

KHẢO SÁT CÁC THÔNG SỐ VẬN HÀNH CỦA PHẢN ỨNG FENTON/ÔZON TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI Y TẾ

Lê Hoàng Việt⁽¹⁾, Nguyễn Võ Châu Ngân⁽¹⁾

(1) Trường Đại học Cần Thơ

Ngày nhận bài 25/03/2019; Ngày gửi phản biện 28/03/2019; Chấp nhận đăng 20/04/2019

Email : nvcngan@ctu.edu.vn

Tóm tắt

Nghiên cứu được thực hiện nhằm tìm hiểu khả năng xử lý nước thải bệnh viện thông qua phản ứng Fenton/ôzon. Các thông số khảo sát bao gồm thời gian phản ứng, tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ thực hiện trên mô hình bể phản ứng Fenton/ôzon quy mô phòng thí nghiệm. Tiến hành thí nghiệm Fenton/ôzon ở pH = 3, tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ là 0,8 mg : 1,0 mg, thời gian phản ứng 45 phút, công suất máy ôzon là 200 - 400 mg/giờ cho hiệu quả loại bỏ SS, BOD₅, COD, N-NO₃⁻, N-NH₃, P-PO₄³⁻, tổng Coliforms lần lượt là 86,2%, 61,3%, 77,4%, 16,4%, 24,2%, 92,9%, 100%. Nước thải sau xử lý đạt QCVN 28:2010/BTNMT (cột A) ở các chỉ tiêu pH, SS, N-NO₃⁻, N-NH₃, P-PO₄³⁻ và tổng Coliforms. Riêng thông số COD và BOD₅ cần được tiếp tục xử lý để đạt tiêu chuẩn xả thải.

Từ khóa: nước thải bệnh viện, quá trình Fenton/ôzon, thời gian phản ứng, tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$

Abstract

PRIMARY STUDY ON OPERATION PARAMETERS OF FENTON/OZONE PROCESS TO TREAT HEALTH CARE WASTEWATER

The study aims to survey the treatment efficiency of health care wastewater by the Fenton/ozone process. The operation parameters of acting time, $H_2O_2 : Fe^{2+}$ ratio were observed from the lab-scale Fenton/ozone reactor. The experience processed at pH = 3, ratio of $H_2O_2 : Fe^{2+}$ was 0.8 mg : 1.0 mg, acting time of 45 minutes and the capacity of ozone machine was 200 - 400 mg/hr. The treatment efficiencies were 86.2%, 61.3%, 77.4%, 16.4%, 24.2%, 92.9%, 100% in respectively to parameters of SS, BOD₅, COD, N-NO₃⁻, N-NH₃, P-PO₄³⁻, and total Coliforms. The treated wastewater reached A column of health care wastewater discharge QCVN 28:2010/BTNMT at parameters of pH, SS, N-NO₃⁻, N-NH₃, P-PO₄³⁻, total Coliforms. For BOD₅ and COD parameters, they need continuous treatment process to reach the discharge standard.

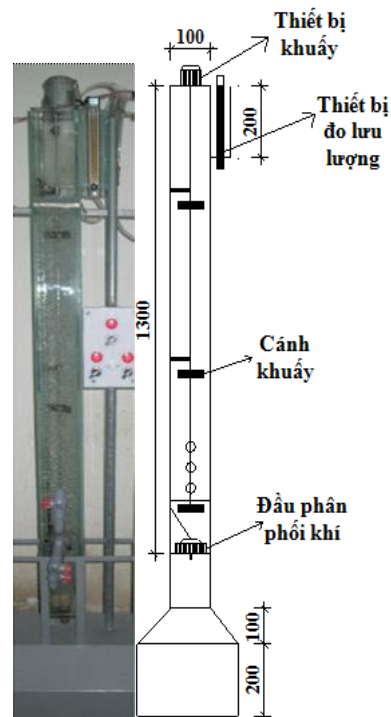
1. Giới thiệu

Để đáp ứng nhu cầu chăm sóc sức khỏe của người dân, các trung tâm y tế đã không ngừng nâng cao chất lượng khám chữa bệnh thông qua tăng cường thiết bị khám chữa bệnh và số giường bệnh. Trên toàn quốc từ năm 2012 đến 2014 tổng số giường bệnh đã tăng thêm 17,5% tương đương với 38.913 giường bệnh (Cục Quản lý Khám chữa bệnh, 2015). Điều này cũng làm cho lượng nước thải phát sinh tại các cơ sở y tế ngày càng tăng. Nhưng việc quản lý nước thải y tế ở Việt Nam còn một số bất cập và chưa đáp ứng được các quy định về bảo vệ môi trường. Nhiều cơ sở y tế chưa lựa chọn được loại hình công nghệ phù hợp, số còn lại đang áp dụng các công nghệ xử lý nước thải y tế bằng bể

