



# CHẾ TẠO VẬT LIỆU HẤP PHỤ TỪ THÂN CÂY Sắn

## Synthesis absorb material from cassava stem

Trần Thị Hồng Mây<sup>1</sup>, Nguyễn Ngọc<sup>2</sup>, Nguyễn Trọng Anh<sup>3\*</sup>

Khoa Kỹ thuật Hóa học và Môi trường, Trường Đại học Lạc Hồng, Đồng Nai, Việt Nam  
<sup>1</sup>hongmay211724@gmail.com, <sup>2</sup>nguyennngoc9332@gmail.com, <sup>3</sup>tronganh2008@gmail.com

**TÓM TẮT.** Sản xuất than hoạt tính từ phế phẩm nông nghiệp thân cây sắn không chỉ mang lại hiệu quả kinh tế mà còn góp phần giải quyết các vấn đề môi trường do phế thải nông nghiệp gây ra. Ngoài ra vật liệu than hoạt tính được chế tạo có thể thay thế các loại vật liệu khác có giá thành cao trong xử lý nước thải và các lĩnh vực khác như quân sự, y tế ... Trong bài báo này chúng tôi đã chế tạo thành công than hoạt tính từ thân cây sắn dưới tác dụng của chất biến tính  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Than hoạt tính đã được tạo ra khi thân cây sắn được biến tính với  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , sau đó nung ở nhiệt độ cao. Ảnh hưởng của nồng độ chất biến tính, thời gian nung và nhiệt độ nung đến chất lượng than hoạt tính đã được đánh giá qua việc chụp hình ảnh bề mặt, cấu trúc của than hoạt tính và khả năng hấp phụ Methyl blue trong dung dịch của than. Kết quả cho thấy mẫu than được tạo ra ở nồng độ chất biến tính 1 M, thời gian nung vật liệu biến tính 90 phút và nhiệt độ nung  $500^\circ\text{C}$  có hình ảnh bề mặt, cấu trúc tốt và khả năng hấp phụ Methyl blue cao nhất (96,25%) so với các mẫu than được tạo ra ở các giá trị được khảo sát khác về nồng độ chất biến tính, thời gian nung và nhiệt độ nung, và cao hơn 4,5% than hoạt tính ngoài thị trường (91,75%). Nghiên cứu này không chỉ mang lại lợi ích về mặt kinh tế cho bà con nông dân mà bên cạnh đó còn góp phần giải quyết các vấn đề môi trường do phế phẩm nông nghiệp gây ra. Như vậy bằng quá trình biến tính vật liệu kết hợp với than hóa chúng tôi đã chế tạo thành công than hoạt tính có khả năng hấp phụ tốt hơn so với mẫu than hoạt tính có trên thị trường.

**TỪ KHOA:** vật liệu hấp phụ, than hoạt tính, thân cây sắn

**ABSTRACT.** The production of the activated charcoal from the waste of the cassava stem which doesn't only bring the economic efficiency but also contribute solving the environmental problems due to the agricultural waste. Besides, manufactured activated charcoal materials can replace other costly materials in wastewater treatment or defferent areas like military, health care, etc. According to this article, we have been successful the activated charcoal from cassava stem reacted by denatured chemical  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  was invented successfully. This research doesn't only bring the economic efficiency for the farmers but also contribute to deal with many environmental problems caused by agricultural waste. Throughout research's process, it showed that denatured chemical 1 M, charring at  $500^\circ\text{C}$  within 90 minutes. The result showed the treatment efficiency of Methyl blue reaches 96,25%.

**KEYWORDS:** adsorption; activated charcoal; cassava

### 1. GIỚI THIỆU

Theo Tổng cục thống kê, tổng sản phẩm thu được từ nông nghiệp năm 2017 ước tính tăng 2,07% so với năm 2016 [1]. Tuy nhiên, ngoài việc sản xuất nông nghiệp đang phát triển thì còn mắc phải một số vấn đề về các bãi chừa, đầu ra cho các phế phẩm nông nghiệp sau thu hoạch như rơm rạ, vỏ trấu, thân cây chuối, vỏ lạc, thân cây sắn ... Việc tái chế tận dụng chất thải không những mang lại lợi ích về mặt kinh tế, xã hội mà còn có ý nghĩa trong việc bảo vệ môi trường. Diện tích trồng sắn của cả nước đạt 569,9 nghìn ha so với tổng sản lượng nông sản của cả nước, tuy nhiên lượng thải bỏ của các phế phẩm của ngành trồng sắn là khá lớn [2]. Về mặt môi trường thân cây sắn được coi là một loại phế thải, nhưng ở một góc độ khác thân cây sắn được coi là một nguồn tài nguyên nếu như con người biết thu hồi và tận dụng như là một nguồn vật liệu tự nhiên, giá thành thấp, thân thiện với môi trường trong việc xử lý nước và nước thải.

