

XỬ LÝ Ô NHIỄM CROM (III) BẰNG VẬT LIỆU HẤP PHỤ BIẾN TÍNH TỪ VỎ CAM SÀNH

Nguyễn Trần Xuân Phương¹, Nguyễn Thị Thúy Hồng¹, Lê Thị Kim Phụng^{2,3}, Đỗ Chiêm Tài¹

TÓM TẮT

Ô nhiễm kim loại nặng là một trong những vấn đề về môi trường mà nhiều quốc gia trên thế giới phải đối mặt, trong đó có Việt Nam. Trong nghiên cứu này, chất hấp phụ sinh học từ vỏ cam sành được sử dụng để loại ô nhiễm Cr^{3+} trong nước. Vỏ cam được tiền xử lý bằng NaOH và iso - propanol để tăng cường các nhóm chức có khả năng liên kết với ion Cr^{3+} . Cấu trúc và hình thái của vật liệu trước và sau khi hấp phụ được nghiên cứu bằng phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR), nhiễu xạ tia X (XRD), kính hiển vi điện tử quét (SEM). Quá trình hấp phụ Cr^{3+} bằng vỏ cam sành đạt cân bằng sau 150 phút, ở pH trung tính, nồng độ Cr^{3+} ban đầu 250 mg/L. Theo mô hình đẳng nhiệt Langmuir, vỏ cam có khả năng loại bỏ ion Cr^{3+} lên đến 27,21 g/g, là sự hấp phụ đơn lớp của các ion kim loại lên bề mặt vật liệu. Động học hấp phụ tuân theo mô hình biểu kiến bậc hai với hệ số tương quan $R^2 > 0,99$, biểu hiện sự hấp phụ xảy ra theo cơ chế hóa học. Chất hấp phụ sinh học chi phí thấp từ vỏ cam có tiềm năng loại bỏ Cr^{3+} trong nước thải xi mạ.

Từ khóa: Chất hấp phụ, ô nhiễm kim loại nặng, vỏ cam sành.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xử lý nước thải ô nhiễm kim loại nặng là một trong những vấn đề thách thức nhất mà nhiều quốc gia trên thế giới phải đối mặt. Cho đến nay, hấp phụ được xem là một trong những phương pháp sử dụng phổ biến nhất trong lọc nước để loại bỏ kim loại độc hại, chất hữu cơ và thuốc nhuộm màu [5, 11]. Nhiều sản phẩm phụ hoặc chất thải công nghiệp, phụ phẩm nông nghiệp được sử dụng làm chất hấp phụ vì chi phí thấp và sẵn có tại địa phương với số lượng rất lớn [1, 15].

Cam là loại cây trồng phổ biến ở Việt Nam và nước ép cam là một loại nước giải khát ưa chuộng. Với sự gia tăng dân số nhanh chóng dẫn đến nhu cầu về cam tăng cao, nhất là khi nước cam ép trở thành một sản phẩm trong công nghiệp thực phẩm, việc phát thải vỏ cam đang gia tăng và trở nên đáng lo ngại. Vì vậy, việc tái sử dụng vỏ cam làm chất hấp phụ kim loại nặng từ nước thải cần được nghiên cứu, góp phần giảm ô nhiễm môi trường do sự phát thải của vỏ cam sành.

Trong nghiên cứu này, khả năng hấp phụ của vỏ cam sành đã xử lý trước bằng hóa chất thông thường được khảo sát đối với ion Cr^{3+} . Chất hấp phụ được

nghiên cứu cấu trúc và hình thái bằng các phương pháp phân tích cấu trúc vật liệu. Các thông số liên quan đến quá trình hấp phụ như thời gian cân bằng, pH, nồng độ ion Crom (Cr) (III) ban đầu, mô hình động học và đẳng nhiệt đã được nghiên cứu.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Natri hydroxit (NaOH, > 90%), axit clohydric (HCl, 36,5%) và iso - propanol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$, 99,7%) được cung cấp bởi Xilong. Crom (III) sunfate hexa hydrate ($\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 99,5% do Aladdin sản xuất.

