

ỨNG DỤNG BIOCHAR-OXIT SẮT TỪ TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHỨA SAFRANIN-O

Đỗ Thị Mỹ Phượng¹, Ngô Ngọc Phương Ngân¹, Nguyễn Xuân Lộc^{1,*}

TÓM TẮT

Vật liệu biochar biến tính với oxit sắt từ (Fe_3O_4 -biochar) được tổng hợp bằng phương pháp nung rác thải sinh hoạt (RTSH) để phân hủy ở 500°C trong môi trường nitơ, sau đó cố định các oxit sắt lên bề mặt biochar sử dụng phương pháp đồng kết tủa hỗn hợp $\text{Fe}(\text{OH})_2$ và $\text{Fe}(\text{OH})_3$ được tạo ra từ tiền chất Fe^{2+} và Fe^{3+} trong môi trường kiềm. Khả năng hấp phụ Safranin-O (SO) trong nước thải của Fe_3O_4 -biochar được thực hiện trong các thí nghiệm theo mẻ. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ như pH, khối lượng vật liệu, thời gian và nồng độ ban đầu của ion SO đã được khảo sát. Kết quả nghiên cứu cho thấy, với nồng độ SO ban đầu 50 mg/L, pH 7, khối lượng Fe_3O_4 -biochar và thời gian hấp phụ 120 phút thì hiệu suất hấp phụ SO đạt 81,6% và lượng SO bị hấp phụ đạt 9,33 mg/g. Do đó, Fe_3O_4 -biochar có thể được tổng hợp từ RTSH để phân hủy theo phương pháp đơn giản và chi phí thấp và có thể ứng dụng vật liệu Fe_3O_4 -biochar cho việc loại bỏ cation màu Safranin O khỏi môi trường nước.

Từ khóa: Fe_3O_4 -biochar, hấp phụ, Safranin O, rác thải sinh hoạt để phân hủy

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quá trình đô thị hoá, cùng với việc tăng trưởng kinh tế và gia tăng dân số một cách nhanh chóng đang tạo ra lượng rác thải sinh hoạt (RTSH) nói chung và lượng RTSH để phân hủy nói riêng ngày càng tăng cao. RTSH để phân hủy chiếm tỷ lệ 50 - 70% trong RTSH, cùng với nhiệt độ cao của môi trường tự nhiên là nguyên nhân chính gây mùi hôi, là môi trường thuận lợi cho sự phát triển và lan truyền các loại côn trùng và động vật gây ảnh hưởng đến sức khỏe của cộng đồng [1]. Ngoài các hình thức xử lý truyền thống như chôn lấp hợp vệ sinh, đốt hay ủ phân thành đồng để sản xuất phân bón; RTSH để phân hủy còn được sử dụng để sản xuất than sinh học (còn gọi là biochar) [2, 3]. Theo định nghĩa, biochar là sản phẩm của quá trình nhiệt phân yếm khí các vật liệu hữu cơ, có tiềm năng đối với việc loại bỏ hợp chất hữu cơ, các chất hoạt động bề mặt, chất ô nhiễm dinh dưỡng từ các loại nước thải khác nhau và thân thiện với môi trường [4, 5].

Thuốc nhuộm tổng hợp là các phân tử thơm phức tạp, có khả năng hoà tan trong nước cao và khó bị phân hủy sinh học, ngoài ra sự hiện diện của chúng trong môi trường nước với số lượng lớn có thể ngăn cản quá trình khuếch tán oxy vào nước, làm cản trở lượng ánh sáng truyền qua môi trường nước và từ

đó có thể làm rối loạn quá trình quang hợp [6, 7]. Safranin O (SO) là một trong những loại thuốc nhuộm cation được sử dụng rộng rãi trong mô học và tế bào học. Do độc tính cao, không phân hủy sinh học, nước thải chứa SO có thể gây ra tác hại như quái thai, ung thư và đột biến gen cho con người [8], vì vậy SO trong nước thải cần phải được xử lý trước khi thải ra môi trường tự nhiên.

