

CATEGORY	Page
1- Metal-Organic Framework Cu ₂ (OBA) ₂ (BPY) as efficient catalyst for C–O bond formation via oxidative cross-coupling reaction of benzaldehyde and 1,4-dioxane - Huynh Quoc Thai, Nguyen Thi Ngoc Tran, Ha Thanh My Phuong, Dang Huynh Giao, Doan Hoai Son, Phan Thanh Son Nam	2
2- Well-defined rod coil diblock copolymers based on poly(3-hexylthiophene) and poly(methyl methacrylate) via metal-free atom transfer radical polymerization - Nguyen Huu Tam, Tran Minh Hoan, Truong Thu Thuy, Nguyen Tran Ha	10
3- Study the effects of reaction parameter on degradation of janus green B by using nano zinc oxide loaded on activated carbon - Pham Quang Minh, Nguyen Thi Van, Vu Anh Tuan	16
4- Improved photocatalytic activity of ZnO by modification with CuO - Nguyen Van Kim, Nguyen Thi Viet Nga, Tran Thi Thanh Cam, Pham Thi Trinh, Nguyen Thi Lan, Nguyen Van Nghia, Tran Thi Thu Phuong, Vo Vien	23
5- Study on preparation of TiO ₂ Sol using TiCl ₄ as a Precursor for catalytic applications - Pham Minh Tu, Do Manh Hung, Au Thi Hang, Nguyen Bich Ngoc, Vu Thi Thu Ha	30
6- Synthesis of TiO ₂ -V ₂ O ₅ composites for photocatalytic degradation of methylene blue under visible light irradiation - Le Thi Thanh Thuy, Nguyen Anh Thoang, Le Si	36
7- Synthesis and photocatalytic activity of magnetic Fe ₃ O ₄ -ZnO composite - Tran Thi Phuong Hong, Nguyen Thi Hong Nhung, Nguyen Van Kim, Nguyen Thi Viet Nga, Vo Vien	43
8- Synthesis of Fe-MIL-101 material and evaluation of photocatytic activity under visible light - Huynh Thi Minh Thanh, Tran Ngoc Tuyen, Dinh Quang Khieu	49
9- Study on phenol adsorption onto Fe-MIL101 in aqueous solution - Tran Ngoc Tuyen, Nguyen Duc Vu Quyen, Ha Thi Thu Hoai, Nguyen Thanh Tan, Huynh Thi Minh Thanh	54
10- Study on the preparation of activated carbon from coffee husk toward the adsorption of dye in aqueous solution - Ta Huu Son, Le Van Khu, Luong Thi Thu Thuy	61
11- Study on building Sylop graph of H ₂ S after activated carbon layer - Bui Van Tai, Hoang Trung Hieu	67
12- Research on column adsorption of Pb ²⁺ by hydroxyapatite granules - Le Thi Duyen, Le Thi Phuong Thao, Do Thi Hai, Vo Thi Hanh, Pham Tien Dung, Pham Thi Nam, Nguyen Thi Thom, Cao Thi Hong, Le Thi Sau, Dinh Thi Mai Thanh	71
13- Synthesis, structural characterization and adsorption capacity of H-δ-MnO ₂ - Dang Thi To Nu, Nguyen Thi My Duyen, Cao Van Hoang, Nguyen Thi Lieu, Nguyen Phi Hung	80
14- Study on catalyst based on CuO modified with Boron applied for selective oxidation of propylene to acrolein - Pham Thi Mai Phuong, Vu Quoc Quan, Le Minh Thang	86
15- Immobilization of glucose oxidase onto core-shell structure materials Fe ₃ O ₄ NP@SiO ₂ and testing it's catalytic activity - Hoang Ngoc Anh Nhan, Nguyen Ba Trung	92
16- Preparation of bio-char from Acacia Sawdust and Sugarcane bagasse for Solid acid Catalyst Fabrication - Le Quang Dien, Nguyen Trung Thanh, Nguyen Thanh Long, Nguyen Thi Nhi, Nguyen Minh Chau, Nguyen Hoang Chung	98
17- Synthesis of alkanolamide nonionic surfactant using used cooking oil - Tran Thi Thanh Ngoc, Nguyen Thanh Nhat, Bui Tan Nghia	105
18- Mathematical model and simulation of a heterogeneous catalytic reactor for reforming process of heavy gasoline - Nguyen Huu Duong, Vu Hong Thai	111
19- Synthesis of adsorbed materials from Bentonite Co Dinh – Thanh Hoa, Application for removal of ammonium in water treatment - Truong Quoc Anh, Mai Van Tien, Bui Thi Thu	116
20- Study on preparation of nano-ZIF-67 in ethanol - Le Van Duong, Dinh Quang Toan, Pham Thu Huong, Le Ngoc Duong, Nguyen Thi Xuan, Ninh Thi Phuong, Ta Ngoc Don	122
21- Hydropolymerization of ethylene - A future manufacture of fuel production - Nguyen Quang Minh, Dao Quoc Tuy	128



Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption

Tạp chí xúc tác và hấp phụ Việt Nam

<http://chemeng.hust.edu.vn/jca/>

Nghiên cứu chế tạo cacbon hoạt tính từ vỏ hạt cà phê định hướng ứng dụng để hấp phụ thuốc nhuộm trong dung dịch nước

Study on the preparation of activated carbon from coffee husk toward the adsorption of dye in aqueous solution

Tạ Hữu Sơn, Lê Văn Khu*, Lương Thị Thu Thủy

Khoa Hóa học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội, Số 136, Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội

*Email: khulv@hnue.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: 05/01/2018

Accepted: 22/5/2018

Keywords:

activated carbon, coffee husk, isotherm adsorption, metylen blue, direct scarlet 4BS

ABSTRACT

Activated carbon with high specific surface area containing large amount of mesopore was prepared from coffee husk by means of ZnCl_2 activation. Physical and chemical investigation showed that the as-prepared activated carbon consists of uniform spherical shaped particles, specific surface area $1410 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$, total pore volume $0.9206 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ (which contain 41.43% mesopore), and contain numerous acidic and basic functional groups. Adsorption isotherm of Methylene Blue (MB) and Direct Scarlet 4BS (DS-4BS) obeyed Toth isothermal model. Monolayer adsorption capacities of activated carbon were 208.48 mg g^{-1} for MB and 350.67 mg g^{-1} for DS-4BS, respectively.

Giới thiệu chung

Ngành cà phê Việt Nam đang tăng trưởng đều và ở mức cao trong vòng 3 năm qua, thị phần xuất khẩu toàn cầu của nước ta chỉ đứng sau Brazil. Vỏ hạt cà phê chiếm khoảng 40-45% trọng lượng hạt nhưng lại có giá trị sử dụng cũng như giá trị thương mại thấp và là nguồn tiềm ẩn gây ô nhiễm môi trường cần được quan tâm xử lý. Một trong các hướng nghiên cứu xử lý là chuyển hóa vỏ hạt cà phê thành cacbon hoạt tính để ứng dụng trong các lĩnh vực khác nhau.

Quy trình chế tạo cacbon hoạt tính từ phụ phẩm nông nghiệp thường gồm 2 giai đoạn: than hóa và hoạt hóa, trong đó giai đoạn hoạt hóa có vai trò quyết định cấu trúc cũng như tính chất bề mặt của cacbon hoạt tính. So với hoạt hóa vật lý thì hoạt hóa học có thể thực hiện được ở nhiệt độ thấp hơn và cần thời gian ngắn hơn nên được các nhà khoa học tập trung nghiên cứu. Trong các tác nhân hoạt hóa thường dùng như NaOH, KOH,

H_3PO_4 , ZnCl_2 ... [1] thì ZnCl_2 có ưu điểm là có thể thu hồi tái sử dụng, mang lại lợi ích kinh tế đồng thời giảm thiểu nguy cơ ô nhiễm môi trường. Hoạt hóa với tác nhân ZnCl_2 cho sản phẩm cacbon có bề mặt riêng phát triển và chứa nhiều mao quản trung bình, rất thích hợp để làm vật liệu hấp phụ trong xử lý các chất ô nhiễm có kích thước phân tử như thuốc nhuộm [2,3].

Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu tổng hợp cacbon hoạt tính từ vỏ hạt cà phê và khảo sát sự hấp phụ thuốc nhuộm Direct Scarlet 4BS và Metylene Blue trong dung dịch nước nhằm định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo.

Thực nghiệm

2.1. Chế tạo cacbon hoạt tính từ vỏ hạt cà phê và xác định các đặc trưng hóa lý của cacbon

Vỏ hạt cà phê Arabica (Chiềng Ban, Mai Sơn, Sơn La) được rửa sạch và sấy khô ở 110°C trong 12 giờ. Quá

