

## ĐẶC TRƯNG VÀ KHẢ NĂNG HẤP PHỤ METYL DA CAM CỦA TRO TRÁU HOẠT HÓA

Phan Phước Toàn<sup>1</sup>, Nguyễn Trung Thành<sup>2</sup> và Ngô Thụy Diễm Trang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Khoa Kỹ thuật - Công nghệ - Môi trường, Trường Đại học An Giang

### Thông tin chung:

Ngày nhận: 10/09/2015

Ngày chấp nhận: 25/02/2016

### Title:

Characterizations and methyl orange adsorption capacity of activated rice husk ash

### Từ khóa:

Hấp phụ, metyl da cam (MO), than hoạt tính (AC), tro trấu (RHA), tro trấu hoạt hóa (A-RHA)

### Keywords:

Activated carbon (AC), activated rice husk ash (A-RHA), adsorption, methyl orange (MO), rice husk ash (RHA)

### ABSTRACT

The adsorption capacity of rice husk ash could be improved by activation steps. In this study, rice husk ash from the combustion furnace of brick manufacture was activated by a chemical corrosion with hydrofluoric acid (HF). The objectives of this study were to: (1) determine the characterization of activated rice husk ash (A-RHA) and (2) compare the methyl orange (MO) adsorption capacity of A-RHA and activated carbon (AC) adsorbents. Characterizations of A-RHA (including, Fourier Transformation Infrared (FTIR), X-Ray Diffraction, and specific surface area (Brunauer Emmett Teller method - BET)) were analysed. Our results show that the specific surface area of A-RHA is ~ 410 m<sup>2</sup>/g greater than that of fresh rice husk ash (i.e. ~ 16 m<sup>2</sup>/g). The equilibrium time for MO absorption is short recorded for the A-RHA material (~ 15 min.). Besides, the MO adsorbent capacity of A-RHA is ~ 1.7-fold greater than that of the AC. It suggests that the A-RHA material is a potential adsorbent for removing organic compounds from wastewater.

### TÓM TẮT

Khả năng hấp phụ của tro trấu có thể được tăng đáng kể sau quá trình hoạt hóa. Trong nghiên cứu này, tro trấu được lấy từ lò đốt của quá trình sản xuất gạch được hoạt hóa bằng phương pháp ăn mòn hóa học với axit flohidric (HF). Mục tiêu của nghiên cứu là (1) xác định các đặc trưng cơ bản của tro trấu sau khi hoạt hóa (A-RHA) và (2) so sánh khả năng hấp phụ metyl da cam (MO) trong môi trường nước của A-RHA so với than hoạt tính (AC). Một số đặc trưng cơ bản của A-RHA đã được phân tích như phổ hồng ngoại FTIR, phổ nhiễu xạ tia X và diện tích bề mặt riêng (BET). Kết quả nghiên cứu cho thấy diện tích bề mặt riêng của A-RHA đã tăng đáng kể (~ 410 m<sup>2</sup>/g) so với mẫu tro trấu ban đầu (~ 16 m<sup>2</sup>/g). Thêm vào đó, vật liệu A-RHA có thời gian đạt cân bằng hấp phụ nhanh (~ 15 phút) và dung lượng hấp phụ MO của A-RHA cao hơn so với AC (~ 1,7 lần). Từ đó cho thấy A-RHA là một vật liệu tiềm năng để ứng dụng loại bỏ các hợp chất hữu cơ trong môi trường nước.

Trích dẫn: Phan Phước Toàn, Nguyễn Trung Thành và Ngô Thụy Diễm Trang, 2016. Đặc trưng và khả năng hấp phụ metyl da cam của tro trấu hoạt hóa. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 42a: 50-57.

## 1 GIỚI THIỆU

Metyl da cam nói riêng và các phẩm màu họ azo nói chung là những hợp chất hữu cơ thường được sử dụng rộng rãi trong phòng thí nghiệm, các ngành dệt may, in ấn, sản xuất giấy... Gần đây, các nhà nghiên cứu đã phát hiện ra tính độc hại và nguy hiểm của hợp chất họ azo đối với môi trường sinh thái và con người, đặc biệt hợp chất này có thể gây ung thư cho người sử dụng (Slokar and Le Marechal, 1998; Pinheiro *et al.*, 2004; Mittal *et al.*, 2007). Để xử lý các hợp chất hữu cơ như metyl da cam, có nhiều phương pháp đã được áp dụng như phương pháp hấp phụ, phương pháp oxy hóa, phương pháp điện hóa,... Trong đó, phương pháp hấp phụ bằng than hoạt tính được đánh giá là một phương pháp hữu hiệu (Rao *et al.*, 2004; Rodriguez *et al.*, 2009). Hiện nay, than hoạt tính được xem là chất hấp phụ phổ biến nhất và thường được sản xuất từ gáo dừa; tuy nhiên, than hoạt tính có giá thành cao và nguồn cung hạn chế. Những năm gần đây, phương pháp hấp phụ dựa trên những vật liệu rẻ tiền có nguồn gốc từ phụ phẩm hay phế thải đang thu hút sự quan tâm nghiên cứu của nhiều nhà khoa học với mong muốn tìm ra những vật liệu hấp phụ mới, vừa có hiệu quả cao, chi phí thấp và thân thiện với môi trường. Nhiều vật liệu đã được nghiên cứu như bã mía, xơ dừa, tro trấu, vỏ cam, vỏ chuối, vỏ lạc... Trong đó, tro trấu được đánh giá là một vật liệu rất có triển vọng vì có khả năng hấp phụ nhiều thành phần ô nhiễm và nguồn nguyên liệu dồi dào (Ahmaruzzaman and Gupta, 2011).