Mặc dù biochar có khả năng hấp phụ các thành phần ô nhiễm hữu cơ trong môi trường, tuy nhiên rất khó để tách biochar dạng bột ra khỏi dung dịch để tái sử dụng sau quá trình hấp phụ. Do đó, các hạt nano từ tính (Fe_3O_4) được kết hợp với biochar để tạo ra một loại vật liệu hấp phụ mới là Fe_3O_4 -biochar, là bước cải tiến quan trọng để tăng khả năng hấp phụ và khắc phục nhược điểm khó thu hồi của biochar [9, 10, 11]. Việc cố định các hạt Fe_3O_4 lên bề mặt biochar trở nên nổi bật trong việc áp dụng một từ trường ngoài hay nam châm để tách chất hấp phụ ra khỏi dung dịch, tái sử dụng vật liệu, do đó có thể sử dụng trong thời gian dài trên quy mô lớn và hiệu quả về kinh tế [12]. Do đó nghiên cứu này được thực hiện nhằm tạo ra vật liệu hấp phụ mới là Fe_3O_4 -biochar và ứng dụng trong việc loại bỏ Safranin O trong môi trường nước, đồng thời làm cho RTSH để phân hủy trở thành vật liệu thừa hữu ích, từ lãng phí thành một vật liệu hấp phụ thân thiện với môi trường.

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

*Email: nxloc@ctu.edu.vn

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hóa chất

Các hóa chất được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: axit clohidric (HCl), clorua sắt (II) ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), clorua sắt (III) ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), safranin O ($\text{C}_{20}\text{H}_{19}\text{ClN}_4$), natri hidroxit (NaOH), natri chloride (NaCl).

Chuẩn bị dung dịch safranin O (SO) có nồng độ 1.000 mg/L bằng cách cân 0,2 g SO dạng bột cho vào bình định mức 200 mL, cho nước cất vào và định mức đến vạch, sử dụng máy khuấy từ để làm hòa tan hoàn toàn lượng SO.

2.2. Vật liệu thí nghiệm

Chuẩn bị biochar: sau khi thu thập và phân loại, RTSH dễ phân hủy được rửa sạch bằng nước cất nhiều lần để loại bỏ bụi bẩn và tạp chất, cắt nhỏ và đem phơi khô ngoài ánh sáng mặt trời đến khi sinh khối giữa hai ngày liên tiếp thấp hơn 5% khối lượng tươi ban đầu thì tiến hành sấy ở 105°C đến khối lượng không đổi.

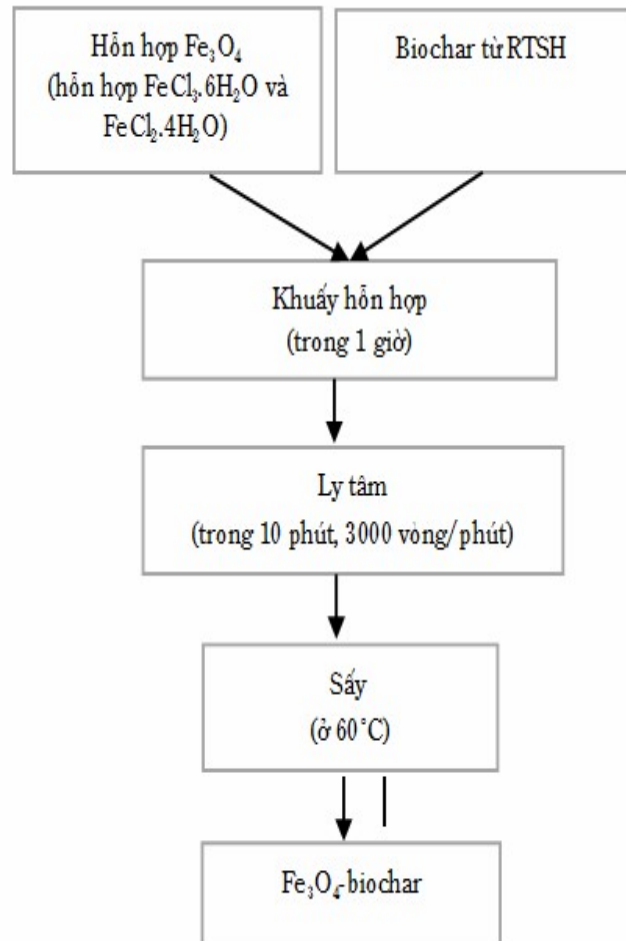
Rác được nghiền thành bột, sau khi sấy khô và được đem đi nhiệt phân trong lò nung (Model VMF 165, Yamada Denki, Adachi, Tokyo, Nhật Bản) ở nhiệt độ 500°C với tốc độ gia nhiệt 10°C/phút trong 2 giờ trong môi trường khí trơ nitơ. Chất rắn thu được biochar ở giai đoạn này thu gom và cho làm nguội ở nhiệt độ phòng.

Làm sạch bề mặt biochar: sau khi làm nguội ở nhiệt độ phòng, biochar được nghiền nhỏ, sàng đến kích thước hạt đạt yêu cầu (< 0,075 mm) và rửa bằng dung dịch HCl 0,1M và nước cất cho đến khi pH của dung dịch trong khoảng từ 6 đến 7. Sau đó, biochar được làm khô qua đêm ở 80°C và bảo quản trong chai thủy tinh đậy kín cho đến khi được sử dụng. Các mẫu thu được sau quá trình này gọi là biochar.

