

KHẢ NĂNG HẤP PHỤ METHYL DA CAM CỦA THAN SINH HỌC TỪ LỤC BÌNH (*Eichhornia crassipes*)

Đỗ Thị Mỹ Phượng¹, Phan Thị Thanh Tuyên¹, Nguyễn Thị Thiên Trúc¹,
Nguyễn Đạt Phương¹, Phạm Ngọc Thoa¹, Nguyễn Hữu Chiếm¹, Nguyễn Xuân Lộc¹

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá khả năng hấp phụ thuốc nhuộm methyl da cam (MO) trong dung dịch nước bằng than sinh học được sản xuất từ lục bình. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ MO bao gồm pH, khối lượng than sinh học, nồng độ thuốc nhuộm ban đầu, thời gian tiếp xúc và kích thước than sinh học được xác định. Hai mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir và Freundlich được sử dụng để phân tích dữ liệu hấp phụ cân bằng. Hai mô hình động học biểu kiến bậc một và bậc hai đã được sử dụng trong nghiên cứu động học hấp phụ. Khả năng loại bỏ tối ưu thuốc nhuộm MO bằng than sinh học (khoảng 15 mg/g) thu được ở pH 2,0; 0,02 g than sinh học và trạng thái cân bằng đạt được sau 120 phút tiếp xúc. Hệ số tương quan của mô hình động học biểu kiến bậc hai lớn hơn so với của mô hình bậc nhất, chứng tỏ quá trình hấp phụ MO phù hợp với mô hình động học biểu kiến bậc hai. Mô hình đẳng nhiệt Langmuir cho thấy sự phù hợp tốt hơn so với mô hình Freundlich do hệ số tương quan lớn hơn. Tóm lại, than sinh học lục bình có thể được sử dụng làm chất hấp phụ hiệu quả, chi phí thấp và thân thiện với môi trường cho thuốc nhuộm MO trong dung dịch.

Từ khóa: Than sinh học lục bình, hấp phụ, methyl da cam, thuốc nhuộm.

1. MỞ ĐẦU

Chất lượng nước đang bị tác động mạnh mẽ do sự phát triển kinh tế không bền vững, đặc biệt do các chất độc hại do nền công nghiệp cao su, hóa chất, công nghiệp thực phẩm, thuốc bảo vệ thực vật, y dược, luyện kim, xi ma, giấy, đặc biệt là ngành dệt nhuộm tạo ra. Trong số các chất ô nhiễm có trong nước thải dệt nhuộm, thuốc nhuộm là thành phần khó xử lý nhất, đặc biệt là thuốc nhuộm azo không tan – loại thuốc nhuộm được sử dụng phổ biến nhất hiện nay. Trong đó, Methyl da cam (Methyl Orange hay MO), là một trong những loại thuốc nhuộm thuốc nhuộm azo có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường khá cao. Thực tế đã có nhiều công trình nghiên cứu các phương pháp để xử lý thuốc nhuộm MO trong nước thải như phương pháp hấp phụ, phương pháp trao đổi ion, phương pháp keo tụ... Trong các phương pháp đó, phương pháp hấp phụ tỏ ra có nhiều ưu việt bởi tính kinh tế, tính hiệu quả, thao tác đơn giản và dễ thực hiện.

Than sinh học (biochar) là vật rắn giàu carbon (C) thu được từ việc nhiệt phân sinh khối hay các

chất hữu cơ trong môi trường rất ít hoặc không có không khí, có chứa nhiều loại nhóm chức hoá học trên bề mặt [1]. Sản phẩm cuối cùng của quá trình nhiệt phân là tạo ra các lỗ rỗng trên bề mặt than giúp cho tiến trình giữ nước và chất dinh dưỡng, cũng như quá trình hấp phụ các chất ô nhiễm trong nước và đất [1]. Than sinh học lục bình đã được nghiên cứu để loại bỏ Cd^{2+} và Pb^{2+} [2], loại bỏ Caffeine và Ciprofloxacin trong dung dịch [3] bên cạnh việc sử dụng than sinh học phân gà [4], mật cưa [5], hay vỏ bưởi [6] để loại bỏ thuốc nhuộm MO trong dung dịch. Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có nghiên cứu về khả năng loại bỏ thuốc nhuộm MO bằng than sinh học điều chế từ lục bình. Do đó, trong nghiên cứu này, than sinh học (biochar) điều chế từ lục bình (*Eichhornia crassipes*) được sử dụng để hấp phụ thuốc nhuộm MO trong dung dịch.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu, hóa chất và tính toán khả năng hấp phụ MO