2.2. Chế tạo vật liệu hấp phụ

Vỏ cam sành được thu nhặt tại các cửa hàng nước ép trái cây ở quận Bình Thạnh, thành phố Hồ Chí Minh. Lựa chọn những vỏ nốt sần ít, rửa sạch rồi cắt thành các miếng nhỏ 2 x 2 mm để các thí nghiệm có sự lặp lại tốt. Xử lý hóa học vỏ cam bằng dung dịch NaOH 0,02 M và iso - propanol để biến tính bề mặt vật liệu. Sau đó, vật liệu được rửa kỹ bằng nước khử ion cho đến khi hết kiềm nhằm tránh ảnh hưởng pH trong nghiên cứu hấp phụ và sấy khô ở 80°C trong 24 giờ. Vật liệu được bảo quản trong bình hút ẩm để thực hiện các khảo sát.

2.3. Phân tích hình thái, cấu trúc vật liệu

Vỏ cam được phủ một lớp platin mỏng trong 30 s trước khi chụp trên kính hiển vi điện tử quét Thermo Scientific Prisma E SEM, quan sát hình thái bề mặt của các vật liệu trước và sau khi hấp phụ Cr^{3+} . Các

¹ Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng

*Email: phuonngtx@hiu.vn

² Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

³ Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

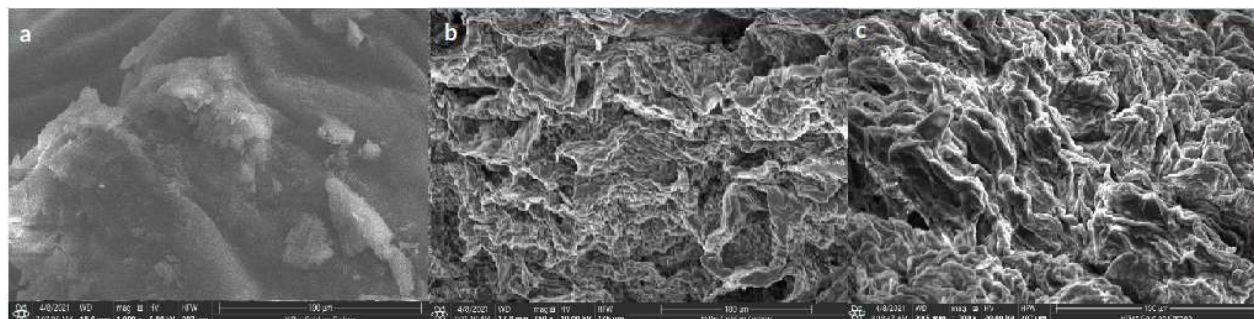
nhóm chức tồn tại trong mẫu được phân tích thông qua phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT - IR) trong phạm vi 4.000 - 400 cm^{-1} (Alpha - E, Bruker, Đức), sử dụng KBr làm nền mẫu. Mẫu được phân tích nhiễu xạ tia X - XRD theo phương pháp bột (Bruker, D8 Advance, Germany), góc quét 2θ từ 5° đến 80° , vận hành ở 40 kV và 40 mA.

2.4. Nghiên cứu mô hình hấp phụ Cr^{3+}

Tiến hành thí nghiệm hấp phụ với khoảng $0,05 \pm 0,001$ g vật liệu trong 25 mL dung dịch $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 125 - 1.000 mg/L. Sau 15 - 180 phút, lọc thu lấy dung dịch và xác định nồng độ dung dịch còn lại bằng máy quang phổ UV - Vis (Shimadzu 1800, Nhật Bản) ở bước sóng 431 nm.

Dung lượng hấp phụ tại thời điểm cân bằng (q_e , mg/g) được tính theo công thức (1).

$$q_e = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{m} \quad (1)$$



Hình 1. Ảnh SEM của vật liệu (a) vỏ cam chưa xử lý hóa học, (b) trước, (c) sau hấp phụ

Phổ FT - IR được sử dụng để định tính sự có mặt của các liên kết hữu cơ, các đỉnh đặc trưng hoặc các liên kết cộng hóa trị trong vật liệu. Hình 2 cho thấy, đỉnh ở quanh vị trí 3.453 cm^{-1} có thể là do liên kết hydro nội phân tử (dao động hóa trị O - H) trong các hợp chất α - cellulose, hemicellulose, lignin, ancol, phenol của vỏ cam. Đỉnh hấp thụ 2.900 đến 3.100 cm^{-1} là sự lai hóa sp^3 rung động kéo dài của các gốc methylidyne (- CH), methylidene (- CH_2), methyl (- CH_3). Đỉnh dao động ở số sóng 1.600 đến 1.700 cm^{-1} cho thấy, sự xuất hiện của liên kết C = O và 1.000 đến 1.200 cm^{-1} là C - O, đây là những đặc trưng của nhóm carboxyl [11]. Có thể thấy rằng, các nhóm chức hydroxyl và carboxyl hay các gốc methyl đều có khả năng phản ứng giữa bề mặt vật liệu và ion kim loại, điều này có ý nghĩa trong hấp phụ.

