



Original Article

## Separated or Combined Treatment of Dye Wastewater Streams: A Case Study with Coagulation and Flocculation Process

Le Thi Hoang Oanh\*, Tran Nhat Le, Luu Minh Loan, Nguyen Truong Quan

*VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

Received 19 August 2023

Revised 14 January 2024; Accepted 18 March 2024

**Abstract:** This study compared the treatment conditions and efficiencies of the coagulation and flocculation process (CFP) on mixed and separated dye wastewater. The CFP, which employed Poly Aluminium Chloride (PAC) as coagulant and mucilage extracted from the peel of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) (DFPM) as flocculant, was investigated based on Jar-tests. The suitable coagulation and flocculation conditions were found similar at pH (4-7), settling time (30-60 min.), and flocculant dosage (2-5 mg/L) for both type of wastewaters. However, the optimal PAC dosage was determined to be significantly higher for separated dye wastewater stream (330 mg/L PAC) than for the mixed one (260 mg/L PAC) to ensure same treatment efficiencies. The treatment efficiencies were similar for TSS and turbidity of both wastewater types; However, much less for color and COD of separated dye wastewater stream in comparison to those of the mixed one (78% and 68% vs 90% and 76%, respectively). This study provides a scientific basis for the consideration of separated or combined treatment of dye wastewater streams by CFP.

**Keywords:** Separated treatment, dye wastewater, coagulation, flocculation.

\* Corresponding author.

*E-mail address:* [hoangoanh.le@hus.edu.vn](mailto:hoangoanh.le@hus.edu.vn)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5000>

# Xử lý nước thải nhuộm tách dòng hay trộn dòng: ví dụ về quá trình keo tụ - tạo bông

Lê Thị Hoàng Oanh\*, Trần Nhật Lê, Lưu Minh Loan, Nguyễn Trường Quân

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội,  
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 19 tháng 8 năm 2023

Chỉnh sửa ngày 14 tháng 01 năm 2024; Chấp nhận đăng ngày 18 tháng 3 năm 2024

**Tóm tắt:** Nghiên cứu này so sánh điều kiện và hiệu quả xử lý nước thải nhuộm tách dòng và trộn dòng của quá trình keo tụ - tạo bông (CFP). Quá trình CFP dùng Poly Aluminium Chloride (PAC) làm chất keo tụ và chất nhầy tách chiết từ vỏ quả thanh long trắng (*Hylocereus undatus*) (DFPM) làm chất trợ keo tụ được nghiên cứu dựa theo mô hình Jar test. Điều kiện keo tụ tạo bông tương tự đối với 2 loại nước thải ở pH (4-7), thời gian lắng (30-60 phút), và liều chất trợ keo tụ (2-5 mg/L); nhưng liều PAC tối ưu dành cho nước thải nhuộm tách dòng (330 mg/L) cao hơn rõ rệt so với nước thải nhuộm trộn dòng (260 mg/L). Hiệu quả xử lý tương tự cho 2 loại nước thải ở 2 chỉ tiêu TSS và độ đục; nhưng lại thấp hơn rõ rệt ở chỉ tiêu độ màu và COD đối với nước thải nhuộm tách dòng (78% và 68% so với 90% và 76%). Nghiên cứu đã cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn tách dòng hay trộn dòng nước thải nhuộm khi xử lý bằng CFP.

**Từ khóa:** Xử lý tách dòng, nước thải nhuộm, keo tụ, tạo bông.

## 1. Mở đầu

Ngành dệt nhuộm góp phần quan trọng trong gây suy giảm chất lượng nước và thông qua đó gây tác động tiêu cực đến môi trường và con người [1]. Theo World Bank, khoảng 17-20% nước thải từ ngành này được phát sinh từ công đoạn nhuộm và hoàn tất [2]. Thuốc nhuộm dư chứa trong nước thải liên quan đến rất nhiều bệnh tật ở người và động vật do có độc tính cao [3, 4]. Màu azo được sử dụng phổ biến nhất trong quá trình nhuộm nhưng quá trình nhuộm không hiệu quả giải phóng 15-50% lượng thuốc nhuộm không dính trên sợi vải vào trong nước thải [5]. Bên cạnh đó, nước nhuộm còn chứa các hóa chất và tạp chất khác và là một đối tượng khó xử lý.

