



Tính chất hấp phụ chất màu hữu cơ của Diatomite Phú Yên

The adsorption of organic dyes using Diatomite from Phu Yen

Nguyễn Minh Tuấn¹, Lê Minh Cầm¹, Trịnh Thị Kim Oanh¹, Nguyễn Thị Thu Hà¹, Nguyễn Thị Mơ¹, Nguyễn Ngọc Hà^{1*}

¹Khoa Hóa học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

*Email: hann@hnue.edu.vn, camlm@hnue.edu.vn

Hội thảo "Khoa học và Công nghệ Hóa vô cơ" - Hà Nội 2021

ARTICLE INFO

Received: 15/2/2021

Accepted: 15/6/2021

Published: 20/8/2021

Keywords:

Methylene blue, adsorption, Diatomite, Fe loading

ABSTRACT

The prevalence of organic dyes contamination in water has driven widespread research on developing effective treatment systems including adsorption using various sorbents. The aim of this study is to investigate the methylene Blue (MB) adsorption of Diatomite Phu Yen and the influence of Fe loading into adsorption capacity. The prepared samples were characterized by XRD, TEM, EDX and BET methods to examine their structural, morphological properties, elemental composition and surface characteristics. Bath adsorption isotherms are conducted at several temperatures (283, 293, 303 and 313K). The data sets are analyzed with Langmuir and Freundlich models which produce Langmuir and Freundlich equilibrium constants (K_L , K_F), of adsorption for each process. Adsorption kinetics are followed closely the pseudo-second order model. The obtained results show that Diatomite could be an efficient adsorbent for the removal of organic dyes from polluted environment. The presence of Fe results in negative MB adsorption behavior.

Giới thiệu chung

Trong những năm gần đây, ngành dệt nhuộm đã có những bước phát triển mạnh mẽ, tạo ra nhiều sản phẩm đa dạng có chất lượng cao đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của thị trường. Tuy nhiên, bên cạnh những giá trị kinh tế ngành dệt nhuộm đóng góp vào sự phát triển kinh tế xã hội thì những tác hại gây ô nhiễm môi trường của ngành mang lại không phải là nhỏ. Chính vì thế, việc loại bỏ chất màu khỏi nước thải dệt nhuộm đã và đang là vấn đề rất đáng quan tâm [1-3].

Hiện nay đã có nhiều công trình nghiên cứu các phương pháp để xử lý thuốc nhuộm trong nước thải

như phương pháp hấp phụ, phương pháp lọc màng, phương pháp oxi hóa khử, phương pháp trao đổi ion, phương pháp keo tụ,... Trong đó, phương pháp hấp phụ tỏ ra có nhiều ưu việt hơn bởi tính kinh tế, tính hiệu quả, thao tác đơn giản, dễ thực hiện. Mặc dù than hoạt tính là chất hấp phụ phổ biến và hiệu quả nhất nhưng giá thành cao của than hoạt tính làm cho than có những hạn chế nhất định. Chính vì vậy, việc nghiên cứu, sử dụng các chất hấp phụ giá thành thấp thay thế than hoạt tính đang tăng lên đáng kể trong những năm gần đây.

Diatomite ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) được biết đến là vật liệu có sẵn, trữ lượng dồi dào và giá thành thấp (thấp hơn gần 500

<https://doi.org/10.51316/jca.2021.053>

lần so với than hoạt tính thương mại). Với khả năng hấp phụ lớn Diatomite được sử dụng hiệu quả để thay thế than hoạt tính trong xử lý nước thải dệt nhuộm.

Methylene Blue (MB) là một hóa chất được sử dụng rộng rãi trong các ngành nhuộm vải, nilon, da, gỗ; sản xuất mực in và trong một số lĩnh vực như: hóa học, sinh học, y học, nuôi trồng thủy sản. Tuy nhiên, Methylene Blue có màu rất mạnh, nếu không được xử lý triệt để khi thải ra môi trường sẽ làm mất mỹ quan môi trường, ảnh hưởng đến sinh hoạt và sản xuất của con người. MB có thể gây tổn thương tạm thời cho da và mắt cho người và động vật. Bên cạnh đó, nó cũng gây ra các hiện tượng khó thở, buồn nôn chóng mặt đối với hệ tiêu hóa.

Bài báo này trình bày những kết quả nghiên cứu khả năng hấp phụ MB của Diatomite Phú Yên tinh chế và sau đó nghiên cứu ảnh hưởng của sự biến tính bởi sắt đến dung lượng hấp phụ MB của Diatomite.

Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu

Chuẩn bị mẫu

Diatomite Phú Yên được tinh chế theo qui trình như được trình bày trong [4], được ký hiệu là Dia-TC. Các mẫu vật liệu 3%Fe/Diatomite, 5%Fe/ Diatomite, 7%Fe và 10%Fe/Diatomite được tổng hợp bằng phương pháp tẩm từ tiền chất $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Trung Quốc). Các mẫu được ký hiệu lần lượt là 3Fe-Dia, 5Fe-Dia và 7Fe-Dia.

Xác định điểm tích điện không (pH_{PZC}) của Dia-TC

Chuẩn bị 6 bình nón có nút nhám dung tích 250 mL chứa cùng 20 mL dung dịch KNO_3 0,1M. Dùng dung dịch NaOH 0,001M, 0,01M, 0,1M và dung dịch HCl 0,001M, 0,01M, 0,1M để điều chỉnh pH của 6 dung dịch KNO_3 được chuẩn bị ở trên với $\text{pH}_i = 2; 4; 6; 7; 8; 10$. Cho lần lượt vào 6 dung dịch đã chỉnh pH 0,2 g mẫu vật liệu cần xác định điểm pH_{PZC} . Đặt các mẫu vào máy lắc ổn nhiệt ở 303K trong 48h. Lọc dung dịch và xác định lại pH sau (pH_f) và pH_{PZC} được tính bằng phương pháp độ lệch pH.

Ảnh hưởng của pH

Ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ MB của Dia-TC được nghiên cứu tại các pH lần lượt là 2, 4, 6, 7, 8, 10.

Cân bằng hấp phụ

Cân bằng hấp phụ MB của Dia-TC và các mẫu chứa Fe được nghiên cứu ở các nhiệt độ 10, 20, 30, 40 °C trong khoảng nồng độ đầu 107 – 316 mg/L, khối lượng mẫu vật liệu = 0,05g.

Động học hấp phụ

Động học của quá trình hấp phụ MB trên Dia-TC được nghiên cứu ở 4 nhiệt độ khác nhau 10 °C, 20 °C, 30 °C và 40 °C.

Nồng độ của dung dịch MB được xác định bằng phương pháp đo phổ tử ngoại khả kiến lỏng (UV - Vis) tại bước sóng $\lambda = 664,8\text{nm}$.

Các phương trình động học biểu kiến bậc 1 và bậc 2 được sử dụng để nghiên cứu động học quá trình hấp phụ. Dạng tích phân của phương trình động học biểu kiến bậc 1:

$$\lg(q_e - q_t) = \lg q_e - \frac{k_1}{2,303} t$$

và của phương trình động học biểu kiến bậc 2:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

Trong đó: q_e là dung lượng chất bị hấp phụ ở trạng thái cân bằng (mg/g); q_t là dung lượng chất bị hấp phụ ở thời gian t (mg/g); k_1 là hằng số tốc độ hấp phụ giả bậc nhất (phút^{-1}) và k_2 ($\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{phút}^{-1}$) là hằng số tốc độ hấp phụ giả bậc hai.

Dựa vào hai phương trình trên cùng với các giá trị thực nghiệm của q_t theo t có thể xác định được các hằng số k_1 và k_2 .

Kết quả và thảo luận

Một số đặc trưng của Dia-TC và Diatomite được biến tính bởi Fe

Kết quả EDX

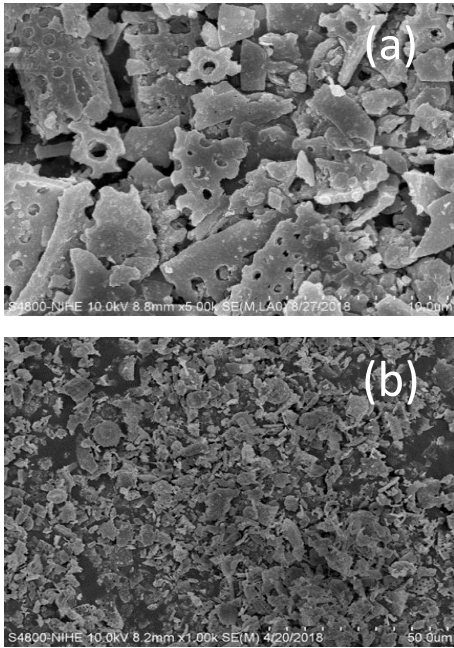
Bảng 1: Thành phần (% khối lượng) một số nguyên tố chính của Diatomite tinh chế và được biến tính bởi Fe

Mẫu	O	Al	Si	Fe
3Fe-Dia	41,81	0,97	11,09	2,22
5Fe-Dia	52,60	2,23	26,07	4,06
7Fe – Dia	51,56	2,17	27,12	6,36
Dia-TC	57,91	3,47	28,75	1,01

Diatomite tinh chế và ba mẫu Diatomite được tẩm với hàm lượng Fe khác nhau được xác định bằng phương pháp EDX và kết quả chỉ ra trong bảng 1.

