Open Access Full Text Article

Đặc trưng và khả năng hấp phụ Rhodamine B của than sinh học thủy nhiệt chế tạo từ bã chưng cất tinh dầu sả

Trương Thị Thảo, Nguyễn Thị Hồng Hoa, Diệp Thị Hồng Thắm^{*}

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, bã chưng cất tinh dầu sả đã được than hóa bằng quá trình thủy nhiệt ở 240°C trong 5 h, sau đó hoạt hóa bằng KOH 5 M ở nhiệt độ phòng trong 24 h. Các đặc trưng của vật liệu than sinh học bã sả thủy nhiệt (TSHS) đã được nghiên cứu bằng các phương pháp kính hiển vi điện tử bề mặt kết hợp phổ tán sắc năng lượng tia X (SEM-EDS), hổ hồng ngoại (IR), bề mặt riêng và cấu trúc xốp (BET). Kết quả cho thấy, TSHS có thành phần chính là C (~77%), hàm lượng C tăng lên đáng kể so với mẫu bã sả (~67%); trong TSHS vẫn có mặt các nhóm chức hữu cơ như C=O, O-H, C-O-C v.v. với cấu trúc xốp và bề mặt riêng 18,3 m²/g. Quá trình TSHS hấp phụ RhB đã được nghiên cứu ở các pH khác nhau, thay đổi nồng độ ban đầu của chất hấp phụ và chất bị hấp phụ, nhiệt độ và thời gian khác nhau. Hiệu suất và dung lượng thực nghiệm lớn nhất đạt được khoảng 94%, q_{max} 14,93 mg/g tại hấp phụ 10 mg/L RhB bằng 5 g/l vật liệu ở pH 7. Quá trình hấp phụ là tự phát, thu nhiệt, entro y dương. Cơ chế hấp phụ gồm cả hấp phụ vật lý và hấp phụ hóa học. Các kết quả nghiên cứu cho thấy than sinh học từ bã chưng cất tinh dầu sả là một chất hấp phụ hiệu quả đối với RhB.

Từ khoá: than sinh học thủy nhiệt sả, phương pháp thủy nhiệt, hấp phụ, Rhodamine B

MỞ ĐẦU

Ô nhiễm nguồn nước đang là một vấn đề nghiêm trọng hiện nay. Nguyên nhân chính gây ô nhiễm nguồn nước thường bắt nguồn từ sự thải ra các chất độc hại mà phần lớn do sản xuất công nghiệp như công nghiệp thực phẩm, công nghiệp hóa chất, dệt nhuộm, luyện kim, xí mạ v.v.. Mặc dù ngành dệt may và sản xuất da giày tạo ra nhiều việc làm và đóng góp giá trị lớn và nền kinh tế (Năm 2021, Việt Nam chiếm hơn 10% thị phần giày xuất khẩu toàn cầu, Tổng kim ngạch xuất khẩu dệt may và giày da năm 2022 là 71 tỷ USD, chiếm 18% tổng kim ngạch xuất khẩu cả nước¹), nhưng cũng tiêu thụ một lượng lớn nước, năng lượng và hóa chất. Các chất thải từ các ngành này bao gồm chất màu, nitrate, sulfur, naphthol, xà phòng và nhiều loại kim loại nguy hiểm như Pb, Cd, Hg, Cu, Co, As, Ni, và nhiều chất phụ gia khác². Do đó, ngành này được coi là một trong những nguyên nhân gây ô nhiễm mạnh ở nước ta cũng như trên thế giới³. Các chất thải có chứa thuốc nhuộm khi xử lý chưa triệt để, thải ra môi trường gây ảnh hưởng màu sắc nước, khả năng truyền ánh sáng, khả năng hòa tan oxy, gây hiện tượng phú dưỡng, thay đổi hoạt động tự nhiên của chuỗi thức ăn, đến sức khỏe của con người. Tiếp xúc lâu với chất màu còn gây ra nhiều vấn đề về sức khỏe như dị ứng da, thị giác, buồn nôn, rối loạn

tiêu hóa, tâm thần v.v., có chất có nguy cơ gây ung thư. Các chất màu thường bền, khó bị phân hủy tự nhiên, do đó việc loại bỏ thuốc nhuộm khỏi nước thải là vô cùng khó khăn và rất cần thiết⁴.

