ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Vũ Thị Cẩm Vân

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 KHOA HỌC

Hà Nội – Năm 2019

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Vũ Thị Cẩm Vân

NGHIÊN CỨU ĐIỀU CHẾ MỘT SỐ CHẤT TRỢ KEO CÓ NGUỒN GỐC THỰC VẬT VÀ ỨNG DỤNG TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI DỆT NHUỘM

Chuyên ngành: Khoa học môi trường

Mã số: 8440301.01

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

TS. Lê Thị Hoàng Oanh

Hà Nội – Năm 2019

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan bản luận văn này do bản thân tôi thực hiện, những kết quả nghiên cứu được đưa ra trong luận văn này là của bản thân tôi và chưa từng được ai nghiên cứu, sử dụng công bố trên các tạp chí khoa học trước đây, các số liệu kết quả nghiên cứu được thực hiện một cách trung thực và chính xác.

LỜI CẢM ƠN

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới TS. Lê Thị Hoàng Oanh, khoa Môi trường, Đại học khoa học tự nhiên – Đại học Quốc gia Hà Nội, đã tận tình hướng dẫn về chuyên môn, phương pháp nghiên cứu, tạo điều kiện giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập và thực hiện đề tài.

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Hà Nội trong đề tài mã số QG.18.12. Tôi xin gửi lời trân trọng cảm ơn Ban Giám hiệu, Phòng Đào tạo sau đại học và các thầy, cô giáo khoa môi trường – Đại học khoa học tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội đã tận tình dạy bảo, giúp đỡ, tạo điều kiện thuận lợi cho tôi hoàn thành các nội dung học tập và thực hiện đề tài thuận lợi.

Tôi xin trân trọng cảm ơn các cán bộ thuộc Phòng Thí nghiệm Bộ Môn Công nghệ, Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQGHN đã hỗ trợ và giúp đỡ tôi hết sức nhiệt tình trong quá trình phân tích và vận hành thiết bị thực nghiệm để tôi có thể thuận lợi hoàn thành luận văn.

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới các bạn cùng lớp cao học Khoa học môi trường 2016 - 2018 đã giúp đỡ, động viên tôi trong hai năm học tập và quá trình làm luận văn.

Cuối cùng, tôi xin dành lời cảm ơn chân thành tới toàn thể gia đình, bạn bè, đồng nghiệp, những người vẫn luôn quan tâm, giúp đỡ, động viên tôi và cũng là chỗ dựa tinh thần vững chắc, giúp tôi hoàn thành tốt nhiệm vụ được giao trong suốt thời gian học tập, quá trình nghiên cứu thực hiện luận văn thạc sĩ khoa học vừa qua.

TÁC GIẢ

Vũ Thị Cẩm Vân

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN i
LỜI CẢM ƠN ii
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT vi
DANH MỤC BẢNG vii
DANH MỤC HÌNH viii
ĐẶT VẤN ĐỀ 1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN 3
1.1. Tổng quan về keo tụ - tạo bông trong xử lý nước 3
1.1.1. Định nghĩa 3
1.1.2. Phân loại chất keo tụ, tạo bông 3
1.1.3. Cơ chế keo tụ - tạo bông 6
1.2. Chất nhầy tách chiết từ thực vật và ứng dụng làm chất trợ keo tụ 7
1.2.1. Định nghĩa về chất nhầy 7
1.2.2. Đặc điểm chất nhầy 8
1.2.3. Cơ chế keo tụ - tạo bông của chất nhầy 8
1.2.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng keo tụ - tạo bông của chất nhầy 11
1.2.5. Phương pháp tách chiết chất nhầy 12
1.2.6. Một số thực vật có tiềm năng khai thác chất nhầy 18
1.2.7. Hạn chế và thách thức việc sử dụng chất keo tụ tự nhiên từ thực vật 19
1.3. Các nghiên cứu ứng dụng chất nhầy trong xử lý nước thải 19
1.4. Tổng quan về nước thải dệt nhuộm 21
1.4.1. Giới thiệu chung về ngành dệt nhuộm 21
1.4.2. Nước thải dệt nhuộm 26
1.4.3. Công nghệ xử lý nước thải dệt nhuộm 29
CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU 31
2.1. Đối tượng nghiên cứu 31
2.1.1. Mẫu nước đục nhân tạo 31
2.1.2. Mẫu nước thải dệt nhuộm 31

2.1.3. Chất nhầy thực vật 31

2.2. Phương pháp nghiên cứu.....32

2.2.1. Phương pháp tổng quan tài liệu.....32

2.2.2. Phương pháp tách chiết chất nhầy từ thực vật 32

2.2.3. Phương pháp phân tích đặc điểm chất nhầy.....35

2.2.4. Phương pháp khảo sát khả năng trợ keo tụ chất nhầy trên nước đục 36

2.2.5. Phương pháp khảo sát khả năng trợ keo tụ của chất nhầy trên mẫu nước thải từ công ty dệt nhuộm Huy Phát 38

2.2.6. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu hóa lý của nước thải 40

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN.....40

3.1. Hiệu suất tách chiết chất nhầy từ thực vật 40

3.1.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ axeton và dịch chiết 40

3.1.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ nước cất và khối lượng nguyên liệu.....42

3.1.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ tách chiết 44

3.1.4. Hiệu suất tách chiết chất nhầy.....46

3.2. Đặc điểm của chất nhầy chiết tách từ thực vật 47

3.2.1. pH.....47

3.2.2. Thế zeta 47

3.2.3. Điện tích bề mặt 49

3.2.4. Nhóm chức bề mặt.....49

3.2.5. Cấu trúc bề mặt.....51

3.3. Đánh giá khả năng trợ keo tụ của chất nhầy trên mẫu nước đục.....51

3.3.1. Điều kiện keo tụ tối ưu của PAC.....51

3.3.2. Đánh giá khả năng làm giảm độ đục chất nhầy khi kết hợp với PAC....55

3.4. Ứng dụng sử dụng chất nhầy làm chất trợ keo để xử lý nước thải từ công ty dệt nhuộm Huy Phát.....58