Có thể thấy Diatomite tinh chế khá sạch, chỉ gồm các nguyên tố thành phần như Al, Si và O, không có lẫn các nguyên tố kim loại nặng. Hàm lượng Fe thực không hoàn toàn giống như dự định, nhưng để thống nhất, bài báo vẫn giữ ký hiệu 3Fe-Dia, 5Fe-Dia và 7Fe-Dia.

Ảnh hiển vi điện tử quét SEM



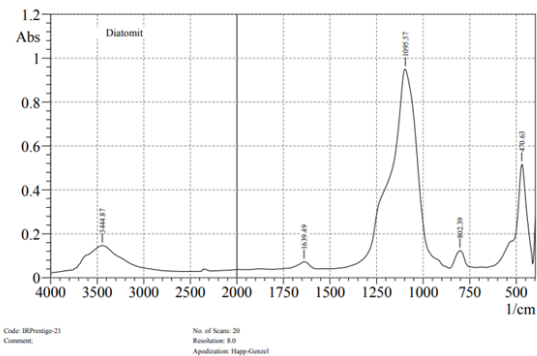
Hình 1: Ảnh SEM của mẫu Diatomite tinh chế (a) và 5%Fe-Dia (b)

Từ hình 1(a) nhận thấy Diatomite có cấu trúc vô định hình và bề mặt có cấu trúc dạng ống trụ kéo dài đường kính ống trung bình khoảng 10-12 nm, bề mặt xốp. Tính chất xốp của bề mặt của Diatomite là yếu tố thuận lợi cho hấp phụ các chất độc hại trong xử lý ô nhiễm môi trường đặc biệt là các phân tử hữu cơ lớn như các chất màu trong nước thải công nghệ dệt nhuộm.

Kết quả đo IR

Hình 2 là phổ IR của mẫu Diatomite tinh chế. Từ hình 2 nhận thấy rằng các dải band chính của Dia-TC tập trung tại 3444,87 cm^{-1} , 1639,49 cm^{-1} , 1095,57 cm^{-1} , 802,29 cm^{-1} và 470,63 cm^{-1} . Dải band tại 3444,87 cm^{-1} tương ứng với dao động của liên kết Si-OH với một doublet tại 802,29 cm^{-1} do sự biến dạng của liên kết O-H. Dải band tại 1095,57 cm^{-1} đặc trưng cho dao động hóa trị của liên kết Si-O-Si. Sự tồn tại của nước

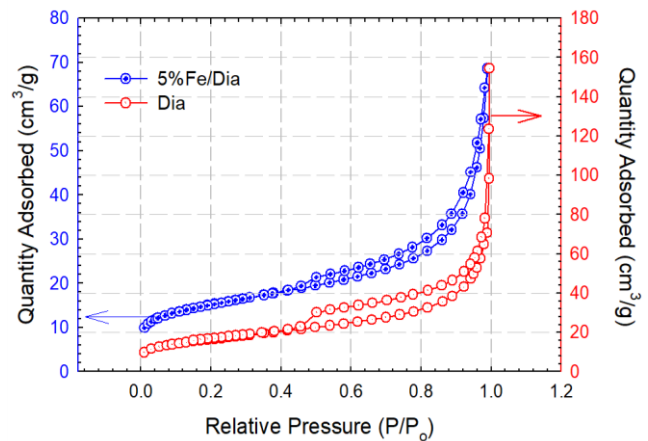
thể hiện qua những dải band tại 3444,87 cm^{-1} và 1639,49 cm^{-1} . Kết quả này phù hợp hoàn toàn với các công bố trước đây [5-10].



Hình 2: Phổ FT-IR của mẫu Diatomite tinh chế

Tính chất xốp của Diatomite

Tính chất xốp của bề mặt vật liệu được xác định nhờ phương pháp hấp phụ và khử hấp phụ N_2 ở 77K. Kết quả chỉ ra trên hình 3.



Hình 3: Đường đẳng nhiệt hấp phụ - khử hấp phụ N_2 ở 77K của Dia-TC

Đường đẳng nhiệt hấp phụ và khử hấp phụ N_2 của Dia-TC cho thấy Diatomite chứa ít vi mao quản. Khi P/P_0 khoảng 0,4 trên giản đồ BET xuất hiện vòng trễ đặc trưng cho mao quản trung bình (không trật tự) được tạo ra do N_2 ngưng tụ trong các mao quản của Diatomite, hoặc mao quản tạo ra giữa các hạt sơ cấp của vật liệu. Nhưng để thấy đường đẳng nhiệt hấp phụ-khử hấp phụ N_2 của 5%Fe/Dia có sự khác biệt, đường trễ xuất hiện ở P/P_0 khoảng 0,5 vòng trễ nhỏ hơn chứng tỏ có sự gia tăng của các vi mao quản.

