

**NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH HẤP PHỤ CÁC ION Cu(II) VÀ Pb(II)  
TRONG DUNG DỊCH LỎNG BẰNG CHITOSAN KHÂU MẠCH  
A STUDY OF THE ADSORPTION OF Cu(II) AND Pb(II)  
BY CROSS LINKED CHITOSAN**

**Hồ Thị Yêu Ly**

*ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP. HCM*

**TÓM TẮT**

*Hấp phụ các ion Pb(II) và Cu(II) bằng chitosan khâu mạch đã được tiến hành theo mô hình gián đoạn. Phần trăm hấp phụ cực đại đạt được ở pH 6 và thời gian tiếp xúc cho Pb(II) và Cu(II) bằng 120 và 180 phút tương ứng. Ảnh hưởng của ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> đến sự hấp phụ của Pb(II) và Cu(II) đã được nghiên cứu. Các kết quả thu được cho thấy khi ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> có mặt trong dung dịch, dung lượng hấp phụ của cả hai ion Pb(II) và Cu(II) tăng lên. Để nghiên cứu đẳng nhiệt hấp phụ, các mô hình Langmuir và Freundlich đã được sử dụng. Các hằng số của hai mô hình với hệ số hiệu chỉnh R<sup>2</sup> đã thu được. Kết quả chỉ ra rằng đẳng nhiệt hấp phụ của Pb(II) và Cu(II) bằng chitosan khâu mạch ở các điều kiện đã cho tuân theo cả hai mô hình Langmuir và freundlich. Từ mô hình Langmuir, dung lượng hấp phụ cực đại của chitosan khâu mạch đối với Pb(II) và Cu(II) đạt được 13,8 và 5,5 tương ứng. Từ các kết quả thu được, có thể kết luận rằng chitosan khâu mạch có thể sử dụng để làm giàu Pb(II) và Cu(II) từ dung dịch nước.*

**ABSTRACT**

*The adsorption of Pb(II) and Cu(II) by cross linked chitosan was conducted by the batch mode. At pH 6 and contact time 120 and 180 min for Pb(II) and Cu(II), respectively, the maximum percentage adsorption was reached for both ions. The effect of ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> on the adsorption of Pb(II) and Cu(II) was investigated. The results showed that in the presence of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, the adsorption capacity of both ions was increased. For the adsorption isotherm studies, the Langmuir and Freundlich models were used. The constants of two models with correction coefficients r<sup>2</sup> were obtained. The results indicated that the adsorption isotherm of Pb(II) and Cu(II) by cross linked chitosan at given conditions was followed both the Langmuir and Freundlich models. From the Langmuir model, the maximum adsorption capacity of cross linked chitosan for Pb(II) and Cu(II) were obtained 13.8 and 5.5 mg/g, respectively. From the results obtained, it could be concluded that cross linked chitosan can be used for enrichment of Pb(II) and Cu(II) from aqueous solution.*

**I. GIỚI THIỆU**

Ô nhiễm kim loại nặng và độc trong các nguồn nước đang trở thành một vấn đề hết sức nghiêm trọng hiện nay ở nước ta. Do có độc tính cao, các nguồn nước bị ô nhiễm kim loại nặng sẽ là mối đe dọa tiềm tàng đến sức khỏe của con người và động vật thủy sinh.

Nguồn gây ô nhiễm kim loại nặng chủ yếu cho các nguồn nước là do hoạt động của con người. Kim loại nặng từ các nguồn nước thải trong khai thác mỏ, đốt nhiên liệu hóa thạch, chế biến ắc quy, công nghiệp xi măng và sản xuất hóa chất. Các ion kim loại nặng, độc rò rỉ ra môi trường từ nước thải của các ngành

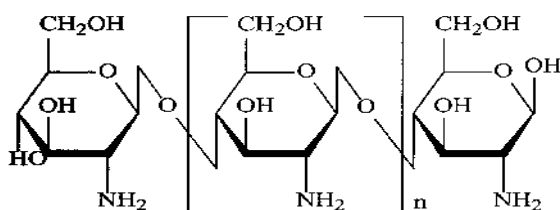
công nghiệp nói trên ra môi trường nước thường tồn tại các ion, phức ion ở mức độ vi lượng, vết hoặc siêu vết.

Để kiểm soát mức độ ô nhiễm kim loại nặng (Pb, Cd, Zn, Cu) trong môi trường nước, cần thiết phải có phương pháp thích hợp để phân tách và phân tích nồng độ của chúng.

