

NGHIÊN CỨU SỰ PHÂN HỦY BASIC FUCHSIN BẰNG XÚC TÁC $ZnMn_2O_4$ KHI CÓ MẶT TÁC NHÂN H_2O_2

PHAN THỊ HIỀN MY

PHAN THANH HÀ THI, NGUYỄN LÊ MỸ LINH*

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

*Email: nguyennlemylinh@dhsphue.edu.vn

Tóm tắt: Trong bài báo này, vật liệu $ZnMn_2O_4$ được dùng làm xúc tác cho phản ứng phân hủy basic fuchsin khi có tác nhân H_2O_2 . Nghiên cứu cho thấy các điều kiện tổng hợp vật liệu spinel $ZnMn_2O_4$ ảnh hưởng đến khả năng phân hủy basic fuchsin. Hiệu suất phân hủy basic fuchsin đều lớn hơn 96% đối với các mẫu khảo sát. Tốc độ phản ứng phân hủy basic fuchsin b75% xúc tác spinel $ZnMn_2O_4$ khi có tác nhân H_2O_2 tăng theo nhiệt độ và giảm theo nồng độ đầu của basic fuchsin. Năng lượng hoạt hóa của phản ứng này xác định được là 44,47 kJ/mol.

Từ khóa: Vật liệu nano $ZnMn_2O_4$, basic fuchsin.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cùng với sự phát triển công nghiệp hóa và hiện đại hóa, tình trạng ô nhiễm nguồn nước ở Việt Nam đang đứng top 5 do xả thải trực tiếp các chất thải công nghiệp chưa qua xử lý vào môi trường nước. Các chất gây ô nhiễm nguồn nước rất đa dạng như vi sinh vật, nhựa, nilon, các kim loại nặng... và các loại hóa chất nhuộm cũng là một trong những yếu tố chính. Basic fuchsin (chất màu thuộc nhóm triaminotriphenylmethane) là một trong những thuốc nhuộm được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp dệt may và thuộc da [1, 2]. Cùng với việc sản xuất và sử dụng basic fuchsin trong công nghiệp, đồng nghĩa sẽ có lượng lớn thuốc nhuộm được thải ra ngoài môi trường. Do đặc tính phân hủy sinh học kém và độc tính của nó nên việc loại bỏ basic fuchsin ra khỏi hệ thống nước thải là rất đáng quan tâm và cần được kiểm tra, thực hiện kịp thời [3]. Nhiều nghiên cứu cho thấy vật liệu nano $ZnMn_2O_4$ có khả năng xúc tác phân hủy một số loại thuốc nhuộm tổng hợp [4-6].

Trong bài báo trước [7], chúng tôi đã khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến thành phần pha vật liệu nano $ZnMn_2O_4$ tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt kết hợp với nung. Trong bài báo này, chúng tôi khảo sát các điều kiện tổng hợp vật liệu $ZnMn_2O_4$ đến khả năng xúc tác phân hủy basic fuchsin khi có tác nhân H_2O_2 cũng như động học phản ứng phân hủy này trong điều kiện thay đổi nhiệt độ và nồng độ đầu của basic fuchsin.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hoá chất

$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (Xilong), $MnSO_4 \cdot H_2O$ (Xilong), NaOH (Xilong), isopropanol (Xilong), ethylene glycol (Xilong), glycerol (Xilong), basic fuchsin (Trung Quốc).

2.2. Tổng hợp vật liệu ZnMn₂O₄

Vật liệu ZnMn₂O₄ được tổng hợp theo quy trình sau[7]:

Hòa tan 2,87 gam ZnSO₄.7H₂O và 3,38 gam MnSO₄.H₂O 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 ≈ 7. Sản phẩm được sấy khô ở 80 °C, sau đó nung ở các nhiệt độ khác nhau trong 4 h.

Vật liệu nano ZnMn₂O₄ được tổng hợp với các điều kiện thay đổi như sau:

- Thời gian thủy nhiệt: cố định dung môi isopropanol, nhiệt độ thủy nhiệt 120 °C, nhiệt độ nung 500 °C, thay đổi thời gian thủy nhiệt 6 h, 12 h, 24 h và 36 h.
- Nhiệt độ thủy nhiệt: cố định dung môi isopropanol, thời gian thủy nhiệt 24 giờ, nhiệt độ nung 500 °C, thay đổi nhiệt độ thủy nhiệt 80 °C, 100 °C, 120 °C, 130 °C.
- Nhiệt độ nung: cố định dung môi isopropanol, thời gian thủy nhiệt 24 giờ, nhiệt độ thủy nhiệt 120 °C, thay đổi nhiệt độ nung 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C.
- Dung môi: cố định nhiệt độ thủy nhiệt 120 °C, nhiệt độ nung 500 °C, thời gian thủy nhiệt 24 giờ, thay đổi dung môi: isopropanol, ethylene glycol, glycerol.

