

NGHIÊN CỨU SỰ PHÂN HỦY RHODAMINE B TRÊN XÚC TÁC $ZnFe_2O_4$ KHI CÓ MẶT TÁC NHÂN H_2O_2

HỒ THỊ BẢO GIANG, MAI THỊ THU HÀ
NGUYỄN THỊ VIỆT KHÁNH, NGUYỄN LÊ MỸ LINH*
Khoa Hoá học, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế
*Email: nguyennlemylinh@dhsphue.edu.vn

Tóm tắt: Vật liệu nano spinel $ZnFe_2O_4$ thuộc loại ferit sắt MFe_2O_4 ($M = Mn^{2+}, Fe^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, \dots$), thường được sử dụng làm sensor khí, vật liệu xúc tác... Trong nghiên cứu này, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phân hủy Rhodamine B trên xúc tác $ZnFe_2O_4$ khi có mặt tác nhân H_2O_2 đã được khảo sát. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng các điều kiện tổng hợp vật liệu nano $ZnFe_2O_4$ ảnh hưởng đến khả năng phân hủy Rhodamine B và mẫu xúc tác tốt nhất được tổng hợp ở điều kiện: thời gian thủy nhiệt là 24 h, nhiệt độ thủy nhiệt là $120^\circ C$, nhiệt độ nung $500^\circ C$, dung môi ethylene glycol. Phương trình động học bậc 1 và bậc 2 đều mô tả tốt quá trình phân hủy Rhodamine B bằng xúc tác $ZnFe_2O_4$ khi có tác nhân H_2O_2 . Năng lượng hoạt hóa của phản ứng phân hủy Rhodamine B xác định được là 41,1 kJ/mol.

Từ khóa: Rhodamine B, $ZnFe_2O_4$.

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. Sự xuất hiện của thuốc nhuộm tổng hợp có thể bắt nguồn từ nước thải công nghiệp của ngành dệt, giấy và da, thuốc nhuộm ra đời nhằm mục đích xử lý các loại nước thải này [1]. Ô nhiễm chất màu hữu cơ có trong các 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 đó là Rhodamine B (RhB). Thuốc nhuộm Rhodamine B gây độc cấp và mãn tính. Nếu tiếp xúc Rhodamine B trực tiếp sẽ gây dị ứng hoặc làm mẩn ngứa da, mắt; nếu tiếp xúc theo đường hô hấp gây ho, ngứa cổ, khó thở, đau ngực; theo đường tiêu hóa sẽ gây nôn mửa, có hại cho gan và thận. Nếu tích tụ dần trong cơ thể sẽ gây nhiều tác hại đối với gan, thận, hệ sinh sản, hệ thần kinh cũng như có thể gây ung thư [2]. Có nhiều phương pháp xử lý RhB như màng trao đổi ion, kết tủa, oxi hóa... tuy nhiên, mỗi phương pháp đều có những hạn chế nhất định [2], [4].

Trong bài báo này, vật liệu nano spinel $ZnFe_2O_4$ được dùng làm xúc tác phân hủy Rhodamine B khi có mặt tác nhân H_2O_2 . Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phân hủy RhB như điều kiện tổng hợp vật liệu nano $ZnFe_2O_4$, nồng độ ban đầu của RhB và nhiệt độ cũng đã được khảo sát.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Tổng hợp vật liệu nano spinel $ZnFe_2O_4$

- Hòa tan 20 mL dung môi bằng 40 mL nước cất, khuấy đều bằng máy khuấy từ với tốc độ 750 vòng/ phút cho đến khi dung môi tan hết. Cho 2,97 gam $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, 8,08 gam $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ vào, nhỏ từ từ 40 mL NaOH 2 M vào hỗn hợp, khuấy đều trong 1 h, sau đó cho toàn bộ hỗn hợp vào bình teflon. Đặt bình teflon vào autoclave, đậy thật kín và cho vào tủ sấy ở những nhiệt độ và thời gian xác định.

