DOI: 10.64302/joshusc.v33n2.1363

TỔNG HỢP THAN HOẠT TÍNH TỪ LỤC BÌNH VÀ ỨNG DỤNG TRONG XỬ LÝ CÁC CHẤT Ô NHIỄM HỮU CƠ VÀ DINH DƯỠNG TỪ NƯỚC THẢI NUÔI TRỒNG THỦY SẢN

Nguyễn Văn Kiệt[1], Đỗ Viết Lâm[1], Trần Thị Hồng Ngân[2], Phạm Điền Trung[3], Hồ Sỹ Thắng[4], Huỳnh Văn Hiền[5], Lê Lâm Sơn[6*]

[1] Trường TH&THCS Hoà Thuận, An Giang

[2] Trường THPT Lấp Vò 1, Đồng Tháp

[3] Trường THPT An Lạc Thôn, Cần Thơ

[4] Trường Đại học Đồng Tháp, Đồng Tháp

[5]Trường THPT chuyên Lê Hoàng Kha, Tây Ninh

[6]Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, Huế

*Email: lelamson@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 27/02/2026; ngày hoàn thành phản biện: 3/3/2026; ngày duyệt đăng: 20/3/2026

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày quy trình chế tạo và đánh giá vật liệu than hoạt tính từ lục bình (Eichhornia crassipes) bằng phương pháp hoạt hóa hóa học với potassium hydroxide (KOH) nhằm xử lý nước thải ao nuôi cá tra (Pangasianodon hypophthalmus) tại tỉnh An Giang. Lục bình được nung sơ bộ ở 300 °C và hoạt hóa bằng KOH ở 800 °C để thu vật liệu than hoạt tính ký hiệu LB-800. Kết quả đặc trưng cho thấy LB-800 có cấu trúc carbon vô định hình, với diện tích bề mặt riêng đạt 798 m^2/g và thể tích mao quản 0,52 cm^3/g, phù hợp cho các quá trình hấp phụ. Khi ứng dụng xử lý nước thải ao nuôi cá tra thực tế, vật liệu LB-800 cho hiệu suất loại bỏ NH_4^+, PO_4^{3-}, COD và BOD_5 lần lượt đạt 93,04%, ~100%, 96,54% và 96,43%; pH nước sau xử lý nằm trong giới hạn cho phép theo QCVN 40:2025/BTNMT (cột A). Sau quá trình giải hấp và tái sử dụng, hiệu suất xử lý COD và BOD_5 vẫn duy trì trên 95%. Các kết quả cho thấy than hoạt tính từ lục bình có tiềm năng ứng dụng hiệu quả trong xử lý nước thải nuôi trồng thủy sản theo hướng tuần hoàn và bền vững, góp phần cải thiện chất lượng môi trường nước vùng Đồng bằng sông Cửu Long.

Từ khóa: hấp phụ, lục bình, nước thải ao nuôi cá tra, than hoạt tính.

1. MỞ ĐẦU

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là vùng sản xuất thủy sản trọng điểm của Việt Nam, chiếm hơn 60 % sản lượng cá xuất khẩu cả nước. Trong đó, nghề nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) đóng vai trò then chốt trong phát triển kinh tế và tạo sinh kế cho hàng chục nghìn hộ dân. Thông tin từ Meksea Connection, năm 2024 tổng diện tích nuôi cá tra toàn vùng đạt khoảng 5.370 ha với sản lượng 1,67 triệu tấn [1].

Song song với sự tăng trưởng, ngành cá tra ĐBSCL đối mặt thách thức lớn về môi trường, đặc biệt là ô nhiễm hữu cơ và dinh dưỡng trong ao nuôi. Dư lượng thức ăn, chất thải hữu cơ, hợp chất giàu nitrogen và phosphate làm gia tăng các chỉ tiêu COD, BOD_5, NH_4^+, PO_4^{3-} vượt quy chuẩn nhiều lần [2]. Nghiên cứu tại An Giang cho thấy các hệ thống bè thực vật bản địa giúp cải thiện đáng kể chất lượng nước thải nuôi cá tra [2].

Trong bối cảnh đó, các giải pháp xử lý nước thải có chi phí thấp, hiệu quả cao và thân thiện môi trường ngày càng được quan tâm. Nhiều nghiên cứu trong nước đã khai thác thành công các phụ phẩm nông nghiệp như vỏ trấu, xơ dừa, bã mía, lục bình để chế tạo vật liệu hấp phụ COD, BOD_5 và ion dinh dưỡng [3], [4]. Các nghiên cứu trong nước cũng cho thấy lục bình sau hoạt hóa KOH ở 700–900°C tạo hệ mao quản vi, rung mao và diện tích bề mặt lớn**,** rất phù hợp cho xử lý nước giàu chất hữu cơ và dinh dưỡng [5], [6].

