

Bước đầu khảo sát khả năng hấp phụ iốt phóng xạ của hỗn hợp vật liệu composit ZSM-5/PVA và than sinh học/PVA dạng hạt theo phương pháp cột

Initial study of the column adsorption of radioactive iodine onto mixture of composite material ZSM-5/PVA and biochar/PVA

Nguyễn Thị Thúy Nhâm*, Hoàng Anh Tuấn*,
Nguyễn Duy Khôi**,***,
Nguyễn Ngọc An****,
Đình Văn Phúc****

*Bệnh viện Quân y 175,
**Trường Đại học Duy Tân,
***Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam,
****Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

Tóm tắt

Mục tiêu: Khảo sát khả năng hấp phụ ^{131}I dạng lỏng của cột lọc được chế tạo từ vật liệu composit than sinh học/PVA và zeolite ZSM-5/PVA, từ đó đánh giá tỷ lệ khối lượng than sinh học/zeolite ZSM-5 phù hợp khi tiến hành xử lý nước thải thực tế và tiên lượng được sự giảm thiểu thời gian lưu trữ chất thải lỏng phóng xạ chứa ^{131}I còn lại sau khi đi qua cột lọc. **Đối tượng và phương pháp:** Cột lọc được chế tạo từ các vật liệu composit than sinh học/PVA và zeolite ZSM-5/PVA với các tỉ lệ khối lượng than sinh học/zeolite ZSM-5 khác nhau. Cụ thể, bằng cách sử dụng cột hấp phụ, vật liệu tổng hợp được chế tạo dưới dạng hình cầu đưa vào các cột với các tỉ lệ khối lượng than sinh học/zeolite ZSM-5 là 9:1, 8:2, 7:3 và 6:4. Sau đó, cho dung dịch chứa ^{131}I với tỷ lệ nồng độ hoạt độ cố định cùng đi qua các cột lọc. Nồng độ hoạt độ của dung dịch ^{131}I trước và sau khi qua cột lọc được đo để đánh giá khả năng hấp phụ của cột sau 1, 2 và 3 vòng lặp. **Kết quả:** Kết quả ban đầu cho thấy tỉ lệ khối lượng than sinh học: zeolite ZSM-5 từ 6:4 đến 9:1 cho khả năng hấp phụ ^{131}I không khác biệt nhau trong điều kiện khảo sát, hiệu suất hấp phụ ^{131}I của cột lọc đạt hiệu quả xấp xỉ 40% sau 3 vòng lặp. Kết quả này cũng cho thấy sau 3 vòng lặp, khả năng hấp phụ ^{131}I chưa có dấu hiệu bão hòa. **Kết luận:** Hỗn hợp vật liệu composit than sinh học/PVA và zeolite ZSM-5/PVA có khả năng xử lý iốt phóng xạ, cho thấy tiềm năng ứng dụng trong việc xử lý nước thải chứa iốt phóng xạ trong bệnh viện có chữa trị bệnh nhân tuyến giáp bằng thuốc phóng xạ (^{131}I).

Từ khóa: iốt phóng xạ, nước thải phóng xạ, cột lọc, than sinh học, zeolite ZSM-5.

Summary

Objective: This study focuses on the investigation of the ^{131}I adsorption from aqueous solution using biochar/PVA and ZSM-5 zeolite/PVA composite material, resulting in determining the appropriate ratio mass of biochar/ZSM-5 zeolite when treating real wastewater and indicating the reduction of the time storage of ^{131}I radioactive waste water after the column adsorption. **Subject and method:** The adsorption column consist of biochar/PVA and ZSM-5 zeolite/PVA composite materials with the different rates of biochar/ZSM-5 zeolite. By using the column adsorption, fabricated composite materials have spherical

Ngày nhận bài: 06/9/2023, ngày chấp nhận đăng: 26/9/2023

Người phản hồi 1: Nguyễn Thị Thúy Nhâm, Email: nguyennham08031982@gmail.com - Bệnh viện Quân y 175