Trong những năm gần đây, ở nước ta tro trấu đã được nghiên cứu ứng dụng vào một số lĩnh vực như cải tạo đất trong nông nghiệp, làm phụ gia trong sản xuất xi măng, vật liệu xây dựng nhẹ... (Hoàng Xuân Phương, 2009; Nguyễn Văn Tuấn và *ctv.*, 2012). Nhưng nhìn chung vẫn chưa có giải pháp nào tận dụng hiệu quả nguồn chất thải này. Bên cạnh đó, tro trấu cũng được nghiên cứu trong hấp phụ các hợp chất hữu cơ khó phân hủy như congo đỏ (Anirban *et al.*, 2009), metylen xanh (Pankaj *et al.*, 2010) và loại bỏ các ion kim loại nặng (Qingge *et al.*, 2004; Srivastava *et al.*, 2008). Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu đều có những hạn chế nhất định, chủ yếu là chưa cải tiến được hoạt tính bề mặt của tro trấu nên khả năng hấp phụ không cao. Nghiên cứu của Nguyễn Trung Thành và *ctv.* (2010) đã tiến hành hoạt hóa tro trấu bằng phương pháp ăn mòn hóa học với axit HF. Kết quả bước đầu cho thấy tro trấu sau khi hoạt hóa có khả năng hấp phụ metyl da cam tốt. Tuy nhiên, nghiên cứu chỉ tập trung vào điều kiện hoạt hóa mà chưa phân tích các đặc trưng và đánh giá khả năng hấp

phụ của vật liệu. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định các đặc trưng cơ bản và so sánh khả năng hấp phụ metyl da cam của tro trấu sau khi hoạt hóa so với than hoạt tính.

## 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Hóa chất

Metyl da cam (dạng bột, MO) và Potassium Bromide (KBr) được mua từ công ty của Merck; axit flohidric (HF), HCl và NaOH có nguồn gốc từ công ty Guangdong Guanghua Chemical Sci-Tech (Trung Quốc); than hoạt tính làm từ gáo dừa (dạng bột) được cung cấp từ công ty TNHH Thương mại Việt Hoàng Long (Việt Nam); nước khử ion (DI water) được sử dụng trong quá trình hoạt hóa tro trấu và pha chế dung dịch MO dùng trong các thí nghiệm.

### 2.2 Mẫu tro trấu

Mẫu tro trấu được thu trực tiếp tại các lò gạch thủ công có sử dụng trấu làm nguyên liệu đốt (khi lò đã nung xong và tro trấu đã nguội đến nhiệt độ môi trường). Do thành phần tro trấu phụ thuộc lớn vào điều kiện đốt trấu (như: nhiệt độ đốt, thời gian lưu...) nên mẫu tro trấu sử dụng trong nghiên cứu này sẽ được trộn từ các mẫu tro trấu lấy ngẫu nhiên tại các lò đốt gạch trên địa bàn huyện Chợ Mới, tỉnh An Giang.

### 2.3 Hoạt hóa tro trấu

Tro trấu thô (F-RHA, có màu đen) thu từ các lò đốt gạch ở huyện Chợ Mới, tỉnh An Giang được xử lý bằng cách rửa vài lần với nước DI và sấy khô ở nhiệt độ 110°C qua đêm. Sau đó, F-RHA được hoạt hóa bằng phương pháp ăn mòn hóa học với dung dịch axit HF 10% thể tích. Cụ thể là một hỗn hợp gồm 20 gam F-RHA và 800 mL dung dịch HF 10% thể tích được khuấy trộn liên tục ở nhiệt độ phòng. Sau 30 phút khuấy trộn, chất rắn được tách ra bằng cách lọc và rửa nhiều lần với nước DI đến pH trung tính. Cuối cùng, tro trấu sau khi hoạt hóa (A-RHA) thu được bằng cách sấy chất rắn này ở nhiệt độ 110°C trong 12 giờ (Nguyễn Trung Thành và *ctv.*, 2010).