Đặc biệt, lục bình (*Eichhornia crassipes*), loài sinh khối phổ biến ở ĐBSCL, chứa hàm lượng carbon cao và khi hoạt hóa bằng KOH có thể tạo than hoạt tính có cấu trúc xốp phát triển mạnh [7], [8]. Một số công trình trong nước đã đánh giá đặc trưng nước thải cá tra và đề xuất giải pháp kết hợp hấp phụ sinh học nhằm nâng cao hiệu quả xử lý [9], [10]. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào đánh giá khả năng hấp phụ đồng thời COD, BOD_5, NH_4^+, PO_4^{3-} của than hoạt tính từ lục bình trong nước thải ao nuôi cá tra, đặc biệt trên mẫu nước thực tế tại Đồng Tháp và An Giang.

Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm chế tạo than hoạt tính từ lục bình bằng phương pháp hoạt hóa KOH, đồng thời đánh giá khả năng xử lý COD, BOD_5, NH_4^+, PO_4^{3-} trong nước thải ao nuôi cá tra tại An Giang. Kết quả góp phần xây dựng giải pháp xử lý nước thải theo hướng tuần hoàn, bền vững và phù hợp với điều kiện thực tiễn của ĐBSCL.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hóa chất

Lục bình sử dụng được thu thập từ ven bờ sông thuộc xã Hòa Thuận, tỉnh An Giang. Các hóa chất: KOH (Trung Quốc)-phòng thí nghiệm Hoá lý Ứng dụng Trường Đại học Khoa học Tự nhiên-Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, nước ao nuôi cá tra (Xã Bình Mỹ, Tỉnh An Giang).

2.2. Tổng hợp vật liệu than hoạt tính từ lục bình (LB-800)

Lục bình được phơi khô, xay nhuyễn, rây, nung ở lò nung Nitrogen GSL-1100X, MTI, Hoa Kỳ, khoảng 300 °C (ký hiệu là LB-300), sau đó nghiền mịn đem trộn với KOH, tỉ lệ (1:2) theo khối lượng, sấy khô, tiếp tục nung trong lò khí trơ 800 °C (ký hiệu LB-800), thời gian 180 phút. Rửa lại bằng nước nóng đến khi pH=7, siêu âm trong cồn, sấy khô và hút chân không, giữ trong bình hút ẩm [7], [8].

2.3. Phương pháp xác định đặc trưng của vật liệu

Cấu trúc tinh thể của vật liệu được phân tích bằng nhiễu xạ tia X (XRD) trên thiết bị Bruker D8 Advance (Đức) sử dụng bức xạ Cu Kα (λ = 1,5406 Å), góc quét 2θ = 5–80°, bước quét 0,02° và thời gian đếm 0,5 s/step.

Phương pháp quang phổ Raman khảo sát cấu trúc và thành phần của vật liệu ở bước sóng laser 638 nm, trên máy LabSpec 6 HORIBA Scientific.

Hình thái bề mặt và thành phần nguyên tố được quan sát bằng hiển vi điện tử quét có gắn đầu dò tán sắc năng lượng tia X (SEM-EDS, JEOL JSM-6490, Nhật Bản).

Đo pH sử dụng thiết bị Hanna HI5222-02.

Diện tích bề mặt riêng và đặc trưng mao quản được xác định bằng phép hấp phụ-khử hấp phụ N_2 (BET) trên thiết bị Micromeritics TriStar II Plus (Hoa Kỳ) ở 77 K; mẫu được khử khí ở 100 °C trong 15 giờ (chân không) và 150 °C trong 4 giờ (dưới dòng N_2) trước khi đo.

2.4. Đánh giá khả năng hấp phụ của vật liệu điều chế

Mẫu nước thải ao nuôi cá tra được lấy một lần (20 lít) vào tháng 8/2025 (lúc cá tra đạt 4 tháng tuổi), vào thời điểm sau khi cho cá ăn 120 phút theo TCVN 6663-4:2020, vận chuyển và bảo quản mẫu theo TCVN 6663-3:2020.