Quá trình keo tụ - tạo bông được áp dụng phổ biến trong xử lý nước thải nhuộm, đặc biệt tại

các quốc gia đang phát triển do tính hiệu quả cao và dễ thực hiện [6]. Quá trình này liên quan đến sử dụng chất keo tụ và chất trợ keo tụ nhằm tạo thành các hạt bông lớn từ các hạt phân tán, mà dễ dàng được tách ra khỏi dung dịch nước thải để bước đầu xử lý nó [7].

Tách dòng nước thải để xử lý được cho là một phương pháp sáng tạo và tiềm năng do có thể tập trung chất ô nhiễm trong thể tích nhỏ hơn, cũng như có thể lựa chọn giải pháp công nghệ phù hợp cho từng dòng nước thải. Sự cô đặc các chất ô nhiễm vi lượng trong nước đen tách ra từ nước thải sinh hoạt có thể tăng cường hiệu quả xử lý chúng [8]. Tách dòng nước thải chăn nuôi lợn thành dòng cao tải và dòng thấp tải làm tăng cường rõ rệt hiệu quả phân giải yếm khí [9]. Vậy tách dòng nước thải nhuộm có phù hợp khi áp dụng quá trình keo tụ - tạo bông hay không?

\* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: hoangoanh.le@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5000>

Keo tụ - tạo bông bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như điều kiện vận hành (pH, nhiệt độ, thời gian lắng, thiết kế thiết bị khuấy,...), loại và liều chất keo tụ, trợ keo tụ, và đặc biệt là bản chất nước thải [7]. Các hoá chất trong nước thải nhuộm có thể có nhiều tác động đối với các cơ chế keo tụ - tạo bông: nhóm mang màu, nhóm phụ sắc, muối, axit, kiềm, chất tẩy ảnh hưởng đến cân bằng điện tích và nền điện ly của dung dịch; nhựa, tinh bột, muối nhôm, muối magie, polymer có thể là tác nhân keo tụ - tạo bông [6]. Việc trộn nước thải nhuộm với nhau có thể làm tăng hiệu ứng của các thành phần nước thải nhuộm với quá trình keo tụ - tạo bông nhờ phản ứng phong phú của các thành phần khác biệt có trong các loại nước thải. Ví dụ, nước thải đấng từ quá trình sản xuất muối NaCl bằng năng lượng mặt trời đã được nghiên cứu để xử lý nước thải nhuộm và cho là có hiệu quả xử lý độ đục so sánh với  $MgCl_2$  do nước thải này giàu muối magie [7].

Vì vậy, nghiên cứu này so sánh điều kiện vận hành và hiệu quả của quá trình keo tụ - tạo bông trong trường hợp nước thải tách dòng và trộn dòng nhằm cung cấp cơ sở dữ liệu cho việc lựa chọn công nghệ xử lý.

## 2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Nguyên liệu

#### 2.1.1. Nước thải nhuộm

Cả 2 loại nước thải nhuộm nghiên cứu đều được lấy tại Công ty nhuộm Huy Phát, Dương Nội, Hà Nội:

- Nước thải nhuộm tách dòng được lấy từ hòng xả của bể nhuộm màu phân tán xanh nước biển có công thức Blue 2BLN 1,5%, Violet 0,3%, Blue SGL 0,3%.

- Nước thải trộn dòng được thu tại bể gom chung.

Công ty nhuộm Huy Phát chỉ thực hiện hoạt động nhuộm vải theo đơn đặt hàng. Trong ngày lấy mẫu, công ty có xả thải ở khu vực nhuộm màu pigment (nhuộm vải rắn ri), hai bể nhuộm màu hoạt tính (màu xanh đen Drimaren Navy CL-R 0,57%, Drimaren Yellow CL-3G 0,07%) và 2 bể nhuộm màu phân tán (màu xanh nước

biển nêu trên). Nước thải từ các đơn vị nhuộm được chảy theo rãnh thu gom đưa về bể gom chung.

Nước thải nhuộm được thu vào trong các can, chở về phòng thí nghiệm, làm đồng nhất và để lắng qua đêm ở nhiệt độ phòng ( $27 \pm 2^\circ C$ ) và thu lớp nước sau lắng để tiến hành quá trình keo tụ - tạo bông. Đặc tính của chúng được thể hiện trong Bảng 1.

#### 2.1.2. Chất keo tụ, trợ keo tụ

PAC (AC100S) là chất keo tụ được mua từ Grasim Industries Ltd. (India).

