

## KHẢ NĂNG HẤP PHỤ CHẤT HỮU CƠ CỦA THAN HOẠT TÍNH BIẾN TÍNH ION KIM LOẠI

Văn Hữu Tập, Nguyễn Thị Tuyết\*, Nguyễn Thị Bích Hạnh

*Trường Đại học Khoa học - ĐH Thái Nguyên*

### TÓM TẮT

Nội dung của bài báo là đánh giá khả năng xử lý chất hữu cơ trong môi trường nước bằng chất hấp phụ than hoạt tính được biến tính bằng các ion kim loại. Bài báo sử dụng phương pháp hấp phụ và đánh giá ảnh hưởng các yếu tố: tỷ lệ % về khối lượng của hỗn hợp các ion kim loại và than hoạt tính (1-5%); pH (4-10); nồng độ chất hữu cơ đầu vào (250-1000mg/L), tốc độ bơm (10-30 mL/phút), chiều cao của cột hấp phụ (10-30cm) đến khả năng hấp phụ của vật liệu. Các mô hình động học như Thomas, Yoon-Nelson và Bohart-Adam cũng được sử dụng trong quá trình đánh giá kết quả thực nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng xử lý chất hữu cơ đạt tối ưu tại tỷ lệ biến tính 3% và pH là 7. Hiệu suất sử dụng cột hấp phụ lớn nhất (79,71%) tại nồng độ chất hữu cơ ban đầu 500mg/L, tốc độ bơm là 10mL/phút, chiều cao lớp vật liệu hấp phụ 30cm. Kết quả cũng chứng minh rằng MAC có thể được sử dụng như là chất hấp phụ tiềm năng trong việc loại bỏ chất hữu cơ.

**Từ khóa:** Hấp phụ; chất hữu cơ; than hoạt tính; biến tính; ion kim loại

*Ngày nhận bài: 05/11/2020; Ngày hoàn thiện: 28/11/2020; Ngày đăng: 30/11/2020*

## ABSORPTION OF ORGANIC MATTER BY USING MODIFIED ACTIVATED CARBON BASED ON IRON METALS

Van Huu Tap, Nguyen Thi Tuyet\*, Nguyen Thi Bich Hanh

*TNU - University of Sciences*

### ABSTRACT

The content of this paper is to evaluate organic matter removal from aqueous solution by using activated carbons contained iron metals (MAC). The absorption method was conducted. The effect of the ratio (0-5%, w/w) of iron metals and activated carbons, pH (4-10), initial organic matter concentrations (250-1000mg/L), flow rates (10-30mL/min), the height of the adsorbent column (10-30cm) on the adsorption system were studied. Sorption of organic matter on the activated carbons could be described by kinetic models: Thomas, Yoon-Nelson and Bohart-Adam. The results showed that the optimum condition was at the ratio of 3% and pH of 7. The optimum adsorption process (79.71%) reached at the initial organic material concentration of 500mg/L, the flow rate of 10mL/min and MAC fixed-bed height of 30cm. The results also approved that MAC can be used as a potential absorbent to treat organic matter.

**Keywords:** absorption; organic matter; activated carbon; modified; iron metal

*Received: 05/11/2020; Revised: 28/11/2020; Published: 30/11/2020*

\* Corresponding author. Email: tuyetnt@tnu.edu.vn

## 1. Đặt vấn đề

Các chất hữu cơ như cacbohydrat, protein, chất béo, phenol, phẩm nhuộm,... từ các nguồn nước thải sinh hoạt, nước thải chăn nuôi cho đến các cơ sở công nghiệp dệt nhuộm, chế biến thực phẩm, hóa chất bảo vệ thực vật... đang là thách thức lớn của nước ta. Nguồn nước có hàm lượng chất hữu cơ cao là nguyên nhân gây thiếu hụt oxy và làm mất cân bằng sinh thái trong nguồn nước. Mặt khác, chất hữu cơ kết hợp với oxy sẽ tạo ra chất độc là nitrit, chất này khi vào cơ thể người sẽ gây ra hiện tượng thiếu oxy trong máu (methemoglobin). Nitrit khi kết hợp với các axit amin trong cơ thể còn tạo thành chất nitrosamine gây ung thư [1]. Chính vì vậy, loại bỏ chất hữu cơ khỏi nguồn nước là rất cần thiết.

