

## SỰ HẤP PHỤ $Pb^{2+}$ VÀ $Cu^{2+}$ TRONG NƯỚC CỦA VẬT LIỆU SILICA ĐƯỢC TỔNG HỢP TỪ TRO ĐỐT LÒ GẠCH

Đến tòa soạn 1-6-2018

**Trần Hoài Lam**

*Khoa CNHH, Trường ĐH CNTP TP, Hồ Chí Minh*

**Nguyễn Văn Du, Nguyễn Minh Thảo**

*Trường ĐH Đồng Tháp*

**Quách Nguyễn Khánh Nguyên**

*Khoa SP Khoa học Tự nhiên, Trường ĐH Sài Gòn*

### SUMMARY

#### ADSORPTION OF $Pb^{2+}$ AND $Cu^{2+}$ IONS IN AQUEOUS SOLUTIONS BY SILICA MATERIALS SYNTHESIZED FROM THE ASH OF BRICKYARD

*In this work, the silica materials are synthesized from the ash of brickyard. The precursor concentration, solid-liquid ratio, calcination temperature ... are investigated to find the best optimal preparation conditions. The generated silica materials have silic dioxide  $SiO_2$  with 10 –15 nm of particle size, which was proved by the results of FT-IR, SEM image and XRD pattern. Moreover, these  $SiO_2$  materials had the high adsorption capacity of  $Cu^{2+}$  and  $Pb^{2+}$  ions in the aqueous solutions. The first-order adsorption kinetic and second – order adsorption kinetic showed a relatively good fit as applying to the experimental data for the  $Cu^{2+}$  and  $Pb^{2+}$  adsorption processes.*

**Key words:** lead, copper, silica material, brickyard

### 1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, ô nhiễm môi trường đang là vấn nạn cấp bách của hầu hết các nước trên thế giới. Ở Việt Nam, cùng với sự phát triển của nền công nghiệp, tình hình ô nhiễm môi trường nói chung và môi trường nước nói riêng cũng gia tăng đến mức báo động. Nước thải từ các khu công nghiệp, vùng sản xuất nông nghiệp thường chứa các ion kim loại nặng, chất màu, chất độc hại khó phân hủy, ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe của con người, sinh vật cũng như môi trường sinh thái. Chì và đồng là 2 trong số 12 kim loại nặng có khả năng gây độc đối với con người [1, 2].

Việc nghiên cứu tách loại ion  $Pd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  và các ion kim loại nặng khác từ các nguồn nước bị ô nhiễm là vấn đề quan trọng có tính cấp thiết

nhằm bảo vệ sức khỏe cộng đồng. Do đó, nó thu hút sự quan tâm của nhiều nhà khoa học. Đã có nhiều phương pháp được sử dụng để xử lý tách các chất gây ô nhiễm, ion kim loại ra khỏi nước trước khi thải ra môi trường như trao đổi ion, kết tủa, hấp phụ, sa lắng, điện thẩm.... Trong đó, xử lý nước thải bằng vật liệu hấp phụ tỏ ra có nhiều ưu điểm và được sử dụng rộng rãi hơn cả bởi chi phí vận hành thấp, hiệu quả xử lý cao, ít tốn thời gian, quy trình đơn giản, thân thiện với môi trường [3]. Gần đây, vật liệu xốp silica được đặc biệt chú ý trong việc xử lý nước thải do khả năng hấp phụ các chất hữu cơ, kim loại nặng lớn và khả năng hoang nguyên trong sử dụng cao. Tác giả Nguyễn Văn Hưng và cộng sự đã sử dụng vật liệu nano  $SiO_2$  để xử lý xanh methylene [4];

vật liệu silica mao quản trung bình trật tự như MCM-41, SBA – 16, SBA – 15 ... đã được tác giả David P, Serrano và cộng sự sử dụng để loại bỏ các chất hữu cơ do diện tích bề mặt lớn [1].

Những năm gần đây, các nhà khoa học trong và ngoài nước tập trung tìm kiếm các nguồn silic phổ biến hơn, rẻ hơn như từ quặng [3], từ phụ phẩm nông nghiệp như vỏ dừa, vỏ trấu ...[4-6]. Đồng bằng sông Cửu Long là vựa lúa lớn nhất cả nước. Năm 2016, sản lượng lúa của cả nước ước đạt trên 43,75 triệu tấn [7]. Từ đó, lượng vỏ trấu phế phẩm sản sinh là rất lớn, cùng với các phụ phẩm khác thường được sử dụng làm nhiên liệu đốt lò gạch. Tại Việt Nam nói chung và đồng bằng sông Cửu Long nói riêng, sản xuất gạch theo quy mô hộ gia đình, hợp tác xã là nghề có từ lâu đời và phát triển mạnh đến ngày nay. Do đó, lượng tro thải ra tương đối lớn, đây là nguồn cung cấp silic để thay thế nguồn silic nguyên chất trong tổng hợp vật liệu xốp silica.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát các điều kiện tối ưu để tổng hợp được lượng vật liệu silica. Khả năng hấp phụ các ion  $Pb^{2+}$  và  $Cu^{2+}$  trong nước cũng được khảo sát theo các yếu tố như nồng độ của dung dịch, thời gian hấp phụ, khối lượng vật liệu hấp phụ ....

