

DOI:10.22144/ctu.jvn.2020.024

## ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC THẢI THỦY SẢN BẰNG MÔ HÌNH BARDENPHO 5 GIAI ĐOẠN KẾT HỢP BỂ USBF

Lê Hoàng Việt<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Thiệu<sup>2</sup>, Nguyễn Chí Linh<sup>2</sup> và Nguyễn Võ Châu Ngân<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Lớp Kỹ thuật Môi trường K41, Trường Đại học Cần Thơ

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

### ABSTRACT

The study is aimed to put the 5-stage Bardenpho tank in practice on treating aquatic products processing wastewater through survey its operation parameters. The tests was carried out at the lab-scale of 5-stage Bardenpho model connected to the USBF tank. The study results showed that when operating Bardenpho tank with loading rate of 1.54 kg BOD/m<sup>3</sup>, the total hydraulic retention time of 8 hours, inlet wastewater has COD, BOD<sub>5</sub>, TN and TP concentration of 933.25 ± 20.67; 515.67 ± 25.49; 122.49 ± 7.06; and 18.33 ± 1.25 mg/L; the pollutant values of treated wastewater reduced to 27.53 ± 4.47; 12.58 ± 1.05; 21.53 ± 1.11; and 7.30 ± 0.08 mg/L respectively. All monitoring parameters met standard of QCVN 11-MT:2015/BTNMT (column A). With the total hydraulic retention time of 7 hours, the loading rate of 1.83 kg BOD/m<sup>3</sup>.day<sup>-1</sup>, inlet wastewater has COD, BOD<sub>5</sub>, TN and TP concentration of 998.68 ± 27.49; 523.67 ± 32.05; 124.13 ± 8.29; and 17.50 ± 1.47 mg/L; the outlet wastewater has reduced pollutants concentration to 50.74 ± 6.73; 26.21 ± 1.14; 26.14 ± 1.31; and 8.12 ± 0.30 mg/L respectively. All monitored parameters met the standard of QCVN 11-MT:2015/BTNMT (column A). The results showed that the 5-stage Bardenpho tank could be used to treat aquatic products processing wastewater reaching the national discharge standard.

### TÓM TẮT

Nghiên cứu khảo sát bể Bardenpho 5 giai đoạn xử lý nước thải chế biến thủy sản thông qua các thông số thiết kế và vận hành bể. Mô hình bể Bardenpho 5 giai đoạn hợp khối với bể USBF được thử nghiệm ở quy mô phòng thí nghiệm. Kết quả vận hành bể Bardenpho với tải nạp 1,54 kg BOD/m<sup>3</sup>, tổng thời gian lưu nước 8 giờ, nước thải đầu vào có nồng độ COD, BOD<sub>5</sub>, TKN, TP lần lượt là 933,25 ± 20,67; 515,67 ± 25,49; 122,49 ± 7,06; 18,33 ± 1,25 mg/L; sau xử lý nồng độ các chất ô nhiễm giảm xuống còn 27,53 ± 4,47; 12,58 ± 1,05; 21,53 ± 1,11; 7,30 ± 0,08 mg/L, tất cả các thông số theo dõi đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A). Khi vận hành với tải nạp 1,83 kg BOD/m<sup>3</sup>.ngày<sup>-1</sup>, thời gian lưu nước 7 giờ, nồng độ COD, BOD<sub>5</sub>, TN, TP của nước thải đầu vào lần lượt là 998,68 ± 27,49; 523,67 ± 32,05; 124,13 ± 8,29; 17,50 ± 1,47 mg/L, nồng độ các chất ô nhiễm giảm còn 50,74 ± 6,73; 26,21 ± 1,14; 26,14 ± 1,31; 8,12 ± 0,30 mg/L đạt cột A của QCVN 11-MT:2015/BTNMT; trong đó nồng độ TN và TP đã tiến sát giới hạn cho phép xả thải theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A). Như vậy, bể Bardenpho 5 giai đoạn có thể xử lý nước thải chế biến thủy sản đạt tiêu chuẩn xả thải khi vận hành ở các điều kiện nêu trên.

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 04/09/2019

Ngày nhận bài sửa: 14/11/2019

Ngày duyệt đăng: 29/04/2020

### Title:

Study on aquatic products processing wastewater treatment efficiency by the 5-stage Bardenpho tank combined with USBF tank

### Từ khóa:

Bể Bardenpho 5 giai đoạn, nước thải chế biến thủy sản, thời gian lưu nước, xử lý nước thải

### Keywords:

5-stage Bardenpho tank, aquatic products processing wastewater, hydraulic retention time, wastewater treatment

Trích dẫn: Lê Hoàng Việt, Nguyễn Văn Thiệu, Nguyễn Chí Linh và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2020. Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải thủy sản bằng mô hình Bardenpho 5 giai đoạn kết hợp bể USBF. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 56(2A): 1-10.

## 1 GIỚI THIỆU

Ngành chế biến thủy sản là một trong những ngành công nghiệp mũi nhọn của nước ta, theo Hiệp hội Chế biến và Xuất khẩu Thủy sản Việt Nam (2018), xuất khẩu thủy sản của cả nước năm 2017 đạt 8,3 tỷ USD, tăng 18% so với năm 2016, riêng quý I năm 2018, xuất khẩu thủy sản đạt gần 1,8 tỷ USD. Sản lượng chế biến thủy sản gia tăng nên lượng nước thải phát sinh từ các nhà máy cũng gia tăng. Thêm vào đó, một số công ty sử dụng dung dịch tripolyphosphate để ngâm tôm, sau đó dung dịch này được thải bỏ vì thế nước thải thường có nồng độ phosphorus cao (Nguyễn Thế Đồng và *ctv.*, 2011), dẫn đến nồng độ nước thải đầu ra từ các hệ thống xử lý không đạt quy chuẩn xả thải.

Theo Lâm Minh Triết và *ctv.* (2006), COD trong nước thải chế biến thủy sản dao động trong khoảng 1.000 - 1.200 mg/L, BOD<sub>5</sub> vào khoảng 600 - 950 mg/L. Nồng độ nitrogen và phosphorus trong nước thải thủy sản cũng rất cao, dễ gây ra hiện tượng phú dưỡng hóa nếu chưa xử lý đạt quy chuẩn mà xả thải trực tiếp ra nguồn tiếp nhận (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2015). Hiện nay, hầu hết các nhà máy chế biến thủy sản áp dụng chủ yếu công nghệ bùn hoạt tính (Nguyễn Thế Đồng và *ctv.*, 2011). Công nghệ này loại bỏ chất hữu cơ khá tốt nhưng hiệu suất loại bỏ đạm ammonia, đạm hữu cơ lần lượt là 8 - 15%, 15 - 50% và phosphorus là 10 - 20% (Tchobanoglous & Burton, 1991). Hiệu suất loại bỏ đường chất còn thấp dẫn đến nước thải đầu ra từ các nhà máy đang sử dụng công nghệ này không yêu cầu xả thải về nitrogen và phosphorus.