Để loại bỏ chất hữu cơ có thể sử dụng một số phương pháp: sục khí, oxy hóa (vi sinh, hóa học, quang hóa) và hấp phụ. Xu hướng sử dụng phương pháp hấp phụ để xử lý ô nhiễm môi trường đang là hướng đi nhiều triển vọng. Than hoạt tính lâu nay vốn được biết đến là vật liệu hấp phụ đối với các chất hữu cơ phân tử lượng lớn, có màu và có mùi vì có ưu điểm do tính tương đồng về tính chất không phân cực của bề mặt than với chất hữu cơ trong môi trường có tính phân cực cao của nước. Tuy nhiên, nếu sử dụng than hoạt tính đơn thuần trong xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải thì hiệu quả chưa thực sự tốt. Nguyên nhân là khả năng hấp phụ của than hoạt tính sẽ bị bão hòa sau một thời gian sử dụng nhất định. Vấn đề đặt ra là cần phải nâng cao khả năng hấp phụ các chất hữu cơ của than hoạt tính. Ở nước ta, đã có một số công trình nghiên cứu về vấn đề này như xử lý các chất hữu cơ bằng than hoạt tính Trà Bắc kết hợp với nano composit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  để hấp phụ metyl da cam [2]; sử dụng than hoạt tính dạng thương mại xơ dừa biến tính với  $\text{HNO}_3$  và  $\text{H}_2\text{O}_2$  để hấp phụ một số phẩm màu (metyl đỏ, metyl da cam và Alizarin vàng) [3]; sử dụng than hoạt tính kết hợp với siêu âm để xử

lí toluen, etyl axetat, butyl axetat, xylen trong nước thải sơn [4]. Bài báo này trình bày hướng nghiên cứu mới về chế tạo vật liệu hấp phụ than hoạt tính được biến tính bằng tổ hợp nhiều ion kim loại để tăng cường hiệu quả xử lý chất hữu cơ trong nguồn nước.

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Chất hữu cơ (chất bị hấp phụ): Dung dịch chứa chất hữu cơ tự pha là đường ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) có nồng độ 250-1000mg/L.

- Vật liệu hấp phụ (chất hấp phụ): Than hoạt tính gáo dừa được mua từ công ty TNHH Trà Bắc, sau đó được biến tính bằng hỗn hợp muối kim loại.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

\* *Biến tính than hoạt tính*: Than hoạt tính (AC) được biến tính bằng các ion kim loại từ hỗn hợp các muối  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  với tỉ lệ % khối lượng tương ứng từng loại muối là 2%, 5%, 6%, 7%, 20%, 30% và 40%. Việc ngâm tẩm hỗn hợp muối kim loại để thu được than hoạt tính biến tính thực hiện ở các tỷ lệ % về khối lượng của hỗn hợp các ion kim loại và than hoạt tính là 1-5% [5]. Sau khi ngâm tẩm, hỗn hợp than hoạt tính đã ngâm các ion kim loại trên được rửa bằng nước cất 2 lần để loại bỏ các muối kim loại còn dư cho đến pH trung tính và sấy khô thu được than hoạt tính biến tính (kí hiệu là MAC).

\* *Thí nghiệm hấp phụ tĩnh*: Thí nghiệm được tiến hành trên máy lắc với tốc độ 120 vòng/phút và thời gian 120 phút ở nhiệt độ phòng. Cân 400 mg MAC đặt vào bình tam giác 100mL chứa 50mL dung dịch đường với nồng độ 500mg/L. Sau khi hấp phụ, các mẫu được lọc và xác định nồng độ dung dịch đường còn lại (sau hấp phụ) thông qua phân tích COD. Các thí nghiệm được thực hiện để xác định tỷ lệ biến tính tối ưu (với tỷ lệ về khối lượng ion kim loại/than hoạt tính thay đổi như sau: 0, 1, 2, 3, 4 và 5% (khối lượng/khối lượng) và giá trị pH tối ưu cho thí nghiệm hấp phụ động với giá trị pH thay đổi từ 4-10.

\* *Thí nghiệm hấp phụ động*: được thực hiện bằng mô hình cột (Hình 1). Trong cột xử lý có chứa vật liệu hấp phụ là MAC. Dung dịch đường cần xử lý được chứa ở bình số 1, bơm định lượng được sử dụng để bơm dung dịch đường chạy qua cột hấp phụ theo chiều từ dưới lên trên. Sau hấp phụ, dung dịch được chứa trong bình số 2. Các thí nghiệm được thực hiện để khảo sát các yếu tố ảnh hưởng của nồng độ chất hữu cơ đầu vào  $C_0 = 250, 500, 1000\text{mg/L}$ ; ảnh hưởng của tốc độ bơm  $V = 10, 20, 30\text{mL/phút}$  và chiều cao của cột hấp phụ  $h = 10, 20, 30\text{cm}$  (tương ứng 150, 300 và 450g chất hấp phụ) với tần suất 30 phút/lần cho đến khi phân tích nồng độ sau hấp phụ bão hòa thì dừng thí nghiệm.