Để đánh giá khả năng hấp phụ đồng thời các chất dinh dưỡng và hữu cơ trong nước thải của vật liệu, chúng tôi tiến hành phân tích các chỉ số BOD_5 (TCVN 6001-1:2008), COD (TCVN 6491:1999), hàm lượng ion NH_4^+ (TCVN 6179-1:1996), ion PO_4^{3-} (TCVN 6202:2008) với thời gian hấp phụ cân bằng là 120 phút, thể tích mẫu nước ao mỗi mẻ thí nghiệm là 500 mL, khối lượng vật liệu nghiên cứu là 0,5 gam, sau đó đem phân tích kết quả hấp phụ (Phân tích tại Trung tâm Nghiên cứu ứng dụng và dịch vụ khoa học công nghệ-Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Đồng Tháp).

Hiệu suất hấp phụ (H%) được tính theo công thức sau:

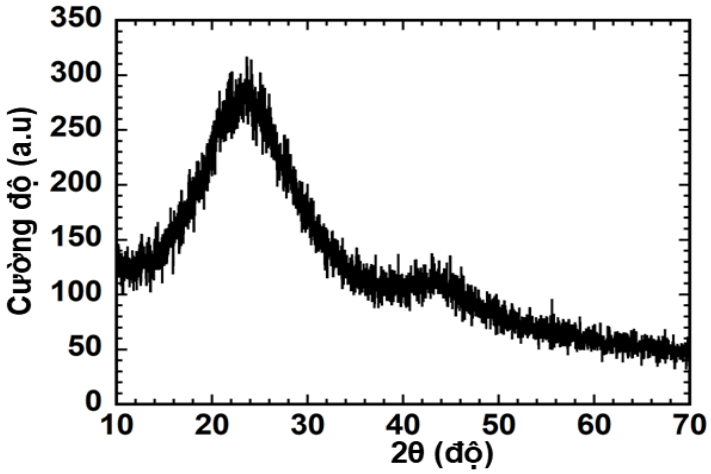
$$H\% = \frac{C_0 - C_t}{C_0}.100$$

Trong đó: C_0 và C_t lần lượt là nồng độ ban đầu và nồng độ sau khi hấp phụ (mg/L).

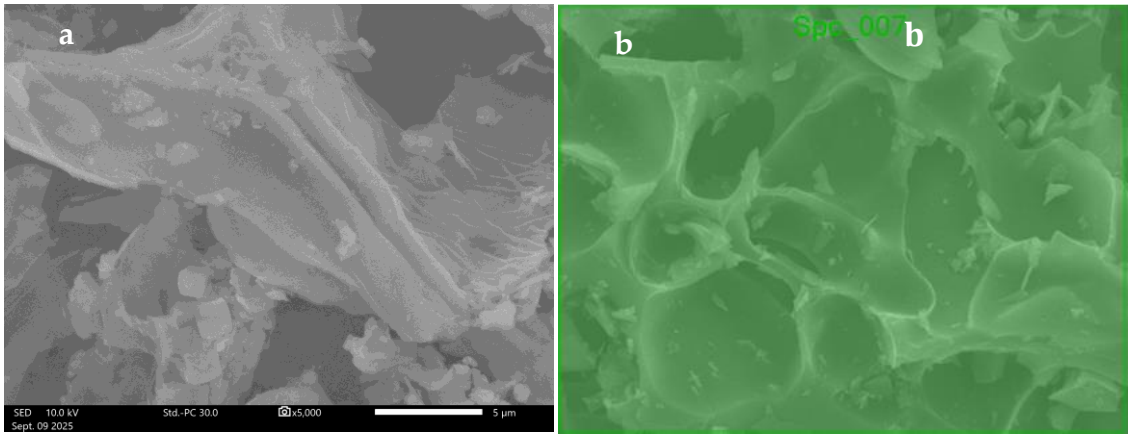
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc trưng cấu trúc và hình thái của than hoạt tính từ lục bình (LB-800)

Giản đồ XRD trong Hình 1 của vật liệu LB-800 cho thấy hai đỉnh nhiễu xạ rộng tại 2θ ≈ 24° và 43°, tương ứng với các mặt phẳng (002) và (100), đặc trưng cho carbon có cấu trúc vô định hình. Độ rộng đỉnh lớn và cường độ thấp cho thấy vật liệu có mức độ kết tinh thấp, phù hợp với đặc điểm của than hoạt tính được hoạt hóa ở nhiệt độ cao. Kết quả này phù hợp với đặc điểm cấu trúc của than hoạt tính sinh khối được công bố trong các nghiên cứu trước [7], [8].



