NGHIÊN CỨU XỬ LÝ THUỐC NHUỘM HỮU CƠ TRONG NƯỚC BẰNG PHƯƠNG PHÁP FENTON SỬ DỤNG XÚC TÁC DỊ THỂ $MnFe_2O_4$

Lê Khánh Toàn[1], Đặng Thế Anh[1]
[1]*Trường Đại học Lâm nghiệp*

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu khả năng xử lý màu của thuốc nhuộm hữu cơ bằng phương pháp Fenton dị thể sử dụng vật liệu oxit phức hợp $MnFe_2O_4$ làm xúc tác. Chất xúc tác được chế tạo bằng phương pháp đồng kết tủa ở dạng hidroxit từ muối Mn^{2+} và Fe^{3+} trong môi trường kiềm, tiếp tục biến tính thành oxit phức hợp bằng phương pháp nung. Thành phần hóa học và đặc điểm hình thái bề mặt và của vật liệu được đặc trưng bởi phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX) và kính hiển vi điện tử quét (SEM). Nồng độ thuốc nhuộm trong dung dịch trước và sau quá trình xử lí được xác định bằng phương pháp trắc quang. Hiệu quả của quá trình xử lý được khảo sát bằng đối với thuốc nhuộm hoạt tính màu vàng Reactive Yellow 160 phụ thuộc vào các thông số thực nghiệm: hàm lượng xúc tác, nồng độ hydropeoxit, pH, nhiệt độ, thời gian xử lý. Điều kiện tối ưu khảo sát được mở rộng áp dụng cho các thuốc nhuộm trực tiếp và thuốc nhuộm axit khác như: Direct Red 224, Direct Red 239, Direct Blue 199 và Acid Blue 23.

Từ khoá: Fenton dị thể, $MnFe_2O_4$, thuốc nhuộm hữu cơ, xúc tác.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, trung bình mỗi năm trên thế giới sản xuất ra một triệu tấn thuốc nhuộm và màu tổng hợp với hơn 10 nghìn chủng loại khác nhau, được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp hiện nay như dệt, da thuộc, sản xuất thức ăn, mỹ phẩm… Ước tính trong số đó có khoảng 15% bị thải ra môi trường, màu sắc thuốc nhuộm gây mất mỹ quan, ảnh hưởng quá trình quang hợp và lượng oxi hoà tan trong nước, ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi sinh và đời sống các loài động thực vật thuỷ sinh và con người (Cao Thế Hà, Nguyễn Hoài Châu, 1999).

Thuốc nhuộm hữu cơ khó phân huỷ có thể xử lý bằng nhiều phương pháp khác nhau như: hấp phụ, phân huỷ vi sinh vật, keo tụ, oxi hoá...(Đỗ Quốc Chân, 2003). Trong các phương pháp đó, kĩ thuật Fenton dị thể sử dụng xúc tác chứa sắt oxi hoá các chất hữu cơ khó phân huỷ đang là một hướng nghiên cứu triển vọng với nhiều ưu điểm như: dễ thu hồi tái sử dụng, hiệu quả xử lý cao, thân thiện với môi trường (Đặng Thế Anh, 2020; Vũ Huy Định và cộng sự, 2016; Vũ Huy Định và cộng sự, 2019)... Những công trình nghiên cứu gần đây về hướng nghiên cứu này như sử dụng tro bay (Đào Sỹ Đức, 2013), cao lanh, bùn đỏ (Vũ Huy Định và cộng sự, 2016), phụ phẩm nông nghiệp, chế tạo vật liệu kích thước nano (Trần Mạnh Trí, Trần Mạnh Trung, 2005)... đang giải quyết được các vấn đề tồn tại của phương pháp như chi phí cao, khó điều chế.

Trong nghiên cứu này, vật liệu chứa $MnFe_2O_4$ kích thước nano được chế tạo bằng phương pháp đồng kết tủa và sử dụng như một xúc tác cho quá trình Fenton dị thể, ứng dụng xử lý thuốc nhuộm hữu cơ.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hóa chất và dụng cụ

Thuốc nhộm Reactive Yellow 160 (RY 160), Direct Red 224 (DR 224), Direct Red 239 (DR239), Direct Blue 199 (DB 199) và Acid Red 23 (AR 23) được cung cấp bởi công ty hóa chất Đức Giang.

Dung dịch H_2O_2 (30%), $FeCl_3.6H_2O$ và $MnSO_4.H_2O$ và các hóa chất khác thuộc loại phân tích.