**Hình 1.** Mô hình hệ thí nghiệm cột hấp phụ chất hữu cơ

\* *Phương pháp phân tích*:

- Xác định nồng độ đường thông qua chỉ tiêu COD bằng phương pháp Bicromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ); Xác định đặc điểm của AC và MAC: diện tích bề mặt ( $S_{\text{BET}}$ ) bằng phương pháp đường đẳng nhiệt hấp phụ-khử hấp phụ  $\text{N}_2$ ; ảnh SEM bằng phương pháp SEM (kính hiển vi điện tử quét); nhóm chức năng bề mặt bằng phương pháp quang phổ hồng ngoại biến đổi (FTIR) và  $\text{pH}_{\text{PZC}}$  bằng phương pháp chuẩn độ đo pH với chất điện ly là dung dịch muối KCl 0,1M ở  $25^\circ\text{C}$ .

\* *Phương pháp xử lý số liệu*: Các số liệu thu thập được từ thực nghiệm được xử lý thống kê bằng phần mềm Microsoft Excell [6] để xác định:

- Dung lượng hấp phụ tĩnh ( $q$ , mg/g) qua công thức:  $q_t = (\text{COD}_t - \text{COD}_0)V/W$  (1). Trong

đó,  $\text{COD}_0$  và  $\text{COD}_t$  (mg/L) là COD ban đầu và COD ở thời điểm  $t$  sau hấp phụ dung dịch đường,  $V$  (L) là thể tích làm việc của dung dịch chất hấp phụ và  $W$  (g) là khối lượng của chất hấp phụ đã sử dụng cho thí nghiệm hấp phụ.

- Dung lượng hấp phụ cột ( $q_{\text{total}}$ , mg/g): Dung lượng hấp phụ của cột:  $q_{\text{total}}$  (mg),  $\text{COD}_{\text{ad}} = (\text{COD}_0 - \text{COD}_t)$  (mg/L) tương ứng thời gian hấp phụ ( $t$ , phút) được tính theo công thức:

$$q_{\text{total}} = \frac{QA}{1000} = \frac{Q}{1000} \int_{t=0}^{t=t_{\text{total}}} \text{COD}_{\text{ad}} dt \quad (2)$$

Trong đó,  $\text{COD}_{\text{ad}}$  là nồng độ COD hấp phụ,  $\text{COD}_0$  và  $\text{COD}_t$  tương ứng là nồng độ COD ban đầu và tại thời điểm hấp phụ  $t$  của dung dịch đường.

- Các mô hình động học hấp phụ để đánh giá kết quả thực nghiệm:

Mô hình Thomas: phương trình có dạng tuyến tính như sau:

$$\ln\left(\frac{\text{COD}_0}{\text{COD}_e} - 1\right) = \frac{K_T q_0 M}{Q} - \frac{K_T C_0}{Q} V \quad (3)$$

Trong đó:  $\text{COD}_0$ ,  $\text{COD}_e$ : COD đầu vào và đầu ra của dung dịch hấp phụ (mg/L);  $q_0$ : dung lượng hấp phụ cực đại (mg/g);  $M$ : khối lượng chất hấp phụ (g);  $Q$ : tốc độ dòng chảy (mL/phút);  $V$ : thể tích chảy qua cột hấp phụ (mL);  $K_T$ : hằng số tốc độ Thomas (mL/phút/mg).

Mô hình Yoon - Nelson: phương trình có dạng tuyến tính như sau:

$$\ln\left(\frac{\text{COD}_0}{\text{COD}_e - \text{COD}_0}\right) = K_{\text{YN}} t - \tau K_{\text{YN}} \quad (4)$$

Trong đó:  $\text{COD}_0$ ,  $\text{COD}_e$ : nồng độ đầu vào và đầu ra của dung dịch đường (mg/L);  $K_{\text{YN}}$ : hệ số tốc độ ( $\text{phút}^{-1}$ );  $\tau$ : thời gian để hấp phụ 50% chất bị hấp phụ (phút);  $t$ : thời gian (phút).

Mô hình Bohart - Adam: phương trình có dạng

$$\frac{\partial \text{COD}}{\partial z} = - \frac{K_B q_r \text{COD}}{Q} \quad (5)$$

Trong đó:  $q_r$ : dung lượng hấp phụ còn lại của chất hấp phụ (mg/g);  $K_B$ : hệ số động học (l/mg.phút);  $Q$ : tốc độ dòng chảy (mL/phút);  $\text{COD}$ : nồng độ chất bị hấp phụ (mg/L);  $z$ : biên độ dài nồng độ (cm).

