

KHẢ NĂNG HẤP PHỤ METHYLENE BLUE CỦA VẬT LIỆU SINH HỌC ĐƯỢC ĐIỀU CHẾ TỪ VỎ HẠT MACADAMIA

Nguyễn Thị Thanh Trâm⁽¹⁾, Nguyễn Thị Thanh Thảo⁽¹⁾

(1) Trường Đại học Thủ Dầu Một

Ngày nhận bài 14/4/2023; Ngày gửi phản biện 16/4/2023; Chấp nhận đăng 20/6/2023

Liên hệ email: tramntt@tdmu.edu.vn

<https://doi.org/10.37550/tdmu.VJS/2023.04.453>

Tóm tắt

Nghiên cứu xử lý nước thải Methylene Blue (MB) bằng vật liệu sinh học được điều chế từ vỏ hạt Macadamia bởi các quá trình than hóa, hoạt hóa và biến tính. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng hấp phụ MB của than hoạt tính với tác nhân hóa học K_2CO_3 đạt 1g/261,52mg MB ở các điều kiện tối ưu như tỷ lệ K_2CO_3 : biochar = 1:1, nhiệt độ $650^{\circ}C$ và thời gian nung 60 phút; than biến tính với tác nhân hóa học HNO_3 đạt 193,13mg/g ở nồng độ 21% và thời gian biến tính 12 giờ. Khả năng xử lý màu MB của biochar chỉ đạt 64,62% tại pH = 10, liều lượng 1g/L và thời gian xử lý 120 phút; bên cạnh đó than hoạt tính từ vỏ Macadamia với tác nhân K_2CO_3 đạt hiệu suất xử lý màu MB tốt nhất là 98,55% ở các điều kiện tối ưu như pH = 9,5, liều lượng 0,8g/L và thời gian xử lý 45 phút; than biến tính từ than hoạt tính bởi tác nhân HNO_3 đạt hiệu suất xử lý màu MB tốt nhất là 79,36% tại pH = 9,5, liều lượng 1g/L và thời gian xử lý 120 phút, tương ứng với độ màu 406 Pt-Co.

Từ khóa: Macadamia, methylene blue, than biến tính, than hoạt tính

Abstract

METHYLENE BLUE ADSORPTION ABILITY OF BIOLOGICAL MATERIALS PRODUCED FROM MACADAMIA NUTSHELL

Research on wastewater treatment of Methylene Blue (MB) by biological materials produced from macadamia nutshell by processes of carbonization, activation and modification. The study results showed that the MB adsorption ability of activated carbon with K_2CO_3 reached 1g/261.52mg MB under optimal conditions such as the ratio of K_2CO_3 : biochar = 1:1, the temperature was $650^{\circ}C$ and heating time for 60 minutes; modified carbon with HNO_3 reached 193.13mg/g at a concentration of 21% and the denaturation time was 12 hours. Biochar's MB color processing ability is only 64.62% at pH = 10 and the dosage is 1g/L in 120 minutes; Besides, activated carbon from Macadamia nutshell with K_2CO_3 achieved the best MB color treatment efficiency of 98.55% under optimal conditions such as pH = 9.5, the dose of 0.8g/L and the processing time is 45 minutes; modified carbon by HNO_3 from activated carbon achieved the best MB color treatment efficiency of 79.36% at pH = 9.5, the dose is 1g/L in 120 minutes, corresponding to the color of 406 Pt-Co.

1. Đặt vấn đề

Than hoạt tính có diện tích bề mặt cao (500-2500m²/g) và có cấu trúc xốp không đồng nhất làm cho chúng có khả năng hấp phụ tốt (Lê Huy Du, 1984; Okman và cs., 2014). Vật liệu được sử dụng trong nhiều lĩnh vực như xử lý nước thải, loại bỏ các khí độc hại trong không khí, thu hồi dung môi, loại bỏ màu và cải thiện nước ngầm (Okman và cs., 2014). Tính chất hấp phụ của than hoạt tính thường chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như đặc điểm kết cấu, nhóm chức bề mặt (Juan và cs., 2014), diện tích bề mặt, hàm lượng tro,... (Kwaghger and Ibrahim, 2013). Vật liệu sản xuất ra than hoạt tính thường sử dụng 2 nguồn chính là than và phế phẩm nông nghiệp có độ cứng và độ xốp cao như xơ dừa (Namasivayam and Kavitha, 2002), vỏ trấu (Awwad và cs., 2010), than tre (Wang và cs., 2008).

