

Nghiên cứu xử lý màu và COD trong nước thải dệt nhuộm bằng giải pháp AOPs/UV kết hợp tiền xử lý keo tụ

Đào Duy Khánh*, Dương Tuấn Hưng, Trần Hữu Quang,
Trần Thị Kim Hoa, Nguyễn Thị Huế, Nguyễn Thị Hồng Thuyết

Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

*Email: dkhanh.pt@gmail.com

Nhận bài: 17/12/2022; Hoàn thiện: 14/02/2023; Chấp nhận đăng: 10/4/2023; Xuất bản: 28/4/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.86.2023.86-94>

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, COD và độ màu của nước thải dệt nhuộm được nghiên cứu xử lý bằng các quá trình oxy hóa nâng cao dựa trên tia cực tím (AOPs/UV) kết hợp tiền xử lý keo tụ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, quá trình tiền keo tụ có thể loại bỏ 49% COD (432 mg/L) và 50% độ màu (465 Pt-Co). Quá trình xử lý sau đó bằng phương pháp AOPs/UV sử dụng chất oxy hóa O_3 được xác định là hiệu quả nhất với hiệu suất xử lý COD và độ màu tương ứng lên đến 96% (32 mg/L) và 95% độ màu (45 Pt-Co), đạt tiêu chuẩn xả thải cao nhất của nước thải công nghiệp dệt nhuộm hiện hành. Trong khi đó, các quá trình xử lý AOPs/UV sử dụng tác nhân oxy hóa $S_2O_8^{2-}$ và H_2O_2 cho hiệu các hiệu suất xử lý COD lần lượt là 84% (134 mg/L) và 75% (214 mg/L); hiệu suất khử màu tương ứng lần lượt là 75% (214 mg/L) và 85% (127 Pt-Co). Kết quả nghiên cứu có thể định hướng công nghệ cho hệ thống xử lý với phương pháp tiếp cận khác biệt so với những hệ thống xử lý vi sinh, hóa lý truyền thống. Giải pháp AOPs/UV kết hợp với tiền xử lý keo tụ có thể sử dụng như một phương pháp hiệu quả để xử lý COD và độ màu trong nước thải dệt nhuộm.

Từ khóa: Nước thải dệt nhuộm; Keo tụ; AOPs/UV; H_2O_2 /UV; $S_2O_8^{2-}$ /UV; O_3 /UV; Xử lý màu; Xử lý COD.

1. MỞ ĐẦU

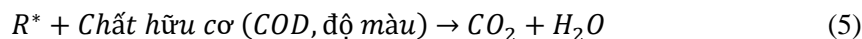
Nước thải dệt nhuộm với đặc điểm là có nhiệt độ cao, giá trị pH dao động lớn, độ muối cao, hàm lượng chất hữu cơ độc hại khó phân hủy như thuốc nhuộm, chất hoạt động bề mặt, kim loại, v.v. Đáng chú ý trong nước thải dệt nhuộm là thành phần chất hữu cơ trơ và phẩm màu từ thuốc nhuộm thường là các chất bền, không hoặc khó phân hủy sinh học. Một số nghiên cứu đưa ra rằng chỉ có 87% thuốc nhuộm có khả năng phân hủy sinh học [1].

Những năm gần đây, kỹ thuật xử lý bằng các quá trình oxy hóa nâng cao (AOPs: Advanced Oxidation Processes) đang được quan tâm và được xem là công nghệ tiềm năng có thể thay thế và hỗ trợ các phương pháp khác để xử lý nước thải khó phân hủy như nước thải dệt nhuộm. Quá trình oxy hóa nâng cao khác với oxy hóa thông dụng ở tác nhân oxy hóa, sử dụng các chất oxy hóa mạnh như OH^* , R^* , O_3 , $S_2O_8^{2-}$, H_2O_2 ,... không những có thể oxy hóa cao hơn các chất oxy hóa thông dụng mà tốc độ oxy hóa hầu hết các hợp chất hữu cơ cũng cao hơn nhiều lần so với các chất oxy hóa khác. Thế oxy hóa cao cho phép phân hủy được các chất hữu cơ trơ và phẩm màu trong nước thải dệt nhuộm.

Ưu điểm của phương pháp AOPs và AOPs/UV là khả năng tạo thành gốc tự do có nồng độ cao, các gốc tự do này có khả năng oxy hóa nhiều hợp chất hữu cơ đến sản phẩm cuối cùng của quá trình là khí carbonic và nước (quá trình khoáng hóa).



Các gốc tự do sẽ phản ứng oxi hóa với chất hữu cơ (COD và độ màu) tạo thành sản phẩm cuối cùng là CO₂ và H₂O theo phản ứng



Đã có nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng AOPs, AOPs/UV để xử lý nước thải dệt nhuộm được thực hiện trên thế giới. T.Yonar, M.Yalili Kilic sử dụng UV/H₂O₂ để loại bỏ COD và màu của nước thải dệt nhuộm, kết quả loại bỏ được 99% COD và 97% màu trong nước thải [2]. Pamela Belén và cộng sự đã nghiên cứu quá trình Fenton Fe/H₂O₂ xử lý chất hữu cơ khó phân hủy từ nước thải dệt nhuộm, kết quả chỉ ra là tối đa 87% chất hữu cơ trong nước thải được loại bỏ ở nồng độ H₂O₂ là từ 0,02 – 0,04 mol/l [3]. Ali Riza Dincer nghiên cứu xử lý phẩm màu Reactive Black 5 (một loại màu trong nước thải dệt nhuộm) sử dụng Ozon và xúc tác sinh học, kết quả loại bỏ được tối đa 43% COD [4].

