



ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHẾ BIẾN CÁ TRA CỦA LỒNG QUAY SINH HỌC HIẾU KHÍ

Lê Hoàng Việt¹, Ngô Huệ Đức¹, Nguyễn Hữu Thuận¹ và Nguyễn Võ Châu Ngân¹

¹ Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 23/04/2015

Ngày chấp nhận: 27/10/2015

Title:

Evaluation of cat-fish processing wastewater treatment efficiency of aerobic package cage biological contactor

Từ khóa:

Lồng quay sinh học hiếu khí, nước thải chế biến cá tra

Keywords:

Aerobic package cage biological contactor, cat-fish processing wastewater

ABSTRACT

The study of “Evaluation of cat-fish processing wastewater treatment efficiency of aerobic package cage biological contactor” was carried out to determine the efficiency of cat-fish processing wastewater treatment according to aerobic package cage biological contactor with a PVC flexible-conduit medium. A lab-scale aerobic package cage biological contactor was run with hydraulic retention time of 8 hours, rotation speed of 2 rpm, and BOD loading rate on the biofilm area of 0.0037 kg BOD.m⁻².day⁻¹. The results showed that the removal efficiency of COD, BOD₅, TKN, and TP were 97%, 97.87%, 84.06%, and 63.17%, respectively. It shows that the aerobic package cage biological contactor could be applied as a biological treatment unit to treat cat-fish processing wastewater.

TÓM TẮT

Nghiên cứu “Đánh giá hiệu suất xử lý nước thải chế biến cá tra của lồng quay sinh học hiếu khí” được tiến hành nhằm xác định hiệu suất xử lý nước thải chế biến cá tra bằng lồng quay sinh học hiếu khí có giá thể là ống dẫn dây điện cắt ngắn. Thí nghiệm được tiến hành trên mô hình lồng quay sinh học hiếu khí ở thời gian lưu nước 8 giờ, tốc độ quay là 2 vòng/phút, tải nạp BOD trung bình tính trên diện tích bề mặt màng sinh học là 0,0037 kg BOD.m⁻².day⁻¹. Kết quả cho thấy hiệu suất xử lý COD, BOD₅, TKN, TP lần lượt là 97%, 97,87%, 84,06%, 63,17%. Những kết quả trên cho thấy lồng quay sinh học hiếu khí có thể ứng dụng như một công đoạn xử lý trong hệ thống xử lý nước thải chế biến cá tra.

1 GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây việc sản xuất cá tra gặp khó khăn trong thời gian dài do giá bán cá tra nguyên liệu giảm trong khi giá chi phí đầu vào tăng, thêm vào đó là việc áp dụng thuế chống bán phá giá của Mỹ. Sản lượng cá tra có giảm, năm 2014 ước tính đạt 1158,3 ngàn tấn so với năm 2013 là 1170 ngàn tấn; tuy nhiên chế biến và xuất khẩu cá tra vẫn chiếm tỉ trọng cao trong kim ngạch xuất khẩu của nước ta (Tổng cục Thống kê 2014). Bên cạnh những kết quả đạt được, ngành chế biến thủy sản cũng gây ra nhiều vấn đề về môi trường bởi tính chất và thành phần chất thải của nó. Theo Lâm

Minh Triết và ctv. (2008) nước thải chế biến thủy sản bị ô nhiễm hữu cơ ở mức độ khá 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, rất dễ gây ra hiện tượng phú dưỡng hóa nguồn tiếp nhận nước thải. Do đó, loại nước thải này cần phải được xử lý trước khi thải bỏ để không ảnh hưởng đến môi trường và sức khỏe cộng đồng. Nước thải chế biến thủy sản có chứa nhiều chất hữu cơ có thể phân hủy sinh học, do đó các qui trình xử lý được đề xuất hiện tại đều lấy công đoạn xử lý sinh học làm công đoạn chính của qui trình xử lý (Nguyễn Thế Đồng và ctv., 2011). Việc xử lý sinh học hiếu khí tạo ra khối lượng bùn thải lớn cần

phải được tiếp tục xử lý, đặc biệt từ sau khi tiêu chuẩn QCVN 50:2011/ BTNMT về ngưỡng nguy hại của bùn thải từ quá trình xử lý nước có hiệu lực. Do đó việc nghiên cứu giải pháp xử lý nước thải chế biến thủy sản nhưng ít tạo ra bùn thải sẽ giúp doanh nghiệp dễ dàng chấp nhận và đầu tư cho hệ thống xử lý nước thải hơn.

