trong nghiên cứu

Ký hiệu	Vị trí hầm biogas	Số lợn nuôi (con)	Thể tích hầm (m ³)	Kết cấu/Vật liệu xây hầm
H1	Hộ gia đình Nguyễn Văn Bình, phường Hương xuân, Thị xã Hương Trà	15	8	Hầm composite
H2	Hộ gia đình Trần Thị Nhung, phường Hương Văn, Thị xã Hương Trà	20	10	Hầm composite
H3	Hộ gia đình Lê Văn Thiều, xã Hương Toàn, Thị xã Hương Trà	30	15	Hầm xây
H4	Hộ gia đình Nguyễn Thanh Hải, xã Quảng Thái, huyện Quảng Điền	30	15	Hầm xây
H5	Hộ gia đình Nguyễn Duy Bảy, xã Quảng Vinh, huyện Quảng Điền	45	16	Hầm xây
H6	Trang trại chăn nuôi lợn khép kín tại Hương An, thị xã Hương Trà	200	70	Bạt phủ HDPE có kết hợp xử lý hồ sinh học
H7	Trang trại chăn nuôi lợn tại Hương xuân, thị xã Hương Trà.	500	150	Bạt phủ HDPE có kết hợp xử lý hồ sinh học
H8	Trang trại CP Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế	3000	300	Bạt phủ HDPE có kết hợp xử lý hồ sinh học và hồ lắng
H9	Trang trại chăn nuôi Vân Dung, xã Quảng Thái, huyện Quảng Điền	250	90	Bạt phủ HDPE có kết hợp xử lý hồ sinh học
H10	Trang Trại Hồ Dựng, Quảng Lợi, huyện Quảng Điền	1000	100	Bạt phủ HDPE có kết hợp xử lý hồ sinh học

2.2 Phương pháp

Lấy mẫu

Các mẫu nước thải từ các hầm biogas được lấy trong ba đợt vào các ngày: 26-5-2018 (đợt 1), 20-8-2018 (đợt 2) và 30-11-2018 (đợt 3). Phương pháp lấy mẫu tiến hành theo TCVN 6663-3:2016 (ISO 5667-3:2012).

Ở mỗi hầm biogas lấy hai mẫu bao gồm một mẫu nước thải đầu vào hầm biogas và một mẫu nước thải sau hầm biogas. Mẫu trước hầm biogas được lấy tại cống thải của chuồng nuôi vào thời điểm dội rửa chuồng (trong khoảng thời gian 16–17 giờ 30) đối với hộ gia đình và tại các cống nước thải tập trung trước khi vào hầm biogas của các trang trại chăn nuôi tập trung. Mẫu nước thải đầu ra lấy tại các bể xả của hầm biogas. Mẫu sau khi thu thập được bảo quản lạnh trong quá trình vận chuyển và lưu giữ trong tủ lạnh ở phòng thí nghiệm.