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Thiết bị, dụng cụ và hóa chất.

Trong nghiên cứu này, tác giả vận dụng các thiết bị hiện đại để xác định các đặc tính của vật liệu tổng hợp được như: máy đo FT-IR, máy đo SEM, X-ray và thiết bị đo độ hấp phụ và giải hấp nitrogen ... Một số hóa chất cơ bản như NaOH, HCl,  $Cu(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  và  $Pb(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  được cung cấp bởi Aldrich.

### 2.2. Phương pháp tổng hợp vật liệu silica

Tro đốt được lấy từ lò gạch MINH TRANG địa chỉ số 301 Tổ 23, K3, Phường 4, thành phố Cao Lãnh, Đồng Tháp. Tro đốt được sàng để loại bỏ đất, cát, đá và các chất bẩn, ngâm tro đốt trong dung dịch NaOH, khuấy từ gia nhiệt 110 °C trong 4 giờ. Sau đó, để nguội, lọc lấy dung dịch trong suốt và acid hóa dịch lọc bằng từng giọt dung dịch HCl 4 M thu được huyền phù màu trắng (huyền phù này để 1 tháng vẫn

không lắng). Lọc rửa nhiều lần để loại hết tạp chất như HCl dư, NaCl. Phần rắn sau rửa được sấy khô ở 105 °C trong 24 giờ và nung ở T °C trong h giờ. Cuối cùng, mẫu được để nguội tự nhiên về nhiệt độ phòng, nghiền mịn.

*Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến quá trình tách vật liệu silica từ tro đốt lò gạch:*

Để xác định nồng độ NaOH thích hợp trong quy trình điều chế tôi thay đổi nồng độ NaOH ở các giá trị khác nhau từ 1M, 2M, 3M, 4M, 5M, 6M. Các điều kiện khác được giữ cố định bao gồm: nồng độ HCl 4M, thời gian già hóa 15 giờ và nung ở nhiệt độ 550°C trong 2 giờ.

Tiến hành thí nghiệm cân 10 gam tro, cho vào bình tam giác 250 ml cho 100 ml dung dịch NaOH với nồng độ trong Bảng 1, thời gian đun 180 phút, ta thu được kết quả ở Bảng 1.

*Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ rắn – lỏng đến quá trình tách vật liệu silica từ tro đốt lò gạch:*

Tiến hành thí nghiệm cân 10 gam tro, cho vào bình tam giác 250 ml cho dung dịch NaOH với nồng độ 5M thời gian đun 180 phút thay đổi thể tích: 40 ml, 60 ml, 80 ml, 100 ml, 120 ml, 140 ml và 160 ml ta thu được kết quả.

*Khảo sát ảnh hưởng của thời gian đến quá trình tách vật liệu silica từ tro đốt lò gạch:*

Tiến hành thí nghiệm cân 10 gam tro, cho vào bình tam giác 250 ml cho 100 ml dung dịch NaOH với nồng độ 5M thay đổi thời gian đun.

*Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình tách vật liệu silica từ tro đốt lò gạch:*

Tiến hành thí nghiệm cân 10 gam tro, cho vào bình tam giác 250 ml cho 100 ml dung dịch NaOH với nồng độ 5M thời gian đun 240 phút thay đổi nhiệt độ từ 350 °C, 400 °C, 450 °C, 500 °C, 550 °C, 600 °C, 650 °C, ta thu được kết quả ở Bảng 1.

### 2.3. Nghiên cứu khả năng hấp phụ các ion $Cu^{2+}$ , $Pb^{2+}$ của vật liệu silica.

Lấy 0,25 gam mẫu cho vào cốc chứa 100 ml dung dịch  $M^{2+}$  ( $Pb^{2+}$  và  $Cu^{2+}$ ), với các nồng độ 50 mg/l, 70 mg/l, 100 mg/l, pH = 6. Khuấy đều trên máy khuấy từ ở nhiệt độ phòng 25°C trong khoảng thời gian 5 phút, 10 phút, 15 phút, 30 phút, 45 phút, 60 phút, 90 phút, 120 phút, 150 phút.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Kết quả tổng hợp vật liệu SiO<sub>2</sub>

*Ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến quá trình tách vật liệu silica từ tro lò gạch:* Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến quá trình tổng hợp vật liệu silica từ tro lò gạch được trình bày trong Bảng 1 và Hình 1.

Quan sát kết quả trong Bảng 1 và đồ thị Hình 1(A) ta thấy nồng độ tăng lên thì khối lượng vật liệu silica tách ra tăng lên. Từ nồng độ 4M trở lên thì khối lượng vật liệu silica tách ra tăng không đáng kể. Từ kết quả trên ta chọn nồng độ NaOH 5M tối ưu cho các kết quả tách sau này.

