TẠP CHÍ KHOA HỌC ĐẠI HỌC ĐỒNG THÁP
Dong Thap University Journal of Science
Số Đặc biệt Hội nghị Khoa học tự nhiên
Đồng bằng sông Cửu Long lần IV
ISSN 0866-7675 | e-ISSN 2815-567X

DOI: ***https://doi.org/10.52714/dthu.14.04S.2025.1569***

CHẾ TẠO VẬT LIỆU TỪ THÂN CÂY DỪA (*Cocos nucifera* L.) HẤP PHỤ XỬ LÝ CONGO RED TRONG NƯỚC

Lê Thị Thanh Xuân[1*], Nguyễn Minh Thảo[1], Nguyễn Phương Thùy[1,2], Lê Thị Bạch[3] và Phạm Thị Kim Phượng[4]

[1]Trường Đại học Đồng Tháp, tỉnh Đồng Tháp, Việt Nam

[2]Trường THCS & THPT Thới Quản, huyện Gò Quao, tỉnh Kiên Giang, Việt Nam

[3]Bộ môn Hóa học, Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Cần Thơ, thành phố Cần Thơ, Việt Nam

[4]Khoa Sư phạm, Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

[*]Tác giả liên hệ, Email: lttxuan@dthu.edu.vn

Lịch sử bài báo

Ngày nhận: 08/5/2025; Ngày nhận chỉnh sửa: 23/6/2025; Ngày chấp nhận: 28/6/2025

Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, thân cây dừa được sử dụng để chế tạo vật liệu hấp phụ. Các đặc trưng vật liệu hấp phụ được xác định như diện tích bề mặt, cấu trúc, hình thái bằng các phương pháp BET, XRD, FT-IR, SEM. Kết quả BET cho thấy bột cây dừa khi nung ở nhiệt độ cao các hợp chất hữu cơ sẽ bị phân hủy tạo ra nhiều lỗ xốp, làm tăng diện tích bề mặt (mẫu nung ở 900 ^oC có diện tích bề mặt riêng là 535,156 m^2/g). Cấu trúc hình thái của vật liệu qua ảnh SEM cho thấy bề mặt vật liệu gồ ghề, nhiều khe rỗng, hình khối nên các phân tử chất congo red có thể được hấp phụ trên bề mặt. Khảo sát dung lượng hấp phụ (q_e) đạt giá trị cao nhất là 57,92 mg/g tại nồng độ 135 ppm, giá trị q_{max} là 65,7895 (mg/g), hằng số K_L là 0,383 (l/mg) với hệ số hệ số tương quan R^2 đạt 0,9987, quy luật đẳng nhiệt hấp phụ congo red trên vật liệu tuân theo mô hình đẳng nhiệt Langmuir, động học hấp phụ tuân theo phương trình động học biểu kiến bậc hai.

Từ khóa: *Cây dừa, congo red, vật liệu hấp phụ.*

Trích dẫn: Lê, T. T. X., Nguyễn, M. T., Nguyễn, P. T., Lê, T. B., & Phạm, T. K. . (2025). Chế tạo vật liệu từ thân cây dừa (*Cocos nucifera* L.) hấp phụ xử lý congo red trong nước. *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp,* 14(04S), 121-131. https://doi.org/10.52714/dthu.14.04S.2025.1569

Copyright © 2025 The author(s). This work is licensed under a CC BY-NC 4.0 License.

PREPARING THE MATERIAL FROM THE COCONUT TRUNK (*Cocos nucifera* L.) MATERIAL TO ADSORB CONGO RED IN AQUEOUS

Le Thi Thanh Xuan[1*], Nguyen Minh Thao[1], Nguyen Phuong Thuy[1,2], Le Thi Bach[3], and Pham Thi Kim Phuong[4]

[1]Dong Thap University, Dong Thap province, Vietnam

[2]Thoi Quan Junior and Senior High School, Go Quao district, Kien Giang province, Vietnam

[3]Department of Chemistry, College of Natural Sciences, Can Tho University, Can Tho city, Vietnam

[4]An Giang University, Vietnam National University Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam

[*]Corresponding author, Email: lttxuan@dthu.edu.vn

Article history

Received: 08/5/2025; Received in revised form: 23/6/2025; Accepted: 28/6/2025

Abstract

In this study, coconut trunks were used to prepare material. Its characteristics, such as surface area, structure, and morphology, were determined using BET, XRD, FT-IR, and SEM methods. BET results showed that when coconut tree powder is heated at high temperatures, organic compounds decompose, creating many pores, increasing the surface area (the sample heated at 900 ^oC has a specific surface area of 535.156 m^2/g). The material morphological structure through SEM images showed that its surface is rough, with many voids and cubic shapes, so that the Congo Red molecules can be adsorbed on the material's surface. The adsorption capacity (q_e) survey reached the highest value of 57.92 mg/g at a concentration of 135 ppm, the q_{max} value was 65.7895 (mg/g), the K_L constant was 0.383 (l/mg) with the correlation coefficient R^2 of 0.9987, the Congo red adsorption isotherm on the material followed the Langmuir isotherm model, the adsorption kinetics followed the pseudo-second-order kinetic equation.