2.1.1 Vật liệu

Lục bình được thu thập tại kênh rạch ở phường 8, thành phố Vinh Long, tỉnh Vĩnh Long. Thân của lục bình được rửa sạch bằng nước máy và nước cất nhiều lần để loại bỏ bụi bẩn và tạp chất, đem phơi khô dưới ánh sáng mặt trời cho đến khi độ ẩm còn

¹ Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

Email: nxloc@ctu.edu.vn

lại đạt khoảng 17%. Cát ngán, nghiền thành bột. Sau đó ép lực bình thành viên và sấy trong 24 giờ ở nhiệt độ 105°C. Tiếp theo, cho vào bình hút ẩm và nung ở nhiệt độ 700°C lưu trong 2 giờ.

2.1.2. Hóa chất

Chuẩn bị dung dịch Methyl da cam (MO): 100 ml dung dịch MO chuẩn có nồng độ 1000 mg/l được chuẩn bị như sau: Cân 0,1 g MO dạng bột, chính xác đến mg, cho vào bình định mức 100 ml, sau đó thêm nước cất đến vạch mức, đậy nút, lắc đều. Từ dung dịch MO nồng độ chuẩn 1000 mg/L, tiến hành pha loãng thành dung dịch MO có nồng độ mong muốn trong các thí nghiệm.

2.1.3. Bố trí thí nghiệm

Xác định pH tại điểm điện tích bằng không (pH_{pzc}): Điểm điện tích không (PZC) được xác định bằng máy đo pH cầm tay (hãng TOA-DKK HM-31P, Nhật Bản), theo phương pháp đo thế điện cực thủy tinh. Thí nghiệm xác định sơ bộ điểm điện tích không trong dung dịch muối NaCl: Lấy 50 mL dung dịch NaCl 0,1M đã pha vào 10 cốc, điều chỉnh giá trị pH bằng dung dịch HCl 0,1M hoặc dung dịch NaOH 0,1M để được các giá trị pH: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 và 11. Đồ các dung dịch đã chuẩn pH, ở trên vào các ống ly tâm đã chứa chất hấp phụ là than lục bình (0,5 g than lục bình), đậy kín, cho lên máy lắc trong 24 giờ với tốc độ 120 vòng/phút. Để lắng, lọc sạch huyền phù bằng giấy lọc, đo lại các giá trị pH gọi là pH_f . Xác định được: $\Delta pH = pH_i - pH_f$.

Thí nghiệm 1: Xác định ảnh hưởng của pH

Từ dung dịch chuẩn MO 1000 mg/L tiến hành pha loãng thành dung dịch MO nồng độ 50 mg/L. Sau đó, sử dụng NaOH 1M và HCl 1M để thay đổi pH dung dịch từ 2 đến 10. Cân 0,02 g than lục bình cho vào từng ống ly tâm. Tiếp theo, đong 50 ml dung dịch MO 50 mg/L đã chuẩn pH vào ống ly tâm. Sau đó đem đi lắc với tốc độ 190 vòng/phút. Sau 120 phút hấp phụ, thu mẫu nước bằng cách lọc hỗn hợp qua giấy lọc và tiến hành xác định nồng độ MO còn lại.

Thí nghiệm 2: *Xác định ảnh hưởng của thời gian hấp phụ*

Thí nghiệm được bố trí ở các thời gian hấp phụ khác nhau (1, 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 480, 720 phút). Cân chính xác 0,02 g than lục bình cho vào ống ly tâm có chứa 50 mL dung dịch MO nồng độ 50 mg/L (trong điều kiện pH đã chọn ở TN1). Tiếp

theo, lắc đều hỗn hợp và thực hiện qua trình hấp phụ trong điều kiện nhiệt độ phòng; sau khoảng thời gian hấp phụ mong muốn, thu mẫu nước bằng cách lọc hỗn hợp qua giấy lọc và tiến hành xác định nồng độ MO còn lại.

