

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG HẤP PHỤ XANH METYLEN CỦA THAN CHẾ TẠO TỪ BÃ ĐẬU NÀNH

Vũ Thị Hậu*, Đặng Thị Hoài

Trường Đại học Sư phạm - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu hấp phụ xanh metylen (MB) của than chế tạo từ bã đậu nành (TBĐ). Các thí nghiệm được tiến hành với các thông số sau: khối lượng TBĐ: 0,05 g/25 mL; tốc độ lắc: 200 vòng/phút; thời gian đạt cân bằng hấp phụ là 90 phút ở nhiệt độ phòng ($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$); pH hấp phụ tốt nhất là 8,0. Khối lượng TBĐ cần thiết cho sự hấp phụ MB tốt nhất là 0,05 gam /25 mL dung dịch MB. Trong khoảng nhiệt độ khảo sát từ 298 ÷ 323 K, xác định được các giá trị $\Delta G^{\circ} < 0$; $\Delta H^{\circ} = -18,3$ kJ/mol chứng tỏ quá trình là tự xảy ra và tỏa nhiệt. Kết quả nghiên cứu cho thấy dung lượng hấp phụ cực đại của TBĐ đối MB theo mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir là 166,67 mg/g ở 298 K.

Từ khóa: *hấp phụ, xanh metylen, than, bã đậu nành, kẽm clorua*

Ngày nhận bài: 20/8/2019; Ngày hoàn thiện: 23/9/2019; Ngày đăng: 03/10/2019

STUDY ON THE ADSORPTION CAPACITY OF METHYLENE BLUE ON ACTIVATED CARBON PREPARED FROM SOYBEAN RESIDUE

Vu Thi Hau*, Dang Thi Hoai

University of Education - TNU

ABSTRACT

This paper focus on the adsorption of methylene blue (MB) in aqueous solution on carbon prepared from soybean residue (TBĐ). The experiments were conducted using the following parameters: TBĐ mass is 0.05g/25 mL, shaking speed is 200 rounds/minute, equilibrium time is 90 minutes at room temperature ($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$); pH is best 8. Mass TBĐ needed for MB adsorption is best at 0.05 g/25mL of MB solution. In the temperature range of 298 - 323K, the values of $\Delta G^{\circ} < 0$; $\Delta H^{\circ} = -18.3$ kJ/mol implicates that the process is self-inflicted and exothermic. The result indicates that, maximum adsorption capacity was calculat by the Langmuir adsorption isotherm model as 166.67 mg/g at 298K.

Key words: *adsorption, methylene blue, carbon, soybean residue, zinc chloride*

Received: 20/8/2019; Revised: 23/9/2019; Published: 03/10/2019

* Corresponding author. Email: vuthihaukhoahoa@gmail.com

1. Mở đầu

Dệt may là một trong những ngành sản xuất quan trọng trong chiến lược phát triển kinh tế xã hội của Việt Nam. Tuy nhiên, cùng với những lợi ích về kinh tế, một vấn đề đang được quan tâm, đó là tình trạng ô nhiễm môi trường do nước thải từ các nhà máy dệt nhuộm gây ra. Màu của nước thải dệt nhuộm thường có tính tan cao, cường độ lớn, nhiều màu sắc khác nhau. Do đó, khi được thải vào môi trường, nước thải sẽ ảnh hưởng xấu đến mỹ quan môi trường, gây ô nhiễm đất và nước, ảnh hưởng xấu đến cuộc sống của những người dân xung quanh. Loại bỏ MB ra khỏi môi trường nước bằng phương pháp hấp phụ sử dụng than chế tạo từ các nguồn khác nhau đã được các nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu [1-3], [5-7].

Cây đậu nành là cây thực phẩm có hiệu quả kinh tế, dễ trồng. Sản phẩm từ cây đậu nành được sử dụng rất đa dạng như dùng trực tiếp hạt thô hoặc chế biến thành đậu phụ, ép thành dầu đậu nành, nước tương, làm bánh kẹo, sữa đậu nành,... đáp ứng nhu cầu về chất đạm trong khẩu phần ăn hàng ngày của con người cũng như gia súc. Tuy nhiên sau mỗi lần chế biến thành thực phẩm một số bộ phận của đậu nành như bã đậu nành, vỏ đậu nành,... lại bị loại bỏ. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu hấp phụ MB sử dụng chất hấp phụ là than chế tạo từ bã đậu nành.