3.4.1. Đặc điểm nước thải thải từ công ty dệt nhuộm Huy Phát.....58

3.4.2. Điều kiện keo tụ tối ưu của PAC.....59

3.4.3. Hiệu quả làm giảm độ đục khi sử dụng chất nhầy kết hợp với PAC 62

3.4.4. Hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm khác 64
KẾT LUẬN 66
KIẾN NGHỊ 67
TÀI LIỆU THAM KHẢO 68

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

BOD	Biochemical oxygen demand	Nhu cầu oxi sinh hóa
COD	Chemical oxygen demand	Nhu cầu oxi hóa học
CSE	Conventional Solvent Extraction	Tách chiết dung môi thông thường
IR	InfraRed	Hồng ngoại
MAE	Microwave Assisted Extraction	Tách chiết bằng vi sóng
NTU	Nephelometric Turbidity Unit	Đơn vị đo độ đục
PAC	Poly Aluminium Chloride	Poly nhôm clorua
SEM	Scanning Electron Microscope	Kính hiển vi điện tử quét
TSS	Total suspended solids	Tổng rắn lơ lửng
UAE	Ultrasonic Assisted Extraction	Tách chiết bằng sóng siêu âm
WHO	World health organization	Tổ chức Y tế thế giới

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1. Tỉ lệ chất nhầy thu được từ 3 giống cây Dâm bụt (Hibicus) [14].....18

Bảng 1.2. Nghiên cứu sử dụng chất nhầy nguồn gốc thực vật xử lý nước thải [57] 20

Bảng 1.3. Đặc tính nước thải dệt nhuộm tại các công đoạn khác nhau [2].....27

Bảng 1.4. Thành phần chính của nước thải dệt nhuộm [1].....28

Bảng 2.1. Phương pháp khảo sát điều kiện keo tụ tối ưu PAC trên mẫu nước đục .37

Bảng 2.2. Phương pháp khảo sát điều kiện keo tụ tối ưu của PAC trên mẫu nước thải nhuộm.....38

Bảng 2.3. Phương pháp phân tích mẫu.....40

Bảng 3.1. Hiệu quả tách chiết chất nhầy từ thực vật.....46

Bảng 3.2. pH của chất nhầy ở nồng độ 20 mg/L.....47

Bảng 3.3. Thế zeta của chất nhầy ở các pH khác nhau 48

Bảng 3.4. Điện tích bề mặt.....49

Bảng 3.5. Cấu trúc bề mặt của chất nhầy ở các chế độ phóng đại khác nhau.....51

Bảng 3.6. Đặc tính nước thải dệt nhuộm của công ty Huy Phát 58

Bảng 3.7. Đặc tính nước thải đầu ra công ty Huy Phát khi sử dụng chất nhầy chiết tách từ vỏ Thanh Long kết hợp với PAC làm giảm độ đục 64

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Điện tích trên hạt lơ lửng khi giải thích bằng lý thuyết hai lớp.....9

Hình 1.2. Sự thay đổi thế điện động zeta 10

Hình 1.3. Cơ chế keo tụ của polymer.....11

Hình 1.4. Mô phỏng cân bằng nồng độ chất tan, hiệu ứng khuếch tán qua màng ...14

Hình 1.5. Mô phỏng một mảnh mô thực vật đặt trong dung môi, chất tan được khuếch tán tạo thành một màng dung môi nồng độ chất tan cao hơn bao quanh 14

Hình 1.6. Hệ thống UAE mở 16

Hình 1.7. Ảnh hưởng nồng độ etanol tới hiệu quả tạo kết tủa polysaccharide 17

Hình 1.8. Quy trình chung về công nghệ nhuộm và hoàn tất [2] 22

Hình 1.9. Quy trình sản xuất và dòng thải phát sinh của ngành dệt nhuộm [7] 23

Hình 1.10. Công nghệ xử lý bằng phương pháp hóa lý kết hợp lọc [8] 29

Hình 1.11. Công nghệ xử lý phương pháp hóa lý - sinh học hiếu khí - hóa lý [9] ...30

Hình 2.1. Rau mồng tơi cắt nhỏ khoảng 5 mm.....33

Hình 2.2. Quá trình cân và trộn rau đay với nước cất trong cốc đong 33

Hình 2.3. Dung dịch nhày sau khi tách bằng vải muslim và kết tủa dưới tác dụng của axeton 34

Hình 2.4. Dung dịch axeton và chất trợ keo bị phân tách sau sử dụng máy li tâm..34

Hình 2.5. Chất trợ keo sau khi sấy chân không 34

Hình 3.1. Sự thay đổi hiệu suất tách chiết chất nhầy khi thay đổi tỷ lệ thể tích axeton/dịch chiết 41

Hình 3.2. Sự thay đổi hiệu suất thu hồi chất nhầy khi thay đổi tỷ lệ thể tích nước cất và khối lượng nguyên liệu 43