Thí nghiệm 3: *Xác định ảnh hưởng của khối lượng than lục bình*

Tiến hành cân các khối lượng than lục bình là 0,01 g, 0,02 g, 0,03 g, 0,04 g, 0,05 g, 0,1 cho vào ống ly tâm. Tiếp theo, đong 50 ml dung dịch MO nồng độ 50 mg/L (trong điều kiện pH đã chọn ở TN1) và cho vào ống ly tâm. Sau đó đem đi lắc với tốc độ 190 vòng/phút. Sau thời gian hấp phụ đã chọn ở TN2, thu mẫu nước bằng cách lọc hỗn hợp qua giấy lọc và tiến hành xác định nồng độ MO còn lại.

Thí nghiệm 4: *Xác định ảnh hưởng của nồng độ MO*

Từ dung dịch chuẩn MO 1000 mg/L, tiến hành pha loãng để được các dung dịch MO có nồng độ lần lượt là 10 mg/L, 30 mg/L, 50 mg/L, 80 mg/L và 100 mg/L, 120 mg/L, 150 mg/L, 180 mg/L, 200 mg/L (trong điều kiện pH đã chọn ở TN1). Tiến hành cân than lục bình (với giá trị đã được xác định ở TN4) cho vào ống ly tâm 50 mL. Tiếp theo, đong 50 mL dung dịch đã chuẩn pH cho vào ống ly tâm). Sau thời gian hấp phụ đã chọn ở TN2, thu mẫu nước bằng cách lọc hỗn hợp qua giấy lọc và tiến hành xác định nồng độ MO còn lại.

Các nghiệm thức được thực hiện với 3 lần lặp lại ở các điều kiện thí nghiệm giống nhau.

2.1.4. Tính toán khả năng hấp phụ MO

Dung lượng hấp phụ MO: Khả năng hấp phụ của than sinh học lục bình được đánh giá qua sự hấp phụ ion MO từ dung dịch nước. Cho 0,02 g than vào cốc chứa 50 mL dung dịch MO (C_0 , mg/L) ở nhiệt độ phòng (30°C), khuấy đều ở tốc độ 190 vòng/phút. Theo thời gian trích mẫu, ly tâm, lọc lấy dung dịch và xác định nồng độ MO bằng phương pháp so màu (máy HITACHI U-2900).

Dung lượng hấp phụ MO (mgMO/g) được xác định theo công thức:

$$Q = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m}$$

Trong đó: Q: Dung lượng hấp phụ (mg/g); V: Thể tích dung dịch phản ứng (mL); m: Khối lượng vật liệu hấp phụ sử dụng (mg); C_0 : Nồng độ chất bị

hấp phụ trong dung dịch ban đầu (mg/L); C_e : Nồng độ chất bị hấp phụ trong dung dịch cân bằng (mg/L).

Hiệu suất hấp phụ của vật liệu: Hiệu suất hấp phụ là tỷ số giữa nồng độ dung dịch bị hấp phụ và nồng độ dung dịch ban đầu được tính theo công thức:

$$H = \frac{(C_0 - C_e) \cdot 100}{C_0}$$

Trong đó: H: Hiệu suất hấp phụ (%); C_0 : Nồng độ chất bị hấp phụ trong dung dịch ban đầu (mg/L); C_e : Nồng độ chất bị hấp phụ trong dung dịch cân bằng (mg/L).

2.2. Xử lý số liệu

Tất cả các số liệu được ghi nhận và tính toán giá trị trung bình và sai số chuẩn bằng phần mềm Microsoft Excel 2013. Các thông số trong mô hình phi tuyến biểu kiến, động lực hấp phụ được xác định bằng phần mềm R 4.0. Phần mềm SPSS được sử dụng để phân tích phương sai ANOVA, kiểm định DUNCAN để so sánh các giá trị trung bình ở độ tin cậy 95% giữa các nghiệm thức. Số liệu được kiểm tra phân phối chuẩn và đồng nhất phương sai trước khi phân tích ANOVA.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số đặc trưng hóa lý của than sinh học lục bình

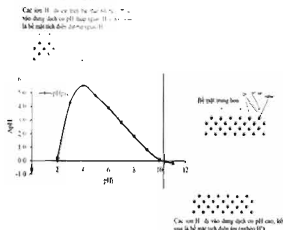
Đặc tính hóa lý của than sinh học lục bình sản xuất ở 700°C có ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ bao gồm diện tích bề mặt riêng, độ xốp, điện tích bề mặt, độ phân cực, thành phần nguyên tố và các nhóm chức đã được nghiên cứu [7].

