

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*



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

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), 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 tuân theo lý thuyết hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich và mô hình động học bậc 2, quá trình hấp phụ là tự phát, thu nhiệt, entropy 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 khóa: than sinh học thủy nhiệt sả, phương pháp thủy nhiệt, hấp phụ, Rhodamine B

1 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, xi măng 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, mảnh trúc da và chế mực 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 plasma⁸, quá trình Fenton điện hóa⁹, phân hủy sinh học¹⁰ 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 chuối¹¹, hay bột vỏ cam¹², và nhiều loại than sinh học (TSH). TSH được chế tạo từ các phụ phẩm nông nghiệp, bằng phương pháp nhiệt phân⁷ hay thủy nhiệt¹³, được biến tính bằng các hóa chất

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:

DOI:



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.



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.* 2025; (1):1-8.

53 khác nhau^{14,15} và đang cho thấy hiệu quả xử lý RhB
54 khá tốt. Loại vật liệu này tận dụng được các phụ
55 phẩm nông nghiệp sẵn có, rẻ tiền, giảm thiểu việc sử
56 dụng các nguồn tài nguyên khoáng sản, giảm phát thải
57 chất ô nhiễm vào môi trường. Hơn nữa, các vật liệu
58 này có cấu trúc tương tự than hoạt tính nhưng có chứa
59 một số nhóm chức hữu cơ, một số thành phần khoáng
60 chất, có thể loại bỏ nhiều loại chất ô nhiễm như kim
61 loại nặng, các phẩm màu và dư lượng kháng sinh v.v..
62 Có thể kể đến một số than sinh học như vỏ trấu, vỏ
63 lạc, bã mía, vỏ sấu riêng, rơm rạ, lõi ngô, bã cà phê
64 v.v.. Tuy nhiên, hiện đang có rất ít công bố về than
65 sinh học từ cây sả¹⁶.

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

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

81 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

82 Hóa chất

83 Các hóa chất được sử dụng là các hóa chất tinh
84 khiết mức độ phân tích: potassium hydroxide (KOH,³
85 85%, Xilong), Rhodamine B (C₂₈H₃₁N₂O₃Cl,³ 95%
86 (HPLC), Sigma-Aldrich), sodium hydroxide (NaOH,
87 ³ 96%, Xilong), hydrochloric acid (HCl, 36-38%, Xi-
88 long), sodium chloride (NaCl, ³ 99,5%, Xilong), nước
89 cất, bã chưng cất tinh dầu sả thu hồi sau quá trình
90 chưng cất tinh dầu sả tại Phòng Hóa sinh, Viện Khoa
91 học Sự sống, Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên.

92 Tổng hợp vật liệu

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

Các phương pháp đặc trưng vật liệu

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

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

126 Khảo sát khả năng hấp phụ Rhodamine B

127 Nồng độ RhB được xác định theo phương pháp phổ
128 hấp thụ phân tử UV-Vis tại cực đại hấp phụ 557 nm,
129 trên thiết bị NIR Jasco V770 tại Trung tâm Thí nghiệm
130 - Trường Đại học Khoa Học- Đại học Thái Nguyên.
131 Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tới khả năng hấp phụ
132 Rhodamine B: 0,01 g vật liệu cho vào ống Falcon 15
133 mL chứa 10 mL dung dịch RhB nồng độ 10 mg/L ở
134 các pH khác nhau (3,5,7,9,11), lắc đều trong 3 h, ly
135 tâm, lọc lấy phần dịch trong đem xác định nồng độ
136 RhB còn lại trong dung dịch sau hấp phụ, từ đó tính
137 toán hiệu suất loại bỏ RhB khỏi dung dịch (hiệu suất
138 hấp phụ RhB của vật liệu). Dung dịch có hiệu suất hấp
139 phụ cao nhất được lựa chọn làm môi trường trong các
140 nghiên cứu tiếp theo. Tiếp đó, cách tương tự được
141 thực hiện khảo sát ảnh hưởng của nồng độ vật liệu
142 (1,2,5,10 g/L), nồng độ RhB ban đầu (10, 20, 30, 50,
143 100 mg/L), thời gian (10, 30, 60, 90, 120, 180, 240,
144 300 phút) và nhiệt độ (298 K, 313 K) được thực hiện.
145 Mỗi thí nghiệm tiến hành 3 lần lấy giá trị trung bình.
146 Dung lượng hấp phụ (q, mg.g⁻¹) và hiệu suất hấp phụ
147 (H,%) được tính theo công thức:

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

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

148 Trong đó, V (L) là thể tích của dung dịch, m (g) là khối
149 lượng của chất hấp phụ, C₀, C_t và C_e (mg / L) là nồng

150 độ ban đầu, nồng độ sau thời gian hấp phụ t , nồng độ
 151 ở trạng thái cân bằng hấp phụ của RhB.
 152 Dữ liệu thực nghiệm được mô phỏng theo các phương
 153 trình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir, Freundlich và
 154 Temkin theo các phương trình sau¹⁷:

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{K_L q_m} + \frac{C}{q_m} \quad (3)$$

$$\log q = \log K_F + \frac{1}{n} \log C \quad (4)$$

$$q_e = \beta \ln K_T + \beta \ln C_e \quad (5)$$

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

160 Động học quá trình hấp phụ được xem xét theo mô
 161 hình động học bậc 1 và bậc 2 lần lượt theo các phương
 162 trình (6) và (7)¹⁷:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - k_1 t \quad (6)$$

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

163 Với k_1 , k_2 là hằng số tốc độ phản ứng bậc 1 và bậc 2.
 164 k_{T1} và k_{T2} là hằng số tốc độ phản ứng ở nhiệt độ T_1
 165 và T_2 . Năng lượng hoạt hóa E_a , hằng số cân bằng
 166 quá trình hấp phụ K_T , năng lượng tự do Gibb ΔG ,
 167 enthalpy ΔH quá trình hấp phụ tính được theo các
 168 phương trình sau¹⁷:

$$\log \frac{k_{T2}}{k_{T1}} = \frac{E_a}{2.303 * R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (8)$$

$$K_T = \frac{C_{e/CHP}}{C_e} \quad (9)$$

$$\Delta G = -R * T * \ln K_C \quad (10)$$

$$\log \frac{K_{T2}}{K_{T1}} = \frac{\Delta H}{2.303 * H} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (11)$$

169 Trong đó $C_{e/CHP}$ là nồng độ chất bị hấp phụ trên bề
 170 mặt chất hấp phụ tại thời điểm cân bằng hấp phụ,
 171 $C_{e/CHP} = C_o - C_e$; $R = 8,314$ 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.