Rhodamine B (RhB) là loại thuốc nhuộm được sử dụng khá phổ biến trong ngành công nghiệp dệt nhuộm, thường được sử dụng trực tiếp để nhuộm màu vải, sợi bông hay nhuộm giấy, nhuộm tre nứa, mành trúc da và chế mưc viết. Đặc biệt RhB còn được sử dụng rộng rãi trong việc tạo màu sắc trong quá trình chế biến thực phẩm và một số lĩnh vực khác. Tuy nhiên, RhB là một chất tạo màu có độc tính cao có thể gây ung thư và gây đột biến cho bất kỳ sinh vật nào⁵. Có nhiều phương pháp xử lý RhB đã và đang được nghiên cứu, áp dụng gần đây như quang xúc tác⁶, hấp phụ⁷, quá trình oxi hóa bằng plassma⁸, quá trình Fenton điện hóa⁹, phân hủy sinh học ¹⁰ v.v.. Trong đó, phương pháp hấp phụ được quan tâm hơn cả do nhiều ưu điểm nổi bật như đơn giản, dễ thực hiện, dễ điều chỉnh và hiệu quả. Các chất hấp phụ hiện nay đang được nghiên cứu cũng rất đa dạng, trong đó đáng kể từ các vật liệu có nguồn gốc thiên nhiên như vỏ chuối ¹¹, hay bột vỏ cam ¹², và nhiều loại than sinh học (TSH). TSH được chế tạo từ các phụ phẩm nông nghiệp, bằng phương pháp nhiệt phân⁷ hay thủy nhiệt 13, được biến tính bằng các hóa chất

Trích dẫn bài báo này: Thảo T T, Hoa N T H, Thắm D T H. Đặc trưng và khả năng hấp phụ Rhodamine B của than sinh học thủy nhiệt chế tạo từ bã chưng cất tinh dầu sả. Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci. 2024; 7(S1):17-25.

Trường Đại học Khoa học, Đại học Thái Nguyên

Liên hệ

Diệp Thị Hồng Thắm, Trường Đại học Khoa học, Đại học Thái Nguyên

Email: hongtham2k3nttn@gmail.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 11-12-2023
- Ngày sửa đổi: 14-6-2024
- Ngày chấp nhận: 09-12-2024
- Ngày đăng: 31-12-2024

DOI :10.32508/stdjns.v7iS1.1336

Check for updates

Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



khác nhau ^{14,15} và đang cho thấy hiệu quả xử lý RhB khá tốt. Loại vật liệu này tận dụng được các phụ phẩm nông nghiệp sẵn có, rẻ tiền, giảm thiểu việc sử dụng các nguồn tài nguyên khoáng sản, giảm phát thải chất ô nhiễm vào môi trường. Hơn nữa, các vật liệu này có cấu trúc tương tự than hoạt tính nhưng có chứa một số nhóm chức hữu cơ, một số thành phần khoáng chất, có thể loại bỏ nhiều loại chất ô nhiễm như kim loại nặng, các phẩm màu và dư lượng kháng sinh v.v.. Có thể kể đến một số than sinh học như vỏ trấu, vỏ lạc, bã mía, vỏ sầu riêng, rơm rạ, lõi ngô, bã cà phê v.v.. Tuy nhiên, hiện đang có rất ít công bố về than sinh học từ cây sả ¹⁶.

Cây sả là cây gia vị phổ biến ở Việt Nam. Tinh dầu sả được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới. Quá trình chưng cất tinh dầu sả luôn thải ra một lượng lớn bã, thường được gom lại đốt cháy hoặc ủ thành tro, chế thành giá thể cải tạo đất trồng. Lượng bã này đã qua quá trình chưng cất tinh dầu nên cấu trúc ban đầu của lá và thân sả đã bị phá vỡ đáng kể, xốp và sơ hơn, giàu carbon hơn, nếu đem chế tạo than sinh học sẽ rất thuận lợi. TSH qua biến tính sẽ có các đặc trưng tốt hơn vật liệu chưa qua biến tính.

Do đó, trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành chế tạo TSH từ bã chưng cất tinh dầu sả theo phương pháp thủy nhiệt, sau đó biến tính bằng kiềm, nghiên cứu các đặc trưng của vật liệu, đánh giá khả năng hấp phụ RhB của chúng.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Hóa chất

Các hóa chất được sử dụng là các hóa chất tinh khiết mức độ phân tích: otassium hydroxide (KOH, ³ 85%, Xilong), Rhodamine B ($C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$, ³ 95% (HPLC), Sigma-Aldrich), sodium hydroxide (NaOH, ³ 96%, Xilong), hydrochloric acid (HCl, 36-38%, Xilong), sodium chloride (NaCl, ³ 99,5%, Xilong), nước cất, bã chưng cất tinh dầu sả thu hồi sau quá trình chưng cất tinh dầu sả tại Phòng Hóa sinh, Viện Khoa học Sự sống, Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên.