3.2. pH_{pzc}

pH_{pzc} tại điểm điện tích bằng không đối với một bề mặt khoáng vật là pH tại đó bề mặt nói trên có điện tích trung hòa toàn phần. Hình 1 cho thấy pH_{pzc} của than sinh học lục bình xác định trong khoảng 10,1 - 10,2.

Theo lý thuyết, khi pH của dung dịch thấp hơn pH_{pzc} , than sinh học sẽ hấp phụ tốt các ion mang điện tích âm như Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} ... Ngược lại, khi pH của dung dịch cao hơn pH_{pzc} , than sinh học sẽ hấp phụ tốt các ion mang điện tích dương như Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ ...[8]. Trong nghiên cứu này, do ion MO trong thí nghiệm mang điện tích âm, nên than

sinh học lục bình sẽ hấp phụ tốt khi pH của dung dịch nhỏ hơn pH_{pzc} , tức là $pH < 10$.



Hình 1. pH_{pzc} của than lục bình

3.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ thuốc nhuộm MO

3.3.1. Ảnh hưởng của pH

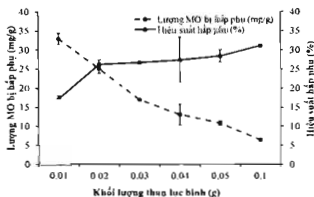
Kết quả khảo sát điểm điện tích không của than sinh học lục bình từ 10,1 - 10,2; do đó, nghiên cứu tiến hành đánh giá ảnh hưởng của pH trong khoảng từ 2 đến 10. Trong khoảng pH= 2 - 10, dung lượng hấp phụ cân bằng và hiệu suất hấp phụ giảm khi pH tăng. Ở pH= 2 có $Q = 15,30$ mg/g, khi tăng lên pH= 10 thì $Q = 2,04$ mg/g đối với thuốc nhuộm MO. Như vậy, khi pH thấp thuốc nhuộm có các nhóm điện tích âm nên dung lượng hấp phụ cao, vì lực hút điện trái dấu với than sinh học lục bình. Khi pH tăng, nồng độ OH^- tăng do đó bề mặt than sinh học lục bình có chứa nhiều nhóm chức tích điện cùng dấu với thuốc nhuộm dẫn đến tác dụng đẩy, nên dung lượng hấp phụ giảm. Kết quả này phù hợp với thí nghiệm Hanoon và Ahmed (2019) khi sử dụng than sinh học có nguồn gốc từ hạt cưa, tăng độ pH trên pH = 2 dẫn đến dung lượng hấp phụ MO giảm [5].

Từ kết quả kiểm định sự khác biệt giữa các nghiệm thức đã chỉ ra rằng khoảng pH= 2 là điều kiện pH tốt nhất cho quá trình hấp phụ MO của than lục bình. Lựa chọn giá trị pH= 2 để thực hiện các thí nghiệm tiếp theo.

3.3.2. Ảnh hưởng của lượng than lục bình hấp phụ

Kết quả khảo sát liều than hấp phụ dao động từ 0,01 - 0,1 g/50ml được thể hiện trên hình 2. Khi tăng liều hấp phụ từ 0,01- 0,1g/50ml thì hiệu suất hấp phụ thuốc nhuộm MO tăng từ 17,24 - 31,22%. Tuy nhiên, dung lượng hấp phụ giảm dần từ 32,95 mg/g

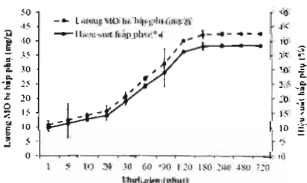
xuống còn 6,53 mg/g khi tăng liều hấp phụ từ 0,01g/50mL lên 0,1g/50mL. Có thể giải thích như sau, khi lượng chất hấp phụ tăng thì số tâm hấp phụ tăng, tức là hiệu suất hấp phụ tăng. Đồng thời, sự tương tác giữa các hạt than cũng tăng lên khi lượng than tăng. Điều này dẫn đến sự tích tụ của các hạt ở các vị trí tâm hấp phụ. Sự tích tụ như vậy có thể dẫn đến sự giảm tổng diện tích bề mặt trên sinh học có sẵn cho thuốc nhuộm. Kết quả là, lượng thuốc nhuộm (mg) được hấp thụ trên mỗi gam than sinh học giảm khi tăng liều lượng than sinh học.



