



NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI THỦY SẢN BẰNG CÔNG NGHỆ A₂/O - MBR

Nguyễn Xuân Hoàng*, Lê Anh Thu, Nguyễn Minh Thu và Lê Hoàng Việt

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

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Xuân Hoàng (email: nxhoang@ctu.edu.vn)

ABSTRACT

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 03/07/2019

Ngày nhận bài sửa: 10/09/2019

Ngày duyệt đăng: 15/10/2019

Title:

Using A₂/O – MBR combined processes in treating wastewater from Study on aquatic products processing

Từ khóa:

Bể lọc màng, quá trình A₂/O-MBR, thủy sản, xử lý nước thải

Keywords:

A₂/O-MBR combined processes, aquaculture, membrane bioreactor, wastewater treatment

In order to study the applicability of combined wastewater treatment processes of A₂/O-MBR, a lab scale model of A₂/O-MBR processes with 55-liter A₂/O tank combined with 26-liter MBR tank was used to remove contaminants from an aquatic products processing wastewater at relatively high concentration of nitrogen and phosphorus. The COD, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, TKN, TN and TP of the influent wastewater are 749± 41,73 mg/L, 507± 49.08 mg/L, 4.35± 1,43 mg/L, 18.77± 0.92 mg/L, 72.9 ± 11.38 mg/L, 77.25 ± 10.01 mg/L, and 37.67± 9.07 mg/L and at pH 6.9 respectively. The A₂/O-MBR model was run at hydraulic retention time of 8 hours, organic matter loading of 1.52 kg BOD/m³.day, COD loading rate for anaerobic chamber of 22.47 kg COD/m³.day and MLSS concentration for A₂/O tank of 4.163 mg/L. The COD, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, TKN, TN, and TP in the effluent were 21.49 ± 0.86 mg/L, 16.8 ± 1.56 mg/L, 2.4 ± 0.28 mg/L, 0.75 ± 0.13 mg/L, 1.32 ± 0.39 mg/L, 3.72 ± 0.41 mg/L, and 5.87 ± 1.0 mg/L, respectively. The effluent quality met the column A of the national technical regulation on the effluent of aquatic products processing industry, with corresponding removal efficiency of 97% COD; 96% BOD₅; 45% N-NO₃⁻; 96% N-NH₄⁺; 98% TKN, 95% TN, and 84% TP. Therefore, the A₂/O-MBR combined processes can be applied to treat aquatic products processing wastewater and all other wastewaters of the same characteristics.

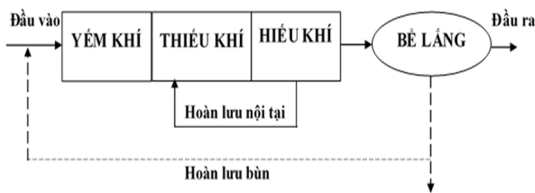
TÓM TẮT

Nhằm nghiên cứu khả năng áp dụng quá trình A₂/O-MBR (Anaerobic Anoxic/Oxic – Membrane BioReactor) trong xử lý nước thải, mô hình A₂/O-MBR quy mô phòng thí nghiệm với thể tích bể A₂/O 55 lít kết hợp bể lọc màng MBR 26 lít được sử dụng để xử lý nước thải chế biến thủy sản có nồng độ ni-tơ và phot-pho tương đối cao. Nước thải đầu vào có COD, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, TKN, TN và TP lần lượt là 749± 41,73 mg/L, 507± 49,08 mg/L, 4,35± 1,43 mg/L, 18,77± 0,92 mg/L, 72,9 ± 11,38 mg/L, 77,25 ± 10,01 mg/L và 37,67± 9,07 mg/L và ở pH 6,9. Mô hình A₂/O-MBR được vận hành với thời gian lưu nước 8 giờ, tải nạp chất hữu cơ 1,52 kg BOD/m³.ngày, tải nạp COD cho ngăn yếm khí là 22,47 kg COD/m³.ngày và nồng độ MLSS trong bể A₂/O là 4.163 mg/L. Nước sau xử lý có giá trị COD, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, TKN, TN, và TP tương ứng lần lượt là 21,49 ± 0,86 mg/L, 16,8 ± 1,56 mg/L, 2,4 ± 0,28 mg/L, 0,75 ± 0,13 mg/L, 1,32 ± 0,39 mg/L, 3,72 ± 0,41 mg/L, và 5,87 ± 1,0 mg/L. Kết quả này đạt cột A của Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chế biến thủy sản QCVN 11-MT:2015/BTNMT với hiệu suất xử lý tương ứng COD 97%; BOD₅ 96%; N-NO₃⁻ 45%, N-NH₄⁺ 96%; TKN 98%, TN 95%, và TP 84 %. Do đó, công nghệ A₂/O-MBR hoàn toàn có khả năng áp dụng trong xử lý nước thải thủy sản và các loại nước thải có lượng chất ô nhiễm tương tự.

Trích dẫn: Nguyễn Xuân Hoàng, Lê Anh Thu, Nguyễn Minh Thu và Lê Hoàng Việt, 2019. Nghiên cứu xử lý nước thải thủy sản bằng công nghệ A₂/O - MBR. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 55(Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu)(1): 149-156.

