



Nghiên cứu chế tạo cacbon hoạt tính từ rác thải nhựa polyethylene terephthalate (PET) và ứng dụng loại bỏ phẩm màu hữu cơ trong nước bằng phương pháp hóa học

Fabrication of activated carbon from polyethylene terephthalate plastic waste (PET) and their application for the removal of organic dyes in aqueous solution by chemical method

Nguyễn Thị Hồng Phượng^{1*}, Nguyễn Thị Linh¹, Khuất Hoàng Bình², Trần Văn Hữu³, Trần Văn Khanh², Nguyễn Linh Hoa⁴, Đỗ Thị Ngọc Minh⁴, Đào Nhật Ánh⁴, Hồ Phương Hiền⁴, Mai Hữu Thuấn⁵, Lê Đức Dương²

¹Viện Kỹ thuật Hóa học, Đại học Bách Khoa Hà Nội

²Viện Hóa học – Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự

³Trường THCS Hà Huy Tập, quận Hai Bà Trưng

⁴Khoa Hóa học, Đại học Sư phạm Hà Nội

⁵Viện Vật lý kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Hà Nội

*Email: phuong.nguyenthihong@hust.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: 28/02/2023

Accepted: 15/4/2023

Published: 30/12/2023

Keywords:

Activated carbon, plastic wastes, polyethylene terephthalate, chemical activation, adsorption

ABSTRACT

Synthetic plastics are found in all manufacturing industries and in daily life because plastic products bring convenience to life. Polyethylene terephthalate (PET) is one of the most popular synthetic plastics with increasing consumption. Every year, the huge amount of PET plastic waste is discharged into the environment. Therefore, it is necessary to have an effective solution for PET plastic waste. In this study, PET waste plastic was utilized to fabricate activated carbon using the chemical activating approach. H_3PO_4 acid was used as activating agent. The influence of impregnation rate of PET waste plastic with H_3PO_4 , activating temperature, activating time on the surface areas of activated carbon was investigated. The prepared activated carbon was well-characterized by scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), FTIR, and BET. The activated carbon prepared from the PET plastic waste revealed high absorption toward methylene blue in aqueous solution in a wide range of pH solutions. The fabrication of activated carbon from the plastic waste not only address the environmental issues, but also produce high-value activated carbon for the environmental remediation.

Giới thiệu chung

Nhựa đã trở thành một phần thiết yếu trong đời sống sinh hoạt và sản xuất. Tuy nhiên, nhựa là một dạng

chất thải có tốc độ phân hủy rất chậm. Những mảnh rác thải nhựa lớn bị phân nhỏ dưới các tác động cơ

<https://doi.org/10.62239/jca.2023.061>

học thành các hạt nhựa nhỏ có kích thước dưới 5 mm và phải mất hàng trăm năm, thậm chí hàng nghìn năm để một mảnh rác thải nhựa có thể phân hủy trong điều kiện tự nhiên. Tác hại của rác thải nhựa ảnh hưởng đến môi trường là rất lớn như: ô nhiễm nguồn nước, đất đai, khí hậu, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe của con người và cảnh quan thiên nhiên. Các bãi rác nhựa nói riêng và cơ sở tái chế rác thải nói chung đang dần dần trở nên quá tải. Rác thải của nhựa polyethylene terephthalate (PET) chiếm lượng lớn trong tổng rác thải nhựa [1-4]. Trước vấn đề này, cần thiết có một giải pháp tốt và hiệu quả hơn để xử lý.

Việc xử lý rác thải nhựa đang được thực hiện một cách tích cực ở nhiều nước trên thế giới, các phương pháp có thể sử dụng bao gồm: tái chế, chôn lấp, đốt, phân hủy vi sinh và chuyển hóa thành các vật liệu có ích. Theo thống kê, tại châu Âu, khoảng 38% lượng rác thải nhựa được chôn lấp, 26% được tái chế, còn lại 36 % cho mục đích thu hồi năng lượng [5, 6]. Tại Việt Nam, việc tái chế nhựa còn chậm và chưa hiệu quả do gặp khó khăn trong việc phân loại rác tại nguồn. Hơn nữa, nhựa sau khi được tái chế không còn giữ được phẩm chất dưới các tác dụng của nhiệt, do đó không thể sử dụng lại cho các mục đích bao đầu, đặc biệt là trong bao gói thực phẩm hoặc trong y tế.

Do đó, việc tận dụng nguồn rác thải khổng lồ này đã và đang thu hút được sự quan tâm rất lớn của các nhà quản lý. Phân tích hàm lượng cacbon trong các loại nhựa thấy rằng nhựa tổng hợp có chứa trên 60% cacbon [7-10], rất nhiều các nhà khoa học gần đây trên thế giới đã tập trung vào nghiên cứu phát triển công nghệ tái sinh rác thải nhựa thành các vật liệu trên cơ sở cacbon như graphene [11], ống nano cacbon [12] và đặc biệt là cacbon hoạt tính [13]. Công nghệ được sử dụng khá phổ biến để tái sinh rác thải nhựa thành cacbon hoạt tính là hoạt hóa hóa học với tác nhân axit H_3PO_4 [14-16].

Bài báo này trình bày nghiên cứu chế tạo cacbon hoạt tính từ nhựa thải PET theo phương pháp hoạt hóa hóa học bằng axit H_3PO_4 , đồng thời trình bày một số kết quả ứng dụng của cacbon hoạt tính thu được trong việc hấp phụ, xử lý màu của thuốc nhuộm xanh metylene trong nước.

Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu

Nguyên liệu

Nhựa thải PET được thu gom là các vỏ chai nhựa. Sau đó các chai nhựa được cắt nhỏ từ 1-3mm, rửa sạch và sấy khô.

Hóa chất, thiết bị

Hóa chất: axit H_3PO_4 , iot tinh thể, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, hồ tinh bột, khí CO_2 , NaOH, xanh metylene, nước cất.

Thiết bị: Lò nung ống Tube Furnace 21100, tủ sấy, bơm hút chân không, máy khuấy từ, cân phân tích, máy đo quang UV-VIS.

Chế tạo cacbon hoạt tính

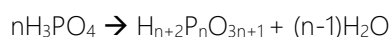
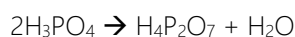
Nhựa thải PET đã xử lý ngâm tẩm với H_3PO_4 được nung trong lò nung ống (môi trường khí CO_2), quá trình được tiến hành ở thời gian và nhiệt độ xác định [14, 16]. Sản phẩm sau khi nung được rửa bằng dung dịch NaOH 5% và nước cất, rửa lại nhiều lần cho tới khi nước rửa đạt môi trường trung tính thì dừng lại. Mẫu sau rửa được đưa vào trong tủ sấy ở nhiệt độ $105^\circ C$, sấy trong thời gian 2 giờ. Cacbon hoạt tính sau khi sấy khô được đem nghiền mịn và tiến hành xác định chỉ số iot. Lựa chọn ra mẫu có chỉ số iot tốt nhất đem phân tích đặc trưng cấu trúc và đo diện tích bề mặt.

Công thức tính hiệu suất cacbon hoạt tính chế tạo từ nhựa thải PET:

$$H = \frac{m_{\text{cacbon hoạt tính}}}{m_{\text{nhựa thải}}} \cdot 100\%$$

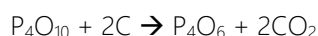
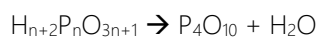
Quá trình chế tạo cacbon hoạt tính theo phương pháp hoạt hóa hóa học với tác nhân hoạt hóa là H_3PO_4 được dựa trên cơ chế [15]:

Trong khoảng nhiệt độ $100-400^\circ C$:



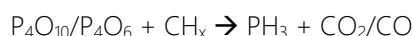
H_3PO_4 hấp thụ nước sau đó tách nước, các nhóm chức hữu cơ bị phân hủy và CO, CO_2 giải phóng.

Trong khoảng $400-700^\circ C$:



Nước được tách ra và tạo thành P_4O_{10} là chất oxi hóa mạnh sẽ phản ứng với cacbon để phân hủy các nhóm chức, tạo các lỗ xốp mới.

Trong khoảng nhiệt độ lớn hơn $700^\circ C$:



Xác định chỉ số iot của cacbon hoạt tính

Chỉ số iot đặc trưng cho diện tích bề mặt cũng như khả năng hấp phụ của cacbon hoạt tính. Chỉ số iot được tính bằng hàm lượng iot đã hấp phụ trên một đơn vị trọng lượng khô của cacbon hoạt tính (mg/g).

Tiến hành hấp phụ dung dịch I₂ bằng cacbon hoạt tính, nồng độ dung dịch I₂ còn lại sau hấp phụ được xác định bằng cách tiến hành chuẩn độ với dung dịch Na₂S₂O₃.

Công thức:

$$Q = (C_1 \cdot V_1 - C_2 \cdot V_2) \cdot \frac{M_{I_2}}{m_{than}}$$

Trong đó:

Q: chỉ số iot (mg/g)

C₁: nồng độ ban đầu của I₂ (mol/l)

V₁: thể tích ban đầu của I₂ (ml)

C₂: nồng độ I₂ sau hấp phụ (mol/l)

V₂: thể tích I₂ sau hấp phụ (ml)

M_{I₂}: khối lượng phân tử của iot (254g/mol)

m_{than}: khối lượng cacbon hoạt tính

Đánh giá đặc trưng cấu trúc vật liệu

Đặc điểm hình thái cấu trúc bề mặt của cacbon hoạt tính được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) của hãng HITACHI S-4800 (Nhật Bản). Các nhóm chức năng trên bề mặt cacbon hoạt tính đã chế tạo được khảo sát bằng phổ hồng ngoại Fourier (FTIR) của hãng Perkin Elmer, model Spectrum Two (Anh). Đo nhiễu xạ tia X (XRD) bằng máy của hãng X'Pert PRO Panalytical PW3040/60 (Hà Lan) với nguồn bức xạ Cu-K α 0,15405 nm được sử dụng để nghiên cứu độ kết tinh của mẫu. Phương pháp hấp phụ - giải hấp phụ Nitơ sử dụng máy Tristar 3000-Micromeritics được sử dụng để xác định diện tích bề mặt riêng BET của mẫu cacbon hoạt tính.

Khảo sát khả năng hấp phụ xanh metylene (MB) của vật liệu tổng hợp

Ảnh hưởng của pH dung dịch: Cho 10mg cacbon hoạt tính hấp phụ trong 10ml dung dịch MB 300ppm có các pH khác nhau, thời gian hấp phụ 15 phút.

Ảnh hưởng của lượng cacbon hoạt tính: Cho các lượng cacbon hoạt tính là 4mg, 6mg, 8mg, 10mg, 12mg thực hiện hấp phụ trong 10ml dung dịch MB 200ppm tại pH= 9 trong thời gian 7 phút.

Ảnh hưởng của thời gian hấp phụ: Cho 10mg cacbon hoạt tính hấp phụ trong 10ml dung dịch MB 400ppm (pH = 9) với các thời gian khác nhau: 15 phút, 20 phút, 25 phút, 30 phút, 35 phút.

Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch MB: Cho 10mg cacbon hoạt tính hấp phụ trong 10ml dung dịch MB (pH = 9) với các nồng độ khác nhau trong thời gian 25 phút.

Các mẫu hấp phụ được tiến hành trên máy khuấy từ. Sau khuấy xong thì lọc bỏ phần rắn, dung dịch thu được thực hiện đo độ hấp thụ quang bằng máy UV-VIS.

Từ đó tính được hiệu suất hấp phụ của cacbon hoạt tính được chế tạo theo công thức:

$$H = \frac{C_o - C}{C_o} \cdot 100\%$$

Trong đó:

C_o, C lần lượt là nồng độ ban đầu và sau khi hấp phụ của MB (ppm)

H: hiệu suất (%)

Dung lượng hấp phụ cực đại của cacbon hoạt tính được xác định dựa vào đồ thị của phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir dạng tuyến tính:

$$\frac{C_{cb}}{q} = \frac{1}{b \cdot q_{max}} + \frac{1}{q_{max}} \cdot C_{cb} \quad (1)$$

Trong đó:

q, q_{max}: dung lượng hấp phụ cân bằng và dung lượng hấp phụ cực đại (mg/g)

b: hằng số Langmuir

C_{cb}: nồng độ chất bị hấp phụ ở trạng thái cân bằng (ppm)

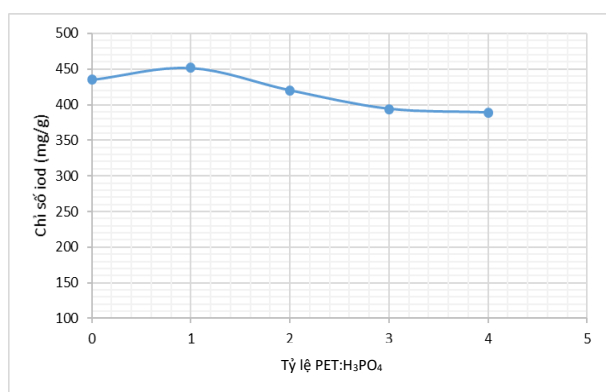
Kết quả và thảo luận

Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chế tạo cacbon hoạt tính từ rác thải nhựa PET hoạt hóa bằng H₃PO₄

Ảnh hưởng của tỉ lệ ngâm tẩm nhựa thải PET với H₃PO₄

Bảng 1: Ảnh hưởng của tỉ lệ ngâm tẩm PET : H₃PO₄ đến chỉ số iot của cacbon hoạt tính

Mẫu	Tỉ lệ PET : H ₃ PO ₄ theo khối lượng	Chỉ số iot (mg/g)
IR0	1:0,75	434,91
IR1	1:1	451,81
IR2	1:2	420,29
IR3	1:3	394,02
IR4	1:4	388,77



Hình 1: Đồ thị thể hiện ảnh hưởng của tỉ lệ ngâm tẩm PET : H₃PO₄ đến chỉ số iod của cacbon hoạt tính

Từ kết quả thu được nhận thấy rằng tỉ lệ PET : H₃PO₄ (theo khối lượng) có ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ I₂ của cacbon hoạt tính. Chỉ số iod tăng dần đến mẫu IR1 sau đó giảm dần. Điều này có thể giải thích rằng ở mẫu IR0 lượng H₃PO₄ chưa đủ để kích thích hoạt hóa nên khi tăng tỉ lệ ngâm tẩm ở mẫu IR1 chỉ số iod đã tăng lên do được hoạt hóa tốt hơn. Tuy nhiên khi tiếp tục thay đổi tỉ lệ ngâm tẩm ở các mẫu IR2, IR3, IR4 thì chỉ số iod giảm là do lượng axit H₃PO₄ tăng lên làm cho các hạt nhựa bị bao phủ bởi H₃PO₄ nhiều hơn, chúng tụ lại làm cản trở việc tạo ra và phát triển các lỗ xốp do đó hiệu quả hoạt hóa giảm và dẫn đến chỉ số iod giảm dần. Từ đó lựa chọn tỉ lệ ngâm tẩm PET : H₃PO₄ (theo khối lượng) là 1:1 để chế tạo cacbon hoạt tính.

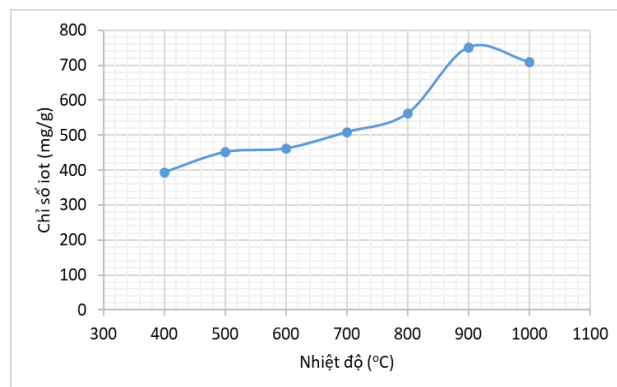
Ảnh hưởng của nhiệt độ hoạt hóa

Bảng 2: Ảnh hưởng của nhiệt độ hoạt hóa đến hiệu suất của cacbon hoạt tính

Mẫu	Thời gian (phút)	Nhiệt độ (°C)	Hiệu suất (%)
AC4010	10	400	28,96
AC5010	10	500	27,00
AC6010	10	600	25,49
AC7010	10	700	23,13
AC8010	10	800	21,73
AC9010	10	900	21,12
AC10010	10	1000	18,01

Từ kết quả khảo sát thu được thấy rằng nhiệt độ nung có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng hấp phụ I₂ của

cacbon hoạt tính. Trong khoảng nhiệt độ từ 400 đến 900°C chỉ số iod tăng dần và sau đó giảm dần khi tăng lên nhiệt độ 1000°C.