Đĩa quay sinh học là một trong những công nghệ ứng dụng sinh học trong xử lý nước thải, đĩa quay hoạt động dựa vào quá trình sinh trưởng dính bám của vi sinh vật (Cortez *et al.*, 2008). Cortez *et al.* (2008) cũng trình bày các cải tiến của đĩa quay sinh học so với các dạng thiết kế ban đầu. Theo đó, các đĩa quay trước kia thường là các khối đĩa nhựa dạng tròn bề mặt xếp nếp, ngày nay đã chuyển sang dạng lồng chứa các loại giá thể khác nhau giúp đơn giản hóa quá trình chế tạo.

Nghiên cứu “Đánh giá hiệu suất xử lý nước thải chế biến cá tra của lồng quay sinh học hiếu khí” được tiến hành nhằm xác định hiệu suất xử lý nước thải chế biến cá tra bằng lồng quay sinh học hiếu khí có giá thể là ống lượn dây điện. Nghiên cứu thực hiện trên mô hình lồng quay sinh học hiếu khí ở quy mô phòng thí nghiệm.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Các thí nghiệm được tiến hành tại Phòng thí nghiệm Xử lý Nước - Nước thải, Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên

nhiên, Trường Đại học Cần Thơ. Thời gian nghiên cứu từ tháng 8/2014 đến tháng 12/2014.

2.2 Đối tượng nghiên cứu

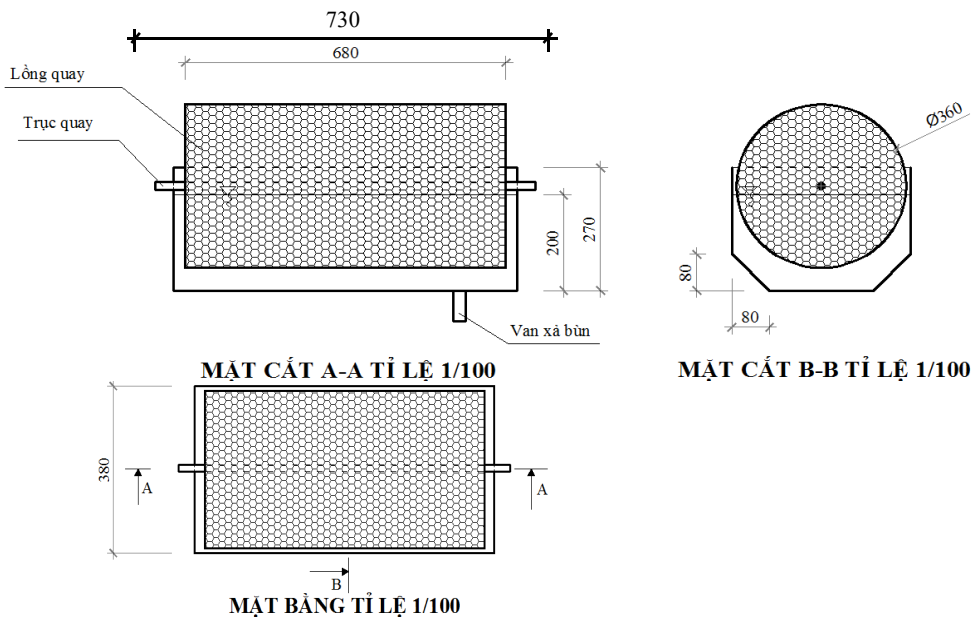
Các đối tượng nghiên cứu của đề tài là: mô hình lồng quay sinh học hiếu khí ở quy mô phòng thí nghiệm và nước thải chế biến cá tra lấy từ cống thu gom nước thải sản xuất tập trung của Công ty Cổ phần Thủy sản MeKong (Lô 24 Khu công nghiệp Trà Nóc, quận Bình Thủy, thành phố Cần Thơ). Đây là công ty chuyên về chế biến cá tra đông lạnh với công suất khoảng 12.000 tấn/năm, trong đó 97% sản phẩm là xuất khẩu.