Than hoạt tính (THT) được biết đến như một loại vật liệu hấp phụ rẻ tiền dùng trong các lĩnh vực xử lý môi trường như: lọc nước, lọc không khí, xử lý kim loại nặng, khử màu, phòng độc ... [3-5]. THT thường được sản xuất chủ yếu từ các nguyên liệu rẻ tiền, thông thường là các nguồn phế phẩm nông nghiệp như: THT từ vỏ trấu, lá tre, rơm rạ, mùn cưa, lá mía, lá ngô, lõi Ngô [6]; vỏ sấu riêng [7]; vỏ sắn [8, 9]. Trong thân cây sắn có thành phần và cấu trúc cellulose, hemicellulose và lignin giống như các phế

phế phẩm đã được nghiên cứu, ngoài ra trong thân cây sắn có hàm lượng cacbon cao, hàm lượng tro thấp và độ xốp lớn. Cho nên, việc sử dụng thân cây sắn để chế tạo THT có hoạt tính và độ xốp cao là hoàn toàn có thể. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này chúng tôi tiến hành chế tạo vật liệu hấp phụ THT từ thân cây sắn ứng dụng trong xử lý môi trường đã được thực hiện.

### 2. NỘI DUNG

#### 2.1 Chuẩn bị nguyên liệu



Hình 2.1 Thân cây sắn

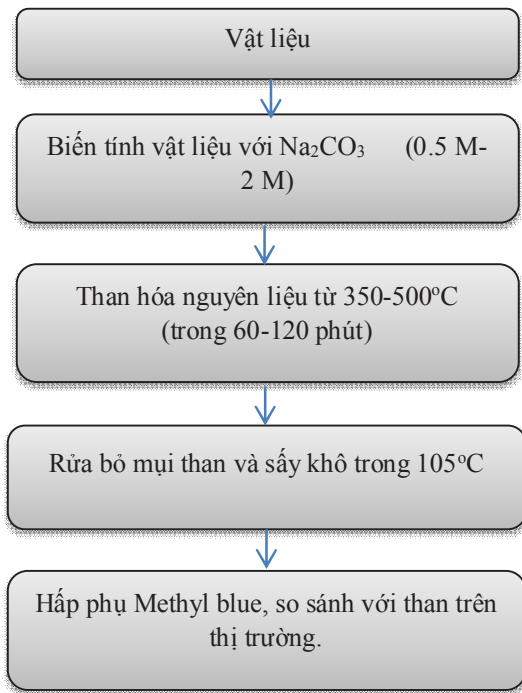
#### 2.2 Phương pháp nghiên cứu

Received: December, 11th, 2018

Accepted: June, 20th, 2019

\*Nguyễn Trọng Anh

Email: tronganh2008@gmail.com



**Hình 2.2** Sơ đồ quy trình sản xuất than hoạt tính

Thân cây sắn được thu gom và làm sạch vỏ, phơi khô tự nhiên, cắt nhỏ với kích thước 2-5 cm. Ngâm nguyên liệu bằng  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  tương ứng với tỉ lệ 1:4 trong 24 giờ với các nồng độ khác nhau (0.5 M - 2 M) để tìm điều kiện hoạt hóa tốt nhất. Xác định thời gian than hóa nguyên liệu trong 60-120 phút ở nhiệt độ cố định 350°C. Với nồng độ và thời gian được xác định tiến hành than hóa nguyên liệu ở nhiệt độ 350-500°C. THT sau khi than hóa để nguội và rửa sạch loại bỏ muội than và trung hòa pH đến trung tính ( $7 \pm 0.5$ ) bằng nước cất rồi mang đi sấy khô. Đánh giá chất lượng than bằng hấp phụ Methyl blue với 0.5 g than/200ml Methyl blue. So sánh với than trên thị trường tương ứng với 0.5g than/200 ml Methyl blue.

