

BIẾN TÍNH BỀ MẶT VẬT LIỆU CARBON HOẠT TÍNH TỔNG HỢP TỪ LỖI NGÔ BẰNG OXIDE SẮT VÀ ỨNG DỤNG GIẢM ĐỘ MẶN CỦA NƯỚC BIỂN, NƯỚC LỢ

Nguyễn Hồ Ngọc Thư¹, Phan Thị Uyên Phương¹,
Nguyễn Hòa Hưng¹, Bùi Thị Hoàng Diễm², Nguyễn Đức Vũ Quyên^{2*}

¹Trường THPT Chuyên Khoa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

²Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: ndvquyen@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 18/12/2025; ngày hoàn thành phản biện: 22/12/2025; ngày duyệt đăng: 24/12/2025

TÓM TẮT

Trong bài báo này, vật liệu carbon hoạt tính được tổng hợp từ phế phẩm nông nghiệp là lõi ngô và được biến tính bề mặt bằng oxide sắt. Vật liệu được phân tích đặc trưng bằng những phương pháp phân tích hóa lý hiện đại như nhiễu xạ tia X (XRD), phổ Raman, hiển vi điện tử quét (SEM), hiển vi điện tử truyền qua (TEM), hấp phụ và khử hấp phụ nitrogen (BET). Nghiên cứu cho thấy vật liệu carbon hoạt tính sau khi biến tính bề mặt bằng oxide sắt ($5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$) có khả năng hấp phụ chloride tốt hơn so với vật liệu chưa biến tính. Vật liệu $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ đã được sử dụng để chế tạo cột hấp phụ và ứng dụng giảm độ mặn của nước biển và nước lợ ở vùng biển Thuận An. Qua 3 lần chảy qua cột đối với nước biển (25‰) và qua hai lần chảy qua cột đối với nước lợ (15‰), độ mặn của nước hầu như không còn.

Từ khóa: carbon hoạt tính, oxide sắt, nước biển, nước lợ, hấp phụ.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, nguồn nước ngọt sử dụng cho sinh hoạt và trồng trọt đang ngày càng bị suy giảm do dân số tăng nên lượng nước sử dụng ngày càng nhiều trong khi đó lượng nước ngọt bị ô nhiễm bởi các hoạt động công nghiệp ngày càng tăng. Nhiều phương pháp xử lý nước bị ô nhiễm để tái tạo nguồn nước sạch đã được nghiên cứu và ứng dụng như hấp phụ các chất ô nhiễm, xúc tác quang phân hủy các chất ô nhiễm thành các sản phẩm không gây hại, xử lý sinh học...[1], [2] Bên cạnh đó, đã có những nghiên cứu kỹ thuật giảm độ mặn để biến nước biển và nước lợ thành nước ngọt sử dụng làm nước sinh hoạt và tưới tiêu trồng trọt cho những quốc gia thiếu nước ngọt [3]. Hiện nay, hai

kỹ thuật chính được thực hiện là sử dụng màng thẩm thấu ngược (RO) và chưng cất, tuy nhiên, kỹ thuật sử dụng màng RO đòi hỏi nước đầu vào cần được tiền xử lý để tránh tắt màng bởi cặn, chất lượng nước không cao, tỷ lệ thu hồi nước thấp (khoảng 40-50%), kỹ thuật chưng cất có thể cho nguồn nước với độ tinh khiết cao, xử lý nước đầu vào dễ dàng nhưng tiêu thụ điện năng quá lớn, chi phí vận hành cao [4], [5]. Việc giảm độ mặn nước biển và nước lợ được thực hiện bằng phương pháp hấp phụ với vật liệu thân thiện môi trường bước đầu cho thấy không đòi hỏi phải tiền xử lý nước biển hay nước lợ ban đầu, chi phí năng lượng để tổng hợp vật liệu không lớn, đặc biệt, khả năng hấp phụ khá hiệu quả và quy trình đơn giản [3], [6].

Vật liệu carbon hoạt tính (AC) là một trong những lựa chọn ưu tiên bởi rất nhiều nghiên cứu đã chứng minh khả năng hấp phụ rất tốt của vật liệu nhờ diện tích bề mặt rất lớn hoàn toàn không gây độc đối với môi trường [1]. AC có thể được tổng hợp từ những nguồn nguyên liệu tự nhiên là các phế thải nông nghiệp như rơm lúa mì, rơm ngô, bã mía, gỗ bạch dương, bã bông, bã ô liu, bạch đàn, vỏ trấu,...[1], [2], [3]. Hiện nay, các nguồn phế thải nông nghiệp này ngày càng được thải ra nhiều do quá trình sử dụng các sản phẩm nông nghiệp thường xuyên và có sự gia tăng. Trong số các phế thải nông nghiệp, lõi ngô là một trong những phế thải chủ yếu được thải ra môi trường mà không qua xử lý. Xuất phát từ lý do này, chúng tôi đưa ra ý tưởng biến phế thải nông nghiệp lõi ngô thành vật liệu carbon hoạt tính có lợi phục vụ cho mục đích xử lý môi trường như hấp phụ các chất ô nhiễm trong môi trường nước, đặc biệt làm giảm độ mặn của nước biển và nước lợ để sử dụng cho tưới tiêu trồng trọt.

