

## CHẾ TẠO VẬT LIỆU NANO $Fe_3O_4$ PHÂN TÁN TRÊN XƠ DỪA ĐỂ HẤP PHỤ ION KIM LOẠI NẶNG TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC

Nhận bài:

19 – 08 – 2019

Chấp nhận đăng:

03 – 10 – 2019

<http://jshe.ued.udn.vn/>

Vũ Thị Duyên<sup>a</sup>, Nguyễn Thị Ni Na<sup>a</sup>, Đinh Văn Tạc<sup>a\*</sup>

**Tóm tắt:** Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu phân tán nano  $Fe_3O_4$  trên xơ dừa để chế tạo vật liệu hấp phụ và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ các ion kim loại nặng trong môi trường nước của vật liệu. Kết quả cho thấy, cả ba loại vật liệu: xơ dừa, nano  $Fe_3O_4$  và xơ dừa phủ  $Fe_3O_4$  đều có khả năng hấp phụ tốt ion Ni(II) và Cr(VI), trong đó xơ dừa phủ  $Fe_3O_4$  theo tỉ lệ khối lượng 5:2 cho hiệu suất hấp phụ cao nhất. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ được khảo sát trong bài báo là nồng độ ion kim loại, thời gian và pH. Kết quả thực nghiệm cũng cho thấy quá trình hấp phụ được mô tả bằng cả hai mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich.

**Từ khóa:** xơ dừa; nano  $Fe_3O_4$ ; vật liệu hấp phụ; ion kim loại nặng; Ni(II); Cr(VI).

### 1. Đặt vấn đề

Nước có vai trò quan trọng đối với con người cũng như bất cứ sinh vật nào trên trái đất. Ở đâu có nước ở đó có sự sống, nước vừa là môi trường vừa là đầu vào cho các quá trình sản xuất nông nghiệp và công nghiệp. Đó là tài nguyên vô cùng quý giá nhưng không phải là vô tận.

Ô nhiễm nguồn nước do kim loại nặng đang là một vấn đề rất cấp bách. Nguồn ô nhiễm kim loại nặng từ các hoạt động công nghiệp là hết sức phong phú: công nghiệp hóa chất, khai khoáng, gia công và chế biến kim loại, công nghiệp pin và ắc qui, công nghiệp thuộc da... Ô nhiễm kim loại nặng ngày càng trở nên phổ biến, có ảnh hưởng lâu dài không chỉ đến hệ sinh thái mà cả sức khỏe con người. Hàm lượng kim loại nặng trong nước thải vượt ngưỡng các quy chuẩn sẽ gây ô nhiễm nguồn nước và khi tích lũy trong cơ thể con người, nó sẽ gây các rối loạn về thận, gan, tim mạch, thần kinh.

Để hạn chế ô nhiễm nước, ngoài việc tăng cường biện pháp xử lý nước thải công nghiệp, việc loại trừ các thành phần chứa kim loại nặng độc ra khỏi các nguồn

nước, đặc biệt là nước thải công nghiệp là mục tiêu môi trường quan trọng bậc nhất phải giải quyết hiện nay. Nhiều phương pháp xử lý kim loại nặng trong nước thải đã được nghiên cứu và áp dụng như: phương pháp sinh hóa, phương pháp hóa lí, phương pháp hóa học... Trong đó, phương pháp hấp phụ, sử dụng vật liệu hấp phụ chế tạo từ các phế phẩm nông nghiệp, công nghiệp như: xơ dừa [1], [2], bã chè [3], thân cây sen [4]; bẹ chuối [5]... để tách loại các kim loại nặng ra khỏi nước được nghiên cứu nhiều vì chúng có ưu điểm là nguồn nguyên liệu có sẵn, rẻ và thân thiện với môi trường.

Việc phân tán các hạt nano từ tính ( $Fe_3O_4$ ) lên vật liệu hấp phụ không những giúp thu hồi vật liệu một cách dễ dàng mà còn giúp làm tăng khả năng hấp phụ của chúng [3].