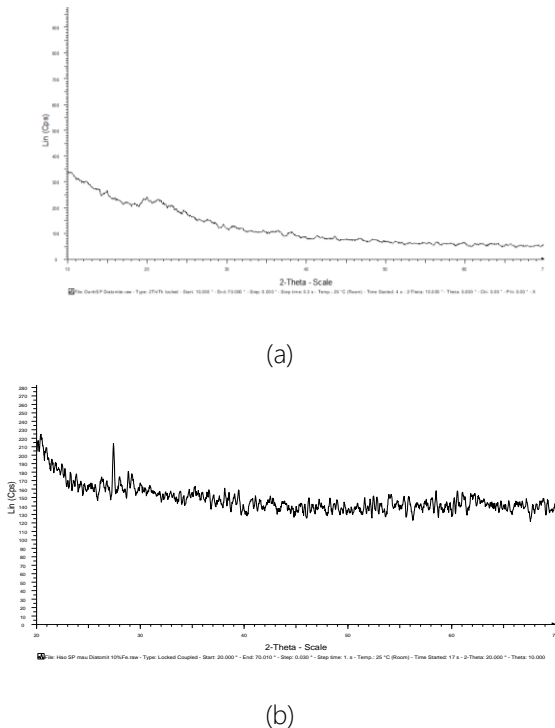
Kết quả xác định diện tích bề mặt riêng (S_{BET}), diện tích mao quản trung bình (S_{ext}), thể tích mao quản trung bình (V_{BJH}), thể tích vi mao quản (V_{micro}) và độ rộng mao quản trung bình (D_{BJH}) được tóm tắt trong bảng 2

Bảng 2: Bề mặt riêng và đặc trưng mao quản

Mẫu	S _{BET} (m ² ·g ⁻¹)	S _{ext} (m ² ·g ⁻¹)	S _{micro} (m ² ·g ⁻¹)	V _{micropore} (cm ³ ·g ⁻¹)	V _{B_{JH}} (cm ³ ·g ⁻¹)	D _{B_{JH}} (nm)
Dia-TC	58±2	49±2	8±1	0,0037	0,1445	13,6895
5%Fe-Dia	52±2	28±2	24±1	0,0118	0,0937	10,8801

Kết quả phân tích đường đẳng nhiệt hấp phụ và khử hấp phụ N₂ ở 77K của Dia-TC cho thấy, Diatomite là vật liệu xốp chứa chủ yếu mao quản trung bình và lớn. Khi đưa 5% Fe lên, mặc dù diện tích bề mặt riêng cũng như đường kính mao quản trung bình có giảm nhưng sự giảm chỉ tập trung vào bề mặt ngoài. Do Diatomite có cấu trúc kiểu ống với đường kính lớn, khi đưa Fe lên, Fe sẽ phân tán rải rác trên bề mặt và làm hẹp đường kính ống mao quản. Tuy nhiên, sự xuất hiện của các hạt FeO_x trên bề mặt có thể tạo ra những mao quản thứ cấp và dẫn đến làm tăng thể tích vi mao quản lên gấp ba lần so với Diatomite. Sự thay đổi tính chất xốp của bề mặt vật liệu khi biến tính bởi Fe sẽ có những ảnh hưởng nhất định tới đặc tính hấp phụ của Diatomite như sẽ trình bày ở phần dưới đây.

Kết quả đo XRD



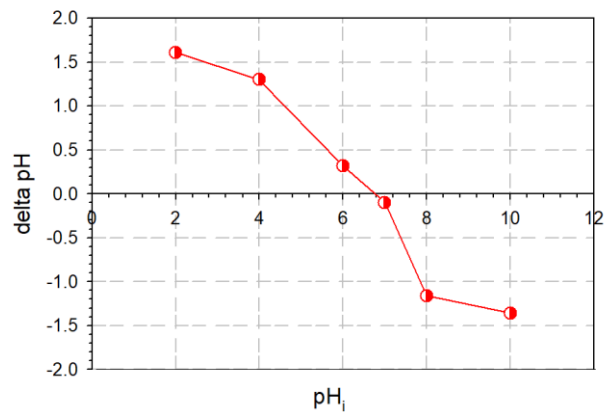
Hình 4: Giản đồ nhiễu xạ tia X của Diatomite tinh chế (a) và 5%Fe-Dia (b)

