

Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
 Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường

website: sj.ctu.edu.vn

DOI:10.22144/jvn.2017.001

XỬ LÝ NƯỚC THẢI TỪ HẦM Ủ BIOGAS BẰNG AO THÂM CANH TẢO *Spirulina sp.*

Lê Hoàng Việt, Lưu Thị Nhi Ý, Võ Thị Đông Nhi và Nguyễn Võ Châu Ngân

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

Thông tin chung:

Ngày nhận: 10/08/2016

Ngày chấp nhận: 28/04/2017

Title:

Study on treatment of biogas effluent by high rate *Spirulina sp.* algae culture pond

Từ khóa:

Ao thâm canh tảo, nước thải hầm ủ biogas, *Spirulina sp.*

Keywords:

Biogas effluent, high rate algae pond, *Spirulina sp.*

ABSTRACT

This study was conducted on two lab-scale high rate *Spirulina sp.* algae culture pond which operated at hydraulic retention time (HRT) of 3 days and 5 days, to evaluate the effectiveness of reducing organic matter, reusing nutrients in biogas effluent and producing algal biomass. Biogas effluent was settled for 30 minutes, then diluted with tap water at a ratio of 1 : 1 (v/v) to reduce the concentration of pollutants and color before loaded to the algae ponds. At HRT of 5 days, the results showed that the concentration of BOD₅, COD, TKN, TP, N-NH₄⁺, and total Coliform in the effluent (after harvesting algal biomass) decreased by 73.78%, 74.07%, 95.71%, 83.08%, 99.4%, and ≈ 100%. For HRT of 3 days, BOD₅, COD, TKN, TP, N-NH₄⁺ and total Coliform reduced by 61.76%, 61.78%, 95.13%, 67.43%, 98.45%, and ≈ 100%. The concentrations of BOD₅, COD and TP in the effluent of two ponds were significantly different (5%), while the concentrations of TKN, N-NH₄⁺ and total Coliforms were not significantly different (5%). In terms of biomass, the concentration of Chlorophyll content in ponds with HRT of 5 days was 2369.18 ± 436.52 mg/L, higher than that (1078.68 ± 320.53 mg/L) of the pond having HRT of 3 days (p<0.05).

TÓM TẮT

Nghiên cứu được tiến hành trên hai mô hình ao thâm canh tảo *Spirulina sp.* vận hành ở thời gian lưu nước (HRT) 3 ngày và 5 ngày để đánh giá hiệu suất làm giảm nồng độ chất hữu cơ và tái sử dụng các dưỡng chất trong nước thải hầm ủ biogas tạo sinh khối tảo. Nước thải từ hầm ủ biogas được lắng 30 phút, pha loãng với nước máy ở tỉ lệ 1 : 1 để giảm bớt nồng độ chất ô nhiễm và độ màu trước khi đưa vào ao tảo. Ở HRT 5 ngày, kết quả phân tích cho thấy nồng độ BOD₅, COD, TKN, TP, N-NH₄⁺ và tổng Coliform trong nước thải đầu ra sau khi thu sinh khối tảo giảm lần lượt là 73,78%, 74,07%, 95,71%, 83,08%, 99,4% và ≈ 100%; ở HRT 3 ngày thì BOD₅, COD, TKN, TP, N-NH₄⁺ và tổng Coliform giảm 61,76%, 61,78%, 95,13%, 67,43%, 98,45%, và ≈ 100%. Giữa hai thời gian lưu nước, nồng độ các chỉ tiêu BOD₅, COD và TP trong nước thải đầu ra khác biệt có ý nghĩa (5%); còn các chỉ tiêu TKN, N-NH₄⁺ và tổng Coliform không khác biệt có ý nghĩa (5%). Xét về mật sinh khối, hàm lượng Chlorophyll trong ao HRT 5 ngày là 2.369,18 ± 436,52 mg/L cao hơn so với ao HRT 3 ngày đạt 1.078,68 ± 320,53 mg/L (p<0,05).

Trích dẫn: Lê Hoàng Việt, Lưu Thị Nhi Ý, Võ Thị Đông Nhi và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2017. Xử lý nước thải từ hầm ủ biogas bằng ao thâm canh tảo *Spirulina sp.*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 49a: 1-10.

1 GIỚI THIỆU

Chăn nuôi là một sinh kế quan trọng của nông dân Việt Nam, vừa là nguồn cung cấp thực phẩm chủ yếu, vừa tạo công ăn việc làm, tăng thu nhập cho nông dân. Theo số liệu thống kê của Bộ Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn (2015), giá trị sản xuất ngành chăn nuôi tăng thêm 4,3% và tỷ trọng chăn nuôi trong tổng giá trị sản xuất nông nghiệp đạt 24,5%, cả nước có 27,7 triệu con heo. Cùng với sự phát triển của đàn heo thì lượng chất thải từ các chuồng trại cũng tăng gây ảnh hưởng không nhỏ đến môi trường tự nhiên. Để giảm thiểu ô nhiễm từ chất thải chăn nuôi, nhiều phương pháp xử lý đã được đề xuất, trong đó xử lý yếm khí nước thải bằng hầm ủ khí sinh học (biogas) là phương pháp được nhiều nông dân áp dụng. Theo thống kê của Trung tâm Hợp tác Công nghệ Môi trường, đến năm 2012 đã có khoảng 500.000 hầm ủ biogas qui mô hộ gia đình được lắp đặt, hầu hết có thể tích nhỏ dưới 10 m³, số hầm biogas thương mại với thể tích từ 100 - 200 m³ chưa đến 100 hầm (Swedish Centec Vietnam, 2012).

Những lợi ích do công nghệ ủ yếm khí mang lại là không thể phủ nhận, tuy nhiên nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải sau khi ủ vẫn còn ở mức khá cao, đặc biệt là thành phần hữu cơ và các dưỡng chất. Vì vậy, có thể tận dụng các dưỡng chất trong nước thải đầu ra của hầm ủ biogas tái sử dụng cho mục đích trồng trọt, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản nhằm hạn chế gây ô nhiễm cho nguồn tiếp nhận (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2015). Một trong những khả năng thích ứng với yêu cầu trên là lợi dụng hoạt động cộng sinh của tảo và vi khuẩn trong các ao nuôi tảo để vi khuẩn phân hủy các chất hữu cơ, sau đó tảo hấp thu dưỡng chất trong nước thải chuyển đổi thành các chất dinh dưỡng trong tế bào tảo qua quá trình quang hợp (Oswald & Gotaas, 1953), tiếp theo tảo có thể làm thức ăn gia súc hoặc nguyên liệu cho một số mục đích sử dụng khác. Sở dĩ tảo được sử dụng vì nó có khả năng phát triển trong nước thải, chịu đựng được các thay đổi môi trường, có tốc độ sinh trưởng nhanh, tạo ra sinh khối có giá

trị dinh dưỡng cao. Một số loài tảo đã được ứng dụng để xử lý nước thải như *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Spirulina*... trong đó tảo *Spirulina sp.* có giá trị dinh dưỡng cao và dễ hấp thụ hơn các loài khác.

