

# NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG CÁC CHẤT TRỢ KEO TỪ MỘT SỐ LOẠI THỰC VẬT

Vũ Thị Yến<sup>1,\*</sup>, Huỳnh Kim Yến<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thu Hậu<sup>1</sup>,

Lê Bích Tuyền<sup>1</sup>, Phạm Trọng Nghĩa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Kiên Giang

\*Email: vtyen@vnkgu.edu.vn

## TÓM TẮT

Xử lý nước thải sinh hoạt hiện đang là vấn đề được quan tâm, đặc biệt do ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường sống. Việc sử dụng các chất keo tụ có nguồn gốc từ thực vật tự nhiên, sẵn có và chi phí thấp như đay (*Corchorus olitorius*), mồng tơi (*Basella alba*), nha đam (*Aloe vera*) và đậu bắp (*Abelmoschus esculentus*) mang lại một giải pháp đầy hứa hẹn và thân thiện với môi trường cho vấn đề này. Thí nghiệm 1 nhằm đánh giá ảnh hưởng nồng độ các chất trợ keo (0, 20, 40, 60, 80, 100 mg/L) kết hợp cùng 30 mg/L PAC lên hiệu suất xử lý cho thấy, hỗn hợp gồm 60 mg/L chiết xuất từ đậu bắp đạt hiệu suất xử lý COD, độ đục, nitơ tổng và phospho tổng tương ứng là 64,18, 72,7, 78,81, 82,5%, vượt trội hơn so với các chất keo tụ có nguồn gốc thực vật khác. Thí nghiệm 2 nhằm khảo sát ảnh hưởng của giá trị pH (pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9) và thí nghiệm 3 khảo sát thời gian lắng (15, 30, 45 phút) lên hiệu suất xử lý nước thải sinh hoạt cho thấy, tại pH 7 và thời gian lắng 45 phút, chiết xuất từ trái đậu bắp cho hiệu suất loại bỏ COD đạt 64,18% và độ đục trên 89% mà không làm thay đổi pH của nước. Qua đó cho thấy, việc sử dụng các chất keo tụ có nguồn gốc từ trái đậu bắp để xử lý nước thải sinh hoạt là giải pháp tiềm năng.

**Từ khóa:** Chất trợ keo tụ, COD, độ đục, nước thải sinh hoạt, pH, thời gian lắng.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Keo tụ là quá trình làm các hạt phân tán lớn lên nhờ sự tương tác và kết hợp chúng thành các chất keo tụ. Keo tụ được sử dụng để làm sạch nước, làm tăng quá trình lắng các tạp chất có độ phân tán nhỏ và các chất keo. Keo tụ có hiệu quả khi tách các hạt phân tán keo (có kích thước thước từ 3 - 100  $\mu\text{m}$ ) trong hỗn hợp nước chứa các chất lơ lửng. Trong quá trình làm sạch nước cấp và nước thải, keo tụ xảy ra dưới tác động của các chất đặc biệt được bổ sung vào chúng – các chất keo tụ hay còn gọi chất trợ keo [1, 2].

Chất nhầy được tách từ thực vật là những chất trợ keo tự nhiên, có khối lượng phân tử cao, khi hòa tan các chất này trong nước sẽ tạo ra các đơn phân và được liên kết bởi liên kết glucoside [3]. Các chất gồm: Cacbohydrate, protein, alkaloids có mặt trong chất nhầy được chiết tách từ các loài thực vật, đây là các hợp chất chứa các nhóm bề

mặt –COOH, gốc –OH tự do có khả năng keo tụ và galactan được dự đoán là cung cấp các vị trí hấp phụ yếu nhưng với số lượng lớn dẫn đến sự kết nối với các hạt keo [4, 5]. Những chất trợ keo được lấy từ các nguồn thực vật như: Mồng tơi, nha đam, rau đay, đậu bắp có sẵn trong tự nhiên, dễ kiếm, an toàn và rẻ nên chúng được sử dụng như những chất xử lý nước thải tiềm năng [3]. Những chất keo tụ từ nguồn gốc thực vật này có tính nhầy, độ pH trung tính và là những polysaccharid ở trạng thái tự nhiên, không độc, không ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường, được dùng để xử lý chất thải như: Nước từ nhà máy dệt, nước rỉ rác, xương thuộc da, nhà máy dầu cọ, nước thải công nghiệp thực phẩm, công nghiệp keo, nước thải nhà máy sữa, nước thải sinh hoạt [6]. Nước thải sinh hoạt là một trong những nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường nước, đất. Theo Bộ Tài nguyên và Môi trường (2019) [7], trong năm 2018, nước thải sinh

hoạt chiếm đến trên 30% lượng nước thải ra ao, hồ, sông suối. Tới 90% nước thải sinh hoạt xả ra môi trường không qua xử lý, gây ra tình trạng ô nhiễm kênh, sông, hồ, ảnh hưởng tới chất lượng cuộc sống và cảnh quan môi trường. Có ít thông tin về việc sử dụng chất keo tụ từ tự nhiên để xử lý nước thải sinh hoạt, vì vậy *“Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt bằng các chất trợ keo từ một số loại thực vật”* rất cần thiết, nhằm xác định được nồng độ của các chất trợ keo, giá trị pH và thời gian lắng đạt hiệu quả cao trong quá trình xử lý nước thải sinh hoạt, góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

## **2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Vật liệu nghiên cứu**

Mẫu nước thải sinh hoạt được thu 30 lít từ nhiều vị trí trong hố ga (Hình 1) của khu dân cư A có tọa độ (957°39.709"N, 1057°32.062"E) tại tỉnh Kiên Giang lúc 10 giờ sáng, được thực hiện theo TCVN 5999:1995 [8], TCVN 6663-3:2008 [9].



**Hình 1. Khu vực thu mẫu nước thải**

Quy trình trích chất keo tụ từ nha đam, mồng toi, rau đay và đậu bắp được triển khai theo Vũ Thị Cẩm Vân (2019) [10].