Bề mặt than hoạt tính có thể biến tính thích hợp để thay đổi đặc điểm hấp phụ và làm cho than trở nên thích hợp hơn trong các ứng dụng đặc biệt. Sự biến tính bề mặt than hoạt tính có thể được thực hiện bằng sự tạo thành các dạng nhóm chức bề mặt khác nhau. Các nhóm chức này được liên kết và được giữ ở cạnh và góc của lớp vòng thơm, và bởi vì thành phần các cạnh và góc này chủ yếu là bề mặt hấp phụ, nên người ta hi vọng khi biến tính than hoạt tính sẽ thay đổi đặc trưng hấp phụ và tương tác hấp phụ của các than hoạt tính này. Thêm vào đó, sự biến tính bề mặt than cũng được thực hiện bằng quá trình khử khí và bằng việc mang kim loại lên bề mặt (Bansal and Goyal, 2005; Harry and Francisco, 2006; Yang and Kheireddine, 2007).

Tại Việt Nam, cây Macadamia được trồng trải dài từ miền Bắc đến miền Nam (Nguyễn Công Tạn, 2009). Ước tính năm 2020, diện tích sử dụng để trồng Macadamia lên tới 10.000 ha, đối với mỗi tấn hạt Macadamia tạo ra 70-77% vỏ (Georgiou và cs., 2003).

Trong vỏ Macadamia có nhiều tính năng hấp dẫn để làm nên than hoạt tính như hàm lượng Carbon (47-49%) cao hơn lượng Carbon có trong tre (45,53%) (Daud and Ali, 2004) và tương đương với lượng Carbon trong gáo dừa 48,63% (Koby, 2004). Ngoài ra trong vỏ còn chứa hàm lượng Oxi 46,52%, Hidro 6.10%, Nito 0,36% và hàm lượng tro tương đối thấp chỉ 0,22% (Toles và cs., 1998), điều này cho thấy hạt Macadamia có tiềm năng trở thành than hoạt tính nhờ những đặc tính nêu trên.

Do đó, than hoạt tính sinh học được làm từ vỏ Macadamia theo phương pháp hóa học sử dụng tác nhân K₂CO₃ để hoạt hóa (gọi tắt là than hoạt tính); than biến tính được điều chế từ than hoạt tính K₂CO₃ sử dụng tác nhân hóa học HNO₃ để biến tính (gọi tắt là than biến tính). Bên cạnh đó, các vật liệu sinh học được điều chế từ vỏ hạt Macadamia được nghiên cứu khảo sát khả năng hấp phụ màu Methylene Blue trong nước thải dệt nhuộm giả định.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương tiện nghiên cứu

– Đối tượng nghiên cứu: Methylene Blue (C₁₆H₁₈ClN₃S.3H₂O, 99%, Trung Quốc) có nồng độ 70mg/L (tương ứng 406 Pt-Co được xác định theo TCVN 6185:2005).

– Hóa chất nghiên cứu: $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (Trung Quốc, 98%), KH_2PO_4 (Trung Quốc, 98%), K_2CO_3 (Trung Quốc, 99%), HNO_3 (Trung Quốc, 63%), HCl 1N (Trung Quốc).

– Vật liệu nghiên cứu: Vỏ hạt Macadamia được thu hoạch tại tỉnh Lâm Đồng.

2.2. Bố trí thí nghiệm

2.1.1. Thí nghiệm 1: Điều chế than hoạt tính sinh học từ vỏ Macadamia

Vỏ Macadamia sau khi được đập, rửa sạch và sấy ở nhiệt độ 110°C trong 48 giờ sẽ được nung ở nhiệt độ 350°C trong 60 phút (Doan và cs., 2018). Tỷ lệ ngâm tẩm biochar với tác nhân K_2CO_3 là 1:1 và thời gian hoạt hóa trong 60 phút. Nhiệt độ hoạt hóa của vật liệu được khảo sát từ 350 đến 800°C (Hamand và cs., 2011; Okman và cs., 2014).

2.1.2. Thí nghiệm 2: Điều chế than biến tính từ than hoạt tính

Than hoạt tính được ngâm tẩm trong dung dịch HNO_3 nồng độ 21% với tỷ lệ than hoạt tính và dung dịch HNO_3 là 1:5 (Vinke và cs., 1994; Huang và cs., 2009). Thời gian biến tính được khảo sát từ 4 đến 24 giờ (bước nhảy là 4 giờ) (Huang và cs., 2009; Nguyễn Văn Hương, 2017).

2.1.3. Thí nghiệm 3: Khảo sát khả năng hấp phụ màu Methylene Blue của than cốc Macadamia, than hoạt tính và than biến tính

Nồng độ MB được dùng để khảo sát khả năng hấp phụ của các vật liệu là 70mg/L. Thời gian xử lý MB của các vật liệu được khảo sát từ 0 đến 135 phút. Sau khi loại bỏ phần rắn, dung dịch còn lại được đo bằng máy UV-Vis để xác định hiệu suất hấp phụ màu MB của các vật liệu đã được điều chế.

