

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI DỆT NHUỘM BẰNG PHƯƠNG PHÁP FENTON CẢI TIẾN

STUDY OF IMPROVEMENT OF FENTON ON DYEING WASTEWATER

Phan Quang Huy Hoàng*

Khoa Môi trường, Tài nguyên và Biến đổi khí hậu

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm, Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT. Nghiên cứu này đã khẳng định ưu thế của phương pháp Fenton cải tiến so với Fenton truyền thống trong xử lý nước thải dệt nhuộm. Đối với quá trình quang Fenton, khảo sát các thông số thích hợp với pH 4, thời gian phản ứng 60 phút, tỷ lệ H₂O₂/COD 1:1, tỷ lệ Fe²⁺/ H₂O₂ 1:1 cho hiệu quả xử lý cao nhất với COD 81,15%, độ màu 84,78%. Đối với quá trình Fenton oxalate với pH 2, tỷ lệ H₂O₂/COD 2:1, Fe³⁺/ H₂O₂ 2:1, Fe³⁺/ C₂O₄²⁻ cho hiệu quả xử lý độ màu 90,5%, COD 84,2% sau thời gian phản ứng là 120 phút. Nghiên cứu cho thấy rằng phương pháp Fenton cải tiến thay thế được hệ Fenton truyền thống để xử lý nước thải dệt nhuộm.

TỪ KHOA: quang Fenton, Fenton oxalate, Fenton truyền thống, nước thải dệt nhuộm

ABSTRACT. This study has confirmed the advantages of the improvement of Fenton to compare with traditional Fenton in dyeing wastewater. For Photo-Fenton, the suitable parameters for pH 4, the reaction time of 60 minutes, the ratio of H₂O₂ / COD 1:1, the ratio of Fe²⁺/ H₂O₂ 1:1 gives the highest efficiency treatment with COD and color, 81,15% and 84,78%, respectively. For Fenton oxalate with pH 2, ratio of H₂O₂ /COD 2:1; Fe³⁺/ H₂O₂ 2:1; Fe³⁺/ C₂O₄²⁻ with efficiency treatment COD and color, 90,5% and 84,2% after 120 minutes- reaction time, respectively. Research shows that the improvement of Fenton would be able to replace the traditional Fenton for dyeing wastewater.

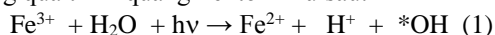
KEYWORDS: Photo- Fenton, Fenton oxalate, traditional Fenton, dyeing wastewater

1. GIỚI THIỆU

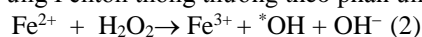
Nước thải dệt nhuộm là loại nước thải với mức độ ô nhiễm cao có các thành phần ô nhiễm như độ màu, pH, chất lơ lửng, BOD, COD, nhiệt độ đều vượt quá quy chuẩn cho phép xả vào nguồn tiếp nhận. Điều đó cho thấy để đạt hiệu quả xử lý cao, ở phương pháp này phải tốn nhiều hóa chất, từ đó dẫn đến chi phí cao. Như vậy, nước thải dệt nhuộm đã ảnh hưởng rất nhiều đến môi trường xung quanh. Do đó, việc xử lý loại nước thải này là điều cần thiết và cần phải được chú trọng đầu tư [1].

Phương pháp oxy hóa bậc cao điển hình là quá trình Fenton nhờ các ưu điểm như hóa chất tương đối rẻ tiền, ít độc hại đối với môi trường, hiệu quả xử lý cao, dễ sử dụng. Quá trình Fenton truyền thống đạt hiệu quả cao ở khoảng pH 2 đến 4. Nhưng pH trên thực tế nằm trong khoảng từ 5 đến 9 nên quá trình này tỏ ra không hiệu quả. Hơn nữa, còn phát sinh vấn đề bùn sắt cần phải xử lý [2-3].

So với quá trình Fenton truyền thống, quá trình quang Fenton hay Fenton cải tiến xảy ra tạo gốc *OH được phát triển rất thuận lợi cho quá trình oxy hóa các hợp chất ô nhiễm được tạo thành từ phân tử H₂O₂ [2]. Cụ thể phản ứng phân ứng quá trình quang Fenton như sau:



Sau đó, Fe²⁺ sinh ra từ phản ứng quang Fenton sẽ xảy ra như phản ứng Fenton thông thường theo phản ứng sau đây:



Do đó nhờ tác dụng bức xạ của UV, ion sắt được chuyển hóa trạng thái Fe³⁺ sang Fe²⁺ và sau đó ngược lại Fe²⁺ sang Fe³⁺ bằng quá trình Fenton thông thường tạo thành một chu kỳ không dừng. Đó chính là lợi thế ưu việt của quá trình quang Fenton so với quá trình Fenton thông thường [2].