- Sau khi thủy nhiệt, autoclave được để nguội một cách tự nhiên đến nhiệt độ phòng, lọc kết tủa đen thu được rồi rửa nhiều lần bằng nước cất đến khi dịch lọc có pH ≈ 7 . Sản phẩm thu được sấy khô ở $80^\circ C$, sau đó nung ở các nhiệt độ khác nhau trong 4 h.

Vật liệu spinel $ZnFe_2O_4$ được tổng hợp với sự thay đổi các điều kiện như sau:

- Thời gian thủy nhiệt: cố định nhiệt độ thủy nhiệt $120^\circ C$, nhiệt độ nung $500^\circ C$, dung môi CTAB, thay đổi thời gian thủy nhiệt 6 h, 12 h, 24 h và 36 h.

- Nhiệt độ thủy nhiệt: cố định thời gian thủy nhiệt 24 h, nhiệt độ nung $500^\circ C$, dung môi CTAB, thay đổi nhiệt độ thủy nhiệt $80^\circ C$, $100^\circ C$, $120^\circ C$, $130^\circ C$.

- Nhiệt độ nung: cố định thời gian thủy nhiệt 24 giờ, nhiệt độ thủy nhiệt $120^\circ C$, dung môi CTAB, thay đổi nhiệt độ nung $450^\circ C$, $500^\circ C$, $550^\circ C$, $600^\circ C$.

- Dung môi: cố định thời gian thủy nhiệt 24 giờ, nhiệt độ thủy nhiệt $120^\circ C$, nhiệt độ nung $500^\circ C$, thay đổi dung môi lần lượt là isopropanol, ethylene glycol, glycerol, CTAB.

Thành phần pha của vật liệu được nghiên cứu bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (D8

Advanced Bucker, Đức) với tia phát xạ CuK_α CuK_α có bước sóng $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$, công suất 40kV, góc quét từ 10° đến 80° . Các dao động của liên kết được đo trên máy FT-IR 8010 M (Shimadzu) với bước sóng từ $4000 - 500 \text{ cm}^{-1}$.

2.2. Nghiên cứu hoạt tính xúc tác của vật liệu

Quá trình tiến hành thí nghiệm:

Cho 0,05 g vật liệu $ZnFe_2O_4$ vào 200 mL dung dịch Rhodamine B (RhB) 10 mg/L, khuấy từ với tốc độ 500 vòng/phút ở nhiệt độ $30^\circ C$ trong bóng tối trong thời gian 30 phút để đạt được sự cân bằng hấp phụ và sự phân tán đồng đều của các hạt xúc tác. Sau đó cho thêm chính xác 1,0 mL H_2O_2 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, 150 phút), dùng pipet lấy 5 mL dung dịch đem ly tâm lấy phần lỏng, xác định nồng độ còn lại của RhB bằng phương pháp UV-Vis ở các thời gian đó. Nồng độ RhB được xác định theo định luật Beer – Lambert ở bước sóng $\lambda = 553 \text{ nm}$ và được tính theo phương trình đường chuẩn $y = 0,0914 \cdot x - 0,0048$ ($R^2 = 0,99$) (y: mật độ quang, x: nồng độ RhB (mg/L))

Hiệu suất phân hủy RhB được tính theo công thức sau:

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

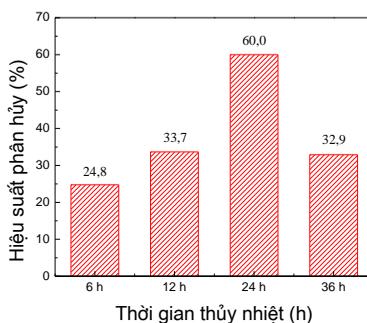
Trong đó C_0 và C_t (mg/L) lần lượt là nồng độ của RhB tại thời điểm ban đầu và tại thời điểm t phản ứng.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng xúc tác phân hủy RhB trên vật liệu $ZnFe_2O_4$ khi có mặt tác nhân H_2O_2 như: điều kiện tổng hợp vật liệu, nồng độ RhB và nhiệt độ.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của các điều kiện tổng hợp vật liệu $ZnFe_2O_4$ đến khả năng phân hủy RhB