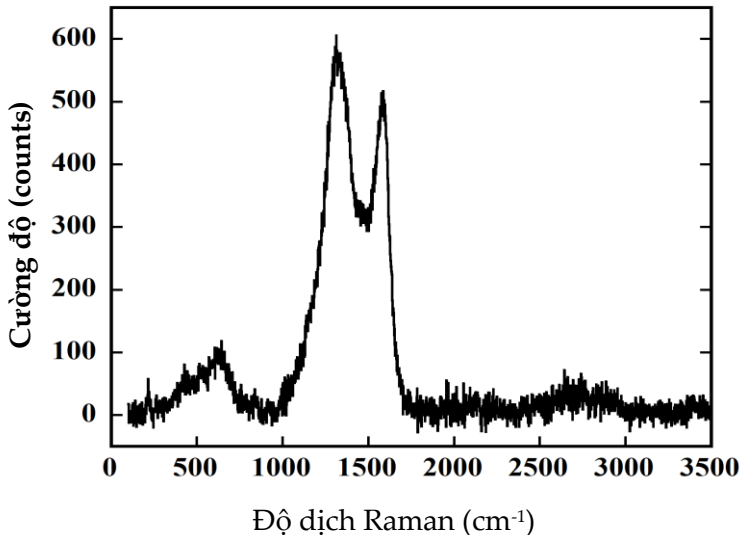
Hình 1. Giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD) của than hoạt tính từ lục bình (LB-800).



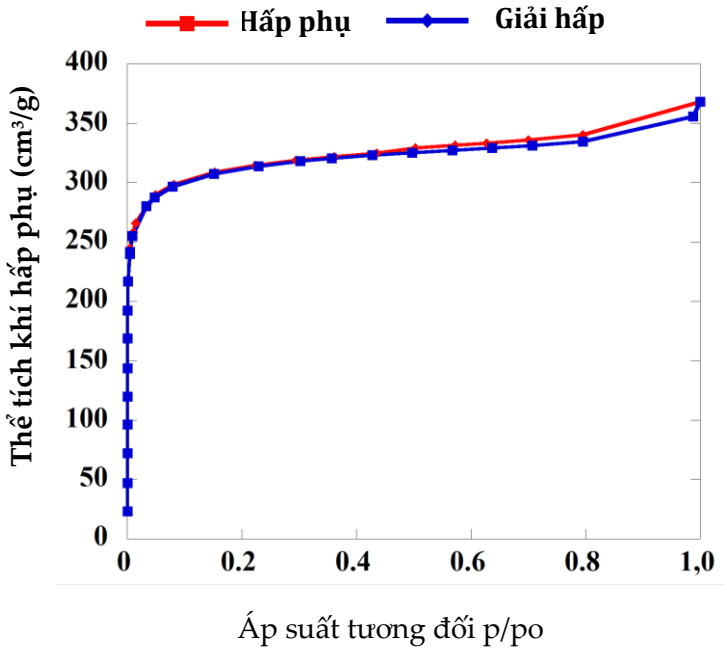
Hình 2. Ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) của vật liệu (a) LB-300 và (b) LB-800.

Ảnh SEM (Hình 2) cho thấy vật liệu LB-300 có bề mặt tương đối đặc, số lượng lỗ rỗng còn hạn chế. Trong khi đó, vật liệu LB-800 sau khi hoạt hóa ở 800°C có cấu trúc xốp phát triển rõ rệt với nhiều lỗ rỗng và khe rỗng phân bố không đồng đều, kích thước từ vài trăm nanomet đến vài micromet. Sự hình thành hệ lỗ rỗng này là kết quả của quá trình hoạt hóa hóa học bằng KOH ở nhiệt độ cao, góp phần làm tăng diện tích bề mặt và thể tích mao quản của vật liệu, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình hấp phụ các chất ô nhiễm trong nước [11].

Phổ Raman của vật liệu than hoạt tính từ lục bình (LB-800) cho thấy hai dải phổ D (1350 cm^{-1}) và G (1580-1600 cm^{-1}) xuất hiện rõ rang (Hình 3). Dải D có cường độ tương đối lớn, trong khi dải G có cường độ thấp hơn, cho thấy vật liệu carbon có cấu trúc kém trật tự và mang tính vô định hình cao. Đặc điểm này phù hợp với than hoạt tính sinh khối được hoạt hóa ở nhiệt độ cao và thuận lợi cho các quá trình hấp phụ và ứng dụng liên quan đến môi trường [12]. Giá trị tỷ lệ I_D/I_G ~ 1,18 phản ánh mức độ khuyết tật cấu trúc đáng kể của vật liệu, tạo điều kiện hình thành mật độ lớn các trung tâm hoạt động cho quá trình hấp phụ trên bề mặt vật liệu [12].