Keywords: *Adsorption material, coconut trunks, Congo red.*

1. Giới thiệu

Ô nhiễm môi trường nước là vấn đề các quốc gia trên thế giới đang phải đối mặt. Việt Nam, trong những năm gần đây nhiều khu công nghiệp hình thành và phát triển như sản xuất thuốc nhuộm, giấy, da, mỹ phẩm, dược phẩm, chế biến thực phẩm, dệt may,… các chất màu hữu cơ có đặc tính độc hại và khó xử lý trong nước thải, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường sinh thái cũng như sức khỏe của con người (Guptaa & cs., 2007). Vì thế, vấn đề bảo vệ môi trường nước khỏi ô nhiễm chất mau hữu cơ cần được ưu tiên chú trọng. Các chất màu thường có cấu trúc hóa học phức tạp và khó phân hủy, chúng tồn tại lâu dài trong môi trường nước làm giảm chất lượng nước, ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh và gây những hệ lụy nghiêm trọng đối với sức khoẻ của con người. Congo red là hợp chất màu thuộc nhóm azo có tên hóa học là 3,3′-(1E,1′E)-biphenyl-4,4′-diylbis(diazene-2,1-diyl)bis(4-aminonaphthalene-1-sulfonate) $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$, hòa tan trực tiếp trong nước, có ái lực cao với sợi cellulose và thường được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp dệt may. Do cấu trúc phức tạp nên khó bị phân hủy bằng phương pháp quang phân hay sinh học, congo red trở thành một trong những chất gây ô nhiễm môi trường dai dẳng và khó xử lý (Pielesz, 1999).

Nhiều nghiên cứu về xử lý congo red bằng các phương pháp khác nhau như việc dùng các chất oxy hóa mạnh ozone và hydrogen peroxide để phá hủy cấu trúc hóa học (Smaranda & cs., 2011), sử dụng nano composite ZnO/chitosan trong việc xử lý chất màu trong nước (Thanh & cs., 2022), hấp phụ của chất màu congo red lên vật liệu graphen oxide/polyvinyl alcohol/Fe_3O_4 (Thu & Hoang, 2021), điều chế vật liệu hấp phụ congo red từ phụ phẩm nông nghiệp như xơ dừa, vỏ hạt điều, bã mía, vỏ cam (Namasivayam & Kavitha, 2002; Ponnusamy & Subramaniam, 2013; Mall & cs., 2005; Hua & cs., 2023).

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp điều chế vật liệu

Thân cây dừa đã già không còn cho quả cắt chia nhỏ thành các khúc có chiều dài khoảng 10cm, rửa sạch và sàng lọc loại bỏ các tạp chất không mong muốn. Sau đó, nguyên liệu được xẻ thành các mảnh nhỏ và phơi khô một tuần dưới ánh nắng trời tự nhiên cho độ ẩm còn thấp. Tiếp tục sấy khô ở nhiệt độ 105 ^oC, thời gian sấy 24 giờ trong tủ sấy Memmert. Một mẫu nguyên liệu có khối lượng xác định ban đầu được sấy đồng thời để đánh giá sự mất khối lượng trong quá trình sấy. Khi khối lượng mẫu không đổi sau vài lần cân, nguyên liệu được đem đi xay nhuyễn bằng máy nghiền MF 10 Basic – IKA thu được bột cây dừa. Bột cây dừa được cho vào bình bảo quản dùng làm nguyên liệu cho các nghiên cứu tiếp theo.

Than sinh học từ thân cây dừa được sản xuất bằng cách tiến hành cân 20 gram bột cây dừa cho vào lò nung ở các điều kiện khác nhau về nhiệt độ 500 ^oC, 600 ^oC, 700 ^oC, 800 ^oC và 900 ^oC và thời gian 1, 2, 3, 4 và 5 giờ trong điều kiện thiếu oxygen, với tốc độ gia nhiệt 10 ^oC/phút bằng lò nung (VMF-165, Nhật Bản). Than sau khi nung xong được hạ nhiệt độ từ từ ở nhiệt độ phòng và tiến hành nghiền mịn giữ trong bình hút ẩm dùng làm vật liệu hấp phụ congo red.

2.2. Các phương pháp đặc trưng vật liệu

Phổ FT-IR của vật liệu hấp phụ được ghi trên máy TENSOR II-Bruker (Đức) trên nền KBr. Nhiễu xạ tia X (XRD) được ghi trên thiết bị D8 Advance-Bruker (Đức) góc quét từ 10^o -70^o nhằm xác định cấu trúc tinh thể của vật liệu. Ảnh SEM được chụp trên thiết bị S-4800. Diện tích bề mặt riêng được xác định qua chụp BET của các mẫu được xác định từ đường đẳng nhiệt hấp phụ- khử hấp phụ nitrogen trên thiết bị Micromeritics Tristar 3000 Instrument (USA) ở nhiệt độ T = 37,35 K.

Cân một lượng chính xác congo red hoà tan trong nước cất để thu được dung dịch có nồng độ lớn nhất là 1000 ppm. Sau đó pha loãng để tạo thành các dung dịch thử nghiệm với các nồng độ phù hợp từ 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm, 100 ppm và 135 ppm. Hiệu suất hấp phụ và dung lượng hấp phụ congo red của vật liệu điều chế được tính như sau:

$$H\% = \frac{C_0 - C_e}{C_0}.100 \qquad q_e = \frac{C_0 - C_e}{m}.V$$

Trong đó C_0 (ppm) và C_e (ppm) là nồng độ ban đầu và nồng độ cân bằng của congo red trong dung dịch; m (gram) là lượng chất hấp phụ; V là thể tích dung dịch hấp phụ (L); q_e (mg/gram) là dung lượng chất bị hấp phụ congo red tính toán trên 1,0 gram của vật liệu.