Cường độ hấp thụ tại các vị trí đặc trưng vừa đề cập đã giảm rõ rệt sau khi hấp phụ Cr^{3+} . Các liên kết

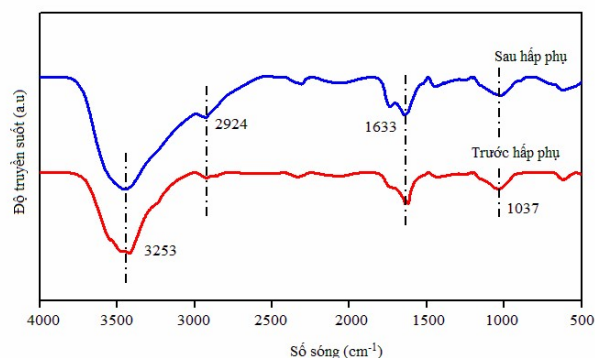
Trong đó: C_0 , C_t là nồng độ ban đầu và tại thời điểm cân bằng (mg/L), V là thể tích dung dịch (L), m là khối lượng chất hấp phụ (g) [11].

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hình thái, cấu trúc vật liệu

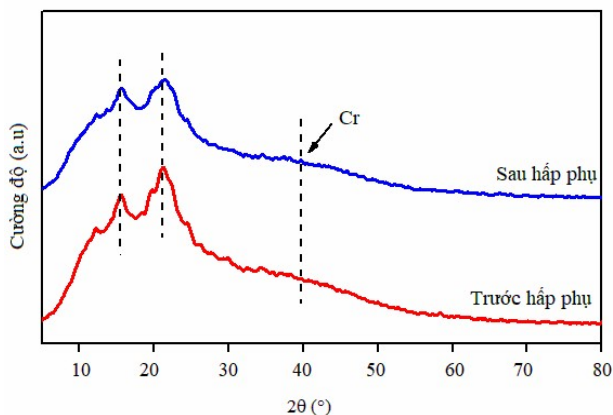
Hình thái bề mặt vật liệu thông qua ảnh SEM được thể hiện ở hình 1. Ban đầu, bề mặt vỏ cam khá phẳng với một vài “nốt sần” nhỏ (Hình 1a). Sau khi xử lý hóa học bằng NaOH và 2 - propanol đã tạo nên nhiều lỗ rỗng, tăng cường các “đuôi gai nhám” trên bề mặt vỏ cam (hình 1b). Tuy nhiên, sau khi hấp phụ, vỏ cam trở nên phẳng hơn, các đuôi gai gần như biến mất hoàn toàn (Hình 1c). Điều này cho thấy, ion Cr^{3+} đã bám lên bề mặt vật liệu bằng lực hút tĩnh điện. Hình thái bề mặt trở nên gồ ghề, với nhiều lỗ rỗng sau khi xử lý hóa học có sự tương đồng so với nghiên cứu từ vật hấp phụ có nguồn gốc cellulose (vỏ dừa lưới, thanh long và bơ) trước đó của Ramakrishna *et al.*, 2015 [10].

phối trí được hình thành như Cr - hydroxo (Cr - OH), Cr - methylidyne (Cr - CH), Cr - methylidene (Cr - CH_2), Cr - methyl (Cr - CH_3), và Cr - carboxyl (Cr - COO); đây được cho là sự tương tác giữa orbital p và d của nguyên tử các bon và kim loại [6, 11]. Xu hướng này tương tự với nghiên cứu trước đó của Pérez *et al.*, 2009 [9].



Hình 2. Phổ FT - IR của vật liệu trước và sau hấp phụ

Phổ nhiễu xạ tia X - XRD của vật liệu trước và sau hấp phụ được thể hiện ở hình 3. Tinh thể cellulose I xuất hiện tại các đỉnh nhiễu xạ (101) và (200) [11]. Sau khi hấp phụ, đỉnh tại vị trí $2\theta = 39^\circ$ cho thấy Cr^{3+} đã xuất hiện trong cấu trúc vật liệu, kết quả này phù hợp với ảnh SEM và phổ FT - IR.