**Lô hội:** Lá tươi được thu mua và rửa sạch, loại bỏ vỏ và lấy phần gel. Gel lô hội được hòa tan trong aceton theo tỉ lệ nguyên liệu/dung môi: 1/3 (v:v), phần kết tủa được thu lại và sấy khô ở 40°C cho đến khi khối lượng không đổi, cuối cùng được nghiền thành bột.

**Đậu bắp:** Trái đậu bắp tươi được rửa sạch, xay nhuyễn và nấu trong 80°C, sau đó cho

aceton vào, tỷ lệ nguyên liệu/dung môi: 1/3 (v:v), phần kết tủa được thu lại và sấy khô ở 40°C cho đến khi khối lượng không đổi, cuối cùng được nghiền thành bột.

Rau đay và mồng toi lấy phần lá, thân tươi, được rửa sạch, loại bỏ phần thối. Sau đó, xay nhuyễn và nấu trong 80°C, cho aceton vào theo tỉ lệ nguyên liệu/dung môi: 1/3 (v:v), phần kết tủa được thu lại và sấy khô ở 40°C cho đến khi khối lượng không đổi, cuối cùng được nghiền thành bột.

### **2.2. Phương pháp nghiên cứu**

Mẫu nước thải sinh hoạt trước khi xử lý, được xác định các chỉ tiêu về pH, BOD, COD, độ đục, nitơ tổng, phospho tổng để đánh giá mức độ ô nhiễm. Các thí nghiệm được thực hiện theo phương pháp Jar-test [11]. Sau khi xử lý, nước thải sinh hoạt tiếp tục được đo pH, độ đục, xác định COD ban đầu, nitơ tổng và phospho tổng. Mỗi nghiệm thức là 1/2 lít nước thải.

**Thí nghiệm 1:** Nước thải sinh hoạt ban đầu được điều chỉnh về pH 7, độ đục ban đầu pha loãng về 100 NTU, đo nồng độ COD ban đầu, nitơ tổng, phospho tổng. Sau đó, bổ sung PAC 10 mg/l khuấy nhanh trong 3 phút, cho chất trợ keo từ các thực vật: Lô hội (A1), đậu bắp (A2), mồng toi (A3), rau đay (A4) với nồng độ các chất trợ keo lần lượt là 0, 20, 40, 60, 80, 100 mg/L, khuấy chậm trong 10 phút, để lắng trong 30 phút. Sau đó, đo lại pH, độ đục, COD, nitơ tổng và phospho tổng sau xử lý để tính hiệu suất xử lý. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên, 2 nhân tố (loại thực vật và nồng độ chất trợ keo), 3 lần lặp lại. Cuối cùng, xác định được nồng độ và loại chất nhầy từ thực vật cho hiệu suất tốt nhất cho các thí nghiệm tiếp theo.

**Thí nghiệm 2:** Tiếp tục thực hiện tương tự như trên khi khảo sát giá trị pH từ pH 5, 6, 7, 8, 9. Mẫu nước được đo lại pH, độ đục, COD, nitơ tổng và phospho tổng trước và sau xử lý để tính hiệu suất xử lý. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên, 1 nhân tố (giá trị pH) và 3 lần lặp lại. Cuối cùng, xác định được giá trị pH cho hiệu suất tốt nhất.

**Thí nghiệm 3:** Tiếp tục thực hiện khảo sát thời gian lắng lần lượt là 15, 30, 45 phút. Nồng độ và

loại chất trợ keo từ thực vật được chọn là tối ưu từ thí nghiệm ban đầu. pH được chọn từ thí nghiệm 2. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên, 1 nhân tố (thời gian lắng) và 3 lần lặp lại. Mẫu nước được đo lại pH, độ đục, COD, nitơ tổng và phospho tổng trước và sau xử để tính hiệu suất xử lý.

Độ đục được xác định bằng cách đo bằng máy cầm tay TUB-430 Gondo (Đài Loan). pH được đo bằng máy đo pH (Sension + pH 1, HACH – Mỹ). Xác định nitơ tổng bằng phương pháp đo mật độ quang ở bước sóng 420 nm theo TCVN 6638:2000 [12]. Xác định phospho tổng bằng phương pháp đo mật độ quang ở bước sóng 700 nm theo TCVN 6202:2008 [13] trên máy quang phổ tử ngoại khả kiến UV 1800 (Shimadzu, Nhật Bản). Phương pháp đo COD theo TCVN 6491:1999 [14]: Lấy chính xác 2,5 mL mẫu nước thải vào ống nghiệm đựng sẵn dung dịch oxi hóa (1,5 mL  $K_2Cr_2O_7/HgSO_4/H_2SO_4$  và 3,5 mL dung dịch  $Ag_2SO_4/H_2SO_4$ ). Đặt ống nghiệm chứa mẫu thử trong máy phá mẫu 120 phút, nhiệt độ là 150°C. Sau đó, lấy mẫu ra để nguội và đo trong máy mật độ quang ở bước sóng 600 nm. Xây dựng đường chuẩn dựa trên dung dịch KHP và tính trên công thức:

$$[COD] = a \cdot V \cdot 1.000 \text{ (mg/L)}.$$

Trong đó: a là hàm lượng COD tìm được theo đồ thị chuẩn, tính bằng (mg); V là thể tích mẫu nước đem thí nghiệm (mL).

$$\text{Hiệu suất xử lý độ đục} = \left( \frac{\text{độ đục ban đầu} - \text{độ đục sau xử lý}}{\text{độ đục ban đầu}} \right) \cdot 100$$

$$\text{Hiệu suất xử lý COD} = \left( \frac{\text{COD ban đầu} - \text{COD sau xử lý}}{\text{COD ban đầu}} \right) \cdot 100$$

$$\text{Hiệu suất xử lý nitơ tổng} = \left( \frac{\text{nitơ tổng ban đầu} - \text{nitơ tổng sau xử lý}}{\text{nitơ tổng ban đầu}} \right) \cdot 100$$

$$\text{Hiệu suất xử lý phospho tổng} = \left( \frac{\text{phospho tổng ban đầu} - \text{phospho tổng sau xử lý}}{\text{phospho tổng ban đầu}} \right) \cdot 100$$

### 2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Sử dụng phần mềm Microsoft Excel (version 2506) để tổng hợp, tính toán số liệu. Sử dụng phần mềm Staghraphics Centurion XVIII để phân tích phương sai hai nhân tố (two-way ANOVA) và một nhân tố (one-way ANOVA). So sánh trung bình các nghiệm thức dựa vào kiểm định F ở độ tin cậy 5%.