Từ mô hình động học, tính độ dài tầng chuyển khối ( $L$ ) và hiệu suất sử dụng cột ( $\eta$ ) theo công thức:

$$L = H \cdot \frac{(t_s - t_b)}{t_s} \quad (6); \quad \eta = \frac{H-L}{H} \cdot 100 \quad (6)$$

Trong đó:  $t_b$ : thời gian thoát tại  $COD_e = 2\%$ .  $COD_0$  (phút);  $t_s$ : thời gian bão hòa tại  $COD_e = 90\%$ .  $C_0$  (phút);  $L$ : độ dài tầng chuyển khối (cm);  $\eta$ : hiệu suất sử dụng cột hấp phụ (%)

### 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

#### 3.1. Đặc điểm của than hoạt tính biến tính

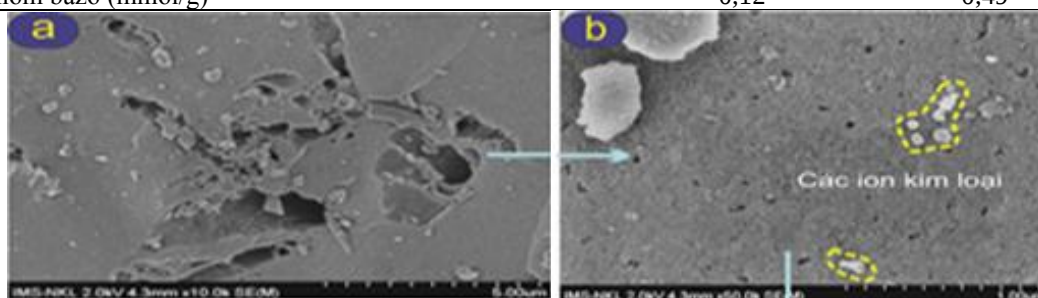
Đặc điểm của than hoạt tính Trà Bắc (AC) và than hoạt tính biến tính (MAC) được thể hiện ở Bảng 1.

Kết quả Bảng 1 cho thấy thể tích lỗ rỗng trung bình than MAC tăng nhẹ từ 0,159mL/g (AC) lên 0,172mL/g (MAC). Ngược lại, diện tích bề mặt ( $S_{BET}$ ) giảm nhẹ từ 691m<sup>2</sup>/g (AC) xuống 683m<sup>2</sup>/g (MAC). Sở dĩ như vậy vì sự biến đổi hóa học do tác động của các ion kim loại từ hỗn hợp dung dịch muối làm ăn mòn bề mặt gồ ghề các hạt than dẫn đến giảm diện tích bề mặt, nhưng quá trình biến tính bằng các ion kim loại này cũng phá vỡ một số cấu

trúc hạt than nên làm tăng nhẹ thể tích lỗ rỗng. Kết quả này cũng phù hợp với ảnh SEM (Hình 2a và 2b) thu được với MAC có bề mặt nhẵn hơn so với AC. Kết quả cũng cho thấy rằng các nhóm chức axit giảm trong khi các nhóm chức bazơ tăng lên đối với MAC. Tương tự,  $pH_{pzc}$  cũng tăng từ 6,5 ở AC lên 7,5 đối với MAC. Hiện tượng này có thể được giải thích là có sự gắn kết các ion kim loại trên bề mặt MAC khi AC được ngâm trong hỗn hợp các muối kim loại trên. Ảnh SEM (Hình 2a) cho thấy than AC có nhiều cấu trúc xốp, đường kính trên bề mặt khá nhỏ khoảng 100 nm. Bên cạnh đó, có rất nhiều hạt kích thước nano nhưng không đồng nhất. Trong khi đó, hình thái bề mặt của MAC đã thay đổi rõ rệt (Hình 2b). Trên bề mặt MAC có các phân tử đường bám (màu trắng). Bề mặt của MAC là mịn hơn so với AC và đã thấy các ion kim loại trên bề mặt.

**Bảng 1.** Các đặc trưng hóa học và vật lý của AC và MAC

| Thông số                             | AC    | MAC (3%) |
|--------------------------------------|-------|----------|
| Diện tích bề mặt (m <sup>2</sup> /g) | 691   | 683      |
| Thể tích lỗ rỗng (mL/g)              | 0,159 | 0,172    |
| Kích thước phân tử (nm)              | 5,46  | 5,46     |
| Điểm đẳng điện ( $pH_{pzc}$ )        | 6,5   | 7,5      |
| Nhóm axit (mmol/g)                   | 0,16  | 0,08     |
| Nhóm bazơ (mmol/g)                   | 0,12  | 0,49     |



**Hình 2.** Ảnh SEM của: a) AC; b) MAC

#### 3.2. Ảnh hưởng của tỉ lệ biến tính than hoạt tính đến hiệu quả hấp phụ đường

Ảnh hưởng của tỉ lệ biến tính than hoạt tính đến hiệu quả hấp phụ đường thể hiện ở Bảng 2.