Chất nhầy tách chiết từ vỏ quả thanh long trắng (*Hylocerus undatus*), DFPM, là sản phẩm của đề tài QG.18.12 cấp Đại học Quốc gia Hà Nội. Phương pháp tách chiết được mô tả trong Nguyen và cộng sự [10] và Le và cộng sự [11]. Vỏ quả thanh long khô cỡ 5mm được đun cách thủy với nước cất theo tỉ lệ 1 : 8 (w/v) ở nhiệt độ  $60^\circ C$  trong 1 giờ, để nguội và lọc qua 8 lớp vải muslin để thu dịch lọc chứa DFPM. DFPM được tách ra khỏi dịch lọc nhờ kết tủa bằng axeton (3 axeton: 1 dịch lọc,...), rửa với cồn 96% 3-4 lần và làm khô ở nhiệt độ  $40^\circ C$ . Sau khi sấy, DFPM được nghiền thành bột, lưu trữ trong túi zip ở bình hút ẩm để sử dụng cho thí nghiệm. DFPM được sử dụng như chất trợ keo tụ kết hợp với PAC.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Xác định điều kiện phù hợp của quá trình keo tụ - tạo bông

- Thời gian lắng và pH phù hợp: thí nghiệm tiến hành theo mô hình Jar-test [10, 11]. Trước tiên, nước thải được hiệu chỉnh pH bằng HCl đặc hoặc NaOH 3 M để đạt pH biến đổi trong khoảng 4-9. PAC được khuấy nhanh (200 vòng/phút) trong nước thải nhuộm với liều 300 mg/L và 500 mg/L, tương ứng với nước thải trộn dòng và nước thải tách dòng, trong vòng 1 phút. Sau đó, nước thải tiếp tục được khuấy chậm 30 - 40 vòng/phút trong vòng 10 phút trước khi để lắng 30, 40 và 60 phút. Hiệu quả xử lý độ đục được đánh giá thông qua hiệu quả xử lý độ đục tính bằng phần trăm suy giảm của độ đục. Độ đục của nước trong các thí nghiệm được đo ở lớp nước

mặt bằng máy đo độ đục cầm tay Hach 2100Q theo đơn vị NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

- Liều PAC phù hợp: quy trình thí nghiệm tiến hành tương tự nhưng pH và thời gian lắng được cố định theo giá trị phù hợp tìm ra được và liều PAC được thay đổi trong khoảng 250-900 mg/L.

- Liều DFPM phù hợp: quy trình thí nghiệm tiến hành tương tự ở điều kiện pH, liều PAC và thời gian lắng phù hợp. Tuy vậy, ở giai đoạn khuấy chậm, DFPM được thêm vào với liều trong khoảng 0-50 mg/L.

2.2.2. Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải nhuộm

Hiệu quả xử lý nước thải nhuộm của quá trình keo tụ - tạo bông được thực hiện ở điều kiện pH, liều PAC, liều DFPM và thời gian lắng tối ưu. Các chỉ tiêu được đánh giá gồm pH, TSS, độ đục, độ màu, COD của nước thải [12]. Hiệu quả xử lý của từng chỉ tiêu được tính bằng % loại bỏ của chúng do quá trình keo tụ - tạo bông.

Các thí nghiệm được lặp lại 2-3 lần và kết quả trung bình và độ lệch chuẩn được biểu diễn ở các bảng và biểu đồ.

Nước thải trộn dòng có độ màu cao hơn nước thải tách dòng do nước thải tách dòng chỉ gồm màu xanh nước biển phân tán trong khi nước trộn dòng được trộn thêm màu hoạt tính và màu pigment. Màu hoạt tính có tỉ lệ bám giữ thấp nhất trong các loại thuốc nhuộm nên có độ màu cao. TSS của nước trộn dòng cao do màu pigment dư không tan trong nước và sản phẩm phụ của quá trình giặt và tiền xử lý vải của quá trình nhuộm màu hoạt tính và pigment như sợi, chất phân tán, chất kết dính, kết tủa do tác nhân axit, bazơ. TSS của nước thải trộn dòng cao nhưng độ đục lại thấp hơn so với nước thải trộn dòng có thể giải thích rằng kích thước hạt tồn tại trong nước thải tách dòng nhỏ hơn so với nước thải trộn dòng và có thể đã không được giữ lại trên màng lọc khi phân tích TSS. Có khả năng là tác nhân axit, bazơ, chất kết dính và muối sử dụng trong tiền xử lý, cố định và giặt vải nhuộm hoạt tính và nhuộm pigment đã gây ra quá trình keo tụ tạo thành các hạt kích thước lớn hơn này.