Có rất nhiều phương pháp tách và làm giàu ion kim loại nặng cho phân tích đã và đang được áp dụng như phương pháp trao đổi ion, phương pháp chiết bằng dung môi hữu cơ sau khi ion kim loại nặng tạo phức che lat với các tác nhân như dithyzone, diethylcarbamate, 8 – hydroxylquinoline v.v.

Hấp phụ là một trong những phương pháp có nhiều ưu điểm so với các phương pháp khác trong tách và làm giàu ion kim loại nặng. Do vì, các vật liệu sử dụng làm chất hấp phụ tương đối phong phú, dễ điều chế, không đắt tiền. Hiện nay các chất hấp phụ sinh học có nguồn gốc tự nhiên đang được hết sức quan tâm vì chúng có dung lượng hấp phụ cao và chọn lọc đối với ion kim loại nặng.

Chitosan một polymer sinh học bao gồm các đơn vị D – glucosamin và N – acetyl – D – glucosamin, là sản phẩm thu được từ quá trình deacetyl chitin, ( hình 1).



Chitosan

Hình 1. Cấu trúc của chitosan

Một số các công trình đã công bố Chitosan chưa được ghép mạch có khả năng hấp thu các ion kim loại như Hg(II), Cu(II), Cr(III), Pb(II), UO<sub>2</sub><sup>+</sup> và Cd(II) từ dung dịch ở pH trung tính. Tuy nhiên, sử dụng chitosan ở pH thấp dễ bị hòa tan gây khó khăn cho quá trình hấp phụ đặc biệt là phương pháp

cột. Đây chính là điều không thuận lợi khi sử dụng chúng trong việc hấp thu ion kim loại với ý nghĩa làm giàu. Các nghiên cứu cho thấy chitosan đã được ghép mạch bền trong môi trường axit nhưng khả năng hấp thu ion kim loại giảm đi rất nhiều. Tuy nhiên, vẫn chưa có một tác giả nào nghiên cứu một cách đầy đủ về các đặc tính hấp thu của Pb và Cu trên chitosan khâu mạch..

Trong nghiên cứu này chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu một cách chi tiết về đặc tính hấp thụ của Pb và Cu trên chitosan đã được ghép mạch bằng glutaraldehyt. Với mục đích để làm giàu hai ion kim loại này cho phân tích, kiểm soát sự ô nhiễm hai ion kim loại này trong môi trường nước.

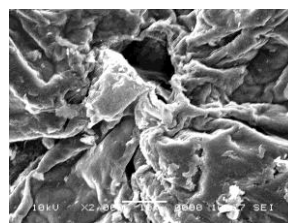
## II. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu, thiết bị và hóa chất

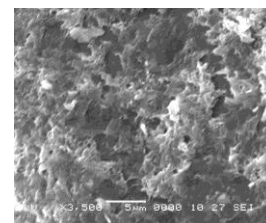
#### Điều chế chitosan khâu mạch

Chitosan thô có khối lượng phân tử trung bình từ 10<sup>5</sup> – 10<sup>6</sup> với độ deacetyl hóa 87% của Trung tâm VINAGAMA đem nghiền nhỏ, sau đó ghép mạch bằng tác nhân khâu mạch glutaraldehyt.

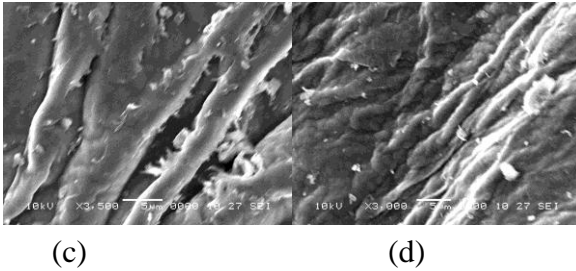
Cân 50g chitosan dạng vảy cho vào bình tam giác 1000ml, thêm vào đó 750ml dung dịch glutaraldehyt 2,5%(v/v), khuấy đều bằng máy lắc tự động trong thời gian 12h, sau đó rửa sạch bằng nước cất hai lần. Sấy khô bằng máy sấy ở nhiệt độ 60°C, thu được chitosan đã khâu mạch. Hình 1a, 1c là ảnh chụp SEM chitosan và hình 1b, 1d là ảnh chụp SEM của chitosan khâu mạch (CTS-K).



(a)



(b)



Hình 1. Ảnh SEM: Chitoan chưa khô mạch (a) x 2000, chitosan khô mạch (b) x 3000, Chitoan chưa khô mạch (c) x 3500, chitosan khô mạch (d) x 3000.