2. Thực nghiệm

2.1. Hóa chất và thiết bị nghiên cứu

Hóa chất:

MB; dung dịch $ZnCl_2$ 95%; dung dịch NaOH 0,1M; dung dịch HCl 3M; 0,1M; dung dịch Na_2CO_3 0,1M. Tất cả hóa chất nêu trên đều có độ tinh khiết PA, xuất xứ Trung Quốc.

Thiết bị nghiên cứu: Thiết bị nghiền, thiết bị rây (kích thước lỗ 5mm), cân phân tích 4 số Precisa XT 120A-Switland (Thụy Sĩ), bếp cách thủy, lò nung Carbolite (Anh), máy lắc IKA HS-260 (Malaysia), máy đo pH Precisa 900 (Thụy Sĩ), tủ sấy Jeitech (Hàn Quốc), máy đo quang UV-Vis 1700 Shimadzu (Nhật Bản).

2.2. Chế tạo vật liệu hấp phụ

2.2.1. Chuẩn bị nguyên liệu

Nguyên liệu được sử dụng trong bài báo này là bã đậu nành lấy ở xưởng sản xuất đậu phụ ở đường Lê Quý Đôn, phường Quang Trung, thành phố Thái Nguyên. Rửa sạch phần nguyên liệu đã chuẩn bị bằng nước cất, sấy khô ở $105^{\circ}C$, nghiền nhỏ, phân loại hạt với kích thước $d \leq 5$ mm.

2.2.2. Chế tạo vật liệu hấp phụ (than)

Tiến hành hoạt hóa nguyên liệu bằng $ZnCl_2$ 95% với tỉ lệ V_{ZnCl_2} (mL) : khối lượng nguyên liệu (g) là 0:1; 1:2; 1:1; 2:1 trộn đều, ngâm ở nhiệt độ phòng trong 24 giờ. Hỗn hợp được khuấy bằng máy khuấy từ ở $90^{\circ}C$ trong 2 giờ, sau đó sấy ở $105^{\circ}C$ trong 24 giờ để khử nước. Tiếp đó, hỗn hợp được nung ở nhiệt độ $500^{\circ}C$ trong 1 giờ, rửa với dung dịch HCl 3M, sau đó đun trên bếp cách thủy ở $95^{\circ}C$ trong 30 phút, tiếp đó lọc và rửa lại bằng nước cất ấm để loại bỏ ion kẽm dư. Lấy phần rắn sấy khô ở $105^{\circ}C$ trong 12 giờ. Cuối cùng nghiền, rây ta thu được than bã đậu (TBD) [4]. Các mẫu TBD chế tạo được tương ứng với các tỉ lệ trên được kí hiệu lần lượt là: M_{01} , M_{12} , M_{11} , M_{21} .

2.3. Quy trình thực nghiệm và các thí nghiệm nghiên cứu

2.3.1. Quy trình thực nghiệm

Trong mỗi thí nghiệm hấp phụ:

- Thể tích dung dịch MB: 25 mL với nồng độ xác định.

- Lượng chất hấp phụ: 0,05 g.

- Thí nghiệm được tiến hành ở nhiệt độ phòng ($25 \pm 1^{\circ}C$), sử dụng máy lắc với tốc độ 200 vòng/phút.

2.3.2. Các thí nghiệm nghiên cứu

+ Khảo sát sơ bộ khả năng hấp phụ MB của các mẫu TBD chế tạo được: Khối lượng TBD: 0,05 g; thời gian hấp phụ: 120 phút. Các điều kiện khác như: thể tích dung dịch MB, nhiệt độ hấp phụ, tốc độ lắc như ghi ở mục 2.3.1.

+ Khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ MB của TĐĐ:

- Ảnh hưởng của pH: thời gian hấp phụ 90 phút; pH dung dịch thay đổi từ 2 đến 10.

- Thời gian đạt cân bằng hấp phụ: sử dụng giá trị pH tối ưu đã xác định ở thí nghiệm trước; thời gian hấp phụ khác nhau (10 ÷ 150 phút).