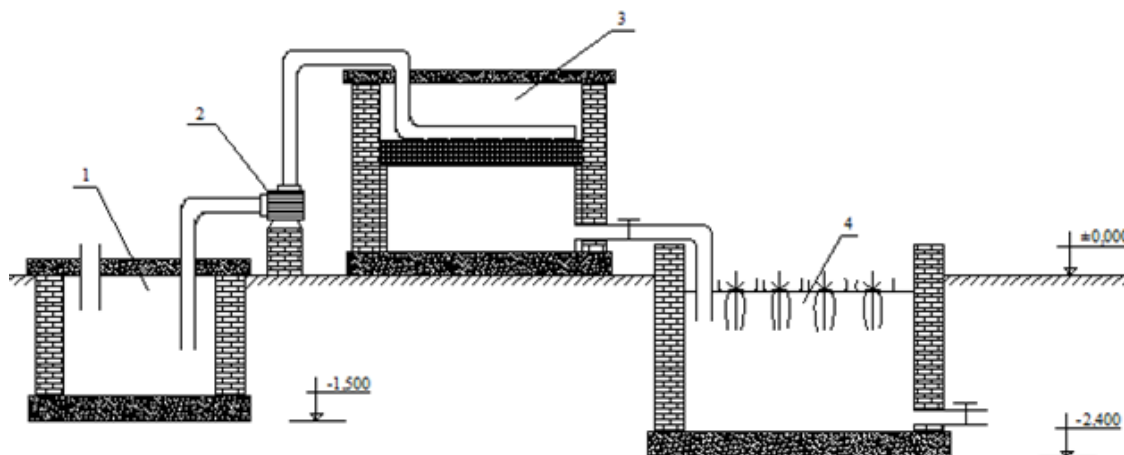
Phân tích mẫu

Độ pH được xác định theo TCVN 6492:2011 (ISO 10523:2008). Tổng chất rắn lơ lửng (TSS) được phân tích theo phương pháp SMEWW 2540. Nhu cầu oxi sinh hóa (BOD₅), nhu cầu oxi hóa học (COD), amoni (NH₄-N), tổng ni tơ (TN) và tổng Phốt pho (TP) được phân tích theo theo tiêu chuẩn của APHA [1]; Coliform tổng số được phân tích theo phương pháp MPN.

Bố trí thí nghiệm

Hệ thống xử lý được triển khai thực nghiệm tại khu xử lý nước thải chăn nuôi của trại chăn nuôi công nghệ cao thuộc Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, trong thời gian từ tháng 4 đến tháng 8 năm 2019. Mẫu nước thải trước và sau xử lý được phân tích theo như mô tả ở mục 2.2. Các kết quả phân tích được so sánh với QCVN 62-MT:2016/BTNMT ban hành ngày 29 tháng 4 năm 2016. Các thí nghiệm được tiến hành thực hiện ba lần để đánh giá hiệu quả xử lý của hệ thống theo quy trình xử lý như trong Hình 1.

Nước thải từ hầm biogas được dẫn vào bể lắng (kích thước bể lắng 1,7 m (dài) × 1 m (rộng) × 1,5 m cao). Sau 2 giờ tại bể lắng, 1,7 m³ nước từ bể lắng được bơm vào bể lọc sinh học (kích thước bể lọc 2 m (dài) × 1,8 m (rộng) × 2,3 m (cao) bằng Biochar với hai lớp vật liệu: lớp 1 (nằm dưới cùng) là lớp sỏi đường kính 1–2 mm có chiều dày 10 cm; lớp 2 là than sinh học có chiều dài là 5 cm. Sau khi được xử lý bằng bể lọc sinh học nhỏ giọt 3 trong 2,5 giờ, nước thải sẽ được xử lý tiếp ở bể 4 trong 4,5 giờ. Bể 4 có kích thước 4 m (dài) × 3 m (rộng) × 2,5 m (cao), chứa bèo tây với mật độ trồng che phủ 60% diện tích bề mặt của hồ sinh học. Sau 4,5 giờ xử lý tại bể lọc sinh học có bèo tây lấy mẫu nước phân tích.



Hình 1. Sơ đồ quy trình xử lý nước thải chăn nuôi sau hầm biogas

1- Bể lắng cơ học; 2- Bơm nước; 3- Bể lọc sinh học bằng Biochar; 4- Bể lọc sinh học sử dụng bèo tây

Thí nghiệm được đặt ngoài trời, ở điều kiện ánh sáng tự nhiên và nhiệt độ 28–36 °C, nhằm đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau biogas của hệ thống kết hợp than sinh học và bể lọc sinh học trồng bèo tây. Thí nghiệm được lặp lại ba lần.