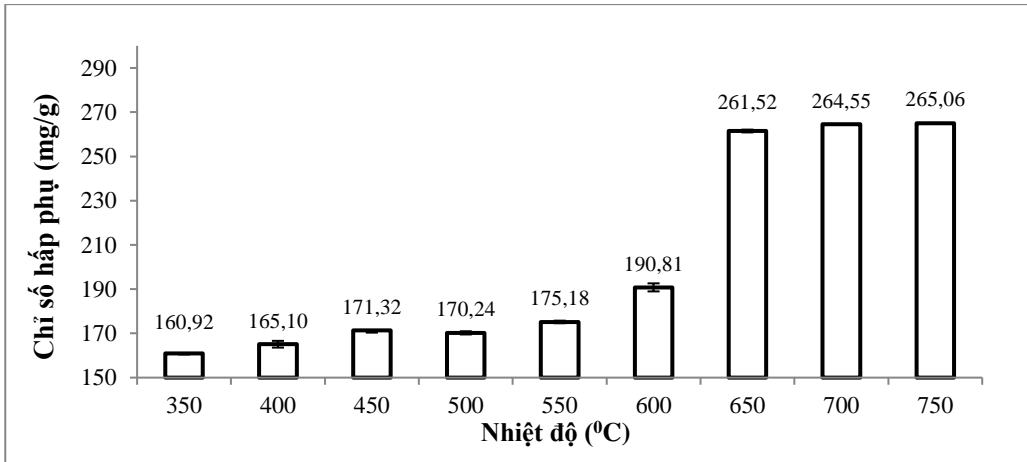
2.3. Các phương pháp đánh giá

- Xác định pH được đo trực tiếp bằng máy đo pH Mettler Toledo (2017) .
- Xác định độ màu theo TCVN 6185:2005.
- Xác định sự quan sát bề mặt bằng kính hiển vi điện tử quét SEM (Scanning Electron microscope).
- Xác định chỉ số hấp phụ Methylene Blue theo tiêu chuẩn GB/T 12496.10 – 1999.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả điều chế than hoạt tính từ vỏ Macadamia

Kết quả nghiên cứu từ hình 1 cho thấy trong khoảng nhiệt độ tăng dần từ $350-800^\circ\text{C}$, độ hấp phụ MB đạt cao nhất lần lượt tại các nhiệt độ 650°C (261,52mg MB/g than), 700°C (264,55mg MB/g than) và 750°C (265,06mg MB/g than). Tuy nhiên, ở nhiệt độ 800°C than bị tro hóa hoàn toàn, ở nhiệt độ 650°C , 700°C và 750°C hiệu suất than lần lượt là 11,87%, 6,23% và 2,7%. Vậy kết quả nghiên cứu cho thấy ở tỷ lệ 1:1 và nhiệt độ 650°C , vật liệu được điều chế tốt nhất tại nghiệm thức này.