2.3. Khảo sát hoạt tính của vật liệu

Phản ứng phân hủy basic fuchsin được thực hiện theo quy trình như sau:

Cho 0,03 gam vật liệu ZnMn₂O₄ vào 200 mL dung dịch basic fuchsin 10 mg/L, khuấy từ với tốc độ 500 vòng/phút ở nhiệt độ 30 °C trong bóng tối trong thời gian 30 phút để đạt sự cân bằng hấp phụ và sự phân tán đồng đều của các hạt xúc tác. Thêm chính xác 1,0 mL dung dịch H₂O₂ nồng độ 30% vào hỗn hợp và khuấy liên tục ngoài ánh sáng nhìn thấy. Sau những khoảng thời gian xác định (15 phút, 30 phút, 45 phút, 60 phút, 90 phút, 120 phút), dùng pipet lấy 5 mL dung dịch đem ly tâm lấy phần lỏng, xác định nồng độ còn lại của basic fuchsin bằng phương pháp UV-Vis ở bước sóng $\lambda = 543$ nm.

Hiệu suất phân hủy basic fuchsin được tính theo công thức sau:

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

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

Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng xúc tác phân hủy basic fuchsin trên vật liệu ZnMn₂O₄ khi có tác nhân H₂O₂ như: điều kiện tổng hợp vật liệu, nồng độ fuchsin, nhiệt độ.

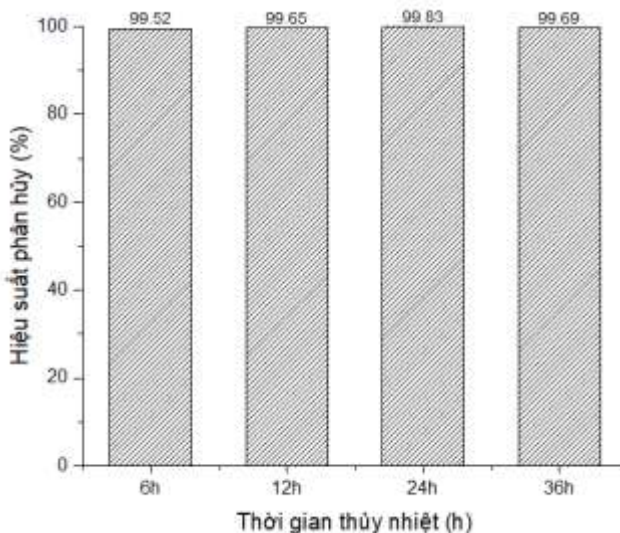
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của các điều kiện tổng hợp vật liệu đến phản ứng phân hủy basic fuchsin

3.1.1. Ảnh hưởng của thời gian thủy nhiệt

Ở phần này, chúng tôi sử dụng các vật liệu đã tổng hợp làm xúc tác cho phản ứng phân hủy basic fuchsin khi có tác nhân H_2O_2 . Hình 1 trình bày hiệu suất phân hủy basic fuchsin sau thời gian 120 phút khi thay đổi thời gian thủy nhiệt của chất xúc tác.

Từ kết quả ở hình 3.1 cho thấy, quá trình phân hủy basic fuchsin gần như hoàn toàn sau 120 phút. Khi thay đổi thời gian thủy nhiệt từ 6 h đến 24 h hiệu suất phân hủy tăng từ 99,52% đến 99,83%, nhưng nếu thời gian thủy nhiệt tiếp tục tăng thì hiệu suất phân hủy có sự giảm nhẹ. Như vậy, sự thay đổi thời gian thủy nhiệt của vật liệu xúc tác không ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất phân hủy, tuy nhiên mẫu vật liệu thủy nhiệt trong 24 h cho hiệu suất cao nhất. Do đó, chúng tôi chọn 24 h là thời gian thủy nhiệt phù hợp cho tổng hợp vật liệu ở các nghiên cứu tiếp theo.