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Đánh giá mức độ ô nhiễm nước thải sinh hoạt ban đầu

Bảng 1 trình bày giá trị của COD, BOD, tổng *Coliform*, pH, phospho tổng, nitơ tổng trong mẫu nước được thu tại hố ga.

**Bảng 1. Kết quả phân tích mẫu nước ban đầu**

| STT | Chỉ tiêu             | Đơn vị tính | Kết quả               | QCVN 14:2025 [15] | Ghi chú                                                |
|-----|----------------------|-------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------------------------|
| 1   | COD                  | mg/L        | 34,32 ± 4             | ≤ 50              | Đạt mức A, lượng xả thải > 20.000 m <sup>3</sup> /ngày |
| 2   | BOD <sub>5</sub>     | mg/L        | 58 ± 0,5              | ≤ 15              | Vượt mức cho phép                                      |
| 3   | Tổng <i>Coliform</i> | MPN/100 ml  | 1,6 x 10 <sup>6</sup> | ≤ 3.000           | Vượt mức cho phép                                      |
| 4   | Phospho tổng         | mg/L        | 2,84 ± 0,05           | ≤ 3,0             | Đạt mức A, lượng xả thải > 20.000 m <sup>3</sup> /ngày |
| 5   | Nitơ tổng            | mg/L        | 34,32 ± 0,1           | ≤ 20              | Vượt mức cho phép                                      |
| 6   | pH                   |             | 6,69                  | 6 - 9             | Mức độ cho phép                                        |

Bảng 1 cho thấy, chỉ số COD của mẫu nước ban đầu trước khi xử lý là 34,32 ± 4 mg/L; BOD<sub>5</sub> là 58 ± 0,5 mg/L; phospho tổng là 2,84 ± 0,05 mg/L;

nitơ tổng 34,32 ± 0,1 mg/L, pH = 6,69; độ đục 107 ± 5,3 NTU. So sánh với QCVN 14:2025 [15] thì hầu như các kết quả đều vượt mức cho phép, chỉ riêng

chỉ số pH đạt trong ngưỡng 6 - 9, COD và phospho tổng đạt mức độ A, với lượng xả thải trên 20.000 m<sup>3</sup>/ngày trong khu dân cư. Điều này cho thấy, nước thải sinh hoạt khu dân cư chưa được xử lý tốt và có thể được các hộ gia đình xả thẳng ra kênh, mương mà không qua xử lý.

### 3.2. Ảnh hưởng của nồng độ chất trợ keo tới khả năng xử lý nước thải sinh hoạt

Quá trình xử lý nước thải sinh hoạt được thực hiện theo phương pháp Jar-test [11], thông qua các chỉ tiêu: Hiệu suất xử lý độ đục, hiệu suất xử lý COD, sự chênh lệch giá trị pH, hiệu suất xử lý nitơ tổng, phospho tổng với chất trợ keo từ mồng toi, nha đam, đậu bắp, rau đay theo nồng độ lần lượt 0, 20, 40, 60, 80, 100 mg/L, cố định chỉ tiêu pH 7, PAC 30 mg/L, thời gian lắng 30 phút.

**Bảng 2. Hiệu suất xử lý độ đục bằng các chất trợ keo với các nồng độ khác nhau**

|          | Độ đục ban đầu (NTU) | Rau đay                |                      | Mồng toi               |                      | Đậu bắp                |                      | Nha đam                |                      | % CV |
|----------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|------|
|          |                      | Độ đục sau xử lý (NTU) | Hiệu suất xử lý (%)  | Độ đục sau xử lý (NTU) | Hiệu suất xử lý (%)  | Độ đục sau xử lý (NTU) | Hiệu suất xử lý (%)  | Độ đục sau xử lý (NTU) | Hiệu suất xử lý (%)  |      |
| 0 mg/L   | 100,7 ± 0,5          | 28,33                  | 71,87 <sup>Bc</sup>  | 21,97                  | 78,19 <sup>Aa</sup>  | 28,13                  | 72,06 <sup>Bbc</sup> | 42,27                  | 58,02 <sup>Cb</sup>  | 10,5 |
| 20 mg/L  |                      | 28,63                  | 71,57 <sup>Cc</sup>  | 21,6                   | 78,55 <sup>Aa</sup>  | 23,1                   | 77,06 <sup>Ba</sup>  | 38,28                  | 61,98 <sup>Cab</sup> | 8,9  |
| 40 mg/L  |                      | 29,5                   | 70,7 <sup>Ac</sup>   | 28,53                  | 71,66 <sup>Ab</sup>  | 28,57                  | 71,63 <sup>Abc</sup> | 38,6                   | 61,66 <sup>Bab</sup> | 6,1  |
| 60 mg/L  |                      | 18,17                  | 81,9 <sup>Aa</sup>   | 32,87                  | 67,36 <sup>Cbc</sup> | 27,46                  | 72,7 <sup>Bbc</sup>  | 36,1                   | 64,15 <sup>Ca</sup>  | 9,4  |
| 80 mg/L  |                      | 19,9                   | 80,23 <sup>Aab</sup> | 33,9                   | 66,33 <sup>Cbc</sup> | 23,8                   | 76,36 <sup>Ba</sup>  | 45,6                   | 54,71 <sup>Cc</sup>  | 14,2 |
| 100 mg/L |                      | 22,93                  | 77,22 <sup>Ab</sup>  | 32,6                   | 67,62 <sup>Cbc</sup> | 26,1                   | 74,08 <sup>Bb</sup>  | 45,2                   | 55,11 <sup>Dc</sup>  | 12,3 |
| %CV      |                      |                        | 5,8                  |                        | 7,08                 |                        | 2,8                  |                        | 6,02                 |      |

