

Nghiên cứu hiệu quả xử lý nước thải tính axit phát sinh từ dây chuyền sản xuất TNT bằng hệ Quang Fenton

Nguyễn Văn Huông^{1*}, Phạm Sơn Tùng¹, Lê Minh Trí², Lê Thùy Dương¹

¹Viện Công nghệ mới, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

²Phòng Quản lý khoa học công nghệ, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.

*Email: vanhuongvg@gmail.com

Nhận bài: 06/01/2023; Hoàn thiện: 01/3/2023; Chấp nhận đăng: 01/3/2023; Xuất bản: 25/6/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.88.2023.87-94>

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung đánh giá hiệu quả xử lý nước thải tính axit phát sinh từ dây chuyền sản xuất TNT tại nhà máy Z113 bằng hệ Quang Fenton để loại bỏ các chất hữu cơ khó phân hủy. Sau quá trình UV/Fenton với các tỷ lệ khác nhau trong 120 phút, hiệu quả xử lý COD đạt 82,71%, hiệu quả xử lý TNT đạt 97,70% và độ màu đạt 92,6% tại điều kiện $C_{TNT}^0 = 84,58$ mg/L, pH=3, đèn UV $\lambda=254$ nm công suất 15 W, nồng độ $Fe^{2+} = 7,19 \times 10^{-3}$ M, tỷ lệ $H_2O_2/Fe^{2+} = 20$. Kết quả nghiên cứu là cơ sở quan trọng để lựa chọn được quy trình công nghệ, lựa chọn các điều kiện môi trường tối ưu để xử lý cho từng chất hữu cơ và hỗn hợp các chất hữu cơ có trong nước thải sản xuất TNT.

Từ khóa: Nước thải TNT; UV/Fenton.

1. MỞ ĐẦU

Trong quá trình sản xuất TNT, người ta thường sử dụng hệ tác nhân oxy hóa mạnh, thu được sản phẩm chính là 2,4,6-trinitrotoluene (TNT). Tuy nhiên, dưới tác dụng của ion nitroni ($H_2SO_4 + HNO_3$ sinh ra) sẽ hình thành một loạt các sản phẩm phụ như: mononitrotoluene, dinitrotoluene, nitrosotoluen, nitrophenol, ... Thông thường sản phẩm gồm một số các đồng phân, phụ thuộc vào điều kiện nitro hóa và quá trình xử lý tiếp theo. Ngoài ra, TNT được điều chế từ Dinitrotoluene (DNT) cũng có rất nhiều phụ phẩm, trong đó phải kể đến trinitro benzandehyt, trinitrobenzoic, các sản phẩm sulfo hóa, các đồng phân quinoxim, nitroso phenol, ... [1]. Tất cả các hợp chất nitro thơm đều độc, chúng gây hại cho hệ thần kinh và chủ yếu lên máu, phá vỡ quá trình cung cấp oxy cho cơ thể. Mức độ độc hại của từng hợp chất nitro khác nhau. Nhìn chung độc tính giảm khi tăng số nhóm nitro và nếu có cùng số nhóm nitro thì khi có mặt nhóm metyl hoặc sulfonic mức độ độc hại giảm. Khi bị nhiễm độc nặng có thể dẫn đến viêm gan [2]. Giới hạn cho phép đối với TNT trong nước thải tương ứng là 0,5 mg/L theo tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành TCVN/QS 658:2012- áp dụng Nhà máy, xí nghiệp, sơ sở thuốc phóng – yêu cầu về bảo vệ môi trường và phương pháp xác định.

Từ quá trình sản xuất TNT phát sinh ra hai loại nước thải có đặc tính, màu sắc khác nhau. Nước thải màu vàng có tính axit và nước thải màu đỏ có tính kiềm [3]. Việc nghiên cứu vật liệu và công nghệ xử lý nước thải sản xuất thuốc nổ nói chung và nước thải dây chuyền sản xuất thuốc nổ TNT nói riêng đã và đang được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Một số vật liệu và giải pháp công nghệ đã được ứng dụng vào thực tế, bao gồm: công nghệ hấp phụ bằng than hoạt tính hoặc các chất hấp phụ khác [4], thủy phân kiềm [5], phương pháp sinh học [6], công nghệ oxy hóa nâng cao và công nghệ kết hợp [7], ... Mỗi công nghệ có những ưu, nhược điểm riêng, tùy thuộc vào chất lượng của nguồn nước thải, song hiện nay, công nghệ oxy hóa tiên tiến đang được xem là ưu việt hơn cả nhờ phổ tác dụng rộng, ít hình thành các sản phẩm phụ, thời gian xử lý nhanh, có thể triển khai ở các quy mô khác nhau, ... [8]. Trong quá trình Oxy hóa tiên tiến, có nhiều quá trình tạo ra gốc tự do Hydroxyl $\cdot OH$, chẳng hạn như quá trình Fenton, quá trình fenton điện hóa, quá trình Peroxon, quá trình Photo-Fenton, quá trình Sono-Fenton [9]. Mỗi phương pháp mang lại hiệu quả và sản phẩm phụ khác nhau trong quá trình xử lý. Trong đó, quá