Theo phản ứng (1) khả năng loại bỏ Fe³⁺ để tạo thành *OH và Fe²⁺ ảnh hưởng rất nhiều bởi bước sóng. Theo đó, bước sóng càng ngắn thì hiệu quả khử Fe³⁺ càng lớn vì sự

tạo thành gốc *OH càng lớn [4]. Một giải pháp khác của hệ Fenton cải tiến là sử dụng phức sắt oxalate được biết là hấp thụ ánh sáng mạnh ở bước sóng 550 nm và phát sinh gốc hydroxyl với hiệu suất lượng tử cao trong quá trình quang Fenton, cải thiện hiệu suất quá trình oxy hóa các hợp chất ô nhiễm hữu cơ. Trong những năm gần đây sắt oxalate được ứng dụng trong phân hủy chất ô nhiễm [5]. Vì vậy phương pháp này được mong đợi sẽ là phương pháp có nhiều triển vọng [6].

Các nghiên cứu đây chỉ đánh giá dựa trên các chất ô nhiễm đặc thù như atrazine, phenol, 2,4-Dichlorophenol (2,4-DCP), Methyl tert butyl ether (MTBE) [7-10]. Việc đánh giá và so sánh phương pháp Fenton cải tiến bằng quang Fenton và oxalat Fenton với Fenton truyền thống đối với nước thải vẫn còn ít nghiên cứu và hạn chế. Hơn nữa, phương pháp Fenton cải tiến góp phần làm giảm giá thành chi phí xử lý dựa trên hiệu quả xử lý của hai phương pháp [11].

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Nước thải

Công ty TNHH Samil Vina tại Đường số 5, Khu công nghiệp Long Thành, Xã Tam An, Huyện Long Thành, Tỉnh Đồng Nai đã xử lý nước thải cục bộ tại nhà máy. Sau khi được xử lý cục bộ nước thải được xả vào tuyến ống thu nước thải của khu công nghiệp, sau đó được xử lý tại nhà máy xử lý nước thải tập trung Khu công nghiệp Long Thành.

Kết quả thử nghiệm do Trung tâm Quan trắc và Kỹ thuật Môi trường Đồng Nai thực hiện lấy mẫu và phân tích cho

Received: July, 07th, 2020

Accepted: September, 21st, 2020

*Corresponding Author

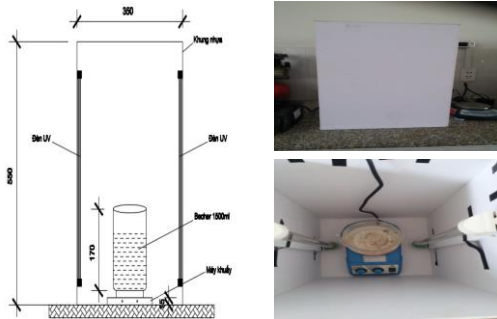
(Email: huyhoang.etc@gmail.com)

thấy độ màu 1040 Pt-Co; BOD 100 mg/l; COD 500 mg/l tại nước thải đầu vào trạm xử lý. Mẫu nước sử dụng cho nghiên cứu được lấy sau quá trình xử lý sinh học của hệ thống có giá trị độ màu 1003 Pt-Co, COD 260 mg/l.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này nhằm xác định các thông số thích hợp của hệ quang Fenton, hệ oxalate Fenton, đồng thời so sánh khả năng xử lý nước thải dệt nhuộm của hệ quang Fenton, Oxalate Fenton và hệ Fenton truyền thống.

Mô hình nghiên cứu hệ quang Fenton



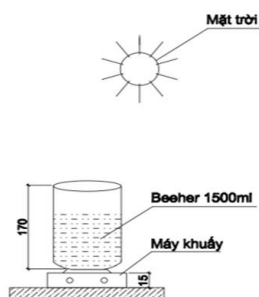
Hình 1. Mô hình thí nghiệm hệ quang Fenton

- Bình phản ứng với thể tích 1500 ml, đèn UV, máy khuấy từ, khung nhựa đục dày 3 mm; đèn UV: dài 45 cm, công suất 15 w/ đèn, có quang phổ nằm trong vùng UV-C.
- Khung nhựa được dán 5 mặt, đèn UV bên trong khung nhựa, nước trong hệ thống được khuấy trộn nhờ máy khuấy.