Hình 3.3. Khối lượng chất nhầy thu được khi thay đổi nhiệt độ chiết tách.....44

Hình 3.4. Quang phổ hồng ngoại của 3 loại chất nhầy 50

Hình 3.5. Khảo sát thời gian lắng của PAC trên mẫu nước đục nhân tạo 52

Hình 3.6. Khảo sát pH của PAC trên mẫu nước đục 53

Hình 3.7. Khảo sát nồng độ PAC trên mẫu nước đục.....54

Hình 3.8. Hiệu quả làm giảm độ đục chất nhầy kết hợp với PAC (10 mg/L).....55

Hình 3.9. Hiệu quả làm giảm độ đục chất nhầy kết hợp với PAC (20 mg/L).....56
Hình 3.10. Hiệu quả làm giảm độ đục chất nhầy kết hợp với PAC (30 mg/L).....56
Hình 3.11. Hiệu quả làm giảm độ đục chất nhầy kết hợp với PAC tối ưu (30 mg/L) ở các pH khác nhau trên mẫu nước đục.....57
Hình 3.12. Khảo sát thời gian lắng của PAC trên mẫu nước thải dệt nhuộm.....59
Hình 3.13. Khảo sát pH của PAC trên mẫu nước thải dệt nhuộm.....60
Hình 3.14. Khảo sát nồng độ PAC trên mẫu nước thải dệt nhuộm 61
Hình 3.15. Ứng dụng chất nhầy kết hợp với nồng độ PAC tối ưu để làm giảm độ đục của nước thải dệt nhuộm công ty Huy Phát.....63

ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghiệp hóa, hiện đại hóa góp phần nâng cao cuộc sống vật chất tinh thần của con người, nhưng cũng tác động đến toàn bộ môi trường tự nhiên của hành tinh chúng ta. Việc phát triển quá nhanh sẽ dẫn đến hệ lụy làm cạn kiệt các nguồn tài nguyên, giảm sút chất lượng môi trường sống, ảnh hưởng đến cuộc sống, sức khỏe con người và cả hệ sinh thái. Môi trường chất lượng nước được xem là nguồn sống đang bị tác động mạnh mẽ do sự phát triển kinh tế không bền vững, đặc biệt do các chất độc hại của nền công nghiệp tạo ra.

Trên thế giới hiện nay trung bình mỗi ngày có 400 trẻ em chết vì các bệnh liên quan đến nguồn nước [2]. Theo báo cáo của chương trình phát triển Liên Hợp Quốc, ở Việt Nam khoảng 80% bệnh tật ở nông thôn là do sử dụng các nguồn nước bị nhiễm bẩn. Theo báo cáo "Chiến lược Quốc gia cấp nước sạch và vệ sinh nông thôn đến năm 2020" của Bộ xây dựng, hiện nay vẫn còn hơn 70% dân số nông thôn sử dụng nước không đảm bảo tiêu chuẩn vệ sinh. Ở nhiều vùng nông thôn, do điều kiện sống khó khăn nên người dân chưa được tiếp xúc với nước sạch, chủ yếu vẫn dùng nước từ các nguồn không an toàn như: Nước sông, hồ, suối,… mà không qua bất kỳ hình thức xử lý nào để ăn uống và sinh hoạt hằng ngày. Nguồn nước này chứa nhiều cặn, một số chất hữu cơ và các vi sinh vật gây bệnh cho người dân [12]. Theo xác nhận của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (USEPA), độ đục là một thước đo độ bẩn của nước, được sử dụng để đánh giá chất lượng nước và hiệu quả quá trình lọc. Độ đục cao là nguyên nhân làm gia tăng mật độ của vi sinh vật gây bệnh như virus, ký sinh trùng, một số loại vi khuẩn.

Các chất keo tụ tự nhiên đã thu hút sự chú ý của các nhà nghiên cứu nhằm thay thế cho các hóa chất thông thường, vì nguồn cung cấp đa dạng thân thiện với môi trường và có khả năng phân hủy sinh học [1, 2, 3, 6, 16]. Đây là lựa chọn thay thế hữu hiệu đối với các nước đang phát triển đặc biệt là Việt Nam. Đậu bắp, tinh bột, chùm ngây và chitosan là các hợp chất tự nhiên đã được sử dụng rộng rãi trong việc độ đục của nước [14,43].

Hiện nay, ngành công nghiệp dệt may là một trong những ngành công nghiệp phát triển đem lại lợi nhuận lớn cho nền kinh tế nước ta. Công nghiệp dệt may phát triển thúc đẩy mạnh mẽ sự phát triển của công nghiệp nhuộm. Bên cạnh doanh thu lớn mà ngành đem lại, công nghiệp dệt may nói chung và công nghiệp nhuộm nói riêng đang thải ra môi trường một lượng chất thải khổng lồ làm ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng xấu tới sức khỏe con người. Tính đến năm 2018, Việt Nam có hơn 1500 doanh nghiệp dệt nhuộm với các quy mô khác nhau. Mỗi năm ngành sử dụng hàng nghìn tấn thuốc nhuộm khác nhau. Với thị hiếu của khách hàng ngày càng cao, đòi hỏi các cơ sở nhuộm phải sử dụng thuốc nhuộm ngày càng đa dạng và có tính bền màu cao. Điều này đồng nghĩa với các thành phần hữu cơ trong thuốc nhuộm càng phức tạp và khó phân hủy. Đặc biệt hiệu suất sử dụng của các loại thuốc nhuộm chỉ đạt khoảng 70÷80%, cao nhất cũng chỉ đạt 95% nên một lượng lớn các hóa chất, thuốc nhuộm sẽ bị thải ra môi trường. Mỗi năm ngành dệt nhuộm thải vào môi trường khoảng 30÷40 triệu m^3 nước thải. Trong đó chỉ khoảng 10% lượng nước thải được xử lý trước khi thải ra môi trường. Ngoài ra tỷ lệ lớn các cơ sở xử lý nước thải nhưng hệ thống xử lý chưa hợp lý nên chất lượng nước đầu ra không thỏa mãn tiêu chuẩn về BOD_5, COD, độ màu [5].