Bảng 1. Đặc tính của nước thải nhuộm nghiên cứu

Chi tiêu	Đơn vị	Nước thải trộn dòng	Nước thải tách dòng	QCVN 13:2015 loại B
pH	-	6,34±0,05	7,11±0,12	5,5 – 9,0
TSS	mg/L	930±2,50	685±2,89	100
Độ đục	NTU	842±4,16	1752±77,48	-
Độ màu	Pt-Co	7045±25	3100±91	200
COD	mgO <sub>2</sub> /L	2350±58	1250±79	200

3. Kết quả và thảo luận

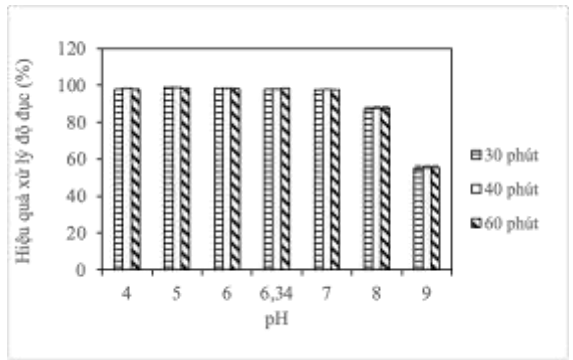
3.1. Điều kiện phù hợp của quá trình keo tụ - tạo bông

3.1.1. Thời gian lắng và pH thích hợp

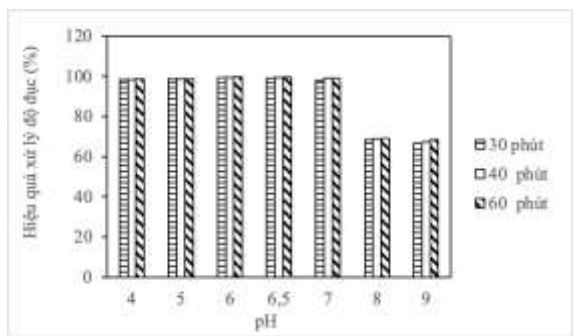
Trên cả 2 mẫu nước nhuộm, hiệu quả xử lý độ đục trong khoảng thời gian lắng từ 30 đến 60 phút tăng nhưng không đáng kể (0,2% - 1,8%) (Hình 1). Tuy vậy, ở mẫu nước thải nhuộm trộn dòng, bùn lắng có đặc điểm rắn và mịn, và thể tích ổn định qua thời gian. Trong khi đó, ở mẫu nước thải nhuộm tách dòng, thể tích của cột bùn lắng giảm đi hơn hai lần khi thay đổi thời gian lắng từ 30 đến 60 phút. Vì vậy thời gian lắng phù

hợp lần lượt là 30 - 40 phút với mẫu nước thải nhuộm trộn dòng và 60 phút với mẫu nước thải nhuộm tách dòng.

Trong khoảng pH từ 4 – 7, hiệu quả xử lý độ đục đối với cả hai mẫu nước đều cao và ổn định (97,92% - 98,9% đối với mẫu nước thải nhuộm trộn dòng và 98,34% - 99,57% đối với mẫu nước thải nhuộm tách dòng). Tuy nhiên tại giá trị pH 8, hiệu quả xử lý độ đục giảm còn tương ứng là 87,62% và 68,5%. Ở pH 9, hiệu quả tiếp tục giảm với độ giảm không đáng kể ở mẫu nước thải nhuộm tách dòng và giảm mạnh ở mẫu nước thải nhuộm trộn dòng xuống còn 55,2%. Như vậy khoảng pH phù hợp để xử lý 2 loại nước thải nhuộm là 4 – 7.



a) Nước thải nhuộm trộn dòng.



b) Nước thải nhuộm tách dòng.

Hình 1. Ảnh hưởng của pH và thời gian lắng đến khả năng keo tụ của PAC trên mẫu nước thải nhuộm.