Tổng hợp vật liệu

Bã chưng cất tinh dầu sả được sấy khô trong tủ sấy, băm vụn rồi rây lấy kích thước < 2 mm. Lấy 8 g bã sả trộn đều với 50 mL nước cất trong bình Teflon dung tích 100 mL, đặt vào trong bộ thiết bị thủy nhiệt, làm nóng tới 240°C (tốc độ gia nhiệt 200°C/h) và ủ trong 5 h. Sau đó, lọc lấy phần bã rắn, rửa tới trung tính, sấy khô, nghiền mịn, ngâm ngập trong dung dịch KOH 5 M ở nhiệt độ phòng trong 24 h, rửa lại tới trung tính, sấy khô và bảo quản ở nhiệt độ phòng để sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo. Vật liệu được ký hiệu là TSHS.

Các phương pháp đặc trưng vật liệu

Đặc trưng của vật liệu được nghiên cứu bằng các phương pháp: tán xạ năng lượng EDS kết hợp với nghiên cứu bề mặt vi mô bằng kính hiển vi điện tử quét SEM trên thiết bị Hitachi S-4800 (Nhật Bản) tại Viện Khoa học vật liệu– Viện hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, phổ hồng ngoại (IR) trên thiết bị Spectrum Two của hãng Perkin Elmer (Mỹ) tại Trung tâm Thí nghiệm - Trường Đại học Khoa học, Đại học Thái Nguyên, phân tích bề mặt riêng BET TriStar 3000 V6.07 tại Khoa Hóa học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

Xác định điểm đẳng điện (pHpzc): mười dung dịch NaCl 0,1 M đã được chuẩn bị với độ pH ban đầu (pH*i*) dao động từ 3 đến 11, điều chỉnh pH được thực hiện với các dung dịch HCl 0,1 M và NaOH 0,1 M. 10 mg mẫu đã được thêm vào 10 mL dung dịch NaCl được chuẩn bị ở trên. Hỗn hợp được lắc đều trong 3 giờ và sau đó giữ ổn định ở nhiệt độ phòng trong 24 giờ trước khi được lọc và đo lại pH (pH_f). Điểm đẳng điện thu được từ đồ thị sự biến thiên Δ pH theo pH ban đầu.

Khảo sát khả năng hấp phụ Rhodamine B

Nổng độ RhB được xác định theo phương pháp phổ hấp thụ phân tử UV-Vis tại cực đại hấp phụ 557 nm, trên thiết bị NIR Jasco V770 tại Trung tâm Thí nghiệm - Trường Đại học Khoa Học- Đại học Thái Nguyên.

Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tới khả năng hấp phụ Rhodamine B: 0,01 g vật liệu cho vào ống Falcon 15 mL chứa 10 mL dung dịch RhB nồng độ 10 mg/L ở các pH khác nhau (3,5,7,9,11), lắc đều trong 3 h, ly tâm, lọc lấy phần dịch trong đem xác định nồng độ RhB còn lại trong dung dịch sau hấp phụ, từ đó tính toán hiệu suất loại bỏ RhB khỏi dung dịch (hiệu suất hấp phụ RhB của vật liệu). Dung dịch có hiệu suất hấp phụ cao nhất được lựa chọn làm môi trường trong các nghiên cứu tiếp theo. Tiếp đó, cách tương tự được thực hiện khảo sát ảnh hưởng của nồng độ vật liệu (1,2,5,10 g/L), nồng độ RhB ban đầu (10, 20, 30, 50, 100 mg/L), thời gian (10, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300 phút) và nhiệt độ (298 K, 313 K) được thực hiện. Mỗi thí nghiệm tiến hành 3 lần lấy giá trị trung bình. Dung lượng hấp phụ (q, mg.g⁻¹) và hiệu suất hấp phụ (H,%) được tính theo công thức:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \tag{1}$$

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

Trong đó, V (L) là thể tích của dung dịch, m (g) là khối lượng của chất hấp phụ, C_o , C_t và C_e (mg / L) là nồng

độ ban đầu, nồng độ sau thời gian hấp phụ t, nồng độ ở trạng thái cân bằng hấp phụ của RhB.

Dữ liệu thực nghiệm được mô phỏng theo các phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir, Freundlich và Temkin theo các phương trình sau¹⁷:

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{K_L q_m} + \frac{C}{q_m} \tag{3}$$

$$\log q = \log K_F + \frac{1}{n} \log C \tag{4}$$

$$q_e = \beta \ln K_T + \beta \ln C_e \tag{5}$$

Trong đó K_L, K_F và K_T (L/mg) lần lượt là hằng số hấp phụ theo mô hình đẳng nhiệt Langmuir, Freundlich và Temkin. n là một hằng số trong phương trình Freundlich, β là một hằng số trong phương trình Temkin.