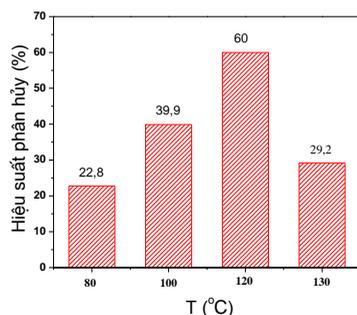
3.1.1. Ảnh hưởng của thời gian thủy nhiệt



Hình 1. Hiệu suất phân hủy RhB khi thời gian thủy nhiệt thay đổi
($C_{o(RhB)} = 10$ mg/L, $t = 30$ °C, $m = 0,05$ g)

Kết quả ở hình 1 cho thấy khi thời gian thủy nhiệt tăng từ 6 h đến 24 h thì hiệu suất phân hủy RhB tăng từ 24,8 % đến 60,0 %. Nhưng nếu thời gian thủy nhiệt tiếp tục tăng thì hiệu suất phân hủy lại giảm. 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.

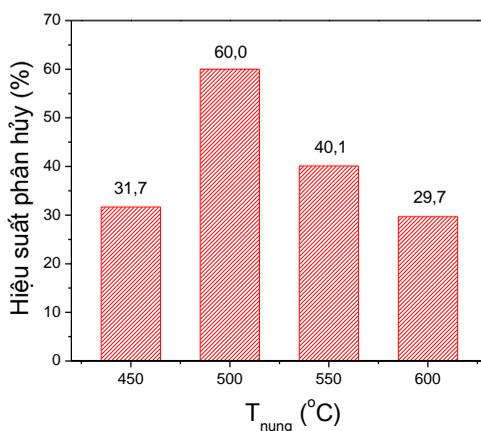
3.1.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ thủy nhiệt



Hình 2. Hiệu suất phân hủy RhB khi nhiệt độ thủy nhiệt thay đổi
($C_{o(RhB)} = 10$ mg/L, $t = 30$ °C, $m = 0,05$ g)

Trong thí nghiệm này, vật liệu $ZnFe_2O_4$ tổng hợp với thời gian thủy nhiệt là 24 h, nhiệt độ nung là 500 °C, nhiệt độ thủy nhiệt thay đổi từ 80 °C đến 130 °C. Kết quả cho thấy, khi nhiệt độ thủy nhiệt tăng từ 80 °C đến 120 °C thì hiệu suất phân hủy RhB tăng từ 22,8% đến 60,0%. Nhưng khi nhiệt độ thủy nhiệt tiếp tục tăng thì hiệu suất phân hủy RhB lại giảm còn 29,2 %. Do đó, chọn nhiệt độ thủy nhiệt là 120 °C cho các nghiên cứu tiếp theo.

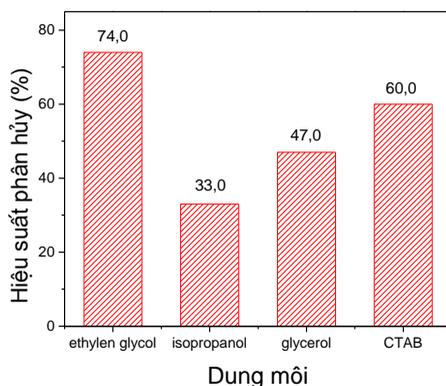
3.1.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung



Hình 3. Hiệu suất phân hủy RhB khi nhiệt độ nung thay đổi
($C_{o(RhB)} = 10 \text{ mg/L}$, $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, $m = 0,05 \text{ g}$)

Khi nhiệt độ nung tăng từ 300 °C đến 500 °C, hiệu suất phân hủy RhB tăng từ 31,7% đến 60,0%. Khi nhiệt độ nung tăng đến 600 °C hiệu suất phân hủy giảm (29,7%). Do đó, chọn nhiệt độ nung là 500 °C cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.1.4. Ảnh hưởng của dung môi



Hình 4. Hiệu suất phân hủy RhB khi thay đổi dung môi tổng hợp vật liệu
($C_{o(RhB)} = 10 \text{ mg/L}$, $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, $m = 0,05 \text{ g}$)

Kết quả ở hình 4 cho thấy hiệu suất phân hủy RhB của spinel tổng hợp trong dung môi etylen glycol là cao nhất 74,0 % và thấp nhất là trong dung môi isopropanol 33,0 % . So với những công bố khác, vật liệu spinel $ZnFe_2O_4$ cho hiệu suất phân hủy RhB khá cao (Bảng 1).