- Ảnh hưởng của khối lượng: sử dụng giá trị pH tối ưu; thời gian đã xác định ở thí nghiệm trước; khối lượng TĐĐ thay đổi từ 0,01 g đến 0,08 g.

- Ảnh hưởng của nhiệt độ: sử dụng giá trị pH; thời gian, khối lượng TĐĐ tối ưu đã xác định ở thí nghiệm trước; nhiệt độ thí nghiệm thay đổi 298 - 323K.

Trong các thí nghiệm trên nồng độ ban đầu dung dịch MB là 204,05 mg/L.

- Ảnh hưởng của nồng độ đầu MB và xác định dung lượng hấp phụ cực đại: thời gian hấp phụ, khối lượng TĐĐ, pH tối ưu như đã xác định được ở thí nghiệm trước; nồng độ ban đầu MB thay đổi từ 157,45 - 439,62 mg/L.

Nồng độ MB trước và sau hấp phụ được xác định bằng phương pháp đo mật độ quang ở bước sóng 664 nm.

Dung lượng và hiệu suất hấp phụ được xác định theo phương trình (1) và (2).

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)V}{m} \quad (1)$$

$$H = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

Trong đó:

- q_t : dung lượng hấp phụ ở thời điểm t (mg/g)

- V : thể tích dung dịch MB được lấy để hấp phụ (L)

- m : khối lượng chất hấp phụ (g)

- H : hiệu suất hấp phụ (%)

- C_0, C_t : nồng độ đầu và nồng độ tại thời điểm t của dung dịch MB (mg/L)

Dung lượng hấp phụ cực đại của TĐĐ đối với MB được xác định dựa vào đồ thị $C_{cb}/q = f(C_{cb})$ – phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir dạng tuyến tính:

$$\frac{C_{cb}}{q} = \frac{1}{q_{max}} C_{cb} + \frac{1}{q_{max} b} \quad (3)$$

Trong đó:

- q, q_{max} : dung lượng hấp phụ và dung lượng hấp phụ cực đại

- C_{cb} : nồng độ tại thời điểm cân bằng của dung dịch MB

- b : hằng số

Các đại lượng: biến thiên năng lượng tự do (ΔG°), entanpi (ΔH°) và entropi (ΔS°) của quá trình hấp phụ được tính toán bằng cách sử dụng các phương trình sau:

$$K_D = \frac{q_e}{C_{cb}} \quad (4); \quad \Delta G^\circ = -RT \ln K_D \quad (5);$$

$$\ln K_D = -\frac{\Delta G^\circ}{RT} = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \frac{\Delta S^\circ}{R} \quad (6).$$

Trong đó: K_D : hằng số cân bằng; R : hằng số khí ($R = 8,314 \text{ J/mol.K}$); T : nhiệt độ (K).

3. Kết quả và thảo luận

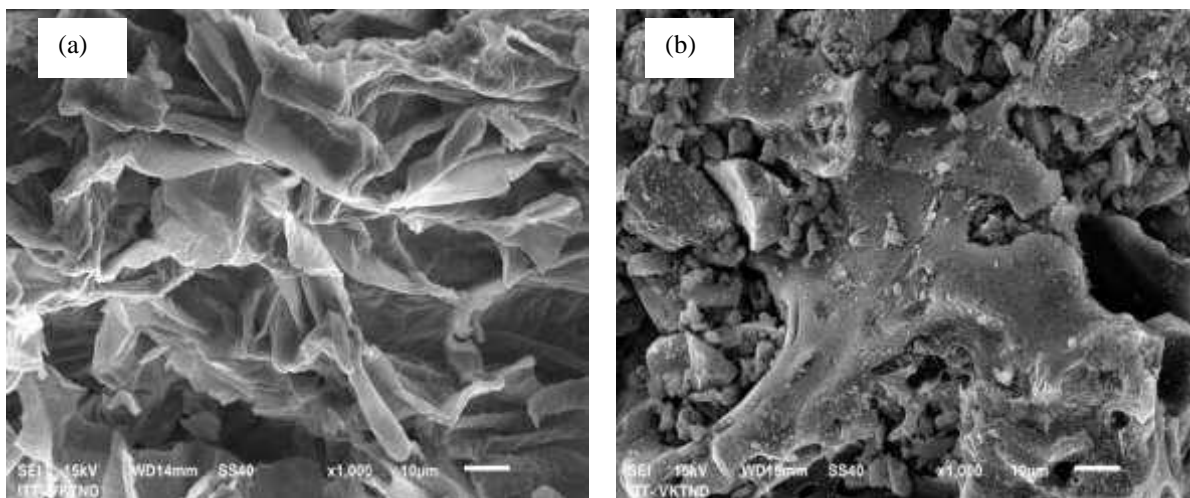
3.1. Một số đặc trưng của nguyên liệu và TĐĐ (mẫu M₁₁)