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Mức độ ô nhiễm nước thải trước khi xử lý bằng hầm biogas

Kết quả phân tích ở Bảng 2 cho thấy giá trị của các thông số ô nhiễm BOD₅, COD, TSS, TN và tổng Coliform trong nước thải trước xử lý bằng hầm biogas vượt quá giá trị tối đa cho phép ở cột B của QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Trong đó, thành phần hữu cơ BOD và COD vượt 150–200 lần; các chất dinh dưỡng thể hiện qua thông số TN vượt lần lượt là 200 và 3 lần; tổng chất rắn lơ lửng vượt 2–5 lần. Tổng Coliform vượt hơn 400 lần so với quy chuẩn cho phép. Như vậy, nước thải chăn nuôi trước hầm biogas có mức ô nhiễm rất cao và cần phải được xử lý trước khi xả thải ra môi trường hoặc tái sử dụng cho các mục đích khác như sản xuất nông nghiệp. Cụ thể là thông số TN ở mức rất cao (1284–1960 mg/L). Giá trị TN trong nước thải ở mức cao có thể làm gia tăng nồng độ amoni và nitrit trong nước dẫn đến phát sinh hiện tượng tảo nở hoa gây ảnh hưởng xấu đến các đối tượng thủy sinh khi nước thải được xả trực tiếp ra các thủy vực xung quanh [5].

Bảng 2. Kết quả phân tích các thông số của nước thải tại mương dẫn từ chuồng, trại vào hầm biogas

Hầm biogas	Thông số					
	pH	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (N) (mg/L)	TSS (mg/L)	Tổng Coliform (MPN/100 mL)
H1	7,3 ± 0,2	1.284 ± 14	3.021 ± 1,0	1.724 ± 1,0	327 ± 1	3,0 × 10 ⁸
H2	7,0 ± 0,3	1.270 ± 14	2.935 ± 1,5	1.510 ± 1,0	298 ± 1	1,2 × 10 ⁸
H3	7,1 ± 0,3	1.237 ± 26	2.787 ± 1,5	1.905 ± 1,0	221 ± 2	3,1 × 10 ⁸
H4	7,5 ± 0,3	1.446 ± 28	2.903 ± 1,5	1.676 ± 1,0	377 ± 2	4,1 × 10 ⁸
H5	7,3 ± 0,2	1.567 ± 22	2.937 ± 1,5	1.790 ± 1,5	237 ± 2	3,1 × 10 ⁸
H6	7,1 ± 0,2	1.886 ± 22	3.585 ± 1,5	2.538 ± 1,5	648 ± 2	2,0 × 10 ⁸
H7	6,7 ± 0,2	1.641 ± 20	3.615 ± 1,5	1.783 ± 1,0	413 ± 2	2,4 × 10 ⁸
H8	6,8 ± 0,1	1.960 ± 62	3.824 ± 1,5	2.190 ± 1,5	772 ± 2	3,0 × 10 ⁸
H9	6,9 ± 0,2	1.892 ± 16	3.768 ± 1,0	1.869 ± 1,5	731 ± 2	4,1 × 10 ⁸
H10	7,3 ± 0,2	1.875 ± 13	3.983 ± 1,5	1.691 ± 1,0	639 ± 1	4,0 × 10 ⁸
Trung bình	7,1 ± 0,2	1.606 ± 16	3.336 ± 1,5	1.868 ± 1,5	466 ± 2	3,0 × 10 ⁸

Ghi chú: Số liệu được trình bày dạng trung bình ± độ lệch chuẩn ($n = 3$).

Kết quả phân tích các thông số nước thải chăn nuôi của năm hộ gia đình và năm trang trại có giá trị khá tương đồng với một số kết quả nghiên cứu về giá trị của các thông số ô nhiễm nước thải chăn nuôi trước đây [3, 7, 8 13]. Tuy nhiên, ngoài việc phụ thuộc vào quy mô và đối tượng lợn trong chuồng tại thời điểm lấy mẫu (độ tuổi lợn, lợn nuôi lấy thịt hay lợn nái), sự thay đổi của các thông số nước thải còn phụ thuộc vào phương thức nuôi như loại thức ăn và số lần rửa chuồng.