*Ghi chú: Các chữ cái a, b, c, d giống nhau trong cùng một cột, các chữ cái A, B, C, D giống nhau trong cùng một hàng thì không có sự khác biệt về mặt thống kê ở khoảng tin cậy 95% theo kiểm định F.*

Kết quả từ ở bảng 2 cho thấy, hiệu suất xử lý độ đục của chất trợ keo từ 4 loại thực vật có hiệu suất xử lý khác nhau. Đối với chất trợ keo từ rau đay, ở nồng độ 60 và 80 mg/L là hiệu quả nhất so với các nồng độ khác. Đối với mồng toi, nồng độ cho hiệu suất tốt nhất là 0 và 20 mg/L so với các nồng độ khác. Đối với đậu bắp, nồng độ 20 và 80 mg/L cho kết quả cao hơn so với các nồng độ còn lại. Đối với nha đam, nồng độ đạt hiệu suất tốt nhất là 20 và 40 mg/L.

So sánh cùng nồng độ ở những chất trợ keo khác nhau, tại 0 và 20 mg/L, mồng toi đạt hiệu suất lần lượt là 78,19 và 78,55%, cao hơn có ý nghĩa so với 3 loại thực vật còn lại. Tại nồng độ 40 mg/L, rau đay, đậu bắp và mồng toi đều cao tương đương và cao hơn nha đam. Từ các nồng độ 60, 80, 100 mg/L, chất trợ keo từ rau đay đạt hiệu suất xử lý lần lượt là 81,9, 80,23, 77,22%, cao hơn có ý nghĩa

về mặt thống kê so với mồng toi, đậu bắp và nha đam. So với kết quả nghiên cứu của Le Thi Hoang Oanh và cs (2020) [11], cũng sử dụng rau mồng toi kết hợp PAC để xử lý độ đục đạt trên 90% thì kết quả của nghiên cứu này thấp hơn khá nhiều, theo đó mồng toi chỉ đạt 78,55%. Sự khác biệt này phần lớn là do các hợp chất lơ lửng, nguyên nhân chính gây ra độ đục, trong của nước thải sinh hoạt khác biệt rất rõ so với màu của nước sông Tô Lịch.

Đối với hiệu suất xử lý COD, đây là một trong những chỉ tiêu xác định độ ô nhiễm trong nước, các chất trợ keo có tác dụng tạo kết nối với các hợp chất lơ lửng và kéo chúng lắng xuống. Kết quả ở bảng 3 cho thấy, hiệu suất xử lý COD của chất trợ keo từ rau đay và đậu bắp đạt hiệu quả ở 60 mg/L so với các nồng độ còn lại. Đối với chất trợ keo từ mồng toi, các nồng độ 40, 60, 80 mg/L đạt hiệu suất xử lý COD cao hơn các

nồng độ khác. Đối với nha đam, các nồng độ đạt hiệu suất xử lý cao là 0, 40, 60, 80 mg/L so với các nồng độ khác.

Khi so sánh ở cùng dãy nồng độ, tại 0 mg/L nha đam đạt hiệu suất tốt nhất là 57,04%. Tại 20 mg/L, rau đay và đậu bắp đạt hiệu suất tương đương, lần lượt là 52,81% và 53,44%, cao hơn về mặt thống kê so với mồng tơi và nha đam. Tại 40 mg/L, mồng tơi và nha đam đạt hiệu suất cao hơn, lần lượt

là 55% và 55,88%. Tại nồng độ 60 mg/L, rau đay và đậu bắp đều cao hơn 2 loại thực vật còn lại và đạt tương đương nhau là 63,97% và 64,18%. Từ các nồng độ 80 và 100 mg/L, hiệu suất của các chất trợ keo đều giảm dưới 60%. Ở nồng độ 80 mg/L, mồng tơi và nha đam cao tương đương nhau và cao hơn rau đay, đậu bắp. Ở nồng độ 100 mg/L, rau đay và đậu bắp cao hơn 2 loại thực vật còn lại.

**Bảng 3. Hiệu suất xử lý COD bằng các chất trợ keo với các nồng độ khác nhau**

|          | COD ban đầu (mg/L) | Rau đay              |                      | Mồng tơi             |                      | Đậu bắp              |                      | Nha đam              |                      | %CV  |
|----------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------|
|          |                    | COD sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%)  | COD sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%)  | COD sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%)  | COD sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%)  |      |
| 0 mg/L   | 35,2 ± 0,6         | 16,38                | 53,46 <sup>Bb</sup>  | 17,35                | 50,71 <sup>Cbc</sup> | 17,91                | 49,12 <sup>Cbc</sup> | 15,12                | 57,04 <sup>Aab</sup> | 5,7  |
| 20 mg/L  |                    | 16,61                | 52,81 <sup>Ab</sup>  | 18,33                | 47,92 <sup>Bc</sup>  | 16,39                | 53,44 <sup>Ab</sup>  | 17,56                | 50,12 <sup>Bb</sup>  | 4,3  |
| 40 mg/L  |                    | 17,92                | 49,08 <sup>Bbc</sup> | 15,84                | 55,0 <sup>Aab</sup>  | 17,61                | 49,98 <sup>Bbc</sup> | 15,53                | 55,88 <sup>Aab</sup> | 5,7  |
| 60 mg/L  |                    | 12,69                | 63,97 <sup>Aa</sup>  | 15,6                 | 55,69 <sup>Cab</sup> | 12,61                | 64,18 <sup>Aa</sup>  | 14,11                | 59,92 <sup>Ba</sup>  | 5,7  |
| 80 mg/L  |                    | 20,12                | 42,85 <sup>Bc</sup>  | 14,91                | 57,64 <sup>Aa</sup>  | 19,34                | 45,02 <sup>Bc</sup>  | 14,75                | 58,11 <sup>Aa</sup>  | 13,7 |
| 100 mg/L |                    | 17,43                | 50,47 <sup>Ab</sup>  | 19,16                | 45,57 <sup>Bc</sup>  | 16,23                | 53,89 <sup>Ab</sup>  | 19,2                 | 45,45 <sup>Bc</sup>  | 7,2  |
| %CV      |                    |                      | 12,15                |                      | 8,3                  |                      | 11,3                 |                      | 9,2                  |      |

Ghi chú: Các chữ cái a, b, c, d giống nhau trong cùng một cột, các chữ cái A, B, C, D giống nhau trong cùng một hàng thì không có sự khác biệt về mặt thống kê ở khoảng tin cậy 95% theo kiểm định F.