### 2.4 Thực nghiệm hấp phụ MO

Thí nghiệm được bố trí trong điều kiện phòng thí nghiệm với 03 loại vật liệu (tro trấu thô; tro trấu hoạt hóa; than hoạt tính) và thời gian hấp phụ khác nhau (5, 10, 15, 20, 25, 30 phút,... cho đến khi khả năng hấp phụ của vật liệu đạt trạng thái cân bằng). Các nghiệm thức được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 04 lần lặp lại ở các điều kiện thí nghiệm giống nhau: Cân chính xác 10 mg vật liệu cho vào bình

tam giác (dung tích 100 mL) có chứa 50 mL dung dịch MO nồng độ 10 mg/L (pH ~ 5, được điều chỉnh bằng dung dịch NaOH loãng và HCl loãng); tiếp theo, lắc đều hỗn hợp và thực hiện quá trình hấp phụ trong điều kiện nhiệt độ phòng; sau thời gian hấp phụ, thu mẫu nước bằng cách lọc hỗn hợp qua giấy lọc và tiến hành xác định nồng độ MO còn lại (Nguyễn Trung Thành và *ctv.*, 2010).

### 2.5 Xác định hàm lượng MO

Nồng độ MO trong các thí nghiệm được xác định bằng phương pháp so màu trên máy quang phổ UV-Vis Analytik Jena (model: Specord 210, Đức). Các dung dịch chuẩn MO được pha chế từ hóa chất do công ty Merck cung cấp để xây dựng đường chuẩn phục vụ cho việc xác định hàm lượng MO.

### 2.6 Phân tích đặc trưng của mẫu

Nhiều xạ tia X (XRD) của mẫu được thực hiện với máy D2 Phaser (model: XRD 300W, Đức) bước góc quay là 0,05°, bước thời gian 30s sử dụng nguồn phát xạ là Cu K $\alpha$  ( $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ ). Đặc trưng thành phần hóa học bề mặt của mẫu được thực hiện bằng phương pháp quang phổ hồng ngoại (FTIR) trên máy quang phổ Bruker (model: Alpha, Đức). Diện tích bề mặt riêng của mẫu được thực hiện bằng phương pháp BET (Brunauer Emmett Teller method) với máy Sorptometer (model: CBET 210A, Mỹ).

### 2.7 Tính toán và xử lý số liệu

Hiệu quả hấp phụ MO (%) của vật liệu được xác định theo công thức:

$$H\% = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100$$

Dung lượng hấp phụ MO (mgMO/g) được xác định theo công thức:

$$q = \frac{C_o - C_e}{m} \times V$$

Trong đó:

$C_o$ ,  $C_t$  và  $C_e$  lần lượt là nồng độ MO ban đầu (mg/L), sau khi tiếp xúc một khoảng thời gian  $t$  và sau thời gian hấp phụ cân bằng.

$V$  là thể tích của dung dịch MO được sử dụng trong các thí nghiệm (50 mL);  $m$  là khối lượng của chất hấp phụ được sử dụng (10 mg).

Tất cả số liệu về khả năng hấp phụ MO của các vật liệu được tính toán giá trị trung bình và sai số chuẩn bằng phần mềm Microsoft Excel 2013. So

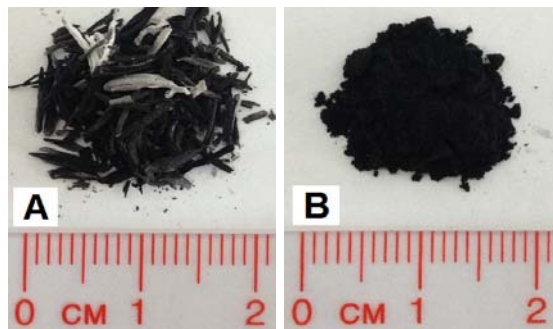
sánh kết quả trung bình giữa các nghiệm thức bằng phần mềm thống kê Statgraphics Centurion XV (StatPoint, Inc., USA) dựa trên kiểm định Tukey 5%.

## 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1 Các đặc trưng của tro trấu hoạt hóa

Tro trấu thô được thu gom từ các lò đốt trấu (lò đốt sản xuất gạch thủ công) làm nguyên liệu cho quá trình sản xuất chất hấp phụ. Ở đây chất hấp phụ được sản xuất bằng phương pháp ăn mòn hóa học dựa vào phản ứng cơ bản giữa HF-10% và SiO $_2$  như đã được trình bày trong nghiên cứu trước đây (Nguyễn Trung Thành và *ctv.*, 2010). Hình ảnh của tro trấu thô và tro trấu sau khi hoạt hóa được thể hiện trong Hình 1.

