

Đánh giá khả năng hấp phụ phẩm màu hữu cơ trong nước của than sinh học từ vỏ gỗ Keo lai

Nguyễn Văn Hương, Đặng Thị Thúy Hạt, Trần Thị Thanh Thủy, Lê Huệ Anh
Trường Đại học Lâm nghiệp

Evaluation of the ability to absorb organic dyes of biochar in water of Acacia hybrid stem bark

Nguyen Van Huong, Dang Thi Thuy Hat, Tran Thi Thanh Thuy, Le Hue Anh
Vietnam National University of Forestry

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.13.2.2024.078-085>

TÓM TẮT

Sản xuất than sinh học từ phế phẩm lâm nghiệp không chỉ mang lại hiệu quả kinh tế mà còn góp phần giải quyết các vấn đề môi trường do phế phẩm lâm nghiệp gây ra. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm quy trình sản xuất than sinh học từ vỏ gỗ Keo lai bằng phương pháp nung yếm khí. Điều kiện chế tạo than thích hợp từ vỏ gỗ Keo lai là: kích thước vỏ được nghiền nhỏ cỡ 0,1 – 0,2 cm, nhiệt độ nung 800°C, thời gian nung 30 phút. Đặc trưng về cấu trúc của than sinh học từ vỏ gỗ Keo lai được nghiên cứu bằng các phương pháp SEM, BET, IR. Than sinh học từ vỏ gỗ Keo lai có nhiều lỗ xốp, diện tích bề mặt đạt 24,14 m²/g, kích thước mao quản trung bình khoảng 1,7 nm. Các mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich đều mô tả tốt quá trình hấp phụ Methyl da cam trong nước tại nhiệt độ phòng với các hệ số hồi quy R² lần lượt là 0,9905 và 0,9780. Dung lượng hấp phụ cực đại của quá trình hấp phụ Methyl da cam tính theo mô hình Langmuir là $q_{max} = 34,13$ mg/g.

ABSTRACT

Producing biochar from forestry waste does not only bring the economic efficiency but also contributes to solving environmental pollution caused by forestry waste. This article presents the results of experimental research on the biochar production process from Acacia hybrid wood bark using anaerobic calcination method. Appropriate conditions for making biochar from Acacia hybrid wood bark are: crushed bark size of 0.1 - 0.2 cm, firing temperature 800°C, firing time 30 minutes. Structural characteristics of biochar from Acacia hybrid wood bark were tested by using SEM, BET, IR methods. Biochar from Acacia hybrid wood bark has many pores, surface area reaches 24.14 m²/g, averaged pore size about 1.7 nm. The Langmuir and Freundlich isotherm adsorption models both describe well the adsorption process of Methyl Orange in water at room temperature with regression coefficients R-squared of 0.9905 and 0.9780, respectively. The maximum adsorption capacity of the Methyl Orange adsorption process calculated according to the Langmuir model is $q_{max} = 34.13$ mg/g.

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 03/11/2023

Ngày phản biện: 06/12/2023

Ngày quyết định đăng: 29/12/2023

Từ khóa:

BET, IR, Methyl da cam, SEM, than sinh học, vỏ gỗ Keo lai.

Keywords:

Acacia hybrid wood bark, biochar, BET, IR, Methyl Orange, SEM.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thuốc nhuộm tổng hợp được sử dụng trong công nghiệp dệt, giấy, cao su, da, nhựa và ngành công nghiệp mỹ phẩm đã phát thải các chất màu, gây ô nhiễm nguồn nước. Methyl da

cam là một loại thuốc nhuộm có ý nghĩa quan trọng trong công nghiệp dệt nhưng lại có những tác động độc hại đối với con người, động vật và các hệ thực vật. Những người tiếp xúc với nước thải dệt nhuộm thường mắc các bệnh

về da, ngăn cản sự hấp thụ oxy và ánh sáng mặt trời, gây cản trở hô hấp và sự phát triển của các sinh vật dưới nước.