### 2.3 Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chế tạo than hoạt tính

#### 2.3.1 Khảo sát ảnh hưởng nồng độ chất biến tính

Lần lượt cho 100 ml dung dịch Methyl blue có nồng độ ban đầu 1 g/l vào erlen 200 ml chứa 0.5g than ở các nồng độ chất biến tính khác nhau (0.5 M; 1 M; 1.5 M và 2 M) nung ở 350°C. Lắc đều với vận tốc 150 vòng/phút. Xác định lượng Methyl blue còn lại sau thời gian phản ứng bằng phương pháp quang phổ từ 0 phút – 90 phút.

#### 2.3.2 Khảo sát ảnh hưởng thời gian than hóa

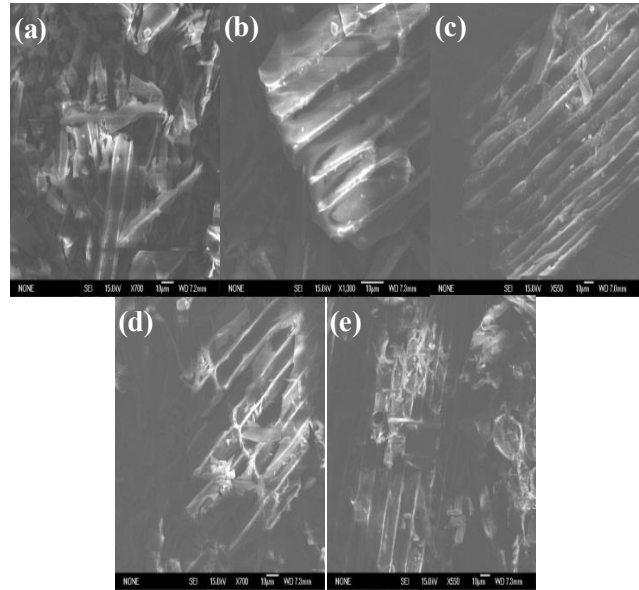
Cho 100 ml dung dịch Methyl blue vào 0.5 g than chứa trong 3 erlen tương ứng với thời gian than hóa ở 30 phút, 60 phút và 90 phút với nồng độ chất biến tính 1 M, nung ở nhiệt độ 350°C. Lắc mẫu với vận tốc 150 vòng/phút, sau đó dùng phương pháp quang phổ để xác định lượng Methyl blue.

#### 2.3.3 Khảo sát ảnh hưởng nhiệt độ than hóa

Tương tự cho 100 ml dung dịch Methyl blue vào 0.5 g than chứa trong 4 erlen tương ứng với than nung ở nhiệt độ 350°C, 400°C, 450°C, 500°C với nồng độ chất biến tính 1 M và thời gian nung 90 phút. Dùng phương pháp quang phổ xác định lượng Methyl blue còn lại sau các khoảng thời gian 10 phút.

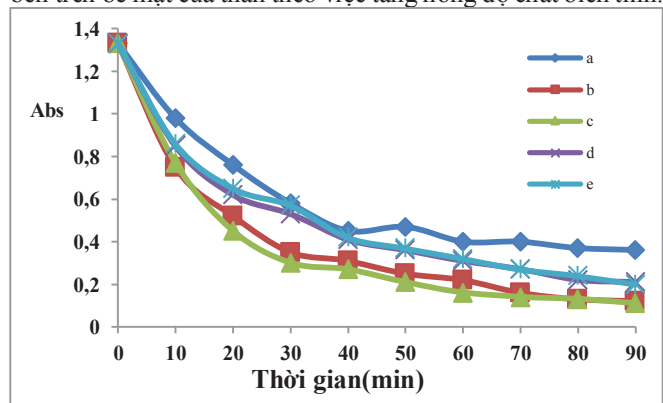
### 2.4 Kết quả và biện luận

#### 2.4.1 Ảnh hưởng của nồng độ biến tính



**Hình 2.3** Hình ảnh SEM của than hoạt tính ở nồng độ chất biến tính khác nhau: (a) 0 M; (b) 0.5 M; (c) 1 M; (d) 1.5 M; (e) 2 M