1 GIỚI THIỆU

Hiện nay, chế biến thủy sản là một trong những ngành kinh tế mũi nhọn của cả nước, với sản lượng năm 2018 đạt 3.602,7 nghìn tấn (tăng 5,3% so với 2017) (Tổng cục thống kê, 2018). Sự phát triển của ngành chế biến thủy sản đã và đang kéo theo các vấn đề môi trường đáng kể, trong đó, nước thải là vấn đề đáng được quan tâm nhất. Thông thường, nước thải chế biến thủy sản chứa hàm lượng chất hữu cơ cao, COD dao động từ 1.000 – 1.200 mg/L, BOD₅ vào khoảng 600 – 950 mg/L, hàm lượng ni-tơ hữu cơ đến 70 – 110 mg/L (Lâm Minh Triết và Trần Hiếu Nhuệ, 2012). Tuy nhiên, tỷ lệ dưỡng chất tương đối cao hiện diện trong nước thải luôn là vấn đề gây khó khăn cho các quá trình xử lý. Quá trình xử lý sinh học bùn hoạt tính thường được sử dụng trong xử lý nước thải thủy sản với hiệu suất loại bỏ chất hữu cơ cao nhưng hiệu suất loại bỏ dưỡng chất không cao: khoảng 8 – 15% ni-tơ a-môn, 15 – 50% ni-tơ hữu cơ và 10 – 20% phot-pho (Metcalf and Eddy, 1991; Nguyễn Thế Đông *et al.*, 2011).



Hình 1: Quy trình công nghệ A₂/O (Davis, 2010)

Quy trình A₂/O (Anaerobic – Anoxic – Oxic: Yếm khí – thiếu khí – hiếu khí) được phát triển ở Nam Phi vào năm 1974 và là một biến thể của quy trình A/O, với ngăn thiếu khí được thiết kế giữa vùng yếm khí và hiếu khí để loại bỏ đồng thời ni-tơ và phot-pho (WEF, 2005) (Hình 1).

Công nghệ lọc màng đang được ứng dụng ngày càng nhiều ở Việt Nam và đã cho một số kết quả tích

cực (Trần Đức Hạ, 2016). Các vật liệu màng thường được sử dụng trong MBR (membrane bio-reactor) là các polyme hữu cơ thường dùng để sản xuất màng như: PE, PP, PVDF vì chúng phù hợp cho việc tách màng (Judd, 2006; Mulder, 1997; Deowan *et al.*, 2015). Các màng lọc được đặt ngập trong bể xử lý sinh học hiếu khí trong hệ thống MBR. Nước thải được xử lý bởi các bùn sinh học và bùn này sẽ được giữ lại bởi quá trình lọc giúp lượng cặn lơ lửng trong bể sinh học gia tăng nhanh chóng vì thế khả năng phân huỷ sinh học các chất ô nhiễm. Hiệu suất xử lý COD, TSS, N-NH₄⁺, trên 99% và TP cao hơn 96% (Yang *et al.*, 2006).

Việc kết hợp công nghệ A₂/O và công nghệ MBR sẽ nhằm làm tăng hiệu quả xử lý so với bể bùn hoạt tính truyền thống và không cần dùng bể lắng thứ cấp, tiết kiệm diện tích, tự động hóa cao (Sadr & Saroj, 2015). Để áp dụng trong xử lý nước thải thủy sản ở Việt Nam, hiệu quả xử lý của quá trình rất cần được nghiên cứu trên mô hình và khả năng triển khai vào thực tiễn ngành xử lý nước thải thủy sản trong tương lai.

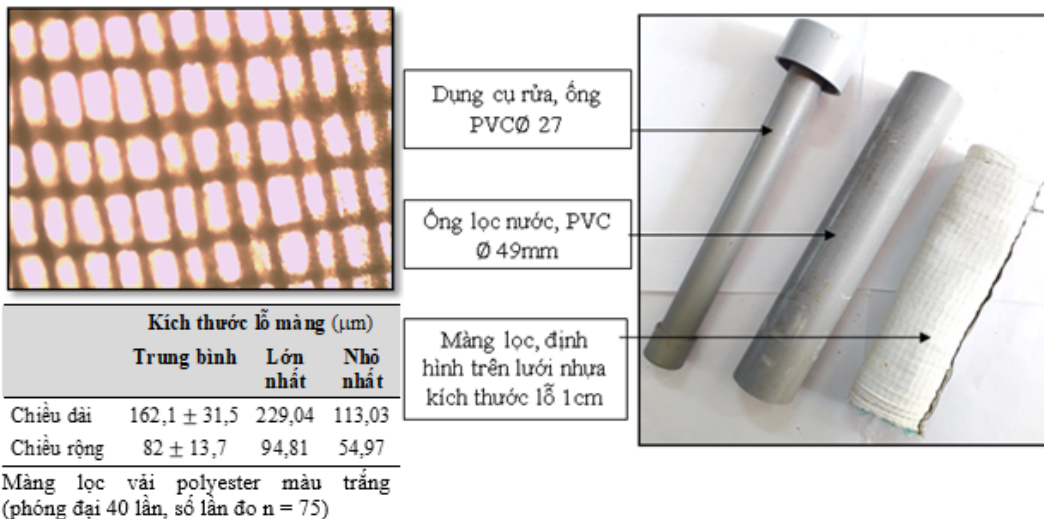
2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Vật liệu

Nước thải

Mẫu nước thải được lấy tại Công ty Thủy Sản ở huyện Châu Thành, tỉnh Hậu Giang. Vị trí lấy mẫu tại ống xả nước thải tập trung trước khi đưa vào hệ thống xử lý trong ba ngày liên tục. Thời gian lấy nước từ 8 giờ đến 10 giờ. Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng nước thải gồm: pH, DO, độ đục, SS, COD, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, TN, và TP.