2.2. Chế tạo xúc tác dị thể

Hòa tan 5,402 g $FeCl_3.6H_2O$ (0,02 mol) và 1,69 g $MnSO_4.H_2O$ (0,01 mol) vào 50 ml nước cất. Hỗn hợp được tăng dần pH đến 10 bằng dung dịch NaOH 5M và khuấy đều trong 30 phút ở tốc độ 120 vòng/phút trên máy khuấy từ gia nhiệt. Sau đó hỗn hợp được tăng dần nhiệt độ tới 95-100^oC cho tới khi xuất hiện hỗn hợp keo, tiếp tục sấy khô ở

105°C. Hỗn hợp rắn thu được rửa nhiều lần với nước cất và được sấy khô thu được vật liệu $MnFe_2O_4$ (Tran Thi Phuong et al., 2019; J. Amighian, Morteza MozaffariBobby Nasr, 2006).

2.3. Phân tích, xác định các đặc trưng vật liệu

Ảnh hiển vi điện tử quét SEM của mẫu vật liệu được chụp tại khoa Vật lý, trường Đại học Khoa học Tự nhiên trên máy Nova NanoSEM 450 với thế gia tốc 5 kV. Thành phần hóa học được xác định thông qua phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX) được ghi trên máy Oxford Microanalysis ISIS 300.

Hàm lượng RY 160 trong dung dịch được xác định bằng phương pháp trắc quang Uv-vis trên máy DR3900 tại Trường Đại học Lâm nghiệp. Hàm lượng RY 160 được xác định ở bước sóng 427 nm (bước sóng đặc trưng) bằng định luật Beer-Lambert. Hiệu quả xử lý màu được xác định theo công thức:

$$H(\%)=\frac{C_o - C_t}{C_o}.100\%$$

Trong đó, C_o và C_t tương ứng là hàm lượng RY 160 trong dung dịch ở thời điểm bổ sung H_2O_2 và thời điểm t phút.

2.4. Khảo sát hoạt tính xúc tác

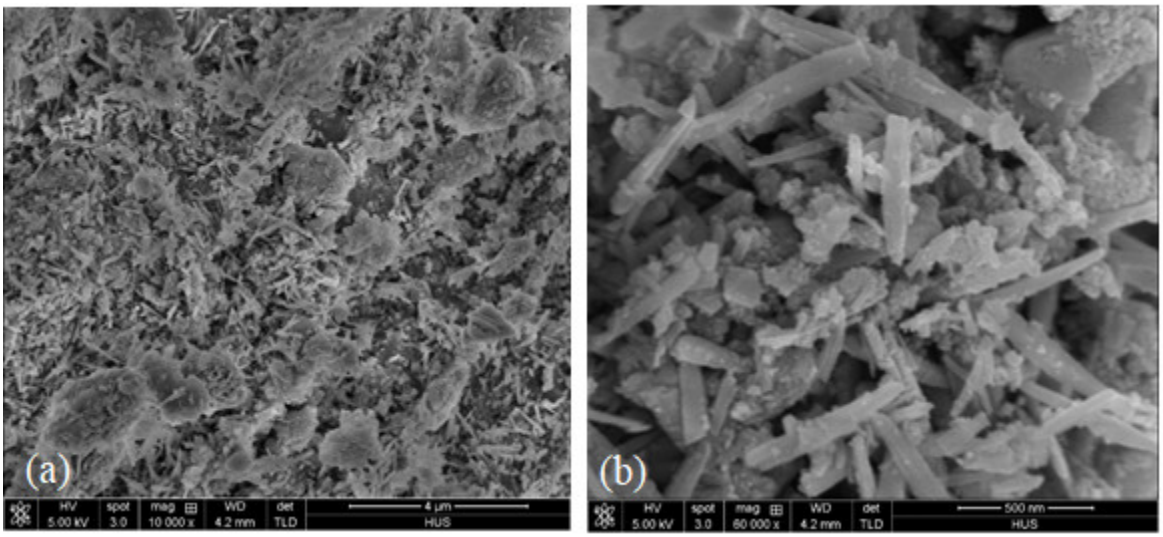
Pha chế 200 ml dung dịch chứa thuốc nhuộm RY 160 hàm lượng 50 mg/L, điều chỉnh pH dung dịch, bổ sung xúc tác với hàm lượng 0,20 g/L. Phản ứng oxi hóa bắt đầu khi bổ sung H_2O_2. Tại thời điểm xác định hiệu quả xử lý, mẫu được hút ra để phân tích trắc quang ở bước sóng đặc trưng. Các thuốc nhuộm còn lại xử lý tương tự.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích đặc trưng vật liệu

3.1.1. Hình thái bề mặt

Trong nghiên cứu này, đặc điểm hình thái bề mặt của vật liệu sau khi tổng hợp được chụp ảnh SEM với kích cỡ phóng đại 10000 lần (a) và 60000 lần (b) (hình 1).