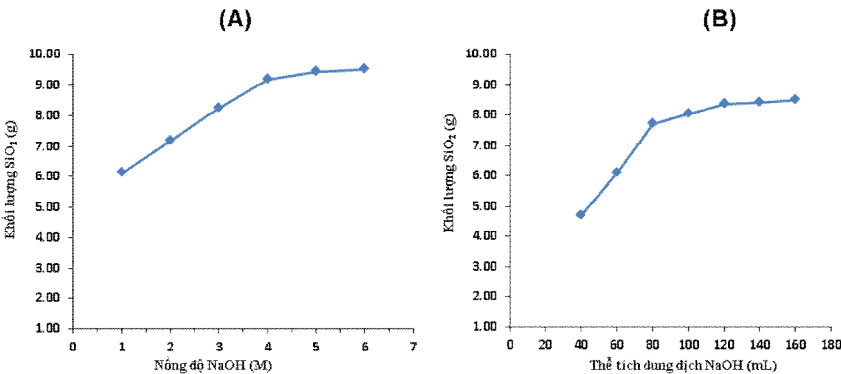
Bảng 1. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp vật liệu silica từ tro lò gạch

| Mẫu | Ảnh hưởng của nồng độ NaOH |         | Ảnh hưởng tỉ lệ rắn-lỏng |         | Ảnh hưởng của thời gian nung |         | Ảnh hưởng của nhiệt độ nung |         |
|-----|----------------------------|---------|--------------------------|---------|------------------------------|---------|-----------------------------|---------|
|     | $C_{NaOH}$ (M)             | $m$ (g) | $V_{NaOH}$ (mL)          | $m$ (g) | Thời gian nung (phút)        | $m$ (g) | Nhiệt độ nung (°C)          | $m$ (g) |
| 1   | 1                          | 6,12    | 40                       | 4,70    | 90                           | 3,70    | 350                         | 2,42    |
| 2   | 2                          | 7,18    | 60                       | 6,10    | 120                          | 5,58    | 400                         | 3,86    |
| 3   | 3                          | 8,25    | 80                       | 7,70    | 150                          | 6,36    | 450                         | 6,42    |
| 4   | 4                          | 9,20    | 100                      | 8,04    | 180                          | 7,84    | 500                         | 6,86    |
| 5   | 5                          | 9,45    | 120                      | 8,36    | 240                          | 8,34    | 550                         | 8,20    |
| 6   | 6                          | 9,51    | 140                      | 8,42    | 270                          | 8,42    | 600                         | 8,42    |
| 7   | ---                        | ---     | 160                      | 8,50    | 300                          | 8,72    | 650                         | 8,38    |

*Ảnh hưởng của tỉ lệ rắn – lỏng đến quá trình tách vật liệu silica từ tro đốt lò gạch:*

Kết quả ảnh hưởng của tỉ lệ rắn – lỏng đến quá trình tách SiO<sub>2</sub> từ tro lò gạch được thể hiện ở Bảng 1 và Hình 1(B). Kết quả cho thấy khi tăng thể tích dung dịch NaOH từ 40 ml đến 80 ml thì khối lượng vật liệu silica tăng lên nhanh. Khi tăng thể tích dung dịch NaOH từ 80 ml

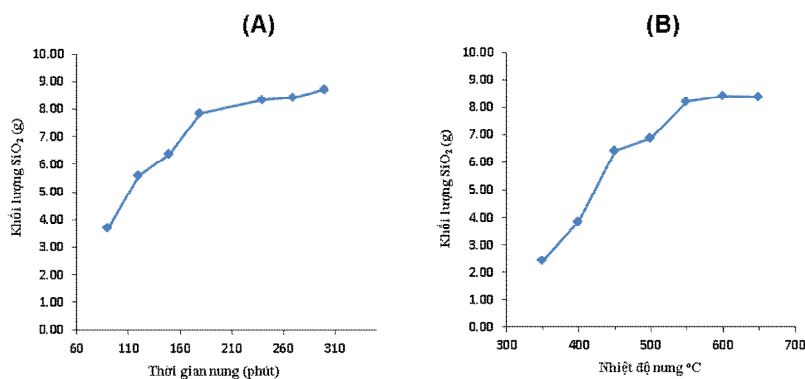
đến 120 ml thì khối lượng SiO<sub>2</sub> tăng lên rất ít. Khi thể tích dung dịch NaOH từ 120 ml trở lên thì khối lượng SiO<sub>2</sub> tăng lên không đáng kể. Do đó tôi chọn dung dịch NaOH 5M và thể tích dung dịch là 120ml, để tách SiO<sub>2</sub> từ 10 gam tro lò gạch. Vậy tỉ lệ rắn – lỏng tối ưu là 10 gam tro với 120 ml dung dịch NaOH 5M.