2.3 Phương tiện và phương pháp nghiên cứu

2.3.1 Mô hình thí nghiệm

a. Mô hình lồng quay sinh học hiếu khí được chế tạo với lồng quay đặt ngập khoảng 40% trong nước thải. Các thông số thiết kế mô hình được đề xuất dựa trên tính chất của nước thải và phù hợp với điều kiện thực tế của phòng thí nghiệm.

- Chiều rộng bể đặt lồng quay: $R_{bể} = 0,38$ m
- Chiều dài bể đặt lồng quay: $L_{bể} = 0,73$ m
- Chiều sâu công tác: $h_{công\ tác} = 0,2$ m
- Chiều cao phần mặt thoáng: $h_{mặt\ thoáng} = 0,07$ m
- Thể tích hoạt động của bể: $V = 44,5$ L
- Đường kính lồng quay: $D = 0,36$ m
- Chiều dài lồng quay: $L_{lồng} = 0,68$ m
- Thể tích lồng quay: $V_{lồng} = 0,069$ m³ = 69 L



Hình 1: Các kích thước mô hình lồng quay sinh học hiếu khí

a. *Giá thể*

Giá thể sử dụng cho mô hình thí nghiệm là ống luồn điện bằng nhựa PVC xoắn có đường kính 16

mm (do công ty Tiến Phát sản xuất) được cắt ra nhiều đoạn nhỏ có chiều dài 30 ± 5 mm. Các đặc điểm của giá thể thí nghiệm được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1: Các đặc điểm của giá thể

Thông số	Giá trị
Phần trăm thể tích giá thể chiếm chỗ so với thể tích lồng quay	86,2%
Tổng diện tích bề mặt giá thể	30,66 m ²
Phần trăm độ rỗng giá thể	88%
Tỉ lệ giữa thể tích bề và diện tích bề mặt	0,0015 m ³ /m ²

Nguồn: Các thông số thu được từ thực nghiệm đo đạc của nhóm nghiên cứu



Hình 2: Giá thể từ ống luồn điện bằng nhựa PVC cắt nhỏ

b. *Các thành phần khác:* Các thiết bị hỗ trợ mô hình bao gồm

Mô-tơ để tạo quay lồng quay có tốc độ không đổi là 2 vòng/phút (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2014), hoạt động bằng nguồn điện xoay chiều 220 V.

Bình Mariotte có thể tích 120 L dùng để chứa và cung cấp nước thải cho lồng quay.

2.3.2 *Các bước tiến hành thí nghiệm*

a. *Xác định thành phần và tính chất của nước thải chế biến cá tra*

Tiến hành lấy mẫu nước thải ở Công ty Cổ phần Thủy sản MeKong trong 03 ngày liên tiếp để phân tích các chỉ tiêu pH, SS, COD, BOD₅, TKN, TP nhằm đánh giá mức độ phù hợp cho việc áp dụng phương pháp sinh học để xử lý và lựa chọn thời gian lưu nước cần thiết cho mô hình. Nước

thải được lấy từ công tập trung nước thải sản xuất của công ty.