Xác định các thông số thích hợp của pH, tỷ lệ H₂O₂/COD, tỷ lệ Fe²⁺/H₂O₂ đối với hệ quang Fenton

Sử dụng Becher 1500ml, cường độ UV với bước sóng 254 nm; khảo sát giá trị pH 2-8; thời gian tiếp xúc 5, 10, 20, 30, 60, 120 phút; tỷ lệ H₂O₂/COD 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1; tỷ lệ Fe²⁺/H₂O₂ 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1.

Mô hình nghiên cứu hệ oxalate Fenton



Hình 2. Mô hình thí nghiệm hệ oxalate Fenton

Mô hình nghiên cứu hệ Fenton truyền thống

Sử dụng bình phản ứng Becher 1500 ml, sau đó Fe²⁺/H₂O₂ được cho vào nước thải với tỷ lệ tối ưu 1:2 dựa vào kết quả thí nghiệm Fenton truyền thống của Kuo tại pH 3,0 [3].

Xác định các thông số thích hợp của pH, tỷ lệ H₂O₂/COD, tỷ lệ Fe³⁺/H₂O₂, Fe³⁺/C₂O₄²⁻ đối với hệ oxalate Fenton

pH và thời gian tiếp xúc tương tự như hệ quang Fenton; tỷ lệ: Fe³⁺/H₂O₂ 1:3, 1:2, 1:1, 3:1, 2:1; tỷ lệ Fe³⁺/C₂O₄²⁻ 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1.

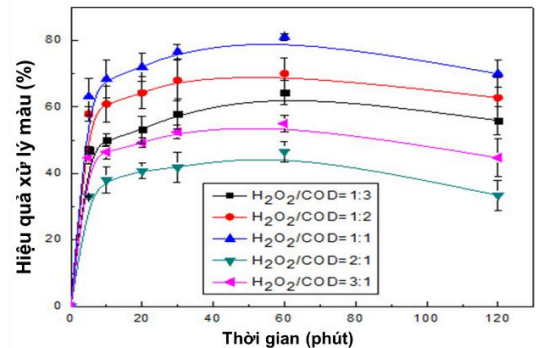
Bảng 1. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu

STT	Chỉ tiêu	Phương pháp	Đơn vị	Thiết bị
1	pH	4500-H+B. Electrometric Method		pH 211 Meter
2	COD	TCVN 4565 :88	mgCOD/l	-
3	Độ màu	2120C.Spectrophotometric Method	Pt-Co	Máy Spectrophotometer

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1 Xác định các thông số thích hợp của quá trình quang Fenton

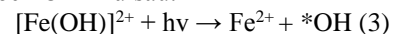
3.1.1 Xác định thời gian và ảnh hưởng của H₂O₂/COD



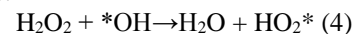
Hình 3. Khảo sát ảnh hưởng của H₂O₂/COD theo thời gian ở các tỷ lệ khác nhau 1:3; 1:2; 1:1; 2:1; 3:1 với tỷ lệ Fe²⁺/H₂O₂ = 1:1 và pH 4

Dựa vào **Hình 3**, hiệu suất xử lý tăng dần từ 5 đến 60 phút và giảm dần ngay sau đó vì phản ứng Fenton tạo gốc *OH chỉ diễn ra mãnh liệt ngay trong thời gian phản ứng khi H₂O₂ được xúc tác bởi Fe²⁺ làm cho COD, độ màu của nước thải giảm nhanh. Giai đoạn sau thì quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ trong nước thải do H₂O₂ mà H₂O₂ là tác nhân oxy hóa yếu hơn gốc *OH nên hiệu suất xử lý giảm.