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày kết quả nghiên cứu phân tán nano  $Fe_3O_4$  trên xơ dừa để làm vật liệu hấp phụ ion Cr(VI) và Ni(II) trong môi trường nước.

### 2. Phương pháp nghiên cứu

**Biến tính xơ dừa:** Xơ dừa được tách từ vỏ dừa khô, sau khi rửa sạch nhiều lần bằng nước cất để loại bỏ bụi bẩn, được ngâm trong dung dịch NaOH 0,1 M trong 48 h, sau đó rửa lại bằng nước cất nhiều lần và ngâm trong axit citric 55 % trong 48 h (trường hợp hấp phụ Cr(VI) không qua bước này). Tiếp đến, xơ dừa

<sup>a</sup>Trường Đại học Sư phạm – Đại học Đà Nẵng

\* Tác giả liên hệ

Đinh Văn Tạc

Email: dvtac@ued.udn.vn

được lọc qua phễu, hút chân không và sấy trong 12 h ở 80°C và được biến tính trong 3 h ở 120°C. Sau khi đã sấy xong, xơ dừa được để nguội và ngâm trong nước cất trong 4 h để loại bỏ axit citric. Xơ dừa sau đó được lọc và rửa lại nhiều lần bằng nước cất và sấy ở 60°C trong 6 h.

**Tổng hợp nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>** bằng phương pháp đồng kết tủa từ các dung dịch FeCl<sub>2</sub> và FeCl<sub>3</sub> với tỉ lệ mol là 1:2 bằng cách thêm từ từ dung dịch NH<sub>3</sub> đậm đặc 25%. Kết tủa được lọc rửa nhiều lần bằng nước cất để loại bỏ tạp chất. Cuối cùng, sấy khô nano oxit sắt từ bằng tủ sấy ở nhiệt độ 40°C trong 12 h.

**Tổng hợp vật liệu xơ dừa phủ nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>:** Khuấy đều 160 mL dung dịch hỗn hợp FeCl<sub>2</sub> 0,05 M + FeCl<sub>3</sub> 0,1 M bằng máy khuấy từ gia nhiệt ở 80°C trong vòng 15 phút. Nhỏ từ từ 25 mL dung dịch NH<sub>3</sub> 25% với tốc độ nhỏ 1 giọt / giây. Tiếp theo, cho m g xơ dừa đã được biến tính và tiếp tục khuấy trong 30 phút ở 80°C. Sau đó, làm nguội hỗn hợp đến nhiệt độ phòng rồi lọc rửa nhiều lần bằng nước cất để loại bỏ tạp chất thu được chất rắn màu đen. Sấy chất rắn thu được ở 40°C trong 20 h thu được vật liệu xơ dừa phủ nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Vật liệu sau khi tổng hợp được xác định các đặc trưng bằng phương pháp nhiễu xạ tia X, chụp ảnh TEM (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), chụp ảnh SEM (đối với cả 3 loại vật liệu).

#### Xác định điểm đẳng điện của vật liệu hấp phụ:

Cho 0,15 g vật liệu vào 100 mL dung dịch NaCl 0,1 M có pH tăng dần từ 2 đến 12. pH được thay đổi bằng cách thêm vào dung dịch NaOH hoặc dung dịch HCl. Sau đó để yên ở nhiệt độ phòng trong vòng 48 h, xác định lại pH của các dung dịch. Từ đồ thị phụ thuộc của ΔpH vào pH của dung dịch, tại điểm giao của đồ thị với trục hoành xác định được giá trị điểm đẳng điện của vật liệu.

**Hấp phụ ion Ni(II) và Cr(VI):** cho 0,15 g vật liệu hấp phụ vào 25 mL dung dịch Ni(II) và Cr(VI) 100 mg/L, khuấy bằng máy khuấy từ trong 120 phút với tốc độ quay 200 vòng / phút. Sau khi hấp phụ, lọc lấy dung dịch và xác định nồng độ ion kim loại bằng phương pháp đo quang.