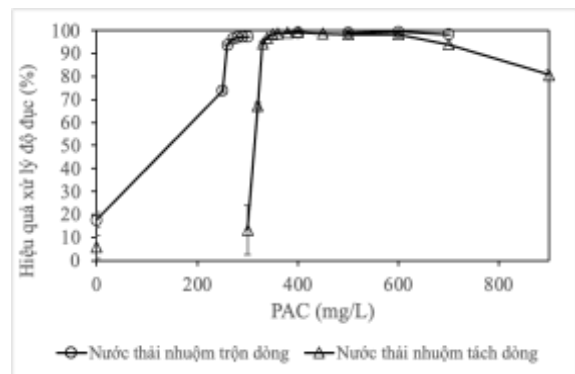
Kết quả về thời gian lắng và pH phù hợp cho quá trình keo tụ - tạo bông nước thải nhuộm hoàn toàn tương đồng với nhiều nghiên cứu [10, 11, 13].

pH và thời gian lắng là 2 yếu tố vận hành quan trọng bậc nhất của quá trình keo tụ - tạo bông và ảnh hưởng trực tiếp đến chi phí xử lý nước. Khả năng lắng của các hạt bông phụ thuộc lớn vào kích thước của hạt bông tạo ra sau quá trình keo tụ - tạo bông. Chất trợ keo tụ làm tăng cường khả năng lắng của hạt bông do nó làm tăng kích thước hạt bông tạo thành từ quá trình keo tụ. pH ảnh hưởng đến tính chất vật lý, hoá học của chất keo tụ và các phần tử trong nước thải. Sự tăng cường ion  $H^+$  ở pH thấp khiến cho các phần tử hạt mang điện tích âm dễ bị trung hoà điện và mất ổn định làm tăng hiệu quả keo tụ [14]. pH cũng ảnh hưởng đến cân bằng phản ứng của các nhóm chức hữu cơ và ion  $H^+$  cũng như các sản phẩm thủy phân của nhôm. Ở pH <

4,  $Al_3^+$  thủy phân thành dạng axit tự do và dễ dàng bị trung hoà bởi  $OH^-$ . Các polymer nhôm mạch dài tăng lên ở pH khoảng 4,0-5,2 và bị giảm đi khi pH tăng lên trong khoảng 5,2-6,4. Ở pH lớn hơn, dạng  $Al(OH)_3$  vô định hình tồn tại chủ yếu do quá trình phân huỷ polymer mạch dài. Khi  $pH \geq 8,0$   $Al(OH)_3$  lại bị hoà tan thành dạng  $Al(OH)_4^-$ . Polymer và hydroxit nhôm ít tan có vai trò quan trọng đối với cơ chế keo tụ trung hoà điện, quét và cầu nối và mang lại hiệu quả keo tụ cao. Khi pH càng tăng, điện tích của các phần tử hạt càng trở nên âm. Mặt khác, PAC có điểm đẳng điện  $\sim$  pH 9,0 cũng bị mang điện tích âm khi  $pH > 9,0$ . Điều này cho thấy, tác dụng keo tụ bị mất đi ở cả 3 phương diện trung hòa điện, quét và cầu nối.

### 3.1.2. Liều PAC phù hợp

Để đạt được hiệu quả xử lý độ đục đáng kể, liều PAC cần sử dụng cho 2 loại nước thải nhuộm đều lớn. Liều PAC dẫn đến xử lý được hơn 90% độ đục là từ 260 và 330 mg/L đối với nước thải nhuộm trộn dòng và tách dòng (Hình 2). Liều PAC sử dụng xử lý nước thải nhuộm tách dòng lớn hơn đáng kể so với nước thải nhuộm trộn dòng.



Hình 2. Ảnh hưởng của liều PAC đến khả năng keo tụ của PAC trên mẫu nước thải nhuộm.

Cũng giống như pH và thời gian lắng, liều chất keo tụ là yếu tố vận hành vô cùng quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả, chi phí xử lý và lượng bùn thải tạo thành [7]. Khi liều chất keo tụ tăng đến ngưỡng tối ưu thì hiệu quả keo tụ tăng dần, nhưng khi quá mức tối ưu thì hiệu quả này lại giảm. Ngoài ra, lượng dư chất keo tụ gây ra các

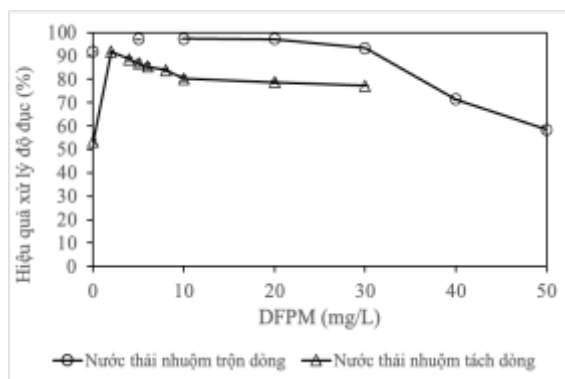
hậu quả đối với các khâu xử lý tiếp theo cũng như hệ thống cơ sở hạ tầng xử lý nước thải.