CTS-K thu được đem nghiền nhỏ lại và sàng qua các rây có đường kính từ 0 – 0,15mm; 0,15 – 0,2mm và 0,2 – 0,45mm để phân ra 3 loại kích thước vẩy CTS-K sử dụng cho quá trình hấp phụ.

Máy pH WTW pH 720 của hãng Inolab (Đức) được dùng để xác định pH các dung dịch nghiên cứu. Nồng độ các ion kim loại còn lại trong dung dịch sau khi hấp phụ được xác định bằng máy phân tích cực phổ Metrohm Ltd.CH – 9101 Herisau Switzerland.

### Dung dịch chuẩn Pb(II) và Cu(II)

Dung dịch gốc Pb(II)(1000ppm) và Cu(II)(1000ppm) được chuẩn bị từ dung dịch chuẩn gốc Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> trong axit HNO<sub>3</sub> 0,5M loại tinh khiết phân tích của hãng Merck. Từ dung dịch gốc này pha loãng thành các dung dịch chuẩn có nồng độ thích hợp. Các chất NaNO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH và các hóa chất cần thiết khác đều được sử dụng ở dạng tinh khiết phân tích của Merck, nước cất hai lần được sử dụng trong các quá trình thí nghiệm.

### 2.2. Thí nghiệm hấp phụ

Các thí nghiệm nghiên cứu các ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ như pH, thời gian tiếp xúc, đẳng nhiệt hấp phụ các ion kim loại Pb(II) và Cu(II) trên chitosan khô mạch được thực hiện ở dạng mẻ. Trong các bình tam giác dung tích 125ml chứa 50ml dung dịch Pb(II) (20 mg/l) và 0,2g chitosan khô mạch, 50ml dung dịch Cu(II) (20 mg/l) và 0,4g chitosan khô mạch, lắc với tốc độ

lắc 250rpm trong thời gian 2h (đối với quá trình hấp phụ Pb(II)), 3h (đối với quá trình hấp phụ Cu(II)). pH của dung dịch được điều chỉnh bằng 6±0.05 trong suốt quá trình nghiên cứu cho cả hai ion. Tất cả các thí nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ phòng (28 ± 1°C). Tại điểm kết thúc của mỗi thí nghiệm, dung dịch nghiên cứu được tách ra khỏi chất hấp phụ bằng cách lọc trên giấy lọc băng vàng. Nồng độ ion kim loại còn lại trong dung dịch sau hấp phụ được xác định bằng phương pháp phân tích cực phổ.

Khả năng hấp phụ của mỗi ion kim loại trên chitosan khô mạch được đánh giá dựa vào sự khác nhau về nồng độ ion kim loại trước và sau khi hấp phụ, thể tích dung dịch nghiên cứu (50ml) và khối lượng chitosan khô mạch (0,2g đối với quá trình hấp phụ Pb(II), 0,4g đối với quá trình hấp phụ Cu(II)) theo phương trình (1):

$$q = \frac{V \times (C_0 - C_{eq})}{m} \quad (1)$$

Trong đó: V: Thể tích dung dịch (l); C<sub>0</sub>: nồng độ ban đầu của ion kim loại(mg/l); C<sub>eq</sub>: nồng độ của ion kim loại còn lại trong dung dịch tại trạng thái cân bằng sau khi bị hấp phụ (mg/l); m: khối lượng chất hấp phụ (g).

Chính vì cấu trúc hóa học của chitosan khô mạch trong dung dịch lỏng bị ảnh hưởng rất lớn bởi quá trình proton hóa, vì vậy, thông số pH được nghiên cứu đầu tiên để khảo sát ảnh hưởng của pH đến quá trình hấp phụ ion Pb(II) và Cu(II), để từ đó xác định giá trị pH tối ưu cho các nghiên cứu quá trình hấp phụ tiếp sau. Thí nghiệm được thực hiện bằng cách cho 0,2 g chitosan khô mạch vào 50ml các dung dịch Pb(II) (20ppm) và 0,4g vào 50 ml các dung dịch Cu(II) (20ppm) có pH từ 1 đến 6 (được điều chỉnh bằng cách thêm các dung dịch NaOH 0,1M hay HNO<sub>3</sub> 0,1M), lắc với tốc độ 250 lắc /phút trong thời gian 2h đối với quá trình

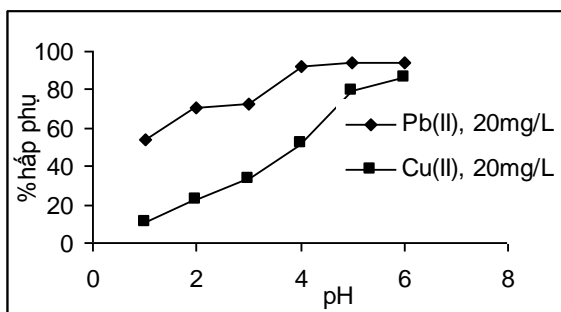
hấp phụ Pb(II) và 3h đối với quá trình hấp phụ Cu(II).

Nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ ion kim loại đến quá trình hấp phụ đã được tiến hành. Đối với quá trình hấp phụ Pb<sup>2+</sup>, lượng chitosan khâu mạch được chọn là 0.2g cho vào bình tam giác 125ml và 50ml dung dịch có các nồng độ từ 5 đến 50 mgPb/l tại giá trị pH 5.5, lắc trong thời gian 120 phút. Đối với quá trình hấp phụ Cu(II), lượng chất hấp phụ sử dụng là 0.4g và 50ml dung dịch có các nồng độ từ 10 đến 50 mgCu/l tại giá trị pH 5.8, lắc trong thời gian 180 phút. Tất cả thí nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ phòng.

### III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Ảnh hưởng của pH

Khả năng hấp thu ion Pb và Cu trên chitosan khâu mạch phụ thuộc vào pH rất lớn nên nghiên cứu ảnh hưởng của pH là quan trọng. Các nghiên cứu được tiến hành tại các giá trị pH từ 1 đến 6 cho cả hai ion Pb (II) và Cu (II). Kết quả nghiên cứu được minh họa ở hình 2. Từ kết quả nhận được, có thể thấy pH tối ưu cho quá trình hấp phụ Pb(II) và Cu(II) đều bằng 6. Tại pH 6, hiệu suất hấp phụ Pb(II) đạt đến 94% và của Cu(II) là 86%. Hiệu suất hấp phụ giảm mạnh ở các giá trị pH thấp là do các nhóm -NH<sub>2</sub>, -OH đã bị proton hóa nên có sự tương tác đẩy với các ion Pb(II) và Cu(II) trong dung dịch dẫn đến làm giảm phần trăm hấp phụ của hai ion kim loại.



Hình 2. Ảnh hưởng của pH

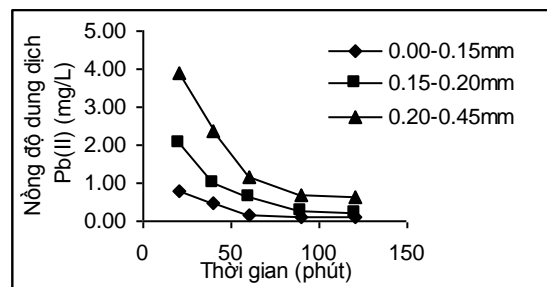
#### 3.2. Ảnh hưởng kích thước vảy chitosan

Ảnh hưởng của kích thước vảy đến quá trình hấp phụ ion Pb(II) và Cu(II) trên

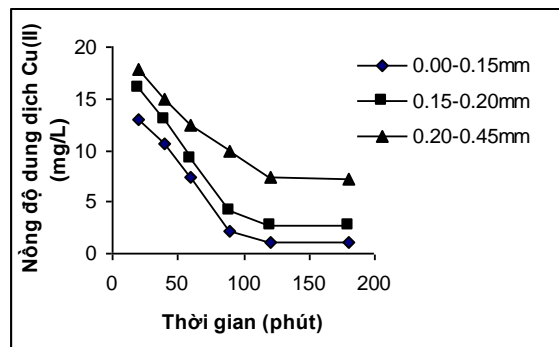
chitosan khâu mạch được khảo sát với 3 loại kích thước khác nhau ( 0.0 – 0.15; 0.15 – 0.2; 0.25 – 0.45 mm) được minh họa ở hình (3a, 3b). Kết quả cho thấy kích thước vảy chitosan khâu mạch ảnh hưởng rất lớn đến khả năng hấp phụ ion kim loại Pb(II) và Cu(II). Kích thước hạt càng nhỏ, khả năng hấp phụ càng cao do diện tích bề mặt tiếp xúc càng lớn, các tâm hấp phụ càng nhiều. Kết quả nghiên cứu cũng phù hợp với các nghiên cứu.

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

Hình 4 minh họa ảnh hưởng của thời gian lắc đến khả năng hấp phụ Pb(II) và Cu(II). Thời gian lắc càng dài, khả năng hấp phụ càng cao, khả năng hấp phụ bắt đầu đạt trạng thái cân bằng tại thời điểm 90 phút (đối với quá trình hấp phụ Pb(II)) và 120 phút (đối với quá trình hấp phụ Cu(II)).