Tổng hợp vật liệu Fe_3O_4 -biochar: Fe_3O_4 -biochar từ RTSH dễ phân hủy được tổng hợp bằng phương pháp đồng kết tủa ở nhiệt độ cao, bằng cách trộn biochar với huyền phù của nhiều loại clorua sắt khác nhau và khuấy trong điều kiện rất kiềm (pH=10) để kết tủa Fe-hydroxit, theo quy trình được tóm tắt trong hình 1 [13].

Cụ thể hơn, Fe_3O_4 -biochar từ RTSH sẽ phân hủy được tổng hợp bằng cách sử dụng clorua sắt (II) và (III), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ và $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ với tỷ lệ 3:1, điều chỉnh pH đến 10 bằng dung dịch NaOH 5 mol/L.

Fe_3O_4 -biochar thu được bằng cách khuấy hỗn hợp này với biochar ở nhiệt độ 80°C trên máy khuấy từ trong 1 giờ. Hỗn hợp sau đó được tách bằng cách ly tâm ở 3.000 vòng/phút trong 10 phút và kết tủa được sấy khô ở 60°C đến khối lượng không đổi. Chất rắn sau đó được thu thập và xác định là Fe_3O_4 -biochar từ RTSH để phân hủy.



Hình 1. Quy trình tổng hợp Fe_3O_4 -biochar

2.3. Thí nghiệm hấp phụ

Hiệu suất hấp phụ SO của Fe_3O_4 -biochar và lượng SO bị hấp phụ được đánh giá trong các thí nghiệm hấp phụ theo mẻ. Tất cả các phép thử hấp phụ được tiến hành ba lần lặp lại, lấy kết quả trung bình và được theo dõi ở điều kiện phòng thí nghiệm. Trong một thí nghiệm điển hình, một lượng cố định của chất hấp phụ và 50 mL dung dịch SO được thêm vào ống ly tâm. Sau đó, đem đi lắc với tốc độ 60 vòng/phút. Sau thời gian hấp phụ (120 phút), lọc dung dịch lọc bằng giấy lọc Whatman No.6 để tách Fe_3O_4 -biochar và dung dịch. Sau cùng, dung dịch sau lọc được đem phân tích hàm lượng SO còn lại bằng máy quang phổ Shimadzu UV-1900 - Japan.

Để xác định các điều kiện thí nghiệm thích hợp, một loạt các thí nghiệm đã được thực hiện với sự thay đổi của pH dung dịch (từ 2 đến 10), khối lượng vật liệu hấp phụ (0,2 g đến 5 g), thời gian hấp phụ (1 đến 720 phút) và nồng độ SO (10 đến 200 mg/L).

Lượng SO bị hấp phụ được tính theo công thức sau:

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

Trong đó: Q là lượng SO bị hấp phụ trên một đơn vị khối vật liệu hấp phụ (mg/g); C_0 là nồng độ SO ban đầu (mg/L); C_e là nồng độ SO sau khi hấp phụ (mg/L); V là thể tích dung dịch (L); m là khối lượng vật liệu (g).

Hiệu suất hấp phụ SO:

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

Trong đó: H là hiệu suất hấp phụ (%); C_0 là nồng độ SO ban đầu (mg/L); C_e là nồng độ SO sau khi hấp phụ (mg/L).

2.4. Xử lý số liệu

Dùng phần mềm SPSS 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. Đặc trưng bề mặt vật liệu Fe_3O_4 -biochar

3.1.1. Ảnh SEM bề mặt vật liệu

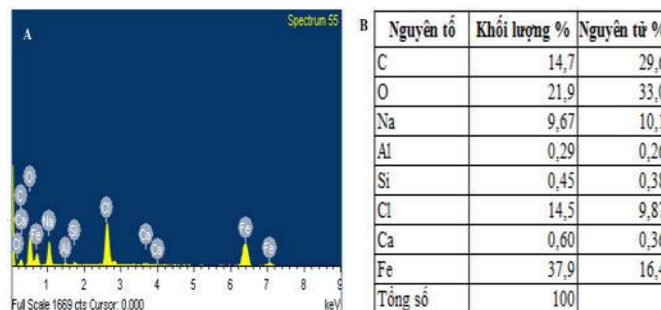
Kết quả chụp ảnh SEM bề mặt của vật liệu Fe_3O_4 -biochar được thể hiện trong hình 2. Kết quả thu được cho thấy, bề mặt vật liệu Fe_3O_4 -biochar vừa nhẵn vừa thô, có hình dạng không đều và sắp xếp một cách ngẫu nhiên, vô định hình, đồng thời bề mặt vật liệu đã xuất hiện nhiều tập hợp hạt nano trên bề mặt hơn, các hạt này được xác định chủ yếu là Fe_3O_4 (dựa trên kết quả phân tích EDX ở mục 3.1.2).



