

Ảnh hưởng của một số yếu tố trong quá trình hấp phụ ion Niken bởi phụ phẩm nông nghiệp

Effect of some parameters on nickel adsorption using agricultural wastes

Trần Thị Kiều Ngân^{a,b}, Lê Văn Thuận^{a,b*}
Tran Thi Kieu Ngan^{a,b}, Le Van Thuan^{a,b*}

^aKhoa Môi trường và Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^aFaculty of Environment and Natural Science, Duy Tan University, 550000, Danang, Vietnam

^bViện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Cao, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^bInstitute of Research and Development, Duy Tan University, 550000, Danang, Vietnam

(Ngày nhận bài: 23/5/2022, ngày phản biện xong: 30/5/2022, ngày chấp nhận đăng: 2/8/2022)

Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, ba dạng phế phẩm nông nghiệp là vỏ đậu phộng (VĐP), vỏ trấu (VT), và bã cà phê (CF) đã được sử dụng để xử lý ion niken (Ni(II)) trong môi trường nước. Kết quả phân tích bằng phương pháp SEM và FTIR cho thấy vật liệu VĐP, VT và CF sở hữu các đặc trưng về hình thái và các nhóm chức thuận lợi cho quá trình hấp phụ ion Ni(II). Ở điều kiện tối ưu pH 6, thời gian hấp phụ 90 phút (đối với VĐP), 60 phút (đối với VT, bã CF), và liều lượng hấp phụ là 10g/L, hiệu suất loại bỏ ion Ni(II) lần lượt là 89.05%, 59.00% và 60.00%. Theo tính toán thực nghiệm, dung lượng hấp phụ cực đại của VĐP, VT, bã CF đối với Ni(II) lần lượt đạt 106.59mg/g, 51.30mg/g và 45.23mg/g. Kết quả nghiên cứu khẳng định rằng vật liệu VĐP, VT, và bã CF là những vật liệu hấp phụ giá rẻ, thân thiện với môi trường và có triển vọng cao trong ứng dụng xử lý các kim loại nặng trong nước thải.

Từ khóa: Phụ phẩm nông nghiệp, vỏ đậu phộng, vỏ trấu, bã cà phê, Ni (II), hấp phụ.

Abstract

In this study, three types of agricultural wastes, namely peanut shells (PS), rice husks (RH), coffee grounds (CG) were utilized for Ni²⁺ ions removal from aqueous solutions. The SEM and FTIR results revealed that PS, RH and CG possessed morphological features and functional groups favorable for Ni(II) adsorption. At the optimal condition (pH 6, adsorbent dosage of 10g/L, and contact time of 90min for PS and 60min for RH and CG), removal efficiency of PS, RH, and CG achieved 89.0, 59.00, and 60.00%, respectively. Meanwhile, the maximum adsorption capacity of PS, RH, and CG was calculated to be 106.59mg/g, 51.30mg/g and 45.23mg/g. Overall, the PS, RH, and CG wastes can be used as a promising adsorbent for removing heavy metal ions from wastewater.

Keywords: Agricultural waste, peanut shell, rice husk, coffee grounds, Ni (II), adsorption.

1. Đặt vấn đề

Ô nhiễm nguồn nước bởi các kim loại nặng (KLN) đã và đang là một trong những vấn đề cấp thiết được quan tâm trên toàn cầu. Dạng ô

nhiễm này được tìm thấy ở các dòng nước thải của nhiều ngành công nghiệp như công nghiệp xi măng, hoạt động khai khoáng, thuộc da, luyện kim [1]. Các KLN là những chất khó phân hủy,

*Corresponding Author: Le Van Thuan; Faculty of Environment and Natural Science, Duy Tan University, 550000, Danang, Vietnam; Institute of Research and Development, Duy Tan University, 550000, Danang, Vietnam
Email: levantuan3@duytan.edu.vn

sau khi phân tán trong nguồn nước theo chuỗi thức ăn và đi vào cơ thể gây ra nhiều loại bệnh nguy hiểm dù chỉ ở hàm lượng nhỏ [2]. Một trong KLN có mặt phổ biến trong nước thải là Ni(II), do KLN này được sử dụng rất nhiều trong mạ điện, sản xuất pin, sản xuất thép không gỉ và hợp kim. Tiếp xúc với các hợp chất Ni(II) hòa tan và không hòa tan có thể gây ra nhiều ảnh hưởng đối với sức khỏe con người như gây dị ứng, viêm da, đau đầu, suy hô hấp, đột biến gen, ung thư, và thậm chí là tử vong [1]. Do đó, nghiên cứu tách các ion KLN độc hại từ các nguồn nước bị ô nhiễm để bảo vệ sức khỏe cộng đồng là vấn đề quan trọng và đang được nhiều nhà khoa học quan tâm.