Hình 3. Phổ Raman của vật liệu than hoạt tính từ lục bình (LB-800)



Hình 4. Đẳng nhiệt hấp phụ-khử hấp phụ N_2 của vật liệu than hoạt tính (LB-800)

Kết quả hấp phụ-khử hấp phụ N_2 ở 77 K cho thấy vật liệu LB-800 có dạng đẳng nhiệt loại I kèm vòng trễ H4, đặc trưng cho vật liệu có hệ vi mao quản chiếm ưu thế và trung mao quản hỗ trợ quá trình khuếch tán. Diện tích bề mặt riêng BET của vật liệu đạt 798 m^2/g, thể tích mao quản tổng đạt 0,52 cm^3/g, với đường kính mao quản trung bình khoảng 2,6-2,8 nm (Hình 4).

Cấu trúc xốp với diện tích bề mặt lớn và hệ mao quản phát triển giúp vật liệu LB-800 có nhiều tâm hấp phụ hoạt tính, góp phần nâng cao khả năng xử lý các chất hữu cơ (COD, BOD_5) và các chất dinh dưỡng (NH_4^+, PO_4^{3-}) trong nước thải ao nuôi cá tra. Kết quả này cho thấy than hoạt tính từ lục bình (LB-800) có tiềm năng ứng dụng trong xử lý nước thải theo hướng hiệu quả và bền vững [13].

3.2. Khảo sát khả năng hấp phụ các chất hữu cơ và dinh dưỡng trong nước thải ao nuôi cá tra bằng than hoạt tính từ lục bình (LB-800)

Để so sánh với các chỉ tiêu gây ô nhiễm chúng tôi dùng tiêu chuẩn QCVN 40:2025/BTNMT [14]. Do điều kiện chúng tôi không thể phân tích phosphor và nitrogen tổng, thay vào đó chúng tôi lần lượt phân tích phosphate và ammonium. Kết quả phân tích mẫu nước thải ao nuôi cá tra trước xử lý cho thấy các chỉ tiêu COD (414 mg/L), BOD_5 (281,0 mg/L), NH_4^+ (28,6 mg/L) đều ở mức cao so với giới hạn cho phép theo QCVN 40:2025/BTNMT, chỉ tiêu PO_4^{3-} (2,93 mg/L). Điều này cho thấy nước thải ao nuôi cá tra tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm môi trường nếu không được xử lý phù hợp.

Khả năng hấp phụ đồng thời các chất hữu cơ (COD, BOD_5) và dinh dưỡng (NH_4^+, PO_4^{3-}) trong nước thải ao nuôi cá tra được khảo sát bằng cách xử lý mẫu nước với than hoạt tính từ lục bình (LB-800) trong điều kiện thí nghiệm mẻ (lặp lại 3 lần), với thời gian tiếp xúc 120 phút, thể tích dung dịch 500 mL và khối lượng vật liệu 0,5 g. Kết quả phân tích các chỉ tiêu trước và sau xử lý được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Một số chỉ tiêu chất lượng nước trước và sau xử lý bằng vật liệu hấp phụ chế tạo từ than lục bình (LB-800)

STT	Chỉ tiêu	Trước xử lý (mg/L)	Sau xử lý (mg/L)	Hiệu suất (%)	QCVN 40:2025/BTNMT (Cột A)
1	pH	6,70 ± 0,15	7,49 ± 0,18	–	6–9
2	NH_4^+	28,6 ± 0,37	1,99 ± 0,11	93,04	5
3	PO_4^{3-}	2,93 ± 0,06	< LOQ	≈100	-
4	COD	414 ± 2,3	14,3 ± 0,8	96,54	60
5	BOD_5	281 ± 1,4	10,0 ± 0,7	96,43	30

Kết quả ở Bảng 1 cho thấy vật liệu LB-800 có hiệu quả xử lý rõ rệt đối với các chất ô nhiễm đặc trưng trong nước thải ao nuôi cá tra. Cụ thể, hiệu suất loại bỏ NH_4^+ và PO_4^{3-} đạt lần lượt 93,04% và gần như hoàn toàn (nồng độ sau xử lý thấp hơn giới hạn định lượng, LOQ = 0,07 mg PO_4^{3-}/L). Hiệu suất xử lý COD và BOD_5 đạt lần lượt 96,54% và 96,43%, cho thấy khả năng hấp phụ hiệu quả các hợp chất hữu cơ. Giá trị pH sau xử lý tăng nhẹ nhưng vẫn nằm trong khoảng cho phép của QCVN 40:2025/BTNMT.

