

# Chế biến silica từ vỏ trấu – ứng dụng tạo vật liệu xử lý kim loại nặng trong nước thải công nghiệp

Đào Thị Băng Tâm\*, Nguyễn Trung Độ, Lưu Kiến Quốc, Hà Thúc Chí Nhân



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, việc xử lý ô nhiễm nguồn nước là một trong những đề tài được các nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm, vì nước không những có vai trò rất quan trọng trong đời sống của con người và trong quá trình sản xuất. Tuy nhiên, cùng với sự phát triển không ngừng của thời đại công nghiệp hóa, hiện đại hóa, thì nguồn nước đang có nguy cơ bị ô nhiễm rất cao. Trong đó, thành phần gây ô nhiễm trong nước là các ion kim loại nặng từ nước thải sản xuất tại nhà máy ở các khu công nghiệp. Theo nghiên cứu, kim loại nặng được biết là vô cùng độc hại đối với các sinh vật sống, ngay cả ở hàm lượng thấp (ppm). Vì vậy, việc loại bỏ kim loại nặng và các chất ô nhiễm khác trong nước được coi là một giải pháp quan trọng để khắc phục môi trường. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu khả năng hấp phụ một số ion kim loại nặng ( $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  và  $Cr^{6+}$ ) của vật liệu nano silica được chiết xuất và tinh chế từ vỏ trấu Việt Nam. Cấu trúc của vật liệu được nghiên cứu bằng nhiễu xạ tia X (XRD) và quang phổ FT-IR. Bằng phân tích quang phổ nguyên tử hấp phụ (AAS), cho thấy chứng minh hiệu suất hấp phụ ion kim loại nặng của silica theo tỷ lệ chất rắn - lỏng tốt nhất đối với dung dịch  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  là 0,6 g/50 mL với nồng độ hấp phụ tương ứng là 20,20 mg/L và 13,37 mg/L đạt hiệu suất 96,18% và 57,30%. Kết quả khảo sát hấp phụ theo thời gian cho thấy thời gian đạt được sự cân bằng hấp phụ là khoảng 1,5 giờ cho cả hai trường hợp với nồng độ hấp phụ tương ứng là 20,53 mg/L và 14,74 mg/L, đạt hiệu suất lần lượt là 97,78% và 61,44%.

**Từ khoá:** hấp phụ kim loại nặng, ion kim loại nặng, tổng hợp silica, xử lý nước, vỏ trấu

## GIỚI THIỆU

Một số kim loại nặng có độc tính như cadmium (Cd), Nikel (Ni), chì (Pb) và crom (Cr) là những thành phần tự nhiên của vỏ trái đất<sup>1-7</sup>. Nếu trong nước sinh hoạt có hàm lượng kim loại vượt quá ngưỡng cho phép sẽ gây nhiều tác hại cho sức khỏe con người và sinh vật khác<sup>8-11</sup>. Tuy nhiên, kim loại nặng không dễ bị phân hủy một cách tự nhiên, sự tồn tại cùng độc tính của chúng có thể dẫn đến ô nhiễm nguồn nước sinh hoạt<sup>10,11</sup>. Việc sử dụng kim loại nặng trong công nghiệp ngày càng tăng đã dẫn đến sự gia tăng các chất kim loại trong nguồn nước tự nhiên<sup>11-15</sup>. Nhiều công nghệ xử lý nước đã được sử dụng để loại bỏ kim loại nặng khỏi nước bao gồm kết tủa, điện hóa, trao đổi ion, lọc, kết tủa, hấp phụ và sinh học<sup>1</sup>. Mỗi phương pháp đều có những ưu và nhược điểm cũng như phạm vi ứng dụng khác nhau tùy thuộc vào loại kim loại, nồng độ, tốc độ dòng chảy và chất lượng nước thô<sup>2</sup>. Tuy nhiên, việc xây dựng các hệ thống xử lý nước thải thường có chi phí cao, không hiệu quả và tạo ra sản phẩm phụ gây ô nhiễm thứ cấp khi xử lý nước thải có nồng độ kim loại nặng từ 1–100 mg/L, điều này đã gây trở ngại rất lớn cho các nhà máy và khu công

nghiệp. Do vậy, yêu cầu cho các nhà khoa học phải chế tạo được loại vật liệu có thể hấp phụ các kim loại nặng trong nước với giá thành hợp lý, có thể áp dụng được ngay và không cần phải có hệ thống xử lý phức tạp. Từ những kết quả nghiên cứu trên thế giới cho thấy silica không những hấp phụ tốt kim loại nặng như kẽm (Zn), đồng (Cu)<sup>6-13,16,17</sup>, mà còn có chi phí sản xuất thấp, thân thiện với môi trường và đặc biệt không tạo ra sản phẩm ô nhiễm thứ cấp. Vì vậy, trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu khả năng hấp phụ một số ion kim loại nặng  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  và  $Cr^{6+}$  của vật liệu nano silica được chiết xuất và tinh chế từ vỏ trấu Việt Nam. Vỏ trấu chủ yếu chứa các chất hữu cơ (cellulose và lignin) với hàm lượng các nguyên tố carbon, oxygen, hydrogen, và silic tương đối lớn, trong đó hàm lượng nguyên tố silic tương đối cao chiếm 9,20% (tương ứng với 19,71%  $SiO_2$ ), còn hàm lượng các nguyên tố khác không đáng kể<sup>18</sup>. Do đó, chúng tôi tận dụng nguồn silica được chế biến từ vỏ trấu - vốn là nguồn phế phẩm rất dồi dào của một nước nông nghiệp có truyền thống trồng lúa từ lâu đời như Việt Nam. Chúng tôi sử dụng các phương pháp hóa học nhằm biến tính bề mặt silica để tạo ra loại vật liệu kích thước nanomet có khả năng hấp phụ một số kim

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

### Liên hệ

Đào Thị Băng Tâm, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

Email: dtbtam@hcmus.edu.vn

### Lịch sử

- Ngày nhận: 22-5-2020
- Ngày chấp nhận: 23-10-2020
- Ngày đăng: 03-11-2020

DOI: 10.32508/stdjns.v4i4.915



### Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Trích dẫn bài báo này:** Tâm D T B, Độ N T, Quốc L K, Nhân H T C. **Chế biến silica từ vỏ trấu – ứng dụng tạo vật liệu xử lý kim loại nặng trong nước thải công nghiệp.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 4(4):789-798.

loại nặng.

## VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### Hóa chất và thiết bị

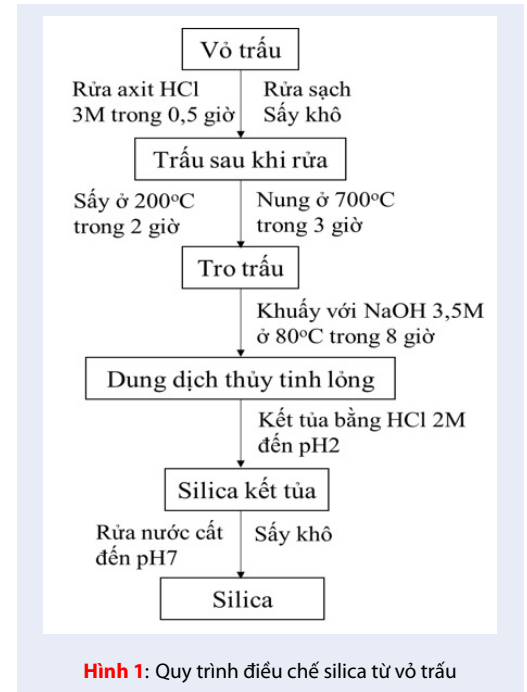
Vỏ trấu được sử dụng có nguồn gốc từ Long An và các loại hóa chất như nước cất 1 lần, NaOH rắn (Trung Quốc), acid HCl 36–38% (Trung Quốc), muối  $Pb(NO_3)_2$  (Trung Quốc), muối  $CdCl_2$  (Nhật Bản) và một số thiết bị dụng cụ như cân tiểu ly OHAUS PA214 (độ chính xác 0,0001), máy khuấy từ gia nhiệt Wisd MSH –20A, tủ sấy, nhiệt kế  $110^\circ C$ , bercher nhựa 100 mL, 500 mL, bercher thủy tinh 250 mL, lò nung và một số dụng cụ khác.

### Thực nghiệm

100 g trấu được sử dụng có nguồn gốc từ Long An và được xay thành bột mịn trước khi sử dụng. Sau đó, trấu được rửa với acid HCl 3M trong 0,5 giờ để khảo sát độ tinh khiết sau kết tủa. Tiếp theo, trấu được nung trong lò ở nhiệt độ  $200^\circ C$  trong 2 giờ, sau đó nâng lên nhiệt độ  $700^\circ C$  và ủ nhiệt trong 3 giờ. Sau khi nung xong, trấu có dạng bột, màu trắng, khối lượng thu được khoảng 10–12% so với khối lượng trấu ban đầu. Tro trấu sau khi nung được hoà tan trong dung dịch NaOH 3,5M, sau đó được khuấy gia nhiệt với nhiệt độ  $80^\circ C$  trong 8 giờ. Dung dịch sau khi hoà tan được gọi là dung dịch thủy tinh lỏng. Dung dịch thủy tinh lỏng được lọc chân không qua giấy lọc để loại bỏ những cặn còn sót lại. Sau khi lọc xong, dung dịch thủy tinh lỏng được kết tủa bằng dung dịch HCl 2M đến khi pH dung dịch đạt 2. Có thể thu được silica ở dạng gel hoặc ở dạng kết tủa tùy vào điều kiện kết tủa. Quy trình điều chế silica được tổng quát theo sơ đồ Hình 1.

Quy trình khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ rắn – lỏng đến khả năng hấp phụ ion kim loại nặng của silica được trình bày như Hình 2. Cho khối lượng xác định 0,5g; 0,6g; 0,7g; 0,8g; 0,9g; 1,0 g silica vào 50 mL dung dịch ion kim loại  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  và  $Cr^{6+}$  (ba dung dịch riêng lẻ) có nồng độ tương ứng là 21 mg/L, 24 mg/L và 23 mg/L. Sau đó, tiến hành khuấy hỗn hợp trên máy khuấy từ với thời gian 60 phút. Từng mẫu dung dịch sau khi khuấy được tách riêng phần rắn – lỏng bằng giấy lọc, thu được phần dung dịch trong suốt với mẫu  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  và dung dịch màu vàng nhạt với mẫu  $Cr^{6+}$ . Sau đó, lấy mỗi dung dịch này 10 mL để đo AAS nhằm phân tích nồng độ ion kim loại trong dung dịch. Suy ra nồng độ ion kim loại nặng đã được silica hấp phụ bằng cách lấy nồng độ chuẩn ban đầu trừ đi nồng độ đo được sẽ thu được nồng độ silica hấp phụ.

Quy trình khảo sát sự hấp phụ kim loại nặng của silica theo thời gian được trình bày như Hình 3. Cho



Hình 1: Quy trình điều chế silica từ vỏ trấu

0,5 g silica vào 50 mL dung dịch ion kim loại  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  (hai dung dịch riêng lẻ) đã chuẩn bị sẵn có nồng độ tương ứng là 21 mg/L và 24mg/L. Sau đó, khuấy hỗn hợp trên máy khuấy từ với khoảng thời gian 30 phút, 60 phút, 90 phút, 120 phút, 150 phút và 180 phút. Từng mẫu dung dịch sau khi khuấy được tách phần rắn lỏng riêng bằng giấy lọc, thu được phần dung dịch trong suốt đối với mẫu  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$ . Sau đó, lấy mỗi dung dịch này 10 mL để đo AAS nhằm phân tích nồng độ ion kim loại trong dung dịch từ đó suy ra nồng độ ion kim loại đã được hấp phụ.