Kết quả xác định hình thái học bề mặt của nguyên liệu ban đầu và của TĐĐ được trình bày ở hình 2.

Kết quả SEM cho thấy có sự khác nhau rõ rệt giữa bề mặt TĐĐ và bề mặt nguyên liệu, trên bề mặt TĐĐ xuất hiện nhiều lỗ xốp với kích thước khác nhau, đây chính là “trung tâm” hấp phụ của TĐĐ.

Kết quả đo diện tích bề mặt riêng theo phương pháp BET của mẫu nguyên liệu ban đầu là $1,23 \text{ m}^2/\text{g}$; của TĐĐ là $605,7 \text{ m}^2/\text{g}$. Sự khác nhau rõ rệt về ảnh SEM và diện tích bề mặt riêng của TĐĐ so với nguyên liệu ban đầu cho thấy TĐĐ có khả năng hấp phụ tốt hơn nguyên liệu.

Kết quả xác định điểm đẳng điện của TĐĐ là $pI = 6,35$. Điều này cho thấy khi $pH < pI$ thì bề mặt TĐĐ tích điện dương, khi $pH > pI$ thì bề mặt TĐĐ tích điện âm.



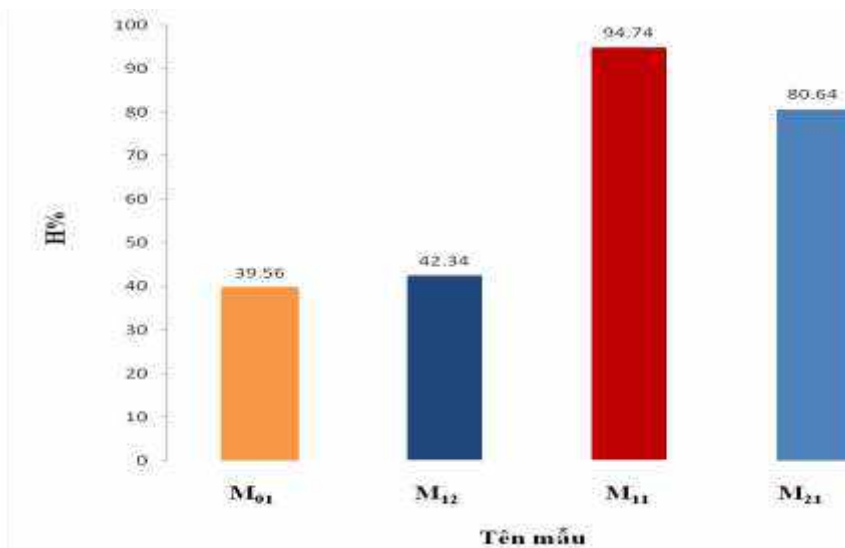
Hình 2. Ảnh SEM của nguyên liệu (a) và của TBD (b)

3.2. Khảo sát sơ bộ khả năng hấp phụ MB của các mẫu TBD

Kết quả khảo sát sơ bộ khả năng hấp phụ MB của các mẫu TBD chế tạo được thể hiện ở bảng 1 và hình 1.