Hình 2: Đồ thị thể hiện ảnh hưởng của nhiệt độ đến chỉ số iod của cacbon hoạt tính

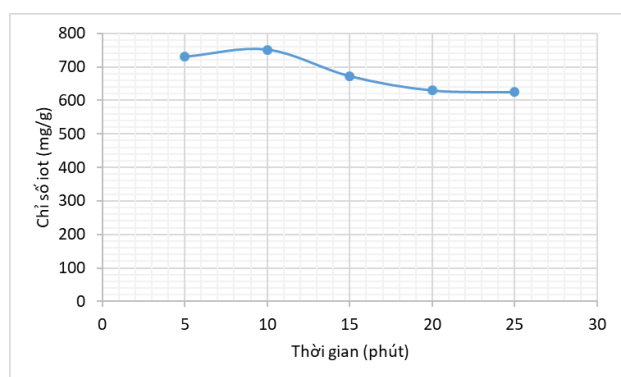
Điều này có thể giải thích rằng khi nhiệt độ nung chưa đạt đến tối ưu (thấp hơn 900°C) thì hệ thống mao quản chưa phát triển hoàn thiện. Dựa vào hiệu suất chế tạo của các mẫu có thể thấy từ 400°C đến 900°C hiệu suất giảm dần, và giảm không đáng kể ở 800°C và 900°C, đến 1000°C hiệu suất giảm rõ rệt. Như vậy bề mặt riêng của cacbon hoạt tính vẫn liên tục phát triển hoàn thiện ở khoảng 400 – 900°C. Tuy nhiên khi tiếp tục tăng đến 1000°C thì cacbon hoạt tính lúc này bị cháy tạo thành tro làm mất các lỗ mao quản khiến cho hiệu suất và chỉ số iod giảm đáng kể. Từ đó lựa chọn nhiệt độ nung 900°C là nhiệt độ thích hợp.

Ảnh hưởng của thời gian hoạt hóa

Bảng 3: Ảnh hưởng của thời gian hoạt hóa đến hiệu suất của cacbon hoạt tính

Mẫu	Thời gian (phút)	Nhiệt độ (°C)	Hiệu suất (%)
AC9005	5	900	21,97
AC9010	10	900	21,12
AC9015	15	900	20,71
AC9020	20	900	19,81
AC9025	25	900	17,87

Từ kết quả khảo sát trên, ta thấy rằng có sự thay đổi chỉ số iod của cacbon hoạt tính trong thời gian nung khác nhau. Từ thời gian 5 đến 10 phút thì chỉ số iod tăng dần, khi tăng từ 5 đến 25 phút thì chỉ số iod giảm dần. Đối với hiệu suất có sự giảm dần khi thời gian tăng dần từ 5 đến 25 phút.

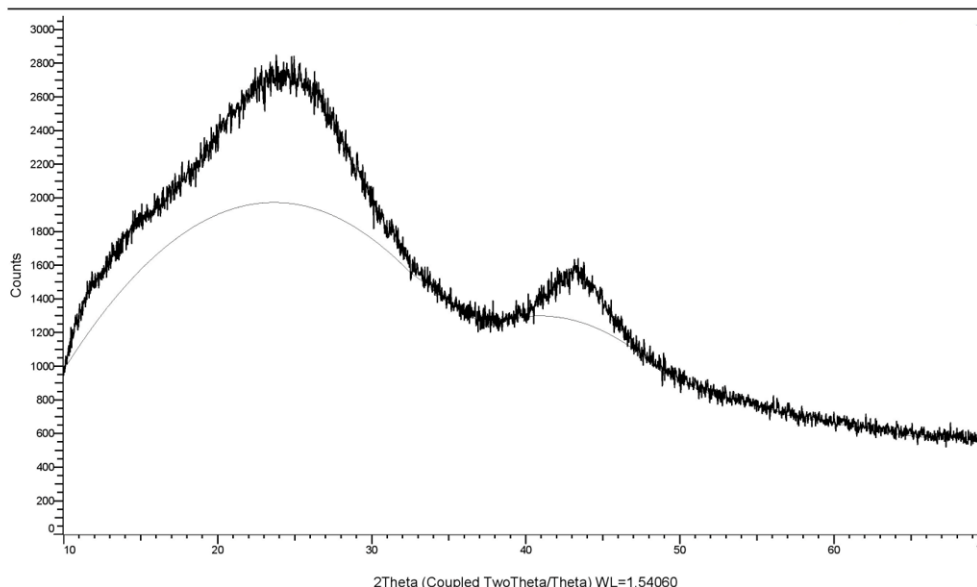


Hình 3: Đồ thị thể hiện ảnh hưởng của thời gian đến chỉ số iot của cacbon hoạt tính

Sự thay đổi như vậy có thể giải thích là do nung hoạt hóa chế tạo cacbon hoạt tính trong thời gian dưới 10 phút thì hệ thống mao quản của vật liệu chưa phát triển hoàn thiện, còn khi thời gian nung trên 10 phút thì xảy ra sự tro hóa cacbon hoạt tính làm cho hiệu suất và chỉ số iot bị giảm rõ rệt. Từ đó, lựa chọn thời gian tối ưu là 10 phút. Cacbon hoạt tính được chế tạo từ nhựa thải PET với chất hoạt hóa H_3PO_4 (tỷ lệ mùn cưa : H_3PO_4 là 1: 1) được nung ở nhiệt độ $900^\circ C$ trong 10 phút, sau đó đem đi phân tích hình thái, cấu trúc, các nhóm chức có mặt trong than và khảo sát hấp phụ thuốc nhuộm xanh metylene.

