



DOI:10.22144/ctu.jvn.2019.002

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI Y TẾ BẰNG PHẢN ỨNG FENTON/OZONE KẾT HỢP LỌC SINH HỌC HIẾU KHÍ

Lê Hoàng Việt, Nguyễn Lam Sơn, Huỳnh Lương Kiều Loan 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: 23/07/2018

Ngày nhận bài sửa: 11/09/2018

Ngày duyệt đăng: 27/02/2019

Title:

Treating medical wastewater by combination of Fenton/ozone process and SAFB reactor

Từ khóa:

Bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước, nước thải y tế, quá trình Fenton/ozone, tải nạp chất hữu cơ, thời gian tồn lưu

Keywords:

Fenton/ozone process, hydraulic retention time, medical wastewater, organic loading rate, submerged aerated fixed bed bioreactor

ABSTRACT

The study was aimed to treat medical wastewater reach the national discharge standard. In this study, the medical wastewater first treated by the Fenton/ozone reactor, then continuously treated by the submerged aerated fixed bed bioreactor (SAFB); reactors were tested at the lab-scale conditions. The treatment efficiency of medical wastewater by the Fenton/ozone reactor was rather high but the organic residues from wastewater could not meet the discharge standard of QCVN 28:2010/BTNMT (A column). By continuously treated wastewater by the SAFB with the hydraulic retention time of 2 hours, the average loading rate of 0.723 kg BOD₅/m³.day, the treatment efficiencies of COD, BOD₅, P-PO₄³⁻ were 56.1%, 65.5%, and 55.0%, respectively. After treated by Fenton/ozone process combined to SAFB reactor, medical wastewater met the discharge standard of the QCVN 28:2010/BTNMT (A column).

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm tìm ra giải pháp hiệu quả xử lý nước thải y tế đạt tiêu chuẩn xả thải. Trong nghiên cứu này, nước thải y tế trước tiên được xử lý qua bể phản ứng Fenton/ozone, tiếp theo qua bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước, tất cả các mô hình xử lý đều thực hiện ở quy mô phòng thí nghiệm. Nước thải xử lý qua mô hình Fenton/ozone có hiệu quả loại bỏ các thành phần ô nhiễm khá cao nhưng nồng độ chất hữu cơ chưa đạt tiêu chuẩn xả thải. Tiếp tục cho nước thải qua bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước vận hành ở thời gian lưu nước 2 giờ, tải nạp trung bình theo thể tích hoạt động của bể là 0,723 kg BOD₅/m³.ngày, hiệu suất loại bỏ COD, BOD₅, P-PO₄³⁻ lần lượt 56,1%, 65,5%, 55,0%. Nước thải y tế sau xử lý đạt yêu cầu xả thải theo QCVN 28:2010/BTNMT (cột A) ở tất cả các thông số ô nhiễm khảo sát.

Trích dẫn: Lê Hoàng Việt, Nguyễn Lam Sơn, Huỳnh Lương Kiều Loan và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2019. Nghiên cứu xử lý nước thải y tế bằng phản ứng Fenton/ozone kết hợp lọc sinh học hiếu khí. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 55(1A): 14-22.

1 GIỚI THIỆU

Trong cuộc sống thường nhật, ngành y tế giữ vai trò quan trọng trong việc chăm sóc sức khỏe cộng đồng, điều trị bệnh, bảo đảm sức khỏe cho con người để học tập và lao động sản xuất. Với tốc độ phát triển

nh nhanh chóng của xã hội hiện đại, các dịch vụ chăm sóc y tế cũng phát triển không ngừng để con người có được sức khỏe tốt nhất cống hiến cho xã hội. Đi đôi với các dịch vụ y tế ngày một gia tăng, lượng nước thải phát sinh từ các cơ sở y tế cũng ngày càng gia tăng. Theo Nguyễn Thanh Hà (2015), nước thải

y tế chứa hàm lượng cặn lơ lửng dao động từ 75 đến 250 mg/L, BOD₅ dao động từ 120 đến 200 mg/L, COD có giá trị từ 150 đến 250 mg/L, hàm lượng N-NH₃ phụ thuộc vào loại hình cơ sở y tế, phosphore thường tồn tại dưới dạng ortho-phosphate (PO₄³⁻, HPO₄²⁻, H₂PO₄⁻, H₃PO₄) hay poly-phosphate [Na₃(PO₃)₆] và P-PO₄³⁻ hữu cơ. Ngoài những chất ô nhiễm thông thường, trong nước thải y tế có thể có những chất bản, khoáng và hữu cơ đặc thù như các chế phẩm thuốc, các chất khử trùng, các đồng vị phóng xạ được sử dụng trong quá trình chẩn đoán và điều trị bệnh.

Theo qui định mỗi cơ sở y tế phải có hệ thống thu gom, xử lý nước thải đồng bộ và có hệ thống thu gom nước mưa chảy tràn tách riêng với nước thải từ các khoa, phòng. Hệ thống thu gom nước thải phải là hệ thống ngầm hoặc có nắp đậy. Hệ thống xử lý nước thải phải có bể thu gom bùn và nước thải trước khi thải ra môi trường đáp ứng các yêu cầu theo QCVN 28:2010/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải y tế. Theo Nguyễn Xuân Nguyên và Phạm Hồng Hải (2004), các bệnh viện cấp huyện với quy mô 50 - 100 giường bệnh được xây dựng chủ yếu ở các thị trấn với điều kiện trang bị kém nên nhiều cơ sở y tế chưa lựa chọn được loại hình công nghệ xử lý nước thải phù hợp. Nếu không được thu gom, xử lý đảm bảo các quy chuẩn hiện hành, nước thải y tế có nguy cơ gây ô nhiễm, suy thoái các nguồn nước tiếp nhận, ảnh hưởng đến chất lượng môi trường đất và có thể phát tán các dịch bệnh trong cộng đồng.