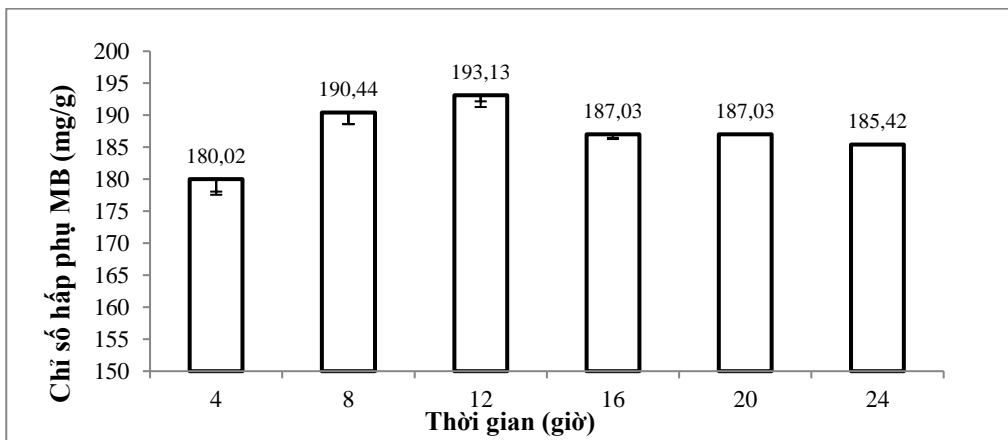


Hình 1. Kết quả xác định nhiệt độ tối ưu theo độ hấp phụ Methylene Blue

Kết quả nghiên cứu khảo sát khả năng hấp phụ MB của than hoạt tính điều chế từ vỏ hạt Macadamia có độ hấp phụ tốt hơn so với các nghiên cứu khác như kết quả nghiên cứu (Vadivelan and Kumar, 2005) về vỏ trấu đạt 40,59mg/g; kết quả nghiên cứu (Malik và cs., 2007) về khả năng hấp phụ MB của vỏ cam đạt 18,6mg/g hay kết quả nghiên cứu (Janos và cs., 2003) về vật liệu tro bay đạt 75,52mg/g; kết quả nghiên cứu (Hameed and Ahmad, 2009) khi sử dụng vỏ tỏi để hấp phụ màu MB đạt hiệu quả 82,64 mg/g hoặc kết quả nghiên cứu (Uddin và cs., 2009) sử dụng lá trà, đạt được độ hấp phụ tương đồng là 85,16mg/g.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, than hoạt tính được điều chế từ vỏ hạt Macadamia bằng tác nhân hóa học K_2CO_3 với độ hấp phụ tốt nhất đạt 261,52mg/g ở nhiệt độ 650°C trong thời gian 60 phút.

3.2. Kết quả điều chế than biến tính từ than hoạt tính



Hình 2. Kết quả xác định thời gian phản ứng tối ưu theo độ hấp phụ Methylene Blue

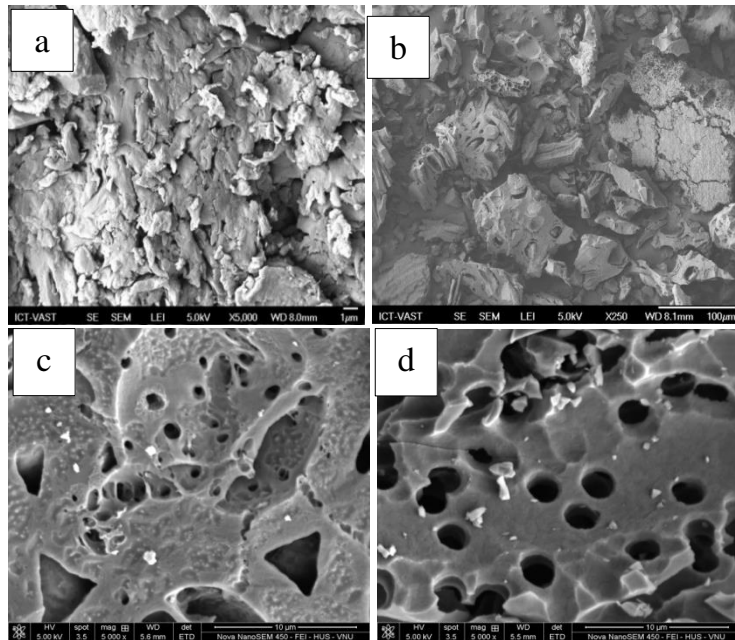
Theo kết quả nghiên cứu từ hình 2, khảo sát ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến quá trình biến tính từ 4, 8, 12, 16, 20 và 24 giờ. Độ hấp phụ MB tăng dần từ 4-8 giờ (180,02mgMB/g than và 190,44mgMB/g than), đạt cao nhất tại thời gian biến tính 12 giờ (193,13mg MB/g than), và giảm dần từ 16, 20 và 24 giờ (187,03mg MB/g than, 187,03mg

MB/g than và 185,42mg MB/g than). Vậy kết quả nghiên cứu cho thấy ở thời gian biến tính 12 giờ là kết quả tốt nhất.

Kết quả nghiên cứu khảo sát khả năng hấp phụ MB của than biến tính Macadamia có độ hấp phụ tốt hơn so với các nghiên cứu như kết quả nghiên cứu (Vadivelan và Kumar, 2005) khi sử dụng vỏ trấu để hấp phụ màu MB đạt hiệu quả 40,59mg/g; kết quả nghiên cứu (Shi và *cs.*, 2010) khi sử dụng cỏ nên để hấp phụ màu MB đạt hiệu quả 192,30mg/g; kết quả nghiên cứu (Bulut và Aydin, 2006) khi sử dụng vỏ lúa mì để hấp phụ màu MB đạt hiệu quả 21,5mg/g.

Vậy than biến tính được điều chế từ than hoạt tính K_2CO_3 bằng tác nhân hóa học HNO_3 với độ hấp phụ tốt nhất đạt 193,13 mg/g tại nồng độ HNO_3 21% và thời gian ngâm tẩm HNO_3 là 12 giờ.