Việc sử dụng vật liệu AC để giảm độ mặn của nước biển và nước lợ vẫn còn nhiều hạn chế do tính chất kỵ nước của vật liệu nên hạn chế sự hấp phụ các ion âm và dương có trong nước biển. Một số nghiên cứu đề cập đến sự biến tính bề mặt vật liệu carbon hoạt tính là một phương án cải thiện hiệu quả khả năng hấp phụ ion của vật liệu [7], [8].

Trong bài báo này các đặc trưng của vật liệu AC tổng hợp từ lõi ngô và được biến tính bề mặt bằng oxide sắt đã được làm rõ bằng các phương pháp phân tích hóa lý hiện đại. Ảnh hưởng của pH và liều lượng vật liệu AC biến tính bằng oxide sắt ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$) đã được khảo sát. Đồng thời, thử nghiệm sử dụng vật liệu để giảm độ mặn nước biển và nước lợ thực tế đã được thực hiện.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất

Lõi ngô được thu thập ở phường Kim Long, thành phố Huế. Muối Mohr $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, HNO_3 65%, NaOH , NaCl , khí N_2 , nước biển và nước lợ ở vùng biển Thuận An.

2.2. Thiết bị

Phân tích XRD được thực hiện trên máy nhiễu xạ tia X RINT2000/PC (Rigaku, Nhật Bản) với $\lambda_{\text{CuK}\alpha} = 1,5406 \text{ \AA}$. Ảnh SEM và TEM được ghi lại trên thiết bị hiển vi điện tử S-4800 (Hitachi, Nhật Bản). Diện tích bề mặt riêng BET được xác định trên máy Micromeritics ASAP 2020. Phổ Raman được phân tích trên máy RAM HR800 (hãng Horiba). Thí nghiệm tổng hợp và biến tính vật liệu carbon hoạt tính được thực hiện trong lò nung môi trường khí N_2 .

2.3. Tổng hợp vật liệu carbon hoạt tính



Hình 1. Lõi ngô



Hình 2. Carbon hoạt tính tổng hợp từ lõi ngô

Carbon hoạt tính được tổng hợp từ lõi ngô bằng phương pháp hoạt hóa. Lõi ngô (hình 1) được rửa sạch, cắt nhỏ và phơi khô tự nhiên, sau đó, được carbon hóa ở 400°C trong môi trường khí N_2 để tránh sự oxi hóa carbon. Lõi ngô sau khi được carbon hóa được ngâm, khuấy và nấu ở 200°C trong dung dịch NaOH 2 M trong 4 giờ và ngâm ở nhiệt độ thường trong 12 giờ với mục đích loại hết silicon có trong tro lõi ngô. Carbon lõi ngô được lọc lấy, rửa sạch bằng nước cất cho đến pH trung tính, sấy ở 100°C trong 24 giờ và sau đó được nung hoạt hóa ở 700°C trong môi trường khí N_2 trong 1 giờ. Quá trình hoạt hóa tiếp theo được thực hiện với tác nhân hoạt hóa là dung dịch HNO_3 với mục đích loại kim loại có trong lõi ngô và tạo các lỗ xốp, carbon lõi ngô được ngâm, khuấy trong dung dịch HNO_3 0,1 M trong 4 giờ ở nhiệt độ 80°C . Vật liệu được lọc lấy, rửa sạch bằng nước cất cho đến pH trung tính, sấy ở 100°C trong 24 giờ và sau đó được nung hoạt hóa ở 700°C trong môi trường khí N_2 trong 1 giờ để thu lấy carbon hoạt tính (Hình 2).

2.4. Biến tính bề mặt vật liệu carbon hoạt tính

Vật liệu carbon hoạt tính được biến tính bề mặt bằng oxide sắt ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$) từ muối Mohr. Vật liệu carbon hoạt tính được trộn đều với muối rắn $(\text{NH}_4)_2\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sao cho phần trăm khối lượng Fe_3O_4 5,59%. Hỗn hợp được nghiền mịn và trộn thật đều trước

khí nung trong môi trường khí N_2 ở $750^\circ C$ trong 1 giờ với tốc độ gia nhiệt $5^\circ C/phút$ để thu được vật liệu $5,59Fe_3O_4/AC$.

2.5. Các phương pháp thực nghiệm

Hàm lượng chloride trong nước được xác định bằng phương pháp Mohr bằng dung dịch $AgNO_3$ với chỉ thị màu là K_2CrO_4 . Phản ứng tạo kết tủa $AgCl$ xảy ra trước, sau đó, khi hết ion Cl^- , ion Ag^+ dư sẽ phản ứng với chỉ thị tạo kết tủa Ag_2CrO_4 màu đỏ gạch.

Hàm lượng sodium trong nước được xác định bằng phương pháp phổ khối plasma cảm ứng trên thiết bị 7900-ICPMS (Nhật Bản).