Quy trình Bardenpho được Barnard phát minh vào năm 1974, trong đó quy trình 5 giai đoạn là phiên bản của bể bùn hoạt tính với sự cải tiến từ quy trình AAO và quy trình Bardenpho 4 giai đoạn, nhằm tăng khả năng loại bỏ chất hữu cơ và đường chất (Hartley, 2013). Quy trình Bardenpho 5 giai đoạn gồm năm ngăn: ngăn yếm khí, ngăn thiếu khí 1, ngăn hiếu khí 1, ngăn thiếu khí 2, ngăn hiếu khí 2. Ở ngăn yếm khí và các ngăn thiếu khí có cánh khuấy để khuấy trộn nước thải với bùn hoàn lưu để vi khuẩn tiếp xúc với chất ô nhiễm; ở ngăn hiếu khí, sự xáo trộn của nước trong bể được tạo ra do sự khuấy tán của các bọt khí kích thước trung bình.

Ngoài ra, hệ thống còn bao gồm bể lắng để tách các bông cặn sinh học ra khỏi nước thải đã xử lý, thiết bị hoàn lưu để hoàn lưu nước từ ngăn hiếu khí 1 về ngăn thiếu khí 1 và hoàn lưu bùn từ bể lắng về ngăn yếm khí (Emara *et al.*, 2014). Quy trình được sử dụng rộng rãi ở Nam Phi và được đánh giá có hiệu suất loại bỏ nitrogen và phosphorus cao hơn bể bùn hoạt tính truyền thống, tạo ít bùn nhất so với các quy trình khác (Tchobanoglous & Burton, 1991).

Từ thành phần nước thải chế biến thủy sản đã được trình bày, với ưu điểm của công nghệ Bardenpho 5 giai đoạn, nghiên cứu này nhằm xác định các thông số thiết kế và vận hành của quy trình Bardenpho 5 giai đoạn để xử lý nước thải thủy sản đạt quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chế biến thủy sản QCVN 11-MT:2015/BTNMT (loại A), góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường gây ra bởi ngành chế biến thủy sản.

## 2 PHƯƠNG TIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Đối tượng và thời gian nghiên cứu

Nước thải sử dụng trong các thí nghiệm là nước thải từ quá trình chế biến tôm đông lạnh, được lấy trước song chắn rác của hồ thu gom nước thải tại Công ty TNHH Hải sản Việt Hải (xã Long Thạnh, huyện Phụng Hiệp, tỉnh Hậu Giang). Thời gian lấy mẫu vào lúc 8 - 10 giờ và 14 - 15 giờ vì đây là thời điểm tập trung các hoạt động rửa và ngâm nguyên liệu (thời điểm nước thải có nồng độ chất hữu cơ cao nhất).

Nghiên cứu được thực hiện trên mô hình Bardenpho 5 giai đoạn như là công đoạn xử lý sinh học và lắng thứ cấp của một quy trình xử lý nước thải.

Các thí nghiệm được tiến hành từ tháng 8/2018 đến tháng 12/2018 tại Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ.

### 2.2 Mô hình Bardenpho 5 giai đoạn thí nghiệm

Mô hình Bardenpho 5 giai đoạn được thiết kế dựa trên các giá trị thông số thiết kế đề xuất bởi WEF (2005)\*; Tchobanoglous & Burton (1991)\*\*, và khả năng thu thập nước thải để làm thí nghiệm hàng ngày. Các giá trị được thể hiện ở Bảng 1.

**Bảng 1: Các thông số thiết kế mô hình Bardenpho 5 giai đoạn**

| Thông số thiết kế  | Đơn vị             | Giá trị*        | Chọn |
|--|--------------------|-----------------|------|
| Tỷ lệ thức ăn trên số lượng vi khuẩn F/M                         | ngày <sup>-1</sup> | 0,1 - 0,2**     |      |
| Chất rắn lơ lửng trong hỗn dịch nước thải của mô hình xử lý MLSS | mg/L               | 2.000 - 4.000** |      |
| Thời gian tồn lưu  | Yếm khí            | 0,5 - 1,5       | 0,5  |
|  | Thiếu khí 1        | 1 - 3           | 1,0  |
|  | Hiếu khí 1         | 4 - 12          | 4,0  |
|  | Thiếu khí 2        | 2 - 4           | 2,0  |
|  | Hiếu khí 2         | 0,5 - 1,0       | 0,5  |
| Hoàn lưu bùn hoạt tính   | % theo Q           | 50 - 100        | 100  |
| Hoàn lưu nội tại   | % theo Q           | 200 - 400       | 300  |

trong đó  $\frac{F}{M} = \frac{Q.S_0}{V.X}$

với Q: lưu lượng nạp nước của mô hình = V/θ (m<sup>3</sup>/ngày)

V: thể tích hoạt động của mô hình AAO (m<sup>3</sup>)

θ: thời gian lưu nước (giờ)

S<sub>0</sub>: nồng độ BOD<sub>5</sub> của nước thải đầu vào (mg/L)

X: mật độ vi khuẩn trong mô hình tính bằng hàm

lượng chất rắn lơ lửng hóa hơi (MLVSS) trong bể (mg/L)

BOD<sub>nap</sub>: tải nạp BOD trung bình tính theo thể tích hoạt động của mô hình = Q\*S<sub>0</sub>/V\*1000 (kg BOD/m<sup>3</sup>.ngày<sup>-1</sup>)

Khả năng thu thập nước tại công ty mỗi ngày là 240 L, như vậy lưu lượng nước đầu vào của mô hình là 240 L/ngày. Mô hình được thiết kế với kích thước các ngăn như Bảng 2.

**Bảng 2: Kích thước mô hình bể Bardenpho 5 giai đoạn**

| Thông số               | Các ngăn bể Bardenpho 5 giai đoạn |      |      |      |      | Bể USBF 5 giai đoạn |
|------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|---------------------|
|                        | 1                                 | 2    | 3    | 4    | 5    |                     |
| Chiều dài (m)          | 0,10                              | 0,20 | 0,80 | 0,40 | 0,10 | 0,15                |
| Chiều rộng (m)         | 0,15                              | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15                |
| Chiều cao công tác (m) | 0,25                              | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25                |
| Chiều cao mô hình (m)  | 0,35                              | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35                |
| Thể tích công tác (L)  | 3,75                              | 7,50 | 30,0 | 15,0 | 3,75 | 5,63                |
| Thể tích mô hình (L)   | 5,25                              | 10,5 | 42,0 | 21,0 | 5,25 | 7,88                |

Chú thích: (1): Ngăn yếm khí (2): Ngăn thiếu khí 1 (3): Ngăn hiếu khí 1 (4): Ngăn thiếu khí 2 (5): Ngăn hiếu khí 2

**Các thiết bị phụ trợ:**

– Động cơ khuấy: dùng để tăng sự xáo trộn hỗn dịch bùn nước thải ở ngăn yếm khí, thiếu khí 1 và thiếu khí 2.

