

NGHIÊN CỨU LOẠI BỎ ĐỒNG THỜI CHẤT HỮU CƠ VÀ NITƠ TRONG NƯỚC THẢI SAU BIOGAS BẰNG CÔNG NGHỆ A2O

SIMULTANEOUS REMOVAL OF ORGANIC AND NITROGEN POLLUTANTS IN BIOGAS EFFLUENT BY A2O SYSTEM

Nguyễn Thị Lương¹, Tôn Thị Minh Khánh¹, Vũ Đức Anh¹, Lê Việt Nhất¹, Phạm Minh Hẹn¹, Hồ Thị Thúy Hằng², Võ Hữu Công²

¹Sinh viên, Phòng thí nghiệm Bộ môn Công nghệ môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

²Học viện Nông nghiệp Việt Nam; vhcong@vnua.edu.vn

(Nhận bài: 29/8/2020; Chấp nhận đăng: 15/11/2020)

Tóm tắt - Nước thải chăn nuôi có hàm lượng chất hữu cơ và dinh dưỡng cao được thải ra môi trường tiếp nhận. Mặc dù phần lớn nước thải từ chăn nuôi lợn được xử lý bằng hệ thống biogas nhưng nồng độ COD, amoni (NH_4^+) và photphat (PO_4^{3-}) vẫn rất cao. Nghiên cứu này sử dụng hệ thống ba ngăn kỵ khí-thiếu khí-hiếu khí (A2O) để loại bỏ đồng thời các chất ô nhiễm hữu cơ, nitơ và photpho thông qua các thí nghiệm liên tục ở quy mô phòng thí nghiệm. Nước thải đầu ra hệ thống biogas có COD từ 2000-5000 mg/L, NH_4^+ từ 155-188 mg/L, và PO_4^{3-} từ 13,0-21,95 mg/L. Nước thải này được sử dụng làm đầu vào của hệ thống xử lý. Kết quả cho thấy khả năng xử lý chất hữu cơ (COD) đạt 82%, nước sau xử lý dưới ngưỡng cho phép theo QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Nitơ (amoni- NH_4^+) đạt 70%. Nước thải đầu vào có chứa nồng độ chất ô nhiễm cao nên cần có những nghiên cứu sâu hơn về điều kiện vận hành như thời gian lưu và lượng oxy cung cấp.

Từ khóa - Nước thải chăn nuôi; xử lý nước thải; chất ô nhiễm hữu cơ; loại bỏ chất dinh dưỡng; AAO

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, ngành chăn nuôi đã có những bước chuyển dịch từ chăn nuôi quy mô hộ gia đình sang trang trại, công nghiệp. Tính đến tháng 10/2018, đàn bò cả nước có 5,8 triệu con, sản lượng thịt bò đạt 334,5 nghìn tấn; Sản lượng sữa đạt 936 nghìn tấn (TCTK, 2018). Ước tính lượng thải từ chăn nuôi hàng năm khoảng 84,5 triệu tấn chất thải rắn và 50 triệu m^3 chất thải lỏng. Trong đó, chỉ khoảng 20% được sử dụng hiệu quả (làm khí sinh học, ủ phân, nuôi trùn, cho cá ăn...), còn lại 80% lượng chất thải chăn nuôi đã bị lãng phí và phần lớn thải ra môi trường gây ô nhiễm [1].

Công nghệ biogas ra đời đã góp phần giải quyết vấn đề ô nhiễm hữu cơ trong nước thải và giảm thiểu phát thải khí nhà kính, giảm bớt chi phí trong quá trình chăn nuôi. Số liệu phân tích mẫu nước thải đầu vào và đầu ra ở 9 hệ thống biogas cho thấy, việc sử dụng hệ thống biogas để xử lý nước thải chăn nuôi lợn đã làm giảm đáng kể nồng độ các chất ô nhiễm. Các thông số COD giảm 84,7%, BOD_5 giảm 76,3%, TSS giảm 86,1%, VSS giảm 85,4%, TKN giảm 11,8%, TP giảm 7,0% và Fecal coliform giảm 51,2% [2]. Bên cạnh đó, việc sử dụng công nghệ biogas sinh khí methane được sử dụng như một nguồn năng lượng mới thân thiện với môi trường. Tuy nhiên, nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải đầu ra vẫn còn khá cao, vượt tiêu chuẩn