Hình ảnh 2.3 là hình ảnh SEM của vật liệu THT với nồng độ chất biến tính khác nhau được ngâm trong 24h và nung ở nhiệt độ 350°C với thời gian nung 60 phút. Thông qua hình 2.3a cho chúng ta thấy mẫu THT không được xử lý qua chất biến tính có bề mặt phẳng và bị nhiệt độ nung làm vụn vỡ không còn giữ được hình dạng ban đầu của vật liệu. Đối với mẫu than qua quá trình ngâm 24h trong chất biến tính ở các nồng độ khác nhau cho ta thấy bề mặt than vẫn giữ được bề mặt phẳng của than, cấu trúc của than và không bị vỡ vụn. Khi nồng độ chất biến tính tăng từ 1 M đến 2 M (hình 2.3c-e), cho chúng ta thấy khả năng bóc các lớp Cellulose của thân cây sắn mạnh hơn làm cho quá trình nung tồn đọng nhiều những lớp muội than hoặc than mỏng tồn tại không liên kết bên trên bề mặt của than theo việc tăng nồng độ chất biến tính.



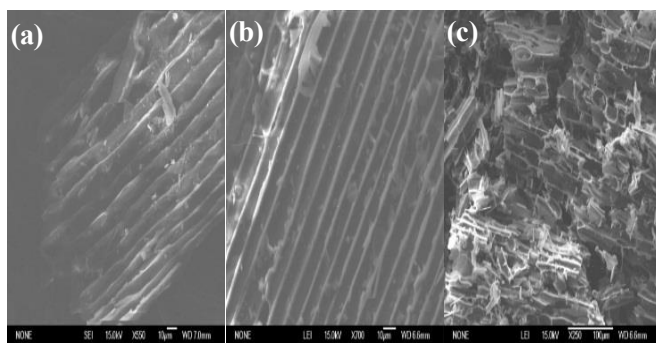
**Hình 2.4** Khả năng xử lý Methyl blue của than hoạt tính với sự thay đổi nồng độ chất biến tính: (a) 0 M; (b) 0.5 M; (c) 1 M; (d) 1.5 M; (e) 2 M

Hình 2.4 là hình ảnh khả năng hấp phụ Methyl blue của than hoạt tính sau 90 phút với sự thay đổi nồng độ chất biến tính khác nhau được nung ở 350°C trong thời gian 60 phút. Kết quả xử lý Methyl blue cho thấy với nồng độ chất biến tính khác nhau cho ta thấy khả năng hấp phụ Methyl blue khác nhau. Đối với mẫu than không được xử lý qua chất biến tính thì khả năng hấp phụ Methyl blue kém hiệu quả hơn so với các mẫu than được xử lý qua chất biến tính. Đường cong (a) trong hình 2.4 là hình ảnh biểu thị khả năng xử lý Methyl blue của mẫu than không qua xử lý chất biến tính, qua hình ảnh chúng ta thấy trong 10 phút đầu thì hiệu quả đạt khoảng 26,48%,

trong khi đó các mẫu than được xử lý qua chất biến tính thì hiệu quả xử lý đạt từ 35,48% đến 43,74%. Nhìn chung hiệu quả xử lý Methyl blue giảm mạnh ở khoảng 40 phút đầu và giảm dần trong khoảng 50 phút sau, điều này có thể giải thích do lúc đầu khi mới tiếp xúc với Methyl blue THT với khả năng hấp phụ tốt nên hiệu quả xử lý Methyl blue cao, ngược lại khi thời gian xử lý kéo dài thì nồng độ Methyl blue trong THT đạt đến trạng thái gần bão hòa dẫn đến khả năng hấp phụ Methyl blue chậm lại.

Hiệu quả xử lý Methyl blue tăng dần và đạt khoảng 73% sau 90 phút đối với mẫu than không qua xử lý chất biến tính. Đối với các mẫu than đã qua xử lý chất biến tính ở các nồng độ khác nhau (Hình 2.4 b-e), qua hình ảnh chúng ta thấy được hiệu quả xử lý Methyl blue khoảng 91%; 92%; 84% và 85% tương đương với nồng độ chất biến tính 0.5 M; 1 M; 1.5 M và 2 M. Qua kết quả xử lý Methyl blue kết hợp với kết quả SEM chúng tôi thấy nồng độ chất biến tính 1 M là có hiệu quả tốt nhất vì vậy chúng tôi lựa chọn nồng độ chất biến tính là 1 M làm điều kiện cho nồng độ chất biến tính để tiến hành khảo sát các yếu tố khác.