trình xử lý TNT trong nước thải bằng giải pháp Quang Fenton kết hợp sẽ tạo ra các sản phẩm không độc hoặc ít độc hại với môi trường. Kết quả nghiên cứu của "Yardin và Chiron [10] cho thấy quá trình chuyển hóa TNT trong phản ứng oxy hóa nâng cao sau khi hydroxyl hóa liên tiếp TNT, vòng thơm được mở một cách nhanh chóng, dẫn đến sự tích tụ axit cacboxylic mạch ngắn như oxalic và formic. Phân tích LC-MS cho thấy 4 sản phẩm trung gian chính là 2,4,6-trinitrophenol, hình thành do thay thế nhóm CH₃- bằng OH-. Tiếp đến là 3-hydroxy-2,4,6-trinitrophenol. M.J.Liou, M.C.Lu [2] đã xem xét đặc điểm động học quá trình phân hủy 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) bằng tác nhân Quang Fenton kết quả cho thấy hình thành các chất 1,3,5-trinitrobenzene, 1-methyl-2,4-dinitrobenzene 2,5-dinitrobenzoic acid and 1,3-dinitrobenzene. Nghiên cứu xử lý TNT trong môi trường nước bằng hệ UV/Fenton cho thấy hiệu quả xử lý TNT đạt 98,9% sau 60 phút phản ứng [11]. Trong nghiên cứu này, nhóm thực hiện đề tài tiến hành đánh giá hiệu quả xử lý của quá trình Quang Fenton đối với các chất hữu cơ khó phân hủy trong nước thải tính axit phát sinh từ dây chuyền sản xuất TNT và ảnh hưởng của Hydrogen peroxide, ion sắt và giá trị pH đến hiệu quả xử lý của quá trình.

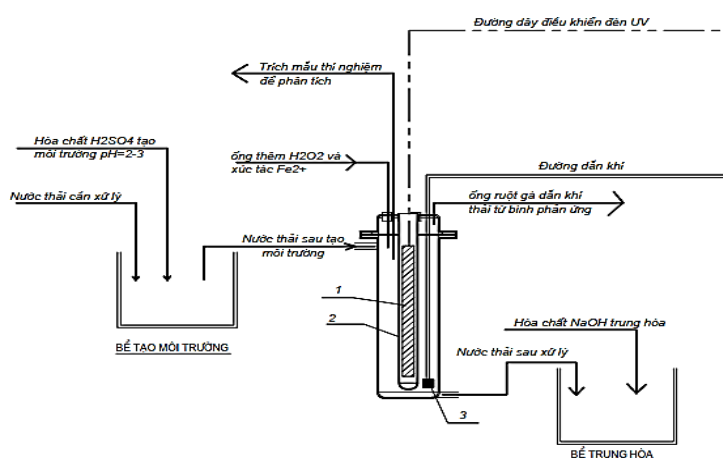
2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất

Nước thải tính axit phát sinh từ dây chuyền sản xuất TNT được nhóm nghiên cứu thu thập, lấy mẫu tại nhà máy Z113/TCCNQP để tiến hành thí nghiệm.

Các hóa chất khác như dung dịch hydrogen peroxide 30% và Ferrous sulfate heptahydrate (FeSO₄.7H₂O) được mua từ Merck và Sigma-Aldrich (Mỹ).

2.2. Mô hình thí nghiệm



Hình 1. Mô hình thí nghiệm phương pháp UV/Fenton.

Ghi chú: 1- Đèn UV, 2- Ống thạch anh, 3- Đầu sứ khí.

Mô hình thí nghiệm nghiên cứu hiệu quả của quá trình UV-Fenton được mô tả trong hình 1, được thiết kế dựa trên tham khảo thiết kế trong nghiên cứu [11]. Bình phản ứng dung tích 1,5 lít được chế tạo từ vật liệu Inox 316 dày 2 mm. Ổ đáy bình được lắp đặt phân phối không khí tốc độ 1 lít/phút. Ở trong bình, tại vị trí chính giữa có 01 đèn UV bước sóng 254 nm, công suất 15 W. Tiến hành thí nghiệm, nước thải cần xử lý được điều chỉnh pH theo yêu cầu, sau đó được dẫn vào bình phản ứng. Mỗi lần thí nghiệm với 1 lít nước thải. Khi đã thêm đủ nước thải vào bình phản ứng, tiến hành bổ sung hóa chất H₂O₂ và Fe²⁺ theo tỷ lệ nghiên cứu. Sau thời gian phản ứng, tiến hành dẫn nước thải sau xử lý vào bình thủy tinh để trung hòa nước thải đạt pH=7. Hệ thống có tích hợp kiểm soát được nhiệt độ và theo dõi pH thay đổi trong quá trình phản ứng.