Đặc điểm nước thải trong ngành dệt và nhuộm là chất rắn lơ lửng, màu, BOD và COD cao. Nước thải loại này thường được xử lý bằng tổ hợp các phương pháp như: cơ học, hóa lý (trung hòa chất thải có tính kiềm hoặc axit mạnh; đông tụ để loại bỏ màu, tạp chất lơ lửng), phương pháp oxy hóa hóa học, điện hóa, sinh học, hấp phụ... Phương pháp hấp phụ để xử lý phẩm nhuộm thường được sử dụng ở giai đoạn cuối nhằm xử lý triệt để. Biochar (than sinh học) là than có độ xốp cao được tạo ra từ quá trình nhiệt phân nguyên liệu thô có nguồn gốc từ sinh khối thực vật hoặc phụ phẩm nông nghiệp (thân cây ngô, vỏ đậu phộng, vỏ gỗ, trấu, phân gia súc và phân gia cầm) trong môi trường yếm khí. Các yếu tố chính quyết định đặc tính của biochar là: thành phần vật liệu ban đầu; các yếu tố của quá trình nhiệt phân (nhiệt độ, khí, thời gian phản ứng, chất xúc tác). Trong quá trình nhiệt phân, ở nhiệt độ thấp xenlulozơ và hemi-xenlulozơ bị mất do bay hơi dẫn tới sự suy giảm về khối lượng. Chất khoáng và bộ khung cacbon vẫn giữ được hình dạng cấu trúc của vật liệu ban đầu, làm cho than có trạng thái xốp và có diện tích bề mặt lớn. Các nhóm chức bề mặt không những được hình thành từ phản ứng với oxi trong quá trình nhiệt phân mà còn là kết quả từ phản ứng với các oxit dạng khí như khí nitơ oxit, khí cacbonic... hay với các dung dịch như axit HNO_3 , H_2O_2 ... Với các tính chất đã nêu, biochar được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như canh tác nông nghiệp (cải tạo đất, giữ ẩm), xử lý ô nhiễm môi trường (chất hấp phụ, xúc tác, chất mang xúc tác). Biochar là vật liệu hấp phụ tiềm năng vì có các tính chất giống than hoạt tính, đặc biệt việc chế tạo biochar đơn giản hơn than hoạt tính và có thể tạo biochar từ các chất thải có nguồn gốc sinh khối. Điều này đã thúc đẩy các nghiên cứu trong nước và quốc tế về chuyển hóa chất thải thành biochar và ứng dụng trong xử lý môi trường hoặc canh tác nông nghiệp, để đạt đồng thời hai mục tiêu: xử lý chất thải từ sinh khối và

xử lý ô nhiễm môi trường, tạo vật liệu cải tạo đất [1-6].

Bài báo này trình bày kết quả chế tạo than sinh học từ vỏ gỗ Keo lai – một nguồn nguyên liệu dồi dào, sẵn có ở Việt Nam; nghiên cứu điều kiện nung vỏ gỗ Keo lai thích hợp bằng phương pháp nung yếm khí, kiểm tra đánh giá độ hấp phụ phẩm màu Methyl da cam; xác định hình thái và diện tích bề mặt than sau nung.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu, hóa chất, thiết bị

Vỏ gỗ cây Keo lai:

Cây Keo lai có tên khoa học là (*Acacia Auriculiformis Mangium*) thuộc họ Đậu (*Fabaceae*) và họ phụ là họ Trinh nữ (*Mimosaceae*). Sau khi tách lấy phần vỏ, rửa sạch bằng nước, phơi khô trong điều kiện tự nhiên, sấy ở nhiệt độ 105°C đến khi khối lượng không đổi.

Hóa chất:

Dung dịch HNO_3 , H_2O_2 , NaOH, HCl, Methyl da cam. Tất cả các hóa chất nêu trên có độ tinh khiết PA, xuất xứ Trung Quốc.

Thiết bị nghiên cứu:

Thiết bị nghiền, thiết bị rây kích thước lỗ (0,32 mm), cân phân tích 4 số, lò nung, máy lắc KS 3000i control, IKA – Đức, tủ sấy UN 160, Memmert – Đức, máy đo quang Cary 100 UV – Vis, Algilent Mỹ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chế tạo vật liệu (nhiệt phân trong môi trường yếm khí)

Nghiên cứu sự biến đổi khối lượng, độ hấp phụ Methyl da cam của mẫu than theo nhiệt độ, thời gian và kích thước, tiến hành quá trình cacbon hóa. Các thí nghiệm được tiến hành với 50 gam vỏ gỗ Keo lai theo 2 kích thước (0,1-0,2 cm); (1,0 – 3,0 cm) cho vào chén sứ có nắp đậy kín, nhiệt độ lò nung không đổi : 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900°C trong các khoảng thời gian: 30, 60, 90, 120 phút.

Xác định hiệu suất thu hồi và dung lượng hấp phụ Methyl da cam của từng mẫu than, lựa chọn nhiệt độ nung, thời gian nung với kích thước vật liệu thích hợp nhất cho quá trình

cacbon hóa vỏ gỗ Keo lai.

Hiệu suất thu hồi than được tính theo công thức:

$$H\% = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó

m_1 : khối lượng mẫu vỏ gỗ Keo lai ban đầu;

m_2 : khối lượng than thu được.

2.2.2. Khảo sát khả năng hấp phụ phẩm màu

Để khảo sát, đánh giá khả năng hấp phụ phẩm màu của than, tiến hành thí nghiệm cân 1,0 gam than hấp phụ trong 100 ml dung dịch Methyl da cam có nồng độ (10, 15, 20, 30, 50, 70ppm), lắc trong 60 phút, tốc độ lắc 50 vòng/phút. Nồng độ Methyl da cam còn lại sau khi hấp phụ được xác định bằng phương pháp hấp thụ nguyên tử Cary 100 UV – Vis, Agilent Mỹ, giới hạn phát hiện 0,5 µg/l.

Xác định hàm lượng hấp phụ đạt ở trạng thái cân bằng, thiết lập phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir – sự hấp phụ đơn lớp trên bề mặt than và phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich.

Phương trình Langmuir có dạng:

$$\frac{C_s}{q} = \frac{1}{K_L q_{max}} + \frac{C_s}{q_{max}} \quad (2)$$

Phương trình Freundlich có dạng:

$$\lg q = \lg K_F + \frac{1}{n} \lg C_s \quad (3)$$

Trong đó

q, q_{max} : dung lượng và dung lượng hấp phụ cực đại (mg/g);

C_s : nồng độ dung dịch tại thời điểm cân bằng;

K_L : hệ số của phương trình Langmuir;

K_F, n : hằng số Freundlich đặc trưng dung lượng hấp phụ và cường độ hấp phụ.

