

PREPARATION OF ACTIVATED CARBON FROM MORINGA OLEIFERA BARK AND ITS APPLICATIONS FOR ADSORPTION OF Cu(II) FROM AQUEOUS SOLUTION

Duong Thi Tu Anh^{1*}, Doan Manh Cuong²

¹TNU - University of Education

²TNU - University of Information and Communication Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Received: 25/3/2021</p> <p>Revised: 28/5/2021</p> <p>Published: 31/5/2021</p>	<p>Activated carbon was produced from Moringa Oleifera bark by denaturing of H₃PO₄ and Na₂CO₃ (M1), used to remove the Cu(II) from aqueous solution. Some physiochemical characteristics of M1 were studied by Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) techniques. The effect of pH (2.0 – 6.0), exposure time (30 - 180 minutes) and the amount of adsorbent (0.025 – 0.20 grams) on Cu(II) adsorption efficiency of M1 were also studied. The results showed that the time to reach equilibrium adsorption and the optimal value of pH and the amount of adsorbent for Cu adsorption process were 5 and 120 minutes and 0.10 grams, respectively. The maximum monolayer adsorption capacity of M1 was 95.24 mg/g, which means M1 is able to be act as a promising adsorbent for removing Cu (II) from aqueous solutions.</p>
<p>KEYWORDS</p> <p>Activated carbon</p> <p>Adsorption</p> <p>Bark of Moringa Oleifera</p> <p>Langmuir isotherm</p> <p>Cupren</p>	

CHẾ TẠO THAN HOẠT TÍNH TỪ VỎ CÂY CHÙM NGÂY VÀ ỨNG DỤNG HẤP PHỤ Cu(II) TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC

Dương Thị Tú Anh^{1*}, Đoàn Mạnh Cường²

¹Trường Đại học Sư phạm - ĐH Thái Nguyên

²Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông - ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<p>Ngày nhận bài: 25/3/2021</p> <p>Ngày hoàn thiện: 28/5/2021</p> <p>Ngày đăng: 31/5/2021</p>	<p>Than hoạt tính (M1) được chế tạo từ vỏ cây chùm ngây bằng cách biến tính bởi H₃PO₄ và Na₂CO₃, được sử dụng để loại bỏ ion Cu(II) khỏi dung dịch nước. Một số đặc điểm hóa lý của M1 đã được nghiên cứu bằng kỹ thuật kính hiển vi điện tử quét (SEM) và quang phổ tán xạ năng lượng (EDS). Ảnh hưởng của pH (2,0 - 6,0), thời gian hấp phụ (30 - 180 phút) và lượng chất hấp phụ (0,025 - 0,20 gam) đến hiệu quả hấp phụ Cu(II) của M1 cũng được nghiên cứu. Kết quả cho thấy, thời gian đạt cân bằng hấp phụ, giá trị pH và lượng chất hấp phụ tối ưu cho quá trình hấp phụ Cu(II) lần lượt là 120 phút, pH bằng 5 và 0,10 gam. Dung lượng hấp phụ cực đại của M1 là 95,24 mg/g, có nghĩa là M1 có thể hoạt động như một chất hấp phụ để loại bỏ khá dễ dàng Cu (II) khỏi dung dịch nước.</p>
<p>TỪ KHÓA</p> <p>Than hoạt tính</p> <p>Hấp phụ</p> <p>Vỏ cây chùm ngây</p> <p>Đẳng nhiệt Langmuir</p> <p>Đồng</p>	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4218>