Abstract - Wastewater contains high content of organic and nutrients from livestock is discharged to receiving water environment. Although wastewater are treated by biogas digester, the effluent concentrations still remain very high in COD, ammonium (NH_4^+) and phosphate (PO_4^{3-}). This research used a three-chambers system anaerobic- anoxic - aerobic (A2O) for simultaneous removal of organic, nitrogen pollutants via continuous experiments. The biogas effluents with COD (2000-5000 mg/L), NH_4^+ (155 - 188 mg/L), PO_4^{3-} (13.00-21.95 mg/L) was used as influence for the continuous experiments. The results show that removal efficiency of COD and NH_4^+ were achieved at 82% and 70%, respectively. Removal of COD was met the safe level regulated by the QCVN 62-MT:2016/BTNMT. The influent contains high concentration of pollutants, thus a further study on operation condition such as hydraulic retention time and oxygen supply should be conducted.

Key words - Livestock wastewater; wastewater treatment; organic pollutants; nutrient removal; AAO

cho phép của Bộ Tài nguyên và Môi trường [3], đặc biệt phải kể đến hàm lượng chất hữu cơ, tổng nitơ, tổng photpho vẫn còn rất cao, tiềm ẩn nguy cơ gây phú dưỡng khi xả thải vào các thủy vực. Vì vậy cần phải có giải pháp phù hợp hơn, xử lý hiệu quả và triệt để chất dinh dưỡng ô nhiễm có trong nước thải sinh sau biogas.

Công nghệ A2O được dùng để xử lý nhiều loại nước thải bao gồm nước thải sinh hoạt, nước thải y tế, nước thải chăn nuôi [4]. A2O là viết tắt của các cụm từ Anaerobic (kỵ khí) – Anoxic (thiếu khí) – Oxic (hiếu khí). Công nghệ A2O sử dụng quy trình xử lý sinh học liên tục ứng dụng nhiều hệ vi sinh vật khác nhau: hệ vi sinh vật kỵ khí, thiếu khí, hiếu khí để xử lý nước thải [5]. Hiện nay, các công nghệ A2O hoặc AO được áp dụng khá phổ biến trong các hệ thống xử lý nước thải tập trung tại các khu công nghiệp cho hiệu quả cao, tuy nhiên, quá trình vận hành hệ thống A2O trong xử lý nước thải chăn nuôi chưa được quan tâm. Vì vậy, nghiên cứu này nhằm đánh giá khả năng xử lý đồng thời chất hữu cơ và dinh dưỡng trong nước thải sau biogas.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Mẫu nước thải sau biogas được thu từ trại chăn nuôi lợn của ông N.V. D thuộc xã Gàu, huyện Văn Giang tỉnh Hưng

¹ Student, Vietnam National University of Agriculture (Nguyễn Thị Lương, Tôn Thị Minh Khanh, Vũ Đức Anh, Lê Việt Nhất, Phạm Minh Hẹn)

² Vietnam National University of Agriculture (Hồ Thị Thúy Hằng, Võ Hữu Công)