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ chloride của vật liệu: Mười bình tam giác 100 mL chứa 20 mL dung dịch NaCl nồng độ 50 mg/L được khuấy đều với 0,1 g Fe_3O_4/AC trong 3 giờ sau khi được điều chỉnh pH thay đổi lần lượt là 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 bằng dung dịch HNO_3 và $NaOH$ 0,1 M. Nồng độ chloride được xác định sau quá trình hấp phụ. Hiệu suất hấp phụ được xác định dựa vào công thức (1) để lựa chọn pH thích hợp.

$$H(\%) = \frac{m_{Cl^- \text{ sau hấp phụ}}}{m_{Cl^- \text{ ban đầu}}} \cdot 100 \quad (1)$$

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của liều lượng vật liệu đến hiệu suất hấp phụ chloride của vật liệu: Quá trình khảo sát ảnh hưởng của liều lượng vật liệu được thực hiện ở bốn nồng độ ban đầu của NaCl lần lượt là 50, 100, 1000 và 10000 mg/L. Ở nồng độ 50 và 100 mg/L, liều lượng vật liệu Fe_3O_4/AC được thay đổi lần lượt là 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5 g/L. Đối với nồng độ 1000 và 10000 mg/L, quá trình khảo sát được thực hiện ở các liều lượng lần lượt là 25; 30; 40; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 100; 150; 165; 175; 200; 210; 225 g/L.

Thí nghiệm thử nghiệm chế tạo cột hấp phụ chứa vật liệu Fe_3O_4/AC để giảm độ mặn của nước biển và nước lợ: Nước biển được lấy ở Biển Thuận An, Huế có độ mặn là 25‰ (tương đương 22,80 g NaCl trong 1 Lít nước biển). Nước lợ được lấy ở cửa biển Thuận An, thuộc đầm phá Tam Giang, Huế có độ mặn là 15‰ (tương đương 13,68 g NaCl trong 1 Lít nước lợ).

Cột hấp phụ mini được chuẩn bị như sau:

- + Trước khi được đưa vào cột, vật liệu Fe_3O_4/AC được trộn với cát tiêu chuẩn (cát thí nghiệm xi măng) với tỷ lệ khối lượng xác định;

- + Cột được phủ một lớp bông y tế ở đáy và được lấp đầy bằng hỗn hợp cát và vật liệu đến một thể tích xác định;

- + Một lớp bông y tế được phủ lên mặt trên của hỗn hợp.

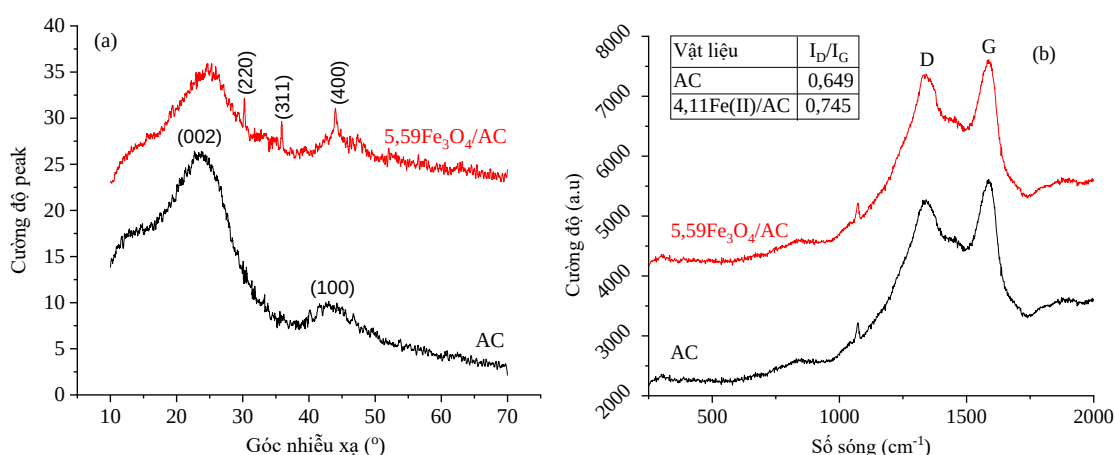
Nước biển/nước lợ được cho chảy qua cột để quá trình hấp phụ diễn ra. Nước

thu được sau khi đi qua cột được xác định độ mặn bằng máy đo độ mặn để đánh giá khả năng làm giảm độ mặn của vật liệu $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$.

Lý do cát được sử dụng để chuẩn bị cột hấp phụ là do vật liệu có độ mịn rất cao, nên khi chỉ sử dụng vật liệu để chuẩn bị cột hấp phụ, nước không chảy qua cột được. Do vậy, để đánh giá khả năng làm giảm độ mặn của vật liệu, cột hấp phụ chỉ chứa cát được chuẩn bị tương tự để so sánh.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc trưng vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$



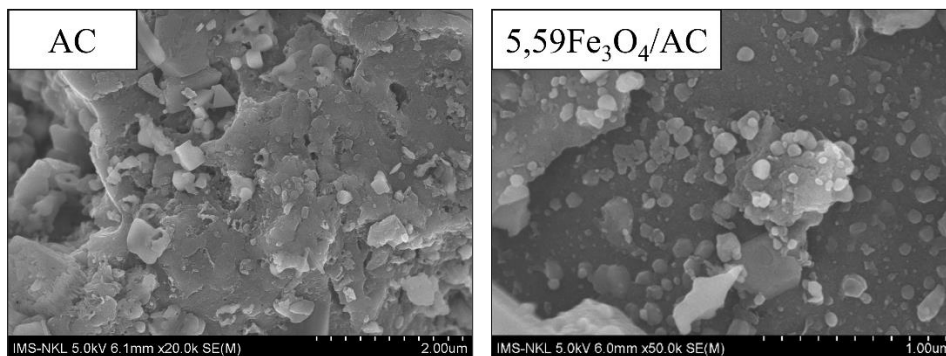
Hình 3. Giản đồ XRD (a) và phổ Raman (b) của vật liệu AC và $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$.