Màng lọc và thiết bị lọc



Hình 2: Cấu tạo màng lọc và chế tạo thiết bị lọc

Màng lọc vải polyester (PE) màu trắng, có kích thước lỗ màng dao động trong khoảng 54,97 - 229,04 μm (Hình 2). Theo thông tin nhà cung cấp,

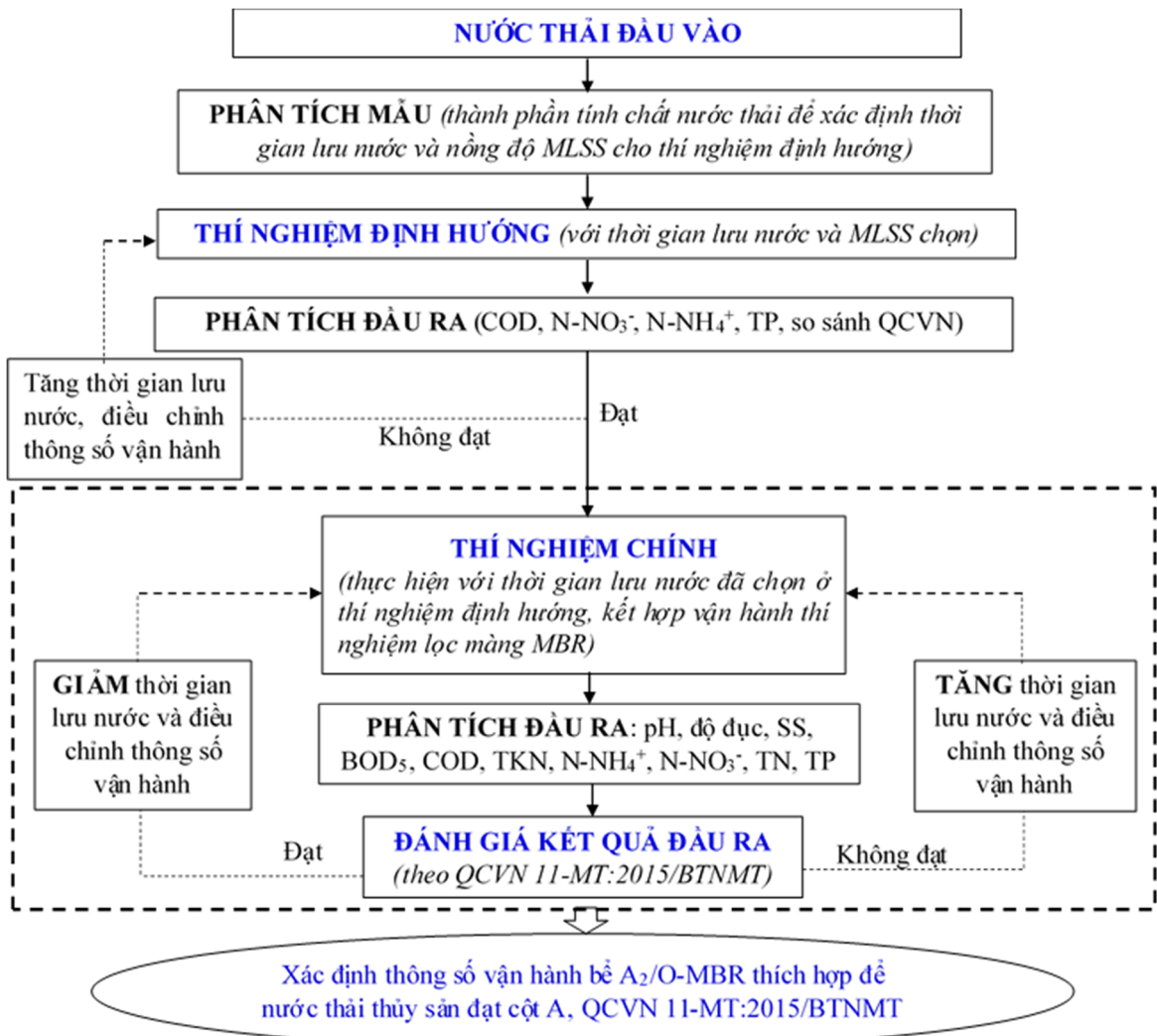
các đặc tính hóa lý của vải được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1: Đặc tính của vải polyester dùng trong thí nghiệm

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
Độ bền kéo đứt (ASTM D1682)	151,7 kN/cm ²	Trọng lượng	0,1 kg/m ²
Độ bền xé rách (ASTM D 1117)	47,74 kN/cm ²	Nhiệt độ làm việc	148 °C
Kháng axit	Rất tốt	Kháng mốc và mục	Rất tốt

Kích thước này rất nhỏ so với kích thước của bông bùn nên chúng sẽ giữ lại bùn và vi sinh vật trong bể và cho phép nước dễ dàng thấm qua. Trong quá trình hoạt động, khi có hiện tượng giảm lưu lượng lọc, tiến hành rửa lọc để tăng lưu lượng lọc về trạng thái ban đầu. Nước rửa ngược được bơm vào

trong ống PVC $\phi 27$, dòng chảy ngược từ bên trong ra ngoài màng lọc sẽ tách các mảng bám trên bề mặt vải và làm sạch màng lọc. Trong thí nghiệm này, thời gian rửa lọc được xác định theo chu kỳ 24 giờ, liên tục trong 5 ngày.