3.3. Kết quả phân tích SEM



Hình 3. Kết quả phân tích SEM của than các vật liệu

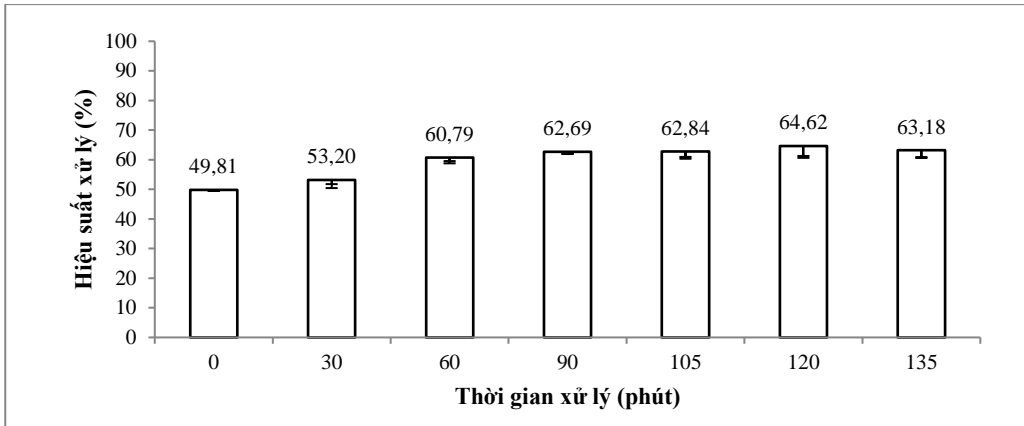
(a) vỏ Macadamia; (b) biochar; (c) than hoạt tính; (d) than biến tính

Theo kết quả nghiên cứu từ hình 3 cho thấy có sự khác nhau trên bề mặt vật liệu giữa mẫu vỏ hạt Macadamia, mẫu biochar, mẫu than hoạt tính và mẫu biến tính. Ban đầu, bề mặt vỏ Macadamia (Hình 3a) trơn nhẵn, lỗ rỗng trên vật liệu không nhiều, điều này cho thấy bề mặt còn thô, chưa được xử lý. Kết quả chụp SEM mẫu biochar (Hình 3b) cho thấy, bề mặt vật liệu đã có sự biến đổi nhất định, bề mặt trở nên gồ ghề, hình thành một lượng lỗ rỗng nhất định trên bề mặt do tác động từ nhiệt độ và thời gian nung trong điều kiện yếm khí làm bay hơi những hợp chất dễ bay hơi trong vật liệu.

Kết quả nghiên cứu từ hình 3c cho thấy trên bề mặt vật liệu hình thành nhiều lỗ rỗng, ngoài ra còn có nhiều lỗ rỗng li ti, kết quả này có được do sự ăn mòn vào sâu bên trong bề mặt vật liệu của tác nhân hoạt hóa K_2CO_3 , cộng thêm điều kiện hoạt hóa tối ưu tạo nên.

Bên cạnh đó, kết quả phân tích SEM mẫu than biến tính (Hình 3d) cho thấy trên bề mặt vật liệu hình thành nhiều lỗ rỗng, tuy nhiên trên bề mặt vật liệu trơn nhẵn, không có các lỗ rỗng li ti, kết quả này có được do sự ăn mòn bề mặt và sâu bên trong vật liệu của tác nhân biến tính HNO_3 , khiến khả năng hấp phụ của vật liệu thấp đi so với than hoạt tính ban đầu.

3.4. Đánh giá khả năng hấp phụ màu Methylene Blue của các vật liệu

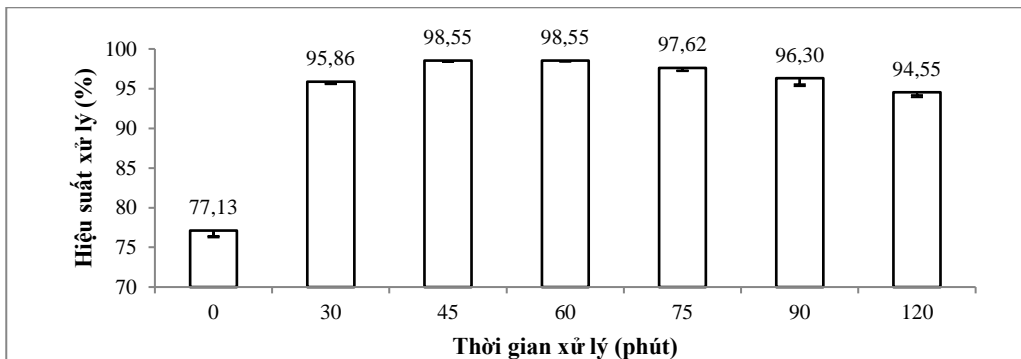


Hình 4. Ảnh hưởng của thời gian lên khả năng xử lý màu MB của biochar

Kết quả nghiên cứu từ hình 4 cho thấy thời gian xử lý 120 phút phù hợp nhất để biochar xử lý màu, kết quả xử lý đạt hiệu suất 64,62%, cao hơn so với thời gian xử lý 0, 30, 60, 90 và 105 phút (49,81%; 53,20%; 60,79%; 62,69% và 62,84%) phút và hiệu suất giảm tại thời gian xử lý 135 phút (63,18%).