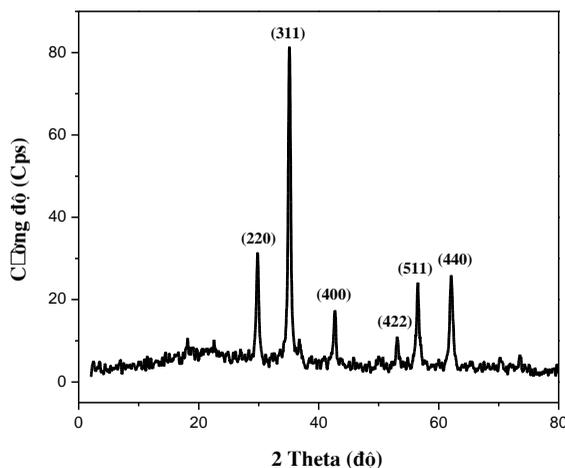
Từ việc khảo sát các yếu tố tổng hợp vật liệu nano $ZnFe_2O_4$ đến khả năng phân hủy RhB, chúng tôi chọn được mẫu xúc tác tốt nhất tổng hợp ở điều kiện: thời gian thủy nhiệt 24 h, nhiệt độ thủy nhiệt 120 °C, nhiệt độ nung 500 °C, dung môi ethylene glycol.

Bảng 1. Hiệu suất phân hủy RhB của một số vật liệu đã công bố

Vật liệu	Điều kiện thí nghiệm	Hiệu suất phân hủy (%)	TLTK
Zn(5aminoisophtal ic axit)·H ₂ O	Nồng độ xúc tác: 0,25 g/L Thời gian phản ứng 6 h, T = 25 °C Nồng độ RhB ban đầu: 0,48 g/L	63,1	[6]
Cd(5aminoisophtal ic axit)	Nồng độ xúc tác: 0,25 g/L Thời gian phản ứng 6 h, T = 25 °C Nồng độ RhB ban đầu = 100 mg/L	50,9	[7]
MOF Zn (II)	Nồng độ xúc tác: 0,5 g/L Thời gian phản ứng 100 phút, T = 25 °C Nồng độ RhB ban đầu = 10 mg/L	88,0	[8]
$ZnFe_2O_4$	Nồng độ xúc tác: 0,05 g/L Thời gian phản ứng 150 phút, T = 25°C Nồng độ RhB ban đầu: 10 mg/L	74,0	Nghiên cứu này

3.1.5. Đặc trưng mẫu xúc tác $ZnFe_2O_4$ tối ưu nhất

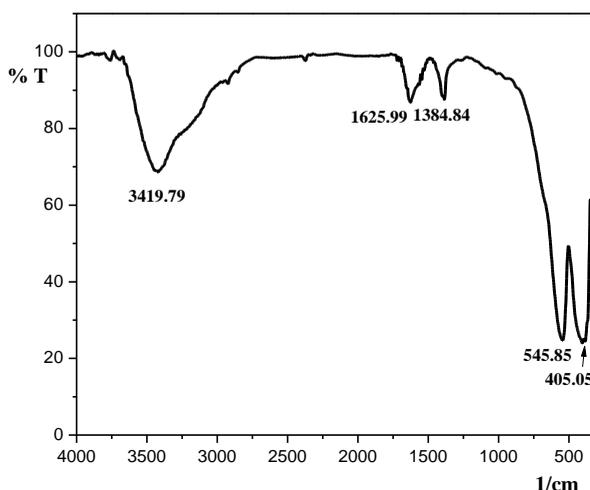
Mẫu $ZnFe_2O_4$ đặc trưng nhất được tổng hợp ở điều kiện: thời gian thủy nhiệt là 24 h, nhiệt độ thủy nhiệt là 120 °C, nhiệt độ nung 500 °C, dung môi ethylene glycol. Mẫu vật liệu tổng hợp được đặc trưng bằng các phương pháp: nhiễu xạ tia X (XRD) (hình 5), phổ hồng ngoại (IR) (hình 6).