Động học quá trình hấp phụ được xem xét theo mô hình động học bậc 1 và bậc 2 lần lượt theo các phương trình (6) và $(7)^{17}$:

$$\log\left(q_e - q_t\right) = \log q_e - k_1 t \tag{6}$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 \cdot q_e^2} + \frac{t}{q_e}$$
(7)

Với k₁, k₂ là hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 và bậc 2. k_{T1} và k_{T2} là hằng số tốc độ phản ứng ở nhiệt độ T₁ vvà T₂. Năng lượng hoạt hóa E_a, hằng số cân bằng quá trình hấp phụ K_T, năng lượng tự do Gibb Δ G, enthalpy Δ H quá trình hấp phụ tính được theo các phương trình sau¹⁷:

$$\log \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = \frac{E_a}{2.303 * R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$
(8)

$$K_T = \frac{C_{e/CHP}}{C_e} \tag{9}$$

$$\triangle G = -R * T * \ln K_C \tag{10}$$

$$\log \frac{K_{T_2}}{K_{T_1}} = \frac{\triangle H}{2.303 * H} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$
(11)

Trong đó $C_{e/CHP}$ là nồng độ chất bị hấp phụ trên bề mặt chất hấp phụ tại thời điểm cân bằng hấp phụ, $C_{e/CHP} = C_o - C_e$; R = 8,314 J/mol.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Các đặc trưng vật liệu

Thành phần nguyên tố của vật liệu được xác định từ phép đo phổ tán xạ năng lượng EDS thể hiện ở Hình 1a. So với bã sả, hàm lượng một số nguyên tố khoáng như Na, K, Cl, và trong than đã giảm trong khi hàm lượng C tăng khoảng 10%, chứng tỏ sự than hóa đã xảy ra khá tốt (màu sắc sản phẩm chuyển từ vàng nâu sang đen). Các liên kết hữu cơ trong vật liệu được nghiên cứu qua phổ hồng ngoại (FTIR) ở Hình 1b cho thấy trong TSHS còn giữ lại một số liên kết đặc trưng như trong bã sả: liên kết C-H ứng với số sóng 2849 và 2922 cm⁻¹; liên kết O-H tại vùng 3413 cm⁻¹ 18. Tuy nhiên, nhiều liên kết đã biến mất như liên kết O-kim loại tại số sóng 437 cm⁻¹, liên kết C-H của C vòng thơm tại 900 cm $^{-1}$ và vùng 527-710 cm $^{-1}$ [18]. Liên kết C°C tại vùng 2056 tới 2168 cm^{-1 19} và liên kết C-O-C đặc trưng bởi các đỉnh hấp thụ ở vùng số sóng 1038-1103 cm $^{-1}$ cũng giảm mạnh đỉnh hấp thụ tại số sóng 1640 cm $^{-1}$ đã bị dịch chuyển về 1626 cm⁻¹, số sóng này thường đặc trưng cho liên kết C=O của nhóm carbonyl hoặc carboxylic. Các kết quả này chứng minh: các liên kết hóa học ban đầu trong bã sả đã bị thay đổi đáng kể bởi quá trình thủy nhiệt. Tuy nhiên, TSHS vẫn giữ được một số liên kết hữu cơ đặc trưng, có thể có lợi cho quá trình hấp phụ.

Hình thái bề mặt của TSHS được nghiên cứu bằng quan sát qua kính hiển vi điện tử quét SEM (Hình 1c). Theo Hình 1c, bề mặt lá sả ban đầu (phiến mỏng 1x2 cm) bị phá vỡ không hoàn toàn thành các mảnh nhỏ không đồng nhất về hình dạng kích thước nhưng không tách hoàn toàn ra khỏi nhau làm cho độ nhám bề mặt tăng mạnh, điều này làm tăng đáng kể mức độ kém đồng nhất, độ xốp và diện tích bề mặt riêng của sản phẩm thu được.

Diện tích bề mặt riêng của vật liệu được xác định từ phép đo BET, thể hiện trên Hình 1d, với giá trị xác định được là 18,3 m²/g. Giá trị này thuộc mức trung bình so với các than sinh học thủy nhiệt khác²⁰.

9) Đặc trưng điện tích bề mặt vật liệu được xác định thông qua điểm đẳng điện pH_{pzc}, biểu diễn trên Hình 2a.

Điểm đẳng điện pH_{pzc} là một đặc tính quan trọng của chất hấp phụ. Hình 2a cho thấy rằng điện tích điểm không của TSHS là pH 3,8. Điều này cho thấy điện tích bề mặt của TSHS là dương khi trong dung dịch có ở pH< 3,8 và ngược lại khi pH> 3,8 thì bề mặt của TSHS tích điện âm.