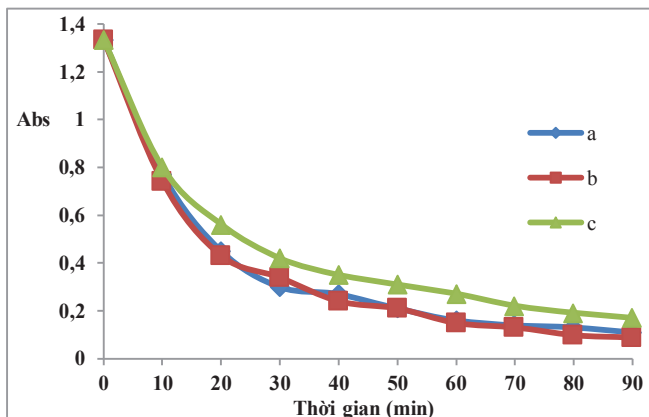
### 2.4.2 Ảnh hưởng của thời gian than hóa



**Hình 2.5** Hình ảnh SEM của than hoạt tính ở thời gian nung khác nhau: (a) 60 phút; (b) 90 phút và (c) 120 phút

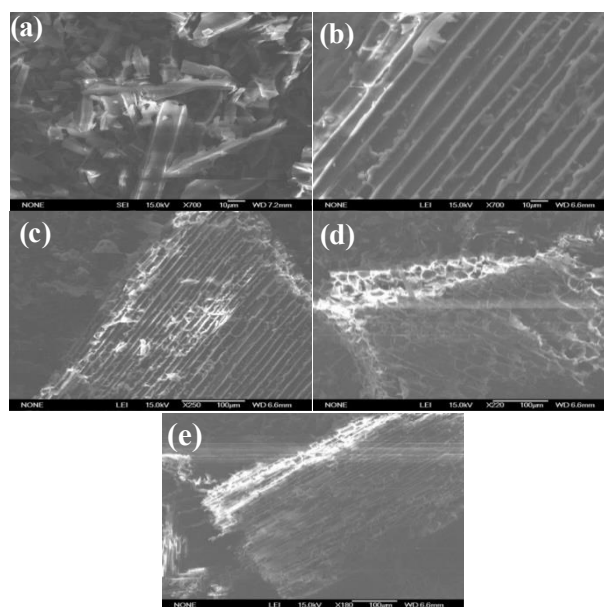
Hình ảnh 2.5 là hình ảnh SEM của vật liệu THT với nồng độ chất biến tính 1 M được ngâm trong 24h và nung ở nhiệt độ 350°C với thời gian nung thay đổi từ 60 phút đến 120 phút. Qua hình ảnh SEM cho ta thấy: khi thời gian nung tăng lên 90 phút thì khả năng loại bỏ các lớp muối than qua quá trình tách bóc các lớp Cellulose tạo thành trong quá trình nung than tốt hơn (hình 2.5b). Ngược lại, khi thời gian nung tăng lên 120 phút thì quá trình tạo thành các lớp muối than trên bề mặt than nhiều hơn (hình 2.5c), điều này có thể được giải thích do khi thời gian nung than tăng lên nhiều làm cho quá trình cháy bóc tách các lớp Cellulose tạo thành các lớp muối than trên bề mặt than đồng thời làm cho cấu trúc của than bị bít lại gây ảnh hưởng đến các lỗ xốp của than.

Hình 2.6 hình ảnh khả năng xử lý Methyl blue của THT sau 90 phút với sự thay đổi thời gian nung khác nhau được nung ở 350°C. Kết quả xử lý Methyl blue cho thấy với thời gian nung khác nhau cho ta thấy khả năng hấp phụ Methyl blue khác nhau. Hiệu suất xử lý Methyl blue đạt 42,2%; 44,49% và 39,98% trong 10 phút đầu đối với mẫu than được nung trong thời gian 60 phút; 90 phút và 120 phút. Sau thời gian 90 phút thì hiệu quả xử lý Methyl blue đạt 91,75%; 93,4% và 87,25% tương ứng với các mẫu than được nung trong thời gian 60 phút; 90 phút và 120 phút. Qua kết quả chúng tôi nhận thấy ở thời gian nung mẫu 90 phút cho hiệu quả xử lý Methyl blue tốt nhất vì vậy chúng tôi lựa chọn thời gian nung mẫu là 90 phút.