Hình 3: Sơ đồ bố trí thí nghiệm

2.2 Mô hình và các thông số thiết kế của mô hình

Các thông số thiết kế của mô hình A₂/O-MBR với bể A₂/O có chiều cao 0,35 m, thể tích hoạt động

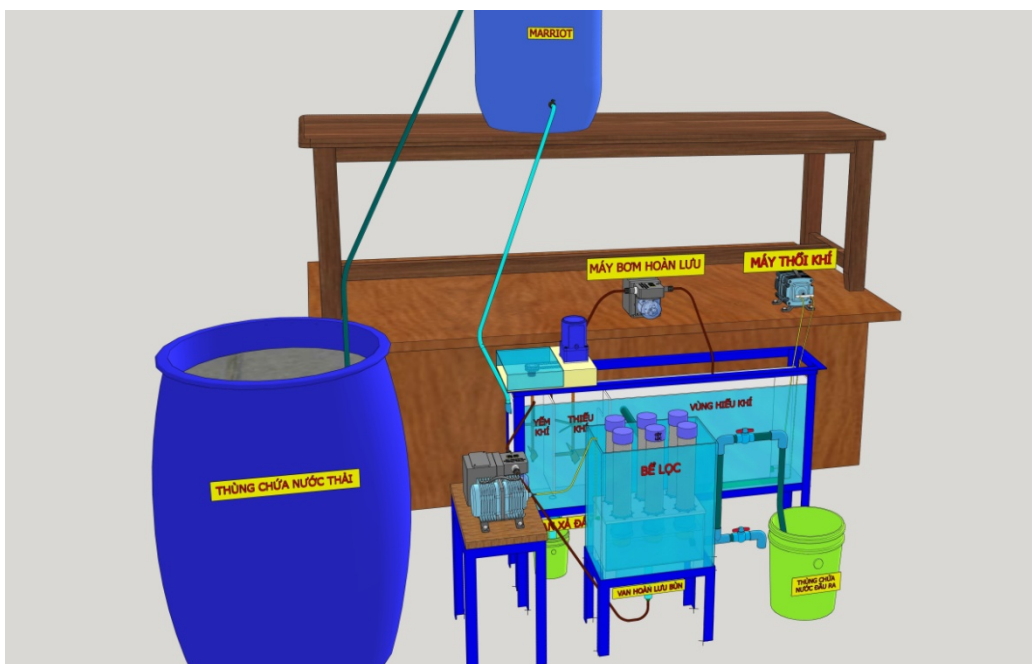
0,05 m³. Bể MBR có kích thước 0,32 m x 0,2 m x 0,4 m, thể tích hoạt động là 0,0224 m³. Mô hình thí nghiệm hoàn chỉnh được chế tạo với thông số thiết kế Bảng 2 và lắp đặt như Hình 4.

Bảng 2: Các thông số thiết kế của mô hình A₂/O-MBR

Thông số thiết kế	Đơn vị	Giá trị*	Chọn
- F/M	kg/kg.ngày	0,1 – 0,25	-
- Thời gian lưu chất rắn	ngày	1 – 27	10
- MLSS	mg/L	3000 – 5000	4000
- Thời gian lưu nước	Giờ	+ Yếm khí 0,5 – 1,5	0,8
		+ Thiếu khí 1,5 – 2,5	1,6
		+ Hiếu khí 4 – 8	5,6
- Hoàn lưu bùn	% theo Q	20 – 50	-
- Hoàn lưu nội tại	% theo Q	100 – 300	-

Ghi chú: (*): theo Metcalf & Eddy, 1991; WEF, 2005; (-): dao động theo vận hành

Q: Lưu lượng nạp nước (m³/ngày)



Hình 4: Mô hình thí nghiệm A₂/O – MBR

Nước thải thủy sản được loại bỏ phần chất rắn (thô) bằng cách lược qua lưới cước để tránh nghẹt van sau đó cho vào bình chứa (lắng sơ bộ 30 phút). Nước sau đó được bơm lên bình ma-ri-ốt, từ đây nước thải sẽ tự chảy vào ngăn yếm khí – thiếu khí – hiếu khí của bể A₂/O. Tại ngăn hiếu khí có bố trí các thiết bị thổi khí để cung cấp ô-xy đầy đủ, liên tục để vi khuẩn phân hủy chất ô nhiễm. Tại ngăn yếm khí và ngăn thiếu khí có bố trí thiết bị khuấy để cho vi khuẩn ở trạng thái lơ lửng, phân bố đều và tránh lắng cặn. Sau khi đạt đủ thời gian lưu ở bể A₂/O, nước thải sẽ tự chảy qua bể lọc MBR, tại đây có cung cấp ô-xy để tránh hiện tượng bùn bám vào màng lọc.

Nước sẽ được lọc qua màng và được thải ra môi trường. Bùn sẽ được bơm hoàn lưu về ngăn yếm khí để tạo dòng vi khuẩn có khả năng tích lũy phot-pho giúp xử lý phot-pho tốt hơn. Nước được bơm hoàn lưu từ ngăn hiếu khí về ngăn thiếu khí để tăng khả năng khử nitrat. Ngoài ra, để vận hành mô hình này, bùn yếm khí, thiếu khí và hiếu khí được nuôi trước đó trong phòng thí nghiệm để tạo sinh khối ổn định giúp quá trình vận hành được nhanh chóng.

2.3 Phương pháp phân tích

Phương pháp phân tích các chỉ tiêu trong nghiên cứu này được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3: Các phương pháp phân tích áp dụng

Chỉ tiêu	Nơi đo	Phương pháp phân tích
pH	Hiện trường	TCVN 6492:2011; máy đo Hana HI9812-5
DO	Hiện trường	TCVN7342:2004; máy Hana HI9814
Độ đục	Phòng thí nghiệm	TCVN 6184 -1996, Máy đo độ đục EUTECH TN-100
SS	Phòng thí nghiệm	Phương pháp lọc và hương pháp trọng lượng TCVN 6625:2000 (ISO 11923:1997)
COD	Phòng thí nghiệm	Phương pháp Dicromate đun hoàn lưu kín (TCVN 6491:1999)
BOD ₅	Phòng thí nghiệm	Phương pháp Winkler cải tiến (TCVN 6001-2:2008)
N-NO ₃ ⁻	Phòng thí nghiệm	EPA – 353.2
TKN	Phòng thí nghiệm	Phương pháp phân hủy và chưng cất Kjeldahl
N-NH ₄ ⁺	Phòng thí nghiệm	Phương pháp trắc phổ tự động TCVN 5988:1995 (ISO 5664-1984)
TP	Phòng thí nghiệm	SMEWW:4500- P
MLSS	Phòng thí nghiệm	Phương pháp xác định theo trọng lượng
MLSS	Phòng thí nghiệm	Phương pháp xác định theo trọng lượng