bùn hoạt tính, lọc sinh học nhỏ giọt hay công nghệ AAO, nhưng các hệ thống xử lý này vẫn chưa đáp ứng được quy chuẩn môi trường hiện hành (Nguyễn Thanh Hà, 2015). Nước thải y tế có các mầm bệnh nên khi xử lý bằng các hệ thống sinh học hiếu khí sẽ tạo ra và phát tán các sol khí sinh học ảnh hưởng đến sức khỏe con người (Lin và nnk., 2015). Bên cạnh đó nước thải y tế còn chứa dư lượng kháng sinh thải ra từ người bệnh có thể gây ảnh hưởng đến hoạt động sinh học của các hệ thống xử lý nước thải (Santos và nnk., 2013). Hiện trạng trên cho thấy việc tìm ra công nghệ có khả năng xử lý hiệu quả nước thải y tế là vô cùng cần thiết. Tác nhân Fenton có thể dùng trong xử lý nước thải để chuyển hóa nhiều chất ô nhiễm thành các chất không nguy hại hay thành các chất có khả năng phân hủy sinh học và dư lượng của tác nhân Fenton không gây nguy hại cho môi trường (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2016). Đặc biệt nếu được kết hợp với xử lý ôzon, công nghệ Fenton/ôzon có thể giúp gia tăng hiệu quả xử lý vi khuẩn trong nước thải. Đã có một số nghiên cứu ghi nhận việc ứng dụng công nghệ Fenton trong xử lý nước thải chăn nuôi (Riaño và nnk., 2014), tiền xử lý nước thải thuộc da (Mandal và nnk., 2010), nước rỉ rác (Cortez và nnk., 2011). Đối với nước thải y tế, thử nghiệm xử lý công nghệ Fenton đã giúp loại bỏ khoảng 90% thành phần ô nhiễm hữu cơ (Umadevi, 2015). Nghiên cứu này được tiến hành nhằm tìm ra giải pháp xử lý nước thải y tế có thể áp dụng cho các bệnh viện 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 hiệu quả về kinh tế và kỹ thuật.

2. Phương pháp và phương tiện nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Nghiên cứu được thực hiện trên mô hình bể phản ứng Fenton/ôzon bố trí tại Phòng thí nghiệm Xử lý nước - 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 định hướng cho các thí nghiệm, nước thải được lấy từ cống thu gom trong khoảng từ 7 giờ sáng đến 11 giờ trưa 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.



Hình 1. Bể phản ứng Fenton/ôzon

Phương tiện, thiết bị thí nghiệm: Nghiên cứu thực hiện trên mô hình bể phản ứng Fenton/ôzon gồm các bể có kích thước $0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ (dài $\times$ rộng $\times$ cao), chiều cao công tác là 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 ôzon GENQAO FD

3000 II công suất 200 - 400 mg/giờ. Bể được vận hành theo nguyên tắc bể phản ứng theo mẻ. Ngoài ra nghiên cứu còn sử dụng các thiết bị phụ trợ khác để vận hành mô hình như máy thổi khí cung cấp oxy, bình Mariôt để cung cấp nước thải ở lưu lượng ổn định.

Các bước tiến hành thí nghiệm:

Bước 1: Xác định thành phần, tính chất của nước thải làm thí nghiệm, lấy mẫu nước thải trong 3 ngày liên tiếp để phân tích các chỉ tiêu pH, DO, SS, COD, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₃, P-PO₄³⁻, tổng *Coliforms* để định hướng cho các thí nghiệm.

Bước 2: Tiến hành thí nghiệm.

Thí nghiệm 1: Đánh giá hiệu quả xử lý của quá trình Fenton và Fenton/ôzon

Thí nghiệm được thực hiện ở pH = 3 (Umadevi, 2015) trên hai bể phản ứng Fenton và Fenton/ôzon có chiều cao cột nước hoạt động là 1,2 m; các bước thực hiện thí nghiệm gồm: (1) Cố định tỉ lệ H₂O₂ : Fe²⁺ ở mức 1 : 1 theo khối lượng 500 mg H₂O₂, 500 mg Fe²⁺ (Umadevi, 2015); (2) Tiến hành thí nghiệm ở mốc thời gian phản ứng là 65 phút; (3) Phân tích COD, tổng *Coliforms* của nước thải trước và sau xử lý. Thí nghiệm được tiến hành 1 lần để so sánh hiệu quả xử lý của 2 bể trên.

Bước 3: Tiến hành các thí nghiệm định hướng để xác định các thông số phù hợp để vận hành quy trình Fenton/ôzon bao gồm các thí nghiệm về thời gian phản ứng, tỉ lệ H₂O₂ : Fe²⁺, các thí nghiệm định hướng được bố trí như sau:

Thí nghiệm 2: Xác định thời gian phản ứng của quá trình Fenton/ôzon

Từ kết quả ở thí nghiệm 1 tìm ra thời gian phản ứng cho hiệu quả xử lý COD và tổng *Coliforms* cao và hiệu quả về kinh tế. Thí nghiệm được tiến hành với các điều kiện phản ứng giống thí nghiệm 1 nhưng thời gian phản ứng biến thiên từ 30 - 90 phút, mỗi khoảng biến thiên 15 phút. Mẫu được thu và phân tích như thí nghiệm 1.