Nhìn chung, các chỉ tiêu COD, BOD_5 và NH_4^+ sau xử lý đều đáp ứng yêu cầu theo QCVN 40:2025/BTNMT [14], hiệu suất xử lý PO_4^{3-} gần như hoàn toàn chứng tỏ than hoạt tính từ lục bình (LB-800) có tiềm năng ứng dụng trong xử lý nước thải ao nuôi cá tra.

Sau chu kỳ hấp phụ thứ nhất, vật liệu LB-800 được thu hồi bằng cách lọc và tiến hành giải hấp bằng dung dịch KOH 0,1 M, sau đó rửa đến pH gần trung tính và sấy khô trước khi sử dụng cho chu kỳ hấp phụ tiếp theo. Kết quả xử lý nước thải bằng vật liệu sau tái sinh được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Một số chỉ tiêu chất lượng nước trước và sau xử lý bằng vật liệu giải hấp chế tạo từ than lục bình (LB-800)

STT	Chỉ tiêu	Trước xử lý (mg/L)	Sau xử lý (mg/L)	Hiệu suất (%)	QCVN 40:2025/BTNMT (Cột A)
1	pH	6,70 ± 0,15	7,84 ± 0,21	–	6–9
2	NH_4^+	28,6 ± 0,37	7,03 ± 0,16	75,35	5
3	PO_4^{3-}	2,93 ± 0,06	< LOQ	≈100	-
4	COD	414 ± 2,3	17,6 ± 0,9	95,75	60
5	BOD_5	281 ± 1,4	12,0 ± 0,8	95,73	30

Kết quả cho thấy hiệu suất xử lý COD và BOD_5 của vật liệu sau tái sinh vẫn duy trì ở mức cao, lần lượt đạt 95,75% và 95,73%, trong khi hiệu suất loại bỏ NH_4^+ đạt khoảng 75,35%. Các chỉ tiêu sau xử lý ngoại trừ nồng độ ammonium vẫn còn hơi cao (chỉ đạt mức B), các thông số khác vẫn nằm trong giới hạn cho phép theo QCVN 40:2025/BTNMT, đồng thời pH của mẫu nước sau xử lý không biến động lớn. Nhìn chung, than hoạt tính từ lục bình (LB-800) có khả năng tái sử dụng và duy trì hiệu quả xử lý tương đối ổn định sau giải hấp với phần lớn chỉ tiêu nghiên cứu, phản ánh độ bền và tính ổn định của vật liệu trong điều kiện thí nghiệm.

Kết quả đặc trưng vật liệu cho thấy than hoạt tính từ lục bình (LB-800) có cấu trúc carbon vô định hình, bề mặt xốp phát triển và diện tích bề mặt riêng lớn (798 m^2/g) với vi

mao quản trung bình chiếm ưu thế. Những đặc điểm này tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình hấp phụ các hợp chất hữu cơ thông qua tương tác bề mặt, đồng thời hỗ trợ quá trình bắt giữ các ion dinh dưỡng như NH_4^+ và PO_4^{3-}. Do đó, hiệu suất xử lý COD, BOD_5, NH_4^+và PO_4^{3-} đạt giá trị cao là phù hợp với đặc trưng cấu trúc và hình thái của vật liệu hấp phụ. Cơ chế hấp phụ NH_4^+ chủ yếu thông qua trao đổi ion với các nhóm chức chứa oxy tại vị trí khuyết tật [15]. Trong khi đó, việc loại bỏ PO_4^{3-}thường diễn ra qua tương tác tạo phức và cầu nối kim loại trên bề mặt carbon vô định hình [16]. Tỷ lệ I_D/I_G cao (~ 1,18) từ phổ Raman khẳng định mật độ các vị trí hoạt động hấp phụ lớn, tạo điều kiện thuận lợi cho các quá trình trên [12]

Hiệu quả xử lý COD, BOD_5, NH_4^+và PO_4^{3-} của than hoạt tính từ lục bình (LB-800) trong nghiên cứu này tương đương hoặc cao hơn so với một số vật liệu hấp phụ sinh khối đã được công bố trước đây, như than hoạt tính từ vỏ trấu, xơ dừa… [2,4] . Đặc biệt, khả năng xử lý đồng thời cả chất hữu cơ và chất dinh dưỡng trong cùng một quy trình là ưu điểm nổi bật của vật liệu LB-800.