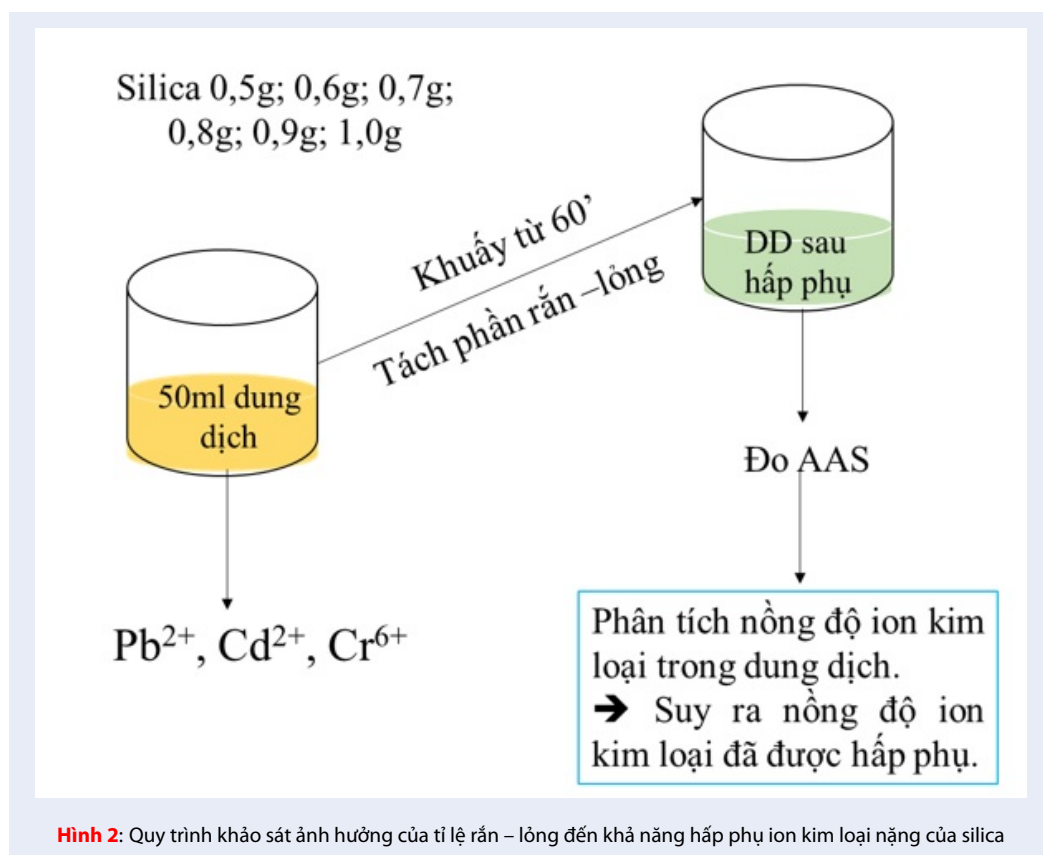
## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Thành phần và cấu trúc silica thu được từ vỏ trấu sau quá trình điều chế

Kết quả phân tích thành phần silica thu từ trấu sau quá trình tổng hợp và kết tủa đến pH 2 được thể hiện qua Bảng 1. Trong đó, nguyên tố Si chiếm đến 98,33% về khối lượng trong silica sau khi kết tủa. Các nguyên tố khác chỉ chiếm tỉ lệ ít trong thành phần silica, điều này không làm ảnh hưởng đến cấu trúc cũng như khả năng hấp phụ của silica.

Mẫu silica dạng bột màu trắng được chụp nhiễu xạ tia X (XRD) bằng máy D8 Advance Burker quét góc  $10^\circ$  đến  $50^\circ$ . Kết quả thu được trình bày trong Hình 4.

Trong Hình 4 sự xuất hiện vùng phổ mở rộng ở khoảng  $22,5^\circ$ – $40^\circ$  với cường độ rất thấp cho thấy silica thu được tồn tại ở dạng vô định hình, có độ xốp cao và có khả năng phù hợp với ứng dụng hấp phụ



**Bảng 1:** Tỷ lệ phần trăm khối lượng nguyên tố trong silica (tính theo dạng oxide quy chuẩn 100%)

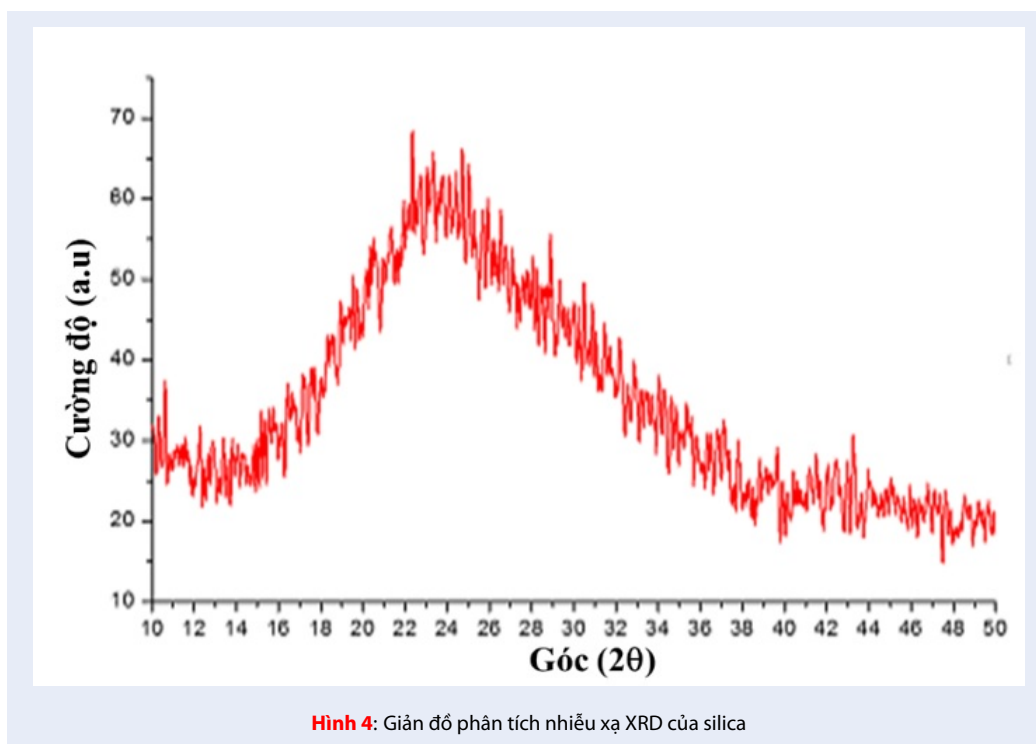
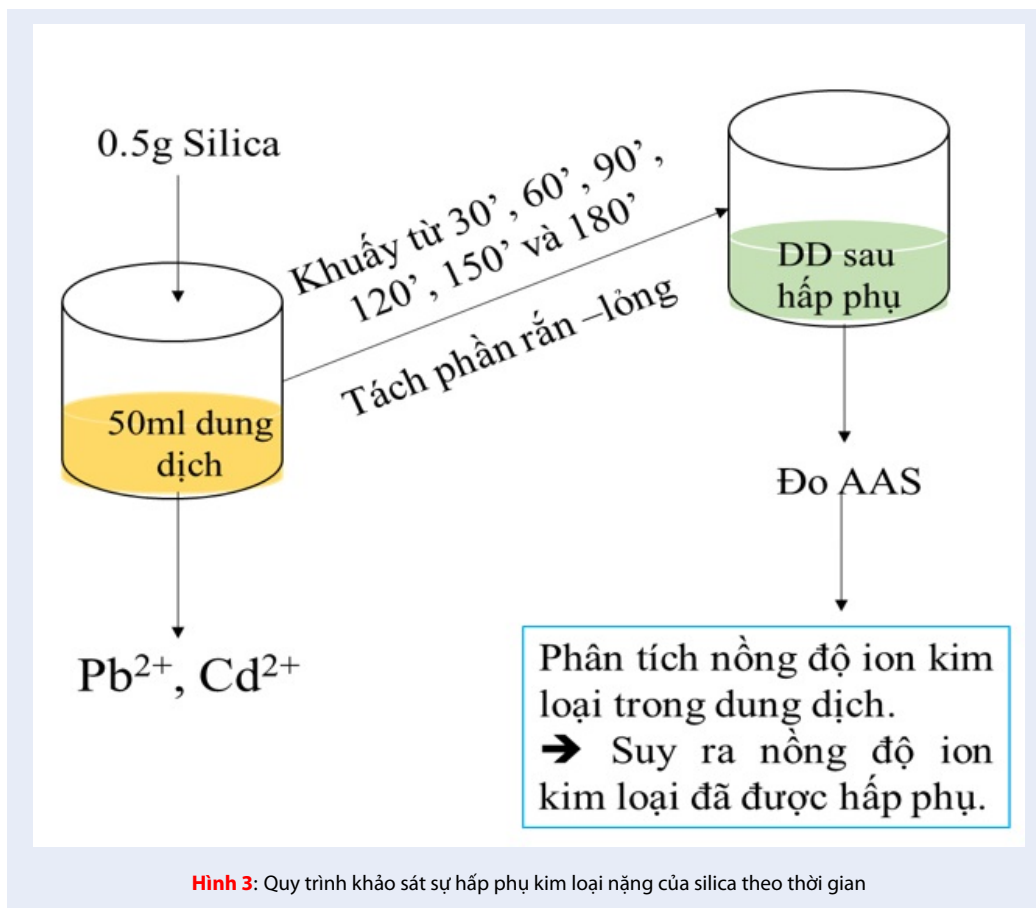
Nguyên tố	Si	Al	Cl	Na	Fe	K
Phần trăm khối lượng (%)	98,33	0,70	0,48	0,46	0,01	0,01

