

## KHẢO SÁT KHẢ NĂNG XỬ LÝ MÀU METHYLENE ORANGE BẰNG NANO THAN MACADAMIA BIẾN TÍNH BẰNG H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> KẾT HỢP nZVI

Quách Văn An<sup>(1)</sup>, Trần Thị Phương Linh<sup>(1)</sup>, Cao Văn Mỹ Như<sup>(1)</sup>, Nguyễn Vũ Duy Khang<sup>(2)</sup>,  
Nguyễn Thanh Quang<sup>(1)</sup>, Nguyễn Đức Đạt Đức<sup>(3)</sup>, Đào Minh Trung<sup>(1)</sup>

(1) Trường Đại học Thủ Dầu Một; (2) Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam;

(3) Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TPHCM

Ngày nhận bài 20/09/2020; Ngày gửi phản biện 22/09/2020; Chấp nhận đăng 28/10/2020

Liên hệ email: trungdm@tdmu.edu.vn

<https://doi.org/10.37550/tdmu.VJS/2020.06.096>

### **Tóm tắt**

Hiện nay vật liệu xử lý nước được ứng dụng rộng rãi trong nước và quốc tế, do đó ứng dụng vật liệu xử lý nước từ các phế phẩm trong quá trình sản xuất công nghiệp là hướng đi ngày càng được quan tâm. Vỏ hạt mắc ca được chế tạo thành vật liệu xử lý nước được nghiên cứu để khảo sát khả năng xử lý màu trong nước thải giả định được đề xuất nghiên cứu. Kết quả khảo sát cho thấy ở điều kiện phù hợp tương ứng pH = 8, liều lượng 0.9g/L và thời gian xử lý 60 phút, vật liệu than nano than macadamia biến tính bằng H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kết hợp nZVI cho kết quả xử lý Methylene Orange tốt nhất đạt 59.96 mg/g dung lượng hấp phụ tương ứng độ màu ban đầu 474.67 Pt-Co. Kết quả khảo sát cho thấy tiềm năng của vật liệu, có thể ứng dụng vào công nghệ xử lý nước và nước thải.

**Từ khóa:** hấp phụ màu Methylen Orange, than biến tính kết hợp với sắt, vỏ mắc ca

### **Abstract**

#### **SURVEY OF ABILITY OF TREATMENT METHYLENE ORANGE COLOR BY NANO CARBON MODIFIED MACADAMIA WITH H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> COMBINED nZVI**

Currently, water treatment materials are widely applied domestically and internationally, so the application of water treatment materials from wastes in the industrial production process is an increasingly interested direction. Macadamia bead shells are made into water treatment materials that are studied to survey the color treatment capacity in the hypothetical wastewater researched. The survey results showed that under the corresponding conditions of pH = 8, dosage of 0.9g/L and processing time of 60 minutes, nano-coal material than macadamia cheated by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> combined nZVI for the best Methylene Orange treatment result reached 59.96 mg/g of sub-capacity corresponding to the initial color temperature of 474.67 Pt-Co. The survey results showed that the capacity of the material, which can be applied to water and wastewater treatment technology.

## 1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây, hạt mắc ca đang được trồng khá phổ biến ở vùng Tây Bắc và Tây Nguyên, Việt Nam. Theo công trình nghiên cứu [2] cho thấy với khả năng thu hoạch hàng năm thì mỗi tấn có thể thái ra tới 70 – 77% là vỏ. Phần lớn vỏ được coi là một phế phẩm thải bỏ, chỉ một số ít được dùng làm nhiên liệu đốt [3], [4]. Theo kết quả nghiên cứu [5], [6], [7] cho thấy trong vỏ mắc ca 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%) [8] và tương đương với lượng Carbon trong gạo dứa 48.63% [8]. Ngoài ra trong vỏ còn chứa hàm lượng oxi 46.52%, hydro 6.10%, nitơ 0.36% và hàm lượng tro tương đối thấp chỉ 0.22% [5], điều này cho thấy hạt mắc ca có tiềm năng trở thành than hoạt tính nhờ những đặc tính nêu trên.

Than hoạt tính được biết đến là một vật liệu có khả năng hấp phụ cao và được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực xử lý nước [9], [10]. Khả năng hấp phụ của than hoạt tính thường chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như đặc điểm kết cấu, nhóm chức bề mặt [11], diện tích bề mặt, hàm lượng tro... [12]. Trên thực tế, để sản xuất ra than hoạt tính người ta thường sử dụng 2 nguồn chính là than và phế phẩm nông nghiệp bao gồm than gạo dứa [13], vỏ trấu [14], than tre [15].

