



Nghiên cứu sự phân hủy basic fuchsin trên xúc tác $Zn_xMn_{(1-x)}Fe_2O_4$ khi có mặt tác nhân H_2O_2

Nguyễn Lê Mỹ Linh, Nguyễn Diệu Ánh, Phạm Thị Kim Chi

Khoa Hóa học, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình xử lý:

Ngày nhận bài: 27/6/2023

Ngày nhận bản chỉnh sửa: 23/11/2023

Ngày nhận đăng: 27/11/2023

Ngày xuất bản: 20/4/2026

Từ khóa:

Basic fuchsin;

$Zn_xMn_{(1-x)}Fe_2O_4$.

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, vật liệu nano $Zn_xMn_{(1-x)}Fe_2O_4$ được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt, ứng dụng phân hủy basic fuchsin khi có mặt tác nhân H_2O_2 . Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phân hủy basic fuchsin trên xúc tác $Zn_xMn_{(1-x)}Fe_2O_4$ đã được khảo sát gồm điều kiện tổng hợp vật liệu, khối lượng xúc tác và nhiệt độ. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng điều kiện tổng hợp vật liệu nano $Zn_xMn_{(1-x)}Fe_2O_4$ ảnh hưởng đến khả năng phân hủy basic fuchsin. Phương trình động học bậc 1 phù hợp để mô tả quá trình phân hủy basic fuchsin trên xúc tác $Zn_xMn_{(1-x)}Fe_2O_4$ khi có mặt tác nhân H_2O_2 . Năng lượng hoạt hóa của phản ứng phân hủy basic fuchsin xác định được là 14,37 kJ/mol.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong công nghiệp phẩm nhuộm, vấn đề ô nhiễm môi trường do chất màu hữu cơ đang trở nên cấp thiết đối với các doanh nghiệp. Trong chất thải công nghiệp của các ngành dệt, da và giấy thường xuất hiện thuốc nhuộm tổng hợp (Dixit et al., 2015). Ô nhiễm chất màu hữu cơ có trong thuốc nhuộm gây ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống, sức khỏe và sinh hoạt của con người. Một trong số thuốc nhuộm được sử dụng hiện nay là basic fuchsin. Thuốc nhuộm basic fuchsin đã được cảnh báo về khả năng gây ung thư và đột biến gen (Sewu et al., 2017). Qua tiếp xúc, basic fuchsin có thể gây kích ứng da và mắt. Bên cạnh đó, do đặc tính phân hủy sinh học kém và độc tính của nó, basic fuchsin còn là một chất gây độc cho các sinh vật sống dưới nước. Vì vậy, việc xử lý basic fuchsin đang là vấn đề đáng quan tâm của các nhà nghiên cứu.

Thời gian gần đây, các nhà khoa học trong và ngoài nước có xu hướng nghiên cứu những vật liệu mới đáp ứng tiêu chí chi phí thấp nhưng hiệu quả cao để loại bỏ một số hợp chất màu có tính độc hại và nguy hiểm đối với môi trường sinh thái (Wang et al., 2021; Kushare et al., 2021; Zhao et al., 2020). Trong bài báo này, vật liệu nano $Zn_xMn_{(1-x)}Fe_2O_4$ được dùng làm xúc tác phân hủy basic fuchsin khi có mặt tác nhân H_2O_2 . Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng xúc tác $Zn_xMn_{(1-x)}Fe_2O_4$ trong phản ứng phân hủy basic fuchsin khi có tác nhân H_2O_2 được khảo sát gồm: điều kiện tổng hợp vật liệu, khối lượng xúc tác, nhiệt độ.

2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng hợp vật liệu nano spinel $Zn_xMn_{(1-x)}Fe_2O_4$

Vật liệu $Zn_xMn_{(1-x)}Fe_2O_4$ được tổng hợp theo 2 giai đoạn.

Giai đoạn 1: Tổng hợp vật liệu nano spinel $ZnFe_2O_4$.

Hòa tan 2,87 gam $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ và 3,38 gam $MnSO_4 \cdot H_2O$ vào 20 mL nước cất và 20 mL dung môi. Khuấy từ với tốc độ 750 vòng/phút, đồng thời nhỏ từ từ 40 mL NaOH 1M vào hỗn hợp. Khuấy trong vòng 15 phút và cho vào bình Teflon, đặt vào autoclave, đậy kín và cho vào tủ sấy, tiến hành thủy nhiệt ở 120 °C trong thời gian phù hợp. Sau đó lấy ra và để nguội ở nhiệt độ phòng. Lọc kết tủa thu được rồi rửa nhiều lần bằng nước cất đến khi dịch lọc có pH $\approx$ 7. Sản phẩm được sấy khô ở 80 °C, sau đó nung ở 500 °C trong 4 giờ (Phan, 2022).

