

# NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG HẤP PHỤ $Cd^{2+}$ CỦA THAN SINH HỌC DẠNG HẠT TRONG NƯỚC

● TRƯƠNG THỊ CẨM TRANG

## TÓM TẮT:

Trong nghiên cứu này, một số đặc điểm của than sinh học dạng hạt được xác định bằng phương pháp quang phổ hồng ngoại (FTIR) và chụp ảnh SEM. Nồng độ Cadmium được xác định bằng phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử (AAS). Một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ  $Cd^{2+}$  của than sinh học được khảo sát như pH, thời gian hấp phụ, nồng độ  $Cd^{2+}$  ban đầu, khối lượng than và động học hấp phụ được nghiên cứu bởi mô hình đẳng nhiệt Freundlich và Langmuir. Kết quả nghiên cứu cho thấy quá trình hấp phụ  $Cd^{2+}$  đạt tối ưu khi pH dung dịch bằng 10, thời gian cân bằng hấp phụ là 240 phút, nồng độ  $Cd^{2+}$  là 40 mg/L với khối lượng than là 0.125 gam. Quá trình hấp phụ  $Cd^{2+}$  lên than sinh học dạng hạt tuân theo mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich và vật liệu này có thể được coi là một giải pháp thay thế thuận lợi, là một chất hấp phụ xanh mới để loại bỏ các ion  $Cd^{2+}$  khỏi dung dịch nước.

**Từ khóa:** than sinh học, hấp phụ, Cadmium, mô hình đẳng nhiệt.

## 1. Đặt vấn đề

Do sự phát triển công nghiệp tạo ra một số chất ô nhiễm kim loại nặng trong nước thải gây hủy hoại hệ sinh thái dẫn đến tích tụ các chất ô nhiễm kim loại độc hại như crom, đồng, chì, cadimi, kẽm, niken,... Bên cạnh đó, ô nhiễm cadmium trong nước do các nguồn thải vào môi trường thông qua việc thải chất thải công nghiệp và lắng đọng cadmium trong trầm tích và đất. Cadmium có thể dễ dàng xâm nhập vào cơ thể người theo chuỗi thức ăn, nước uống, hút thuốc lá hoặc thậm chí hít thở không khí [1]. Khi tiếp xúc lâu dài với các chất chứa cadmium sẽ gây ra các bệnh mãn tính về sức khỏe ở cả người và động vật. Vào những năm 1960 ở Nhật Bản đã xuất hiện căn bệnh tên "Itai-Itai", thuật ngữ "Itai-Itai"

được đặt ra bởi người dân địa phương cho những cơn đau dữ dội của những người mắc bệnh ở cột sống và khớp. Căn bệnh này là một bệnh ô nhiễm do cadmium thải ra từ khai thác kim loại Mitsami Kamioka ở thượng nguồn sông Jinzu. Một số phương pháp dùng để loại bỏ cadmium trong nước như hấp phụ, sinh học, keo tụ, trao đổi ion được ứng dụng để loại bỏ cadmium khỏi nước hiện nay. Phương pháp hấp phụ bằng than sinh học đã nổi lên như là chất hấp phụ thích hợp nhất để loại bỏ cadmium khỏi dung dịch nước [2]. Phương pháp này loại bỏ cadmium với chi phí thấp được áp dụng xử lý rộng rãi và mang lại kết quả cao [3]. Sử dụng than sinh học từ các loại phụ phẩm nông nghiệp có thể được sử dụng như là chất hấp phụ màu, kim loại, chất dinh dưỡng...

giống như than bùn, than hoạt tính [4]. Trong đó, diện tích bề mặt riêng và vi lỗ của than sinh học cũng tăng theo nhiệt độ. Cùng nguyên liệu/vật liệu nhưng công nghệ sản xuất khác nhau sẽ cho ra các loại than sinh học cũng khác nhau và sẽ cho các hiệu quả hấp phụ khác nhau. Trong nghiên cứu này, than sinh học dạng hạt sẽ được xác định một số tính chất và khảo sát khả năng hấp phụ  $Cd^{2+}$  trong dung dịch nước.

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Vật liệu

Than sinh học dạng hạt, acid nitric ( $HNO_3$  65%), acid clohydric, Natri chloride ( $NaCl$ ), Natri hydroxide, Dung dịch gốc  $Cd^{2+}$  1000 mg/L.