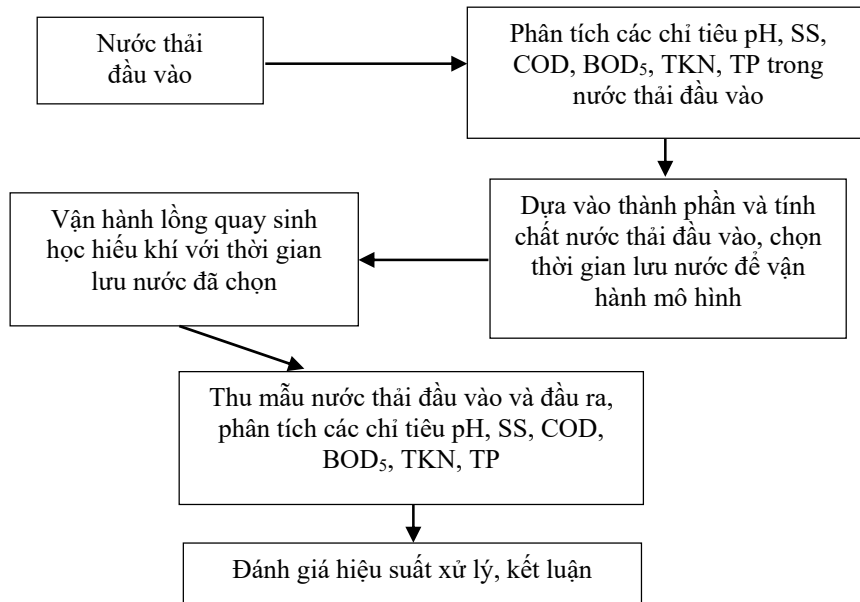
b. *Vận hành mô hình để tạo màng sinh học*

Trong giai đoạn đầu mô hình được vận hành tạm thời với nước thải cặn-tin Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên. Giai đoạn này chủ yếu chỉ vận hành để tạo lớp màng sinh học nên có thể sử dụng các loại nước thải chứa nhiều chất hữu cơ và dầu mỡ. Sau khi vận hành một thời gian, nếu nhìn thấy lớp màng sinh học đã hình thành dày, có màu nâu nhạt và nhớt, tiến hành lấy mẫu nước thải đầu ra để theo dõi khả năng loại bỏ COD của mô hình trong nhiều ngày liên tiếp. Nếu khả năng loại bỏ COD trong 03 ngày liên tục không biến động nhiều thì lớp màng trên bề mặt giá thể đã hình thành ổn định và hoạt động tốt.

c. *Tiến hành thí nghiệm*

Thí nghiệm chính thức được tiến hành để đánh giá hiệu suất xử lý nước thải chế biến cá tra của lồng quay sau khi màng sinh học của mô hình đã phát triển tốt. Nước thải trước khi cung cấp vào mô hình được xử lý sơ bộ bằng cách vớt bỏ váng mỡ và cho chảy qua lớp vải lọc để loại bỏ các chất rắn có kích thước lớn tránh làm nghẹt ống phân phối nước của bình Ma-ri-ôt.

Sau khi màng sinh học đã phát triển, lấy nước thải chế biến cá tra về vận hành liên tục 3 ngày theo thời gian lưu được chọn để vi sinh vật thích nghi với loại nước thải mới. Nước thải lấy về đưa vào mô hình vận hành ngay lập tức không trữ lại, khoảng cách di chuyển từ công ty đến phòng thí nghiệm chỉ 30 phút nên hạn chế những ảnh hưởng (nếu có) đến chất lượng nước thải thí nghiệm.



Hình 3: Quy trình tiến hành thí nghiệm

Trong nghiên cứu này không bố trí vận hành lặp lại nhưng tiến hành lấy mẫu nước thải đầu vào và đầu ra trong 03 ngày liên tục. Các chỉ tiêu theo dõi của nước thải là pH, SS (phân tích trực tiếp nước thải đầu ra), COD, BOD₅, TKN, TP (phân tích nước thải đầu ra sau khi để lắng 30 phút).

2.3.3 Phương pháp và phương tiện phân tích mẫu

Các chỉ tiêu pH, SS, COD, BOD₅, TKN, TP và DO phân tích tại các phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ theo các tiêu chuẩn Việt Nam được quy định.