Người phản hồi 2: Đình Văn Phúc, Email: dvphuc@ntt.edu.vn - Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

granules with various rates of biochar/ZSM-5 zeolite mass (9:1, 8:2, 7:3, 6:4). After that, the aqueous solutions of radioactive ^{131}I with the same initial concentration are slowly flowed through the column. The radioactivities of ^{131}I before and after the uptake are determined to evaluate the column adsorption capacity after the iterations of 1, 2 or and 3 times. *Result:* The initial results show that the biochar:ZSM-5 zeolite mass ratio ranging from 6:4 to 9:1 has no significant difference in the ability to absorb ^{131}I under the surveyed conditions. The adsorption efficiency of ^{131}I by the filter column reached approximately 40% after 3 cycles. This result also shows that after 3 cycles, the adsorption capacity of ^{131}I has not shown signs of saturation. *Conclusion:* The mixture of biochar/PVA and ZSM-5 zeolite/PVA composite materials has the ability to treat radioactive iodine and shows potential for application in treating wastewater containing radioactive iodine in hospitals that treat thyroid cancer patients with radioactive drugs (^{131}I).

Keywords: Radioactive ^{131}I , radioactive wastewater, adsorption column, biochar, ZSM-5 zeolite.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, nhu cầu điều trị bằng thuốc phóng xạ ^{131}I trong điều trị ung thư tuyến giáp ngày càng tăng trong khi điều kiện về cơ sở vật chất của các cơ sở điều trị thì bị giới hạn. Cụ thể, nhóm nghiên cứu xin đề cập đến hệ thống thải phóng xạ dạng lỏng của các cơ sở điều trị. Trong điều kiện, lượng bệnh nhân lưu trú có nhu cầu ngày càng tăng, việc xử lý nước thải phóng xạ là vấn đề nghiêm trọng và cấp bách. Việc xử lý chất thải phóng xạ đòi hỏi độ an toàn ở mức khắt khe và phải đảm bảo theo đúng quy định của Bộ Khoa học và Công nghệ cũng như Bộ Tài nguyên môi trường. Chất thải dạng lỏng có chứa chất phóng xạ ^{131}I phải được thu gom và lưu trữ trong hệ thống bể lưu riêng biệt ở các bệnh viện cho đến khi phân rã khoảng 10 chu kỳ (phân giải hết) hoặc cho đến khi chỉ số nồng độ hoạt độ phóng xạ/lít nhỏ hơn giá trị ngưỡng cho phép theo quy định, khi đó nước thải đó mới được thải ra môi trường chung [1, 2]. Hệ thống bể lưu chất thải lỏng ^{131}I được xây dựng kiên cố với chi phí đầu tư cao, khó nâng cấp kịp thời khi nhu cầu bệnh nhân tăng và nghiêm trọng hơn là có nguy cơ rò rỉ phóng xạ rỉ chất thải phóng xạ [3] ra môi trường xung quanh. Do đó, nghiên cứu và nâng cấp xử lý nước thải chứa nốt phóng xạ (^{131}I) tại các bệnh viện có cơ sở điều trị dùng thuốc phóng xạ ^{131}I là một trong những nhiệm vụ cấp bách và cần thiết.

Có nhiều phương pháp khác nhau đã và đang được nghiên cứu, sử dụng ở trong nước cũng như trên thế giới để xử lý nốt phóng xạ dạng lỏng bao gồm: Hấp phụ [4-6], kết tủa [7-11],... Trong đó, phương pháp hấp phụ sử dụng các vật liệu xốp phổ

biến như than hoạt tính [12, 13], zeolite [4, 14] là một trong những phương pháp được nghiên cứu nhiều nhất vì hiệu quả xử lý cao, chi phí đầu tư thấp [12]. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu tập trung xử lý nốt phóng xạ dưới dạng khí (CH_3I hoặc I_2) mà chưa tập trung vào xử lý phóng xạ dạng lỏng. Các nghiên cứu đều sử dụng vật liệu hấp phụ ở dạng bột và chưa có nghiên cứu nào về việc ứng dụng chất hấp phụ được chế tạo ở dạng hạt composite nhằm mục đích xử lý nốt phóng xạ ở dạng lỏng theo phương pháp cột lọc được tiến hành bởi các nhà nghiên cứu Việt Nam.