Tro trấu thô Hình 1A có màu sắc không đồng đều và khi nghiền mịn thì hỗn hợp có màu xám. Sự khác biệt về màu sắc này là do sự khác biệt thời gian lưu của vỏ trấu trong lò đốt. Tuy nhiên, sau quá trình hoạt hóa, sản phẩm thu được từ tro trấu có màu đen đồng nhất Hình 1B. Điều này cho thấy rằng tỷ lệ cacbon/các hợp chất vô cơ tăng lên so với ban đầu. Nguyên nhân có thể là do các thành phần vô cơ (như silic) đã được hòa tan bởi axit HF và loại bỏ khỏi cấu trúc tro trấu sau quá trình hoạt hóa.



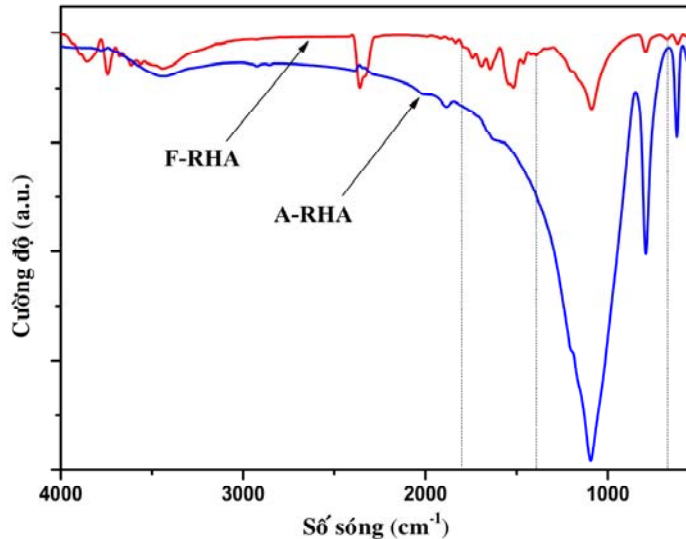
Hình 1: Tro trấu thô (A) và tro trấu hoạt hóa (B)

Thành phần hóa học trên bề mặt của chất hấp phụ ảnh hưởng rất lớn đến hoạt tính hấp phụ và xúc tác của vật liệu (Comotti *et al.*, 2005). Ở đây, thành phần bề mặt của tro trấu hoạt hóa được xác định bởi FTIR. Phổ FTIR của mẫu tro trấu thô và tro trấu sau khi hoạt hóa được thể hiện trong Hình 2.

Sau quá trình hoạt hóa bằng dung dịch axit HF, phổ FTIR của A-RHA đơn giản hơn so với phổ FTIR của mẫu tro trấu ban đầu - Hình 2. Điều này nói lên rằng sau quá trình hoạt hóa các tạp chất cũng như một số chất có thể hòa tan trong dung dịch axit HF đã được loại bỏ khỏi tro trấu. Đặc biệt, mũi dao động ở vị trí 620 cm $^{-1}$  đặc trưng cho

liên kết Si-H và các mũi dao động từ 1400 đến 1800  $\text{cm}^{-1}$  đặc trưng cho liên kết Si-F (Ibrahim *et al.*, 1980) được tìm thấy trên phổ FTIR của tro trấu thô nhưng không tìm thấy trên phổ FTIR của tro trấu sau khi hoạt hóa. Nhìn chung, sau quá trình hoạt hóa tro trấu bằng HF, một lượng silic trong cấu trúc của tro trấu đã được tách khỏi tro trấu và không nhiễm bản mẫu từ quá trình hoạt hóa (điều

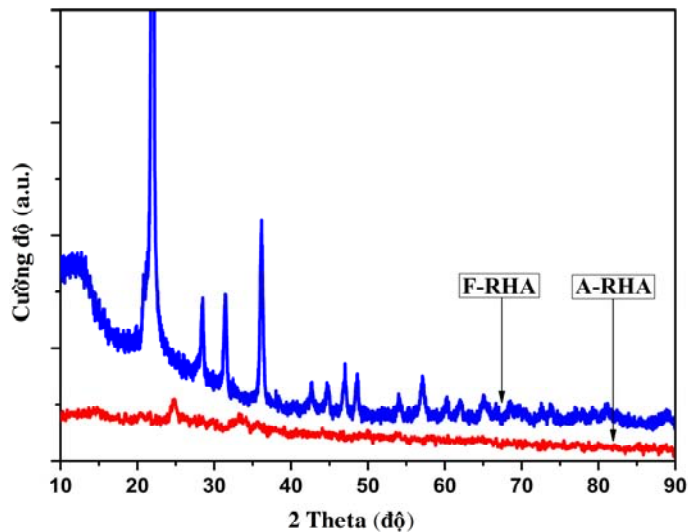
này có thể là do các sản phẩm của quá trình hoạt hóa là  $\text{SiF}_4$  dễ dàng bay hơi hoặc  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  tan trong nước). Tóm lại, tro trấu sau quá trình hoạt hóa có thành phần hóa học đơn giản hơn gồm các mũi dao động của Si-H (520-800  $\text{cm}^{-1}$ ); Si-O-Si (1080  $\text{cm}^{-1}$ ); C=C (1600  $\text{cm}^{-1}$ ); C=O (1730  $\text{cm}^{-1}$ ); C-H (2930 $\text{cm}^{-1}$ ); -OH (3400  $\text{cm}^{-1}$ ) (Ibrahim *et al.*, 1980).