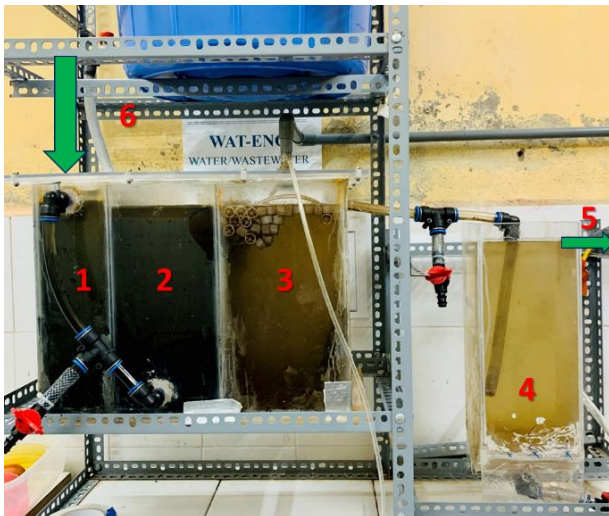
Yên. Tổng đàn lợn gần 80 con lợn gồm 8 con lợn nái, 50 con lợn thịt và 22 lợn con. Theo định mức trung bình lượng nước tắm cho lợn là 10-20 lít/con. Lượng nước này tùy thuộc vào mùa và cách tắm (mùa hè, mùa đông), chọn định mức là 10 lít/con/ngày. Các mẫu nước thải được lấy tại điểm đầu ra của hệ thống biogas và được mang về cho vào hệ thống chạy thí nghiệm. Nước thải sau khi lấy về được lọc qua trước khi cho vào thùng cấp cho hệ thống.

Bảng 1. Đặc trưng nước thải sử dụng trong thí nghiệm

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nồng độ	QCVN 62
COD	mg/L	2000-5000	300
NH ₄ ⁺	mg/L	155-187	150
pH	-	6,8-9,5	5,5-9

2.2. Thiết kế hệ thống

Mô hình hệ thống A2O được triển khai ở quy mô phòng thí nghiệm. Hệ thống A2O gồm 3 ngăn kỵ khí, thiếu khí, hiếu khí nối tiếp nhau, với tổng kích thước: 45 × 25 × 30 cm (dài × rộng × cao). Thể tích vận hành là 33 lít (Hình 1). Kết cấu các ngăn gồm: Ngăn kỵ khí (1) có kích thước 10 × 25 × 30 cm (dài × rộng × cao), thể tích hoạt động: 7 lít. Ngăn thiếu khí (2) 15 × 25 × 30 cm (dài × rộng × cao). Thể tích chứa nước: 11 lít; Ngăn hiếu khí (3) 20 × 25 × 30 cm (dài × rộng × cao). Thể tích chứa nước: 15 lít; Bể lắng (4) 28 × 0,25 × 15 cm (dài × rộng × cao). Thể tích chứa nước: 4,8 lít.



Hình 1. Mô hình thí nghiệm công nghệ A2O. Hệ thống gồm: 1- Ngăn xử lý kỵ khí; 2- Ngăn xử lý thiếu khí; 3- Ngăn xử lý hiếu khí; 4- Cột lắng; 5- Điểm đầu ra sau xử lý; 6- nước thải đầu vào

Hạt lọc Kalness PE 05 được bổ sung để tạo môi trường tiếp xúc giữa nước và vi sinh vật giúp nâng cao hiệu quả quá trình bám dính. Hạt Kalness PE05 có kích thước 25x10 mm, nhiệt độ làm việc từ 5-45 °C, diện tích bề mặt riêng từ 650-750 m²/m³, vật liệu chế tạo từ nhựa HDPE. Cung cấp khí oxy với lưu lượng khí 3,5 lít khí/phút cho khoang hiếu khí (khoang 4). Chế phẩm Vi sinh vật thứ cấp Emina (10⁸ CFU/mL) được bổ sung cùng nước thải đầu vào hệ thống.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Hệ thống A2O xử lý nước thải được bố trí theo dòng chảy liên tục trong đó thời gian lưu được cố định trong 1-2 ngày, nồng độ COD ban đầu là 2000 mg/L, lượng vi sinh vật được bổ sung là 1,0% (v/v).