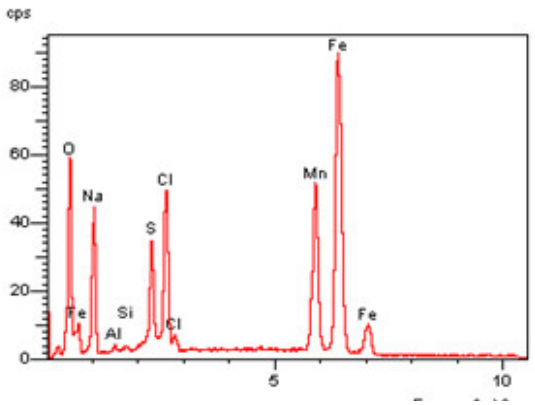


Hình 1. Ảnh SEM của vật liệu chứa $MnFe_2O_4$ a) Độ phóng đại 10000 lần b) 60000 lần

Ảnh SEM của vật liệu được thể hiện trên hình 1 cho thấy có các mảnh vật liệu kích thước cỡ 50-100 nm xuất hiện đồng đều, phù hợp với định hướng chế tạo vật liệu chứa oxit $MnFe_2O_4$ định hướng tạo thành các trung tâm xúc tác cho phản ứng Fenton dị thể.

3.1.2. Thành phần vật liệu

Sự hình thành của $MnFe_2O_4$ cũng được xác nhận thông qua phổ EDX trên hình 2 và bảng 1. Kết quả cho thấy, tỉ lệ nguyên tử Mn:Fe:O = 0,83:2:3,96 phù hợp với tỉ lệ lý tưởng là 1:2:4 khi hình thành oxit phức hợp $MnFe_2O_4$. Bên cạnh đó có sự xuất hiện của các muối tan lẫn trong mẫu vật liệu như NaCl, Na_2SO_4 lẫn vào vật liệu trong quá trình chế tạo.



Hình 2. Phổ EDX của vật liệu chứa $MnFe_2O_4$

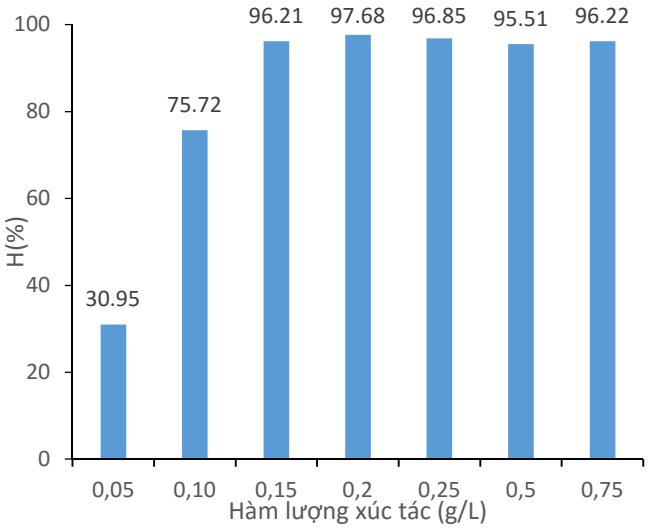
Bảng 1. Thành phần nguyên tố

Nguyên tố	Thành phần (%)
C	3,28
O	32,67
Na	13,09
Al	0,22
Si	0,64
S	11,03
Cl	15,72
Mn	6,86
Fe	16,49

3.2. Các yếu tố ảnh hưởng tới hoạt tính xúc tác

3.2.1. Ảnh hưởng của hàm lượng xúc tác

Trong quá trình phân huỷ các chất hữu cơ bằng phản ứng Fenton dị thể, hàm lượng xúc tác là một yếu tố ảnh hưởng mạnh đến hiệu quả xử lý. Ảnh hưởng của hàm lượng vật liệu chứa $MnFe_2O_4$ được khảo sát tại các giá trị 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,50 và 0,75 g/L trong 60 phút, nồng độ H_2O_2 4,9 mM, pH = 2, nhiệt độ 30°C với tốc độ khuấy 120 vòng/phút.