– Máy thổi khí: công suất 65 L/phút dùng để cung cấp khí cho ngăn 2 ngăn hiếu khí.

– Bình Mariotte: thể tích 150 L dùng để chứa nước thải đầu vào. Cột nước được làm bằng ống nhựa trong để theo dõi mực nước trong bình, có van điều chỉnh lưu lượng và ống nhựa dẫn nước vào bể xử lý.

– Máy bơm hoàn lưu: sử dụng 2 máy, trong đó 1 máy hoàn lưu bùn từ bể lắng về ngăn yếm khí, máy còn lại bơm hoàn lưu nước từ ngăn hiếu khí 1 về ngăn thiếu khí 1.



**Hình 1: Mô hình Bardenpho 5 giai đoạn sử dụng trong nghiên cứu**

**2.3 Các bước tiến hành nghiên cứu**

Sau khi thiết kế và gia công mô hình bể Bardenpho 5 giai đoạn, nghiên cứu được tiến hành theo các bước sau:

### 2.3.1 Đánh giá thành phần nước thải

Thành phần nước thải của các nhà máy chế biến thủy sản thường khác nhau, lượng nước thải phát sinh luôn biến động và bị ảnh hưởng bởi nguồn nguyên liệu, lượng nước dùng cho các hoạt động trong quá trình sản xuất và hóa chất sử dụng. Vì thế, việc xác định thành phần nước thải rất quan trọng để đánh giá khả năng phân hủy sinh học, mức độ phù hợp của việc áp dụng biện pháp xử lý sinh học, và những điều chỉnh cần thiết đảm bảo các thông số vận hành khi thực hiện xử lý sinh học.

Phân tích chất lượng nước thải thủy sản thực hiện trong ba ngày liên tục với các thông số ô nhiễm chủ yếu gồm: pH, độ đục, SS, BOD<sub>5</sub>, COD, TP, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, TKN, tổng Coliform.

### 2.3.2 Tạo sinh khối vi sinh vật và khởi động mô hình

#### Tạo sinh khối vi sinh vật

Lấy 30 L bùn hoạt tính từ hệ thống xử lý nước thải tập trung của Khu công nghiệp Trà Nóc, thành phố Cần Thơ đem về phòng thí nghiệm, sau đó chia bùn ra để nuôi thành 3 loại: hiếu khí, thiếu khí, yếm khí.

- Bùn hiếu khí cho vào thùng nhựa 60 L sục khí liên tục 24/24, nước thải trong thùng được thay định kỳ mỗi ngày hai lần (sáng lúc 10 giờ và chiều lúc 17 giờ) nhằm cung cấp chất nền cho vi khuẩn phát triển.

- Bùn thiếu khí được cho vào thùng nhựa 30 L, khuấy trộn liên tục 24/24 và được thay nước như bùn hiếu khí.

- Bùn yếm khí được cho vào bình nhựa sau đó đổ nước thải đến đầy bình và bịt kín đảm bảo môi trường yếm khí.

Khi quan sát thấy bùn có màu đặc trưng (bùn hiếu khí có màu vàng sậm, bùn thiếu khí màu nâu sẫm, bùn yếm khí có màu đen), mật độ bùn cao và bùn lắng khá tốt thì đưa vào mô hình để tiến hành thí nghiệm.

#### Khởi động mô hình

Nước thải thủy sản được lắng tĩnh (trương đương với công đoạn lắng sơ cấp trong quy trình xử lý nước thải) trước khi đưa vào bình Mariotte. Nước thải từ bình Mariotte chảy vào mô hình với lưu lượng được điều chỉnh với thời gian tồn lưu nước đã tính toán. Theo dõi DO định kỳ tại các ngăn ở hai thời điểm trong ngày (sáng, chiều), kiểm tra lưu lượng đầu

vào, hoàn lưu bùn để có hướng điều chỉnh cho phù hợp.

### 2.3.3 Tiến hành thí nghiệm định hướng

Để loại bỏ nitrogen và phosphorus trong nước thải cần phải có thời gian lưu đủ dài để các quá trình nitrate hóa, khử nitrate được diễn ra hoàn toàn. Dựa vào thành phần nước thải thí nghiệm và một số tài liệu tham khảo để chọn mốc thời gian lưu nước tiến hành thí nghiệm định hướng.

Phân tích chỉ tiêu COD của nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình trong 5 ngày liên tục, nếu nồng độ COD đầu ra của mô hình không đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A), tiến hành tăng thời gian lưu hay điều chỉnh các thông số vận hành (MLSS, MLVSS). Nếu nồng độ COD đạt loại A của QCVN 11-MT:2015/BTNMT thì tiến hành thí nghiệm chính thức với mô hình Bardenpho 5 giai đoạn.

### 2.3.4 Tiến hành thí nghiệm chính thức

Sau khi xác định tổng thời gian lưu nước phù hợp cho quá trình xử lý sinh học, tiến hành thí nghiệm chính thức với thời gian lưu được chọn trên mô hình Bardenpho 5 giai đoạn. Thu mẫu nước thải đầu vào và đầu ra từ mô hình và phân tích liên tục trong ba ngày với các chỉ tiêu đã nêu và phân tích MLSS, MLVSS ở các ngăn của mô hình.

So sánh kết quả ghi nhận với QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A), nếu kết quả thu được đạt yêu cầu và hiệu quả xử lý cao sẽ tiến hành thí nghiệm với lưu lượng đầu vào tăng lên nhằm giảm tổng thời gian lưu nước, nếu nước thải đầu ra vượt quy chuẩn thì thí nghiệm tiếp theo sẽ điều chỉnh thông số vận hành (DO, MLSS, MLVSS) hoặc giảm lưu lượng đầu vào nhằm tăng thời gian tồn lưu. Các thí nghiệm được tiến hành nhằm đảm bảo chất lượng nước đầu ra đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A) ở các thông số đã đề cập.

## 2.4 Phương pháp và phương tiện phân tích

Nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình được phân tích tại các phòng thí nghiệm thuộc Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ và Trung tâm Kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng thành phố Cần Thơ.

Các thông số phân tích bao gồm 8/10 thông số được quy định trong QCVN 11-MT:2015/ BTNMT là pH, SS, BOD<sub>5</sub>, COD, TP, TN, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, tổng Coliform, trong đó hai chỉ tiêu liên quan đến vận hành hệ thống và giải thích kết quả thí nghiệm là DO và MLVSS; bên cạnh đó còn hai chỉ tiêu khác là TKN và N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.