Giản đồ nhiễu xạ tia X (hình 4a) cho thấy không xuất hiện các pic nhiễu xạ đặc trưng cho sự có mặt của các

pha tinh thể. Điều này chứng tỏ Diatomite tinh chế ở dạng vô định hình, không lẫn các tạp chất như quartz, hematite,... Việc phân tích thành phần hóa học của diatomite (qua phổ EDX) cho thấy trong diatomite SiO₂ chiếm chủ yếu (72,5%) và một lượng rất ít của một số oxit kim loại như Fe₂O₃, Na₂O và Al₂O₃.. Hàm lượng thực của Fe trong mẫu 5Fe-Dia chỉ là 4,0% (theo kết quả EDX). Vì thế không dễ phát hiện ra Fe nếu Fe được phân tán tốt trên một chất xốp và diện tích bề mặt riêng cao (hình 4b)

Xác định điểm điện tích không (pH_{PZC})

Kết quả xác định điểm điện tích không pH_{PZC} được trình bày ở hình 5.



Hình 5: Các giá trị của ΔpH theo sự thay đổi của pH

Từ kết quả thu được, có thể xác định điểm điện tích không của Dia-TC là pH_{PZC} = 6,5.

Xác định pH thích hợp cho hấp phụ MB

Hiệu suất hấp phụ được xác định như sau:

$$\alpha\% = \frac{C_0 - C_e}{C_0} 100\%$$

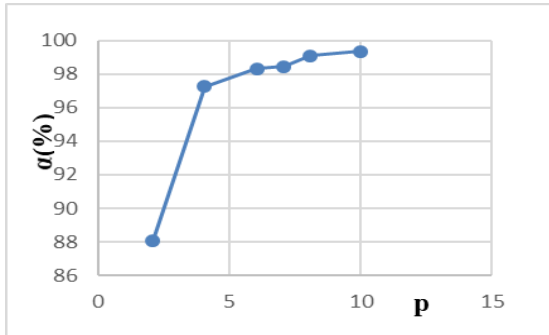
trong đó: C₀ là nồng độ ban đầu của dung dịch (mg L⁻¹), C_e là nồng độ sau khi hấp phụ đạt cân bằng (mg L⁻¹)

Hình 6 là biểu đồ mô tả sự biến đổi α% ở các pH khác nhau.

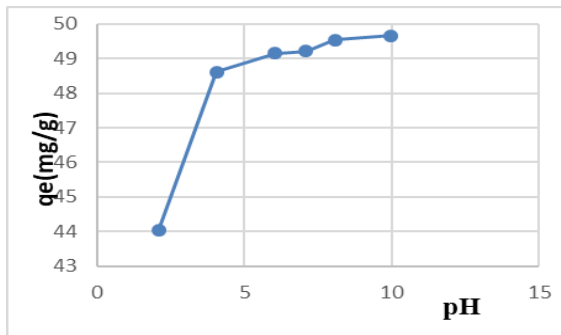
Từ hình 6 nhận thấy rằng, khi pH tăng thì hiệu suất hấp phụ MB của Dia-TC cũng như dung lượng hấp phụ tăng. Trong khoảng pH từ 2÷5 α% và q_e tăng rất nhanh. Nhưng sau đó tăng chậm dần trong khoảng pH = 6÷9.

Có thể giải thích hiện tượng này như sau: điểm pH_{PZC} của Dia-TC được tìm ra là 6,5, như vậy ở những giá trị pH < 6,5 bề mặt Dia-TC tích điện dương, còn ở

những giá trị pH > 6,5 bề mặt Dia-TC tích điện âm. MB là thuốc nhuộm cation vì thế quá trình hấp phụ của MB trên Dia-TC sẽ thuận lợi ở những pH lớn hơn hoặc bằng 6,5. Với phân tích như vậy, thì pH của dung dịch MB được chọn để nghiên cứu là 7.



(a)



(b)

Hình 6: Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất hấp phụ (a) và dung lượng hấp phụ (b)

Ảnh hưởng của nồng độ đầu của Diatomite đến quá trình hấp phụ. Cân bằng hấp phụ

Thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ đầu của MB đến quá trình hấp phụ được thực hiện trong điều kiện thể tích dung dịch MB = 20 mL với dải nồng độ từ 107 mg L⁻¹ đến 316 mg L⁻¹, nhiệt độ là 30°C, lượng Dia-TC là 0,05 g, thời gian hấp phụ là 24 giờ. Kết quả được trình bày ở bảng 3.