### 2.2. Phương pháp kính hiển vi điện tử quét (SEM)

Phương pháp được lựa chọn để quan sát hình thái bề mặt vật liệu ở các độ phóng đại khác nhau được gọi là kính hiển vi điện tử quét, được viết tắt là SEM (Scanning Electron Microscopy). SEM là phương pháp tạo hình ảnh độ phân giải cao của bề mặt vật liệu và sử dụng các electron quét để tạo hình ảnh, giống như kính hiển vi quang học sử dụng nguồn sáng. Bên cạnh đó, SEM có độ phóng đại ( $> 100,000X$ ) và độ sâu trường ảnh lớn hơn nhiều so với kính hiển vi quang học.

### 2.3. Ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ

Cho 50 mL dung dịch  $Cd^{2+}$  có nồng độ 100 mg/L vào 5 bình erlen 250 mL, đánh số thứ tự từ 1 đến 5. Điều chỉnh pH tương ứng 2, 4, 6, 8, 10 bằng HCl 1N và NaOH 1N. Vật liệu được cho vào mỗi bình với khối lượng 0.1 g, lắc với tốc độ 200 vòng/phút trong 2 giờ. Sau khi hết thời gian phản ứng, đem lọc dung dịch trong erlen bằng giấy lọc 0,45  $\mu m$  để loại bỏ than sinh học. Đo hiệu suất hấp phụ và dung lượng hấp phụ, lựa chọn pH phù hợp.

### 2.4. Ảnh hưởng của khối lượng vật liệu hấp phụ đến khả năng hấp phụ

Cho 50 mL dung dịch  $Cd^{2+}$  có nồng độ tối ưu vào 6 bình erlen 250 mL, đánh số thứ tự từ 1 đến 6, mỗi dung dịch có pH tối ưu. Vật liệu với các khối lượng khác nhau được khảo sát là 0.025; 0.05; 0.075; 0.1; 0.125; 0.15 g vào các bình erlen tương ứng, lắc với tốc độ 200 vòng/phút trong thời gian cân bằng. Sau khi hết thời gian phản ứng, đem lọc dung dịch trong erlen bằng giấy lọc 0,45  $\mu m$  để loại bỏ than sinh học. Đo hiệu suất hấp phụ và

dung lượng hấp phụ, xác định khối lượng vật liệu hấp phụ tối ưu.

## 2.5. Nghiên cứu các mô hình đẳng nhiệt hấp phụ

Phương trình chứng minh lý thuyết dựa vào nghiên cứu động học thường được sử dụng nhất là mô hình Freundlich và Langmuir. Để phân tích dữ liệu thực nghiệm cho đường đẳng nhiệt hấp phụ và lựa chọn đường đẳng nhiệt phù hợp với chất hấp phụ dựa vào hệ số tương quan.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

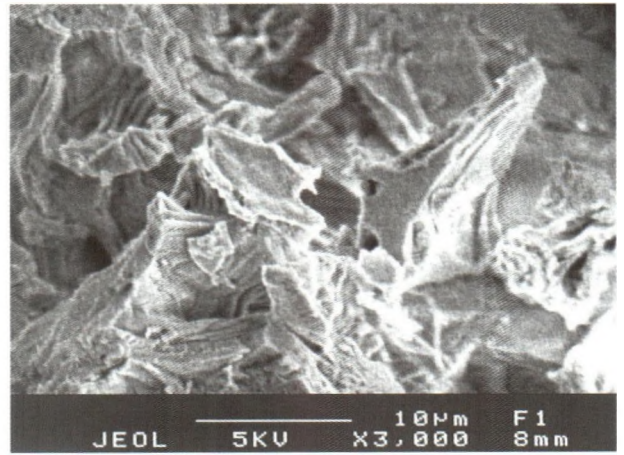
### 3.1. Kết quả đo phân tích hình thái bề mặt (SEM) của than sinh học dạng hạt

Than sinh học vỏ mít được chụp bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) có độ phóng đại 300 lần, 3.000 lần và 5.000 lần, với ống súng điện tử tạo ra chùm electron bằng phát xạ nhiệt làm việc ở 5 kV, khoảng cách làm việc WD từ 8 mm. Kích thước lỗ rỗng trên bề mặt vật liệu  $< 10 \mu m$  (ở mức phóng đại 3.000 lần), bề mặt gồ ghề và nhiều lỗ rỗng ở Hình 1. Những đặc điểm này chứng tỏ khả năng hấp phụ cao của vật liệu trong việc loại bỏ kim loại nặng trong nước [5],[6].