Hình 2. Dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ MO vào khối lượng than lục bình

Tuy nhiên, khi lượng chất hấp phụ tăng tới ngưỡng nào đó thì số tâm hấp phụ trở nên dư với chất bị hấp phụ, nên khi tiếp tục tăng liều hấp phụ thì mức độ hấp phụ không thay đổi. Kết quả thống kê cho thấy ở liều 0,02 g/50mL hiệu suất hấp phụ MO đạt được gần 30% và khác biệt không có ý nghĩa so với các liều tăng từ 0,03 – 0,1 g/50 mL; do đó, liều than sinh học được chọn cho các thí nghiệm tiếp theo là 0,02 g/50 mL.

3.3.3. Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc



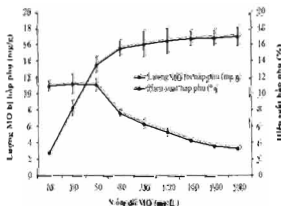
Hình 3. Dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ MO theo thời gian của than lục bình

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến dung lượng hấp phụ thuốc nhuộm MO được thể hiện trên hình 3. Kết quả cho thấy thời gian

tiếp xúc càng lâu thì dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ MO của than lục bình càng cao. Khi tăng thời gian tiếp xúc từ 1 phút lên 120 phút thì dung lượng hấp phụ MO của than lục bình tăng nhanh từ 10,73 mg/g lên 42 mg/g và hiệu suất hấp phụ tăng từ 9,69% lên 36,22%. Từ 120 phút trở đi thì dung lượng MO bị hấp phụ và hiệu suất hấp phụ tăng chậm dần và không có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Khả năng hấp phụ MO tăng nhanh trong 120 phút đầu tiếp xúc là do tâm hấp phụ nhiều. Ở giai đoạn đầu, quá trình khuếch tán của MO tới bề mặt lớn, không có sự cản trở cùng với đó là trong khoảng thời gian đầu số lượng tâm hấp phụ trống còn nhiều và hàm lượng MO trên than lục bình nhỏ hơn nhiều so với hàm lượng MO trong dung dịch. Khi thời gian tăng lên, quá trình khuếch tán của MO giảm do tâm hấp phụ trống giảm, trong khi đó, quá trình giải hấp phụ tăng lên do hàm lượng MO trên than lục bình lớn hơn hàm lượng MO trong dung dịch. Vì vậy, khi đạt đến trạng thái cân bằng, tốc độ hấp phụ giảm. Sự hấp phụ MO được tìm thấy tăng lên khi tăng thời gian tiếp xúc và sau khi đạt đến thời gian cân bằng sự hấp phụ vẫn tiếp tục tăng nhưng khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Ở nghiệm thứ 120 phút là giai đoạn trạng thái cân bằng của quá trình hấp phụ, khả năng hấp phụ than sinh học đã gần bão hòa và lượng hấp phụ tăng suy yếu theo thời gian. Vì vậy, 120 phút được chọn là thời gian hấp phụ cho thí nghiệm tiếp theo.

3.3.4. Ảnh hưởng của nồng độ MO ban đầu



Hình 4. Dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ MO ở các nồng độ MO khác nhau của than lục bình

Nồng độ đầu vào của chất ô nhiễm có ảnh hưởng mạnh lên khả năng hấp phụ của than sinh học [5]. Hình 4 cho thấy, nồng độ MO ban đầu càng cao thì dung lượng hấp phụ MO càng tăng, ngược lại hiệu suất hấp phụ MO càng giảm. Khi nồng độ MO tăng

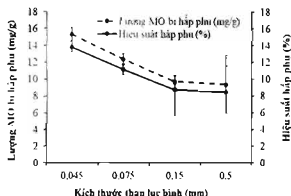
từ 10 mg/L đến 200 mg/L thì lượng hấp phụ tăng từ 2,82 mg/g đến 17,17 mg/g nhưng hiệu suất hấp phụ giảm từ 11,0% xuống 3,41%. Đối với các nghiệm thức có nồng độ lớn hơn 50 mg/L lượng MO bị hấp phụ cũng tăng nhưng không đáng kể và hiệu suất hấp phụ giảm đáng kể đối với các nghiệm thức còn lại.