3.2 Chất lượng nước thải sau khi xử lý bằng hầm biogas

Kết quả phân tích ở Bảng 3 cho thấy hầm biogas có hiệu quả xử lý rất lớn đối với nước thải chăn nuôi lợn. Cụ thể là hiệu suất xử lý BOD5 đạt gần 53,4% (giảm từ 1,606 xuống còn 749 mg/L); của COD đạt 42,2% (giảm từ 3,336 xuống còn 1,928 mg/L); TN đạt trên 66,8% (giảm từ 1,868 xuống còn 621 mg/L); tổng Coliform đạt trên 98,4% (giảm từ 3×10^8 xuống còn $4,6 \times 10^6$ MPN/100mL). Tuy nhiên, đối chiếu với Quy chuẩn QCVN 62-MT:2016/BTNMT thì tất cả các thông số này đều vượt quá mức cho phép. Do đó, nếu nước thải sau hầm biogas được xả thải ra môi trường không qua xử lý sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường xung quanh, nhất là các nguồn nước mặt.

Bảng 3. Kết quả phân tích các thông số nước thải tại đầu ra của hầm biogas

Hầm biogas	Thông số					
	pH	BOD5 (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (N) (mg/L)	TSS (mg/L)	T-Coliform (MPN/100mL)
H1	6,7 ± 0,2	569 ± 1,5	1865 ± 2,0	719 ± 1,0	288 ± 1,5	2,6 × 10 ⁶
H2	7,3 ± 0,2	659 ± 1,0	2028 ± 1,5	743 ± 2,1	342 ± 1,5	5,4 × 10 ⁶
H3	6,5 ± 0,2	622 ± 1,5	1866 ± 1,5	490 ± 2,0	173 ± 1,5	2,6 × 10 ⁶
H4	7,1 ± 0,2	576 ± 1,5	1430 ± 1,5	596 ± 2,0	185 ± 1,5	5,7 × 10 ⁶
H5	7,2 ± 0,2	585 ± 1,0	1790 ± 1,5	694 ± 1,5	359 ± 1,5	4,5 × 10 ⁶
H6	6,5 ± 0,2	842 ± 2,0	1865 ± 1,5	626 ± 1,5	426 ± 1,5	4,3 × 10 ⁶
H7	7,2 ± 0,2	940 ± 1,5	2380 ± 1,5	671 ± 1,5	577 ± 1,5	3,2 × 10 ⁶
H8	6,4 ± 0,1	983 ± 2,6	2266 ± 1,5	660 ± 1,5	623 ± 1,5	6,3 × 10 ⁶
H9	6,8 ± 0,1	877 ± 2,1	1737 ± 1,0	542 ± 1,0	583 ± 1,5	7,6 × 10 ⁶
H10	7,0 ± 0,1	842 ± 1,0	2050 ± 1,5	472 ± 2,1	569 ± 1,5	3,6 × 10 ⁶
Trung bình	6,9 ± 0,2	749 ± 1,6	1928 ± 1,5	621 ± 2,0	413 ± 1,6	4,6 × 10 ⁶

Ghi chú: Số liệu được trình bày dạng trung bình ± độ lệch chuẩn ($n = 3$).

Bảng 4. Kết quả giá trị trung bình của các thông số nước thải sau hầm biogas của hộ gia đình và trang trại

Quy mô hầm	Thông số					
	pH	BOD5 (mg/L)	COD (mg/L)	T-N (N) (mg/L)	TSS (mg/L)	T-Coliform (MPN/100mL)
Hộ gia đình	6,9 ± 0,3	602 ± 37,7	1769 ± 222	648 ± 104	269 ± 86,6	4,2 × 10 ⁶
Trang trại	6,8 ± 0,3	896 ± 62,7	2060 ± 267	594 ± 85	556 ± 75	5 × 10 ⁶