Thí nghiệm 3: Xác định tỉ lệ H₂O₂ : Fe²⁺

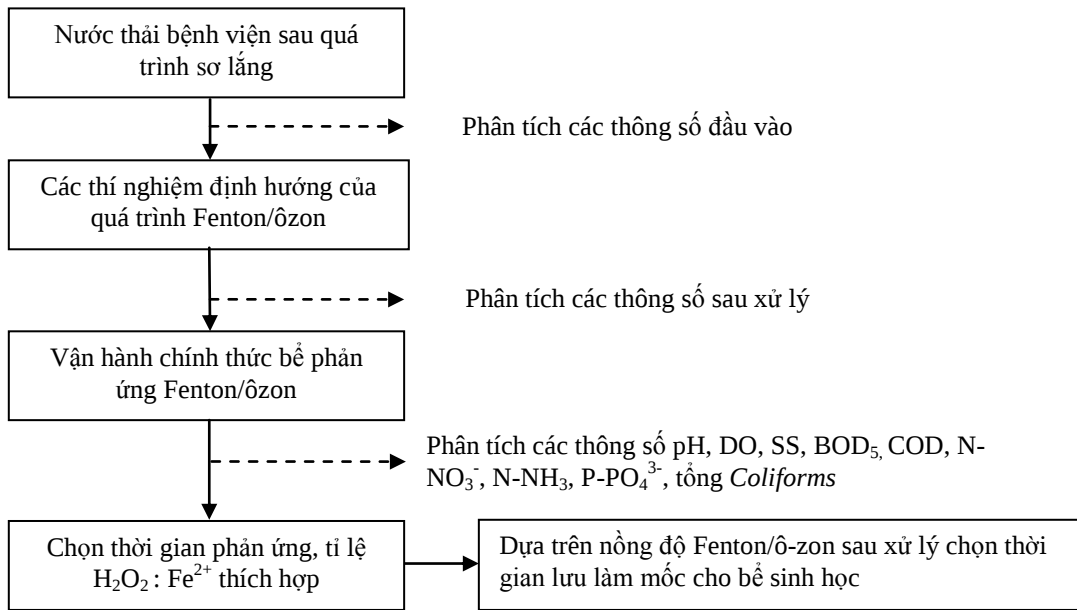
Xác định tỉ lệ H₂O₂ : Fe²⁺ phù hợp để vận hành quy trình Fenton/ôzon. Thí nghiệm được tiến hành với các điều kiện phản ứng giống như thí nghiệm 2, các tỉ lệ H₂O₂ : Fe²⁺ được cho biến thiên từ 0,2 : 1,0 đến 1,2 : 1,0; mỗi khoảng biến thiên 0,2 : 1,0. Mẫu được thu và phân tích các chỉ tiêu như thí nghiệm 1. Thí nghiệm được tiến hành với các bước: (1) Cố định lượng Fe²⁺ = 500 mg/L và cho H₂O₂ (30%) vào bể phản ứng với khối lượng biến thiên từ 100 - 600 mg/L, mỗi khoảng biến thiên 100 mg/L; (2) Phân tích COD, tổng *Coliforms* của nước thải trước và sau xử lý để chọn nồng độ thích hợp. Thí nghiệm được tiến hành 1 lần để xác định tỉ lệ H₂O₂ : Fe²⁺.

Bước 4: Tiến hành vận hành chính thức xử lý nước thải bệnh viện bằng quy trình Fenton/ôzon với thời gian phản ứng và tỉ lệ H₂O₂ : Fe²⁺ đã được tìm ra ở thí nghiệm 2 và 3. Thí nghiệm được tiến hành 3 lần lặp lại trong 3 ngày, mẫu nước thải đầu vào và ra được thu để phân tích các chỉ tiêu pH, DO, SS, COD, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₃, P-PO₄³⁻, tổng *Coliforms* nhằm đánh giá hiệu quả xử lý của quá trình Fenton/ôzon.

Quy trình thí nghiệm trên bể phản ứng Fenton/ôzon được thể hiện ở hình 2.

2.4 Phương pháp và phương tiện phân tích mẫu

Các chỉ tiêu được theo dõi trong nghiên cứu gồm có 9/15 thông số nằm trong bộ QCVN 28:2010/BTNMT bao gồm pH, SS, COD, BOD₅, N-NO₃⁻, N-NH₃, P-PO₄³⁻, tổng *Coliforms*; thêm vào đó DO được đo đặc để theo dõi việc cấp khí cho quá trình xử lý sinh học. Phương pháp và phương tiện phân tích mẫu được trình bày theo bảng 1.



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm xử lý nước thải bệnh viện bằng quy trình Fenton/ôzon

Bảng 1. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu theo dõi

Thông số	Phương pháp phân tích
pH	Đo trực tiếp bằng điện cực
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 Coliforms	TCVN 6187-2:1996 (ISO 9308-2:1990)

3. Kết quả và thảo luận

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

Nước thải dùng làm thí nghiệm được lấy từ cống thải Bệnh viện Đa khoa Châu Thành, tỉnh Hậu Giang. Về mặt cảm quan nước thải có ít cặn lơ lửng, rất ít dầu mỡ, màu trắng đục và không có mùi. Các đặc tính hóa học của nước thải được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2. Thành phần, tính chất nước thải y tế thí nghiệm

Chỉ tiêu	Đơn vị	Trung bình (n = 3)	QCVN 28:2010/ BTNMT (cột A)
pH	-	7,14 ± 0,14	6,5 - 8,5
SS	mg/L	99,87 ± 1,76	50
DO	mg/L	0,72 ± 0,27	-
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	5
P-PO ₄ ³⁻	mg/L	12,80 ± 3,04	30
N-NH ₃	mg/L	14,43 ± 1,56	6
Tổng Coliforms	MPN/100mL	1,1×10 ⁶ ± 9,1×10 ⁵	3000

Từ các số liệu trong bảng 2 một số nhận xét có thể rút ra như sau:

(1) Nước thải từ bệnh viện có pH dao động từ 7,03 - 7,3 nằm trong khoảng pH trung tính phù hợp với công bố của Nguyễn Thanh Hà (2015). Nếu áp dụng biện pháp Fenton/ôzon sẽ phải hạ pH = 3 để tạo môi trường thích hợp cho quá trình Fenton/ôzon.

