

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC THẢI THỦY SẢN CỦA LỒNG QUAY SINH HỌC HIỆU KHÍ BA BẬC

Lê Hoàng Việt, Lâm Chí Bảo, Phan Thị Kim Hiền và Nguyễn Võ Châu Ngân*

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

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Võ Châu Ngân (email: nvcngan@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 01/09/2019

Ngày nhận bài sửa: 28/09/2019

Ngày duyệt đăng: 25/12/2019

Title:

Efficiency of treating aquatic product processing wastewater by three-stage rotating biological contactor

Từ khóa:

Lồng quay sinh học, nước thải chế biến thủy sản, thời gian tồn lưu nước, xử lý nước thải

Keywords:

Aquatic products processing wastewater, hydraulic retention time, rotating biological contactor, wastewater treatment

ABSTRACT

The study focus on proper design and operation parameters of high-performance adhesion growth processes to treat aquatic products processing wastewater. With the organic loading rate of 2.06 g BOD/m².day⁻¹ (based on biofilm area), 5-hour hydraulic retention time, after being treated with the three-stage rotating biological contactor and 30-minute static sediment, all effluent concentration of COD, BOD₅, N-NH₄⁺, TP, SS were met the discharge standard of QCVN 11-MT:2015/BTNMT (column A). When operating with the organic loading rate of 2.4 g BOD/m².day⁻¹, the hydraulic retention time of 4 hours, the effluent concentration of COD, BOD₅, N-NH₄⁺, TP, SS were reached column A of the standard of QCVN 11-MT:2015/BTNMT, while TP was 10.83 mg/L only reached column B of the standard. Thus, the three-stage aerobic rotating biological contactor can be used to treat aquatic products processing wastewater reaching column A of the QCVN 11-MT:2015/BTNMT at 5-hour retention time, and loading organic matter is 2.06 g BOD/m².day⁻¹.

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm thúc đẩy ứng dụng quy trình tăng trưởng bám dính để xử lý nước thải thủy sản thông qua khảo sát các thông số thiết kế và vận hành phù hợp. Với tải nạp chất hữu cơ 2,06 g BOD/m².ngày⁻¹ (tính theo diện tích màng sinh học), thời gian lưu nước 5 giờ, nước thải sau xử lý bằng lồng quay sinh học ba bậc và lắng tĩnh 30 phút có nồng độ các chất ô nhiễm giảm xuống đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT loại A. Khi vận hành với tải nạp chất hữu cơ là 2,4 g BOD/m².ngày⁻¹, thời gian lưu nước 4 giờ, nồng độ COD, BOD₅, N-NH₄⁺, TP, SS của nước thải đầu ra đạt cột A QCVN 11-MT:2015/BTNMT, riêng TP là 10,83 mg/L chỉ đạt cột B theo quy chuẩn. Như vậy, lồng quay sinh học hiệu khí ba bậc có thể dùng để xử lý nước thải chế biến thủy sản đạt cột A QCVN 11-MT:2015/BTNMT ở thời gian lưu nước 5 giờ, và tải nạp chất hữu cơ là 2,06 g BOD/m². ngày⁻¹.

Trích dẫn: Lê Hoàng Việt, Lâm Chí Bảo, Phan Thị Kim Hiền và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2019. Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải thủy sản của lồng quay sinh học hiệu khí ba bậc. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 55(6A): 18-28.

1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam có lãnh hải rộng lớn và hệ thống sông ngòi dày đặc tạo thuận lợi cho khai thác và nuôi trồng thủy sản, thúc đẩy ngành chế biến thủy sản phát triển trở thành ngành kinh tế mũi nhọn. Năm 2017, tổng sản lượng thủy sản đạt hơn 7,28 triệu tấn, tăng 5,6% so với năm 2016 (VASEP, 2017). Tuy nhiên do đặc thù sử dụng một lượng lớn nước cho sản xuất, nước thải thủy sản phát sinh ra nhiều với nồng độ các chất ô nhiễm cao: COD dao động trong khoảng 1.000 - 1.200 mg/L, BOD₅ vào khoảng 600 - 950 mg/L (Lâm Minh Triết và *ctv.*, 2008). Với đặc điểm trên nước thải thủy sản phù hợp để xử lý bằng phương pháp sinh học, trong đó bể bùn hoạt tính được sử dụng phổ biến nhất (Nguyễn Thế Đồng và *ctv.*, 2011). Tuy nhiên, việc ứng dụng bể bùn hoạt tính có nhược điểm là chi phí đầu tư cao, tốn nhiều diện tích, vận hành phức tạp, tốn nhiều năng lượng (Grady *et al.*, 1999). Chính vì vậy, cần có các công nghệ xử lý nước thải đơn giản hơn, ít tốn năng lượng, ít tốn diện tích và đồng thời có hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm cao để đa dạng hóa công nghệ xử lý.

Đĩa tiếp xúc sinh học (hay còn gọi là đĩa quay sinh học) là công nghệ xử lý nước thải bằng vi sinh vật theo dạng tầng trưởng bám dính, được lắp đặt đầu tiên ở Tây Đức vào năm 1960 (Tchobanoglous and Burton, 1991). Hiện nay, đĩa quay sinh học được sử dụng khá phổ biến ở các nước tiên tiến, nhưng còn ít được áp dụng tại các nước đang phát triển do chi phí nhập các khối đĩa này khá cao, phụ thuộc vào nhà sản xuất. Để hạ giá thành và đơn giản hóa việc chế tạo, đã có những nghiên cứu biến thể đĩa quay sinh học thành lồng quay sinh học để dễ dàng áp dụng vào thực tế. Lồng quay sinh học được cấu thành từ lồng lưới bên trong chứa các giá thể bán phổ biến trên thị trường, để vi sinh vật (VSV) bám vào tạo thành lớp màng sinh học và phân hủy các chất ô nhiễm (Sirianuntapiboon, 2006). Những nhóm VSV được ghi nhận hiện diện trong quá trình xử lý bằng lồng quay sinh học gồm có các nhóm *Nitrosomonas europaea/eutropha*, *Nitrospira* trong nước thải giàu đạm ammonia (Egli *et al.*, 2003); và các nhóm α -, β - và δ -Proteobacteria trong nước thải chứa phenol (Duque *et al.*, 2014).

Nghiên cứu này được tiến hành nhằm xác định các thông số thiết kế và vận hành lồng quay sinh

học hiếu khí ba bậc cho nước thải đầu ra đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT cột A, đa dạng hóa các loại hình xử lý nước thải thủy sản để tăng sự lựa chọn cho các nhà máy, góp phần vào việc bảo vệ môi trường.

2 PHƯƠNG PHÁP VÀ PHƯƠNG TIỆN NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là nước thải chế biến tôm của Công ty TNHH Hải sản Việt Hải (quốc lộ 1A, xã Long Thạnh, huyện Phụng Hiệp, tỉnh Hậu Giang). Nước thải được lấy tại hố thu nước tập trung trước khi đưa vào hệ thống xử lý, thời gian lấy nước từ 8 giờ đến 10 giờ buổi sáng và chiều từ 2 giờ đến 3 giờ 30 phút. Ở những thời điểm này, công nhân đang tiến hành sơ chế nguyên liệu nên nồng độ chất ô nhiễm cao so với những thời điểm khác, do đó nếu sử dụng nước thải này tiến hành thí nghiệm trên mô hình sẽ tăng độ tin cậy khi áp dụng ngoài thực tế.