Ở nước ta, nước thải y tế từ các bệnh viện, trạm y tế chủ yếu được xử lý hai cấp - xử lý sơ bộ và xử lý qua bể lọc sinh học nhỏ giọt, bể bùn hoạt tính, quy trình AAO hoặc nguyên lý hợp khối. Tuy nhiên, các hệ thống xử lý này vẫn chưa đáp ứng quy chuẩn môi trường hiện hành (Nguyễn Thanh Hà, 2015). Nghiên cứu thử nghiệm của Umadevi (2015) sử dụng qui trình Fenton để xử lý nước thải y tế cho hiệu quả loại bỏ COD khoảng 89,87%. Tuy nhiên, theo Trần Mạnh Trí và Trần Mạnh Trung (2006), quá trình Fenton sử dụng rất nhiều hóa chất làm cho chi phí xử lý cao, do đó để giảm chi phí xử lý có thể chọn quá trình Fenton làm bước tiền xử lý để giảm độc tính và tiêu diệt các mầm bệnh trong nước thải y tế, sau đó nước thải sẽ được tiến hành xử lý sinh học. Hiện nay, một số nghiên cứu cho thấy việc kết hợp fenon và ozone có khả năng làm tăng hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm và tiêu diệt các mầm bệnh

(Coelho *et al.*, 2009; Lê Hoàng Việt và *ctv.*, 2018). Nước thải sau khi xử lý sơ cấp sẽ được tiếp tục xử lý bằng qui trình sinh học tăng trưởng lơ lửng hoặc tăng trưởng bám dính, trong đó qui trình sinh học tăng trưởng bám dính có ưu điểm hơn do hệ vi khuẩn trong màng sinh học thường có hoạt tính cao hơn vi khuẩn trong bùn hoạt tính giúp tăng hiệu quả xử lý nước thải (Nguyễn Văn Phước, 2007).

Nghiên cứu này được tiến hành trên cơ sở kế thừa các nguyên lý xử lý trên nhằm tìm ra giải pháp xử lý nước thải y tế để áp dụng cho các cơ sở y tế tuyến huyện. Kết quả của nghiên cứu sẽ cung cấp các thông số cần thiết để thiết kế hệ thống xử lý nước thải y tế đạt tiêu chuẩn xả thải ra nguồn tiếp nhận.

2 PHƯƠNG PHÁP VÀ PHƯƠNG TIỆN NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng nghiên cứu

Các mô hình thí nghiệm được bố trí tại phòng Xử lý nước thuộc Bộ môn Kỹ thuật Môi trường - Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ.

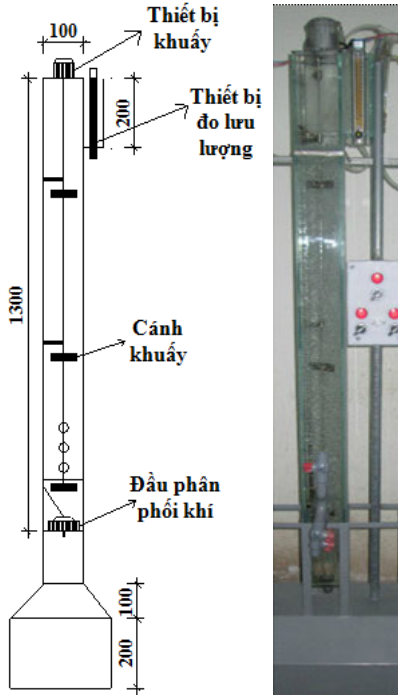
Đối tượng nghiên cứu là nước thải của Bệnh viện Đa khoa huyện Châu Thành - tỉnh Hậu Giang. Để xác định nồng độ một số chất ô nhiễm chủ yếu nhằm định hướng cho các thí nghiệm, nước thải được lấy từ công thu gom nước thải trong khoảng từ 7 giờ sáng đến 11 giờ trưa (thời gian diễn ra nhiều nhất các hoạt động khám chữa bệnh) theo kiểu lấy mẫu tổ hợp theo tỉ lệ lưu lượng, mẫu được lấy trong 3 ngày liên tiếp để kiểm tra.

Nước thải dùng để vận hành các mô hình được lấy theo kiểu lấy mẫu độc lập vào lúc 9 giờ sáng của những ngày tiến hành thí nghiệm.

2.2 Phương tiện, thiết bị thí nghiệm

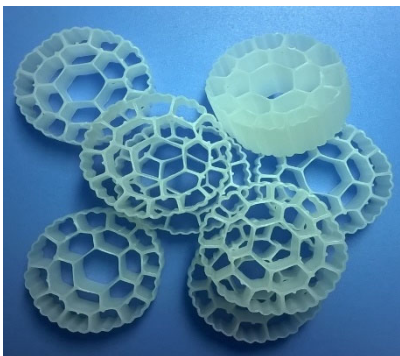
Nghiên cứu thực hiện trên mô hình bể phản ứng Fenton/ozone, mô hình bể lọc sinh học.

Bể phản ứng Fenton/ozone: gồm các bể có kích thước 0,1 m × 0,1 m × 1,5 m (dài × rộng × cao), chiều cao công tác 1,2 m. Các bể được trang bị hệ thống khuấy trộn (motor, cánh khuấy) gồm 4 cánh khuấy đồng trục có thể thay đổi vận tốc từ 0 đến 200 vòng/phút. Ngoài ra, còn có máy tạo ozone GENQAO FD 3000 II công suất 200 - 400 mg/giờ (xuất xứ Trung Quốc). Bể được vận hành theo nguyên tắc bể phản ứng theo mẻ (Hình 1).