Dựa vào các cơ sở khoa học trên, nghiên cứu “Xử lý nước thải từ hầm ủ biogas bằng ao thâm canh tảo *Spirulina sp.*” được tiến hành trên mô hình ao thâm canh tảo với các thời gian lưu nước khác nhau để khảo sát hiệu suất loại bỏ các chất hữu cơ và dưỡng chất trong nước thải hầm ủ biogas, góp phần bảo vệ môi trường, đồng thời sản xuất sinh khối tảo sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau trong nông trại.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng nghiên cứu

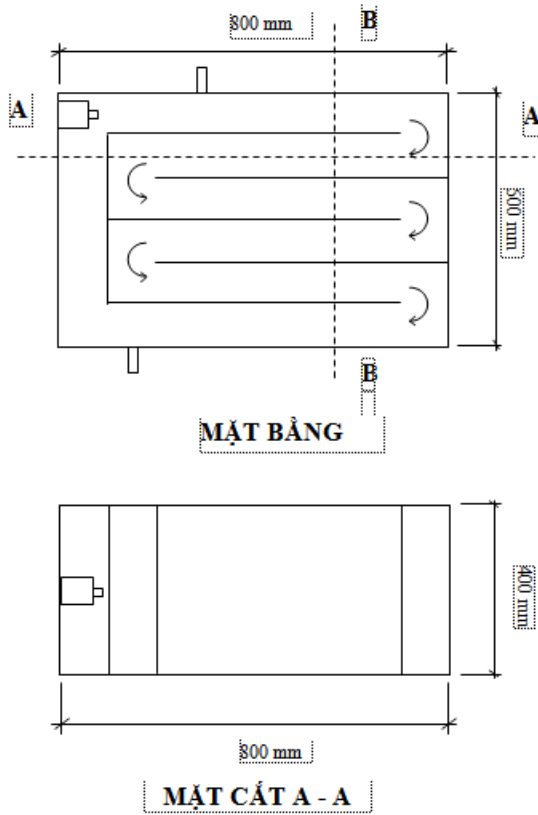
Nước thải: Nước thải sử dụng trong thí nghiệm được lấy từ túi ủ biogas xử lý chất thải chăn nuôi heo tại nhà ông Nguyễn Hoàng Thanh (ấp Mỹ Thuận, xã Mỹ Khánh, huyện Phong Điền, thành phố Cần Thơ); nước thải được thu thập khoảng 7 giờ sáng sau khi vệ sinh chuồng trại. Thời gian thực hiện nghiên cứu từ tháng 01 - 4/2016.

Tảo: Giống tảo nghiên cứu là 100 lít tảo thuần *Spirulina sp.* nhận chuyển giao từ Phòng thí nghiệm Nghiên cứu tảo của Khoa Thủy sản - Trường Đại học Cần Thơ.

2.2 Thiết kế mô hình

Theo hướng dẫn của Chongrak (2007) ao tảo được chế tạo bằng thủy tinh để dễ quan sát hiện tượng xảy ra bên trong. Mô hình ao thâm canh tảo có kích thước 0,83 m × 0,6 m × 0,4 m (dài × rộng × cao), trong đó độ sâu hoạt động của ao là 0,3 m. Mô hình có 6 ngăn mỗi ngăn rộng 0,1 m được thiết kế để nước thải chảy theo một chiều nhất định.

Ngoài ra, mô hình còn các thiết bị phụ trợ bao gồm bình Mariotte (bình nhựa composite 60 L) để cung cấp nước cho mô hình theo một lưu lượng ổn định, bơm nước chìm Aquarium Power Heads để cung cấp ô-xy và tạo dòng chảy của nước trong bể.



Hình 1: Sơ đồ ao thâm canh tảo sử dụng trong thí nghiệm (trái) và mô hình thí nghiệm (phải)

2.3 Tiến hành thí nghiệm

2.3.1 Chuẩn bị tảo giống

Tảo *Spirulina sp.* giống của Khoa Thủy sản được nuôi ở độ mặn 20‰ nên cần giảm độ mặn của môi trường nuôi bằng nước thải từ hầm ủ biogas. Độ mặn được hạ dần mỗi ngày 5‰ (tính thông qua thể tích nước thải thêm vào) cho đến khi tảo thích nghi với môi trường nước thải. Khi tảo thích nghi và phát triển tốt thì chia đều vào hai mô hình ao thâm canh tảo và tiến hành thí nghiệm chính thức.

Trong quá trình nuôi tảo thường xuyên kiểm tra pH và bổ sung NaHCO₃ để tăng pH lên khoảng hoạt động thích hợp của tảo *Spirulina sp.* là 8,5 - 11,0 (Zarrouk, 1966); đồng thời bổ sung NaNO₃ để cung cấp nguồn đạm cho tảo phát triển.

2.3.2 Các thông số vận hành thí nghiệm

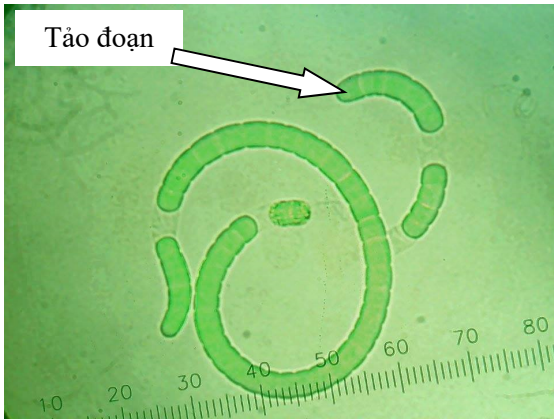
Promya (2000) đã tiến hành nuôi tảo *Spirulina sp.* bằng nước thải biogas ở thời gian lưu nước (HRT) 3 ngày và kết luận tảo *Spirulina sp.* có khả

năng làm giảm nồng độ các hữu cơ trong nước thải. Nghiên cứu này tiến hành trên hai mô hình ao thâm canh tảo có HRT 3 ngày và 5 ngày để so sánh hiệu quả xử lý nước thải và mức độ sản xuất sinh khối tảo. Cả hai mô hình nuôi tảo đều không bố trí lặp lại mà chọn lấy mẫu liên tục theo thời gian để tăng độ tin cậy của kết quả thí nghiệm. Các thông số vận hành của hai ao tảo trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1: Thông số vận hành ao thâm canh tảo