Để nghiên cứu khả năng ứng dụng chất nhầy để thay thế một phần chất keo tụ tủa bông hóa học trong xử lý nước làm giảm tác động của chúng đến con người và môi trường sinh thái, đề tài ***"Nghiên cứu một số chất trợ keo có nguồn gốc thực vật và ứng dụng xử lý nước thải dệt nhuộm"*** đã được thực hiện.

Mục tiêu đề tài: Đánh giá khả năng sử dụng chất nhầy – được tách chiết từ thực vật để xử lý nước thải dệt nhuộm.

Nội dung nghiên cứu bao gồm:

- Chiết tách chất nhầy từ một số thực vật (mồng tơi, rau đay, vỏ thanh long) và xác định đặc tính của chúng.
- Đánh giá khả năng trợ keo tụ của chất nhầy trên mẫu nước đục nhân tạo.
- Đánh giá khả năng trợ keo tụ của chất nhầy trên mẫu nước thải dệt nhuộm.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan về keo tụ - tạo bông trong xử lý nước

1.1.1. Định nghĩa

Keo tụ là quá trình làm các hạt phân tán lớn lên nhờ sự tương tác và kết hợp chúng thành các chất kết tụ. Người ta sử dụng keo tụ trong làm sạch nước để làm tăng quá trình lắng các tạp chất có độ phân tán nhỏ và các chất keo. Keo tụ có hiệu quả nhất đối với việc tách từ nước các hạt phân tán keo (có kích thước từ 3 đến 100 μm). Keo tụ có thể tự xảy ra hoặc xảy ra dưới tác động của các quá trình vật lý và hóa học. 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. Các chất keo tụ trong nước tạo thành các bông của các hydroxit của các kim loại nhanh chóng lắng dưới tác dụng của trọng lực. Các bông có khả năng gom (bẫy, kết hợp) các hạt keo và lơ lửng và kết tụ chúng. Vì các hạt keo có điện tích âm yếu còn các các hạt còn các bông của các chất đông tụ có điện tích dương yếu nên giữa chúng xuất hiện sự hút nhau [18,27].

Tạo bông là quá trình kết tụ các hạt lơ lửng khi bổ sung vào nước các hợp chất cao phân tử. Khác với quá trình keo tụ, sự kết tụ xảy ra không chỉ khi tiếp xúc các hạt mà còn do tương tác của các phân tử được hút bám (hấp phụ) trên các chất keo tụ [18,27,44].

1.1.2. Phân loại chất keo tụ, tạo bông

1.1.2.1. Các chất keo tụ

Việc lựa chọn các loại chất keo tụ phụ thuộc vào tính chất của từng loại nước và yêu cầu chất lượng đầu ra [18, 44, 65]. Hiện nay, các chất keo tụ được chia làm 2 loại chính là: chất đông tụ vô cơ và chất đông tụ hữu cơ.

Các loại chất keo tụ vô cơ

Các chất keo tụ vô cơ thường dùng hiện nay là muối nhôm, muối sắt hoặc hỗn hợp của chúng [18, 34, 44, 65].

- *Muối nhôm:*

Phổ biến nhất được sử dụng trong keo tụ là phèn nhôm ($Al_2(SO_4).18H_2O$).

Phèn nhôm tan tốt trong nước và hoạt động tối ưu ở pH = 5-7,5 [13,19,43]. Sự tạo thành $Al(OH)_3$ hấp phụ các chất hữu cơ hòa tan trong nước (Benschoten, 1990) theo cơ chế đông tụ và được kiểm soát bởi quá trình thủy phân (Dennett và cộng sự, 1996) [44, 64]. Ưu điểm khi sử dụng phèn nhôm là đơn giản, chi phí thấp, ứng dụng trong xử lý nước có độ màu cao. Tuy nhiên, nước sau xử lý cần điều chỉnh lại pH, liều lượng sử dụng cao và lượng bùn tạo thành sau xử lý lớn.

- Muối sắt:

$Fe_2(SO_4)_3.2H_2O$; $Fe_2(SO_4)_3.3H_2O$; $FeSO_4.7H_2O$ và $FeCl_3$ là các hợp chất muối sắt sử dụng trong quá trình keo tụ. Muối sắt chưa phổ biến ở Việt Nam nhưng rất phổ biến ở các nước công nghiệp. Hoá học của muối sắt tương tự như muối nhôm nghĩa là khi thuỷ phân sẽ tạo axit, vì vậy cần đủ độ kiềm để giữ pH không đổi.

So với phèn nhôm muối sắt có ưu thế là vùng pH tối ưu rộng hơn, từ 5 đến 9, bông cặn bền hơn và nặng hơn nên lắng tốt hơn, lượng sắt dư thấp hơn.

- Các chất keo tụ hữu cơ:

Việc phân loại các chất keo tụ hữu cơ dựa trên điện tích mà chúng mang theo do ion hóa các nhóm chức. Nhìn chung, chất đông tụ hữu cơ được chia làm 3 nhóm chính: polymer tích điện dương hay cation polymer, polymer tích điện âm hay anion polymer và polymer không mang điện tích [39, 45, 67]

+ Cation polymer:

Là các polymer tích điện dương, có nguồn gốc tự nhiên hoặc nhân tạo. Poly diallyldimethyl ammoniumchloride (pDADMAC), Epichlorohydrin/dimethylamine polymer (ECH/DMA) và cation polyacrylamides (CPAMs) là những cation polymer tổng hợp trong khi chitosan là một ví dụ điển hình của cation polymer tự nhiên. Các polymer có mật độ điện tích càng cao hoặc khả năng thủy phân trong nước càng tôt thì càng tăng cường quá trình làm mất ổn định các hạt keo, tăng hiệu quả tạo các cầu nối do đó nâng cao hiệu suất của quá trình keo tụ [39, 45, 67].