Mẫu tổng hợp được chia hai phần: một phần $ZnFe_2O_4$ không nung và một phần $ZnFe_2O_4$ nung ở nhiệt độ

Tác giả liên hệ: Nguyễn Lê Mỹ Linh;

Địa chỉ e-mail: nguyenlemylinh@dhsphue.edu.vn;

DOI: <https://doi.org/10.26459/jse.056.2026>

500 °C trong 4 giờ.

Giai đoạn 2: Tổng hợp vật liệu $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$

Cho từ từ 20 mL NaOH 2 M và 20 mL nước cất vào hỗn hợp có chứa ZnFe_2O_4 và $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ đã chuẩn bị trước theo tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4:\text{MnSO}_4$ 1:2; 2:1; 4:1. Khuấy từ hỗn hợp với tốc độ 500 vòng/phút trong 2 giờ. Lọc kết tủa thu được, rửa kết tủa nhiều lần bằng nước cất đến khi dịch lọc có pH ≈ 7 . Sản phẩm được sấy khô ở 80 °C và nghiền mịn.

Đặc trưng vật liệu

Thành phần pha của vật liệu được nghiên cứu bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (D8 Advanced Buckner, Đức) với tia phát xạ $\text{CuK}\alpha$, có bước sóng $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$, công suất 40 kV, góc quét từ 0° đến 80°. Các dao động của liên kết được đo trên máy FT-IR 8010M (Shimadzu). Hình thái bề mặt vật liệu được đo trên máy SEM JMS-5300LV. Tính chất bề mặt của vật liệu được nghiên cứu bằng phương pháp đẳng nhiệt hấp phụ và khử hấp phụ nitrogen ở 77 K trên thiết bị Tri Star 3000 (Mỹ). Trước khi đo, các mẫu được xử lý chân không ở 110 °C trong 6 giờ.

2.2. Nghiên cứu hoạt tính xúc tác của vật liệu

Quá trình tiến hành thí nghiệm:

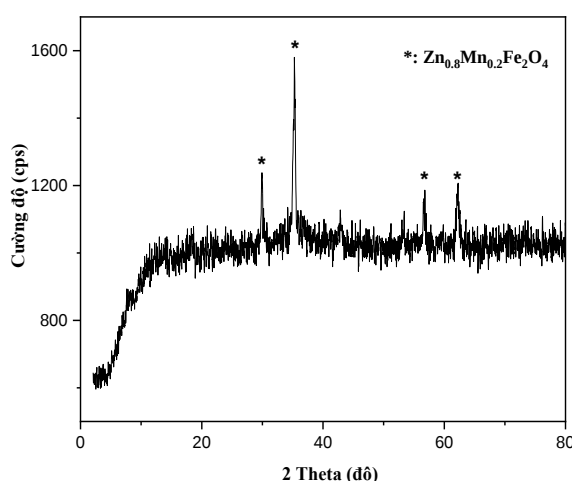
Cho 0,005 gam vật liệu $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ vào 200 mL dung dịch basic fuchsin 25 mg/L, khuấy từ với tốc độ 500 vòng/phút ở nhiệt độ 30 °C trong thời gian 15 phút để đạt được sự cân bằng hấp phụ và sự phân tán đồng đều của các hạt xúc tác. Lấy 4 mL dung dịch, ly tâm, lấy dịch lỏng cho vào lọ để đo UV-Vis ở bước sóng 543 nm dịch lỏng thu được. Thêm chính xác 1,0 mL dung dịch H_2O_2 nồng độ 30 % vào hỗn hợp và khuấy liên tục. Sau những khoảng thời gian xác định (15 phút, 30 phút, 45 phút, 60 phút, 90 phút, 120 phút), dùng pipet lấy 4 mL dung dịch, ly tâm lấy phần lỏng, xác định nồng độ còn lại của basic fuchsin bằng phương pháp UV-Vis ở $\lambda = 543 \text{ nm}$ tại các thời điểm đó. Nồng độ basic fuchsin được xác định theo phương pháp đường chuẩn.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng xúc tác của vật liệu $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ trong phản ứng phân hủy basic fuchsin khi có tác nhân H_2O_2 gồm: điều kiện tổng hợp vật liệu, khối lượng xúc tác, nhiệt độ.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