Hình 3. Phổ XRD của vật liệu trước và sau hấp phụ

3.2. Khả năng hấp phụ Cr^{3+}

3.2.1. Thời gian cân bằng

Từ đường động học hấp phụ hình 4a, vỏ cam sành sau xử lý có khả năng hấp phụ nhanh ion Cr^{3+} và đạt cân bằng trong khoảng 150 phút. Quá trình hấp phụ diễn ra nhanh chóng trong 90 phút đầu tiên vì bề mặt có nhiều lỗ rỗng với các nhóm chức tự do trên mạch cellulose thuận lợi cho quá trình hấp phụ. Sau một khoảng thời gian, các ion Cr^{3+} liên kết với các nhóm hydroxyl, carbonyl làm giảm số tâm hấp phụ nên sự hấp phụ diễn ra chậm hơn cho đến đạt cân bằng.

Bên cạnh đó, khi nồng độ ban đầu của các ion Cr^{3+} tăng, dung lượng hấp phụ cũng tăng theo. Đây có thể là kết quả của sự gia tăng số ion kim loại trên một đơn vị thể tích dung dịch cố định ban đầu (25 mL dung dịch $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ /thí nghiệm) [12].

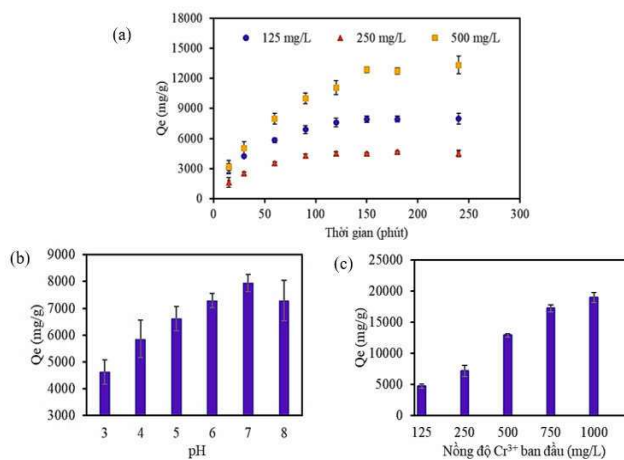
3.2.2. Ảnh hưởng pH

pH là một yếu tố rất quan trọng trong hấp phụ, có thể ảnh hưởng đến tính chất hóa học của cả chất hấp phụ và chất bị hấp phụ. Các nhóm chức chịu trách nhiệm về liên kết với ion kim loại trong dung dịch bị ảnh hưởng bởi pH. Giá trị pH cũng ảnh hưởng đến sự cạnh tranh của ion kim loại bị hấp phụ đến các tâm hấp phụ trên vỏ cam [7]. Các thí nghiệm được thực hiện cùng nồng độ Cr^{3+} là 250 mg/L, thay đổi pH dung dịch từ 3 - 8 và thu được kết quả ở hình 4c. Khi tăng pH 3 - 7, dung lượng hấp phụ tăng từ

4.623 - 7.950 mg/g và đạt giá trị cao nhất tại pH 7. Trong môi trường acid, tồn tại sự cạnh tranh giữa ion H^+ và Cr^{3+} , H^+ có bán kính nhỏ nên linh động hơn, gây ra sự proton hóa bề mặt vật liệu làm cản trở và giảm hiệu quả hấp phụ. Khi pH > 7, dung lượng hấp phụ giảm bởi vì sự kết tủa của một số ion Cr^{3+} . Vì vậy, tại pH trung tính, bề mặt vỏ cam tích điện âm chứa nhiều tâm hoạt động như OH^- và COO^- , không có sự cản trở của H^+ trong môi trường nên tạo sức hút tĩnh điện mạnh mẽ giữa vật liệu hấp phụ và ion dương kim loại [11].

3.2.3. Ảnh hưởng nồng độ Cr^{3+} ban đầu

Hình 4c cho thấy, dung lượng hấp phụ tăng dần khi tăng nồng độ Cr^{3+} ban đầu. Trong thí nghiệm này, lượng vỏ cam được cố định nên diện tích bề mặt và số tâm hấp phụ được phân bố trên đó là không đổi. Ở nồng độ Cr^{3+} thấp, số tâm hấp phụ của vật liệu nhiều hơn số ion kim loại; cũng như không có sự cạnh tranh giữa những ion. Khi nồng độ Cr^{3+} ban đầu tăng thì số ion tương tác với các nhóm chức trên bề mặt vật liệu tăng nên số tâm hấp phụ tự do giảm đến khi đạt trạng thái bão hòa.