Bảng 2: Các phương pháp và phương tiện phân tích mẫu

Chỉ tiêu	Phương pháp	Phương tiện
pH	Đo trực tiếp (TCVN 6492:2011)	- Máy đo pH (ORION 230A)
DO	Đo trực tiếp (TCVN 7325:2000)	- Máy đo DO (WTW340i)
SS	Phương pháp lọc và đo bằng trọng lượng (TCVN 6625:2000)	- Giấy lọc bằng sợi thủy tinh Advantec, đường kính lỗ lọc Ø 0,6 µm - Tủ sấy Memmert UI40 - Máy hút chân không - Cân điện tử OHAUS
BOD ₅	Phương pháp Winkler (TCVN 5499:1995)	- Chai BOD - Tủ ủ BOD ₅ (Velp FOC 225E) - Các hóa chất và dụng cụ cần thiết
COD	Phương pháp Dicromate (hoàn lưu kín) (TCVN 6491:1999)	- Ống nghiệm COD - Tủ sấy Melag 405 - Các hóa chất và dụng cụ cần thiết
TKN	Phân hủy đạm và chưng cất Kjeldahl (TCVN 6638:2000)	- Máy công phá đạm (Kjeldahlerm KB20S) - Máy chưng cất đạm - Ống Kjeldahl - Các hóa chất và dụng cụ cần thiết
TP	Phương pháp SnCl ₂ (TCVN 4567:1988)	- Tủ sấy Memmert UI40 - Máy quang phổ (Jenway 6300 Spectrophotometer) - Các hóa chất và dụng cụ cần thiết

4 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1 Đặc tính nước thải thí nghiệm

Nước thải được thu gom tại Công ty có một số đặc tính cảm quan như có mùi tanh, nhiều mỡ, màu đỏ. Kết quả phân tích các chỉ tiêu ô nhiễm tiêu biểu của loại nước thải này được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3: Đặc điểm lý hóa của nước thải thí nghiệm

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nồng độ (n = 3)
pH	-	7,17 ± 0,15
SS	mg/L	702,39 ± 6,02
BOD ₅	mg/L	970,28 ± 65,14
COD	mg/L	1.724,45 ± 40,39
TKN	mg/L	120,86 ± 17,36
TP	mg/L	28,26 ± 6,61

Kết quả phân tích cho thấy giá trị pH = 7,17 nằm trong khoảng thích hợp cho vi sinh vật hoạt động (Metcalf & Eddy, 1991). Tỉ số BOD₅/COD ≈ 0,56 thích hợp cho xử lý sinh học (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2014). Theo Gray (2004) tỉ số BOD₅ : N : P thích hợp cho vi khuẩn phát triển là 100 : 5 : 1. Như vậy, lượng dưỡng trong nước thải chất thừa so với nhu cầu của vi khuẩn. Vì vậy, hệ thống cần vận hành ở thời gian lưu phù hợp cho xử lý hiếu khí vì đã dư dưỡng chất cho quá trình phát triển của vi sinh vật.

Với những đặc tính trên, nước thải chế biến cá tra hoàn toàn có thể đưa vào xử lý bằng lồng quay sinh học hiếu khí mà không cần phải hiệu chỉnh pH hay bổ sung dưỡng chất. Tuy nhiên, do nồng độ BOD₅, N, P cao do đó cần chọn thời gian lưu nước trong hệ thống đủ lớn để loại bỏ các chất này, vì vậy nghiên cứu đã chọn thời gian lưu nước là 8 giờ để tiến hành thí nghiệm. Thời gian 8 giờ được chọn dựa vào thành phần, tính chất của nước thải có hàm lượng hữu cơ khá cao.

4.2 Kết quả thí nghiệm

4.2.1 Thí nghiệm theo dõi sự ổn định của màng sinh học

Sau 15 ngày vận hành lồng quay sinh học hiếu khí với nước thải cần-tin ở thời gian lưu nước là 8 giờ, màng sinh học đã hình thành dày, có màu nâu và nhớt. Nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình được thu trong 5 ngày liên tiếp từ 13 đến 17/9/2014 để phân tích COD. Kết quả theo dõi biến động COD của nước thải đầu vào và đầu ra với thời gian lưu nước 8 giờ để đánh giá mức độ ổn định của lớp

màng sinh học được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4: Kết quả phân tích COD (mg/L) trong 5 ngày ở thời gian lưu 8 giờ