Hình 2. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng vật liệu xúc tác

([H_2O_2] = 4,9mM, V = 1 L, [RY 160] = 50 mg/L; pH = 2, nhiệt độ 30°C, t = 60 phút)

Kết quả thí nghiệm thu được trên hình 3 cho thấy khi hàm lượng chất xúc tác tăng thì hiệu quả phân huỷ RY 160 cũng có xu hướng tăng từ 30,95% ở 0,05 g/L lên tới 96,621% ở 0,15 g/L. Sau đó, khi tiếp tục tăng hàm lượng xúc tác thì hiệu quả xử lý chỉ tăng nhẹ, thậm chí có xu hướng giảm nhẹ từ 0,20 g/L. Ảnh hưởng của hàm lượng xúc tác này có thể giải thích qua cơ chế phản ứng như sau (Fenton H.J.H, 1894):

$$Fe(III)_{surf} + H_2O_2 \rightarrow Fe(III)_{surf}(H_2O_2) \quad (1)$$

$$Fe(III)_{surf}(H_2O_2) \rightarrow Fe(II)_{surf} + \cdot HO_2 + H^+ \quad (2)$$

$$HO_2^{\cdot} \leftrightarrow \cdot O_2^- + H^+ (pK_a = 4.8) \quad (3)$$

$$Fe(III)_{surf} + \cdot HO_2/\cdot O_2^- \rightarrow Fe(II)_{surf} + O_2(+H^+) \quad (4)$$

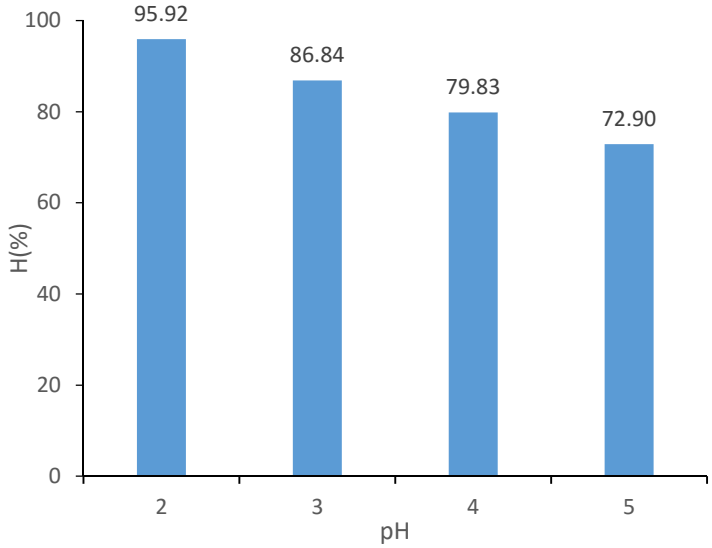
$$Fe(II)_{surf} + H_2O_2 \rightarrow Fe(III)_{surf} + \cdot OH + OH^- \quad (5)$$

Dễ thấy rằng khi hàm lượng gốc hydroxyl tăng thì hiệu quả xử lý tăng, nhưng khi hàm lượng xúc tác tăng lên lớn hơn 0,20 g/L việc tiêu thụ gốc hydroxyl theo phản ứng (4) lại làm ức chế quá trình xử lý, dẫn tới hiệu suất phản ứng giảm nhẹ từ mức hàm lượng này.

Mức hàm lượng vật liệu là 0,20 g/L được chọn sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.2.2. Ảnh hưởng của pH

Trong phản ứng Fenton xúc tác dị thể, hiệu suất phản ứng ảnh hưởng mạnh bởi yếu tố pH, phản ứng diễn ra thuận lợi trong môi trường pH thấp 2-5, giảm mạnh ở môi trường trung tính và bazơ do có sự chuyển dạng tồn tại của mangan và sắt (Zhihong Wang et al., 2020). Nghiên cứu tập trung vào ảnh hưởng của pH được khảo sát tại các giá trị 2, 3, 4 và 5, hàm lượng vật liệu 0,20 g/L, các yếu tố khác được giữ cố định như trong khảo sát hàm lượng xúc tác.