* Corresponding author. Email: anhdtt@tnue.edu.vn

1. Giới thiệu

Ô nhiễm môi trường nói chung và ô nhiễm môi trường nước nói riêng bởi các chất độc hại khác nhau, đặc biệt sự ô nhiễm bởi các ion kim loại nặng (trong đó có Cu (II)) đã và đang là vấn đề được các nhà khoa học quan tâm. Vấn đề cấp bách cần giải quyết đó là, tìm ra phương pháp tối ưu nhằm loại bỏ chúng khỏi môi trường nước. Hiện nay có nhiều phương pháp khác nhau đã được nghiên cứu và áp dụng để tách loại các ion kim loại nặng ra khỏi môi trường nước như phương pháp điện hóa, phương pháp quang xúc tác, phương pháp hấp phụ... Trong đó, phương pháp hấp phụ được lựa chọn nhiều và mang lại những kết quả khả quan [1]-[12]. Ưu điểm của phương pháp hấp phụ là tận dụng các phụ phẩm nông nghiệp, công nghiệp làm vật liệu hấp phụ để xử lý nguồn nước ô nhiễm. Hơn nữa nguồn nguyên liệu này rẻ tiền, sẵn có và không đưa thêm vào môi trường các tác nhân độc hại khác. Một trong số đó có thể kể tới là cây chùm ngây [2]-[11]. Tuy nhiên, trong một số nghiên cứu các tác giả chủ yếu sử dụng tác nhân biến tính nguyên liệu đầu (lá, vỏ, vỏ hạt cây chùm ngây) là dung dịch kiềm [6] hoặc dung dịch axit [5], [7], [9], [11], hoặc không sử dụng tác nhân biến tính [2], [3] để chế tạo than hoạt tính làm vật liệu hấp phụ. Olugbenga Solomon Bello và cộng sự [8] đã sử dụng đồng thời H_2SO_4 và $NaOH$ để biến tính nguyên liệu đầu là lá cây chùm ngây. Kết quả nghiên cứu của các tác giả cho thấy, với mỗi tác nhân biến tính khác nhau, than hoạt tính thu được có dung lượng hấp phụ khác nhau. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu sự hấp phụ các dạng Cu(II) trong môi trường nước của than hoạt tính chế tạo từ vỏ cây chùm ngây với các tác nhân biến tính được sử dụng là Na_2CO_3 (rắn) và dung dịch H_3PO_4 40%.

2. Thực nghiệm

2.1. Hóa chất

Nước cất hai lần; $NaOH$ (rắn); $Na_2S_2O_3$ (rắn); Na_2CO_3 (rắn); Dung dịch HCl 37%; Dung dịch H_3PO_4 40%; Dung dịch chuẩn $Cu(NO_3)_2$ 1000 ppm ± 2 . Tất cả hóa chất đều có độ tinh khiết PA của Merck.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chế tạo than hoạt tính từ vỏ cây chùm ngây

Vỏ cây chùm ngây được lấy từ tháng 10 năm 2020 ở các hộ gia đình thuộc thị trấn Sông Cầu, huyện Đồng Hỷ, tỉnh Thái Nguyên, được sử dụng để chế tạo vật liệu hấp phụ (VLHP).

Trước hết rửa sạch vỏ cây chùm ngây đã thu thập được bằng nước máy để loại bỏ các chất bụi bẩn, rửa lại nhiều lần bằng nước cất. Sau đó sấy khô ở $105^\circ C$ trong 12h. Để nguội đến nhiệt độ phòng, nghiền nhỏ, rây đến kích thước $d \leq 1$ mm ta thu được nguyên liệu đầu [1], ký hiệu là M0, được sử dụng để chế tạo vật liệu hấp phụ.

Biến tính nguyên liệu (M0) bằng axit H_3PO_4 40% với tỉ lệ M0: H_3PO_4 40% (m/V) là 2:1, tiến hành loại nước trong hỗn hợp bằng cách sấy qua đêm trong tủ sấy ở nhiệt độ $80^\circ C$ [12]. Sau đó, than hoá nguyên liệu ở $450^\circ C$ trong 30 phút. Rửa sạch bằng nước cất hai lần, loại bỏ muối than ở pH=7, sấy khô ở nhiệt độ $105^\circ C$ ta thu được vật liệu ban đầu.

Tiếp tục biến tính vật liệu lần 2 với Na_2CO_3 theo tỉ lệ vật liệu: Na_2CO_3 (m/m) là 4:1. Hoạt hoá vật liệu đã biến tính ở $750^\circ C$ trong thời gian 30 phút. Rửa sạch, loại bỏ muối than ở pH=7. Sau đó sấy mẫu vừa rửa ở nhiệt độ $105^\circ C$ trong 2 giờ, để nguội về đến nhiệt độ phòng. Nghiền nhỏ ta thu được VLHP từ vỏ cây chùm ngây [12], kí hiệu là M1. Đưa vật liệu thu được vào túi zipper và bảo quản trong bình hút ẩm.

2.2.2. Khảo sát thành phần, hình thái học bề mặt của M0 và M1

Hình thái học bề mặt của M0, M1 được khảo sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) JEOL JSM-6500F hoạt động tại điện thế 15 kV. Thành phần của M0, M1 được xác định bằng phương pháp phổ tán xạ năng lượng (EDS). Các phép đo được tiến hành tại Viện Kỹ thuật Nhiệt đới - Viện

Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Nồng độ của Cu(II) trước và sau hấp phụ được xác định bằng phương pháp AAS với kỹ thuật nguyên tử hóa bằng ngọn lửa trên máy AAS novAA 400P (Analytik Jena – Đức), tại khoa Hóa học - Trường Đại học Sư phạm - Đại học Thái Nguyên.