Zeolite ZSM-5 được biết đến như chất xúc tác - hấp phụ được sử dụng rộng rãi, hiệu quả trong lĩnh vực hóa dầu cũng như trong lĩnh vực xử lý môi trường bởi ZSM-5 sở hữu cấu trúc khung với hệ thống kênh và khoang trống có dạng đường hầm xuyên suốt trong toàn bộ cấu trúc, kết hợp với đặc tính về độ bền nhiệt. Than sinh học là chất hấp phụ có quy trình tổng hợp đơn giản, chi phí sản xuất thấp, thân thiện với môi trường. Do đó, nhóm nghiên cứu mong muốn sử dụng cả hai vật liệu ở dạng composite để kết hợp các đặc tính ưu việt của từng vật liệu nhằm tìm hiểu khả năng hấp phụ nốt phóng xạ dạng lỏng, cũng như loại bỏ các thành phần ô nhiễm khác có trong nước thải như kim loại nặng, kháng sinh... Trong nghiên cứu này, Vật liệu composite dạng hạt kết hợp giữa hai vật liệu composite được ứng dụng để thử nghiệm xử lý mẫu nước có chứa nốt phóng xạ ở hoạt độ đã được tính trước sao cho phù hợp với hoạt độ phóng xạ có trong mẫu nước thải thực tế tại bệnh viện. Một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ nốt phóng

xạ bằng cột lọc đã được khảo sát như tỉ lệ khối lượng vật liệu và số lần cho dung dịch qua cột (vòng lặp) để đánh giá hiệu quả xử lý mẫu nước có chứa isotop phóng xạ.

2. Đối tượng và phương pháp

Hóa chất, dụng cụ, thiết bị

Các hóa chất được sử dụng trong nghiên cứu này gồm: Dung dịch isotop phóng xạ ^{131}I (NaI) (sản xuất tại Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt, Việt Nam, độ tinh khiết hoá phóng xạ đạt 98,8%), polyvinyl alcohol (PVA, Trung Quốc, 99%), nước cất 2 lần. Một số dụng cụ được sử dụng gồm: Cột lọc bằng thủy tinh có khóa điều chỉnh tốc độ nhỏ giọt, lọ thủy tinh đựng mẫu dung tích 100mL, cốc chia độ, các loại kim tiêm dung tích 5-20mL, găng tay y tế, khẩu trang y tế, quần áo bảo hộ chuyên dụng. Hoạt độ phóng xạ trong mẫu nước chứa isotop phóng xạ trước và sau hấp phụ được đánh giá trên thiết bị đo liều Dose Calibrator ISOMED 1010 (MED, Đức) có phương sai là 0,21% tại Viện Ung bướu và Y học Hạt nhân, Bệnh viện Quân y 175, TP. Hồ Chí Minh để đánh giá hiệu quả xử lý isotop phóng xạ. Vật liệu dạng hạt được chế tạo bằng thiết bị tạo hạt LD-88A (ChuangLi, Trung Quốc).

Chế tạo cột lọc chứa hạt composite than sinh học/PVA và zeolite/PVA

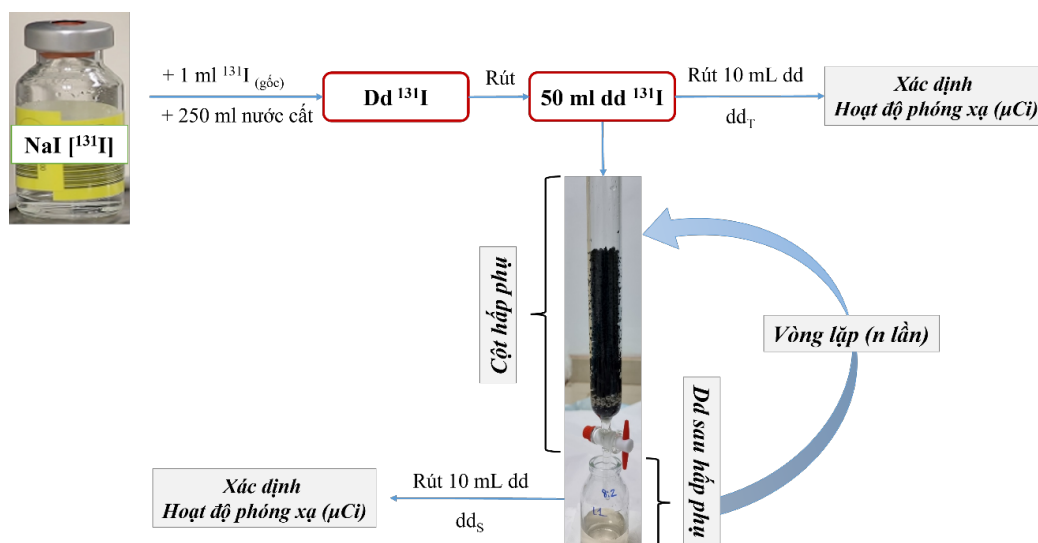
Trước tiên, vật liệu zeolite ZSM-5 và than sinh học ở dạng bột được tổng hợp lần lượt theo các nghiên cứu đã được công bố trước đó bởi nhóm nghiên cứu của chúng tôi [15, 16]. Sau đó, quy trình tạo hạt composite giữa vật liệu hấp phụ và chất kết dính PVA theo tỉ lệ khối lượng 3:1 được tiến hành như sau: Cân chính xác 3 gam chất kết dính PVA cho vào 10mL nước cất và gia nhiệt kết hợp với khuấy từ đến khi hỗn hợp tan hoàn toàn, có màu trong suốt và có độ kết dính như keo. Sau đó, để nguội đến nhiệt độ phòng và cân chính xác 9 gam vật liệu hấp phụ dạng bột gồm (than sinh học hoặc zeolite ZSM-5) rồi cho từ từ vào hỗn hợp trên kết hợp phối trộn đều bằng đũa thủy tinh cho đến khi hỗn hợp đã được phối trộn đều và có thể nhào nặn bằng tay. Khối bột