2.2.3. Đặc trưng cấu trúc, hình thái học bề mặt than

Đánh giá đặc trưng cấu trúc bề mặt than sau nung bằng phương pháp hiển vi điện tử quét SEM, diện tích bề mặt riêng BET, phổ hồng ngoại IR.

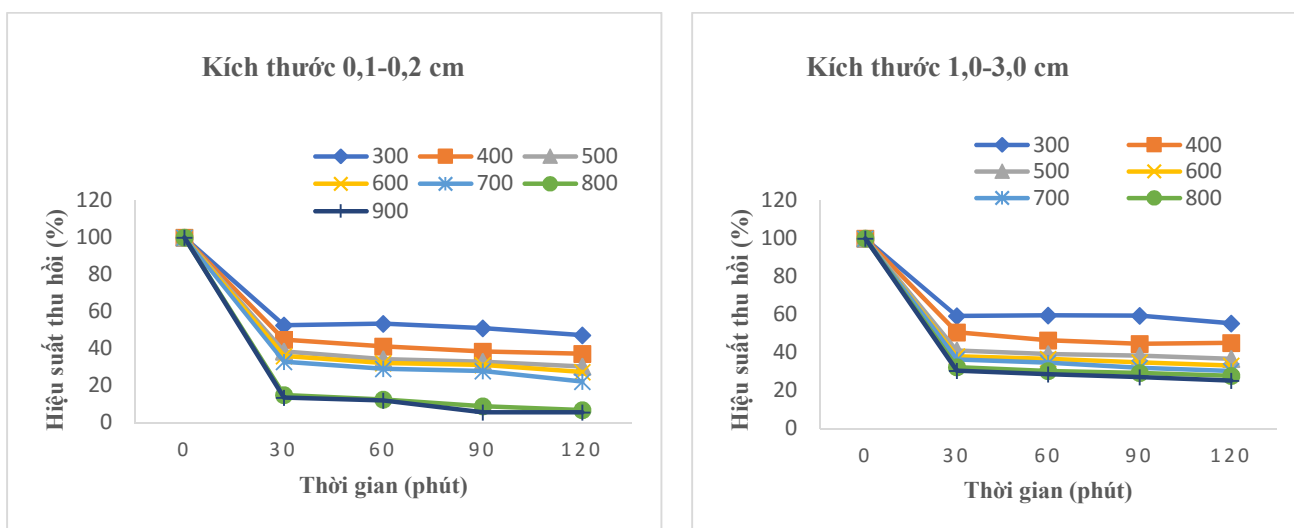
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát quá trình cacbon hóa

3.1.1. Ảnh hưởng của quá trình cacbon hóa đến hiệu suất thu hồi than

Quá trình cacbon hóa vỏ gỗ Keo lai bằng phương pháp yếm khí chính là quá trình nhiệt phân không có oxy. Qua quá trình này, vỏ gỗ Keo lai sẽ được loại bỏ nước, các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi, thơm hóa các sợi cacbon hoặc hình thành lớp graphite tạo các lỗ xốp.

Kết quả thực nghiệm nghiên cứu sự phụ thuộc giữa biến đổi khối lượng mẫu vỏ gỗ Keo lai (m%) vào nhiệt độ và thời gian với 2 loại kích thước (0,1 – 0,2 cm); (1,0 – 3,0 cm) được thể hiện tại Hình 1.



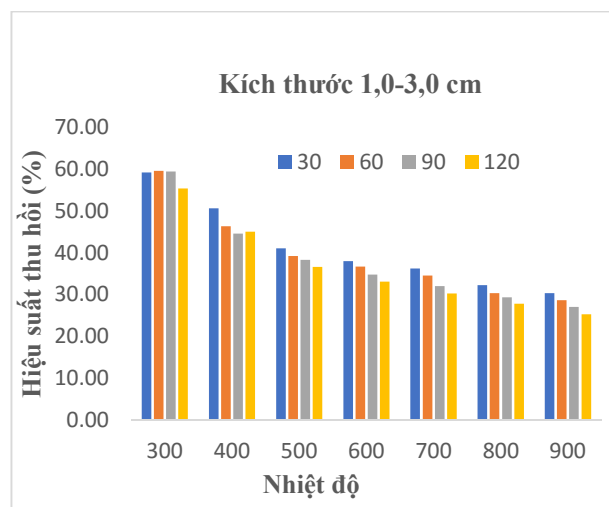
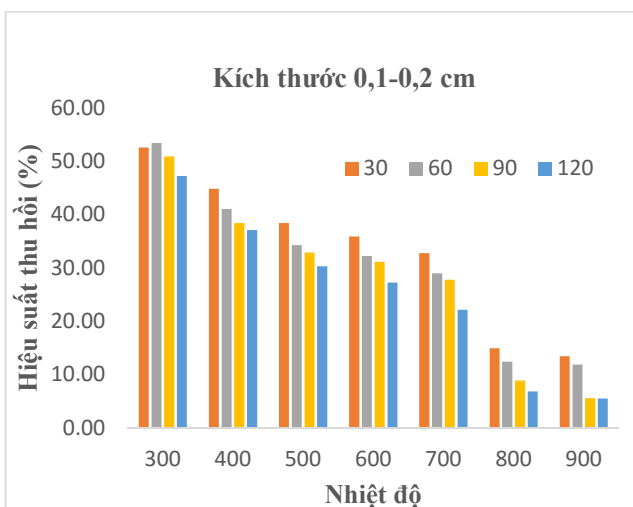
Hình 1. Sự biến thiên khối lượng mẫu của vỏ gỗ Keo lai ở 2 kích thước theo nhiệt độ và thời gian