Nồng độ H₂O₂ phụ thuộc vào nồng độ chất ô nhiễm cần xử lý, đặc trưng là nồng độ COD. Với môi trường pH thấp (pH 4), phức [Fe(OH)]²⁺ dễ dàng hấp thu tia UV [2] và tạo thành gốc *OH như sau:

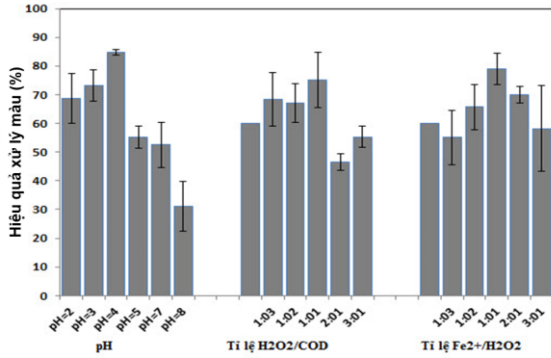


Hơn nữa, tia UV còn có tác dụng chuyển hóa chất ô nhiễm hữu cơ từ trạng thái cơ bản sang trạng thái kích thích nên dễ dàng tham gia phản ứng oxi hóa khử [2]. Điều này cho thấy khi có mặt của tia UV giúp quá trình phản ứng diễn ra tốt hơn. Khi tăng hàm lượng H₂O₂ sẽ tạo ra nhiều gốc *OH hơn thì hiệu quả xử lý sẽ tăng nhưng khi cho lượng H₂O₂ quá mức cần thiết thì sẽ có phản ứng giữa H₂O₂ với gốc *OH vừa mới sinh ra thể hiện qua phương trình phản ứng sau:



Do đó, kết quả đã cho thấy tỷ lệ H₂O₂/COD = 1:1 và thời gian phản ứng 60 phút là thích hợp cho quá trình quang Fenton khi xét tỷ lệ của H₂O₂/COD và tỷ lệ này cũng nằm trong khoảng thích hợp 0,5-1:1, điều này phù hợp với nghiên cứu của Kuo [3].

3.1.2 Ảnh hưởng của pH

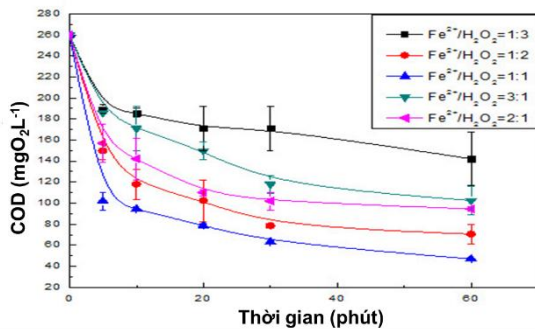


Hình 4. Ảnh hưởng của pH ở các giá trị khác nhau từ pH 2 đến pH 8 (ngoại trừ pH 6) với tỷ lệ $Fe^{2+}/H_2O_2 = 1:1$ và $H_2O_2/COD = 1:1$

Dựa vào **Hình 4**, hiệu suất xử lý tăng khi pH tăng từ 2 đến 4 và giảm dần từ 5 đến 8, đạt hiệu quả cao nhất ở pH 4 tại thời điểm phản ứng 60 phút. Hiệu suất xử lý độ màu là 84,87%.

Khi ở môi trường pH cao, hiệu suất phản ứng sụt giảm do sự chuyển đổi của sắt từ ion Fe^{2+} thành dạng keo $Fe(OH)_2$. Dạng $Fe(OH)_3$ xúc tác phân hủy H_2O_2 thành oxy và nước mà không tạo nên gốc hydroxyl. Vì vậy với pH 4 thích hợp cho quá trình quang Fenton.

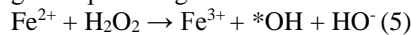
3.1.3 Ảnh hưởng của Fe^{2+}/H_2O_2



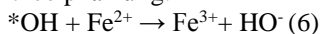
Hình 5. Khảo sát ảnh hưởng của Fe^{2+}/H_2O_2 ở các tỷ lệ khác nhau: 1:3; 1:2; 1:1; 2:1; 3:1 với tỷ lệ $H_2O_2/COD = 1:1$ và pH 4 trong thời gian phản ứng 60 phút.

Hình 5 cho thấy giá trị COD giảm từ 260 mgO_2/l xuống còn 47 mgO_2/l tương đương với hiệu suất xử lý 81,92% (phụ lục A –bảng A-3) đạt quy chuẩn cột A, QCVN 40:2011/ BTNMT. Điều này được giải thích rằng khi lượng phen cho vào càng ít thì gốc $*OH$ sinh ra càng hạn chế. Vai trò oxy hóa hữu cơ lúc này còn phụ thuộc vào H_2O_2 [2].