2.3. Đánh giá sự hấp phụ của vật liệu điều chế

Cân một lượng chính xác 0,2 gram vật liệu vào 100mL dung dịch congo red ở các nồng độ 70 ppm, 100 ppm, 135 ppm với mẫu vật liệu đun ở 900 ^oC, thời gian hấp phụ từ 0, 5, 10, 30, 60, 90, 120, 150, 180 phút với lượng chất là 0,2 gram, thực hiện phản ứng ở nhiệt độ thường, tốc độ khuấy 400 vòng/phút. Sau khoảng thời gian nhất định, lọc dung dịch và lấy khoảng 5 mL để đi phân tích bằng phổ UV-Vis với bước sóng 498 nm.

3. Kết quả thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của các điều kiện nung đến quá trình điều chế vật liệu

Kết quả **Bảng 1** cho thấy ở nhiệt độ 500 ^oC khi thay đổi thời gian nung từ 1 giờ đến 5 giờ khối lượng vật liệu giảm 65,62 - 67,88% so với nguyên liệu đầu. Tương tự với nhiệt độ nung 600 ^oC khối lượng vật liệu giảm 69,30 - 69,90%, với nhiệt độ 700 ^oC khối lượng vật liệu giảm 69,73 - 72,25%, nhiệt độ 800 ^oC khối lượng vật liệu giảm 73,15 - 77,96% và nhiệt độ 900 ^oC khối lượng vật liệu giảm 75,23 - 78,88%. Qua cơ chế phân hủy trong quá trình nhiệt phân khi bắt đầu nung các hợp chất dễ bay hơi bắt đầu thoát ra, thời gian nung được kéo dài sẽ làm cho lượng khí thải (CO, CO_2, CH_4) lại tiếp tục tăng lên và khối lượng than sinh học (biochar) giảm thêm. Đặc biệt, các liên kết giữa các phân tử hợp chất hữu cơ, dẫn đến sự thoát ra của các khí nhẹ và sự giảm khối lượng của vật liệu. Khi tăng thời gian nung, cấu trúc của biochar thay đổi đáng kể, đặc biệt là sự phát triển của các lỗ xốp. Thời gian nung dài hơn làm tăng khả năng xuất hiện các lỗ xốp lớn và có thể giảm diện tích bề mặt của biochar vì quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ tiếp tục làm giảm khối lượng vật liệu, đồng thời làm tăng hàm lượng carbon cố định, giúp cải thiện sự bền vững của biochar về mặt hóa học (Cárdenas-Aguiar & cs., 2024).

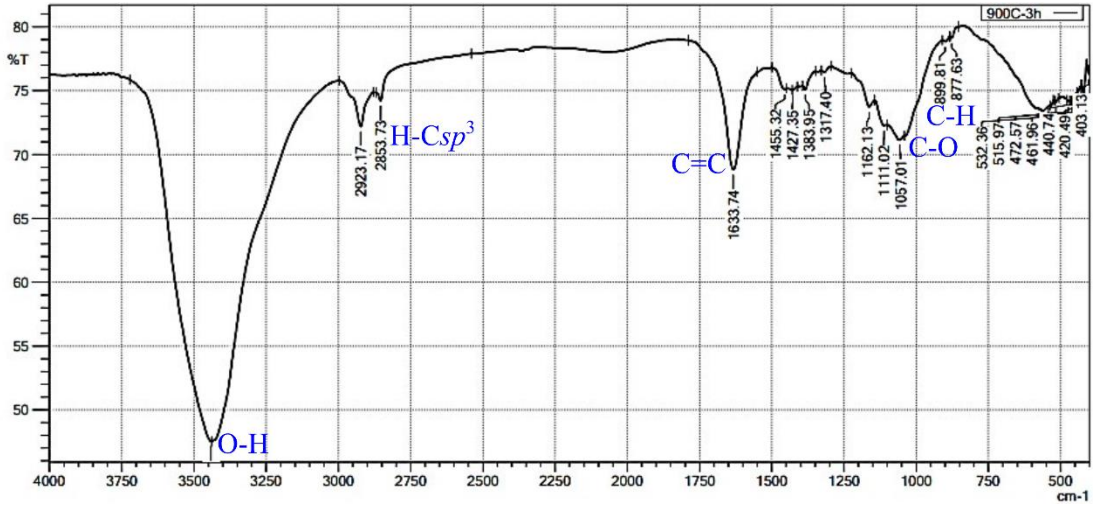
Bảng 1. Ảnh hưởng của các điều kiện nung đến khối lượng vật liệu thu được

Thời gian (giờ)	Nhiệt độ (^0C)				
	500	**600**	**700**	**800**	**900**
1	65,62	69,30	69,73	73,15	75,23
2	66,43	69,34	70,36	75,02	75,68
3	67,15	69,66	70,73	75,46	77,90
4	67,48	69,72	71,00	76,22	78,23
5	67,88	69,90	72,25	77,96	78,88