Các thông số vận hành	Giá trị sử dụng	
Thời gian lưu (ngày)	3	5
Chế độ nạp nước (giờ)	24/24	24/24
Khuấy trộn (giờ)	24/24	24/24
Lưu lượng (mL/phút)	33,3	20
Tải nạp nước bề mặt (m ³ .m ⁻² .ngày ⁻¹)	0,1	0,06

Trong quá trình tạo thích nghi và vận hành thí nghiệm, quan sát mẫu nước trên kính hiển vi thấy có sự nhân đôi của tảo theo phương thức tảo trưởng thành đứt ra tạo thành các tảo đoạn (Hình 2).



Hình 2: Ảnh chụp đoạn tảo *Spirulina sp.* (10×10)

2.4 Phương pháp phân tích mẫu

Trong quá trình thí nghiệm, nhiệt độ, ánh sáng, pH và DO được đo hàng giờ trong 5 ngày liên tục từ ngày 01 - 05/3/2016, trong đó có 3 ngày trùng với 3 ngày lấy mẫu. Các thông số theo dõi điều kiện vận hành của ao thâm canh tảo được đo đặc trực tiếp: nhiệt độ bằng máy đo Taylor T441 (Hoa Kỳ), ánh sáng bằng máy đo Lutron XL107 (Đài Loan), pH bằng máy đo Orion 230A (Hoa Kỳ), DO bằng máy đo WTW 330i (Đức).

Mẫu nước thải đầu vào được thu ở ngày 03/3/2016 và mẫu nước thải đầu ra được thu liên tiếp trong ba ngày 03 - 05/3/2016 theo dạng mẫu gộp để đánh giá sinh khối tảo Chlorophyll và các chỉ tiêu ô nhiễm gồm chất rắn lơ lửng SS, nhu cầu oxy sinh học BOD₅, nhu cầu oxy hóa học COD, nitơ tổng số TKN, phospho tổng TP, đạm nitrat N-NO₃⁻, đạm amôn N-NH₄⁺, tổng Coliform. Các phân tích được thực hiện tại các phòng thí nghiệm thuộc Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ.

Bảng 2: Phương pháp phân tích các thông số ô nhiễm của mẫu nước

Thông số	Phương pháp phân tích
pH	TCVN 6492:2011
SS	TCVN 6625:2000
BOD ₅	TCVN 6001-1:2008
COD	TCVN 6491:1999
TKN	TCVN 6638:2000
TP	TCVN 6202:2008
N-NO ₃ ⁻	ISO 10304-1:2007
N-NH ₄ ⁺	TCVN 5988:1995
Tổng Coliforms	TCVN 6187-2:1996
Chlorophyll-a	SMEWW PP 10200

Kết quả phân tích các thông số ô nhiễm nước của mẫu nước đầu ra và đầu vào được so sánh với nhau để đánh giá hiệu quả xử lý khi cho nước thải đi qua ao thâm canh tảo. Kết quả phân tích các

thông số ô nhiễm nước của mẫu nước đầu ra được so sánh với cột A của QCVN 62-MT:2016/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi, và cột A của QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp (trường hợp TP) để đánh giá khả năng thải nước vào nguồn tiếp nhận.

Các số liệu phân tích mẫu nước đầu ra được xử lý thống kê để đánh giá hiệu quả xử lý giữa hai ao tảo thâm canh có HRT 3 ngày và 5 ngày.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Đánh giá sơ bộ nước thải từ hầm ủ biogas

Trước khi tiến hành thí nghiệm chính thức, mẫu nước thải từ túi ủ biogas được phân tích các thông số ô nhiễm cơ bản nhằm đánh giá mức độ phù hợp để đưa vào ao thâm canh tảo, đồng thời đưa ra các giải pháp điều chỉnh nếu cần thiết. Qua quan sát nước thải có màu nâu sậm, đục, mùi hôi và chứa nhiều cặn lơ lửng. Cặn lơ lửng và độ màu cao sẽ ảnh hưởng đến khả năng khuếch tán của ánh sáng vào trong nước, làm giảm hiệu suất quang hợp của tảo, do đó nước thải được lắng 30 phút nhằm giảm bớt SS và độ màu trước khi đưa vào ao thâm canh tảo. Thêm vào đó nồng độ chất ô nhiễm của nước thải biogas rất cao sẽ ảnh hưởng đến hoạt động của tảo, vì vậy nước thải được pha loãng với nước máy (được để thoáng 24 giờ nhằm giải phóng hết lượng chlor dư) theo tỉ lệ thể tích 1 : 1, việc pha loãng nước thải cũng làm giảm độ màu giúp hoạt động của tảo tốt hơn.

Bảng 3: Nồng độ ô nhiễm của nước thải biogas sau khi lắng 30 phút

Thông số ô nhiễm	Giá trị	QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A)
pH	7,8	6 - 9
SS (mg/L)	200	50
BOD ₅ (mg/L)	550	40
COD (mg/L)	963	100
TKN (mg/L)	207,35	50
TP (mg/L)	56,92	4*
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,03	-
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	173,72	-
Tổng Coliform (MPN/100 mL)	2,4×10 ⁵	3.000

Ghi chú: * QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp

QCVN 62-MT:2016/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi

Các số liệu trong Bảng 3 cho thấy:

- Nước thải có pH = 7,8 nằm trong khoảng gần trung tính phù hợp cho hệ cộng sinh giữa tảo

và vi khuẩn hoạt động, nhưng chưa phù hợp cho hoạt động của tảo *Spirulina sp.* với pH thuộc môi trường kiềm (8,5 - 11,0). Do đó, trong quá trình vận hành cần theo dõi pH thường xuyên và bổ sung NaHCO_3 vào ao thâm canh tảo để tăng pH đến khoảng thích hợp cho tảo *Spirulina sp.* phát triển.

– Nồng độ chất hữu cơ phản ánh qua chỉ tiêu BOD_5 và COD cho thấy tỉ lệ $\text{BOD}_5/\text{COD} = 0,57 > 0,5$ thích hợp để áp dụng phương pháp xử lý sinh học.