(2) SS dao động từ 98 - 101,5 mg/L tương đối thấp do nước thải đã chảy qua hệ thống thoát nước có nhiều hố ga lắng cặn.

(3) DO thấp dao động trong khoảng 0,43 - 0,97 mg/L chứng tỏ nước thải vừa mới thải ra có chứa nhiều chất hữu cơ.

(4) COD dao động tương đối cao từ 256,5 - 480,2 mg/L và BOD₅ dao động ít hơn 141,5 - 197,3 mg/L do có những ngày bệnh viện sử dụng hóa chất tẩy rửa, khử trùng. Điều này làm cho tỉ số BOD₅/COD dao động lớn từ 0,41 đến 0,64; với tỉ số BOD₅/COD < 0,5 sẽ ảnh hưởng lớn đến hiệu quả xử lý sinh học. Tỉ số BOD₅/COD thấp nhất ở ngày thứ 3 là 0,41 chứng tỏ nước thải có sự biến động trong các ngày lấy mẫu và tỉ số này sẽ ảnh hưởng đến hoạt động xử lý sinh học phía sau.

(5) N-NO₃⁻ thấp dao động từ 1,13 - 4,6 mg/L và N-NH₃ dao động từ 12,80 - 15,9 mg/L chứng tỏ đây là nước thải vừa mới thải ra. P-PO₄³⁻ tương đối cao từ 11,13 - 16,30 mg/L do bệnh viện sử dụng nhiều chất giặt, tẩy trong quá trình vệ sinh và khử trùng.

(6) Tỉ lệ BOD₅ : N : P là 170,17 : 14,43 : 12,8 tương đương với 100 : 8,48 : 7,52; tỉ lệ này đủ dưỡng chất cho quá trình xử lý sinh học tuy nhiên P quá cao nên sẽ ảnh hưởng đến quá trình xử lý sinh học phía sau.

(7) Tổng *Coliforms* dao động trong khoảng từ $1,3 \times 10^5$ - $9,4 \times 10^6$ MPN/100 mL phù hợp với công bố của Nguyễn Xuân Nguyên và Phạm Hồng Hải (2004).

Với những đặc tính trên nước thải cần phải có quá trình xử lý sơ cấp tốt trước khi đưa vào bể sinh học thì mới đạt quy chuẩn xả thải. Nếu nước thải được xử lý bằng quá trình Fenton/ôzon thì ban đầu phải hạ pH = 3 để tạo môi trường phản ứng thích hợp cho quá trình Fenton/ôzon, do đó phải sử dụng H₂SO₄ 32% để hạ pH xuống.

3.2 Kết quả thí nghiệm

Thí nghiệm 1: So sánh hiệu quả xử lý của quá trình Fenton và Fenton/ôzon

Mẫu nước thải trước và sau xử lý Fenton, Fenton/ôzon được phân tích và đánh giá thông qua COD và tổng *Coliforms*. Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 3. Hiệu quả loại bỏ COD, tổng *Coliforms* của quá trình Fenton và Fenton/ôzon

Chỉ tiêu	Đơn vị	Trước xử lý	Sau xử lý	
			Fenton	Fenton/ôzon
COD	mg/L	406	162,5	78
Tổng <i>Coliforms</i>	MPN/100 mL	$1,1 \times 10^5$	1.200	60

Các số liệu cho thấy khả năng loại bỏ COD và tổng *Coliforms* ở quá trình Fenton/ôzon cao hơn quá trình Fenton. Hiệu suất xử lý của quá trình Fenton/ôzon đạt 80,79% và 99,95% đối với thông số COD và tổng *Coliforms*, trong khi quá trình Fenton chỉ đạt 59,96% và 98,91% tương ứng. Trong quá trình Fenton và Fenton/ôzon chất hữu cơ sẽ bị oxy hóa bởi gốc HO[•] (Uslu & Balcioglu, 2009), trong đó quá trình Fenton/ôzon cho hiệu quả loại bỏ chất hữu cơ cao vì có thêm sự oxy hóa trực tiếp các chất hữu cơ bởi ôzon (trong điều kiện pH thấp) (Riaño và nnk., 2014).

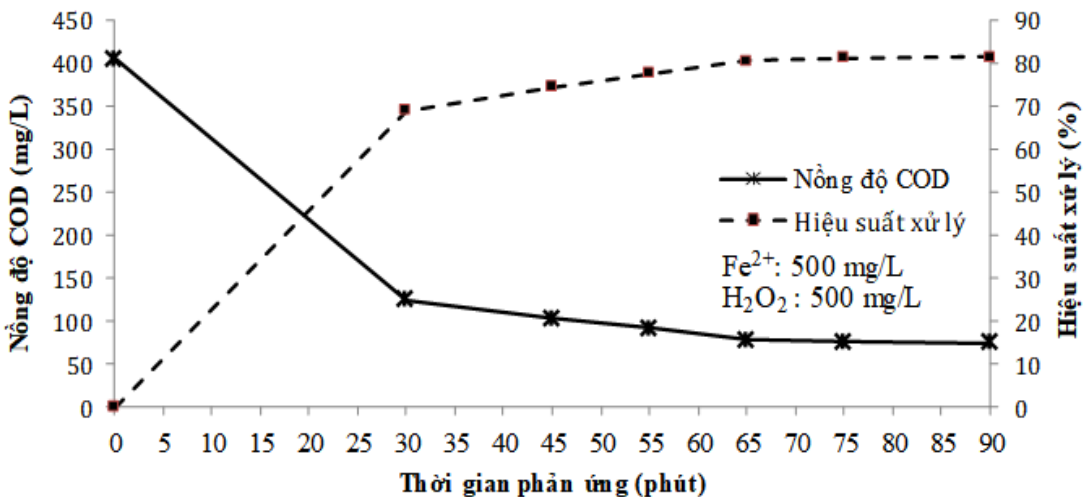
Trong thí nghiệm này quá trình Fenton và Fenton/ôzon được tiến hành ở môi trường pH = 3 làm bất hoạt các *Coliforms* (Aziz và nnk., 2013), tính oxy hóa mạnh của gốc HO[•] cũng sẽ là tác