Nghiên cứu được thực hiện trên mô hình lồng quay sinh học quy mô phòng thí nghiệm trong thời gian từ tháng 8/2018 đến tháng 11/2018.

2.2 Phương tiện, thiết bị thí nghiệm

2.2.1 Mô hình thí nghiệm

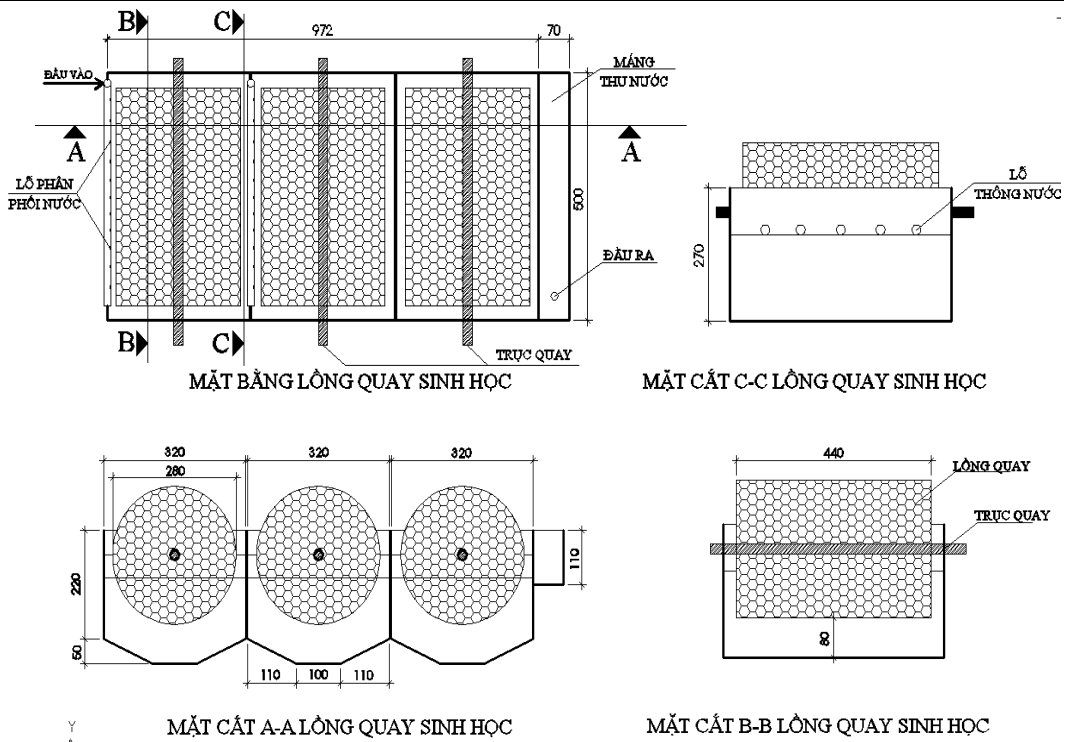
Mô hình được thiết kế phản ánh đầy đủ được hoạt động của một hệ thống thực tế, đồng thời hệ thống phải đảm bảo phù hợp với khả năng vận chuyển nước thải. Mô hình được chế tạo với phần bể làm bằng sắt, phần lồng quay được chế tạo bằng lưới kẽm.

Ngoài ra một số thiết bị khác cũng được sử dụng để vận hành mô hình:

- Thiết bị truyền động: làm quay lồng với tốc độ quay 4 vòng/phút.
- Máy thổi khí: 01 máy công suất 80 W dự phòng để cung cấp khí cho ngăn đầu tiên khi thiếu khí.
- Bình Mariotte: 01 bình thể tích 120 L để dẫn nước sau lắng vào mô hình thí nghiệm.
- Thùng phuy: 01 thùng thể tích 220 L lắng sơ bộ nước thải đầu vào.

Bảng 1: Kích thước thiết kế của mô hình lồng quay sinh học

Thông số	Công thức	Giá trị
Kích thước mỗi ngăn của mô hình		
Chiều dài × rộng × cao	$R_{\text{ngăn}} \times L_{\text{ngăn}} \times H_{\text{cao}}$	500 × 320 × 270 mm
Chiều sâu hoạt động bề	H_{hd}	175 mm
Chiều cao phần mặt thoáng	H_{mt}	95 mm
Thể tích hoạt động của 1 ngăn	$V_{\text{1ngăn}}$	25,25 L
Kích thước tổng của mô hình		
Chiều dài × rộng × cao	$L_{\text{bê}} \times R_{\text{bê}} \times H_{\text{cao}}$	972 × 500 × 270 mm
Thể tích hoạt động toàn bề	$V_{\text{hd}} = V_{\text{1ngăn}} \times 3$	75,75 L
Kích thước của lồng quay		
Đường kính lồng quay	$D_{\text{lồng}}$	280 mm
Chiều dài 1 lồng quay	$L_{\text{lồng}}$	440 mm
Thể tích 1 lồng quay	$V_{\text{1.lồng}}$	27,1 L
Thể tích tổng 3 lồng quay của mô hình	$V = V_{\text{1.lồng}} \times 3$	81,3 L
Độ ngập nước của lồng quay	-	35%



Hình 1: Thiết kế mô hình lồng quay sinh học sử dụng trong thí nghiệm

2.2.2 Loại giá thể sử dụng trong mô hình

Trong nghiên cứu này, các loại giá thể K3 và

Biochip được lựa chọn tiến hành thí nghiệm dựa trên tính sẵn có và chi phí chấp nhận được.

Bảng 2: Thông số kỹ thuật của các loại giá thể sử dụng trong nghiên cứu

Giá thể	Biochip	K3
Đường kính (mm)	22	25
Độ dày (mm)	0,8 - 1,2	10
Diện tích bề mặt riêng (m ² /m ³)	3.000	510
Trọng lượng riêng (kg/m ³)	170	68
Vật liệu	PE nguyên chất	Nhựa HDPE

(Nguồn: Công ty Môi trường Nguyễn Thủy, 2018; Công ty TNHH Hợp Xanh, 2018)