2.3. Phương pháp chuẩn bị mẫu

2.3.1. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ H_2O_2 đến hiệu quả xử lý

Thí nghiệm được tiến hành trong cùng điều kiện $C_{TNT}^0 = 84,58 \text{ mg/L}$, $pH = 3$, $C_{Fe^{2+}} = 7.19 \times 10^{-3} \text{ M}$, $\lambda = 254 \text{ nm}$, công suất 15 W, thay đổi tỉ lệ H_2O_2/Fe^{2+} lần lượt bằng 15, 20, 25.

Mẫu được lấy tại các thời điểm 5, 10, 15, 30, 60, 90 và 120 phút để phân tích chỉ tiêu COD, TNT. Sau 120 phút đo chỉ tiêu độ màu nước thải sau phản ứng.

2.3.2. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ sắt đến hiệu quả xử lý

Thí nghiệm được tiến hành tương tự như 2.3.1 với cùng điều kiện $C_{TNT}^0 = 84,58 \text{ mg/L}$, $pH = 3$, tỉ lệ H_2O_2/Fe^{2+} bằng 20, $\lambda = 254 \text{ nm}$, công suất 15 W, thay đổi nồng độ $C_{Fe^{2+}}$ lần lượt $5.39 \times 10^{-3} \text{ M}$, $7.19 \times 10^{-3} \text{ M}$, $8.99 \times 10^{-3} \text{ M}$.

2.3.3. Khảo sát ảnh hưởng của pH đến hiệu quả xử lý

Thí nghiệm được tiến hành tương tự như 2.3.1 với cùng điều kiện $C_{TNT}^0 = 84,58 \text{ mg/L}$, $C_{Fe^{2+}} = 7.19 \times 10^{-3} \text{ M}$, $\lambda = 254 \text{ nm}$, công suất 15 W, tỉ lệ $H_2O_2/Fe^{2+} = 20$, thay đổi pH lần lượt bằng 2; 3; 5.

2.3.4. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ TNT ban đầu đến hiệu quả xử lý

Thí nghiệm được tiến hành tương tự như 2.3.1 với cùng điều kiện $C_{Fe^{2+}} = 7.19 \times 10^{-3} \text{ M}$, $\lambda = 254 \text{ nm}$, công suất 15 W, tỉ lệ $H_2O_2/Fe^{2+} = 20$, $pH = 3$, thay đổi $C_{TNT}^0 =$ lần lượt bằng 84,58 mg/L, 99,56 mg/L, 110,35 mg/L.

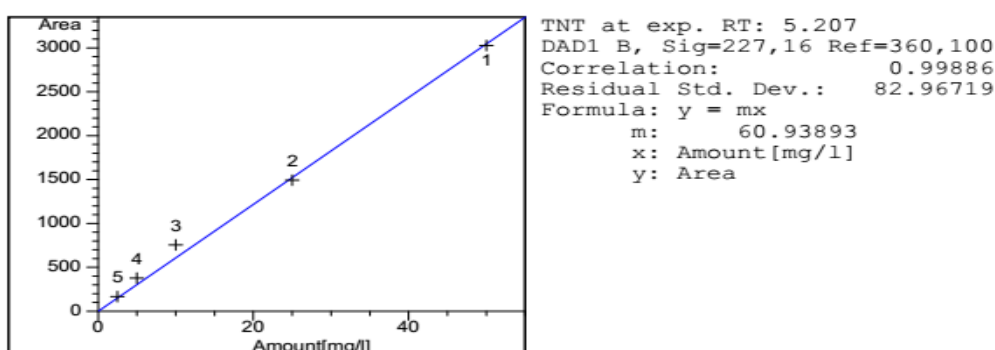
2.4. Phương pháp phân tích chất lượng nước thải

Nước thải được lấy mẫu, bảo quản theo quy chuẩn Việt Nam hiện hành theo Thông tư TT10/2021-BTNMT. Trong đó, phân tích các chỉ tiêu chủ yếu theo các phương pháp sau:

Phương pháp phân tích COD: SMEWW 5220C:2017; Phương pháp phân tích độ màu: TCVN 9230-1:2012; Phương pháp đo pH: TCVN 6492:2011; Phương pháp đo TSS: TCVN 6625:2000; Phương pháp phân tích TNT: phương pháp HPLC tham khảo nghiên cứu [11].

2.5. Xây dựng đường chuẩn xác định TNT bằng phương pháp HPLC

Nồng độ TNT trong nước được xác định bằng cách xây dựng đường chuẩn ngoại với thiết bị HPLC, lấy tín hiệu đo $\lambda = 227 \text{ nm}$, thời gian lưu 5,0-5,2 phút. Đường chuẩn được lập bằng cách chuẩn bị 05 mẫu dung dịch có nồng độ tương ứng là 2 mg/L; 5 mg/L; 10 mg/L; 25 mg/L và 50 mg/L. Tiến hành phân tích mẫu, thu nhận phổ và giá trị nồng độ TNT trong dung dịch.