**Hình 2: Phổ FTIR của tro trấu thô (F-RHA) và tro trấu hoạt hóa (A-RHA)**

Nhiễu xạ tia X (XRD) của tro trấu thô và tro trấu sau khi hoạt hóa được thể hiện trong Hình 3. Kết quả ghi nhận hầu hết các đỉnh dao động xuất hiện trên XRD của F-RHA có cường độ khá lớn và không được tìm thấy trên XRD của A-RHA. Điều đó cho thấy các thành phần tạp chất từ tro trấu nguyên liệu đã được loại bỏ sau quá trình hoạt hóa

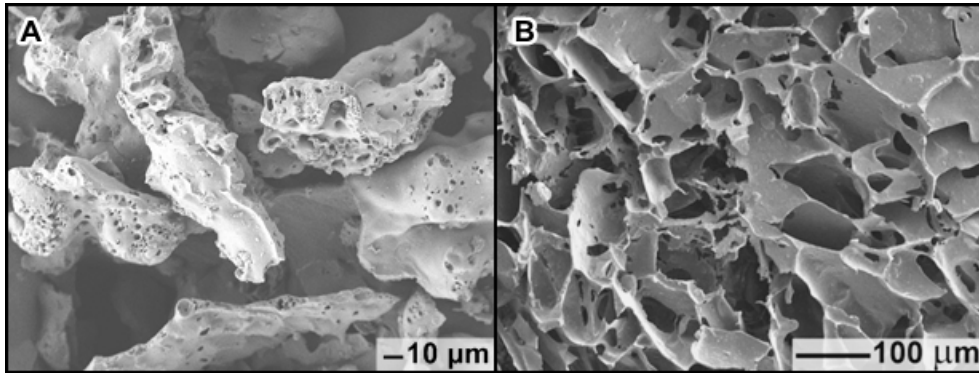
và A-RHA có kích thước hạt nhỏ hơn so với F-RHA. Thêm vào đó, XRD của tro trấu sau khi hoạt hóa có đỉnh đặc trưng ở khoảng 2 theta ( $2\theta$ ) - 25°, đây là nhiễu xạ của cacbon. Kết quả này rất giống với các kết quả trước đây khi nghiên cứu về than hoạt tính (Zhang *et al.*, 1996).



**Hình 3: Nhiễu xạ tia X (XRD) của tro trấu thô (F-RHA) và tro trấu hoạt hóa (A-RHA)**

Hình 4B chỉ ra ảnh SEM của tro trấu sau khi hoạt hóa so với ảnh SEM của tro trấu nguyên liệu Hình 4A, kết quả cho thấy hình thái bề mặt và cấu trúc tro trấu đã có sự thay đổi đáng kể sau quá trình hoạt hóa. Bề mặt của tro trấu hoạt hóa có cấu tạo

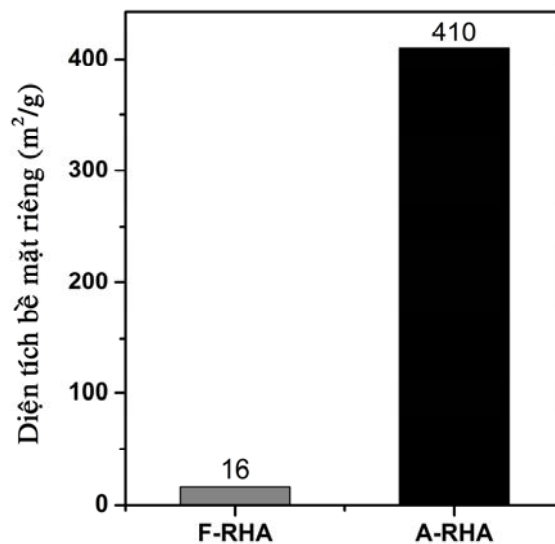
gồ ghề và tồn tại nhiều lỗ xốp có kích thước khá đồng đều. Sự xuất hiện các lỗ xốp này có thể được tạo ra từ quá trình ăn mòn hóa học bằng axit HF. Cấu tạo bề mặt của tro trấu hoạt hóa như vậy rất hữu ích với vai trò chất hấp phụ.



**Hình 4: Ảnh SEM của tro trấu thô (A) và tro trấu hoạt hóa (B)**

Diện tích bề mặt riêng của tro trấu thô (nghiền mịn) và tro trấu hoạt hóa được thể hiện trong Hình 5. Kết quả cho thấy diện tích bề mặt riêng của tro trấu hoạt hóa ( $410 \text{ m}^2/\text{g}$ ) cao hơn  $\sim 26$  lần diện tích

bề mặt riêng của tro trấu nguyên liệu ( $16 \text{ m}^2/\text{g}$ ). Điều này cho thấy vai trò quan trọng của HF trong quá trình hoạt hóa đối với tro trấu.