Bảng 1. Kết quả khảo sát sơ bộ khả năng hấp phụ MB của các mẫu TBD chế tạo được

| Tên mẫu | Tỉ lệ | | C_0 (mg/L) | C_{cb} (mg/L) | H (%) |
|-----------------|---------------------|----------------------------|--------------|-----------------|-------|
| | V_{ZnCl_2} (mL) : | khối lượng nguyên liệu (g) | | | |
| M ₀₁ | 0:1 | | | 123,33 | 39,56 |
| M ₁₂ | 1:2 | | 204,05 | 117,66 | 42,34 |
| M ₁₁ | 1:1 | | | 18,83 | 94,74 |
| M ₂₁ | 2:1 | | | 39,50 | 80,64 |



Hình 1. Biểu đồ so sánh khả năng hấp phụ MB của các mẫu TBD

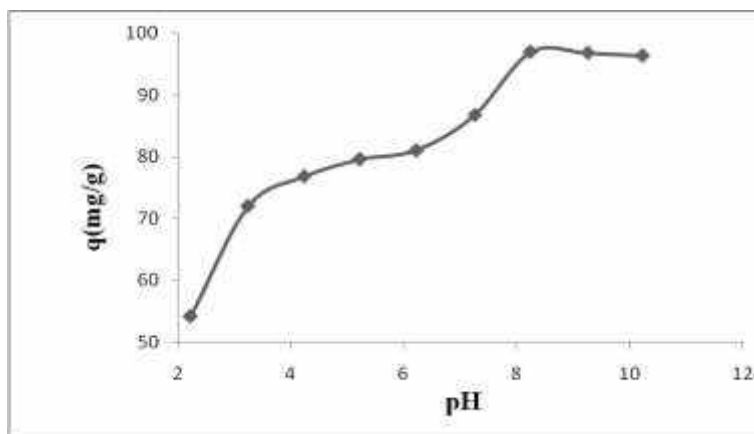
Nhận xét: Kết quả ở bảng 1 và hình 1 cho thấy trong cùng điều kiện thì hiệu suất hấp phụ MB của mẫu M₁₁ cao hơn so với các mẫu khác và mẫu thấp nhất là M₀₁ (mẫu không hoạt hóa bằng ZnCl₂). Điều này cho thấy tác dụng hoạt hóa của ZnCl₂, đồng thời lượng ZnCl₂ đưa vào mẫu cũng phải phù hợp, ít (mẫu M₁₂) có thể không đủ hoạt hóa bề mặt hay nhiều (mẫu M₂₁) có thể làm

giảm diện tích bề mặt nên khả năng hấp phụ MB giảm. Từ kết quả trên, chọn mẫu M_{11} cho các nghiên cứu tiếp theo (Các mẫu TBĐ được nhắc đến trong các mục tiếp theo là mẫu M_{11}).

3.3. Khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ MB của TBĐ

3.3.1. Ảnh hưởng của pH

Kết quả được chỉ ra ở hình 3:



Hình 3. Ảnh hưởng của pH đến dung lượng hấp phụ MB

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, trong miền pH khảo sát, dung lượng hấp phụ (q) MB của TBĐ tăng dần khi pH tăng. Điều này có thể được giải thích như sau: ở giá trị pH thấp (nồng độ ion H^+ cao) thì xảy ra sự hấp phụ cạnh tranh giữa ion H^+ và cation MB^+ , do đó làm giảm dung lượng hấp phụ của TBĐ. Với giá trị pH ~ 8 thì bề mặt vật liệu tích điện âm (do các giá trị pH này lớn hơn điểm đẳng điện của TBĐ) tạo điều kiện thuận lợi cho sự hấp phụ cation MB^+ . Vì vậy, với các kết quả thu được, nhận thấy giá trị pH tối ưu cho quá trình hấp phụ MB của TBĐ là khoảng 8. Kết quả thu được này cũng trùng hợp với nhiều kết quả nghiên cứu hấp phụ MB trên các vật liệu khác nhau [1],[2],[5].

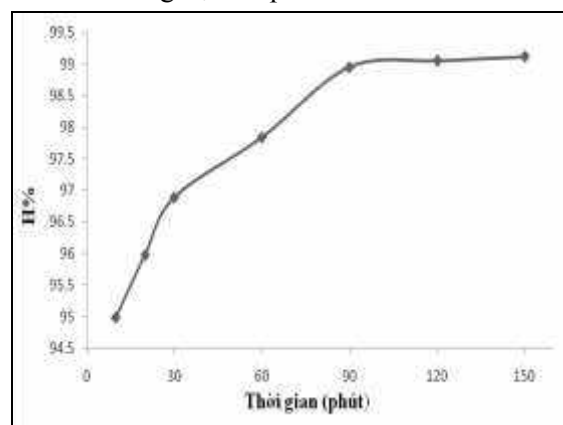
Các kết quả nghiên cứu trên cho phép nhận định rằng, sự hấp phụ MB trên TBĐ là sự hấp phụ tĩnh điện giữa cation (metylen xanh) trên bề mặt TBĐ tích điện âm.