Nước thải ngành công nghiệp dệt nhuộm có chứa nhiều chất gây ô nhiễm được thải ra ở giai đoạn nhuộm [16]. Nước thải có độ màu cao [17], [18], [19]. Cho thấy độ màu có khả năng làm cản trở ánh sáng và làm chậm các quá trình quang hợp, gây ức chế sự phát triển và sinh sản của sinh vật cũng như có khuynh hướng tạo ra các ion kim loại gây độc cho vi sinh vật trong nước. Do đó, việc xả thải trực tiếp vào các vùng như sông, hồ gây ảnh hưởng trực tiếp đến hệ sinh thái, cuộc sống của những người dân ở các vùng lân cận [17]. Vì vậy trong nghiên cứu này, than biến tính sinh học được làm từ vỏ mắc ca theo phương pháp hóa học sử dụng tác nhân  $H_2O_2$  kết hợp với sắt hóa trị 0 để kích hoạt. Bên cạnh đó được nghiên cứu khảo sát khả năng hấp phụ của màu Metylen Orange trong nước thải dệt nhuộm.

## 2. Thực nghiệm

### *Nguyên liệu và thiết bị*

– Methylen Orange ( $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ ) có nồng độ 70mg/L (tương ứng 474.67 Pt-Co được xác định theo TCVN 6185:2005).  $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$  (Trung Quốc, 98%),  $KH_2PO_4$  (Trung Quốc, 98%),  $H_2O_2$  (Trung Quốc, 30%), HCl 1N, NaOH 1N (Trung Quốc),  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (Trung Quốc) và  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  (Trung Quốc). Vỏ hạt mắc ca được thu hoạch tại tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam.

– Máy lắc ngang IKA, Máy U-VIS, Máy Khuấy, Máy pH.

### *Phương pháp thực nghiệm*

- Nội dung 1: Điều chế nano than từ tính từ than Maccadamia [20], [21], [23], [24]
- Nội dung 2: Nano than kết hợp với sắt hóa trị zero [25], [26], [27], [28], [29], [30]

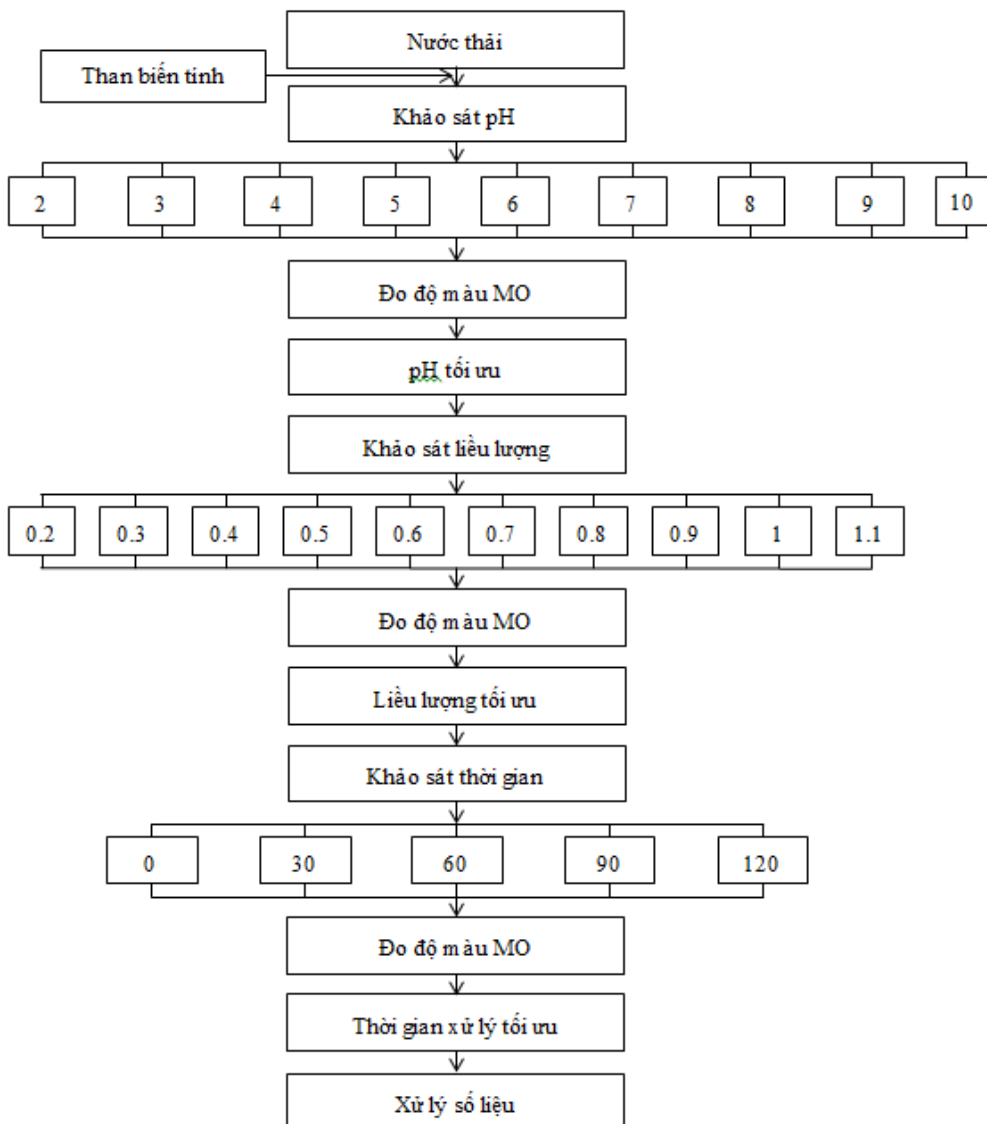
– Nội dung 3: Khảo sát khả năng xử lý màu.