**Bảng 4. Kết quả giá trị pH của nước sau xử lý bằng các chất trợ keo của 4 loại thực vật**

|         | pH ban đầu | Rau đay      | Mồng tơi    | Đậu bắp     | Nha đam     |
|---------|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|         |            | pH sau xử lý |             |             |             |
| 0 mg/L  | 7          | 6,51 ± 0,05  | 6,54 ± 0,07 | 6,85 ± 0,03 | 7,17 ± 0,06 |
| 20 mg/L | 7          | 7,02 ± 0,03  | 6,5 ± 0,2   | 6,97 ± 0,1  | 6,92 ± 0,07 |
| 40 mg/L | 7          | 7,14 ± 0,03  | 6,42 ± 0,04 | 6,41 ± 0,05 | 6,93 ± 0,03 |
| 60 mg/L | 7          | 7,4 ± 0,02   | 6,25 ± 0,04 | 6,63 ± 0,04 | 7,03 ± 0,12 |

|          | pH ban đầu   | Rau đay    | Mồng toi    | Đậu bắp    | Nha đam     |
|----------|--------------|------------|-------------|------------|-------------|
|          | pH sau xử lý |            |             |            |             |
| 80 mg/L  | 7            | 7,2 ± 0,04 | 6,31 ± 0,03 | 6,87 ± 0,1 | 7,12 ± 0,04 |
| 100 mg/L | 7            | 7,1 ± 0,3  | 6,36 ± 0,04 | 6,7 ± 0,04 | 7,15 ± 0,06 |

Giá trị pH sau xử lý được thể hiện ở bảng 4 cho thấy, sau xử lý, các giá trị pH không có sự dao động lớn, chủ yếu trong khoảng 7 là giá trị pH ban đầu và so với QCVN 14:2025 [15] thì vẫn nằm trong khoảng cho phép là 6 - 9. Kết quả ở bảng 4 cũng phản ánh rằng, các chất trợ keo không làm ảnh hưởng đến giá trị pH của nước thải và không cần thiết phải sử dụng các chất cân bằng pH như axit hoặc bazơ khi xử lý bằng các chất trợ keo từ thiên nhiên.

Bảng 5 thể hiện kết quả hiệu suất xử lý nitơ tổng ở các nồng độ chất trợ keo khác nhau. Hiệu

suất xử lý của chất trợ keo nha đam thấp nhất trong 4 loại thực vật, hiệu suất đều dưới 50%, trong đó nồng độ 40, 80, 100 mg/L cao tương đương nhau và cao hơn các nồng độ còn lại. Hiệu suất xử lý của rau đay không chênh lệch quá nhiều, cao nhất là 66,7% tại 100 mg/L. Hiệu suất của chất trợ keo từ đậu bắp cao nhất là 78,81% tại 60 mg/L. Mồng toi đạt hiệu suất cao nhất là 87,35% tại 100 mg/L. Xét về cùng dãy nồng độ thì hầu hết các nồng độ mồng toi đều đạt hiệu suất cao hơn 3 loại thực vật còn lại.

**Bảng 5. Hiệu suất xử lý nitơ tổng bằng các chất trợ keo với các nồng độ khác nhau**

|          | Nitơ tổng ban đầu (mg/L) | Rau đay                    |                     | Mồng toi                   |                      | Đậu bắp                    |                     | Nha đam                    |                     | % CV |
|----------|--------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|------|
|          |                          | Nitơ tổng sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%) | Nitơ tổng sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%)  | Nitơ tổng sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%) | Nitơ tổng sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%) |      |
| 0 mg/L   | 33,2 ± 0,5               | 11,76                      | 64,57 <sup>Bb</sup> | 8,67                       | 73,88 <sup>Ac</sup>  | 13,61                      | 59,0 <sup>Cbc</sup> | 26,13                      | 21,29 <sup>Dc</sup> | 36,5 |
| 20 mg/L  |                          | 11,87                      | 64,23 <sup>Bb</sup> | 6,57                       | 80,2 <sup>Ab</sup>   | 12,02                      | 63,79 <sup>Bb</sup> | 24,46                      | 26,31 <sup>Cc</sup> | 33,7 |
| 40 mg/L  |                          | 11,9                       | 64,15 <sup>Bb</sup> | 9,33                       | 71,88 <sup>Ac</sup>  | 11,19                      | 66,3 <sup>Bb</sup>  | 18,55                      | 44,13 <sup>Ba</sup> | 17,0 |
| 60 mg/L  |                          | 13,16                      | 60,34 <sup>Cc</sup> | 10,04                      | 69,74 <sup>Bc</sup>  | 7,03                       | 78,81 <sup>Aa</sup> | 21,15                      | 35,98 <sup>Db</sup> | 26,0 |
| 80 mg/L  |                          | 12,75                      | 61,6 <sup>Bc</sup>  | 7,6                        | 77,08 <sup>Abc</sup> | 12,48                      | 62,41 <sup>Bb</sup> | 18,55                      | 44,12 <sup>Ca</sup> | 19,0 |
| 100 mg/L |                          | 11,06                      | 66,7 <sup>Ba</sup>  | 4,2                        | 87,35 <sup>Aa</sup>  | 16,08                      | 51,56 <sup>Cc</sup> | 18,28                      | 44,93 <sup>Da</sup> | 26,0 |
| %CV      |                          |                            | 3,3                 |                            | 7,63                 |                            | 12,9                |                            | 25,8                |      |

*Ghi chú: Các chữ cái a, b, c, d giống nhau trong cùng một cột, các chữ cái A, B, C, D giống nhau trong cùng một hàng thì không có sự khác biệt về mặt thống kê ở khoảng tin cậy 95% theo kiểm định F.*

Hiệu suất xử lý phospho tổng được thể hiện ở bảng 6. Kết quả cho thấy, các chất trợ keo từ mồng toi, nha đam, đậu bắp và rau đay không có khác biệt nhiều, đều đạt trên 50%. Hiệu suất xử lý của chất trợ keo từ rau đay ở nồng độ 0, 20, 60, 100 mg/L đạt cao tương đương nhau và cao hơn ở nồng độ 40 và 80 mg/L. Hiệu suất của mồng toi

đạt hiệu quả cao và tương đương nhau ở hầu hết các nồng độ là 0, 20, 40, 60, 80 mg/L. Hiệu suất xử lý phospho của đậu bắp cao ở nồng độ 40 và 60 mg/L. Ở nha đam, hiệu suất xử lý cao ở các nồng độ 40, 60, 80, 100 mg/L và tương đương nhau.