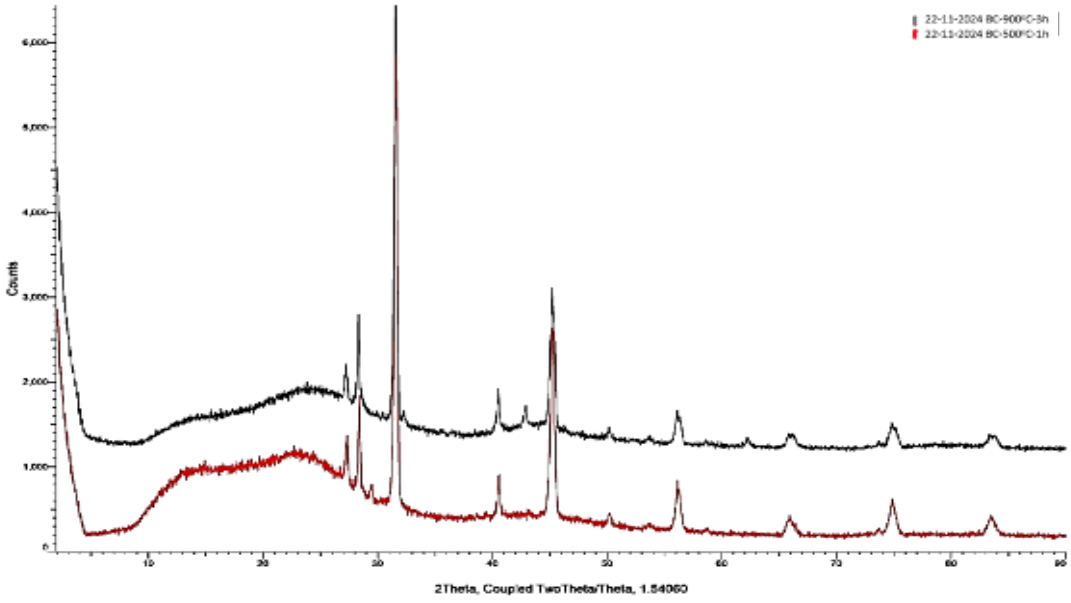
3.2 Đánh giá một số đặc tính của vật liệu biochar từ thân dừa

Phổ hồng ngoại của vật liệu biochar thu được như **Hình 1a**. Peak tại vị trí số sóng 3441 cm^{-1} được gán cho dao động liên kết O–H, các peak tại 2923 cm^{-1} và 2853 cm^{-1} tương ứng với dao động của liên kết H-Csp^3 trong vật liệu. Tín hiệu ở 1633 cm^{-1} tương ứng với dao động của liên kết C=C cho các nối đôi vòng thơm trong cấu trúc, peak tại

số sóng 1057 cm^{-1} tương ứng dao động của liên kết C–O. Ngoài ra, đỉnh hấp thụ yếu ở 899 cm^{-1} được cho là do dao động uốn cong liên kết C–H của vòng thơm (Zhang & cs., 2018).



(a)



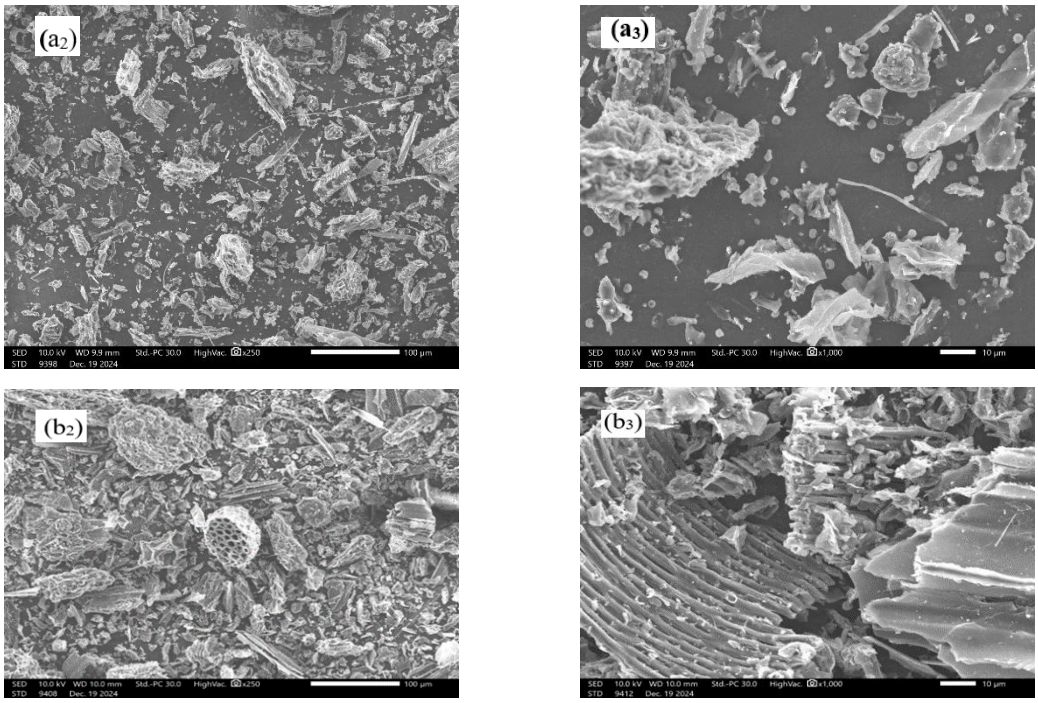
b)