Từ Hình 1, cho thấy khi ở cả 2 loại kích thước khác nhau, quá trình than hóa xảy ra theo hai giai đoạn rõ rệt, giai đoạn đầu là giai đoạn bay

hơi ẩm diễn ra tương đối nhanh từ 15 đến 30 phút; giai đoạn 2 là quá trình nhiệt phân các chất hữu cơ để tạo than, tốc độ xảy ra chậm.

Tuy nhiên khi nung vỏ gỗ Keo lai ở kích thước nhỏ (0,1 – 0,2 cm) cho hiệu suất thu hồi than nhỏ hơn nhiều so với kích thước lớn (1,0 – 3,0 cm). Điều này được giải thích bởi khi kích thước

vỏ gỗ Keo lai càng nhỏ thì diện tích tiếp xúc nhiệt càng lớn, các hợp chất hữu cơ bị loại bỏ càng nhiều, hiệu suất thu hồi thấp.



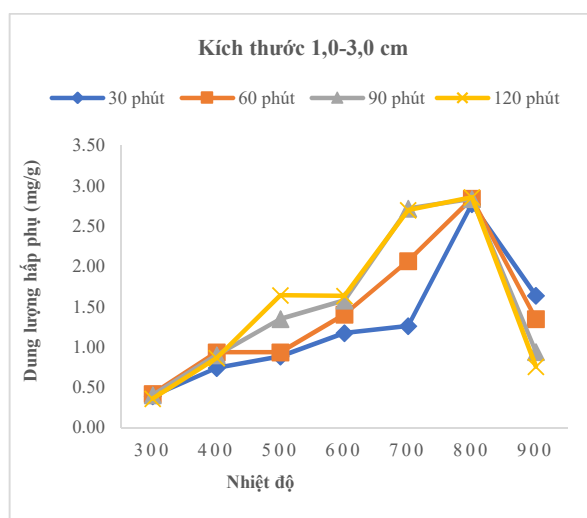
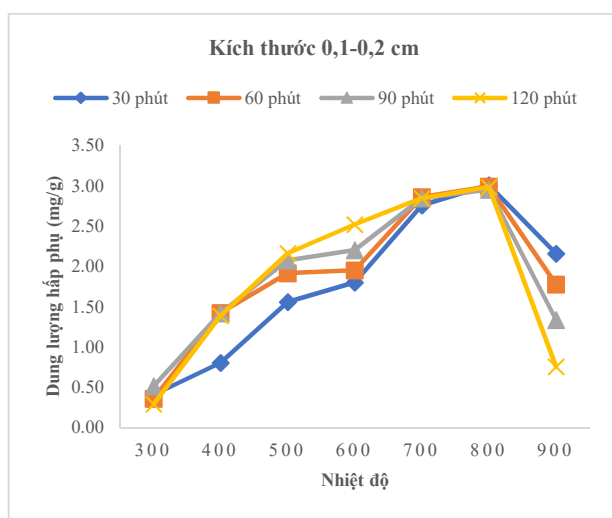
Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian đến hiệu suất thu hồi than

Từ Hình 2 cho thấy, nhiệt độ là yếu tố ảnh hưởng lớn quyết định hiệu suất carbon hóa, cùng thời gian carbon hóa, nhiệt độ càng cao, hiệu suất thu hồi than càng thấp. Do trong quá trình nhiệt phân, ở các nhiệt độ thấp xenlulozo và hemi – xenlulozo bị mất ở dạng hữu cơ bay hơi dẫn đến suy giảm về khối lượng, khi nhiệt

độ cao xảy ra quá trình cháy của cacbon tạo lượng tro hóa nhiều.

3.1.2. Ảnh hưởng của chế độ carbon hóa đến dung lượng hấp phụ Methyl da cam của than

Kết quả khảo sát sơ bộ khả năng hấp phụ Methyl da cam của các mẫu than chế tạo được thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng của chế độ carbon hóa đến dung lượng hấp phụ Methyl da cam