Le và cộng sự [11] đã phát hiện liều PAC tối ưu để xử lý nước thải nhuộm nằm trong khoảng 125-200 mg/L. Kim và cộng sự [15] cho thấy keo tụ nước thải nhuộm màu hoạt tính khó hơn so với nước thải màu phân tán do màu hoạt tính có độ tan cao và khó hấp phụ. Sự đồng nhất lớn hơn của nước thải nhuộm tách dòng hoàn toàn có thể là nguyên nhân khiến nó khó keo tụ so với nước thải nhuộm trộn dòng. Sự trộn lẫn các dòng thải trong nước nhuộm trộn dòng đã tạo điều kiện cho các hiện tượng trung hoà, kết tủa, hấp phụ, ... xảy ra, làm cải thiện điều kiện xử lý cho quá trình keo tụ - tạo bông [6, 7]. Sự xuất hiện của nhiều hoá chất, bao gồm các muối, các tác nhân điện ly trong thuốc nhuộm làm thay đổi nền điện ly của nước thải. Các tác nhân oxy hoá khử dùng trong nhuộm vat, nhuộm lưu huỳnh và các nhóm điện tích của thuốc nhuộm làm thay đổi cân bằng điện tích của nước thải. Muối nhôm, muối magie được dùng và polymer tạo ra trong quá trình hoàn tất cũng đóng vai trò chất keo tụ, trợ keo tụ.

### 3.1.3. Liều DFPM phù hợp

Ảnh hưởng của liều chất trợ keo tụ DFPM đối với khả năng xử lý độ đục cũng tương tự như ảnh hưởng của liều chất keo tụ PAC (Hình 3). DFPM đã tăng cường hiệu quả xử lý độ đục của PAC khoảng 6-40%. Hiệu quả trợ keo tụ của DFPM dường như ổn định hơn khi áp dụng đối với nước thải nhuộm trộn dòng. Liều DFPM tối ưu cho nước thải nhuộm trộn dòng và tách dòng tương tự nhau và lần lượt là 2 và 5 mg/L, tương ứng với hiệu quả xử lý độ đục cao nhất và liều DFPM nhỏ nhất.

Khả năng trợ keo tụ của DFPM được giải thích bởi bản chất polysaccharit dị thể và tính lưu biến của nó [16]. Thành phần axit galacturonic của chất nhầy góp phần quan trọng trong trợ keo tụ. Cơ chế trợ keo tụ được cho là hấp phụ và cầu nối. Hấp phụ có thể diễn ra nhờ liên kết hydro hoặc tương tác lưỡng cực. Trong khi đó, tác dụng cầu nối là do chuỗi polymer kết nối giữa các hạt tạo thành sau quá trình keo tụ bởi PAC. So sánh với chất keo tụ thương mại như PAM (Polyacrylamide), DFPM có hiệu quả tương đồng [10, 11].



Hình 3. Ảnh hưởng của liều DFPM đến khả năng keo tụ của PAC trên mẫu nước thải nhuộm.

Hiệu quả xử lý độ đục giảm khi liều DFPM tăng lên cũng được kết luận bởi các nghiên cứu khác [10, 11]. Ở liều dưới tối ưu, sự gia tăng của chất nhầy, hay polymer, làm tăng số hạt keo tụ được gắn kết tạo thành hạt bông và tăng hiệu quả xử lý độ đục. Ở liều quá tối ưu, lượng polymer quá lớn làm rối loạn quá trình lắng của các hạt bông dẫn đến hiện tượng tái phân tán, làm tăng độ đục. Mặt khác, polymer có điện tích âm xuất hiện nhiều làm tăng cường quá trình đẩy nhau của các hạt mang điện cùng dấu đang tồn tại trong hệ làm các hạt bị phân tán mà không keo tụ như mong muốn.

### 3.2. Hiệu quả xử lý nước thải nhuộm

Các thông số lý hóa của nước thải trước và sau khi keo tụ - tạo bông với PAC và DFPM ở điều kiện tối ưu được thể hiện tại Bảng 2. Điều kiện tối ưu đối với nước thải trộn dòng và tách dòng lần lượt là: pH 6,34 và 6; thời gian lắng 40 và 60 phút; liều PAC 260 và 320 mg/L, liều DFPM 5 và 2 mg/L.