Hình 1. Phổ FTIR (a) và XRD (b) của vật liệu

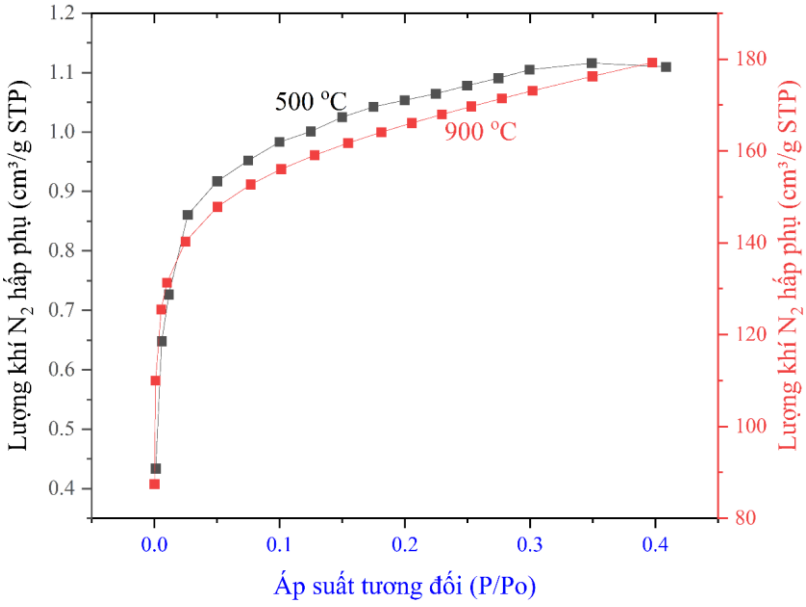
Giản đồ nhiễu xạ tia X (**Hình 1b**) của vật liệu nung ở 500 ºC và 900 ºC được thể hiện một đỉnh nhiễu xạ rộng mạnh ở góc 2θ =13-27º là đặc trưng của pha carbon vô định hình C(002), peak nhiễu xạ ở 43º là đặc trưng của C(100), peak nhiễu xạ ở 54º đặc trưng của C(004) và các peak nhiễu xạ của các oxide như SiO_2 và MgO (Almquist & Qin, 2012; Dehkhoda & cs., 2013; Liu & cs., 2012; Vũ & Bùi, 2019).

Ảnh SEM **(Hình 2)** cho thấy bề mặt vật liệu nung. Hình $2a_2$ và $2a_3$ (theo 2 thang đo khác nhau) là vật liệu nung ở 500 ºC. Hình $2b_2$ và $2b_3$ là vật liệu nung ở 900 ºC (theo 2 thang đo khác nhau). Hình ở 900 ºC gồ ghề, nhiều khe rỗng, hình khối carbon và có diện tích bề mặt

rộng hơn so với nung ở 500 °C nên có khả năng hấp phụ tốt hơn. Kết quả phân tích BET **(Hình 3)** cho thấy diện tích bề mặt riêng của mẫu 500 °C là 3,582 m^2/g nhỏ hơn rất nhiều so với mẫu 900 °C là 535,156 m^2/g. Do ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian nung đến cấu trúc của biochar, khi nhiệt độ nung cao sẽ tạo ra nhiều lỗ xốp hơn và làm tăng diện tích bề mặt của mẫu biochar và cũng thúc đẩy quá trình phân hủy và tái cấu trúc vật liệu, tạo ra nhiều lỗ xốp hơn và làm tăng diện tích bề mặt, nhờ sự phân hủy của các hợp chất hữu cơ trong biochar sẽ tạo ra các kênh rỗng có độ xốp làm tăng khả năng hấp phụ của biochar (Almquist & cs., 2013).



Hình 2. Ảnh SEM của vật liệu **500 °C (a) và 900 °C (b)**



Hình 3. Đường đẳng nhiệt hấp phụ của vật liệu nung ở 500 °C và 900 °C

3.3. Khả năng xử lý congo red của vật liệu

3.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung mẫu đến quá trình hấp phụ congo red

Hiệu suất hấp phụ và dung lượng hấp phụ có xu hướng tăng khi nhiệt độ nung tăng từ 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C và 900 °C dung lượng hấp phụ đạt 8,32 mg/g; 9,53 mg/g và 11,80 mg/g, 12,73 mg/g, 14,44 mg/g tương ứng với hiệu suất hấp phụ là 55,47; 63,52 và 78,67%, 84,9% và 96,25% được thể hiện **Bảng 2**. Sự gia tăng dung lượng hấp phụ khi nhiệt độ nung tăng do có sự thay đổi trong cấu trúc và tính chất bề mặt của vật liệu. Kết quả BET cho thấy mẫu vật liệu nung ở 900 ºC có diện tích bề mặt là 535,156 m^2/g lớn hơn rất nhiều so với vật liệu nung ở 500 ºC là 3,582 m^2/g, chứng minh cho việc khi diện tích bề mặt lớn giúp cung cấp nhiều vị trí hoạt động và lỗ xốp hơn để các phân tử chất hấp phụ congo red có thể tiếp cận và bám dính. Trong khi đó ở nhiệt độ thấp do lỗ xốp chưa phát triển hoàn thiện dẫn đến dung lượng hấp phụ kém hơn (Xu & cs., 2024; Yang & cs., 2006).