Hình 1. Ảnh hưởng của nồng độ (A) và thể tích (tỉ lệ rắn - lỏng) (B) đến hàm lượng SiO<sub>2</sub>

*Ảnh hưởng của thời gian nung đến quá trình tách vật liệu silica từ tro lò gạch:*

Kết quả ảnh hưởng của thời gian nung đến quá trình tách vật liệu silica từ tro lò gạch được thể hiện ở Bảng 1 và Hình 2(A).



Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian nung và nhiệt độ nung đến hàm lượng vật liệu  $\text{SiO}_2$

Từ Hình 2(A) ta thấy: Khi tăng thời gian nung từ 60 phút đến 240 thì khối lượng  $\text{SiO}_2$  tăng lên nhanh. Khi tăng thời gian nung từ 240 phút trở lên thì khối lượng **vật liệu silica** tăng lên không đáng kể. Do đó tôi chọn 120ml dung dịch NaOH 5M thời gian nung 240 phút, để tách **vật liệu silica** từ tro lò gạch.

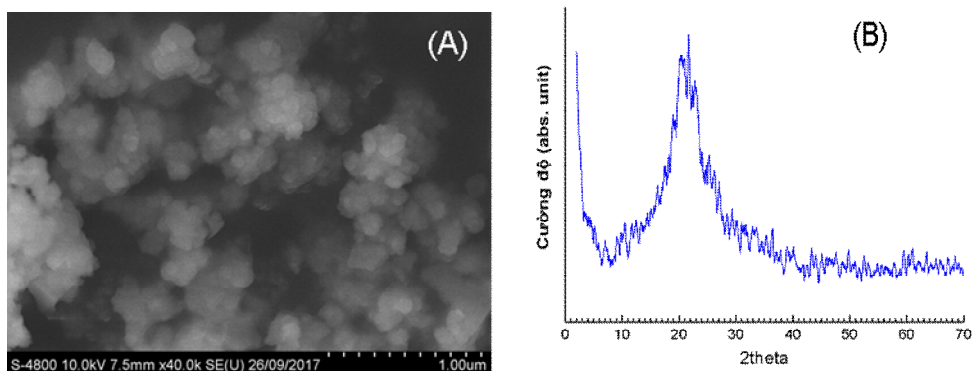
Ảnh hưởng của nhiệt độ nung đến quá trình tách **vật liệu silica** từ tro lò gạch được thể hiện ở Bảng 1 và Hình 2(B). Kết quả cho thấy: Khi tăng nhiệt độ nung từ 350 $^{\circ}\text{C}$  đến 500  $^{\circ}\text{C}$  thì khối lượng  $\text{SiO}_2$  tăng lên nhanh. Khi tăng nhiệt độ nung từ 550  $^{\circ}\text{C}$  trở lên thì khối lượng  $\text{SiO}_2$  tăng lên không đáng kể. Do đó tôi chọn 120ml dung dịch NaOH 5M thời gian nung 240 phút, nhiệt độ nung 550  $^{\circ}\text{C}$  là tối ưu để tách **vật liệu silica** từ tro lò gạch.

### 3.2. Đặc tính của vật liệu silica

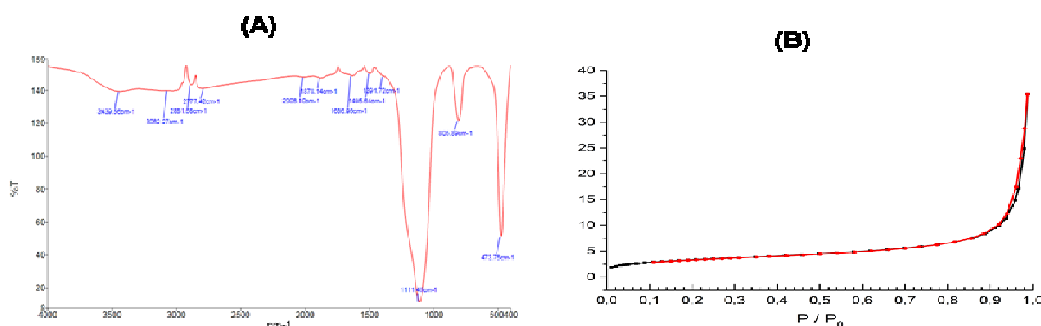
Kết quả chụp SEM của vật liệu silica: Hình 3(A) thể hiện ảnh chụp SEM của mẫu vật liệu silica tổng hợp từ tro lò gạch. Từ kết quả chụp

SEM ta thấy mẫu  $\text{SiO}_2$  có các hạt vi tinh thể có kích thước khoảng 10-15 nm, các hạt kết đám lại với nhau thành những đám hạt có dạng cấu trúc xốp cho vật liệu. Đây là đặc tính quan trọng giúp cho vật liệu  $\text{SiO}_2$  tách từ tro trấu có đặc tính hấp phụ tốt dùng để hấp phụ ion kim loại nặng trong nước.