– Nồng độ dưỡng chất cao (phản ánh qua các chỉ tiêu TKN và TP) phù hợp để tái sử dụng dưỡng chất trong nước thải cho nuôi tảo.

3.2 Kết quả thí nghiệm

3.2.1 Điều kiện môi trường trong các ngày thu mẫu

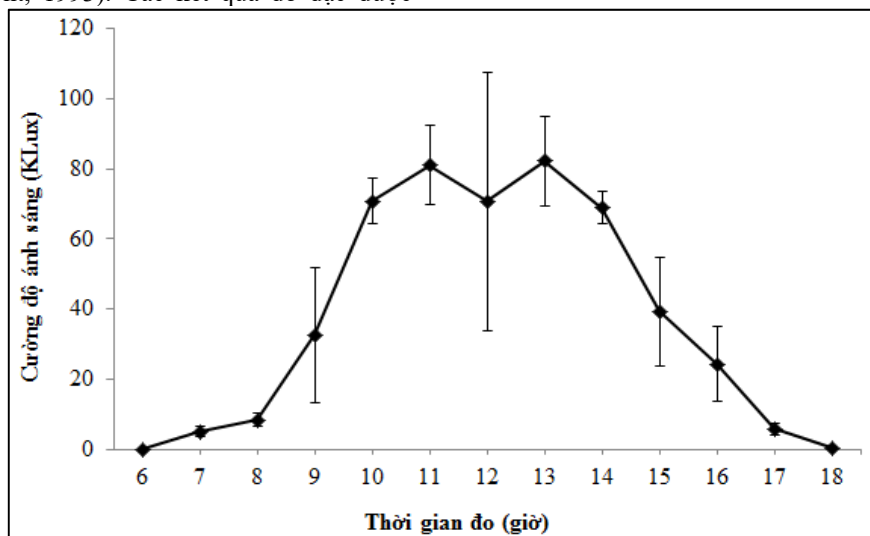
Nhiệt độ, ánh sáng, pH và DO là các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động của ao thâm canh tảo (Chaumont, 1993). Các kết quả đo đạc được

trình bày bên dưới.

a. Cường độ ánh sáng và nhiệt độ

Cường độ ánh sáng và nhiệt độ môi trường được đo bên ngoài tại vị trí đặt ao tảo và nhiệt độ được đo trong ao tảo. Cường độ ánh sáng biến động theo thời điểm đo và độ che phủ của mây. Theo Charenkova *et al.* (1995), tảo *Spirulina sp.* có khoảng hoạt động tốt từ 5.400 - 90.500 Lux. Lavens & Sorgeloos (1996) cho rằng cường độ ánh sáng phù hợp cho tảo hoạt động còn phụ thuộc vào thể tích bể nuôi.

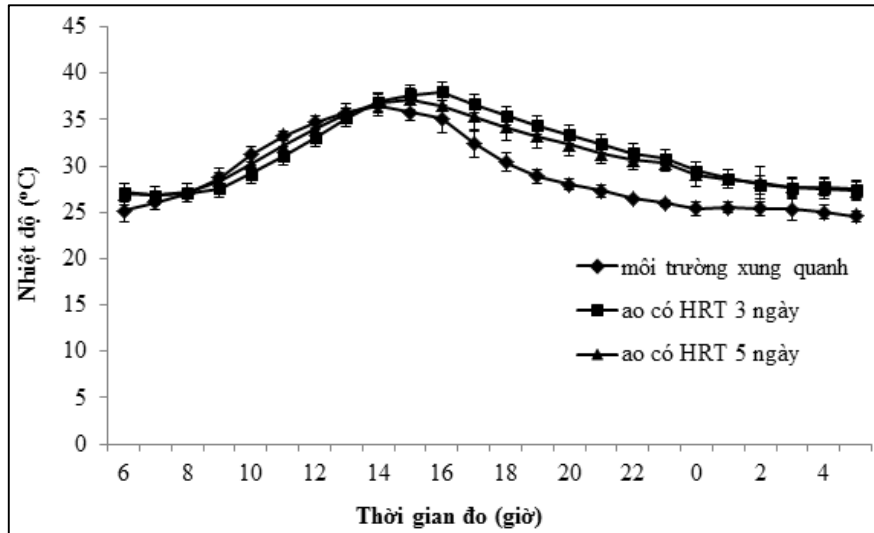
Hình 3 cho thấy trong khoảng thời gian từ 10 giờ đến 15 giờ, cường độ ánh sáng vượt qua khỏi mức hoạt động tối ưu nhưng vẫn nằm trong khoảng hoạt động của tảo. Cường độ ánh sáng cao nhất và thấp nhất ngoài môi trường lần lượt là 82.160 Lux lúc 13 giờ và 127,8 Lux lúc 6 giờ. Nguồn nhiệt cung cấp cho ao tảo chủ yếu là ánh sáng mặt trời và các hoạt động sinh học xảy ra trong ao tảo.



Hình 3: Diễn biến cường độ ánh sáng trong các ngày thí nghiệm

Hình 4 cho thấy nhiệt độ và cường độ ánh sáng có sự tương đồng nhau. Nhiệt độ bắt đầu tăng khi có bức xạ ánh sáng mặt trời (lúc 6 giờ). Nhiệt độ không khí tăng theo cường độ ánh sáng và tăng nhanh hơn nước trong ao tảo do không khí nhận nhiệt nhanh hơn. Khi cường độ ánh sáng giảm (lúc 14 giờ) nhiệt độ không khí cũng giảm nhưng nhiệt độ nước trong ao tiếp tục tăng đến khoảng 16 giờ do nhiệt sinh ra từ các hoạt động sinh học của tảo. Sau đó, nhiệt độ nước trong ao giảm dần nhưng chậm hơn nhiệt độ không khí do nước nhả nhiệt chậm hơn. Nhiệt độ cao nhất ngoài môi trường là

36,5°C (lúc 14 giờ), trong ao tảo có HRT 3 ngày là 38,0°C (lúc 16 giờ) và trong ao tảo có HRT 5 ngày là 37,2°C (lúc 15 giờ). Nhiệt độ thấp nhất ngoài môi trường là 24,6°C (lúc 5 giờ), trong ao tảo có HRT 3 ngày là 26,8°C (lúc 7 giờ) và trong ao tảo có HRT 5 ngày là 26,8°C (lúc 7 giờ). Nhiệt độ trung bình trong ao dao động từ 26,8 - 38,0°C. Nhiệt độ cao nhất vẫn nằm trong khoảng nhiệt độ tối đa mà tảo *Spirulina sp.* hoạt động được là 35 - 38°C (Gershiwin & Belay, 2008). Nhiệt độ thấp nhất vào ban đêm vẫn lớn hơn 15°C (ngưỡng dưới của khoảng nhiệt độ mà *Spirulina sp.* còn hoạt động tốt).