Hình 4. Khảo sát ảnh hưởng của pH

([H_2O_2] = 4,9mM, V = 1 L, [RY 160] = 50 mg/L; hàm lượng xúc tác 0,20 g/L, nhiệt độ 30°C, t = 60 phút)

Kết quả thí nghiệm trên hình 4 cho thấy, giá trị pH dung dịch ảnh hưởng mạnh đến quá trình xử lý, tại giá trị pH = 2 cho kết quả hiệu suất cao nhất đạt 95,92%, môi trường axit là thuận lợi để tiến hành phản ứng. Khi tăng giá trị pH của dung dịch, hiệu suất xử lý giảm dần, đạt 72,9% với giá trị pH = 5. Điều này có thể giải thích khi giá trị của pH tăng dần, các trung tâm xúc tác của vật liệu bị chuyển dạng tồn tại sang oxit, phức hidroxi hoặc hidroxit khó tan của sắt là $Fe(OH)^{2+}$, $Fe(OH)_2^+$ và $Fe(OH)_3$ (Vũ Huy Định và cộng sự, 2016). Nên lưu ý rằng phản ứng không tiến hành ở pH thấp hơn 2, do ảnh hưởng bởi điều kiện tiến hành phản ứng khó khăn, tốn hóa chất trong quá trình ứng dụng vào thực tế.

Như vậy, giá trị pH phù hợp được sử dụng trong các nghiên cứu tiếp theo là 2.

3.2.3. Ảnh hưởng của nồng độ hidropeoxit

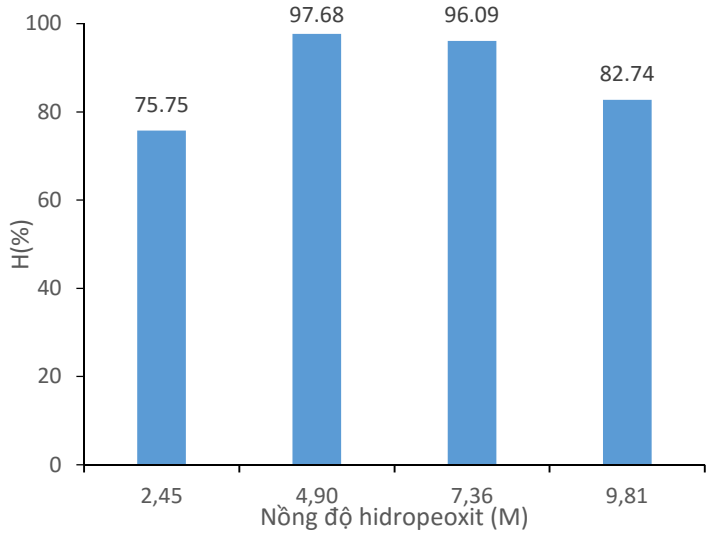
Nồng độ hidropeoxit cũng ảnh hưởng tới hiệu suất phân huỷ các chất hữu cơ, do là yếu tố quyết định đến hàm lượng gốc tự do hydroxyl OH trong phản ứng. Nghiên cứu tiến hành thay đổi nồng độ hidropeoxit ở các mức nồng độ 2,45 mM; 4,90mM; 7,36mM và 9,81 mM; các điều kiện khác của phản ứng được giữ cố định như khảo sát ảnh hưởng pH, với pH = 2.

Kết quả thể hiện trên hình 5 cho thấy khi tăng hàm lượng hidropeoxit từ 2,45 mM lên 4,90mM, hiệu quả xử lý tăng rõ rệt, dễ dàng nhận thấy thông qua phản ứng (1) và (5). Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng nồng độ hidropeoxit, hiệu quả xử lý giảm dần, chỉ còn 82,74% với giá trị nồng độ 9,81 mM. Điều này có thể giải thích thông qua sự tiêu thụ gốc tự do khi nồng độ hidropeoxit quá cao hoặc tự phân hủy như sau:

$$H_2O_2 + OH^{\cdot} \rightarrow HO_2^{\cdot} + H_2O \qquad (6)$$

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2 \qquad (7)$$

Hàm lượng hidropeoxit phù hợp là 4,90 mM.