Hiệu suất quá trình hấp phụ và dung lượng hấp phụ được tính theo công thức:

$$H = \frac{C_o - C_f}{C_o} \cdot 100\% \quad \text{và} \quad q = \frac{(C_o - C_f)V}{m}$$

trong đó: C<sub>o</sub>; C<sub>f</sub> lần lượt là nồng độ dung dịch trước và sau khi hấp phụ (mg/L); H là hiệu suất hấp phụ (%); q là dung lượng hấp phụ (mg/g); V: thể tích dung dịch (L); m: khối lượng vật liệu hấp phụ (g).

**Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ Ni(II) và Cr(VI) của xơ dừa phủ nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (tỉ lệ 5:2):** ảnh hưởng của pH; thời gian đạt cân bằng hấp phụ; ảnh hưởng của nồng độ ion kim loại.

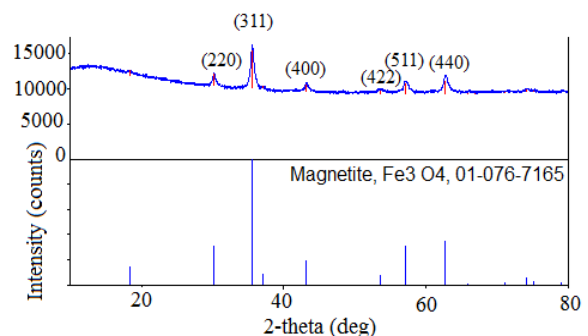
Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu có độ tinh khiết phân tích và nguồn gốc Trung Quốc, bao gồm: FeCl<sub>3</sub>; FeCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O; NiSO<sub>4</sub>.6H<sub>2</sub>O; K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>; NH<sub>3</sub> 25%; NaCl; NaOH; HCl; Br<sub>2</sub>; dimethylglyxim; 1,5 - diphenylcarbazide.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Kết quả khảo sát đặc trưng vật liệu

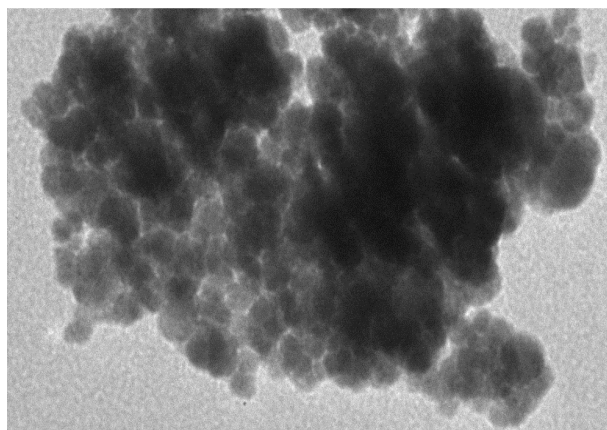
Nano oxit sắt từ Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sau khi tổng hợp được chụp ảnh XRD, TEM. Kết quả được trình bày trong Hình 1 và Hình 2.

Phân tích giản đồ nhiễu xạ tia X của nano oxit sắt từ cho thấy, có xuất hiện các pic đặc trưng tại góc 2θ là 30,4°; 35,8°; 43,5°; 54,1°; 57,4° và 62,7° tương ứng với các mạng (220), (311), (400), (422), (511) và (440) thuộc cấu trúc spinel đảo của tinh thể Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.



**Hình 1.** Giản đồ XRD của nano oxit sắt từ Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

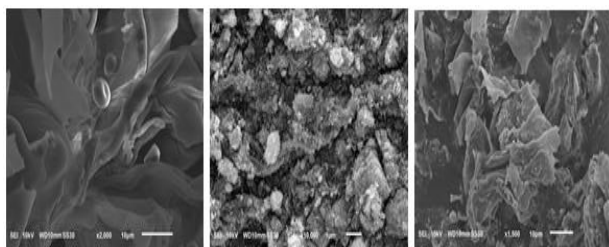
Kết quả chụp ảnh hiển vi điện tử truyền qua (TEM) cho thấy, vật liệu oxit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> tổng hợp được có dạng hình cầu, kích thước cỡ 10-20 nm, nhưng dính với nhau thành từng đám (Hình 2).