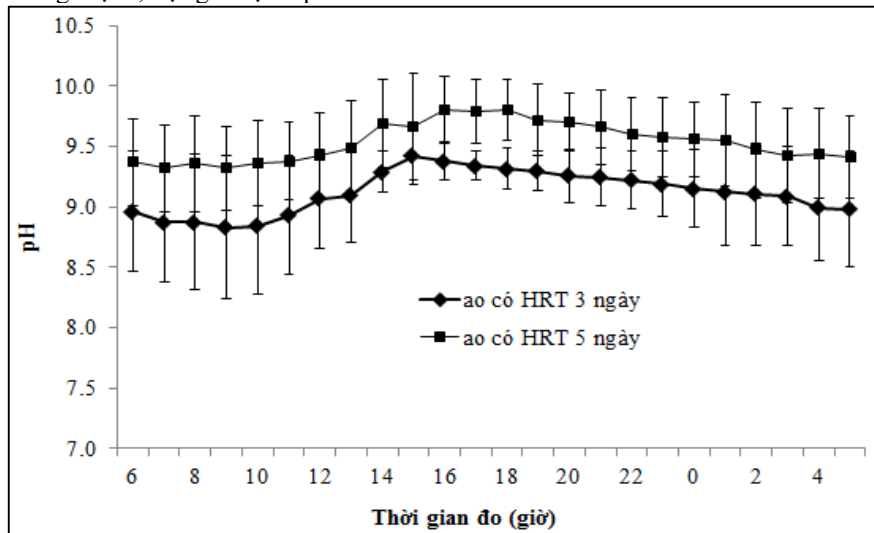


Hình 4: Diễn biến nhiệt độ trong các ngày thí nghiệm

b. Chỉ tiêu pH và DO

Hình 5 cho thấy pH biến thiên theo một quy luật nhất định, đạt giá trị cao ở những thời điểm có cường độ ánh sáng mạnh, đạt giá trị thấp vào ban

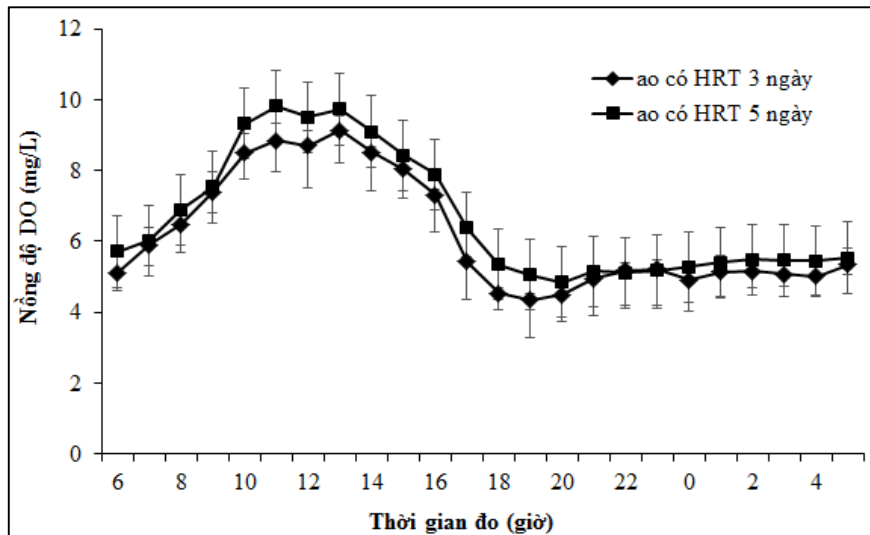
đêm và buổi sáng. pH của nước trong ao tuy biến thiên nhiều do các hoạt động sinh học, nhưng nhìn chung vẫn nằm trong khoảng thích hợp cho tảo *Spirulina sp.* hoạt động.



Hình 5: Diễn biến của pH trong ao tảo thời gian thí nghiệm

Khi chưa có ánh sáng mặt trời, trong ao thâm canh tảo diễn ra quá trình hô hấp tiêu thụ O₂, đồng thời thải ra CO₂ làm giảm nồng độ DO trong nước. Giá trị DO tăng dần về trưa khi cường độ ánh sáng tăng cao, tảo quang hợp mạnh lấy HCO₃⁻ và CO₂ và thải ra O₂, sau đó bắt đầu giảm khi cường độ

ánh sáng giảm. Vào ban đêm, do thí nghiệm vẫn vận hành máy bơm cấp oxy cho hai ao tảo nên giá trị DO tuy có giảm nhưng vẫn duy trì giá trị khá cao (DO > 4). Nồng độ DO của ao thâm canh tảo có HRT 5 ngày có xu hướng cao hơn ao có HRT 3 ngày phản ánh hoạt động quang hợp cao hơn trong ao có HRT 5 ngày.



Hình 6: Diễn biến của DO trong ao tảo trong thời gian thí nghiệm

3.2.2 Hiệu quả xử lý nước thải của ao thâm canh tảo

a. Xác định tải lượng nạp cho ao tảo

Mẫu nước thải đầu vào và đầu ra của ao tảo được thu theo dạng mẫu gộp trong 3 ngày liên tiếp vào lúc 6 giờ và 13 giờ - hai thời điểm tảo hoạt động yếu nhất và mạnh nhất (dựa vào chỉ tiêu DO). Nước thải sau khi thu được tách tảo, sau đó phân tích các thông số ô nhiễm. Kết quả phân tích mẫu nước được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4: Nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải đầu vào ở 3 ngày lấy mẫu phân tích

Thông số ô nhiễm	Giá trị	QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A)
pH	7,3	6 - 9
BOD ₅ (mg/L)	246,67 ± 34,15	40
COD (mg/L)	420,33 ± 57,55	100
TKN (mg/L)	220,18 ± 6,77	50
TP (mg/L)	30,61 ± 8,9	4*
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,09 ± 0,15	-
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	184,18 ± 27,35	-
Tổng Coliform (MPN/100 mL)	4,7×10 ⁶ ± 4,6×10 ⁶	3.000

Ghi chú: * QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp

QCVN 62-MT:2016/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi

Dựa trên lưu lượng và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải nạp vào mô hình, tải nạp cho ao thâm canh tảo được xác định theo các công thức sau:

Tải nạp tính theo thể tích:

$$W_i = \frac{Q_i \times S_i}{V} \text{ (kg.m}^{-3}.\text{ngày}^{-1}\text{)}$$

Tải nạp tính theo diện tích bề mặt:

$$W_i' = \frac{Q_i \times S_i}{D \times R} \text{ (kg.m}^{-2}.\text{ngày}^{-1}\text{)}$$

trong đó W_i : tải nạp tính theo thể tích (kg.m⁻³.ngày⁻¹)

W_i' : tải nạp tính theo diện tích bề mặt (kg.m⁻².ngày⁻¹)

Q_i : lưu lượng nạp nước (m³/ngày)

S_i : nồng độ chất ô nhiễm (mg/L)

V : thể tích bể (m³)

D : chiều dài của bể (m)

R : chiều rộng của bể (m)

Bảng 5: Tải nạp cho ao thâm canh tảo

Điều kiện vận hành	Tính theo thể tích (kg.m ⁻³ .ngày ⁻¹)		Tính theo diện tích (kg.m ⁻² .ngày ⁻¹)	
	HRT 3 ngày	HRT 5 ngày	HRT 3 ngày	HRT 5 ngày
Tải nạp BOD ₅	0,082	0,049	0,042	0,025
Tải nạp COD	0,140	0,084	0,025	0,015
Tải nạp TKN	0,073	0,044	0,022	0,013
Tải nạp TP	0,010	0,006	0,003	0,002

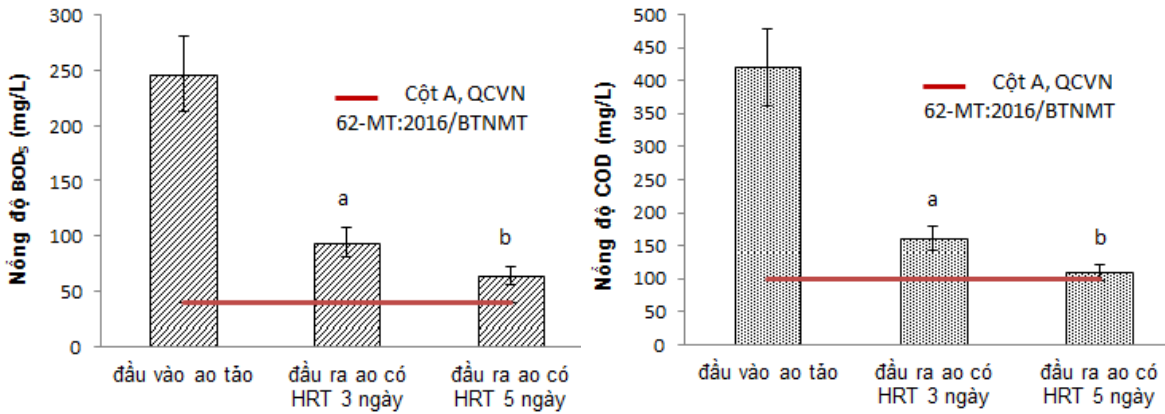
b. Chất lượng nước thải sau khi xử lý qua ao tảo

- Giá trị pH của nước thải sau khi qua ao thâm canh tảo có chiều hướng tăng đến ngưỡng phù hợp cho hoạt động sinh trưởng của tảo 8,5 - 11,0 (Zarrouk, 1966).

– Kết quả phân tích cho thấy nồng độ BOD₅ sau khi xử lý giảm đáng kể so với nồng độ ban đầu. Nước thải nạp vào ao tảo chứa hàm lượng BOD₅ khá cao đạt $246,67 \pm 34,15$ mg/L. Trong quá trình xử lý, vi khuẩn phân hủy chất hữu cơ tạo thành các chất cần thiết cho quá trình quang hợp của tảo *Spirulina sp.* để chuyển hóa thành các chất hữu cơ trong tế bào tảo. Nước thải đầu ra có nồng độ BOD₅ chỉ còn $94,33 \pm 12,66$ mg/L ở ao HRT 3 ngày và $64,67 \pm 8,08$ mg/L ở ao HRT 5 ngày, tuy nhiên cả hai giá trị này vẫn chưa đạt tiêu chuẩn để đưa nước thải ra môi trường. Kết quả phân tích phương sai và kiểm định F cho thấy nồng độ BOD₅

trong nước thải đầu ra của hai ao thâm canh tảo khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

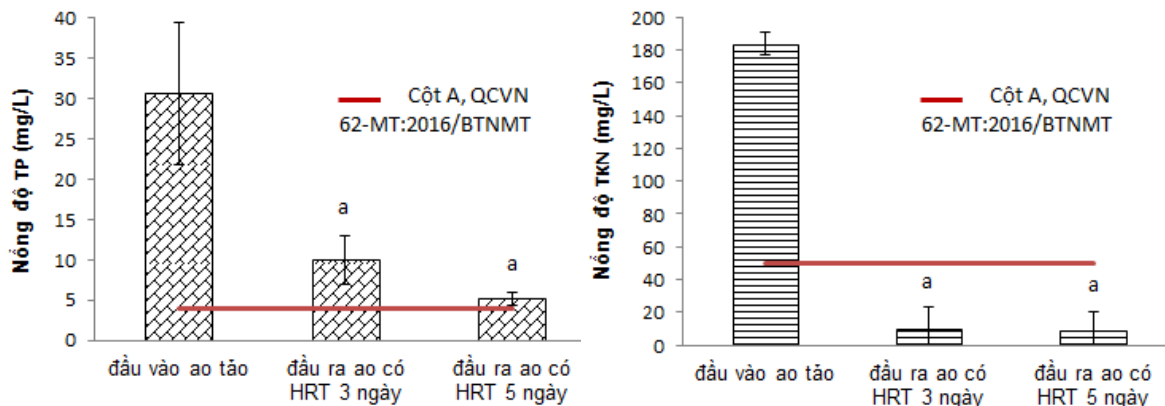
– Nồng độ COD trong nước thải đầu vào rất cao đạt $420,33 \pm 57,55$ mg/L. Trong nước thải đầu ra của ao tảo nồng độ COD giảm đáng kể, ao HRT 3 ngày còn $160,67 \pm 18,77$ mg/L và ao HTR 5 ngày còn $109 \pm 12,17$ mg/L. Nồng độ COD giảm đáng kể do vi khuẩn và tảo trong ao đã sử dụng một phần chất hữu cơ để tổng hợp tế bào, tuy nhiên vẫn chưa đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A). Kết quả phân tích phương sai và kiểm định F cho thấy nồng độ COD trong nước thải sau xử lý của hai ao thâm canh tảo khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.