**Bảng 3: Thông số phân tích của mẫu nước và phương pháp thực hiện**

| Chỉ tiêu                       | Phương pháp phân tích                                       |
|--------------------------------|---|
| pH                             | Đo trực tiếp theo TCVN 6492:2011 (ISO 10523:2008)           |
| DO                             | Đo trực tiếp theo TCVN 7325:2004 (ISO 5814:1990)            |
| Độ đục                         | Đo trực tiếp theo SMEWW 2130B                               |
| SS                             | Lọc và đo bằng trọng lượng TCVN 6625:2000 (ISO 11923:1997)  |
| COD                            | Dicromate đun hoàn lưu kín (TCVN 6491:1999)                 |
| BOD <sub>5</sub>               | Winkler cải tiến, SMEWW 5210B (TCVN 6001-2:2008)            |
| TP                             | SMEWW:4500- P   |
| TKN                            | TCVN 6638:2000  |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | EPA-353.2   |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Phương pháp trắc phổ tự động TCVN 5988:1995 (ISO 5664-1984) |
| MLVSS                          | Phương pháp xác định theo trọng lượng                       |
| Tổng Coliform                  | Phương pháp MPN (TCVN 6187-2:1996)                          |

**3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1 Tính chất của nước thải thủy sản thí nghiệm**

Nhằm nắm vững các thành phần của nước thải thí nghiệm, nghiên cứu lấy mẫu nước thải trong 3 ngày liên tiếp phân tích các thông số ô nhiễm chủ yếu để đánh giá chất lượng nước thải. Nước thải khi thu thập có độ đục cao, có mùi hôi và chứa nhiều cặn lơ lửng.

**Bảng 4: Thành phần và đặc điểm nước thải thí nghiệm**

| Chỉ tiêu                       | Đơn vị     | Giá trị (n = 3)                                 |
|--------------------------------|------------|---|
| pH                             | -          | 6,87 ± 0,12                                     |
| SS                             | mg/L       | 131,40 ± 23,80                                  |
| Độ đục                         | NTU        | 66,71 ± 6,66                                    |
| COD                            | mg/L       | 972,30 ± 50,02                                  |
| BOD <sub>5</sub>               | mg/L       | 507,30 ± 38,72                                  |
| TP                             | mg/L       | 20,40 ± 2,53                                    |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg/L       | 7,58 ± 0,57                                     |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | mg/L       | 34,80 ± 3,78                                    |
| TKN                            | mg/L       | 125,07 ± 3,76                                   |
| TN                             | mg/L       | 132,64 ± 4,18                                   |
| Tổng Coliform                  | MPN/100 mL | 4,50 × 10 <sup>6</sup> ± 0,14 × 10 <sup>6</sup> |

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

Nồng độ pH của nước thải có giá trị trung bình là 6,87 ± 0,12 nằm trong khoảng từ 6,0 - 7,0 thích hợp cho quá trình phân hủy yếm khí (Monnet, 2003). Vì vậy, nước thải trước khi đưa vào vận hành bể Bardenpho không cần điều chỉnh pH.

Nước thải thí nghiệm có tỷ lệ BOD<sub>5</sub> : COD = 507,3 : 972,3 = 0,52 > 0,50 thích hợp cho quá trình xử lý sinh học (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016).

Nước thải thí nghiệm có tỷ lệ BOD<sub>5</sub> : N : P = 507,30 : 132,64 : 20,40 = 100,00 : 26,15 : 4,02; trong khi tỷ lệ cần thiết cho vi sinh vật (VSV) hoạt động là 100 : 5 : 1 (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016). Nồng độ N, P cao hơn nhu cầu cần thiết của vi khuẩn nên cần chọn thời gian lưu nước thích hợp để loại bỏ hai loại dưỡng chất này.

Nước thải thí nghiệm có tỷ lệ COD : N : P = 972,30 : 132,64 : 20,40 = 350,00 : 47,75 : 7,30; trong khi tỷ lệ thích hợp cho hệ thống xử lý yếm khí là 350 : 5 : 1 (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016). Điều này cho thấy nồng độ N, P cao hơn nhiều so với nồng độ cần thiết cho vi sinh vật ở ngăn yếm khí.

Nước thải có nồng độ SS đầu vào là 131,40 ± 23,80 mg/L, thấp hơn mức đề nghị 150 mg/L (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016) phù hợp đưa vào công đoạn xử lý sinh học. Tuy nhiên, nồng độ SS có thời điểm lớn hơn 150 mg/L nên cần qua giai đoạn lắng sơ cấp trước khi cho vào mô hình để xử lý (ứng với giai đoạn lắng tĩnh trước khi đưa nước thải vào bình Mariotte).

Có thể thấy nước thải thủy sản có nồng độ chất hữu cơ, nitrogen và phosphorus cao, do đó bể Bardenpho là công nghệ phù hợp để xử lý loại nước thải này.

**3.2 Theo dõi sự ổn định của mô hình giai đoạn thích nghi**

Sau 25 ngày vận hành, VSV trong mô hình đã phát triển tốt và thích nghi thể hiện qua bùn ở ngăn yếm khí có màu đen, dễ tạo bông; ở các ngăn thiếu khí bùn có màu nâu sẫm, bông bùn to; bùn ở ngăn hiếu khí dễ tạo bông, có màu nâu đỏ và lắng tốt. Từ kết quả về thành phần nước thải, chọn thời gian lưu nước là 8 giờ để thực hiện thí nghiệm định hướng.

Để đánh giá tính ổn định của mô hình đối với sự biến thiên về nồng độ chất ô nhiễm của nước thải đầu vào, tiến hành thu mẫu nước thải đầu vào và đầu

ra để phân tích, theo dõi COD trong các thời đoạn 5 ngày liên tiếp. Kết quả phân tích mẫu nước trong 5 ngày liên tiếp được trình bày trong Bảng 5.

**Bảng 5: Kết quả phân tích COD trong nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình**

|         | Ngày 1 | Ngày 2   | Ngày 3 | Ngày 4 | Ngày 5   | Trung bình   |
|---------|--------|----------|--------|--------|----------|--------------|
| Đầu vào | 960,00 | 1.002,00 | 946,00 | 968,00 | 1.013,00 | 977,8 ± 25,5 |
| Đầu ra  | 30,05  | 31,85    | 27,43  | 25,53  | 26,71    | 28,3 ± 2,3   |

Nồng độ COD trong nước thải đầu vào mô hình có biến động nhưng không lớn đạt 977,8 ± 25,5 mg/L, COD đầu ra chỉ còn 28,3 ± 2,3 mg/L và đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A). Do đó, thời gian tồn lưu nước 8 giờ được chọn làm mốc thời gian lưu nước cho thí nghiệm chính thức.

**3.3 Kết quả vận hành chính thức mô hình Bardenpho 5 giai đoạn**

*3.3.1 Thí nghiệm với thời gian lưu nước  $\theta = 8$  giờ*

Với thời gian lưu nước 8 giờ được chọn, vận hành mô hình với các thông số được trình bày trong Bảng 6 và Bảng 7.