Tại Việt Nam, AOPs, AOPs/UV cũng được nghiên cứu nhằm ứng dụng trong xử lý nước thải dệt nhuộm và tỏ ra khá hiệu quả. Như nhóm tác giả Bui Xuan Thanh và cộng sự (trường đại học công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh) đã nghiên cứu xử lý phẩm màu và nước thải dệt nhuộm. Khi sử dụng Ozon đơn lẻ, thí nghiệm loại bỏ được 50% COD và 41% độ màu ở pH = 9, khi sử dụng H₂O₂ : O₃ tỉ lệ là 1 : 2, pH = 8,5 hiệu quả xử lý đạt 59% COD và 53% độ màu. Trong khi hệ O₃/UV hiệu quả loại bỏ đạt 55% COD và 54% độ màu sau 25 phút ở pH = 9. Quá trình Fenton loại bỏ được 84% COD và 90% độ màu ở pH = 3 với tỉ lệ Fe²⁺ : H₂O₂ : COD = 1 : 1 : 1 [5]. Nhóm tác giả Nguyễn Trọng Anh và cộng sự (trường đại học Lạc Hồng 2020) nghiên cứu xử lý nước thải dệt nhuộm tại công ty dệt nhuộm Decuk Woo khu công nghiệp Long Bình sử dụng O₃, H₂O₂, kết hợp với UV. Kết quả chỉ ra hiệu quả xử lý màu và COD lần lượt là 75% và 83,4% [6].

Hạn chế của phương pháp APOs thường là do giá thành của các chất oxy hóa cao, làm tăng chi phí vận hành hệ thống xử lý. Do vậy, AOPs thường được thiết kế kết hợp với các phương pháp xử lý truyền thống khác như hấp phụ, keo tụ, xử lý vi sinh và thậm chí cả lọc màng. Một số tác giả đã nghiên cứu quá trình xử lý bằng Ozon kết hợp tiền xử lý sinh học đặt trước để giảm chi phí vận hành [7, 8].

Do đó, nghiên cứu trong bài báo này tập trung vào nghiên cứu đánh giá khả năng kết hợp giải pháp AOPs/UV và tiền xử lý keo tụ để xử lý nước thải dệt nhuộm. Liều lượng chất keo tụ, môi trường pH cũng được đánh giá nhằm tối ưu qui trình xử lý. Các tác nhân oxy hóa khác nhau như H₂O₂/UV, S₂O₈²⁻/UV và O₃/UV được sử dụng để so sánh hiệu quả nhằm mục đích lựa chọn được chất phù hợp, hướng tới ứng dụng thực tiễn.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất và thiết bị

Các hóa chất sử dụng trong thí nghiệm gồm NaOH, K₂S₂O₈, K₂C₂O₇, Ag₂SO₄, Al₂(SO₄)₃.18H₂O đạt độ tinh khiết > 99,9%, H₂SO₄ 98%, H₂O₂ 30%, Trung Quốc.

Bộ phá mẫu COD: Model DRB200, hãng Hach, xứ Đức

Máy đo pH cầm tay: Model sensION156, hãng Hach, độ chính xác 0.01, Đức.

Máy phân tích đo quang: Model DR6000, hãng Hach, xuất xứ Đức, dải sóng 190 - 1100 nm, độ chính xác sóng ± 1 nm.

Đèn UVC 11 W, bước sóng 254 nm, Trung Quốc

Mẫu nước thải sử dụng trong các thí nghiệm được lấy ở cơ sở dệt nhuộm tại tỉnh Nam Định. Đặc trưng nước thải đầu vào được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Đặc trưng nước thải dệt nhuộm.

STT	Thông số ô nhiễm	Đơn vị	Phương pháp phân tích	Khoảng giá trị	QCVN 13:2015/BTNMT	
					Cột A	Cột B
1	pH	-	SMEWW 4500-H ⁺ B:2018	9,5 - 11,1	6 - 9	5,5 - 9
2	COD	mg/L	SMEWW 5220 C:2018	850 - 1000	50	150
3	Độ đục	NTU	SMEWW 2130 B:2018	150 - 170	-	-
4	Độ màu	Pt-Co	SMEWW 5220 D:2018	800 - 950	50	150

2.2. Phương pháp thí nghiệm

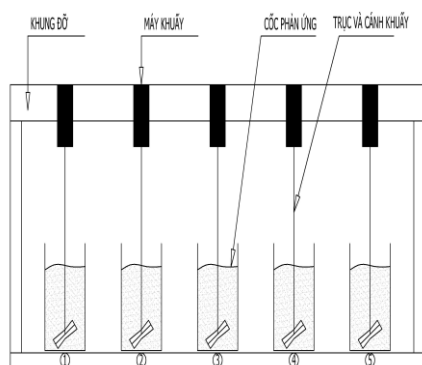
Các thí nghiệm trong nghiên cứu này được thực hiện ở nhiệt độ phòng dao động trong khoảng 27 ± 1 °C.