Kết quả phân tích giản đồ XRD của vật liệu AC và $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ được trình bày ở hình 3(a) cho thấy các peak đặc trưng của Fe_3O_4 xuất hiện ở các góc nhiễu xạ $30,3^\circ$; $35,8^\circ$ và $43,9^\circ$ tương ứng lần lượt với các mặt tinh thể (220), (311) và (400) đối với giản đồ mẫu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ cùng với hai peak rộng đặc trưng của AC tại khoảng góc nhiễu xạ $20-26^\circ$ và $41-45^\circ$ tương ứng lần lượt các mặt tinh thể (002) và (100) [9]. Hai peak rộng của AC cũng đều xuất hiện trên giản đồ XRD của vật liệu AC. Điều này cho thấy sự có mặt của carbon hoạt tính và Fe_3O_4 trong vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$.

Sự biến tính bề mặt của AC bằng oxide sắt Fe_3O_4 đã làm tăng sự mất trật tự hay khuyết tật của cấu trúc vật liệu. Điều này thể hiện ở phổ Raman của vật liệu như trình bày ở hình 3(b). Hai peak đặc trưng cho carbon vô định hình và độ mất trật tự hay khuyết tật của vật liệu được thể hiện trên phổ Raman là peak G (G=graphite) ở 1589 cm^{-1} và peak D (D=disorder/hỗn loạn) ở 1337 cm^{-1} . Mức độ khuyết tật của cấu trúc vật liệu được đánh giá qua tỷ lệ cường độ của peak D và G (I_D/I_G). Tỷ số này càng lớn, mức độ khuyết tật và mất trật tự của vật liệu càng cao. Tỷ lệ I_D/I_G của vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ cao hơn AC khẳng định sự có mặt của Fe_3O_4 trên bề mặt vật liệu đã làm tăng mức độ khuyết tật của vật liệu

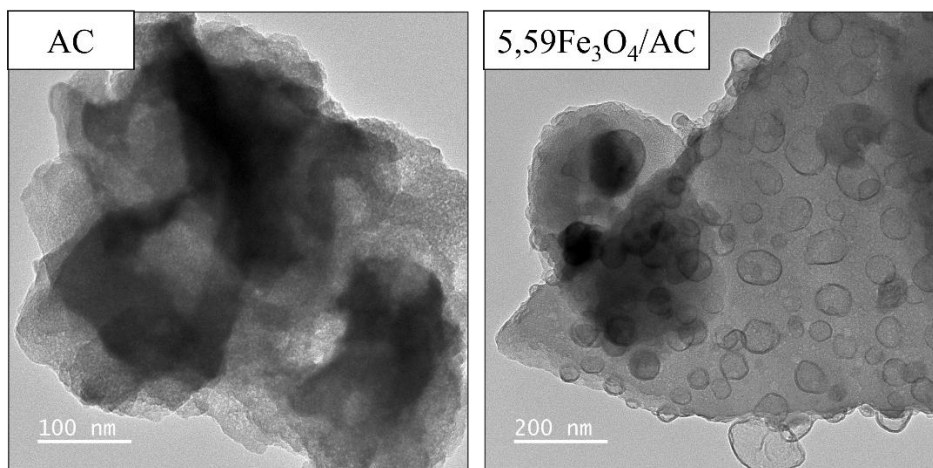
AC, tuy nhiên, sự chênh lệch không lớn do hàm lượng Fe_3O_4 trên vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ thấp.

Diện tích bề mặt BET đo được của vật liệu AC và các vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ đo được lần lượt là 422,61 và 270,93 m^2/g . Có thể thấy sự biến tính bề mặt AC bằng muối Morh đã làm lấp đầy một số lỗ xốp của vật liệu AC nên diện tích bề mặt BET giảm.

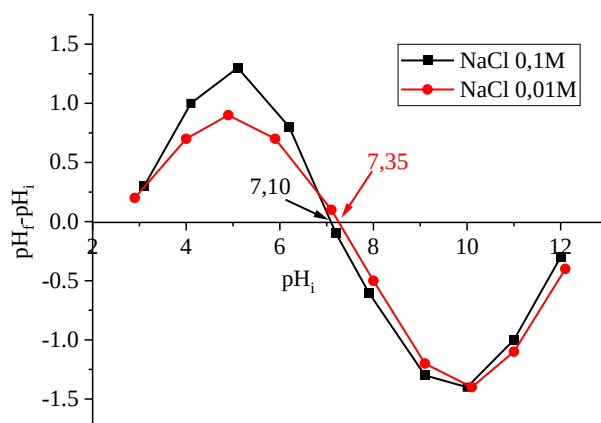


Hình 4. Ảnh SEM vật liệu AC và $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$.