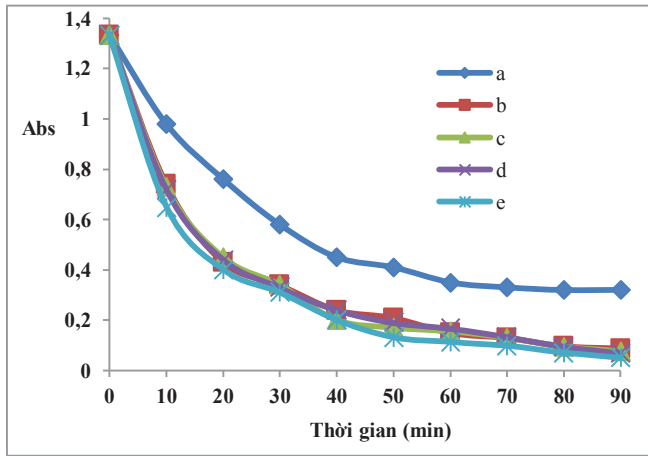
**Hình 2.6** Khả năng xử lý Methyl blue của than hoạt tính với sự thay đổi thời gian nung: (a) 60 min; (b) 90 min; (c) 120 min

### 2.4.3 Ảnh hưởng của nhiệt độ than hóa



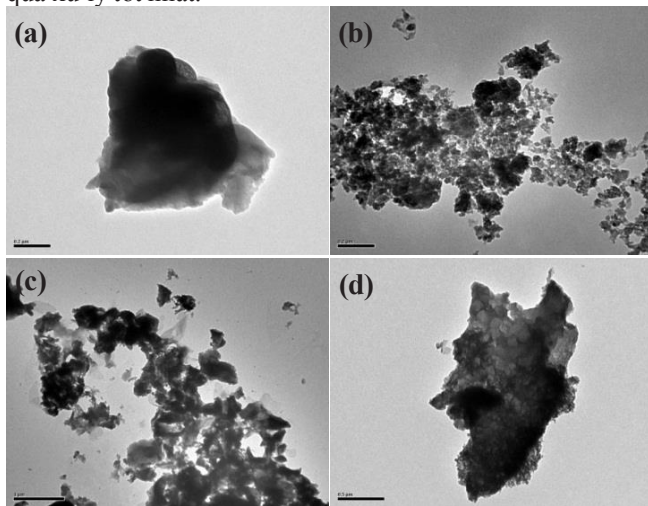
**Hình 2.7** Hình ảnh SEM của (a) than hoạt tính không qua xử lý chất biến tính nung ở nhiệt độ 500°C với thời gian nung 90 phút và ở nhiệt độ nung khác nhau: (b) 350°C; (c) 400°C; (d) 450°C; (e) 500°C

Hình ảnh 2.7a là hình ảnh SEM của THT không qua xử lý chất biến tính nung ở nhiệt độ 500°C với thời gian nung 90 phút, qua hình ảnh cho chúng ta thấy mẫu than bị gãy vụn và không giữ được cấu trúc lỗ xốp. Ngược lại, đối với các mẫu than được xử lý qua chất biến tính vẫn giữ được cấu trúc lỗ xốp. Hình ảnh 2.7b-e là hình ảnh SEM của vật liệu THT với nồng độ chất biến tính 1 M được ngâm trong 24h và nung ở các nhiệt độ nung khác nhau với thời gian nung 90 phút. Qua hình ảnh SEM cho ta thấy: khả năng hình thành cấu trúc dạng xốp tổ ong tăng khi nhiệt độ nung tăng lên (hình 2.7c, d), ngược lại khi nhiệt độ nung tăng lên cấu trúc xốp tổ ong vẫn được giữ và không làm gãy các cấu trúc bên trong của vật liệu. Quá trình nung ở 500°C trong 90 phút (hình 2.7d) vật liệu than không bị gãy các liên kết, các Cellulose trong thân cây sắn bị thiêu hủy bởi nhiệt độ cao để lại khung lỗ xốp bên tạo nên cấu trúc THT xốp. Với khả năng tạo được các lỗ xốp và không làm hỏng cấu trúc của than tạo nên vật liệu THT có thể có được diện tích bề mặt lớn và tạo ra khả năng hấp phụ tốt hơn. Qua đó chúng ta có thể thấy khi mẫu than được xử lý bằng chất biến tính thì chất biến tính có thể hỗ trợ giúp làm ổn định cấu trúc trong quá trình nung.