được cán mỏng, cắt thành sợi, sau đó cắt thành từng hạt tròn, và cuối cùng là sấy khô trên máy tạo hạt chuyên dụng LD-88A để thu được hạt composite có đường kính khoảng 0,5cm. Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của tỉ lệ khối lượng hạt composite than sinh học/PVA và zeolite ZSM-5/PVA đến khả năng hấp phụ isotop phóng xạ trong dung dịch nước được khảo sát lần lượt là: 9:1; 8:2; 7:3; 6:4. Hiệu suất hấp phụ ^{131}I được tính theo công thức (1), trong đó: C_o ($\mu\text{Ci}/\text{mL}$) và C_e ($\mu\text{Ci}/\text{mL}$) lần lượt là nồng độ hoạt độ của mẫu nước chứa ^{131}I trước và sau hấp phụ.

$$\text{Hiệu suất (\%)} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \% \quad (1)$$

Quy trình pha chế dung dịch chứa isotop phóng xạ và thực hiện hấp phụ trên cột lọc

Dung dịch chứa ^{131}I có hoạt độ mong muốn được pha chế từ dung dịch gốc bằng cách rút chính xác một lượng dung dịch gốc (mL) bằng kim tiêm và pha vào một lượng thể tích nước (mL) đã tính toán trước. Hoạt độ phóng xạ của lọ thuốc chứa dung dịch gốc (1), kim tiêm chứa lượng dung dịch gốc đã rút (2), và kim tiêm sau khi đã bơm dung dịch gốc vào nước cất để pha chế (3) được đo trên máy đo liều Dose Calibrator ISOMED 1010. Sau đó, 10 mL dung dịch đã pha chế (dd_r) được rút vào kim tiêm và đo hoạt độ phóng xạ để làm cơ sở đánh giá hiệu quả hấp phụ ^{131}I sau khi qua cột lọc. Để thực hiện quá trình hấp phụ, rút chính xác 50mL dung dịch chứa ^{131}I đã pha chế bằng kim tiêm và cho vào cột lọc đã chứa sẵn hạt composite ở các tỉ lệ khối lượng vật liệu khác nhau. Sau đó mở khóa để dung dịch nhỏ giọt với tốc độ 1 mL/phút xuống lọ thủy tinh đã chuẩn bị sẵn. Rút chính xác 10mL dung dịch sau khi hấp phụ (dd_s) để đo hoạt độ phóng xạ, từ đó đánh giá được hiệu quả hấp phụ ^{131}I trong dung dịch nước bởi cột lọc. Quá trình hấp phụ có thể được lặp đi lặp lại nhiều lần cho đến khi đạt trạng thái cân bằng hấp phụ với quy trình đánh giá hoạt độ phóng xạ như trên. Quy trình pha chế phóng xạ và thực hiện hấp phụ dung dịch chứa ^{131}I trên cột lọc được thể hiện trong Sơ đồ 1.