Hình 7: Nồng độ BOD₅ và COD trong nước thải

– Hình 8 cho thấy nồng độ TP trong nước thải đầu vào đạt $30,61 \pm 8,9$ mg/L. Nồng độ TP trong nước thải đầu ra của hai ao giảm đáng kể, trong đó ao có HRT 3 ngày còn $9,97 \pm 3,01$ mg/L và ao có HRT 5 ngày còn $5,18 \pm 0,8$ mg/L. Nồng độ TP sau xử lý giảm là do tảo sử dụng để tổng hợp tế bào. Ngoài ra, photpho cũng được sử dụng để tổng

hợp, duy trì và vận chuyển năng lượng của vi sinh vật. Kết quả phân tích phương sai và kiểm định F cho thấy nồng độ TP sau xử lý của hai ao không khác biệt ở mức 5%. Nồng độ TP trong nước thải sau khi qua cả hai ao thâm canh tảo đều chưa đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột A).



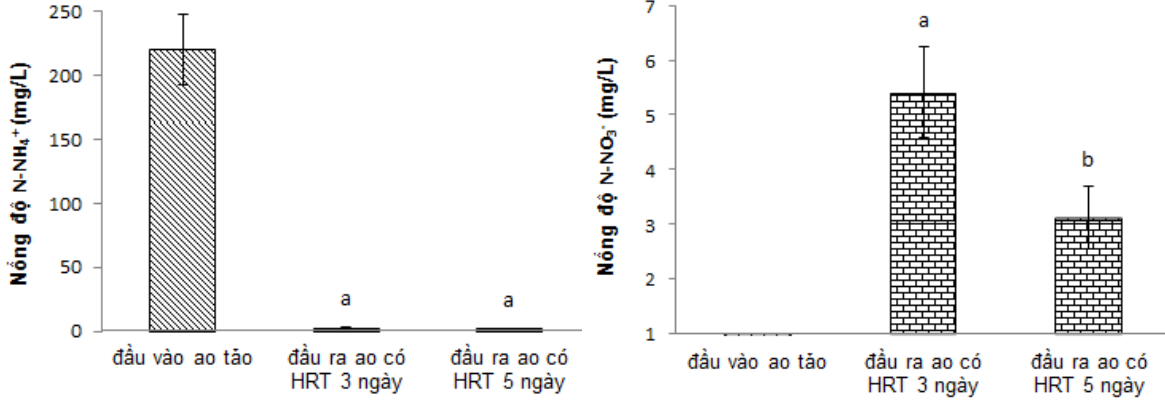
Hình 8: Nồng độ TP, TKN trong nước thải

– Kết quả phân tích cho thấy nồng độ TKN và N-NH₄⁺ trong nước thải đầu vào khá cao đạt $220,18 \pm 6,77$ mg/L và $184,18 \pm 6,77$ mg/L, trong khi nồng độ N-NO₃⁻ đầu vào rất thấp chỉ đạt $0,09 \pm 0,15$ mg/L. Sau khi qua ao tảo nồng độ N-NO₃⁻

trong nước thải tăng lên nhưng không nhiều, ao HRT 3 ngày đạt $5,42 \pm 0,83$ mg/L và ao HTR 5 ngày đạt $3,12 \pm 0,57$ mg/L, trong ao diễn ra quá trình chuyển hóa ni-tơ hữu cơ thành amonia và chuyển amonia thành nitrate. Một phần amonia

trong nước thải được tảo sử dụng trực tiếp, và một phần được chuyển thành nitrate cho tảo sử dụng. Do đó, nồng độ TKN và $N-NH_4^+$ trong nước thải đầu ra đều giảm nhưng nồng độ $N-NO_3^-$ lại tăng. Ao có HTR 5 ngày có sinh khối tảo cao hơn nên lượng $N-NO_3^-$ được sử dụng nhiều hơn, do đó nồng độ $N-NO_3^-$ trong nước thải đầu ra thấp hơn ao có

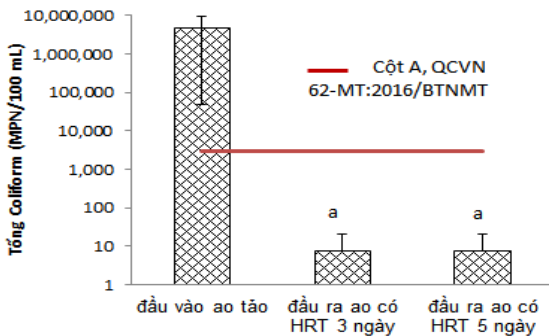
HTR 3 ngày. Kết quả phân tích phương sai và kiểm định F cho thấy nồng độ TKN và $N-NH_4^+$ sau xử lý của hai ao tảo không khác biệt ở mức 5%, nhưng nồng độ $N-NO_3^-$ sau xử lý của hai ao tảo có khác biệt ở mức 5%. Nồng độ TKN trong nước thải sau khi qua hai ao thâm canh tảo đạt QCVN 62-MT:2016/BTNMT (cột A).



Hình 9: Nồng độ $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ trong nước thải

– Tổng Coliform trong nước thải đầu vào rất cao $4,7 \times 10^6$ MPN/100 mL. Do pH trong cả hai ao tảo được duy trì ở mức cao và có sự thay đổi liên tục góp phần hạn chế vi khuẩn tồn tại và phát triển nên lượng Coliform trong nước thải sau khi qua ao tảo giảm đáng kể. Tổng Coliform trong nước thải sau khi qua hai ao thâm canh tảo không khác biệt có ý nghĩa và đạt tiêu chuẩn xả thải cột A của QCVN 62-MT:2016/ BTNMT.

màu sậm hạn chế ánh sáng mặt trời khuếch tán vào hỗn hợp nước thải bên trong nên tảo không thể tổng hợp năng lượng để tạo thành sinh khối được. Do đó, thí nghiệm không phân tích Chlorophyll trong nước thải đầu vào mà chỉ lấy mẫu nước thải đầu ra từ hai mô hình và phân tích Chlorophyll để đánh giá lượng sinh khối tảo thu được từ các ao thí nghiệm. Hàm lượng Chlorophyll ở ao có HTR 5 ngày đạt $2.369,18 \pm 436,52$ mg/m³ và ao có HTR 3 ngày đạt $1.078,68 \pm 320,53$ mg/m³. Kết quả phân tích phương sai và kiểm định F cho thấy lượng sinh khối tảo thu được ở ao có HRT 5 ngày cao hơn và có sự khác biệt ý nghĩa đối với lượng sinh khối tảo thu được ở ao có HRT 3 ngày.