nhân tiêu diệt được *Coliforms*. Qui trình Fenton/ôzon có khả năng tiêu diệt *Coliforms* cao hơn qui trình Fenton do có thêm sự khử trùng trực tiếp bởi ôzon. Kết quả thí nghiệm này cho thấy hiệu suất xử lý của quá trình Fenton/ôzon cao hơn quá trình Fenton, nên quá trình Fenton/ôzon được chọn để tiến hành thí nghiệm tiếp theo.

Thí nghiệm định hướng lựa chọn thông số vận hành của quá trình Fenton/ôzon

Thí nghiệm 2: Xác định thời gian phản ứng của quá trình Fenton/ôzon

Thí nghiệm này được tiến hành nhằm đánh giá ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến hiệu quả xử lý của quá trình Fenton/ôzon. Các điều kiện tiến hành thí nghiệm được chọn giống như ở thí nghiệm 1 nhưng thời gian phản ứng biến thiên từ 30-90 phút, mỗi khoảng biến thiên 15 phút. Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở Hình 3.



Hình 3. Diễn biến nồng độ và hiệu suất loại bỏ COD của nước thải sau xử lý bằng quá trình Fenton/ôzon theo thời gian phản ứng

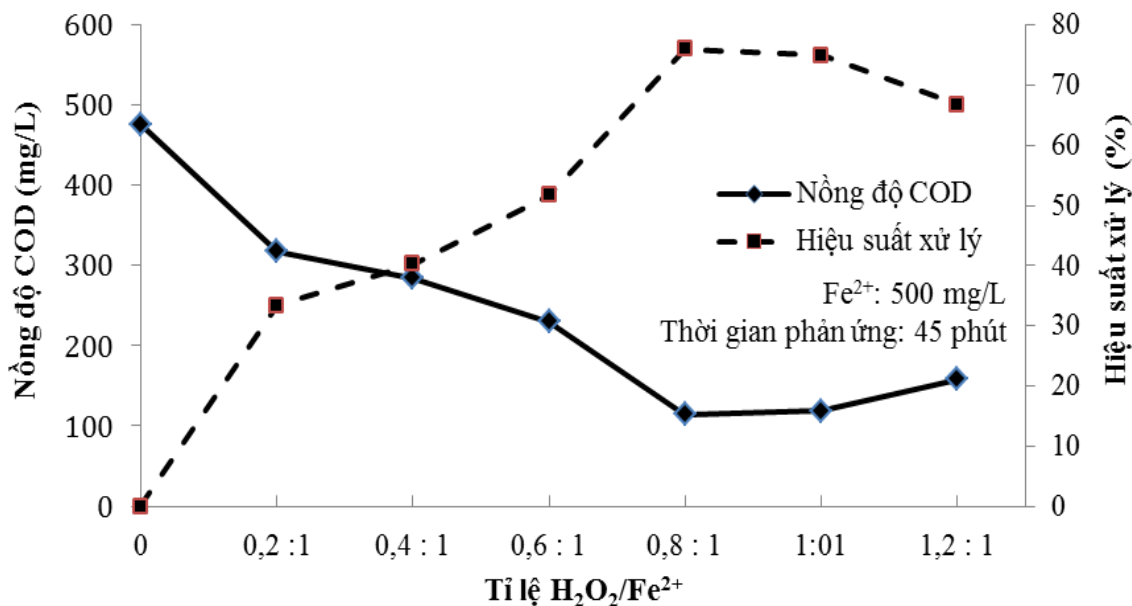
Kết quả thí nghiệm cho thấy hiệu suất loại bỏ COD tăng theo thời gian phản ứng. Từ 0 đến 30 phút hiệu suất tăng nhanh, từ 30 đến 45 phút hiệu suất tăng chậm lại, từ 45 đến 90 phút hiệu suất tăng rất chậm. Như vậy nên chọn thời gian tồn lưu là 45 phút để giảm chi phí đầu tư bể và điện năng tiêu tốn cho quá trình.

Hiệu suất loại bỏ *Coliforms* cũng tăng theo thời gian phản ứng đúng với lý thuyết hiệu quả khử trùng phụ thuộc theo thời gian, liều lượng chất khử trùng. Và ở thời gian phản ứng là 45 phút hiệu suất loại bỏ *Coliforms* đã đạt đến 99,78%.

Xác định quy trình Fenton/ôzon chỉ là bước xử lý sơ cấp nên thời gian phản ứng 45 phút được chọn để tiến hành các thí nghiệm phía sau.