Có nhiều giải pháp được các nhà nghiên cứu đưa ra nhằm loại bỏ hoặc thu hồi các KLN từ nước thải công nghiệp, bao gồm phương pháp kết tủa, trao đổi ion, thẩm thấu ngược, và hấp phụ [3]. Trong khi đó, phương pháp hấp phụ được áp dụng rộng rãi ở quy mô công nghiệp bởi nó có thể được sử dụng trong các quy trình xử lý liên tục, dễ vận hành, tạo bùn ít, chi phí thấp và xử lý được cả chất thải vô cơ và hữu cơ ngay khi ở nồng độ thấp. Các vật liệu hấp phụ sau khi xử lý còn có thể được thu hồi tái sử dụng để giảm chi phí nguyên vật liệu đầu vào. Bên cạnh đó, phương pháp này có thể tận dụng các vật liệu có sẵn trong tự nhiên hoặc các phụ phẩm nông nghiệp.

Việt Nam là đất nước có nền nông nghiệp lâu đời, phát triển từ rất sớm với nhiều loại cây lương thực khác nhau. Lúa, đậu và cà phê là những loại cây trồng phổ biến nhất và có sản lượng xuất khẩu lớn của Việt Nam. Trong quá trình sản xuất và chế biến gạo, đậu phộng và cà phê đã tạo một lượng rất lớn các phụ phẩm. Theo ước tính, hàng năm có hàng triệu tấn vỏ trấu (VT), vỏ đậu phộng (VĐP) và bã cà phê (CF) thải ra môi trường. Sự tích lũy cũng như sự phân hủy các phụ phẩm làm xuất hiện nhiều

hóa chất và vi sinh vật độc hại gây ô nhiễm môi trường. Sự tiêu hủy chúng bằng phương pháp đốt bỏ cũng tạo ra nhiều khí thải nhà kính. Do đó, cần thiết phải tìm ứng dụng cho các phụ phẩm này để giải quyết vấn đề về môi trường.

Đã có rất nhiều nghiên cứu sử dụng phế phẩm nông nghiệp VĐP, VT, và bã CF như vật liệu hấp phụ xử lý KLN. Điển hình như George Z. Kyzas đã sử dụng bã CF thu từ các quán cà phê để hấp phụ Cu(II) và Cr(VI) với dung lượng hấp phụ tối đa có thể đạt được tương ứng là 70mg/g và 45mg/g [4]. Trong một nghiên cứu khác, Azouaou và cộng sự đã khảo sát sự hấp phụ Cd(II) bằng bã CF. Kết quả cho thấy khả năng hấp phụ Cd(II) là 15.56mg/g [5]. Liu Zhi và cộng sự đã thực hiện nghiên cứu khả năng hấp phụ của VĐP biến tính với axit photphoric đối với Cr(VI) trong nước thải. Dung lượng hấp phụ tối đa đạt được 30mg/g với hiệu suất loại bỏ là 96.81% [6]. Nghiên cứu của Senthil Kumar và các cộng sự về việc sử dụng VT để xử lý kim loại Cd(II); kết quả cho thấy hiệu suất hấp phụ đạt lên đến 98.65% [7]. Nhóm nghiên cứu của Sobhanardakani cũng sử dụng VT để làm chất hấp phụ ion kim loại Cr(III) và Cu (II) và chứng minh được khả năng hấp phụ tốt của VT đối với các KLN với dung lượng hấp phụ lần lượt đạt 30 và 22.5mg trên 1gram VT [8]. Như vậy, tận dụng các phụ phẩm nông nghiệp để xử lý nước thải chứa KLN là một hướng đi có nhiều triển vọng vừa có ý nghĩa về môi trường và kinh tế.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng các phụ phẩm VT, VĐP và bã CF sẵn có tại địa phương như một vật liệu hấp phụ giá rẻ, thân thiện với môi trường để xử lý Ni(II) trong dung dịch nước. Hình thái và cấu trúc của vật liệu được khảo sát bằng các phương pháp lý-hóa hiện đại. Sự ảnh hưởng của các yếu tố pH, thời gian và liều lượng chất hấp phụ được nghiên cứu để tìm ra các điều kiện hấp phụ tối ưu.