Bên cạnh đó, kết quả khảo sát tái sử dụng cho thấy vật liệu vẫn duy trì hiệu suất xử lý cao sau giải hấp với phần lớn các chỉ tiêu nghiên cứu, phản ánh độ bền và tính ổn định của than hoạt tính từ lục bình trong điều kiện thí nghiệm. Điều này cho thấy vật liệu có tiềm năng ứng dụng thực tế trong xử lý nước thải ao nuôi cá tra, góp phần giảm ô nhiễm môi trường và tận dụng hiệu quả nguồn sinh khối sẵn có tại địa phương, tuy nhiên để xử lý triệt để hơn đặc biệt nitrogen cần được nghiên cứu thêm.

Với nguồn nguyên liệu dồi dào, chi phí thấp và quy trình chế tạo tương đối đơn giản, than hoạt tính từ lục bình có thể là giải pháp xử lý nước thải phù hợp cho các mô hình nuôi trồng thủy sản theo hướng bền vững và kinh tế tuần hoàn tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chế tạo thành công vật liệu than hoạt tính từ sinh khối lục bình bằng phương pháp hoạt hóa hóa học với KOH ở nhiệt độ cao. Vật liệu thu được (LB-800) có cấu trúc carbon vô định hình, hệ mao quản phát triển với vi mao quản chiếm ưu thế và trung mao quản hỗ trợ khuếch tán, thể hiện qua dạng đẳng nhiệt hấp phụ loại I kèm vòng trễ H4, diện tích bề mặt riêng lớn và thể tích mao quản đáng kể. Những đặc điểm cấu trúc này tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình hấp phụ các chất ô nhiễm trong nước. Khi ứng dụng xử lý nước thải ao nuôi cá tra thực tế, vật liệu LB-800 cho hiệu quả cao trong việc loại bỏ đồng thời các chất hữu cơ (đánh giá thông qua các thông số COD, BOD_5) và các chất dinh dưỡng (NH_4^+, PO_4^{3-}). Ở chu kỳ hấp phụ thứ nhất, chất lượng nước sau xử lý đáp ứng yêu cầu của quy chuẩn môi trường hiện hành (cột A, QCVN 40:2025/BTNMT). Ở chu kỳ tái sử dụng, COD và BOD_5 vẫn đạt tiêu chuẩn cột A nhưng NH_4^+ chỉ đạt cột B, cho thấy cần cải thiện thêm quy trình tái sinh để xử lý triệt để

ammonium. Trong nghiên cứu này, các thí nghiệm được tiến hành ở điều kiện cố định, vì vậy ở các nghiên cứu tiếp theo cần tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng để tăng hiệu quả xử lý nước thải. Kết quả nghiên cứu khẳng định tiềm năng của than hoạt tính từ lục bình như một vật liệu hấp phụ hiệu quả, thân thiện môi trường và có nguồn gốc sinh khối sẵn có tại địa phương, góp phần định hướng các giải pháp xử lý nước thải nuôi trồng thủy sản theo hướng tuần hoàn, giảm thiểu ô nhiễm và bảo vệ môi trường nước vùng Đồng bằng sông Cửu Long.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Meksea, T. (2024). *Pangasius Industry Overview 2024: Production Results and Future Prospects*. Retrieved December 31, 2024 from: https://mekseaconnection.com/pangasius-industry-overview-2024/

[2]. Nguyễn, K. T. T., Huy, Đ. H., & Minh, V. V. (2023). *Xử lý nước thải nuôi cá tra bằng bè thực vật bản địa ở Đồng bằng sông Cửu Long*. Tạp chí Khoa học- Trường Đại học Cần Thơ, 59(1), 79-87.

[3]. Nguyễn, T. T. A. & Phạm, H. L. (2020). *Phân tích BET và cấu trúc mao quản của vật liệu carbon sinh học.* Tạp chí Hóa học Việt Nam, 58(3), 233-241.

[4]. Phạm, T. H. N. & Hồ, M. T. (2021). *Hấp phụ ion NH_4^+ bằng vật liệu carbon biến tính*. Tạp chí Đại học Huế: Khoa học Tự nhiên. 30(4), 113-121.

[5]. Nguyễn, T. M. H., Võ, Q. B. & Trần, M. T. (2019). *Nghiên cứu hoạt hóa lục bình bằng KOH và đặc trưng mao quản.* Tạp chí Vật liệu và Công nghệ, 10(2), 56-65.