Kết quả Bảng 4 cho thấy giá trị các thông số nước thải như BOD5, COD và TSS sau hầm biogas quy mô trang trại cao hơn so với giá trị nước thải sau hầm biogas quy mô hộ gia đình. Giá trị BOD5 và COD sau hầm biogas quy mô hộ gia đình 602 ± 37,7 và 1769 ± 222 mg/L trong khi ở hầm biogas quy mô trang trại là 896 ± 62,7 và 2060 ± 267 mg/L. Tuy nhiên, hiệu suất xử lý BOD5 và COD của hai loại hầm này hầu như không có sự khác nhau và nằm trong khoảng 70–80%. Tương tự, giá trị TSS sau xử lý ở hầm biogas quy mô hộ gia đình (269 mg/L) thấp hơn rất nhiều so với quy mô trang trại (556 mg/L). Nguyên nhân có sự khác nhau có thể do giá trị nước thải đầu vào có sự khác nhau do đặc điểm đối tượng nuôi, phương thức nuôi, mật độ lợn trong chuồng, độ tuổi lợn trong chuồng cũng như lượng nước và số lần rửa chuồng.

3.3 Hiệu quả xử lý nước thải sau hầm biogas bằng hệ thống kết hợp than sinh học và hồ lọc sinh học

Kết quả thử nghiệm hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau hầm biogas được tiến hành lặp lại ba lần trong thời gian từ tháng 4 đến tháng 8/2019. Mẫu nước được thu tại ba vị trí của hệ thống kết hợp như sau:

Vị trí 1: Nước thải sau hầm biogas (trước khi vào bể lọc) tại thời điểm xử lý

Vị trí 2: Nước sau khi xử lý bằng bể lọc nhỏ giọt sử dụng than sinh học

Vị trí 3: Nước thải sau 4,5 giờ xử lý bằng hồ sinh học sử dụng bèo tây

Kết quả phân tích chất lượng nước thải theo các phương pháp mô tả ở mục 2.2 được trình bày trong Bảng 5. Giá trị pH không thay đổi nhiều trong khi các thông số khác thay đổi rõ rệt trong quá trình xử lý. Ở giai đoạn 2 xử lý bằng lọc nhỏ giọt sử dụng vật liệu than sinh học, hàm lượng NH₄⁺ giảm mạnh trong quá trình xử lý: từ 259 xuống 104 mg/L. Hàm lượng này tiếp tục giảm xuống còn 4,8 mg/L sau 4,5 giờ xử lý ở hồ sinh học thả bèo tây. Tương tự, giá trị của thông số BOD5 và COD cũng giảm mạnh trong quá trình xử lý: từ 360 và 864 mg/L xuống 59 và 265 mg/L tương ứng sau xử lý bằng hệ thống kết hợp.

Bảng 5. Chất lượng nước thải sau xử lý theo từng công đoạn của hệ thống

Thông số	Các công đoạn xử lý				QCVN 62- MT:2016/BTNMT (Cột B)
	Nước thải đầu vào	Nước thải sau hầm biogas tại thời điểm xử lý	Nước thải sau xử lý lọc nhỏ giọt	Nước thải sau xử lý hồ sinh học	
pH	6,7	7,8	7,2	7,7	5,5 – 9
NH ₄ ⁺ (mg/L)	424	259	104	4,8	–
BOD5 (mg/L)	784	360	148	59	100
COD (mg/L)	1600	864	472	265	300
TSS (mg/L)	1069	673	363	75	150
TP (mg/L)	11,6	8,5	5,2	3,5	–
TN (mg/L)	1431	668	218	78	150
Total coliform (MPN/100mL)	12,3 × 10 ⁶	2,9 × 10 ⁶	4,3 × 10 ³	2,9 × 10 ³	5000

Ghi chú: Cột B = : Nước thải ra nguồn tiếp nhận không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt;
– : Không được thể hiện trong QCVN 62 MT:2016/BTNMT.