Hình 1: Bể Fenton/ozone

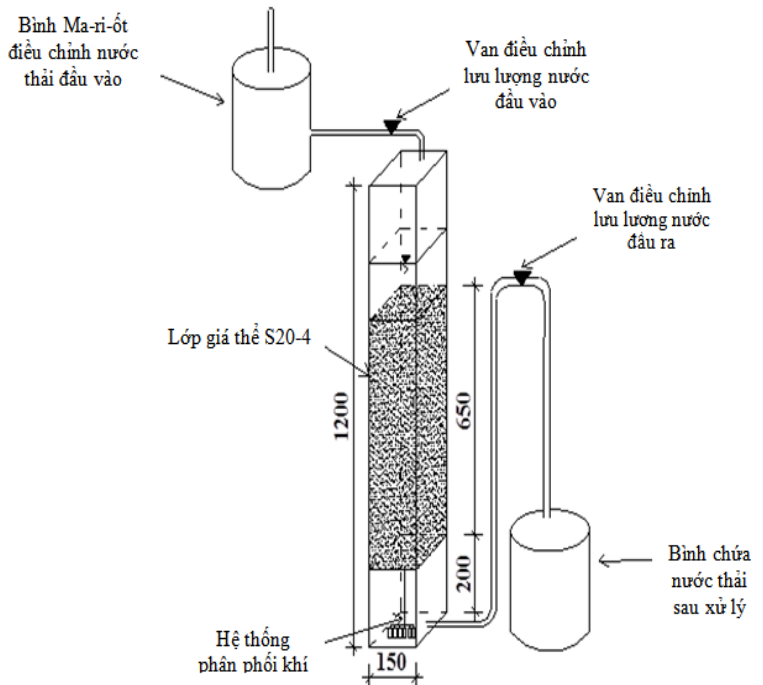
Bể lọc sinh học có giá thể ngập nước: bể lọc sinh học nền ngập nước có kích thước 0,15 m × 0,15 m × 1,2 m (dài × rộng × cao) chế tạo bằng kính trong suốt, số lượng giá thể đưa vào mô hình là 1.800 giá thể có khối lượng 1,224 kg, chiếm chiều cao cột 0,65 m và có tổng diện tích bề mặt của giá thể là 9,18 m². Bể vận hành liên tục theo kiểu khí - nước ngược chiều được bố trí sau bể phản ứng Fenton/ozone (Hình 2).



Hình 3: Giá thể nhựa S20-4

Giá thể nhựa sử dụng trong nghiên cứu mua tại Công ty TNHH Hộp Xanh (Số 37A Phan Xích Long, phường 3, quận Phú Nhuận, thành phố Hồ Chí Minh).

- Loại giá thể: S20-4
- Đường kính (mm): Φ20*20
- Diện tích bề mặt (m²/m³): 510



Hình 2: Bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước

- Khối lượng đóng gói (kg/m³): 68
- Số lượng đóng gói (giá thể/m³): 100.000

Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng các thiết bị phụ trợ khác để vận hành các mô hình như máy thổi khí cung cấp oxy, bình Mariotte để cung cấp nước thải ở lưu lượng ổn định.

2.3 Các bước tiến hành thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành theo các bước sau:

- **Bước 1:** Xác định thành phần, tính chất ô nhiễm của nước thải thí nghiệm trong 3 ngày liên tiếp để định hướng cho các thí nghiệm.
- **Bước 2:** Vận hành mô hình bể phản ứng Fenton/ozone để xử lý nước thải bệnh viện với thời gian phản ứng và tỉ lệ H₂O₂ : Fe²⁺ đã được xác định trong nghiên cứu của cùng nhóm tác giả (Lê Hoàng Việt và *ctv.*, 2018). Thí nghiệm được tiến hành 3 lần lặp lại trong 3 ngày, mẫu nước thải đầu vào và ra được thu thập và phân tích các thông số ô nhiễm nhằm đánh giá hiệu quả xử lý của phản ứng Fenton/ozone.

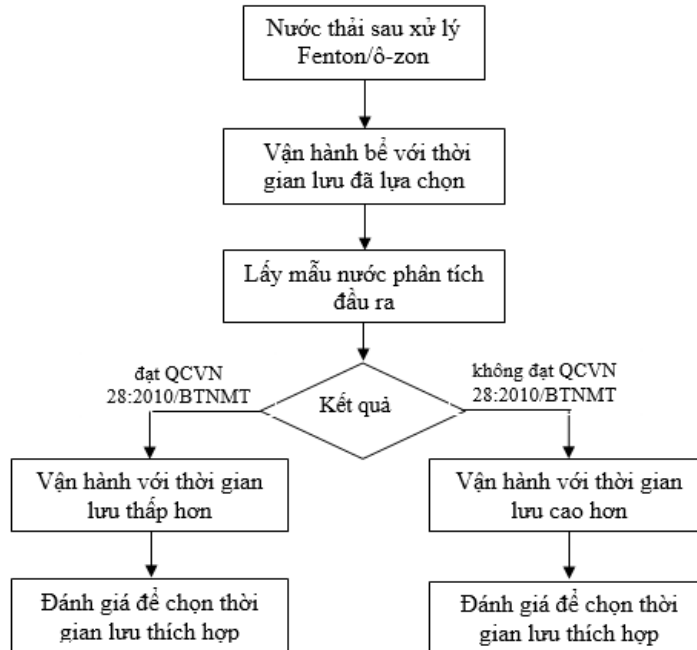
Một trong những yêu cầu để vận hành quá trình Fenton/ozone là pH ~ 3. Do nước thải được thu thập hàng ngày phục vụ thí nghiệm nên cần tiến hành hạ pH của nước thải. Sử dụng acid H₂SO₄ loãng 10%, dùng buret nhỏ dung dịch acid vào thùng chứa nước thải. Sử dụng máy đo trực tiếp đo liên tục giá trị pH cho đến khi pH gần đạt 3 thì dừng cho acid vào, đợi một khoảng thời gian để cho pH tương đương 3 thì sử dụng nước thải này làm thí nghiệm.