Hình 2. Ảnh SEM của Fe_3O_4 -biochar

3.1.2. Phổ EDX bề mặt vật liệu

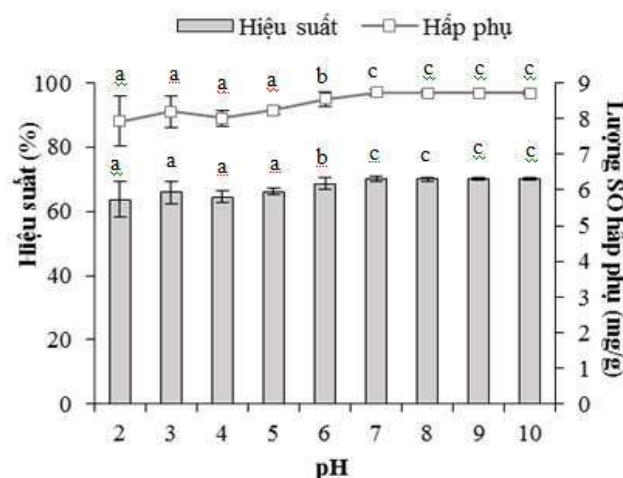
Kết quả phân tích EDX của Fe_3O_4 -biochar được trình bày trong hình 3A, trong khi phần tóm tắt tỷ lệ các nguyên tố được trình bày trong hình 3B. Kết quả phân tích thành phần nguyên tố cho thấy Fe_3O_4 -biochar chứa chủ yếu các nguyên tố C, O, Na và đặc biệt là Fe, với tỷ lệ các nguyên tố như sau: 29,6% C; 33% O; 10,1% Na và 16,4% Fe.



Hình 3. Phổ EDX (A) và thành phần nguyên tố (B) của Fe_3O_4 -biochar

3.2. Ảnh hưởng của pH

pH là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ, tác động đến điện tích bề mặt và khả năng hòa tan của chất hấp phụ [14]. Trong thí nghiệm này, ảnh hưởng của pH dung dịch đến khả năng hấp phụ SO của Fe_3O_4 -biochar được thực hiện trong khoảng 2 – 10 ở nhiệt độ phòng ($25 \pm 2^\circ C$), liều lượng chất hấp phụ là 0,2 g, thời gian tiếp xúc 120 phút và nồng độ SO ban đầu là 50 mg/L.



Hình 4. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất hấp phụ SO bởi Fe_3O_4 -biochar

Ghi chú: Những giá trị trong cùng một cột có ký tự (a, b, c) khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha=5\%$.

Có thể thấy rằng, hiệu suất hấp phụ của Fe_3O_4 -biochar và lượng SO bị hấp phụ tăng dần khi tăng pH từ 2 đến pH 10 (Hình 4). Cụ thể, khi tăng pH 2 đến pH 10, lượng SO bị hấp phụ tăng từ 7,93 mg/g lên 8,72 mg/g, đồng thời, hiệu suất hấp phụ tăng từ 63,7% lên 70,1%.

Điều này được giải thích dựa trên giá trị pH tại điểm không điện tích (pH_{pzc}). Giá trị pH_{pzc} của Fe_3O_4 -biochar được tìm thấy trong thực nghiệm là 8,23, dựa trên quy trình trước đó [13]. Trên lý thuyết, trong điều kiện $\text{pH} > \text{pH}_{\text{pzc}}$, bề mặt của chất hấp phụ tích nhiều điện tích âm hơn, do đó thúc đẩy cho sự kết hợp giữa chất hấp phụ với các thuốc nhuộm cation. Ngược lại, khi $\text{pH} < \text{pH}_{\text{pzc}}$, bề mặt chất hấp phụ mang điện tích dương hơn, do đó làm giảm sự kết hợp giữa chất hấp phụ với các thuốc nhuộm cation [14].