Hình 2. Đồ thị ngoại chuẩn xác định TNT.

Điều kiện đo HPLC cho TNT:

+ Cột Zobrax Hypersil C_{18} (200 x 4 mm)

+ Tốc độ dòng: 0,8 ml/phút

+ Tỷ lệ pha động H_2O : Acetonitril = 25: 75 (V/V)

+ Áp suất: 80 bar + Thời gian đo mẫu: 10 phút/mẫu

2.6. Phương pháp đánh giá

- Hiệu quả được đánh giá thông qua nồng độ COD, TNT và độ màu trong mẫu thí nghiệm. Công thức tính hiệu suất phản ứng như sau:

$$H\% = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 (\%); \quad (1)$$

Trong đó: H là hiệu suất xử lý, C_0 và C_t là nồng độ của COD, độ màu, TNT tại thời điểm ban đầu và thời điểm t, mg/L.

- Quan sát diễn biến nồng độ TNT trong nước thải trong quá trình phản ứng với công thức như sau:

$$k = -\ln\left(\frac{C_t}{C_0}\right)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích thành phần của nước thải tính axit từ dây chuyền sản xuất TNT

Nước thải tính axit từ dây chuyền sản xuất TNT có đặc điểm là màu vàng đậm, mùi hạnh nhân. Từ kết quả phân tích 12 mẫu nước thải phát sinh từ dây chuyền sản xuất TNT thu thập được tại Nhà máy Z113, thành phần và một số thông số chính như sau.

Bảng 1. Đặc tính hóa lý của nước thải tính axit từ dây chuyền sản xuất TNT.

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị	QCVN40:2011/ BTNMT (B)
1	Độ màu	Pt/Co	2100-2200	150
2	pH	-	1,0-2,0	5,5 - 9
3	COD	mg/L	330-390	150
5	TSS	mg/L	90-110	100
6	TNT	mg/L	80-110	0,5(*)

Ghi chú:

- QCVN 40:2011/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp.

(*) TCVN/QS 658:2012: Nhà máy, xí nghiệp, sơ sở thuốc phóng – yêu cầu về bảo vệ môi trường và phương pháp xác định.

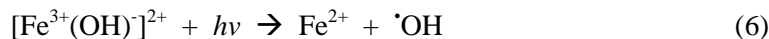
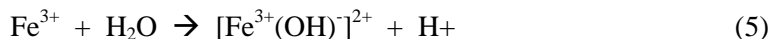
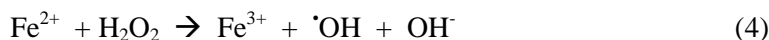
Kết quả thực nghiệm cho thấy sự tương đồng với kết quả nghiên cứu của Elaine N. Ribeiro và cộng sự trong việc nghiên cứu thành phần nước thải vàng có chứa TNT [3]. Từ kết quả phân tích có thể thấy rằng, nước thải có các chỉ tiêu vượt nhiều lần giới hạn cho phép theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

3.2. Ảnh hưởng của liều lượng Hydrogen peroxide đến hiệu quả xử lý

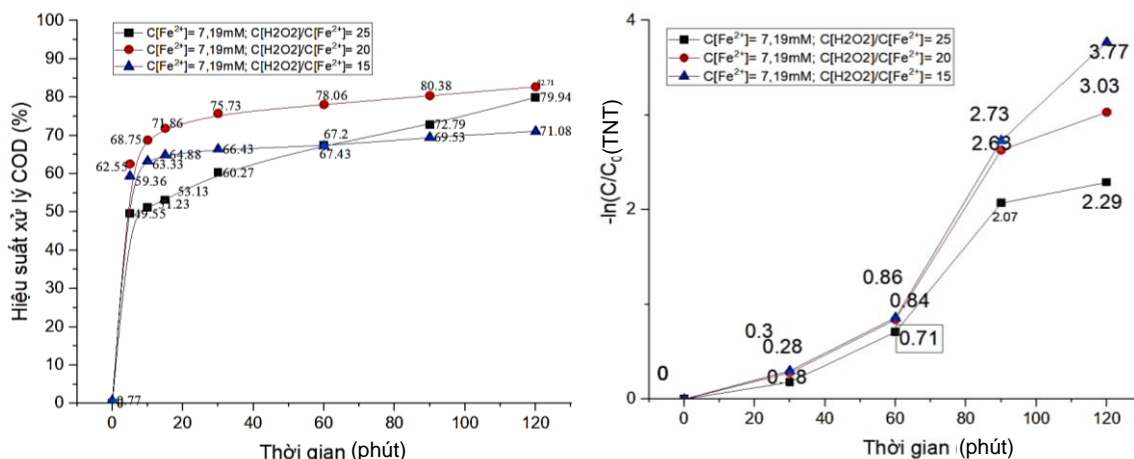
Hình 3 mô tả hiệu quả xử lý nước thải thông qua việc giảm nồng độ COD và nồng độ TNT. Đối với chỉ số COD, qua kết quả có thể thấy trong 30 phút đầu hiệu quả xử lý đạt cao nhất tại tỷ lệ $H_2O_2/Fe^{2+}=20$. Tuy nhiên, sau 120 phút, hiệu quả xử lý tại tỷ lệ $H_2O_2/Fe^{2+}=20$ và 25 gần như tương đương nhau trong khi hiệu quả xử lý tại tỷ lệ $H_2O_2/Fe^{2+}=15$ thấp hơn rõ rệt. Ngoài ra, tại tỷ lệ $H_2O_2/Fe^{2+}=25$, nồng độ COD có xu hướng giảm nhanh sau thời gian khảo sát trong khi nồng độ COD tại tỷ lệ $H_2O_2/Fe^{2+}=20$ có xu hướng giảm chậm hơn về sau. Như vậy, hiệu quả xử lý COD sẽ tăng khi sử dụng lượng H_2O_2 lớn hơn. Tuy nhiên, khi sử dụng nhiều H_2O_2 không mang lại hiệu quả xử lý tốt hơn trong thời gian đầu thử nghiệm. Nguyên nhân của hiện tượng này là do khi ở nồng độ cao, phân tử H_2O_2 sẽ phản ứng với các gốc $\cdot OH$ tạo thành để tạo ra các gốc tự do có thể oxy hóa thấp hơn, do đó làm giảm hiệu suất phân hủy TNT trong nước thải [11].