50 nm

**Hình 2.** Ảnh TEM của nano oxit sắt từ  $Fe_3O_4$

Ảnh chụp SEM cho thấy bề mặt xơ dừa có hình dạng xốp, nhiều hốc, rãnh, trong khi nano oxit sắt từ gồm nhiều tinh thể nhỏ, toí xốp. Sau khi phân tán  $Fe_3O_4$  lên xơ dừa, bề mặt xơ dừa trở nên nhám hơn với các tinh thể nhỏ bám lên trên bề mặt (Hình 3).



(a)

(b)

(c)

**Hình 3.** Ảnh SEM của xơ dừa (a);  $Fe_3O_4$  (b) và xơ dừa phủ nano  $Fe_3O_4$  (c)

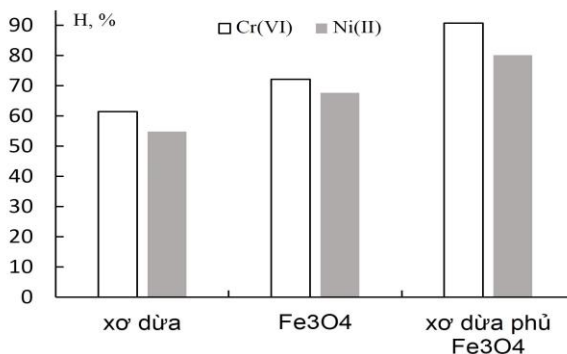
Kết quả xác định điểm đẳng điện của vật liệu cho thấy,  $pH_I$  (xơ dừa phủ  $Fe_3O_4$ ) = 3,4 <  $pH_I$  (xơ dừa) = 4,5 <  $pH_I$  ( $Fe_3O_4$ ) = 6,8.

Sự phân tán  $Fe_3O_4$  trên bề mặt xơ dừa làm giảm đáng kể  $pH_I$  của cả 2 vật liệu ban đầu. Điều này chứng tỏ nano  $Fe_3O_4$  không chỉ đơn thuần phủ lên trên bề mặt xơ dừa mà có khả năng đã tạo liên kết với các nhóm chức của xơ dừa.

### 3.2. Kết quả thăm dò khả năng hấp phụ Ni(II), Cr(VI) của vật liệu

Vật liệu hấp phụ sau khi chế tạo (xơ dừa; nano  $Fe_3O_4$ ; xơ dừa phủ  $Fe_3O_4$  (tỉ lệ 5:1)) được đem thử khả

năng hấp phụ ion Ni(II) và Cr(VI) trong môi trường nước. Kết quả thực nghiệm được trình bày ở Hình 4.

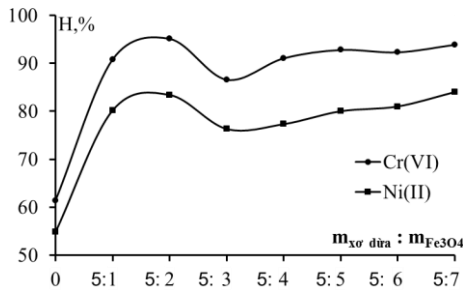


**Hình 4.** Hiệu suất hấp phụ các ion Ni (II) và Cr(VI) của vật liệu

Kết quả nghiên cứu thăm dò cho thấy cả 3 loại vật liệu là xơ dừa, nano sắt từ oxit và xơ dừa phủ  $Fe_3O_4$  đều có khả năng hấp phụ tốt cả ion Ni(II) lẫn ion Cr(VI). Trong đó xơ dừa cho hiệu suất hấp phụ ion kim loại thấp nhất và xơ dừa phủ nano  $Fe_3O_4$  cho hiệu suất hấp phụ cao nhất, đạt 90% đối với Cr(VI) và khoảng 80% đối với Ni(II). Hiệu suất hấp phụ ion kim loại của  $Fe_3O_4$  có giá trị trung bình khoảng 70%.