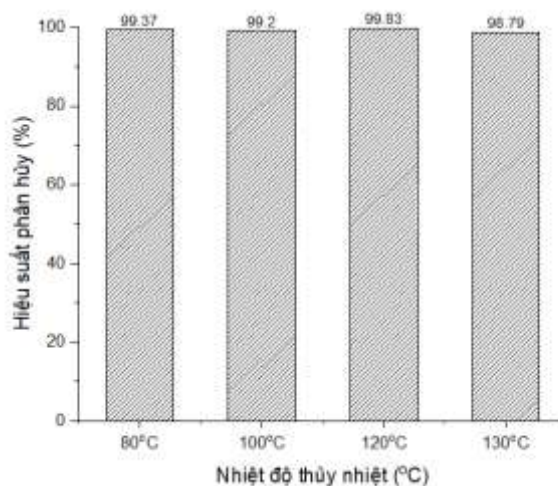


Hình 1. Hiệu suất phân hủy basic fuchsin khi thay đổi thời gian thủy nhiệt

3.1.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ thủy nhiệt

Trong thí nghiệm này, các mẫu xúc tác được tổng hợp trong điều kiện cố định thời gian thủy nhiệt là 24 h, nhiệt độ nung là $500\text{ }^\circ\text{C}$ và thay đổi nhiệt độ thủy nhiệt từ $80\text{ }^\circ\text{C}$ đến $130\text{ }^\circ\text{C}$. Hiệu suất phân hủy basic fuchsin sau 120 phút được trình bày ở hình 2.

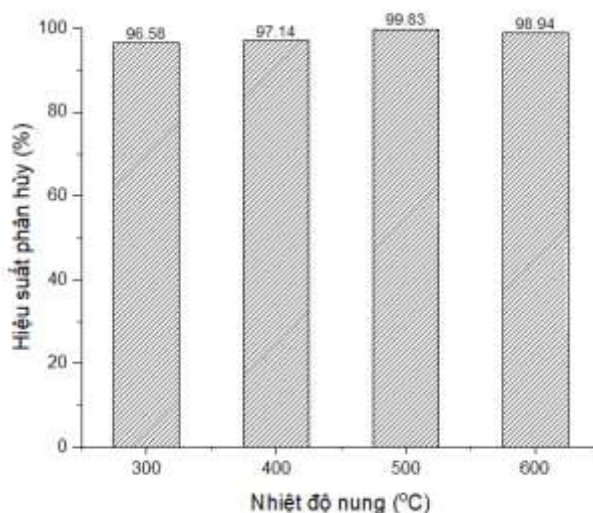
Từ kết quả ở hình 2 cho thấy, khi nhiệt độ thủy nhiệt tăng từ $80\text{ }^\circ\text{C}$ đến $120\text{ }^\circ\text{C}$, hiệu suất phân hủy basic fuchsin tăng từ 99,37% đến 99,83%. Nhưng khi nhiệt độ thủy nhiệt tiếp tục tăng thì hiệu suất phân hủy lại giảm xuống (98,39%). Mẫu xúc tác được thủy nhiệt ở $120\text{ }^\circ\text{C}$ cho hiệu suất phân hủy cao nhất, do đó nhiệt độ thủy nhiệt là $120\text{ }^\circ\text{C}$ được chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.



Hình 1. Hiệu suất phân hủy basic fuchsin khi nhiệt độ thủy nhiệt thay đổi

3.1.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung

Trong thí nghiệm này, các mẫu xúc tác được tổng hợp trong điều kiện cố định thời gian thủy nhiệt là 24 giờ, nhiệt độ thủy nhiệt là 120 °C, và thay đổi nhiệt độ nung là 300 °C, 400 °C, 500 °C và 600 °C.



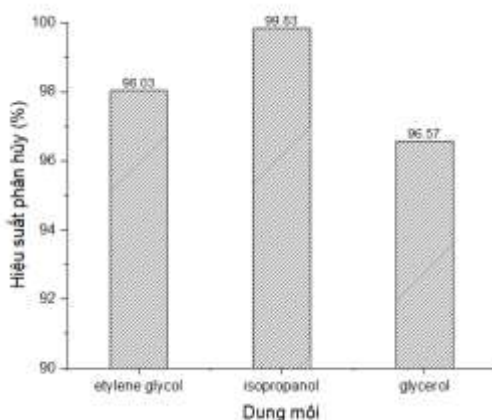
Hình 2. Hiệu suất phân hủy basic fuchsin khi nhiệt độ nung thay đổi