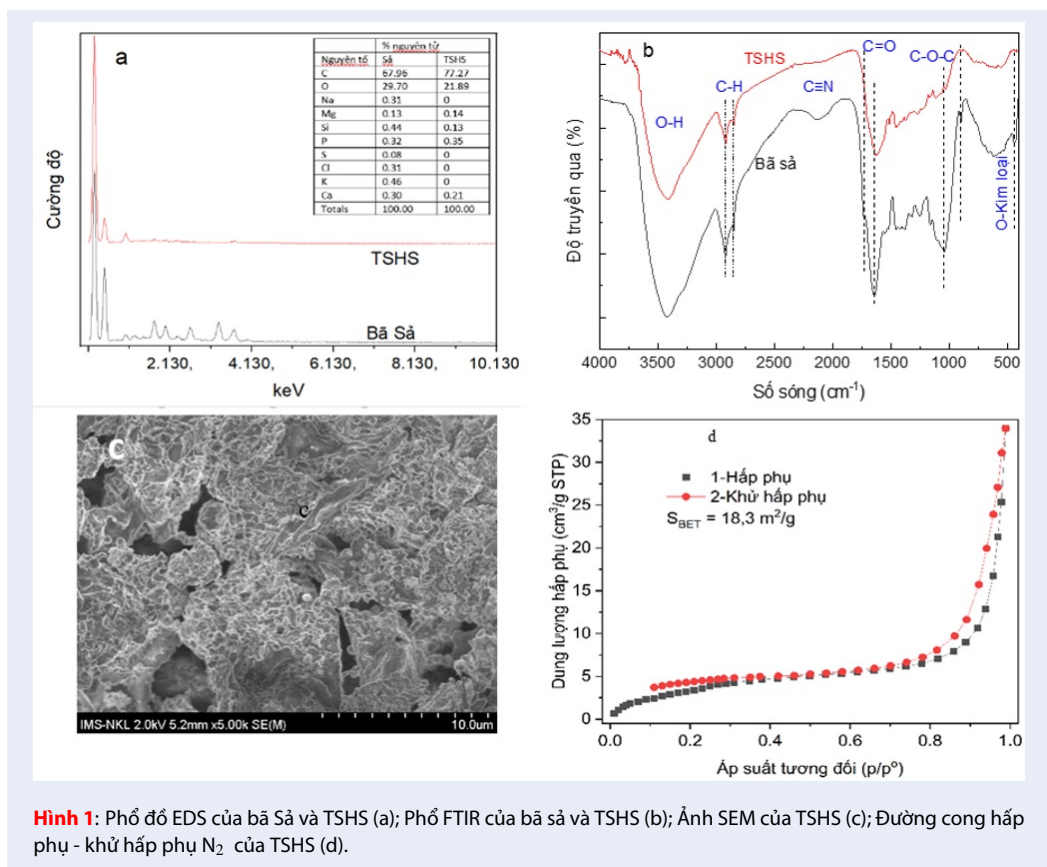
Hình thái bề mặt của TSHS được nghiên cứu bằng quan sát qua kính hiển vi điện tử quét SEM (Hình 1c). Theo Hình 1c, bề mặt lá sả ban đầu (phiến mỏng 1x2 cm) bị phá vỡ không hoàn toàn thành các mảnh nhỏ không đồng nhất về hình dạng kích thước nhưng không tách hoàn toàn ra khỏi nhau làm cho độ nhám bề mặt 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 m^2/g . Giá trị này thuộc mức trung bình so với các than sinh học thủy nhiệt khác²⁰.

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 $\text{pH} < 3,8$ và ngược lại khi $\text{pH} > 3,8$ 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 N₂ của TSHS (d).

221 Ảnh hưởng của pH môi trường

222 Khả năng hấp phụ RhB 10 mg/L bởi TSHS 1 g/L trong
 223 3 h được tiến hành ở các dung dịch có pH (3, 5, 7, 9
 224 và 11). Kết quả thể hiện trong Hình 2b cho thấy, khi
 225 pH tăng từ 3 đến 5 hiệu suất hấp phụ giảm nhẹ, khi
 226 pH tiếp tục tăng đến 7 thì hiệu suất hấp phụ tăng đáng
 227 kể (63,86%), sau đó, giảm khi dung dịch chuyển hẳn
 228 sang vùng base (53,51%).

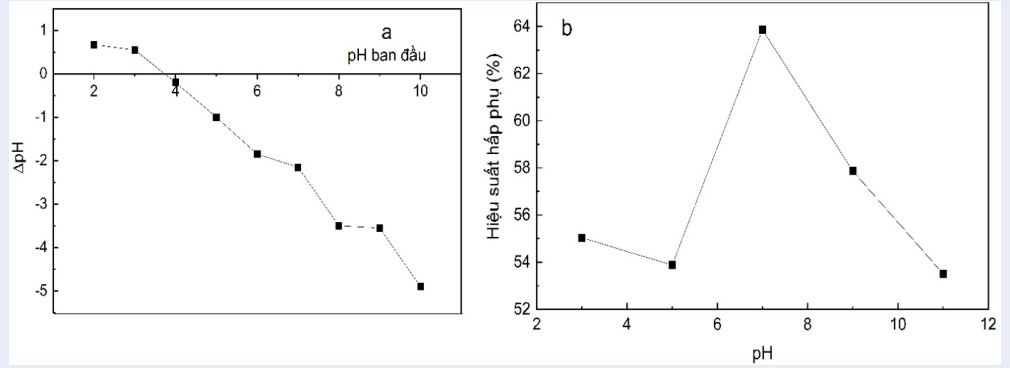
229 RhB có công thức phân tử C₂₈H₃₁ClN₂O₃, công thức
 230 cấu tạo như Hình 3a, là một thuốc nhuộm cation;
 231 mà điểm đẳng điện của TSHS là 3,8, tức là trong môi
 232 trường có pH dưới 3,8 thì bề mặt TSHS sẽ tích điện
 233 dương và ngược lại, pH càng tăng, diện tích âm bề
 234 mặt càng tăng. Như vậy, ở vùng pH thấp sự hấp phụ
 235 yếu do vật liệu và RhB đều tích điện dương, đẩy nhau.
 236 Khi pH tăng từ 5 đến 7 thì tính âm điện của bề mặt
 237 vật liệu tăng nên hấp phụ tăng. Khi sang môi trường
 238 base, tính dương điện của RhB giảm dần do tương tác
 239 với ion OH⁻ nên lực hút tĩnh điện giữa TSHS và RhB
 240 giảm dần. kết quả này cho thấy tương tác giữa TSHS
 241 và RhB là tương tác vật lý. Vậy, các nghiên cứu tiếp
 242 theo được thực hiện tại môi trường pH = 7.