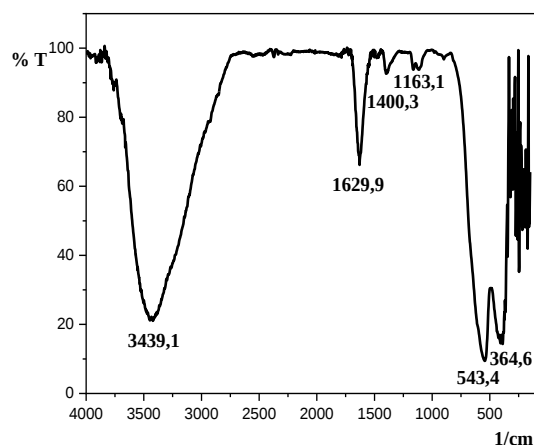
3.1. Đặc trưng mẫu xúc tác $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$

Mẫu $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ cho hiệu suất phân hủy basic fuchsin 100 % được đặc trưng bằng các phương pháp: nhiễu xạ tia X (XRD) (hình 1), phổ hồng ngoại (IR) (hình 2), hiển vi điện tử quét (SEM) (hình 3), đẳng nhiệt hấp phụ - khử hấp phụ nitrogen (BET) (hình 4).



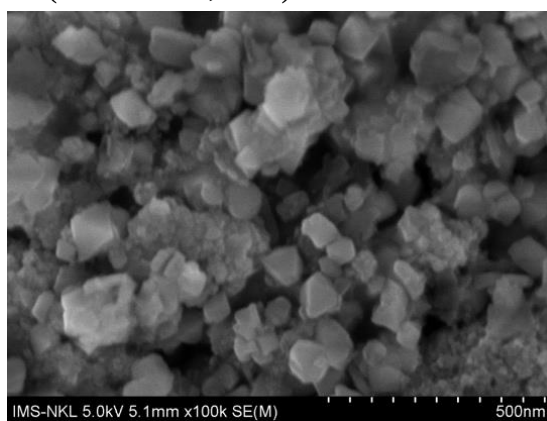
Hình 1. Giản đồ XRD của mẫu $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$.

Hình 1 cho thấy mẫu xuất hiện các peak đặc trưng của pha tinh thể $\text{Zn}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$. Khi chèn Mn^{2+} vào tinh thể ZnFe_2O_4 với tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4 : \text{MnSO}_4$ là 1:4, các cation Mn^{2+} đã thay thế Zn^{2+} ở mạng tứ diện, pha tinh thể $\text{Zn}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ hình thành và không quan sát thấy các peak nhiễu xạ đặc trưng của các pha tinh thể khác. Do vậy, vật liệu tổng hợp là đơn pha.



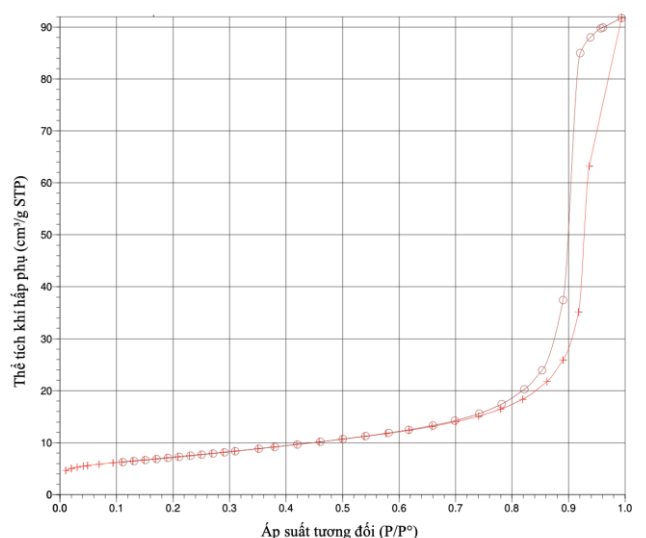
Hình 2. Phổ IR của mẫu $\text{Zn}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$.

Phổ IR của mẫu có peak ở $3439,1 \text{ cm}^{-1}$ tương ứng với dao động O–H của nước hấp phụ vật lý, peak ở $1629,9 \text{ cm}^{-1}$ đặc trưng cho dao động biến dạng $\delta_{\text{H-O-H}}$. Peak $1400,3 \text{ cm}^{-1}$ đặc trưng dao động biến dạng của liên kết C–H trong nhóm CH_3 (Wang et al., 2013), peak ở $1163,1 \text{ cm}^{-1}$ quy cho dao động C–O (Wang et al., 2013), chứng tỏ dung môi isopropanol vẫn còn trong mẫu. Các peak đặc trưng cho dao động M–O (M = Fe, Mn, Zn) nằm trong vùng $364,6 - 543,4 \text{ cm}^{-1}$ (Bahtiar et al., 2017).