Hình 5. Giảm đồ XRD của mẫu $ZnFe_2O_4$

Giản đồ XRD các mẫu xuất hiện ở các peak ở 2θ khoảng $29,82^\circ$; $35,21^\circ$; $42,7^\circ$; $53,08^\circ$; $56,6^\circ$; $62,08^\circ$ tương ứng với các mặt phản xạ (220); (311); (400); (422); (511); (440) ứng với phổ chuẩn của tinh thể ZnFe_2O_4 (lập phương, nhóm không gian: $\text{Fd}3\text{m}$, $Z = 8$; ICDD PDF: 22– 1012) [5]. Ngoài ra, không thấy có sự xuất hiện các peak nhiễu xạ của các oxide kim loại như ZnO , Fe_2O_3 trên giản đồ XRD nên vật liệu thu được có độ tinh khiết cao.

Hình 6 trình bày phổ hồng ngoại của mẫu ZnFe_2O_4 .



Hình 6. Phổ hồng ngoại của mẫu ZnFe_2O_4

Từ hình 6 nhận thấy phổ hồng ngoại của mẫu tổng hợp bao gồm các peak ở số sóng $3419,79\text{cm}^{-1}$, $1625,99\text{ cm}^{-1}$, $1384,84\text{ cm}^{-1}$, $545,85\text{ cm}^{-1}$, $405,05\text{ cm}^{-1}$. Peak ở số sóng $3419,79\text{ cm}^{-1}$ đặc trưng cho dao động của liên kết O – H trong nước hấp phụ vật lý và peak có số sóng $1625,99\text{ cm}^{-1}$ đặc trưng cho dao động biến dạng $\delta_{\text{H-O-H}}$ [4], peak có số sóng $1384,84\text{ cm}^{-1}$ đặc trưng cho dao động nhóm NO_3^- [5], peak có số sóng $545,85\text{ cm}^{-1}$ đặc trưng cho dao động biến dạng Zn – O của cấu trúc ZnFe_2O_4 [5], peak có số sóng $405,05\text{ cm}^{-1}$ đặc trưng cho dao động biến dạng Fe – O của cấu trúc ZnFe_2O_4 [5]. Kết quả này phù hợp với sự phân tích XRD ở trên.

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ RhB

Nồng độ chất màu là một thông số quan trọng của hầu hết các quá trình phân hủy. Bằng việc thay đổi nồng độ RhB (5, 10, 20, 30, 40 mg/L) trong khi vẫn giữ nguyên lượng chất xúc tác là 0,05 g, thể tích H_2O_2 nồng độ 30% là 1,0 mL, tốc độ khuấy 500 vòng/phút, nhiệt độ là 30°C , chúng tôi đã nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ đầu đến tốc độ phản ứng phân hủy RhB trên vật liệu xúc tác ZnFe_2O_4 đã đặc trưng cấu trúc. Kết quả thực nghiệm cho thấy khi nồng độ RhB tăng từ 5 đến 40 mg/L thì hiệu suất phân hủy sau 150 phút giảm từ 99,84% xuống còn 99,69%.

Động học phản ứng xúc tác phân hủy RhB của vật liệu

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương trình động học bậc 1 và bậc 2 để

mô tả động học phản ứng xúc tác phân hủy RhB bằng H₂O₂ trên xúc tác ZnFe₂O₄.