Dùng than nano biến tính  $H_2O_2$  (được điều chế theo phương pháp hóa học) kết hợp với sắt hóa trị 0 để khảo sát màu MO theo các bước sau:

– Nước thải giả định dùng than biến tính kết hợp với sắt 0 để khảo sát pH bằng cách đo độ màu khảo sát pH= (2-10) và sẽ chọn ra pH tối ưu.

– Sau khi có pH tối ưu tiếp đến sẽ khảo sát liều lượng bằng cách đo độ màu MO khảo sát ở liều lượng từ ( 0.1g/l-1.2g/l) và chọn ra một liều lượng tốt nhất để tiếp tục xử lý thời gian.

– Cuối cùng là khảo sát thời gian bằng cách đo độ màu MO khảo sát thời gian từ ( 0-120 phút) và chọn ra thời gian tối ưu nhất.



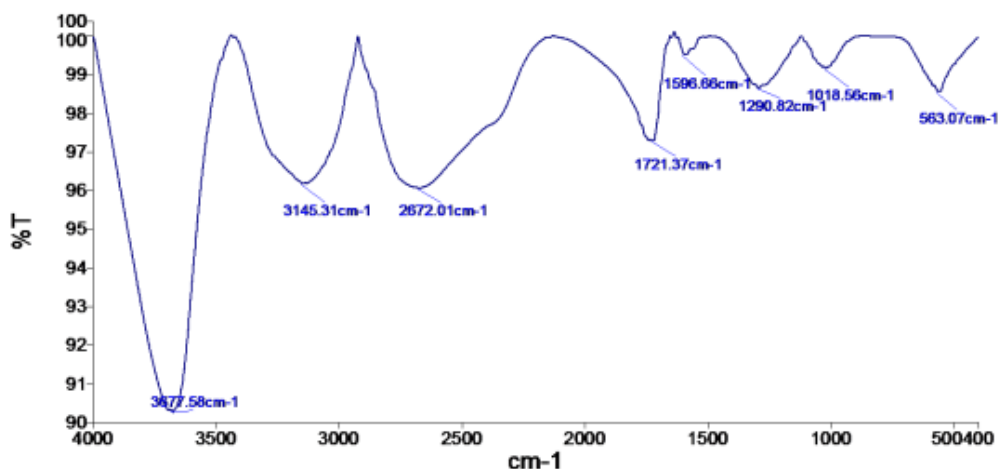
**Hình 1.** Sơ đồ bố trí thí nghiệm khảo sát khả năng xử lý màu Methylene Orange

### **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 nhóm chức trong phân tử bằng phương pháp phổ hấp thụ hồng ngoại FT-IR (Fourier Transformation Infrared Spectrometer).
- Xác định chỉ số hấp phụ Metylen Orange theo tiêu chuẩn GB/T 12496.10 – 1999.

## **3. Kết quả và thảo luận**

### **3.1. Kết quả phân tích ảnh FT-IR**



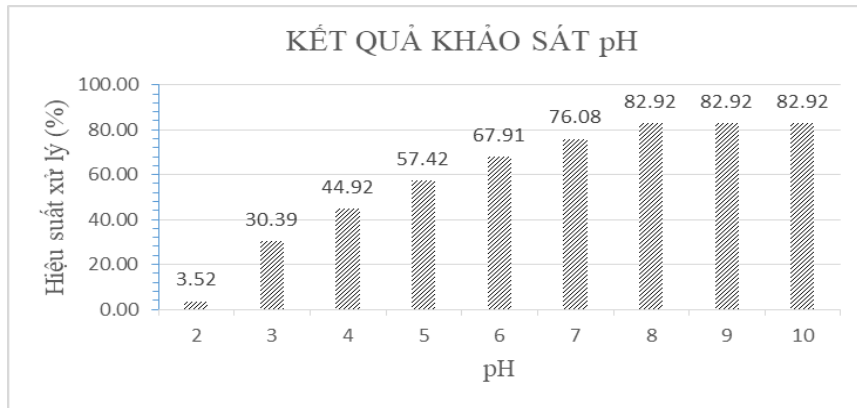
**Hình 2.** *Giản đồ FT – IR của vật liệu than biến tính*