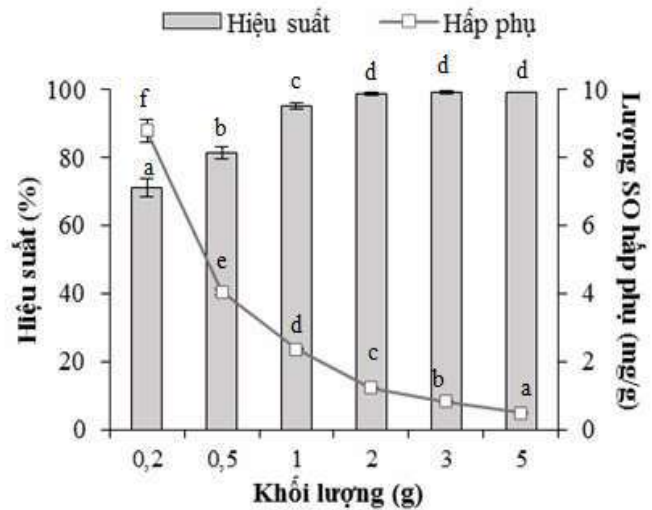
Tuy nhiên, kết quả thống kê cho thấy các nghiệm thức từ pH 7 khác biệt không có ý nghĩa ($\alpha < 0,05$) đối với giá trị pH 8, 9 và 10; nhưng lại khác biệt có ý nghĩa đối với các giá trị pH nhỏ hơn. Kết quả này chứng minh rằng khi ở pH kiềm, sẽ có một lượng lớn ion HO^- trong dung dịch có thể tham gia hấp phụ cạnh tranh với phân tử Safranin - O làm cho hiệu quả xử lý chậm lại và gần như đạt cân bằng. Kết quả pH dung dịch này phù hợp với nghiên cứu của Trinh và Phuong (2020), khi sử dụng Fe_3O_4 -biochar có nguồn gốc từ trấu, khi $\text{pH} > 7$ cũng dẫn đến hiệu suất hấp phụ methylen blue không tăng, thậm chí giảm nhẹ so với pH trung tính ($\text{pH} \sim 7$) [15]. Do đó, khoảng pH 7 là điều kiện pH phù hợp cho quá trình hấp phụ SO của Fe_3O_4 -biochar trong thí nghiệm này.

3.3. Ảnh hưởng của khối lượng

Bên cạnh điều kiện pH, khối lượng vật liệu hấp phụ cũng là một trong những yếu tố quyết định đến hiệu quả hấp phụ. Thí nghiệm này được thực hiện ở các khối lượng khác nhau (0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g và 0,5 g) trong điều kiện pH 7; thời gian hấp phụ 120 phút, nồng độ SO ban đầu 50 mg/L, tốc độ lắc 60 vòng/phút. Kết quả được trình bày ở hình 5.

Hình 5 cho thấy khối lượng Fe_3O_4 -biochar ảnh hưởng đến hiệu suất hấp phụ của Fe_3O_4 -biochar và lượng SO bị hấp phụ. Trong đó, khối lượng Fe_3O_4 -biochar tỷ lệ thuận với hiệu suất hấp phụ SO nhưng tỷ lệ nghịch với lượng SO bị hấp phụ. Khi tăng khối lượng Fe_3O_4 -biochar từ 0,2 g đến 5 g sẽ làm tăng hiệu suất hấp phụ SO từ 70,9% đến 99,2%; ngược lại lượng

SO bị hấp phụ giảm dần từ 8,78 mg/g xuống 0,49 mg/g.



Hình 5. Ảnh hưởng của khối lượng Fe_3O_4 -biochar

Ghi chú: Những giá trị trong cùng một cột có kí tự (a, b, c) khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha=5\%$.

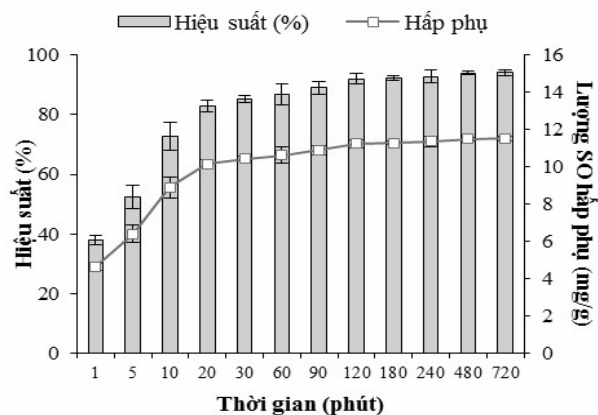
Điều này có thể được lý giải như sau: khi tăng khối lượng vật liệu hấp phụ thì sự cạnh tranh của ion SO lên các lỗ rỗng trên bề mặt vật liệu cũng tăng và làm tăng sự va chạm giữa các hạt làm giảm lượng hấp phụ của vật liệu. Vì tổng lượng SO trong dung dịch bị giới hạn, khi khối lượng vật liệu hấp phụ quá nhỏ, một lượng lớn SO có thể không được hấp phụ hiệu quả bởi vật liệu hấp phụ và dẫn đến hiệu suất hấp phụ SO thấp. Ngược lại, khối lượng vật liệu quá lớn có thể dẫn đến các điểm hấp phụ quá mức dẫn đến giảm SO hấp phụ bởi Fe_3O_4 -biochar [16].