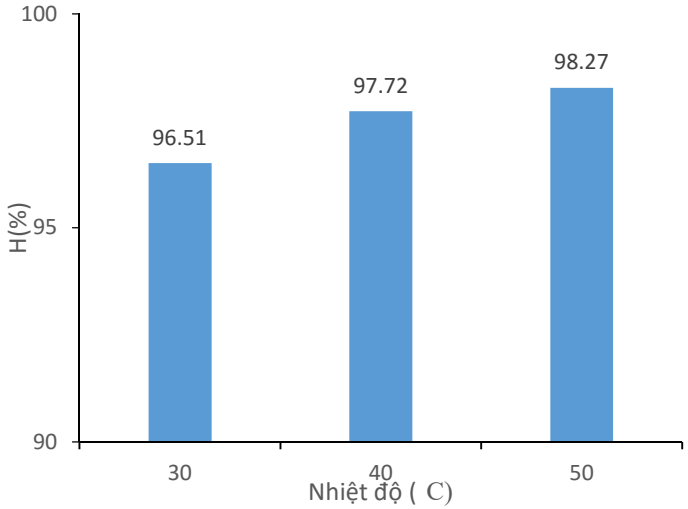


Hình 5. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ H_2O_2

(pH = 2, V = 1 L, [RY 160] = 50 mg/L; hàm lượng xúc tác 0,20 g/L, nhiệt độ 30°C, t = 60 phút)

3.2.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Nhiệt độ môi trường là yếu tố ảnh hưởng tới tốc độ phản ứng, đồng thời có thể ảnh hưởng đến hiệu quả và cơ chế phản ứng. Nhiệt độ dung dịch là yếu tố tiếp theo được khảo sát với ba mức nhiệt độ khác nhau là 30°C, 40°C và 50°C, các yếu tố còn lại được giữ cố định như khảo sát hàm lượng hidropeoxit, hàm lượng hidropeoxit là 4,90 mM.



Hình 6. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ H_2O_2

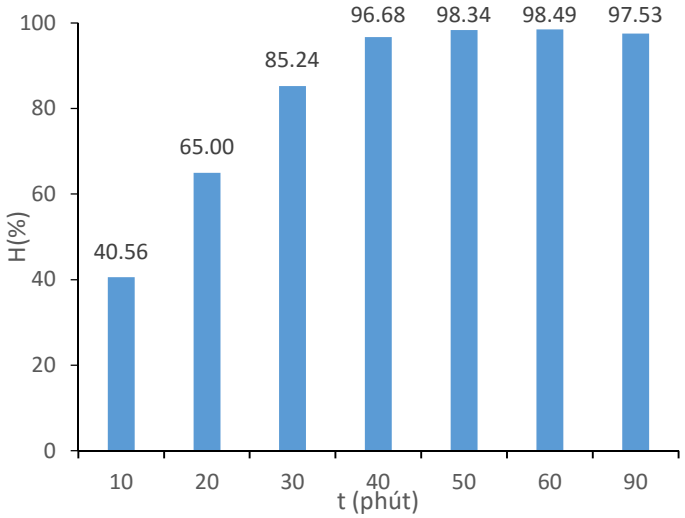
(pH = 2, V = 1 L, [RY 160] = 50 mg/L; hàm lượng xúc tác 0,20 g/L, $[H_2O_2]$ = 4,9 mM, t = 60 phút)

Kết quả khảo sát trên hình 6 cho thấy hiệu quả xử lý RY160 tăng khi nhiệt độ dung dịch tăng, đạt 98,27% tại 50°C. Tuy nhiên, sự khác biệt về hiệu quả xử lý là không nhiều, màu sắc của thuốc nhuộm sau xử lý không còn nhận thấy bằng mắt thường.

Như vậy, quá trình xử lý có thể áp dụng cho hiệu quả cao ở mức nhiệt độ thường.

3.2.5. Ảnh hưởng của thời gian

Nghiên cứu tiếp tục khảo sát yếu tố thời gian phản ứng, nhằm tìm ra thời gian tối ưu loại bỏ trên 95% màu thuốc nhuộm. Thời gian phản ứng được khảo sát bằng cách lấy dung dịch phản ứng cách nhau 10 phút, từ 10 phút đến 90 phút. Các điều kiện khác được cố định như khi khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ.



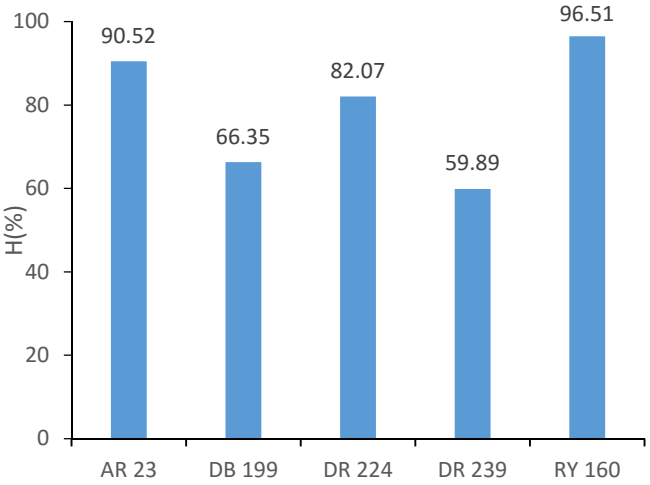
Hình 7. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian
(pH = 2, V = 1 L, [RY 160] = 50 mg/L; hàm lượng xúc tác 0,20 g/L, [H_2O_2] = 4,9 mM, nhiệt độ 30^o)