+ Anion polymer:

Các anion polymer điển hình hiện nay gồm anion polyacrylamide (APAMs),

polysaccharides sulfate (heparin, mannan sulfate, dextran sulfate và chondroitin sulfate), tinh bột với các chất thay thế carboxylic [34, 39]. Anionicalginate là một loại polymer tự nhiên, mang điện tích âm, được chiết tách từ rong biển nâu [45].

+ Non-ionic polymer:

Các chất keo tụ không mang điện tích thường là polyacrylamides (PAMs), polymer tự nhiên như tinh bột, mannans galacto, dẫn xuất cellulose, gelatin. Non-ionic polymer được sử dụng để hỗ trợ tách rắn lỏng như chất keo tụ [39, 45, 67].

1.1.2.2. Các chất trợ keo tụ - tạo bông

Có bốn nhóm chất trợ keo tụ: các chất hiệu chỉnh pH, dung dịch axit silixic hoạt tính, bột đất sét và polime.

- ***Các chất hiệu chỉnh pH***

Như đã nêu quá trình keo tụ thường kèm theo sự tiêu thụ ĐK, nếu độ kiềm của nước nguồn thấp gây giảm pH. Chất hiệu chỉnh pH thường là vôi. Sử dụng vôi ngoài khả năng ổn định pH tăng hiệu quả keo tụ bằng phèn còn tăng cường xử lí các axit humic, độ cứng.

- ***Axit silixic hoạt tính (AS)***

AS thường được điều chế tại chỗ bằng cách trung hoà thuỷ tinh lỏng Na2SiO3 bằng axit ở những điều kiện cụ thể. Axit silixic tạo thành thực chất là polime vô cơ, mang điện tích âm. Khi vào nước các phân tử AS âm điện nhanh chóng hút các hạt bông cặn nhỏ mang điện dương của kết tủa hyđroxit nhôm hoặc sắt tạo bông lớn.

- ***Bột đất sét***

Bột sét tác dụng tương tự AS do chúng mang điện tích âm, hơn nữa chúng còn có khả năng, tuy yếu, hấp phụ một phần các chất hữu cơ gây màu, bông cặn tạo thành cũng nặng hơn. Cũng như AS, bột sét ở liều lượng thích hợp dùng tốt khi phối hợp với phèn nhôm và muối sắt.

- ***Các chất tạo bông hữu cơ - cao phân tử***

Đây là nhóm chất có tác dụng tạo bông tốt nhất. Các polyme dùng làm chất tạo bông cho quá trình xử lý nước phải đáp ứng các yêu cầu sau: Tan tốt trong

nước; không độc; có khả năng tạo bông tốt nhờ ái lực cao đối với hạt keo và bông cặn nhỏ trong nước xử lí.

Tùy vào bản chất nhóm chức mà người ta phân ra làm 3 loại:

+ Loại không phân ly (nhóm chức amid $–CONH_2$).

+ Loại tạo anion (nhóm chức axit $–COO^-$)

+ Loại tạo cation (nhóm chức amin bậc cao ≡N+Cl-)

Tạo bông hữu cơ bao gồm các hợp chất tự nhiên và các hợp chất tổng hợp. Các hợp chất tự nhiên chủ yếu có cấu trúc đường, bao gồm: Gôm thực vật; pectin; xantan (sản phẩm lên men yếm khí đường mía) ...[38].

1.1.3. Cơ chế keo tụ - tạo bông

Đối với hệ phân tán có diện tích bề mặt riêng lớn (bụi trong không khí, bùn, phù sa trong nước...) các hạt luôn có xu hướng co cụm lại tạo hạt lớn hơn để giảm năng lượng bề mặt (tương tự hiện tượng giọt nước, giọt thủy ngân luôn tự vo tròn để giảm diện tích bề mặt).

Về nguyên tắc do độ phân tán lớn, diện tích bề mặt riêng lớn, hạt keo có xu thế hút nhau nhờ các lực bề mặt. Mặt khác do các hạt keo cùng loại luôn tích điện cùng dấu (đặc trưng bởi thế zeta) nên các hạt keo luôn đẩy nhau bởi lực đẩy tĩnh điện giữa các hạt cùng dấu theo định luật Culong, xu hướng này làm hạt keo không thể hút nhau để tạo hạt lớn hơn và lắng xuống nhờ trọng lực như những hạt không tích điện. Như vậy thế zeta càng lớn (hạt keo càng tích điện) thì hệ keo càng bền (khó kết tủa). Trong trường hợp lý tưởng: nếu thế zeta = 0 thì hạt keo biến thành cấu tạo tụ điện phẳng, hạt sẽ không khác gì các hạt không tích điện nên dễ dàng hút nhau để tạo hạt lớn hơn có thể lắng được. Đây là cơ sở khoa học của phương pháp keo tụ.

Hiện tượng các hạt keo cùng loại có thể hút nhau tạo thành những tập hợp hạt có kích thước và khối lượng đủ lớn để có thể lắng xuống do trọng lực trong thời gian đủ ngắn được gọi là hiện tượng keo tụ. Hiện tượng này xảy ra khi thế zeta được triệt tiêu. Hiện tượng keo tụ có tính thuận nghịch nghĩa là hạt keo đã keo tụ lại có thể tích điện trở lại và trở nên bền. Các hoá chất gây keo tụ thường là các loại

muối vô cơ và được gọi là chất keo tụ.