Ảnh hưởng của hàm lượng vật liệu

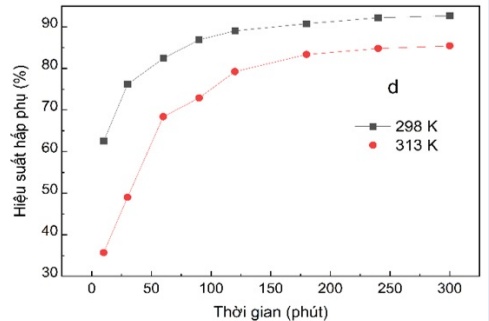
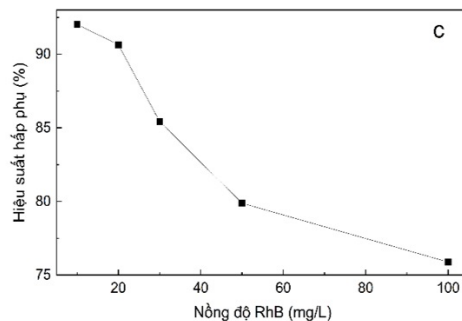
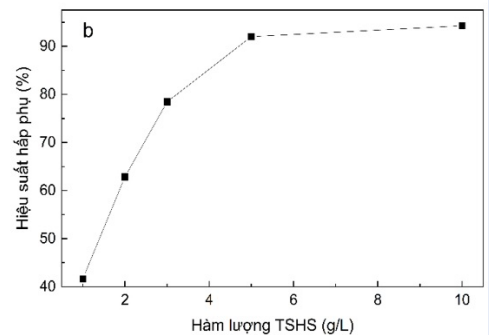
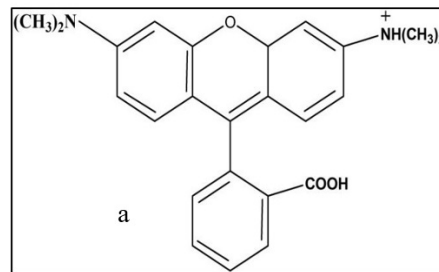
243 Để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng TSHS tới hiệu
 244 quả hấp phụ RhB, thí nghiệm sử dụng dung dịch RhB
 245 10 mg/L hấp phụ bởi các hàm lượng TSHS từ 0,5 tới 10
 246 g/L. Kết quả được thể hiện trên Hình 3b cho thấy khi
 247 hàm lượng TSHS tăng dần từ 0,5 tới 5 g/L, hiệu suất
 248 hấp phụ tăng dần từ khoảng 42% lên tới 92% nhưng
 249 khi hàm lượng TSHS tăng tới 10 g/L thì hiệu suất hấp
 250 phụ chỉ tăng nhẹ tới 94%. Điều đó cho thấy, khi lượng
 251 than ở nồng độ 5 g/L đã bắt đầu đạt tới hấp phụ cân
 252 bằng của RhB 10 ppm. Nồng độ này được dùng trong
 253 các nghiên cứu tiếp theo.
 254