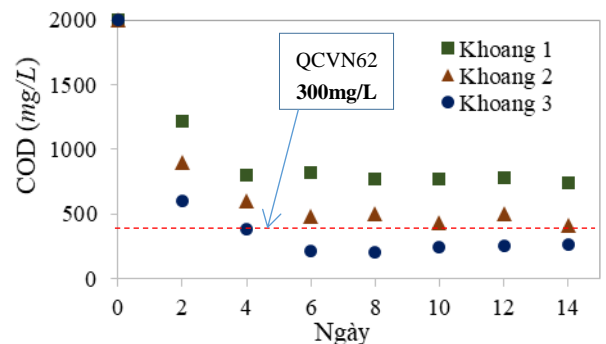
Mẫu nước đầu vào được lấy tại thời điểm bắt đầu vận hành hệ thống (C₀), mẫu nước sau xử lý được lấy tại điểm đầu ra sau xử lý yếm khí (khoảng 2) và điểm đầu ra (khoảng 5). Thời gian lấy mẫu được thực hiện cách 2 ngày (lấy mẫu ở các ngày 1, 3, 5, 7... 23 sau vận hành). Lấy mẫu theo TCVN 6663- 1:2011 (ISO 5667-1:2006) và TCVN 6663-3:2008 (ISO 5667-3:2003).

Chỉ tiêu phân tích gồm pH, COD, EC, NH₄⁺, PO₄³⁻. Xác định pH theo TCVN 6492:2011 (ISO 10523:2008) sử dụng thiết bị đo nhanh. Phương pháp phân tích COD theo TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989) chuẩn độ với hóa chất oxy hóa K₂Cr₂O₇. Phương pháp phân tích tổng Nitơ (theo amoni) theo TCVN 6638:2000 TCVN 5988:1995 (ISO 5664:1984). Phân tích NH₄⁺ sử dụng máy đo UV/Vis.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Hiệu quả xử lý chất hữu cơ của hệ thống A2O

Mặc dù, phần lớn nước thải chăn nuôi lợn được xử lý qua hệ thống biogas trước khi thải ra môi trường, nhưng thành phần chất hữu cơ vẫn chiếm hàm lượng cao do sử dụng nhiều nước kết hợp với việc đẩy phân thải xuống hệ thống biogas. Hiệu quả xử lý COD của các hệ thống biogas chưa cao do thời gian lưu ngắn. Trong nghiên cứu này, nước thải sau biogas từ cơ sở chăn nuôi thu được có giá trị COD tại thời điểm cao nhất từ 1800-2000 mg/L. Vì vậy, cần có một hệ thống yếm khí để nâng cao hiệu quả xử lý hàm lượng COD này. Hiệu quả xử lý COD của hệ thống A2O được thể hiện qua Hình 2.



Hình 2. Hiệu quả xử lý chất hữu cơ từ các khoang. Khoang: 1 - Kỵ khí, 2 - Thiếu khí, 3- Hiếu khí

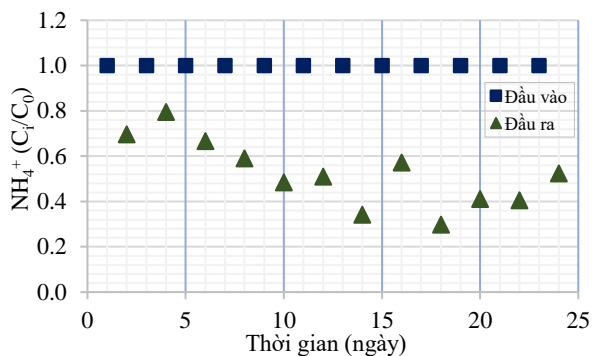
Hình 2 thể hiện khả năng xử lý COD ở các ngăn (giai đoạn) khác nhau thì khác nhau. Hiệu quả xử lý COD tăng dần khi đi qua các khoang Kỵ khí > Thiếu Khí > Hiếu khí. Cụ thể hiệu quả xử lý ở ngăn kỵ khí đạt 60%, ngăn thiếu khí đạt 70% và ngăn hiếu khí đạt 82% sau 4 ngày và được duy trì trong suốt 14 ngày vận hành. Có thể thấy rằng, khả năng xử lý COD ở ngăn kỵ khí đã làm giảm đáng kể lượng chất hữu cơ làm tiền đề cho việc tăng hiệu quả xử lý ở 2 ngăn tiếp theo. Kết quả cho thấy, nước sau khi xử lý đạt tiêu chuẩn cột B, QCVN 62-MT:2016/BTNMT về chất lượng nước thải chăn nuôi.