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung mẫu đến dung lượng hấp phụ congo red

Ký hiệu mẫu	C_o của CR (ppm)	C_e của CR (ppm)	Hiệu suất hấp phụ (H%)	Dung lượng hấp phụ (mg/g)
RC-500 ºC	30	13,358	55,47	8,32
RC-600 ºC	30	10,945	63,52	9,53
RC-700 ºC	30	6,399	78,67	11,80
RC-800 ºC	30	4,531	84,90	12,73
RC-900 ºC	30	1,124	96,25	14,44

3.3.2. Ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ congo red

Quá trình hấp phụ diễn ra ở nhiệt độ thường, tốc độ khuấy là 400 vòng/phút trong thời gian là 90 phút. Khối lượng mẫu hấp phụ thay đổi từ 0,1; 0,15; 0,2; 0,3 gram. Kết quả **Bảng 3** cho thấy khi lượng chất hấp phụ cao cung cấp diện tích bề mặt lớn hơn và do đó có nhiều vị trí tâm hấp phụ hoạt động hơn, khi tăng lượng chất hấp phụ lớn hơn 0,2 gram, khả năng hấp phụ không tăng đáng kể. Điều này là do sự cạnh tranh của congo red với các vị trí tâm hấp phụ có sẵn, đồng thời sự gia tăng khối lượng chất hấp phụ làm giảm động lực khuếch tán của các phân tử thuốc nhuộm vào các vị trí hấp phụ, dẫn đến hiện tượng chồng lấp của các vị trí hấp phụ, làm giảm hiệu quả hấp phụ (Aminu & cs., 2020).

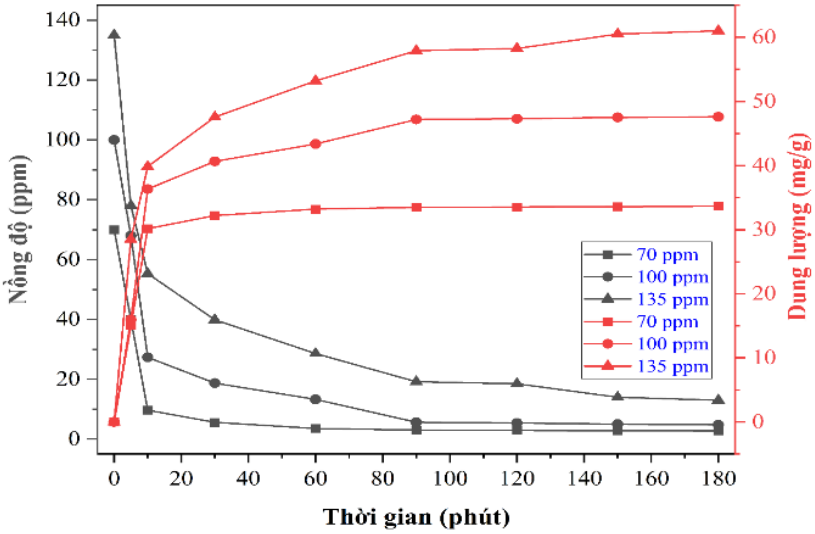
Bảng 3. Ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến dung lượng hấp phụ congo red

Khối lượng mẫu (g)	C_o của CR (mg/L)	C_e của CR (mg/L)	Hiệu suất hấp phụ (%)	Dung lượng hấp phụ (mg/g)
0,1	70	23,022	67,11	46,98
0,15	70	8,885	87,31	40,74
0,2	70	2,951	95,78	33,52
0,3	70	2,289	96,73	22,57

3.3.3. Ảnh hưởng của nồng độ và dung lượng hấp phụ theo thời gian

Sự thay đổi nồng độ và dung lượng hấp phụ (q_e) theo thời gian được thể hiện ở **(Hình 4)** như sau: quá trình hấp phụ xảy ra nhanh từ 0 đến 30 phút và khả năng hấp phụ kéo dài đến 90 phút. Tiếp tục kéo dài thời gian hấp phụ đến 120,160 và 180 phút thì tốc hấp phụ chậm lại và gần như thay đổi không đáng kể, vì vậy có thể kết luận rằng thời gian đạt cân bằng là khoảng 90 phút (Zhang & cs., 2018; Huang, 2018). Dung lượng hấp phụ cực đại (q_e) tương ứng với từng nồng độ ban đầu là: 33,525 mg/g tại nồng độ 70 ppm, 47,179 mg/g tại nồng độ 100 ppm,

57,920 mg/g tại nồng độ 135 ppm. Các giá trị chỉ ra khi nồng độ ban đầu tăng, lượng chất bị hấp phụ trên mỗi đơn vị khối lượng vật liệu cũng tăng, do sự gia tăng số lượng phân tử có khả năng tiếp xúc và liên kết với bề mặt. Tuy nhiên, hiệu suất hấp phụ lại giảm dần, điều này thể hiện rằng ở nồng độ cao, các vị trí hấp phụ trên bề mặt không đủ để hấp phụ toàn bộ lượng chất trong dung dịch. Các nồng độ cân bằng (C_e) đạt giá trị lần lượt là: 2,951 ppm; 5,642 ppm; 19,161 ppm tương ứng với nồng độ ban đầu 70 ppm; 100 ppm;135 ppm. Cho thấy ở nồng độ ban đầu thấp phần lớn chất tan được hấp phụ. Ở nồng độ cao khả năng hấp phụ bị giới hạn bởi số lượng vị trí hấp phụ sẵn có, dẫn đến nồng độ dư sau cân bằng lớn hơn.