Thí nghiệm 3: Xác định tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$

Thí nghiệm này được tiến hành nhằm đánh giá ảnh hưởng của liều lượng H_2O_2 (theo khối lượng) đến hiệu quả xử lý của quá trình Fenton/ôzon. Thời gian phản ứng 45 phút (được chọn từ thí nghiệm 2), liều lượng Fe^{2+} được giữ giống như ở thí nghiệm 1 và liều lượng H_2O_2 biến thiên từ 100 - 600 mg/L mỗi khoảng biến thiên 100 mg/L, tương ứng với tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ là 0,2 : 1,0 đến 1,2 : 1,0. Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở hình 4.



Hình 4. Diễn biến nồng độ hiệu suất xử lý COD của nước thải sau xử lý bằng quá trình Fenton/ôzon ở các tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$

Diễn biến hiệu suất xử lý COD theo tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ cho thấy khi tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ từ 0 đến 0,6 : 1,0 thì hiệu quả xử lý COD thấp do thiếu H_2O_2 , ở tỉ lệ 0,8 : 1,0 thì hiệu quả xử lý COD cao nhất (COD sau xử lý là 114,2 mg/L). Khi tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ nằm trong khoảng 0,8 : 1,0 - 1,2 : 1,0 thì hiệu suất xử lý COD giảm xuống từ 76,02% đến 66,76%. Do nồng độ ban đầu của H_2O_2 trong dung dịch cao thì sẽ tăng quá trình oxy hóa dẫn tới tăng nồng độ của gốc $HO\cdot$ đến một khoảng nhất định thì H_2O_2 sẽ phản ứng với các gốc $HO\cdot$ làm giảm hiệu quả xử lý (Belgiorno và nnk., 2011; Al-Harbawi và nnk., 2013).

Phương trình phản ứng khi H_2O_2 dư: $HO\cdot + H_2O_2 \rightarrow \cdot HO_2 + H_2O$

Từ kết quả trên chọn tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ là 0,8 : 1,0 tương ứng với liều lượng H_2O_2 là 400 mg/L và Fe^{2+} là 500 mg/L để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo.

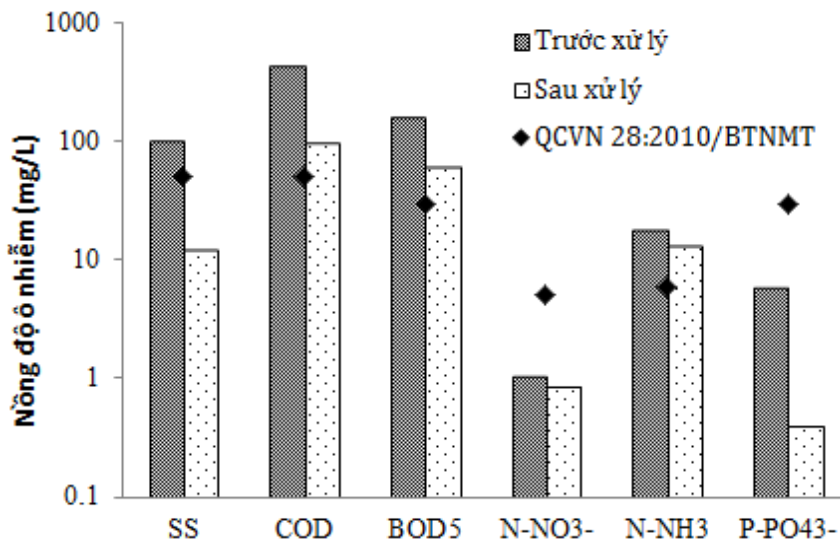
Thí nghiệm chính thức

Thí nghiệm được tiến hành trong theo các điều kiện được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Các thông số vận hành bể phản ứng Fenton/ôzon

Thông số vận hành	Giá trị	Ghi chú
pH	3	Umadevi, 2015
Thời gian phản ứng	45 phút	Lựa chọn từ thí nghiệm 2
Tỉ lệ $H_2O_2 : Fe^{2+}$	0,8 : 1	Lựa chọn từ thí nghiệm 3

Nước thải trước và sau khi xử lý qua bể phản ứng Fenton/ôzon được tiến hành đo pH, DO. Sau đó tiến hành phân tích các chỉ tiêu SS, COD, BOD_5 , $N-NO_3^-$, $N-NH_3$, $P-PO_4^{3-}$, tổng Coliforms. Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở Hình 5.



Hình 5. Nồng độ các thông số ô nhiễm trong nước thải trước và sau xử lý

Qua thí nghiệm cho thấy các thông số ô nhiễm của nước thải bệnh viện đều giảm sau khi xử lý bằng quá trình Fenton/ôzon.

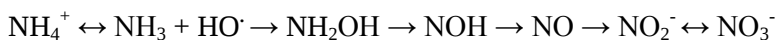
pH: sau khi thí nghiệm pH tăng nhẹ từ 3,0 lên 3,5 do quá trình Fenton tạo nên các gốc $\text{OH}^\cdot$ hoặc tiêu thụ một ít H^+ , phù hợp với kết quả của Jung và nnk. (2009). Điều này có lợi cho quá trình Fenton/ôzon vì nếu pH thay đổi quá lớn sẽ ảnh hưởng đến thời gian tồn tại của H_2O_2 trong môi trường làm giảm hiệu quả của quá trình Fenton/ôzon.