Để đánh giá khả năng xử lý COD ở ngưỡng cao hơn, nghiên cứu này đưa mức COD đầu vào lên 5000 mg/L. Kết quả cho thấy, hiệu quả xử lý COD khoảng 40-60% sau 10 ngày xử lý đầu tiên (Hình 3). Trong giai đoạn này, hệ thống chưa đạt được sự ổn định nên hiệu quả xử lý chưa cao. Tuy nhiên, ở các giai đoạn tiếp theo hiệu quả xử lý đạt

77%. Điều này cho thấy, nước thải đầu vào trong quá trình xử lý ở ngưỡng dưới COD 2000 mg/L là phù hợp với điều kiện vận hành trong hệ thống A2O này.

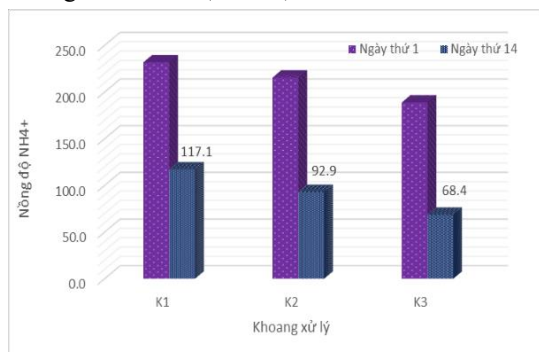
3.2. Hiệu suất xử lý Nito

Nitơ ammonia ($N-NH_4^+$) là một trong những chỉ tiêu quan trọng trong việc đánh giá hàm lượng ô nhiễm nước thải chăn nuôi lợn sau biogas. Ammoni với hàm lượng cao khi thải vào môi trường sẽ gây nên hiện tượng phú dưỡng gây hại đến con người và sinh vật. Vì vậy xử lý NH_4^+ trong nước thải chăn nuôi lợn sau biogas có ý nghĩa thực tế trong việc lựa chọn công nghệ xử lý góp phần bảo vệ môi trường.



Hình 3. Hiệu quả xử lý Nito

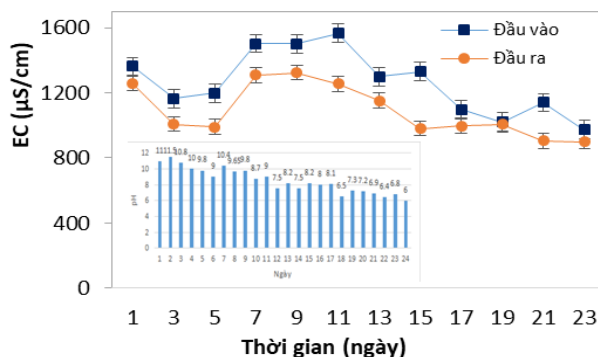
Hình 3 cho thấy, hiệu quả xử lý N- NH_4^+ dao động từ 20 – 70%. Từ kết quả có thể thấy, mỗi ngăn khác nhau thì có khả năng xử lý N- NH_4^+ khác nhau. Hiệu quả xử lý N- NH_4^+ tăng dần từ ngăn kỵ khí đến ngăn hiếu khí. Tại ngăn kỵ khí, kết quả xử lý N- NH_4^+ thấp nhất, chỉ từ 5,5% – 15,7% vì trong điều kiện kỵ khí không có sự sinh trưởng của các vi khuẩn nitrat bên cạnh đó không có sự hiện diện của oxy, do đó tại đây sẽ không xảy ra quá trình xử lý N- NH_4^+ , nồng độ N- NH_4^+ giảm là do có sự pha loãng dòng tuần hoàn từ đầu ra vào ngăn kỵ khí. Hiệu quả xử lý N- NH_4^+ ở ngăn thiếu khí cũng khá cao đạt từ 4,8% – 26,2%, vì tại đây xảy ra hai quá trình là nitrat hóa và khử nitrat. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành quá trình khử nitrat chiếm ưu thế để có khả năng xử lý lượng nitrat (NO_3^-). Hiệu quả xử lý N- NH_4^+ ở ngăn hiếu khí là cao nhất từ 17,4% – 51,7% vì ngăn này có sự sinh trưởng và phát triển của vi khuẩn *Nitrosomonas* và *Nitrobacter*. *Nitrosomonas* và *Nitrobacter* là hai vi khuẩn được bổ sung ở ngăn hiếu khí lấy oxy và chuyển hóa N- NH_4^+ thành NO_3^- trong quá trình sinh trưởng. Hiệu quả xử lý N- NH_4^+ tăng dần từ ngăn kỵ khí đến ngăn hiếu khí (Hình 4).