Như đã biết, xơ dừa là vật liệu lignoxenulozo trong thành phần chứa các polime như xenlulozo, hemixenlulozo, pectin, lignin và protein, các polime này có khả năng hấp phụ nhiều loại chất tan, đặc biệt là các ion kim loại [1]. Trong khi khả năng hấp phụ của  $Fe_3O_4$  được lí giải là do diện tích bề mặt lớn (hạt có kích thước nano) và cấu trúc bề mặt có tính linh hoạt cao (cấu trúc spinel) nên dễ dàng tương tác với các vật liệu khác [6]. Các tinh thể  $Fe_3O_4$  khi phân tán vào trong các hang hốc của xơ dừa (Hình 3), không những làm tăng diện tích bề mặt của vật liệu mà bản thân các tinh thể sẽ đóng vai trò là các tâm hấp phụ nên làm tăng khả năng hấp phụ của xơ dừa.

Thay đổi tỉ lệ khối lượng xơ dừa: nano  $Fe_3O_4$  từ 5:1 đến 5:7, sau đó thử khả năng hấp phụ Ni(II) và Cr(VI). Kết quả thực nghiệm cho thấy, đối với cả 2 ion thay đổi tỉ lệ khối lượng xơ dừa:  $Fe_3O_4$  hiệu suất hấp phụ thay đổi không nhiều, nhưng nhìn chung theo quy luật: tăng tỉ lệ nano  $Fe_3O_4$  trong vật liệu hiệu suất hấp phụ tăng sau đó giảm dần rồi gần như không thay đổi (Hình 5).



**Hình 5.** Đồ thị ảnh hưởng của tỉ lệ khối lượng xơ dừa: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> đến hiệu suất hấp phụ Cr(VI) và Ni(II)

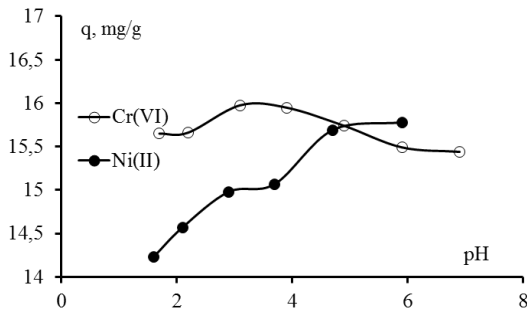
Ở tỉ lệ khối lượng xơ dừa: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> bằng 5:2, hiệu suất hấp phụ cao nhất: H = 95% đối với Cr(VI) và H = 87% đối với Ni(II).

### 3.3. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ của xơ dừa phủ nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

#### 3.3.1. Ảnh hưởng của pH

Ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ của vật liệu được khảo sát trong điều kiện: pH = 1÷7; t = 120 phút; nồng độ ion Ni(II) và Cr(VI) = 100 mg/L, vật liệu hấp phụ: xơ dừa phủ nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> tỉ lệ 5:2.

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của pH môi trường đến dung lượng hấp phụ của vật liệu được thể hiện trên Hình 6.



**Hình 6.** Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của pH đến dung lượng hấp phụ Cr(VI) và Ni(II)

Thực nghiệm cho thấy, pH môi trường ảnh hưởng khác nhau đến hai ion. Đối với Ni(II) tăng pH của môi trường từ 1 đến 6 dung lượng hấp phụ tăng mạnh, sau đó gần như không đổi. Đối với Cr(VI) dung lượng hấp phụ đạt cực đại tại vùng pH = 3.

Như đã biết trong vùng môi trường 1 < pH < 7: Cr(VI) tồn tại ở các dạng anion HCrO<sub>4</sub><sup>-</sup>; Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> hay CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, còn Ni(II) tồn tại ở các dạng cation Ni<sup>2+</sup>; Ni(OH)<sup>+</sup>. Khi pH < p<sub>H1</sub> = 3,4 vật liệu mang điện tích