– **Bước 3:** Tiến hành xử lý nước thải y tế sau quá trình xử lý Fenton/ozone bằng bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước.

Giai đoạn tạo thích nghi: song song với việc tiến hành thí nghiệm Fenton/ozone ở bước 2, bắt đầu vận hành bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước để tạo màng sinh học trên các giá thể bằng nước thải sinh hoạt. Khi màng đã hình thành (sờ tay lên giá thể có cảm giác nhờn) tiếp tục tiến hành quá trình thích nghi màng sinh học với nước thải sau xử lý Fenton/ozone bằng cách pha nước thải sinh hoạt với nước thải sau xử lý bằng Fenton/ozone theo tỉ lệ tăng dần. Đầu tiên pha với tỉ lệ 70% nước thải sinh hoạt và 30% nước thải đã xử lý ở bể Fenton/ozone, tiếp theo là 50% nước thải sinh hoạt và 50% nước thải đầu ra bể phản ứng Fenton/ozone, và 70% nước thải đầu ra bể phản ứng Fenton/ozone và 30% nước thải sinh hoạt vào bể lọc sinh học để tạo thích nghi. Cuối cùng là dùng 100% nước thải đầu ra bể phản ứng Fenton/ozone để cho vào bể lọc sinh học. Khi thấy

lớp màng sinh học trên giá thể đã hình thành có độ nhớt và có màu nâu nhạt thì lấy mẫu phân tích COD đầu vào và đầu ra của mô hình để đánh giá khả năng hoạt động ổn định của hệ thống. Nếu kết quả phân tích cho thấy nồng độ COD đầu ra của bể lọc sinh học ít biến thiên chứng tỏ mô hình đã hoạt động ổn định. Khi đó, thí nghiệm chính thức được tiến hành và lấy mẫu phân tích.

Thí nghiệm xác định thời gian lưu thích hợp của bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước. Mốc thời gian lưu nước tiến hành trong thí nghiệm xác định dựa trên nồng độ các chất ô nhiễm từ thí nghiệm ở bước 2. Nước thải trước và sau xử lý được phân tích các thông số ô nhiễm để đánh giá hiệu quả xử lý cũng như so sánh yêu cầu xả thải. Nếu nước thải sau xử lý đạt QCVN 28:2010/BTNMT (cột A) sẽ tiến hành thí nghiệm tiếp với thời gian tồn lưu ngắn hơn, nếu không đạt sẽ tiến hành thí nghiệm với thời gian tồn lưu cao hơn.



Hình 4: Sơ đồ thí nghiệm xử lý nước thải bằng bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước

2.4 Phương pháp và phương tiện phân tích mẫu

Các thông số ô nhiễm theo dõi trong thí nghiệm bao gồm pH, SS, COD, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₃, P-PO₄³⁻, tổng *Coliforms*; thêm vào đó thông số DO được đo đặc để theo dõi việc cấp khí cho quá trình xử lý sinh học.

Bảng 2: Phương pháp phân tích mẫu nước

Thông số	Phương pháp phân tích
pH, DO	Đo trực tiếp bằng điện cực
SS	TCVN 6625:2000 (ISO 11923:1997)
BOD ₅	SMEWW 5210 B
COD	TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989)
N-NO ₃ ⁻	EPA-353.2
N-NH ₃	ASTM - D1426-92
P-PO ₄ ³⁻	SMEWW:4500-P
Tổng <i>Coliforms</i>	TCVN 6187-2:1996 (ISO 9308-2:1990)

2.5 Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu thu thập và kết quả phân tích được tổng hợp và xử lý thống kê T-test (5%) bằng phần mềm MS Excel 2007.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Thành phần và tính chất nước thải y tế thí nghiệm

Nước thải thí nghiệm về mặt cảm quan có ít cặn lơ lửng, rất ít dầu mỡ, màu trắng đục và không có

Bảng 3: Thành phần, tính chất nước thải y tế thí nghiệm

Thông số	Đơn vị	Nồng độ ô nhiễm (n = 3)	QCVN 28:2010/ BTNMT (cột A)
pH	-	7,14 ± 0,14	6,5 - 8,5
DO	mg/L	0,72 ± 0,27	-
SS	mg/L	99,87 ± 1,76	-
BOD ₅	mg/L	170,17 ± 27,93	30
COD	mg/L	334,40 ± 126,37	50
N-NO ₃ ⁻	mg/L	2,32 ± 1,98	30
P-PO ₄ ³⁻	mg/L	12,80 ± 3,04	6
N-NH ₃	mg/L	14,43 ± 1,56	5
Tổng Coliforms	MPN/100 mL	3,88×10 ⁶ ± 3,9×10 ⁶	3.000

Tỉ số BOD₅/COD ≈ 0,49 < 0,5 có thể ảnh hưởng đến công đoạn xử lý sinh học (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016). Tỉ lệ BOD₅ : N : P là 183,97 : 18,15 : 13,65 tương đương với 100 : 9,87 : 7,42; tỉ lệ này đảm bảo trong nước thải có đủ dưỡng chất cho quá trình xử lý sinh học phía sau; tuy nhiên lượng P-PO₄³⁻ tương đối cao (bệnh viện sử dụng nhiều hóa chất giặt, chất tẩy rửa trong quá trình vệ sinh và khử trùng) có thể tạo ra dư lượng phosphore gây hiện tượng tảo nở hoa cho nguồn tiếp nhận.