Bảng 3: Các thông số kỹ thuật của giá thể bố trí trong mô hình thí nghiệm

Đặc điểm giá thể	Công thức	Giá trị			Tổng 3 bậc
		Bậc 1	Bậc 2	Bậc 3	
Phần trăm thể tích chiếm chỗ (%)	-	~ 80	~ 78	~ 80	-
Thể tích giá thể trong lồng quay (L)	$K = \% \times V_{1.lồng}$	21,7	20,3	21,7	63,7
Độ rỗng của giá thể	$B = V_{nước} / V_{ca}$	82%	80%	82%	-
Tổng diện tích bề mặt giá thể (m ²)	$S = K \times A_{bề\ mặt\ riêng\ giá\ thể}$	11,1	60,9	11,1	83,1
Phần trăm độ ngập của lồng quay (%)	35 - 40	35	35	35	-
Thể tích giá thể ngập trong nước (L)	$N = 35\% \times V_{1.lồng}$	9,49	9,49	9,49	28,47
Thể tích chiếm chỗ của giá thể trong nước (L)	$V_{giá\ thể\ cc} = N \times (100 - B)$	1,71	1,9	1,71	5,32
Thể tích nước trong bể khi có giá thể (L)	$G = V_{lồng} - V_{chiếm\ chỗ\ nước}$	23,54	23,35	23,54	70,43

2.3 Các bước tiến hành trên mô hình thí nghiệm

2.3.1 Tạo màng sinh học trên giá thể

Trước tiên, lồng quay được vận hành với nước thải thủy sản của Công ty Việt Hải để tạo lớp màng sinh học cho giá thể. Sau khi vận hành một thời gian, nếu thấy giá thể có màu nâu nhạt và dùng tay sờ có cảm giác nhớt chứng tỏ lớp màng sinh học đã hình thành. Đánh giá khả năng hoạt động của màng sinh học sau khi nuôi bằng cách theo dõi chỉ tiêu COD của nước thải đầu vào và đầu ra trong 5 ngày liên tiếp. Sau khi tạo màng sinh học trên giá thể, tiến hành thí nghiệm chính thức, đánh giá hiệu quả xử lý thông qua các thông số ô nhiễm pH, SS, COD, BOD₅, TKN, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, TP, tổng Coliform.

2.3.2 Các bước tiến hành thí nghiệm trên mô hình

Xử lý sơ bộ nước thải đầu vào

Nước thải chế biến tôm có nồng độ COD, BOD₅, chất rắn lơ lửng, tổng ni-tơ và tổng photpho cao. Riêng quá trình lột vỏ, ngắt đầu tôm tạo nên một lượng lớn chất thải rắn khó thu gom nên lẫn vào nước thải (Nguyễn Thế Đồng và ctv., 2011). Do đó, cần có biện pháp xử lý sơ cấp để làm giảm các chất ô nhiễm có khả năng lắng trước khi đưa vào mô hình. Nước thải sau khi mang về được tiến hành xử lý sơ cấp bằng phương pháp lắng tĩnh trong bồn chứa trong 30 phút.

Thí nghiệm định hướng xác định mốc thời gian lưu nước

Sau khi màng sinh học đã phát triển, lấy nước thải chế biến tôm về vận hành trong 3 ngày liên tục với thời gian lưu nước đã chọn. Dựa vào thông số

thiết kế hệ thống xử lý nước thải bằng đĩa quay sinh học theo Tchobanoglous and Burton (1991) và dựa vào đặc điểm thành phần tính chất nước thải chế biến thủy sản của Công ty TNHH Hải sản Việt Hải, chọn mốc thời gian lưu nước phù hợp để tiến hành thí nghiệm định hướng. Trong thí nghiệm định hướng, chỉ phân tích chỉ tiêu COD đầu vào và đầu ra, nếu COD đầu ra đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT thì mức thời gian lưu nước được chọn sẽ được tiến hành làm thí nghiệm chính thức, nếu COD chưa đạt thì tăng thời gian lưu đã chọn lên và tiếp tục làm thí nghiệm định hướng.

Tiến hành thí nghiệm chính thức

Từ thí nghiệm định hướng xác định thời gian lưu nước phù hợp cho lồng quay sinh học, tiến hành thí nghiệm chính thức trên mô hình với thời gian lưu chọn được. Tiến hành lấy mẫu nước đầu vào và đầu ra của mô hình liên tục trong 3 ngày để xác định nồng độ các chất ô nhiễm chủ yếu và đánh giá hiệu quả xử lý. Các thông số ô nhiễm tiến hành theo dõi ở đầu ra gồm có pH, SS, COD, BOD₅, TKN, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, TP, tổng Coliform.

2.4 Phương pháp và phương tiện phân tích mẫu

Nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình được phân tích và đánh giá thông qua 7/10 chỉ tiêu của QCVN 11-MT:2015/BTNMT gồm pH, SS, COD, BOD₅, TP, N-NH₄⁺, tổng Coliform. Bên cạnh đó, nghiên cứu còn phân tích thêm các chỉ tiêu N-NO₃⁻ và TKN để giải thích cho quá trình chuyển hóa chất hữu cơ, chỉ tiêu độ đục và chỉ tiêu vận hành là DO. Mẫu nước thải được phân tích bằng các thiết bị và dụng cụ của các phòng thí nghiệm thuộc Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ.

Bảng 4: Phương pháp và phương tiện phân tích thí nghiệm

Chỉ tiêu	Phương pháp phân tích
pH	Đo trực tiếp bằng máy (TCVN 4559:1988)
DO	Đo trực tiếp bằng máy (TCVN 4564:1988)
Độ đục	SMEWW 2130B
SS	TCVN 6625:2000 (ISO 11923:1997)
COD	Phương pháp Dicromate đun hoàn lưu kín (TCVN 6491:1999)
BOD ₅	Phương pháp Winkler cải tiến, SMEWW 5210B (TCVN 6001-1:2008)
TP	SMEWW:4500- P
TKN	TCVN 6638:2000
N-NO ₃ ⁻	EPA-353.2
N-NH ₄ ⁺	Phương pháp trắc phổ tự động TCVN 5988:1995 (ISO 5664-1984)
Tổng Coliform	Phương pháp MPN (ISO 9308-2:1990)

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Tính chất nước thải thí nghiệm

Nhằm nhận biết tính chất nước thải của Công ty TNHH Hải sản Việt Hải để định hướng cho các thí nghiệm, nghiên cứu tiến hành lấy mẫu nước thải lúc 8 giờ đến 10 giờ tại hồ thu gom tập trung của Công ty trong 3 ngày liên tục (từ ngày 21 - 23/8/2018) phân tích nồng độ các chất ô nhiễm. Kết quả phân tích mẫu nước trình bày trong Bảng 5.

Nước thải khi lấy có nhiều cặn lơ lửng, chất rắn có kích thước lớn, có mùi hôi,... do đó trước khi bơm vào bình Ma-ri-ốt nước thải cần được lắng tĩnh trong 30 phút để loại bỏ những chất rắn có kích thước lớn tránh bị nghẹt van, đường ống, máy bơm.

Bảng 5: Thành phần ô nhiễm của nước thải thí nghiệm

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị (n = 3)
pH	–	6,87 ± 0,12
DO	mg/L	0,83 ± 0,21
Độ đục	NTU	66,71 ± 6,66
SS	mg/L	131,4 ± 23,80
BOD ₅	mg/L	507,3 ± 38,72
COD	mg/L	972,3 ± 50,02
N-NH ₄ ⁺	mg/L	34,8 ± 3,78
N-NO ₃ ⁻	mg/L	7,6 ± 0,57
TKN	mg/L	125,1 ± 3,76
TP	mg/L	20,4 ± 2,53
Tổng Coliform	MPN/100 mL	4,5×10 ⁴ ± 0,14×10 ⁴

(Ghi chú: Kết quả trình bày là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn)

Giá trị pH của nước thải là 6,87 ± 0,12 nằm trong khoảng 6,5 - 8,5 thích hợp cho sự hoạt động của VSV (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016). Vì vậy, không cần phải điều chỉnh pH của nước thải trước khi đưa vào lồng quay sinh học.