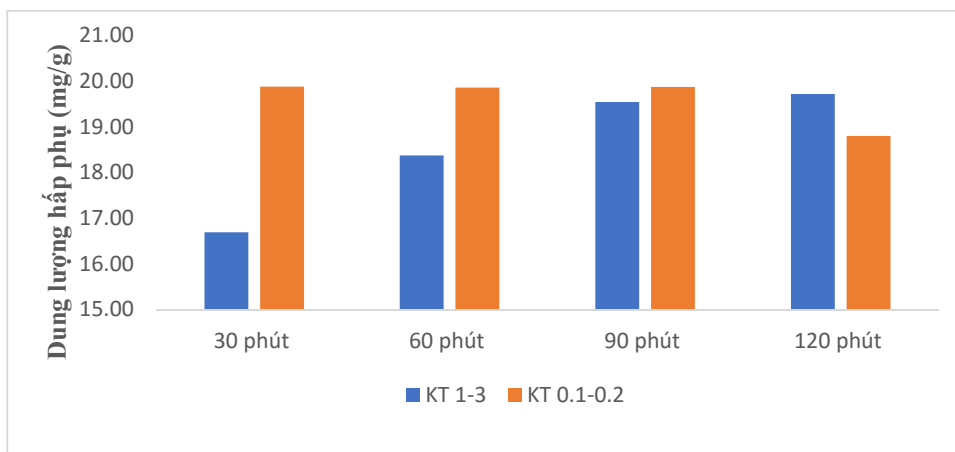
Kết quả cho thấy khi tăng nhiệt độ carbon hóa, dung lượng hấp phụ Methyl da cam tăng lên. Nhưng qua giá trị nhiệt độ 800°C, dung lượng hấp phụ Methyl da cam giảm đi đột ngột, do khi nhiệt độ tăng làm tăng tốc độ carbon

hóa, tạo nhiều tro than, phá vỡ cấu trúc xốp, làm giảm diện tích bề mặt riêng của than, do đó dung lượng hấp phụ giảm.

Để có thể lựa chọn chế độ carbon hóa hiệu quả nhất, tiến hành đánh giá khả năng hấp phụ

metyl da cam của các mẫu than được nung ở 800°C trong các thời gian khác nhau với 2 dạng

kích thước (0,1-0,2 cm); (1,0 – 3,0 cm) ở nồng độ cao 200 ppm. Kết quả được trình bày tại Hình 4.



Hình 4. Dung lượng hấp phụ của các mẫu than cacbon hóa nhiệt độ 800°C

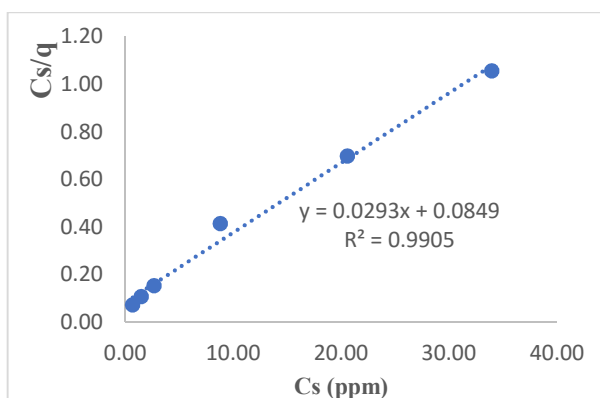
Từ Hình 4, cho thấy đối với mẫu than có kích thước lớn (1,0 – 3,0 cm) khi nung ở 800°C sẽ cho dung lượng hấp phụ Methyl da cam tăng dần khi thời gian nung tăng lên. Tuy nhiên mẫu than có kích thước nhỏ (0,1 – 0,2 cm) đạt giá trị dung lượng hấp phụ lớn trong thời gian ngắn và ổn định trong 1 khoảng thời gian. Chỉ đến khi mẫu than nung trong thời gian quá 120 phút thì dung lượng hấp phụ có dấu hiệu giảm đi, do một phần than bị tro hóa ảnh hưởng tới mạng cacbon, giảm diện tích bề mặt riêng của than, dẫn đến giảm dung lượng hấp phụ Methyl da cam.

Như vậy, có thể lựa chọn điều kiện cacbon hóa vỏ gỗ Keo lai thích hợp: được nghiền nhỏ đến kích thước nhỏ (0,1 – 0,2 cm) tại 800°C

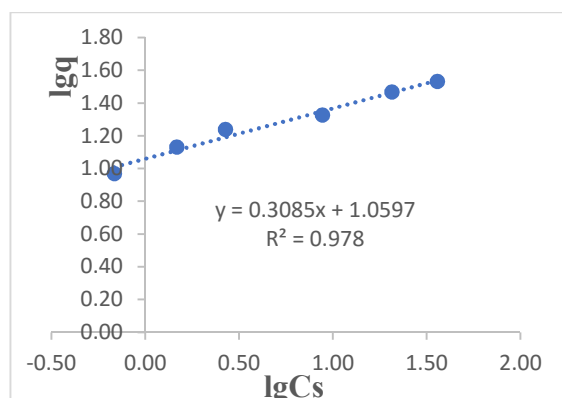
trong thời gian 30 phút vừa đảm bảo hiệu suất thu hồi than, vừa đảm bảo thu được than có khả năng hấp phụ Methyl da cam tốt nhất.

3.2. Khảo sát khả năng hấp phụ phẩm màu Metyl da cam

Đường đẳng nhiệt hấp phụ là mô hình toán học mô tả sự phân bố của hàm lượng Methyl da cam trong nước, dựa trên các giả định liên quan đến đồng nhất/không đồng nhất của vật liệu hấp phụ. Dựa vào khảo sát khả năng hấp phụ Methyl da cam theo nồng độ trên than, xây dựng mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich để tính toán các thông số hấp phụ. Kết quả thu được thể hiện tại Hình 5 và Hình 6.