Thí nghiệm được thực hiện theo hai bước:

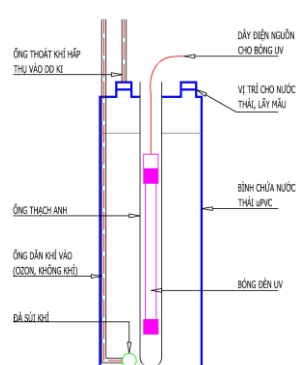
Bước thứ nhất (thí nghiệm Jar-test), nước thải được lấy vào 5 cốc thủy tinh, đặt lên hệ Jar-test (xem hình 1), thêm đủ lượng $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ theo tính toán, điều chỉnh pH và khuấy ở tốc độ 120 vòng/phút trong 3 phút. Kết thúc quá trình khuấy, hệ được để lắng trong 30 phút sau đó gạn thu lấy phần nước trong phía trên. Để đánh giá hiệu quả của quá trình keo tụ, phần nước trong thu được sau khi keo tụ được phân tích COD, độ màu còn lại. Thời gian lắng 30 phút đã được kiểm tra trước đó để đảm bảo các hạt keo tụ có thể lắng hoàn toàn xuống đáy cốc, phần phía trên thu được là nước trong. Nước trong được giữ lại để tiếp tục được xử lý bằng hệ oxy hóa ở bước thứ 2.

Bước thứ 2 (thí nghiệm AOPs/UV), hệ thí nghiệm được thiết kế bao gồm các bộ phận chính gồm buồng phản ứng (1 L), trường hợp không sử dụng Ozon, một máy sủi khí nhỏ được sử dụng thay thế để đảm bảo hệ vẫn được khuấy trộn đều, công suất máy khí tương đương với sủi khí từ máy tạo Ozon. Ozon dư sau phản ứng được hấp thụ vào dung dịch KI 5% để tránh phát tán ra môi trường. Mô hình hệ thí nghiệm được thể hiện trên hình 2. Theo các mốc thời gian đã định, một lượng nhỏ nước thải được rút ra để phân tích COD và độ màu. Kết quả ghi theo dõi để tính toán hiệu suất xử lý tương ứng với thời gian và các điều kiện phản ứng đã thiết lập.

Các dung dịch H_2SO_4 1N và 0,1N hoặc NaOH 1N và 0,1N đã chuẩn bị từ hóa chất ban đầu được sử dụng để điều chỉnh pH.



Hình 1. Sơ đồ hệ thí nghiệm Jar-test.



Hình 2. Mô hình chế tạo bộ thí nghiệm AOPs/UV.

COD, pH, độ đục và độ màu trong nước thải được phân tích bằng phương pháp tiêu chuẩn theo tài liệu Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [9-12]

Trong cả hai bước thí nghiệm, hiệu suất xử lý của từng bước hay của cả quá trình được tính toán theo công thức sau:

$$H = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100(\%) \quad (6)$$

Trong đó:

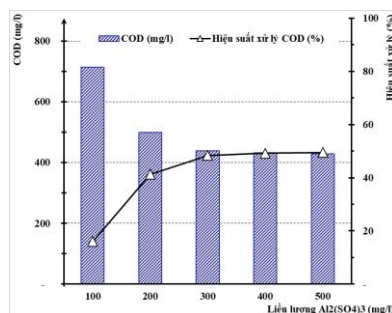
- H là hiệu suất loại bỏ COD hoặc độ màu;
- C_0 là COD hoặc độ màu trong nguồn thải ban đầu;
- C là COD hoặc độ màu còn lại tại thời điểm lấy mẫu phân tích.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

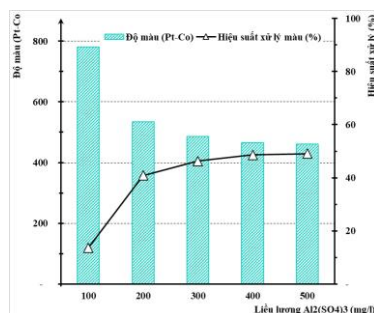
3.1. Thí nghiệm Jar-test xác định điều kiện keo tụ tối ưu

Giữ nguyên các thông số cài đặt khác, thực hiện thay đổi biến cần khảo sát bao gồm liều lượng phèn từ 100 mg/L đến 500 mg/L hoặc pH từ 6 đến 10. Kết quả thu được thể hiện trên hình 3 và hình 4.