Kết quả trên hình 7 cho thấy khi hiệu quả xử lý tăng dần khi thời gian phản ứng tăng, hiệu quả xử lý đạt 40,56% ngay sau 10 phút xử lý. Tăng tới 96,68% chỉ sau 40 phút xử lý, màu sắc của thuốc nhuộm được loại bỏ gần như hoàn toàn. Tiếp tục tăng thời gian phản ứng thì hiệu suất phản ứng tăng dần, nhưng sự thay đổi là không đáng kể, chứng tỏ phản ứng đạt tới cân bằng. Tốc độ xử lý này là tương đối lớn khi so sánh với một số quá trình Fenton dị thể khác dùng tro bay biến tính (Đào Sỹ Đức, 2012) là 90 phút.

Thời gian phù hợp cho quá trình xử lý là 40 phút.

3.2.7. Khảo sát khả năng áp dụng với các thuốc nhuộm khác

Nghiên cứu mở rộng khả năng áp dụng với thuốc nhuộm hữu cơ khác như AR 23, DB 199, DR 224 và DR 239 đều ở mức nồng độ 50 mg/L. Điều kiện phản ứng phù hợp được giữ nguyên như áp dụng với RY 160.



Hình 8. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian
(pH = 2, V = 1 L, [thuốc nhuộm] = 50 mg/L; hàm lượng xúc tác 0,20 g/L, [H_2O_2] = 4,9 mM, nhiệt độ 30^o)

Kết quả thí nghiệm trên hình 8 cho thấy hiệu quả xử lý các loại thuốc nhuộm khác nhau cho kết quả khác nhau, cao nhất với AR 23 và RY 160 trên 90%, thấp hơn các thuốc nhuộm còn lại nhưng đều đạt khoảng 60% trở lên, sự khác nhau do bản chất cấu tạo của các phân tử thuốc nhuộm là khác nhau, điều này tương đồng trong kết quả xử lý thuốc nhuộm khác nhau (Vũ Huy Định và cộng sự, 2019).

4. KẾT LUẬN

Vật liệu oxit phức hợp $MnFe_2O_4$ bằng quá trình đồng kết tủa và thiêu nhiệt vật lý, ứng dụng làm xúc tác cho quá trình Fenton dị thể phân huỷ thuốc nhuộm hữu cơ trong nước. Vật liệu xúc tác có cấu trúc $MnFe_2O_4$ có kích thước 50-100 nm xuất hiện trên ảnh SEM phóng đại 60000 lần và thành phần hoá học Mn:Fe:O là 0,83:2:3,96 trên phổ EDX. Trong điều kiện thích hợp: hàm lượng xúc tác 0,2 g/L; nồng độ H_2O_2 4,92 mM; pH = 2; thời gian xử lý 40 phút, nhiệt độ 30^{o}C; tốc độ khuấy 120 vòng/phút cho hiệu quả xử lý màu thuốc nhuộm RY 160 và AR 23 đạt trên 90%; DR 224; DB 199 và DR 239 đạt trên 60%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cao Thế Hà, Nguyễn Hoài Châu (1999), Công nghệ xử lý nước nguyên lý và thực tiễn, quyển 2, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

2. Đỗ Quốc Chân (2003), Nghiên cứu mô hình công nghệ xử lý nước thải làng nghề dệt nhuộm áp dụng cho 1 hộ, 5-10 hộ sản xuất. Tạp chí Hóa học thế kỷ XXI vì sự phát triển bền vững, số 2, tập 2, quyển 2, tr. 48-55.

3. Đặng Thế Anh, Vũ Huy Định, Đặng Thị Thúy Hạt, Trần Thị Thanh Thuỷ, Trần Thị Phương, Nguyễn Vân Hương (2020), Loại bỏ mangan trong nước bằng vật liệu hấp phụ chứa oxit phức hợp lantan-sắt. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, 3: 50-55.