2. Thực nghiệm

2.1. Hóa chất và nguyên vật liệu

Tất cả các hóa chất được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (99.00%), muối Raynhet ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{KNa} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 99.00%), dimethylglioxin (99.00%), HCl (36 - 38%), và NaOH (96.00%) được mua từ hãng Sigma- Aldrich. Nước cất hai lần được sử dụng trong nghiên cứu này. Nguyên liệu VDP và VT

được thu nhận tại các nhà máy xay xát tại xã Điện Thắng Trung, thị xã Điện Bàn, tỉnh Quảng Nam. Bã CF được lấy từ các quán cà phê ở quận Liên Chiểu, thành phố Đà Nẵng. Vật liệu thô được rửa sạch với nước cất, sấy khô trong tủ sấy ở 80°C trong 24 giờ. Sau đó, vật liệu được nghiền mịn và cho qua rây có kích thước 0.3 mm rồi được sấy và bảo quản trong bình hút ẩm. Quá trình thu nhận và xử lý vật liệu hấp phụ được mô tả ở Hình 1.



Hình 1. Quy trình thu nhận vật liệu VDP, VT, và bã CF

2.2. Xác định các đặc trưng của vật liệu

Phương pháp phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) được dùng để xác định các nhóm chức bề mặt của vật liệu hấp phụ. Mẫu được đo trên máy quang phổ Nicolet 6700 (Mỹ) với dải quét từ $4000 - 500\text{cm}^{-1}$. Kích thước và hình thái của vật liệu được quan sát bằng phương pháp hiển vi điện tử quét (SEM) trên máy JOEL 5410 - LV tại trường Đại học Bách Khoa - Đại học Đà Nẵng.

2.3. Khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố đến quá trình hấp phụ

Khả năng hấp phụ kim loại của vật liệu được nghiên cứu với những thông số hấp phụ như pH, thời gian, và khối lượng chất hấp phụ. Dung dịch chuẩn của Ni(II) có nồng độ 1000mg/L được chuẩn bị từ muối tinh khiết $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Các dung dịch có nồng độ khác nhau dùng để nghiên cứu hấp phụ được pha từ

dung dịch chuẩn trên. Đối với mỗi thí nghiệm, một lượng VDP, VT và CF nhất định được cho vào cốc 100mL có chứa 25mL dung dịch Ni(II) có pH, nồng độ, khối lượng, nhiệt độ xác định và được khuấy đều trên máy lắc trong một khoảng thời gian xác định. Sau khi hấp phụ, mẫu được ly tâm ở 5000vòng/phút trong 15phút để lọc lấy phần chất lỏng. Hàm lượng kim loại còn lại sau khi hấp phụ được xác định bằng phương pháp quang trắc dựa trên phản ứng tạo phức màu đỏ gạch với natri diethylcarbonat tại bước sóng 470nm (TCVN 9182:2012). Các giá trị pH khác nhau của dung dịch được đo trên máy pH InoLab 9310 và được điều chỉnh bằng cách thêm từ từ dung dịch HCl 0,1M hoặc NaOH 0,1M.

Sự ảnh hưởng của các thông số hấp phụ đến hiệu suất hấp phụ được nghiên cứu bằng cách thay đổi một thông số cần khảo sát và giữ cố định các thông số còn lại ở điều kiện tối ưu. Sự

ảnh hưởng của pH, thời gian, và hàm lượng chất hấp phụ được khảo sát ở những khoảng giá trị tương ứng từ 3 – 9; 10 – 240phút; 0,1 – 0,5g.

Hiệu suất (H, %) và khả năng hấp phụ (Q, mg/g) được tính theo các công thức sau:

$$H = \frac{c_0 - c_e}{c_0} \times 100 \quad (1)$$

$$Q_e = \frac{(c_0 - c_e)V}{w} \quad (2)$$

Trong đó: Q_e : lượng chất đã bị hấp phụ ở thời điểm cân bằng (mg/g);

C_0 : nồng độ chất bị hấp phụ ban đầu (mg/L);

C_e : nồng độ chất bị hấp phụ ở thời điểm cân bằng (mg/L);

V: thể tích dung dịch chất bị hấp phụ (L);