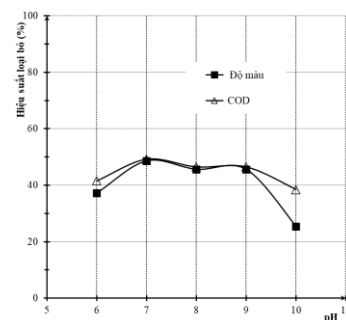
Hình 3 thể hiện ảnh hưởng của liều lượng chất keo tụ lên hiệu suất xử lý COD và độ màu. Với liều lượng dưới 300 mg/L, hệ cho hiệu quả xử lý kém, cảm quan nước sau keo tụ còn nhiều màu và nước thải không trong. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ tối ưu để đạt được chất lượng nước sau keo tụ tốt và tiết kiệm hóa chất là 400 mg/L. Hiệu suất xử lý độ màu và COD đạt tương ứng 49% (432 mg/L) và 50% (465 Pt-Co). Hàm lượng phèn nhôm sử dụng làm chất keo tụ cũng được một số tác giả trước đó đánh giá, tuy nhiên số liệu cho thấy có sự biến động nhiều từ 100 mg/L đến 1250 mg/L tùy thuộc vào mỗi vào nguồn thải [13-15]. Do vậy, ứng với mỗi nguồn thải cụ thể, cần xác định lại liều lượng chất keo tụ phù hợp.



COD



Độ màu



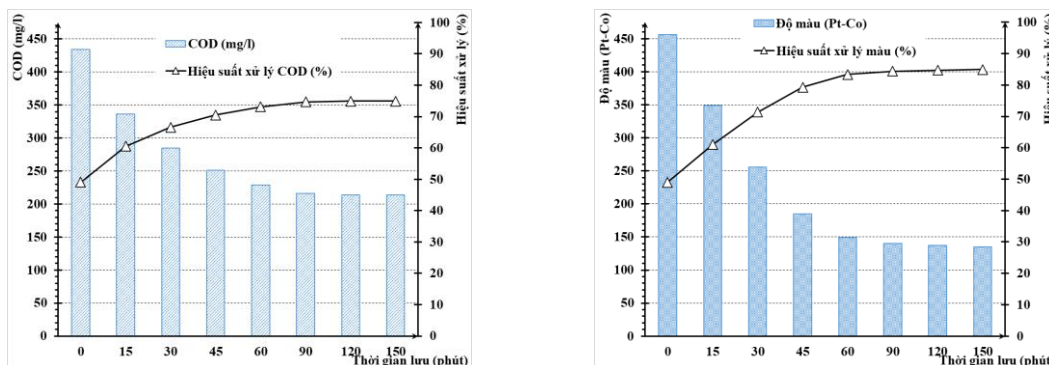
Hình 4. Ảnh hưởng của pH lên hiệu suất xử lý COD và độ màu.

Hình 3. Ảnh hưởng của $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ lên hiệu suất xử lý COD và độ màu.

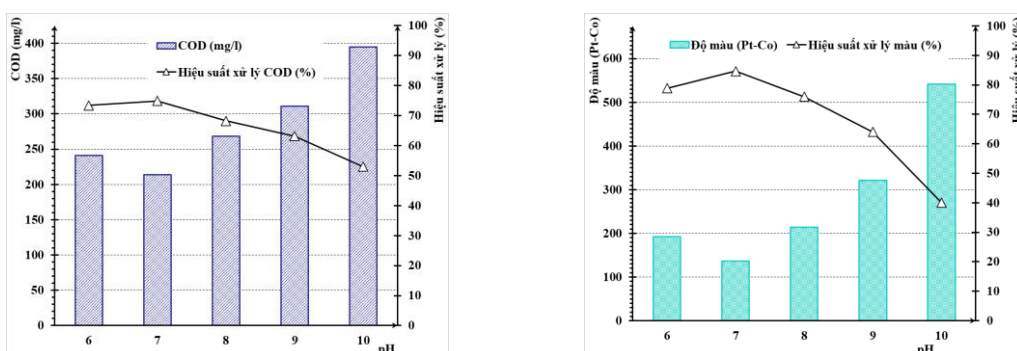
Ảnh hưởng của pH lên quá trình keo tụ được thể hiện trên hình 4 cho thấy, vùng pH từ 7 đến 9 cho hiệu quả keo tụ tốt, hiệu suất xử lý COD và màu ít bị ảnh hưởng. Hiệu suất xử lý cả hai thành phần COD và độ màu đều giảm nhanh khi giảm hoặc tăng pH. Điều này có thể giải thích rằng, pH cao có thể làm các chất hữu cơ có xu hướng tan ra, kết hợp với hiệu quả kết tủa của nhôm hydroxit cũng giảm khi tăng hoặc giảm pH do nhôm là kim loại lưỡng tính. Kết quả này cũng tương đồng với nhiều nghiên cứu trước đó, do bản chất chất keo tụ gốc kim loại nhôm có vùng pH tối ưu trong khoảng 7 đến 8 [16, 17].