Hình 4. Đồ thị biểu diễn (a) thời gian hấp phụ cân bằng, ảnh hưởng của (b) pH và (c) nồng độ Cr^{3+} ban đầu đến quá trình hấp phụ

3.2.4. Mô hình động học hấp phụ

Hấp phụ diễn ra rất phức tạp và không thể xác định động học thực của quá trình mà chỉ xác định các phương trình động học biểu kiến bậc một và bậc hai để mô tả toàn bộ quá trình hấp phụ [3].

Mô hình động học hấp phụ biểu kiến bậc một được phát triển bởi Lagergren, thường được sử dụng cho các quá trình hấp phụ vật lý và giai đoạn khuếch tán quyết định tới tốc độ hấp phụ. Phương trình cho

mô hình động học hấp phụ biểu kiến bậc một được đưa ra cho hệ hấp phụ lỏng - rắn như thể hiện ở phương trình (2) [2].

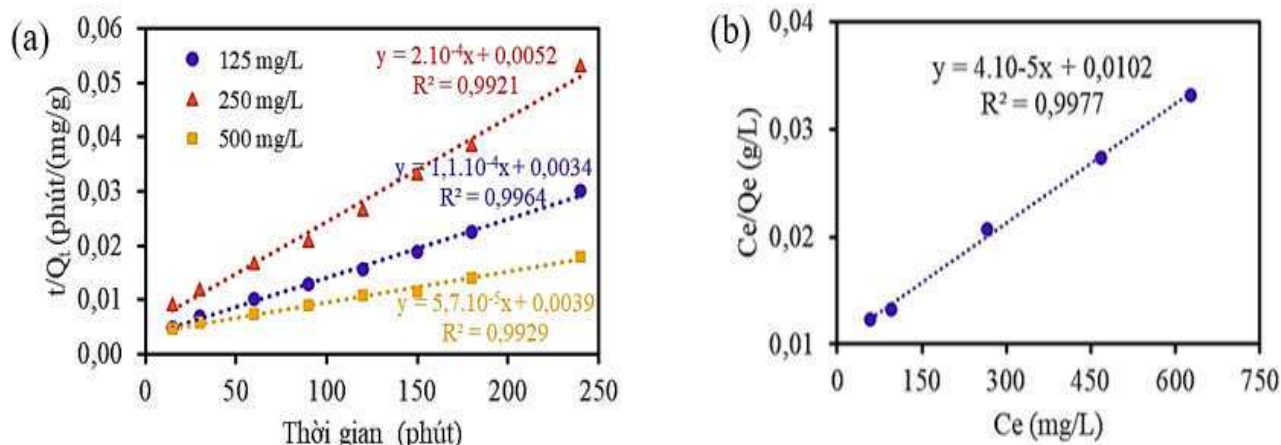
$$\ln(q_e - q_t) = -k_1 t + \ln q_e \quad (2)$$

Trong đó: k_1 là hằng số tốc độ theo mô hình động học hấp phụ biểu kiến bậc một (1/thời gian), dựng đồ thị $\ln(q_e - q_t)$ phụ thuộc vào t , từ đó xác định được q_e và k_1 .

Dựa vào dung lượng hấp phụ theo thời gian, mô hình động học biểu kiến bậc hai có dạng như phương trình (3) [2].

$$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{k_2 \cdot q_e^2} \quad (3)$$

Trong đó: k_2 là hằng số tốc độ theo mô hình động học biểu kiến bậc hai (g/(mg. thời gian)). Dựng đồ thị t/q_t phụ thuộc vào t , từ đó xác định được q_e và k_2 (Hình 5a).



Hình 5. Mô hình (a) động học biểu kiến bậc hai, (b) đẳng nhiệt Langmuir của quá trình hấp phụ Cr^{3+} bằng vỏ cam sành

Các giá trị và hệ số tương quan được tính từ phương trình động học bậc một và bậc hai được trình bày trong bảng 1. Theo đó, việc loại bỏ các ion Cr^{3+} của vỏ cam tuân theo mô hình biểu kiến bậc hai, cho thấy rằng tốc độ được kiểm soát theo cơ chế hấp phụ

hóa học thông qua liên kết cộng hóa trị giữa các nhóm chức chứa các bon và hoặc trao đổi electron. Quá trình loại bỏ Cr^{3+} , Pb^{2+} bằng vỏ cam và đưa hầu [13], Ni^{2+} và Cd^{2+} bị hấp phụ bởi vỏ nhãn [14] cũng tuân theo động học biểu kiến bậc hai.