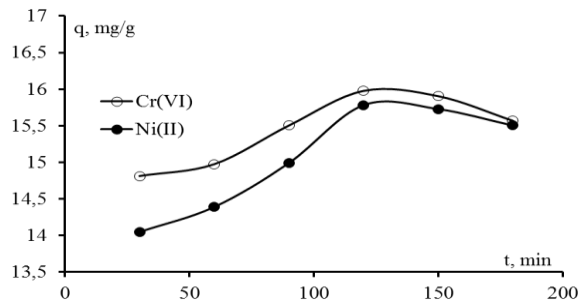
dương nên khả năng hấp phụ cation Ni<sup>2+</sup> giảm mạnh, ion Cr(VI) bị proton hóa ở dạng điện tích (-1) nên dung lượng hấp phụ cũng có xu hướng giảm. Tăng pH môi trường lớn hơn p<sub>H1</sub>, vật liệu tích điện tích âm, do vậy khả năng hấp phụ Ni<sup>2+</sup> tăng mạnh, tuy nhiên khi pH > 5 Ni(II) lại bị hydroxo hóa giảm điện tích xuống (+1) do vậy dung lượng hấp phụ gần như không đổi. Đối với Cr(VI) khi pH > 3,4 dung lượng hấp phụ giảm đáng kể do vật liệu và ion tích điện cùng dấu.

Do vậy pH môi trường giúp vật liệu hấp phụ Ni(II) và Cr(VI) tốt nhất được lựa chọn lần lượt là 6 và 3.

#### 3.3.2. Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc

Quá trình khảo sát thời gian đạt cân bằng hấp phụ được tiến hành trong điều kiện: pH = 6 (Ni) và pH = 3 (Cr); nồng độ ion Ni(II) và Cr(VI) = 100 mg/L; thời gian hấp phụ thay đổi từ 30 phút đến 180 phút.

Kết quả sự phụ thuộc của dung lượng hấp phụ Ni(II) và Cr(VI) của vật liệu vào thời gian được đưa ra ở Hình 7.



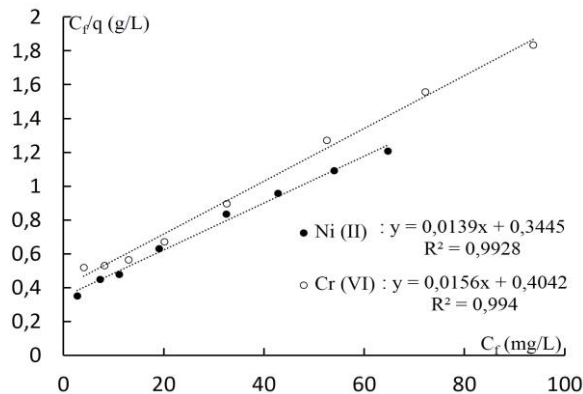
**Hình 7.** Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến dung lượng hấp phụ Ni(II) và Cr(VI)

Đối với cả hai ion, từ 30 phút đến 120 phút dung lượng hấp phụ tăng đều, đạt cực đại tại t = 120 phút, sau đó dung lượng hấp phụ giảm nhẹ. Như vậy đối với cả Ni(II) và Cr(VI) cân bằng hấp phụ đạt được sau 120 phút, quá trình lắc sau đó có thể đã làm cân bằng bị phá vỡ khiến cho tốc độ giải hấp lớn hơn tốc độ hấp phụ, do vậy dung lượng hấp phụ giảm sau t > 120 phút.