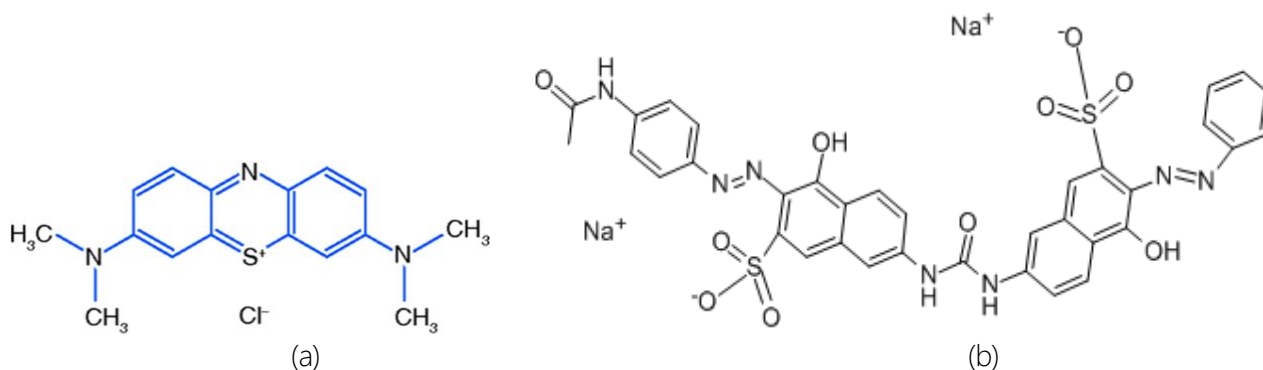
trình chuyển vỏ hạt cà phê thành cacbon hoạt tính gồm 2 bước: i) vỏ hạt cà phê được nghiền nhỏ và than hóa ở 450°C trong dòng khí nitơ trong 90 phút; ii) sản phẩm than hóa được trộn với ZnCl_2 theo tỷ lệ khối lượng ZnCl_2 / than khác nhau và được hoạt hóa ở 600°C trong 3 giờ trong dòng khí nitơ. Tiếp đến sản phẩm cacbon hoạt tính được rửa bằng dung dịch HCl 0,1M (để thu hồi ZnCl_2) và rửa nhiều lần bằng nước cất rồi được sấy khô trong không khí ở 120°C và được bảo quản trong bình hút ẩm. Các mẫu cacbon hoạt tính thành phẩm được kí hiệu lần lượt là AC-2 và AC-3 tương ứng với tỉ lệ khối lượng ZnCl_2 /than bằng 2/1 và 3/1.

Phổ EDX được đo trên máy EDX-LE VIOEL 6610 LV. Ảnh SEM được đo trên máy S4800, Hitachi. Các đường đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp phụ N_2 ở 77 K được đo trên máy TRI STAR 3000, Micromeritics. Phổ FT-IR được ghi trên máy Nexus 670 FTIR Nicolet. Lượng nhóm

chức có tính axit và bazơ trên các mẫu cacbon được xác định bằng phương pháp chuẩn độ Boehm [4].

2.2. Khảo sát sự hấp phụ thuốc nhuộm trong dung dịch nước của các mẫu cacbon

Thuốc nhuộm Metylen Blue, ký hiệu MB ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$, CI no. 52015. $\lambda_{\text{max}} = 665 \text{ nm}$) cung cấp bởi công ty Xilong, Trung Quốc; Direct Scarlet 4BS, ký hiệu DS-4BS ($\text{C}_{35}\text{H}_{25}\text{N}_7\text{Na}_2\text{O}_{10}\text{S}_2$, CI no. 29160. $\lambda_{\text{max}} = 507 \text{ nm}$) cung cấp bởi công ty Tân Hồng Phát. Công thức cấu tạo tương ứng được giới thiệu trên hình 1. Các dung dịch thuốc nhuộm được pha tại phòng thí nghiệm bằng nước cất hai lần. pH của dung dịch DS-4BS được chỉnh về 2 bằng dung dịch HCl. Nồng độ thuốc nhuộm trước và sau hấp phụ được xác định bằng phương pháp đo quang trên máy LIUV-310S UV-Vis tại bước sóng cực đại λ_{max} .



Hình 1: Công thức cấu tạo MB (a) và DS-4BS (b)

Các đường đẳng nhiệt hấp phụ MB và DS-4BS trên các mẫu cacbon được xây dựng bằng cách cho 50 mL dung dịch thuốc nhuộm có nồng độ đầu xác định nằm trong khoảng 100 ÷ 600 mg/L vào bình nón có nút nhám dung tích 100 mL có chứa 50 mg cacbon. Toàn bộ hỗn hợp sau đó được đặt trong máy lắc điều nhiệt ở 30°C và lắc trong 48 h với tốc độ lắc 120 vòng/phút. Hỗn hợp sau đó được lọc tách cacbon và nồng độ dung dịch được xác định bằng phương pháp đo quang. Dung lượng hấp phụ thuốc nhuộm của cacbon hoạt tính (q_e) được tính theo công thức (1):

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) \cdot V}{m} \quad (1)$$

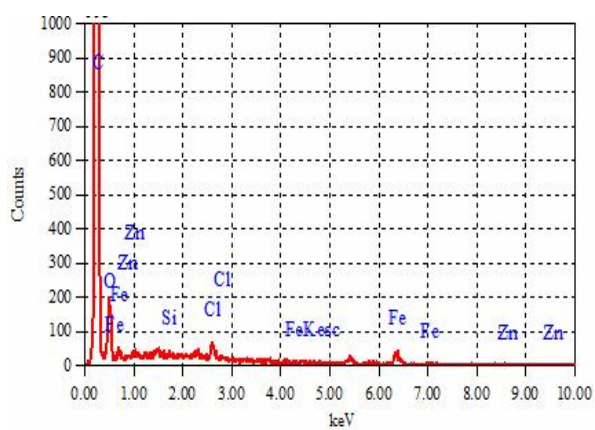
Trong đó C_o và C_e lần lượt là nồng độ thuốc nhuộm (mg/L) ban đầu và khi cân bằng; V là thể tích dung dịch thuốc nhuộm nghiền cứu (L), m là lượng cacbon sử dụng (g).