Với những đặc tính trên nước thải y tế cần phải

Bảng 4: Các thông số vận hành bể phản ứng Fenton/ozone

Thông số vận hành	Giá trị	Ghi chú
pH	3	Umadevi (2015)
Thời gian phản ứng	45 phút	Lê Hoàng Việt và <i>ctv.</i> (2018)
Tỉ lệ H ₂ O ₂ : Fe ²⁺	0,8 : 1,0	Lê Hoàng Việt và <i>ctv.</i> (2018)

Nước thải trước và sau khi xử lý qua mô hình Fenton/ozone được tiến hành đo pH, DO và phân tích các thông số SS, BOD₅, COD, N-NO₃⁻, N-NH₃, P-PO₄³⁻, tổng Coliforms. Kết quả cho thấy các thông số ô nhiễm của nước thải thí nghiệm đều giảm sau khi xử lý bằng quá trình Fenton/ozone (Hình 5, 6).

Trước khi tiến hành thí nghiệm pH được điều chỉnh về 3, sau khi thí nghiệm pH tăng nhẹ lên 3,5

mùi. Kết quả phân tích các thông số ô nhiễm của mẫu nước thải y tế trong 3 ngày liên tiếp được trình bày trong Bảng 3.

Mẫu nước thu thập có giá trị pH dao động từ 7,1 - 7,3 nằm trong khoảng trung tính phù hợp với công bố của Nguyễn Thanh Hà (2015). Nếu áp dụng xử lý Fenton/ozone cần phải hạ pH ≈ 3 để tạo môi trường thích hợp cho phản ứng Fenton/ozone (Umadevi, 2015).

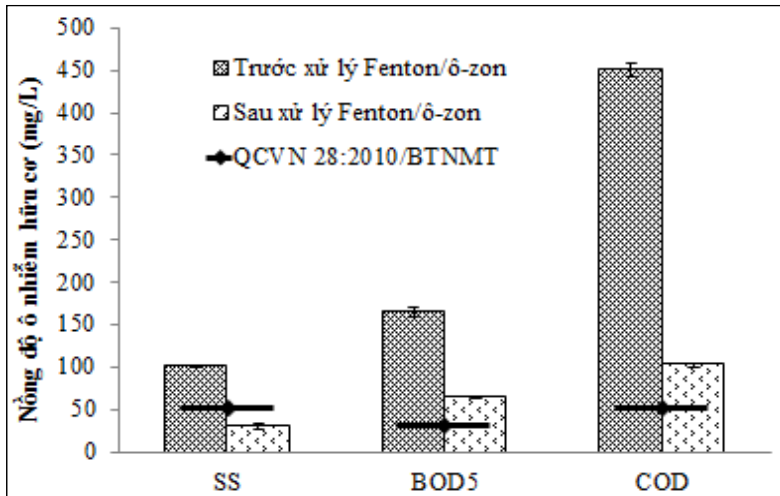
được xử lý sơ bộ trước khi đưa vào công đoạn xử lý sinh học. Đầu tiên phải hạ pH nước thải xuống tương đương 3 để tạo môi trường phản ứng thích hợp cho công đoạn Fenton/ozone. Trong thí nghiệm này H₂SO₄ được sử dụng để hạ pH xuống như đã trình bày trong phương pháp nghiên cứu.

3.2 Kết quả thí nghiệm

3.2.1 Thí nghiệm xử lý bằng mô hình Fenton/ozone

Thí nghiệm này được tiến hành theo các điều kiện được trình bày ở Bảng 4.

do quá trình Fenton tạo nên các gốc OH⁻ hoặc tiêu thụ một ít H⁺, pH chỉ tăng nhẹ phù hợp với kết quả của Jung *et al.* (2009). Điều này có lợi cho quá trình Fenton/ozone vì nếu pH thay đổi quá lớn sẽ ảnh hưởng đến thời gian tồn tại của H₂O₂ trong môi trường từ đó làm giảm hiệu quả của quá trình Fenton/ozone.



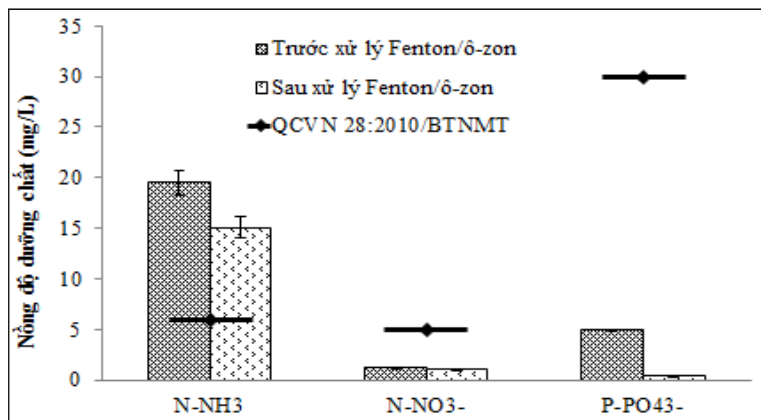
Hình 5: Các thông số ô nhiễm hữu cơ trước và sau xử lý bằng quá trình Fenton/ozone

(Kết quả trình bày là số liệu trung bình ± độ lệch chuẩn st.d)

Hàm lượng SS trước xử lý cao từ $100,04 \pm 1,27$ mg/L giảm còn $30,6 \pm 2,97$ mg/L (hiệu suất xấp xỉ 70%) do một phần SS bị oxy hóa bởi quá trình Fenton/ozone, còn lại do trong quá trình kết tủa Fe (III) kéo theo chất rắn lơ lửng xuống. Nồng độ SS sau xử lý đủ điều kiện để đưa vào bể lọc sinh học phía sau ($SS < 150$ mg/L).