So với một số nghiên cứu trước đây như kết quả nghiên cứu (Garg và cs., 2004) cho thấy khả năng hấp phụ MB của than hoạt tính từ mùn cưa có hiệu suất xử lý cao hơn, đạt tới 74%; kết quả nghiên cứu (Husseien và cs., 2007) cho thấy hiệu suất xử lý MB của than hoạt tính từ rơm lúa mạch đạt 74%; kết quả nghiên cứu (Cherifi và cs., 2013) cho thấy hiệu suất xử lý MB của than hoạt tính từ bột biển thực vật đạt tương đương là 82%.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, biochar được điều chế từ vỏ hạt Macadamia có khả năng xử lý màu Methylene Blue. Tuy nhiên hiệu suất xử lý không cao, vì vậy cần sử dụng các tác nhân hóa học để hoạt hóa và biến tính than cốc Macadamia nhằm nâng cao khả năng hấp phụ của vật liệu sinh học có nguồn gốc từ vỏ Macadamia.

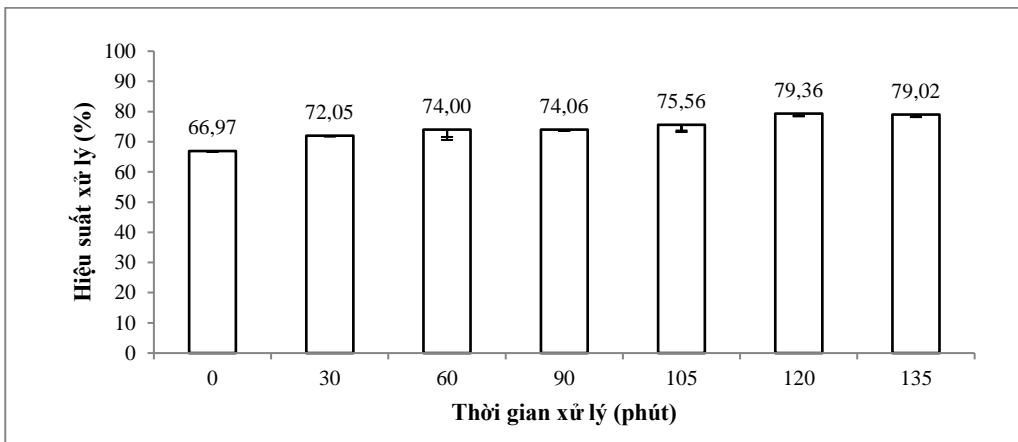


Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian lên khả năng xử lý màu MB của than hoạt tính

Kết quả nghiên cứu từ hình 5 cho thấy thời gian xử lý 45 phút phù hợp nhất để xử lý màu, kết quả xử lý đạt hiệu suất 98,55%, cao hơn so với thời gian xử lý 0 và 30 phút (77,13% và 95,86%) và bão hòa tại thời gian xử lý 60 phút (98,55%), sau đó hiệu suất xử lý giảm dần ở thời gian 75 phút (97,62%), 90 phút (96,30%) và 120 phút (94,55%).

So với một số nghiên cứu trước đây như kết quả nghiên cứu (Gercel và cs., 2007) cho thấy sau 60 phút xử lý, hiệu suất xử lý MB của than hoạt tính từ cây *Euphorbia rigida* có hiệu suất xử lý tương đương là 98%; kết quả nghiên cứu (Daud và Ali, 2004) cho thấy sau 180 phút xử lý, hiệu suất xử lý MB của than hoạt tính từ vỏ dừa đạt 90%.

Kết quả nghiên cứu xác định thời gian xử lý 45 phút là điều kiện tối ưu để xử lý màu MB. Qua đó cho thấy than hoạt tính được nghiên cứu điều chế từ vỏ hạt *Macadamia* bằng tác nhân hóa học K_2CO_3 có khả năng xử lý màu MB trong nước thải dệt nhuộm.



Hình 6. Ảnh hưởng của thời gian lên khả năng xử lý màu MB của than biến tính

Kết quả nghiên cứu từ hình 6 cho thấy thời gian xử lý 120 phút phù hợp nhất để xử lý màu, kết quả xử lý đạt hiệu suất 79,36%, cao hơn so với thời gian xử lý 0, 30, 60, 90 và 105 phút (66,97%, 72,05%, 74%, 74,06% và 75,56%) và bão hòa tại thời gian xử lý 135 phút (79,02%). Kết quả nghiên cứu xác định 120 phút là thời gian tối ưu để xử lý màu MB. Qua đó cho thấy than biến tính có khả năng xử lý màu MB trong nước thải dệt nhuộm.