Kết quả và thảo luận

3.1. Xác định các đặc trưng hóa lý của cacbon hoạt tính

Kết quả phân tích các mẫu cacbon bằng phổ EDX giới thiệu trên hình 2 và tóm tắt trong bảng 1. Từ đây nhận thấy cacbon hoạt tính chế tạo từ vỏ hạt cà phê với tác nhân hoạt hóa ZnCl_2 chứa chủ yếu là cacbon (>94,33%) và chứa một số nguyên tố khác với hàm lượng rất nhỏ: O, Cl, Fe, đặc biệt là Zn chỉ dưới 0,38%. Điều này chứng tỏ quá trình rửa đã loại bỏ được hầu hết ZnCl_2 ra khỏi vật liệu sau khi hoạt hóa.

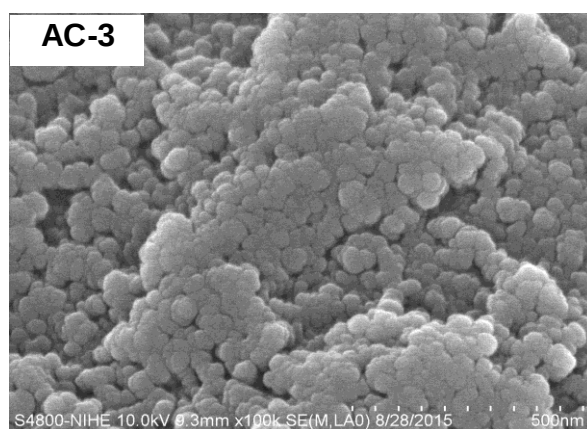
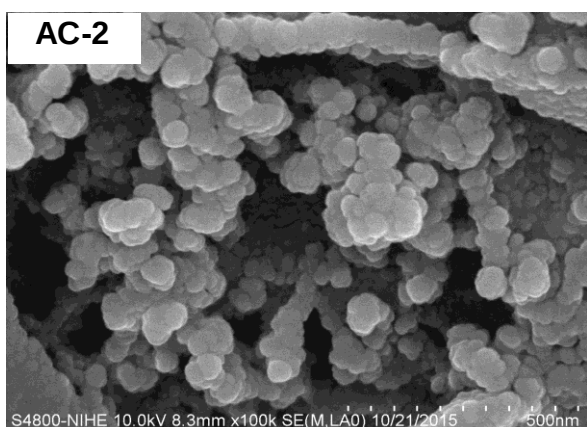
Trên hình 3 giới thiệu ảnh SEM của các mẫu cacbon hoạt tính chế tạo được. Để nhận thấy các mẫu cacbon nghiền cứu đều được tạo nên từ các hạt có dạng "gân cầu" với kích thước 100 nm. Các hạt này sắp xếp với nhau không đặc khít tạo nên các hang, hốc, các khe rỗng và tạo độ xốp cho vật liệu.



Hình 2: Phổ EDX của mẫu AC-3

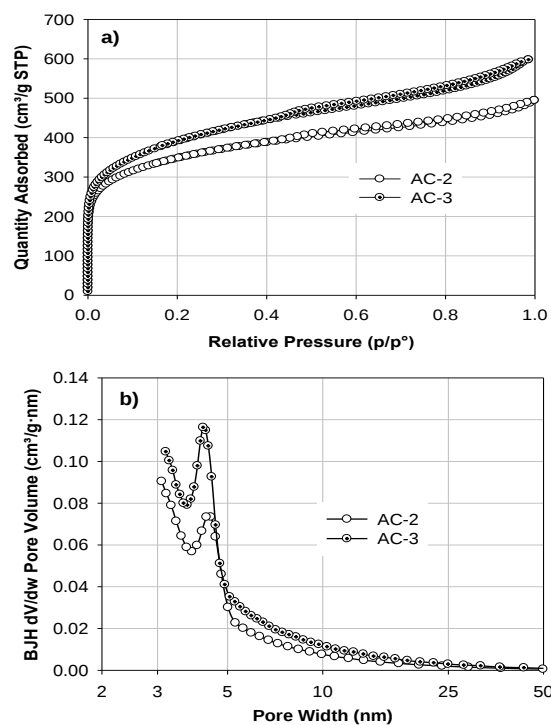
Bảng 1: Kết quả phân tích các mẫu cacbon bằng phổ EDX