Hình 3. Ảnh SEM của mẫu $\text{Zn}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$.

Ảnh SEM của mẫu tổng hợp gồm các hạt nano có kích thước to nhỏ khác nhau. Các hạt kích thước nhỏ nằm ở các khe trống hình thành giữa các hạt kích thước lớn, dường như được tạo thành do sự vỡ vụn các hạt lớn.



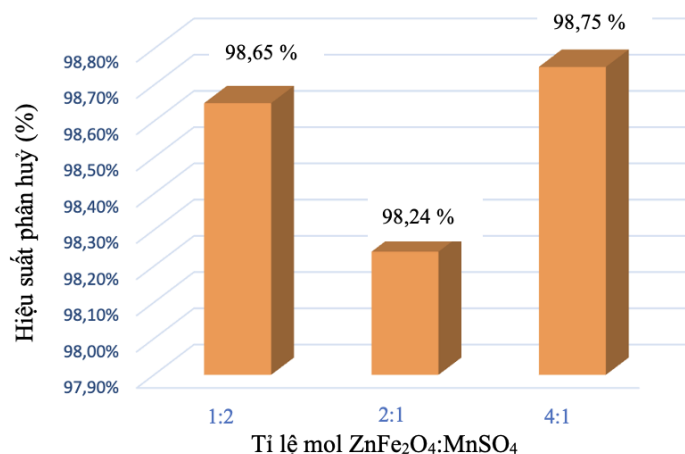
Hình 4. Đường đẳng nhiệt hấp phụ - khử hấp phụ nitrogen mẫu $\text{Zn}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$.

Đường đẳng nhiệt hấp phụ – khử hấp phụ nitrogen của mẫu $\text{Zn}_{0,8}\text{Mn}_{0,2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ thuộc loại IV theo phân loại IUPAC. Sự xuất hiện vòng trễ ở vùng áp suất tương đối P/P° 0,7–1,0 có thể liên quan đến khoảng trống hình thành giữa các hạt nano kề nhau. Theo phương trình BET (Brunauer – Emmett – Teller), diện tích bề mặt tính được là 25,7 m^2/g .

3.2. Ảnh hưởng của các điều kiện tổng hợp vật liệu $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ đến khả năng phân hủy basic fuchsin

3.2.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4 : \text{MnSO}_4$

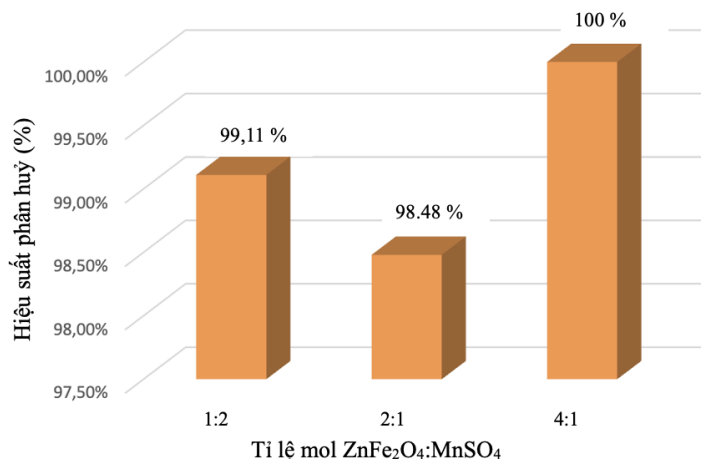
Vật liệu $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ tổng hợp từ mẫu ZnFe_2O_4 ở giai đoạn 1 không nung.



Hình 5. Hiệu suất phân hủy basic fuchsin bằng xúc tác vật liệu khi thay đổi tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4 : \text{MnSO}_4$ ($C_{\text{O(basic fuchsin)}} = 25 \text{ mg/L}$, $t = 25^\circ\text{C}$, $m = 0,005 \text{ g}$, $T=120$ phút).

Khi thay đổi tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4 : \text{MnSO}_4$ thì hiệu suất phân hủy basic fuchsin có xúc tác $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ đều trên 98 %. Hiệu suất phân hủy basic fuchsin đạt 98,75 % khi tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4 : \text{MnSO}_4$ là 4:1. Nhận thấy, khi thay đổi tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4 : \text{MnSO}_4$ cho hiệu suất phân hủy cao (hình 5). Vật liệu tổng hợp có tiềm năng trong xử lý basic fuchsin.