Khi lượng phen sử dụng cho quá trình là hợp lý sẽ sản sinh ra nhiều gốc $*OH$ và tăng tính oxy hóa cho quá trình theo phương trình phản ứng:



Tuy nhiên, nếu lượng phen cho vào quá nhiều sẽ tạo thành gốc $*OH$ theo phản ứng:



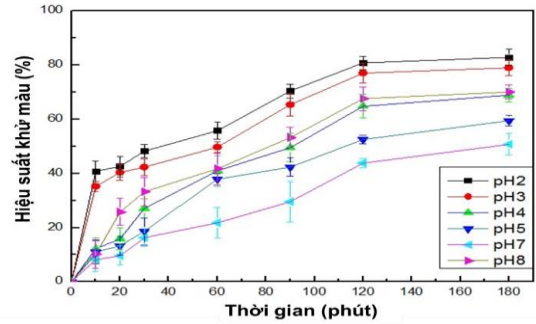
Làm chậm quá trình phân hủy và giảm hiệu suất xử lý. Do đó tỷ lệ $Fe^{2+}/H_2O_2 = 1:1$ là thích hợp cho quá trình quang Fenton.

Dựa vào **Hình 4**, khi so sánh các yếu tố ảnh hưởng, với yếu tố ảnh hưởng tại pH 4 tương ứng với tỷ lệ $Fe^{2+}/H_2O_2 = 1:1$ và $H_2O_2/COD = 1:1$ đạt hiệu quả xử lý màu cao nhất là 84,87% khi so sánh với 2 yếu tố ảnh hưởng còn

lại và đây cũng chính là thông số thích hợp của quá trình quang Fenton.

3.2 Xác định các thông số thích hợp của quá trình Fenton Oxalate

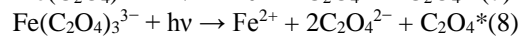
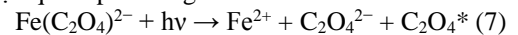
3.2.1. Ảnh hưởng pH



Hình 6. Khảo sát ảnh hưởng của pH ở các giá trị từ pH 2 – pH 8 (ngoại trừ pH 6) ở tỷ lệ $H_2O_2/COD = 1:1$, $H_2O_2/Fe^{3+} = 1:1$, $Fe^{3+}/C_2O_4^{2-} = 1:1$.

Dựa vào **hình 6**, hiệu suất xử lý độ màu là 88,9% đạt hiệu quả cao tại thời gian phản ứng là 180 phút. Tuy nhiên ở thời điểm phản ứng 120 phút cũng cho hiệu suất xử lý độ màu 88,5% cao xấp xỉ với hiệu suất xử lý ở thời điểm 180 phút. Do đó ta chọn thời gian phản ứng thích hợp cho quá trình này là 120 phút để rút ngắn thời gian phản ứng.

Kết quả nghiên cứu này cho thấy pH 2 thích hợp cho phản ứng Fenton oxalate có thể giải thích vì khi pH thấp, phức oxalate tồn tại chủ yếu ở dạng $Fe(C_2O_4)^{2-}$ và $Fe(C_2O_4)_3^{3-}$ có tính quang hoạt cao. Do đó gốc tự do $*OH$ sẽ được tạo ra nhiều hơn nên hiệu quả xử lý cao hơn được thể hiện qua 2 phản ứng sau:



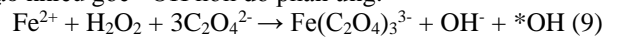
Ngoài ra, ở pH cao tốc độ phân hủy bị giảm mạnh vì các ion sắt tự do bị giảm trong dung dịch do sự tạo thành kết tủa $Fe(OH)_3$ làm ngăn cản sự tái sinh ion Fe^{2+} . Vì thế, làm giảm hiệu suất xử lý của quá trình. Do đó pH 2 là thích hợp cho nghiên cứu này.

3.2.2 Ảnh hưởng của H_2O_2/COD

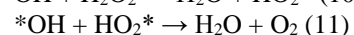
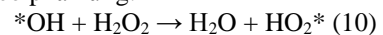
Bảng 2. Giá trị hằng số tốc độ phản ứng k và hệ số tương quan R^2 với ảnh hưởng của H_2O_2/COD

STT	H_2O_2/COD	k	R^2
1	3:1	$0,0094 \pm 0,0003$	0,8946
2	2:1	$0,0147 \pm 0,0005$	0,9119
3	1:1	$0,0085 \pm 0,0016$	0,9311
4	1:2	$0,0072 \pm 0,0011$	0,9051
5	1:3	$0,005 \pm 0,009$	0,8974