Ảnh SEM của vật liệu AC và $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ được trình bày ở hình 4 đã cho thấy cấu trúc xốp của vật liệu AC và sự phân bố khá đồng đều của các hạt Fe_3O_4 trên bề mặt của vật liệu AC. Kích thước hạt của Fe_3O_4 dao động từ 30-70 nm. Sự phân bố đồng đều của Fe_3O_4 trên bề mặt vật liệu AC còn được chứng minh qua ảnh TEM của vật liệu như trình bày ở hình 5. Với kích thước hạt nano từ 30-70 nm, hoạt tính hấp phụ Cl^- của các tâm hấp phụ được tạo thành từ hạt nano Fe_3O_4 càng được thúc đẩy.



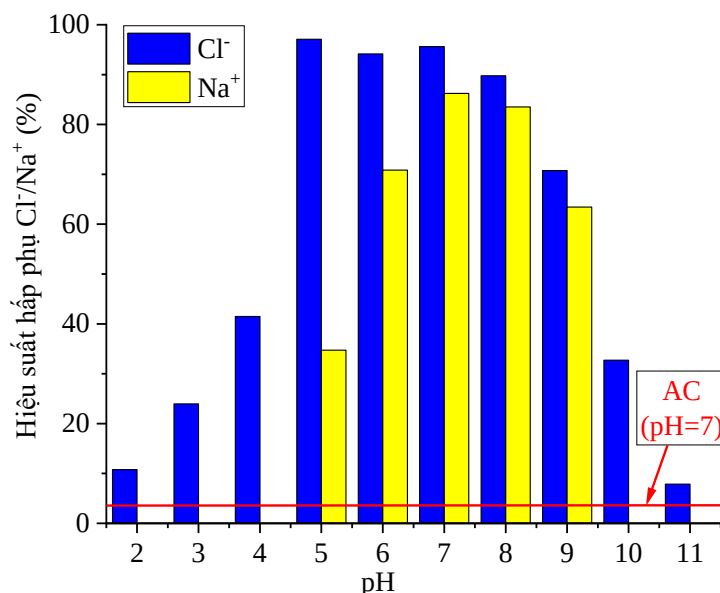
Hình 5. Ảnh TEM của vật liệu AC và $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$.



Hình 6. Sơ đồ xác định điểm PZC của vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$.

Điểm điện tích không là một trong những đặc tính quan trọng của chất hấp phụ. Hình 6 hiển thị dữ liệu để xác định điểm tích điện không của vật liệu AC. Các đường cong biểu diễn sự phụ thuộc của $\text{pH}_f - \text{pH}_i$ vào pH_i trong dung dịch NaCl 0,1 M và 0,01 M cắt trục hoành lần lượt ở $\text{pH} = 7,1$ và $7,35$. Hai giao điểm thu được khá gần nhau nên có thể coi sự khác biệt giữa chúng là do sai số thực nghiệm. Giá trị điểm tích điện không của vật liệu AC được xác định vào khoảng $7,23$.

3.2. Ảnh hưởng của pH và liều lượng vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ đến khả năng hấp phụ chloride của vật liệu

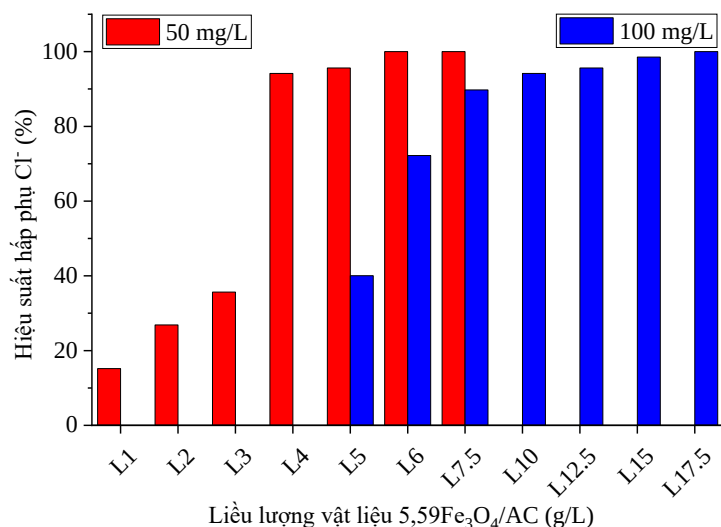


Hình 7. Hiệu suất hấp phụ Cl^- của vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ ở những pH khác nhau.