Phương trình động học bậc 1:

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

Phương trình động học bậc 2:

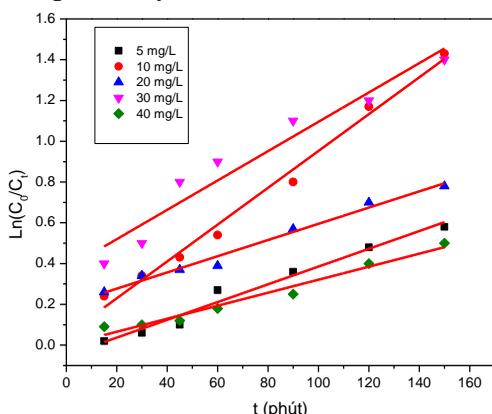
$$k = \frac{1}{t} \left(\frac{1}{C_t} - \frac{1}{C_o} \right) \tag{3}$$

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

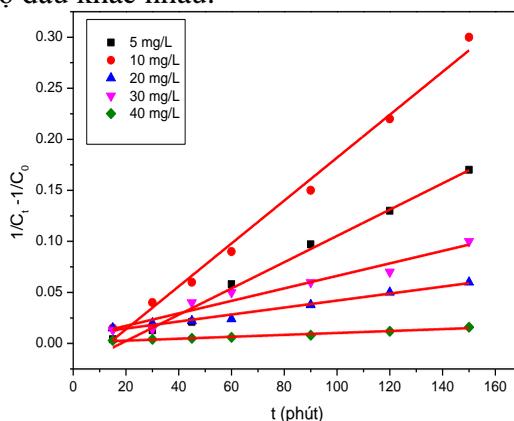
k₁ (phút⁻¹) hằng số tốc độ bậc 1.

k₂ (L.mg⁻¹.phút⁻¹) hằng số tốc độ bậc 2.

Hình 7 và hình 8 biểu diễn đồ thị phương trình động học bậc 1 và bậc 2 của phản ứng xúc tác phân hủy RhB của vật liệu ở các nồng độ đầu khác nhau.



Hình 7. Đồ thị mô hình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy RhB khi thay đổi nồng độ RhB



Hình 8. Đồ thị mô hình động học bậc 2 của phản ứng phân hủy RhB khi thay đổi nồng độ RhB

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

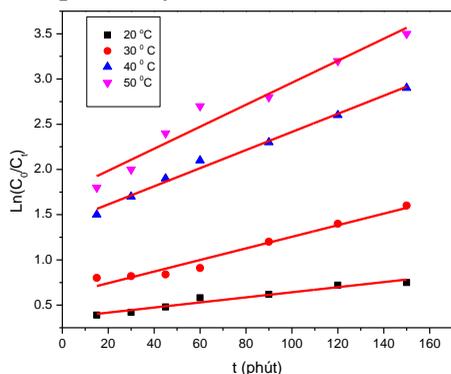
Bảng 2. Các tham số thu được từ phương trình động học bậc 1 và bậc 2 của phản ứng phân hủy RhB ở các nồng độ RhB khác nhau

Nồng độ RhB (mg/L)	k ₁ (phút ⁻¹)	R ²	k ₂ (L.mg ⁻¹ .phút ⁻¹)	R ²
5	0,0044	0,976	0,0013	0,988
10	0,0090	0,989	0,0021	0,991
20	0,0040	0,984	0,0003	0,982
30	0,0072	0,944	0,0006	0,949
40	0,0032	0,970	0,0005	0,972

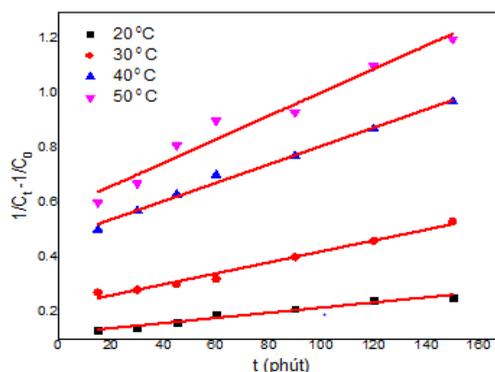
Dựa vào giá trị R^2 , chúng tôi nhận thấy mô hình động học bậc 1 và bậc 2 đều mô tả tốt phản ứng phân hủy RhB khi thay đổi nồng độ đầu RhB.

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

Hình 9 và hình 10 biểu diễn đồ thị phương trình động học bậc 1 và bậc 2 của phản ứng xúc tác phân hủy RhB khi có mặt tác nhân H_2O_2 của vật liệu ở các nhiệt độ khác nhau.