Nồng độ SS trung bình khoảng 131,4 mg/L (< 150 mg/L) khá thấp so với các nghiên cứu khác, do trước khi vào hồ thu nước tập trung, nước thải đã chảy qua nhiều hồ ga nên chất rắn đã lắng đi một phần. Tuy nhiên, để đảm bảo SS luôn phù hợp khi vào hệ thống xử lý sinh học cần phải đưa nước thải qua lắng để loại bỏ bớt SS.

Tỷ lệ BOD₅/COD = 507,3/972,3 = 0,52 > 0,5 thích hợp cho xử lý sinh học (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016). Nồng độ BOD₅, COD khá cao nên cần thời gian lưu nước đủ dài trong bể sinh học để nồng độ các chất hữu cơ và các dưỡng chất xuống dưới ngưỡng cho phép.

Tỷ lệ BOD₅ : N : P = 507,3 : 125,1 : 20,4 ≈ 100 : 24,66 : 4,02, dư dưỡng chất cho VSV theo tỷ lệ tối ưu cho VSV hiếu khí hoạt động là 100 : 5 : 1 (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016). Tuy nhiên, do lượng N, P cao nên cần chọn thời gian lưu nước và quy trình xử lý thích hợp để loại bỏ hai loại dưỡng chất này.

Như vậy, thành phần và tính chất của nước thải thủy sản thí nghiệm phù hợp để tiến hành các nghiên cứu xử lý nước thải bằng lồng quay sinh học.

3.2 Kết quả thí nghiệm

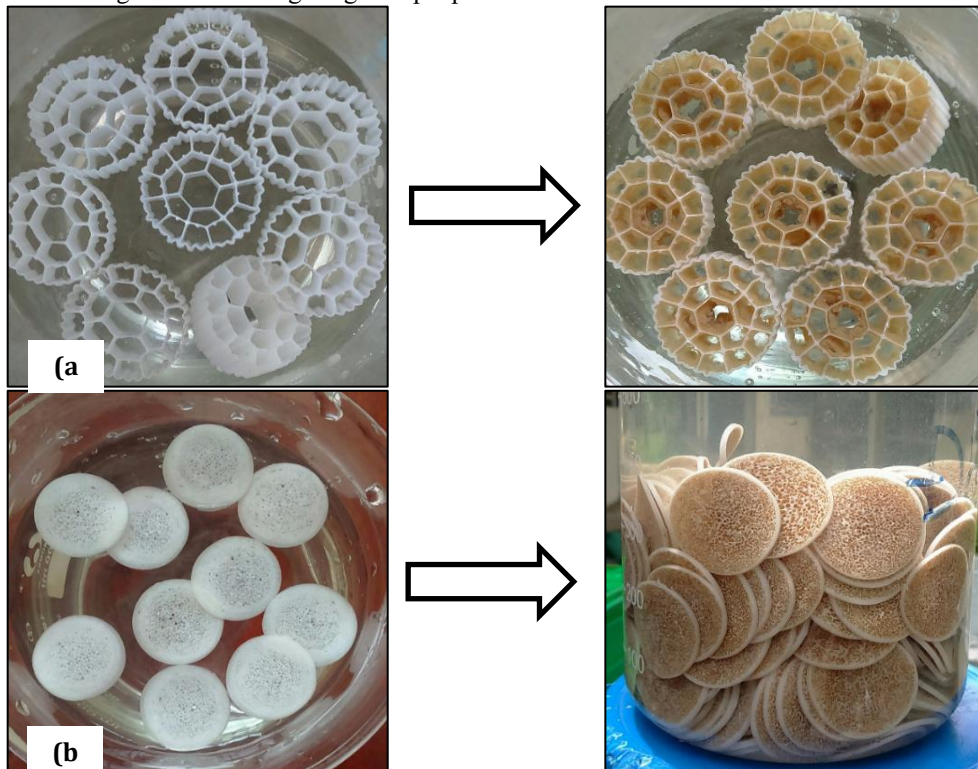
3.2.1 Thí nghiệm định hướng

Sau 15 ngày vận hành tạo màng sinh học (10 - 25/8/2018), giá thể chuyển sang màu nâu, chạm tay vào giá thể cảm thấy nhớt chứng tỏ lớp màng sinh học đã hình thành (Hình 2).

Thời gian lưu nước của đĩa quay sinh học để xuất từ 1,5 đến 4 giờ (Tchobanoglous and Burton, 1991). Tuy nhiên nước thải thí nghiệm có nồng độ ô nhiễm rất cao, đặc biệt là dưỡng chất, do đó cần bố trí thời gian lưu nước dài để VSV phân hủy các chất ô nhiễm. Trong nghiên cứu này chọn thời gian lưu nước 5 giờ để làm thí nghiệm định hướng. Nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình được thu trong 5 ngày liên tiếp từ ngày 04 - 08/9/2018 nhằm

đánh giá hoạt động của mô hình (Bảng 6). Nồng độ COD trong nước thải trước xử lý đạt $885,48 \pm 29,21$ mg/L và trong nước thải đầu ra là $44,28 \pm 3,4$ mg/L. COD của nước thải đầu ra có biến động nhưng đều < 75 mg/L nằm dưới ngưỡng cho phép

xả thải của QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Điều này cho thấy hoạt động của VSV đã ổn định và thời gian lưu tồn nước là 5 giờ có thể chọn để tiến hành thí nghiệm chính thức.



Hình 2: Giá thể K3 (a) và Biochip (b) trước và sau khi tạo màng sinh học

Bảng 6: Nồng độ COD của nước thải trong thí nghiệm định hướng (0 = 5 giờ)

Ngày	COD (mg/L)	
	Đầu vào (n = 5)	Đầu ra (n = 5)
04/09/2018	911,5	48,00
05/09/2018	902,7	46,33
06/09/2018	854,9	42,99
07/09/2018	845,4	44,90
08/09/2018	912,9	39,16
Trung bình	$885,48 \pm 29,21$	$44,28 \pm 3,4$

3.2.2 Kết quả xử lý của mô hình thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành với thời gian lưu nước 5 giờ từ kết quả lựa chọn ở thí nghiệm định hướng. Nước thải sau khi xử lý có pH đạt $7,47 \pm 0,12$ tăng cao hơn so với nước thải đầu vào ($pH = 6,87 \pm 0,05$) do trong quá trình phân hủy, ô-xy khuếch tán từ ngoài màng vào bên trong màng làm lượng ô-xy giảm dần dưới mức 1 mg/L tạo điều kiện thiếu khí cho quá trình khử ni-trát diễn ra, ion NO_3^- bị khử thành N_2 và tạo ra alkalinity làm tăng tính kiềm trong nước thải sau xử lý. Có thể thấy pH trong nước thải tăng nhưng vẫn nằm trong khoảng

cho phép từ 6 - 9 của QCVN 11-MT:2015/BTNMT cột A.