Đối với các thông số khác, hiệu quả xử lý bằng lọc nhỏ giọt sử dụng vật liệu than sinh học cũng tương đối cao. Hàm lượng TN giảm đáng kể, từ 668 xuống còn 218 mg/L. Trong khi đó, hàm lượng TP chỉ giảm nhẹ từ 8,5 xuống 5,2 sau xử lý. Giá trị tổng Coliform, giảm từ 2,9 × 10⁶ xuống 4,3 × 10³ MPN/100 mL. Tương tự, hàm lượng TSS giảm từ 673 xuống 363 mg/L. Như vậy, kết quả phân tích chất lượng nước thải trong Bảng 5 cho thấy rằng hệ thống xử lý có hiệu quả rõ rệt. Giá trị các thông số ô nhiễm được khảo sát đều giảm mạnh sau các công đoạn xử lý khác nhau và đều đạt yêu cầu xả thải theo quy định của QCVN 62-MT:2016/BTNMT cột B.

Hiệu suất xử lý qua từng công đoạn của hệ thống được trình bày ở Bảng 6. Kết quả phân tích cho thấy hệ thống có hiệu quả xử lý rất lớn đối với nước thải chăn nuôi lợn. Ở giai đoạn xử lý bằng lọc nhỏ giọt sử dụng vật liệu than sinh học, hiệu quả xử lý được đánh giá thông qua các thông số NH₄⁺, BOD5, COD, TSS, TN, TP và Coliform tổng. Kết quả cho thấy than sinh học có hiệu quả cao trong việc xử lý nước thải chăn nuôi; trong đó hiệu quả xử lý cao nhất là Coliform tổng (đạt 90,8%) và tổng ni tơ đạt 67,3%. Tuy nhiên, hiệu quả xử lý BOD5 và COD cũng như TP của than sinh học chỉ đạt lần lượt là 58,9, 45,4 và 38,8%. Qua đánh giá so sánh với quy chuẩn QCVN 62-MT:2016/BTNMT thì hầu hết các thành phần này đều chưa đạt yêu cầu xả thải. Hàm lượng các thành phần này tiếp tục giảm xuống ở giai đoạn xử lý tiếp theo bằng hồ sinh học sử dụng bèo tây.

Bảng 6. Hiệu quả xử lý nước thải sau từng công đoạn

Thông số	Hiệu suất xử lý					
	Công đoạn xử lý lọc nhỏ giọt		Công đoạn xử lý lọc sinh học		Hiệu quả xử lý của hệ thống	
	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%
NH ₄ ⁺ (mg/L)	155	59,8	99,2	95,4	254,2	98,1
BOD ₅ (mg/L)	212	58,9	89	60,1	301	83,6
COD (mg/L)	392	45,4	207	51,5	599	69,3
TSS (mg/L)	310	46,1	288	79,3	598	88,9
TN (mg/L)	450	67,3	140	64,2	590	88,3
TP (mg/L)	3,3	38,8	1,7	32,7	5,0	58,8
Total coliform (MPN/100mL)	2,9 × 10 ⁶	90,8	1,4 × 10 ³	32,6	2,897 × 10 ⁶	99,9

Kết quả xử lý của hệ thống kết hợp than sinh học và hồ sinh học cho 1,7 m³ nước thải sau hầm biogas cho thấy BOD₅ đạt hiệu suất xử lý đạt gần 83,6%; hiệu suất xử lý COD đạt 69,3%; hàm lượng NH₄⁺ đạt 98,1%. Hiệu suất xử lý của hệ thống đối với TN và TP đạt 88,3 và 58,8%. Hiệu suất xử lý Coliform tổng đạt gần 100%. Đối chiếu với quy chuẩn QCVN 62-MT:2016/BTNMT cột B, tất cả các thông số khảo sát đều đạt mức cho phép. Như vậy, nếu được xử lý một cách hiệu quả sau khi qua hệ thống xử lý kết hợp hai giai đoạn, nước thải sau hầm biogas có thể xả thải ra môi trường mà không gây ảnh hưởng xấu đến môi trường xung quanh, và không gây ảnh hưởng đến nguồn nước mặt cũng như đất sản xuất.