Hình 4. Sự thay đổi nồng độ và dung lượng hấp phụ q_e theo thời gian

3.3.4. Động học hấp phụ

Với mô hình động học bậc 1, giá trị R^2 dao động từ 0,8072 đến 0,9485 không đạt mức lý tưởng. Điều này cho thấy mô hình động học bậc 1 không mô tả tốt quá trình hấp phụ. Ngược lại, mô hình động học bậc 2 đạt giá trị R^2 rất cao từ 0,9994 đến 0,9999. Có thể kết luận rằng mô hình động học bậc 2 mô tả tốt nhất quá trình hấp phụ congo red trên vật liệu, cơ chế hấp phụ có thể liên quan đến tương tác hóa học giữa chất hấp phụ và bề mặt vật liệu (Thắm & cs., 2019; Purkait & cs., 2007). Các tham số động học hấp phụ thể hiện **Bảng 4.**

Bảng 4. Các thông số động học theo phương trình biểu kiến bậc 1, bậc 2

Phương trình động học biểu kiến bậc 1: $\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1.t$			
Số liệu của phương trình	k_1 (phút)	q_e (mg/g)	R^2
y = -0,0371x + 3,6231	0,0371	37,45	0,8989
y = -0,0385x + 3,3863	0,0385	29,56	0,8072
y = -0,0706x+2,8532	0,0706	17,34	0,9485
Phương trình động học biểu kiến bậc 2: $\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2.q_e^2} + \frac{t}{q_e}$			
Số liệu của phương trình	k_2 (g.mg^{-1}.phút^{-1})	q_e (mg/g)	R^2
y = 0,0291x + 0,0874	0,00969	34,36	0,9994
y = 0,0204x + 0,1047	0,00397	49,02	0,9988
y = 0,0158x + 0,1287	0,00194	63,29	0,9990

3.2.5. Đẳng nhiệt hấp phụ

Theo mô hình Langmuir tương tác giữa phân tử congo red và bề mặt chất hấp phụ có hệ số tương quan R^2 đạt 0,9987 cho thấy các vị trí hoạt động trên bề mặt chất hấp phụ chỉ có thể hấp phụ một phân tử congo red tại mỗi điểm bề mặt vật liệu, hấp phụ mang tính đồng nhất phù hợp với giả định hấp phụ một lớp đơn phân tử. Trong khi, hệ số tương quan của mô hình Freundlich chỉ đạt 0,9018, có thể do bề mặt vật liệu ít mang tính không đồng nhất nên sự hấp phụ đa lớp trên bề mặt của vật liệu. Các tham số đẳng nhiệt hấp phụ thể hiện **Bảng 5**.

Bảng 5. Các tham số của phương trình Langmuir và Freundlich cúa vật liệu 900 ^oC

Mô hình Langmuir	**Mô hình Freundlich**
$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{K_L.q_m}$	$\ln q_e = \left(\frac{1}{n}\right)\ln(C_e) + \ln(K_F)$
y = 0,0152x + 0,039	y = 0,2761x + 3,2778
R^2 = 0,9987 ; q_m = 65,790	R^2 = 0,9018 ; n_F = 3,622
K_L = 0,390	K_F = 26,517
R_L = 0,035 (70ppm); 0,025 (100ppm); 0,019 (135 ppm)	

4. Kết luận

Điều chế được vật liệu biochar từ thân cây dừa ở các điều kiện nhiệt độ, thời gian nung, xác định một số thông số về đặc tính và hình thái bề mặt. Kết quả vật liệu nung 900 ^oC có cấu trúc bề mặt gồ ghề, có nhiều khe rỗng hơn, diện tích bề mặt riêng là 535,156 m^2/g so với nung ở 500 ^oC có diện tích bề mặt riêng là 3,582 m^2/g. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ, dung lượng hấp phụ (q_e) đạt giá trị cao nhất là 57,92 mg/g tại nồng độ 135 ppm với khối lượng vật liệu 0,2 gram ở thời gian hấp phụ khoảng 90 phút.