Hình 9. Đồ thị mô hình động học bậc 1 của phản ứng phân hủy RhB khi thay đổi nhiệt độ



Hình 10. Đồ thị mô hình động học bậc 2 của phản ứng phân hủy RhB khi thay đổi nhiệt độ

Các tham số của phương trình động học được tóm tắt ở bảng 3.

Bảng 3. Các tham số thu được từ phương trình động học bậc 1 và bậc 2 của phản ứng phân hủy RhB 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	0,0028	0,958	0,0009	0,965
30	0,0064	0,966	0,0034	0,983
40	0,0100	0,991	0,0020	0,992
50	0,0122	0,957	0,0043	0,963

Dựa vào giá trị R^2 ở bảng 2 nhận thấy rằng phản ứng phân hủy RhB bằng H_2O_2 trên xúc tác $ZnFe_2O_4$ vừa tuân theo phương trình động học bậc 1 vừa tuân theo phương trình động học bậc 2. Hằng số tốc độ phản ứng k_1 và k_2 đều tăng theo nhiệt độ.

Năng lượng hoạt hóa

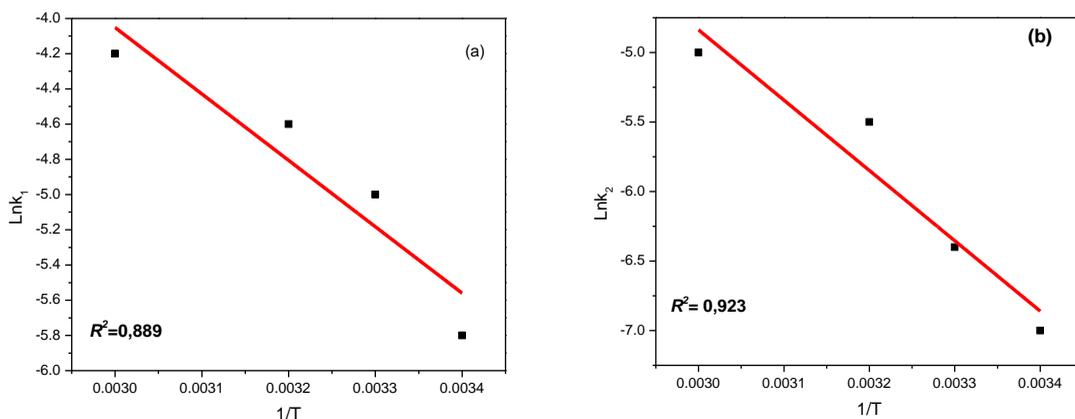
Dựa vào phương trình Arrhenius, ta tính được năng lượng hoạt hóa của phản ứng theo biểu thức:

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

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

Từ các số liệu thực nghiệm vẽ đồ thị $\ln k = f(1/T)$ (hình 11), ta sẽ tính được năng lượng hoạt hóa của phản ứng.

Do trong khoảng nhiệt độ khảo sát, phản ứng phân hủy RhB 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.



(a)

(b)

Hình 11. Sự phụ thuộc của $\ln k_1$ theo $1/T$ (a) và của $\ln k_2$ theo $1/T$ (b)

Từ hình 11, năng lượng hoạt hóa của phản ứng phân hủy RhB tính được là 31,4 kJ/mol nếu phản ứng tuân theo động học bậc 1 và 41,1 kJ/mol nếu phản ứng tuân theo động học bậc 2. Dựa vào giá trị R^2 của hai cách tính này, nhận thấy 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

Từ những kết quả thực nghiệm đã được thảo luận, vật liệu nano ZnFe_2O_4 dạng hạt được tổng hợp thành công bằng phương pháp thủy nhiệt kết hợp với nung. Khảo sát các điều kiện tổng hợp vật liệu nano ZnFe_2O_4 ảnh hưởng đến khả năng phân hủy RhB 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 500 °C, dung môi ethylene glycol. Tốc độ phản ứng phân hủy RhB bằng xúc tác ZnFe_2O_4 khi có H_2O_2 tăng theo tốc độ khuấy, hàm lượng chất xúc tác, hàm lượng H_2O_2 và nhiệt độ. Phương trình động học bậc 1 và bậc 2 đều mô tả tốt quá trình phân hủy RhB bằng xúc tác ZnFe_2O_4 khi có H_2O_2 . Năng lượng hoạt hóa của phản ứng này được xác định là 41,1 kJ/mol.