Ngày	Nồng độ COD trước xử lý	Nồng độ COD sau xử lý	Hiệu suất xử lý (%)
13/09/2014	1.743,14	56,01	96,68
14/09/2014	1.598,12	48,00	97,00
15/09/2014	1.485,33	52,22	96,48
16/09/2014	1.621,24	45,33	97,20
17/09/2014	1.450,66	42,67	97,05

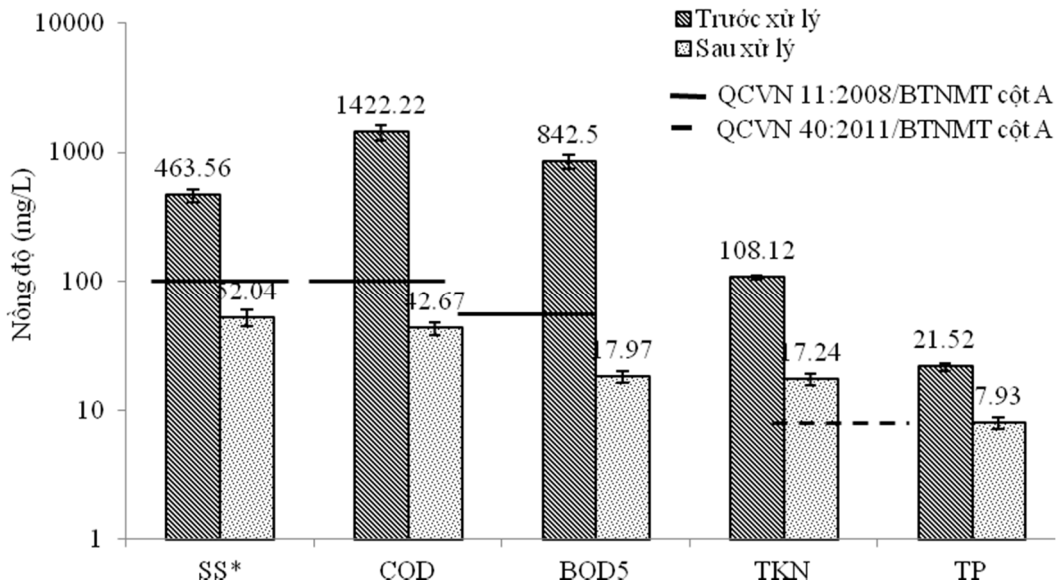
Kết quả cho thấy mặc dù nồng độ COD trong nước thải trước xử lý biến động khá lớn nhưng hiệu suất loại bỏ COD dao động trong khoảng hẹp 96,48 - 97,20%. Điều này cho thấy các hoạt động của vi sinh vật đã ổn định, quá trình tạo màng vi sinh vật trên giá thể đã đạt yêu cầu.

4.2.2 Kết quả thí nghiệm xử lý nước thải ở thời gian lưu 8 giờ

Tiếp tục vận hành mô hình với nước thải chế biến cá tra trong 03 ngày để vi sinh vật thích nghi với loại nước thải này, sau đó tiến hành lấy mẫu nước thải đầu vào và đầu ra để phân tích các chỉ tiêu cần theo dõi trong 3 ngày liên tục từ ngày 22/09/2014 đến ngày 24/09/2014. Các thông số vận hành của mô hình được tính toán từ kích thước của mô hình và lưu lượng nạp nước.

Bảng 5: Các thông số vận hành mô hình

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Thời gian lưu nước	giờ	8
DO trong bể	mg/L	2,4 ± 0,11
Lưu lượng nạp nước	m ³ /ngày	0,1335
Tải nạp nước cho màng	m ³ .m ⁻² .ngày ⁻¹	0,004
Tải nạp BOD theo diện tích màng	kg BOD.m ⁻² .ngày ⁻¹	0,0037
Tải nạp BOD theo thể tích bể	kg BOD.m ⁻³ .ngày ⁻¹	2,53
Tải nạp COD theo diện tích màng	kg COD.m ⁻² .ngày ⁻¹	0,0063
Tải nạp COD theo thể tích bể	kg COD.m ⁻³ .ngày ⁻¹	4,27



Hình 4: Nồng độ các chỉ tiêu ô nhiễm trong nước thải trước và sau xử lý (thang log)