Với sự gia tăng nồng độ MO ban đầu từ 10 đến 50 mg/L, lượng thuốc nhuộm được hấp phụ trên mỗi đơn vị khối lượng của than sinh học tăng nhanh, do số lượng lớn các vị trí tâm hấp phụ trống trên bề mặt than sinh học tạo cơ hội hấp phụ thuốc nhuộm nhiều hơn. Khi nồng độ MO trong dung dịch tăng từ 80 đến 200 mg/L, các vị trí tâm hấp phụ có sẵn trong than sinh học trở nên bão hòa nhanh hơn, do đó làm giảm hiệu quả khả năng hấp phụ thuốc nhuộm của than sinh học. Vì vậy, 50 mg/L được chọn là nồng độ MO ban đầu cho thí nghiệm tiếp theo.

3.3.5. Ảnh hưởng của kích thước than sinh học lục bình

Kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của kích thước than lục bình được trình bày ở hình 5, với cỡ hạt càng nhỏ thì dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ MO càng tăng. Trong đó, than lục bình được nghiên cứu 0,045 mm có khả năng hấp phụ MO cao nhất với dung lượng hấp phụ khoảng 15,35 mg/g và hiệu suất hấp phụ khoảng 13,83%. Đối với kích thước than lục bình lớn nhất 0,5 mm thì khả năng hấp phụ MO đạt thấp nhất khoảng 9,38 mg/g và hiệu suất hấp phụ cũng đạt kết quả thấp nhất 8,45%. Than lục bình được nghiên cứu càng mịn thì cho khả năng hấp

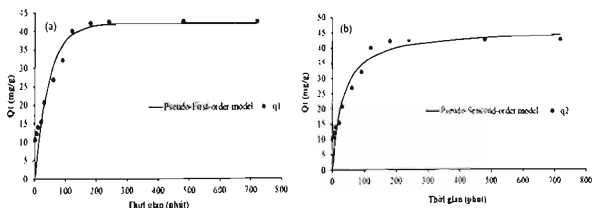
phụ MO càng cao, điều này xảy ra là do tổng diện tích bề mặt hấp phụ lớn hơn và số lượng các lỗ rỗng hấp phụ cao [6, 9].



Hình 5. Dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ MO ở các kích thước khác nhau của than lục bình

3.4. Mô hình động học của quá trình hấp phụ MO

Nghiên cứu động học hấp phụ là một trong những thông số quan trọng vì nó giúp hiểu hơn về hướng phản ứng và cơ chế của quá trình hấp phụ. Trong nghiên cứu này, động học hấp phụ của các ion MO lên trên than lục bình được nghiên cứu bằng cách sử dụng mô hình biểu kiến bậc một và mô hình biểu kiến bậc hai. Mô hình giả kiến bậc một biểu định rằng tốc độ phù hợp giảm tuyến tính với sự gia tăng khả năng hấp phụ. Mô hình động học biểu kiến bậc hai giả định rằng bước giới hạn tốc độ là sự tương tác giữa hai chất thuộc thứ và nó thường được sử dụng mô tả sự hấp phụ hóa học.



Hình 6. (a) Đồ thị động học hấp phụ biểu kiến bậc một của MO trên than lục bình, (b) Đồ thị động học hấp phụ biểu kiến bậc hai của MO trên than lục bình

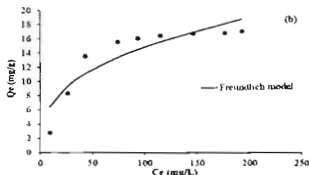
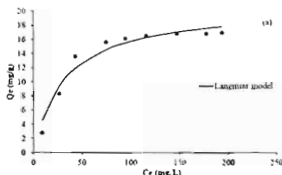
Bảng 1. Các thông số động học quá trình hấp phụ thuốc nhuộm MO 50mg/L của than lục bình