2.2.3. Xác định chỉ số hấp phụ iot của M1

Chỉ số hấp phụ iot là một tham số cơ bản được sử dụng để đánh giá khả năng hấp phụ của than hoạt tính. Tham số này là thước đo hàm lượng mesopores của than hoạt tính (vật liệu) bằng cách hấp phụ iot trong dung dịch. Các mesopores có khả năng làm thay đổi diện tích bề mặt riêng của than hoạt tính được tạo ra trong quá trình hoạt hóa bằng axit và bazơ.

Chỉ số hấp phụ iot là hàm lượng iot đã hấp phụ trên 1 đơn vị trọng lượng khô của than hoạt tính, dùng để đánh giá khả năng hấp phụ của than trong môi trường nước [12].

Chỉ số hấp phụ iot trong dung dịch được tính theo công thức sau:

$$Q = \frac{(C_0 V_0 - C_{cb} V_{cb}) M_{I_2}}{m}$$

Trong đó: Q là chỉ số hấp phụ iot (mg/g); M_{I_2} là khối lượng mol phân tử của I_2 (g/mol); m là khối lượng than dùng để hấp phụ I_2 (g); C_0 là nồng độ ban đầu của iot trong dung dịch (mol/L); C_{cb} là nồng độ sau khi hấp phụ của iot trong dung dịch (mol/L); V_0 là thể tích ban đầu của dung dịch (mL); V_{cb} là thể tích dung dịch sau khi hấp phụ (mL).

Căn cứ sự chênh lệch giữa nồng độ ban đầu (C_0) và nồng độ cân bằng (C_{cb}) ta xác định được lượng iot bị hấp phụ trên VLHP [12].

2.2.4. Xác định điểm đẳng điện của M1

Chuẩn bị các dung dịch NaCl 0,1M có pH ban đầu (pH_{bd}) được điều chỉnh tăng dần từ 3 đến 11 bằng các dung dịch HCl 1,0M và dung dịch NaOH 1,0M. Lấy 09 bình tam giác có dung tích 100 mL, cho vào mỗi bình 0,05 g vật liệu M1. Sau đó cho lần lượt vào các bình tam giác 50 mL dung dịch có pH_{bd} tăng dần đã chuẩn bị ở trên. Để yên trong vòng 48 h, lọc lấy dung dịch và xác định lại pH cân bằng (pH_{cb}) của các dung dịch trên. Sự chênh lệch giữa pH_{bd} và pH_{cb} là $\Delta pH = pH_{bd} - pH_{cb}$, vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của ΔpH vào pH_{bd} , điểm giao nhau của đường cong với trục hoành ứng với tọa độ mà tại đó giá trị $\Delta pH = 0$ cho ta điểm đẳng điện cần xác định.

2.3. Nghiên cứu hấp phụ đồng (Cu) theo phương pháp hấp phụ tĩnh

2.3.1. Khảo sát ảnh hưởng của pH

Cân mỗi mẫu 0,10 g vật liệu M1, chuyển vào các bình erlen có dung tích 100 mL. Thêm 50 mL dung dịch ion Cu(II) có nồng độ ban đầu là 50,25 mg/L vào các bình erlen trên. Điều chỉnh pH của các dung dịch chứa ion Cu(II) đến các giá trị tương ứng lần lượt là: 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 và 6,0 bằng các dung dịch NaOH và HCl. Tiến hành lắc trên máy lắc trong khoảng thời gian 120 phút ở nhiệt độ phòng ($25^\circ C \pm 1$) với tốc độ lắc 250 vòng/phút. Sau đó tiến hành phân lớp dung dịch trong các bình erlen bằng cách li tâm với tốc độ 3000 vòng/phút, trong thời gian 10 phút. Xác định nồng độ còn lại của Cu(II) trong dung dịch thu được bằng phương pháp AAS.

2.3.2. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian

Cân mỗi mẫu 0,10 g vật liệu M1, rồi chuyển vào các bình erlen có dung tích 100 mL. Thêm 50 mL dung dịch ion Cu(II) có nồng độ ban đầu là 52,35 mg/L vào các bình erlen trên. Điều chỉnh pH của các dung dịch chứa ion Cu(II) đến giá trị pH 5 bằng các dung dịch NaOH và HCl. Tiến hành lắc với tốc độ lắc 250 vòng/phút trên máy lắc trong khoảng thời gian khác nhau từ 30 ÷ 180 phút ở nhiệt độ phòng ($25^\circ C \pm 1$). Sau đó tiến hành phân lớp dung dịch và xác định nồng độ còn lại của Cu(II) trong dung dịch thu được tương tự như phần 2.3.1.