Tài liệu tham khảo

Almquist, C., & Qin, N. (2012). Pyrolysis of deinked paper sludge to synthesize adsorbents for elemental Hg vapors. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, *32*, 524-534. https://doi.org/10.1002/ep.11652

Aminu, I., Gumel, S. M., Ahmad, W. A., & Idris, A. A. (2020). Adsorption isotherms and kinetic studies of congo-red removal from waste water using activated carbon prepared from jujube seed. *American Journal of Analytical Chemistry*, *11*, 47. https://doi.org/10.4236/ajac.2020.111004

Cárdenas-Aguiar, E., Méndez, A., Gascó, G., Lado, M., & Paz-González, A. (2024). The effects of feedstock, pyrolysis temperature, and residence time on the properties and uses of biochar from broom and gorse wastes. *Applied Sciences*, *14*, 4283. https://www.mdpi.com/2076-3417/14/10/4283#

Dehkhoda, A. M., Ellis, N., & Gyenge, E. (2013). Electrosorption on activated biochar: effect of thermo-chemical activation treatment on the electric double layer capacitance. *Journal of Applied Electrochemistry*, *44*(1), 141-157. https://doi.org/10.1007/s10800-013-0616-4

Gupta, V. K., & Suhas. (2009). Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review. *Journal of Environmental Management*, *90*(8), 2313–2342. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.017

Hua, Z., Pan, Y., & Hong, Q. (2023). Adsorption of Congo red dye in water by orange peel biochar modified with CTAB. *RSC advances*, *13*, 12502-12508. https://doi.org/10.1039/D3RA01444D

Huang, X., Yu, F., Peng, Q., & Huang, Y. (2018). Superb adsorption capacity of biochar derived from leather shavings for Congo red. *RSC advances*, *8*, 29781-29788. https://doi.org/10.1039/C8RA06370B

Liu, Y., Zhao, X., Li, J., Ma, D., & Han, R. (2012). Characterization of bio-char from pyrolysis of wheat straw and its evaluation on methylene blue adsorption. *Desalination and Water Treatment*, *46*(1-3), 115-123. https://doi.org/10.1080/19443994.2012.677408

Mall, I. D., Srivastava, V. C., Agarwal, N. K., & Mishra, I. M. (2005). Removal of congo red from aqueous solution by bagasse fly ash and activated carbon: kinetic study and equilibrium isotherm analyses. *Chemosphere*, *61*, 492-501. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.03.065

Namasivayam, C., & Kavitha, D. (2002). Removal of Congo Red from water by adsorption onto activated carbon prepared from coir pith, an agricultural solid waste. *Dyes and pigments*, *54*, 47-58. https://doi.org/10.1016/S0143-7208(02)00025-6

Pielesz, A. (1999). The process of the reduction of azo dyes used in dyeing textiles on the basis of infrared spectroscopy analysis. *Journal of molecular structure*, *511*, 337-344. https://doi.org/10.1016/S0022-2860(99)00176-3

Ponnusamy, S. K., & Subramaniam, R. (2013). Process optimization studies of Congo red dye adsorption onto cashew nut shell using response surface methodology. *International Journal of Industrial Chemistry*, *4*, 1-10. https://doi.org/10.1186/2228-5547-4-17

Purkait, M. K., Maiti, A., Dasgupta, S., & De, S. (2007). Removal of congo red using activated carbon and its regeneration. *Journal of Hazardous Materials*, *145*, 287-295. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.11.021

Smaranda, C., Gavrilescu, M., & Bulgariu, D. (2011). Studies on sorption of Congo Red from aqueous solution onto soil. *International Journal of Environmental Research*, *5*, 177-188. https://doi.org/10.22059/ijer.2010.303

Thanh, N. N., Tung, N. T., Anh, N. V., Chung, N. T., & Thinh, N. N. (2022). Removal of congo red dye from aqueous solution using nano ZnO/chitosan composite. *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, *11*, 57-62. https://doi.org/10.51316/jca.2022.070

Thắm, N. T. H., Uyên, Đ. T. T., Phúc, Đ. H., & Phúc, N. Đ. (2019). Nghiên cứu tổng hợp và ảnh hưởng của nồng độ dung dịch đến khả năng hấp phụ Congo Red của vật liệu từ tính graphit tróc nở EG@$CoFe_2O_4$. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Trường Đại học Nguyễn Tất Thành*, *2*, 7-12. https://doi.org/10.55401/b0zfbm38

Thu, L. D., & Hoang, T. V. (2021). Study on the adsorption of Congo Red onto graphene oxide/polyvinyl alcohol/Fe_3O_4. *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, *10*, 31-35. https://doi.org/10.51316/jca.2021.086

Vũ, Đ. H, & Bùi, H. B. (2019). Chiết xuất SiO_2 tinh khiết từ tro nhà máy nhiệt điện than. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, 60*(1), 26-33. https://jmes.humg.edu.vn/images/paper/4._Vu_Dinh_Hieu_26-33.pdf

Xu, W., Cai, B., Zhang, X., Zhang, Y., Zhang, Y., & Peng, H. (2024). The biochar derived from pecan shells for the removal of congo red: the effects of temperature and heating rate. *Molecules*, *29*, 5532. https://doi.org/10.3390/molecules29235532

Yang, G., Wu, L., Xian, Q., Shen, F., Wu, J., & Zhang, Y. (2016). Removal of Congo red and methylene blue from aqueous solutions by vermicompost-derived biochars. *PLoS One*, *11*, 154562. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154562

Zhang, L., Tu, L. Y., Liang, Y., Chen, Q., Li, Z. S., Li, C. H., ... & Li, W. (2018). Coconut-based activated carbon fibers for efficient adsorption of various organic dyes. *RSC Advances*, *8*, 42280-42291. https://doi.org/10.1039/C8RA08990F