Từ hình 3, hiệu suất phân hủy basic fuchsin sau 120 phút tăng từ 96,58% đến 99,83% khi nhiệt độ nung của mẫu xúc tác thay đổi từ 300 °C đến 500°C. Nhưng nếu nhiệt độ nung tăng đến 600 °C hiệu suất phân hủy giảm (98,95%). Kết quả này cho thấy nhiệt độ nung ảnh hưởng không đáng kể đến hiệu suất phân hủy basic fuchsin. Tuy nhiên mẫu xúc tác được nung ở 500 °C cho hiệu suất phân hủy basic fuchsin cao nhất (99.83%) nên chúng tôi chọn 500 °C là nhiệt độ nung phù hợp cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.1.4. Ảnh hưởng của dung môi

Ở thí nghiệm này, các mẫu xúc tác được tổng hợp trong điều kiện cố định thời gian thủy nhiệt là 24 giờ, nhiệt độ thủy nhiệt là 120 °C, nhiệt độ nung là 500 °C, dung môi dùng để tổng hợp vật liệu lần lượt là ethylene glycol, isopropanol, glycerol.

Kết quả ở hình 4 cho thấy hiệu suất phân hủy của basic fuchsin sau 120 phút khi sử dụng các mẫu xúc tác có dung môi khác nhau không chênh lệch nhiều, tuy nhiên mẫu xúc tác sử dụng dung môi isopropanol cho hiệu suất phân hủy cao nhất.



Hình 3. Hiệu suất phân hủy basic fuchsin khi thay đổi dung môi tổng hợp vật liệu

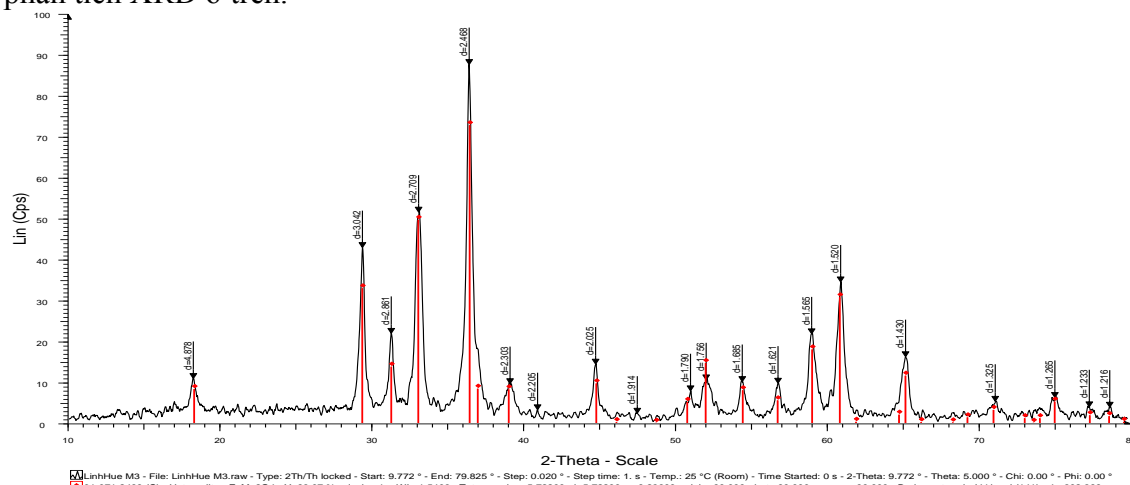
Từ việc khảo sát các yếu tố tổng hợp vật liệu nano spinel $ZnMn_2O_4$ ảnh hưởng đến khả năng phân hủy basic fuchsin, chúng tôi chọn được mẫu xúc tác tốt nhất tổng hợp ở điều kiện: thời gian thủy nhiệt là 24 giờ, nhiệt độ thủy nhiệt là 120 °C, nhiệt độ nung là 500 °C, dung môi isopropanol. Mẫu vật liệu $ZnMn_2O_4$ tổng hợp được đặc trưng bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD).

Hình 5 trình bày giản đồ XRD của mẫu vật liệu $ZnMn_2O_4$ được tổng hợp ở điều kiện: thời gian thủy nhiệt là 24 giờ, nhiệt độ thủy nhiệt là 120 °C, nhiệt độ nung là 500 °C, dung môi tổng hợp là isopropanol.