Nhìn vào **bảng 2** cho thấy nồng độ H_2O_2 có ảnh hưởng tốc độ phản ứng và hiệu suất xử lý. Hằng số tốc độ phản ứng càng cao thì hiệu suất xử lý càng tăng tương ứng với tăng nồng độ H_2O_2 . Cụ thể, ở tỷ lệ $H_2O_2/COD = 2:1$ cho hiệu suất xử lý COD và độ màu cao nhất lần lượt là 81,1%, 89,6%. Nguyên nhân là do khi tăng nồng độ H_2O_2 sẽ làm tạo nhiều gốc $*OH$ hơn do phản ứng:



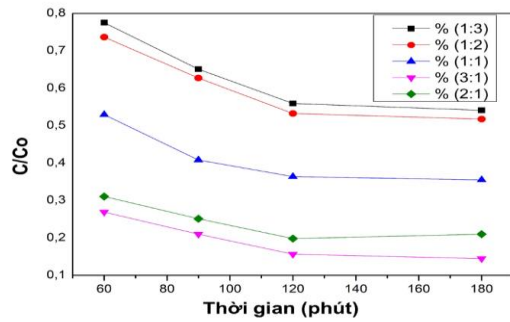
Tuy nhiên, khi lượng H_2O_2 dư sẽ có phản ứng với gốc hydroxyl theo phản ứng:



Điều này làm giảm số lượng gốc $*OH$, dẫn đến hiệu suất xử lý giảm. Ngoài ra việc dư H_2O_2 nhiều dẫn đến kém

hiệu quả về mặt kinh tế. Vì vậy tỷ lệ $H_2O_2/COD = 2:1$ phù hợp trong nghiên cứu này.

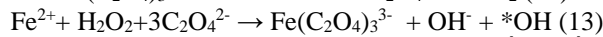
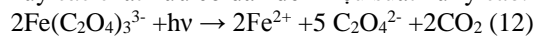
3.2.3 Ảnh hưởng H_2O_2/Fe^{3+}



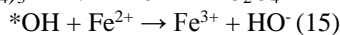
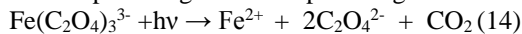
Hình 7. Hiệu quả xử lý màu của phản ứng Fenton Oxalate. Với tỉ lệ H_2O_2/Fe^{3+} là 1:3; 1:2; 1:1; 2:1; 3:1. Ở pH 2, H_2O_2/COD 2:1, $Fe^{3+}/C_2O_4^{2-}$ 1:1

Dựa vào **hình 7** ta thấy C/C_0 càng nhỏ thì cho hiệu suất xử lý càng cao. Hiệu suất xử lý tăng dần từ tỷ lệ H_2O_2/Fe^{3+} lần lượt là 1:3, 1:2, 1:1, 2:1 và giảm dần ở tỷ lệ H_2O_2/Fe^{3+} 3:1 tại thời gian phản ứng 120 phút. Tỷ lệ H_2O_2/Fe^{3+} 2:1 cho hiệu suất xử lý màu cao nhất 84,3% tương đương với tỷ lệ C/C_0 là 0,21.

Điều này được giải thích rằng khi tăng hàm lượng Fe^{3+} thì sẽ tăng quá trình tạo gốc $*OH$ làm tăng nhanh quá trình phân hủy các chất hữu cơ dẫn đến hiệu suất xử lý cao.

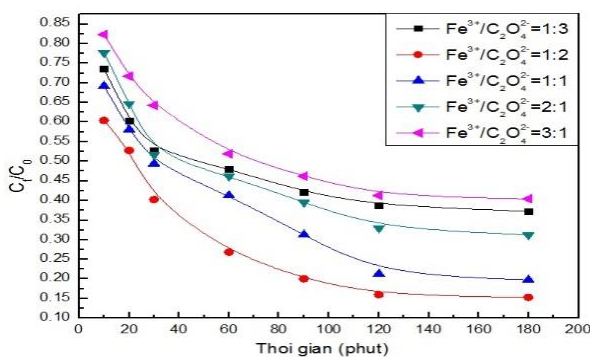


Nhưng khi hàm lượng Fe^{3+} tăng quá mức cần thiết thì hiệu quả xử lý sẽ giảm do một lượng gốc tự do $*OH$ được hình thành sẽ phản ứng với Fe^{2+} ở phản ứng sau:



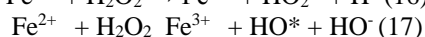
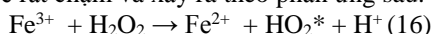
Do đó, ở tỷ lệ Fe^{3+}/H_2O_2 2:1 là thích hợp cho nghiên cứu này.