Kết quả thống kê cho thấy ở nghiệm thức 0,2 g đạt hiệu suất hấp phụ SO là 70,9% với lượng SO bị hấp phụ là 8,78 mg/g (khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức các nghiệm thức từ 0,5 g đến 5 g). Do đó, để đảm bảo lượng SO bị hấp phụ ở mức độ hợp lý nhưng vẫn đảm bảo hiệu suất hấp phụ của Fe_3O_4 -biochar; khối lượng 0,2 g được chọn là khối lượng phù hợp cho thí nghiệm tiếp theo.

3.4. Ảnh hưởng của thời gian

Bên cạnh pH và khối lượng vật liệu hấp phụ thì thời gian hấp phụ cũng là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ. Ở thí nghiệm này, khả năng hấp phụ SO của vật liệu Fe_3O_4 -biochar được thực hiện ở các khoảng thời gian khác

nhau (1, 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 480 và 720 phút); ở pH 7; khối lượng Fe_3O_4 -biochar 0,2 g.



Hình 6. Ảnh hưởng của thời gian hấp phụ

Ghi chú: Những giá trị trong cùng một cột có kí tự (a, b, c) khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha=5\%$.

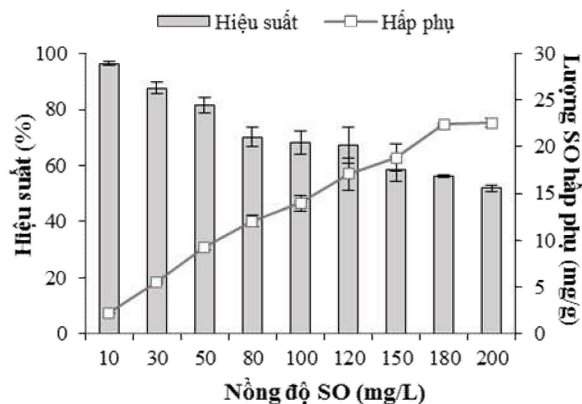
Hình 6 cho thấy, hiệu suất hấp phụ SO của Fe_3O_4 -biochar và lượng SO bị hấp phụ tỷ lệ thuận với thời gian hấp phụ. Thời gian hấp phụ càng lâu thì hiệu suất và lượng SO bị hấp phụ càng tăng. Cụ thể, trong 1 phút đến 120 phút đầu, hiệu suất hấp phụ SO tăng nhanh từ 37,9% đến 91,9% và lượng SO bị hấp phụ tăng nhanh từ 4,64 mg/g đến 11,3 mg/g. Từ 120 phút đến 720 phút, hiệu suất hấp phụ SO và lượng SO bị hấp phụ tăng chậm dần và tăng không đáng kể (11,3 mg/L lên 11,5 mg/L với hiệu suất 91,9% đến 94,1%). Điều này có thể là do số lượng tâm hấp phụ trống trên Fe_3O_4 -biochar có sẵn ở giai đoạn ban đầu lớn và do đó làm tăng chênh lệch nồng độ của SO trong dung dịch và bề mặt Fe_3O_4 -biochar. Sự gia tăng chênh lệch nồng độ này dẫn đến gia tăng tốc độ hấp phụ ở giai đoạn đầu. Tuy nhiên, khi chênh lệch nồng độ giảm thì tốc độ hấp phụ cũng giảm theo. Khi đạt đến trạng thái cân bằng, các cation SO đã lấp đầy bề mặt Fe_3O_4 -biochar nên không thể hấp phụ thêm được nữa [17].

Thời gian hấp phụ ở 120 phút đạt được lượng hấp phụ từ 11,3 mg/g và hiệu suất 91,9%, có sự khác biệt không có ý nghĩa với các nghiệm thức 180 phút và 240 phút. Từ đó, có thể kết luận rằng quá trình hấp phụ đạt trạng thái cân bằng ở nghiệm thức 120 phút.

3.4. Ảnh hưởng của nồng độ

Ngoài những nhân tố ảnh hưởng trên, nồng độ cũng là một trong những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ SO của vật liệu. Ở thí

nghiệm này, khả năng hấp phụ SO của vật liệu Fe_3O_4 -biochar được thực hiện ở nhiều nồng độ khác nhau (10 mg/L; 30 mg/L; 50 mg/L; 80 mg/L; 100 mg/L; 120 mg/L; 150 mg/L; 180 mg/L và 200 mg/L) trong điều kiện pH 7, khối lượng Fe_3O_4 -biochar 0,2 g và thời gian hấp phụ 120. Kết quả được trình bày ở hình 7.