Sơ đồ 1. Quy trình pha chế ¹³¹I và hấp phụ trên cột chứa vật liệu composit dạng hạt

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ khối lượng hạt composit than sinh học/PVA và zeolite ZSM-5/PVA

Kết quả đánh giá ảnh hưởng của tỉ lệ khối lượng hạt composit đến quá trình hấp phụ dung dịch ¹³¹I được trình bày trong Bảng 1. Chúng tôi chọn tỉ lệ khối lượng của zeolite ZSM-5 tối đa là 40% nhằm giảm chi

phí chế tạo vật liệu. So với zeolite ZSM-5, than sinh học có quy trình tổng hợp đơn giản và đi từ nguồn phụ phẩm nông nghiệp là vỏ bưởi. Do đó, việc triển khai ứng dụng xử lý nước thải bệnh viện thực tế trên cột lọc có tỉ lệ khối lượng than sinh học lớn hơn có nhiều ưu điểm hơn. Kết quả thử nghiệm hấp phụ ¹³¹I trong dung dịch nước trên cột lọc như sau:

Bảng 1. Hiệu quả hấp phụ ¹³¹I trong dung dịch nước của cột lọc ở các tỉ lệ khối lượng hạt than và zeolite khác nhau

Tỉ lệ cột (Than/zeolite)	Số vòng lặp (lần)	Hoạt độ ¹³¹ I trước khi qua cột lọc (μCi/mL)	Hoạt độ ¹³¹ I sau khi qua cột lọc (μCi/mL)	Hiệu suất hấp phụ ¹³¹ I (%)
9:1	1	4,250 ± 0,039	2,877 ± 0,033	32,30
8:2	1	4,250 ± 0,039	2,851 ± 0,023	32,92
7:3	1	4,250 ± 0,039	2,862 ± 0,039	32,64
6:4	1	4,250 ± 0,039	2,921 ± 0,013	31,20

Theo Bảng 1, cột lọc với các tỉ lệ khối lượng than/zeolite khác nhau từ 6:4 đến 9:1 hấp phụ lượng ¹³¹I không quá khác biệt nhau trong cùng điều kiện thí nghiệm. Chúng ta nhận thấy rằng dung dịch ¹³¹I sau khi qua cột lọc, hoạt độ phóng xạ giảm đi khoảng 31-33% so với hoạt độ ban đầu. Kết quả này đồng nghĩa với việc cột lọc đã hấp phụ khoảng 31-33% lượng ¹³¹I dưới dạng dung dịch. Như vậy, dựa trên kết quả nói trên có thể dự đoán rằng, cả than sinh học và zeolite ZSM-5 có khả năng hấp phụ ¹³¹I

trong dạng dung dịch (anion I⁻). So sánh với các kết quả nghiên cứu khác về xử lý ¹³¹I bằng các vật liệu hấp phụ khác nhau, các nghiên cứu chủ yếu dùng vật liệu hấp phụ để loại bỏ ¹³¹I ở dạng phân tử khí (I₂ và CH₃I). Trong khi đó, ¹³¹I được sử dụng trong điều trị cho bệnh nhân ung thư tuyến giáp (được gọi là thuốc phóng xạ ¹³¹I) với dạng tồn tại là anion I⁻. Kết quả nghiên cứu cho thấy tiềm năng và tính thực tế của vật liệu trong loại bỏ ¹³¹I có trong nước thải từ các bệnh viện có điều trị cho bệnh nhân ung thư

tuyến giáp bằng phương pháp hóa trị với thuốc phóng xạ ^{131}I . Từ kết quả nói trên có thể thấy ở tỉ lệ khối lượng hạt than/zeolite từ 6:4 đến 9:1 không có sự khác biệt nhiều về khả năng xử lý ^{131}I . Cụ thể, khi nhóm nghiên cứu cho giảm dần tỉ lệ zeolite và tăng dần tỉ lệ than thì hiệu quả hấp phụ của cột lọc không chênh lệch nhiều. Do đó, với tiêu chí ưu tiên về mặt chi phí thì việc sử dụng than sinh học là hiệu quả hơn. Điều này có thể lý giải bởi khả năng hấp phụ ^{131}I ít thay đổi khi thay đổi tỉ lệ than và zeolite ZSM-5 trong điều kiện khảo sát. Thực tế trong nước thải bệnh viện ngoài lốt phóng xạ cũng có khả năng chứa các hợp chất hữu cơ như kháng sinh, hoặc một số ion kim loại nặng, và lốt không phóng xạ. Vật liệu zeolite ZSM-5 hấp phụ có tính chọn lọc, phù hợp với các chất có kích thước phân tử nhỏ bé như ^{131}I . Đối với than sinh học hấp phụ hầu hết các thành phần trong nước thải, nên các thành phần khác trong nước thải dễ dàng chiếm chỗ trong than trước khi ^{131}I được hấp phụ. Do đó, cột lọc với các tỉ lệ khối lượng than sinh học:zeolite khác nhau từ 6:4 đến 9:1 được chọn để tìm hiểu, đánh giá khả năng xử lý nước thải thực tế nhằm tìm ra điều kiện tối ưu nhất,