**Hình 2.8** Khả năng xử lý Methyl blue của than hoạt tính với sự thay đổi nhiệt độ nung: (a) mẫu than nung ở 500°C trong thời gian 90 phút không qua xử lý chất biến tính; (b) 350°C; (c) 400°C; (d) 450°C; (e) 500°C

Hình ảnh 2.8 là hình ảnh khả năng xử lý Methyl blue của THT sau 90 phút với sự thay đổi nhiệt độ nung khác nhau. Kết quả cho thấy, đối với mẫu than không qua xử lý chất hoạt tính nung ở nhiệt độ 500°C (hình 2.8a) sau 10 phút đầu chỉ xử lý đạt 26,48% trong khi đó với mẫu than qua xử lý chất biến tính (hình 2.8e) xử lý đạt 69,99%, cao hơn so với mẫu không qua xử lý chất biến tính khoảng 43,51%. Sau 90 phút xử lý thì hiệu quả xử lý Methyl blue của mẫu than không qua xử lý chất biến tính đạt 75,99% và mẫu than qua xử lý chất biến tính đạt 93,4%; 94,22%; 94,75% và 96,25% tương ứng với các mẫu than được nung ở nhiệt độ 350°C; 400°C; 450°C và 500°C. Qua kết quả nhận thấy ở nhiệt độ nung 500°C cho hiệu quả xử lý Methyl blue tốt nhất. Như vậy than hoạt tính được sản xuất ở điều kiện xử lý qua chất biến tính với nồng độ 1 M, thời gian nung 90 phút ở nhiệt độ 500°C cho mẫu than có hiệu quả xử lý tốt nhất.

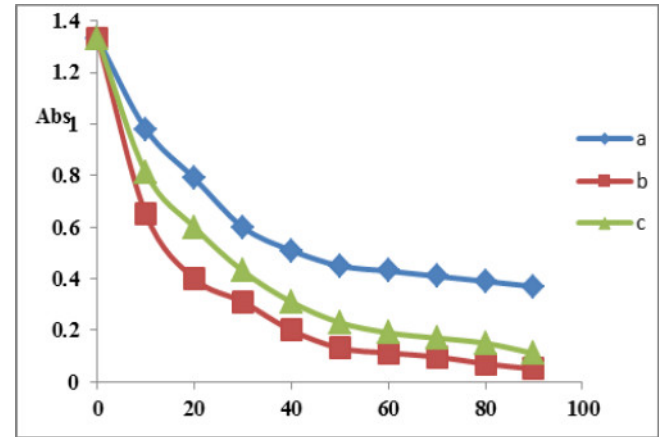


**Hình 2.9** Hình ảnh TEM của (a) mẫu than không qua xử lý chất biến tính nung ở 500°C, thời gian nung 90 phút; mẫu than qua xử lý chất biến tính với nồng độ 1 M; (b) mẫu than nung ở 350°C trong thời gian 60 phút; (c) mẫu than nung ở 350°C trong thời gian 90 phút; (d) mẫu than nung ở 500°C trong thời gian 90 phút

Qua hình ảnh TEM chúng ta thấy được: Đối với mẫu than không qua xử lý chất biến tính được nung ở 500°C trong thời gian 90 phút (Hình 2.9a) cấu trúc vật liệu than là các lớp mỏng liên kết với nhau và chúng không tạo thành dạng cấu trúc lỗ xốp. Ngược lại đối với mẫu than được xử lý qua chất biến tính (Hình 2.9d) cấu trúc vật liệu gồm các lớp màng mỏng liên kết với nhau tạo thành cấu trúc lỗ xốp. Hình 2.9b-d là mẫu THT được xử lý qua chất biến tính nung ở các nhiệt độ than hóa

khác nhau, qua hình ảnh chúng ta thấy khi nhiệt độ than hóa càng tăng thì khả năng tạo thành các lớp màng mỏng càng tốt. Khi nhiệt độ than hóa tăng lên 500°C (hình 2.9d) vật liệu THT được cấu thành bởi các lớp mỏng và có cấu trúc lỗ xốp.