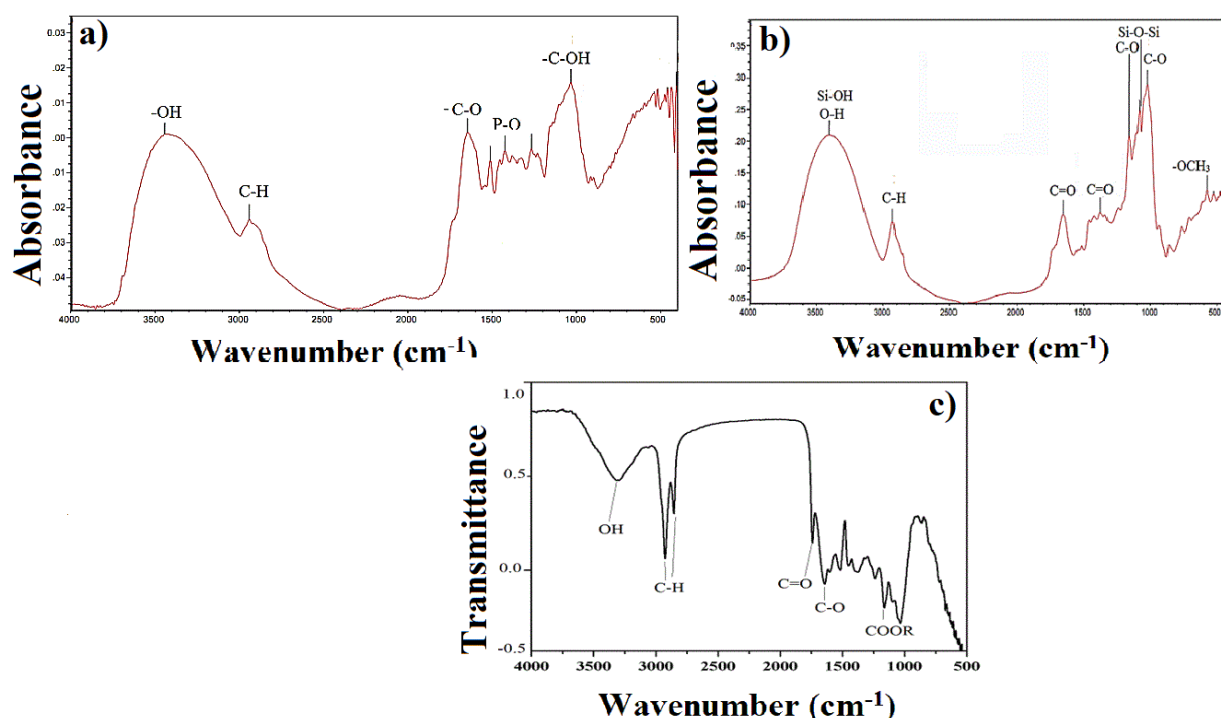
W: khối lượng chất hấp phụ (g).

3. Kết quả và thảo luận

3.1 Xác định các đặc trưng của vật liệu

Khả năng hấp phụ của vật liệu phần lớn phụ thuộc vào các đặc trưng lý hóa của chúng như hình thái, kích thước hạt, diện tích bề mặt, thành phần hóa học. Do đó, nghiên cứu các đặc trưng của vật liệu hấp phụ là một nhiệm vụ quan trọng góp phần dự đoán cũng như giải thích cơ chế hấp phụ của vật liệu tổng hợp.

Trong nghiên cứu này, phổ hồng ngoại chuyển dịch FTIR được sử dụng để xác định cấu trúc hóa học của vật liệu hấp phụ. Phổ FTIR của ba loại vật liệu VT, VDP và CF được thể hiện ở Hình 2.



Hình 2. Phổ FTIR của VDP (a), VT (b), và bã CF (c)

Hình FTIR của VDP được thể hiện trong Hình 2a. Các liên kết -OH, C-H, C-O, C-OH, P=O và P-O-P đặc trưng cho VDP được tìm thấy trong phổ FTIR của mẫu VDP. Dải hấp thụ ở 1646cm⁻¹ đặc trưng cho liên kết C-O trong axit cacboxylic và các nhóm

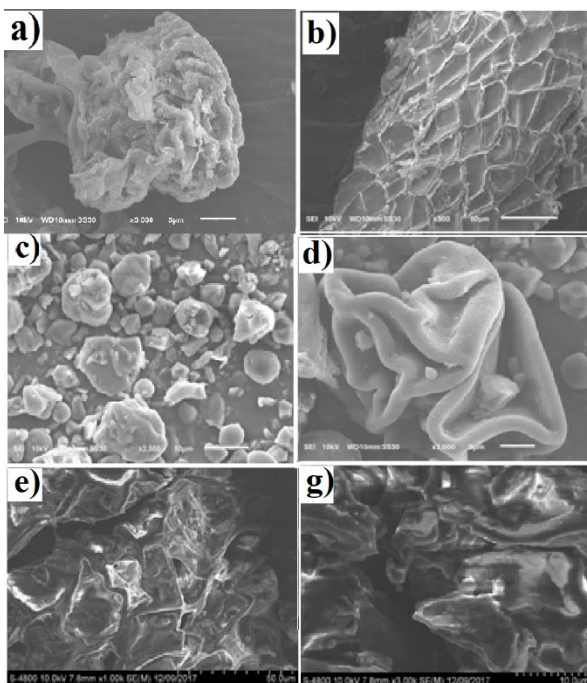
lacton. Đỉnh ở 1032cm⁻¹ có thể được gán cho liên kết ion hóa P-O trong axit este photphat và dao động đối xứng trong chuỗi P-O-P (polyphosphate).