3.2.4 Ảnh hưởng $Fe^{3+}/C_2O_4^{2-}$

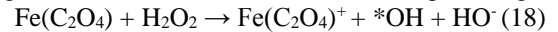


Hình 8. COD_t/COD_0 với $Fe^{3+}/C_2O_4^{2-}$ 1:2; tỷ lệ H_2O_2/COD 2:1; H_2O_2/Fe^{3+} 2:1 và pH 2

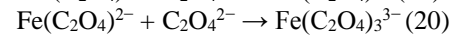
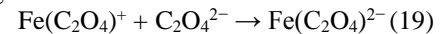
Dựa vào **hình 8** nồng độ oxalate càng cao thì cho hiệu suất xử lý càng cao. Cụ thể hiệu suất xử lý COD đạt 84,2% ở tỷ lệ $Fe^{3+}/C_2O_4^{2-} = 1:2$, tương ứng với nồng độ $C_2O_4^{2-}$ là 18 mg L^{-1} sau 120 phút xử lý. Như vậy, đối với Fenton oxalate thì tia UV đóng một vai trò cực kỳ quan trọng. Nếu dùng hệ Fenton- Fe^{3+} không có oxalate thì việc tạo ra gốc tự do $*OH$ sẽ rất chậm và xảy ra theo phản ứng sau:



Tuy nhiên, nếu tăng nồng độ oxalate lên thì nồng độ $Fe(C_2O_4)$ sẽ tăng lên, do đó $Fe(C_2O_4)$ bị oxy hóa bởi H_2O_2 nên gốc $*OH$ sẽ được tạo ra nhiều hơn theo phản ứng sau:



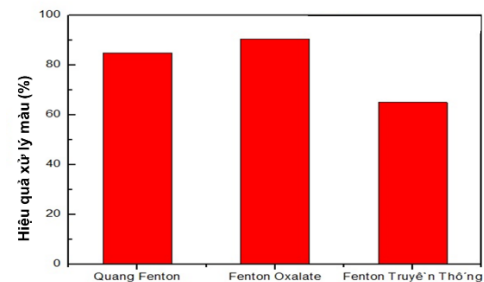
Phức $Fe^{3+}/oxalate$ chủ yếu tồn tại ở dạng $Fe(C_2O_4)^+$ và $Fe(C_2O_4)^{2-}$ tỷ lệ thuận với nồng độ oxalate cho vào theo phản ứng sau:



Ngoài ra, phức oxalate có khả năng quang hoạt cao dưới điều kiện ánh sáng mặt trời, nguyên nhân là do sắt oxalate có hệ số hấp thụ phân tử cao ở bước sóng 550 nm và tạo ra gốc $*OH$ với hiệu suất lượng tử cao [5].

Như vậy, oxalate đóng vai trò quan trọng trong việc tạo ra gốc $*OH$, phức $Fe^{3+}/oxalate$ sẽ bị oxy hóa tốt hơn so với Fe^{3+} , phức $Fe^{2+}/oxalate$ sẽ bị oxy hóa tốt hơn Fe^{2+} và đặc biệt phức oxalate có khả năng quang hóa rất tốt dưới ánh sáng mặt trời.

3.3 So sánh hiệu quả xử lý của phương pháp Fenton cải tiến và Fenton truyền thống



Hình 9. Hiệu suất xử lý màu của các quá trình Fenton

Từ đồ thị cho ta thấy hiệu quả xử lý độ màu của 2 hệ Fenton cải tiến dựa trên các thông số thích hợp của nghiên cứu trên cao hơn nhiều so với Fenton truyền thống. Cụ thể với Fenton truyền thống xử lý màu đạt 65%, quang Fenton đạt 84,87%, Fenton oxalate đạt 90,5%. Cùng với hiệu quả xử lý cao, chi phí rẻ, hóa chất dễ mua, thân thiện với môi trường thì phương pháp Fenton cải tiến có thể thay thế Fenton truyền thống trong việc xử lý nước thải dệt nhuộm.