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Đặc tính nước thải đầu vào

Nước thải đầu vào được phân tích các chỉ tiêu

pH, DO, độ đục, SS, BOD₅, COD, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, TKN, TN, TP. Các giá trị trung bình được lấy từ ba lần phân tích mẫu và ghi nhận cụ thể trong Bảng 4.

Bảng 4: Thành phần nước thải đầu vào thí nghiệm định hướng

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị trung bình (n=3)	Nhận xét và đánh giá sơ bộ
pH	—	6,87 ± 0,06	Đạt, không cần điều chỉnh
DO	mg/L	3,17 ± 0,15	DO ở mức trung bình
Độ đục	NTU	50,77 ± 1,22	Bình thường
SS	mg/L	163,6 ± 51,0	Cần lắng sơ bộ để SS < 150 mg/L
BOD ₅	mg/L	472,2 ± 39,2	BOD ₅ /COD = 0,66 > 0,5 nên rất thích hợp cho xử lý sinh học (*)
COD	mg/L	719,3 ± 53	- COD:N:P = 350 : 38,69 : 10,48 cho thấy N và P cao hơn nhiều so với tỷ lệ cần thiết cho vi sinh vật yếm khí (tỷ lệ thích hợp COD:N:P = 350 : 5 : 1) ^(*)
N-NH ₄ ⁺	mg/L	15,3 ± 2,55	
N-NO ₃ ⁻	mg/L	9,0 ± 4,36	- BOD ₅ :N:P = 100 : 16,88 : 4,57 cho thấy N và P cao hơn nhiều so với nhu cầu của vi sinh vật (tỷ lệ thích hợp BOD ₅ :N:P = 100 : 5 : 1) ^(*)
TKN	mg/L	79,71 ± 14,15	Cao
TN	mg/L	88,71 ± 12,9	Cao
TP	mg/L	21,58 ± 11,62	Tương đối cao

^(*) Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016

Như vậy, nước thải có nồng độ chất hữu cơ, N, P cao bước đầu có thể áp dụng công nghệ A₂/O kết hợp MBR để xử lý.

3.2 Thí nghiệm nước thải ở thời gian lưu θ = 8 giờ

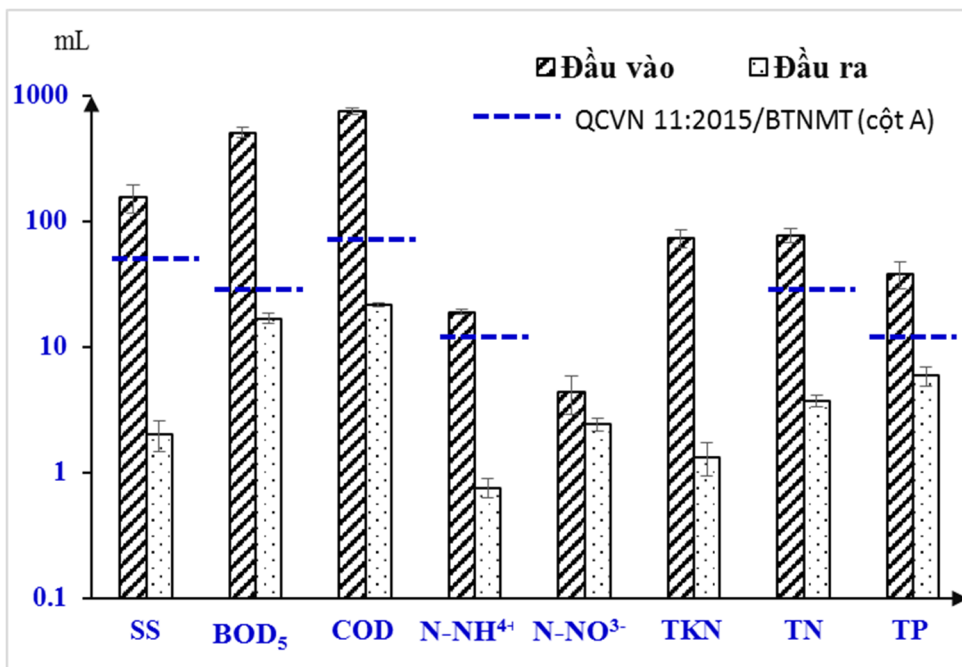
Trước khi thực hiện thí nghiệm chính thức, một thí nghiệm định hướng được thực hiện liên tục trong

5 ngày nhằm đảm bảo tính ổn định của hệ thống. Sau đó, thí nghiệm chính thức được tiến hành với thời gian lưu nước θ = 8 giờ theo kết quả của thí nghiệm định hướng và nồng độ MLSS trung bình trong bể A₂/O là 4.163 mg/L. Mẫu nước thải đầu vào và đầu ra mô hình được theo dõi và phân tích các chỉ tiêu trong 3 ngày liên tiếp. Kết quả phân tích các chỉ tiêu được trình bày trong Bảng 5 và Hình 5.