3.3.2. Ảnh hưởng của thời gian

Kết quả được trình bày ở hình 4.

Kết quả hình 4 cho thấy: Khi thời gian hấp phụ tăng thì hiệu suất hấp phụ tăng. Trong khoảng thời gian từ 10 ÷ 90 phút hiệu suất

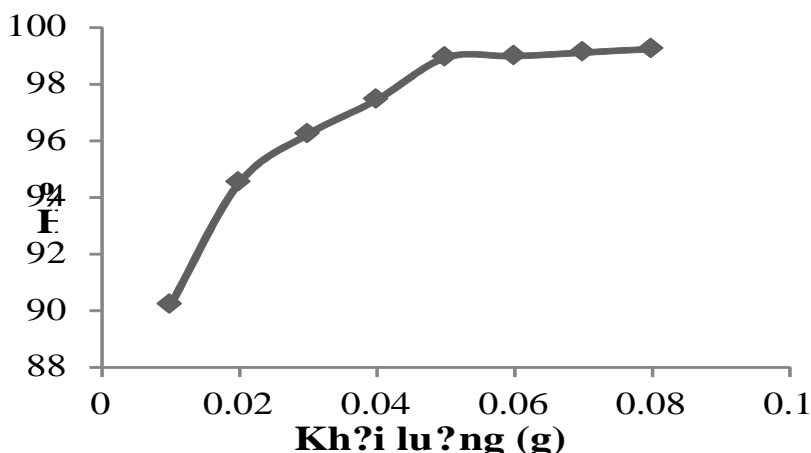
hấp phụ tăng tương đối nhanh và dần ổn định trong khoảng thời gian từ 90÷150 phút. Hiệu suất hấp phụ phụ thuộc vào thời gian tiếp xúc, thời gian tiếp xúc càng nhiều thì hiệu suất hấp phụ càng cao, đến một thời điểm nhất định, hiệu suất hấp phụ không tăng do quá trình hấp phụ đã đạt cân bằng (trong trường hợp này là 90 phút). Do vậy, chọn thời gian đạt cân bằng hấp phụ là 90 phút và sử dụng kết quả này cho các thí nghiệm tiếp theo.



Hình 4. Ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất hấp phụ MB

3.3.3. Ảnh hưởng của khối lượng

Kết quả được trình bày ở hình 5.



Hình 5. Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của khối lượng TBD đến hiệu suất hấp phụ MB

Bảng 2. Sự phụ thuộc dung lượng và hiệu suất hấp phụ MB của TBD vào nhiệt độ

| T(K) | C_o (mg/L) | C_{cb} (mg/L) | q (mg/g) | H (%) |
|------|--------------|-----------------|----------|-------|
| 298 | | 3,29 | 100,38 | 98,39 |
| 313 | 204,05 | 4,20 | 99,93 | 97,94 |
| 323 | | 5,86 | 99,10 | 97,13 |

Bảng 3. Các thông số nhiệt động đối với quá trình hấp phụ MB của TBD

| C_o (mg/L) | $1/T(K^{-1})$ | $\ln K_D$ | ΔG° (kJ/mol) | ΔH° (kJ/mol) | ΔS° (kJ/mol.K) |
|--------------|---------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | 0,0034 | 3,42 | -8,47 | | |
| 204,05 | 0,0032 | 3,17 | -8,25 | -18,3 | -0,03 |
| | 0,0031 | 2,83 | -7,59 | | |

Từ kết quả thu được ta thấy: Khi tăng khối lượng chất hấp phụ (TBD) thì hiệu suất hấp phụ tăng. Trong khoảng khối lượng TBD từ 0,01 ÷ 0,05 g, hiệu suất hấp phụ tăng nhanh. Trong khoảng khối lượng TBD từ 0,05 ÷ 0,08 g, hiệu suất hấp phụ tăng lên không nhiều (từ 98,94 – 99,24%). Điều này có thể lí giải là do sự tăng lên của diện tích bề mặt, sự tăng lên số vị trí các tâm hấp phụ của TBD và do sự cân bằng nồng độ MB trong dung dịch và trên bề mặt chất rắn. Vì vậy, chọn khối lượng TBD là 0,05 gam cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến dung lượng và hiệu suất hấp phụ MB của TBD được trình bày ở bảng 2.