Kết quả đo mẫu nhiễu xạ (XRD) của mẫu vật liệu silica từ tro lò gạch được biểu diễn trong Hình 3(B). Từ Hình 5 ta thấy rằng chỉ có một pic xuất hiện ở  $2\theta$  gần bằng 22 $^{\circ}$  nhưng cường độ rất thấp ( $< 80$  cps) nên có thể khẳng định rằng Silic đioxit được tách ra từ tro trấu lò gạch tồn tại ở dạng vô định hình, mềm có độ xốp cao, thuận lợi cho việc sử dụng hấp phụ ion kim loại nặng trong nước.



Hình 3. Ảnh SEM (A) và giản đồ XRD (B) của mẫu vật liệu silica từ tro lò gạch.



Hình 4. Phổ hồng ngoại FT-IR (A) và đường đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp phụ  $N_2$  (B) của vật liệu silica

Kết quả đo mẫu hồng ngoại (FT-IR) của mẫu vật liệu silica (Hình 4A) cho thấy những hạt nano silica đều có đỉnh phổ tại số sóng 473,76; 805,89 và  $1111,45\text{ cm}^{-1}$  là dao động đối xứng và dao động bất đối xứng của liên kết Si – O – Si, Tại dải hấp phụ 1281,58 và  $1636,95\text{ cm}^{-1}$  là do sự hiện diện của dao động kéo giãn nhóm O – H của nhóm silanol để duy trì sự hấp thụ nước. Như vậy, vật liệu thu được từ tro lò gạch trong nghiên cứu này chủ yếu là vật liệu dioxide silic  $SiO_2$ .

Kết quả đo hấp phụ đẳng nhiệt khí  $N_2$  của mẫu vật liệu  $SiO_2$ : Từ Hình 4B và diện tích bề mặt của BET cho thấy đây là đường đẳng nhiệt hấp phụ loại IV và có sự trễ giữa đường giải hấp và hấp phụ, tuy nhiên diện tích khoảng trễ nhỏ. Kết quả này cho thấy vật liệu  $SiO_2$  thu được có kích thước lỗ xốp micro làm chủ yếu và một phần là lỗ meso. Từ kết quả chụp BET và quả chụp SEM ta thấy mẫu  $SiO_2$  có các hạt vi tính thể có kích thước khoảng 10-15 nm, các hạt kết đám lại với nhau thành những đám hạt có dạng cấu trúc xốp cho vật liệu. Đây là đặc tính quan trọng giúp cho vật liệu  $SiO_2$  tách từ tro trấu có đặc tính hấp phụ tốt dùng để hấp phụ ion kim loại nặng trong nước. Kích thước lỗ xốp, diện tích bề mặt và thể tích lỗ xốp được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Kích thước lỗ, diện tích bề mặt và thể tích lỗ của vật liệu  $SiO_2$

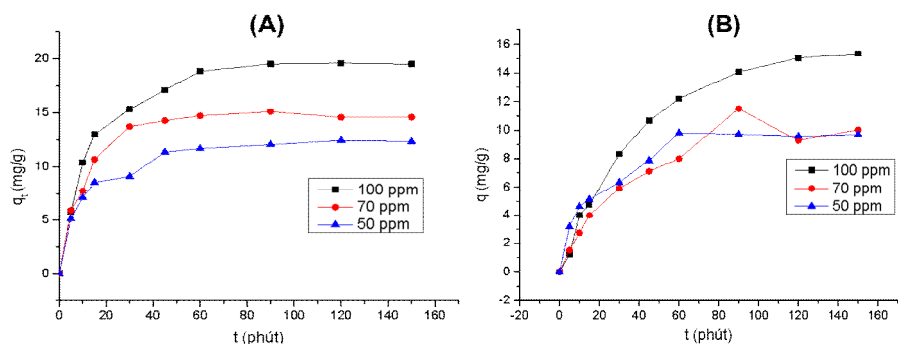
| Loại lỗ       | Diện tích bề mặt ( $m^2/g$ ) | Thể tích lỗ ( $cm^3/g$ ) | Kích thước lỗ (nm) |
|---------------|------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Lỗ trung bình | 11,85                        | -----                    | 23,355             |
| Micropore     | 3,14                         | 0,0015                   | -----              |
| Mesopore      | 8,44                         | 0,0530                   | -----              |

### 3.3. Kết quả hấp phụ các ion $Cu^{2+}$ , $Pb^{2+}$ của vật liệu $SiO_2$

Kết quả ảnh hưởng của thời gian khuấy đến quá trình hấp phụ ion  $Cu^{2+}$  và  $Pb^{2+}$  của vật liệu  $SiO_2$  được trình bày ở Bảng 3 và Hình 5.