**Hình 5: Diện tích bề mặt riêng (BET) của tro trấu thô (F-RHA) và tro trấu hoạt hóa (A-RHA)**

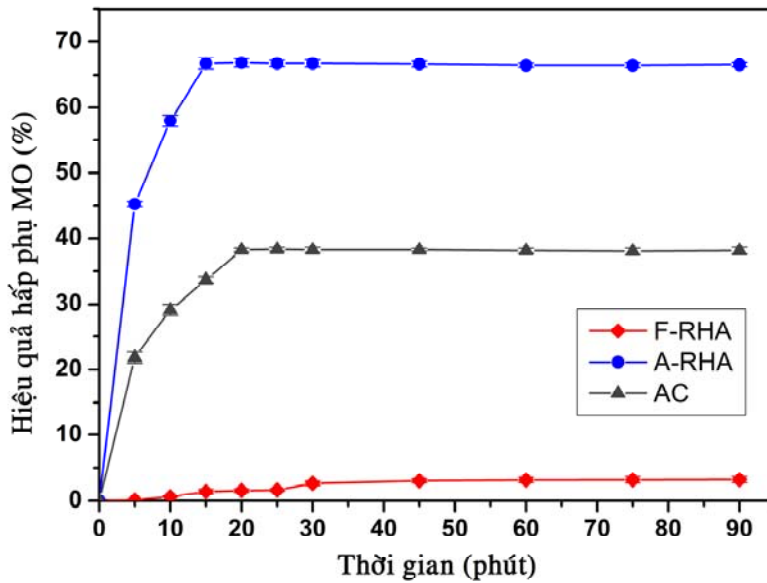
### 3.2 Khả năng hấp phụ metyl da cam của tro trấu hoạt hóa

Hiệu quả hấp phụ metyl da cam theo thời gian của tro trấu thô, tro trấu sau khi hoạt hóa và than hoạt tính được thể hiện trong Hình 6. Kết quả cho thấy, trong cùng điều kiện thí nghiệm, tro trấu sau khi hoạt hóa cho hiệu quả hấp phụ metyl da cam tốt hơn nhiều so với tro trấu thô và than hoạt tính. Cụ thể, hiệu quả hấp phụ của A-RHA  $\sim 66,7\%$  so với

F-RHA  $\sim 2,64\%$  và AC  $\sim 38,2\%$ . Ngoài ra, mẫu tro trấu sau khi hoạt hóa đạt đến trạng thái cân bằng trong một khoảng thời gian rất ngắn ( $\sim 15$  phút), so sánh với than hoạt tính ( $\sim 20$  phút) và tro trấu thô ( $\sim 30$  phút). Kết quả cho thấy tro trấu hoạt hóa đạt trạng thái cân bằng nhanh hơn; đây là một ưu điểm nổi bật của tro trấu hoạt hóa. Sự tiến nhanh đến trạng thái cân bằng của quá trình hấp phụ metyl da cam lên bề mặt vật liệu có thể là do diện tích tiếp xúc lớn giữa các phân tử metyl da cam trong dung

dịch và tâm hấp phụ trên bề mặt vật liệu; điều này có thể đạt được do diện tích bề mặt riêng lớn của tro trấu sau quá trình hoạt hóa bằng dung dịch axit HF. Thêm vào đó, sự tiến nhanh đến trạng thái hấp

phụ cân bằng có thể rút ngắn thời gian lưu nước và tăng lưu lượng nước xử lý (hoặc tăng hiệu suất xử lý), điều này có ý nghĩa rất lớn khi triển khai ứng dụng vật liệu vào thực tiễn.

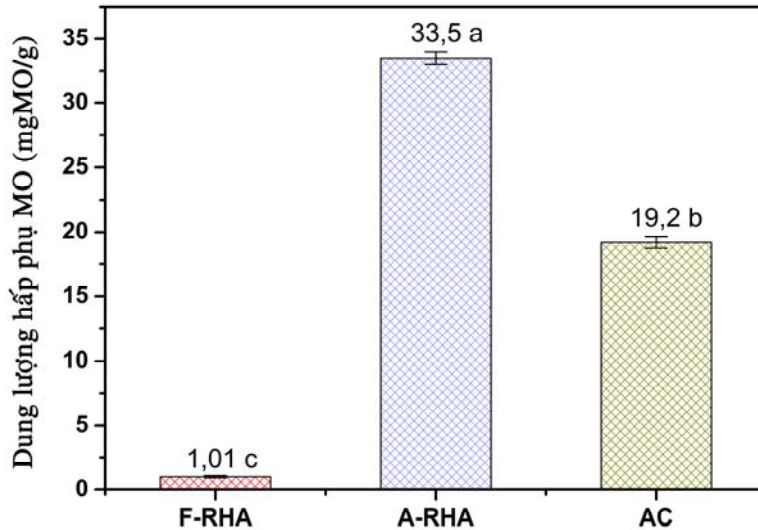


**Hình 6: Hiệu quả hấp phụ methyl da cam của tro trấu thô (F-RHA), tro trấu hoạt hóa (A-RHA) và than hoạt tính (AC) theo thời gian (trung bình ± sai số chuẩn, n = 4)**