Khi so sánh cùng nồng độ, các chất trợ keo từ rau đay, mồng toi và đậu bắp đạt hiệu suất xử lý

cao hơn nha đam tại 0 mg/L. Ở nồng độ 20 mg/L, mỏng toi đạt hiệu suất xử lý tốt nhất là 81,77% so với 3 loại thực vật còn lại. Ở nồng độ 40 mg/L, chất trợ keo từ mỏng toi và đậu bắp đạt hiệu quả cao hơn, lần lượt là 84,11 và 80,7%. Ở nồng độ 60

mg/L, hiệu suất của 4 loại thực vật không có khác biệt ý nghĩa về mặt thống kê. Ở nồng độ 80 mg/L, nha đam đạt hiệu suất cao nhất là 80,8%. Ở nồng độ 100 mg/L, rau đay và nha đam đạt hiệu suất cao hơn, lần lượt là 78,03% và 80,18%.

**Bảng 6. Hiệu suất xử lý phospho tổng bằng các chất trợ keo với các nồng độ khác nhau**

|          | Phospho tổng ban đầu (mg/L) | Rau đay                       |                       | Mỏng toi                      |                      | Đậu bắp                       |                      | Nha đam                       |                      | % CV  |
|----------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-------|
|          |                             | Phospho tổng sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%)   | Phospho tổng Sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%)  | Phospho tổng sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%)  | Phospho tổng sau xử lý (mg/L) | Hiệu suất xử lý (%)  |       |
| 0 mg/L   | 3,2 ± 0,21                  | 0,7                           | 77,12 <sup>Aa</sup>   | 0,76                          | 75,44 <sup>Aab</sup> | 0,76                          | 75,44 <sup>Ab</sup>  | 1,3                           | 58,07 <sup>Bc</sup>  | 10,8  |
| 20 mg/L  |                             | 0,75                          | 75,9 <sup>Ba</sup>    | 0,57                          | 81,77 <sup>Aa</sup>  | 0,76                          | 75,15 <sup>Bb</sup>  | 1,26                          | 59,35 <sup>Cc</sup>  | 11,4  |
| 40 mg/L  |                             | 0,92                          | 70,3 <sup>Cb</sup>    | 0,49                          | 84,11 <sup>Aa</sup>  | 0,59                          | 80,7 <sup>ABab</sup> | 0,66                          | 78,6 <sup>Bab</sup>  | 6,48  |
| 60 mg/L  |                             | 0,71                          | 77,27 <sup>Aa</sup>   | 0,6                           | 80,67 <sup>Aa</sup>  | 0,54                          | 82,5 <sup>Aa</sup>   | 0,43                          | 86,1 <sup>Aa</sup>   | 3,9   |
| 80 mg/L  |                             | 1,01                          | 67,42 <sup>BCbc</sup> | 0,87                          | 72 <sup>Bab</sup>    | 1,09                          | 64,84 <sup>Cc</sup>  | 0,6                           | 80,8 <sup>Aab</sup>  | 8,5   |
| 100 mg/L |                             | 0,68                          | 78,03 <sup>Aa</sup>   | 1,53                          | 50,56 <sup>Cc</sup>  | 1,17                          | 62,12 <sup>Bc</sup>  | 0,62                          | 80,18 <sup>Aab</sup> | 17,89 |
| %CV      |                             |                               | 5,3                   |                               | 15,2                 |                               | 10,3                 |                               | 14,8                 |       |

*Ghi chú: Các chữ cái a, b, c, d giống nhau trong cùng một cột, các chữ cái A, B, C, D giống nhau trong cùng một hàng thì không có sự khác biệt về mặt thống kê ở khoảng tin cậy 95% theo kiểm định F.*

Kết quả ở bảng 2, 3, 4, 5, 6 cho thấy, loại chất trợ keo từ đậu bắp ở 60 mg/L đạt 3 trong 4 chỉ tiêu là 64,18% xử lý COD, 78,81% xử lý nitơ tổng, 82,5% xử lý phospho tổng cao hơn so với 3 loại thực vật còn lại và được chọn cho các thí nghiệm tiếp theo.

### 3.3. Sự ảnh hưởng của giá trị pH tới hiệu suất xử lý nước thải

Sau khi chọn được chất trợ keo từ đậu bắp với 60 mg/L kết hợp 30 mg/L PAC, thử nghiệm xử lý ở các giá trị pH 5, 6, 7, 8, 9, là dãy pH trong thông số pH cho phép của QCVN 14:2025 [15]. COD ban đầu được xác định là 35,2 ± 0,4 mg/L, độ đục được cố định là 100 NTU, nitơ tổng là 36,1 ± 0,5 mg/L, phospho tổng là 4,5 ± 0,4 mg/L.