Nồng độ chất hữu cơ trong nước thải sau xử lý giảm do gốc HO· đã oxy hóa các chất hữu cơ; trong đó COD giảm từ $450,01 \pm 7,49$ mg/L

xuống còn $102,44 \pm 2,90$ mg/L, hiệu suất loại bỏ khá cao đạt 77,2%. Giá trị BOD₅ sau quá trình Fenton/ozone giảm từ $164,35 \pm 5,44$ mg/L xuống còn $63,97 \pm 1,30$ mg/L, hiệu suất xử lý là 61,1%. Mặc dù có hiệu suất xử lý khá cao nhưng hàm lượng chất hữu cơ còn lại trong nước thải sau khi xử lý bằng phản ứng Fenton/ozone cao hơn yêu cầu cho phép xả thải ra nguồn tiếp nhận cần được tiếp tục xử lý.



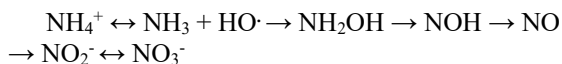
Hình 6: Nồng độ dưỡng chất trước và sau xử lý bằng quá trình Fenton/ozone

(Kết quả trình bày là số liệu trung bình ± độ lệch chuẩn st.d)

Nồng độ N-NO₃⁻ sau quá trình Fenton/ozone hầu như không thay đổi do N-NO₃⁻ là dạng oxy hóa cuối và bền của nitrogen trong môi trường nước. Nồng độ P-PO₄³⁻ trước khi xử lý là $4,85 \pm 0,07$ mg/L, sau khi xử lý còn $0,36 \pm 0,09$ mg/L, hiệu suất loại bỏ đạt 92,6%. Xử lý nước bằng quá trình Fenton/ozone có sự xuất hiện của tủa Fe³⁺, một phần Fe³⁺ phản ứng

với P-PO₄³⁻ tạo tủa sắt phosphate FePO₄ làm cho nồng độ P-PO₄³⁻ giảm đi nhiều.

Quá trình Fenton/ozone có hiệu suất loại bỏ N-NH₃ là 22,82% gần với công bố của Aziz và Amr (2015). N-NH₃ bị loại bỏ thông qua sự ô-xy hóa N-NH₃ bởi gốc HO· (Brito *et al.*, 2010) theo chuỗi phản ứng sau:



Sau xử lý tỉ số BOD₅/COD của nước thải tăng lên 0,62 do những chất hữu cơ cao phân tử khó phân hủy sinh học đã bị oxy hóa và bị cắt ngắn mạch thành những chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học, tạo thuận lợi cho công đoạn xử lý sinh học tiếp theo. Tỷ lệ BOD₅ : N : P sau xử lý bằng quá trình Fenton/ ozone là 164,35 : 20,67 : 4,85 xấp xỉ 100 : 12,58 : 2,95 nên nước thải vẫn còn đủ dưỡng chất để đưa vào công đoạn xử lý sinh học tiếp theo.

Tổng *Coliforms* trước xử lý là 5.750 ± 2.474 MPN/100 mL, sau quá trình xử lý không phát hiện *Coliforms* là do trong điều kiện xử lý với pH = 3 đã làm bất hoạt *Coliforms* (Aziz *et al.*, 2013). Bên cạnh đó, tính oxy hóa mạnh của gốc HO· cũng là yếu tố tiêu diệt *Coliforms* và có thêm sự khử trùng trực tiếp bởi ozone.

3.2.2 Xử lý nước thải sau Fenton/ozone bằng bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước

Với nồng độ ô nhiễm nước thải y tế ở mức trung bình, sau khi xử lý Fenton/ozone nước thải có nồng độ BOD₅ khá thấp, do đó thời gian lưu để vận hành bể lọc sinh học hiếu khí tạm thời chọn là 2 giờ để khảo sát khả năng xử lý. Trường hợp nồng độ ô nhiễm trong nước thải sau xử lý còn cao sẽ tăng thời gian lưu nước của thí nghiệm.

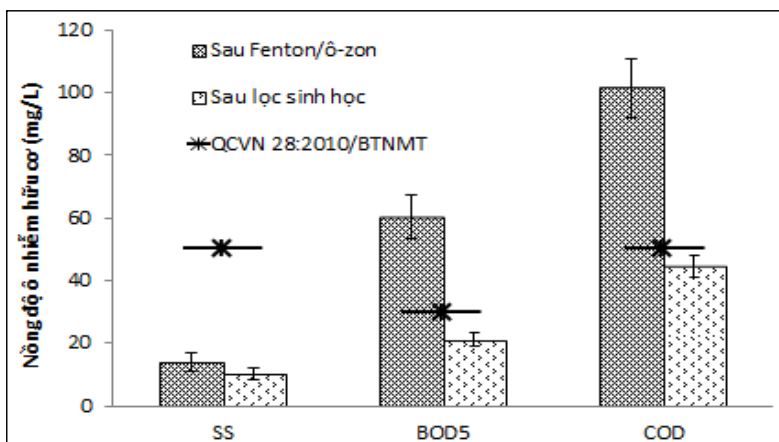
Trước khi tiến hành các thí nghiệm, bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước đã được tạo thích nghi với việc vận hành bằng nước thải sau xử lý bằng quá trình Fenton/ozone. Khi lớp màng sinh học trên giá thể đã hình thành có độ nhớt và màu nâu nhạt thì lấy mẫu để phân tích COD đầu vào và đầu ra của mô hình để đánh giá khả năng hoạt động ổn định của hệ thống.