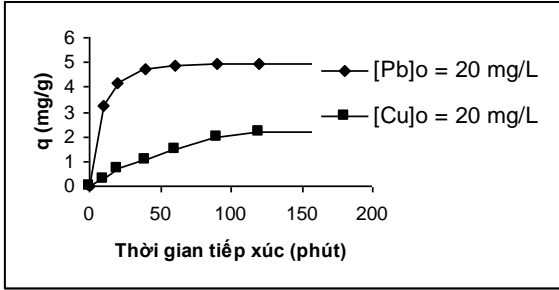


(a)



(b)

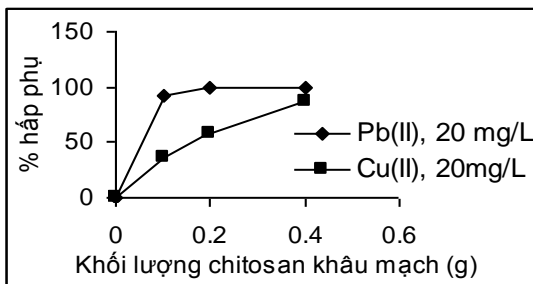
Hình 3. Ảnh hưởng của kích thước vảy: [Pb]<sub>0</sub>=20mg/L (a); [Cu]<sub>0</sub> = 20 mg/Lg (b).



Hình 4. Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc

### 3.4. Ảnh hưởng của liều lượng chất hấp phụ

Kết quả thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của liều lượng chất hấp phụ đến quá trình hấp phụ Pb(II) và Cu(II) tại pH 6, thời gian lắc 120 phút đối với hấp phụ Pb(II) và 180 phút đối với hấp phụ Cu(II), cỡ vảy chitosan khâu mạch sử dụng là 0.15 – 0.20mm, được minh họa ở hình 5. Kết quả cho thấy khối lượng chất hấp phụ tăng dần đến khả năng hấp phụ tăng do các tâm hấp phụ tăng làm tăng hiệu quả hấp phụ. Đối với quá trình hấp phụ Cu(II), khi lượng chất hấp phụ là 0,1g, % hấp phụ chỉ đạt khoảng 35,7%, khi lượng chất hấp phụ tăng đến 0,2 g, % hấp phụ chỉ lên tới 58%. Khi tăng chất hấp phụ đến 0,4g, % hấp phụ tăng mạnh đến 86%. Đối với quá trình hấp phụ Pb(II), khi lượng chất hấp phụ tăng, khả năng hấp phụ cũng tăng theo. Khi lượng chất hấp phụ tăng đến 0,4g quá trình hấp phụ gần như đạt trạng thái cân bằng.

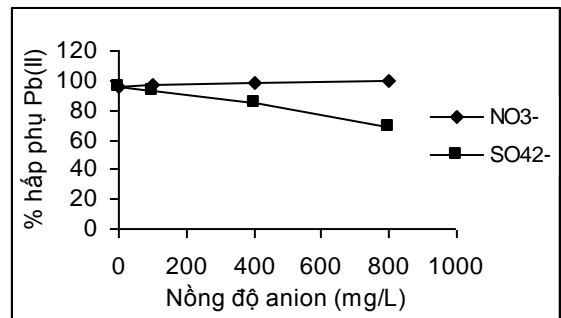


Hình 5. Ảnh hưởng của lượng chất hấp phụ

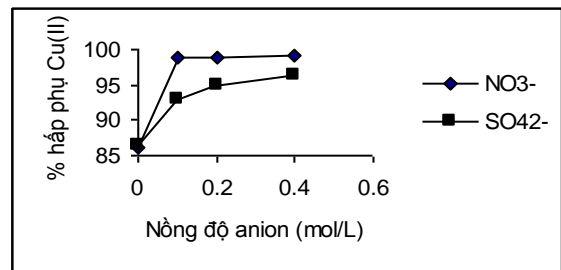
### 3.5. Ảnh hưởng của ion nitrat và sunphat