Bảng 1. So sánh hai mô hình động học hấp phụ

Nồng độ Cr^{3+} (mg/L)	Động học bậc một			Động học bậc hai		
	k_1	R^2	$q_{e1, cal}$ (mg/g)	k_2	R^2	$q_{e2, cal}$ (mg/g)
125	0,015	0,7734	2298,37	$6,96 \cdot 10^{-6}$	0,9921	5238,13
250	0,024	0,9791	7899,34	$3,41 \cdot 10^{-6}$	0,9964	9269,21
500	0,019	0,9279	15495,73	$8,2 \cdot 10^{-7}$	0,9929	17613,06

3.2.5. Mô hình đẳng nhiệt hấp phụ

Dung lượng hấp phụ cân bằng được tính toán dựa trên các đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir và Freundlich.

Trong hệ lỏng - rắn, phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir giả định rằng sự hấp phụ xảy ra trên bề mặt đồng nhất và sự bão hòa đạt được khi chất bị

hấp phụ lấp đầy các tâm hoạt động, có dạng như công thức (4) [11].

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{max}} \cdot C_e + \frac{1}{q_{max} \cdot k_L} \quad (4)$$

Trong đó q_{max} là dung lượng hấp phụ cực đại (mg/g); hằng số k_L đặc trưng cho lực tương tác giữa chất hấp phụ và chất bị hấp phụ tại một nhiệt độ xác

định, đặc trưng cho tính chọn lọc của tâm hấp phụ. Từ giá trị k_L có thể đánh giá quá trình hấp phụ có phù hợp trong khoảng nồng độ nghiên cứu của chất bị hấp phụ hay không thông qua tham số cân bằng R_L và được xác định theo công thức (5) [11].

$$R_L = \frac{1}{1 + k_L C_0} \quad (5)$$

Mô hình đẳng nhiệt Freundlich là một phương pháp khác được sử dụng để mô tả sự hấp phụ đa lớp và bề mặt không đồng nhất của vật liệu hấp phụ. Mô hình này được thể hiện bằng phương trình (6) [11].

$$\ln q_e = \frac{1}{n} \ln C_e + \ln k_F \quad (6)$$

Trong đó k_F là hằng số hấp phụ Freundlich, là đại lượng có thể dùng để đặc trưng cho khả năng hấp phụ của hệ, giá trị k_F lớn đồng nghĩa với hệ có khả năng hấp phụ cao.

Phân tích hồi quy C_e/q_e theo C_e đối với mô hình Langmuir (Hình 5b) và hồi quy $\ln(q_e)$ theo $\ln(C_e)$ đối với mô hình Freundlich thu được kết quả như trình bày ở bảng 2. Kết quả cho thấy, mô hình Langmuir có hệ số tương quan R^2 tiến gần đến 1 hơn so với Freundlich. Giá trị $R_L \in [0; 1]$, nghĩa là quá trình hấp phụ diễn ra thuận lợi trong vùng nồng độ khảo sát. Như vậy, có thể xác định quá trình hấp phụ Cr^{3+} trên vỏ cam tuân theo mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir. Kết quả này tương tự với một số nghiên cứu trước đây khi sử dụng vỏ cam Cd^{2+} [11], vỏ chuối hấp phụ Cu^{2+} , Cd^{2+} và Cr^{6+} [15] hay vỏ dưa lưới và thanh long hấp phụ Pb^{2+} , Ni^{2+} và Cr^{6+} [10].