Bảng 5: Kết quả phân tích COD trong 3 ngày theo dõi sự ổn định của bể lọc sinh học

Ngày	Nồng độ COD (mg/L)		Hiệu suất xử lý (%)	Cột A QCVN 28:2010/ BTNMT (mg/L)
	Trước khi xử lý	Sau khi xử lý		
Ngày 1	100,40	43,98	56,19	50
Ngày 2	104,48	45,13	56,80	50
Ngày 3	95,91	41,04	57,20	50

Bảng 5 cho thấy nồng độ COD đầu ra của bể lọc sinh học khi lấy mẫu không biến thiên nhiều và đều đạt QCVN 28:2010/BTNMT (cột A). Do đó, thí

nhệm chính thức được tiến hành và lấy mẫu phân tích các chỉ tiêu cần theo dõi trong 3 ngày liên tục. Kết quả phân tích được trình bày ở Hình 7 và Hình 8.



Hình 7: Nồng độ ô nhiễm hữu cơ trong nước thải trước và sau xử lý bằng bể lọc sinh học

(Kết quả trình bày là số liệu trung bình ± độ lệch chuẩn st.d)

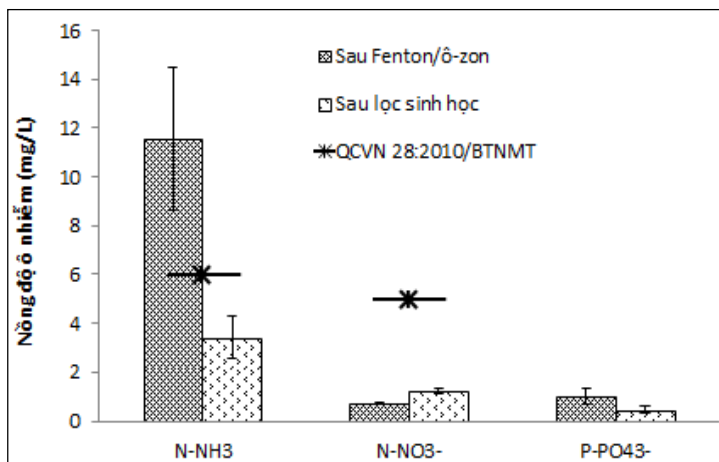
Giá trị pH của nước thải đầu vào là 7,5 thích hợp cho hoạt động của vi sinh vật. Nước thải sau xử lý có pH tăng nhẹ đạt 7,57 ± 0,06 và nằm trong khoảng cho phép xả thải của QCVN 28:2010/BTNMT (cột A). Trong quá trình sinh trưởng của vi sinh vật, đạm hữu cơ bị chuyển thành đạm N-NH₃, sau đó bị chuyển đổi thành N-NO₃⁻ và trong màng sinh học có

thể diễn ra quá trình khử N-NO₃⁻, quá trình này trả lại alkalinity cho nước thải làm pH đầu ra tăng nhẹ.

Nồng độ COD trong nước thải sau xử lý Fenton/ozone ở 3 ngày 101,47 ± 9,62 mg/L và đầu ra của bể lọc sinh học là 44,56 ± 3,64 mg/L, đạt hiệu suất 56,05 ± 0,46%. BOD₅ trong nước thải sau xử lý

Fenton/ozone khoảng $60,25 \pm 7,03$ mg/L và sau bể lọc sinh học giảm còn $21,17 \pm 1,94$ mg/L tương đương với hiệu suất xử lý đạt $65,48 \pm 0,11\%$. Nồng độ chất hữu cơ giảm là do các vi sinh vật oxy hóa các chất hữu cơ thành khí CO_2 bay ra, đồng thời được giữ lại để tổng hợp tế bào mới. Hiệu suất loại

bỏ chất hữu cơ thấp do vận tốc phản ứng phụ thuộc vào nồng độ chất hữu cơ mà nồng độ chất hữu cơ trong nước thải sau xử lý Fenton/ozone loãng. Mặc dù vậy nồng độ COD, BOD_5 vẫn nằm trong khoảng cho phép xả thải của QCVN 28:2010/ BTNMT (cột A).



Hình 8: Nồng độ dưỡng chất trong nước thải trước và sau xử lý bằng bể lọc sinh học

(Kết quả trình bày là số liệu trung bình \pm độ lệch chuẩn st.d)

Nồng độ $N-NO_3^-$ trong nước thải sau xử lý Fenton/ozone thấp, nằm trong khoảng $0,73 \pm 0,04$ mg/L, sau khi xử lý ở bể lọc sinh học tăng nhẹ đạt $1,21 \pm 0,11$ mg/L. Hàm lượng $N-NO_3^-$ tăng do trong quá trình xử lý sinh học, nitrogen trong các hợp chất hữu cơ bị chuyển hóa thành $N-NH_3$, sau đó $N-NH_3$ bị oxy hóa thành $N-NO_3^-$. Nồng độ $N-NO_3^-$ sau xử lý nằm trong khoảng cho phép xả thải của QCVN 28:2010/BTNMT (cột A).

Nồng độ $N-NH_3$ trong nước thải sau xử lý Fenton/ozone là $11,56 \pm 2,90$ mg/L và sau xử lý sinh học là $3,42 \pm 0,86$ mg/L. Nồng độ $N-NH_3$ sau xử lý sinh học nằm trong khoảng cho phép của QCVN 28:2010/BTNMT (cột A). $N-NH_3$ trong nước thải giảm một phần là do vi khuẩn sử dụng để đồng hóa các tế bào vi khuẩn, một phần được chuyển hóa thành $N-NO_3^-$.