Bảng 7 và hình 2 cho thấy, hiệu suất xử lý COD ở các giá trị pH khác nhau có sự dao động, thấp nhất từ 47,94% tại pH 5 tới cao nhất 61,66% tại pH 7. Xử lý độ đục của 60 mg/L chất trợ keo từ đậu bắp kết hợp 30 mg/L PAC cho thấy, kết quả thấp nhất là 69,32% ở pH 5, tại pH 6 và pH 7 đạt hiệu suất cao hơn ở các giá trị pH còn lại, lần lượt là 84,37 và

84,6%. Kết quả nghiên cứu của Abidin và cs (2014) [16] cho thấy, dịch trích từ hạt đậu bắp có thể loại bỏ 64,5% độ đục ở 25 mg/L, trong khi dịch trích từ trái đậu bắp có thể loại bỏ 49% độ đục ở 75 mg/L, so với kết quả của nghiên cứu này thì chất trợ keo từ trái đậu bắp cao hơn rất nhiều, loại bỏ độ đục đạt hơn 84% với nồng độ 60 mg/L kết hợp 30 mg/L PAC. Giá trị pH có sự thay đổi không lớn sau khi xử lý nước thải, hầu hết đều dao động trong khoảng 0,5 so với giá trị ban đầu. Tuy nhiên, giá trị pH của nước sau xử lý từ pH 5, 6, 7 đều có sự tăng pH so với ban đầu, còn pH 8 và 9 lại giảm so với pH ban đầu. Điều này có thể lý giải, PAC được điều chỉnh về gần 7 nên các giá trị pH đều nghiêng về giá trị pH 7. Hiệu suất xử lý nitơ tổng ở pH 7 và 8 của đậu bắp cao hơn ở pH 5, 6, 9, lần lượt đạt hiệu suất 73,5% và 75,64%, cho thấy pH 7 và 8 là điều kiện phù hợp để đậu bắp loại bỏ nitơ tổng. Đối với hiệu suất xử lý phospho tổng ở pH 6 và 7 cũng đạt cao nhất là 81,67% và 83,89%. Từ kết quả ở bảng 7 và hình 2 cho thấy, pH 7 cho kết quả xử lý nước thải sinh hoạt có hiệu quả nhất.

**Bảng 7. Hiệu suất xử lý nước thải của chất trợ keo tụ hấp ở các giá trị pH**

| pH ban đầu | Hiệu suất xử lý COD (%) | Hiệu suất xử lý độ đục (%) | Thay đổi pH sau xử lý | Hiệu suất xử lý nitơ tổng (%) | Hiệu suất xử lý phospho tổng (%) |
|------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| pH 5       | 47,94 <sup>d</sup>      | 69,32 <sup>d</sup>         | 5,44 ± 0,07           | 62,56 <sup>d</sup>            | 54,44 <sup>d</sup>               |
| pH 6       | 57,69 <sup>c</sup>      | 84,37 <sup>a</sup>         | 6,29 ± 0,03           | 69,66 <sup>c</sup>            | 81,67 <sup>a</sup>               |
| pH 7       | 61,66 <sup>a</sup>      | 84,68 <sup>a</sup>         | 7,12 ± 0,17           | 73,5 <sup>ab</sup>            | 83,89 <sup>a</sup>               |
| pH 8       | 59,06 <sup>b</sup>      | 78,1 <sup>b</sup>          | 7,77 ± 0,01           | 75,64 <sup>a</sup>            | 68,89 <sup>b</sup>               |
| pH 9       | 59,42 <sup>b</sup>      | 70,45 <sup>c</sup>         | 8,72 ± 0,03           | 71,62 <sup>bc</sup>           | 62,22 <sup>c</sup>               |
| %CV        | 8,36                    | 8,48                       | 16,1                  | 6,35                          | 16,0                             |

*Ghi chú: Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột không có sự khác biệt về mặt thống kê ở khoảng tin cậy 95% theo kiểm định F.*



**Hình 2. Nước thải ban đầu và sau xử lý bằng chất trợ keo ở các giá trị pH khác nhau**

*Ghi chú: Từ trái sang phải: Nước chưa xử lý, nước đã xử lý ở pH 5, 6, 7, 8, 9.*

#### 3.4. Ảnh hưởng của thời gian lắng tới hiệu suất xử lý nước thải

Từ kết quả của các thí nghiệm trên, tiếp tục thử nghiệm xử lý nước thải sinh hoạt bằng chất

trợ keo từ đậu bắp là 60 mg/L có bổ sung 30 mg/L PAC tại pH 7 với các thời gian lắng là 15, 30 và 45 phút.

**Bảng 8. Hiệu suất xử lý nước thải sinh hoạt của chất trợ keo đậu bắp ở các thời gian lắng**

| Thời gian lắng (phút) | Hiệu suất xử lý COD (%) | Hiệu suất xử lý độ đục (%) | Thay đổi pH sau xử lý | Hiệu suất xử lý nitơ tổng (%) | Hiệu suất xử lý phospho tổng (%) |
|-----------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 15                    | 59,84 <sup>c</sup>      | 82,27 <sup>c</sup>         | 7,12 ± 0,08           | 46,0 <sup>c</sup>             | 85,56 <sup>b</sup>               |
| 30                    | 62,03 <sup>b</sup>      | 84,68 <sup>b</sup>         | 7,27 ± 0,13           | 53,33 <sup>b</sup>            | 87,11 <sup>b</sup>               |
| 45                    | 64,18 <sup>a</sup>      | 89,4 <sup>a</sup>          | 7,3 ± 0,1             | 64,67 <sup>a</sup>            | 93,33 <sup>a</sup>               |
| %CV                   | 2,85                    | 3,46                       | 1,08                  | 14,05                         | 3,79                             |

*Ghi chú: Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột không có sự khác biệt về mặt thống kê ở khoảng tin cậy 95% theo kiểm định F.*

Kết quả ở bảng 8 cho thấy, hiệu suất xử lý COD tăng dần theo thời gian, do thời gian càng lâu, các chất lơ lửng trong nước càng lắng nhiều và làm nước sạch hơn. Điều này thấy rõ tại 45 phút, hiệu suất xử lý COD đạt 64,18% là cao nhất. Tương tự, với hiệu suất xử lý độ đục cao nhất là 89,4%, khác biệt có ý nghĩa so với các khoảng thời gian là 15 và 30 phút. Về giá trị pH, ở cả 3 khoảng thời gian đều không chênh lệch nhau và đều tăng pH so với pH ban đầu là 7. Hiệu suất xử lý nitơ tổng và phospho tổng của chất trợ keo từ đậu bắp đạt cao nhất ở 45 phút, lần lượt là 64,67 và 93,33%, cao hơn vượt trội so với 15 và 30 phút.