Phương trình phản ứng của quá trình Fenton và UV Fenton diễn ra như sau:



Tổng hợp hai phương trình trên sẽ được:

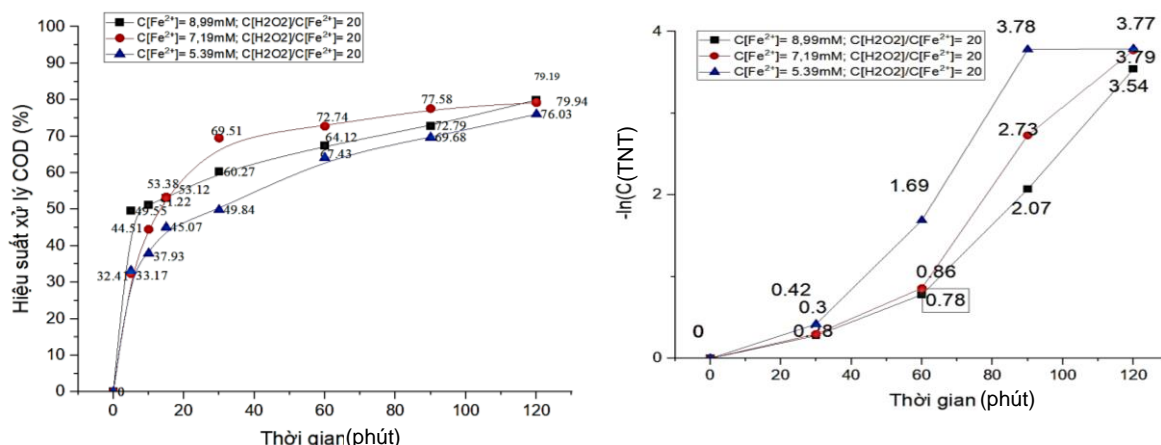


Hình 3. Ảnh hưởng của liều lượng Hydrogen peroxide đến hiệu quả xử lý.

Chính các gốc tự do $\cdot\text{OH}$ này phản ứng với nhiều chất hữu cơ (RH) tạo thành gốc hữu cơ có khả năng phản ứng cao, các sản phẩm này tiếp tục tham gia các phản ứng thứ cấp tạo thành CO_2 , H_2O , N_2 và gốc NO_3 .

Kết quả khảo sát nhận thấy khi quan sát hiệu quả xử lý TNT trong nước thải. Trong giai đoạn đầu hầu như không có sự khác biệt về hiệu quả xử lý TNT tại tỷ lệ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}=20$ và 25. Sự khác biệt về hiệu quả chỉ rõ rệt sau 90 phút phản ứng, lúc này hiệu quả xử lý của trường hợp tỷ lệ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}=20$ lớn hơn rõ rệt.

3.3. Ảnh hưởng của nồng độ sắt đến hiệu quả xử lý



Hình 4. Ảnh hưởng của nồng độ Fe²⁺ đến hiệu quả xử lý.