**Bảng 6: Các thông số vận hành mô hình Bardenpho 5 giai đoạn ( $\theta = 8$  giờ)**

| Chỉ tiêu                                  | Ngăn xử lý |             |            |             |            |
|---|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|   | Yếm khí    | Thiếu khí 1 | Hiếu khí 1 | Thiếu khí 2 | Hiếu khí 2 |
| Lưu lượng nạp nước (m <sup>3</sup> /ngày) |            |             |            |             | 0,18       |
| DO (mg/L)                                 | 0,0        | 0,3 - 0,5   | 2,5 - 2,7  | 0,5 - 0,7   | 2,4 - 2,6  |
| Thời gian lưu (giờ)                       | 0,5        | 1,0         | 4,0        | 2,0         | 0,5        |
| MLSS (mg/L)                               | 8.724      | 5.032       | 3.547      | 3.190       | 3.647      |
| MLVSS (mg/L)                              | 6.930      | 3.987       | 2.818      | 2.534       | 2.897      |

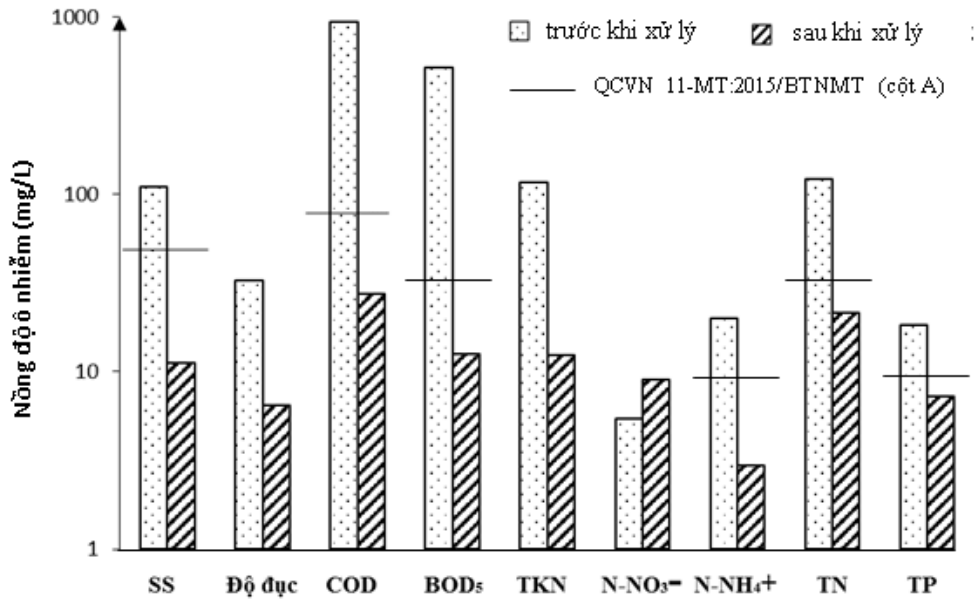
**Bảng 7: Các thông số vận hành được tính toán với thời gian lưu nước 8 giờ**

| Chỉ tiêu   | Giá trị |
|--|---------|
| Tỷ lệ thức ăn trên số lượng vi khuẩn (F/M) (ngày <sup>-1</sup> )                             | 0,40    |
| Tải nạp BOD trung bình (kg BOD/m <sup>3</sup> .ngày <sup>-1</sup> )                          | 1,54    |
| Tải nạp COD cho ngăn yếm khí (kg COD/m <sup>3</sup> .ngày <sup>-1</sup> )                    | 44,80   |
| Tải nạp nước qua bể lắng USBF (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h <sup>-1</sup> )             | 5,97    |
| Tải nạp nước sau khi lớp bùn bể lắng USBF (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h <sup>-1</sup> ) | 0,36    |
| Tải nạp nước bề mặt (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h <sup>-1</sup> )                       | 0,33    |
| Hoàn lưu bùn (% theo Q)  | 100,00  |
| Hoàn lưu nội tại (% theo Q)  | 300,00  |

Nồng độ DO ở ngăn yếm khí là 0 mg/L phù hợp với điều kiện vận hành, ở ngăn thiếu khí 1 và thiếu khí 2 lần lượt là 0,3 - 0,5 mg/L và 0,5 - 0,7 mg/L tương thích với quá trình thiếu khí (< 1 mg/L). Nồng độ DO tại ngăn hiếu khí 1 và hiếu khí 2 của mô hình là 2,5 - 2,7 mg/L và 2,4 - 2,6 mg/L, phù hợp với yêu cầu DO > 2 mg/L. Nồng độ MLSS trung bình của 5 ngăn của Bardenpho là 4.828 mg/L lớn hơn so với khoảng MLSS dành cho bể Bardenpho 5 giai đoạn

là 2.000 - 4.000 mg/L và tỷ lệ F/M là 0,4\*ngày<sup>-1</sup> lớn hơn khoảng 0,1 - 0,2\*ngày<sup>-1</sup> (Tchobanoglous & Burton, 1991).

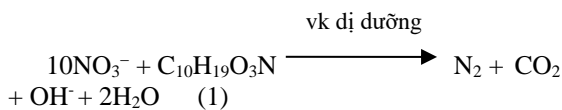
Tiến hành lấy mẫu nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình vào lúc 9 - 12 giờ trong 3 ngày liên tục. Kết quả phân tích mẫu nước thải đầu vào và đầu ra với thời gian lưu 8 giờ được trình bày trong Hình 2.



**Hình 2: Chất lượng nước thải đầu vào và đầu ra ở thời gian lưu 8 giờ**

Nước thải sau hệ thống xử lý có pH là  $7,12 \pm 0,14$  cao hơn nước thải đầu vào là  $6,80 \pm 0,08$ . Song song đó, nồng độ TKN đầu vào từ  $117,07 \pm 6,75$  mg/L giảm còn  $12,46 \pm 0,70$  mg/L là do đạm hữu cơ chuyển thành đạm amoni, khi đó một phần amoni đi vào tế bào vi khuẩn và phần còn lại sẽ bị nitrate hóa. Nồng độ N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> từ  $5,42 \pm 0,31$  mg/L tăng lên  $9,07 \pm 0,48$  mg/L sau khi xử lý. Nồng độ TKN giảm đi và nồng độ N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tăng lên rất ít không tương ứng với lượng TKN giảm chứng tỏ quá trình khử nitrate diễn ra như phương trình (1), quá trình này làm tăng lượng alkalinity trong nước thải từ đó làm cho pH tăng lên. Mặc dù pH của nước thải sau hệ thống tăng nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép từ 6,0 - 9,0 theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A).