**Bảng 2.** Ảnh hưởng của tỉ lệ biến tính đến dung lượng hấp phụ đường

| Ký hiệu công thức | q (mg/g) | H (%) |
|-------------------|----------|-------|
| AC                | 16,16    | 26    |
| MAC 1%            | 16,52    | 26    |
| MAC 2%            | 22,38    | 36    |
| MAC 3%            | 28,28    | 45    |
| MAC 4%            | 22,38    | 36    |
| MAC 5%            | 21,88    | 35    |

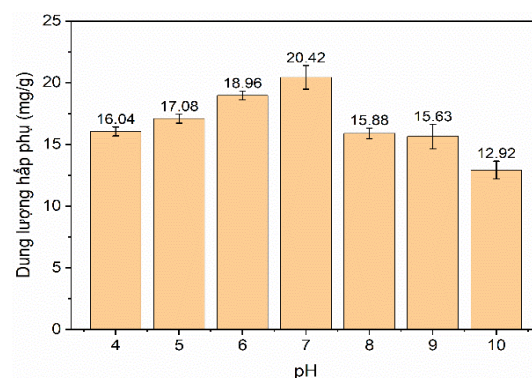
Từ Bảng 2 cho thấy không có khác biệt về dung lượng hấp phụ và hiệu suất xử lý giữa AC và MAC với tỷ lệ biến tính 1% (16,16 mg/g đối với AC và 16,52mg/g đối với MAC 1%). Nguyên nhân là do quá ít lượng ion kim loại được gắn vào AC. Tuy nhiên, dung lượng hấp phụ của MAC đã nâng cao đáng kể khi tỷ lệ biến tính tăng từ 2 đến 3% và đạt đến ngưỡng cao nhất là 28,28mg/g với tỷ lệ biến tính là 3%. Sự cải thiện này có thể là do khi tỷ lệ biến tính tăng lên thì đã làm tăng các nhóm chức năng hoạt động, chủ yếu là các nhóm chức bazơ có khả năng hấp phụ chất hữu cơ. Cơ chế này được giải thích do hiện tượng trao đổi ion hydro ( $H^+$ ) từ bề mặt than hoạt tính được thay thế bằng các ion kim loại, dẫn đến giảm độ axit nhóm của AC. Vì thế, khả năng hấp phụ các chất hữu cơ của MAC tăng lên. Tuy nhiên, dung lượng hấp phụ có xu hướng giảm nhẹ khi tỷ lệ tăng lên 4 và 5%. Sự giảm khả năng hấp phụ có thể là do độ rỗng trong bề mặt MAC bị bão hòa bởi các ion kim loại, dẫn đến giảm diện tích bề mặt của MAC, do đó không có nhiều vị trí hoạt động trên bề mặt MAC để hấp phụ các phân tử đường. Từ kết quả trên, có thể thấy khả năng hấp phụ của MAC tối ưu ở tỷ lệ biến tính 3%.

### 3.3. Ảnh hưởng của pH đến hiệu quả hấp phụ đường bởi MAC

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của pH đến dung lượng hấp phụ đường được trình bày ở Hình 3.

Từ Hình 3 cho thấy dung dịch đường bị hấp phụ vào MAC trong môi trường axit và trung tính (pH: 4-7) cao hơn so với môi trường kiềm (pH: 8-10). Dung lượng hấp phụ cao nhất (20,42mg/g) ở môi trường trung tính (pH = 7). Khi pH > 7 thì dung lượng hấp phụ giảm. Nguyên nhân là các anion  $OH^-$  trong môi trường kiềm đã cạnh tranh với các phân tử đường khi gắn vào các vị trí hấp phụ trên MAC dẫn đến các anion đường bị đẩy ra khỏi bề mặt tích điện dương của MAC và làm giảm khả năng hấp phụ của các anion đường lên MAC. Tuy nhiên, bề mặt của MAC mang

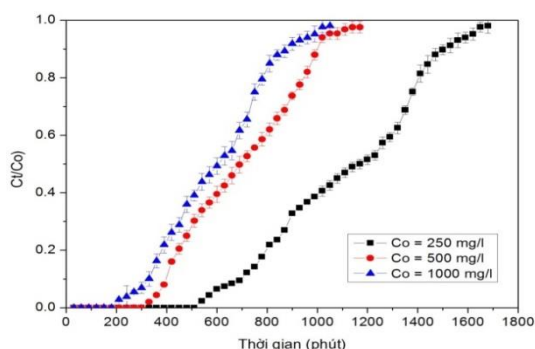
điện tích âm khi pH ban đầu <  $pH_{pzc}$  (7,5), sự biểu hiện của các nhóm chức ( $-OH_2^+$  và  $-H_3$ ) trên MAC khi pH dung dịch <  $pH_{pzc}$  đã hấp phụ phân tử đường từ dung dịch qua lực hút tĩnh [7], [8]. Khi pH dung dịch càng gần giá trị  $pH_{pzc}$  thì lực hút tĩnh điện càng cao. Vì thế, khả năng hấp phụ đạt tối ưu ở pH=7.