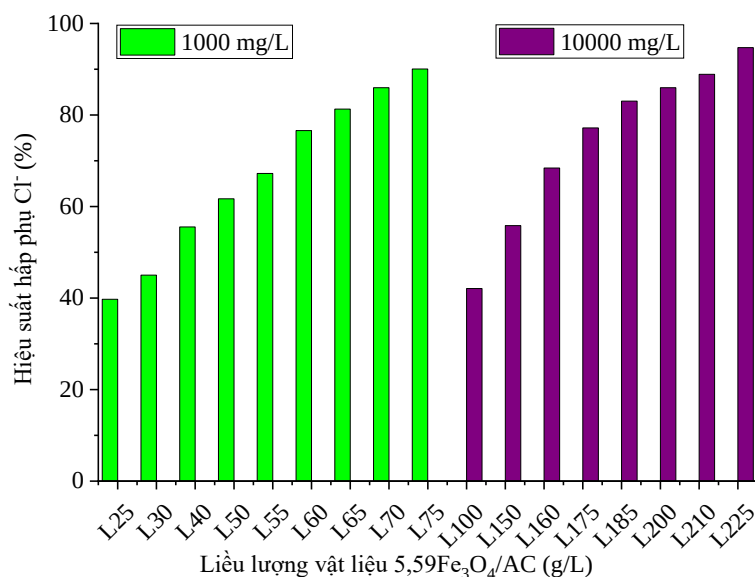
pH dung dịch là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ của vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ do trong dung dịch, điện tích trên bề mặt vật liệu được quyết định bởi pH, đồng thời, oxide sắt biến tính trên bề mặt AC sẽ tan ở những pH thấp hơn 5 [10].

Giá trị PZC của vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ xác định được là 7,23. Trong dung dịch có pH thấp hơn 7,23, bề mặt vật liệu tích điện dương, tăng lực hút tĩnh điện đối với các anion, từ đó làm tăng khả năng hấp phụ Cl^- , do vậy ở những pH 5, 6, 7 hiệu suất hấp phụ Cl^- lớn, trên 95% Cl^- (hình 7) được hấp phụ khỏi dung dịch có nồng độ NaCl 50 mg/L, tuy nhiên, khi pH giảm dần từ 4 đến 2, hiệu suất hấp phụ giảm mạnh do ở những pH này, oxide sắt trên bề mặt vật liệu đã bị hòa tan vào dung dịch. Trong dung dịch có pH cao hơn 7,23, bề mặt vật liệu tích điện âm, cản trở sự tiếp cận của các anion, do vậy hiệu suất hấp phụ Cl^- giảm dần từ pH 8 đến 11. Như vậy, khoảng pH = 6-8 được đánh giá là pH thích hợp cho quá trình hấp phụ Cl^- lên vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ và đây cũng là pH của dung dịch nước biển và nước lợ. Hiệu suất hấp phụ Cl^- của vật liệu AC chưa biến tính ở pH 7 rất thấp (<5%), điều này cho thấy bề mặt vật liệu AC chưa biến tính rất kỵ nước, không hấp phụ tốt các ion và khẳng định sự biến tính bề mặt là cần thiết.

Độ mặn của nước có thể được đánh giá dựa trên nồng độ Cl^- , tuy nhiên hàm lượng Na^+ trong nước cũng là chỉ tiêu liên quan cần thiết, để có cơ sở đánh giá khả năng giảm độ mặn của vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$, chúng tôi đã phân tích thử nghiệm hàm lượng Na^+ có trong các mẫu nước NaCl sau hấp phụ ở các pH từ 5 đến 9 (là những pH cho kết quả hấp phụ Cl^- tốt). Hình 7 cũng trình bày kết quả phân tích hàm lượng Na^+ cho thấy vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ có khả năng hấp phụ Na^+ tốt ở pH khoảng 7-8. Ở pH thấp hơn 7, khả năng hấp phụ Na^+ giảm là do bề mặt vật liệu tích điện dương, gây cản trở cho sự tiếp cận của cation trên bề mặt vật liệu, ở pH = 9, hiệu suất hấp phụ Na^+ giảm, điều này chúng tôi dự đoán là do khi điều chỉnh pH bằng NaOH , một lượng đáng kể Na^+ đã được thêm vào dung dịch nên làm sai lệch kết quả phân tích. Như vậy, ở pH 7-8, vật liệu thể hiện hiệu suất hấp phụ Cl^- khoảng trên 95% và Na^+ khoảng trên 80%. Đây cũng là khoảng pH tự nhiên của nước biển và nước lợ thực tế.



Hình 8. Hiệu suất hấp phụ Cl^- của vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ ở những liều lượng vật liệu khác nhau khi nồng độ NaCl ban đầu là 50 và 100 mg/L.



Hình 9. Hiệu suất hấp phụ Cl^- của vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ ở những liều lượng vật liệu khác nhau khi nồng độ NaCl ban đầu là 1000 và 10000 mg/L.

Liều lượng vật liệu hấp phụ được khảo sát ở những nồng độ NaCl khác nhau để làm cơ sở cho nghiên cứu thử nghiệm sử dụng vật liệu để giảm độ mặn của nước biển và nước lợ thực tế. Nồng độ NaCl càng lớn, liều lượng vật liệu sử dụng càng cao. Ở nồng độ NaCl 50 mg/L và 100 mg/L (hình 8), hầu như tất cả Cl^- trong dung dịch được hấp phụ khi sử dụng vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ với liều lượng lần lượt là 7,5 và 17,5 g/L. Khi tăng nồng độ NaCl lên 1000 và 10000 mg/L (hình 9), hiệu suất hấp phụ giảm (khoảng 90% Cl^- đối với nồng độ 1000 mg/L và 94% Cl^- đối với nồng độ 10000 mg/L) trong khi liều lượng vật liệu sử dụng rất lớn (75 g/L đối với nồng độ 1000 mg/L và 225 g/L đối với nồng độ 10000 mg/L).