Một cách khác làm các hạt keo co cụm thành bông cặn lớn dễ lắng là dùng các tác nhân thích hợp kết nối chúng lại thành các hạt lớn hơn đủ lớn, nặng để lắng. Hiện tượng này được gọi là hiện tượng tạo bông được thực hiện nhờ những phân tử các chất cao phân tử tan trong nước và có ái lực tốt với các hạt keo hoặc các hạt cặn nhỏ. Khác với keo tụ có tính thuận nghịch, các chất có khả năng tạo bông được gọi là các chất tạo bông hay trợ keo tụ, quá trình tạo bông là bất thuận nghịch.

Như vậy, để hệ keo có các cơ chế chính sau đây:

1. Phá tính bền của hệ keo (do lực đẩy tĩnh điện) bằng cách thu hẹp lớp điện kép tới mức thế zeta = 0, khi đó lực đẩy tĩnh điện zeta hạt bằng không, tạo điều kiện cho các hạt keo hút nhau bằng các lực bề mặt tạo hạt lớn hơn dễ kết tủa. Cách này có thể thực hiện khi cho hạt keo hấp phụ đủ điện tích trái dấu để trung hoà điện tích hạt keo. Điện tích trái dấu này thường là các ion kim loại đa hoá trị.

2. Tạo điều kiện cho các hạt keo va chạm với các bông kết tủa của chính chất keo tụ nhờ hiện tượng hấp phụ zeta bám dính (hiệu ứng quét).

3. Dùng những chất cao phân tử – trợ keo tụ để hấp phụ kết nối các hạt nhỏ lại với nhau tạo hạt kích thước lớn (gọi là bông hay bông cặn) dễ lắng [57, 67].

1.2. Chất nhầy tách chiết từ thực vật và ứng dụng làm chất trợ keo tụ

1.2.1. Định nghĩa về chất nhầy

Chất nhầy được tách từ thực vật là một trong các loại chất tế bào (sinh chất) vì vậy thành phần hóa học của các loại chất nhầy tự nhiên khá đa dạng. Theo Vijayaraghavan, chất nhầy là những polymer tự nhiên, có trọng lượng phân tử cao, khi hòa tan các polymer này trong nước sẽ tạo ra các đơn vị monosaccharide và được liên kết bởi một phân tử glucoside. Do đặc tính đa dạng về thành phần hóa học, chất nhầy được cho là có nhiều chức năng sinh lý trong thực vật như khả năng trương nở khi hòa tan trong nước và tạo dạng nhớt [38].

Theo Farooq (2013) thì chất nhầy được cho là polysaccharide thường có trong nhiều các bộ phận khác nhau của các loại thực vật bậc cao. Do đặc tính đa dạng về thành phần hóa học, chất nhầy được cho là có nhiều chức năng sinh lý

trong thực vật. Nó được tìm thấy trong rễ, hạt, lá,… ở những bộ phận đó chúng có chức năng chính là dự trữ năng lượng [19, 26, 30, 31].

1.2.2. Đặc điểm chất nhầy

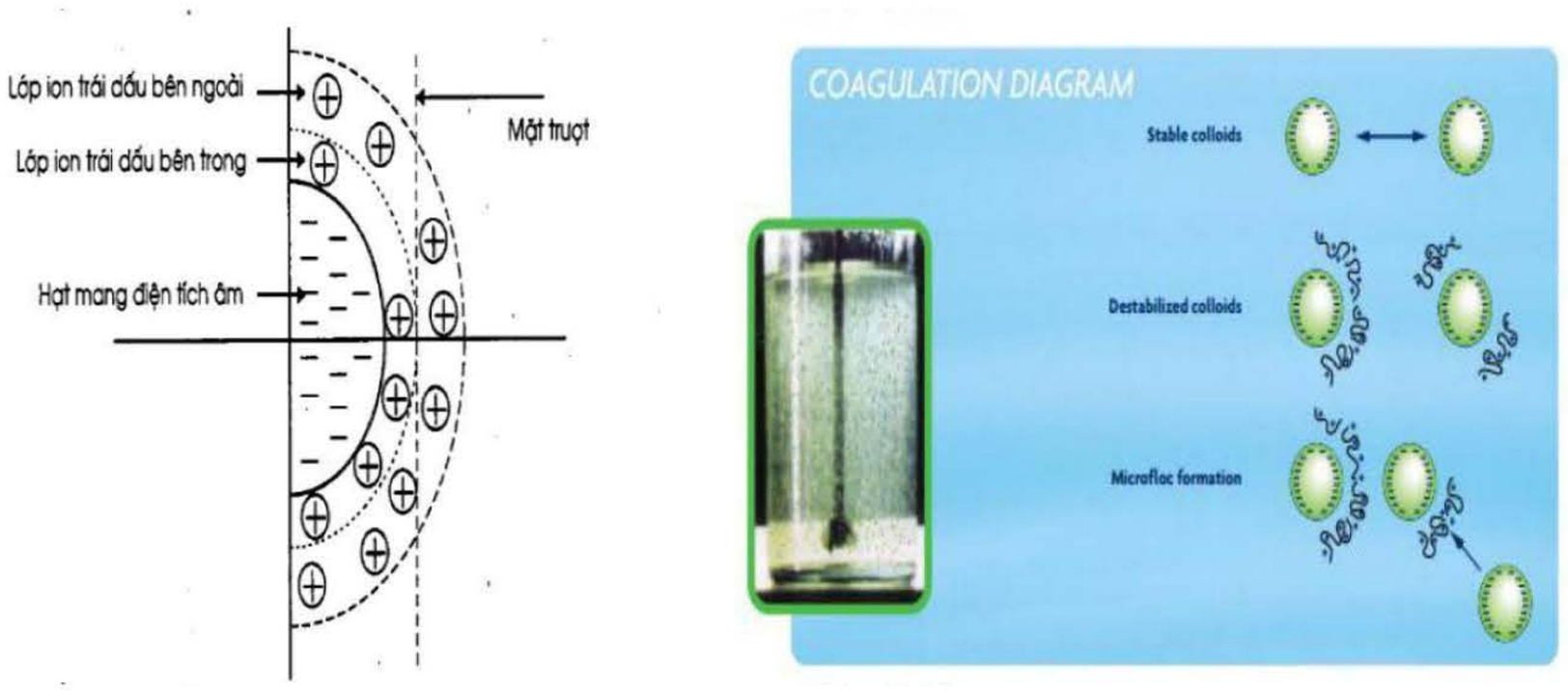
Đặc điểm nổi bật nhất của chất nhầy là có màu trong suốt, vô định hình, được tiết ra để bảo vệ thực vật khi bị thương [23, 30, 31, 32]. Polysaccharide gồm lipids, carbohydrate, alkaloids có mặt trong chất nhầy được chiết tách từ các loài thực vật, đây là các hợp chất chứa các nhóm bề mặt -COOH, gốc -OH tự do có khả năng keo tụ. Một hỗn hợp các phân tử polysaccharide tách chiết từ một số loại thực vật có chứa galactomannans (nhóm không mang điện tích) và galactan, được tạo thành từ chuỗi gồm các D-mannopyranosyl có liên kết 1,4 gắn với các đơn vị D-galactopyranosyl ở vị trí 0-6 của một số monomer dư thừa. Sự hiện diện của nhóm – OH dọc theo các chuỗi galactomanna và galactan được dự đoán là cung cấp các vị trí hấp phụ yếu nhưng với số lượng lớn nên dẫn đến sự kết nối các hạt keo [24, 36]. Chính vì vậy, chất nhầy được chiết tách từ các loài thực vật được cho là có khả năng thay thế cho các chất keo tụ nhân tạo (polymer tổng hợp) và có thể được ứng dụng trong việc chất ô nhiễm của nước thải ngày càng phổ biến.