3.2. Khảo sát hệ oxy hóa H_2O_2/UV

Khảo sát ảnh hưởng của thời gian lưu phản ứng lên hiệu suất xử lý của hệ H_2O_2/UV được thể hiện trên hình 5, hiệu suất quá trình oxy hóa gần như đạt hiệu suất cực đại sau thời gian lưu 120 phút về cả xử lý COD và độ màu. Do vậy, thời gian lưu phản ứng 120 phút được lựa chọn cho các thí nghiệm khác, nhằm đảm bảo loại bỏ yếu tố ảnh hưởng của thời gian lưu lên hiệu suất chung của quá trình.



Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian phản ứng lên hiệu suất xử lý COD và độ màu.



Hình 6. Ảnh hưởng của pH lên hiệu suất xử lý COD và độ màu của hệ H₂O₂/UV.

Kết quả trên hình 6 cho thấy, hiệu suất loại bỏ COD của hệ sử dụng tác nhân oxy hóa H₂O₂/UV tốt nhất là 75% (214 mg/L). Hiệu suất xử lý COD giảm dần khi tăng pH lên 8, 9, 10 tương ứng bằng 68% (268 mg/L), 63% (311 mg/L) và 53% (395 mg/L). PH giảm xuống 6, hiệu suất loại bỏ COD có giảm không nhiều còn 73% (241 mg/L).

Tương tự như COD, hiệu suất xử lý độ màu khi thực hiện phản ứng ở các pH 6, 7, 8, 9 và 10 tương ứng là 79% (192 Co-Pt), 85% (137 Co-Pt), 76% (214 Co-Pt), 64% (321 Co-Pt) và 40% (542 Co-Pt). Hiệu suất khử màu chung của toàn quá trình đạt giá trị cao nhất tại pH bằng 7. Điều này có thể giải thích do hiệu suất xử lý chung của hệ là tổng của hai bước xử lý bao gồm bước tiền keo tụ và bước oxy hóa. Mặc dù tại pH = 7, quá trình oxy hóa không thuận lợi nhất, nhưng bù lại quá trình keo tụ lại tốt nhất.

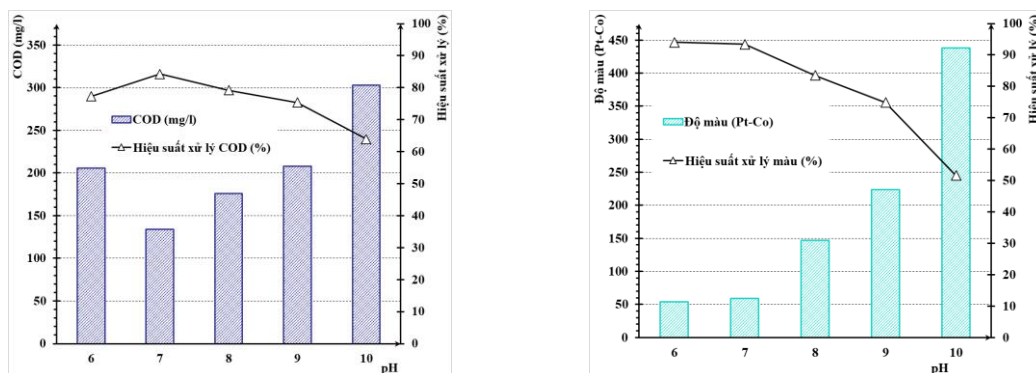
Một số tác giả trước đó nghiên cứu quá trình xử lý COD và độ màu trong nước thải dệt nhuộm bằng hệ H₂O₂/UV cho thấy, khi tăng từ 4 đến 10, hiệu suất loại bỏ COD và độ màu của hệ H₂O₂/UV giảm [6, 18]. Các số liệu này cũng hoàn toàn phù hợp với kết quả trong nghiên cứu này. Mounteer đề xuất pH tối ưu cho quá trình oxy hóa COD và khử màu nước thải dệt nhuộm bằng 7. Trong điều kiện tối ưu pH = 7, H₂O₂ = 5 mmol/L, t = 120 phút, COD và độ màu có thể được loại bỏ tương ứng 20% và 70% [19]. Theo nghiên cứu của tác giả Mehrangiz Pourgholi và cộng sự, hiệu suất xử lý COD trong nước thải dệt nhuộm của hệ H₂O₂/UV tốt nhất tại pH = 4 (49,5%) và giảm dần khi tăng pH lên 10 (34,8%) [18].

3.3. Khảo sát hệ oxy hóa S₂O₈²⁻/UV

Thực hiện thí nghiệm tương tự, kết quả đánh giá hiệu suất xử lý COD và màu khi sử dụng tác nhân oxy hóa S₂O₈²⁻/UV được thể hiện trong hình 7.