Bảng 5: Nồng độ các chỉ tiêu ô nhiễm đầu vào, đầu ra hệ thống xử lý ở $\theta = 8$ giờ

Chỉ tiêu ô nhiễm	Đơn vị	Đầu vào	Đầu ra	Hiệu suất xử lý (%)	QCVN 11-MT:2015/ BTNMT Cột A
pH	—	6,9 ± 0,00	7,33 ± 0,06	-	6 – 9
DO	mg/L	3,6 ± 0,60	3,93 ± 0,23	-	-
Độ đục	NTU	48,63 ± 4,79	0,49 ± 0,12	99	-
SS ^(*)	mg/L	155,8 ± 39,08	2,01 ± 0,54	99	50
BOD ₅	mg/L	507 ± 49,08	16,8 ± 1,56	96	30
COD	mg/L	749 ± 41,73	21,49 ± 0,86	97	75
N-NH ₄ ⁺	mg/L	18,77 ± 0,92	0,75 ± 0,13	96	10
N-NO ₃ ⁻	mg/L	4,35 ± 1,43	2,4 ± 0,28	45	-
TKN	mg/L	72,9 ± 11,38	1,32 ± 0,39	98	-
TN	mg/L	77,25 ± 10,10	3,72 ± 0,41	95	30
TP	mg/L	37,67 ± 9,07	5,87 ± 1,00	84	10

(*)Đầu vào MLSS của bể MBR là 5.333,3 mg/L



Hình 5: Nồng độ ô nhiễm trong nước thải trước và sau xử lý (ở 8 giờ)

DO và pH

Căn cứ theo các kết quả ghi nhận ở Bảng 2, mức DO trong nước thải được cải thiện qua hệ thống xử lý A₂/O – MBR, tăng từ 3,6 mg/L lên 3,93 mg/L. Điều này được giải thích do bể lọc MBR có sục khí nên nước thải đầu ra có lượng DO tương đối cao. pH của nước thải đầu vào pH 6,9 và ở đầu ra pH 7,3 nằm trong giới hạn cho phép và ngưỡng hoạt động thuận lợi của bể xử lý sinh học. Mặc dù trong quá trình hoạt động ở ngăn thiếu khí có diễn ra quá trình khử ni-trát, ion NO₃⁻ bị khử thành N₂ và tạo ra độ kiềm (alkalinity) làm tăng tính kiềm trong nước thải sau xử lý, tuy vậy mức độ kiềm hóa không mạnh.

SS

Hàm lượng chất rắn lơ lửng của nước thải trước xử lý là 155,8 ± 39,08 mg/L, trong bể A₂/O chất rắn lơ lửng bị hấp phụ lên bông cặn tạo thành MLSS, qua đến bể lọc thì nồng độ MLSS trong bể lọc là 5.333 mg/L và sau khi lọc thì hàm lượng chất rắn lơ lửng của nước thải đầu ra là 2,01 ± 0,54 mg/L tương ứng với hiệu suất loại bỏ SS là 99,9%. Nồng độ SS đầu ra rất thấp so với đầu vào chứng tỏ được khả năng lọc và loại bỏ SS của màng lọc rất tốt, phần lớn chất rắn lơ lửng được giữ lại ở màng lọc. Thêm vào đó, lớp màng sinh học bám bên ngoài màng lọc cũng là nguyên nhân làm cho chất lượng lọc nước tốt hơn. Tuy nhiên, điều này cũng đồng nghĩa với màng lọc sẽ đối diện với nguy cơ suy giảm và có thể tắc lọc. Đây là lý do tại sao phải rửa lọc định kỳ nhằm đảm bảo màng lọc có khả năng làm việc liên tục trong

điều kiện vận hành với nước thải có hàm lượng chất rắn cao.

BOD₅ và COD

Nồng độ BOD₅ của nước thải trước khi xử lý trong 3 ngày liên tiếp có giá trị trong khoảng 507 ± 49,08 mg/L. Ở đầu ra của hệ thống, nồng độ BOD₅ của nước sau xử lý đạt 16,8 ± 1,56 mg/L, tương ứng với hiệu suất loại bỏ BOD₅ là 96%. Tương tự như diễn biến của BOD₅, COD của nước thải đầu vào biến thiên 749 ± 41,73 mg/L, nước sau xử lý có COD đạt 21,49 ± 0,86 mg/L, tương đương hiệu suất xử lý COD 97%. Hiệu suất xử lý BOD₅ và COD của mô hình cao có thể giải thích do quá trình phân hủy sinh học các chất hữu cơ trong nước thải và cả quá trình lọc. BOD₅ bị các vi sinh vật trong bể phân hủy chất hữu cơ tạo thành các chất khí và đồng thời các vi sinh vật đồng hóa các chất để tổng hợp tạo nên các tế bào vi khuẩn mới. Chất hữu cơ khó phân hủy sinh học nhờ các enzym ngoại bào của vi sinh vật phân hủy thành các chất đơn giản và được vi sinh vật chuyển hóa hấp thụ vào bên trong (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016). Bên cạnh đó, một phần BOD₅ và COD tồn tại ở dạng chất rắn, các chất rắn giảm thông qua quá trình chuyển hóa, hấp thụ của vi sinh vật được giữ lại bởi lớp màng lọc. Như vậy, hiệu suất loại bỏ SS cao cũng đồng thời loại bỏ một phần BOD₅ và COD làm cho hiệu suất xử lý tổng BOD₅ và COD vì thế sẽ cao. So với quy chuẩn quốc gia, BOD₅ và COD đều nhỏ hơn ngưỡng quy định của QCVN 11-MT:2015/BTNMT, cột A (30 mg/L cho BOD₅, 75 mg/L cho COD).