Ghi chú: (*) SS đầu ra sau lắng tĩnh 30 phút

Trong quá trình vận hành, nồng độ DO trong bể lớn hơn 2 mg/L đủ đảm bảo cho quá trình xử lý sinh học hiếu khí tiếp theo trong hệ thống. Thời gian lưu nước cao hơn 2 lần so với đề nghị của Metcalf & Eddy (1991) khi sử dụng đĩa quay sinh học để đồng thời xử lý BOD và ni-trát hóa nước thải. Tải nạp nước và tải nạp BOD tính theo diện tích màng đều nhỏ, điều này là do chọn thời gian lưu cao để phù hợp với nồng độ nước thải đầu vào cao.

Kết quả phân tích nồng độ các chất ô nhiễm cho thấy:

pH: nước thải đầu ra có pH tăng nhẹ so với đầu vào nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép xả thải của QCVN 11:2008/BTNMT loại A. pH tăng nhẹ là do màng sinh học phát triển dày tạo điều kiện cho quá trình khử ni-trát diễn ra. Trong điều kiện thiếu khí ion NO₃⁻ bị khử thành N₂ và tạo ra độ kiềm làm tăng pH của nước thải đầu ra (Lâm Minh Triết, Lê Hoàng Việt, 2009).

SS: nồng độ SS trong nước thải đầu vào khá cao và trong 3 ngày lấy mẫu có sự biến động tương đối lớn (463,56 ± 50,04 mg/L). Nồng độ SS trong nước thải ở đầu ra của lồng quay còn 200,22 mg/L. Lượng SS giảm là do chúng bị hấp phụ trên các màng sinh học. Theo hướng dẫn thiết kế của Cục bảo tồn Môi trường bang New York (2012) nếu phía trước các đĩa quay có bể lắng sơ cấp thì SS

trong nước thải đầu ra thường nhỏ hơn 200 mg/L. Trong thí nghiệm này, nước thải đầu vào chỉ được xử lý sơ bộ để tránh làm nghẹt hệ thống, do đó SS trong nước thải đầu ra vẫn còn cao.

COD: nồng độ COD trong nước thải đầu vào khá cao và có sự biến động tương đối lớn (1.422,22 ± 201,92 mg/L), sau xử lý còn 42,67 mg/L đạt loại A QCVN 11:2008/ BTNMT, hiệu suất loại bỏ COD lên đến 97%.

BOD₅: tương tự COD, nồng độ BOD₅ trong nước thải đầu vào tương đối cao và có sự biến động khá lớn (842,50 ± 106,98 mg/L), nồng độ BOD₅ trong nước thải đầu ra giảm rõ rệt còn 17,97 mg/L (hiệu suất 97,87%) và đạt loại A QCVN 11:2008/ BTNMT. Kết hợp hai chỉ tiêu COD và BOD₅ có thể kết luận là lồng quay sinh học hiếu khí có thể vận hành với nước thải đầu vào có nồng độ chất hữu cơ cao.

TKN: nồng độ TKN trong nước thải đầu vào tương đối cao và biến động không lớn trong 3 ngày lấy mẫu (108,12 ± 3,37 mg/L). TKN trong nước thải đầu ra là 17,24 mg/L (đạt hiệu suất loại bỏ là 84,06%). Nồng độ TKN sau xử lý giảm đi nhiều là do trong quá trình xử lý một phần ni-tơ được đưa vào trong các tế bào vi khuẩn trên lớp màng sinh học, phần khác là do lớp màng sinh học dày tạo điều kiện cho quá trình khử ni-trát diễn ra (Lâm Minh Triết, Lê Hoàng Việt, 2009).