**Hình 3.** Ảnh hưởng của pH đến dung lượng hấp phụ đường của MAC (nồng độ đường ban đầu 500 mg/l, hàm lượng MAC 500 mg/50 mL dung dịch)

### 3.4. Ảnh hưởng của nồng độ đường đến quá trình hấp phụ bằng than hoạt tính biến tính

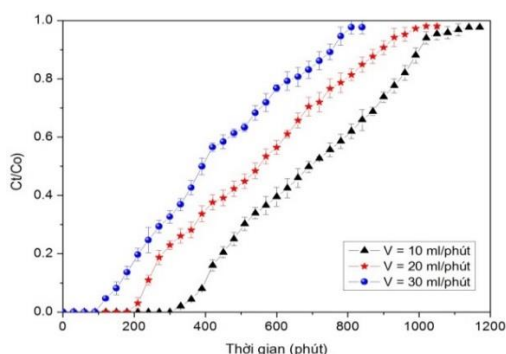
Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ đường đến hiệu quả xử lý đường được thể hiện ở Hình 4. Hình 4 cho thấy, khi nồng độ chất bị hấp phụ tăng thì thời gian thoát và thời gian đạt bão hòa nhanh hơn, cụ thể là thời gian thoát bắt đầu xảy ra sau 690, 390 và 330 phút tương ứng nồng độ đường ban đầu là 250, 500 và 1000mg/L và thời gian bão hòa tương ứng là 1620, 1050 và 990 phút. Dung lượng hấp phụ đường bởi MAC tăng tương ứng từ 13,86 lên 23,23 và 39,61mg/g. Nguyên nhân là do trong cùng điều kiện về chiều cao lớp vật liệu hấp phụ và tốc độ bơm không đổi, khi nồng độ chất bị hấp phụ đầu vào tăng thì quá trình khuếch tán vào trong các mao quản của MAC tăng do tăng gradien nồng độ và làm giảm quá trình chuyển khối dẫn đến thời gian hoạt động của cột hấp phụ giảm. Sự hấp phụ đường vào MAC nhanh hơn do sự di chuyển của chất hữu cơ từ pha lỏng sang pha rắn nhanh khi chênh lệch nồng độ lớn hơn. Kết quả này tương tự như nghiên cứu của Pablo và cộng sự [9] khi nghiên cứu hấp phụ phenol bằng than hoạt tính từ lõi ngô.



**Hình 4.** Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của nồng độ đường đến đường cong thoát theo mô hình hấp phụ động

### 3.5. Ảnh hưởng của tốc độ bơm đến hiệu quả xử lý đường

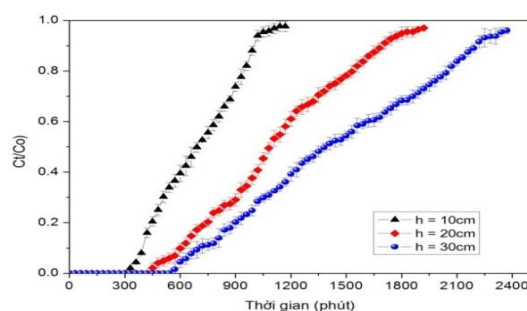
Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tốc độ bơm đến khả năng hấp phụ đường được thể hiện ở Hình 5 cho thấy khi tốc độ bơm càng nhỏ thì thời gian thoát và thời gian bão hòa càng tăng. Với tốc độ bơm 10, 20 và 30 mL/phút thì thời gian thoát xảy ra tương ứng sau 390, 210 và 150 phút. Đồng thời, thời gian bão hòa đạt được tương ứng là 1080, 930 và 780 phút. Dung lượng hấp phụ đường bởi MAC tăng từ 22,27 lên 32,56 và 39,65 mg/g tương ứng. Kết quả nghiên cứu này cho thấy thời gian hấp phụ xảy ra nhanh nên khi tốc độ bơm tăng đã làm tăng động lực hấp phụ (hay tốc độ truyền khối) dẫn đến tăng lượng chất bị hấp phụ vào vật liệu.