[6]. Trần, Q. Đ. & Lê, M. T. (2022). *Tổng hợp than hoạt tính từ lục bình phục vụ xử lý nước*. Tạp chí Phát triển Bền vững, 14(1), 99-108.

[7]. Doan, T. L., Tran, K. T., & Nguyen, T. T. (2011). *Preparation of activated carbon from Eichhornia crassipes by KOH activation and its application for dye removal*. Vietnam Journal of Chemistry, 49(4), 460-466.

[8]. Nguyễn, T. T. T., Võ, T. H. L., & Lê, V. V. M. (2023). *Chế tạo than hoạt tính từ lục bình hoạt hóa KOH và ứng dụng xử lý môi trường.* Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, 26(2), 112-120.

[9]. Lê, T. P., Võ, N. A., & Nguyễn, H. N. (2020). *Đặc trưng nước thải ao nuôi cá tra và đề xuất giải pháp xử lý sinh học-hấp phụ.* Tạp chí Khoa học Thủy sản, 6(2), 44-52.

[10]. Võ, T. N. A. & Nguyễn, N. T. (2021). *Ứng dụng than hoạt tính thực vật xử lý PO_4^{3-} trong nước ao nuôi.* Tạp chí Công nghệ Môi trường, 9(3), 76-84.

[11]. Marsh, H., & Rodríguez-Reinoso, F. (2006). *Activated Carbon*. Elsevier Science.

[12]. Ferrari, A. C., & Robertson, J. (2000). *Interpretation of Raman spectra of disordered and amorphous carbon.* Physical Review B, 61, 14095-14107.

[13]. Thommes, M., Kaneko, K., Neimark, A. V., Olivier, J. P., Rodríguez-Reinoso, F., Rouquerol, J., & Sing, K. S. W. (2015). *Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report).* Pure and Applied Chemistry, 87, 1051–1069.

[14]. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2025). *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp (QCVN 40:2025/BTNMT)*.

[15]. Kabuba, J., & Lephallo, J. (2023). *Removal of ammonia nitrogen from wastewater using activated carbon prepared from waste tyres.* Water Practice & Technology, 18(6), 1479-1499.

[16]. Pantoja, F., Sukmana, H., Beszédes, S., & László, Z. (2023). *Removal of ammonium and phosphates from aqueous solutions by biochar produced from agricultural waste*. Journal of Material Cycles and Waste Management, 25(4), 1921-1934.

SYNTHESIS OF WATER HYACINTH–DERIVED ACTIVATED CARBON AND ITS APPLICATION FOR REMOVING ORGANIC AND NUTRIENT POLLUTANTS FROM AQUACULTURE WASTEWATER

Nguyen Van Kiet[1], Do Viet Lam[1], Tran Thi Hong Ngan[2], Pham Dien Trung[3], Ho Sy Thang[4], Huynh Van Hien[5], Le Lam Son[6*]

[1] Hoa Thuan Primary and Secondary School, An Giang province

[2]Lap Vo 1 High School, Dong Thap province

[3]An Lac Thon High School, Can Tho city

[4]Dong Thap University, Dong Thap province

[5]Lê Hoàng Kha High School for the gifted, Tay Ninh province

[6]University of Sciences, Hue University, Hue city

*Email: lelamson@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

This study presents the synthesis and evaluation of activated carbon derived from water hyacinth (Eichhornia crassipes) via chemical activation with potassium hydroxide (KOH) for treating catfish pond wastewater (Pangasianodon hypophthalmus) in An Giang province. The water hyacinth biomass was pre-carbonized at 300 °C and then activated with KOH at 800 °C to obtain the activated carbon material, denoted as LB-800. Material characterization revealed that LB-800 possesses an amorphous carbon structure, with a specific surface area of 798 m^2/g and a total pore volume of 0.52 cm^3/g, indicating its suitability for adsorption applications. When applied to real catfish pond wastewater, LB-800 achieved removal efficiencies of 93.04% for NH_4^+, ~100% for PO_4^{3-}, 96.54% for COD, and 96.43% for BOD_5. The pH of the treated water remained within the permissible limits specified by QCVN 40:2025/BTNMT (Column A). After desorption and reuse, the material maintained COD and BOD_5 removal efficiencies above 95%. These results revealed that water hyacinth-derived activated carbon has significant potential for practical application in aquaculture wastewater treatment within a circular and sustainable framework, thereby improving water environmental quality in the Mekong Delta region.

Keywords: Adsorption, activated carbon, catfish pond wastewater, water hyacinth.