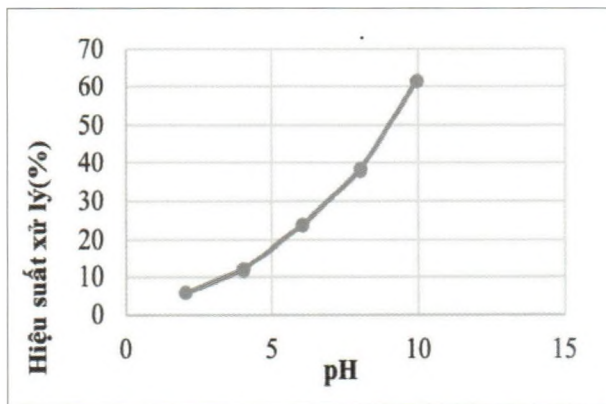
### 3.2. Ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ

pH của dung dịch ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ  $Cd^{2+}$  của vật liệu được thể hiện qua Hình 2. Kết quả cho thấy sự thay đổi pH từ 2 đến 10 tương ứng với hiệu suất xử lý tăng từ 5.98% đến 61.76% của vật liệu. Ở pH thấp từ 2-4, hiệu suất hấp phụ thấp (5.98%) do nồng độ  $H^+$  cao tạo ra sự tranh giành giữa ion  $H^+$  và cation  $Cd^{2+}$  ở các vị trí hoạt động trên bề mặt, kết quả làm giảm sự hấp phụ của vật liệu. Khi pH tăng (8-10) có sự tăng dần điện tích âm, giảm điện tích dương trên bề mặt chất hấp phụ, làm tăng lực hút tĩnh điện giữa vật liệu và chất hấp phụ, do đó dung lượng hấp phụ và hiệu suất xử lý tăng lên và đạt 61.76% ở pH = 10. pH của dung dịch cao ( $> 8$ ) hình thành tạo kết tủa  $Cd(OH)_2$ . Tuy nhiên, pH của dung dịch  $> pH_{pzc}$  của than sinh học (khoảng 7.65), điện tích bề mặt của vật liệu là âm vì sự ion hóa hoặc phân ly của các nhóm bề mặt oxy có tính axit (tức là cacboxyl và phenol) [7]. Vì vậy, rất thuận lợi cho quá trình hấp phụ các ion cation trong nước. Kết quả này cho thấy các lỗ cơ học liên kết kim loại khác dẫn đến sự hấp phụ hiệu quả của Cd trên bề mặt than sinh học. Giá trị pH = 10 với hiệu suất xử lý cao

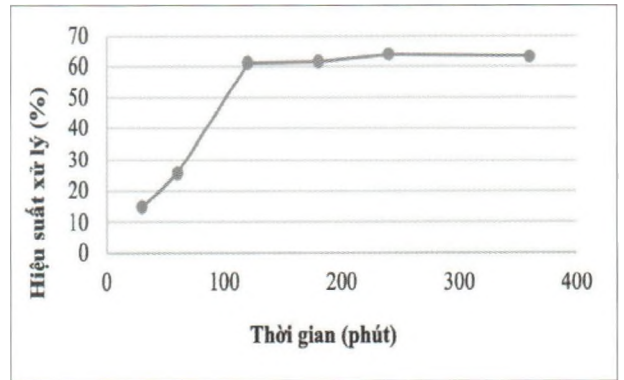
Hình 1: Ảnh SEM của vật liệu ở các độ phóng đại khác nhau



Hình 2: Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ Cd<sup>2+</sup> của vật liệu



Hình 3: Ảnh hưởng của thời gian đến khả năng hấp phụ Cd<sup>2+</sup> của vật liệu



(61.76 %) được chọn để nghiên cứu trong các thí nghiệm tiếp theo.

### 3.3. Ảnh hưởng của thời gian cân bằng đến khả năng hấp phụ

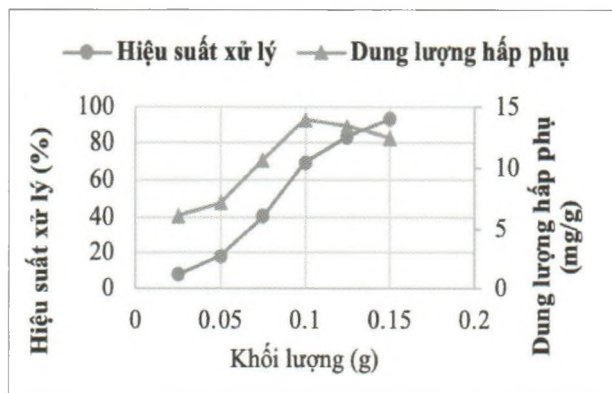
Kết quả cho thấy rằng hiệu suất hấp phụ tăng dần đến 63.87% với sự thay đổi thời gian tương ứng từ 30 phút đến 360 phút. Sự hấp phụ Cd<sup>2+</sup> nhanh chóng trong 30 phút đầu tiên với hiệu suất xử lý là 14.73% và hiệu suất xử lý cao nhất là 63.87% ở khoảng 240 phút. Hình 3 cho thấy sau khoảng 240 phút, đường biểu diễn sự phụ thuộc của hiệu suất hấp phụ vào thời gian có xu hướng tăng rất chậm, gần như không đổi. Điều đó chứng tỏ sự hấp phụ của vật liệu đã ổn định gần như bão hòa và đạt đến cân bằng hấp phụ. Do đó, thời gian được lựa chọn để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo là 240 phút.