Hình 7. Ảnh hưởng của nồng độ SO

Ghi chú: Những giá trị trong cùng một cột có kí tự (a, b, c) khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha=5\%$.

Có thể thấy rằng, khi nồng độ SO ban đầu càng cao thì lượng SO bị hấp phụ càng tăng, ngược lại hiệu suất hấp phụ của Fe_3O_4 -biochar càng giảm. Khi nồng độ SO tăng từ 10 mg/L đến 200 mg/L thì lượng SO bị hấp phụ tăng từ 2,25 mg/g đến 22,6 mg/g, nhưng hiệu suất hấp phụ của Fe_3O_4 -biochar giảm từ 96,4% xuống 52%. Khi tăng khối lượng Fe_3O_4 -biochar đã làm tăng khả năng hình thành các tập hợp hạt vật liệu, từ đó giảm diện tích bề mặt vật liệu dành cho các phân tử ion SO, trong khi lượng Fe_3O_4 -biochar ít thì diện tích bề mặt riêng sẽ thấp, dẫn đến hiệu suất hấp phụ SO không cao [18].

Kết quả thống kê cho thấy đối với nghiệm thức ở nồng độ 50 mg/L thì hiệu suất hấp phụ đạt 81,6% (khác biệt không có ý nghĩa với nghiệm thức 180 mg/L) với lượng SO bị hấp phụ 9,33 mg/g (khác biệt có ý nghĩa với các nghiệm thức còn lại). Đối với các nghiệm thức có nồng độ lớn hơn 50 mg/L, lượng SO bị hấp phụ tăng nhưng không đáng kể và hiệu suất hấp phụ giảm đáng kể đối với các nghiệm thức còn lại. Do đó nồng độ SO thích hợp được chọn cho quá trình thí nghiệm là 50 mg/L.

4. KẾT LUẬN

Tổng hợp thành công vật liệu Fe_3O_4 -biochar từ RTSH dễ phân hủy và tiền chất là hỗn hợp muối sắt

Fe^{2+} và Fe^{3+} trong môi trường kiềm. Các yếu tố như pH dung dịch, khối lượng vật liệu hấp phụ, thời gian hấp phụ và nồng độ SO ban đầu ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ SO của Fe_3O_4 -biochar. Tại nồng độ SO ban đầu 50 mg/L, pH 7, khối lượng Fe_3O_4 -biochar và thời gian hấp phụ 120 phút thì hiệu suất hấp phụ SO đạt 81,6% với lượng SO bị hấp phụ 9,33 mg/g. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy triển vọng ứng dụng biochar biến tính với oxit sắt từ trong xử lý nước thải chứa thuốc nhuộm Safranin-O.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Văn Tới, Nguyễn Thành Trung, Đỗ Văn Mạnh, Chang-Ping Yu, & Chung-Tu Guan (2021). Tổng quan các công nghệ tiền xử lý để cải thiện quá trình phân hủy kỵ khí của chất thải rắn hữu cơ. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 15(4V), 71-86.
2. Hersh, B., & Mirkouei, A. (2019). *Life cycle assessment of pyrolysis-derived biochar from organic wastes and advanced feedstocks*. In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (Vol. 59223, p. V004T05A014). American Society of Mechanical Engineers.
3. Adebawale, K., Egbedina, A., & Shonde, B. (2020). *Adsorption of lead ions on magnetically separable Fe_3O_4 watermelon composite*. Applied Water Science, 10(10), 1-8.
4. Dalahmeh, S. S., Jönsson, H., Hylander, L. D., Hui, N., Yu, D., & Pell, M. (2014). *Dynamics and functions of bacterial communities in bark, charcoal and sand filters treating greywater*. Water research, 54, 21-32.
5. Tuan, H. T., Lin, C., Bui, X. T., Nguyen, M. K., Cao, N. D. T., Mukhtar, H., ... & Nghiem, L. D. (2022). *Phthalates in the environment: characteristics, fate and transport, and advanced wastewater treatment technologies*. Bioresource Technology, 344, 126249.
6. Daneshvar, E., Kousha, M., Koutahzadeh, N., Sohrabi, M. S., & Bhatnagar, A. (2013). *Biosorption and bioaccumulation studies of acid Orange 7 dye by Ceratophyllum demersum*. Environmental Progress & Sustainable Energy, 32(2), 285-293.
7. Daneshvar, E., Sohrabi, M. S., Kousha, M., Bhatnagar, A., Aliakbarian, B., Converti, A., & Norrström, A. C. (2014). *Shrimp shell as an efficient bioadsorbent for Acid Blue 25 dye removal from aqueous solution*. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 45(6), 2926-2934.
8. Liu, B., Wang, D., Yu, G., & Meng, X. (2013). Adsorption of heavy metal ions, dyes and proteins by chitosan composites and derivatives-A review. *Journal of Ocean University of China*, 12(3), 500-508.
9. Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Ngo, H. H., Guo, W., & Chen, M. (2016). *Progress in the preparation and application of modified biochar for improved contaminant removal from water and wastewater*. Bioresource technology, 214, 836-851.
10. Tan, X. F., Liu, Y. G., Gu, Y. L., Xu, Y., Zeng, G. M., Hu, X. J., ... & Li, J. (2016). *Biochar-based nano-composites for the decontamination of wastewater: a review*. Bioresource technology, 212, 318-333.
11. Chen, X. L., Li, F., Xie, X. J., Li, Z., & Chen, L. (2019). Nanoscale zero-valent iron and chitosan functionalized Eichhornia crassipes biochar for efficient hexavalent chromium removal. *International journal of environmental research and public health*, 16(17), 3046.
12. Vidovix, T. B., Quesada, H. B., Bergamasco, R., Vieira, M. F., and Vieira, A. M. S. (2021). Adsorption of Safranin-O dye by copper oxide nanoparticles synthesized from Punica granatum leaf extract. *Environmental Technology*, 1-17.
13. Sun, P., Hui, C., Khan, R. A., Du, J., Zhang, Q., & Zhao, Y. H. (2015). *Efficient removal of crystal violet using Fe 3 O 4-coated biochar: the role of the Fe 3 O 4 nanoparticles and modeling study their adsorption behavior*. Scientific reports, 5(1), 1-12.
14. Phuong, D. T. M., & Loc, N. X. (2022). *Rice Straw Biochar and Magnetic Rice Straw Biochar for Safranin O Adsorption from Aqueous Solution*. Water, 14(2), 186.
15. Trinh, D. T., & Phuong, T. H. N. (2020). *Synthesis of Magnetic Biochar and Their Application for the Treatment of Methylene Blue in Water*. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 36(1).
16. Zhu, Z., Zeng, H., Zhu, Y., Yang, F., Zhu, H., Qin, H., & Wei, W. (2013). *Kinetics and thermodynamic study of phosphate adsorption on*