Hình 4. Hiệu quả xử lý amoni

3.3. Tính chất của nước qua hệ thống A2O

Sự ổn định của hệ thống xử lý có vai trò rất quan trọng. Chỉ số EC và pH có thể thể hiện tính chất lý hóa của trong hệ thống. Trong đó, chỉ số EC có mối quan hệ với TDS là đại lượng đại diện cho lượng chất rắn hòa tan. Kết quả tại Hình 5 cho thấy, giá trị EC giảm trong 5 ngày đầu hoạt động sau đó tăng dần. Tuy nhiên, có xu hướng giảm ở các giai đoạn về sau. Giá trị pH được duy trì trong khoảng dao động từ 6,6 đến 7,9.



Hình 5. Biến động chất lượng nước

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy, hiệu quả xử lý chất hữu cơ của mô hình A2O có sử dụng hạt lọc kaldnes với nước thải chăn nuôi lợn sau biogas tương đối cao. Khả năng xử lý chất hữu cơ (COD) đạt 82%, nước sau xử lý dưới ngưỡng cho phép theo QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Nito (chủ yếu là amoni- NH_4^+) đạt 70%. Kiến nghị tiếp tục nghiên cứu các điều kiện vận hành và tối ưu hóa hệ thống theo các tiêu chí như thời gian lưu và các loại nước thải có nồng độ chất ô nhiễm cao hơn.

Lời cảm ơn: Tác giả cảm ơn Học viện Nông nghiệp Việt Nam, khoa Môi trường và Bộ môn Công nghệ Môi trường đã hỗ trợ đề tài này (Mã số: SV2020-08-30).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Thế Hình, 2017. Thực trạng xử lý môi trường chăn nuôi tại Việt Nam và đề xuất giải pháp. *Tạp chí Môi trường*, số 6, trang 28 - 29.
- [2] Nguyễn Thị Hồng (2012), Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn bằng hầm biogas quy mô gia đình ở Thừa Thiên Huế, *Tạp chí Khoa học Đại học Huế*, tập 73, số 4, trang 83-91.
- [3] QCVN 62-MT:2016/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi. Bộ Tài nguyên và Môi trường.
- [4] Ngô Hoàng Quốc An (2015), *Nghiên cứu xử lý nước thải sinh hoạt bằng công nghệ AAO với sợi vật liệu đệm*, Báo cáo nghiên cứu khoa học - Đại học Hoa Sen.
- [5] Qihong Lu, Hojae Shim (2013), Comparison of chloride effect between A2O and SBR processes treating domestic wastewater, Faculty of Science and Technology, *Department of Civil and Environmental Engineering*, University of Macau, Macau SAR, China (2013) 70.
- [6] Tổng cục Thống kê (2018). Báo cáo tình hình kinh tế xã hội năm 2018. Truy cập online tại: <https://www.gso.gov.vn/default.aspx?tabid=621&ItemID=19037>.