Hình 4 mô tả hiệu quả xử lý nước thải màu vàng TNT ở các nồng độ ion sắt khác nhau. Từ kết

quả có thể thấy trong 30 phút đầu hiệu quả xử lý đạt cao nhất khi sử dụng 7,19 mM Fe²⁺. Trong khi đó, trường hợp sử dụng 8,99 mM Fe²⁺, hiệu quả thấp hơn rõ rệt. Nguyên nhân là do ở giai đoạn đầu của quá trình, độ đục của dung dịch bị ảnh hưởng bởi nồng độ sắt. Khi sử dụng một lượng sắt sunfat heptahydrat cao hơn sẽ dẫn đến tăng độ đục, cản trở sự phát quang của đèn UV do đó ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu quả xử lý nước thải. Tuy nhiên, sau 120 phút hiệu quả xử lý khi sử dụng nồng độ FeSO₄.7H₂O 7,19 x10⁻³ M và 8,99x10⁻³ M gần tương đương nhau. Như vậy, nồng độ sắt ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng đặc biệt là trong giai đoạn đầu của quá trình xử lý.

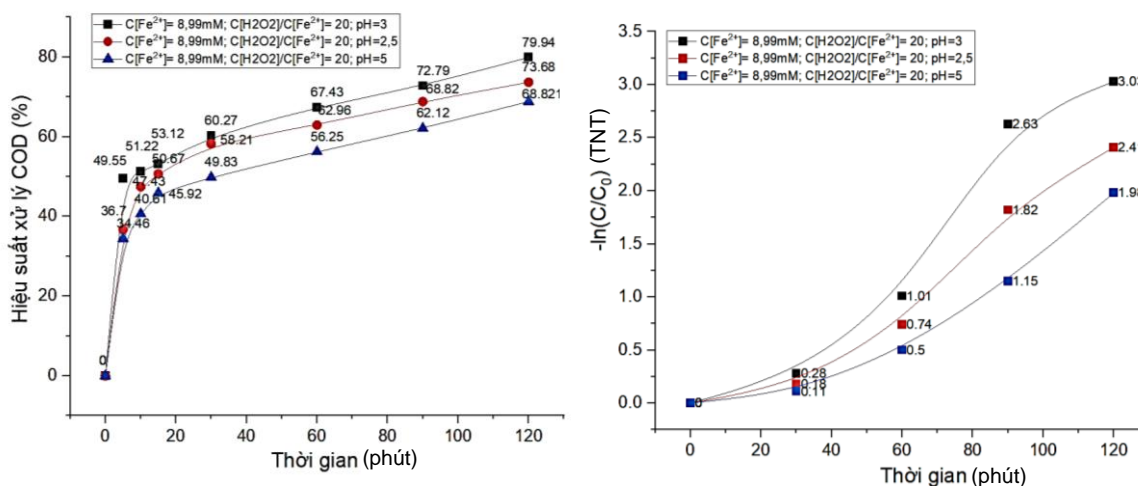
Khi quan sát diễn biến hiệu quả xử lý TNT có thể thấy điều tương tự khi nồng độ ion sắt trong nước thải có ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng trong giai đoạn đầu. Tuy nhiên, kết thúc quá trình quan sát hiệu quả xử lý của ba trường hợp gần tương đương nhau. Một điểm đáng chú ý ở đây là từ biểu đồ có thể nhận thấy, hiệu quả xử lý TNT của trường hợp sử dụng 8,99 mM Fe²⁺ không có sự thay đổi rõ rệt từ thời điểm 90 phút (đi ngang). Điều này cho thấy rõ ràng là trong trường hợp này với sự tham gia của nồng độ sắt nhiều hơn đã tiêu tốn nhanh chóng lượng H₂O₂ trong nước thải. Từ đó, làm giảm hiệu quả xử lý TNT trong khoảng thời gian sau 90 phút, bởi lúc này trong nước thải còn thành phần hữu cơ mới tạo thành cản trở quá trình phân hủy TNT của Quang Fenton (phản ứng không chọn lọc). Trong khi đó, ở trường hợp sử dụng 5,39 mM Fe²⁺ cho thấy phản ứng phân hủy TNT vẫn còn đang tiếp diễn, lượng H₂O₂ trong nước thải vẫn còn đủ lớn để tiếp tục quá trình.

3.4. Ảnh hưởng của pH đến hiệu quả xử lý

Độ chuyển hóa TNT tăng trong môi trường axit (pH = 3) có thể giải thích như sau: O₂ trong nước sẽ nhận e từ bề mặt Fe²⁺ tạo thành O₂^{•-}, O₂^{•-} lại tiếp tục tác dụng với H⁺ và 1e trở thành H₂O₂, H₂O₂ giảm 1e sinh ra OH[•]. Chính các gốc tự do [•]OH này phản ứng với TNT tạo thành gốc hữu cơ có khả năng phân ứng cao, các sản phẩm này tiếp tục tham gia các phản ứng thứ cấp tạo thành CO₂, H₂O, N₂ và gốc NO₃⁻. pH thấp (pH < 2), các gốc tự do hydroxyl có thể bị tiêu thụ bởi chính ion H⁺:



pH > 4, hydro peoxit bị phân hủy khá nhanh và đây là lý do chính dẫn tới giảm hiệu suất của quá trình xử lý.