3.3. Nghiên cứu thử nghiệm chế tạo cột hấp phụ chứa vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ để giảm độ mặn của nước biển và nước lợ dùng cho tưới tiêu trồng trọt

Hình 10 là cột hấp phụ chứa cát và hỗn hợp cát và vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ với tỷ lệ khối lượng cát:vật liệu = 10:3 (10 gam cát và 3 gam vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$). Ba cột hấp phụ chứa hỗn hợp trộn đều của cát và vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ với tỷ lệ khối lượng cát và vật liệu khác nhau được chuẩn bị như bảng 2.



Hình 10. Cột hấp phụ chứa cát và hỗn hợp trộn đều của 10 gam cát và 3 gam vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$.

Bảng 2. Sự giảm độ mặn của nước biển khi sử dụng cột hấp phụ chứa vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$

Ký hiệu cột	COT10:0	COT10:1	COT10:2	COT10:3	COT10:4
Khối lượng cát (gam)	10	10	10	10	10
Khối lượng vật liệu $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$	0	1	2	3	4
Tốc độ chảy của nước (mL/phút)	6	5	3	0,5	0,1
Độ mặn ban đầu (‰)	25	25	25	25	25
Độ mặn sau qua cột lần 1 (‰)	25	25	25	11-16	-
Độ mặn sau qua cột lần 2 (‰)	25	25	23	5.5-7	-
Độ mặn sau qua cột lần 3 (‰)	25	25	22	0	-

Bảng 3. Sự giảm độ mặn của nước lợ khi sử dụng cột hấp phụ chứa vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$

Ký hiệu cột	COT10:0	COT10:1	COT10:2	COT10:3	COT10:4
Khối lượng cát (gam)	10	10	10	10	10
Khối lượng vật liệu $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$	0	1	2	3	4
Tốc độ chảy của nước (mL/phút)	6	5	3	0,5	0,1
Độ mặn ban đầu (‰)	15	15	15	12-15	15
Độ mặn sau qua cột lần 1 (‰)	15	15	15	4-6.5	-
Độ mặn sau qua cột lần 2 (‰)	15	15	13	0	-
Độ mặn sau qua cột lần 3 (‰)	15	15	13	0	-

Kết quả ở bảng 2 cho thấy khi cột hấp phụ không sử dụng vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$, độ mặn của nước biển và nước lợ không thay đổi dù được cho chảy qua cột 3 lần, tốc độ nước chảy qua cột nhanh là lý do chủ yếu làm cho ion chloride không được giữ lại trên cột cát. Khi sử dụng vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ để chuẩn bị cột hấp phụ với tỷ lệ khối lượng 10 gam cát và 1 gam/2 gam vật liệu (COT10:1 và COT10:2), tốc độ chảy của nước qua cột có giảm, nhưng hầu như độ mặn không giảm đáng kể, với tốc độ chảy và lượng vật liệu này, khả năng hấp phụ Cl^- của vật liệu không đáng kể. Tuy nhiên, khi sử dụng 3 gam vật liệu để chuẩn bị cột (COT10:3), độ mặn của nước biển giảm mạnh từ 25 ‰ còn khoảng 11-16 ‰ sau khi chảy qua cột lần 1, còn khoảng 5.5-7.0 ‰ sau khi chảy qua cột lần 2 và hầu như toàn bộ Cl^- đã được giữ lại trên cột sau khi cho nước biển chảy tiếp qua cột lần 3. Tuy nhiên, tốc độ chảy của nước rất chậm, chỉ 0.5 mL/phút. Đối với cột chứa 4 gam vật liệu (COT10:4), tốc độ chảy rất rất chậm, hầu như không thấy nước đi ra khỏi cột, do vậy, chúng tôi không khảo sát tỷ lệ này. Điều này cho thấy, khi tăng lượng vật liệu trong cột, các lỗ trống của cột được lấp đầy và chặt hơn nên làm cho tốc độ chảy của nước qua cột giảm. Mặc dù tốc độ chảy của nước ở cột COT10:3 chậm, nhưng hiệu quả giảm độ mặn của cột rất tốt.

Đối với nước lợ (bảng 3), độ mặn ban đầu của nước lợ khoảng 15 ‰ đã giảm xuống còn khoảng 4-6.5 ‰ sau khi chảy qua cột COT10:3 lần 1 và gần như về 0 ‰ khi chảy qua cột COT10:3 lần 2.

Kết quả trên cho thấy hiệu quả giảm độ mặn của vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ trong cột COT10:3 đáp ứng được tiêu chuẩn nước sau khi xử lý có thể sử dụng cho tưới tiêu trồng trọt.