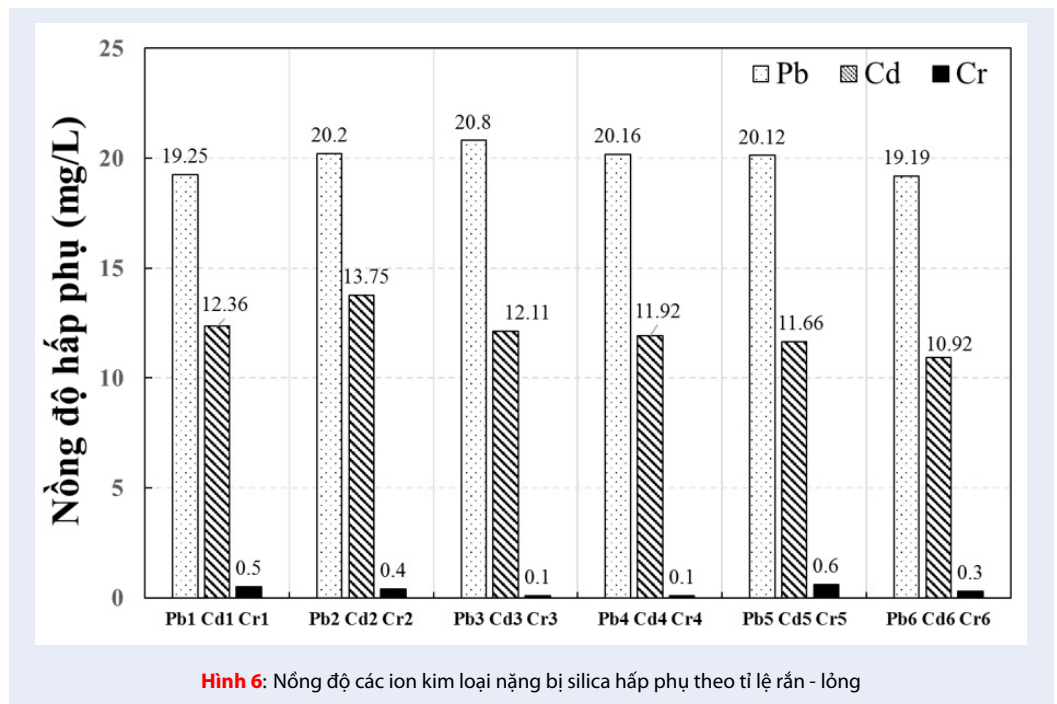
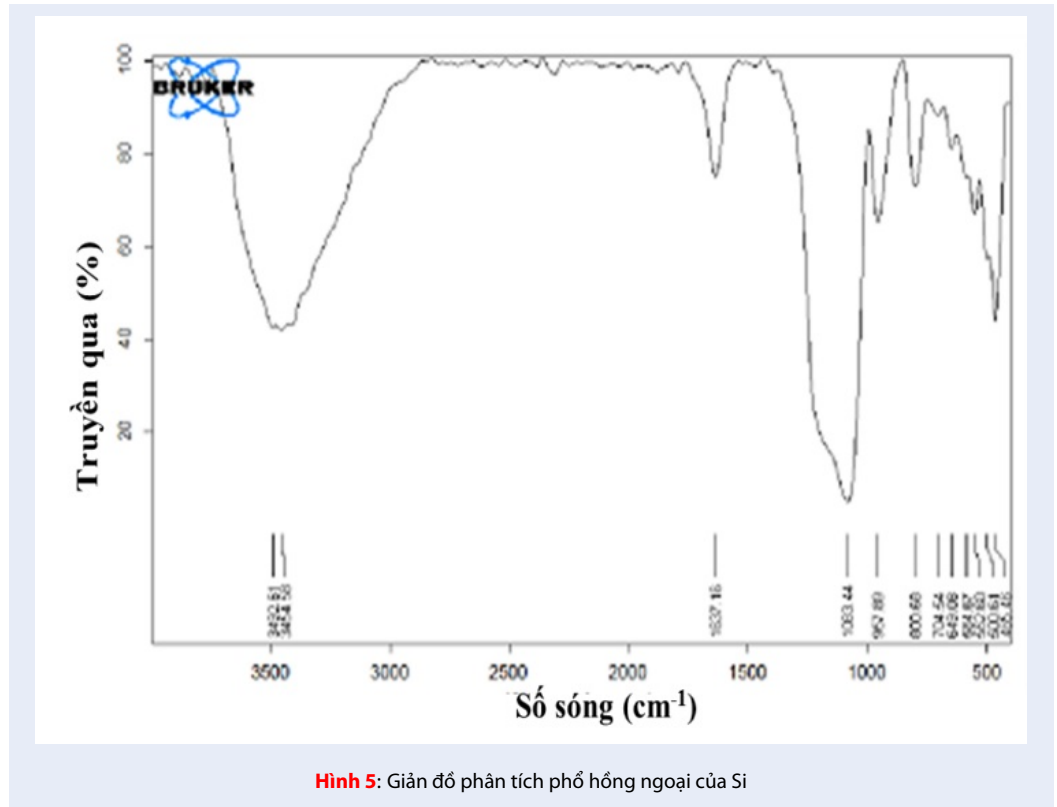
kim loại nặng. Để kiểm tra thêm về cấu trúc của Si sau khi điều chế, các mẫu Si được đo FT-IR và có kết quả như Hình 5.