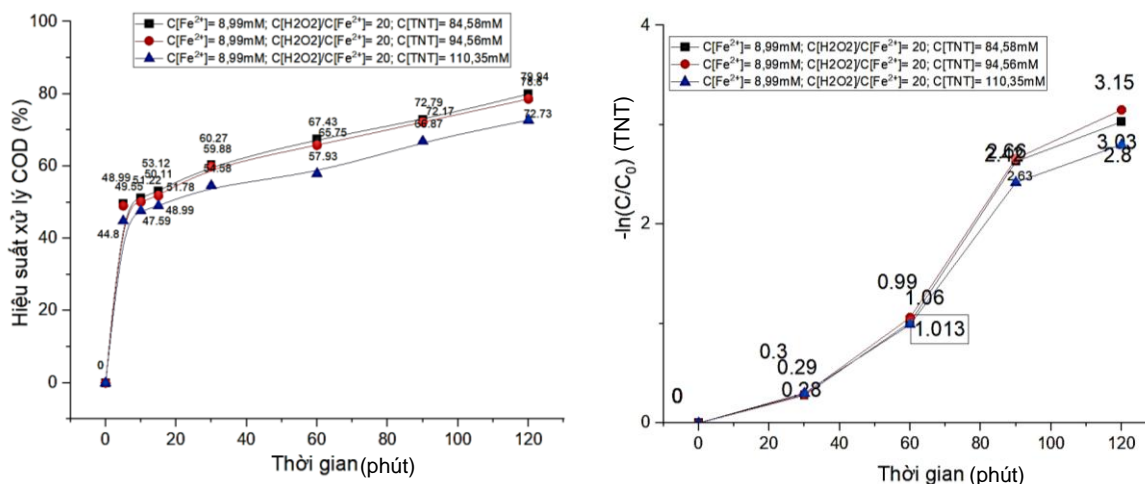


Hình 5. Ảnh hưởng của pH đến hiệu quả xử lý.

Hình 4 mô tả hiệu quả xử lý nước thải thông qua việc giảm nồng độ COD ở pH = 2,0 và pH = 3,0 và pH=5,0. Từ kết quả thu được có thể thấy rằng hiệu quả xử lý ở pH = 3,0 cao hơn rõ rệt so

với pH = 2,0 và pH=5,0. Quan sát hiệu quả xử lý TNT cũng thấy được hiệu quả tốt nhất tại pH=3 trong khi tại pH=2,0 và 5,0 thấp hơn nhiều. Kết quả này cho thấy sự tương đương với kết quả nghiên cứu xử lý TNT trong nước của nghiên cứu [11].

3.5. Ảnh hưởng của nồng độ TNT đầu vào đến hiệu quả xử lý



Hình 6. Ảnh hưởng của nồng độ TNT đầu vào đến hiệu quả xử lý.

Hình 6 mô tả hiệu quả xử lý nước thải thông qua việc giảm nồng độ COD ở $C_{TNT}^0 = 84,58$ mg/L, 99,56 mg/L, 110,35 mg/L. Từ kết quả thu được có thể thấy rằng hiệu quả xử lý tại các nồng độ $C_{TNT}^0 = 84,58$ mg/L, 99,56 mg/L có sự khác biệt không rõ rệt, hiệu quả đều đạt trên 80% trong khi đó hiệu quả xử lý tại $C_{TNT}^0 = 110,35$ mg/L thấp hơn rõ rệt. Kết quả tương tự cũng được quan sát diễn biến nồng độ TNT. Kết quả cho thấy, tại tỷ lệ $C_{Fe^{2+}} = 7,19 \times 10^{-3}$ M và tỷ lệ $H_2O_2/Fe^{2+} = 20$.

Có thể xử lý hiệu quả nước thải TNT với nồng độ tối đa $C_{TNT}^0 = 99,56$ mg/L. Khi tăng nồng độ ban đầu của TNT dẫn đến hiệu quả xử lý giảm đi.

3.6. Ảnh hưởng của các yếu tố đến độ màu nước thải sau xử lý

Hiệu quả xử lý độ màu của nước thải bằng phương pháp Quang Fenton được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Độ màu nước thải sau xử lý 120 phút bằng hệ Quang Fenton.

	$C_{H_2O_2} = 180 \times 10^{-3} M$	$C_{H_2O_2} = 140 \times 10^{-3} M$	$C_{H_2O_2} = 100 \times 10^{-3} M$
$C_{Fe^{2+}} = 8,99 \times 10^{-3} M$	88,0%	-	-
$C_{Fe^{2+}} = 7,19 \times 10^{-3} M$	92,6%	90,1%	86,7%
$C_{Fe^{2+}} = 5,39 \times 10^{-3} M$	83,1%	-	-