4. KẾT LUẬN

Vật liệu $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ đã được tổng hợp thành công với phần trăm khối lượng Fe(II) là 5,59% có khả năng hấp phụ hiệu quả Cl^- trong dung dịch chứa 50 mg NaCl/L với hiệu suất hấp phụ đạt trên 95% khi sử dụng liều lượng vật liệu 5 g/L. pH thích hợp của quá trình hấp phụ Cl^- trong dung dịch là 7-8. Thử nghiệm giảm độ mặn của nước biển và nước lợ thực tế bằng cột hấp phụ chứa vật liệu $5,59\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{AC}$ và cát với tỷ lệ khối lượng (g/g) cát:vật liệu là 10:3 và cho hiệu quả hấp phụ tốt, qua 3 lần chảy qua cột, độ mặn của nước biển và qua 2 lần chảy qua cột, độ mặn của nước lợ giảm đạt yêu cầu của nước tưới tiêu trồng trọt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Obregón-Valencia D, del Rosario Sun-Kou M. (2014). Comparative cadmium adsorption study on activated carbon prepared from aguaje (*Mauritia flexuosa*) and olive fruit stones (*Olea europaea* L.). *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 2, no. 4, pp. 2280-2288.
- [2] Zhang X., Hao Y., Wang X., Chen Z. (2017). Adsorption of iron (III), cobalt (II), and nickel (II) on activated carbon derived from *Xanthoceras Sorbifolia* Bunge hull: mechanisms, kinetics and influencing parameters. *Water Science Technology*, vol. 75, no. 8, pp. 1849-1861.
- [3] Farma R., Fadilah R., Awitdrus, Sari M.K., Taer E., Saktioto, Deraman M. (2018). Corn cob based activated carbon preparation using microwave assisted potassium hydroxide activation for sea water purification. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 1120, 012017.
- [4] Almasoudi S., Jamoussi B. (2024). Desalination Technologies and their environmental impacts: A review. *Sustainable Chemistry One World*, vol. 1, 100002.
- [5] Ghaffour N., Bundschuh J., Mahmoudi H., Goosen M.F.A. (2013). Renewable energy-driven desalination technologies: A comprehensive review on challenges and potential applications of integrated systems. *Desalination*, vol. 356, pp. 94-114.
- [6] Van Phuoc Nguyen, Dinh Duy Duong, Thi Tuu Tran, Huynh Cang Mai, Thi Kim Ngan Tran, Van Tan Lam, Long Giang Bach. (2024). Investigation of the desalination capacity of activated carbon materials from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) stems. *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 24, No. 2, pp. 576-584.
- [7] Chen W.S., Chen Y.C., Lee C.H. (2022). Modified activated carbon for copper ion removal from aqueous solution. *Processes*, vol. 10, No. 1, 150.
- [8] Qiao W.H., Liu Y.N., Li Y., Xie Y., Yang H.Y., Hou J.W. (2025). Impact of activated carbon modification on the ion removal efficiency in flow capacitive deionization. *C*, vol. 11, No. 4, 90.
- [9] Takeda M., Onishi T., Nakakubo S., Fujimoto S. (2009), Physical Properties of Iron-Oxide Scales on Si-Containing Steels at High Temperature *Materials Transactions*, Vol. 50, No. 9, pp. 2242 to 2246.
- [10] Rubasinghe G., Lentz R.W., Scherer M.M., Grassian V.H. (2010). Simulated atmospheric processing of iron oxyhydroxide minerals at low pH: Roles of particle size and acid anion in iron dissolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America - United States*, vol. 107, no. 15, pp. 6628–6633.

SURFACE MODIFICATION OF ACTIVATED CARBON SYNTHESIZED FROM CORNCOB WITH IRON OXIDE AND APPLICATION FOR DESALINATION OF SEAWATER, BRACKISH WATER

**Nguyen Ho Ngoc Thu¹, Phan Thi Uyen Phuong¹,
Nguyen Hoa Hung¹, Bui Thi Hoang Diem², Nguyen Duc Vu Quyen^{2*}**

¹High school for gifted students, University of Sciences, Hue university

²Faculty of Chemistry, University of Sciences, Hue university

*Email: ndvquyen@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

In this paper, activated carbon was synthesized from corncob and surface-modified with iron oxide. The material was characterized using modern physicochemical analysis methods, including X-ray diffraction (XRD), Raman spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), and nitrogen adsorption-desorption (BET). The study indicates that the iron oxide surface-modified activated carbon (5.59Fe₃O₄/AC) exhibits a higher chloride adsorption capacity compared to the unmodified material. The Fe₃O₄/AC material was utilized to make an adsorption column and applied to the desalination of seawater and brackish water in the Thuan An coastal area.

Keywords: activated carbon, iron oxide, seawater, brackish water, adsorption.



Nguyễn Hồ Ngọc Thư sinh ngày 13/09/1997 tại thành phố Huế. Hiện đang là giáo viên Hóa học của Trường THPT Chuyên Khoa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.



Phan Thị Uyên Phương sinh ngày 11/09/2009 tại thành phố Huế. Hiện đang là học sinh lớp 11 chuyên Hóa, Trường THPT Chuyên Khoa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.



Nguyễn Hoà Hưng sinh ngày 14/06/2009 tại thành phố Huế. Hiện đang là học sinh lớp 11 chuyên Hóa, Trường THPT Chuyên Khoa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.



Bùi Thị Hoàng Diễm sinh ngày 16/11/1977 tại thành phố Huế. Hiện đang là nghiên cứu viên, khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hóa vô cơ



Nguyễn Đức Vũ Quyên sinh ngày 27/02/1985 tại thành phố Huế. Hiện đang là giảng viên, khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hóa vô cơ