#### **4. KẾT LUẬN**

Hiệu suất xử lý COD, độ đục và pH ở nồng độ 60 mg/L từ đậu bắp có hiệu suất tốt nhất so với các loại thực vật còn lại. Tại giá trị pH 7 và thời gian lắng là 45 phút, chất trợ keo từ đậu bắp cho khả năng xử lý nước thải sinh hoạt tốt nhất và không làm thay đổi giá trị pH. Điều đó cho thấy, tiềm năng sử dụng các nguồn thực vật để ứng dụng xử lý nước thải và không gây hại cho môi trường sống.

Kiến nghị phân tích thành phần các chất trong chất trợ keo và thử nghiệm xử lý ở các loại nước thải khác.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Bhusan Chakrabarty Suman, Molnar Tamsas, Ardo Laszlo, Jeney Galina, Hancz Csaba (2015). Oral Administration of *Basella alba* Leaf methanol extract and genistein enhances the growth and non-specific immune responses of *Oreochromis niloticus*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(1), 167 - 173.
2. Li T., Zhu Zhe, Wang Dongsheng, Yao Chonghua, Tang Hongxiao (2006). Characterization of floc size, strength and structure under various coagulation mechanism. *Powder Technology*, 168(2), 104 - 110.
3. Vijayaraghavan G., Sivakumar T., Vimal Kumar A. (2011). Application of plant-based coagulation for wastewater treatment. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, 1, 88 - 92.
4. Arash K., Taherian Ali Reza, Razavi Seyed M. A., Bostan Aram (2009). Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extract from *Lepidium perfoliatum* seeds. *Food Hydrocolloids*, 23(8): 2369 - 2379.
5. Sepulveda E, Saenz C, Aliaga E, Aceituno C (2007). Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp.. *Journal of Arid Environments*, 11(2): 534 - 545.
6. Shende P. A. and Das N. (2021). Green synthesis of iron nanoparticles using bioflocculant extracted from okra (*Abelmoschus esculentus* (L) Moench) and its application towards elimination of toxic metals from wastewater: A statistical approach. *J. Water Environ. Nanotechnol*, 6(4): 338 - 355.
7. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2019). *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2018. Chuyên đề: Môi trường nước các lưu vực sông*. Nxb Tài nguyên – Môi trường và Bản đồ Việt Nam, 158 trang.
8. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5999:1995. Chất lượng nước – Lấy mẫu – Hướng dẫn lấy mẫu nước thải.
9. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6663-3:2008. Chất lượng nước – Lấy mẫu – Phần 3: Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu.
10. Vũ Thị Cẩm Vân (2019). Nghiên cứu điều chế một số chất trợ keo có nguồn gốc thực vật và ứng dụng trong xử lý nước thải dệt nhuộm. Luận văn Thạc sĩ ngành Khoa học môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội. 86 trang.
11. Le Thi Hoang Oanh, Nguyen Thi Lan Anh, Pham Lan Huong, Ha Xuan Nam, Luu Minh Loan (2020). Turbidity removal by mucilage from *Basella alba*. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 58(4), 505 – 513.
12. Tiêu chuẩn Việt nam TCVN 6638:2000 (ISO 10048:1991). Chất lượng nước – Xác định nitơ - Vô cơ hóa xúc tác sau khi khử bằng hợp kim devarda.

13. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6202:2008 (ISO 6878:2004). Chất lượng nước – Xác định phospho - Phương pháp đo phổ dùng amoni molipdat.

14. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989). Chất lượng nước - Xác định nhu cầu oxi hóa học.

15. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia QCVN 14:2025/BTNMT về Nước thải sinh hoạt và nước thải đô thị, khu dân cư tập trung.

16. Abidin C. Z. A., M. A. Fazara and M. D. Hatim (2014). Performance evaluation of Okra (*Abelmoschus esculentus*) as coagulant for turbidity removal in water treatment. *Key Engineering Materials Vols*, 594 - 595, 226 - 230.

## **USING COAGULANT SUBSTANCES FROM SOME PLANT SOURCES TO TREAT DOMESTIC WASTEWATER**

**Vu Thi Yen<sup>1</sup>, Huynh Kim Yen<sup>1</sup>,**

**Nguyen Thi Thu Hau<sup>1</sup>, Le Bich Tuyen<sup>1</sup>, Pham Trong Nghia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Kien Giang University*

### **Abstract**

Domestic wastewater treatment is currently receiving special attention due to its serious impact on the living environment. The use of natural, readily available and low-cost plant-based coagulants such as jute (*Corchorus olitorius*), Malabar spinach (*Basella alba*), aloe vera (*Aloe vera*), and okra (*Abelmoschus esculentus*) offers a promising and environmentally friendly solution to this problem. Experiment 1 aimed to evaluate the effect of different concentrations of coagulant aids (0, 20, 40, 60, 80, 100 mg/L) combined with 30 mg/L PAC on treatment efficiency. The results showed that a mixture containing 60 mg/L of okra extract achieved superior removal efficiencies of COD (64.18%), turbidity (72.7%), total nitrogen (78.81%) and total phosphorus (82.5%) compared to other plant-based coagulants. Experiment 2 investigated the effect of pH values (5, 6, 7, 8, 9) and experiment 3 examined the impact of settling times (15, 30, 45 minutes) on wastewater treatment performance. The results indicated that at pH 7 and a settling time of 45 minutes, okra extract achieved a COD removal efficiency of 64.18% and turbidity removal above 89%, without altering the pH of the treated water. These findings suggest that using okra-derived coagulants for domestic wastewater treatment is a promising and eco-friendly solution.

**Keywords:** *Coagulant substances, COD, domestic wastewater, pH, settling time, turbidity.*

**Ngày nhận bài:** 02/6/2025

**Ngày chuyển phản biện:** 6/6/2025

**Ngày thông qua phản biện:** 10/7/2025

**Ngày duyệt đăng:** 20/7/2025