Một số yếu tố ảnh hưởng đến sự hấp phụ



Hình 1: Phổ đồ EDS của bã Sả và TSHS (a); Phổ FTIR của bã sả và TSHS (b); Ảnh SEM của TSHS (c); Đường cong hấp phụ - khử hấp phụ N_2 của TSHS (d).

Ánh hưởng của pH môi trường

Khả năng hấp phụ RhB 10 mg/L bởi TSHS 1 g/L trong 3 h được tiến hành ở các dung dịch có pH (3, 5, 7, 9 và 11). Kết quả thể hiện trong Hình 2b cho thấy, khi pH tăng từ 3 đến 5 hiệu suất hấp phụ giảm nhẹ, khi pH tiếp tục tăng đến 7 thì hiệu suất hấp phụ tăng đáng kể (63,86%), sau đó, giảm khi dung dịch chuyển hẳn sang vùng base (53,51%).

RhB có công thức phân tử $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$, công thức cấu tạo như Hình 3a, là một thuốc nhuộm cation; mà điểm đẳng điện của TSHS là 3,8, tức là trong môi trường có pH dưới 3,8 thì bề mặt TSHS sẽ tích điện dương và ngược lại, pH càng tăng, điện tích âm bề mặt càng tăng. Như vậy, ở vùng pH thấp sự hấp phụ yếu do vật liệu và RhB đều tích điện dương, đẩy nhau. Khi pH tăng từ 5 đến 7 thì tính âm điện của bề mặt vật liệu tăng nên hấp phụ tăng. Khi sang môi trường base, tính dương điện của RhB giảm dần do tương tác với ion OH⁻ nên lực hút tĩnh điện giữa TSHS và RhB giảm dần. kết quả này cho thấy tương tác giữa TSHS và RhB là tương tác vật lý. Vậy, các nghiên cứu tiếp theo được thực hiện tại môi trường pH = 7.

Ánh hưởng của hàm lượng vật liệu

Để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng TSHS tới hiệu quả hấp phụ RhB, thí nghiệm sử dụng dung dịch RhB 10 mg/L hấp phụ bởi các hàm lượng TSHS từ 0,5 tới 10 g/L. Kết quả được thể hiện trên Hình 3b cho thấy khi hàm lượng TSHS tăng dần từ 0,5 tới 5 g/L, hiệu suất hấp phụ tăng dần từ khoảng 42% lên tới 92% nhưng khi hàm lượng TSHS tăng tới 10 g/L thì hiệu suất hấp phụ chỉ tăng nhẹ tới 94%. Điều đó cho thấy, khi lượng than ở nồng độ 5 g/L đã bắt đầu đạt tới hấp phụ cân bằng của RhB 10 ppm. Nồng độ này được dùng trong các nghiên cứu tiếp theo.

Ảnh hưởng của nồng độ RhB

TSHS nồng độ 5 g/lL được dùng hấp phụ các dung dịch RhB nồng độ đầu khác nhau, từ 10 tới 100 mg/L 3 h tại nhiệt độ phòng. Kết quả được trình bày ở Hình 3c. Khi nồng độ RhB tăng dần, hiệu suất hấp phụ cũng giảm dần, điều này dễ hiểu do hàm lượng vật liệu phụ không tăng, số vị trí hấp phụ thuận lợi không tăng nhưng số phần tử chất bị hấp phụ tăng khá nhiều, do dó, nồng độ chất bị hấp phụ càng lớn, tỷ lệ chất được hấp phụ sẽ giảm. Dung lượng hấp phụ cực đại trong khoảng nghiên cứu thu được là 14,93



Hình 2: Đổ thị xác định pH_{pzc} của TSHS (a) và Khả năng hấp phụ RhB 10 ppm bởi TSHS 1 g/l ở các pH khác. nhau (b).



Hình 3: Công thức cấu tạo RhB (a); Ảnh hưởng của hàm lượng TSHS (b), của nồng độ RhB ban đầu (c), của thời gian và nhiệt độ (d) tới hiệu suất hấp phụ RhB của TSHS tại pH 7.

mg/g.

Ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ

Ảnh hưởng của thời gian tới hiệu suất hấp phụ RhB 20 mg/L bởi TSHS 5 g/L ở nhiệt độ phòng và 40°C được thể hiện ở Hình 3d. Hình 3d cho thấy, khi thời gian tiếp xúc của chất bị hấp phụ và chất hấp phụ kéo dài từ 0 tới 120 phút, hiệu suất hấp phụ tăng khá nhanh (từ 0 tới 89%), khi thời gian kéo dài tới 300 phút thì hiệu suất hấp phụ tăng không đáng kể (92,6%). Điều này cho thấy ở khoảng 180 phút (3 h) đã đạt tới cân bằng hấp phụ. Ngoài ra, nhiệt độ tăng lên làm hiệu suất hấp phụ giảm rõ rệt. Thông thường, nhiệt độ tăng thì chuyển động nhiệt của các phân tử chất bị hấp phụ tăng, nếu tương tác giữa chất bị hấp phụ và bề mặt chất hấp phụ là tương tác hóa học thì liên kết này sẽ tăng làm hấp phụ tăng, nếu tương tác này là tương tác vật lý thì sẽ yếu đi do chuyển động nhiệt. Kết quả thực nghiệm trên cho thấy tương tác giữa TSHS và RhB chủ yếu là tương tác vật lý. Kết quả này phù hợp với nhận xét rút ra từ kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của pH tới

hấp phụ.

Các dữ liệu thực nghiệm này được dùng tính dung lượng hấp phụ và nghiên cứu các mô hình lý thuyết về hấp phụ.

Nghiên cứu các mô hình đẳng nhiệt hấp phụ

Dữ liệu thực nghiệm ảnh hưởng của nồng độ RhB tới sự hấp phụ của TSHS 5 g/l tại nhiệt độ phòng sau 3 h được đánh giá sự phù hợp theo các mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir, Freundich và Temkin theo các phương trình (3), (4), (5). Kết quả thu được ở Hình 4.

Từ Hình 4 ta thấy, hệ số tương quan giữa dữ liệu thực nghiệm với mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich là lớn nhất (0,9967), lớn hơn khá nhiều so với mô hình Langmuir (0,9099) hay mô hình Temkin (0,899). Hằng số n của phương trình Freundlich là 1,75, nằm trong khoảng tin cậy cao. Điều đó cho thấy tương tác giữa RhB với về mặt vật liệu TSHS có bản chất là tương tác vật lý, bề mặt vật liệu có tính đồng nhất cao, các vị trí đều có khả năng hấp phụ RhB²¹.

Nghiên cứu động học và nhiệt động học quá trình hấp phụ

Tương tự, dữ liệu thực nghiệm theo thời gian và nhiệt độ được mô hình hóa theo mô hình động học bậc 1 và bậc 2 theo các phương trình (6) và (7) được thể hiện ở Hình 5.

Hình 5 cho thấy, hệ số tương quan giữa thực nghiệm và mô hình động học bậc 2 (0,999) cao hơn so với mô hình động học bậc 1 ở cả hai nhiệt độ nghiên cứu. Hằng số tốc độ phản ứng ở 298 K và 313 K theo lý thuyết xác định được lần lượt là 0,0363 và 0,0134 (phút⁻¹.mg⁻¹.L). Từ đó xác định được năng lượng hoạt hóa quá trình hấp phụ RhB trên bề mặt TSHS theo phương trình (8) là -6,2 (kJ/mg.K). Hằng số cân bằng quá trình hấp phụ ở 298 K và 313 K tính theo phương trình (9) lần lượt là 15,5954 và 5,8625. Từ đó tính được năng lượng tự do ΔG_{298} , ΔG_{313} và ΔH_(298÷313) lần lượt là - 6,3 kJ; - 4,4 kJ và 39,5 kJ. Như vậy, quá trình hấp phụ là tự diễn biến ($\Delta G < 0$), thu nhiệt ($\Delta H > 0$); ngoài ra biến thiên entropy tính theo phương trình (10) trong quá trình hấp phụ luôn dương, quá trình xảy ra theo chiều tăng dần entropy. Nói cách khác, về mặt nhiệt đông lực học, quá trình hấp phụ RhB trên bề mặt TSHS xảy ra thuận lợi về mặt năng lượng. Giá trị ΔH cho thấy bản chất lực hấp phụ thiên về lực hóa học, kết quả này phù hợp với kiểu động học bậc 2, tuy nhiên, không hoàn toàn phù hợp với mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich. Điều này có thể giải thích là lớp hấp phụ đầu tiên là lớp hấp phụ hóa học, làm thay đổi tính chất bề mặt chất hấp phụ dẫn tới khả năng hấp phụ các lớp tiếp theo theo kiểu hấp phụ vật lý trên lớp hấp phụ thứ nhất, hình thành đa lớp hấp phụ theo mô hình Freundlich.