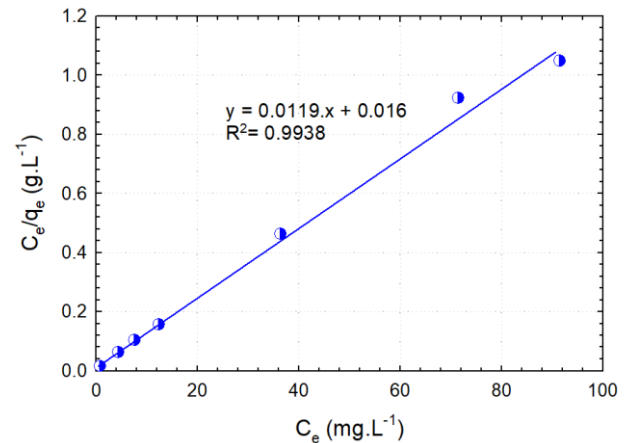
Dễ thấy rằng theo sự tăng dần của nồng độ cân bằng C_e dung lượng hấp phụ MB của Dia-TC tăng dần (ban đầu tăng nhanh, sau đó tăng chậm dần) và tiến gần tới giá trị bão hòa.

Bảng 3: Sự phụ thuộc của nồng độ thuốc nhuộm MB đến quá trình hấp phụ

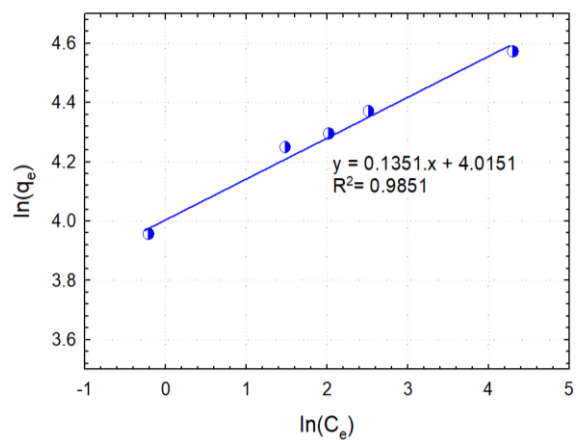
C ₀ (mg L ⁻¹)	C _e (mg L ⁻¹)	q _e (mg g ⁻¹)
107	0.19	42,69
131	0.25	52,48

179	8.88	68,24
191	20.73	68,11
210	26.64	73,31
233	43.48	75,73
265	64.33	80,15
309	104.11	82,19
316	118.25	79,01

Các số liệu thực nghiệm cân bằng hấp phụ được mô tả bởi hai mô hình đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich. Các kết quả hồi qui theo hai mô hình được trình bày trên các hình 7 và 8. Với mô hình Langmuir R² = 0,9938 phù hợp tốt hơn so với mô hình Freundlich có R² = 0,9851. Các thông số của hai mô hình được xác định và trình bày trên các bảng 4 và 5. Dung lượng hấp phụ cực đại tính theo Langmuir là 84 mg g⁻¹ và Dia-TC có ái lực tốt với MB.



Hình 7: Đường biểu diễn sự phụ thuộc của Ce/qe theo Ce theo mô hình Langmuir của sự hấp phụ MB trên Dia-TC



Hình 8: Đường biểu diễn sự phụ thuộc của ln(qe) theo ln(Ce) theo mô hình Freundlich của sự hấp phụ MB trên Dia-TC

Bảng 4: Các thông số đẳng nhiệt Langmuir đối với sự hấp phụ thuốc nhuộm MB trên Diatomite tinh chế

T	1/q _m	1/(q _m .K _L)	q _m (mg g ⁻¹)	K _L (L mg ⁻¹)	R ²
303K	0,0119	0,016	84,038	0,744	0,9938

Bảng 5: Các thông số đẳng nhiệt Freundlich đối với sự hấp phụ MB trên Diatomite tinh chế

T	ln K _F	1/n	K _F	R ²
303K	4.015	0,135	55,429	0,9851

Động học của quá trình hấp phụ

Động học hấp phụ của MB được khảo sát ở 4 nhiệt độ 10°C, 20°C, 30°C và 40°C.

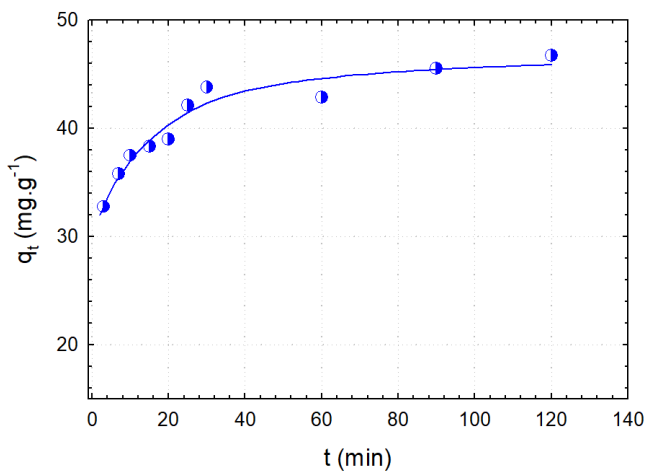
Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc

Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến sự hấp phụ MB của Diatomite được thể hiện qua dung lượng hấp phụ q_t (mg g⁻¹) theo thời gian:

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t) \cdot V}{m}$$

Trong đó C₀, C_t lần lượt là nồng độ MB tại thời điểm đầu và thời điểm t (mg L⁻¹), V là thể tích dung dịch nghiên cứu (mL), m là lượng chất hấp phụ sử dụng (g).