trong đó vẫn đảm bảo tỉ lệ than sinh học luôn chiếm ưu thế so với zeolite ZSM-5.

3.2. Khảo sát khả năng hấp phụ tối đa của cột lọc

Khảo sát hiệu quả hấp phụ của cột lọc được nhóm nghiên cứu thực hiện với số vòng lặp nhiều hơn trên các cột lọc đã khảo sát về ảnh hưởng của tỉ lệ khối lượng than trên zeolite. Các cột lọc đã sử dụng trong thí nghiệm trước đó ở mục 3.1 sau khi để phân rã tự nhiên trong thời gian khoảng 1,5 tháng được sử dụng tiếp tục để khảo sát hiệu quả hấp phụ tối đa (số vòng lặp) cũng như tìm hiểu khả năng tái sử dụng của chúng. Hoạt độ ban đầu được chọn là nồng độ hoạt độ/lít lớn nhất của nước thải phóng xạ thực tế là 4,25mCi/lít (với các thông số tối đa 14 người bệnh/ngày, dùng liều thuốc phóng xạ ^{131}I là 150mCi/bệnh nhân, tỉ lệ đào thải thuốc phóng xạ ^{131}I ra khỏi cơ thể trong một ngày là 85 % qua đường tiểu tiện và đại tiện, số lượng nước thải ra của 14 bệnh nhân là 420 lít/ngày). Thực nghiệm, nhóm nghiên cứu đã tạo dung dịch ^{131}I với nồng độ ban đầu đo trên thiết bị đo liều Dose Calibrator ISOMED 1010 là 4,389 $\mu\text{Ci/ml}$. Kết quả được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Hiệu quả hấp phụ ^{131}I trong dung dịch nước của các cột lọc theo số lần lặp

Tỉ lệ cột (Than/zeolite)	Số vòng lặp (lần)	Hoạt độ ^{131}I trước khi qua cột lọc ($\mu\text{Ci/ml}$)	Hoạt độ ^{131}I sau khi qua cột lọc ($\mu\text{Ci/ml}$)	Hiệu suất hấp phụ ^{131}I (%)
9:1	1	4,389 \pm 0,025	3,406 \pm 0,039	22,40
	2	3,406 \pm 0,039	3,010 \pm 0,029	31,42
	3	3,010 \pm 0,029	2,724 \pm 0,019	37,94
8:2	1	4,389 \pm 0,025	3,211 \pm 0,052	26,84
	2	3,211 \pm 0,052	2,860 \pm 0,020	34,84
	3	2,860 \pm 0,020	2,638 \pm 0,014	39,90
7:3	1	4,389 \pm 0,025	3,103 \pm 0,060	29,3
	2	3,103 \pm 0,060	2,850 \pm 0,046	32,26
	3	2,850 \pm 0,046	2,623 \pm 0,038	40,24
6:4	1	4,389 \pm 0,025	3,236 \pm 0,021	26,27
	2	3,236 \pm 0,021	2,973 \pm 0,049	32,26
	3	2,973 \pm 0,021	2,591 \pm 0,015	40,97

Kết quả sau 3 vòng lặp cho thấy, các cột lọc vẫn tiếp tục hấp phụ ^{131}I dạng dung dịch và chưa có dấu

hiệu bão hòa. Điều đó cho thấy cột lọc ở các tỉ lệ vẫn có khả năng hấp phụ ^{131}I nếu tiếp tục tăng số lượng

vòng lặp. Sau 3 vòng lặp, hiệu suất hấp phụ ^{131}I đạt khoảng 38-41%. Như vậy, khi triển khai xử lý nước thải bệnh viện chứa ^{131}I , quá trình hấp phụ cần được lặp đi lặp lại nhiều lần để hiệu quả hấp phụ là cao nhất. Trong Bảng 2, hiệu suất hấp phụ ^{131}I sau lần hấp phụ đầu tiên là 22,40%, giá trị này thấp hơn nhiều so với giá trị đã liệt kê trong Bảng 1 (32,3%). Theo nhóm nghiên cứu, nguyên nhân dẫn đến kết quả khác biệt giữa Bảng 1 và vòng lặp lần 1 của Bảng 2 là do cột lọc đã được hấp phụ ^{131}I trước đó và chưa được giải hấp trước khi thực hiện thí nghiệm khảo sát số vòng lặp mà chỉ để bán rã tự nhiên trong 1,5 tháng.