Các vi khuẩn dị dưỡng sẽ sử dụng oxy thu được trong đạm nitrate và đạm nitrite để dùng cho quá trình hô hấp và oxy hóa chất hữu cơ C<sub>10</sub>H<sub>19</sub>O<sub>3</sub>N theo phương trình sau:

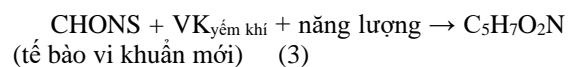
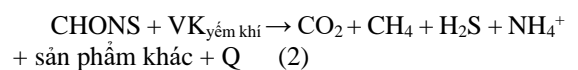


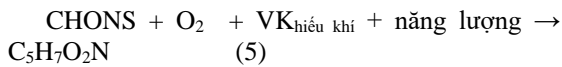
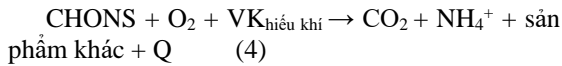
Nồng độ SS đầu vào là  $110,87 \pm 9,16$  mg/L, trong quá trình xử lý SS bị hấp phụ vào các bông cặn sinh học và kết hợp với vi khuẩn tạo thành MLSS; nồng độ MLSS ở ngăn thứ 5 trước khi vào bể USBF là 3.647 mg/L. Nồng độ SS đầu ra giảm còn  $11,18 \pm 0,13$  mg/L đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A) với hiệu suất loại bỏ lên đến 99,69%. Độ đục đầu vào là  $32,53 \pm 2,83$  NTU và đầu ra giảm còn  $6,51 \pm$

0,44 NTU với hiệu suất loại bỏ 79,99%. SS được loại bỏ cao là do quá trình hấp phụ các chất rắn lơ lửng của VSV lên bông bùn đồng thời phân hủy các chất rắn này để tổng hợp các tế bào mới và việc giữ lại SS trong lớp bùn ở bể USBF làm giảm đáng kể hàm lượng SS trong nước thải đầu ra.

Nồng độ COD và BOD<sub>5</sub> trong nước thải đầu vào lần lượt là  $933,25 \pm 20,67$  mg/L và  $515,67 \pm 25,49$  mg/L, sau khi xử lý còn  $27,53 \pm 4,47$  mg/L và  $12,58 \pm 1,05$  mg/L (hiệu suất xử lý tương ứng là 97,05% và 97,56%), đạt yêu cầu so với ngưỡng xả thải cho phép theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A). Việc giảm nồng độ các chất hữu cơ trong nước thải chủ yếu nhờ hệ VSV ở điều kiện yếm khí, hiếu khí và thiếu khí phân hủy chất hữu cơ thành các chất khí hay chất khoáng, một phần được dùng để tạo ra các tế bào vi khuẩn mới được thể hiện qua các phương trình (1), (2), (3), (4), (5). Ngoài việc đồng hóa các chất, các bông cặn sinh học còn có thể hấp phụ các hạt rắn lơ lửng, các chất hữu cơ hòa tan, do đó nồng độ chất hữu cơ cũng như SS giảm đáng kể sau khi bông cặn lắng ở bể lắng sau quá trình xử lý sinh học.

Các phương trình phản ứng xử lý chất ô nhiễm: oxy hóa yếm khí (2), tổng hợp yếm khí (3), oxy hóa hiếu khí (4), tổng hợp hiếu khí (5).

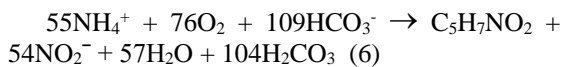




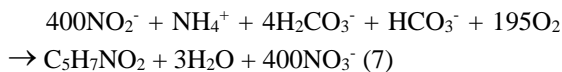
Nước thải đầu vào có nồng độ TN và TKN lần lượt là  $122,49 \pm 7,06$  mg/L và  $117,07 \pm 6,75$  mg/L. Nước thải đầu ra của mô hình có nồng độ TN giảm còn  $21,53 \pm 1,11$  mg/L (hiệu suất loại bỏ 85,42%), TKN giảm còn  $12,46 \pm 0,70$  mg/L (hiệu suất xử lý 85,19%); cả hai thông số này đều đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A). Nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> đầu vào từ  $20,05 \pm 0,92$  mg/L giảm còn  $2,97 \pm 0,47$  mg/L ở đầu ra, trong khi nồng độ N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> đầu ra đạt  $9,07 \pm 0,48$  mg/L tăng so với đầu vào  $5,42 \pm 0,31$  mg/L. Nồng độ TKN giảm nhưng nồng độ N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tăng rất ít không tương ứng là do quá trình nitrate hóa trong bể diễn ra tốt, lượng amoni trong nước thải đầu vào được oxy hóa thành nitrate trong ngăn hiếu khí 1, một phần amoni được các VSV dị dưỡng chuyển hóa vào bên trong tế bào để tổng hợp tế bào vi khuẩn mới thông qua phương trình (6) và (7). Lượng nitrate từ ngăn hiếu khí 1 được hoàn lưu trở lại ngăn thiếu khí 1 và đi qua ngăn thiếu khí 2, khi đó các ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong nước sẽ bị khử thành các dạng khí và cuối cùng là N<sub>2</sub> được phóng thích vào khí quyển [(các phương trình (1), (8) và (9)]. Hiệu suất loại bỏ TKN đạt 89,35% chứng tỏ khả năng loại bỏ nitrogen của công nghệ Bardenpho 5 giai đoạn tốt và vượt trội so với công nghệ xử lý bùn hoạt tính truyền thống có hiệu suất loại bỏ đạm amoni, đạm hữu cơ lần lượt là 8 - 15% và 15 - 50% (Tchobanoglous & Burton, 1991).

Hai phương trình hóa học của quá trình nitrate hóa (Wiesmann *et al.*, 2007):

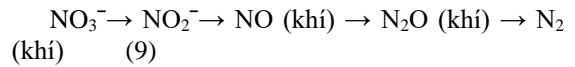
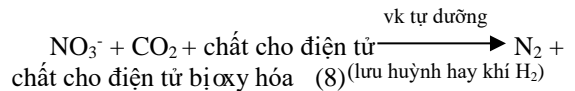
Giai đoạn 1: đạm amoni bị oxy hóa thành nitrite do tác động của vi khuẩn nitrite



Giai đoạn 2: oxy hóa nitrite thành nitrate do tác động của vi khuẩn nitrate



Quá trình khử nitrate cũng có thể được tiến hành bởi các vi khuẩn tự dưỡng khi có sự hiện diện của lưu huỳnh hay khí H<sub>2</sub> làm chất cho điện tử. Quá trình này xảy ra theo bốn bậc liên tiếp với mức độ giảm hóa trị của các nguyên tố nitrogen từ +5 về +3, +2, +1 và 0.



Nồng độ TP trong nước thải đầu vào là  $18,33 \pm 1,25$  mg/L, sau quá trình xử lý giảm còn  $7,30 \pm 0,08$  mg/L, đạt cột A theo quy chuẩn QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Giá trị này giảm gần 3 lần so với đầu vào và gần đạt đến ngưỡng hấp thu phosphorus của VSV (từ 1,5 - 2,5% có thể lên đến 6,0 - 8,0%). Trong môi trường yếm khí, các polyphosphate bị thủy phân thành dạng phosphate vô cơ, và trong điều kiện hiếu khí các phosphate vô cơ này sẽ được hấp thu vào tế bào vi khuẩn và được trữ lại dưới dạng polyphosphate. Cùng với đó, việc luân chuyển bùn từ ngăn yếm khí sang ngăn hiếu khí và hoàn lưu bùn từ bể USBF về ngăn yếm khí sẽ tạo động lực để tạo nên nhóm vi khuẩn có khả năng tích lũy phosphorus cao, nhóm vi khuẩn này sẽ đưa phosphorus vào cơ thể chúng nhiều hơn và xảy ra quá trình kết tủa sinh học. Ngoài ra, việc xả bỏ bùn giúp loại bỏ phosphorus khỏi hệ thống (cơ chế xử lý như phương trình 6 và 7). Hiệu suất loại bỏ TP khá cao 60,18% chứng tỏ hệ thống có khả năng loại bỏ phosphorus tốt hơn so với công nghệ bùn hoạt tính truyền thống có hiệu suất loại bỏ phosphorus chỉ đạt 10 - 20% (Tchobanoglous & Burton, 1991).