Hệ thống xử lý kết hợp hai giai đoạn cho thấy hiệu quả xử lý cao nhất đạt được đối với mật độ vi khuẩn thể hiện qua tổng Coliform (đạt 99,9%) và các thành phần hữu cơ thông qua BOD₅, COD và TSS. Ngoài ra, hệ thống còn cho thấy có hiệu quả xử lý đối với các chất dinh dưỡng gây hiện tượng phú dưỡng như TN và TP; trong đó, hiệu quả xử lý đối với TN (88,3%) cao hơn so với TP (58,8%). Kết quả nghiên cứu trên đây cũng cho thấy các hiệu quả xử lý có giá trị tương đồng với kết quả nghiên cứu của Lê Quốc Vĩ và cs. trong việc ứng dụng công nghệ xử lý nước thải chăn nuôi sau hầm biogas quy mô hộ gia đình ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long bằng phương pháp hấp phụ than sinh học kết hợp với oxy hóa bậc cao (ozon) [3]. Với công nghệ này, hiệu suất xử lý nước thải cho các nông hộ chăn nuôi lợn sau hầm biogas đạt giá trị tương ứng là COD giảm 87%, BOD giảm 92%, TN giảm 56%, TP giảm 81,7% và tổng Coliform có giá trị tương đồng, giảm 99,9%. Tuy nhiên, bề dày lớp than sinh học và số lớp sẽ ảnh hưởng đến lưu lượng cũng như thời gian lưu nước ở bể lọc nhỏ giọt, nên việc đánh giá hiệu quả của hệ thống làm cơ sở cho việc ứng dụng vào thực tiễn sản xuất cần phải tiến hành thêm các thí nghiệm khác.

Kết quả xử lý của hệ thống kết hợp trong nghiên cứu này tốt hơn so với nghiên cứu trước đây về xử lý nước thải chăn nuôi của Seni Karnchanawong và Jaras Sanjitt với mô hình xử lý nước thải bằng thực vật nổi là rau với mô hình xử lý nước thải bằng thực vật nổi là rau muống hiệu suất xử lý của hệ thống đối với BOD5 và COD đạt 34,5 và 67,5% [5]. Tuy nhiên, hiệu quả xử lý dinh dưỡng của hệ thống kết hợp trên đây thấp hơn mô hình xử lý bằng đất ngập nước kiến tạo với thiết kế hệ thống thực vật thủy sinh là cỏ lau [4]. Cụ thể, hiệu quả xử lý bằng mô hình đất ngập nước kiến tạo đối với TN và TP đạt 88,2 và 99,6%. Tuy nhiên, kết quả xử lý Coliform của nghiên cứu này cao hơn so với các nghiên cứu của Karnchanawong và Sanjitt và của Hồ Bích Liên và cs. [2, 10].

4 Kết luận

Kết quả khảo sát và phân tích chất lượng nước thải chăn nuôi lợn trước và sau hầm biogas cho thấy hiệu quả xử lý các chất hữu cơ thông qua hai giá trị BOD5 và COD cũng như hàm lượng dinh dưỡng thông qua TN và TP đạt kết quả khá cao. Trung bình, giá trị COD giảm 42,4% và BOD5 giảm 53,4%, TSS giảm 11,4%. Giá trị dinh dưỡng thông qua TN và TP giảm 53,3 và 26,7%. Tuy nhiên, các chất ô nhiễm sau hầm biogas vẫn còn khá cao, vượt quy chuẩn cho phép nhiều lần, đặc biệt là chất dinh dưỡng vượt 5–7 lần và các chất hữu cơ vượt 5–10 lần.