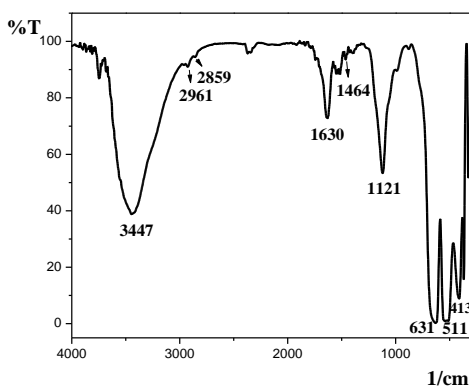
Từ hình 5 nhận thấy giản đồ XRD của mẫu $ZnMn_2O_4$ xuất hiện các peak đặc trưng cho pha tinh thể $ZnMn_2O_4$ thuộc nhóm không gian I41/adm (JCPDS 24-1133) ở 18,40°; 29,32°; 33,07°; 35,86°; 60,88° tương ứng với các mặt phản xạ (101); (112); (103); (211); (224) [5]. Các peak đặc trưng cho pha tinh thể $ZnMn_2O_4$ sắc nét với cường độ mạnh, không quan sát thấy các peak đặc trưng cho zinc oxide và manganese oxide cho thấy vật liệu tổng hợp chủ yếu chứa các tinh thể $ZnMn_2O_4$ có cấu trúc trật tự. Hình 6 trình bày phổ IR của mẫu khảo sát.

Từ hình 6, nhận thấy rằng phổ hồng ngoại của mẫu tổng hợp bao gồm các peak đặc trưng ở số sóng 3447 cm^{-1} , 2961 cm^{-1} , 2859 cm^{-1} , 1630 cm^{-1} , 1464 cm^{-1} , 1121 cm^{-1} , 631 cm^{-1} , 511 cm^{-1} , 413 cm^{-1} . Peak ở số sóng 3447 cm^{-1} đặc trưng cho dao động hóa trị của liên kết O-H của nước hấp phụ vật lý, peak ở số sóng 1630 cm^{-1} đặc trưng cho dao động biến dạng δ_{H-O-H} . Peak ứng với số sóng 2859 cm^{-1} , 2961 cm^{-1} đặc trưng cho dao động hóa trị liên kết C-H của các nhóm

CH_2 , CH_3 , peak 1464 cm^{-1} ứng với dao động biến dạng liên kết C–H của các nhóm CH_2 , peak 1121 cm^{-1} đặc trưng cho dao động hóa trị của liên kết C–O [8], chứng tỏ isopropanol vẫn còn trong mẫu và có thể nằm sâu trong các mao quản nên không bị phân hủy khi nung vật liệu ở nhiệt độ $500\text{ }^\circ\text{C}$. Peak hấp thụ mạnh ứng với số sóng 511 cm^{-1} và 631 cm^{-1} đặc trưng cho dao động của liên kết Mn–O trong mạng bát diện và peak ở số sóng 413 cm^{-1} đặc trưng cho dao động của liên kết Zn–O trong mạng tứ diện [9]. Điều này khẳng định vật liệu ZnMn_2O_4 đã được hình thành, kết quả phù hợp với sự phân tích XRD ở trên.



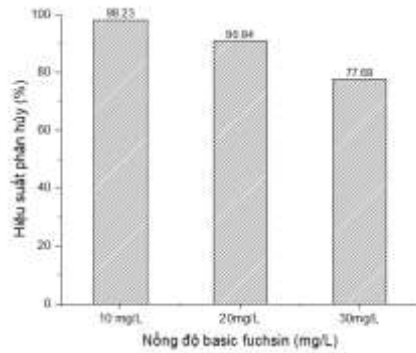
Hình 4. Giản đồ XRD của mẫu ZnMn_2O_4



Hình 5. Phổ IR của vật liệu ZnMn_2O_4

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ basic fuchsin

Trong mục này, chúng tôi nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ đầu đến tốc độ phản ứng phân hủy basic fuchsin trên vật liệu xúc tác ZnMn_2O_4 . Thí nghiệm được thực hiện bằng cách thay đổi nồng độ basic fuchsin ban đầu (10, 20, 30 mg/L), giữ nguyên lượng chất xúc tác 0,03 g, thể tích H_2O_2 30% là 1,0 mL, tốc độ khuấy 500 vòng/phút, nhiệt độ 30°C . Hình 6 trình bày hiệu suất phân hủy basic fuchsin sau thời gian 120 phút khuấy. Kết quả cho thấy hiệu suất phản ứng giảm khi tăng nồng độ basic fuchsin.