Kết quả ở Bảng 3 và Hình 5(A) cho thấy, thời gian khuấy hay thời gian tiếp xúc của vật liệu hấp phụ  $SiO_2$  đối với các ion  $Cu^{2+}$  với các nồng độ 50 ppm, 70 ppm, 100ppm thì nồng độ ion kim loại còn lại trong dung dịch giảm và sau một khoảng thời gian khuấy nhất định thì nồng độ ion còn lại trong dung dịch gần như không đổi nên tôi chọn thời gian hấp phụ là 60 phút.

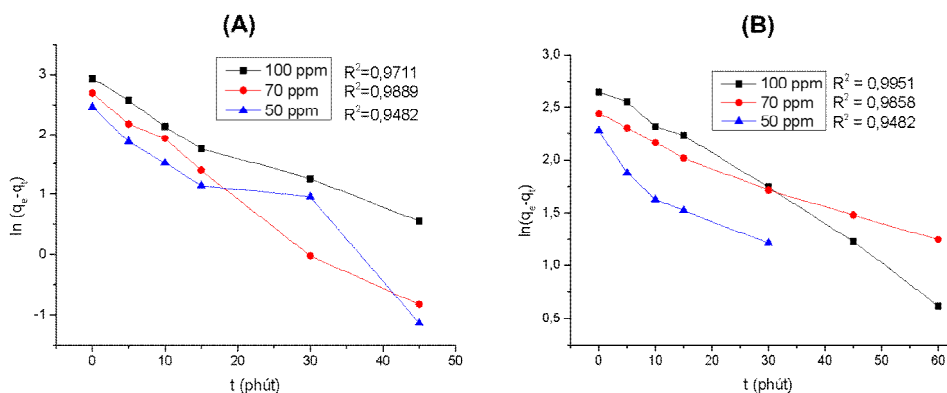
Hình 5(B) và Bảng 3 cũng chỉ ra rằng: Thời gian khuấy hay thời gian tiếp xúc của vật liệu hấp phụ  $SiO_2$  đối với các ion  $Pb^{2+}$  với các nồng độ 50 ppm, 70 ppm, 100ppm thì đường hấp phụ nồng độ ion kim loại có sự thay đổi và đến một khoảng thời gian 120 phút thì nồng độ ion còn lại trong dung dịch gần như không đổi nên tôi chọn thời gian hấp phụ là 120 phút.



Hình 5. Dung lượng hấp phụ  $\text{Cu}^{2+}$  (A) và  $\text{Pb}^{2+}$  (B) của vật liệu silica theo thời gian

Bảng 3. Dung lượng hấp phụ ion  $\text{Cu}^{2+}$  và  $\text{Pb}^{2+}$  theo thời gian

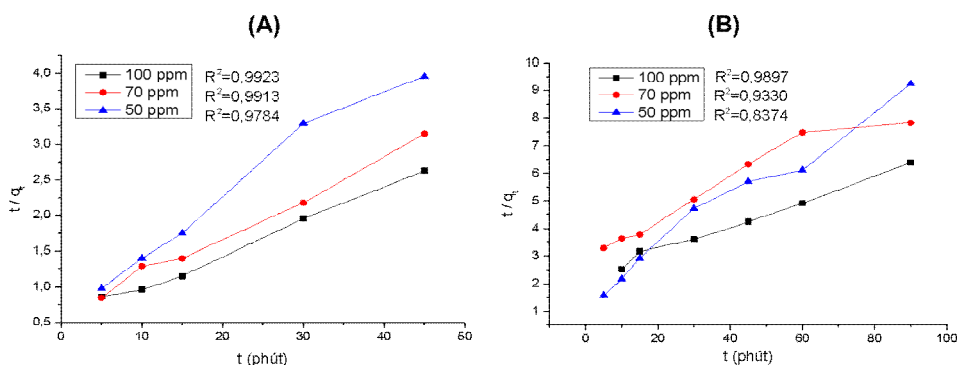
| Thời gian t<br>(phút) | Hàm lượng $\text{Cu}^{2+}$ |        |        | Hàm lượng $\text{Pb}^{2+}$ |        |        |
|-----------------------|----------------------------|--------|--------|----------------------------|--------|--------|
|                       | 100 ppm                    | 70 ppm | 50 ppm | 100 ppm                    | 70 ppm | 50 ppm |
| 0                     | 0                          | 0      | 0      | 0                          | 0      | 0      |
| 5                     | 5,792                      | 5,912  | 5,108  | 1,220                      | 1,524  | 3,176  |
| 10                    | 10,416                     | 7,768  | 7,140  | 3,972                      | 2,756  | 4,616  |
| 15                    | 13,020                     | 10,704 | 8,568  | 4,744                      | 3,976  | 5,140  |
| 30                    | 15,348                     | 13,752 | 9,116  | 8,340                      | 5,928  | 6,356  |
| 45                    | 17,124                     | 14,292 | 11,384 | 10,644                     | 7,104  | 7,888  |
| 60                    | 18,860                     | 14,728 | 11,704 | 12,212                     | 8,008  | 9,808  |
| 90                    | 19,524                     | 15,124 | 12,060 | 14,068                     | 11,500 | 9,730  |
| 120                   | 19,616                     | 14,592 | 12,440 | 15,048                     | 9,272  | 9,584  |
| 150                   | 19,508                     | 14,612 | 12,348 | 15,368                     | 10,036 | 9,696  |