Trong phổ FTIR của VT (Hình 2b) xuất hiện các peak hấp phụ mạnh mẽ tại dải hấp thụ ở

3400cm^{-1} biểu thị sự có mặt của các nhóm O-H. Dải 1651cm^{-1} là kết quả dao động của nhóm C = O, dải hấp thụ quan sát được ở vị trí 1022cm^{-1} là do liên kết C – O trong nhóm cacboxylic và nhóm alcoholic. Nhận thấy rằng cường độ của peak đặc trưng cho liên kết của nhóm C – O mạnh hơn các nhóm C = O, có thể do có nhiều nhóm C – O có mặt trong biomatrix hơn.

Như quan sát được ở Hình 2c, phổ FTIR của bã CF chứa các peak hấp phụ mạnh mẽ tại dải hấp thụ ở 2929cm^{-1} và 2850cm^{-1} đặc trưng cho liên kết C – H của nhóm $-\text{CH}_2$ và $-\text{CH}_3$. Ngoài ra, các peak hấp phụ khác khá thấp tại dải hấp thụ ở 1738cm^{-1} , 1643cm^{-1} và 1159cm^{-1} đặc trưng cho liên kết C = O thẳng, C – O nhánh và COOR.

Phương pháp SEM được sử dụng để xác định hình dạng và cấu trúc bề mặt của vật liệu và kết quả phân tích được thể hiện ở Hình 3. Theo Hình 3, vật liệu VDP có hình dạng lớp mỏng, cấu trúc bề mặt của vật liệu được sắp xếp khá đồng nhất, có kích thước từ 30 - 50 μm . Trong khi đó, vật liệu VT có cấu trúc hạt nhỏ, kết tụ trong khoảng 2-10 μm . Vật liệu bã CF có kích thước hạt nhỏ, kết tụ trong khoảng từ 2-15 μm .

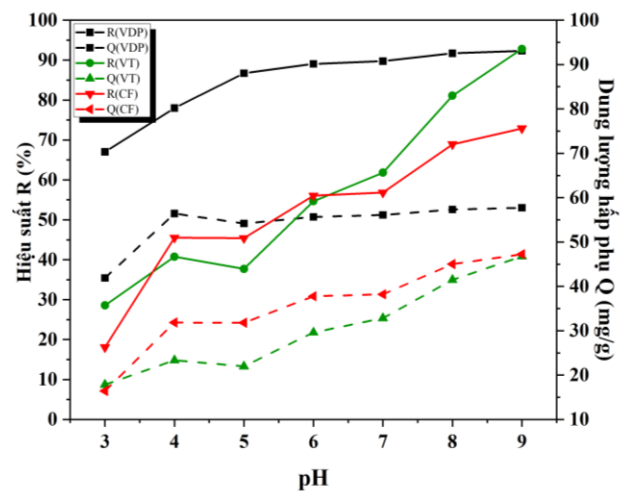


Hình 3. Hình SEM của VDP (a, b), VT (c, d), CF (e, g)

3.2 Đánh giá khả năng hấp phụ vật liệu VDP, VT và CF

3.2.1 Ảnh hưởng của pH

pH là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới khả năng hấp phụ của vật liệu. Khảo sát ảnh hưởng của pH đến quá trình hấp phụ của vật liệu được tiến hành ở nhiệt độ phòng theo trình tự sau: 0.25gam (VDP, VT) và 0.2gam đối với vật liệu CF được khuấy trộn với 25mL dung dịch Ni(II) có nồng độ 50mg/L trong mỗi cốc, thay đổi pH có các giá trị là 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, lắc đều trên máy lắc với tốc độ $v = 150$ vòng/phút trong vòng 60phút. Tách dung dịch khỏi vật liệu bằng quá trình li tâm, dịch lọc đem đi xác định hàm lượng Ni(II) còn lại trong dung dịch. Kết quả khảo sát được thể hiện qua Hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của pH đến quá trình hấp phụ Ni(II) của VDP, VT, và CF