Bảng 2. So sánh hai mô hình hấp phụ đẳng nhiệt hấp phụ

Langmuir				Freundlich		
q_{max} (g/g)	k_L (L/mg)	R^2	R_L	k_F (mg/g)	R^2	n
27,21	0,0036	0,9977	0,20-0,61	480,97	0,9890	1,73

Dung lượng hấp phụ cực đại được tính toán theo mô hình Langmuir trong nghiên cứu này cao hơn rất nhiều so với một số nghiên cứu trước đây về sử dụng phụ phẩm nông nghiệp để xử lý nước nhiễm Cr^{3+} (Bảng 3). Sự chênh lệch này có thể là do kích thước khác nhau của các chất hấp phụ, cấu trúc, sự hiện diện của các nhóm chức trên bề mặt của các loại vỏ

trái cây khác nhau, cũng như sự tương thích giữa các lỗ rỗng trên bề mặt vật liệu và bán kính ion Cr^{3+} . Hỗn hợp vỏ cam và dưa hấu [13] hoặc sử dụng vỏ dưa hấu [8] được xử lý bằng nhiệt độ để loại bỏ tinh dầu hoặc làm bay hơi nước trên bề mặt vỏ nên cho kết quả hấp phụ tương đối thấp (50 - 170 mg/g). Trong khi đó, vỏ cam [4] đã sử dụng methanol và nước để biến tính bề mặt vật liệu nhưng cho kết quả hấp phụ Cr^{3+} chỉ đạt 55 mg/g, điều này cho thấy quá trình xử lý vỏ cam bằng NaOH và iso - propanol tăng cường hiệu quả xử lý kim loại nặng Cr^{3+} trong nước và tạo tiền đề ứng dụng xử lý nước xả thải xi mạ trên thực tế.

Bảng 3. So sánh dung lượng hấp phụ Cr^{3+} cực đại của một số vật liệu khác nhau

Vật liệu hấp phụ	q_{max} (g/g)	Tài liệu tham khảo
Vỏ cam	27,21	Trong nghiên cứu này
Vỏ cam	0,055	[4]
Hỗn hợp vỏ cam và dưa hấu	0,050	[13]
Vỏ dưa hấu	0,17	[8]
Vỏ dưa lê	0,91	[16]
Vỏ xoài	0,098	[2]
Bã rong <i>Padina gymnospora</i>	0,40	[3]

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tiềm năng của phụ phẩm nông nghiệp từ vỏ cam sánh được ứng dụng trong xử lý nước nhiễm độc tố Cr^{3+} . Vỏ cam được biến đổi bề mặt bằng phương pháp hóa học với NaOH và iso - propanol, có dung lượng hấp phụ ion Cr^{3+} là 27,21 g/g đạt cân bằng sau 150 phút tiếp xúc, thực hiện trong môi trường pH 7. Quá trình hấp phụ tuân theo mô hình động học biểu kiến bậc hai và đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir. Kết quả nghiên cứu góp phần nâng cao giá trị của vỏ cam sành Việt Nam khi ứng dụng chất thải nông nghiệp vào xử lý nước thải công nghiệp.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng cấp kinh phí thực hiện dưới mã số đề tài GVTC 14.2.14.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Amit B., Minocha A.K. and Mika S. (2010). Adsorptive removal of cobalt from aqueous solution by utilizing lemon peel as biosorbent. *Biochemical Engineering Journal*, vol. 48, pp. 181–186.
2. Atta H., Muhammad S., Muhammad U., Muhammad Y., Majid M. and Saiqa T. (2019). A comparative sorption study of Cr^{3+} and Cr^{6+} using mango peels: kinetic, equilibrium and thermodynamic. *Green Process Synth*, vol. 8, pp. 337–347.
3. Hussein S. M., Soliman N. K., Doaa A. A., Arwa A. R., Ahmed H. E. and Sayed A. A. (2019). Adsorption of Cd^{2+} and Cr^{3+} ions from aqueous solutions by using residue of *Padina gymnospora* waste as promising low-cost adsorbent. *Heliyon*, vol. 5(3), p. E01287.
4. Laura P. S., José A. H., Alba A., Mercedes S. H., Alfonso T. and Rosa H. S. (2021). Cr (III) removal capacity in aqueous solution in relation to the functional groups present in the orange peel (*Citrus sinensis*). *Applied Sciences*, vol. 11, p. 6346 (1 - 16).
5. Maryam H. and Mohammad H. (2020). Application of three dimensional porous aerogels as adsorbent for removal of heavy metal ions from water/wastewater: A review study. *Advances in Colloid and Interface Science*, vol. 284, p. 102247.
6. Munusamy T., Yi-Ling L. and Jiunn-Fwu L. (2011). Fourier transform infrared spectroscopic analysis of fruit peels before and after the adsorption of heavy metal ions from aqueous solution. *Journal of Chemical and Engineering Data*, vol. 56(5), pp. 2249–2255.
7. Naef A. A. Q., Ramy H. M. and Dahiru U. L. (2021). Removal of heavy metal ions from wastewater: A comprehensive and critical review. *Nature Partner Journals: Clean Water*, vol. 4 (36), pp. 1 - 15.
8. Nimmala A. R., Lakshmipathy R. and Sarada N. C. (2014). Application of Citrullus lanatus rind as biosorbent for removal of trivalent chromium from aqueous solution. *Alexandria Engineering Journal*, vol. 53, pp. 969 - 975.
9. Pérez M. A. B., Aguilar M. I., Meseguer V. F., Ortuño J. F., Sáez J. and Ioréns M. L. (2009). Biosorption of chromium (III) by orange (*Citrus cinensis*) waste: Batch and continuous studies. *Chemical Engineering Journal*, vol.155 (1 - 2), pp. 199 - 206.
10. Ramakrishna M., Li X., Avner A. and Suresh V. (2015). Fruit Peels as Efficient Renewable Adsorbents for Removal of Dissolved Heavy Metals and Dyes from Water. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* vol. 3, pp. 1117 – 1124.
11. Temilade F. A., Edwin A. O., Abideen I. A., Peter A. and Ilo M. J. (2020). Orange peel as low - cost adsorbent in the elimination of $\text{Cd}(\text{II})$ ion: kinetics, isotherm, thermodynamic and optimization evaluations. *Bioresources and Bioprocessing*, vol 7, p. 34 (1 - 16).
12. Tugce A. A., Merve K., Ozgul G., & Erhan A. (2019). Poly (dopamine) grafted bio - silica composite with tetraethylenepentamine ligands for enhanced adsorption of pollutants. *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 141, pp. 317 - 327.
13. Ugya A. Y., Hua X. and Ma J. (2019). Biosorption of Cr^{3+} and Pb^{2+} from tannery wastewater using combined fruit waste. *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 17 (2), pp. 1773-1787.
14. Xingmei G., Sihan T., Yan S. and Junmin N. (2017). Adsorptive removal of Ni^{2+} and Cd^{2+} from wastewater using a green longan hull adsorbent. *Adsorption Science and Technology*, vol. 36 (1 - 2), pp. 762 - 773.
15. Yingchun Li, Jiang Liu, Qunhui Yuan, & Xin Lv. (2016). A green adsorbent derived from banana peel for highly effective removal of heavy metal ions from water. *RSC Advances*, vol. 51, pp. 2 - 9.
16. Zalilah M. Y., Norzila O., Adel Al. G., Rafidah H. and Nurun N. R. (2020). Adsorption of heavy metals from mining effluents using honeydew peels activated carbon; isotherm, kinetic and column studies. *Journal of Dispersion Science and Technology*, vol. 42 (5), pp. 715 - 729.