### 3.4. Ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến khả năng hấp phụ

Ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến khả năng hấp phụ Cd<sup>2+</sup>, nồng độ ban đầu 40 mg/L, tại pH = 10, thời gian 240 phút thu được kết quả trình bày ở Hình 4.

Từ Hình 4, ta thấy hiệu suất hấp phụ Cd<sup>2+</sup> tăng khi tăng khối lượng than từ 0,025 g đến 0.15 g. Ở khối lượng vật liệu 0.15 g có hiệu suất hấp phụ cao nhất (93.17 %), hiệu suất hấp phụ thấp nhất ở khối lượng 0.025 g (7.82 %). Dung lượng hấp phụ cực đại với 13.91 mg/g ở khối lượng 0.1 g và đạt thấp nhất với 6.09 mg/g ở khối lượng 0.025 g. Trong khi đó, ở khối lượng 0.125 g, dung lượng hấp phụ được là 13.36 mg/g với hiệu suất hấp phụ là 83.47 %. Việc loại bỏ ion cadmium ngày càng tăng với khối lượng vật liệu cũng tăng cho thấy các vật liệu đang hoạt động như một chất hấp phụ và việc loại bỏ

Hình 4: Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến khả năng hấp phụ Cd<sup>2+</sup>



ngày càng tăng có liên quan đến sự sẵn có của các vị trí có thể trao đổi hoặc các vị trí để tạo phức bề mặt [8].

### 3.5. Kết quả nghiên cứu các mô hình đẳng nhiệt hấp phụ

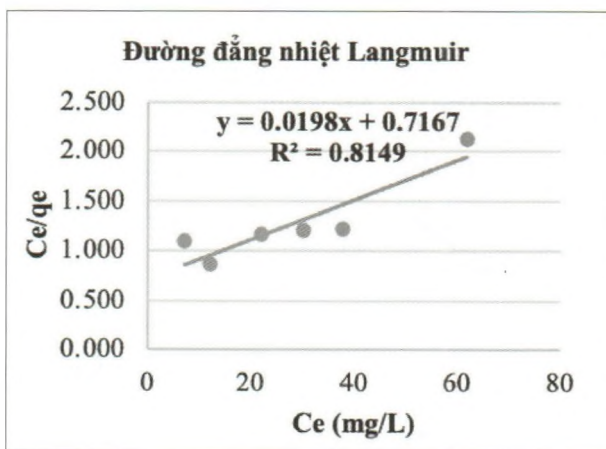
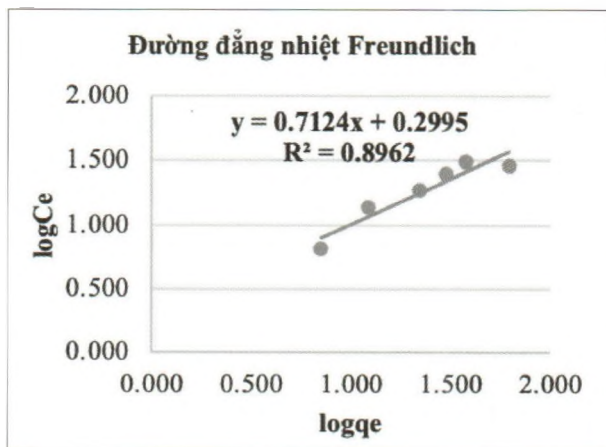
Từ các quả thu được sau khi khảo sát ảnh hưởng của nồng độ ion Cd<sup>2+</sup> đến khả năng hấp phụ của vật liệu, nghiên cứu cân bằng hấp phụ theo mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich được trình bày ở Hình 5.

Số liệu được trình bày ở Hình 5, cho thấy hệ số tương quan đạt được từ mô hình Freundlich R<sup>2</sup> = 0.8962 lớn hơn hệ số tương quan từ mô hình Langmuir (R<sup>2</sup> = 0.8149). Như vậy, sự hấp phụ Cd<sup>2+</sup> theo mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Freundlich phù hợp hơn so với mô hình Langmuir, quá trình hấp phụ Cd<sup>2+</sup> lên than sinh học dạng hạt chủ yếu hình thành lớp hấp phụ đa lên vật liệu.