Hấp phụ ion kim loại trên chitosan khâu mạch khi có mặt của ion  $\text{NO}_3^-$  và  $\text{SO}_4^{2-}$  với quá trình hấp phụ Pb(II) (sử dụng 0,2 g chất hấp phụ, lắc 120 phút) và quá trình hấp phụ Cu(II) (sử dụng 0,4 g chất hấp phụ, lắc 180

phút), cố định pH 6 cho cả hai ion. Kết quả khảo sát được minh họa ở hình 6. Giá trị thực nghiệm cho thấy, đối với quá trình hấp phụ Pb(II), nồng độ ion  $\text{SO}_4^{2-}$  có trong dung dịch nghiên cứu càng tăng dần đến hiệu quả hấp phụ càng giảm, sự có mặt nồng độ ion  $\text{NO}_3^-$  càng tăng trong dung dịch làm tăng hiệu quả hấp phụ Pb(II) nhưng không đáng kể. Đối với quá trình hấp phụ Cu(II), sự có mặt nồng độ càng tăng của  $\text{NO}_3^-$  và  $\text{SO}_4^{2-}$  đều làm tăng khả năng hấp phụ. Tuy nhiên, ảnh hưởng của  $\text{SO}_4^{2-}$  không đáng kể. Khi nồng độ  $\text{NO}_3^-$  trong dung dịch Cu(II) là 0,4M, % hấp phụ tăng từ 86% đến 99%. Ảnh hưởng này có thể giải thích sự có mặt ion  $\text{NO}_3^-$  trong dung dịch nghiên cứu làm tăng khả năng khuếch tán của ion kim loại đến bề mặt chất hấp phụ và làm giảm năng lượng hydrat hóa giúp cho quá trình hấp phụ đạt hiệu quả cao hơn.



(a)



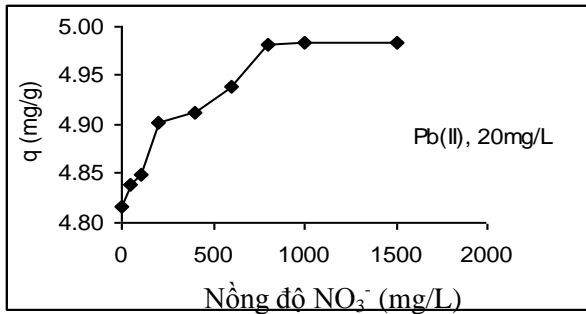
(b)

Hình 6: Ảnh hưởng của  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  đến % hấp phụ Pb(II)(a) và Cu(II)(b).

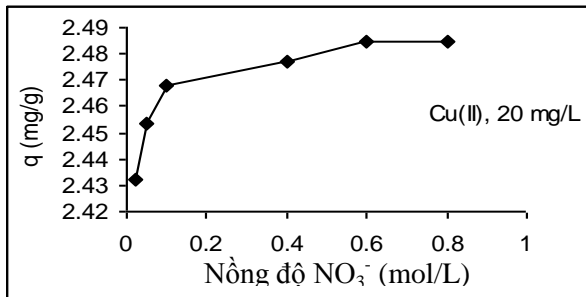
### 3.6. Ảnh hưởng của nồng độ $\text{NO}_3^-$

Ảnh hưởng của nồng độ  $\text{NO}_3^-$  trong quá trình hấp phụ Pb(II) và Cu(II) được minh họa ở hình 7. Kết quả cho thấy khi nồng độ  $\text{NO}_3^-$

càng tăng, khả năng hấp phụ tăng theo, quá trình hấp phụ Cu(II) đạt trạng thái cân bằng khi nồng độ ion  $\text{NO}_3^-$  trong dung dịch đạt 0,6M, đối với quá trình hấp phụ Pb(II) là 800ppm.



(a)



(b)

Hình 7. Ảnh hưởng của  $\text{NO}_3^-$

### 3.7. Đẳng nhiệt hấp phụ

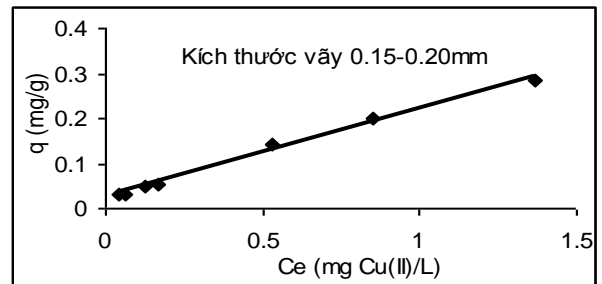
Phương trình cân bằng hấp phụ Langmuir (2) và Freundlich (3) được dùng trong quá trình khảo sát ảnh hưởng nồng độ ion Cu(II), Pb(II) lên quá trình hấp phụ trong điều kiện đẳng nhiệt, cho tương ứng dưới đây.

$$q = q_m \frac{K_L \times C_e}{1 + K_L \times C_e} \quad (2) \quad q = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