Mật độ Coliform đầu vào là  $7,5 \times 10^6 \pm 0,49 \times 10^6$  MPN/100 mL, sau khi qua hệ thống xử lý giảm còn  $2,67 \times 10^4 \pm 0,26 \times 10^4$  MPN/100 mL, với hiệu suất xử lý là 99,64%. Nồng độ Coliform giảm do bị nguyên sinh động ăn, bị các bông bùn hấp thụ và một phần chết đi do không cạnh tranh với các VSV trong bể. Mật độ tổng Coliform còn trong nước thải sau xử lý cao hơn QCVN 11-MT:2015/BTNMT nhưng không phải là đối tượng đánh giá trong khuôn khổ nghiên cứu này vì trong thực tế nước thải còn phải qua bể khử trùng trước khi đưa ra nguồn tiếp nhận.

### 3.3.2 Thí nghiệm với thời gian lưu nước $\theta = 7$ giờ

Từ kết quả với thời gian lưu nước 8 giờ, nước thải sau xử lý sinh học bằng bể Bardenpho thấp hơn quy chuẩn khá nhiều nên ở thí nghiệm này tiến hành giảm thời gian tồn lưu nước đối với 5 ngăn của bể Bardenpho xuống còn 7 giờ nhằm đánh giá xem ở thời gian lưu nước này nước thải đầu ra còn đạt quy chuẩn hay không.



**Bảng 9: Các thông số vận hành mô hình Bardenpho 5 giai đoạn ( $\theta = 7$  giờ)**

| Chỉ tiêu                          | Ngăn xử lý |             |            |             |            |
|-----------------------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|                                   | Yếm khí    | Thiếu khí 1 | Hiếu khí 1 | Thiếu khí 2 | Hiếu khí 2 |
| Lưu lượng nạp nước ( $m^3/ngày$ ) |            |             |            |             | 0,21       |
| DO (mg/L)                         | 0,0        | 0,2 - 0,5   | 2,3 - 2,7  | 0,6 - 0,8   | 2,4 - 2,6  |
| Thời gian lưu (giờ)               | 0,44       | 0,88        | 3,50       | 1,75        | 0,44       |
| MLSS (mg/L)                       | 6.316,00   | 4.079,00    | 3.157,00   | 3.279,00    | 3.829,00   |
| MLVSS (mg/L)                      | 4.709,00   | 3.041,00    | 2.354,00   | 2.445,00    | 2.855,00   |

Nồng độ DO ở ngăn yếm khí là 0 mg/L phù hợp với điều kiện vận hành, ở ngăn thiếu khí 1 và thiếu khí 2 lần lượt là 0,2 - 0,5 mg/L và 0,6 - 0,8 mg/L phù hợp với quá trình thiếu khí (yêu cầu DO < 1 mg/L). Đối với vùng hiếu khí yêu cầu nồng độ DO > 2 mg/L, tại ngăn hiếu khí 1 và hiếu khí 2 của mô hình

nồng độ DO là 2,3 - 2,7 mg/L và 2,4 - 2,6 mg/L, cả 2 ngăn hiếu khí đều có nồng độ DO phù hợp. Nồng độ MLSS trung bình của 5 ngăn của Bardenpho là 4.132 mg/L lớn hơn so với khoảng MLSS dành cho bể Bardenpho 5 giai đoạn là 2.000 - 4.000 mg/L, tỷ lệ F/M là  $0,59 \cdot \text{ngày}^{-1}$  lớn hơn giá trị tham khảo  $0,1 - 0,2 \cdot \text{ngày}^{-1}$  (Tchobanoglous & Burton, 1991).

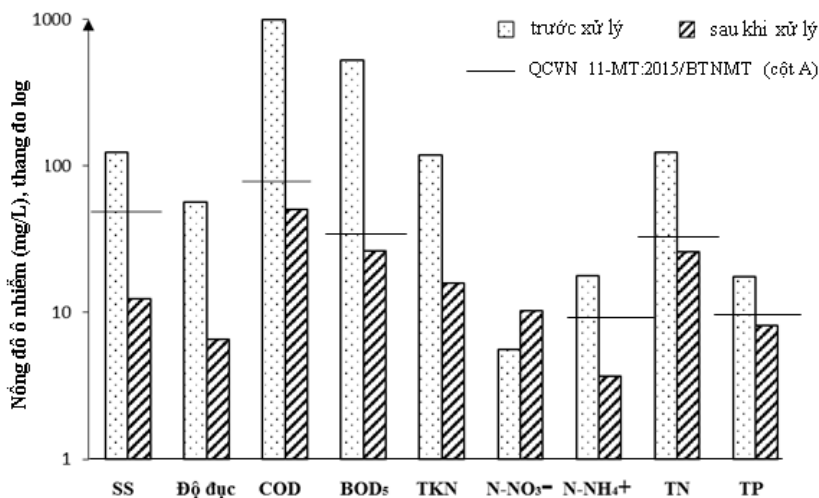
**Bảng 10: Các thông số vận hành được tính toán với thời gian lưu nước 7 giờ**

| Chỉ tiêu   | Giá trị |
|--|---------|
| Tỷ lệ thức ăn trên số lượng vi khuẩn (F/M) ( $\text{ngày}^{-1}$ )      | 0,59    |
| Tải nạp BOD trung bình ( $\text{kg BOD}/m^3 \cdot \text{ngày}$ )       | 1,83    |
| Tải nạp COD cho ngăn yếm khí ( $\text{kg COD}/m^3 \cdot \text{ngày}$ ) | 55,93   |
| Tải nạp nước qua bể lắng USBF ( $m^3/m^2 \cdot h$ )                    | 6,96    |
| Tải nạp nước sau khi qua lớp bùn bể lắng USBF ( $m^3/m^2 \cdot h$ )    | 0,42    |
| Tải nạp nước bề mặt ( $m^3/m^2 \cdot h$ )                              | 0,39    |
| Hoàn lưu bùn (% theo Q)  | 100,00  |
| Hoàn lưu nội tại (% theo Q)  | 300,00  |

Các mẫu nước thải đầu vào và đầu ra của mô hình được thu trong 3 ngày liên tục. Nước thải sau hệ thống xử lý có pH là  $7,15 \pm 0,18$  cao hơn đầu vào  $6,63 \pm 0,17$ . Giá trị pH này nằm trong khoảng cho phép 6,0 - 9,0 theo QCVN11-MT:2015/BTNMT (cột A).

kết hợp với vi khuẩn tạo thành MLSS, nồng độ MLSS ở ngăn thứ 5 khi vào bể USBF là 3.829 mg/L. Nồng độ SS đầu ra giảm còn  $12,43 \pm 1,14$  mg/L đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A) với hiệu suất loại bỏ 99,68%. Độ đục đầu vào là  $56,47 \pm 14,88$  NTU và đầu ra giảm còn  $6,60 \pm 1,21$  NTU với hiệu suất loại bỏ 88,31%.