Ni-tơ tổng và TKN, N-NH₄⁺ và N-NO₃⁻

TKN và N-NO₃⁻ của nước thải đầu vào lần lượt là 72,9 ± 11,38 mg/L và 4,35 ± 1,43 mg/L, ở đầu ra hệ thống xử lý lần lượt là 1,32 ± 0,28 mg/L và 2,4 ± 0,28 mg/L. Tương ứng với hiệu suất loại bỏ TKN và N-NO₃⁻ lần lượt là 98 và 45%. Tuy nhiên, các giá trị này không có quy định trong Quy chuẩn quốc gia về nước thải chế biến thủy sản. Bên cạnh đó, N-NH₄⁺ của nước thải đầu vào lần lượt là 18,77 ± 0,92 mg/L, ở đầu ra hệ thống xử lý 0,75 ± 0,13 mg/L, tương ứng với hiệu suất loại bỏ N-NH₄⁺ lần 96%. Nồng độ TKN, N-NH₄⁺ và N-NO₃⁻ của nước thải đầu ra thấp rất nhiều so với nước thải đầu vào chứng tỏ các chất hữu cơ đã chuyển hóa thành N-NH₄⁺ và sau đó vi khuẩn ni-trát hóa chuyển hóa thành N-NO₃⁻. Bên cạnh đó nồng độ ni-trát đầu ra thấp cho thấy quá trình khử ni-trát diễn ra khá tốt do nước được hoàn lưu từ ngăn hiếu khí về ngăn thiếu khí tạo điều kiện cho vi sinh vật thiếu khí khử ni-trát thành N₂. Do đó, ni-tơ tổng của hệ thống cũng giảm từ 77,25 ± 10,1 mg/L xuống còn 3,72 ± 0,41 mg/L, tương ứng với

hiệu suất loại bỏ ni-tơ tổng là 95%. Cả hai giá trị N-NH₄⁺ và TN đều thấp hơn rất nhiều so với ngưỡng quy định trong QCVN 11-MT:2015/BTNMT, cột A (10 mg/L cho N-NH₄⁺, 30 mg/L cho TN).

Phốt-pho tổng (TP)

So với TP của nước thải đầu vào 37,67 ± 9,07 mg/L, thì ở đầu ra chúng giảm còn 5,87 ± 1,0 mg/L, tương ứng với hiệu suất xử lý 84%. Đối với bể bùn hoạt tính truyền thống, thông thường chúng chỉ loại bỏ khoảng 10 – 20% TP. Điều này có thể giải thích thông qua hiện tượng kết tủa sinh học và hấp thụ vào tế bào vi khuẩn. Trong môi trường yếm khí hoạt động của các vi sinh vật làm cho pH của nước thải giảm xuống tạo điều kiện hòa tan phốt-phát. Trong điều kiện thiếu khí, quá trình khử ni-trát tạo lại alkalinity trong nước thải dẫn đến pH tăng trở lại tạo điều kiện cho phốt-phát kết tủa và kết dính với các bông bùn sinh học và được giữ lại bởi màng lọc. Bên cạnh đó, môi trường yếm khí làm cho các poly-phốt phát bị thủy phân thành dạng phốt-phát vô cơ và trong điều kiện hiếu khí các phốt-phát vô cơ này sẽ được hấp thụ vào tế bào vi khuẩn và được trữ lại dưới dạng poly phốt-phát (Metcalf & Eddy, 2003). Thêm vào đó, bùn hoàn lưu từ bể lọc về ngăn yếm khí sẽ tạo ra động lực để chọn lọc nhóm vi khuẩn có khả năng tích lũy phốt-pho cao, nhóm vi khuẩn này đưa phốt-pho vào cơ thể chúng nhiều hơn. Kết quả là TP sau xử lý của hệ thống thấp hơn ngưỡng cột A QCVN 11-MT:2015/BTNMT (TP = 10 mg/L).

Ở thời gian lưu nước $\theta = 8$ giờ với nồng độ MLSS trung bình trong bể A2/O là 4.163 mg/L và tải nạp chất hữu cơ tính theo thể tích hoạt động của bể là 1,52 kgBOD/m³.ngày cùng với những điều kiện vận hành như trên thì nước thải đầu ra của mô hình A2/O-MBR đạt cột A QCVN 11-MT:2015/BTNMT ở các chỉ tiêu pH, DO, độ đục, SS, COD, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, TN, và TP.

Nhằm tối ưu chi phí xử lý đồng thời giảm thể tích chứa hệ thống thông qua việc cắt giảm thời gian lưu nước, nghiên cứu tương tự được tiến hành ở thời gian lưu nước $\theta = 7$ giờ. Các kết quả thí nghiệm được trình bày trong mục 3.3.

3.3 Thí nghiệm nước thải ở thời gian lưu $\theta = 7$ giờ

Tương tự với thí nghiệm với thời gian lưu $\theta = 8$ giờ, kết quả thí ở thời gian lưu nước $\theta = 7$ giờ và nồng độ MLSS trung bình trong bể A2/O là 5.457 mg/L được thực hiện trong 3 ngày và ghi nhận kết quả nước thải đầu vào và đầu ra trong Bảng 5. Do vận hành ở thời gian lưu ngắn hơn nên MLSS được duy trì cao hơn ở thời gian lưu 8 giờ.