Hình 5. Phương trình Langmuir thể hiện sự hấp phụ Methyl da cam của than



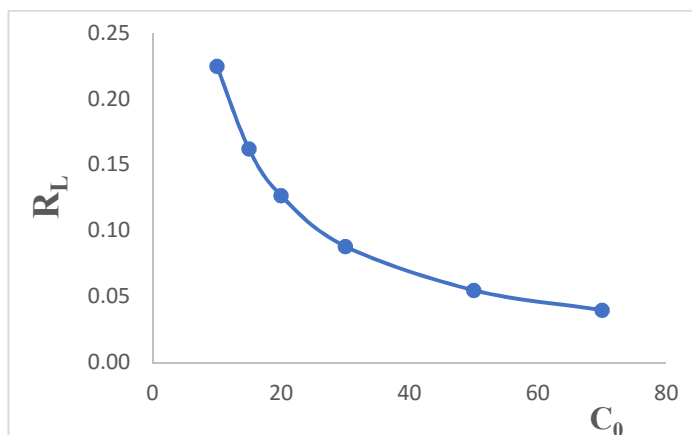
Hình 6. Phương trình Freundlich thể hiện sự hấp phụ Methyl da cam của than

Biết được tham số R_L sẽ đánh giá được mức độ phù hợp giữa số liệu thực nghiệm với mô hình hấp phụ Langmuir và cụ thể:

- $R_L > 1$: không phù hợp;
- $R_L = 1$: tuyến tính;
- $0 < R_L < 1$: phù hợp;

$R_L = 0$ không thuận nghịch.

Xác định tham số R_L , từ đó xây dựng đồ thị sự phụ thuộc của R_L vào nồng độ ban đầu Methyl da cam, kết quả thu được thể hiện tại Hình 7.



Hình 7. Sự phụ thuộc của R_L vào nồng độ ban đầu methyl da cam

Kết quả trên Hình 7, tham số Langmuir R_L nằm trong khoảng ($0 < R_L < 1$), là dạng thuận lợi. Kết quả cũng cho thấy tham số R_L phụ thuộc vào nồng độ ban đầu chất bị hấp phụ C_0 , C_0

càng tăng thì R_L càng dần đến 0, nghĩa là khi nồng độ ban đầu chất bị hấp phụ tăng thì mô hình càng có xu thế tiến dần đến mô hình không thuận lợi.

Bảng 1. Các thông số trong mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich than từ vỏ gỗ Keo lai

Mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir	Phương trình dạng tuyến tính	R^2	q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)
	$y = 0,0293x + 0,0849$	0,9905	34,13	0,35
Mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich	Phương trình dạng tuyến tính	R^2	n	K_F (mg/g)
	$y = 0,3085x + 1,0597$	0,9780	3,24	11,47

Từ kết quả trong Bảng 1, các hệ số tương quan R^2 khá cao ($R^2 = 0,9905$) cho mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir, ngược lại hệ số tương quan R^2 cho mô hình đẳng nhiệt Freundlich lại có giá trị thấp ($R^2 = 0,9780$); các giá trị tham số cân bằng R_L (Hình 7) và hệ số n đều nằm trong khoảng thuận lợi cho quá trình hấp phụ. Như vậy mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir là mô hình thuận lợi mô tả quá trình hấp phụ Methyl da cam của than chế tạo từ vỏ gỗ Keo lai, với giả định rằng bề mặt hấp phụ chỉ có thể xảy ra ở đơn lớp bề mặt và sự hấp phụ

xảy ra đồng nhất.

Dung lượng hấp phụ cực đại Methyl da cam của than từ vỏ gỗ Keo lai (34,13 mg/g) cao hơn so với một số than hoạt tính chế tạo từ các nguồn tro trấu (33,50 mg/g), than hoạt tính từ gạo dứa (9,34 mg/g), nhưng thấp hơn so với than thân tre (312,50 mg/g) và than bã đậu nành (153,85 mg/g), than chế tạo từ lignin (300,00 mg/g). Tuy nhiên, phương pháp này không sử dụng hóa chất, dễ tiến hành hơn so với quá trình sản xuất than hoạt tính, thiết bị đơn giản (nung yếm khí) nên có thể dễ dàng áp

dụng sản xuất ở các vùng sâu, vùng xa. Trong khi sản xuất than hoạt tính cần có công nghệ sản xuất phức tạp hơn rất nhiều.