### 4. Kết luận

Nghiên cứu khả năng hấp phụ ion Cd<sup>2+</sup> của vật

Hình 5: Đồ thị biểu diễn phương trình đường đẳng nhiệt Freundlich và Langmuir dạng tuyến tính



liệu phù hợp mô hình đẳng nhiệt Freundlich và sự hấp phụ của vật liệu là khá cao. Vật liệu này có thể được coi là một giải pháp thay thế thuận lợi để xử lý môi trường, là một chất hấp phụ xanh mới để loại bỏ các ion Cd<sup>2+</sup> khỏi dung dịch nước ■

### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Thoa, P. N., Ngân, T. L. H., Thùy, Đ. T. M., Phương, N. Đ., Phương, Đ. T. M., Lộc, N. X., & Chiếm, N. H. (2021). Ảnh hưởng của pH, khối lượng, thời gian và nồng độ nitrate lên khả năng hấp phụ nitrate của than tre trong nước thải biogas. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 57 (Chuyên đề Môi trường và Biến đổi khí hậu), 14-23.
2. Trần, H. C., Phạm, T. M. H., & Phạm, T. T. Y. (2018). Nghiên cứu khả năng hấp phụ Asen trong nước ngầm bằng vật liệu biến tính từ bùn đỏ Tây Nguyên. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 45, 38-43.
3. An, Q., Li, Z., Zhou, Y., Meng, F., Zhao, B., Miao, Y., & Deng, S. (2021). Ammonium removal from groundwater using peanut shell based modified biochar: mechanism analysis and column experiments. *Journal of Water Process Engineering*, 43, 102219.

4. Genchi, G., Sinicropi, M. S., Lauria, G., Carocci, A., & Catalano, A. (2020). The effects of cadmium toxicity. *International journal of environmental research and public health*, 17(11), 3782.
5. López, J. E., Builes, S., Heredia Salgado, M. A., Tarelho, L. A., Arroyave, C., Aristizábal, A., & Chavez, E. (2020). Adsorption of cadmium using biochars produced from agro-residues. *The Journal of Physical Chemistry C*, 124(27), 14592-14602.
6. Rashidi, N. A., & Yusup, S. (2020). A mini review of biochar synthesis, characterization, and related standardization and legislation. *Applications of Biochar for Environmental Safety*, 11.
7. Rockwood, D. L., Ellis, M. F., Liu, R., Zhao, F., Fabbro, K. W., He, Z., & Derbowka, D. R. (2020). Forest Trees for Biochar and Carbon Sequestration: Production and Benefits. *Applications of Biochar for Environmental Safety*, 27.
8. Sadhu, M., Bhattacharya, P., Vithanage, M., & Sudhakar, P. P. (2021). Adsorptive removal of fluoride using biochar—a potential application in drinking water treatment. *Separation and Purification Technology*, 278.

**Ngày nhận bài: 12/8/2022**

**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 5/9/2022**

**Ngày chấp nhận đăng bài: 15/9/2022**

*Thông tin tác giả:*

**TS. TRƯƠNG THỊ CẨM TRANG**

**Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh**

## **STUDY ON GRANULAR ACTIVATED CARBON FOR CAPTURE CADMIUM (II) IN AQUEOUS SOLUTION**

● **Ph.D TRUONG THI CAM TRANG**

University of Science,

Vietnam National University Ho Chi Minh City

### **ABSTRACT:**

This study is to explore the characteristics of the biochar by using the Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) test and Scanning electron microscopy (SEM). Cd<sup>2+</sup> concentration is analyzed by using the atomic absorption spectrometry method (AAS). The study also analyzes the factors affecting cadmium ion adsorption capacity of biochar including pH, adsorption time, initial metal concentration, biochar dosage and adsorption kinetics with the use of isothermal adsorption models of Langmuir and Freundlich. The results show that the optimum conditions for the effective adsorption of Cd<sup>2+</sup> onto biochar are pH 10, the contact time for the equilibrium of 240 minutes, and 40 mg/L Cd<sup>2+</sup> concentration at adsorbent dose of 0.125 g. The adsorption of Cd<sup>2+</sup> onto biochar is a type of the Freundlich isotherm adsorption model and it can be considered as a favorable alternative, as a new green adsorbent to remove Cd<sup>2+</sup> ions from aqueous solution.

**Keywords:** biochar, adsorption, cadmium, isotherm model.