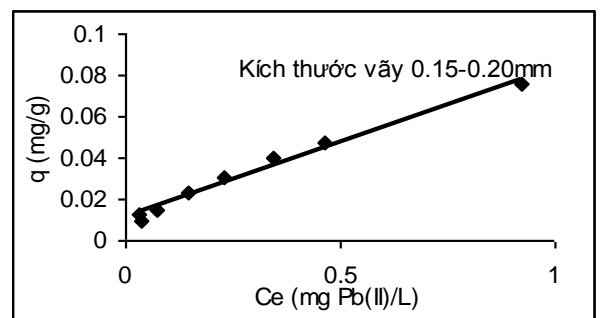
Trong đó: q lượng ion kim loại bị hấp phụ trên mỗi đơn vị khối lượng chất hấp phụ (mg/g),  $q_m$  là lượng ion kim loại bị hấp phụ tối đa,  $C_e$  là nồng độ ion kim loại trong dung dịch lúc cân bằng (mg/l),  $K_L$  là hằng số cân bằng hấp phụ langmuir,  $K_F$  là hằng số cân bằng hấp phụ Freundlich.  $K_L$ ,  $q_m$  được xác định dựa vào phương trình tuyến tính đường

thẳng hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir (hình 8) biểu diễn sự phụ thuộc của  $C_e/q$  vào  $C_e$ .  $K_F$ ,  $1/n$  được xác định dựa vào phương trình đường thẳng Freundlich sự phụ thuộc của  $\text{Log}(q)$  vào  $\text{Log}(C_e)$ . Các giá trị tính toán được cho ở bảng 1.

Cả hai đồ thị đều có hệ số R khá cao thể hiện tính phù hợp bản chất vật liệu hấp phụ theo mô hình Langmuir và mô hình Freundlich. Mô hình Langmuir dựa trên thuyết hấp phụ đơn lớp bề mặt chất hấp phụ và phụ thuộc vào số tâm hấp phụ, khi số tâm hấp phụ bị chiếm hết thì quá trình hấp phụ cũng đạt trạng thái cân bằng. Phương trình Freundlich mô tả quá trình hấp phụ sự phụ thuộc của nồng độ chất tan trên bề mặt chất hấp phụ và dung lượng hấp phụ tăng theo hàm mũ. Kết quả tính toán theo lý thuyết và theo giá trị thực nghiệm được thể hiện trên đồ thị hình 9 để kiểm tra tính phù hợp của phương trình này.



(a)



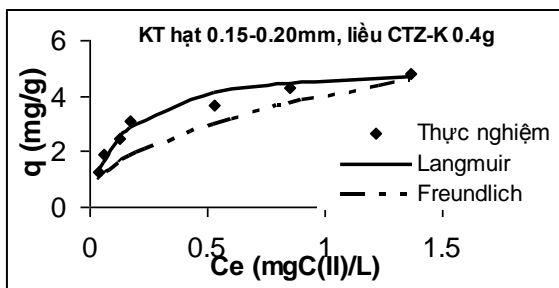
(b)

Hình 8: Phương trình tuyến tính hấp phụ đẳng nhiệt theo Langmuir,  $[\text{Cu(II)}]_o = 10 \div 40 \text{ mg/L}$ , liều 0,4g CTZ-K (a),  $[\text{Pb}^{2+}]_o = 10 \div 50 \text{ mg/L}$ , liều 0,2g CTZ-K (b).

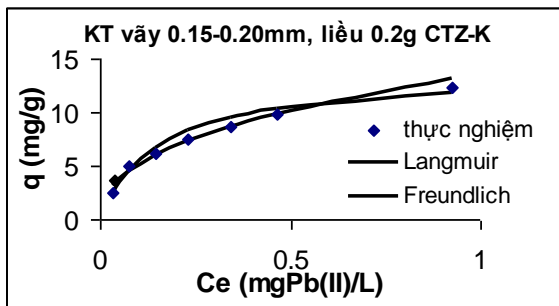
Bảng 1: Các giá trị và hằng số hấp phụ Cu(II) và Pb(II) trên chitosan khâu mạch

Ion KL	Kích thước vảy	Langmuir			Freundlich		
		q <sub>max</sub> (mg/g)	K <sub>L</sub>	R <sup>2</sup>	K <sub>F</sub>	n	R <sup>2</sup>
Cu(II)	0.0-0.15	5.53	20.31	0.99	8.33	0.50	0.94
	0.15-0.2	5.14	7.43	0.99	4.67	2.91	0.92
Pb(II)	0.0-0.15	14.82	6.55	0.98	17.0	2.02	0.98
	0.15-0.2	13.77	6.48	0.98	13.6	2.36	0.95
	0.15-0.2*	13.64	2.15	0.99	8.71	2.15	0.89

\* chỉ quá trình cân bằng hấp phụ Pb(II) trên chitosan khâu mạch không chứa NaNO<sub>3</sub>



(a)



(b)

Hình 9: Đường cong hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir, [Cu(II)]<sub>o</sub> = 10÷40mg/L (a), [Pb<sup>2+</sup>]<sub>o</sub> = 10÷50mg/L(b).