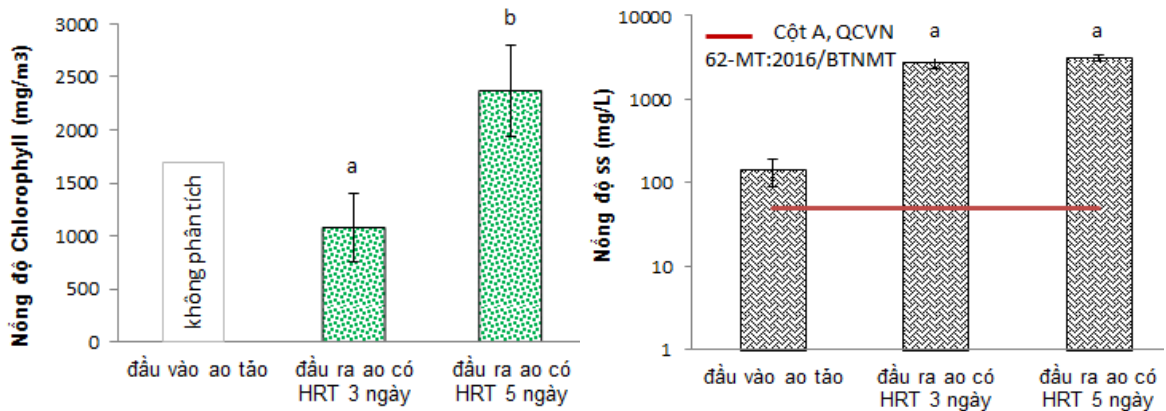


Hình 10: Tổng Coliform trong nước thải

c. Sinh khối tảo

Nước thải biogas xem như không có tảo do môi trường bên trong túi ủ là yếm khí, nước thải có

Nồng độ SS trong nước thải cũng gia tăng sau khi qua ao thâm canh tảo. Nếu SS trong nước thải đầu vào ao thâm canh tảo chỉ đạt 100 mg/L, thì ở đầu ra nồng độ SS ở ao có HRT 3 ngày đạt $2.717 \pm 439,85$ mg/L (cao gấp ~ 27 lần đầu vào) và ao có HTR 5 ngày đạt $3.082 \pm 248,49$ mg/L (cao gấp ~ 30 lần đầu vào). Hàm lượng SS trong nước thải đầu ra cao hơn hàm lượng SS đầu vào rất nhiều là một minh chứng của sinh khối tảo tăng cao trong ao thâm canh tảo. Kết quả phân tích phương sai và kiểm định F cho thấy nồng độ SS không khác biệt ở mức 5% giữa hai thí nghiệm thức.



Hình 11: Nồng độ Chlorophyll và SS trong nước thải trước và sau khi xử lý

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Nước thải hầm ủ biogas sau khi xử lý bằng ao thâm canh tảo giảm đáng kể các thành phần gây ô nhiễm, tuy nhiên chỉ mới có các thông số TKN và tổng Coliform là đạt tiêu chuẩn xả thải. Kết quả nghiên cứu cho thấy có thể sản xuất sinh khối tảo *Spirulina sp.* bằng nước thải từ hầm ủ biogas đã qua lắng và pha loãng với nước máy ở tỉ lệ 1 : 1.

So sánh giữa hai nghiệm thức, ao có HRT 5 ngày cho hiệu quả xử lý nước thải biogas cao hơn ao có HRT 3 ngày. Đồng thời, lượng sinh khối tảo sản sinh ở ao có HRT 5 ngày cao hơn ao có HTR 3 ngày.

Để có thể vừa xử lý nước thải tốt hơn vừa tái sử dụng các dưỡng chất từ nước thải cần tiếp tục nghiên cứu thêm về:

- Tiếp tục nghiên cứu thời gian lưu nước phù hợp để giảm thiểu nồng độ ô nhiễm trong nước thải biogas giúp nước thải qua ao tảo có đạt tiêu chuẩn xả thải.
- Tái sử dụng nước thải sau khi tách tảo để làm nước pha loãng nước thải biogas đầu vào và tận dụng lại các dưỡng chất còn trong nước thải.
- Nước thải sau khi tách tảo có thể đưa vào ao cá để tiếp tục xử lý và làm thức ăn cho cá hay sử dụng cho tưới tiêu để tận dụng nguồn dưỡng chất còn lại.
- Sử dụng sinh khối tảo sau khi xử lý làm thức ăn cho thủy sản, gia súc gia cầm, làm phân bón hữu cơ... tạo thu nhập cho nông dân.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bộ Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn, 2015. Báo cáo thống kê 2015. Công thông tin điện tử Bộ Nông nghiệp & PTNT.

Chaumont D., 1993. Biochnology of algae biomass production: a review of systems for outdoor mass culture. *Journal of Applied Phycology* 5: 593–604.

Charenkova H. A., Mihailov A. A., Pinevitch V. V., Verziline N. N., 1975. Influence des temperatures extremales sur la croissance de l'algue bleue-vert *Spirulina platensis* (Gom) Geitler. *AGRICOLA* 28(6): 799–802.

Chongrak P., 2007. Organic waste recycling: Technology and Management. IWA publishing.

Gershiwin M. E., Amha Belay, 2008. *Spirulina in Human Nutrition and Health*. CRC press.

Lavens P., Sorgeloos P. (Eds.), 1996. *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper No. 361.

Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân, 2015. Giáo trình Kỹ thuật xử lý nước thải. Trường Đại học Cần Thơ.

Oswald W. J., Gotaas Harold F., Ludwig H. F., Lynch V., 1953. Algae symbiosis in oxidation ponds, III. Phoyosynthesis oxygenation. *Sewwage Ind. Wastes* 25(6) 692–705.

Promya J., 2000. *The mass culture of S. Plantensis in effluent from pig manure biogas digester*. MSc thesis. Chiang Mai University, Thailand.

Swedish Centec Vietnam, 2012. *Summary: Market Briefon Biogas in Vietnam*.

Zarrouk C., 1966. Contribution à l'étude d'une cyanophycee: Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la crooissance et la photosynthese de *Spirulina maxima* (Setch Et Gardner) Geitler. Luận án Tiến sĩ. Đại học Paris, Pháp.