**Hình 5.** Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của tốc độ bơm đến đường cong thoát theo mô hình hấp phụ động

### 3.6. Ảnh hưởng của chiều cao lớp vật liệu hấp phụ đến hiệu quả xử lý đường bằng than hoạt tính biến tính

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của chiều cao cột đến khả năng hấp phụ đường trình bày ở Hình 6 cho thấy thời gian thoát và thời gian bão hòa tăng khi tăng chiều cao lớp vật liệu hấp phụ. Khi chiều cao lớp vật liệu hấp phụ tăng từ 10-30 cm thì thời gian thoát xảy ra tương ứng là 360, 570 và 660 phút và thời gian bão hòa tăng từ 1020 lên 1770 và 2310 phút. Tuy nhiên, dung lượng hấp phụ giảm dần từ 22,27 xuống 18,24 và 15,73 mg/g tương ứng. Khi chiều cao lớp vật liệu hấp phụ tăng nghĩa là vùng chuyển khối tăng thì thời gian tiếp xúc của các phân tử đường trong dung dịch với MAC tăng lên dẫn đến lượng chất bị hấp phụ được giữ lại nhiều hơn dẫn đến thời gian thoát và thời gian bão hòa xảy ra chậm hơn.



**Hình 6.** Đồ thị biểu diễn sự ảnh hưởng của chiều cao lớp vật liệu hấp phụ đến đường cong thoát theo mô hình hấp phụ động

### 3.7. Mô phỏng kết quả nghiên cứu theo các mô hình động học hấp phụ

Kết quả ở Bảng 3 cho thấy, các mô hình có hệ số tương quan khá cao ( $R^2 > 0,55$ ), trong đó mô hình Yoon-Nelson là phù hợp hơn với  $R^2$  cao hơn ( $\geq 0,9$ ). Theo mô hình Thomas, hệ số  $K_T$  tăng khi tốc độ dòng chảy tăng; giảm khi nồng độ đường ban đầu tăng và chiều cao lớp vật liệu hấp phụ giảm. Kết quả tính toán từ mô hình phù hợp với kết quả thực nghiệm.

**Bảng 3.** Tham số của các mô hình động học hấp phụ trong quá trình hấp phụ đường bằng MAC

| Biến số                    |                |           | Thomas                    |                | Yoon-Neslon     |          |                | Bohart-Adam                |                |
|----------------------------|----------------|-----------|---------------------------|----------------|-----------------|----------|----------------|----------------------------|----------------|
| COD <sub>o</sub><br>(mg/L) | Q<br>(mL/phút) | Z<br>(cm) | K <sub>T</sub><br>(mL/mg) | R <sup>2</sup> | K <sub>YN</sub> | τ (phút) | R <sup>2</sup> | K <sub>B</sub><br>(l/mg.L) | R <sup>2</sup> |
| 250                        | 10             | 150       | 0,000010                  | 0,6772         | 0,0043          | 1042     | 0,9118         | 0,000010                   | 0,6772         |
| 500                        | 10             | 150       | 0,000007                  | 0,76           | 0,0080          | 651      | 0,9061         | 0,000007                   | 0,76           |
| 1000                       | 10             | 150       | 0,000004                  | 0,6258         | 0,0062          | 695      | 0,9592         | 0,000004                   | 0,6258         |
| 500                        | 20             | 150       | 0,000005                  | 0,8985         | 0,0060          | 502      | 0,9701         | 0,000005                   | 0,8985         |
| 500                        | 30             | 150       | 0,000002                  | 0,96           | 0,0088          | 522      | 0,9171         | 0,000007                   | 0,8001         |
| 500                        | 10             | 300       | 0,000001                  | 0,9809         | 0,0035          | 1071     | 0,982          | 0,000004                   | 0,8291         |
| 500                        | 10             | 450       | 0,000001                  | 0,9544         | 0,0030          | 1419     | 0,931          | 0,000003                   | 0,805          |

**Bảng 4.** Thời gian hoạt động và độ dài tầng chuyển khối

| Q<br>(mL/phút) | h<br>(cm) | m<br>(g) | COD <sub>o</sub><br>(mg/L) | T <sub>b</sub><br>(phút) | V <sub>b</sub><br>(mL) | q<br>(mg/g) | t <sub>s</sub><br>(phút) | V <sub>s</sub><br>(mL) | L<br>(cm) | η (%) |
|----------------|-----------|----------|----------------------------|--------------------------|------------------------|-------------|--------------------------|------------------------|-----------|-------|
| 10             | 10        | 150      | 250                        | 720                      | 7200                   | 22,27       | 1020                     | 10200                  | 6,47      | 35,29 |
| 10             | 10        | 150      | 500                        | 360                      | 3600                   | 32,56       | 1020                     | 10200                  | 2,94      | 70,59 |
| 10             | 10        | 150      | 1000                       | 270                      | 2700                   | 39,65       | 900                      | 9000                   | 7,00      | 30,00 |
| 10             | 10        | 150      | 500                        | 720                      | 7200                   | 22,27       | 1020                     | 10200                  | 2,94      | 70,59 |
| 20             | 10        | 150      | 500                        | 510                      | 10200                  | 23,24       | 840                      | 16800                  | 3,93      | 60,71 |
| 30             | 10        | 150      | 500                        | 360                      | 10800                  | 39,61       | 700                      | 21000                  | 4,86      | 51,43 |
| 10             | 10        | 150      | 500                        | 720                      | 7200                   | 22,27       | 1020                     | 10200                  | 2,94      | 70,59 |
| 10             | 20        | 300      | 500                        | 480                      | 4800                   | 18,24       | 650                      | 6500                   | 5,23      | 73,85 |
| 10             | 30        | 450      | 500                        | 550                      | 5500                   | 15,73       | 690                      | 6900                   | 6,09      | 79,71 |