Kết quả bảng 2 cho thấy trong khoảng nhiệt độ khảo sát từ 298 đến 323K khi nhiệt độ tăng thì dung lượng và hiệu suất hấp phụ MB của

TBD đều giảm. Điều này được giải thích như sau: Do hấp phụ là quá trình tỏa nhiệt nên khi tăng nhiệt độ cân bằng hấp phụ chuyển dịch theo chiều nghịch tức là làm tăng nồng độ chất bị hấp phụ trong dung dịch dẫn đến làm giảm hiệu suất và dung lượng hấp phụ của quá trình hấp phụ. Từ các kết quả thu được dựa vào các phương trình của nhiệt động lực học tính được các thông số nhiệt động. Kết quả được chỉ ra trong bảng 3.

Kết quả bảng 3 cho thấy: Giá trị năng lượng tự do (ΔG°) thu được có giá trị âm chứng tỏ quá trình hấp phụ MB của TBD là quá trình tự xảy ra; giá trị biến thiên năng lượng entanpi (ΔH°) có giá trị âm cho thấy quá trình hấp phụ là quá trình tỏa nhiệt.

3.3.5. Ảnh hưởng của nồng độ MB ban đầu và xác định dung lượng hấp phụ cực đại

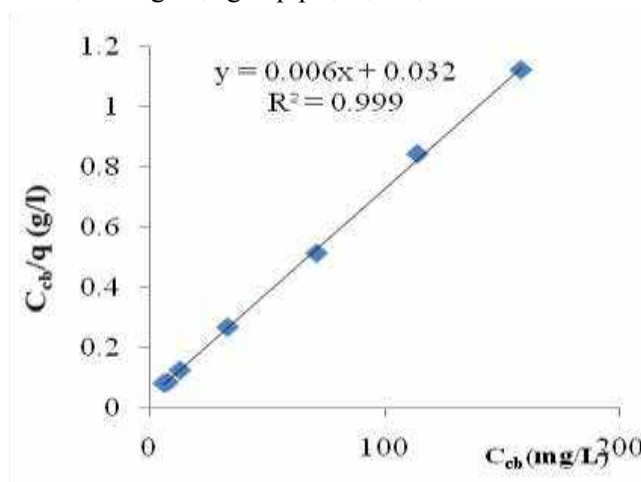
Kết quả được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nồng độ MB ban đầu đến khả năng hấp phụ của TBD

| C_0 (mg/L) | C_{cb} (mg/L) | q (mg/g) | H% | C_{cb}/q (g/L) |
|--------------|-----------------|------------|-------|------------------|
| 157,45 | 6,22 | 75,62 | 96,05 | 0,080 |
| 195,67 | 7,79 | 93,94 | 96,01 | 0,083 |
| 224,42 | 13,08 | 105,67 | 94,17 | 0,124 |
| 283,52 | 33,23 | 125,15 | 88,28 | 0,266 |
| 348,84 | 71,11 | 138,87 | 79,62 | 0,512 |
| 439,62 | 157,88 | 140,87 | 64,09 | 1,121 |

Các kết quả thực nghiệm ở bảng 4 đã chứng tỏ hiệu suất hấp phụ giảm, dung lượng hấp phụ của TBD tăng khi nồng độ đầu của MB tăng. Điều này là hoàn toàn phù hợp với quy luật.

Cũng từ các kết quả thực nghiệm này, dựa vào phương trình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir dạng tuyến tính (hình 6) tính được dung lượng hấp phụ cực đại của TBD đối với MB là 166,67 mg/g.