Q _e thực nghiệm (mg/g)	Động học biểu kiến bậc một			Động học biểu kiến bậc hai		
	K ₁ (phút ⁻¹)	Q _e tính (mg/g)	R ²	K ₂ (g/mg.phút)	Q _e tính (mg/g)	R ²
42,70	0,02	42,01	0,88	0,0007	46,06	0,91

Qua hình 6 và bảng 1 cho thấy MO tương tác với bề mặt ngoài cùng của các lớp than sinh học lục bình biến đổi, mô hình động học biểu kiến bậc hai có giá trị R^2 (0,91) cao và giá trị thử nghiệm Q_e khá gần với giá trị thực nghiệm q_2 (Hình 6b). Mô hình động học biểu kiến bậc một có giá trị R^2 (0,88) thấp hơn, chứng tỏ mô hình này không phù hợp với quá trình hấp phụ

MO bằng than lục bình. Mô hình động học biểu kiến bậc hai phù hợp với quá trình hấp phụ MO lên than lục bình, chứng tỏ có sự hấp phụ hóa học với ái lực hấp phụ lớn xảy ra trong quá trình [10, 11].

3.5. Đẳng nhiệt hấp phụ thuộc nhuộm của than sinh học



Hình 7. (a) Đồ thị đẳng nhiệt Langmuir hấp phụ MO trên than lục bình, (b) Đồ thị đẳng nhiệt Freundlich hấp phụ MO trên than lục bình

Bảng 2. Các giá trị tham số của phương trình đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich

Mô hình	Các thông số	
Langmuir	R^2	0,96
	Q_{max} (mg/g)	20,89
	K_L (L/mg)	0,03
Freundlich	R^2	0,84
	K_F (mg/g) (L/mg)	2,96
	n	2,84

Theo bảng 2, mô hình Langmuir có hệ số tương quan R^2 khá cao (0,96) lớn hơn so với hệ số tương quan R^2 (0,84) của mô hình Freundlich. Điều này chứng tỏ thí nghiệm phù hợp với mô hình Langmuir. Nói cách khác, có sự hấp phụ MO đơn lớp xảy ra trên bề mặt than lục bình và năng lượng hấp phụ cho tất cả các vị trí trên bề mặt than lục bình là bằng nhau. Các nhà nghiên cứu khác đã tìm thấy sự phù hợp của Langmuir đối với hấp phụ MO trên các chất hấp phụ khác nhau [10, 12].

4. KẾT LUẬN

Các yếu tố pH, khối lượng than lục bình, thời gian tiếp xúc, nồng độ MO ban đầu có ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ MO của than sinh học lục bình. Trong đó vật liệu hấp phụ tốt ở pH= 2 có dung lượng hấp phụ 15,30 mg/g với hiệu suất đạt 12,34%. Khả năng hấp phụ dung dịch MO bằng than sinh học lục bình tăng theo thời gian và đạt hiệu suất hấp phụ tốt nhất sau 120 phút với dung lượng hấp phụ 40,06 mg/g và hiệu suất 36,22%. Ngoài ra khối lượng của

vật liệu hấp phụ càng tăng thì hiệu quả hấp phụ càng cao. Trong đó, nghiệm thử 0,02 g đạt hiệu quả gần như tối ưu với hiệu suất 26,30%. Nồng độ dung dịch MO càng cao thì hiệu suất hấp phụ càng giảm và nồng độ MO hấp phụ tốt nhất ở nghiệm thử 50 mg/L với hiệu suất 11,19%. Kích thước than lục bình càng nhỏ thì khả năng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ MO càng cao. Quá trình hấp phụ dung dịch MO phù hợp với mô hình động học giả kiến bậc hai và mô hình đẳng nhiệt Langmuir.

LỜI CẢM ƠN

Đề tài này được tài trợ bởi Dự án Nàng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ Chính phủ Nhật Bản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Lehmann, J. and S. Joseph (2015). *Biochar for environmental management: an introduction, in Biochar for environmental management: Science and technology*, J. Lehmann and S. Joseph, Editors, 2015. p. 1-12.
- Ding, Y., et al. (2016). *Competitive removal of Cd (II) and Pb (II) by biochars produced from water hyacinths: performance and mechanism*. RSC advances, 2016. 6(7): p. 5223-5232.
- Ngeno, E. C., et al. (2016). *Adsorption of caffeine and ciprofloxacin onto pyrolytically derived water hyacinth biochar: isothermal, kinetic and thermodynamic studies*. J. Chem. Chem. Eng, 2016. 10: p. 185-194.