Kết quả phân tích giản đồ FT-IR của than biến tính bằng tác nhân H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kết hợp với sắt hóa trị 0 cho thấy trong than biến tính này chứa nhiều nhóm chức đặc trưng tương ứng với nhiều bước sóng dao động như tại bước sóng 3348.21 cm<sup>-1</sup> đây là peak dao động cho nhóm –OH polyphenolic [36]. Tại các peak dao động trong bước sóng 1679.48 cm<sup>-1</sup>, chúng đại diện cho các nhóm chức carboxyl (C=O) được tạo ra trong quá trình oxy hóa than, điều này cho thấy đây là nhóm chức tạo ra tâm hoạt động có thể tham gia vào quá trình hấp phụ màu trong nước, đây được cho là nhóm chức có khả năng hấp thụ tốt nhất các chất ô nhiễm trong nguồn nước [37], [38] từ polyphenol như catechin gallate (CG), epicatechin gallate (ECG), epi-gallocatechin (EGC), epigallocatechin gallate (EGCG) và gallocatechin gallate (GCG) hoặc nhóm chức carbonat [36]. Tại peak bước sóng như 1154.63 cm<sup>-1</sup> là sự chỉ thị của nhóm liên kết đơn C–O [36], ngoài ra bước sóng tại 1076.02 cm<sup>-1</sup> cũng chỉ thị cho sự rung động của nhóm C–N trong amin aliphatic hoặc trong alcohol hay phenol [36]. Bên cạnh đó còn một số dao động tại bước sóng 2846.7 cm<sup>-1</sup> và 2875.1 cm<sup>-1</sup> là dao động đặc trưng cho liên kết của nhóm chức C–H trong nhóm N–CH<sub>3</sub>; hay tại bước sóng 866.846cm<sup>-1</sup> đại diện đặc trưng cho liên kết C–H (hydrogen thơm) [39].

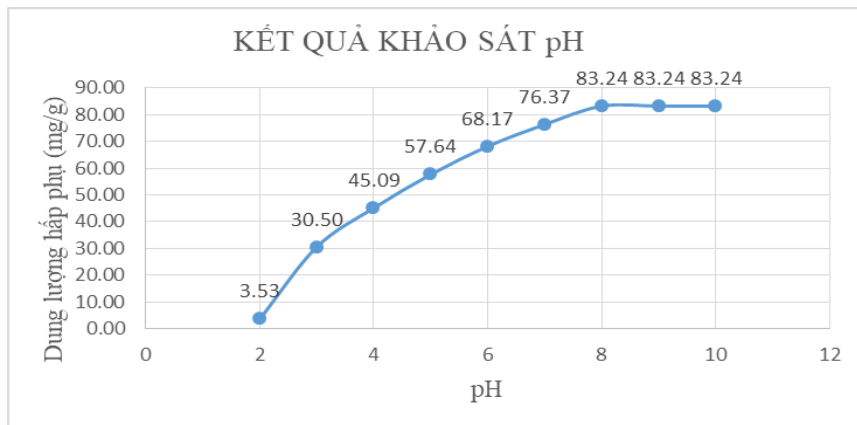
Kết quả chụp cho thấy xuất hiện nhiều liên kết  $-OH$ ,  $-C=O$  các liên kết này được giả thiết là do trên bề mặt than oxi hóa có tồn tại nhóm chức  $-COOH$  của axit cacboxylic được tạo ra trong quá trình oxi hóa than, là nhóm chức tạo ra các tâm hoạt động có thể tham gia quá trình hấp phụ phẩm màu trong nước [40].

**3.2. Kết quả khảo sát khả năng xử lý màu Methylene Orange bằng vật liệu than biến tính  $H_2O_2$  kết hợp với sắt hóa trị 0**

**3.2.1. Kết quả khảo sát pH**



**Hình 3.** Kết quả xác định hiệu suất xử lý của pH lên màu Methylene Orange



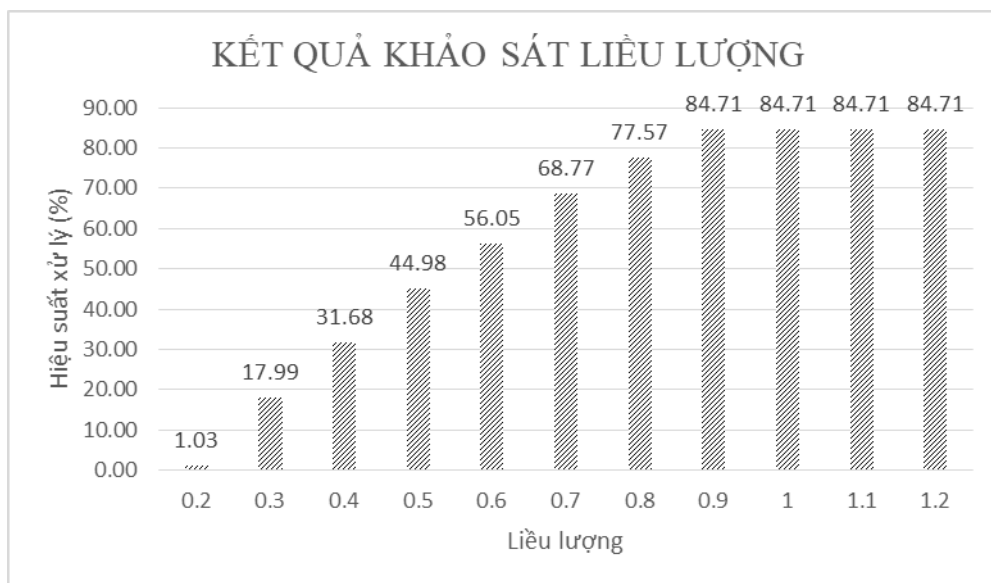
**Hình 4.** Kết quả khảo sát dung lượng hấp phụ của pH lên màu Methylene Orange.