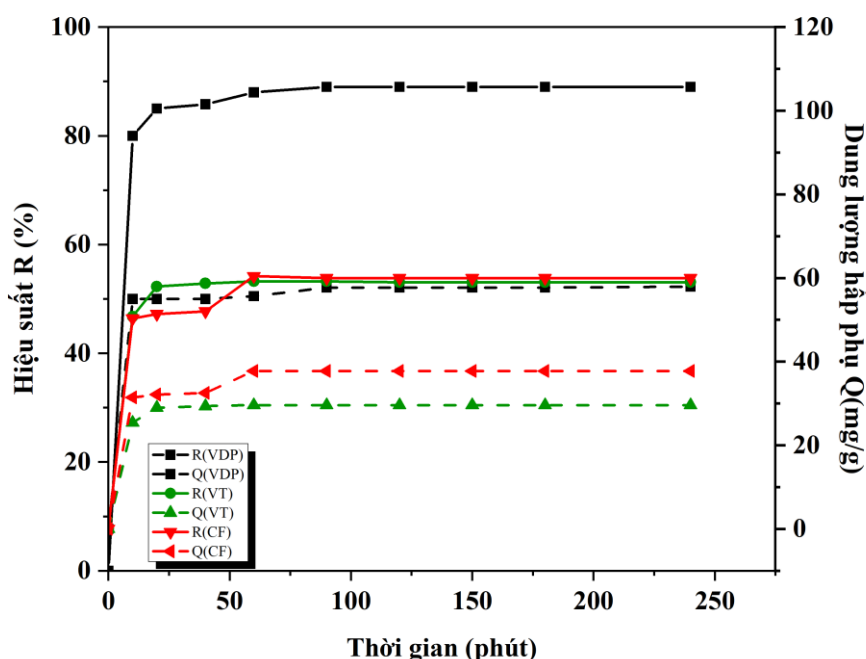
Quan sát Hình 4, cho thấy khả năng hấp phụ của cả ba loại vật liệu đều tăng khi pH tăng, trong đó VDP hấp phụ tốt nhất còn khả năng xử lý Ni(II) của vật liệu VT và CF thì gần như nhau. Đối với vật liệu VDP và VT: Khi pH tăng từ 3 lên 6 thì hiệu suất hấp phụ của 2 loại vật liệu cũng tăng theo (từ 23.60 lên 89.50% đối với VDP; từ 35.68% đến 59.00% đối với VT). Ở pH thấp, hiệu suất hấp phụ Ni(II) của vật liệu không cao; điều này có thể được lí giải bởi sự

hấp phụ cạnh tranh của ion H^+ với ion kim loại Ni(II). Đối với vật liệu CF, khả năng hấp phụ ion Ni(II) tăng từ 26.26% đến 60.43% khi pH tăng từ 3 đến 6. Khi ở pH thấp, hầu hết các nhóm amino trong hỗn hợp CF đều bị ion hóa dưới dạng NH_3^+ , khi đó quá trình hấp phụ Ni(II) trên CF không thuận lợi do lực đẩy tĩnh điện của các nhóm NH_3^+ và cation Ni(II). Dung lượng hấp phụ cũng tương ứng tăng khi pH tăng. Khi tăng pH từ 3 lên 4 thì dung lượng hấp phụ của cả 3 vật liệu đều tăng, cụ thể là tăng từ 41.00mg/g lên đến 56.40mg/g đối với VDP, 17.84mg/g đến 23.34mg/g và 16.42mg/g đến 31.85mg/g tương ứng đối với bã CF và VT. Tiếp tục tăng pH lên đến hết quá trình khảo sát thì với VDP, vật liệu có xu hướng duy trì dung lượng hấp phụ, dao động ở 55.6mg/g còn với bã CF và VT thì giá trị dung lượng hấp phụ vẫn tiếp tục tăng theo pH. pH càng cao thì hiệu suất hấp phụ của cả ba loại vật liệu càng tăng, do sự cạnh tranh của ion H^+ giảm dần và một phần

Ni(II) bị loại bỏ bởi quá trình kết tủa khi pH tiến gần đến môi trường base. Vì ở $pH > 6$, ion kim loại Ni(II) bắt đầu kết tủa ở dạng $Ni(OH)_2$ gây ảnh hưởng đến quá trình xác định hiệu suất hấp phụ, do đó pH bằng 6 được lựa chọn cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.2.2 Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc

Thời gian là một yếu tố quan trọng của quá trình hấp phụ, có thể phản ánh động học hấp phụ của một chất hấp phụ và chất bị hấp phụ. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian khuấy đến quá trình hấp phụ của 3 loại vật liệu được tiến hành theo trình tự sau: 0.25gam (VDP, VT) và 0.2gam đối với vật liệu CF được khuấy trộn với 25mL dung dịch Ni(II) có nồng độ 50mg/L trong mỗi cốc thủy tinh, pH được điều chỉnh có giá trị 6, lắc đều trên máy lắc ở tốc độ $v = 150$ vòng/phút, thời gian hấp phụ được thay đổi theo giá trị 10, 20, 40, 60, 90, 120, và 240 phút.



Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian đến quá trình hấp phụ Ni(II) của VDP, VT, CF

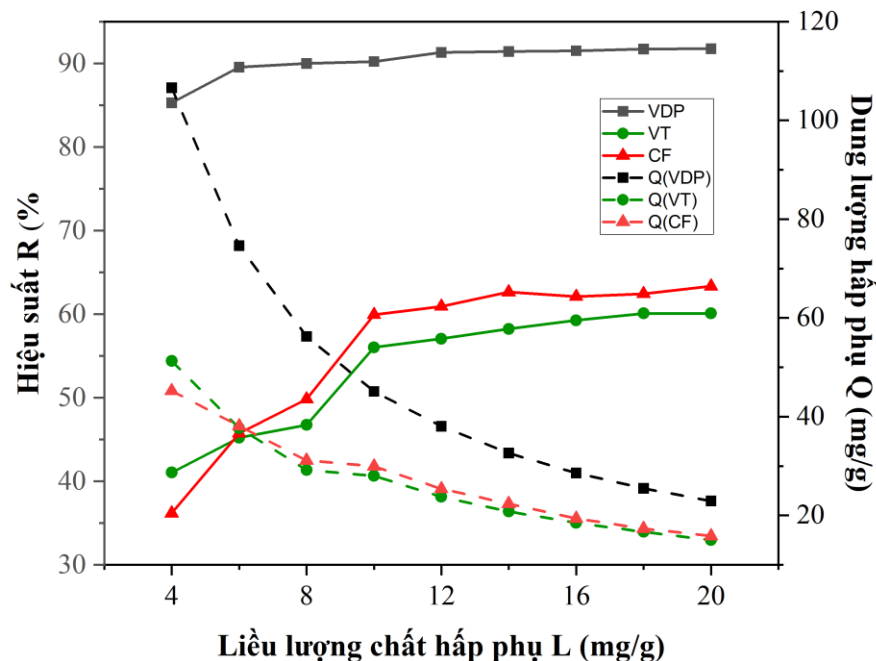
Theo kết quả ở Hình 5, hiệu suất hấp phụ ion Ni(II) của 3 loại vật liệu tăng khi thời gian tiếp xúc tăng, trong đó khả năng hấp phụ của VDP là cao nhất và hiệu suất xử lý của VT và CF gần như bằng nhau. Quá trình hấp phụ đạt trạng thái cân bằng ở thời điểm 90 phút đối với VDP và VT với hiệu suất tương ứng là 89.00% và 59.00%; trong khi đó cân bằng hấp phụ trên mẫu CF diễn ra ở thời điểm 60 phút đối với CF với hiệu suất 60.00%. Vận tốc tăng nhanh ở những phút đầu tiên và chậm dần khi tăng thời gian tiếp xúc là do số lượng tâm hấp phụ tự do trên bề mặt của vật liệu giảm dần theo thời gian hấp phụ bởi sự chiếm các tâm hấp phụ bởi các ion Ni(II).

Dung lượng hấp phụ của VT và bã CF tỉ lệ thuận với thời gian, có nghĩa là khi thời gian tăng thì dung lượng hấp phụ tăng theo, riêng

với VDP thì dung lượng hấp phụ lại giảm dần theo thời gian. Từ kết quả nghiên cứu trên, thời gian hấp phụ tối ưu là 90 phút đối với VDP, VT và CF là 60 phút.

3.2.3 Ảnh hưởng của liều lượng chất hấp phụ

Để lựa chọn lượng chất hấp phụ phù hợp nhất cho việc loại bỏ KLN bằng phế phẩm nông nghiệp, sự ảnh hưởng của lượng chất hấp phụ đến hiệu suất hấp phụ đã được khảo sát. Cho từng loại vật liệu có khối lượng lần lượt là 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4 và 0,45g vào các cốc chứa 25mL dung dịch Ni(II) 50mg/L có giá trị pH = 6. Sau đó, hỗn hợp được lắc với tốc độ $v = 150$ vòng/phút, trong vòng 90 phút đối với VDP, VT và 60 phút đối với CF, tại nhiệt độ phòng. Kết quả khảo sát được thể hiện ở Hình 6.



Hình 6. Ảnh hưởng của liều lượng chất hấp phụ đến quá trình hấp phụ Ni(II) của VDP, VT, CF

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của liều lượng hấp phụ ở Hình 6 cho thấy khả năng hấp phụ kim loại tăng và cao nhất vẫn là VDP. Hiệu quả hấp phụ tăng rõ rệt khi tăng liều lượng vật liệu hấp phụ, cụ thể là khi tăng liều lượng 3 loại

vật liệu từ 4g/L lên 10g/L thì hiệu suất hấp phụ tăng tương ứng từ 85.27% lên 89.00%; 41.04% lên 56.01% và 36.18% lên 60.00% đối với VDP, VT và bã CF. Và khi tiếp tục tăng liều lượng chất hấp phụ thì hiệu suất xử lý của cả ba

loại vật liệu vẫn tiếp tục có xu hướng tăng nhẹ, tuy nhiên mức độ gia tăng không đáng kể. Đến cuối quá trình khảo sát ở 20g/L, hiệu suất xử lý của VDP, VT và bã CF lần lượt tương ứng là 91.75%, 60.08 và 63.33%.