Trong nghiên cứu này, khái niệm “dung lượng hấp phụ MO” được sử dụng để thể hiện hàm lượng methyl da cam bị hấp phụ tối đa trên một đơn vị khối lượng vật liệu tại thời điểm cân bằng. Đây là một trong những chỉ tiêu quan trọng đánh giá khả năng hấp phụ của vật liệu, lượng methyl da cam được giữ lại càng nhiều thì vật liệu đó có khả năng hấp phụ càng cao. Dung lượng hấp phụ methyl da cam của tro trấu thô, tro trấu hoạt hóa và than hoạt tính được thể hiện trong Hình 7.

So sánh về dung lượng hấp phụ cho thấy tro trấu sau khi hoạt hóa có khả năng hấp phụ methyl da cam cao nhất (~ 33,5 mgMO/g), cao gấp 1,7 lần so với than hoạt tính (~ 19,2 mgMO/g) và 33,2 lần so với tro trấu thô (~ 1,01 mgMO/g) - Hình 7. Điều này có thể là do diện tích bề mặt riêng của than hoạt tính (~ 104 m<sup>2</sup>/g) và tro trấu thô (~ 16 m<sup>2</sup>/g), nhỏ hơn nhiều so với tro trấu sau khi hoạt hóa (~ 410 m<sup>2</sup>/g).

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy vật liệu A-RHA có khả năng hấp phụ methyl da cam rất tốt và thể hiện tính cạnh tranh cao so với than hoạt tính. Ngoài ra, vật liệu A-RHA cũng cho thấy sự vượt trội so với một số vật liệu hấp phụ có nguồn gốc từ phế thải đã được nghiên cứu gần đây. Chẳng hạn như vật liệu được chế tạo từ bã mía trong nghiên cứu của Ngô Thị Lan Anh (2011) có thời gian đạt cân bằng hấp phụ methyl da cam ~ 90 phút và dung lượng hấp phụ ~ 11,6 mgMO/g (thấp hơn ~ 2,9 lần so với A-RHA); vật liệu chế tạo từ xơ dừa (Nguyễn Văn Thanh, 2012) có thời gian đạt cân bằng hấp phụ methyl da cam ~ 120 phút, dung lượng hấp phụ ~ 14,7 mgMO/g (thấp hơn ~ 2,3 lần so với A-RHA) và có diện tích bề mặt riêng ~ 94 m<sup>2</sup>/g, nhỏ hơn ~ 4,4 lần so với vật liệu A-RHA trong nghiên cứu này.



**Hình 7: Dung lượng hấp phụ metyl da cam của tro trấu thô (F-RHA), tro trấu hoạt hóa (A-RHA) và than hoạt tính (AC) (trung bình ± sai số chuẩn, n = 4)**

Ghi chú: <sup>a,b,c</sup> khác ký tự thì khác biệt có ý nghĩa thống kê (kiểm định Tukey,  $p < 0,001$ )

#### 4 KẾT LUẬN

Quá trình hoạt hóa bằng phương pháp ăn mòn hóa học với axit HF đã cải thiện được hoạt tính hấp phụ của tro trấu. Kết quả nghiên cứu cho thấy diện tích bề mặt riêng của tro trấu sau khi hoạt hóa đã tăng đáng kể (~ 410 m<sup>2</sup>/g) so với tro trấu ban đầu (~ 16 m<sup>2</sup>/g). Do đó, vai trò của quá trình hoạt hóa được thể hiện rõ trong việc nâng cao hiệu quả hấp phụ và làm giảm thời gian đạt cân bằng hấp phụ so với mẫu tro trấu ban đầu. Trong đó, vật liệu A-RHA có thời gian đạt cân bằng hấp phụ nhanh (~ 15 phút) và dung lượng hấp phụ metyl da cam cao hơn (~ 1,7 lần) so với than hoạt tính trong cùng điều kiện thí nghiệm. Vì vậy, tro trấu hoạt hóa có thể được đánh giá là một dạng vật liệu mới có tính cạnh tranh cao đối với than hoạt tính và là một vật liệu hấp phụ đầy triển vọng để triển khai áp dụng thực tế.