Hình 6. Phương trình động học hấp phụ biểu kiến

bậc 1 của  $\text{Cu}^{2+}$  (A) và  $\text{Pb}^{2+}$  (B) của vật liệu silica  
 Kết quả áp dụng dữ liệu hấp phụ  $\text{Cu}^{2+}$  và  $\text{Pb}^{2+}$  vào phương trình động học hấp phụ biểu kiến bậc 1 và bậc 2 loại 2 được thể hiện trong Hình 6 và Hình 7 với khoảng thời gian khảo sát từ 0 đến 90 phút. Kết quả cho thấy sự hấp phụ  $\text{Cu}^{2+}$  và  $\text{Pb}^{2+}$  trên vật liệu silica tổng hợp từ tro lò

gạch tuân theo phương trình động học hấp phụ bậc 1 và bậc 2 loại 2 với  $R^2 > 0,9$  cho tất cả các nồng độ. Hằng số tốc độ và dung lượng hấp phụ cực đại được biểu diễn trong Bảng 5. Từ kết quả này cho thấy hàm lượng hấp phụ cực đại giảm khi giảm nồng độ dung dịch ban đầu.



Hình 7. Phương trình động học hấp phụ bậc 2 loại 2 của  $\text{Cu}^{2+}$  (A) và  $\text{Pb}^{2+}$  (B) trên vật liệu silica từ tro lò gạch

Bảng 4. Dung lượng hấp phụ cực đại (mg/g) và hằng số tốc độ hấp phụ biểu kiến

| Nồng độ dd ban đầu (ppm) | Phương trình bậc 2 loại 2 |                  | Phương trình bậc 1 |                  | Hằng số tốc độ hấp phụ biểu kiến |                  |
|--------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|------------------|----------------------------------|------------------|
|                          | $\text{Cu}^{2+}$          | $\text{Pb}^{2+}$ | $\text{Cu}^{2+}$   | $\text{Pb}^{2+}$ | $\text{Cu}^{2+}$                 | $\text{Pb}^{2+}$ |
| 100                      | 21,645                    | 21,882           | 15,770             | 14,817           | 0,05                             | 0,034            |
| 70                       | 18,116                    | 16,804           | 13,868             | 10,740           | 0,08                             | 0,020            |
| 50                       | 12,903                    | 11,627           | 10,566             | 8,306            | 0,08                             | 0,036            |

#### 4. KẾT LUẬN

Đã xác định được các điều kiện thích hợp cho quá trình điều chế vật liệu silica bằng phương pháp hòa tan và kết tủa với nguồn nguyên liệu tro trấu lò gạch. Các điều kiện cụ thể như sau: Nồng độ dung dịch NaOH – 5M và dung dịch HCl – 4M; thời gian già hóa kết tủa là 15 giờ; điều kiện nung tối ưu là tại 550 °C trong 4 giờ và tỷ lệ rắn – lỏng tối ưu là 10 gam tro trong 120 ml dung dịch NaOH 5M.

Vật liệu silica thu được là silic dioxide  $\text{SiO}_2$ : dạng hạt với kích thước từ 10 – 15 nm; chủ yếu ở dạng vô định hình; độ xốp tương đối cao; kích thước lỗ rỗng gồm cả micro và meso, trong đó lỗ micro chiếm phần chủ yếu.

Dung lượng hấp phụ q (mg/g) ion  $\text{Cu}^{2+}$  và  $\text{Pb}^{2+}$  tăng khi tăng nồng độ dung dịch ion kim loại ban đầu và tăng thời gian hấp phụ, tuy nhiên sau 90 phút hầu như tăng không đáng kể. Quá trình hấp phụ  $\text{Cu}^{2+}$  và  $\text{Pb}^{2+}$  tuân theo phương trình động học hấp phụ biểu kiến bậc 1 và bậc 2 loại 2. Kết quả tính toán cho thấy dung lượng hấp phụ cực đại tăng khi tăng nồng độ dung dịch ion kim loại ban đầu. Trong đó, với nồng độ ion kim loại ban đầu 100 ppm, dung lượng