Sau quá trình xử lý, nước thải có pH và TSS đạt tiêu chuẩn xả thải loại B theo QCVN 13-MT: 2015; COD và độ màu vẫn chưa đạt giá trị cho phép và cần được tiếp tục xử lý. So với TSS, độ đục và độ màu, hiệu quả xử lý COD thấp hơn. Có thể nhận thấy, hiệu quả xử lý độ đục và TSS nước thải trộn dòng và tách dòng là tương tự. Tuy vậy, khả năng xử lý độ màu và COD lại nhỏ hơn đáng kể ở mẫu nước thải nhuộm tách dòng so với mẫu nước thải nhuộm trộn dòng.

Hiệu quả xử lý nước thải nhuộm bằng tổ hợp PAC + DFPM có giá trị và xu hướng tương tự với nghiên cứu của Le và cộng sự [11] và các nghiên cứu được đối chiếu trong tác phẩm này. Tuy vậy, hiệu quả xử lý độ màu thấp hơn ở nước thải nhuộm tách dòng; trong khi hiệu quả xử lý COD lại cao hơn ở cả 2 loại nước nhuộm.

Trộn dòng nước thải nhuộm đã cải thiện điều kiện keo tụ thông qua gia tăng các hiện tượng trung hoà, kết tủa, hấp phụ,... đối với các chất

tan và chất lơ lửng trong dòng nước thải trộn. Nước thải tách dòng có thành phần đồng nhất hơn và ít có sự chuyển hoá chất tan thành chất rắn hay chất rắn thành hạt keo như điều kiện của nước thải trộn dòng. Do vậy, độ màu được đo đối với các chất tan và COD được đo với hỗn hợp chất tan và lơ lửng trong nước thải đầu ra của quá trình keo tụ tạo bông đối với nước thải nhuộm tách dòng giảm ít hơn so với nước thải nhuộm trộn dòng.

Bảng 2. Đặc tính nước thải và hiệu quả xử lý nước thải nhuộm bằng quá trình keo tụ - tạo bông sử dụng DFPM kết hợp với PAC

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nước thải nhuộm trộn dòng			Nước thải nhuộm tách dòng			QCVN 13-MT: 2015 loại B
		Đầu vào	Đầu ra	Hiệu quả xử lý (%)	Đầu vào	Đầu ra	Hiệu quả xử lý (%)	
pH	-	6,34±0,05	5,02±0,07	-	7,11±0,12	5,89±0,04	-	5,5 – 9,0
TSS	mg/L	930±2,50	35±3,00	96,24±0,01	685±2,89	27±1,53	96,06±0,01	100
Độ đục	NTU	842±4,16	92±4,58	89,07±0,01	1752±77,48	136±6,11	92,23±0,01	-
Độ màu	Pt-Co	7045±25	564±15	90,16±0,01	3100±91	450±36,47	78,57±0,01	200
COD	mg/L	2350±58	550±13	76,60±0,05	1250±79	397±18,56	68,20±0,03	200

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu sử dụng quá trình keo tụ - tạo bông dùng PAC và DFPM để xử lý nước thải tại một nhà máy nhuộm tại Hà Nội, Việt Nam cho thấy điều kiện keo tụ - tạo bông khá tương đồng đối với nước thải nhuộm trộn dòng và tách dòng về pH, liều DFPM và thời gian lắng. Tuy nhiên, xử lý nước thải nhuộm tách dòng lại có điều kiện vận hành kém cạnh tranh so với nước thải nhuộm trộn dòng khi thời gian lắng dài hơn, liều PAC cao hơn. Mặt khác, hiệu quả xử lý ô nhiễm cũng thấp hơn khi hiệu quả xử lý độ màu và COD kém hơn và hiệu quả xử lý TSS và độ đục chỉ đạt tương tự.

#### Tài liệu tham khảo

[1] R. A. Tohamy, S. S. Ali, F. Li, K. M. Okasha, Y. A. G. Mahmoud, T. Elsamahy, H. Jiao, Y. Yu, J. Sun, A Critical Review on the Treatment of Dye-Containing Wastewater: Ecotoxicological and Health Concerns of Textile Dyes and Possible

Remediation Approaches for Environmental Safety, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, Vol. 231, 2022, pp. e113160, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>.