Mẫu	Phần trăm khối lượng (%)				
	C	O	Cl	Fe	Zn
AC-2	95,46	1,74	1,05	1,54	0,21
AC-3	96,98	1,21	1,46	0,19	0,16



Hình 3: Ảnh SEM của các mẫu cacbon hoạt tính nghiên cứu

Các đường đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp phụ N_2 ở 77K và sự phân bố mao quản trung bình của các mẫu cacbon hoạt tính chế tạo từ vỏ hạt cà phê được giới thiệu trên hình 4. Để nhận thấy đường đẳng nhiệt hấp phụ N_2 (hình 4a) của các mẫu cacbon có hình dạng tương tự nhau. Ở vùng áp suất tương đối thấp ($p/p^0 < 0,01$) các đường đẳng nhiệt có dạng I theo sự phân loại của IUPAC [5] chứng tỏ các mẫu cacbon có chứa mao quản nhỏ. Tuy nhiên ở vùng áp suất tương đối p/p^0 lớn hơn, lượng N_2 bị hấp phụ vẫn tiếp tục tăng theo sự tăng của áp suất tương đối và xuất hiện vòng trễ nhỏ khi giải hấp phụ N_2 . Điều này chứng tỏ bên cạnh mao quản nhỏ các mẫu cacbon còn chứa một lượng đáng kể mao quản trung bình. Kết quả xác định bề mặt riêng và các đặc trưng mao quản từ đường đẳng nhiệt hấp phụ N_2 của các mẫu cacbon được tóm tắt trong bảng 2. Từ đây nhận thấy các mẫu vật liệu chế tạo được có bề mặt riêng lớn, chứa nhiều mao quản trung bình. Bề mặt riêng (S_{BET}), diện tích mao quản trung bình (S_{ext}) và % thể tích mao quản trung bình của các mẫu AC-2 và AC-3 lần lượt là $1410 \text{ m}^2/\text{g}$, $173 \text{ m}^2/\text{g}$, $35,5\%$ và $1255 \text{ m}^2/\text{g}$, $230 \text{ m}^2/\text{g}$, $41,3\%$. Kết quả phân tích mẫu vỏ hạt cà phê được xử lý nhiệt trong điều kiện không có mặt $ZnCl_2$ (các đường đẳng nhiệt hấp phụ-khử hấp phụ N_2 không được giới thiệu ở đây) cho thấy bề mặt riêng của mẫu trong trường hợp này chỉ đạt $\sim 100 \text{ m}^2/\text{g}$.

Hình 4: Đường đẳng nhiệt hấp phụ - giải hấp phụ N_2 ở 77K (a) và sự phân bố mao quản trung bình (b) của các mẫu cacbon hoạt tính nghiên cứu

Sự phân bố mao quản trung bình tính theo phương pháp BJH [6] của các mẫu AC-2 và AC-3 được giới thiệu trên hình 4b. Từ đây nhận thấy lượng mao quản

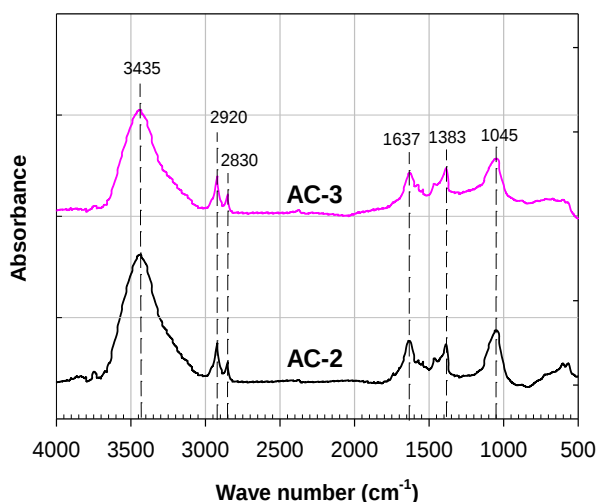
trung bình chiếm ưu thế của các mẫu đều có độ rộng nằm trong khoảng $3 \div 6$ nm.

Bảng 2: Bề mặt riêng, đặc trưng mao quản của cacbon hoạt tính chế tạo từ vỏ hạt cà phê

Mẫu	S_{BET} (m^2/g)	S_{mic} (m^2/g)	S_{ext} (m^2/g)	V_{mic} (cm^3/g)	V_{mes} (cm^3/g)	V_{tot} (cm^3/g)	$V_{\text{mes}}/V_{\text{tot}}$ (%)
AC-2	1255	1082	173	0,4871	0,2682	0,7553	35,5
AC-3	1410	1180	230	0,5403	0,3803	0,9206	41,3