#### 4. Kết luận

Than hoạt tính biến tính bằng 7 muối kim loại đã cho hiệu quả hấp phụ cao hơn than hoạt tính không biến tính. Trong đó, công thức MAC 3% mang lại hiệu quả hấp phụ tốt nhất với dung lượng hấp phụ đạt 28,28mg/g. Giá trị pH tối ưu cho hấp phụ đường xác định được trong nghiên cứu này là 7.

Hiệu suất xử lý đường phụ thuộc vào nồng độ ban đầu của dung dịch và tốc độ bơm, với nồng độ ban đầu của đường là 250, 500 và 1000mg/L thì dung lượng hấp phụ đạt 13,86; 23,23 và 39,61mg/g, với tốc độ bơm từ 10-30 mL/phút tương ứng dung lượng hấp phụ đường bởi MAC tăng từ 22,27-39,65mg/g. Dung lượng hấp phụ giảm dần từ 22,27 xuống 18,24 và 15,73mg/g tương ứng chiều cao lớp vật liệu hấp phụ tăng từ 10 lên 20 và 30cm.

Quá trình hấp phụ đường bởi MAC tuân theo mô hình động học Thomas, Yoon-Nelson, Bohart-Adam. Hiệu suất sử dụng cột hấp phụ lớn nhất (đạt 79,71%) tại điều kiện tối ưu: tốc độ bơm 10mL/phút, nồng độ đường ban đầu 500mg/L và chiều cao cột hấp phụ là 30cm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

[1]. V. H. Nguyen, "Research on treating organic and nitrogen rich wastewater by rotating

aeration method", Graduate thesis in Environmental Technology, Hanoi National University, 2014.

- [2]. M. H. Do, N. H. Phan, T. D. Nguyen, T. T. S. Pham, V. K. Nguyen, T. T. T. Vu, and T. K. P. Nguyen, "Activated carbon/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticle composite: Fabrication, methyl orange removal and regeneration by hydrogen peroxide," *Chemosphere*, vol. 85, pp. 1269-1276, 2011.
- [3]. V. H. Nguyen, "Researching surface modification of activated carbon at Tra Bac company and exploring the adsorption capacity some coloring in the textile wastewater," *Journal of Forestry Science and Technology*, vol. 1, pp. 56-60, 2017.
- [4]. T. A. Tran, "Research on treatment of toluene, ethyl acetate, butyl acetate, xylene in wastewater painted with activated carbon combined with ultrasound," Graduate thesis in Environmental Technology, Hanoi National University, 2009.
- [5]. H. T. Van, T. T. P. Bui, and L. H. Nguyen, "Residual Organic Compound Removal from Aqueous Solution Using Commercial Coconut Shell Activated Carbon Modified by a Mixture of Seven Metal Salts," *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 229, pp. 292-302, 2018.
- [6]. L. H. Nguyen, T. M. Vu, T. T. Le, V. T. Trinh, T. P. Tran, and H. T. Van, "Ammonium removal from aqueous solutions by fixed-bed column using corn-cob-based

- modified biochar,” *Journal of Enviromental Technology*, vol. 40, pp. 683-692, 2019.
- [7]. E. Kim, C. Jung, J. Han, N. Her, C. M. Park, A. Son, and Y. Yoon, “Adsorption of selected micropollutants on powdered activated carbon and biochar in the presence of kaolinite,” *Desalination and Water Treatment*, vol. 57, pp. 1-13, 2016.
- [8]. J. Yu, X. Zhang, D.Wang, and P. Li, “Adsorption of methyl orange dye onto biochar adsorbent prepared from chicken manure,” *Water Science Technology*, vol. 77, no. 5, pp. 1303-1312, 2018.
- [9]. D. R. Pablo, A. S. Franca, and L. S. Oliveira, “Batch and Column Studies of Phenol Adsorption by an Activated Carbon Based on Acid Treatment of Corn Cobs,” *IACSIT International Journal of Engineering and Technology*, vol. 7, no. 6, pp. 459-465, 2015.