2.3.3. Khảo sát ảnh hưởng của khối lượng vật liệu M1

Đưa vào các bình erlen 100 mL những khối lượng khác nhau của vật liệu M1 (thay đổi lần lượt từ 0,025 - 0,2 g). Thêm tiếp vào mỗi bình erlen trên 50 mL dung dịch Cu(II) có nồng độ ban đầu là 55,51 mg/L. Điều chỉnh pH của các dung dịch chứa ion Cu(II) đến giá trị pH=5 bằng các dung dịch NaOH và HCl. Tiếp tục tiến hành lắc, phân lớp dung dịch và xác định nồng độ còn lại của Cu(II) trong dung dịch thu được tương tự như phần 2.3.1.

2.3.4. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ

Cho vào mỗi bình tam giác 0,10 g vật liệu M1 và 50 mL dung dịch Cu(II) có nồng độ ban đầu thay đổi lần lượt là: 54,22; 73,69; 88,55; 130,92; 159,94; 183,59; 205,12; 227,20 và 253,88 mg/L (đã được xác định chính xác nồng độ). Điều chỉnh pH của các dung dịch chứa ion Cu(II) đến giá trị pH=5 bằng các dung dịch NaOH và HCl. Tiếp tục tiến hành lắc, phân lớp dung dịch và xác định nồng độ còn lại của Cu(II) trong dung dịch thu được tương tự như phần 2.3.1.

Dung lượng hấp phụ tính theo công thức:

$$q = \frac{(C_0 - C_{cb}) \cdot V}{m}$$

Trong đó: V là thể tích dung dịch chất bị hấp phụ (L), m là khối lượng chất hấp phụ (g), C_0 là nồng độ ban đầu của dung dịch chất bị hấp phụ (mg/L), C_{cb} là nồng độ cân bằng của dung dịch chất bị hấp phụ (mg/L), q là dung lượng hấp phụ tại thời điểm cân bằng (mg/g).

Dung lượng hấp phụ cực đại được xác định theo phương trình hấp phụ Langmuir dạng tuyến tính:

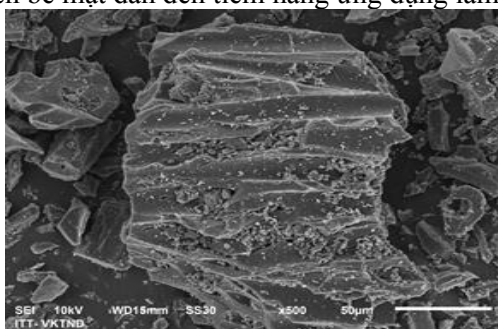
$$\frac{C_{cb}}{q} = \frac{1}{q_{\max}} C_{cb} + \frac{1}{q_{\max} \cdot b}$$

Trong đó: q_{\max} là dung lượng hấp phụ cực đại (mg/g), b là hằng số Langmuir.

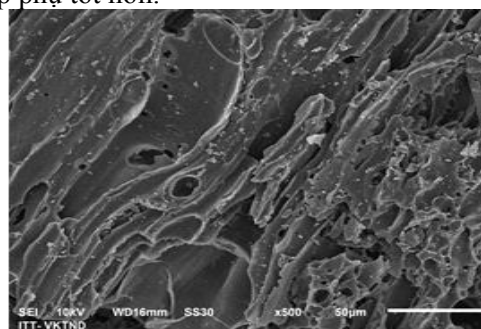
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả khảo sát hình thái học bề mặt, thành phần của M0 và M1

Kết quả khảo sát hình thái học bề mặt của M0 và M1 được thể hiện trên các hình 1 và 2. Từ hình 1 và 2 nhận thấy, vỏ cây chùm ngây sau khi được hoạt hóa bằng H_3PO_4 và Na_2CO_3 đã có hình thái học bề mặt thay đổi rõ rệt so với khi chưa hoạt hóa. Cụ thể, trước khi hoạt hóa (hình 1), mẫu M0 có bề mặt nhẵn, kém xốp. Sau khi được hoạt hóa hai bước H_3PO_4 và Na_2CO_3 (hình 2), VLHP M1 đã hình thành các mao quản dạng lớp, tạo nên nhiều khoảng trống, tăng độ xốp hơn trên bề mặt dẫn đến tiềm năng ứng dụng làm chất hấp phụ tốt hơn.