Hình 7. Hiệu suất phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nồng độ

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

Phương trình động học bậc 1 và bậc 2 mô tả động học phản ứng xúc tác phân hủy basic fuchsin bằng H_2O_2 trên xúc tác $ZnMn_2O_4$ có dạng như sau:

Phương trình động học bậc 1 [10]:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{C_o}{C_t} \tag{2}$$

Phương trình động học bậc 2 [10]:

$$k = \frac{1}{t} \left(\frac{1}{C_t} - \frac{1}{C_o} \right) \tag{3}$$

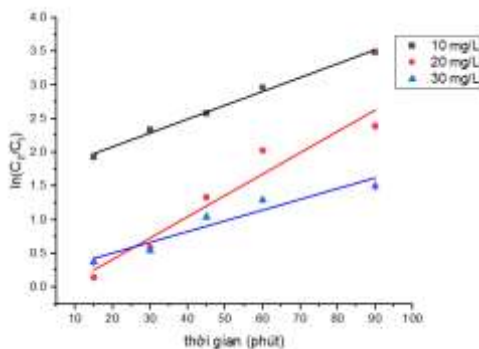
Trong đó:

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

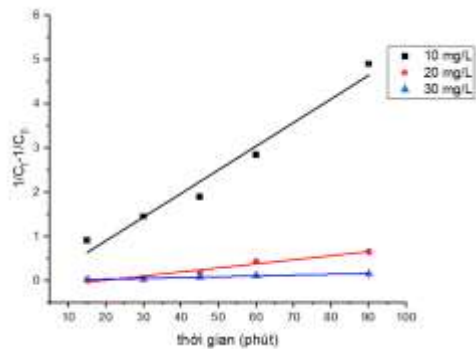
k_1 (phút⁻¹) hằng số tốc độ phản ứng bậc 1.

k_2 (L.mg⁻¹.phút⁻¹) hằng số tốc độ phản ứng bậc 2.

Mô hình động học bậc 1 và bậc 2 của phản ứng phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nồng độ đầu được biểu diễn ở hình 8 và 9.



Hình 8. Mô hình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nồng độ basic fuchsin



Hình 9. Mô hình động học bậc 2 của phản ứng phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nồng độ basic fuchsin

Từ đồ thị, các tham số thu được của mô hình động học bậc 1 và bậc 2 của quá trình phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nồng độ đầu được trình bày ở bảng 1.

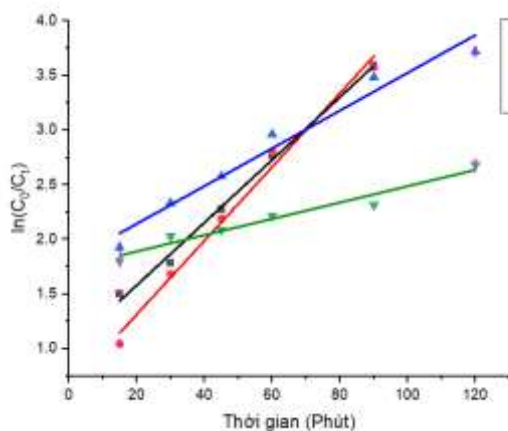
Bảng 1. Các tham số thu được từ phương trình động học bậc 1 và bậc 2 của phản ứng phân hủy basic fuchsin ở các nồng độ đầu khác nhau

Nồng độ basic fuchsin (mg/L)	k_1 (phút ⁻¹)	R^2	k_2 (L.mg ⁻¹ .phút ⁻¹)	R^2
10	0,0173	0,969	0,0535	0,986
20	0,0316	0,936	0,0085	0,952
30	0,0092	0,963	0,0019	0,962

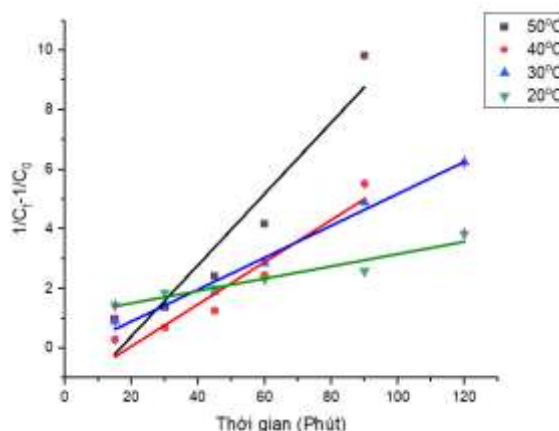
Từ bảng 1, dựa vào giá trị R^2 , chúng tôi nhận thấy mô hình động học bậc 1 và bậc 2 đều mô tả tốt phản ứng phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nồng độ đầu basic fuchsin, hằng số tốc độ phản ứng k_1 và k_2 giảm dần khi tăng nồng độ đầu của basic fuchsin.