4. Đào Sỹ Đức (2012), Loại bỏ phẩm nhuộm Reactive Blue 181 bằng kĩ thuật Fenton dị thể sử dụng tro bay biến tính/H_2O_2. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, quyển 50, số 3, tr. 375-384.

5. Đào Sỹ Đức (2013), Phân hủy phẩm nhuộm Reactive blue 182 bằng kỹ thuật Fenton dị thể sử dụng tro bay biến tính/H_2O_2. Tạp chí phát triển Khoa học và công nghệ, 16: 13-21.

6. Trần Mạnh Trí, Trần Mạnh Trung (2005), Các quá trình oxy hóa nâng cao trong xử lý nước và nước thải - Cơ sở khoa học và ứng dụng, vol. 16: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

7. Tran Thi Phuong, Nguyen Van Huong, Dang Thi Thuy Hat, Tran Thi Thanh Thuy, Vu Huy Dinh (2019), Preparation and visible-light photocatalytic properties of BiFeO 3 by co-precipitation method. Journal of Forestry Science and Technology, 8: 127-133.

8. Dang The Anh, Vu Huy Dinh, Nguyen Thi Van Anh, Dao Sy Duc, Do Quang Trung (2017), Kinetics of the treatment of organic dye based on modified red mud. Journal of Forestry Science and Technology, 2: 34-42.

9. Vũ Huy Định, Đặng Thị Thơm, Đặng Thế Anh (2019), Nghiên cứu sử dụng đá ong biến tính trong quá trình Fenton dị thể để xử lý chất nhuộm màu. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, 3: 56-65.

10. J. Amighian, Morteza MozaffariBobby Nasr (2006), Preparation of Nano-Sized Manganese Ferrite ($MnFe_2O_4$) Via Coprecipitation Method. Physica Status Solidi (c), 3: 3188-3192.

11. Zhihong Wang, Cui Lai, Lei Qin, Yukui Fu, Jiangfan He, Danlian Huang, Bisheng Li, Mingming Zhang, Shiyu Liu, Ling Li, Wei Zhang, Huan Yi, Xigui LiuXuerong Zhou (2020), ZIF-8-modified $MnFe_2O_4$ with high crystallinity and superior photo-Fenton catalytic activity by Zn-O-Fe structure for TC degradation. Chemical Engineering Journal, vol. 392, p. 124851.

12. Fenton H.J.H (1894), Oxydation of tartaric acid in the presence of iron. Journal of the Chemical Society. 24: p. 65, pp 899.

DEGRADATION OF ORGANIC DYES BY HETEROGENEOUS FENTON METHOD USING MnFe2O4 CATALYST

Le Khanh Toan[1], Dang The Anh[1]

[1]Vietnam National University of Forestry

SUMMARY

The paper presents the results of research on the ability to treat organic dyes by heterogeneous Fenton method using $MnFe_2O_4$ complex oxide as catalyst. The materials containing $MnFe_2O_4$ were prepared by co-precipitation of manganese and iron salts in a high pH environment and by thermal decomposition. Materials determined the chemical composition and surface morphology by X-ray diffraction (EDX) and scanning electron microscopy (SEM). The results obtained catalyst materials have $MnFe_2O_4$ in the structure with size 50-100 nm and atomic ratio Mn: Fe: O = 0.83: 2: 3.96 suitable for the ideal ratio of 1: 2: 4 when forming complex oxide $MnFe_2O_4$. The concentration of dye in the solution before and after treatment determine by the photometric method. The efficiency of the process investigates for Reactive Yellow 160 depending on experimental parameters: catalyst content, concentration hydropeoxit, pH, temperature, treatment time. The extended investigation optimal conditions apply to other direct and acid dyes, such as Direct Red 224, Direct Red 239, Direct Blue 199 and Acid Blue 23. In the optimal conditions: catalyst concentration is 0.2 g/L; H_2O_2 concentration is 4.92 mM; pH = 2; processing time 40 minutes, temperature 30^{o}C; stirring speed 120 rpm for RY 160 dye treatment efficiency reaches 96.51%; AR 23 reaches 90.52%; DR 224 reaches 82.07%; DB 199 reaches 66.35% and DR 239 reaches 59.89%.

Keywords: catalyst, heterogeneous fenton process, $MnFe_2O_4$, organic dye.

Ngày nhận bài	**: 16/12/2020**
Ngày phản biện	**: 14/01/2021**
Ngày quyết định đăng	**: 08/3/2021**