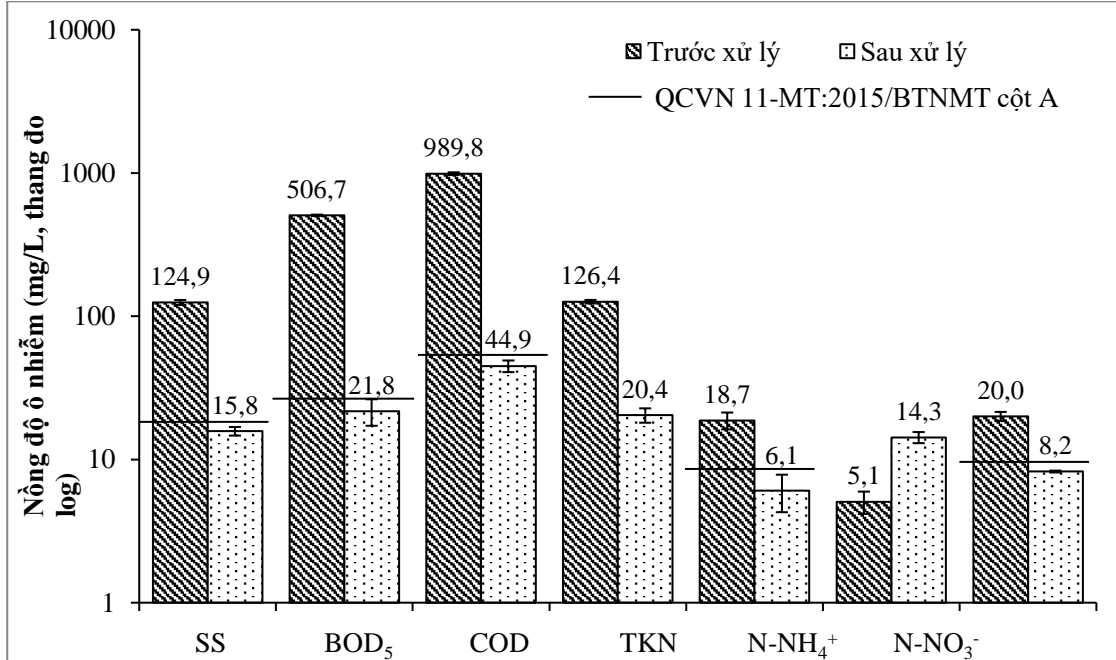
Giá trị DO của nước thải sau khi xử lý tăng lên cho thấy lồng quay sinh học vận hành và cung cấp đủ ô-xy hòa tan cho VSV. Tốc độ quay và mật độ giá thể phù hợp cho sự xáo trộn của giá thể đã đem ô-xy vào nước trong lồng quay và một phần do khí qua nhiều bậc, nồng độ chất ô nhiễm giảm, VSV sử dụng không hết làm cho DO tăng.

Hàm lượng SS trong nước thải đầu vào là $124,87 \pm 5,05$ mg/L, sau khi xử lý và lắng tĩnh 30 phút giảm còn $15,77 \pm 1,08$ mg/L đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT cột A. Hàm lượng SS được loại bỏ là do chất rắn đầu vào bám vào màng sinh học và dần được phân hủy thành các chất hòa tan và chất khí. Sau một thời gian cặn lơ lửng bám lên lớp màng học nhiều, đồng thời lượng sinh khối tăng làm cho lớp màng sinh học dày lên và bong tróc ra khỏi giá thể, một phần lắng xuống đáy bể và một phần sẽ theo nước thải ra ngoài bể.

Nồng độ COD của nước thải đầu vào là $989,80 \pm 21,16$ mg/L, sau khi qua quá trình xử lý giảm còn $44,91 \pm 4,19$ mg/L và đạt cột A QCVN 11-

MT:2015/BTNMT với hiệu suất loại bỏ COD là 95,46%. Tương tự, BOD₅ của nước thải đầu vào là 506,66 ± 5,38 mg/L, sau khi xử lý giảm khá nhiều còn 21,75 ± 4,56 mg/L và đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT cột A với hiệu suất loại bỏ 95,71%. Hiệu quả loại bỏ COD và BOD₅ khá cao là do các chất hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học bị các VSV trong màng sinh học phân hủy chất hữu cơ tạo thành các chất khí, đồng thời VSV đồng

hóa các chất để tổng hợp các tế bào mới. Chất hữu cơ khó phân hủy sinh học bị hấp phụ trên màng sinh học và kết hợp hấp phụ các chất hữu cơ khó phân hủy sinh học ở dạng chất rắn lơ lửng lên màng làm cho giá trị COD và BOD₅ giảm. Ngoài ra, các VSV ni-trát hóa và khử ni-trát trên màng cũng sử dụng một phần chất hữu cơ cho hoạt động của chúng. Sau đó, màng bong tróc theo nước ra ngoài và được loại bỏ bằng phương pháp lắng.



Hình 3: Nồng độ các chỉ tiêu trong nước thải trước và sau khi xử lý (θ = 5 giờ)

Nồng độ TKN của nước thải đầu vào là 126,39 ± 3,57 mg/L nhưng trong nước thải đầu ra giảm nhiều còn 20,40 ± 2,35 mg/L. Nồng độ N-NH₄⁺ trong nước thải đầu vào là 18,73 ± 2,53 mg/L và đầu ra giảm còn 6,06 ± 1,77 mg/L. Nồng độ TKN và N-NH₄⁺ của nước thải đầu ra thấp hơn nhiều so với nước thải đầu vào, trong khi đó N-NO₃⁻ tăng (từ 5,07 ± 0,90 mg/L lên 14,27 ± 1,27 mg/L) chứng tỏ các chất hữu cơ đã chuyển hóa thành N-NH₄⁺ và sau đó bị ô-xy hóa chuyển thành N-NO₃⁻. Tuy nhiên, lượng ni-trát tăng lên không tương xứng với TKN, và N-NH₄⁺ đã giảm chứng tỏ quá trình khử ni-trát diễn ra bởi các VSV thiếu khí ở lớp bên trong màng sinh học đã giúp loại bỏ một phần N-NO₃⁻ tạo ra. Thông số TKN, N-NO₃⁻ không có trong quy chuẩn xả thải QCVN 11-MT:2015/BTNMT nên hai chỉ tiêu này dùng để đánh giá sự chuyển hóa đạm hữu cơ trong nước thải.

Nồng độ TP của nước thải đầu vào khá cao 20,00 ± 1,47 mg/L và trong nước thải đầu ra giảm còn 8,23 ± 0,12 mg/L với hiệu suất loại bỏ 58,83%. Nồng độ TP trong nước thải đầu ra giảm là do

VSV đã sử dụng phốt-pho trong nước thải để tổng hợp tế bào mới, duy trì sự sống, dự trữ và vận chuyển năng lượng. Chỉ tiêu TP sau xử lý đạt quy chuẩn cột A theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT.