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Ở nghiên cứu này chúng tôi thay đổi nhiệt độ môi trường là 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C và giữ nguyên khối lượng chất xúc tác là 0,03 g, thể tích H₂O₂ nồng độ 30% là 1,0 mL, tốc độ khuấy 500 vòng/phút. Hình 10 và 11 trình bày đồ thị mô hình động học bậc 1 và bậc 2 của phản ứng phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nhiệt độ.



Hình 10. Mô hình động học bậc 1 phản ứng phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nhiệt độ



Hình 11. Mô hình động học bậc 2 phản ứng phân hủy basic fuchsin khi thay đổi nhiệt độ

Các tham số thu được từ phương trình động học bậc 1 và bậc 2 được tóm tắt ở bảng 2.

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

Nhiệt độ (°C)	k_1 (phút ⁻¹)	R^2	k_2 (L.mg ⁻¹ .phút ⁻¹)	R^2
20	0,0075	0,958	0,026	0,931
30	0,0173	0,969	0,0535	0,986
40	0,0338	0,989	0,0706	0,937
50	0,0287	0,995	0,1195	0,914

Dựa vào giá trị R^2 ở bảng 2 nhận thấy rằng, phản ứng phân hủy basic fuchsin nồng độ 10 mg/L có mặt tác nhân H_2O_2 trên xúc tác $ZnMn_2O_4$ có thể mô tả bằng phương trình động học bậc 1 hoặc bậc 2.

Năng lượng hoạt hóa

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

$$\ln k = -\frac{E_a}{RT} + \ln A \quad (4)$$

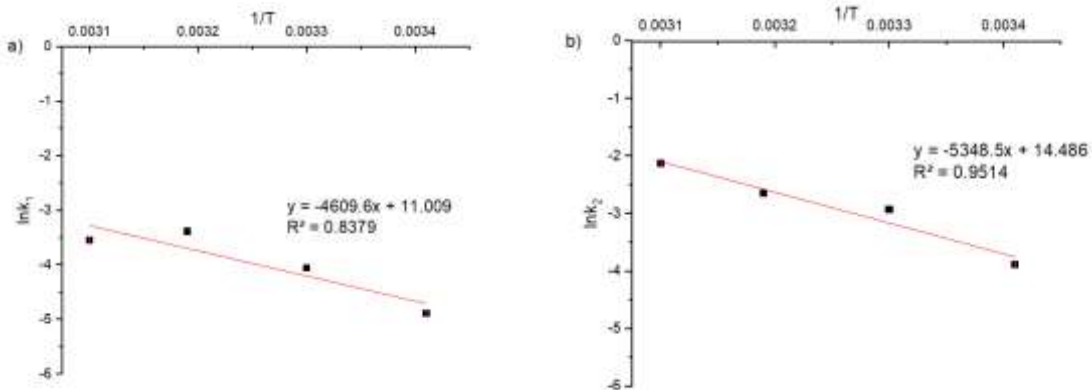
Trong đó: E_a là năng lượng hoạt hóa;

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. Do trong khoảng nhiệt độ khảo sát, phản ứng phân hủy basic fuchsin có thể mô tả bằng phương trình động học bậc 1 hay bậc 2 nên chúng tôi xác định năng lượng hoạt hóa dựa vào giá trị k_1 và k_2 thay đổi theo nhiệt độ.

Hình 11 biểu diễn sự phụ thuộc $\ln k = f(1/T)$.



Hình 12. Sự phụ thuộc của $\ln k_1$ theo $1/T$ (a) và của $\ln k_2$ theo $1/T$ (b)

Từ hình 12, năng lượng hoạt hóa của phản ứng phân hủy basic fuchsin tuân theo động học bậc 1 và động học bậc 2 lần lượt tính được là 38,32 kJ/mol và 44,47 kJ/mol. Dựa vào hệ số tương quan R^2 của hai cách tính này, nhận thấy rằng năng lượng hoạt hóa tính theo đồ thị $\ln k_2 = f(1/T)$ phù hợp với các số liệu thực nghiệm hơn.