hấp phụ cực đại  $q_e$  của  $\text{Cu}^{2+}$  là 21,645 mg/g và của  $\text{Pb}^{2+}$  là 21,882 mg/g.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- David P. Serrano, Guillermo Calleja, Juan A. Botas, and Francisco J. Gutierrez (2004), “Adsorption and Hydrophobic Properties of Mesoporous MCM-41 and SBA-15 Materials for Volatile Organic Compound Removal”, *Ind, Eng, Chem, Res.*, 43(22), 7010 – 7018.
- P. Selvam, S. K. Bhatia, C. G. Sonwane (2001), “Recent Advances in Processing and Characterization of Periodic Mesoporous MCM-41 Silicate Molecular Sieves”, *Ind, Eng, Chem, Res.*, 40, 3237-3261.
- Zhen-Shu Liu, Wen-Kai Li and Chun-Yi Huang (2014), “Synthesis of mesoporous silica materials from municipal solid waste incinerator bottom ash”, *Waste Management*, 34, 893–900.
- Nguyễn Văn Hưng, Nguyễn Ngọc Bích, Nguyễn Hữu Nghị, Trần Hữu Bằng, Đặng Thị Thanh Lê (2015), “Điều chế vật liệu nano  $\text{SiO}_2$  cấu trúc xốp từ tro trấu để hấp thụ xanh metylen trong nước”, *Tạp chí Hóa Học*, 53(4), 491-496.

5. Hồ Văn Thành, Võ Thị Thanh Châu, Vũ Anh Tuấn, Nguyễn Hữu Phú (2007), “Nghiên cứu tổng hợp vật liệu mao quản trung bình trật tự MCM – 41 từ vỏ trấu để hấp phụ chất ô nhiễm hữu cơ”, *Tạp chí Hóa Học*, 45(6A), 71-75.

6. Nguyễn Trí Tuấn, Nguyễn Hữu Minh Phú, Hồ Ngọc Tri Tân, Phạm Thị Bích Thà và cộng sự (2014), “Tổng hợp hạt nano SiO<sub>2</sub> từ tro vỏ trấu bằng phương pháp kết tủa”, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 32, 120-124.

7. Tin tài chính của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn tháng 5/ 2017.

8. Sweetman S.C., Pharm B., PharmS F.R. (2009), *Martindale - the complete drug reference* (Thirty-sixth edition ed. Vol. 2), Pharmaceutical Press.

9. Wollein U., Eisenreich W., Schramek N. (2011), "Identification of novel sildenafil-analogues in an adulterated herbal food supplement"

---

## HOẠT TÍNH CHỐNG OXI HÓA ĐẰNG SÂM .....(tiếp theo tr. 20)

[8] K. N. Chen *et al.*, “Codonopsis javanica root extracts attenuate hyperinsulinemia and lipid peroxidation in fructose-fed insulin resistant rats,” *J. Food Drug Anal.*, vol. 21, no. 4, pp. 347–355, 2013.

[9] C. Liu *et al.*, “The comparison of antioxidative and hepatoprotective activities of Codonopsis pilosula polysaccharide (CP) and sulfated CP,” *Int. Immunopharmacol.*, vol. 24, no. 2, pp. 299–305, 2015.

[10] P. T. Kỳ, “Nghiên cứu cây chè dây làm thuốc điều trị bệnh loét dạ dày hành tá tràng.” 1995.

[11] Y. P. Tan and E. W. C. Chan, “Antioxidant, antityrosinase and antibacterial properties of fresh and processed leaves of Anacardium occidentale and Piper betle,” *Food Biosci.*, vol. 6, pp. 17–23, 2014.

[12] B. Alam *et al.*, “Antioxidant, analgesic and anti-inflammatory activities of the methanolic extract of Piper betle leaves,” *Avicenna J. phytomedicine*, vol. 3, no. 2, pp. 112–25, 2013.

[13] P. Maisuthisakul, “Phenolic Antioxidants from Betel Leaf (Piper betel Linn.) Extract Obtained with Different Solvents and Extraction Time,” *J. Univ. Thai Chamb. Commer.*, vol. 28, no. 2, pp. 52–64, 2015.

[14] N. Dasgupta and B. De, “Antioxidant activity of Piper betle L. leaf extract in vitro,” *Food Chem.*, vol. 88, no. 2, pp. 219–224, 2004.

[15] T. P. A and Y. Farida, “Total phenolic, flavonoids content and antioxidant activity of the ethanolic extract of betel leaf (piper betel L. ),” *Int. J. Sci. Innov. Discov.*, vol. 1, no. 2, pp. 109–114, 2013.

[16] D. Marinova, F. Ribarova, and M. Atanassova, “Total phenolics and total flavonoids in bulgarian fruits and vegetables,” *J. Univ. Chem. Technol. Metall.*, vol. 40, no. 3, pp. 255–260, 2005.

[17] J. Zhishen, T. Mengcheng, and W. Jianming, “The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals,” *Food Chemistry*, vol. 64, no. 4. pp. 555–559, 1999.

[18] V. Bondet, W. Brand-Williams, and C. Berset, “Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH•free radical method,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 30, no. 6, pp. 609–615, 1997.

[19] P. Molyneux, “The Use of the Stable Free Radical Diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity,” *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, vol. 26, no. December 2003, pp. 211–219, 2004.

[20] R. Roberta, P. Nicoletta, P. Anna, P. Annanth, M. Yang, and R. E. Catherine, “Antioxidant Activity Applying an Improved Abts Radical,” vol. 26, no. 98, pp. 1231–1237, 1999.