Vật liệu $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ tổng hợp từ mẫu ZnFe_2O_4 ở giai đoạn 1 nung trong thời gian 4 giờ.



Hình 6. Hiệu suất phân hủy basic fuchsin trên bằng xúc tác vật liệu khi thay đổi tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4 : \text{MnSO}_4$ ($C_{\text{O(basic fuchsin)}} = 25 \text{ mg/L}$, $T = 25^\circ\text{C}$, $m = 0,005 \text{ g}$, $t=120$ phút).

Kết quả ở hình 6 cho thấy vật liệu tổng hợp ở tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4 : \text{MnSO}_4$ 4:1 cho hiệu suất phân hủy basic fuchsin đạt 100 %, ở các tỷ lệ mol khác hiệu suất đều trên 98 %. Kết quả cho thấy vật liệu $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ ở các tỷ lệ mol khảo sát đều có khả năng xúc tác tốt cho phản ứng phân hủy basic fuchsin khi có mặt tác nhân H_2O_2 .

3.2.2. Ảnh hưởng của khối lượng xúc tác

Trong mục này, chúng tôi nghiên cứu ảnh hưởng của khối lượng xúc tác đến tốc độ phản ứng phân hủy basic fuchsin trên mẫu $\text{Zn}_{0,8}\text{Mn}_{0,2}\text{Fe}_2\text{O}_4$.

Động học phản ứng xúc tác phân hủy basic fuchsin của vật liệu

Phương trình động học bậc 1 mô tả động học phản ứng xúc tác phân hủy basic fuchsin bằng H_2O_2 trên

xúc tác khảo sát có dạng như sau:

Phương trình động học bậc 1:

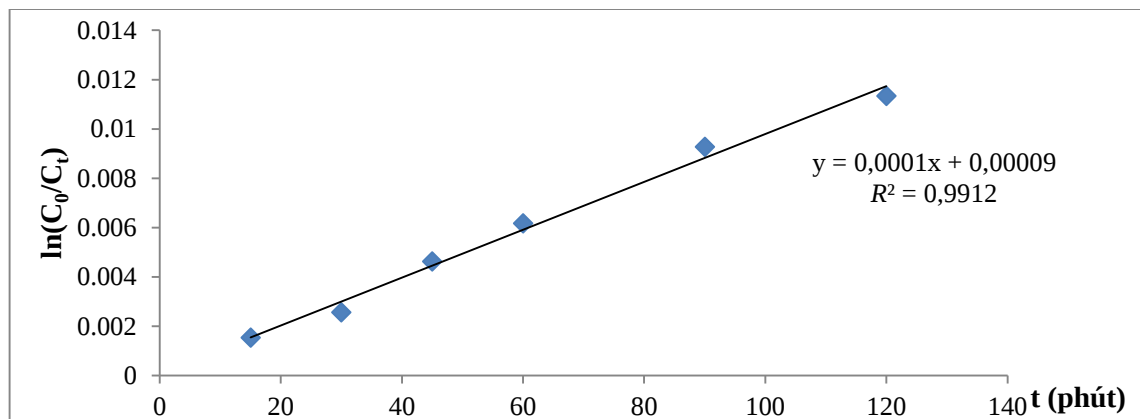
$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C_t} \quad (1.1)$$

Trong đó:

C_0 và C_t (mg/L) lần lượt là nồng độ tại thời điểm ban đầu và tại thời điểm t phản ứng.