So với một số nghiên cứu trước đây như kết quả nghiên cứu (Garg và cs., 2004) cho thấy hiệu suất xử lý MB của than hoạt tính từ mùn cưa có hiệu suất xử lý thấp hơn, chỉ đạt 74%; kết quả nghiên cứu (Husseien và cs., 2007) cho thấy hiệu suất xử lý MB của than hoạt tính từ rơm lúa mạch đạt 74%; kết quả nghiên cứu (Cherifi và cs., 2013) cho thấy hiệu suất xử lý MB của than hoạt tính từ bột biến thực vật đạt tương đương là 82%.

Kết quả nghiên cứu khảo sát khả năng xử lý màu Methylene Blue từ 3 loại vật liệu: biochar, than hoạt tính và than biến tính cho hiệu suất xử lý lần lượt là 64,62%, 98,55% và 79,36% tại điều kiện tối ưu. Căn cứ và kết quả phân tích SEM và kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của thời gian đến khả năng hấp phụ của vật liệu cho thấy, với hiệu suất xử lý màu MB tốt nhất, than hoạt tính có khả năng ứng dụng trong xử lý nước thải dệt nhuộm tốt hơn so với 2 vật liệu còn lại.

4. Kết luận

Kết quả điều chế các vật liệu cho thấy, than hoạt tính sinh học được điều chế thành công từ phế phẩm nông nghiệp là vỏ Macadamia sử dụng tác nhân hoạt hóa K_2CO_3 có khả năng hấp phụ tối đa trong 60 phút, độ hấp phụ MB đạt tới 261,52mg/g. Bên cạnh đó than biến tính sinh học từ than hoạt tính K_2CO_3 sử dụng tác nhân HNO_3 với các điều kiện biến tính tối ưu như nồng độ 21%, thời gian biến tính 12 giờ, độ hấp phụ MB đạt 193,13mg/g.

Kết quả xác định ảnh hưởng của thời gian xử lý đến khả năng hấp phụ của các vật liệu cho thấy, trong 120 phút vật liệu biochar và biến tính đã điều chế có khả năng xử lý MB (nồng độ 70mg/L) đạt hiệu suất lần lượt là 64,62% và 79,36%, trong 45 phút vật liệu hoạt tính có khả năng xử lý đạt hiệu suất tới 98,55%.

Căn cứ vào các kết quả nghiên cứu cho thấy, ở điều kiện tối ưu, than hoạt tính được hoạt hóa bởi tác nhân hóa học K_2CO_3 có khả năng xử lý màu MB tốt hơn so với biochar và than biến tính bởi tác nhân hóa học HNO_3 .

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Awwad, N.S., Gad, H.M.H., Ahmad, M.I. and Aly, H.F. (2010). Sorption of lanthanum and erbium from aqueous solution by activated carbon prepared from rice husk. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 81, 593-599.
- [2] Bansal, R.C. and Goyal, M. (2005). *Activated Carbon Adsorption*. Taylor & Francis Group, USA.
- [3] Bulut, Y. and Aydin, H. (2006). A kinetics and thermodynamics study of methylene blue adsorption on wheat shells. *Desalination*, 94, 259-267.
- [4] Cherifi, H., Fatiha, B. and Salah, H. (2013). Kinetics studies on the adsorption of methylene blue onto vegetal fiber acitivated carbons. *Applied Surface Science*, 282, 52-59.
- [5] Daud, W.M.A.W. and Ali, W.S.W. (2004). Comparison on pore development of activated carbon produced from palm shell and coconut shell. *Bioresource Technology*, 93, 63-69.
- [6] Doan, N.H.A., Pham, M.L. and Dao, M.T. (2018). Studying the preparation of activated carbon from Maccadamia nut shells by chemical activation with K_2CO_3 in Methylene Blue treatment application. *Journal of Science*, 15, 89-99.
- [7] Garg, V.K., Amita, M., Kumar, R. and Gupta, R. (2004). Basic dye (methylene blue) removal from simulated wastewater by adsorption using Indian Rosewood sawdust: a timber industry waste. *Dyes and pigments*, 63, 243-250.
- [8] Georgiou, D., Aivazidis, A., Hatiras, J. and Gimouhopoulos, K. (2003). Treatment of cotton textile wastewater using lime and ferrous sulfate. *Water Research*, 37, 2248-2250.
- [9] Gercel, O., Ozcan, A., Ozcan, A.S. and Gercel, H.F. (2007). Preparation of activated carbon from a renewable bio-plant of *Euphorbia rigida* by H_2SO_4 activation and its adsorption behavior in aqueous solutions. *Applied Surface Science*, 253, 4843-4852.
- [10] Hameed, B.H. and Ahmad, A.A. (2009). Batch adsorption of methylene blue from aqueous solution by garlic peel, an agricultural waste biomass. *Journal of Hazardous Materials*, 164, 870-875.
- [11] Harry, M. and Francisco, R.R. (2006). *Activated Carbon*. Elsevier, Spain.
- [12] Huang, G., Shi, J.X. and Langrish, T.A.G. (2009). Removal of Cr(VI) from aqueous solution using activated carbon modified with Nitric acid. *Chemical Engineering Journal*, 152, 434-439.