Kết quả nghiên cứu khảo sát khả năng xử lý màu Methylene Orange của vật liệu theo Hình 3 cho thấy với khoảng pH dao động từ 2-10 [31], dung lượng hấp phụ đạt cao nhất (83.24) và hiệu suất là 82.92% tại pH = 8 và đạt thấp nhất (3.53) tại pH = 2. Qua đó, ta thấy tại khoảng giá trị pH = 8 đây là khoảng pH đạt hiệu suất xử lý cao nhất.

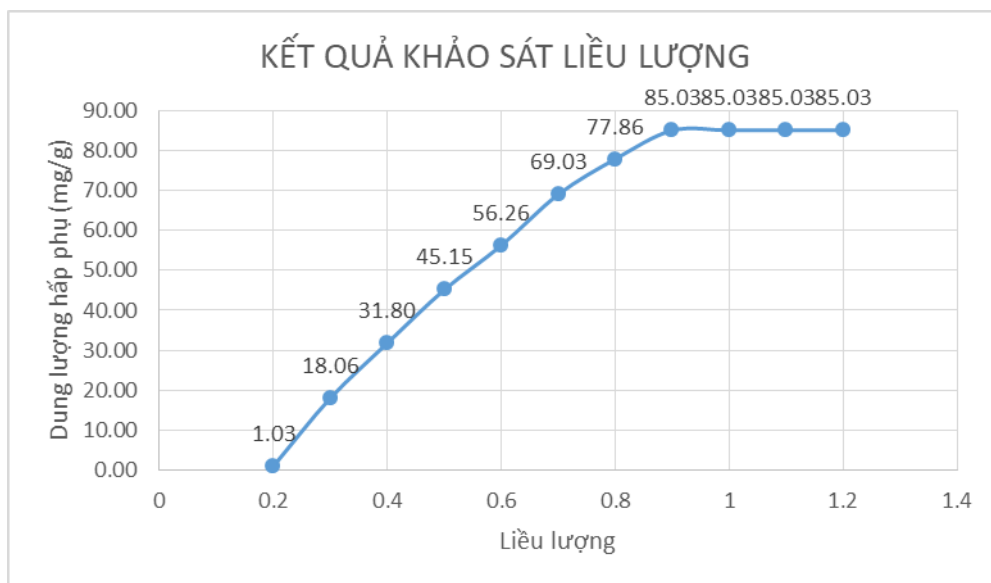
Kết quả nghiên cứu thu được có khả năng xử lý cao hơn so với các nghiên cứu khác như kết quả nghiên cứu than hoạt tính làm từ sợi thực vật [32] cho thấy tại pH = 8, hiệu suất loại bỏ màu của sợi thực vật chỉ đạt 82%, so sánh kết quả với kết quả nghiên cứu [33] khả năng hấp phụ của rom lúa mạch đối với dung dịch có chứa màu MB tại pH = 11, hiệu suất xử lý của rom lúa mạch đạt 74% xử lý màu.

Kết quả nghiên cứu cho thấy than biến tính  $H_2O_2$  kết hợp với sắt 0 được điều chế từ vỏ mắc ca có khả năng xử lý màu MO tốt nhất tại khoảng pH = 8.