4. KẾT LUẬN

Đã khảo sát các điều kiện tổng hợp vật liệu spinel $ZnMn_2O_4$ bằng phương pháp thủy nhiệt ảnh hưởng đến khả năng phân hủy basic fuchsin và lựa chọn được mẫu xúc tác tốt nhất tổng hợp ở điều kiện: thời gian thủy nhiệt là 24 h, nhiệt độ thủy nhiệt là 120 °C, nhiệt độ nung là 500 °C, dung môi isopropanol. Tốc độ phản ứng phân hủy basic fuchsin bằng xúc tác spinel $ZnMn_2O_4$ khi có tác nhân H_2O_2 tăng theo nhiệt độ và giảm

theo nồng độ đầu của basic fuchsin. Năng lượng hoạt hóa của phản ứng này xác định được là 44,47 kJ/mol.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Pereira, L., & Alves, M. (2011). *Dyes—Environmental Impact and Remediation*, Environmental Protection Strategies for Sustainable Development, pp.111-162.
- [2] Rui-Jia Lan, Ji-Tai Li, Bao-Hue Chen (2013). Ultrasonic Degradation of Fuchsin Basic in Aqueous Solution: Effects of Operating Parameters and Additives, *International Journal of Photoenergy*, pp.1-7.
- [3] Mohammadine El Haddad (2015). Removal of Basic Fuchsin dye from water using mussel shell biomass waste as an adsorbent: Equilibrium, Kinetics, and Thermodynamics, *Journal of Taibah University for Science*, 10(5), pp.664-674.
- [4] M. Qiu, Z. Chen, Z. Yang, W. Li, Y. Tian, W. Zhang, Y. Xua, H. Cheng (2018). *ZnMn₂O₄ nanorods: an effective Fenton-like heterogeneous catalyst with $t_{2g}^3 e_g^1$ electronic configuration*, Catalysis Science & Technology, 8(10), pp.2557-2566.
- [5] Taghavi Fardood, S., Moradnia, F., & Ramazani, A. (2019). *Green synthesis and characterization of ZnMn₂O₄ nanoparticles for photocatalytic degradation of Congo red dye and kinetic study*. Micro & Nano Letters, pp.986-991.
- [6] FangZhu, JianfengMa, QiuyueJi, HaoCheng, SridharKomarneni (2021). *Visible-light-driven activation of sodium persulfate for accelerating orange II degradation using ZnMn₂O₄ photocatalyst*, Chemosphere, 278, 130404.
- [7] Nguyễn Lê Mỹ Linh, Đỗ Mai Nguyễn (2020). Nghiên cứu tổng hợp vật liệu ZnMn₂O₄ bằng phương pháp thủy nhiệt, *Tạp chí Xúc tác và Hấp phụ*, 9(3), tr.58-62.
- [8] F. Kooli, C. Martin, V. Rives (1997). FT-IR spectroscopy study of surface acidity and 2-propanol decomposition on mixed oxides obtained upon calcination of layered double hydroxides, *Langmuir*, 13, pp.2303-2306.
- [9] M.Y. Nassar, E. A. El-Moetyb, M. F. El-Shahat (2017). *Synthesis and characterization of a ZnMn₂O₄ nanostructure as a chemical nanosensor: a facile and new approach for colorimetric determination of omeprazole and lansoprazole drugs*, RSC Advances, 7, pp.43798-43811.
- [10] Huan-Yan XU, Yuan WANG, Tian-Nuo SHI, Hang ZHAO, Qu TAN, Bo-Chao ZHAO, Xiu-Lan HE, and Shu-Yan QI (2018). *Heterogeneous Fenton-like discoloration of methyl orange using Fe₃O₄/MWCNTs as catalyst: kinetics and Fenton-like mechanism*, Harbin University of Science and Technology.

Title: INVESTIGATION OF BASIC FUCHSIN DEGRADATION IN THE PRESENCE OF H₂O₂ USING ZnMn₂O₄ AS CATALYST

Abstract: In this paper, ZnMn₂O₄ was used as the catalyst for the basic fuchsin degradation in the presence of H₂O₂. The results indicated that the conditions of the spinel-type ZnMn₂O₄ material synthesis influencing the basic fuchsin degradation. The basic fuchsin degradation efficiency was found to be greater than 96% for surveyed samples. Basic fuchsin degradation rate in the presence of H₂O₂ over ZnMn₂O₄ catalyst increased with the temperature but decreased with the initial concentration of basic fuchsin. The activation energy of this degradation was calculated to be 44.47 kJ/mol.

Keywords: ZnMn₂O₄, basic fuchsin.