Tổng Coliform được phân tích để đánh giá khả năng loại bỏ vi khuẩn bằng lỏng quay sinh học, trong thực tế sau công đoạn xử lý sinh học, nước thải còn phải qua bể khử trùng mới được thải ra môi trường nên nghiên cứu không so sánh chỉ tiêu này với quy chuẩn. Tổng Coliform trong nước thải đầu vào là 8 × 10⁵ ± 1,02 × 10⁵ MPN/100 mL, sau quá trình xử lý giảm nhiều chỉ còn 4,5 × 10⁴ ± 0,24 × 10⁴ MPN/100 mL (hiệu suất xử lý đạt 94,4%). Tổng Coliform trong nước thải đầu vào giảm do sự cạnh tranh với các VSV ở trong màng sinh học, một phần bị giữ trên màng sinh học không bị trôi ra ngoài và bị các nguyên sinh động vật sử dụng làm thức ăn.

Từ các kết quả ghi nhận, những điều kiện vận hành của mô hình lỏng quay sinh học hiếu khí ba bậc trong thí nghiệm được tính toán và trình bày trong Bảng 7.

Bảng 7: Thông số vận hành mô hình lồng quay sinh học ba bậc ($\theta = 5$ giờ)

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Thời gian lưu nước θ	giờ	5
Nồng độ ô-xy hòa tan DO	mg/L	Bậc 1: 1,1
		Bậc 2: 2,2
		Bậc 3: 3,4
Lưu lượng nạp nước Q	m ³ .ngày ⁻¹	0,338
Tải nạp nước cho 3 bậc	m ³ /m ² .ngày ⁻¹	0,004
Tải nạp BOD trung bình đối với bậc 1 tính trên diện tích màng	g BOD/m ² .ngày ⁻¹	12,34
Tải nạp BOD trung bình đối với 3 bậc tính trên diện tích màng	g BOD/m ² .ngày ⁻¹	2,06
Tải nạp COD trung bình đối với bậc 1 tính trên diện tích bề mặt màng	g COD/m ² .ngày ⁻¹	24,11
Tải nạp COD trung bình đối với 3 bậc tính trên diện tích bề mặt màng	g COD/m ² .ngày ⁻¹	4,03
Tải nạp BOD trung bình đối với lồng quay tính trên thể tích hoạt động của bể	kg BOD/m ³ .ngày ⁻¹	2,43
Tải nạp COD trung bình đối với lồng quay tính trên thể tích hoạt động của bể	kg COD/m ³ .ngày ⁻¹	4,75

Các thông số vận hành mô hình lồng quay sinh học hiếu khí ba bậc ở thời gian lưu nước 5 giờ cho thấy tải nạp BOD trung bình đối với bậc 1 tính trên diện tích màng là 12,34 g BOD/m².ngày⁻¹ thấp hơn tải nạp đề nghị 17 - 29 g BOD/m².ngày⁻¹ của Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân (2016). Tuy nhiên, nghiên cứu duy trì tải nạp này vì ở mức tải nạp thấp mà VSV đã phát triển nhanh, màng sinh học bám quá nhiều vào lồng quay dẫn đến bong tróc và ảnh hưởng đến quá trình trao đổi khí bên trong.

Ở thời gian lưu nước 5 giờ, tải nạp chất hữu cơ 2,06 g BOD/m².ngày⁻¹, sau khi xử lý bằng mô hình lồng quay sinh học hiếu khí ba bậc, nước thải đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT cột A ở tất cả các thông số theo dõi và thấp hơn nhiều so với ngưỡng cho phép xả thải trong quy chuẩn. Nghiên cứu giảm thời gian lưu nước xuống 4 giờ và tiếp tục tiến hành thí nghiệm tiếp theo nhằm đánh giá xem ở thời gian lưu nước này nước thải đầu ra còn đạt quy chuẩn hay không.

3.2.3 Kết quả vận hành mô hình thí nghiệm khi giảm thời gian lưu nước

Ở thời gian lưu nước 4 giờ, lấy mẫu nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình phân tích các chỉ tiêu cần theo dõi lúc 8 giờ sáng hàng ngày từ ngày 26 - 28/9/2018 (Hình 4). Nước thải sau xử lý có giá trị pH và DO tăng so với nước thải đầu vào. Mặc dù pH nước thải sau xử lý tăng nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép từ 6 - 9 theo cột A của QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Nguyên nhân làm cho pH, DO tăng được trình bày tương tự phần thảo luận về kết quả xử lý của mô hình lồng quay ở thời gian lưu nước 5 giờ.

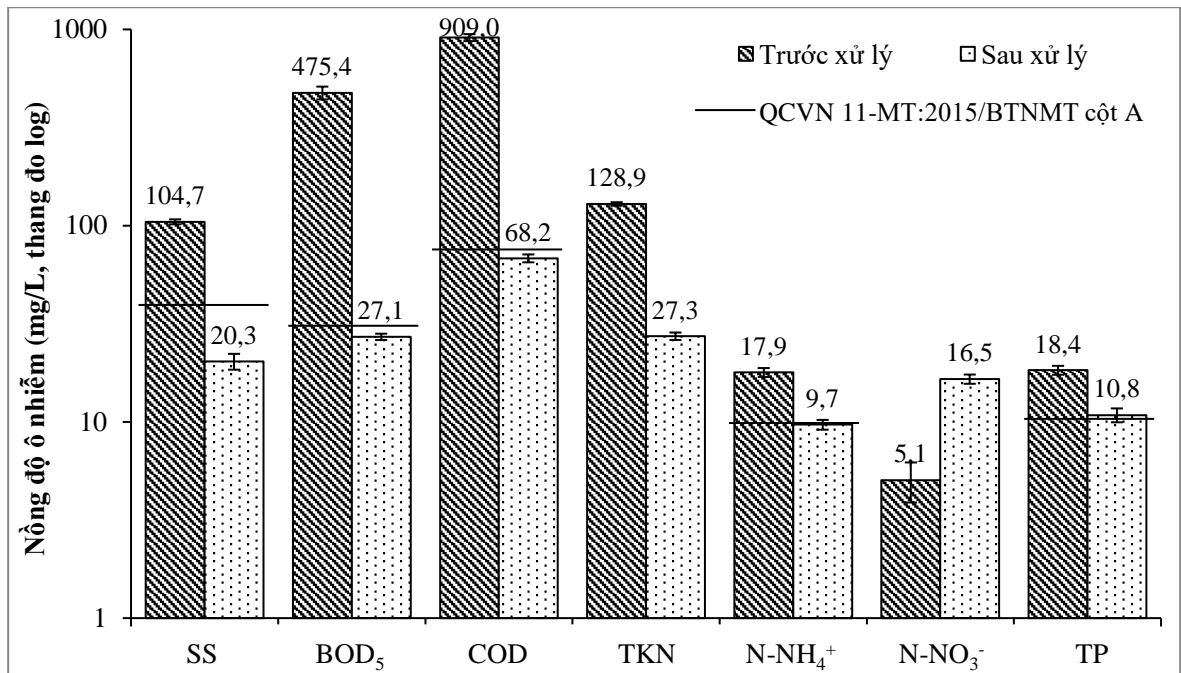
Hàm lượng SS trong nước thải đầu vào là 104,67 ± 3,01 mg/L, trong nước thải đầu ra của giảm còn 20,33 ± 1,89 mg/L và đạt loại A theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Nguyên nhân làm giảm lượng SS được trình bày tương tự ở phần giải

thích kết quả xử lý của mô hình ở thời gian lưu nước 5 giờ.