Bảng 6: Các thông số vận hành của mô hình ở thời gian lưu 2 giờ

Thông số vận hành	Chú thích
Lưu lượng nạp nước vào bể $Q = V/\theta = 0,216 \text{ m}^3/\text{ngày}$	V: thể tích hoạt động của bể (m^3)
Tải nạp nước cho một đơn vị diện tích $q = Q/A = 0,024 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{ngày}$	θ : thời gian lưu (ngày)
Tải nạp BOD trung bình trên diện tích bề mặt màng	A: diện tích bề mặt giá thể (m^2)
$L_1 = \frac{Q \times BOD_5}{A} = 0,0014 \text{ kg} / \text{m}^2.\text{ngày}$	BOD_5 : lượng BOD_5 đầu vào (kg/m^3)
Tải nạp BOD trung bình trên thể tích hoạt động của bể	COD: lượng COD đầu vào (kg/m^3)
$L_2 = \frac{Q \times BOD_5}{V} = 0,723 \text{ kg} / \text{m}^3.\text{ngày}$	
Tải nạp COD trung bình trên diện tích màng	
$L_3 = \frac{Q \times COD}{A} = 0,0024 \text{ kg} / \text{m}^2.\text{ngày}$	
Tải nạp COD trung bình trên thể tích hoạt động của bể	
$L_4 = \frac{Q \times COD}{V} = 1,2176 \text{ kg} / \text{m}^3.\text{ngày}$	

Nồng độ $P-PO_4^{3-}$ trong nước thải sau xử lý Fenton/ozone là $1,0 \pm 0,3$ mg/L và sau xử lý sinh

học giảm còn $0,45 \pm 0,14$ mg/L. Trong quá trình xử lý nước, $P-PO_4^{3-}$ không chỉ được vi khuẩn sử dụng để tổng hợp, duy trì và vận chuyển năng lượng mà

còn được vi khuẩn trừ lại bên trong tế bào để sử dụng cho các hoạt động về sau. P-PO₄³⁻ sau xử lý nằm trong khoảng cho phép của QCVN 28:2010/BTNMT (cột A).

Sau quá trình xử lý, vì các thông số ô nhiễm đã đạt ngưỡng xả thải cho phép nên nghiên cứu không tiếp tục thí nghiệm ở thời gian lưu thấp hơn và chọn thời gian lưu nước thích hợp là 2 giờ. Dựa vào nồng độ nước thải đầu vào của mô hình bể lọc sinh học, các thông số vận hành mô hình này ở thời gian lưu nước 2 giờ được tính toán như Bảng 6.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Kết quả nghiên cứu cho thấy quy trình Fenton/ ozone kết hợp với bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước có thể ứng dụng cho xử lý nước thải y tế với nước thải đầu ra đạt QCVN 28:2010/BTNMT (cột A).

Nước thải cần được điều chỉnh pH về giá trị tương đương 3 để phù hợp với công đoạn xử lý Fenton/ozone. Sau đó cần điều chỉnh pH nước thải về 7,5 trước khi đưa vào bể lọc sinh học hiếu khí nền ngập nước. Nước thải sau xử lý Fenton/ozone vẫn còn đủ dưỡng chất cung cấp cho hoạt động của vi sinh vật hiếu khí trong công đoạn xử lý sinh học tiếp theo.

Vận hành bể lọc sinh học ở thời gian lưu nước 2 giờ, tải nạp trung bình theo thể tích hoạt động của bể là 0,723 kg BOD₅/m³.ngày cho hiệu suất loại bỏ các chất hữu cơ đạt trên 55%. Các thông số ô nhiễm khảo sát của nước thải sau xử lý đều đạt yêu cầu xả thải theo QCVN 28:2010/BTNMT (cột A).

Có thể tiến hành thêm một số thử nghiệm xử lý nước thải bệnh viện kết hợp quy trình Fenton/ozone và các công đoạn xử lý sinh học hiếu khí như sinh học tăng trưởng lơ lửng, AAO...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Aziz H. A., Amr S. S. A., 2015. Performance of combined ozone and Fenton in treating different leachate concentrations. IAFOR Journal of Sustainability, Energy and the Environment. 2(1): 3–20.

Aziz H. A., Othman O. M., Amr S. S. A., 2013. The performance of Electro-Fenton oxidation in the removal of Coliform bacteria from landfill leachate. Waste Management. 33(2): 396–400.

Brito N. N. D., Paterniani J. E. S., Brota G. A., Pelegrini R. T., 2010. Ammonia removal from leachate by photochemical process using H₂O₂. Ambiente & Água. 5(2): 51–60.

Coelho A. D., Sans C., Agüera A., Gómez M. J., Esplugas S., Dezotti M., 2009. Effects of ozone pre-treatment on diclofenac: Intermediates, biodegradability and toxicity assessment. Science of the Total Environment. 407(11): 3572–3578.

Jung Y. S., Lim W. T., Park J. Y., Kim Y. H., 2009. Effect of pH on fenton and fenton-like oxidation. Environmental Technology. 30(2): 183–190.

Lê Hoàng Việt, Nguyễn Lam Sơn, Huỳnh Lương Kiều Loan, Nguyễn Võ Châu Ngân, 2018. Khảo sát các thông số vận hành của phản ứng Fenton/ozone trong xử lý nước thải y tế. Tạp chí Khoa học Đại học Thủ Dầu Một (đã chấp nhận).

Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016. Giáo trình Kỹ thuật xử lý nước thải (tập 1). NXB Đại học Cần Thơ. 268 trang.

Nguyễn Thanh Hà, 2015. Hướng dẫn áp dụng công nghệ xử lý nước thải y tế. NXB Y học. 82 trang.

Nguyễn Văn Phước, 2007. Xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học. Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP. HCM. 432 trang.

Nguyễn Xuân Nguyên, Phạm Hồng Hải, 2004. Công nghệ xử lý nước thải bệnh viện. NXB Khoa học và Kỹ thuật. 198 trang.

Trần Mạnh Trí, Trần Mạnh Trung, 2005. Các quá trình oxi hóa nâng cao trong xử lý nước và nước thải - Cơ sở khoa học và ứng dụng. NXB Khoa học và Kỹ thuật. 195 trang.

Umadevi V., 2015. Fenton process - A pre-treatment option for hospital wastewater. International Journal of Innovation in Engineering and Technology. 5(2): 306–312.