TP: trước đây nồng độ TP trong nước thải thủy sản nói chung thường không cao, do đó không được đưa vào nhóm chất gây ô nhiễm đặc trưng của loại hình sản xuất này. Nhưng về sau khi các nhà máy sử dụng thêm sodium tripolyphosphate trong qui trình sản xuất thì nồng độ TP đầu vào tương đối cao ($21,52 \pm 1,50$ mg/L). Sau khi xử lý TP giảm còn 7,93 mg/L. Nồng độ TP giảm là do phốt-pho có trong nước thải ở dạng được vi sinh vật chuyển hóa và sử dụng để duy trì các hoạt động sống, dự trữ, vận chuyển năng lượng và phát triển tế bào mới. Mặc dù có hiệu suất loại bỏ TP là 63,17%, tuy nhiên nồng độ TP trong nước thải đầu ra chỉ mới đạt cột B QCVN 40:2011/BTNMT.

5 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Kết quả nghiên cứu cho thấy lồng quay sinh học hiếu khí với giá thể ống luồn dây điện thích hợp để xử lý nước thải chế biến cá tra.

Khi vận hành ở thời gian lưu 8 giờ, vận tốc quay 2 vòng/phút, độ ngập nước của lồng quay là 40% diện tích thì mô hình xử lý cho nước thải đầu ra đạt cột A QCVN 11:2008/BTNMT ở các chỉ tiêu BOD₅, COD, TKN; riêng chỉ tiêu TP đạt cột B QCVN 40:2011/BTNMT.

Để hoàn thiện hơn kết quả nghiên cứu và đưa vào áp dụng thực tế cần tiến hành thêm một số việc sau:

- Tiến hành thêm thí nghiệm ở cùng thời gian lưu nước trên 02 mô hình hoạt động nối tiếp nhau để đánh giá khả năng cải thiện chất lượng nước thải đầu ra so với việc sử dụng một lồng quay duy nhất.

- Nên nghiên cứu các phương pháp xử lý lần đạt tiêu chuẩn xả nước thải ra môi trường theo QCVN 40:2011/BTNMT.

- Nên nghiên cứu lồng quay với nhiều giá thể khác nhau để có thể lựa chọn ra các loại giá thể vừa hiệu quả về kỹ thuật vừa hiệu quả về mặt kinh tế.

- Nên tiến hành thêm các nghiên cứu về các công đoạn xử lý sơ cấp như tuyển nổi, keo tụ nước thải cá tra để giảm tải cho lồng quay sinh học và hoàn chỉnh các công đoạn của qui trình xử lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Cortez S., Teixeira P., Oliveira R. and Mota M., 2008. Rotating biological contactors: a review on main factors affecting performance. *Rev Environ Sci Biotechnol* 7, 155–172.

Cục bảo tồn Môi trường bang New York (New York State Department of Environmental Conservation), 2012. Design Standards For Intermediate - Sized Wastewater Treatment Systems. Division of water Bureau of Water Permits.

Gray N. F., 2004. Biology of wastewater treatment 2nd. Imperial College Press.

Lâm Minh Triết, Lê Hoàng Việt, 2009. Vi sinh vật nước và nước thải. NXB Xây dựng.

Lâm Minh Triết, Nguyễn Thanh Hùng & Nguyễn Phước Dân, 2008. Xử lý nước thải đô thị và công nghiệp. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.

Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2014. Giáo trình kỹ thuật xử lý nước thải. NXB Đại học Cần Thơ.

Metcalf & Eddy, 1991. Wastewater Engineering - Treatment, Disposal & Reuse. McGrawhill, New York.

Metcalf & Eddy, 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill, Inc.

Nguyễn Thế Đồng, Trần Hiếu Nhuệ, Cao Thế Hà, Đặng Văn Lợi, Nguyễn Thị Thiên Phương, Đỗ Thanh Bái, Nguyễn Phạm Hà, Nguyễn Thị Phương Loan & Phạm Thị Kiều Oanh, 2011. Tài liệu kỹ thuật 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 và bột giấy. NXB Tổng cục Môi trường Hà Nội.

Tổng cục Thống kê, 2014. Tình hình kinh tế - xã hội năm 2013. <https://gso.gov.vn/default.aspx?tabid=621&idmid=&ItemID=14188>. Truy cập ngày 2/4/2015.

Tổng cục Thống kê, 2013. Tình hình kinh tế - xã hội năm 2012. <https://gso.gov.vn/default.aspx?tabid=621&ItemID=13843>. Truy cập 2/4/2015.