**Hình 6.** Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir dạng tuyến tính của TBD đối với MB**Bảng 5.** So sánh dung lượng hấp phụ MB của TBD với một số than khác

| STT | Nguyên liệu đầu chế tạo than | q_{max} (mg/g) | Tài liệu tham khảo |
|-----|------------------------------|------------------|--------------------|
| 1 | Lignin - chitosan | 36,25 | [1] |
| 2 | Cây cam thảo | 82,9 | [3] |
| 3 | Than thương mại | 199,9 | [2] |
| 4 | Hạt quả mơ | 36,68 | [2] |
| 5 | Bã đậu nành | 166,67 | Bài báo này |

Dung lượng hấp phụ MB của TBD chế tạo được cao hơn so với một số than hoạt tính chế tạo từ các nguồn khác, nhưng thấp hơn so với than thương mại. Kết quả này cũng cho thấy khả năng hấp phụ MB của các loại than hoạt tính phụ thuộc vào bản chất nguyên liệu đầu chế tạo than. Kết quả cụ thể được trình bày ở bảng 5.

4. Kết luận

Đã chế tạo được than từ bã đậu nành và xác định được một số đặc trưng của nguyên liệu ban đầu và của TBD chế tạo được như: ảnh hưởng vi điện tử quét, diện tích bề mặt riêng;

điểm đẳng điện của TBD. Bước đầu khảo sát khả năng hấp phụ MB của các mẫu TBD chế tạo được, kết quả nghiên cứu cho thấy mẫu có tỉ lệ khối lượng bã đậu và thể tích dung dịch kẽm clorua 95% là 1:1 cho khả năng hấp phụ MB cao nhất.

Sự hấp phụ MB của TBD đã được nghiên cứu dưới các điều kiện thí nghiệm khác nhau. Kết quả thu được:

- pH tốt nhất cho sự hấp phụ của TBD đối với MB là ở khoảng pH ~8;
- Thời gian đạt cân bằng hấp phụ của TBD đối với MB là 90 phút.

- Khối lượng TBĐ cần thiết cho sự hấp phụ MB tốt nhất là 0,05 gam/25 mL dung dịch MB.
- Khi tăng nhiệt độ từ 298÷323K (± 1 K) thì hiệu suất hấp phụ giảm; các tính toán nhiệt động cho thấy quá trình hấp phụ MB trên TBĐ là quá trình tự xảy ra và tỏa nhiệt.
- Theo mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir xác định được dung lượng hấp phụ cực đại của TBĐ đối với MB là 166,67 mg/g.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ahmad B. Albadarin, Maurice N Collins, Mu Naushad, "Activated lignin – chitosan extruded blends for efficient adsorption of methylene blue", *Chemical Engineering Journal*, 307, pp. 264 – 272, 2017.
- [2]. Chahrazed Djilani, Rachida Zaghdoudi, Faycal Djazi, "Adsorption of dyes on activated carbon prepared from apricot stones and commercial activated carbon", *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 53, pp. 112 – 121, 2015.
- [3]. M. Ghaedi, M. Danaei Ghazanfarkhani, S. Khodadoust, "Acceleration of methylene blue adsorption onto activated carbon prepared from dross licorice by ultrasonic: Equilibrium, kinetics and thermodynamic studies", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20, pp. 2548 – 2560, 2014.
- [4]. Qingqing Miao, Yingmao Tang, Jing Xu, Xinpeng Liu, Liren Xiao, Qinghua Chen, "Activated carbon prepared from soybean straw for phenol adsorption", *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 44, pp. 458 – 465, 2013.
- [5]. Jamchaid Rashid, Fakhra Tehreem, Adeela Rehman, Rajeev Kumar, "Synthesis using natural functionalization of activated carbon from pumpkin peels for decolorization of aqueous methylene blue", *Science of the Total Environment*, 67, pp. 369 – 376, 2019.
- [6]. Kien Tiek Wong, Nguk Chin Eu, Shaliza Ibrahim, "Recyclable magnetite loaded palm shell – waste based activated carbon for the effective removal of methylene blue from aqueous solution", *Journal of Cleaner Production*, 115, pp. 337 – 342, 2016.
- [7]. Vũ Lực, Nghiên cứu tận dụng bã thải từ quá trình sản xuất tinh bột sắn và dong riềng để chế tạo than hoạt tính ứng dụng trong xử lý môi trường, *Luận văn Thạc sĩ chuyên ngành khoa học môi trường*, trường Đại học KHTN – ĐHQG Hà Nội, 2012.