### 3.3.2. Kết quả khảo sát liều lượng.



**Hình 5.** Kết quả khảo sát hiệu suất xử lý của liều lượng lên màu MO

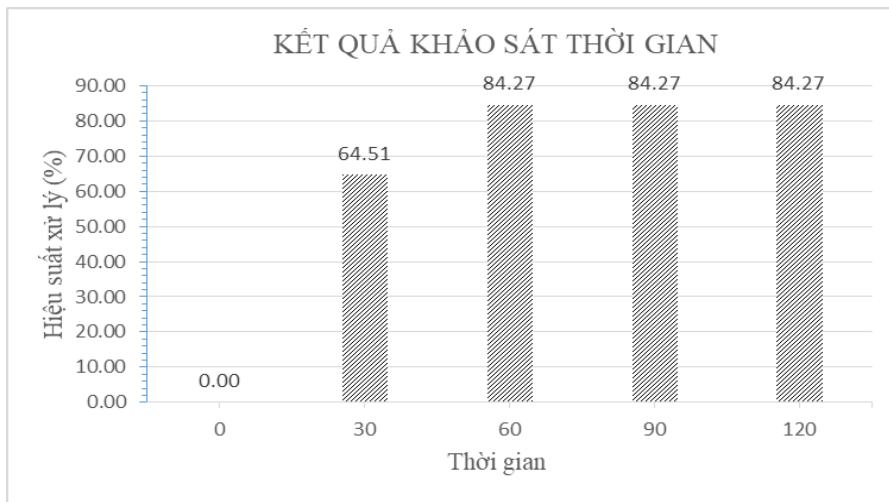


**Hình 6.** Kết quả khảo sát dung lượng hấp phụ của liều lượng lên màu MO.

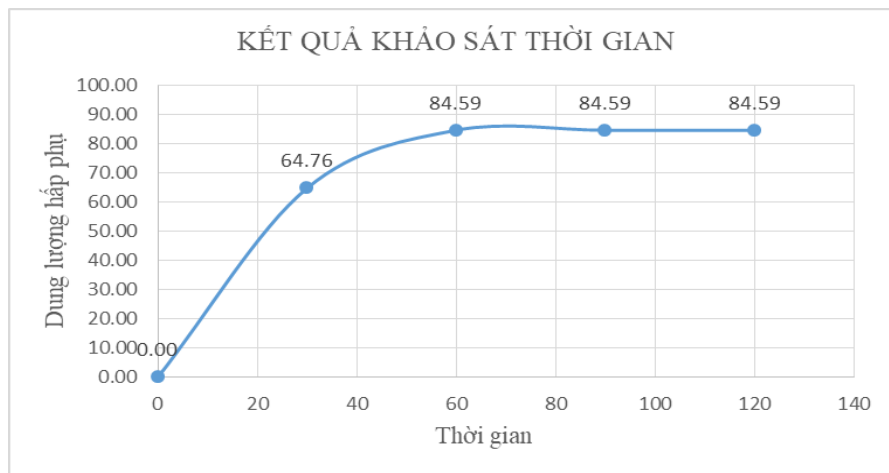
Kết quả khảo sát liều lượng được thể hiện tại cho thấy tại liều lượng 0.9g/L là lượng phù hợp nhất để xử lý màu với dung lượng hấp phụ đạt tới 85.03 và hiệu suất là 84.71% cao hơn so với các liều lượng còn lại. Theo kết quả nghiên cứu [34], kích cỡ lỗ rỗng và lượng than là hai yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến khả năng hấp thụ MO. Bằng cách làm tăng số lượng diện tích bề mặt hấp phụ thì khả năng hấp thụ được tăng đáng kể.

So với kết quả nghiên cứu của Garg et al. [35] cho thấy sau khi xử lý hiệu suất xử lý MO của than hoạt tính từ mùn cưa chỉ đạt 35.8% khi sử dụng bằng tác nhân hoạt hóa H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> và chỉ đạt 22.8% khi sử dụng với tác nhân Formaldehyde. Điều này chứng minh rằng than biến tính được nghiên cứu trong bài này có khả năng xử lý màu rất tốt. Vậy than biến tính bằng tác nhân oxy hóa H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kết hợp với sắt 0 có khả năng xử lý màu MO tốt nhất ở khoảng pH = 8, liều lượng xử lý màu là 0.9g/L.

3.3.3. Kết quả khảo sát thời gian.



Hình 7. Kết quả xác định hiệu suất của thời gian lên màu MO.



Hình 8. Kết quả xác định dung lượng hấp phụ của thời gian lên màu MO.

Kết quả khảo sát thời gian được thể hiện tại Hình 5 cho thấy tại thời gian từ 0 – 120 phút, tại các điều kiện tối ưu cho thấy dung lượng hấp phụ ban đầu là 11.48mg/g (ở t = 0 phút) và đạt mức dung lượng hấp phụ cao nhất là 59.96mg/g (ở t = 60). So với một số nghiên cứu trước đây như kết quả nghiên cứu [33] 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 tại pH 8, liều lượng 0.9g/L và thời gian xử lý 60 phút là các điều kiện tối ưu để xử lý màu

MO. Qua đó cho thấy than biến tính H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kết hợp với sắt hóa trị 0 được nghiên cứu điều chế từ vỏ hạt mắc ca có khả năng xử lý màu MO trong nước thải dệt nhuộm.