Đặc trưng cấu trúc của cacbon hoạt tính chế tạo từ nhựa thải PET theo phương pháp hoạt hóa bằng H_3PO_4

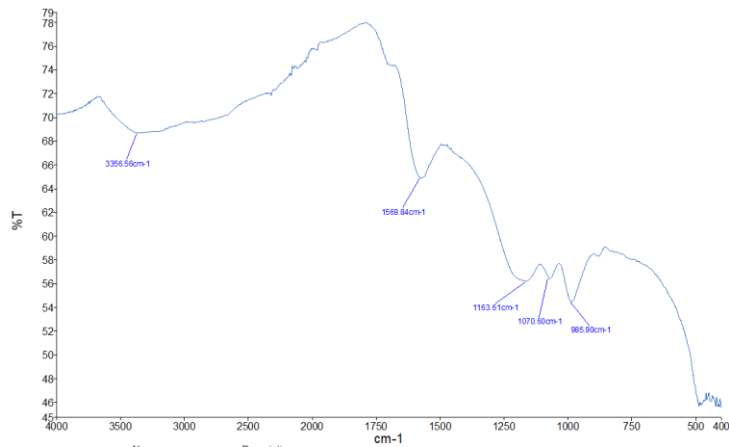
PHÒNG HÓA PHÂN TÍCH



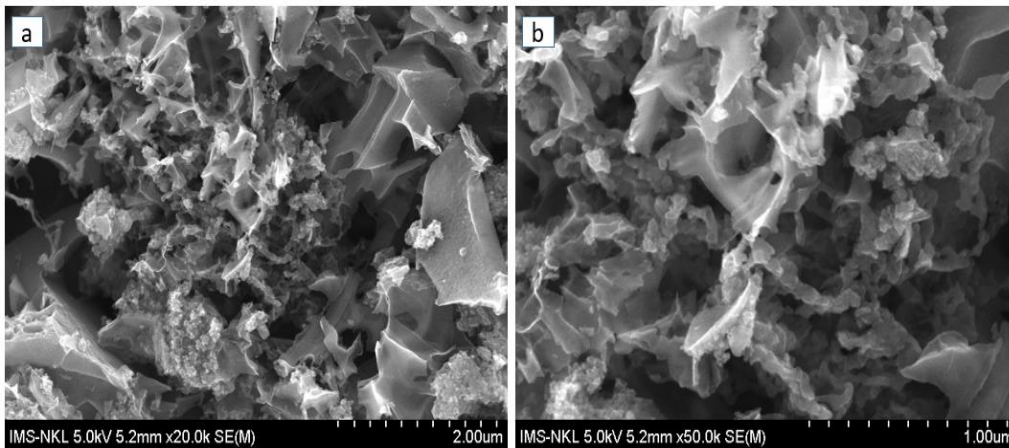
Hình 4: Giản đồ XRD của mẫu cacbon hoạt tính đã chế tạo từ nhựa thải PET

Từ hình 4 cho thấy giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu cacbon hoạt tính đã chế tạo. Đỉnh nhiễu xạ có cường độ tăng trong phạm vi từ 10-30 độ là do sự hiện diện của các lỗ rỗng liên tục làm tán xạ bức xạ tia X [17]. Và sau đó các đỉnh nhiễu xạ XRD yếu đi, có thể thấy rằng thành cacbon hoạt tính có dạng graphit nên có nhiều khuyết tật trên thành dẫn đến sự giảm kết tinh graphit của cacbon hoạt tính (JCPDS no. 00-056-0160). Và như vậy, trong quá trình hoạt hóa mong muốn tạo ra nhiều khuyết tật trên thành cacbon để tăng diện tích bề mặt của cacbon hoạt tính. Bản chất hóa học trên bề mặt của cacbon hoạt tính chế tạo từ nhựa thải PET được khảo sát bằng quang phổ FTIR, và kết quả được thể hiện trong hình 5. Trong phổ FTIR của mẫu cacbon

hoạt tính đã chế tạo xuất hiện vân phổ rộng ở $3356,56\text{ cm}^{-1}$ cho thấy có sự hiện diện nhóm $-OH$ trên bề mặt cacbon hoạt tính [18]. Sự xuất hiện này là của liên kết $-OH$ trong nhóm cacboxyl sau khi xử lý với H_3PO_4 và từ nước hấp phụ trong cấu trúc cacbon hoạt tính. Vân phổ ở dao động khoảng $1569,84\text{ cm}^{-1}$ đặc trưng cho liên kết $C=C$ [19]. Dao động ở khoảng $1163,61\text{ cm}^{-1}$ được cho biết về sự xuất hiện của các nhóm photpho trong cấu trúc cacbon hoạt tính như $P=O$, $P-O-C$, $P=OOH$, $P-O-P$ [20]. Những kết quả này chỉ ra rằng cacbon hoạt tính chế tạo từ nhựa thải PET bao gồm các nhóm chức năng, thích hợp cho sự hấp phụ của các hợp chất hữu cơ, bao gồm cả thuốc nhuộm độc hại.