#### 2.4.4 So sánh khả năng xử lý Methyl blue với than hoạt tính trên thị trường.



**Hình 2.10** Khả năng xử lý Methyl blue của than hoạt tính: (a) mẫu than không qua xử lý chất biến tính; (b) mẫu qua biến tính; (c) mẫu than thị trường

Kết quả cho thấy mẫu THT ngoài thị trường có hiệu suất xử lý Methyl blue ở 10 phút đầu là 39,32%, tương đối cao hơn so với mẫu THT không qua xử lý chất biến tính, tuy nhiên thấp hơn mẫu THT qua xử lý chất biến tính của chúng tôi. Sau thời gian hấp phụ 90 phút, hiệu quả hấp phụ của mẫu THT trên thị trường đạt 91,75% cao hơn so với mẫu than không qua xử lý chất biến tính của chúng tôi (75,99%), nhưng lại thấp hơn so với mẫu than qua xử lý bằng chất biến tính của chúng tôi (96,25%). Như vậy bằng quá trình biến tính vật liệu kết hợp với than hóa chúng tôi đã chế tạo thành công THT có khả năng hấp phụ tốt hơn so với mẫu THT có trên thị trường.

### 3. KẾT LUẬN

Qua kết quả nhận thấy ở nhiệt độ nung 500°C cho hiệu quả xử lý Methyl blue tốt nhất. Như vậy THT được sản xuất ở điều kiện xử lý qua chất biến tính với nồng độ 1 M, thời gian nung 90 phút ở nhiệt độ 500°C cho mẫu than có hiệu quả xử lý tốt nhất. Mẫu THT có thể đáp ứng để loại bỏ Methyl blue trong phòng thí nghiệm. Như vậy chúng ta có thể sử dụng mẫu THT trên để thử nghiệm xử lý nước thải cho các ngành như dệt nhuộm, xi mạ, in ... hoặc ứng dụng làm vật liệu lọc trong xử lý nước. Ngoài ra, có thể lấy mẫu than dùng làm nguyên liệu cho quá trình nghiên cứu để sản xuất THT có kích thước nano ứng dụng trong các lĩnh vực khác.

### 4. CẢM ƠN

Trước hết tôi xin gửi lời cảm ơn đến ban Lãnh đạo Khoa Kỹ thuật Hóa học – Môi trường, các thầy cô giáo trong Khoa và trong bộ môn Công nghệ Môi trường, gia đình và cùng toàn thể bạn bè đã hỗ trợ tôi đa về phương tiện cũng như trang thiết bị vật chất trong suốt quá trình chúng tôi làm nghiên cứu này.

### 5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Tổng cục thống kê, 2017.  
 [2] Nguyễn Thị Hồng Hạnh, Nguyễn Hưng Quang. Hiện trạng sử dụng sản và phụ phẩm từ sản trong chăn nuôi gia súc tại Việt Nam. Tạp chí Khoa học và công nghệ.  
 [3] Lin, L., Zhai, S.R., Xiao, Z.Y., Song, Y., An, Q.D., Song, X.W. Dye adsorption of mesoporous activated carbons produced from

- NaOH-pretreated rice husks. *Bioresource Technol.* **2013**, 136: 437-434.
- [4] Masoud, S.M., M. El-Saraf, W., M. Abdel-Halim, A., Alaa E. Ali, Essam A. Mohamed, Hamad M.I. Hasan. Rice husk and activated carbon for waste water treatment of El-Mex Bay, Alexandria Coast, Egypt. *Arabian Journal of Chemistry*, **2012**, 1-7.
- [5] Santi, Raya, I., Zakir, M. The Adsorption of Pb (II) Ions on Activated Carbon from Rice Husk, Irradiated by Ultrasonic Waves: Kinetic and Thermodynamics Studies. *Journal of Natural Sciences Research*, **2014**, 4: 18-24.
- [6] Tăng Thị Kiều Loan. Nghiên cứu chế tạo than sinh học (Biochar) từ phế phụ phẩm nông nghiệp và ứng dụng trong môi trường, **2016**.
- [7] Lê Thị Kim Phụng, Lê Anh Kiên. Tối ưu quá trình than hóa vỏ sắn riêng ứng dụng trong xử lý chất màu, **2013**.
- [8] Rajeshwarisivaraj, S. Sivakumar, P. Senthilkumar, V. Subburam. Carbon from Cassava peel, an agricultural waste, as an adsorbent in the removal of dyes and metal ions from aqueous solution. *Department of Environmental Sciercer, Bhavathiav Uniuervity, Coimbatove*, **2000**, 641, 046, Tamil Nadu, India.
- [9] Y. Sudaryanto, S.B. Hartono, W. Irawaty, H. Hindarso, S. Ismadji. High surface area activated carbon prepared from cassava peel by chemical activation. *Department of Chemical Engineering, Widya Mandala Surabaya Catholic University*, **2005**.