Hình 1. Hình thái học bề mặt của M0

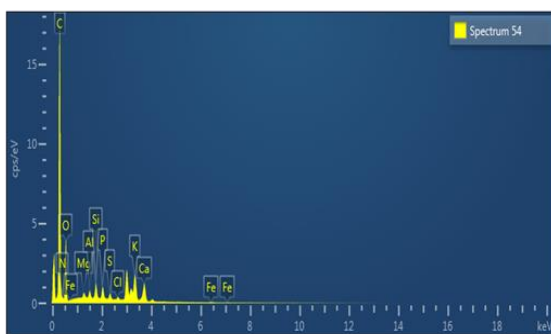


Hình 2. Hình thái học bề mặt của M1

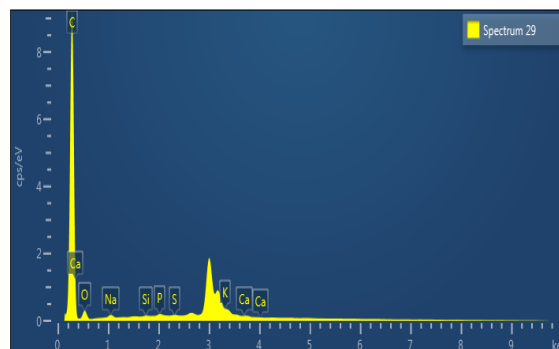
Kết quả khảo sát thành phần của M0 và M1 được thể hiện trên các hình 3, 4 và bảng 1.

Kết quả phân tích ở bảng 1 cho thấy, mẫu M0 có hàm lượng carbon tính theo % khối lượng là 55,06% (theo % nguyên tử là 63,82%) và lượng oxy tính theo % khối lượng là 27,25% (theo % nguyên tử là 23,71%). Mẫu VLHP M1 có hàm lượng carbon tính theo % khối lượng là 90,75% (theo % nguyên tử là 93,60%) và lượng oxy tính theo % khối lượng là 7,15% (theo % nguyên tử

là 5,54%). Theo kết quả trên, hàm lượng C của VLHP M1 (90,75%) cao hơn rất nhiều so với M0 (55,06%); còn hàm lượng O của VLHP M1 (7,15%) thấp hơn rất nhiều so với M0 (27,25%). Như vậy, mẫu VLHP M1 có lượng carbon cao và lượng oxy thấp được cho là mẫu có tiềm năng hấp phụ hiệu quả trong việc loại bỏ phẩm nhuộm, ion kim loại nặng và các chất hữu cơ khác gây ô nhiễm trong môi trường nước.



Hình 3. Phổ đồ EDS của M0



Hình 4. Phổ đồ EDS của M1

Bảng 1. Kết quả phân tích EDS của M0 và M1

M0			M1		
Nguyên tố	% khối lượng	% nguyên tử	Nguyên tố	% khối lượng	% nguyên tử
C	55,06	63,82	C	90,75	93,60
O	27,25	23,71	O	7,15	5,54
Mg	0,30	0,17	Ca	0,48	0,15
Fe	0,18	0,04	P	0,44	0,17
N	9,15	9,10	S	0,30	0,11
S	0,48	0,21	K	0,13	0,04
Cl	0,13	0,05	Si	0,20	0,09
Ca	2,51	0,87	Na	0,55	0,30
Al	0,42	0,22	Tổng cộng	100,00	100,00
K	2,83	1,01			
P	0,84	0,38			
Si	0,83	0,41			
Tổng cộng	100,00	100,00			

3.2. Một số thông số vật lý của M1

Kết quả phân tích một số thông số vật lý của VLHP M1 được thể hiện trên bảng 2:

Bảng 2. Kết quả phân tích một số thông số vật lý của VLHP M1

Độ tro (%)	$29,57 \pm 1,06$
Độ ẩm (%)	$1,47 \pm 0,02$
Khối lượng riêng (g/cm^3)	$1,42 \pm 0,05$

Theo tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9068/2012 quy định về than hoạt tính có khả năng xử lý nước thải: Độ ẩm không vượt quá 8%; Khối lượng riêng lớn hơn $0,336 \text{ g}/\text{cm}^3$; Tỷ lệ tro càng lớn càng cho hiệu quả hấp phụ cao. Từ bảng 3 cho thấy, các thông số vật lý của VLHP M1 đạt tiêu chuẩn TCVN 9068/2012 quy định về than hoạt tính nên được sử dụng trong việc xử lý nước thải.