Sau vòng lặp thứ 2 và thứ 3, hiệu suất hấp phụ ^{131}I đã không có sự khác biệt nhiều ở các tỉ lệ về khối lượng hạt composit khác nhau. Cột lọc có khả năng hấp phụ càng cao thì càng có ý nghĩa trong việc giảm ô nhiễm môi trường của I ốt phóng xạ, đồng thời làm giảm được nồng độ hoạt độ ^{131}I trong hệ thống thải lỏng. Chúng ta có thể tính: Cứ giảm được $\frac{1}{2}$ nồng độ hoạt độ phóng xạ ban đầu thì chúng ta có thể giảm thời gian lưu trữ được 1 chu kỳ bán rã của ^{131}I . Đồng thời, kết quả đó cũng rất có ý nghĩa cho những thiết kế lưu trữ hệ thống thải lỏng cố định và khó mở rộng khi lượng bệnh nhân cần điều trị bằng thuốc phóng xạ ^{131}I ngày càng tăng. Khả năng hấp phụ tốt của cột lọc giúp cho nồng độ hoạt độ ^{131}I trong dung dịch nước thải sớm trở về giá trị dưới ngưỡng cho phép của Bộ Khoa học và Công nghệ và Bộ Tài nguyên Môi trường, nước thải phóng xạ ^{131}I sớm được xả thải vào đường thải chung mà không gây nguy hại cho môi trường.

Với những đặc trưng của vật liệu xốp, một trong những cơ chế có thể xảy ra khi ^{131}I được hấp phụ lên cột lọc là sự khuếch tán của chúng vào lỗ xốp của vật liệu. Kích thước lỗ xốp của zeolite ZSM-5 hoặc than sinh học đều dao động khoảng 2nm, lớn hơn so với bán kính ion của I⁻, do vậy chúng có thể đi vào trong lỗ xốp và được giữ lại bởi các tương tác hóa học hoặc vật lý như tương tác tĩnh điện, trao đổi ion, và tương tác van der waals. Thông thường, quá trình hấp phụ này là thuận nghịch và vì thế ^{131}I có khả năng được giải hấp ra khỏi cột. Tuy nhiên, quá trình này cần được thực hiện trong môi trường phù hợp

chẳng hạn như rửa giải cột bằng dung dịch bazơ để ^{131}I thực hiện phản ứng trao đổi ion. Trong trường hợp quá trình hấp phụ đã cân bằng, đồng nghĩa với việc vật liệu không còn khả năng hấp phụ tại thời điểm đó. Tuy nhiên với ^{131}I theo thời gian chúng sẽ tự phân rã và vì thế các cột lọc có thể tái sử dụng như chúng tôi đã thực hiện trong nghiên cứu này, đây là điểm khác biệt giữa việc hấp phụ các chất phóng xạ và các chất thải thông thường khác như các ion kim loại nặng, chất màu hữu cơ, kháng sinh.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã chế tạo thành công vật liệu hấp phụ composit dạng hạt gồm hạt than sinh học/PVA và hạt zeolite ZSM-5/PVA. Hạt vật liệu được khảo sát hấp phụ, xử lý ^{131}I trong dung dịch nước thông qua cột lọc tự chế tạo bằng thủy tinh. Tỉ lệ khối lượng hạt vật liệu và số vòng lặp đã được khảo sát để đánh giá hiệu quả của quá trình hấp phụ. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy cột lọc có khả năng xử lý ^{131}I với hiệu quả xử lý (hiệu suất hấp phụ) đạt khoảng 40%. Và khả năng hấp phụ của cột lọc chưa đạt tới ngưỡng bão hòa, nên hiệu suất hấp phụ có thể tăng nếu tiếp tục khảo sát tiếp.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh trong đề tài mã số 54/2021/HĐ-QKH-CN. Nguyễn Duy Khôi được tài trợ bởi Chương trình học bổng đào tạo thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), VINIF.2022.TS061.