Hình 9 giới thiệu sự biến thiên q_t theo thời gian tiếp xúc ở 303K. Để nhận thấy rằng q_t tăng khi thời gian tiếp xúc tăng, q_t tăng nhanh trong khoảng 20 phút đầu sau đó tăng chậm dần và đạt cân bằng sau 80 phút.

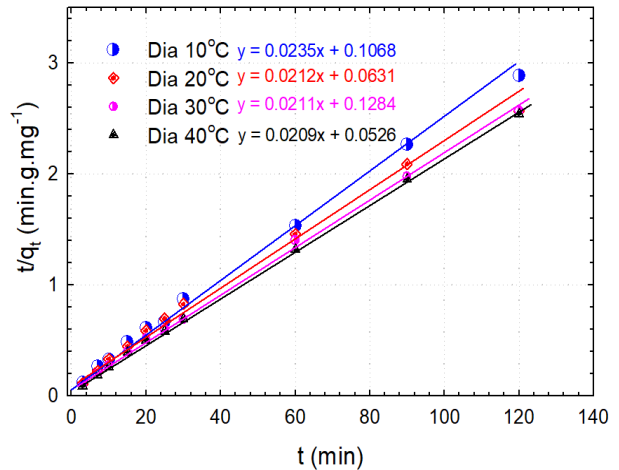


Hình 9: Sự biến thiên của q_t (mg g⁻¹) theo t (phút)

C₀ = 122 mg L⁻¹; m_{dia} = 0,1g, V = 170 mL, T = 303K

Phương trình động học cho quá trình hấp phụ

Động học của sự hấp phụ MB trên Diatomite tinh chế ở 4 nhiệt độ khác nhau tuân theo tốt động học biểu kiến bậc 2 với giá trị của R² gần 1. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của t/q_t theo thời gian là đường thẳng được trình bày trên hình 10.



Hình 10: Mô hình động học biểu kiến bậc 2 của sự hấp phụ MB trên Dia - TC ở các nhiệt độ khác nhau

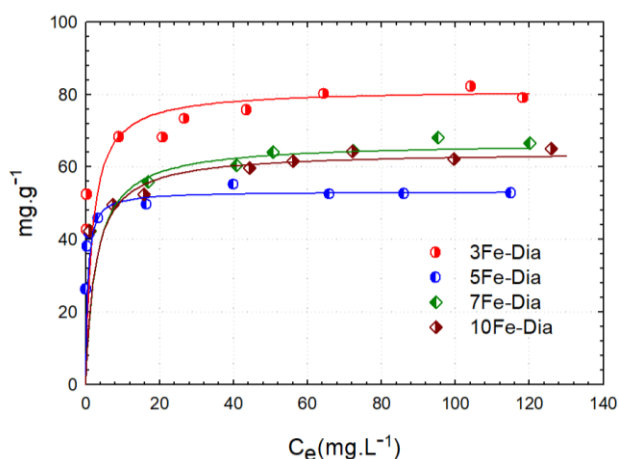
Việc phân tích các đại lượng động học (hằng số tốc độ, tốc độ đầu v₀) (Bảng 6) cho thấy khi nhiệt độ tăng, hằng số tốc độ hấp phụ và tốc độ đầu cũng tăng chứng tỏ khuếch tán của các phân tử thuốc nhuộm MB đến các tâm hấp phụ trên Dia-TC là một yếu tố ảnh hưởng đến động học hấp phụ của MB trên Dia.

Bảng 6. Các thông số động học của sự hấp phụ MB trên Dia -TC ở các nhiệt độ khác nhau

Nhiệt độ	k ₂ (g mg ⁻¹ phút ⁻¹)	q _e (tt) (mg g ⁻¹)	v ₀ =k ₂ q _e ² (g mg ⁻¹ phút ⁻¹)	R ²
283 K	0,005	42,553	9.054	0,9983
293 K	0,003	47,393	6.738	0,9948
303 K	0,007	47,170	15.575	0,9987
313 K	0,083	47,847	190.015	0,9995

Bước đầu nghiên cứu cân bằng hấp phụ trên Diatomite biến tính bởi Fe

Cân bằng hấp phụ được khảo sát với 4 mẫu Dia biến tính bởi 3, 5, 7, và 10% Fe. Nhiệt độ 30°C, dải nồng độ 107 mg L⁻¹ đến 316 mg L⁻¹. Các số liệu thực nghiệm được phân tích bởi mô hình đẳng nhiệt Langmuir.