#### LỜI CẢM ƠN

Tác giả chân thành cảm ơn Bộ môn Khoa học Môi trường, Trường Đại học Cần Thơ và Bộ môn Môi trường & Phát triển Bền vững, Trường Đại học An Giang đã hỗ trợ chúng tôi hoàn thành tốt kết quả nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

Ahmaruzzaman, M., Gupta, V.K., 2011. Rice husk and its ash as low-cost adsorbents in water and wastewater. *Treatment Industrial*

& Engineering Chemistry Research. 50/24: 13.589-13.613.

Anirban, K.C., Sarkar, A.D., Bandyopadhyay, A., 2009. Rice Husk Ash as a Low Cost Adsorbent for the Removal of Methylene Blue and Congo Red in Aqueous Phases. *CLEAN – Soil, Air, Water*. 37/7: 581-591.

Comotti, M., Wen-Cui Li, Spliethoff, B., Schüth, F., 2005. Support Effect in High Activity Gold Catalysts for CO Oxidation. *Journal of the American Chemical Society*. 128/3: 917-924.

Hoàng Xuân Phương, 2009. Biochar vỏ trấu cải tạo đất, ngày truy cập 17/10/2014. Địa chỉ <http://nongnghiep.vn/nongnghiepv/vi-vn/25/34016/ky-thuat-nghe-nong/biochar-vo-trau-cai-tao-dat.html>

Ibrahim, D.M., El-Hemaly, S.A., Abdel-Kerim, F.M., 1980. Study of rice-husk ash silica by infrared spectroscopy. *Thermochemica Acta*. 37/3: 307-314.

Mittal, A., Malviya, A., Kaur, D., Mittal, J., Kurup, L., 2007. Studies on the adsorption kinetics and isotherms for the removal and recovery of Methyl Orange from wastewaters using waste materials. *Journal of Hazardous Materials*. 148: 229-240.

Ngô Thị Lan Anh, 2011. Nghiên cứu khả năng hấp phụ metyl da cam, metyl xanh của các

- VLHP chế tạo từ bã mía. Luận văn thạc sỹ Hóa học. Đại học Sư phạm Thái Nguyên. Thái Nguyên.
- Nguyễn Trung Thành, Lâm Thành Trí, Hồ Nguyễn Thy Thy và Lê Ngọc Hằng, 2010. Nghiên cứu ứng dụng tro trấu từ lò đốt gạch thủ công làm chất hấp phụ methyl da cam. Hội thảo quốc tế Giáo dục và Môi trường, 23/07/2010, Đại học An Giang.
- Nguyễn Văn Thanh, 2012. Nghiên cứu biến tính xơ dừa Tam Quan để ứng dụng làm vật liệu hấp phụ một số hợp chất hữu cơ trong nước. Luận văn thạc sỹ Hóa hữu cơ. Đại học Đà Nẵng. Đà Nẵng.
- Nguyễn Văn Tuấn, Bùi Danh Đại, Phạm Hữu Hanh, Lê Trung Thành, Nguyễn Công Thắng và Ye Guang, 2012. Nghiên cứu sử dụng tro trấu làm phụ gia khoáng cho bê tông chất lượng siêu cao. Tạp chí Kết cấu và Công nghệ xây dựng. 08: 42-48.
- Qingge, F., Qingyu, L., Fuzhong, G., Shuichi, S., Masami, S., 2004. Adsorption of lead and mercury by rice husk ash. Journal of Colloid and Interface Science. 278/1: 1-8.
- Pankaj, S., Ramnit, K., Chinnappan, B., Wook, C.J., 2010. Removal of methylene blue from aqueous waste using rice husk and rice husk ash. Desalination. 259/1-3: 249-257.
- Pinheiro, H.M., Thomas, O., Touraud, E., 2004. Aromatic amines from azo dye reduction: status review with emphasis on direct UV spectrophotometric detection in textile industry wastewater. Dyes Pigments. 61: 121-139.
- Rao, A.N., Lathasree, S., Sivasankar, B., Sadasivam, V., Rengaraj, K., 2004. Removal of azo dyes from aqueous solutions using activated carbon as an adsorbent. Journal of Environment Science Engineering. 46/2: 172-178.
- Rodriguez, A., Garcia, J., Ovejero, G., Mestanza, M., 2009. Adsorption of anionic and cationic dyes on activated carbon from aqueous solutions: equilibrium and kinetics. Journal of Hazardous Materials. 172/2-3: 1311-1320.
- Slokar, Y.M., Le Marechal, A.M., 1998. Methods of decoloration of textile wastewater. Dyes Pigments. 37: 335-356.
- Srivastava, V.C., Mall, I.D., Mishra, I.M., 2008. Removal of cadmium(II) and zinc(II) metal ions from binary aqueous solution by rice husk ash. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 312/2-3: 172-184.
- Zhang, M.H., Lastra, R., Malhotra, V.M., 1996. Rice-husk ash paste and concrete: Some aspects of hydration and the microstructure of the interfacial zone between the aggregate and paste. Cement and Concrete Research. 26/6: 963-977.