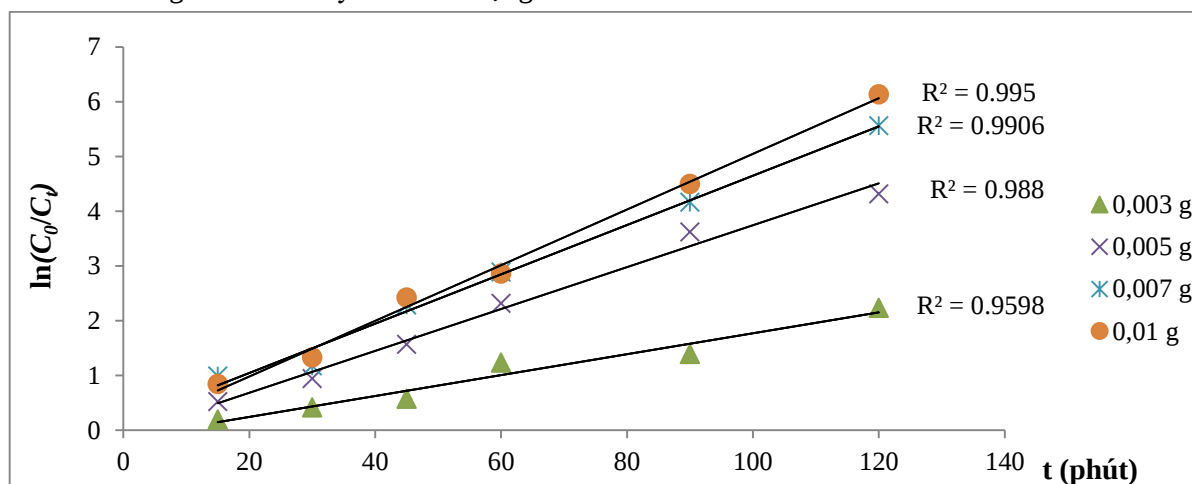
k (phút⁻¹) hằng số tốc độ phản ứng bậc 1.

Hình 7 trình bày mô hình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy basic fuchsin bằng H_2O_2 khi không có chất xúc tác.



Hình 7. Mô hình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy basic fuchsin khi không cho chất xúc tác.

Từ hình 7 nhận thấy khi không có xúc tác, basic fuchsin cũng bị H_2O_2 phân hủy nhưng với hằng số tốc độ không lớn 0,0001 phút⁻¹ và phản ứng phân hủy tuân theo quy luật động học bậc 1. Khi có xúc tác, phản ứng phân hủy basic fuchsin xảy ra nhanh hơn. Hình 8 trình bày mô hình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy basic fuchsin bằng H_2O_2 khi thay đổi khối lượng chất xúc tác.



Hình 8. Mô hình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy basic fuchsin khi thay đổi khối lượng chất xúc tác ($T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Các tham số của phương trình động học được tóm tắt ở bảng 1.

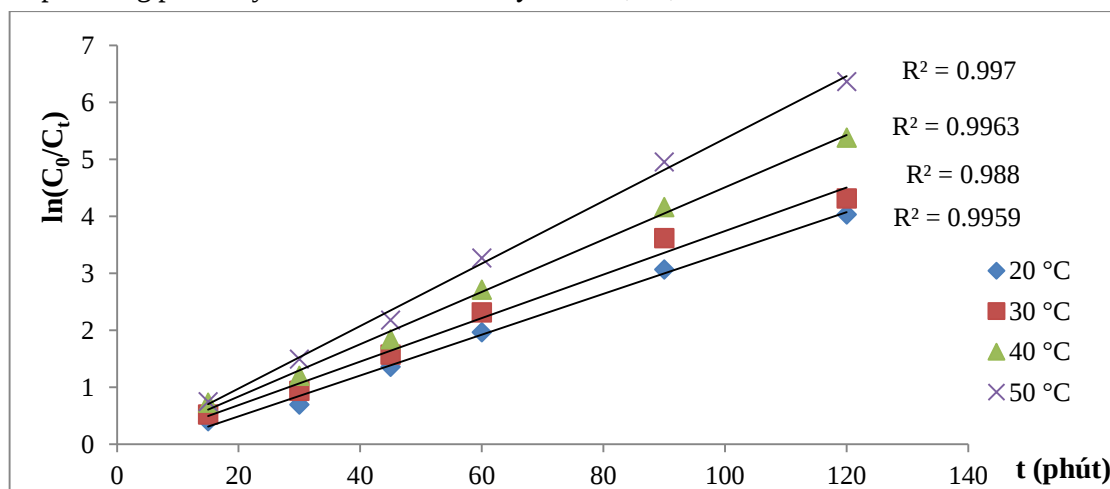
Bảng 1. Các tham số thu được từ phương trình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy basic fuchsin khi có mặt tác nhân H_2O_2 ở các khối lượng xúc tác khác nhau

Khối lượng xúc tác (g)	k (phút ⁻¹)	R^2
0,003	0,0157	0,9598
0,005	0,0360	0,9880
0,007	0,0495	0,9906
0,010	0,0505	0,9950

Kết quả thu nhận ở bảng 1 cho thấy phản ứng tuân theo mô hình động học bậc 1 (giá trị $R^2 > 0,9$). Tăng khối lượng xúc tác, hằng số tốc độ tăng. Điều này được giải thích do số tâm xúc tác tăng khi tăng khối lượng xúc tác dẫn đến tốc độ phản ứng tăng.