- the porous biomorph-genetic composite of α - $Fe_2O_3/Fe_3O_4/C$ with eucalyptus wood microstructure*. Separation and Purification Technology, 117, 124-130.
17. Wang, L., Wang, J., He, C., Lyu, W., Zhang, W., Yan, W., & Yang, L. (2019). *Development of rare earth element doped magnetic biochars with enhanced phosphate adsorption performance*. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 561, 236-243.
18. Hao, V. N., Van, H. T., Nguyen, V. Q., Dam, X. V., Hoang, L. P., & Ha, L. T. (2020). Magnetic Fe_3O_4 nanoparticle biochar derived from pomelo peel for reactive Red 21 adsorption from aqueous solution. *Journal of chemistry*, 2020.

APPLICATION OF BIOCHAR MODIFIED WITH MAGNETITE NANOPARTICLES FOR SAFRANIN-O REMOVAL FROM WATER

Do Thi My Phuong, Ngo Ngoc Phuong Ngan, Nguyen Xuan Loc

Summary

Biodegradable domestic solid waste biochar was made by pyrolysis in a furnace at 500°C, using a heating rate of 10°C/min for 2 h in an oxygen limited environment, whilst the magnetic biochar (Fe_3O_4 -biochar) was produced via the chemical precipitation of Fe^{2+} and Fe^{3+} . The adsorption capacity of Safranin-O (SO) in water of Fe_3O_4 -biochar was performed in batch adsorption experiments. Factors affecting adsorption process such as pH, material dosage, adsorption time, and initial concentration of SO ions were investigated. The results showed that, with the initial SO concentration of 50 mg/L, pH 7, the dosage of Fe_3O_4 -biochar and the adsorption time of 120 min, the SO adsorption efficiency reached 81.6% and the amount of SO absorbed was 9.33 mg/g. The obtained results show that Fe_3O_4 -biochar can be synthesized easily from biodegradable domestic solid waste and can be used as an adsorbent material for the removal of cation dye Safranin-O from aqueous medium.

Keywords: *Adsorption, biodegradable domestic solid waste, Fe_3O_4 -biochar, Safranin-O.*

Người phản biện: PGS.TS. Lê Đức

Ngày nhận bài: 30/8/2022

Ngày thông qua phản biện: 15/9/2022

Ngày duyệt đăng: 22/9/2022