Hình 11: Mô hình đẳng nhiệt Langmuir đối với sự hấp phụ thuốc nhuộm MB trên Diatomite biến tính

Bảng 7: Các thông số đẳng nhiệt Langmuir đối với sự hấp phụ thuốc nhuộm MB trên Diatomite biến tính

Mẫu	1/q _m	1/(q _m .K _L)	q _m (mg g ⁻¹)	K _L (L mg ⁻¹)	R ²
3Fe-Dia	0,0123	0,0209	81,301	0,5885	0,9984
5Fe - Dia	0,0188	0,0036	53,191	5,2222	0,9995
7Fe-Dia	0,0150	0,0419	66,667	0,3579	0,9976
10Fe-Dia	0,0156	0,0233	64,103	0,6695	0,9971

Có thể thấy mô hình Langmuir mô tả rất tốt các số liệu thực nghiệm với R² đều lớn hơn 0,99. Kết quả thực nghiệm cho thấy dung lượng hấp phụ của Dia biến tính bởi Fe nhìn chung giảm dần với sự tăng của hàm lượng Fe và giảm so với Dia tinh chế: Dia tinh chế có dung lượng hấp phụ cực đại là 84 mg g⁻¹, khi thêm 2,2% Fe, dung lượng giảm xuống 81 mg g⁻¹ và chỉ còn 64 mg g⁻¹ khi hàm lượng Fe tăng đến 6,36%.

Kết luận

Trong nghiên cứu này, Diatomite được tinh chế và được biến tính bởi Fe (2,2%Fe-Dia, 4,06%Fe-Dia và 6,36%Fe-Dia) bằng phương pháp ngâm tẩm. Các mẫu vật liệu được xác định các đặc trưng vật lí và hóa lí bằng các kỹ thuật thích hợp như FT-IR, SEM, XRD, BET và EDX. Diatomite Phú Yên sau tinh chế có cấu trúc vô định hình, bề mặt xốp với nhiều hốc trống. Thành

phần hóa học sau tinh chế khá tinh khiết, chủ yếu là SiO₂ và một phần nhỏ Fe₂O₃ và Al₂O₃.

Đã nghiên cứu cân bằng hấp phụ của MB lên Dia-TC và Dia biến tính bởi Fe. Kết quả cho thấy Diatomite có ái lực tốt với MB, dung lượng hấp phụ cao, đạt 84mg g⁻¹. Cân bằng hấp phụ phù hợp tốt với mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir. Động học hấp phụ tuân theo phương trình động học biểu kiến bậc 2. Việc biến tính bởi Fe làm giảm khả năng hấp phụ MB của Dia.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số: 05/2018/TN

Tài liệu tham khảo

1. T. Robinson, G. McMullan, R. Marchant, P. Nigam, *Bioresour. Technol.* 77 (2001) 247–255. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00080-8)
2. Jain, A.K., Gupta, V.K., Bhatnagar, A., Suhas, J. *Hazardous Mater.* B101 (2003) 31–42. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(03\)00146-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(03)00146-8)
3. G. Crini, *Bioresour. Technol.* 97 (2006) 1061–1085. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.05.001>
4. V.C. Duong, T.L. Nguyen, H.N. Vu, *Vietnam J. Chem.* 49(5AB) (2011) 1–8
5. K. Badii, F.D. Ardejani, M. Saberi, N.Y. Limaee, S.Z. Shafaei, *Ind. J. Chem. Tech* 17 (2010) 7–16
6. Y. Al-Degs, M.A.M. Khraisheh, M.F. Tutunj, *Water Res.* 35 (2001) 3724–3728. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00071-9](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00071-9)
7. M.A. Al - Ghouti, M.A.M. Khraisheh, M.N.M. Ahmad, S. Allen, *J. Hazard. Mater.* 165 (2009) 589–598. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.018>
8. W.T. Tsai, H.C. Hsu, T.Y. Su, K.Y. Lin, C.M. Lin, *J. Hazard. Mater.* 154 (2008) 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.107>
9. K.V. Kumar, V. Ramamurthi, S. Sivanesan, *J. Colloid Interf Science* 284 (2005) 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.09.063>
10. M.A.M. Khraisheh, Y.S. Al-degs, W.A.M. McMinn, *Chem. Eng. J.* 99 (2004) 177 - 184. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2003.11.029>