Chất keo tụ tự nhiên được cho là vô hại đối với sức khỏe con người, trong khi việc sử dụng chất keo tụ hóa học (chất keo tụ hóa học) có thể gây kích thích thần kinh học và các bệnh lý về sức khỏe [17]. Chất nhầy tách chiết từ một số loài (chùm ngây, đậu bắp, mã tiền,…) có hiệu suất loại bỏ chất ô nhiễm như các hợp chất nhân tạo. Tuy nhiên, với một số loài thực vật, chất nhầy thu được từ quá trình tách chiết không đạt hiệu suất cao khi sử dụng nó như là chất keo tụ vì điện tích bề mặt thấp, do đó để tăng hiệu suất xử lý độ đục cần kết hợp với các chất keo tụ hóa học [23, 35]. Như vậy hiệu quả xử lý của chất nhầy tùy thuộc phương pháp tách chiết, thành phần của chúng và loại nước thải cần xử lý [23, 33, 35, 61].

1.2.3. Cơ chế keo tụ - tạo bông của chất nhầy

Cho tới hiện nay, việc nghiên cứu ứng dụng chất nhầy tách chiết từ các loài thực vật để xử lý các chất gây nhiễm bẩn trong nước là rất phổ biến. Các chất keo tụ tự nhiên chủ yếu là polysaccharide hoặc protein [21, 26, 37]. Sự hình thành các

bông keo khi sử dụng chất keo tụ xảy ra theo cơ chế như hình 1.1.