CROM (III) ION REMOVAL BY A MODIFIED ADSORBENT FROM ORANGE PEELS**Nguyen Tran Xuan Phuong¹, Nguyen Thi Thuy Hong¹,****Le Thi Kim Phung^{2,3}, Do Chiem Tai¹***¹Hong Bang International University (HIU)**²Ho Chi Minh city University of Technology (HCMUT)**³Vietnam National University Ho Chi Minh city**Email: phuongntx@hiu.vn***Summary**

Heavy metal pollution is one of the environmental problems faced by many countries around the world, including Vietnam. In this study, a bio - sorbent from orange peels is used to remove Cr^{3+} ion contamination in water. Orange peels were pretreated with NaOH and iso - propanol to enhance functional groups capable of binding to Cr^{3+} ion. The structure and morphology of the materials before and after adsorption were studied by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), X - ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM). The process of Cr^{3+} adsorption by orange peels is reached equilibrium after 150 minutes, at neutral pH, with the initial Cr^{3+} concentration of 250 mg/L. According to the Langmuir isotherm model, the maximum adsorption capacity of the orange peel for Cr^{3+} is up to 27.21 g/g, which is the monolayer adsorption of metal ions on the surface of the materials. The adsorption kinetic follows a second - order model with a high correlation coefficient $R^2 > 0.99$, indicating that the adsorption occurs chemically. A low - cost bio - adsorbent from orange peel has the potential elimination of Cr^{3+} ions in plating wastewater.

Keywords: *Adsorbent, heavy metal pollution, orange peels.***Người phản biện:** PGS.TS. Lê Đức**Ngày nhận bài:** 22/11/2021**Ngày thông qua phản biện:** 23/12/2021**Ngày duyệt đăng:** 30/12/2021