SS: hiệu suất loại bỏ SS cao từ $102,97 \pm 4,54$ mg/L giảm còn $12,3 \pm 0,79$ mg/L (hiệu suất $86,21 \pm 3,39\%$) là do một phần bị oxy hóa bởi quá trình Fenton/ôzon, còn lại do trong quá trình kết tủa Fe (III) kéo theo SS giảm xuống. Nồng độ SS sau xử lý đủ điều kiện ($\text{SS} < 150$ mg/L) để đưa vào bể lọc sinh học phía sau. Sau quá trình Fenton/ôzon sắt II được chuyển thành sắt III kết tủa kéo theo các cặn lắng xuống.

Nồng độ chất hữu cơ: chất hữu cơ trong nước thải sau xử lý bằng quá trình Fenton/ôzon giảm do gốc $\text{HO}^\cdot$ đã oxy hóa các chất hữu cơ trong đó COD giảm từ $443,60 \pm 12,29$ mg/L xuống còn $100,26 \pm 4,29$ mg/L, hiệu suất loại bỏ khá cao đạt $77,40 \pm 0,34\%$. BOD₅ sau quá trình Fenton/ôzon giảm từ $159,9 \pm 8,62$ mg/L xuống còn $61,85 \pm 3,78$ mg/L, hiệu suất xử lý là $61,32 \pm 0,57\%$. Sau quá trình xử lý tỉ số BOD₅/COD tăng từ $0,36 \pm 0,01$ lên $0,62 \pm 0,02$ 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, điều này sẽ tạo thuận lợi cho công đoạn xử lý sinh học.

N-NO₃⁻: nồng độ N-NO₃⁻ sau quá trình Fenton/ôzon hầu như không thay đổi do N-NO₃⁻ là dạng oxy hóa cuối và bền của ni-tơ trong môi trường nước.

N-NH₃: kết quả thí nghiệm cho thấy quá trình Fenton/ôzon có hiệu suất loại bỏ N-NH₃ là $24,2 \pm 2,4\%$ gần với công bố của Aziz và nnk. (2015). N-NH₃ bị loại bỏ thông qua sự oxy hóa N-NH₃ bởi gốc $\text{HO}^\cdot$ (Brito và nnk., 2010) theo chuỗi phản ứng sau:



P-PO₄³⁻: có nồng độ trước khi xử lý là $5,93 \pm 1,88$ mg/L, sau khi xử lý còn $0,41 \pm 0,11$ mg/L, hiệu suất loại bỏ đạt $92,92 \pm 1,30\%$. Trong quá trình Fenton/ôzon sau khi xử lý có sự xuất hiện của

tủa Fe^{3+} và một phần Fe^{3+} phản ứng với P-PO_4^{3-} tạo tủa sắt phốt-phát (FePO_4) nên làm cho nồng độ P-PO_4^{3-} giảm đi nhiều.

Tỷ lệ BOD_5 : N : P sau xử lý bằng quá trình Fenton/ôzon là 100 : 22,06 : 0,66 nên cần bổ sung thêm phốt pho trước khi đưa vào xử lý sinh học.

Tổng *Coliforms*: tổng *Coliforms* trước xử lý là 4.633 ± 2.608 MPN/100 mL, sau quá trình xử lý không phát hiện *Coliforms* trong nước thải là do trong điều kiện pH = 3 làm bất hoạt *Coliforms* (Aziz và nnk., 2013). Bên cạnh đó tính oxy hóa mạnh của gốc $\text{HO}^\cdot$ cũng là yếu tố tiêu diệt *Coliforms* và có thêm sự khử trùng trực tiếp bởi ôzon.

Tính toán chi phí xử lý 1 m^3 nước thải bệnh viện như đã xác định từ thí nghiệm.

Điện năng: sử dụng điện trong 45 phút cho bể phản ứng Fenton/ôzon tiêu hao 937,5 Wh. Với giá điện bệnh viện là 1.500 đồng/kWh, chi phí sử dụng điện là:

$$(937,5 \times 1.500)/1.000 = 1.406 \text{ đồng/kWh}$$

Phèn sắt ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) có giá 2.300 đồng/kg, cần dùng 2,5 kg phèn/ m^3 nước thải. Chi phí xử lý là: $2.300 \text{ đồng/kg phèn} \times 2,5 \text{ kg phèn/m}^3 = 5.750 \text{ đồng/m}^3$

H_2O_2 (70%) có giá 11.000 đồng/kg, cần sử dụng 0,57 kg/ m^3 nước thải. Chi phí cần để xử lý là: $11.000 \text{ đồng/kg } \text{H}_2\text{O}_2 \times 0,57 \text{ kg } \text{H}_2\text{O}_2 / \text{m}^3 = 6.285 \text{ đồng/m}^3$

NaOH có giá 9.300 đồng/kg, cần dùng 0,7 kg NaOH pha thành NaOH 6N để nâng pH của 1 m^3 nước thải bệnh viện lên pH = 7,5. Chi phí sử dụng là: $9.300 \text{ đồng/kg NaOH} \times 0,7 \text{ kg NaOH/m}^3 = 6.510 \text{ đồng/m}^3$.

H_2SO_4 32% có giá 2.200 đồng/kg, cần dùng 125 mL/ m^3 tương đương với 0,146 kg/ m^3 nước thải. Chi phí sử dụng là: $2.000 \text{ đồng/kg} \times 0,146 \text{ kg/m}^3 \text{ nước thải} = 292 \text{ đồng/m}^3$

Tổng chi phí hóa chất và điện năng cho quá trình Fenton/ôzon để xử lý 1 m^3 nước thải bệnh viện là 20.243 đồng/ m^3 nước thải.