Nồng độ COD trong nước thải đầu vào khá cao 908,97 ± 37,27 mg/L, sau khi qua xử lý giảm còn 68,19 ± 3,16 mg/L đạt hiệu suất loại bỏ 92,50%. Tương tự, nồng độ BOD₅ trong nước thải đầu vào có sự biến động khá cao 475,44 ± 35,68 mg/L, nhưng trong nước thải đầu ra giảm còn 27,14 ± 1,01 mg/L và đạt hiệu suất loại bỏ 94,30%. Cả hai giá trị BOD₅ và COD sau khi xử lý đều đạt loại A theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Có thể thấy ở thời gian lưu nước 4 giờ, hiệu suất xử lý BOD₅ và COD của mô hình thấp hơn so với ở thời gian lưu nước 5 giờ, điều này là do thời gian tồn lưu và phân hủy các chất hữu cơ của VSV ngắn hơn.

Nồng độ TKN trong nước thải đầu vào khá cao 128,94 ± 2,71 mg/L nhưng trong nước thải đầu ra giảm nhiều còn 27,34 ± 1,20 mg/L. Nồng độ N-NH₄⁺ trong nước thải đầu vào tương đối cao 17,87 ± 0,94 mg/L, đầu ra giảm chỉ còn 9,68 ± 0,55 mg/L; trong khi nồng độ N-NO₃⁻ tăng lên 16,53 ± 0,90 mg/L. Sau xử lý nồng độ của các chỉ tiêu này đều đạt cột A theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT với hiệu suất loại bỏ N-NH₄⁺ là 45,8% và TKN là 78,8%. Hiệu suất xử lý TKN, N-NH₄⁺ của mô hình ở thời gian lưu 4 giờ thấp hơn so với ở thời gian lưu nước 5 giờ.

Nồng độ TP trong nước thải đầu vào khá cao 18,35 ± 0,95 mg/L, ở đầu ra giảm xuống còn 10,83 ± 0,88 mg/L với hiệu suất loại bỏ 40,96%. Tuy nhiên, nồng độ TP trong nước thải đầu ra chỉ mới đạt cột B theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Nguyên nhân là do giảm thời gian lưu nước, khả năng xử lý và phân hủy các chất ô nhiễm có trong nước thải của VSV cũng ngắn hơn, không đảm bảo thời gian để các VSV trong màng sinh học hấp phụ và tổng hợp các tế bào mới.



Hình 4: Nồng độ các chỉ tiêu trong nước thải trước và sau khi xử lý (θ = 4 giờ)

Mật độ Coliform trong nước thải đầu vào là $2,73 \times 10^7 \pm 0,29 \times 10^7$ MPN/100 mL, sau khi xử lý đã giảm nhiều còn $9,03 \times 10^4 \pm 0,52 \times 10^4$ MPN/100 mL với hiệu suất xử lý 99,67%. Tổng Coliform giảm so với đầu vào là do vi khuẩn bị giữ lại một phần trên màng sinh học không bị trôi ra ngoài;

chúng bị các nguyên sinh động vật sử dụng làm thức ăn; và do sự cạnh tranh với các VSV.

Từ các kết quả ghi nhận, những điều kiện vận hành của mô hình lồng quay sinh học trong thí nghiệm được tính toán và trình bày trong Bảng 8.

Bảng 8: Các thông số vận hành mô hình lồng quay sinh học ba bậc (θ = 4 giờ)

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Thời gian lưu nước (θ)	giờ	4
Nồng độ ô-xy hòa tan (DO)	mg/L	Bậc 1: $1,0 \pm 0,10$
		Bậc 2: $2,2 \pm 0,11$
		Bậc 3: $3,4 \pm 0,16$
Lưu lượng nạp nước (Q)	$m^3 \cdot \text{ngày}^{-1}$	0,42
Tải nạp nước cho 3 bậc	$m^3/m^2 \cdot \text{ngày}^{-1}$	0,005
Tải nạp BOD trung bình đối với bậc 1 tính trên diện tích màng	$g \text{ BOD}/m^2 \cdot \text{ngày}^{-1}$	14,4
Tải nạp BOD trung bình đối với 3 bậc tính trên diện tích màng	$g \text{ BOD}/m^2 \cdot \text{ngày}^{-1}$	2,4
Tải nạp COD trung bình đối với bậc 1 tính trên diện tích bề mặt màng	$g \text{ COD}/m^2 \cdot \text{ngày}^{-1}$	27,51
Tải nạp COD trung bình đối với 3 bậc tính trên diện tích bề mặt màng	$g \text{ COD}/m^2 \cdot \text{ngày}^{-1}$	4,6
Tải nạp BOD trung bình đối với lồng quay tính trên thể tích hoạt động của bể	$kg \text{ BOD}/m^3 \cdot \text{ngày}^{-1}$	2,84

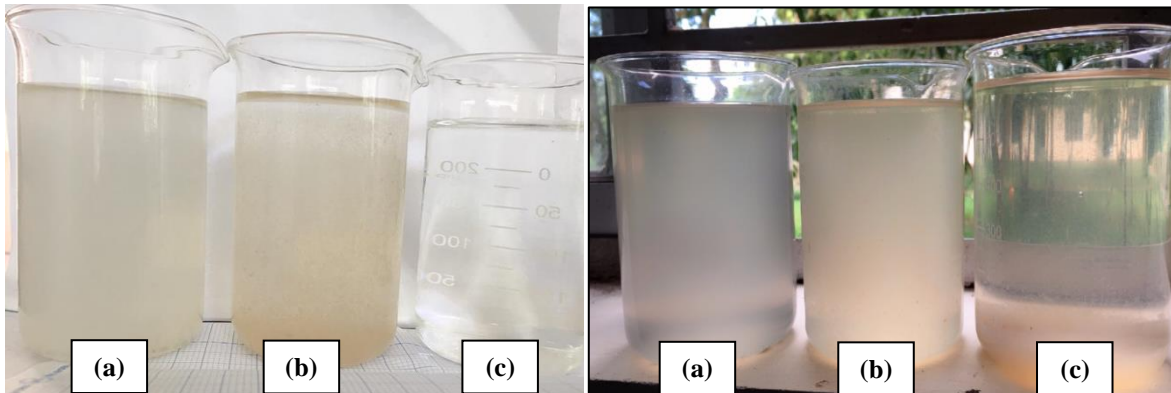
Từ các thông số vận hành mô hình lồng quay sinh học hiếu khí ba bậc ở thời gian lưu nước 4 giờ cho thấy tải nạp BOD trung bình đối với bậc 1 tính trên diện tích màng là $14,4 g \text{ BOD}/m^2 \cdot \text{ngày}^{-1}$ thấp hơn tải nạp 17 - 29 $g \text{ BOD}/m^2 \cdot \text{ngày}^{-1}$ theo ghi nhận của Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân (2016). Nghiên cứu duy trì tải nạp này vì ở tải nạp thấp mà VSV đã phát triển nhanh, màng sinh học bám quá nhiều vào lồng quay tương tự như ở thời

gian lưu nước 5 giờ dẫn đến bong tróc và làm ảnh hưởng đến quá trình trao đổi khí bên trong.