Kết quả này cũng cho thấy khả năng hấp phụ

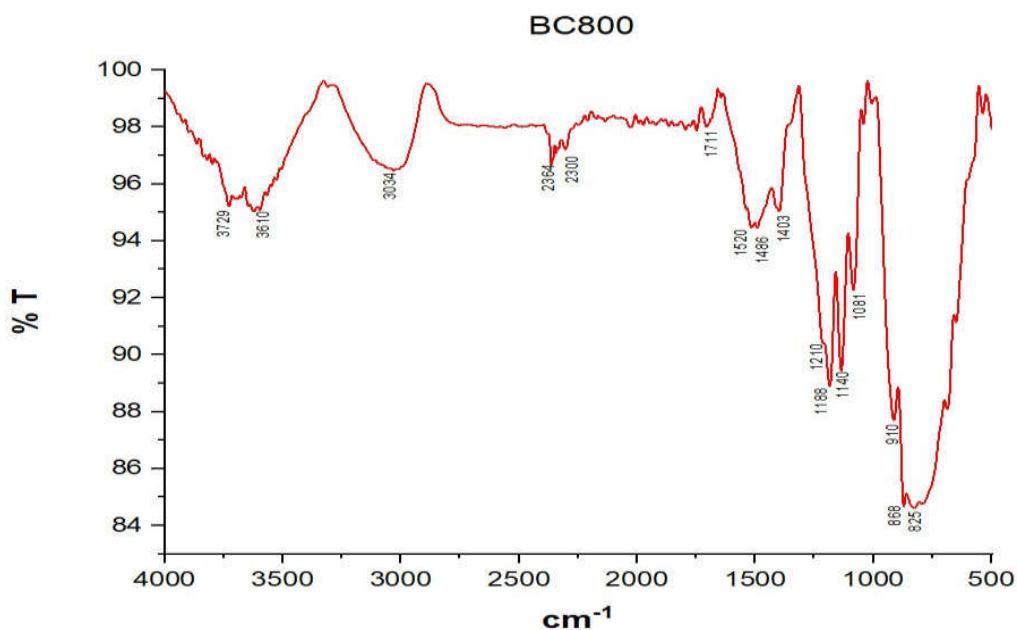
Methyl da cam của các loại than phụ thuộc bản chất của nguyên liệu đầu vào chế tạo than và quy trình chế tạo cũng như tác nhân hoạt hóa. Cụ thể dữ liệu được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2. Dung lượng hấp phụ metyl da cam của than từ vỏ gỗ Keo lai và một số than khác

TT	Nguyên liệu đầu chế tạo than	Tác nhân hoạt hóa	q_{max} (mg/g)	Tài liệu tham khảo
1	Thân tre	KOH	312,50	[5]
2	Than Trà Bắc (gáo dừa)	HNO ₃ /H ₂ O ₂	9,34	[6]
3	Lignin	ZnCl ₂	300,00	[7]
4	Tro trấu	HF	33,50	[8]
5	Bã đậu nành	ZnCl ₂	153,85	[9]
6	Vỏ gỗ Keo lai	-	34,13	Bài báo này

3.3. Một số đặc trưng cấu trúc của than từ vỏ gỗ Keo lai

Kết quả phổ hồng ngoại của than sinh học BC từ vỏ gỗ Keo lai được trình bày tại Hình 8.

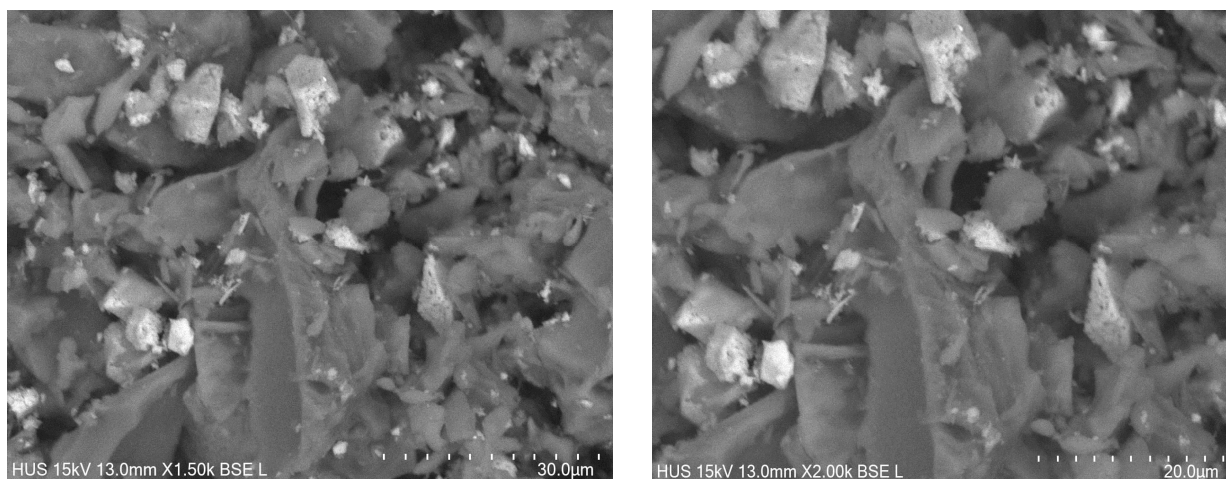


Hình 8. Phổ hồng ngoại của than sinh học BC từ vỏ gỗ Keo lai

Kết quả phổ hồng ngoại của mẫu BC, than sinh học thu được từ quá trình nung yếm khí vỏ gỗ Keo lai tại nhiệt độ 800°C đã cho thấy sự xuất hiện của dải peak rộng trong vùng từ 3000 - 3700 cm⁻¹, tương ứng với các dao động của nhóm chức O-H và C-OH. Peak có cường độ nhỏ ở khoảng tần số 1711 cm⁻¹ tương ứng với sự xuất hiện của nhóm chức C = O. Các dao động C-H cũng tồn tại thể hiện của sự xuất hiện các peak từ 1400-1500 cm⁻¹. Sự xuất hiện của các peak trong dải tần số từ 1000 tới 1100 cm⁻¹ tương ứng với các dao động C-O. Các peak từ

800 tới khoảng 910 cm⁻¹, tương ứng với các dao động = CHR. Kết quả trên cho thấy, khi nung trong yếm khí vỏ gỗ Keo lai ở khoảng 800°C tạo thành carbon hoạt tính với các nhóm chức -C-OH hoặc -COOH có khả năng tương tác với các hợp chất màu, từ đó có thể tạo nên khả năng hấp phụ phẩm màu tốt.