Từ bảng 2 có thể thấy rằng, hiệu quả xử lý độ màu của nước thải đạt cao nhất tại trường hợp sử dụng $C_{Fe^{2+}} = 7,19 \times 10^{-3}$ M và tỷ lệ $H_2O_2/Fe^{2+} = 20$. Điều này cho thấy, hiệu quả xử lý độ màu nước thải được quyết định bởi hiệu quả xử lý TNT và COD trong nước thải. Tuy nhiên, nồng độ sắt cũng ảnh hưởng tới độ màu nước thải. Khi sử dụng một lượng sắt lớn hơn sẽ làm tăng độ màu nước thải. Nguyên nhân là do Fe^{3+} sau quá trình nâng pH cũng đồng thời làm tăng độ màu của nước thải trung tính.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu, đã bước đầu chứng minh được hiệu quả xử lý nước thải phát sinh từ dây chuyền sản xuất TNT bằng hệ UV-Fenton. Các nghiên cứu đã khảo sát được môi trường tối ưu để xử lý nước thải TNT gồm: tỷ lệ $H_2O_2/Fe^{2+} = 20$, pH = 3, nồng độ TNT nhỏ hơn 100 mg/L,

thời gian xử lý 120 phút thì các thông số phân tích đều nằm trong quy chuẩn cho phép. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để nhóm nghiên cứu đưa ra quy trình công nghệ, tính toán, thiết kế các thông số cho hệ thống pilot áp dụng để xử lý nước thải TNT phát sinh từ dây chuyền sản xuất TNT.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ về kinh phí của đề tài cấp BQP 2020-2023: Nghiên cứu xây dựng quy trình công nghệ xử lý nước thải chứa các chất hữu cơ bền phát sinh từ dây chuyền sản xuất TNT bằng giải pháp oxy hóa tiên tiến kết hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Spanggord, R.J. and B.E. Suta, "Effluent analysis of wastewater generated in the manufacture of 2,4,6-trinitrotoluene. 2. Determination of a representative discharge of ether-extractable components". Environmental Science & Technology. 16(4): p. 233-236, (1982).
- [2]. Liou, M.J., M.C. Lu, and J.N. Chen, "Oxidation of TNT by photo-Fenton process". Chemosphere. 57(9): p. 1107-14, (2004).
- [3]. Ribeiro, E.N., F.T. Da Silva, and T.C.B. De Paiva, "Ecotoxicological evaluation of wastewater from 2.4.6-TNT production". Journal of Environmental Science and Health, Part A. 47(2): p. 184-191, (2012).
- [4]. Vasilyeva, G.K., V.D. Kreslavski, and P.J. Shea, "Catalytic oxidation of TNT by activated carbon". Chemosphere. 47(3): p. 311-317, (2002).
- [5]. Saupe, A., H.J. Garvens, and L. Heinze, "Alkaline hydrolysis of TNT and TNT in soil followed by thermal treatment of the hydrolysates". Chemosphere. 36(8): p. 1725-1744, (1998).
- [6]. Agrawal, K. and P. Verma, "Chapter 11 - Microbial-mediated explosives removal and its impact on TNT, RDX, and HMX", in *Development in Wastewater Treatment Research and Processes*, S. Rodriguez-Couto and M.P. Shah, Editors, Elsevier. p. 225-241, (2022).
- [7]. Ayoub, K., et al., "Application of advanced oxidation processes for TNT removal: A review". Journal of Hazardous Materials. 178(1): p. 10-28, (2010).
- [8]. Huang, C.P., C. Dong, and Z. Tang, "Advanced chemical oxidation: Its present role and potential future in hazardous waste treatment". Waste Management. 13(5): p. 361-377, (1993).
- [9]. Gogate, P.R. and A.B. Pandit, "A review of imperative technologies for wastewater treatment I: oxidation technologies at ambient conditions". Advances in Environmental Research. 8(3): p. 501-551, (2004).
- [10]. Yardin, G. and S. Chiron, "Photo-Fenton treatment of TNT contaminated soil extract solutions obtained by soil flushing with cyclodextrin". Chemosphere. 62(9): p. 1395-402, (2006).
- [11]. Nguyễn, H., et al., "Treatment of TNT contained water using uv-fenton process". Journal of Military Science and Technology, (82): p. 98-104, (2022).

ABSTRACT

The effectiveness of TNT yellow wastewater treatment by using Photo-Fenton process

The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of TNT yellow wastewater treatment by using Photo-Fenton process. The optimization of photo-fenton process was also evaluated by different condition of H_2O_2 dosage, ferrous dosage, pH condition. Treatment efficiency was determined by comparing the reduction of COD index, TNT concentration and Color index in the wastewater. The results showed that, after 120 min of treatment, the concentration of COD in the wastewater decreased by 82,71%, TNT concentration by 97,70% and Color index by 92,6% while the optimal condition for treating 1 liter of TNT wastewater is by pH=3, UV light wavelenght $\lambda=254$ nm, $7,19 \times 10^{-3} M Fe^{2+}$ and molar ratio of $H_2O_2/Fe^{2+} = 20$. The research results are an important basis for selecting the technological process, choosing the optimal conditions to treat each organic substance and the mixture of organic substances present in TNT yellow wastewater.

Keywords: TNT yellow wastewater; UV/Fenton.