KẾT LUẬN

Than sinh học đã được tổng hợp thành công từ bã chưng cất tinh dầu sả theo phương pháp thủy nhiệt ở 240°C trong 5 h với tỷ lệ khối lượng bã sả/thể tích nước = 8 g/50 mL, sau đó được hoạt hóa bằng KOH 5 M ở nhiệt độ phòng trong 24 h. Than có cấu trúc xốp, các lớp than mỏng chồng lên nhau; thành phần chính là C; trong vật liệu có mặt một số nhóm chức hữu cơ như C=O, O-H, C-O-C, điểm đẳng điện thấp (3,8) và bề mặt riêng trung bình $S_{BET} = 18,3 \text{ m}^2/\text{g}$. Vật liệu tổng hợp có khả năng hấp phụ chất màu RhB hiệu quả nhất trong môi trường trung tính. Khi hàm lượng vật liệu tăng, nồng độ RhB giảm thì hiệu suất hấp phụ tăng. Thời gian tiếp xúc tăng hiệu suất hấp phụ tăng, cân bằng hấp phụ đạt được ở khoảng 3 h. Nhiệt độ tăng hiệu suất hấp phụ giảm. Tại nồng độ RhB 10 ppm, 10 g/L TSHS đạt hiệu suất hấp phụ cao nhất, khoảng 94%. Trong khoảng nồng độ nghiên cứu, dung lượng hấp phụ cực đại đạt 14,93 mg/g. Thực nghiệm hấp phụ phù hợp với mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Freundlich và động học bậc hai. Qúa trình hấp phụ có năng lượng hoạt hóa nhỏ, tự diễn biến, thu nhiệt, tăng entropy. Tương tác giữa vật liệu và RhB bao gồm cả tương tác vật lý và tương tác hóa học.

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

RhB: Rhodamine B.

SEM-EDS: Scanning electron microscopy - energy dispersive pectroscopy. FTIR: Fourier transform infrared spectroscopy. BET: Brunauer- Emmet – Teller. TSH: Than sinh học TSHS: than sinh học từ bã sả

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả đồng ý không có bất kỳ xung đột lợi ích nào liên quan đến các kết quả đã công bố.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Diệp Thị Hồng Thắm thực hiện các thí nghiệm, thu thập, xử lý các dữ liệu và viết bản thảo.

Trương Thị Thảo hỗ trợ xử lý các dữ liệu trình tự; đóng vai trò đinh hướng, lên kế hoach nghiên cứu.

Nguyễn Thị Hồng Hoa góp phần thảo luận các kết quả nghiên cứu, hoàn chỉnh bản thảo.





Hình 5: Mô hình hóa dữ liệu thực nghiệm theo các mô hình động học bậc 1 và bậc 2

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Lê Tiến Trường. Vai trò của kinh tế nhà nước trong xây dựng nền kinh tế độc lập, tự chủ gắn với hội nhập quốc tế - từ góc nhìn của ngành dệt may, da giày. Tạp chí Cộng sản. 2023;.
- Khan WU, Ahmed S, Dhoble Y, Madhav S. A critical review of hazardous waste generation from textile industries and associated ecological impacts. J Indian Chem Soc. 2022;100:100829;.
- Rendón-Castrillón L, Ramírez-Carmona M, Ocampo-López C, González-López F, Cuartas-Uribe B, Mendoza-Roca JA. Treatment of water from the textile industry contaminated with indigo dye: A hybrid approach combining bioremediation and nanofiltration for sustainable reuse. Case Stud Chem Environ Eng. 2023;8:100498;.
- 4. Gupta R, Kushwaha A, Dave D, Mahanta NR. Waste management in fashion and textile industry: Recent advances and trends, life-cycle assessment, and circular economy. In: Emerging Trends to Approaching Zero Waste. Elsevier Inc.;

2022. p. 215-242;.

- Sharma J, Sharma S, Bhatt U, Soni V. Toxic effects of Rhodamine B on antioxidant system and photosynthesis of Hydrilla verticillata. J Hazard Mater Lett. 2022;3:100069;.
- Truong TT, Pham TT, Truong TTT, Pham TD. Synthesis, characterization of novel ZnO/CuO nanoparticles, and the applications in photocatalytic performance for rhodamine B dye degradation. Environ Sci Pollut Res. 2022;29(15):22576-22588;.
- Mousavi SA, et al. Removal of Rhodamine B from aqueous solution by stalk corn activated carbon: adsorption and kinetic study. Biomass Convers Biorefinery. 2021;13(5):7927–7936;.
- Le QXT, Tran HQ, Trinh TH, Nguyen TD. Removal of Rhodamine B dye by plasma jet oxidation process. Commun Phys. 2021;31(1):95;.
- Ghribi A, Bagane M. Removal of Congo Red and Rhodamine B dyes from aqueous solution by Fenton process: Optimization of operational parameters. Iran J Chem Chem Eng.

2023;31(3):801-809;.