Trên hình 5 giới thiệu phổ FT-IR của các mẫu cacbon hoạt tính nghiên cứu. Để nhận thấy cả hai mẫu cacbon đều có dạng phổ tương tự nhau gồm các vân phổ đặc trưng: Vân phổ ở $\sim 3435 \text{ cm}^{-1}$ được gán cho dao động kéo dài của nhóm OH trong nhóm phenol, nhóm cacboxyl có mặt trên bề mặt cacbon và trong nước hấp phụ trên cacbon; vân phổ ở 1637 cm^{-1} được gán cho dao động của nhóm C=O trong nhóm lacton, nhóm cacboxyl và nhóm anhidrit [7]. Các vân nằm trong khoảng $1300 \div 700 \text{ cm}^{-1}$ với các cực đại ở khoảng 1045 cm^{-1} được gán cho dao động kéo dài của C-O trong axit, ancol, phenol, ete và este [8].

Để định lượng các nhóm chức có tính axit và các nhóm chức có tính bazơ trên bề mặt cacbon phương pháp chuẩn độ Boehm đã được sử dụng. Kết quả đưa ra ở bảng 3 cho thấy lượng nhóm chức có tính axit của hai mẫu bằng nhau và bằng $1,50 \text{ mmol g}^{-1}$; lượng nhóm chức có tính bazơ của AC-2 là $0,25 \text{ mmol g}^{-1}$ và của AC-3 là $0,50 \text{ mmol g}^{-1}$.



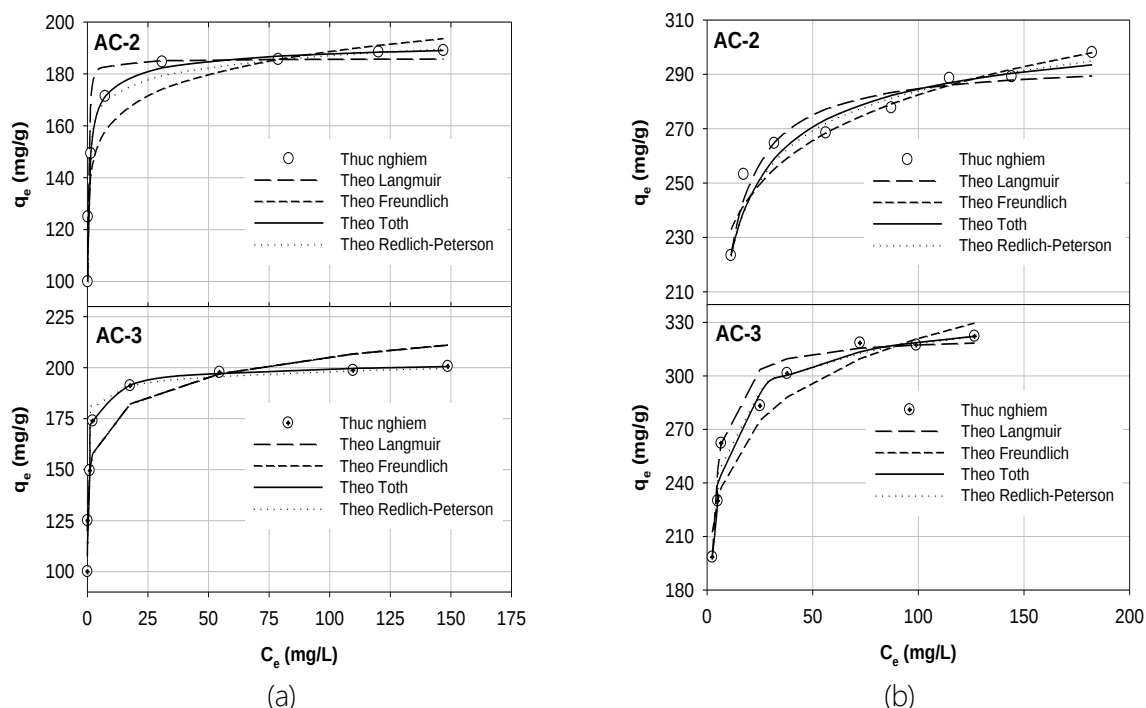
Hình 5: Phổ FT-IR của các mẫu cacbon nghiên cứu

Bảng 3: Kết quả chuẩn độ Boehm các mẫu cacbon hoạt tính chế tạo được

Nhóm chức mmol g^{-1}	AC-2	AC-3
Cacboxyl	0,50	0,50
Lacton	0,25	0,00
Phenol	0,75	1,00
Axit tổng	1,50	1,50
Bazơ tổng	0,25	0,50