Bảng 5: Nồng độ các chỉ tiêu ô nhiễm đầu vào, đầu ra hệ thống xử lý ở $\theta = 7$ giờ

Chỉ tiêu ô nhiễm	Đơn vị	Đầu vào	Đầu ra	Hiệu suất xử lý (%)	QCVN 11-MT:2015/BTNMT Cột A
pH	–	6,87± 0,06	7,13 ± 0,06	-	6 – 9
DO	mg/L	3,6 ± 0,57	3,83 ± 0,15	-	-
Độ đục	NTU	52,67±1,5	0,97± 0,06	98	-
SS(*)	mg/L	150,3±20,3	2,4± 0,17	98*	50
BOD ₅	mg/L	482,1±20,3	19,5± 1,75	95	30
COD	mg/L	743,2± 49,7	39,92±5,87	95	75
N-NH ₄ ⁺	mg/L	23,55±0,745	1,0± 0,02	95	10
N-NO ₃ ⁻	mg/L	5,7±0,98	4,43± 0,25	-	-
TKN	mg/L	94,9±26,76	2,3± 0,51	97	-
TN	mg/L	100,6±27,37	6,8±0,65	93	30
TP	mg/L	48±5,6	11,53±0,9	75	10

(*) : Kết quả tính theo đầu vào của bể MBR là MLSS ở bể MBR là 6.821,3 mg/L

Theo kết quả ghi nhận ở Bảng 3 và tương tự phần kết quả và thảo luận về các thông số nước thải đầu ra của quy trình xử lý A₂/O-MBR ở thời gian lưu nước $\theta = 7$ giờ, chỉ có giá trị TP là chưa đạt theo quy định ở cột A QCVN 11-MT:2015/BTNMT; nhưng chắc chắn đạt quy định cột B QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Do đó, để đảm bảo đạt chuẩn xả thải, thời gian lưu nước $\theta = 8$ giờ được chọn cho xử lý với mô hình A₂/O-MBR.

4 KẾT LUẬN

Mô hình A₂/O-MBR hoàn toàn có thể ứng dụng như một quá trình xử lý tích hợp trong hệ thống xử lý nước thải ngành chế biến thủy sản. Với nước thải đầu vào có nồng độ COD trong khoảng 749 ± 41,73 mg/L, nồng độ BOD₅ là 507 ± 49,08 mg/L, nồng độ TN là 77,25 ± 10,1 mg/L, nồng độ N-NH₄⁺ là 18,77 ± 0,92 mg/L, và nồng độ TP là 37,67 ± 9,07 mg/L, mô hình A₂/O-MBR vận hành với thời gian lưu nước của bể A₂/O là 8 giờ, tải nạp chất hữu cơ theo thể tích hoạt động của bể là 1,52 kg BOD/m³.ngày và nồng độ MLSS trung bình trong bể A₂/O là 4.163 mg/L, chất lượng nước đầu ra của mô hình đạt loại A theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT ở các chỉ tiêu pH, SS, COD, BOD₅, COD, N-NH₄⁺, TP.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Davis, M.L., 2010. Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice, McGraw-Hill.
 Deowan S.A., Bouhadjar S.I., and Hoinkis J., 2015. Membrane bioreactors for water in Woodhead publishing series in energy: Advances in Membrane Technologies for Water Treatment. Edited by Angelo Basile, Alfredo Cassano and Navin Rastogi.
 Judd, S., 2006. The MBR book: Principles and applications of membrane bioreactors for water and wastewater treatment. Cranfield University, UK: Elsevier. ISBN: 978-1-85617-481-7.
 Lâm Minh Triết và Trần Hiếu Nhuệ, 2012. Xử lý nước thải tập 1, 2. NXB Xây dựng.

Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016. Giáo trình kỹ thuật xử lý nước thải, tập 1. NXB Đại học Cần Thơ.
 Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016. Giáo trình kỹ thuật xử lý nước thải, tập 2. NXB Đại học Cần Thơ.
 Metcalf and Eddy, 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. McGraw-Hill, Inc.
 Metcalf and Eddy, 2003. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. McGraw-Hill, Inc.
 Mulder, M., 1997. Basic principles of membrane technology. 2nd ed. Kluwer Academic Publishers.
 Nguyễn Thế Đồng, Trần Hiếu Nhuệ, Cao Thế Hà et al., 2011. Tài liệu kỹ thuật Hướng dẫn đánh giá sự phù hợp của công nghệ xử lý nước thải đối với ngành Chế biến thủy sản-Dệt may-Giấy và bột giấy. NXB Tổng Cục Môi trường.
 Sadr, S.M.K., and Saroj, D.P., 2015. Membrane technologies for municipal wastewater treatment. Centre for Environmental Engineering, University of Surrey, Guildford, Surrey, United Kingdom.
 Tổng cục thống kê, 2018. Thông cáo báo chí tình hình kinh tế - xã hội quý IV và năm 2018. Trung tâm Tư liệu và Dịch vụ Thông kê - Tổng Cục Thống kê. Ngày truy cập 24/5/2019. Địa chỉ: https://www.gso.gov.vn/Default.aspx?tabid=382&ItemID=19036&fbclid=IwAR2138KqtFBotoarlOhUYWjLgIRLmAkJ6C2VtRb9V_IK1-XFxPytUkw63U.
 Trần Đức Hạ, 2016. Ứng dụng công nghệ MBR để xử lý và tái sử dụng nước thải đô thị ở Việt Nam. Kỷ yếu hội nghị Tổng kết giai đoạn 2010-2015. Đề án phát triển ngành công nghiệp môi trường Việt Nam đến 2015, tầm nhìn đến năm 2025.
 WEF (Water Environment Federation), 2005. Biological Nutrient Removal (BNR) Operation in Wastewater Treatment Plants: WEF Manual of Practice No.29. McGraw-Hill Companies, Inc. New York.
 Yang, W., Cicek, N. and Ilg, J., 2006. State-of-the-Art of Membrane Bioreactors: Worldwide Research and Commercial Applications in North America. Journal of Membrane Science, 270(1-2): 201-211.