- [2] V. Jegatheesan, B. K. Pramanik, J. Chen, D. Navaratna, C. Y. Chang, L. Shu, Treatment of Textile Wastewater with Membrane Bioreactor: A Critical Review, *Bioresour. Technol.*, Vol. 204, 2016, pp. 202-212, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.006>.
- [3] H. Tounsadi, Y. Metarfi, M. Taleb, K. E. Rhazi, Z. Rais, Impact of Chemical Substances Used in Textile Industry on the Employee's Health: Epidemiological Study, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, Vol. 197, 2020, pp. e110594, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110594>.
- [4] X. Jin, C. Wu, X. Tian, P. Wang, Y. Zhou, J. Zuo, A Magnetic-Void-Porous MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Carbon Microspheres Nano-Catalyst for Catalytic Ozonation: Preparation, Performance and Mechanism, *Environ. Sci. Ecotechnol.*, Vol. 7, 2021, pp. e100110, <https://doi.org/10.1016/j.ese.2021.100110>.
- [5] K. Singha, P. Pandit, S. Maity, S. R. Sharma, Harmful Environmental Effects for Textile Chemical Dyeing Practice Green Chemistry for

- Sustainable Textiles, Woodhead Publ, 2021, pp. 153-164, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85204-3.00005-1>.
- [6] A. K. Verma, R. R. Dash, P. Bhunia, A Review on Chemical Coagulation/Flocculation Technologies for Removal of Colour from Textile Wastewaters, *J. Environ. Manage*, Vol. 93, 2012, pp. 154-168, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.09.012>.
- [7] C. Y. Teh, P. M. Budiman, K. Y. Shak, T. Y. Wu, Recent Advancement of Coagulation-Flocculation and Its Application in Wastewater Treatment, *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 55, 2016, pp. 4363-4389, <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b04703>.
- [8] A. Butkovskiy, L. H. Leal, G. Zeeman, H. H. M. Rijnaar, Micropollutants in Source Separated Wastewater Streams and Recovered Resources of Source Separated Sanitation, *Environ. Res*, Vol. 156, 2017, pp. 434-442, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.044>.
- [9] D. Yang, L. Deng, D. Zheng, L. Wang, Y. Liu, Separation of Swine Wastewater Into Different Concentration Fractions and Its Contribution to Combined Anaerobic–Aerobic Process, *J. Environ. Manage*, Vol. 168, 2016, pp. 87-93, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.049>.
- [10] H. H. Nguyen, L. N. Tran, V. T. Doan, L. M. Luu, Q. T. Nguyen, Q. V. Pham, A. V. Ngo, O. T. H. Le, Coagulation and Flocculation of Dye Wastewater by FeCl<sub>3</sub> and Mucilage Extracted from Dragon Fruit Peel (*Hylocereus Undatus*) in Regard of Side Effects Caused by the use of PACl and PAM, *Desalin, Water Treat*, Vol. 250, 2022, pp. 181-188, <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28152>.
- [11] T. H. O. Le, L. N. Le, V. T. Doan, Q. V. Pham, A. V. Ngo, H. H. Nguyen, Mucilage Extracted from Dragon Fruit Peel (*Hylocereus undatus*) as Flocculant for Treatment of Dye Wastewater by Coagulation and Flocculation Process, *Int. J. Polym. Sci*, Vol. 2020, 2020, pp. e7468343, <https://doi.org/10.1155/2020/7468343>.
- [12] APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23<sup>rd</sup> ed., American Public Health Association, Washington, 2005.
- [13] C. S. Lee, J. Robinson, C. M. Fong, A Review on Application of Flocculants in Wastewater Treatment, *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 92, 2014, pp. 489-508, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2014.04.010>.
- [14] Z. Y. Chen, B. Fan, X. J. Peng, Z. G. Zhang, J. H. Fan, Z. K. Luan, Evaluation of Al<sub>30</sub> Polynuclear Species in Polyaluminum Solutions As Coagulant for Water Treatment, *Chemosphere*, Vol. 64, 2006, pp. 912-918, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.01.038>.
- [15] T. H. Kim, C. Park, E. B. Shin, S. Kim, Decolorization of Disperse and Reactive Dye Solutions Using Ferric Chloride, *Desalination*, Vol. 161, 2004, pp. 49-58, [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(04\)90039-2](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(04)90039-2).
- [16] E. E. G. Cruz, J. R. Ramirez, L. L. M. Lagunas, L. M. Torres, Rheological and Physical Properties of Spray- Dried Mucilage Obtained from *Hylocereus Undatus* Cladodes, *Carbohydr, Polym*, Vol. 91, 2013, pp. 394-402, [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(04\)90039-2](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(04)90039-2).