#### 4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy vật liệu than biến tính sinh học được điều chế thành công từ phế phẩm nông nghiệp là vỏ mắc ca đã được than hóa và biến tính bằng phương pháp hóa học sử dụng tác nhân hóa học H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> và kết hợp với sắt hóa trị 0. Kết quả xác định ba yếu tố ảnh hưởng lên dung lượng hấp phụ cho thấy tại pH = 8 với liều lượng than thích hợp là 0.9g/L trong thời gian xử lý 60 phút có thể xử lý đạt dung lượng hấp phụ là 59.96 mg/g đối với nước thải Methylene Orange.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Nông Nghiệp và Phát triển Nông thôn (2015). "Cây mắc ca – Hiện trạng và định hướng phát triển". Bộ Nông Nghiệp và Phát triển Nông thôn.
- [2] E. S. Penoni, R. Pio, F.A. Rodrigues, L.A.C. Maro, and F.C. Costa (2011). "Analysis of fruits and nuts of macadamia walnut cultivars". *Ciência Rural*, vol. 41, 2080-2083.
- [3] F. Caturla, M. Molina-Sabio, and F. Rodriguez-Reinoso (1991). "Preparation of activated carbon by chemical activation with ZnCl<sub>2</sub>". *Great Britain*, vol. 29, 999-1007.
- [4] A. C. Martins, O. Pezoti, A.L. Cazetta, K.C. Bedin, D.A.S Yamazaki, G.F.G. Bandoch, *et al.* (2015). "Removal of tetracycline by NaOH-activated carbon produced from macadamia nut shells: kinetic and equilibrium studies". *Chemical Engineering Journal*, vol. 260, 291-299.
- [5] C. A. Toles, W.E. Marshall, and M.M. Johns (1998). "Phosphoric acid activation of nutshells for metals and organic remediation: process optimization". *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, vol. 72, 255-263.
- [6] S. O. Bada, R.M.S. Falcon, L.M. Falcon, and M.J. Makhula (2015). "Thermogravimetric investigation of macadamia nut shell, coal, and anthracite in different combustion atmospheres". *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, vol. 115, 741-746.
- [7] T. P. Xavier, T.S. Lira, M.A. Schettino Jr, and M.A.S. Barrozo (2016). "A study of pyrolysis of macadamia nut shell: parametric sensitivity analysis of the ipr model". *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, vol. 33, 115-122.
- [8] W. M. A. W. Daud and W.S.W. Ali (2004). "Comparison on pore development of activated carbon produced from palm shell and coconut shell." *Bioresource Technology*, vol. 93, 63-69.
- [9] I. Okman, S. Karagoz, T.Tay and M. Erdem (2014). "Activated carbons from grape seeds by chemical activation with potassium carbonate and potassium hydroxide". *Applied Surface Science*, vol 293, 138-142.
- [10] Lê Huy Du và cộng sự (1981). "Nghiên cứu than hoạt tính ép viên dùng trong mặt nạ phòng độc". Báo cáo hội nghị Hoá học toàn quốc lần thứ nhất, Hà Nội.
- [11] Yan-Juan Z., X. Zhen-Jiao, D. Zheng-Kang, L. Meng, and W. Yin (2014). "Effects of steam activation on the pore structure and surface chemistry of activated carbon derived from bamboo waste". *Applied Surface Science*, vol. 315, 279 - 286.



- [12] A. Kwagher and J. S. Ibrahim (2013). "Optimization of Conditions for the Preparation of Activated Carbon from Mango Nuts using HCl". *American Journal of Engineering Research*, 74 - 85.
- [13] D. Kavitha and C. Namasivayam (2007), "Experimental and kinetic studies on methylene blue adsorption by coir pith carbon". *Bioresource Technology*, vol. 98, 14-21.
- [14] N. S. Awwad, H.M.H. Gad, M.I. Ahmad, and H.F. Aly (2010). "Sorption of lanthanum and erbium from aqueous solution by activated carbon prepared from rice husk". *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 81, 593-599.
- [15] S. Y. Wang, M.H. Tsai, S.F. Lo, and M.J. Tsai (2008). "Effects of manufacturing conditions on the adsorption capacity of heavy metal ions by Makino bamboo charcoal". *Bioresource Technology*, vol. 99, 7027-7033.
- [16] B. Y. Gao, Q.Y. Yue, Y. Wang, and W. Z. Zhou (2005). "Color removal from dye containing wastewater by magnesium chloride". *Journal of Environmental Management*, vol. 82, 167-172.
- [17] V. K. Garg, M. Amita, R. Kumar, and R. Gupta (2004). "Basic dye (methylene blue) removal from simulated wastewater by adsorption using Indian Rosewood sawdust: a timber industry waste". *Dyes and pigments*, vol. 63, 243-250.
- [18] S. K. A. Solmaz, A. Birgul, G.E. Ustun, and T. Yonar (2006). "Colour and COD removal from textile effluent by coagulation and advanced oxidation processes". *Coloration Technology*, vol. 122, 102-109.
- [19] A. K. Verma, R.R. Dash and P. Bhunia (2011). "A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters". *Journal of Environmental Management*, vol. 93, 154-168.
- [20] Soroosh Mortazavian, Hyeunhwan An, Dongwon Chun, Jaeyun Moon (2018). "Activated carbon impregnated by zero-valent iron nanoparticles (AC/nZVI) optimized for simultaneous adsorption and reduction of aqueous hexavalent chromium: Material characterizations and kinetic studies". *Chemical Engineering Journal*.
- [21] Luiz C.A. Oliveira, Rachel V.R.A. Rios, Jose D. Fabris, V. Garg, Karim Sapag, Rochel M. Lagoa (2002). "Activated carbon/iron oxide magnetic composites for the adsorption of contaminants in water". *Carbon*, Carbon 40 (2002) 2177-2183.
- [22] Cíntia S. Castro, Mário C. Guerreiro\*, Maráisa Gonçalves, Luiz C.A. Oliveira, Alexandre S. Anastácio (2009). "Activated carbon/iron oxide composites for the removal of atrazine from aqueous medium". *Journal of Hazardous Materials*, Issue 164, 609-614.
- [23] Šafařík, I., K. Nymburská, and M. Šafaříková (1997). "Adsorption of Water-Soluble Organic Dyes on Magnetic Charcoal". *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, vol 69(1), 1-4.
- [24] Zhantao Han, Badruddeen Sani, Wojciech Mroziak, Martin Obst, Barbara Beckingham, Hrisi K. Karapanagioti, David Werner (2015). "Magnetite impregnation effects on the sorbent properties of activated carbons and biochars". *Water Research*, vol. 70, 394-403.
- [25] Tseng, H.-H., Su, J.-G., & Liang, C. (2011). "Synthesis of granular activated carbon/zero valent iron composites for simultaneous adsorption/dechlorination of trichloroethylene". *Journal of Hazardous Materials*, 192(2), 500–506.
- [26] Zhang, H., Jin, Z., Han, L., & QIN, C. (2006). "Synthesis of nanoscale zero-valent iron supported on exfoliated graphite for removal of nitrate". *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 16, 345-349.