Ảnh hưởng của nồng độ RhB

255 TSHS nồng độ 5 g/L được dùng hấp phụ các dung
 256 dịch RhB nồng độ khác nhau, từ 10 tới 100 mg/L
 257 3 h tại nhiệt độ phòng. Kết quả được trình bày ở
 258 Hình 3c. Khi nồng độ RhB tăng dần, hiệu suất hấp
 259 phụ cũng giảm dần, điều này dễ hiểu do hàm lượng
 260 vật liệu phụ không tăng, số vị trí hấp phụ thuận lợi
 261 không tăng nhưng số phần tử chất bị hấp phụ tăng
 262 khá nhiều, do đó, nồng độ chất bị hấp phụ càng lớn,
 263 tỷ lệ chất được hấp phụ sẽ giảm. Dung lượng hấp phụ
 264 cực đại trong khoảng nghiên cứu thu được là 14,93
 265



Hình 2: Đồ 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.

266 mg/g.

267 **Ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ**

268 Ảnh hưởng của thời gian tới hiệu suất hấp phụ RhB 20
 269 mg/L bởi TSHS 5 g/L ở nhiệt độ phòng và 40°C được
 270 thể hiện ở Hình 3d. Hình 3d cho thấy, khi thời gian
 271 tiếp xúc của chất bị hấp phụ và chất hấp phụ kéo dài từ
 272 0 tới 120 phút, hiệu suất hấp phụ tăng khá nhanh (từ
 273 0 tới 89%), khi thời gian kéo dài tới 300 phút thì hiệu
 274 suất hấp phụ tăng không đáng kể (92,6%). Điều này

275 cho thấy ở khoảng 180 phút (3 h) đã đạt tới cân bằng
 276 hấp phụ. Ngoài ra, nhiệt độ tăng lên làm hiệu suất
 277 hấp phụ giảm rõ rệt. Thông thường, nhiệt độ tăng thì
 278 chuyển động nhiệt của các phân tử chất bị hấp phụ
 279 tăng, nếu tương tác giữa chất bị hấp phụ và bề mặt
 280 chất hấp phụ là tương tác hóa học thì liên kết này sẽ
 281 tăng làm hấp phụ tăng, nếu tương tác này là tương tác
 282 vật lý thì sẽ yếu đi do chuyển động nhiệt. Kết quả thực
 283 nghiệm trên cho thấy tương tác giữa TSHS và RhB chủ
 284 yếu là tương tác vật lý. Kết quả này phù hợp với nhận
 285 xét rút ra từ kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của pH tới

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

290 **Nghiên cứu các mô hình đẳng nhiệt hấp phụ**

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

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

306 **Nghiên cứu động học và nhiệt động học** 307 **quá trình hấp phụ**

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

312 Hình 5 cho thấy, hệ số tương quan giữa thực nghiệm
 313 và mô hình động học bậc 2 (0,999) cao hơn so với
 314 mô hình động học bậc 1 ở cả hai nhiệt độ nghiên
 315 cứu. Hằng số tốc độ phản ứng ở 298 K và 313 K
 316 theo lý thuyết xác định được lần lượt là 0,0363 và
 317 0,0134 (phút⁻¹.mg⁻¹.L). Từ đó xác định được năng
 318 lượng hoạt hóa quá trình hấp phụ RhB trên bề mặt
 319 TSHS theo phương trình (8) là -6,2 (kJ/mg.K). Hằng
 320 số cân bằng quá trình hấp phụ ở 298 K và 313 K tính
 321 theo phương trình (9) lần lượt là 15,5954 và 5,8625.
 322 Từ đó tính được năng lượng tự do ΔG_{298} , ΔG_{313} và
 323 $\Delta H_{(298 \div 313)}$ lần lượt là - 6,3 kJ; - 4,4 kJ và 39,5 kJ.
 324 Như vậy, quá trình hấp phụ là tự diễn biến ($\Delta G < 0$),
 325 thu nhiệt ($\Delta H > 0$); ngoài ra biến thiên entropy tính
 326 theo phương trình (10) trong quá trình hấp phụ luôn
 327 dương, quá trình xảy ra theo chiều tăng dần entropy.
 328 Nói cách khác, về mặt nhiệt động lực học, quá trình
 329 hấp phụ RhB trên bề mặt TSHS xảy ra thuận lợi về
 330 mặt năng lượng. Giá trị ΔH cho thấy bản chất lực hấp
 331 phụ thiên về lực hóa học, kết quả này phù hợp với kiểu
 332 động học bậc 2, tuy nhiên, không hoàn toàn phù hợp
 333 với mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich. Điều này
 334 có thể giải thích là lớp hấp phụ đầu tiên là lớp hấp phụ
 335 hóa học, làm thay đổi tính chất bề mặt chất hấp phụ