Tài liệu tham khảo

1. Benes I, Muller-Duysing W, Heinzl F (1980) *Process for the removal of radioactive iodine from a liquid, especially urine, and apparatus to carry out the process*. Google Patents.
2. Abdmeziem K, Siffert B (1994) *Synthesis of large crystals of ZSM-5 zeolite from a smectite-type clay material*. Applied Clay Science 8(6): 437-447. doi: 10.1016/0169-1317(94)90038-8.
3. Tuấn PA, Len PT, Thống TV (2019) *Tính toán hệ thống bể lưu chất thải lỏng phóng xạ tự động gồm*

- nhiều bể nhỏ trong điều trị ung thư tuyến giáp bằng I-131*. Trung tâm Y học Hạt nhân và Ung bướu, Bệnh viện Bạch Mai.
4. Kubota T, Fukutani S, Ohta T, Mahara Y (2013) *Removal of radioactive cesium, strontium, and iodine from natural waters using bentonite, zeolite, and activated carbon*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 296(2): 981-984. doi: 10.1007/s10967-012-2068-4.
 5. Mu W, Yu Q, Li X, Wei H, Jian Y (2016) *Adsorption of radioactive iodine on surfactant-modified sodium niobate*. RSC advances 6(85): 81719-81725. doi: 10.1039/C6RA18091D.
 6. Zheng B, Liu X, Hu J, Wang F, Hu X, Zhu Y, Lv X, Du J, Xiao D (2019) *Construction of hydrophobic interface on natural biomaterials for higher efficient and reversible radioactive iodine adsorption in water*. Journal of hazardous materials 368: 81-89. doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.01.037.
 7. Liu Y, Gu P, Jia L, Zhang G (1994) *An investigation into the use of cuprous chloride for the removal of radioactive iodide from aqueous solutions*. Journal of hazardous materials 302: 82-89. doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.09.045.
 8. Ochiai K-i, Fuseya Y (1994) *Process for the separation of radioactive iodine compounds by precipitation*. Google Patents.
 9. Liu Y, Gu P, Yang Y, Jia L, Zhang M, Zhang G (2016) *Removal of radioactive iodide from simulated liquid waste in an integrated precipitation reactor and membrane separator (PR-MS) system*. Separation and Purification Technology 171: 221-228. doi: 10.1016/j.seppur.2016.07.034.
 10. Rahman R, Ibrahim H, Hung Y-T (2011) *Liquid radioactive wastes treatment: A review*. Water 3(2): 551-565. doi: 10.3390/w3020551.
 11. Sinha P, Lal K, Ahmed J (1997) *Removal of radioiodine from liquid effluents*. Waste Management 17(1): 33-37. doi: 10.1016/S0956-053X(97)00034-2.
 12. Huve J, Ryzhikov A, Nouali H, Lalia V, Augé G, Daou TJ (2018) *Porous sorbents for the capture of radioactive iodine compounds: A review*. RSC Advances 8(51): 29248-29273. doi: 10.1039/C8RA04775H.
 13. Reimerink WMTM (1999) *The use of activated carbon as catalyst and catalyst carrier in industrial applications*. Studies in Surface Science and Catalysis 120: 751-769.
 14. Faghiehian H, Ghannadi Maragheh M, Malekpour A (2022) *Adsorption of radioactive iodide by natural zeolites*. Journal of radioanalytical and nuclear chemistry 254(3): 545-550. doi: 10.1023/a:1021698207045.
 15. Nguyen DK, Dinh VP, Dang NT, Khan DT, Hung NT, Thi Tran NH (2023) *Effects of aging and hydrothermal treatment on the crystallization of ZSM-5 zeolite synthesis from bentonite*. RSC Advances 13(30): 20565-20574. doi: 10.1039/D3RA02552G.
 16. Dinh VP, Nguyen DK, Luu TT, Nguyen QH, Tuyen LA, Phong DD, Kiet HAT, Ho TH, Nguyen TTP, Xuan TD (2022) *Adsorption of Pb(II) from aqueous solution by pomelo fruit peel-derived biochar*. Materials Chemistry and Physics 285: 126105. doi: 10.1016/j.matchemphys.2022.126105.