3.2. Khảo sát khả năng hấp phụ một số thuốc nhuộm trong dung dịch nước của các mẫu cacbon

Khả năng hấp phụ thuốc nhuộm trong dung dịch nước của hai mẫu cacbon chế tạo được được đánh giá bằng cách xây dựng các đường đẳng nhiệt hấp phụ hai loại thuốc nhuộm tiêu biểu là MB (thuốc nhuộm cation) và DS-4BS (thuốc nhuộm anion). Trên hình 6 giới thiệu các đường đẳng nhiệt hấp phụ MB (hình 6a) và DS-4BS (hình 6b) của hai mẫu cacbon nghiên cứu tại 30°C . Để nhận thấy, theo sự tăng dần của nồng độ cân bằng của thuốc nhuộm trong dung dịch, dung lượng hấp phụ của các mẫu cacbon đều tăng dần: ban đầu tăng nhanh, sau đó tăng chậm dần và dần tiến gần tới giá trị bão hòa. Trong cùng khoảng nồng độ cân bằng, dung lượng hấp phụ cả hai loại thuốc nhuộm nghiên cứu của mẫu AC-3 đều lớn hơn của mẫu AC-2; dung lượng hấp phụ DS-4BS của cả hai mẫu đều lớn hơn dung lượng hấp phụ MB của chúng. Kết quả này có thể được giải thích là do mẫu AC-3 có bề mặt riêng ($1410 \text{ m}^2/\text{g}$) cũng như diện tích mao quản trung bình ($230 \text{ m}^2/\text{g}$) lớn hơn của mẫu AC-2 (bề mặt riêng và diện tích mao quản trung bình lần lượt là 1255 và $173 \text{ m}^2/\text{g}$).



Hình 6: Các đường đẳng nhiệt hấp phụ MB (a) và DS-4BS (b) trong dung dịch nước ở 30°C của các mẫu cacbon hoạt tính chế tạo được

Để mô tả các số liệu thực nghiệm, bốn phương trình đẳng nhiệt hấp phụ thông dụng thường được dùng để mô tả sự hấp phụ các chất tan trong dung dịch nước lên bề mặt chất hấp phụ rắn là phương trình Langmuir,

phương trình Freundlich, phương trình Toth và phương trình Redlich-Peterson đã được sử dụng. Dạng cụ thể của các phương trình này được tóm tắt trong bảng 4.

Bảng 4: Phương trình đẳng nhiệt hấp phụ sử dụng và các tham số tương ứng [9]

Phương trình đẳng nhiệt hấp phụ	Phương trình	Tham số	Ghi chú
Langmuir	$q_e = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e}$	q_m, K_L	q_m : Dung lượng hấp phụ đơn lớp K_L : hằng số Langmuir
Freundlich	$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n}$	K_F, n	K_F : Hằng số Freundlich n : hằng số thực nghiệm
Redlich-Peterson	$q_e = \frac{K_R \cdot C_e}{1 + a_R \cdot C_e^\gamma}$	K_R, a_R, γ	$K_R = K_L \cdot q_m$ $a_R = K_L$; $\gamma = 1/n$
Toth	$q_e = \frac{q_m \cdot C_e}{(K_{Th} + C_e^t)^{1/t}}$	K_{Th}, q_m, t	$K_{Th} = 1/K_L$; $t = 1/n$

Các tham số của bốn phương trình này được xác định theo phương pháp hồi quy phi tuyến bằng cách cực tiểu hóa giá trị của hàm phân vùng sai số hỗn tạp HYBRID (Hybrid Fractional Error Function) tính theo công thức (2). Mức độ phù hợp của các phương trình được đánh giá thông qua giá trị sai số tương đối trung bình ARE (average relative errors) tính theo công thức (3). Theo đó phương trình phù hợp nhất là phương trình cho giá trị ARE nhỏ nhất.

$$HYBRID = \frac{100}{N - p} \sum_{i=1}^N \left(\frac{q_{e,IN}^i - q_{e,TT}^i}{q_{e,IN}^i} \right) \quad (2)$$

$$ARE(\%) = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \left(\frac{q_{e,TT}^i - q_{e,IN}^i}{q_{e,IN}^i} \right) \right| \quad (3)$$

Trong đó: $q_{e,IN}^i, q_{e,TT}^i$ là dung lượng hấp phụ đo được từ thực nghiệm và tính theo mô hình sử dụng; N

là tổng số điểm thực nghiệm, p là số tham số biến đổi của phương trình sử dụng.

Kết quả thu được được tóm tắt trong bảng 5. Từ đây nhận thấy đối với cả hai mẫu cacbon và hai loại thuốc nhuộm nghiên cứu việc áp dụng phương trình Toth

đều cho giá trị ARE nhỏ nhất. Điều này có nghĩa là trong bốn phương trình lựa chọn, phương trình Toth mô tả tốt nhất số liệu thực nghiệm hấp phụ. Phương trình cụ thể đối với sự hấp phụ thuốc nhuộm MB và DS-4BS được tóm tắt trong bảng 6

Bảng 5: Các giá trị HYBRID và ARE đối với sự hấp phụ DS-4BS trên các mẫu cacbon ở 30°C