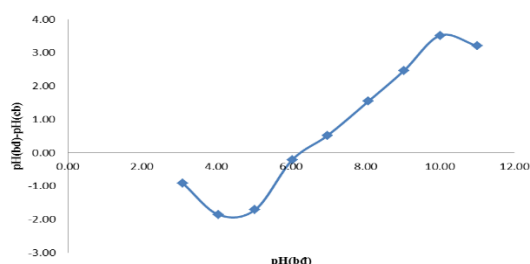
3.3. Chỉ số hấp phụ iốt của M1

Kết quả tính toán được chỉ số iốt của VLHP M1 là 889 mg/g, lớn hơn so với TCVN 9068/2012 (chỉ số iốt lớn hơn 500 mg/g). Do đó, VLHP M1 chế tạo được có khả năng hấp phụ

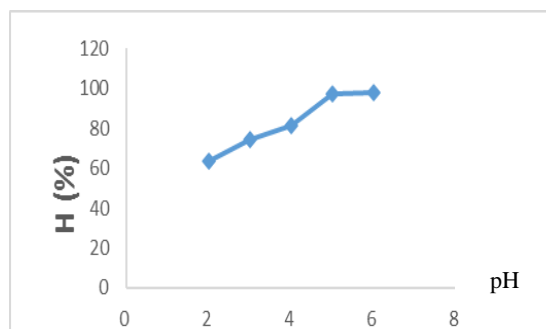
tốt và được dùng xử lý nước thải. Vì vậy, chúng tôi sử dụng M1 làm vật liệu nghiên cứu khả năng hấp phụ Cu(II) trong môi trường nước.

3.4. Xác định điểm đẳng điện của M1

Đồ thị xác định điểm đẳng điện của VLHP M1 được thể hiện trên hình 5. Từ hình 5 xác định được điểm đẳng điện của M1 bằng 6,34. Điều này cho thấy, khi $pH < pH_{dd}$ thì bề mặt VLHP M1 tích điện dương, khi $pH > pH_{dd}$ thì bề mặt VLHP M1 tích điện âm. Như vậy ở các giá trị $pH > pH_{dd}$, VLHP M1 có thể hấp phụ các ion kim loại độc hại nói chung và Cu(II) nói riêng.



Hình 5. Đồ thị xác định điểm đẳng điện của M1



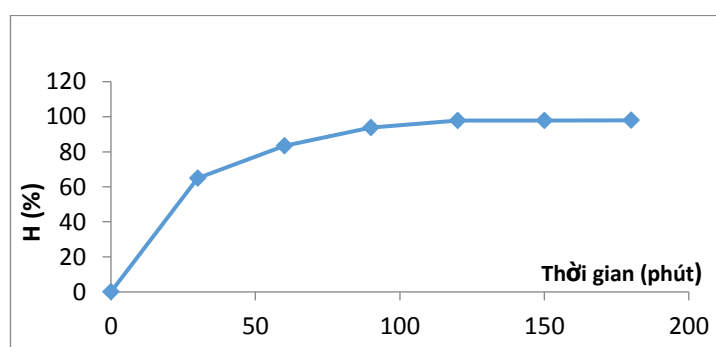
Hình 6. Đồ thị ảnh hưởng của pH đến quá trình hấp phụ Cu của VLHP M1

3.5. Kết quả nghiên cứu sự hấp phụ Cu(II) của vật liệu M1 theo phương pháp hấp phụ tĩnh

3.5.1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của pH

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của pH được chỉ ra ở hình 6. Từ hình 6 cho thấy, khi pH tăng hiệu suất hấp phụ và dung lượng hấp phụ đều tăng. Trong khoảng pH từ 2 ÷ 5, hiệu suất hấp phụ Cu (II) của M1 tăng nhanh (58,97- 96,36%) khi tăng pH, trong khoảng pH từ 5 ÷ 6 hiệu suất hấp phụ Cu (II) của M1 gần như không đổi (96,36 - 96,89%). Điều này có thể giải thích như sau: khi giá trị $pH < pH_{dd}$, bề mặt M1 tích điện dương do có sự hấp phụ ion H^+ . Vì vậy, xuất hiện lực đẩy giữa ion Cu(II) và bề mặt chất hấp phụ. Ngoài ra, ở pH thấp hơn, nồng độ ion H^+ lớn xảy ra sự hấp phụ cạnh tranh với các ion khác tích điện dương tại các trung tâm hấp phụ. Do đó, hiệu suất hấp phụ là thấp ở giá trị pH thấp, ở giá trị $pH > pH_{dd}$ bề mặt M1 tích điện âm. Do vậy, chúng tôi lựa chọn pH tối ưu cho quá trình hấp phụ là 5.