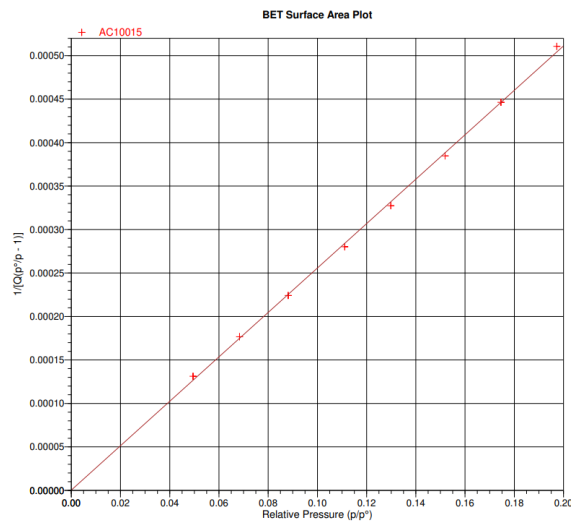
Hình 5: Phổ FTIR của mẫu cacbon hoạt tính đã chế tạo từ nhựa thải PET



Hình 6: Ảnh SEM của mẫu cacbon hoạt tính chế tạo từ nhựa thải PET ở các độ phân giải khác nhau

Hình dạng bề mặt của cacbon hoạt tính được chế tạo từ nhựa thải PET trong nghiên cứu này được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM). Có thể thấy bề mặt của cacbon hoạt tính có nhiều khe, rãnh và các lỗ

xốp với các kích thước khác nhau, điều này cho thấy diện tích bề mặt riêng lớn của cacbon hoạt tính và khả năng hấp phụ tốt của vật liệu.



Hình 7: Đẳng nhiệt hấp phụ nito của cacbon hoạt tính chế tạo từ nhựa thải PET ở 77,3K

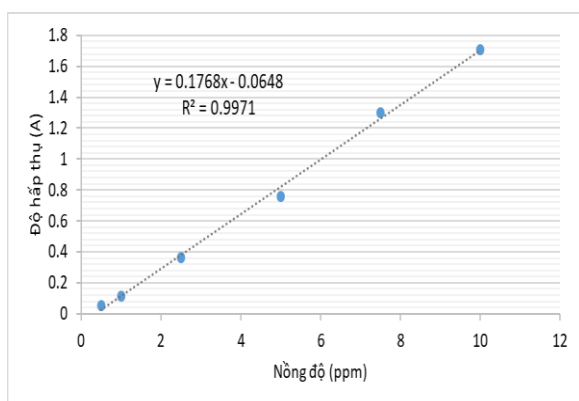
Diện tích bề mặt là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng hấp phụ của cacbon hoạt tính. Về nguyên lý đó là đẳng nhiệt hấp phụ nito cho xác định thể tích lớp phủ đơn phân tử. Khi biết diện tích che phủ của N₂ ở trạng thái hấp phụ có thể tính được bề mặt riêng của chất hấp phụ [21]. Với kết quả đo diện tích bề mặt BET thấy được rằng mẫu cacbon hoạt tính đã chế tạo từ nhựa thải PET ngâm tẩm với H₃PO₄ theo tỉ lệ 1:1 được nung ở 900°C trong 10 phút cho diện tích bề mặt riêng là 1703,81 m²/g.

Khảo sát khả năng hấp phụ xanh metylene (MB) của cacbon hoạt tính chế tạo từ nhựa thải PET

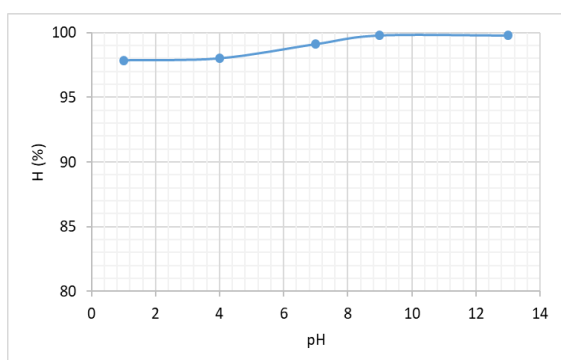
Xây dựng đường chuẩn xác định nồng độ MB

Phương trình đường chuẩn của MB:

$$y = 0,1768x - 0,0648 \text{ với hệ số xác định } R^2 = 0,9971$$



Hình 8: Đồ thị đường chuẩn của dung dịch MB
Ảnh hưởng của pH dung dịch đến hiệu quả hấp phụ MB

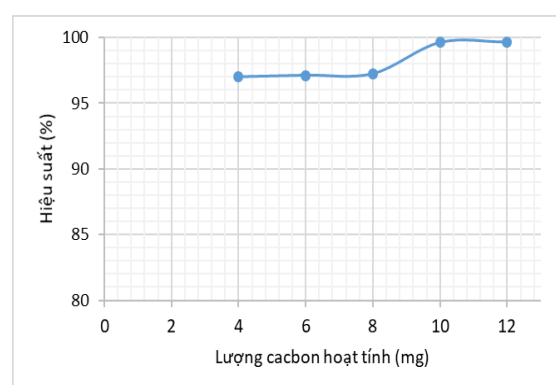


Hình 9: Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của pH dung dịch đến hiệu suất hấp phụ MB

Từ hình 9 thấy rằng hiệu suất hấp phụ MB của cacbon hoạt tính đều lớn hơn 97% cho thấy hiệu quả hấp phụ tương đối tốt của vật liệu. Khi giá trị pH của dung dịch

tăng thì hiệu suất hấp phụ cũng cho thấy sự thay đổi tăng dần. Tại pH = 9 và pH = 13 hiệu suất hấp phụ không thay đổi và là cao nhất. Do ở môi trường có pH < 7 có xảy ra sự hấp phụ cạnh tranh giữa H⁺ và cation MB⁺, do đó làm giảm hiệu suất hấp phụ của vật liệu. Tại pH lớn hơn 7, lúc này không có sự cạnh tranh hấp phụ của H⁺ nên hiệu suất hấp phụ lớn hơn. Do vậy các quá trình tiếp theo sẽ được tiến hành khảo sát trong môi trường pH = 9.