4. Yu, J., et al. (2018). *Adsorption of methyl orange dye onto biochar adsorbent prepared from chicken manure*. Water Science and Technology, 2018. 77(5): p. 1303-1312.
5. Hanoon, M. A. and M. J. Ahmed (2019). *Adsorption of Methyl Orange from Wastewater by using Biochar*. Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering, 2019. 20(3): p. 23-29.
6. Zhang, B., Y. Wu and L. Cha (2020). *Removal of methyl orange dye using activated biochar derived from pomelo peel wastes: performance, isotherm, and kinetic studies*. Journal of Dispersion Science and Technology, 2020. 41(1): p. 125-136.
7. Nguyen, L. X., Do, P. T. M., Nguyen, C. H., Kose, R., Okayama, T., Pham, T. N., Nguyen, P. N & Miyaniishi, T. (2018). *Properties of Biochars Prepared from Local Biomass in the Mekong Delta, Vietnam*. BioResources, 2018. 4(13): p. 7325-7344.
8. Peiris, C., et al. (2018). *Biochar and biochar composites: low cost adsorbents for environmental remediation*, in *Biochar from Biomass and Waste: Fundamentals and Applications*. Y.S. Ok, et al., Editors. 2018, Elsevier.
9. Wang, L.-L., et al. (2017). *Effects of Three Biochars as Adsorbents on Soils Adsorbing Ammonium Nitrogen in Biogas Slurry*. Journal of Chemistry, 2017.
10. Al-Zoubi, H., et al. (2020). *Comparative Adsorption of Anionic Dyes (Eriochrome Black T and Congo Red) onto Jojoba Residues: Isotherm, Kinetics and Thermodynamic Studies*. Arabian Journal for Science and Engineering, 2020: p. 1-13.
11. Zubair, M., et al. (2020). *Adsorption Behavior and Mechanism of Methylene Blue, Crystal Violet, Eriochrome Black T, and Methyl Orange Dyes onto Biochar-Derived Date Palm Fronds Waste Produced at Different Pyrolysis Conditions*. WATER AIR AND SOIL POLLUTION, 2020. 231(5).
12. Elhadiri, N., M. Benchanaa and R. Chikri (2020). *Adsorption Thermodynamic and Kinetic Studies of Methyl Orange onto Sugar Scum Powder as a Low-Cost Inorganic Adsorbent*. Journal of Chemistry, 2020.

ADSORPTION OF METHYL ORANGE FROM AQUEOUS SOLUTION USING WATER HYACINTH BIOCHARS (*Eichhornia crassipes*)

Do Thi My Phuong, Phan Thi Thanh Tuyen, Nguyen Thi Thien Truc,
Nguyen Dat Phuong, Pham Ngoc Thoa, Nguyen Huu Chiem, Nguyen Xuan Loc

Summary

The present study compared the adsorption capacity of Methyl Orange (MO) dye from aqueous solution onto biochars produced from water hyacinth. The optimal conditions of the variables: pH, adsorbent dosage, initial dye concentration, contact time and adsorbent size were ascertained. Experimental data were applied to the Langmuir and Freundlich sorption isotherms using the non-linear equations form. The optimal removal of MO dye with biochars (around 15 mg/g) was obtained at pH 2.0, 0.02 g adsorbent dosage, and the equilibrium reached after 120 min of contact time. Pseudo second order model best described the kinetics of adsorption process. Equilibrium Langmuir isotherm, which indicated a heterogeneous process, gave a better conformity than the Freundlich model. The water hyacinth biochars, in conclusion, can be used as effective, low-cost and environmentally friendly adsorbents for MO dye.

Keywords: *Water hyacinth biochar, adsorption, methyl orange, dyes.*

Người phản biện: GS.TS. Nguyễn Xuân Cư

Ngày nhận bài: 16/6/2020

Ngày thông qua phản biện: 17/7/2020

Ngày duyệt đăng: 24/7/2020