Khi giảm thời gian lưu nước xuống còn 4 giờ, tải nạp trung bình tính trên diện tích bề mặt sinh học là $2,4 g \text{ BOD}/m^2 \cdot \text{ngày}^{-1}$ thì các chỉ tiêu pH, SS, COD, BOD₅, N-NH₄⁺ trong nước thải thủy sản đạt loại A theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT; riêng chỉ tiêu TP chỉ đạt loại B. Trong khi đó, nồng độ của các chỉ tiêu N-NH₄⁺, BOD₅ và COD trong

nước thải đầu ra đã tiến sát tới ngưỡng cho phép xả thải theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A) lần lượt là 9,68 mg/L; 27,14 mg/L và 68,19 mg/L nên

nguyên cứu không tiến hành các thí nghiệm với thời gian lưu nước ngắn hơn.



Hình 4: Nước thải thí nghiệm ở thời gian lưu nước 5 giờ (trái) và 4 giờ (phải)

Ghi chú: (a) đầu vào, (b) đầu ra, (c) đầu ra sau lắng tĩnh 30 phút

4 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Với nước thải đầu vào có nồng độ COD là $989,80 \pm 21,16$ mg/L, BOD₅ là $506,66 \pm 5,38$ mg/L, TP đạt $20,00 \pm 1,47$ mg/L, TKN là $126,39 \pm 3,57$ mg/L; lồng quay sinh học vận hành với thời gian lưu nước 5 giờ, tải nạp chất hữu cơ trung bình tính trên diện tích bề mặt màng sinh học là $2,06$ g BOD/m².ngày⁻¹, nước thải đầu ra sau khi lắng tĩnh 30 phút có các chỉ tiêu pH, SS, COD, BOD₅, N-NH₄⁺, TP đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT cột A. Khi vận hành mô hình ở thời gian lưu nước 4 giờ, tải nạp trung bình tính trên diện tích bề mặt màng sinh học là $2,4$ g BOD/m².ngày⁻¹, nước thải sau xử lý chỉ đạt cột B của QCVN 11-MT:2015/BTNMT do các thông số pH, SS, COD, BOD₅, N-NH₄⁺ đạt cột A, nhưng thông số TP chỉ đạt loại B theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Kết quả vận hành trên mô hình lồng quay sinh học hiệu khí ba bậc cho thấy công nghệ này có thể được ứng dụng như một công đoạn xử lý sinh học trong hệ thống xử lý nước thải chế biến thủy sản.

Trong trường hợp xử lý thực tế, việc vận hành khó đạt hiệu suất xử lý tương đương với kết quả của mô hình trong phòng thí nghiệm do lồng quay sinh học còn bị ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường xung quanh khác. Vì vậy, để đảm bảo hiệu quả hoạt động của bể nên chọn thời gian lưu nước 5 giờ hoặc cao hơn để xử lý nước thải thủy sản.

Quá trình vận hành lồng quay sinh học sẽ sản sinh ra khí sinh học (biogas) với hàm lượng CH₄ cao là một trong những khí thành phần gây hiệu ứng nhà kính nếu xả thải trực tiếp vào môi trường. Chủ đầu tư có thể tận dụng sản lượng biogas này để phục vụ cho các nhu cầu năng lượng.

Nên tiến hành thêm các nghiên cứu xử lý nước thải bằng lồng quay sinh học trên các loại giá thể khác để có các khuyến nghị lựa chọn những giá thể phù hợp.

Có thể nghiên cứu sử dụng mô hình này để xử lý các loại nước thải khác nhau để tìm ra các thông số thiết kế phù hợp với những loại nước thải đó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chế biến thủy sản QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Bộ Tài nguyên và Môi trường.
- Công ty TNHH Công nghệ môi trường Hòa Bình Xanh, 2018. Giá thể vi sinh, ngày truy cập 15/7/2018. Địa chỉ: <https://tuvanmoitruong.com.vn/gia-the-vi-sinh/>
- Công ty TNHH Công nghệ môi trường Nguyễn Thủy, 2018. Giá thể sinh học Biochip, ngày truy cập 15/7/2018. Địa chỉ: <http://nguyenthuy.vn/gia-the-sinh-hoc-biochip-mbbr-xu-ly-nuoc-thai.html>
- Duque, A.F., Bessa, V.S., and Castro, P.M.L., 2014. Bacterial community dynamics in a rotating biological contactor treating 2-fluorophenol-containing wastewater. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 41(1): 97–104.
- Egli, K., Bosshard, F., Werlen, C., *et al.*, 2003. Microbial composition and structure of a rotating biological contactor biofilm treating ammonium-rich wastewater without organic carbon. *Microbial Ecology*. 45(4): 419–432.
- Grady, C.P.L., Lim, H.C. and Daigger, G.T., 1999. *Biological wastewater treatment*. CRC Press. New York, Marcel Dekker. 1022 pages.
- Lâm Minh Triết, Nguyễn Thanh Hùng và Nguyễn Phước Dân, 2008. *Xử lý nước thải đô thị và công*

- nghiệp - Tính toán thiết kế công trình. NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh. 521 trang.
- Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016. Giáo trình Kỹ thuật xử lý nước thải. NXB Đại học Cần Thơ. 662 trang.
- Nguyễn Thế Đồng, Trần Hiếu Nhuệ, Cao Thế Hà và *ctv.*, 2011. Hướng dẫn đánh giá sự phù hợp của công nghệ xử lý nước thải và giới thiệu một số công nghệ xử lý nước thải đối với ngành chế biến thủy sản, dệt may, giấy. Tổng Cục Môi trường.
- Sirianuntapiboon, S., 2006. Treatment of wastewater containing Cl₂ residue by packed cage rotating biological contactor system. *Bioresource Technology*. 97(14): 1735–1744.
- Tchobanoglous, G., and Burton, F.L., 1991. *Wastewater engineering: Treatment, disposal, reuse (3rd ed.)*. McGraw-Hill Inc. 1334 pages.
- VASEP, Hiệp hội chế biến và xuất khẩu thủy sản Việt Nam, 2018. Tổng quan ngành thủy sản Việt Nam, ngày truy cập 22/6/2018. Địa chỉ: <http://vasep.com.vn/1192/OneContent/tong-quan-nganh.htm>. Hiệp hội chế biến và xuất khẩu thủy sản Việt Nam