3.2.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ. Năng lượng hoạt hóa

Ở nghiên cứu này, nhiệt độ là 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C và giữ nguyên khối lượng chất xúc tác là 0,005 g, thể tích H₂O₂ nồng độ 30 % là 1,0 mL, tốc độ khuấy 500 vòng/phút. Hình 9 trình bày mô hình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nhiệt độ.



Hình 9. Mô hình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nhiệt độ.

Các tham số của phương trình động học được tóm tắt ở bảng 2.

Bảng 2. Các tham số thu được từ phương trình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy basic fuchsin ở các nhiệt độ khác nhau

Nhiệt độ (°C)	k (phút ⁻¹)	R^2
20	0,0302	0,9959
30	0,0360	0,9880
40	0,0444	0,9963
50	0,0518	0,9970

Dựa vào giá trị R^2 ở bảng 2 nhận thấy rằng phản ứng phân hủy basic fuchsin bằng H₂O₂ trên xúc tác Zn_{0.8}Mn_{0.2}Fe₂O₄ tuân theo phương trình động học bậc 1. Hằng số k tăng theo nhiệt độ.

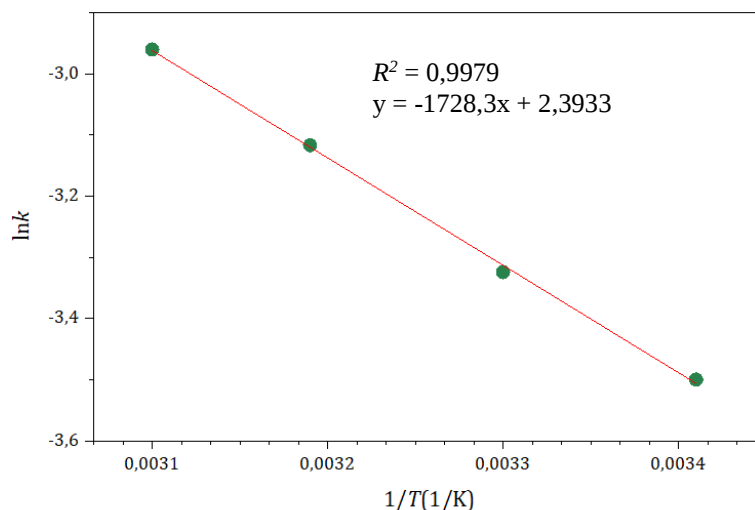
Năng lượng hoạt hóa

Dựa vào phương trình Arrhenius, năng lượng hoạt hóa của phản ứng được tính toán theo biểu thức:

$$\ln k = -\frac{E_a}{RT} + \ln A \quad (1.2)$$

Trong đó: E_a là năng lượng hoạt hóa; k là hằng số tốc độ phản ứng; A là thừa số tần suất.

Từ các số liệu thực nghiệm, vẽ đồ thị $\ln k = f(1/T)$ (bảng 2), ta sẽ tính được năng lượng hoạt hóa của phản ứng phân hủy basic fuchsin. Hình 10 biểu diễn sự phụ thuộc $\ln k = f(1/T)$.



Hình 10. Sự phụ thuộc $\ln k$ theo $1/T$.

Từ hình 10, năng lượng hoạt hóa của phản ứng phân hủy basic fuchsin tuân theo động học bậc 1 tính được là 14,37 kJ/mol. So với kết quả nghiên cứu của Phan Thị Hiền My (2022) năng lượng của phản ứng phân hủy basic fuchsin trên xúc tác của vật liệu $\text{Zn}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ nhỏ hơn nhiều so với trên xúc tác ZnMn_2O_4 (38,32 kJ/mol). Đối chiếu với kết quả nghiên cứu của Fuad Hama Sharif Radha và cộng sự (2023) năng lượng của phản ứng phân hủy basic fuchsin trên xúc tác của vật liệu $\text{Zn}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ nhỏ hơn so với nghiên cứu hấp phụ và loại bỏ basic fuchsin bằng đất sét tự nhiên (22,68 kJ/mol). Điều này cho thấy vật liệu tổng hợp có tiềm năng ứng dụng trong xúc tác phân hủy basic fuchsin khi có mặt tác nhân H_2O_2 .