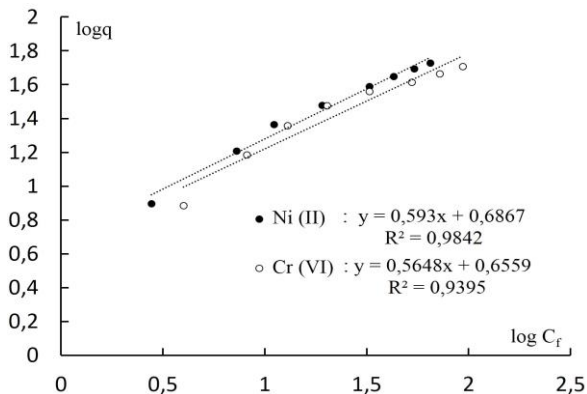
#### 3.3.3. Đường hấp phụ đẳng nhiệt

Mô hình đẳng nhiệt được áp dụng rộng rãi nhất cho các quá trình hấp phụ là mô hình Lanmuir và Freundlich. Ở đây, dạng tuyến tính của hai mô hình đẳng nhiệt này được sử dụng để phân tích dữ liệu đẳng nhiệt hấp phụ ion kim loại nặng Ni(II) và Cr(VI) bằng xơ dừa phủ nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Thay đổi nồng độ ban đầu của ion Ni(II) và Cr(VI) từ 50 mg/L đến 400 mg/L. Điều chỉnh pH = 6 đối với dung dịch chứa Ni(II) và pH = 3 đối với dung dịch chứa Cr(VI). Khuấy bằng máy khuấy từ trong thời gian 120 phút ở nhiệt độ phòng với tốc độ 200 vòng/ phút. Kết quả xác định dạng tuyến tính của phương trình Langmuir và phương trình Freundlich đối với các ion thể hiện trên Hình 8 và Hình 9.



Hình 8. Dạng tuyến tính của phương trình Langmuir đối với các ion Ni(II) và Cr(VI)



Hình 9. Dạng tuyến tính của phương trình Freundlich đối với các ion Ni(II) và Cr(VI)

Kết quả thực nghiệm cho thấy cả hai mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich đều mô tả tương đối chính xác sự hấp phụ các ion Ni(II) và Cr(VI) lên vật liệu hấp phụ.

Mô hình Langmuir cho hệ số tương quan của phương trình hồi qui đối với cả hai loại ion xấp xỉ bằng 1 ( $R^2 = 0,99$ ). Trong khi mô hình Freundlich cho hệ số tương quan  $R^2$  nhỏ hơn, dao động từ  $0,94 \div 0,98$ . Mức độ phù hợp của quá trình hấp phụ với mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir lớn hơn là Freundlich chứng tỏ

các tâm hấp phụ trên bề mặt vật liệu này tương đối đồng nhất và hiện tượng hấp phụ đơn lớp chiếm ưu thế hơn.

Từ các phương trình đẳng nhiệt xác định dung lượng hấp phụ cực đại, ái lực hấp phụ các ion, hằng số Freundlich và hệ số dị thể (Bảng 1).

Bảng 1. Các tham số đẳng nhiệt dạng tuyến tính: hằng số Freundlich ( $K_f$ ), hệ số dị thể ( $n$ ), dung lượng hấp phụ cực đại ( $q_{max}$ ) và ái lực hấp phụ ( $B$ ) các ion Ni(II) và Cr(VI) của xơ dừa phủ nano  $Fe_3O_4$

Ion	Mô hình	$q_{max}$ , mg/g	B	$K_f$	n
Ni(II)	Langmuir	71,94	0,040	-	-
	Freundlich	-	-	4,86	1,69
Cr(VI)	Langmuir	64,10	0,039	-	-
	Freundlich	-	-	4,53	1,77

Kết quả tính toán theo mô hình Langmuir cho thấy, dung lượng hấp phụ cực đại của vật liệu đối với Ni(II) bằng 71,94 mg/g lớn hơn đáng kể so với  $q_{max}(Cr(VI)) = 64,10$  mg/g. So với các loại vật liệu được chế tạo từ các phụ phẩm nông nghiệp khác, khả năng hấp phụ của xơ dừa phủ nano  $Fe_3O_4$  đối với ion kim loại nhìn chung tốt hơn đáng kể, đặc biệt là khả năng hấp phụ Ni(II) ( $q_{max}(Ni(II))$  của vật liệu hấp phụ chế tạo từ thân cây sen, bẹ chuối, bã chè lần lượt là 16,95 mg/g; 25 mg/g; 43 mg/g [3], [4], [5]).

#### 4. Kết luận

Bằng phương pháp đồng kết tủa có thể thu được nano oxit sắt từ với kích thước từ 10-20 nm. Sự phân tán  $Fe_3O_4$  lên xơ dừa khiến cho bề mặt vật liệu trở nên nhám hơn, đồng thời làm giảm đáng kể điểm đẳng điện của vật liệu (xơ dừa  $pH_I = 4,5$ , nano oxit sắt từ  $pH_I = 6,8$  và xơ dừa phủ  $Fe_3O_4$   $pH_I = 3,4$ ).