3.5.2. Kết quả khảo sát thời gian cân bằng hấp phụ



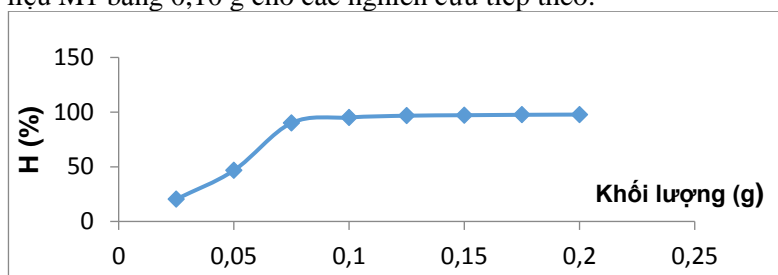
Hình 7. Sự phụ thuộc giữa hiệu suất hấp phụ Cu(II) của M1 và thời gian

Kết quả khảo sát thời gian cân bằng hấp phụ được chỉ ra ở hình 7 cho thấy, trong khoảng thời gian từ 0 ÷ 30 phút hiệu suất hấp phụ tăng tương đối nhanh; từ 30 ÷ 120 phút hiệu suất hấp phụ

tăng chậm hơn, trong khoảng thời gian từ 120 ÷ 180 phút hiệu suất hấp phụ gần như không thay đổi và đạt giá trị cực đại. Do vậy, chúng tôi lựa chọn thời gian đạt cân bằng hấp phụ là 120 phút. Kết quả này được sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.5.3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của khối lượng vật liệu hấp phụ M1

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của khối lượng VLHP M1 được chỉ ra ở hình 8. Kết quả ở hình 8 cho thấy, khi tăng khối lượng M1 từ 0,025 đến 0,10 g hiệu suất hấp phụ Cu của M1 tăng nhanh (20,36 – 95,12%). Điều này có thể lí giải do sự tăng lên của diện tích bề mặt và sự tăng lên của số vị trí các tâm hấp phụ. Tuy nhiên, trong khoảng khối lượng M1 tăng từ 0,10 ÷ 0,20 g, hiệu suất hấp phụ gần như không đổi và đạt giá trị lớn nhất (97,17 - 97,76%). Vì vậy, chúng tôi lựa chọn khối lượng vật liệu M1 bằng 0,10 g cho các nghiên cứu tiếp theo.



Hình 8. Sự phụ thuộc hiệu suất hấp phụ Cu(II) vào khối lượng M1

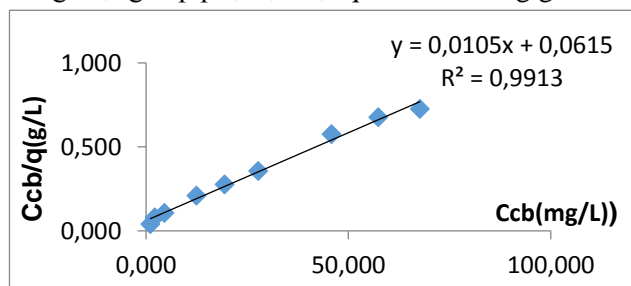
3.5.4. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ đầu

Kết quả được chỉ ra ở bảng 3:

Bảng 3. Sự phụ thuộc của hiệu suất và dung lượng hấp phụ vào nồng độ Cu (II) của M1

C_o (mg/L)	C_{cb} (mg/L)	H (%)	q (mg/g)	C_{cb}/q (g/L)
54,22	1,05	98,06	26,58	0,04
73,69	2,10	96,20	26,64	0,08
88,55	4,46	94,96	42,01	0,11
130,92	12,42	90,51	59,25	0,21
159,94	19,34	87,90	70,30	0,27
183,59	27,68	84,92	77,95	0,35
205,12	45,79	77,67	79,66	0,57
227,20	57,33	74,76	84,93	0,67
253,88	67,62	73,36	93,13	0,72

Từ bảng 3 ta thấy, khi tăng nồng độ chất bị hấp phụ thì hiệu suất hấp phụ giảm và dung lượng hấp phụ Cu(II) tăng. Từ các kết quả thực nghiệm thu được khi khảo sát ảnh hưởng của nồng độ đầu của dung dịch Cu(II) đến dung lượng hấp phụ của VLHP M1, chúng tôi tiến hành khảo sát cân bằng hấp phụ theo mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir. Kết quả thể hiện trong hình 9. Từ hình 9 xác định được dung lượng hấp phụ cực đại $q_{max} = 95,24$ mg/g và hằng số $b = 0,17$ L/g.



Hình 9. Sự phụ thuộc của C_{cb}/q vào C_{cb} đối với sự hấp phụ Cu(II) của VLHP M1

4. Kết luận

1. Đã chế tạo thành công than hoạt tính từ vỏ cây chùm ngây, hoạt hóa bằng H_3PO_4 40% và Na_2CO_3 .

2. Đã xác định được đặc điểm hình thái bề mặt, thành phần của M1 qua ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) và phổ tán xạ năng lượng (EDS).

3. Đã xác định được một số thông số vật lý của M1, đó là: độ ẩm là 1,47%, độ tro là 29,57%, khối lượng riêng là $1,42 \text{ g/cm}^3$ và chỉ số iốt bằng 889 mg/g.