336 dẫn tới khả năng hấp phụ các lớp tiếp theo theo kiểu
 337 hấp phụ vật lý trên lớp hấp phụ thứ nhất, hình thành
 338 đa lớp hấp phụ theo mô hình Freundlich.

339 **KẾT LUẬN**

340 Than sinh học đã được tổng hợp thành công từ bã
 341 chưng cất tinh dầu sả theo phương pháp thủy nhiệt
 342 ở 240°C trong 5 h với tỷ lệ khối lượng bã sả/thể tích
 343 nước = 8 g/50 mL, sau đó được hoạt hóa bằng KOH
 344 5 M ở nhiệt độ phòng trong 24 h. Than có cấu trúc
 345 xốp, các lớp than mỏng chồng lên nhau; thành phần
 346 chính là C; trong vật liệu có mặt một số nhóm chức
 347 hữu cơ như C=O, O-H, C-O-C, điểm đẳng điện thấp
 348 (3,8) và bề mặt riêng trung bình $S_{BET} = 18,3 \text{ m}^2/\text{g}$. Vật
 349 liệu tổng hợp có khả năng hấp phụ chất màu RhB hiệu
 350 quả nhất trong môi trường trung tính. Khi hàm lượng
 351 vật liệu tăng, nồng độ RhB giảm thì hiệu suất hấp phụ
 352 tăng. Thời gian tiếp xúc tăng hiệu suất hấp phụ tăng,
 353 cân bằng hấp phụ đạt được ở khoảng 3 h. Nhiệt độ
 354 tăng hiệu suất hấp phụ giảm. Tại nồng độ RhB 10
 355 ppm, 10 g/L TSHS đạt hiệu suất hấp phụ cao nhất,
 356 khoảng 94%. Trong khoảng nồng độ nghiên cứu,
 357 dung lượng hấp phụ cực đại đạt 14,93 mg/g. Thực
 358 nghiệm hấp phụ phù hợp với mô hình đẳng nhiệt hấp
 359 phụ Freundlich và động học bậc hai. Quá trình hấp
 360 phụ có năng lượng hoạt hóa nhỏ, tự diễn biến, thu
 361 nhiệt, tăng entropy. Tương tác giữa vật liệu và RhB
 362 bao gồm cả tương tác vật lý và tương tác hóa học.

363 **DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT**

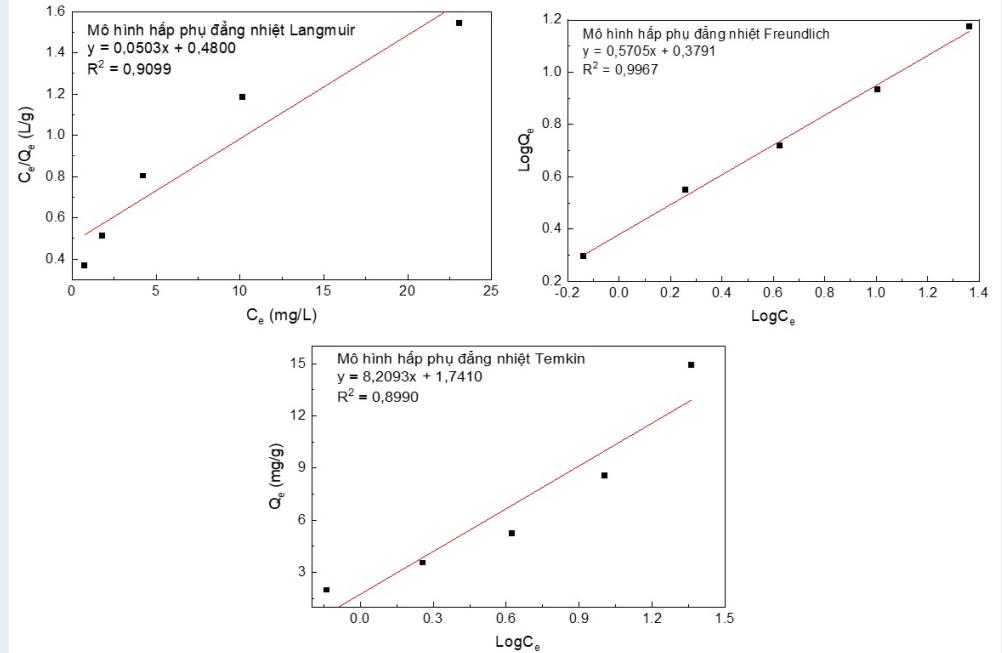
364 RhB: Rhodamine B.
 365 SEM-EDS: Scanning electron microscopy - energy
 366 dispersive pectroscopy.
 367 FTIR: Fourier transform infrared spectroscopy.
 368 BET: Brunauer- Emmet – Teller.
 369 TSH: Than sinh học
 370 TSHS: than sinh học từ bã sả