Kết quả thăm dò khả năng hấp phụ ion Ni(II) và Cr(VI) cho thấy cả 3 loại vật liệu: xơ dừa biến tính, nano  $Fe_3O_4$ , xơ dừa mang nano  $Fe_3O_4$  đều có khả năng hấp phụ tốt, trong đó xơ dừa mang  $Fe_3O_4$  (tỉ lệ 5:2) có khả năng hấp phụ tốt nhất ( $H = 95\%$  đối với Cr(VI) và  $H = 87\%$  đối với Ni(II)).

Thời gian đạt cân bằng hấp phụ đối với cả hai loại ion là 120 phút. pH môi trường giúp vật liệu hấp phụ

Ni(II) và Cr(VI) tốt nhất lần lượt là 6 và 3. Sự hấp phụ các ion Ni(II) và Cr(VI) bởi xơ dừa phủ nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> tuân theo phương trình đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich với hệ số tương quan  $R^2 \approx 1$ . Dung lượng hấp phụ cực đại của xơ dừa phủ nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> theo mô hình Langmuir:  $q_{\max}$  (Ni(II)) = 71,94 mg/g;  $q_{\max}$  (Cr(VI)) = 64,10 mg/g, lớn hơn đáng kể so với các loại vật liệu hấp phụ được chế tạo từ các phụ phẩm nông nghiệp khác.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Đỗ Thu Hà, Hà Mạnh Thắng, Nguyễn Thanh Hòa, Phan Hữu Thành và Nguyễn Thị Thơm (2011). Nghiên cứu khả năng hấp phụ kim loại nặng trong nước thải của xơ dừa hoạt hóa. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 3, 24, 58-62.
- [2] P. C. Okafor, P. U. Okon, E. F. Daniel and E. E. Ebenso (2012). Adsorption Capacity of Coconut (Cocos nucifera L.) Shell for Lead, Copper, Cadmium and Arsenic from Aqueous solutions. *International Journal of Electrochemical Science*, 7, 12354 – 12369.
- [3] Đỗ Trà Hương, Dương Thị Tú Anh (2014). Chế tạo vật liệu hấp phụ oxit từ tính nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> phân tán trên bã chè. *Tạp chí phân tích Hóa, Lí và Sinh học*, 19, 3, 79-85.
- [4] Vũ Thị Hậu, Trịnh Thu Nguyên (2017). Nguyên cứu khả năng hấp phụ Ni (II), Cr(VI) của than chế từ thân cây sen. *Tạp chí phân tích Hóa, Lí và Sinh học*, 22, 4, 81-88.
- [5] Lê Hữu Thiêng, Trần Thị Huệ, Hoàng Thị Ngan (2015). Nghiên cứu khả năng hấp phụ Fe(III), Ni(II) của than chế tạo từ bẹ chuối. *Tạp chí phân tích Hóa, Lí và Sinh học*, 20, 3, 75-79.
- [6] Phạm Hoài Linh, Nguyễn Văn Khiên,...(2018). Nghiên cứu tính chất từ và khả năng hấp phụ Pb(II) của các hạt nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> và MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> chế tạo bằng phương pháp đồng kết tủa có sự hỗ trợ của sóng siêu âm. *Tạp chí khoa học và công nghệ*, 189, 13, 155-161.

## FABRICATION OF Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> NANOPARTICLE ON COCONUT FIBERS FOR REMOVAL OF HEAVY METALS IN WATER

**Abstract:** This paper presents a study on producing adsorbent materials from nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> impregnated onto coconut fibers and factors affecting on the adsorption on some heavy metal ions in water. The results revealed that Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> / coconut fibers exhibited as an efficient adsorbent in removing Ni(II), Cr(VI) from aqueous solution. In addition, the factors affecting the adsorption process, such as adsorption equilibrium time; pH; the concentrations of Ni(II) and Cr(VI), were addressed. Both Langmuir and Freundlich isotherm models were fitted well equilibrium data.

**Key words:** coconut fibers; nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; adsorbent; heavy metal ions; Ni(II); Cr(VI).