Ảnh chụp SEM của mẫu than sinh học BC đã thể hiện hình dạng và cấu trúc bề mặt than khá rõ nét. Trên bề mặt than xốp, xuất hiện các lỗ rỗng giúp mẫu tăng hiệu suất hấp phụ phẩm màu. Kết quả chụp SEM được thể hiện ở Hình 9.



Hình 9. Ảnh SEM than sinh học BC từ vỏ gỗ Keo lai

Kết quả đo diện tích bề mặt riêng bằng phương pháp BET mẫu than sinh học BC cho thấy giá trị diện tích bề mặt $24,14 \text{ m}^2/\text{g}$, kết quả này tương đối gần với các kết quả xác định diện tích bề mặt của một số loại than sinh học được chế tạo từ các loại sinh khối thực vật khác, từ rơm rạ (nhiệt độ nung 500°C) là $30,5 \text{ m}^2/\text{g}$ [10]. Với kích thước lỗ rỗng $1,7 \text{ nm}$ tương đương kích thước các lỗ nhỏ (Micropores), làm gia tăng khả năng hấp phụ phẩm màu.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã cho thấy khối lượng than sinh học có nguồn gốc từ vỏ gỗ Keo lai – một phụ phẩm lâm nghiệp, có đặc tính đáp ứng khả năng triển khai áp dụng xử lý nguồn nước bị ô nhiễm. Phương pháp sản xuất thỏa mãn tiêu chí an toàn, đơn giản, dễ vận hành, phù hợp với điều kiện quy mô nhỏ, với thời gian nhiệt phân tương đối ngắn (30 phút). Các thí nghiệm hấp phụ phẩm màu Methyl da cam cho dung lượng hấp phụ cực đại tương đối khả quan so với các loại than sinh học từ các nguồn phụ phẩm nông nghiệp. Sự hấp phụ của Methyl da cam trên than từ vỏ gỗ Keo lai là hấp phụ đơn lớp, tuân theo mô hình Langmuir. Dung lượng hấp phụ cực đại Methyl da cam của vật liệu đạt giá trị $34,13 \text{ mg/g}$. Đặc trưng cấu trúc vật liệu cho thấy sự hình thành các nhóm chức axit $-\text{COOH}$, diện tích bề mặt than lớn, than xốp làm tăng tính hấp phụ phẩm màu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. J.S. Cha, S.H. Park, S.-C. Jung, C. Ryu, J.-K. Jeon & M.- C. Shin (2016). Production and Utilization of Biochar:

A Review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 40: 1-15.

<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2016.06.002>.

[2]. C. Djilani, R. Zaghdoudi & F. Djazi (2015). Adsorption of dyes on activated carbon prepared from apricot stones and commercial activated carbon. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 53: 112-121.

[3]. Q. Miao, Y. Tang, J. Xu, X. Liu, L. Xiao & Q. Chen (2013). Activated carbon prepared from soybean straw for phenol adsorption. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 44: 458-465.

[4]. S. Yakout, M. Hassan, M. R. El-Zaidy, O. H. Shair & A. M. Salih (2019). Kinetic study of methyl orange adsorption on activated carbon derived from pine (*Pinus strobus*) sawdust. *BioRes.* 14 (2): 4560-4574.

[5]. Nguyen Thi Anh Tuyet & Vu Thi Hau (2021). Preparation of active carbons from bamboo stalks and investigation of methylene orange adsorption of it. *Journal of Analytical Sciences*. 26 (4A): 136-141.

[6]. Nguyễn Văn Hương (2017). Nghiên cứu biến tính bề mặt than hoạt tính Trà Bắc và khảo sát khả năng hấp phụ một số phẩm màu trong nước thải dệt nhuộm. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*. (1): 56-60.

[7]. K. Mahmoudi, N. Hamdi, A. Kriaa & E. Srasra (2012). Adsorption of methyl orange using activated carbon prepared from lignin by ZnCl_2 treatment. *Russian Journal of Physical Chemistry A*. 8 (86): 1294-1300.

[8]. Phan Phuoc Toan, Nguyen Trung Thanh & Ngo Thi Diem Trang (2016). Characterization and adsorption capacity of methyl orange of activated rice husk ash. *Can Tho University Journal of Science*. (42): 50-57.

[9]. Nguyen Thi Anh Tuyet & Vu Thi Hau (2022). Study on the adsorption capacity of orange methylene on activated carbon prepared from soybean residue. *TNU Journal of Science and Technology*. 227 (11): 12-19.

[10]. Nguyễn Công Mạnh & Nguyễn Trí Quang Hưng (2022). Khảo sát khả năng hấp phụ xử lý nước của than sinh học từ sinh khối phụ phẩm nông nghiệp. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*. 738: 23 -33.