371 **XUNG ĐỘT LỢI ÍCH**

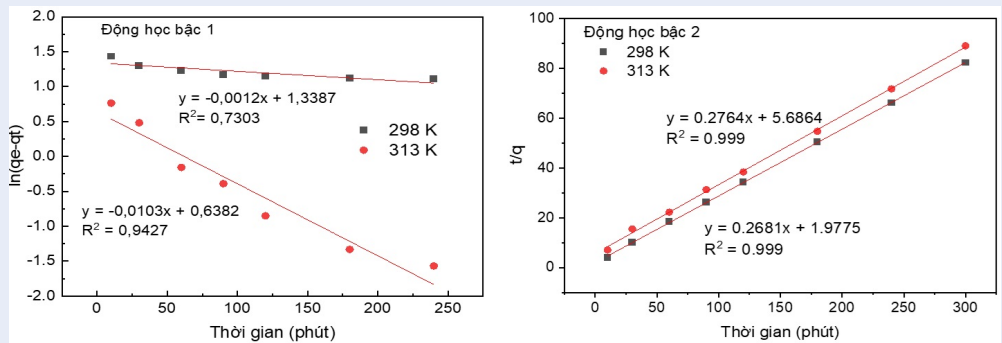
372 Các tác giả đồng ý không có bất kỳ xung đột lợi ích
 373 nào liên quan đến các kết quả đã công bố.

374 **ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ**

375 Diệp Thị Hồng Thắm thực hiện các thí nghiệm, thu
 376 thập, xử lý các dữ liệu và viết bản thảo.
 377 Trương Thị Thảo hỗ trợ xử lý các dữ liệu trình tự; đóng
 378 vai trò định hướng, lên kế hoạch nghiên cứu.
 379 Nguyễn Thị Hồng Hoa góp phần thảo luận các kết quả
 380 nghiên cứu, hoàn chỉnh bản thảo.



Hình 4: Mô hình hóa dữ liệu thực nghiệm theo các mô hình hấp phụ đẳng nhiệt



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

381 TÀI LIỆU THAM KHẢO

382 1. Lê Tiến Trường. Vai trò của kinh tế nhà nước trong xây dựng
383 nền kinh tế độc lập, tự chủ gắn với hội nhập quốc tế - từ góc
384 nhìn của ngành dệt may, da giày. Tạp chí Cộng sản. 2023;.
385 2. Khan WU, Ahmed S, Dhoble Y, Madhav S. A critical review
386 of hazardous waste generation from textile industries and associated ecological impacts. J Indian Chem Soc.
387 2022;100:100829;.
388 3. Rendón-Castrillón L, Ramírez-Carmona M, Ocampo-López C,
389 González-López F, Cuartas-Urbe B, Mendoza-Roca JA. Treatment
390 of water from the textile industry contaminated with indigo dye: A hybrid approach combining bioremediation and
391 nanofiltration for sustainable reuse. Case Stud Chem Environ
392 Eng. 2023;8:100498;.
393 4. Gupta R, Kushwaha A, Dave D, Mahanta NR. Waste management
394 in fashion and textile industry: Recent advances and trends, life-cycle assessment, and circular economy. In:
395
396
397