- [13] Husseien, M., Amer, A.A., Maghraby, A.E. and Taha, N.A. (2007). Utilization of barley straw as a source of a activated carbon for removal of methylene blue from aqueous Solution. *Journal of Applied Sciences Research*, 3, 1352-1358.
- [14] Janos, P., Buchtova, H. and Rýznarová, M. (2003). Sorption of dyes from aqueous solutions onto fly ash. *Water Research*, 37, 4938-4944.
- [15] Juan, Z.Y., Jiao, X.Z., Kang, D.Z., Meng, L. and Yin, W. (2014). Effects of steam activation on the pore structure and surface chemistry of activated carbon derive from bamboo waste. *Applied Surface Science*, 315, 279-286.
- [16] Kobya, M. (2004). Removal of Cr (VI) from aqueous solutions by adsorption onto hazelnut shell activated carbon: kinetic and equilibrium studies. *Bioresource technology*, 91, 317-321.
- [17] Kwaghger, A. and Ibrahim, J.S. (2013). Optimization of conditions for the preparation of activated carbon from mango nuts using HCl. *American Journal of Engineering Research*, 2, 74-85.
- [18] Lê Huy Du (1984). *Khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố hoạt hoá trong quá trình điều chế than hoạt tính dạng viên dùng cho mặt nạ phòng độc* (Luận án phó tiến sỹ). Hà Nội.
- [19] Malik, R., Ramteke, D.S. and Wate, S.R. (2007). Adsorption of malachite green on groundnut shell waste based powdered activated carbon. *Waste Management*, 27, 1129-1138.
- [20] Namasivayam, C. and Kavitha, D. (2002). Removal of congo red from water by adsorption onto activated carbon prepared from coir pith, an agricultural solid waste. *Dyes and Pigments*, 54, 47-58.
- [21] Nguyễn Công Tạn (2009). *Nghề trồng cây Mắc-ca*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
- [22] Nguyễn Văn Hương (2017). Nghiên cứu biến tính bề mặt than hoạt tính Trà Bắc và khảo sát khả năng hấp phụ một số phẩm màu trong nước thải dệt nhuộm. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 1.
- [23] Okman, I., Karagoz, S., Tay, T. and Erdem, M. (2014). Activated carbons from grape seeds by chemical activation with potassium carbonate and potassium hydroxide. *Applied Surface Science*, 293, 138-142.
- [24] Shi, Q., Zhang, J., Zhang, C., Li, C., Zhang, B., Hu, W., Xu, J. and Zhao, R. (2010). Preparation of activated carbon from cattail and its application for dyes removal. *Journal of Environmental Sciences*, 22, 91-97.
- [25] Toles, C.A., Marshall, W.E. and Johns, M.M. (1998). Phosphoric acid activation of nutshells for metals and organic remediation: process optimization. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 72, 255-263.
- [26] Uddin, M.T., Islam, M.A., Mahmud, S. and Rukanuzzaman, M. (2009). Adsorptive removal of methylene blue by tea waste. *Journal of Hazardous Materials*, 164, 53-60.
- [27] Vadivelan, V. and Kumar, K.V. (2005). Equilibrium, kinetics, mechanism, and process design for the sorption of methylene blue onto rice husk. *Journal of Colloid and Interface Science*, 286, 90-100.
- [28] Vinke, P., Eijk, M.V.D., Verbree, M., Voskamp, A.F. and Bekkum, H.V. (1994). Modification of the surfaces of a gas-activated carbon and a chemically activated carbon with Nitric acid, Hypochlorite, and Ammonia. *Carbon*, 32, 675-686.
- [29] Wang, S.Y., Tsai, M.H., Lo, S.F. and Tsai, M.J. (2008). Effects of manufacturing conditions on the adsorption capacity of heavy metal ions by Makino bamboo charcoal. *Bioresource Technology*, 99, 7027-7033.
- [30] Yang, Y.C. and Kheireddine, A.M. (2007). Review of modifications of activated carbon for enhancing contaminant uptakes from aqueous solutions. *Separation and Purification Technology*, 52, 403-415.