#### IV. KẾT LUẬN

Chitosan khâu mạch được khâu mạch bằng tác nhân khâu mạch glutaraldehyt có thể sử dụng để hấp phụ các ion kim loại Cu(II), Pb(II) trong dung dịch nước. Kết quả nghiên cứu cho thấy, giá trị pH tối ưu cho cả hai quá trình hấp phụ Cu(II), Pb(II) đều đạt tại pH 6. Kích thước vảy chitosan cũng ảnh hưởng không kém đến hiệu quả hấp phụ, kích thước hạt càng nhỏ, khả năng hấp phụ càng cao. Khi kích thước vảy là 0.15-0.20mm, khả năng hấp phụ Cu(II) đạt tối đa 5.14 mg/g, kích thước vảy nhỏ hơn 0.15mm, q<sub>m</sub> tăng đến 5.53 mg/g. Tuy nhiên, kích thước hạt < 0.15mm CTS-K ở dạng bột mịn nên khó khăn trong việc giải hấp hay tái sử dụng. Đối với quá trình hấp phụ Cu(II), thời gian hấp phụ cân bằng là 180 phút, liều lượng chitosan ảnh hưởng đáng kể đến quá trình hấp phụ, khả năng hấp phụ tăng mạnh khi trong dung dịch nghiên cứu có chứa NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Đối với quá trình hấp phụ Pb(II), thời gian hấp phụ đạt cân bằng là 120 phút. Liều lượng chitosan ảnh hưởng không đáng kể đến quá trình hấp phụ, khả năng hấp phụ tăng không đáng kể khi trong dung dịch nghiên cứu có chứa NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Với các đặc tính hấp phụ như đã nghiên cứu, có thể sử dụng chitosan khâu mạch cho mục đích làm giàu ion Cu(II) và Pb(II) trong môi trường nước.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Adamson, A. Physical chemistry of surfaces, 398-402, 2a ED, New York: *Interscience*, 1967.
2. Ghurye, G., Clifford, D. and Tripp, A. Journal of the American Water Works Association, vol. 91(10), 85-96, (1999).
3. Karthikeyan, G., Anbalagan, K., and Andal, N.M. Indian Academic of Science, Vol 116, No 2, 119-127 (2004).
4. Kim, S.-H., Song, H., Nisola, G.M., Ahn, J., Galera, M.M., Lee, C.H., and Chung, W.-J. J. Ind. Eng. Chem, Vol 12, No 3, 469-475 (2006).
5. Lang, A.R., Kienzle-Stezer, C.A., Rodrigues-Sanchez D., and Rha, C. Proceedings of the Second International Conference on Chitin and chitosan, 34-38, (1982).
6. Muzzarelli, R.A.A., Peter, M.G. Chitin Handbook, 405-451, Atec Edizioni Via San Martino IT-63013 Grottammare AP, Italy, 1997.
7. Ngah, W. S. W., Ghani, S. A., and Hoon, L.L. Journal of Chinese Chemical Society, 49, 625-628, (2002).
8. Ngah, W. S. W., Kamari, A., Koay, Y.J. International Journal of Biological Macromolecules, 155-161, (2004).
9. Nomanbhay, S.M., Palanisami, K. Electronic Journal Biotechnology ISSN. 0717-3458, Vol 8, No. 1, 44-52, (2005).
10. Oshita, K., Gao, Y.-H., Oshima, M. and Motomozu, S. Analytical Sciences 2001, Vol. 17, a318-a320, (2001).
11. Peirano, F., Flores, J.A., Rodriguez, A., Borja, N.A., Ly, M., Maldondo, H., Rex. Soc. Quim. Perú, 69. N0 4, 211-221 (2003).
12. Schmuhl, R., Krieg, H.M. and Keizer, Water SA, Vol.27, No. 1 (2001).
13. Thomas, W., Thomas, J., Introduction to the Principles of Heterogeneous Catalysis, 33-48, London Academic Press, 1967.
14. Xu, W.L., Fu, C.L., Li, J. Chinese Chemical Letters, vol. 12, No. 4, 359-362, (2001).