4. KẾT LUẬN

Từ những kết quả thực nghiệm đã được thảo luận, vật liệu nano $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ tổng hợp ở các tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4:\text{MnSO}_4$ 1:2; 2:1; 4:1 đều cho hiệu suất phân hủy basic fuchsin cao khi có mặt tác nhân H_2O_2 . Vật liệu tổng hợp với tỷ lệ mol $\text{ZnFe}_2\text{O}_4:\text{MnSO}_4$ 4:1 là đơn pha $\text{Zn}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$, diện tích bề mặt BET là 25,7 m^2/g . Tốc độ phản ứng phân hủy basic fuchsin trên xúc tác $\text{Zn}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Fe}_2\text{O}_4$ khi có tác nhân H_2O_2 tăng theo khối lượng xúc tác và nhiệt độ. Phương trình động học bậc 1 phù hợp để mô tả quá trình phân hủy basic fuchsin. Năng lượng hoạt hóa của phản ứng này xác định được là 14,37 kJ/mol.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bahtiar, S., Taufiq, A., Sunaryono, Hidayat, A., Hidayat, N., Diantoro, M., Mufti, N., & Mujamilah. (2017). Synthesis, investigation on structural and magnetic behaviors of spinel M-ferrite [M = Fe; Zn; Mn] nanoparticles from iron sand. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 202(1), Article 012052. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/202/1/012052>
- Dixit, S., Yadav, A., Dwivedi, P. D., & Das, M. (2015). Toxic hazards of leather industry and technologies to combat threat: A review. *Journal of Cleaner Production*, 87, 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.017>
- Kushare, S. S., Bobade, V. D., Tope, D. R., & Borhade, A. V. (2021). $\text{CoCr}_2\text{O}_4@\text{GeO}_2@\text{ZnO}$ core-shell nanoparticle as a novel recoverable catalyst: Preparation, characterization and photocatalytic degradation of basic fuchsin dye. *Journal of the Indian Chemical Society*, 98(12), Article 100239. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2021.100239>
- Phan, T. H. M. (2022). *Nghiên cứu tổng hợp vật liệu nano spinel ZnMn_2O_4 và ứng dụng* [Luận văn thạc sĩ]. Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế.
- Radha, F. H. S., Shwan, D. M. S., & Kauffhold, S. (2023). Adsorption study and removal of basic fuchsin dye from medical laboratory wastewater using local natural clay. *Adsorption Science & Technology*, 2023, Article 9398167. <https://doi.org/10.1155/2023/9398167>
- Sewu, D. D., Boakye, P., & Woo, S. H. (2017). Highly efficient adsorption of cationic dye by biochar produced with Korean cabbage waste. *Bioresource Technology*, 224, 206–213.
- Wang, D. K., Varanasi, S., Fredericks, P. M., Hill, D. J. T., Symons, A. L., Whittaker, A. K., & Rasoul, F. (2013). FT-IR characterization and hydrolysis of PLA-PEG-PLA based copolyester hydrogels with short PLA segments and a cytocompatibility study. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 51(24), 5163–5176. <https://doi.org/10.1002/pola.26930>
- Wang, L., Wang, J., Pan, H., Zhao, M., & Chen, J. (2021). Kinetics and removal pathway of basic fuchsin by electrochemical oxidization. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 880, Article 114792. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2020.114792>
- Zhao, Y.-H., Geng, J.-T., Cai, J.-C., Cai, Y.-F., & Cao, C.-Y. (2020). Adsorption performance of basic fuchsin on alkali-activated diatomite. *Adsorption Science & Technology*, 38(5–6), 151–167. <https://doi.org/10.1177/0263617420922084>

Degradation studies of basic fuchsin over $\text{ZnMnFe}_2\text{O}_4$ catalyst in the presence of H_2O_2

Nguyen Le My Linh, Nguyen Dieu Anh, Pham Thi Kim Chi

Department of Chemistry, University of Education, Hue University

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 27 June 2023

Received in revised form: 23 November 2023

Accepted: 27 November 2023

Published: 20 April 2026

Keywords:

Basic fuchsin;

$\text{ZnMnFe}_2\text{O}_4$;

Nanomaterial.

Corresponding author:

Nguyen Le My Linh

E-mail address:

nguyenlemylinh@dhsphue.edu.vn

ABSTRACT

In this paper, nanomaterials $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ have been prepared by the hydrothermal process, applied in the degradation of basic fuchsin in the presence of H_2O_2 agent. Factors affecting basic fuchsin degradation over $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ catalyst were investigated including material synthesis conditions, catalytic mass and temperature. The results indicated that the conditions for the synthesis of $\text{Zn}_x\text{Mn}_{(1-x)}\text{Fe}_2\text{O}_4$ nanomaterials affect basic fuchsin degradation. The first order kinetic equation is suitable for describing this basic fuchsin degradation. The activation energy of the basic fuchsin degradation was determined to be 14.37 kJ/mol.