Nồng độ SS đầu vào là  $123,80 \pm 8,90$  mg/L, trong bể SS bị hấp phụ vào các bông cặn sinh học và



**Hình 3: Chất lượng nước thải đầu vào và đầu ra ở thời gian lưu 7 giờ**

Nồng độ COD và BOD<sub>5</sub> trong nước thải đầu vào lần lượt là 998,68 ± 27,49 mg/L và 523,67 ± 32,05 mg/L, ở đầu ra giảm còn 50,74 ± 6,73 mg/L và 26,21 ± 1,14 mg/L. Với hiệu suất loại bỏ COD là 94,92% và BOD<sub>5</sub> là 94,99%, nước thải đầu ra đạt cột A theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Nguyên nhân COD, BOD<sub>5</sub> giảm được trình bày tương tự ở phần nhận xét về kết quả xử lý của quy trình Bardenpho 5 giai đoạn ở thời gian lưu nước 8 giờ. Hiệu suất xử lý ở thời gian lưu 7 giờ thấp hơn thời gian lưu 8 giờ là do thời gian xử lý ngắn hơn, trong khi tải nạp ở thời gian lưu 7 giờ là 1,83 kg BOD/m<sup>3</sup>.ngày lớn hơn tải nạp ở thời gian lưu 8 giờ là 1,54 kg BOD/m<sup>3</sup>.ngày.

Nước thải đầu vào có nồng độ TN là 124,13 ± 8,29 mg/L, TKN là 118,57 ± 8,96 mg/L. Sau khi xử lý nồng độ TN giảm còn 26,14 ± 1,31 mg/L (hiệu suất loại bỏ 78,94%) và nồng độ TKN giảm còn 15,81 ± 0,44 mg/L (hiệu suất xử lý 86,67%). Nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> đầu vào từ 17,85 ± 1,57 mg/L giảm còn 3,68 ± 0,84 mg/L với hiệu suất xử lý là 79,37%. Nồng độ N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> đầu vào là 5,57 ± 0,85 mg/L, sau khi xử lý tăng lên 10,33 ± 1,63 mg/L. Cả hai chỉ tiêu TN và N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> đều đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A).

Nồng độ TP trong nước thải đầu vào là 17,50 ± 1,47 mg/L, sau khi xử lý giảm còn 8,12 ± 0,30 mg/L (hiệu suất xử lý 53,62%) và đạt quy chuẩn QCVN 11-MT:2015/BTNMT (cột A). Tổng Coliform đầu vào là 7×10<sup>6</sup> ± 1,69×10<sup>6</sup> MPN/100 mL, sau khi qua hệ thống xử lý giảm còn 2,47×10<sup>4</sup> ± 0,33×10<sup>4</sup> MPN/100 mL, với hiệu suất xử lý là 99,65%.

#### 4 KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu cho thấy bể Bardenpho 5 giai đoạn có thể ứng dụng như một công đoạn xử lý sinh học trong hệ thống xử lý nước thải chế biến thủy sản với chất lượng nước thải đầu vào có nồng độ ô nhiễm COD là 972,3 ± 50,02 mg/L, BOD<sub>5</sub> là 507,3 ± 38,72 mg/L, TN là 132,64 ± 4,18 mg/L, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> là 34,8 ± 3,78 mg/L, TP là 20,4 ± 2,53 mg/L, SS là 131,4 ± 23,80 mg/L.

Trong điều kiện vận hành ổn định, với tải nạp BOD<sub>5</sub> đầu vào 1,54 kg BOD/m<sup>3</sup>.ngày<sup>-1</sup>, tải nạp COD cho ngăn yếm khí là 44,8 kg COD/m<sup>3</sup>.ngày<sup>-1</sup>, tổng thời gian lưu nước tại 5 ngăn của bể Bardenpho là 8 giờ, nước thải đầu ra đạt QCVN 11-MT:2015/BTNMT cột A ở các thông số theo dõi gồm pH, BOD<sub>5</sub>, COD, SS, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, TN, TP.

Đối với tổng thời gian lưu nước ở 5 ngăn của bể Bardenpho là 7 giờ, tải nạp BOD<sub>5</sub> đầu vào là 1,83

kg BOD/m<sup>3</sup>.ngày<sup>-1</sup>, tải nạp COD cho ngăn yếm khí là 55,93 kg COD/ m<sup>3</sup>.ngày<sup>-1</sup> thì nước thải đầu ra cũng đạt cột A theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT ở các chỉ tiêu theo dõi.

Cần tiếp tục nghiên cứu thời gian lưu phù hợp của bể Bardenpho 5 giai đoạn đối với loại nước thải có nồng độ nitrogen và phosphorus cao vì đặc điểm nổi bật của quy trình này là có hiệu quả cao trong việc loại bỏ dưỡng chất ra khỏi nước thải.

Nghiên cứu ảnh hưởng của MLSS ở các nồng độ khác nhau khi vận hành ở cùng thời gian lưu nước nêu trên.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016. Thông tư 77:2015/TT-BTNMT ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chế biến thủy sản QCVN 11-MT:2015/ BTNMT. Công báo số 171+172.
- Emara, M.M., Farag, A.A., Farouk, M. Abd El-Aziz, and Ahmed, M.A. Abd El- Razek, 2014. Biological nutrient removal in Bardenpho process. Al-Azhar University, Cairo, Egypt.
- Hartley, K., 2013. Tuning biological nutrient removal plants. IWA Publishing London.
- 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.
- Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2015. Giáo trình Vi sinh vật kỹ thuật môi trường. NXB Đại học Cần Thơ. 401 trang.
- Monnet, F., 2003. An introduction to anaerobic digestion of organic wastes. Remade Scotland. 48 pages.
- Nguyễn Thế Đồng, Trần Hiếu Huệ, 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.
- Tchobanoglous, G., and Burton, F.L., 1991. Wastewater engineering: Treatment, disposal, reuse (3<sup>rd</sup> ed.). McGraw-Hill Inc. 1334 pages.
- WEF (Water Environment Federation), 2005. Biological nutrient removal operation in wastewater treatment plants. Water Environment Federation Manual of Practice No. 29. McGraw-Hill, Inc. New York. 597 pages.
- Wiesmann, U., Choi, I.S., Dombrowski, E.M., 2007. Fundamentals of biological waste-water treatment. Wiley-VCH, Weinheim, Germany. 362 pages.