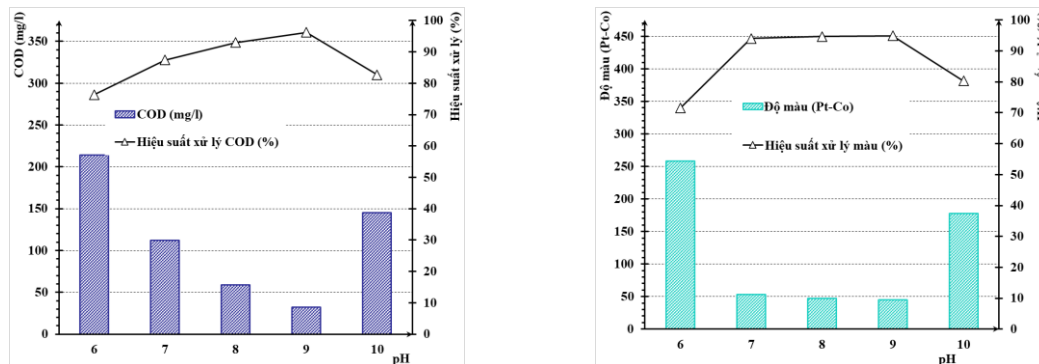
Kết quả thu được trên hình 7 cho thấy, hệ oxy hóa S₂O₈²⁻/UV có xu hướng giảm hiệu quả xử lý khi tăng pH. Hiệu suất xử lý COD cao nhất tại pH = 7 đạt 84% và giảm xuống 79%, 75% và

64% khi tăng pH tương ứng lên 8, 9 và 10. Xử lý độ màu đạt cực đại 94% tại pH = 6, giảm xuống 93% khi tăng pH lên 7 và xu hướng tiếp tục giảm xuống 83%, 75% và 52% khi tăng pH lên 8, 9, 10. Kết quả này có thể giải thích tương tự như với hệ H_2O_2/UV , hiệu suất xử lý chung của quá trình là tổng hiệu suất từ hai bước keo tụ và oxy hóa. PH có ảnh hưởng khác nhau lên hai quá trình này. Đối với quá trình keo tụ, pH tối ưu nhất bằng 7, tuy nhiên, với quá trình oxy hóa hóa học bằng hệ $S_2O_8^{2-}/UV$ có hiệu suất oxy hóa tăng khi giảm pH trong vùng từ 10 về 6. Đã có nhiều kết quả nghiên cứu của các tác giả trước đó cho thấy hiệu quả của quá trình oxy hóa chất hữu cơ bằng $S_2O_8^{2-}/UV$ tăng lên khi giảm pH từ 10 xuống 3 [14, 20, 21]. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, để phù hợp với quá trình keo tụ bằng $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$, pH chỉ được nghiên cứu trong khoảng từ 6 đến 10.



Hình 7. Ảnh hưởng của pH lên hiệu suất xử lý COD và độ màu của hệ $S_2O_8^{2-}/UV$.

3.4. Khảo sát hệ oxy hóa O_3/UV



Hình 8. Ảnh hưởng của pH lên hiệu suất xử lý COD và độ màu của hệ O_3/UV .

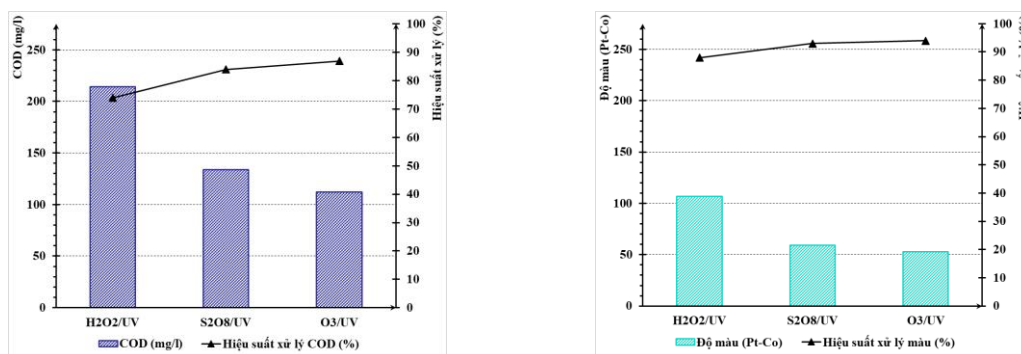
Khảo sát ảnh hưởng của tác nhân oxy hóa O_3/UV bằng cách thay máy sục khí đảo trộn của hệ phản ứng bằng một máy tạo Ozon (800 mg O_3 /h). Các thí nghiệm được thực hiện tương tự như hệ H_2O_2/UV và $S_2O_8^{2-}/UV$. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trên hình 8.

Kết quả thu được cho thấy, hiệu quả xử lý COD và độ màu cao nhất tại pH = 9, đạt tương ứng 95% (32 mg/L) và 96% (45 Pt-Co). Hiệu suất xử lý COD và độ màu có xu hướng giảm khi tăng pH lên 10 hoặc giảm pH đến 6. Cụ thể, hiệu suất xử lý COD và độ màu giảm tương ứng còn 76% (214 mg/L) và 83% (145 mg/L) khi giảm pH về 6 và 72% (258 Pt-Co) và 80% (178 Pt-Co) khi tăng pH lên 10. Có thể giải thích hiệu quả suy giảm do vùng pH thấp hoặc cao đều không thuận lợi cho quá trình keo tụ và phản ứng oxy hóa. Một số nghiên cứu trước đó cũng chỉ ra, pH tối ưu cho quá trình oxy hóa COD và độ màu bằng $O_3, O_3/UV$ là từ 8 đến 9 [18]. Khi pH > 9 hoặc < 6, quá trình keo tụ diễn ra không thuận lợi, cùng với hiệu quả oxy hóa giảm dẫn đến hiệu suất chung của cả quá trình giảm nhanh hơn.