4. Đã khảo sát được một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ Cu(II) của M1 theo phương pháp hấp phụ tĩnh cho kết quả: Thời gian đạt cân bằng hấp phụ là 120 phút; pH hấp phụ tốt nhất đối với Cu(II) là 5,0; khối lượng VLHP tối ưu là 0,10 g; Khi tăng nồng độ Cu(II) trong khoảng nồng độ khảo sát thì hiệu suất hấp phụ giảm.

5. Quá trình hấp phụ Cu(II) trên VLHP M1 tuân theo phương trình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir và xác định được dung lượng hấp phụ cực đại đối với Cu(II) của M1 là 95,24 mg/g và hằng số $b = 0,17 \text{ (L/g)}$.

Như vậy, việc sử dụng VLHP M1 chế tạo từ vỏ cây chùm ngây để hấp phụ Cu(II) cho kết quả tốt, các kết quả này khá tương đồng với kết quả nghiên cứu của các tác giả [1-12]. Các kết quả thu được sẽ là cơ sở cho định hướng nghiên cứu nhằm ứng dụng vật liệu chế tạo từ vỏ cây chùm ngây (với các tác nhân biến tính được sử dụng là Na_2CO_3 (rắn) và dung dịch H_3PO_4 40%) trong việc xử lý nguồn nước bị ô nhiễm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] A. Edwin vasu, "Adsorption of Ni(II), Cu(II) and Fe(III) from aqueous solution using activated carbon," *E – Journal of Chemistry*, vol. 5, no. 1, pp. 1-9, 2008.
- [2] A. Keereerak and W. Chinpa, "A potential biosorbent from Moringa oleifera pod husk," *Research Article Science Asia*, vol. 46, no. 2, pp.186-194, 2020.
- [3] A. C. G. Junior, A. P. Meneghell, F. RubioI, L. StreyI, D. C. Dragunski, and G. F. CoelhoI, "Applicability of Moringa oleifera Lam. pie as an adsorbent for removal of heavy metals from waters," *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 17, no. 1, pp. 94-99, 2013.
- [4] K. A. Ashrith and G. Sibi, "Sorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions by Moringa Biomass," *Austin Environ Sci*, vol. 4, no. 1, p. 1033, 2019.
- [5] I. W. Maina, V. Obuseng, and F. Nareetsile, "Use of Moringa oleifera (Moringa) Seed Pods and Sclerocarya birrea (Morula) Nut Shells for Removal of Heavy Metals from Wastewater and Borehole Water," *Hindawi Publishing Corporation Journal of Chemistry*, vol. 2016, 2016, doi: <https://doi.org/10.1155/2016/9312952>.
- [6] T. L. Marques, V. N. Alves, L. M. Coelho, and N. M. M. Coelho, "Assessment of the use of Moringa oleifera seeds for removal of manganese ions from aqueous systems," *BioRes*, vol. 8, no. 2, pp. 2738-2751, 2013.
- [7] N. S. Abdullah, M. H. Hussin, S. S. Sharifuddin, and M. A. M. Yusof, "Preparation and characterization of activated carbon from Moringa Oleifera Seed pod," *Sci.Int.(Lahore)*, vol. 29, no. 2, pp. 7-11, 2017.
- [8] O. S. Bello, K. A. Adegoke, and O. O. Akinyunni, "Preparation and characterization of a novel adsorbent from Moringa oleifera leaf," *Appl Water Sci*, vol. 7, pp. 1295-1305, 2015, doi: 10.1007/s13201-015-0345-4.
- [9] K. S. George, B. K. Revathi, N. Deepa, C. P. Sheregar, T. S. Ashwini, and S. Das, "A Study on the Potential of Moringa Leaf and Bark Extract in Bioremediation of Heavy Metals from Water Collected from Various Lakes in Bangalore," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 35, pp. 869-880, 2016.
- [10] K. Ravikumar and J. Udayakumar, "Moringa oleifera gum composite a novel material for heavy metals removal," *International Journal of Environmental Analytical*, 2019, doi: 10.1080/03067319.2019.1686142.
- [11] Wombo, A. Itodo, Wuana, and C. O. Oseghale1, "Adsorptive Potential of Acid Modified Moringa Oleifera Wastes for Tannery Effluent Decontamination," *Journal of Chemistry: Education Research and Practice*, vol. 2, no. 1, pp. 1-8, 2018.
- [12] Y. X. Wang, H. H. Ngo, and W. S. Guo, "Preparation of a specific bamboo based activated carbon and its application for ciprofloxacin removal," *Science of the Total Environment*, vol. 533, pp. 32-39, 2015.