TÀI LIỆU KHAM KHẢO

- [1] S. Dixit, A. Yadav, P. D. Dwivedi, and M. Das (2015). Toxic hazards of leather industry and technologies to combat threat: A review, *Journal of Cleaner Production*, vol. 87, no. 1. pp.39–49.
- [2] D. D. Sewu, P. Boakye, and S. H. Woo (2017). Highly efficient adsorption of cationic dye by biochar produced with Korean cabbage waste, *Bioresource Technology*, vol. 224, pp.206–213.

- [3] C. Hermida-Merino, M. Pérez-Rodríguez, M. M. Piñeiro, and M. J. Pastoriza-Gallego (2016). Evidence of viscoplastic behavior of exfoliated graphite nanofluids, *Soft Matter*, vol. 12, no. 8, pp.2264–2275.
- [4] Q. Peng, M. Liu, J. Zheng, and C. Zhou (2015). Adsorption of dyes in aqueous solutions by chitosan-halloysite nanotubes composite hydrogel beads, *Microporous Mesoporous Materials*, vol. 201, pp.190–201.
- [5] A. Ranjbaran, F. Abbasi, M. Khazaei, A. R. Moosavi-Zareb (2015). Synthesis, characterization and application of $ZnFe_2O_4$ nanoparticles as a heterogeneous ditopiccatalyst for the synthesis of pyrano[2,3-d]pyrimidines, *RSC Advances*, vol. 5: 13643. doi: 10.1039/c4ra16664g.
- [6] J. Zhao, W.W. Dong, Y.P. Wu, Y.N. Wang, C. Wang, D.S. Li, Q.C. Zhang (2015). Two (3,6)- connected porous metal–organic frameworks based on linear trinuclear $[Co_3(COO)_6]$ and paddlewheel dinuclear $[Cu_2(COO)_4]$ SBUs: gas adsorption, photocatalytic behaviour, and magnetic properties, *Journal of Materials Chemistry A*, vol.3, pp.6962–6969.
- [7] F. Wang, C. Dong, C. Wang, Z. Yu, S. Guo, Z. Wang, Y. Zhao, G. Li (2015). Fluorescence detection of aromatic amines and photocatalytic degradation of rhodamine B under UV light irradiation by luminescent metal–organic frameworks, *New Journal of Chemistry*, vol.39, pp.4437–4444.
- [8] Jian-Peng Dong, Zhen-Zhen Shi, Bo Li and Li-Ya Wang (2019). Synthesis of a novel 2D zinc(II) metal–organic framework for photocatalytic degradation of organic dyes in water, *Dalton Trans*, vol.48, pp. 17626–17632.

Title: DEGRADATION STUDIES OF RHODAMINE B OVER $ZnFe_2O_4$ CATALYST IN THE PRESENCE OF H_2O_2

Abstract: The spinel nanomaterial $ZnFe_2O_4$ belongs to the iron ferrite MFe_2O_4 ($M = Mn^{2+}, Fe^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, \dots$). These materials have been used as gas sensors, catalyst materials, etc. In this paper, the factors affecting the degradation of Rhodamine B over $ZnFe_2O_4$ catalyst were carried out in the presence of H_2O_2 . The conditions of synthesis of $ZnFe_2O_4$ nanomaterials affecting the RhB degradation were investigated and the best catalyst sample was prepared under the following conditions: hydrothermal time of 24 h, hydrothermal temperature of 120 °C, heating temperature of 500 °C, solvent of ethylene glycol. The first and second order kinetic equations both described well the degradation of RhB by $ZnFe_2O_4$ catalyst in the presence of H_2O_2 . The rate of RhB degradation reaction by $ZnFe_2O_4$ catalyst in the presence of H_2O_2 increased with temperature. The activation energy of this reaction was determined to be 41,1 kJ/mol.

Keywords: Rhodamine B, $ZnFe_2O_4$ nanomaterial.