- [27] Zhang, W., & Elliott, D. W. (2006). "Applications of iron nanoparticles for groundwater remediation. *Remediation Journal*, 16(2), 7-21.
- [28] Wang, W., Jin, Z., Li, T., Zhang, H., & Gao, S. (2006). "Preparation of spherical iron nanoclusters in ethanol–water solution for nitrate removal". *Chemosphere*, 65(8), 1396-1404.
- [29] Khalil, A. M. E., Eljamal, O., Amen, T. W. M., Sugihara, Y., & Matsunaga, N. (2017). "Optimized nano-scale zero-valent iron supported on treated activated carbon for enhanced nitrate and phosphate removal from water". *Chemical Engineering Journal*, 309, 349–365.
- [30] Stefaniuk, M., Oleszczuk, P., & Ok, Y. S. (2016). "Review on nano zerovalent iron (nZVI): From synthesis to environmental applications". *Chemical Engineering Journal*, 287, 618-632.
- [31] M. Ghaedi, S.H. Heidarpour, S.N. Kokhdan, R. Sahraie, A. Daneshfar, and B. Brazesh (2012). "Comparison of silver and palladium nanoparticles loaded on activated carbon for efficient removal of Methylene blue: Kinetic and isotherm study of removal process". *Powder Technology*, vol. 228, 18-25.
- [32] H. Cherifi, B. Fatiha and H. Salah (2013). "Kinetics studies on the adsorption of methylene blue onto vegetal fiber activated carbons". *Applied Surface Science*, vol. 282, 52-59.
- [33] M. Hussein, A. A. Amer, A. E. Maghraby and N. A. Taha (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*, vol. 3, 1352-1358.
- [34] Kwaghger, A.J.S. Ibrahim (2013). "Optimization of conditions for the preparation of activated carbon from mango nuts using HCl". *American Journal of Engineering Research*, vol. 2, No. 7: 74-85.
- [35] Garg, V. K., M. Amita, R. Kumar, R. Gupta (2004). "Basic dye (methylene blue) removal from simulated wastewater by adsorption using Indian Rosewood sawdust: a timber industry waste". *Dyes and pigments*, vol. 63, No. 3: 243-250.
- [36] Mahapatra, K, Ramteke, DS and Paliwal, LJ (2012). "Production of activated carbon from sludge of food processing industry under controlled pyrolysis and its application for methylene blue removal". *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol 95, 79-86.
- [37] R. Han, Y. Wang, P. Han, J. Shi, J. Yang, and Y. Lu (2006). "Removal of methylene blue from aqueous solution by chaff in batch mode". *Journal of Hazardous Materials*, vol. 137, 550-557.
- [38] D. Kavitha and C. Namasivayam (2007). "Experimental and kinetic studies on methylene blue adsorption by coir pith carbon". *Bioresource Technology*, vol. 98, 14-21.
- [39] Gerçel, Ö., Özcan, A., Özcan, AS, & Gerçel, HF (2007). "Preparation of activated carbon from a renewable bio-plant of *Euphorbia rigida* by H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> activation and its adsorption behavior in aqueous solutions". *Applied Surface Science*, vol. 253, 4843-4852.
- [40] Nguyễn Văn Hương (2017). "Nghiên cứu biến tính bề mặt than hoạt tính trà Bắc và khảo sát khả năng hấp phụ một số sản phẩm màu trong nước thải dệt nhuộm". *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm Nghiệp*, số 1, 57-58.