3.5. So sánh hiệu quả xử lý của 3 hệ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{UV}$ và O_3/UV

Để so sánh hiệu suất xử lý của cả ba hệ thống, thí nghiệm được thực hiện với cùng điều kiện $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} = 400 \text{ mg/L}$, $\text{UV} = 11 \text{ W}$, $t = 120 \text{ phút}$, $\text{pH} = 7$. Kết quả nghiên cứu được thể hiện trên hình 9.

Về khả năng khử màu, cả ba qui trình keo tụ kết hợp với $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{UV}$ và O_3/UV đều có khả năng xử lý độ màu trong nước thải dệt nhuộm. Tuy nhiên, hệ sử dụng tác nhân oxy hóa O_3/UV cho kết quả xử lý tốt nhất, độ màu xuống thấp nhất bằng 53 Pt-Co (hiệu suất loại bỏ 95%). Hai hệ oxy hóa còn lại $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{UV}$ và $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ cho kết quả tương ứng 59 Pt-Co (hiệu suất loại bỏ 93%) và 107 Pt-Co (hiệu suất loại bỏ 88%). Nước thải sau xử lý có độ màu đạt cột A theo qui chuẩn xả thải hiện hành với hệ sử dụng O_3/UV và $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{UV}$, cột B với hệ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ [22].



Hình 9. So sánh hệ oxy hóa $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{UV}$ và O_3/UV lên hiệu quả xử lý COD và độ màu.

Về khả năng xử lý COD, hệ sử dụng O_3/UV cho hiệu quả loại bỏ COD tốt nhất là 112 mg/L (hiệu suất 87%). Hệ sử dụng $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{UV}$ và $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ cho hiệu quả loại bỏ COD tương ứng là 134 mg/L (hiệu suất 84%) và 214 mg/L (hiệu suất 74%).

Đánh giá khả năng ứng dụng, hệ sử dụng O_3/UV có tiềm năng nhất để xử lý nước thải dệt nhuộm. Ozon có thể được sản xuất tại chỗ là một thuận lợi để tối ưu giá thành xử lý nhờ giảm chi phí vận chuyển và chi phí bảo quản hóa chất. Nước sau xử lý trong trường hợp sử dụng tác nhân oxy hóa O_3/UV có độ màu và COD đều thấp hơn mức qui định xả thải hiện hành [22]. Hệ sử dụng $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{UV}$ cho kết quả xử lý tốt. Tuy nhiên, liều lượng hóa chất oxy hóa sử dụng lớn, dẫn tới làm tăng chi phí xử lý là một hạn chế để có thể ứng dụng rộng rãi trong thực tiễn. Hệ sử dụng $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ cho kết quả kém khả quan hơn hai hệ còn lại về khả năng khử màu và loại bỏ COD. Nhưng hệ vẫn có tiềm năng ứng dụng như quá trình tiền xử lý, nâng cao tính sinh hủy của chất hữu cơ trong nước thải dệt nhuộm.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, giải pháp AOPs/UV kết hợp với tiền xử lý keo tụ có thể sử dụng như một phương pháp hiệu quả để xử lý nước thải dệt nhuộm. Hệ sử dụng tác nhân oxy hóa O_3/UV cho hiệu suất xử lý COD và độ màu tốt nhất tương ứng là 96% (32 mg/L) và 95% (45 Pt-Co), đạt tiêu chuẩn xả thải cao nhất của của nước thải công nghiệp dệt nhuộm hiện hành. Trong khi đó, hệ sử dụng tác nhân oxy hóa $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{UV}$ và $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ cho hiệu các hiệu suất xử lý COD lần lượt là 84% (134 mg/L) và 75% (214 mg/L), hiệu suất khử màu tương ứng bằng 75% (214 mg/L) và 85% (127 Pt-Co).