Emerging Trends to Approaching Zero Waste. Elsevier Inc.;
2022. p. 215-242;.
398
399 5. 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;.
400
401 6. 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;.
402
403 7. 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;.
404
405 8. Le QXT, Tran HQ, Trinh TH, Nguyen TD. Removal of Rhodamine B dye by plasma jet oxidation process. Commun Phys. 2021;31(1):95;.
406
407 9. Ghribi A, Bagane M. Removal of Congo Red and Rhodamine B dyes from aqueous solution by Fenton process: Opti-
408
409
410
411
412
413
414
415

- 416 mization of operational parameters. *Iran J Chem Chem Eng.*
417 2023;31(3):801–809;
- 418 10. Saravanan S, Kumar PS, Chitra B, Rangasamy G. Biodegrada-
419 tion of textile dye Rhodamine-B by *Brevundimonas diminuta*
420 and screening of their breakdown metabolites. *Chemo-*
421 *sphere.* 2022;308(1):136266;
- 422 11. Oyekanmi AA, Ahmad A, Hossain K, Rafatullah M. Adsorption
423 of Rhodamine B dye from aqueous solution onto acid-treated
424 banana peel: Response surface methodology, kinetics and
425 isotherm studies. *PLoS One.* 2019;14(5):e0216878;
- 426 12. Daouda A, Honorine AT, Bertrand NG, Richard D, Domga. Ad-
427 sorption of Rhodamine B onto orange peel powder. *Am J*
428 *Chem.* 2019;9(5):142–149;
- 429 13. Spagnuolo D, et al. Hydrochar from *Sargassum muticum*:
430 A sustainable approach for high-capacity removal of Rho-
431 damine B dye. *RSC Sustain.* 2023;1(6):1404–1415;
- 432 14. Guo X, Liu Z, Tong Z, Jiang N, Chen W. Adsorption of Rho-
433 damine B from an aqueous solution by acrylic-acid-modified
434 walnut shells: Characterization, kinetics, and thermodynam-
435 ics. *Environ Technol.* 2022;44(12):1691–1704;
- 436 15. Li X, Shi J, Luo X. Enhanced adsorption of Rhodamine B
437 from water by Fe-N co-modified biochar: Preparation, per-
438 formance, mechanism, and reusability. *Bioresour Technol.*
439 2021;343:126103;
- 440 16. Singh M, et al. Comparative assessment for removal of anionic
441 dye from water by different waste-derived biochar vis-a-vis
442 reusability of generated sludge. *Biochar.* 2022;4(1):13;
- 443 17. Zhang Z, Chen X, Wu F, Ji Y. High adsorption capability and
444 selectivity of ZnO nanoparticles for dye removal. *Colloids Surf*
445 *A Physicochem Eng Asp.* 2016;509:474–483;
- 446 18. Ghanim B, et al. Application of KOH-modified seaweed hy-
447 drochar as a biosorbent of vanadium from aqueous solution:
448 Characterisations, mechanisms and regeneration capacity. *J*
449 *Environ Chem Eng.* 2020;8(5):104176;
- 450 19. Lestari DI, Yuliansyah AT, Budiman A. Adsorption studies of
451 KOH-modified hydrochar derived from sugarcane bagasse for
452 dye removal: Kinetic, isotherm, and thermodynamic study.
453 *Commun Sci Technol.* 2022;7(1):15–22;
- 454 20. Sisuthog W, Attanatho L, Chaiya C. Conversion of empty fruit
455 bunches (EFBs) by hydrothermal carbonization towards hy-
456 drochar production. *Energy Reports.* 2022;8(16):242–248;
- 457 21. Potgieter JH, Pardesi C, Pearson S. A kinetic and thermody-
458 namic investigation into the removal of methyl orange from
459 wastewater utilizing fly ash in different process configura-
460 tions. *Environ Geochem Health.* 2021;43:2539–2550;

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*



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

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:

DOI :



Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access 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.* 2025; ():1-1.