Hình 10. Nước thải trước và sau xử lý của hệ oxalate Fenton

4. KẾT LUẬN

Xử lý nước thải bằng phương pháp Fenton cải tiến có thể coi là một công cụ hữu hiệu trong việc xử lý nước thải có chứa các chất hữu cơ độc và khó phân hủy như nước thải dệt nhuộm. Qua quá trình nghiên cứu, chúng tôi rút ra được một số kết luận như sau:

+ Đối với quá trình quang Fenton ($Fe^{2+}/UV/H_2O_2$): tại pH 4, thời gian phản ứng 60 phút, tỷ lệ $H_2O_2/COD=1:1$, tỷ lệ $Fe^{2+}/H_2O_2=1:1$ cho hiệu quả xử lý cao nhất với COD là 81,15%; độ màu 84,78%.

+ Đối với quá trình Fenton oxalate ($\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ /ánh sáng mặt trời): tại pH 2, tỷ lệ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{COD}=2:1$, $\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2=2:1$, $\text{Fe}^{3+}/\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ cho hiệu quả xử lý độ màu 90,5%; COD 84,2% sau thời gian phản ứng là 120 phút.

Hiệu suất xử lý độ màu, COD của 2 quá trình quang Fenton và Fenton oxalate rất cao. Bên cạnh đó quá trình Fenton cải tiến còn có nhiều ưu điểm như giá thành xử lý thấp, thân thiện với môi trường tận dụng được nguồn năng lượng mặt trời. Nên có thể thay thế được hệ Fenton truyền thống trong quá trình áp dụng công nghệ Fenton để xử lý nước thải dệt nhuộm. Mặt khác, trong điều kiện khí hậu nhiệt đới của Việt Nam, thì việc sử dụng năng lượng mặt trời để ứng dụng xử lý nước thải là rất khả thi.

5. CẢM ƠN

Tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại Học Lạc Hồng đã tạo điều kiện trang thiết bị và các bạn sinh viên Trường Đại Học Lạc Hồng đã góp phần rất lớn để tác giả thực hiện nghiên cứu này.

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Võ Hồng Thi. Một số ứng dụng của quá trình oxi hóa nâng cao (AOPs) bằng phương pháp Fenton trong xử lý chất thải ở Việt Nam, **2011**, Kỷ yếu hội nghị khoa học và công nghệ.
- [2] Trần Mạnh Trí và Trần Mạnh Trung. “Các quá trình oxy hóa nâng cao trong xử lý nước và nước thải – Cơ sở khoa học và ứng dụng”, **2006**, NXB Khoa học kỹ thuật.
- [3] Kuo, W.G. “Decolorizing dye wastewater with Fenton’s reagent”, *Water Res.*, **1992**, 7, 881-886.
- [4] Trần Kim Hoa và cộng sự. “Xử lý nước thải nhuộm bằng phương pháp kết hợp keo tụ - oxy hóa xúc tác”, *Tạp chí Hóa học*, **2005**, 43, (4), 452-456.
- [5] Fupeng L. và cộng sự. “Oxalic Acid Recovery from High Iron Oxalate Waste Solution by a Combination of Ultrasound Assisted Conversion and Cooling Crystallization”, *ACS Sustainable Chem. Eng.*, **2019**, (7), 17372-17378.
- [6] Balmer, M.E. và Sultzberger, B. “Atrazine degradation in irradiated iron/oxalate systems: effect of pH and oxalate”, *Environ. Sci. Technol.*, **1999**, (33), 2418-2424.
- [7] Cheng M. và cộng sự. “Degradation of atrazine by a novel Fenton-like process and assessment the influence on the treated soil”, *Journal of Hazardous Materials*, **2016**, (312), 184-191.
- [8] Yalfani M.S. và cộng sự. “Phenol degradation by Fenton’s process using catalytic in situ generated hydrogen peroxide”, *Appl. Catal. B: Environ.*, **2009**, (89), 519-526.
- [9] Ranjit P.J.D. và cộng sự. Degradation of 2,4-dichlorophenol in aqueous solution by sono-Fenton method, *Korean J. Chem. Eng.*, **2008**, (25), 112-117.
- [10] Burbano A.A. và cộng sự. “Oxidation kinetics and effect of pH on the degradation of MTBE with Fenton reagent”, *Water Res.*, **2005**, (39), 107-118.
- [11] Kim E. J. và Baek K., “Selective recovery of ferrous oxalate and removal of arsenic and other metals from soil-washing wastewater using a reduction reaction”, *Journal of Cleaner Production*, **2019**, (221), 635-643.