Mẫu	Mô hình đẳng nhiệt hấp phụ	Hấp phụ MB		Hấp phụ DS-4BS	
		HYBRID	ARE (%)	HYBRID	ARE (%)
AC-2	Langmuir	4,82	3,62	2,21	1,66
	Freundlich	7,34	5,51	2,44	1,83
	Toth	2,73	1,71	2,55	1,60
	Redlich-Peterson	3,08	1,93	2,69	1,68
AC-3	Langmuir	7,61	5,71	3,25	2,44
	Freundlich	7,24	5,43	2,03	1,52
	Toth	3,78	2,36	1,80	1,12
	Redlich-Peterson	5,01	3,13	1,80	1,13

Bảng 6: Phương trình Toth mô tả sự hấp phụ MB và DS-4BS trên các mẫu cacbon nghiên cứu

Mẫu	Phương trình đẳng nhiệt hấp phụ MB	Phương trình đẳng nhiệt hấp phụ DS-4BS
AC-2	$q_e = \frac{196,11.C_e}{[0,15 + C_e^{0,44}]^{1/0,44}}$	$q_e = \frac{316,84.C_e}{[0,90 + C_e^{0,58}]^{1/0,58}}$
AC-3	$q_e = \frac{208,43.C_e}{[0,10 + C_e^{0,38}]^{1/0,38}}$	$q_e = \frac{350,67.C_e}{[0,55 + C_e^{0,52}]^{1/0,52}}$

Từ bảng 6 nhận thấy hai mẫu cacbon hoạt tính chế tạo được có dung lượng hấp phụ thuốc nhuộm khá cao. Dung lượng hấp phụ đơn lớp (q_m) của mẫu AC-2 và AC-3 đối với MB lần lượt là 196,11 mg/g và 208,48 mg/g; đối với DS-4BS lần lượt là 316,84 mg/g và 350,67 mg/g. Các giá trị q_m của mẫu AC-3 đều lớn hơn của mẫu AC-2 tương ứng và có thể được giải thích là do sự khác nhau về bề mặt riêng và diện tích mao quản trung bình như đã trình bày ở trên.

Kết luận

Cacbon hoạt tính đã được chế tạo thành công từ vỏ hạt cà phê bằng phương pháp hoạt hóa hóa học sử dụng $ZnCl_2$ làm tác nhân hoạt hóa với tỉ lệ khối lượng $ZnCl_2$ /than khác nhau. Các mẫu cacbon sản phẩm đã được đặc trưng bởi các phương pháp EDX, SEM, BET, FTIR và chuẩn độ Boehm, kết quả cho thấy mẫu AC-3 (tỷ lệ $ZnCl_2$ /than = 3/1) có bề mặt riêng, thể tích mao quản và lượng nhóm chức bề mặt đều lớn hơn mẫu AC-2 (tỷ lệ $ZnCl_2$ /than = 2/1). Khảo sát khả năng hấp phụ thuốc nhuộm MB và DS-4BS trong dung dịch nước của các mẫu cacbon ở 30°C cho thấy cacbon hoạt tính chế tạo được có dung lượng hấp phụ thuốc nhuộm khá cao, mẫu AC-3 có dung lượng hấp phụ cao hơn mẫu AC-2

đối với cả hai loại thuốc nhuộm nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu này mở ra triển vọng chuyển hóa vỏ hạt cà phê thành cacbon hoạt tính ứng dụng làm vật liệu hấp phụ trong xử lý nước thải dệt nhuộm.

Tài liệu tham khảo

1. M.J. Prauchner, K. Sapag, F. Rodriguez- Reinoso, Carbon, 110 (2016) 138-147.
2. N. Bouchemal, Y. Azoudj, Z. Merzougui, F. Addoun, Desalination and Water Treatment, 45(1-3) (2012) 284-290.
3. J. Gao, D. Kong, Y. Wang, J. Wu, S. Sun, P. Xu, Bioresources, 8(2) (2013) 2145-2160.
4. K. Le Van, T.T. Luong Thi, Progress in Natural Science: Materials International, 24 (2014) 191-198.
5. K.S.W. Sing, D.H. Everett, R.A.W. Haul, L. Moscou, R.A. Pierotti, J. Rouquérol, T. Siemieniowska, Pure and Applied Chemistry, 57 (1985) 603-619.
6. E.P. Barrett, L.G. Joyner, P.P. Halenda, Journal of the American Chemical Society, 73 (1951) 373-380.
7. A.L. Cazetta, A.M.M. Vargas, E.M. Nogami, M.H. Kunita, M.R. Guilherme, A.C. Martins, T.L. Silva, J.C.G. Moraes, V.C. Almeida, Chemical Engineering Journal, 174 (2011) 117-125.
8. A.P. Terzyk, Colloids and Surface A, 177 (2001) 23-45.
9. K.Y. Foo, B.H. Hameed, Chemical Engineering Journal, 156 (2010) 2-10.