Kết quả nghiên cứu ở đây có thể định hướng công nghệ cho hệ thống xử lý nước thải dệt nhuộm với phương pháp tiếp cận khác các hệ xử lý vi sinh, hóa lý truyền thống.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện tại Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam với sự hỗ trợ kinh phí của đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở năm 2022 mã số VHH.2022.07.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hutagalung, S.S., et al., "Textile Wastewater Treatment using Advanced Oxidation Process (AOP)". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, **Vol. 722**, pp. 1-9, (2020).
- [2]. Yonar, T. and M.Y. Kilic, "Chemical oxygen demand and color removal from textile wastewater by UV/H₂O₂ using artificial neural networks". Water Environ Res, **Vol. 86**, No. 11, pp. 2159-2165, (2014).
- [3]. Ramos, P.B., et al., "Treatment of real non-biodegradable wastewater: Feasibility analysis of a zero-valent iron/H₂O₂ process". Journal of Environmental Chemical Engineering, **Vol. 8**, No. 4, pp. 103954, (2020).
- [4]. Dincer, A.R., "Increasing BOD₅/COD ratio of non-biodegradable compound (reactive black 5) with ozone and catalase enzyme combination". SN Applied Sciences, **Vol. 2**, No. 4, pp. 1-10, (2020).
- [5]. Quyen, V. and X.-T. Bui, "Removal of Non-Biodegradable Organic Matters from Membrane Bioreactor Permeate By Oxidation Processes", pp. 13-23. (2011).
- [6]. Anh, N.T., et al., "Xử lý nước thải dệt nhuộm bằng quá trình oxy hoá bậc cao kết hợp với UV". Journal of science of Lac Hong university, **Vol. 9**, pp. 47-52, (2020).
- [7]. Suryawan, I.W.K., et al., "Laboratory scale ozone-based post-treatment from textile wastewater treatment plant effluent for water reuse". Journal of Physics: Conference Series, **Vol. 1456**, No. 1, (2020).
- [8]. Wantoputri, N.I., et al., "Reactive Black-5 Removal by Ozonation as Post Treatment". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, **Vol. 536**, No. 1, pp. 1-7, (2019).
- [9]. Baird, R.B., et al., 2120 Color, in *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, (2018).
- [10]. Baird, R.B., et al., 2130 Turbidity, in *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, (2018).
- [11]. Baird, R.B., et al., 4500-H pH, in *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, (2018).
- [12]. Baird, R.B., et al., 5220 Chemical oxygen demand (COD), in *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, (2018).
- [13]. Turan-Ertas, T., "Biological and Physical-Chemical Treatment of Textile Dyeing Wastewater for Color and COD Removal". Ozone: Science & Engineering, **Vol. 23**, No. 3, pp. 199-206, (2001).
- [14]. Karam, A., et al., "Coagulation/flocculation process for textile mill effluent treatment: experimental and numerical perspectives". International Journal of Sustainable Engineering, **Vol. 14**, No. 5, pp. 983-995, (2021).
- [15]. Color and COD removal from textile waste water containing reactive dyes using coagulation and fenton's oxidation, in *The potential health and environmental impacts of exposure to hazardous natural and man-made chemicals and their proper management*, (2012).
- [16]. Guida, M., et al., "Optimization of Alum-coagulation/flocculation for COD and TSS removal from five municipal wastewater". Desalination, **Vol. 211**, No. 1, pp. 113-127, (2007).
- [17]. Safarikova, J., et al., "Influence of peptides and proteins produced by cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* on the coagulation of turbid waters". Separation and Purification Technology, **Vol. 118**, pp. 49-57, (2013).
- [18]. Pourgholi, M., et al., "Removal of Dye and COD from Textile Wastewater Using AOP (UV/O₃, UV/H₂O₂, O₃/H₂O₂ and UV/H₂O₂/O₃)". Journal of Environmental Health and Sustainable Development, **Vol. 3**, pp. 621-629, (2018).
- [19]. Mountheer, A.H., et al., "Removing textile mill effluent recalcitrant COD and toxicity using the H₂O₂/UV system". Water Sci Technol, **Vol. 60**, No. 7, pp. 1895-1902, (2009).
- [20]. Wang, C.-W. and C. Liang, "Oxidative degradation of TMAH solution with UV persulfate activation". Chemical Engineering Journal, **Vol. 254**, pp. 472-478, (2014).
- [21]. Rezaee, A., et al., "Photochemical oxidation of Reactive Blue 19 Dye (RB19) in textile wastewater by UV/K₂S₂O₈ process". Iranian Journal of Environmental Health, Science and Engineering, **Vol. 5**, pp. 95-100, (2008).
- [22]. Bộ Tài Nguyên Và Môi Trường, *QCVN 13:2015/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp dệt nhuộm*, (2015).

ABSTRACT

Removal of color and COD from textile wastewater using a combination of AOPs/UV and coagulation pre-treatment

In this study, COD and color in textile dyeing wastewater were treated with the Ultraviolet-based Advanced Oxidation Processes (AOPs/UV) combined with a coagulation pretreatment. The results showed that the primary coagulation treatment can remove 49% COD (432 mg/L) and 50% color (465 Pt-Co). The secondary treatment by the AOPs/UV using ozone (O₃) as oxidizing agent was found to be the most effective with removal efficiency COD and color were 96% (32 mg/L) and 95% (45 Pt-Co), respectively which can meet the highest discharge standards of current textile dyeing industry wastewater. While the AOPs/UV using S₂O₈²⁻ and H₂O₂ as oxidizing agents showed the COD removal efficiencies were 84% (134 mg/L) and 75% (214 mg/L) as well as the decolorization efficiencies were 75% (214 mg/L) and 85% (127 Pt-Co), respectively. These findings can be expected as technological orientation for design of treatment systems using different approaches from traditional ones such as microbiological and physico-chemical treatment systems. The AOPs/UV solution combined with coagulation pretreatment, therefore, can be an effective method applied to treat the COD and decolorization in the textile dyeing wastewater.

Keywords: Textile wastewater; Coagulation; AOPs/UV; H₂O₂/UV; S₂O₈²⁻/UV; O₃/UV; Color removal; COD removal.