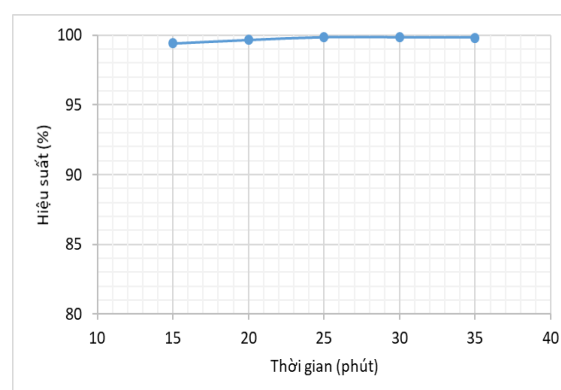
Ảnh hưởng của khối lượng cacbon đến hiệu quả hấp phụ MB



Hình 10: Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của khối lượng cacbon hoạt tính đến hiệu suất hấp phụ MB

Từ đồ thị cho thấy rằng khối lượng của than hoạt tính có ảnh hưởng đến hiệu suất hấp phụ MB. Khi khối lượng vật liệu hấp phụ tăng từ 4mg lên 12mg thì hiệu suất hấp phụ tăng dần. Với lượng chất hấp phụ là 10mg và 12mg thì hiệu suất ổn định. Từ kết quả thu được lựa chọn lượng than hoạt tính thích hợp để tiến hành các khảo sát tiếp theo là 10 mg.

Ảnh hưởng của thời gian hấp phụ đến hiệu quả hấp phụ MB

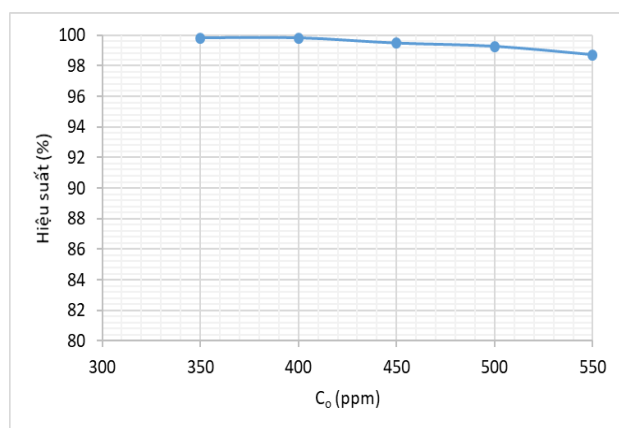


Hình 11: Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của thời gian hấp phụ đến hiệu suất hấp phụ MB

<https://doi.org/10.62239/jca.2023.061>

Kết quả thu được cho thấy rằng thời gian hấp phụ có ảnh hưởng đến hiệu suất hấp phụ MB của cacbon hoạt tính. Thời gian tiếp xúc giữa MB với cacbon hoạt tính càng lâu thì hiệu suất hấp phụ càng tăng, tại thời điểm 25 phút hiệu suất hấp phụ ổn định do quá trình hấp phụ đạt cân bằng. Do vậy lựa chọn thời gian hấp phụ là 25 phút để tiến hành các khảo sát tiếp theo.

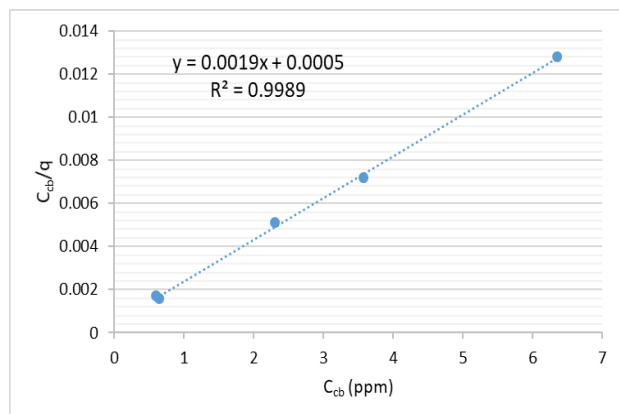
Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch đến hiệu quả hấp phụ MB



Hình 12: Đồ thị thể hiện sự ảnh hưởng của nồng độ dung dịch đến hiệu suất hấp phụ MB

Kết quả thu được cho thấy rằng nồng độ có ảnh hưởng đến hiệu suất hấp phụ MB của cacbon hoạt tính đã chế tạo. Khi nồng độ MB tăng từ 350 lên 500 ppm thì hiệu suất hấp phụ giảm dần từ 99,83% xuống 99,28%. Do trong quá trình xảy ra hấp phụ đến một giai đoạn nào đó các tâm hấp phụ đã bị lấp đầy MB thì sẽ đạt trạng thái cân bằng, khi đó không hấp phụ thêm MB nữa. Do đó khi tăng nồng độ MB thì hiệu suất hấp phụ bị giảm.