- Saravanan S, Kumar PS, Chitra B, Rangasamy G. Biodegradation of textile dye Rhodamine-B by Brevundimonas diminuta and screening of their breakdown metabolites. Chemosphere. 2022;308(1):136266;.
- Oyekanmi AA, Ahmad A, Hossain K, Rafatullah M. Adsorption of Rhodamine B dye from aqueous solution onto acid-treated banana peel: Response surface methodology, kinetics and isotherm studies. PLoS One. 2019;14(5):e0216878;.
- Daouda A, Honorine AT, Bertrand NG, Richard D, Domga. Adsorption of Rhodamine B onto orange peel powder. Am J Chem. 2019;9(5):142–149;.
- Spagnuolo D, et al. Hydrochar from Sargassum muticum: A sustainable approach for high-capacity removal of Rhodamine B dye. RSC Sustain. 2023;1(6):1404–1415;.
- Guo X, Liu Z, Tong Z, Jiang N, Chen W. Adsorption of Rhodamine B from an aqueous solution by acrylic-acid-modified walnut shells: Characterization, kinetics, and thermodynamics. Environ Technol. 2022;44(12):1691–1704;.
- Li X, Shi J, Luo X. Enhanced adsorption of Rhodamine B from water by Fe-N co-modified biochar: Preparation, performance, mechanism, and reusability. Bioresour Technol.

2021;343:126103;.

- Singh M, et al. Comparative assessment for removal of anionic dye from water by different waste-derived biochar vis-a-vis reusability of generated sludge. Biochar. 2022;4(1):13;.
- Zhang Z, Chen X, Wu F, Ji Y. High adsorption capability and selectivity of ZnO nanoparticles for dye removal. Colloids Surf A Physicochem Eng Asp. 2016;509:474–483;.
- Ghanim B, et al. Application of KOH-modified seaweed hydrochar as a biosorbent of vanadium from aqueous solution: Characterisations, mechanisms and regeneration capacity. J Environ Chem Eng. 2020;8(5):104176;.
- Lestari DI, Yuliansyah AT, Budiman A. Adsorption studies of KOH-modified hydrochar derived from sugarcane bagasse for dye removal: Kinetic, isotherm, and thermodynamic study. Commun Sci Technol. 2022;7(1):15–22;.
- Sisuthog W, Attanatho L, Chaiya C. Conversion of empty fruit bunches (EFBs) by hydrothermal carbonization towards hydrochar production. Energy Reports. 2022;8(16):242–248;.
- Potgieter JH, Pardesi C, Pearson S. A kinetic and thermodynamic investigation into the removal of methyl orange from wastewater utilizing fly ash in different process configurations. Environ Geochem Health. 2021;43:2539–2550;.

Open Access Full Text Article

Characterization and rhodamine B adsorption of hydrochar made from the distilled waste of lemongrass

Thao Thi Truong, Hoa Nguyen Thi Hong, Tham Diep Thi Hong*

ABSTRACT

In this study, the distilled waste of lemongrass has been carbonized by hydrothermal treatment at 240°C for 5 h then activated with 5 M KOH at room temperature for 24 hours. The prepared hydrochars were characterized by scanning electron microscopy-energy dispersive pectroscopy (SEM-EDS), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), and Brunauer- Emmet - Teller (BET). The results show that the main component of hydrochar is C (~77%), increased significantly compared to the distilled waste of lemongrass (~67%) the hydrochar still maintained functional groups such as C=C, C=O, C-O-C, C-C... with a BET surface area of 18.3 m²g⁻¹. Some factors affecting the adsorption process of Rhodamine B (RhB) by the prepared hydrochar were investigated, including pH, initial RhB concentration, adsorbent dosage, contact time, and temperature. The maximum efficiency achieved was the adsorption of 10 mg/L RhB by 5 g/L of hydrochar at pH 78, approximately 94%, q_{max} of 14.93 mg/g. The adsorption isotherm was well described by the Freundlich isotherm model and pseudo-second-order reaction kinetics. The adsorption is spontaneous, endothermic, and with increased entropy. This indicates that the adsorption mechanism includes both physical and chemical adsorption. The results demonstrate that the hydrochar obtained from the distilled waste of lemongrass is an effective RhB adsorbent.

Key words: lemongrass hydrochar, hydrothermal method, RhB, adsorption

TNUS- Thai Nguyen University

Correspondence

Tham Diep Thi Hong, TNUS- Thai Nguyen University

Email: hongtham2k3nttn@gmail.com

History

- Received: 11-12-2023
- Revised: 14-6-2024
- Accepted: 09-12-2024
- Published Online: 31-12-2024

DOI :10.32508/stdjns.v7iS1.1336



Copyright

© VNUHCM Press. This is an openaccess article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Truong T T, Hong H N T, Hong T D T. **Characterization and rhodamine B adsorption of hydrochar made from the distilled waste of lemongrass**. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.* 2024; 7(S1):17-25.