Vì vậy, ở cùng một nồng độ chất ô nhiễm, nếu lượng vật liệu hấp phụ tăng thì hiệu suất hấp phụ càng tăng, đến một mức độ cực đại không tăng nữa. Liều lượng chất hấp phụ tối ưu là 10g/L cho cả ba loại vật liệu. Dung lượng hấp phụ có xu hướng trái ngược với hiệu suất. Khi liều lượng chất hấp phụ tăng thì dung lượng hấp phụ của cả ba vật liệu đều giảm dần.

Ngược lại với mối tương quan giữa liều lượng và hiệu suất thì dung lượng hấp phụ có xu hướng giảm khi liều lượng chất hấp phụ được gia tăng. Cụ thể, khi tăng liều lượng từ 4g/L lên đến 10g/L thì dung lượng hấp phụ giảm mạnh, giảm từ 106.59mg/g xuống còn 45.11mg/g (đối với VDP), từ 51.30mg/g xuống 28mg/g (đối với VT) và 45/23mg/g xuống 29.97mg/g (đối với bã CF). Tiếp tục tăng liều lượng cho đến hết quá trình khảo sát, thì dung lượng hấp phụ vẫn có xu hướng tiếp tục giảm nhẹ. Cuối quá trình khảo sát ở liều lượng 20g/L, dung lượng hấp phụ của 3 loại vật liệu VDP, VT, bã CF chỉ còn lần lượt là 22.93mg/g, 15.02mg/g và 15.83mg/g.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng phế phẩm nông nghiệp là một dạng vật liệu tiềm năng trong quá trình xử lý ion KLN Ni(II) vì tính kinh tế, đơn giản, và thân thiện với môi trường của chúng. Quá trình loại bỏ ion Ni(II) trong nước được tiến hành ở các điều kiện tối ưu là pH 6, liều lượng chất hấp phụ 10g/L, thời gian 90phút đối với VDP, 60phút đối với VT, bã CF. Dựa trên kết quả thực nghiệm cho thấy, vật liệu VDP có khả năng xử lý ion Ni(II) tốt nhất, tiếp sau đó mới đến bã CF và VT với dung lượng

hấp phụ cao nhất tương ứng là 106.59mg/g, 51.30mg/g và 45.23mg/g. Trong nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi sẽ tiếp tục khảo sát các yếu tố ảnh hưởng khác như nhiệt độ, nồng độ ban đầu, ảnh hưởng của các ion lạ, đồng thời tính toán đánh giá các thông số nhiệt động học hấp phụ và mô hình hấp phụ. Bên cạnh đó, khả năng tái sử dụng vật liệu sẽ được nghiên cứu đánh giá.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Duy Tân.

Tài liệu tham khảo

- [1] Genchi, Giuseppe, et al (2020) *Nickel: Human health and environmental toxicology*. International journal of environmental research and public health. 17.3
- [2] Mitra, Saikat, et al (2022) *Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity*. Journal of King Saud University-Science.
- [3] Es-sahbany, H., Hsissou, R., El Hachimi, M. L., Allaoui, M., Nkhili, S., & Elyoubi, M. S (2021) *Investigation of the adsorption of heavy metals (Cu, Co, Ni and Pb) in treatment synthetic wastewater using natural clay as a potential adsorbent (Sale-Morocco)*. Materials Today: Proceedings, 45, 7290-7298.
- [4] George Z. Kyzas (2012) *Commercial Coffee Wastes as Materials for Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions*, Materials.
- [5] N. Azouaou (2010) *Adsorption of cadmium from aqueous solution onto untreated coffee grounds: Equilibrium, kinetics and thermodynamics*, Journal of Hazardous Materials, Volum 184, Issues 1 - 3, 15
- [6] Liu Zhi – Feng (2010) *Orthogonal Experiment on Adsorption Conditions for Cr(VI) in Wastewater by Modified Peanut Shell*, Journal of Hazardous Materials.
- [7] P. Senthil Kumar (2010) *Thermodynamic and kinetic studies of cadmium adsorption from aqueous solution onto rice husk*, Brazilian Journal of Chemical Engineering.
- [8] Sobhanardakani, S., Parvizmosaed, H., & Olyaie, E (2013) *Heavy metals removal from wastewaters using organic solid waste—rice husk*. Environmental Science and Pollution Research, 20(8), 5265-5271.