Khảo sát dung lượng hấp phụ MB của cacbon hoạt tính chế tạo từ nhựa PET



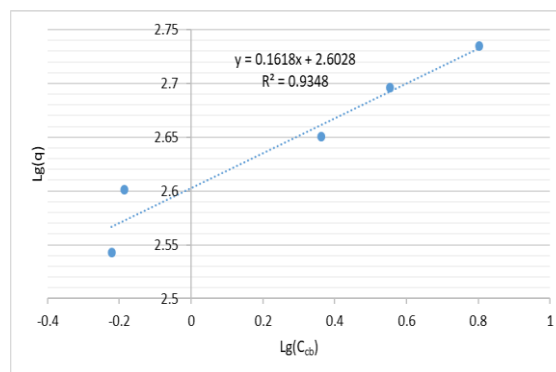
Hình 13a: Đồ thị thể hiện đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir của cacbon hoạt tính đối với MB

Dựa trên kết quả ảnh hưởng của nồng độ MB đến hiệu quả hấp phụ, ta nghiên cứu mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir và Freundlich.

Vậy phương trình đẳng hấp phụ Langmuir tìm được là:

$$y = 0,0019x + 0,0005 \text{ với hệ số xác định } R^2 \text{ là } 0,9962.$$

Suy ra dung lượng hấp phụ cực đại tính được là $q_{\max} = 526,32$ (mg/g).



Hình 13b: Đồ thị thể hiện đường đẳng nhiệt hấp phụ Freundlich của cacbon hoạt tính đối với MB

Phương trình đường đẳng nhiệt hấp phụ Freundlich thu được là: $y = 0,1618x + 2,6028$ với hệ số xác định R^2 là 0,9348. Suy ra hệ số $n = 6,2$ ($1 < n < 10$). Tuy nhiên hệ số hồi quy $R^2 = 0,9348$ thấp hơn nhiều so với mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir (0,9989). Như vậy kết quả thu được cho thấy rằng mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir mô tả quá trình hấp phụ MB thích hợp hơn mô hình Freundlich. Điều này chỉ ra rằng hấp phụ MB trên bề mặt than hoạt tính là như nhau tại mọi vị trí trên bề mặt vật liệu hấp phụ.

Kết luận

Qua quá trình nghiên cứu đã chế tạo thành công vật liệu cacbon hoạt tính từ nhựa thải PET theo phương pháp hoạt hóa hóa học bằng H_3PO_4 với điều kiện tối ưu đã tìm được: tỉ lệ PET : $H_3PO_4 = 1:1$, nung ở nhiệt độ $900^\circ C$ trong 10 phút. Diện tích bề mặt riêng của cacbon hoạt tính là $1703,81 \text{ m}^2/\text{g}$. Cacbon hoạt tính từ nhựa thải PET có khả năng hấp thụ tốt đối với thuốc nhuộm hữu cơ xanh metylen. Quá trình hấp phụ của cacbon hoạt tính được mô tả theo đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir với dung lượng hấp phụ cực đại là $526,32 \text{ mg/g}$.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Bộ Tài Nguyên Môi trường đã tài trợ kinh phí nghiên cứu thông qua đề tài mã số TNMT.2022.05.04.

<https://doi.org/10.62239/jca.2023.061>

Tài liệu tham khảo

1. Siddique, R., J. Khatib, and I.J.W.m. Kaur, Waste Management 28(10) (2008) 1835-1852.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.011>
2. Tournier, V., et al., Natural 580(7802) (2020) 216-219.
<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2149-4>
3. Geueke, B., K. Groh, and J.J.J.o.c.p. Muncke, Journal of Cleaner Production 193 (2018) 491-505.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.005>
4. Alam, O., et al., Resources, Conservation & Recycling 132 (2018) 121-129.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.037>
5. Ali, M.F., M.N.J.J.o.A. Siddiqui, and A. Pyrolysis, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 74(1-2) (2005) 282-289.
<https://doi.org/10.1016/j.jjaap.2004.12.010>
6. Faraca, G. and T.J.W.M. Astrup, Waste Management 95 (2019) 388-398.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.038>
7. Zhuo, C. and Y.A.J.J.o.A.P.S. Levendis, Journal of Applied Polymer Science 131(4) (2014)
<https://doi.org/10.1002/app.39931>
8. Qureshi, M.S., et al., Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 152 (2020) 104804.
<https://doi.org/10.1016/j.jjaap.2020.104804>
9. Miandad, R., et al., Process Safety and Environment Protection 102 (2016) 822-838.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.06.022>
10. Agenda, I. The new plastics economy rethinking the future of plastics. in World Economic Forum. 2016.
11. Sharma, S., et al., Carbon 72(2014) 66-73.
<https://doi.org/10.1016/j.carbon.2014.01.051>
12. Wang, Y., et al., Waste Management 154 (2022) 96-104.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.10.003>
13. Kumari, M., et al., Chemosphere 294 (2022) 133692.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133692>
14. Cansado, I.P., et al. Materials Science Forum 587-588 (2008) 753-757
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.587-588.753>
15. Zięzio, M., et al., Applied Nanoscience 10 (2020) 4703-4716.
<https://doi.org/10.1007/s13204-020-01419-6>
16. Sureshkumar, A. and M.J.B.J.o.C.E. Susmita, Brazilian Journal of Chemical Engineering 35 (2018) 1105-1116.
<https://doi.org/10.1590/0104-6632.20180353s20160724>
17. Bratek, W., et al., Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 100 (2013) 192-198.
<https://doi.org/10.1016/j.jjaap.2012.12.021>
18. Mendoza-Carrasco, R., et al., Journal of Environmental Management 181 (2016) 522-535.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.070>
19. Li, Y., et al., Royal Society of Chemistry 5(41) (2015) 32626-32636.
<https://doi.org/10.1039/C5RA04634C>
20. de Souza, T.N.V., et al., Environmental Science and Pollution Research 26 (2019) 28533-28547.
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-04215-0>
21. Mai Thanh Phong, M.X.K., Phạm Anh Tuấn, Than hoạt tính và ứng dụng. 2020, NXB KHKT.