4. Kết luận và kiến nghị

Kết quả nghiên cứu xử lý nước thải bệnh viện bằng qui trình Fenton/ôzon cho thấy: (1) Khi vận hành qui trình Fenton/ôzon với liều lượng H_2O_2 400 mg/L và Fe^{2+} 500 mg/L (tương ứng với tỉ lệ 0,8 mg H_2O_2 : 1,0 mg Fe^{2+}), thời gian phản ứng 45 phút để xử lý nước thải bệnh viện cho hiệu suất loại bỏ SS, COD, BOD_5 , N- NO_3^- , N- NH_3 , P- PO_4^{3-} , tổng *Coliforms* lần lượt là $86,21 \pm 3,39\%$, $77,40 \pm 0,34\%$, $61,32 \pm 0,57\%$, $16,44 \pm 2,17\%$, $24,2 \pm 2,4\%$, $92,92 \pm 1,30\%$, 100%; (2) Nước thải bệnh viện sau xử lý vẫn còn các thông số ô nhiễm hữu cơ (BOD_5 và COD) chưa đạt yêu cầu xả thải cần được tiếp tục xử lý; (3) Nếu tiếp tục xử lý qua công đoạn sinh học nối tiếp, nước thải sau xử lý Fenton/ôzon cần phải bổ sung phốt pho và điều chỉnh pH về 7,5 nhằm đảm bảo điều kiện vận hành của hệ vi sinh vật.

Nên tiến hành thêm các nghiên cứu về keo tụ nước thải bệnh viện có sử dụng thêm polyme làm chất trợ keo tụ để tăng hiệu quả xử lý của quá trình keo tụ, từ đó giảm chi phí hóa chất cho qui trình Fenton/ôzon đi sau nó. Có thể nghiên cứu thêm công đoạn xử lý sinh học theo sau quy trình Fenton/ôzon đảm bảo nước thải bệnh viện đạt yêu cầu xả thải theo quy định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Al-Harbawi A. F. Q., Mohammed M. H., Yakoob N. A. (2013). Use of Fenton's reagent for removal of organics from Ibn Al-Atheer hospital wastewater in Mosul city. *Al-Rafidain Engineering* 21, 127–135.
- [2] Aziz H. A., Amr S. S. A. (2015). Performance of combined ozone and Fenton in treating different leachate concentrations. *IAFOR Journal of Sustainability, Engergy and the Enviroment* 2(1), 3–20.
- [3] 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, 396–400.
- [4] Belgiorno V., Naddeo V., Rizzo L. (2011). Water, wastewater and soil treatment by advanced oxidation processes. *ASTER*, p. 270.
- [5] Brito N. N. D., Paterniani J. E. S., Brota G. A., Pelegrini R. T. (2010). Ammonia removal from leachate by photochemical process using H_2O_2 . *Ambiente & Água* 5(2), 51–60.
- [6] 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, 3572–3578.
- [7] Cortez S., Teixeira P., Oliveira R., Mota M. (2011). Evaluation of Fenton and ozone-based advanced oxidation processes as mature landfill leachate pre-treatments. *Journal of Environmental Management* 92, 749 - 755.
- [8] Cục Quản lý Khám chữa bệnh (2015). Báo cáo công tác khám chữa bệnh năm 2014, kế hoạch năm 2015. NXB Hà Nội.
- [9] 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.
- [10] Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân (2016). *Giáo trình Kỹ thuật xử lý nước thải*. NXB Đại học Cần Thơ.
- [11] Lin T. H., Chow-Feng Chiang, Shaw-Tao Lin, Ching-Tsan Tsai (2015). Effects of small-size suspended solids on the emission of Escherichia coli from the aeration process of wastewater treatment. *Aerosol and Air Quality Research* 16(9), 2208–2215.
- [12] Mandal T., Dasgupta D., Mandal S., Datta S. (2010). Treatment of leather industry wastewater by aerobic biological and Fenton oxidation process. *J Hazard Mater* 180, 204–211.
- [13] Nguyễn Thanh Hà (2015). *Hướng dẫn áp dụng công nghệ xử lý nước thải y tế*. NXB Y học.
- [14] Nguyễn Văn Phước (2007). *Xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học*. Đại học Quốc gia TP. HCM.
- [15] Nguyễn Xuân Nguyên, Phạm Hồng Hải (2004). *Công nghệ xử lý nước thải bệnh viện*. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [16] Riaño B., Coca M., González M. C. G. (2014). Evaluation of Fenton method and ozone-based processes for colour and organic matter removal from biologically pre-treated swine manure. *Chemosphere* 117, 193–199.
- [17] Santos L. H., Gros M., Mozaz S. R., Matos C. D., Pena A., Barceló D., Montenegro M. C. (2013). Contribution of hospital effluents to the load of pharmaceuticals in urban wastewaters: Identification of ecologically relevant pharmaceuticals. *Science of the Total Environment* 461–462 302–16.
- [18] 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.
- [19] Umadevi V. (2015). Fenton process - A pre-treatment option for hospital wastewater. *International Journal of Innovation in Engineering and Technology* 5, 306–312.
- [20] Uslu M. Ö., Balcioglu I. A. (2009). Comparison of the ozonation and Fenton process performances for the treatment of antibiotic containing manure. *Science of the Total Environment* 407, 3450–3458.