Kết quả phổ FT-IR (Hình 5) cho thấy, các đỉnh hấp thụ tại các số sóng  $3492\text{ cm}^{-1}$ ,  $3454\text{ cm}^{-1}$ ,  $1083\text{ cm}^{-1}$ ,  $800\text{ cm}^{-1}$  và khoảng  $500\text{ cm}^{-1}$ , là những đỉnh đặc trưng cho cấu trúc của silica. Tại vùng có số sóng từ  $3492\text{ cm}^{-1}$  đến  $3454\text{ cm}^{-1}$  xuất hiện đỉnh có cường độ khá mạnh, là đặc trưng cho dao động kéo dãn của nhóm OH trên bề mặt silica, điều này chứng tỏ silica có xuất hiện các nhóm silanol. Tại  $1083\text{ cm}^{-1}$  xuất hiện đỉnh có cường độ mạnh, là đặc trưng cho dao động kéo dãn bất đối xứng của liên kết Si-O-Si. Dao động của liên kết Si-OH tương ứng với đỉnh xuất hiện tại  $800\text{ cm}^{-1}$ . Tại khoảng  $500\text{ cm}^{-1}$  xuất hiện các đỉnh là do dao động kéo dãn đối xứng của nhóm Si-O-Si. Kết quả phân tích IR, cho thấy đã thu được silica với các nhóm silanol trên bề mặt.

### Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ rắn – lỏng đến khả năng hấp phụ ion kim loại nặng của silica

Theo Bảng 2 và Hình 6 (biểu đồ so sánh nồng độ các ion kim loại bị silica hấp phụ theo tỉ lệ rắn – lỏng), silica hấp phụ cao nhất với các mẫu Pb02 và Cd02 tương ứng với tỉ lệ rắn – lỏng là 0,6 g silica/50 mL dung dịch  $Pb^{2+}$  (nồng độ 21 mg/L) và 0,6g silica/50 mL với dung dịch  $Cd^{2+}$  (nồng độ 24 mg/L), với nồng độ hấp phụ được là 20,20 mg/L ion  $Pb^{2+}$  và 13,75 mg/L ion  $Cd^{2+}$ . Với mẫu Pb01, do trong dung dịch lượng silica không đủ để hấp phụ tốt ion  $Pb^{2+}$  trong dung dịch khi chỉ hấp phụ được 19,25 mg/L. Mẫu Pb02, Pb03, Pb04 tỉ lệ rắn lỏng hợp lý, nồng độ ion kim loại bị hấp phụ ổn định trên 20 mg/L. Mẫu Pb05, Pb06 nồng độ hấp phụ bắt đầu giảm, do khối lượng silica trong dung dịch cao, gây nên hiện tượng kết tụ, làm giảm diện tích bề mặt của silica, khiến cho nồng độ ion  $Pb^{2+}$  bị hấp phụ giảm xuống<sup>7,12,15,16</sup> (tương tự với các mẫu Cd03, Cd04, Cd05 và Cd06). Như vậy, trong các thí





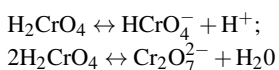
**Bảng 2:** Ảnh hưởng của tỉ lệ rắn lỏng đến quá trình hấp phụ ion  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  và  $Cr^{6+}$  trong nước

Khối lượng của silica (g)		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Dung dịch $Pb^{2+}$	Ký hiệu mẫu	Pb01	Pb02	Pb03	Pb04	Pb05	Pb06
	Nồng độ đầu (mg/L)				21,00		
	Nồng độ sau phản ứng (mg/L)	1,75	0,80	0,92	0,84	0,88	1,01
	Nồng độ hấp phụ (mg/L)	19,25	20,20	20,08	20,16	20,12	19,19
	Hiệu suất (%)	91,64	96,18	95,64	96,02	95,81	95,19
Dung dịch $Cd^{2+}$	Ký hiệu mẫu	Cd01	Cd02	Cd03	Cd04	Cd05	Cd06
	Nồng độ đầu (mg/L)				24		
	Nồng độ sau phản ứng (mg/L)	11,64	10,25	11,88	12,08	12,34	13,08
	Nồng độ hấp phụ (mg/L)	12,36	13,75	12,11	11,92	11,66	10,92
	Hiệu suất (%)	51,49	57,30	50,48	49,67	48,59	45,50
Dung dịch $Cr^{6+}$	Ký hiệu mẫu	Cr01	Cr02	Cr03	Cr04	Cr05	Cr06
	Nồng độ đầu (mg/L)				23		
	Nồng độ sau phản ứng (mg/L)	22,5	22,6	22,9	21,9	22,4	22,7
	Nồng độ hấp phụ (mg/L)	0,5	0,4	0,1	0,1	0,6	0,3
	Hiệu suất (%)	2,17	1,74	0,43	4,78	2,61	1,30

thực nghiệm trên tỉ lệ rắn – lỏng tốt nhất của silica hấp phụ ion  $Pb^{2+}$  trong dung dịch là 0,6 g/50 mL, dung dịch có nồng độ 21 mg/L. Đối với  $Cr^{6+}$ , hiệu quả hấp phụ của silica với ion  $Cr^{6+}$  không đạt hiệu quả khi nồng độ hấp phụ tối đa chỉ là 1,1 mg/L đạt hiệu suất 4,99%. Ion  $Cr^{6+}$  bị hấp phụ ít có thể do khi hoà tan vào nước,  $CrO_3$  bị hydrate hoá tạo thành  $H_2CrO_4$  theo phương trình sau:



Acid cromic là một acid mạnh và phân ly theo phương trình:



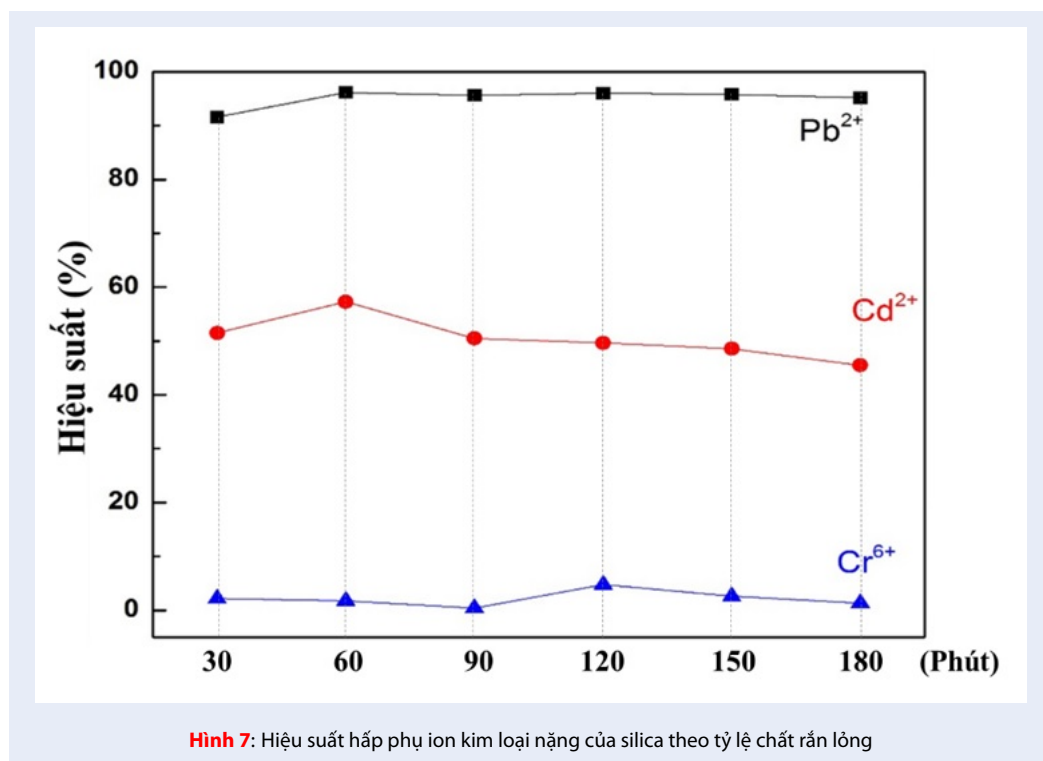
Vì vậy, khi hoà tan vào nước,  $CrO_3$  tạo môi trường acid, làm giảm quá trình phân ly trong nước của nhóm silanol:  $SiOH \leftrightarrow SiO^- + H^+$ . Khả năng phân ly kém của nhóm silanol làm giảm các tâm hấp phụ, do đó hiệu suất hấp phụ của silica không cao. Ngoài ra, trong dung dịch  $Cr^{6+}$  tồn tại ở dạng  $HCrO_4^-$  và  $Cr_2O_7^{2-}$ , có kích thước lớn nên khó len lỏi vào trong

các lỗ xốp của silica nên khó hình thành nên những liên kết bền với nhóm silanol. Như vậy, khả năng hấp phụ ion  $Cr^{6+}$  từ  $CrO_3$  của silica không hiệu quả. Từ kết quả của Bảng 2 và Hình 6, nhận thấy silica hấp phụ  $Cr^{6+}$  không hiệu quả (hiệu suất dưới 5%) nên không được tiếp tục khảo sát hấp phụ theo thời gian. Hiệu suất hấp phụ ion kim loại nặng của silica theo tỷ lệ chất rắn lỏng tốt nhất đối với dung dịch  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  là 0,6 g/50 mL với nồng độ hấp phụ lần lượt là 20,20 mg/L và 13,37 mg/L đạt hiệu suất tương ứng 96,18% và 57,30% (Hình 7).

### KHẢO SÁT SỰ HẤP PHỤ KIM LOẠI NẶNG CỦA SILICA THEO THỜI GIAN

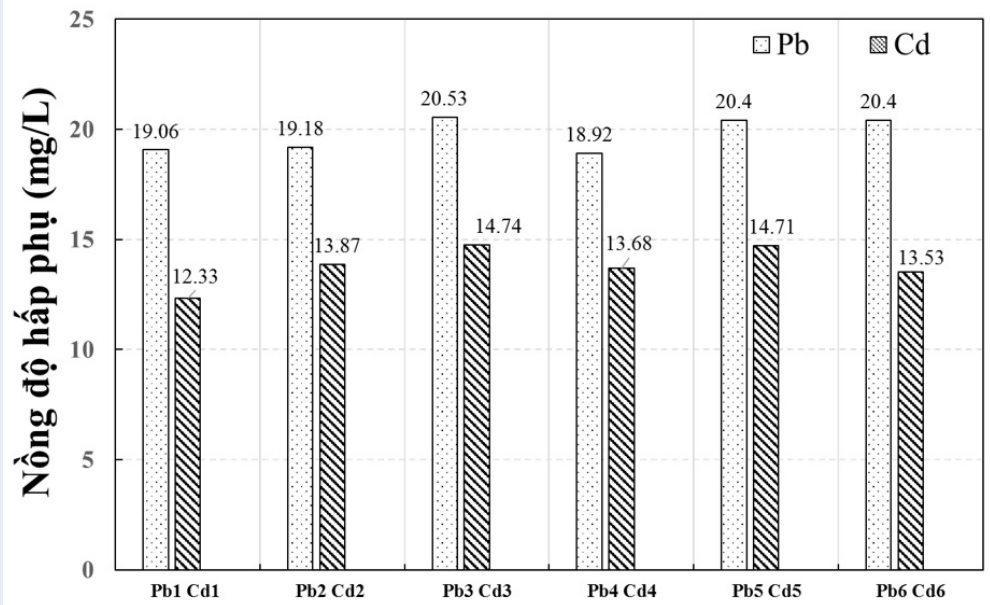
Sau khi tiến hành chuỗi khảo sát theo thời gian ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ các ion kim loại nặng trong nước của silica, nồng độ còn lại trong dung dịch của các kim loại đo được bằng phương pháp AAS, để tìm được nồng độ ion kim loại bị hấp phụ, ta lấy nồng độ chuẩn ban đầu trừ cho nồng độ đo được sẽ thu được nồng độ silica hấp phụ.