Với hệ thống xử lý nước thải được đề xuất bằng kết hợp phương pháp lọc nhỏ giọt sử dụng than sinh học và xử lý hồ sinh học bằng cây bèo tây, kết quả phân tích cho thấy hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm khá cao: BOD5 đạt 83,6%; COD đạt 69,3%; TN và TP đạt 88,3 và 58,8%. Đáng chú ý là hiệu suất xử lý NH_4^+ và tổng Coliform đạt hiệu quả rất cao, 98,1% và gần 100%. Tuy nhiên, nghiên cứu này chưa mô tả chi tiết thời ảnh hưởng của bề dày lớp than sinh học, thời gian lưu ở bể lắng tác động đến hiệu suất xử lý. Vì vậy, các nghiên cứu tiếp theo cần đánh giá cụ thể hơn cho quá trình xử lý bằng bể lọc nhỏ giọt có sử dụng than sinh học với các thông số kỹ thuật như bề dày lớp lọc, thời gian lưu nước trong bể, số lớp lọc hay tính chất của than sinh học có ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý của hệ thống.

Tài liệu tham khảo

1. APHA, AWWA, WEF (2017), *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 23rd edition, Washington DC, USA.
2. Hồ Bích Liên, Lê Thị Hiếu, Đoàn Duy Anh, Nguyễn Đỗ Ngọc Diễm, Vương Minh Hải, Lê Thị Diệu Hiền (2016), Hiệu quả xử lý nước thải sau biogas của hệ thống đất ngập nước kiến tạo ở thị xã Tân Uyên, Bình Dương, *Tạp chí Khoa học Đại học Thủ Dầu Một*, 5, 25–33.

3. Lê Quốc Vĩ, Đồng Thị Thu Huyền, Phạm Đắc Tín, Trần Thị Hiệu, Nguyễn Thị Phương Thảo, Nguyễn Việt Thắng (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*, 65(1), 16–28.
4. Lê Văn Cát (2007), *Xử lý nước thải giàu hợp chất nitơ và photpho*, Nxb. Khoa học tự nhiên và công nghệ, Hà Nội.
5. Lê Văn Nam, Dương Thanh Nghị, Lê Thị Kim Ngân (2017), Sử dụng các chỉ số để đánh giá chất lượng nước và phân loại mức độ phú dưỡng của vùng nước ven biển Quảng Ninh - Hải Phòng, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*; 17(4), 490–497.
6. Mai Thế Hào (2016), *Chất thải trong chăn nuôi và biện pháp xử lý*, Cục chăn nuôi, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.
7. Nguyễn Thị Hồng, Phạm Khắc Liệu (2013), 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 KHCN Đại học Huế*, 73(4), 83–91.
8. Phan Công Ngọc (2013), *Áp dụng và nâng cao hiệu quả xử lý chất thải chăn nuôi lợn bằng hầm biogas kết hợp hồ sinh học*, Luận văn thạc sĩ khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội.
9. QCVN 62-MT:2016/BTNMT (2016), *Quy chuẩn quốc gia về nước thải nông nghiệp*, Ngày 29/4/2016 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường.
10. Seni Karnchanawong, Jaras Sanjit (1995), Comparative study of domestic wastewater treatment efficiencies between facultative pond and water spinach pond, *Wat Sci Tech*, 32(3), 263–70.
11. Swedish Centec (2012), *Summary Market Brief on Biogas in Vietnam*, Báo cáo tổng kết chương trình Biogas Việt Nam.
12. XiaoHong Zhang, Ye Wei, Min Li, ShiHuai Deng, Jun Wu, YanZong Zhang, Hong Xiao (2014), Energy evaluation of an integrated livestock wastewater treatment system, *Resources, Conservation and Recycling*, 92, 95–107.
13. Vũ Văn Hiếu, Nguyễn Minh Ngọc và Nguyễn Mỹ Hạnh (2013), Thực trạng xây dựng hầm biogas ở Việt Nam và nâng cao hiệu quả bể biogas, *Tạp chí Khoa học Kiến trúc – xây dựng*, 12, 69–73.