Bảng 3 và Hình 8 cho thấy nồng độ hấp phụ tăng dần theo thời gian. Silica hấp phụ ion  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$

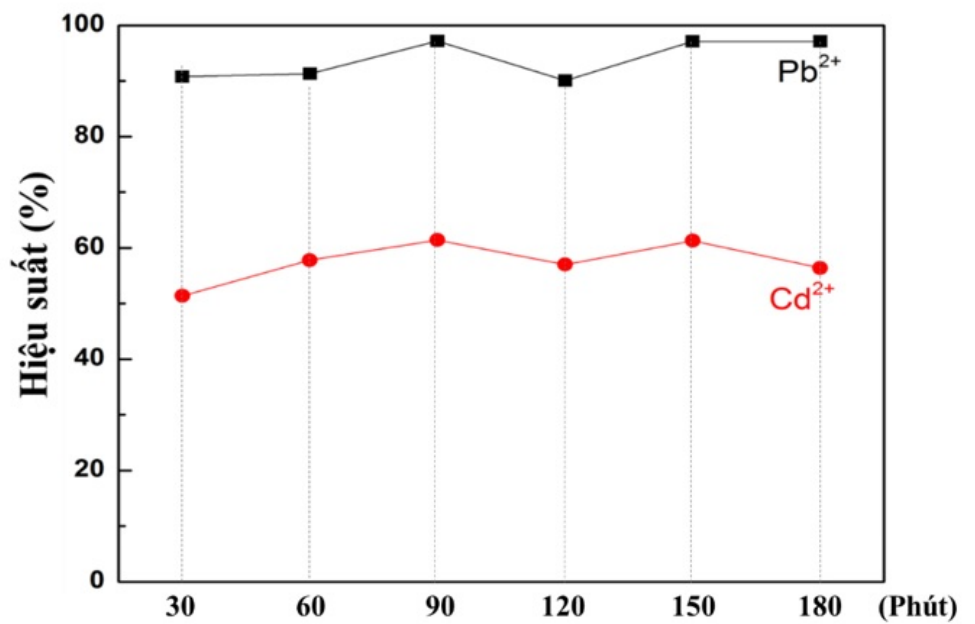


**Bảng 3:** Ảnh hưởng của thời gian đến quá trình hấp phụ ion Pb<sup>2+</sup> và Cd<sup>2+</sup>

Thời gian hấp phụ (giờ)		0,5	1	1,5	2	2,5	3
Dung dịch Pb <sup>2+</sup>	Ký hiệu mẫu	Pb01	Pb02	Pb03	Pb04	Pb05	Pb06
	Nồng độ đầu (mg/L)	21,00					
	Nồng độ sau phản ứng (mg/L)	1,94	1,82	0,47	2,08	0,6	0,6
	Nồng độ hấp phụ (mg/L)	19,06	19,18	20,53	18,92	20,40	20,40
	Hiệu suất (%)	90,76	91,33	97,16	90,10	97,14	97,14
Dung dịch Cd <sup>2+</sup>	Ký hiệu mẫu	Cd01	Cd02	Cd03	Cd04	Cd05	Cd06
	Nồng độ đầu (mg/L)	24					
	Nồng độ sau phản ứng (mg/L)	11,67	10,13	9,26	10,32	9,29	10,47
	Nồng độ hấp phụ (mg/L)	12,33	13,87	14,74	13,68	14,71	13,53
	Hiệu suất (%)	51,38	57,79	61,42	57,00	61,29	56,38



Hình 8: Nồng độ các ion kim loại nặng bị silica hấp phụ theo thời gian



Hình 9: Hiệu suất hấp phụ ion kim loại nặng của silica theo thời gian



tốt nhất trong thời gian 1,5 giờ, với nồng độ hấp phụ tương ứng là 20,53 mg/L và 14,74 mg/L đạt hiệu suất lần lượt là 97,78% và 61,44% (Hình 9). Ở thời gian 0,5 giờ và 1 giờ, do thời gian ngắn nên không đủ để các ion kim loại bị hấp phụ bởi nhóm silanol nên nồng độ hấp phụ các ion  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  thấp. Thời gian 1,5 giờ là thời gian vừa đủ để các ion  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  bị hấp phụ bởi các nhóm silanol trên bề mặt silica, sau khoảng thời gian này, nồng độ hấp phụ giảm nhẹ và ổn định, do tại đây, các ion bị hấp phụ và ion trong dung dịch đã đạt trạng thái cân bằng. Sau thời gian đạt tối ưu, các ion bị hấp phụ bị giảm, các ion bị giải hấp nhiều hơn cho đến khi đạt cân bằng giữa ion bị hấp phụ và ion bị giải hấp cân bằng trong dung dịch.

## KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã tìm ra điều kiện tốt nhất và xây dựng quy trình điều chế silica từ vỏ trấu bằng phương pháp hóa học. Silica sau điều chế có hàm lượng nguyên tố Si cao (98,33%), phương pháp đo XRD, FT-IR cho thấy silica đạt được có dạng vô định hình, cấu trúc xốp với nhiều nhóm silanol trên bề mặt và có các tính chất đặc trưng phù hợp trong ứng dụng chế tạo vật liệu hấp phụ kim loại nặng. Hiệu suất hấp phụ ion kim loại nặng của silica theo tỷ lệ chất rắn - lỏng tốt nhất đối với dung dịch  $Pb^{2+}$  và  $Cd^{2+}$  là 0,6 g/50 mL với nồng độ hấp phụ tương ứng là 20,20 mg/L và 13,37 mg/L, đạt hiệu suất 96,18% và 57,30%. Kết quả khảo sát hấp phụ theo thời gian cho thấy thời gian đạt được sự hấp phụ cân bằng là khoảng 1,5 giờ cho cả hai trường hợp với nồng độ hấp phụ tương ứng là 20,53 mg/L và 14,74 mg/L, đạt hiệu suất lần lượt là 97,78% và 61,44%. Silica không hấp phụ  $Cr^{6+}$  từ  $CrO_3$ ... Để tiếp tục phát triển nội dung nghiên cứu, bên cạnh các kết quả đã được trình bày trong phần trên, chúng tôi sẽ tiếp tục khảo sát sự hấp phụ kim loại của silica với các ion kim loại khác. Bên cạnh đó, tiến hành khảo sát silica hấp phụ các hợp chất hữu cơ trong nước và ứng dụng vào thực tế bằng cách cho silica hấp phụ nước thải từ các khu công nghiệp.

## LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia TP HCM đã tài trợ Đề tài cấp Trường – Mã số đề tài T2019-34.

## DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

AAS (Atomic Absorption Spectrometric): Phổ hấp thụ nguyên tử

FT-IR (Fourier-transform infrared spectroscopy): Phổ hồng ngoại

Phổ hồng ngoại

XRD (X-ray diffraction): Nhiễu xạ tia X

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Chúng tôi cam kết không có bất kỳ xung đột lợi ích nào giữa các thành viên trong nhóm nghiên cứu

## ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Đào Thị Băng Tâm: Thống kê, tổng hợp số liệu các phép đo và biên soạn bản thảo

Nguyễn Trung Độ: Đo đạc và phân tích kết quả

Lưu Kiến Quốc: Thực nghiệm

Hà Thúc Chí Nhân: Định hướng, tư vấn hướng nghiên cứu và chỉnh sửa bản thảo

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Sheet I, Kabbani A, Holail H. Removal of heavy metals using nanostructured graphite oxide, silica nanoparticles and silica/graphite oxide composite. *Energy Procedia*. 2014;50:130 – 138. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.016>.
2. Karnib M, Kabbani A, Holail H, Olama Z. Heavy metals removal using activated carbon, silica and silica activated carbon composite. *Energy Procedia*. 2014;50:113 – 120. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.014>.
3. Abo-El-Enain SA, Eissa MA, Diafullah AA, Rizk MA, Mohamed FM. Removal of some heavy metals ions from wastewater by copolymer of iron and aluminum impregnated with active silica derived from rice husk ash. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;172:574–579. PMID: 19709808. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.07.036>.
4. Kishore KK, Xiaoguang M, Christodoulatos C, Veera MB. Biosorption mechanism of nine different heavy metals onto biomatrix from rice husk. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;153:1222–1234. PMID: 18006228. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.113>.
5. Tzvetkova P, Nickolov R. Modified and unmodified silica gel used for heavy metal ions removal from aqueous solutions. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. 2012;47(5):498–504.
6. Ajmal M, Rao RAK, Anwar S, Ahmad J, Ahmad R. Adsorption studies on rice husk: removal and recovery of Cd(II) from wastewater. *Bioresource Technology*. 2003;86:147–149. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00159-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00159-1).
7. Ye H, Zhu Q, Du D. Adsorptive removal of Cd(II) from aqueous solution using natural and modified rice husk. *Bioresource Technology*. 2010;101:5175–5179. PMID: 20202825. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.027>.
8. Ajmal M, Rao RAK, Anwar S, Ahmad J, Ahmad R. Adsorption studies on rice husk: removal and recovery of Cd (II) from wastewater. *Bioresource Technology*. 2003;86:147–149. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00159-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00159-1).
9. Chen Y, et al. Application studies of activated carbon derived from rice husks produced by chemical-thermal process-A review. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2011;163:39–52. PMID: 21353192. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cis.2011.01.006>.
10. Krishnani KK, Meng X, Christodoulatos C, Boddu M. Biosorption mechanism of nine different heavy metals onto biomatrix from rice husk. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;153:1222–1234. PMID: 18006228. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.113>.
11. Daifullah AAM, Girgis BS, Gad HHM. Utilization of agro-residues (rice husk) in small waste water treatment plants. *Materials Letters*. 2003;57:1723–1731. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(02\)01058-3](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(02)01058-3).
12. Chuah TG, Jumasiah A, Azni I, Katayon S, Choong SYT. Rice husk as a potentially low-cost biosorbent for heavy metal and dye removal: an overview. *Desalination*. 2005;175:305–316. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.10.014>.

13. Demirbas A. Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;157:220–229. PMID: 18291580. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.01.024>.
14. Estevesa MA, Alexandra M, Cachudo A, Chaves S, Santos MA. New silica-immobilized hydroxypyrimidinone as sorbent of hard metal ions from aqueous fluids. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 2005;99:1762–1768. PMID: 16051367. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2005.06.012>.
15. Fu F, Wang Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *Journal of Environmental Management*. 2011;92:407–418. PMID: 21138785. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.011>.
16. Akhtara M, Iqbal S, Kausar A, Bhangar MI, Shaheen MA. An economically viable method for the removal of selected divalent metal ions from aqueous solutions using activated rice husk. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2010;75:149–155. PMID: 19734025. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2009.08.025>.
17. Qu X, Alvarez PJJ, Li Q. Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment. *Water Research*. 2013;47:3931e3946. PMID: 23571110. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.09.058>.
18. Repo E, Warchol JK, Bhatnagar A, Sillanpää M. Heavy metals adsorption by novel EDTA-modified chitosan-silica hybrid materials. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2011;358(1):261–267. PMID: 21440904. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.02.059>.

# Synthesis of silica nanoparticles from rice husk - application for adsorption of heavy metal in industrial wastewater

Tam Bang Thi Dao<sup>\*</sup>, Do Trung Nguyen, Quoc Kien Luu, Nhan Chi Thuc Ha



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

In recent years, the treatment of water pollution has been one of the top concerns of scientists, because water plays a very important role in human life, and also a very important role in the production process. However, due to the development of industrialization and modernization, water sources are highly polluted. In particular, the pollutant components in the water are heavy metal ions from the wastewater produced at factories in industrial parks. Heavy metals are toxic even at low content (ppm) for living organisms. The presence of heavy metals and other pollutants in water was a major concern and the removal of such contaminant is considered to be an important solution for environmental remediation. In this paper, we studied the adsorption ability of  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ , and  $Cr^{6+}$  heavy metal ions on silica nanomaterials which were previously extracted and purified from Vietnamese rice husk. The structure of the adsorptive material was investigated by X-ray diffraction (XRD) and FT-IR spectroscopy. By Adsorption Atomic Spectroscopy (AAS) analysis, the results showed that the adsorptive efficiency of heavy metal ions on silica in the ratio of solid-liquid to  $Pb^{2+}$  or  $Cd^{2+}$  solution was 0.6 g/50 mL with the corresponding adsorptive concentration of 20.20 mg/L and 13.37 mg/L, achieving the efficacy of 96.18% and 57.30%, respectively. The investigation of the adsorption process over time showed that the time to achieve the equilibrium adsorption was about 1.5 hours for both cases with the adsorptive concentration of 20.53 mg/L and 14.74 mg/L, respectively, achieving the performance of 97.78% and 61.44%, respectively.

**Key words:** adsorption, heavy metal ions, heavy metal removal, nano silica, silica gel, rice husk

Faculty of Materials Science and Technology, University of Science, VNUHCM, Vietnam

## Correspondence

**Tam Bang Thi Dao**, Faculty of Materials Science and Technology, University of Science, VNUHCM, Vietnam

Email: dtbtam@hcmus.edu.vn

## History

- Received: 22-5-2020
- Accepted: 23-10-2020
- Published: 03-11-2020

DOI :10.32508/stdjns.v4i4.915



## Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Cite this article :** Dao T B T, Nguyen D T, Luu Q K, Ha N C T. **Synthesis of silica nanoparticles from rice husk - application for adsorption of heavy metal in industrial wastewater.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 4(4):789-799.