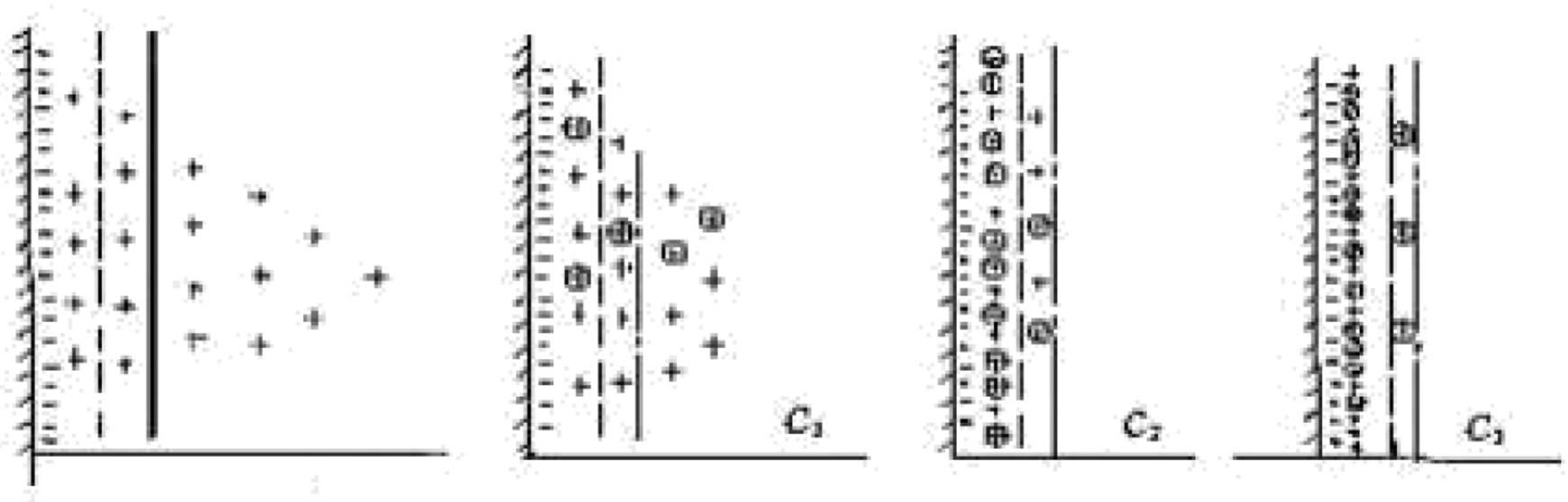


Hình 1.1. Điện tích trên hạt lơ lửng khi giải thích bằng lý thuyết hai lớp

Những hạt rắn lơ lửng mang điện tích âm trong nước sẽ hút các ion trái dấu [40, 44, 58]. Một số các ion trái dấu đó bị hút chặt vào các hạt rắn đến mức chúng chuyển động cùng các hạt rắn, do đó tạo thành một mặt trượt. Xung quanh lớp ion trái dấu bên trong này là lớp ion bên ngoài mà hầu hết là các ion trái dấu, nhưng chúng bị hút bám vào một cách lỏng lẻo và dễ dàng bị trượt ra. Khi các hạt rắn mang điện tích âm chuyển động qua chất lỏng thì điện tích âm đó bị giảm bởi các ion mang điện tích dương ở các lớp bên trong [63]. Hiệu số điện thế giữa các lớp chuyển động và lớp cố định gọi là thế Zeta hay thế điện động. Khác với thế nhiệt động E - hiệu điện thế giữa bề mặt hạt và chất lỏng. Thế Zeta phụ thuộc vào E và chiều dày hai lớp, giá trị của nó sẽ xác định lực tĩnh điện đẩy của các hạt là lực cản trở việc dính kết giữa các hạt rắn với nhau [21, 40, 44, 58].

Nếu như điện tích âm thực là điện tích đẩy như hình 1.2 và thêm vào đó tất cả các hạt còn có lực hút tĩnh điện- lực Van der Walls, do cấu trúc phân tử của các hạt. Tổng của hai loại điên tích này là điện tích đẩy thực hay một hàng rào năng lượng cản trở các hạt răn liên kết với nhau. Như vậy mục tiêu của keo tụ là giảm thê Zeta – tức giảm chiều cao hàng rào năng lượng này tới giá trị tới hạn, sao cho các hạt rắn không đẩy lẫn nhau bằng cách thêm ion điện tích dương hình 1.2 [40]. Như vậy keo tụ diễn ra quá trình phá vỡ trạng thái ổn định của các hạt keo của các hạt nhờ trung hòa điện tích. Hiệu quả keo tụ phụ thuộc vào hóa trị của ion, chất đông tụ

mang điện tích trái dấu với điện tích của hạt. Hóa trị của ion càng lớn thì hiệu quả của quá trình này càng cao [27, 40].

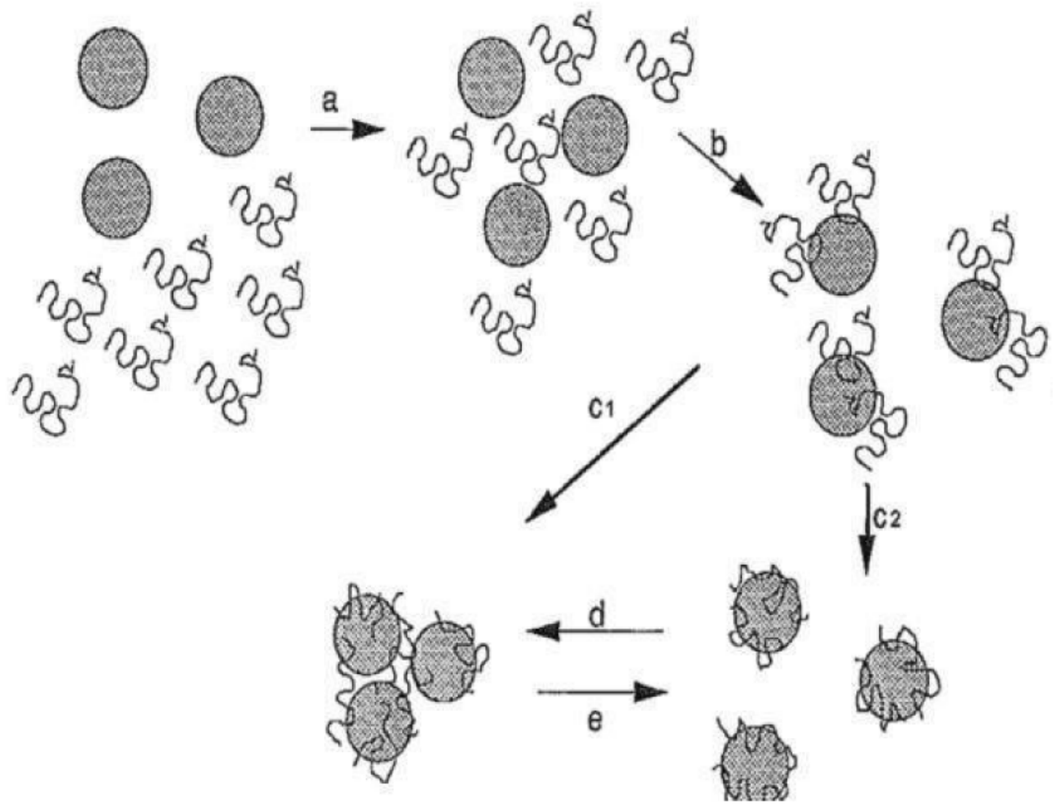


Hình 1.2. Sự thay đổi thế điện động zeta

Đối với các chất keo tụ là polymer, chúng không chỉ chứa các cation để phá vỡ trạng thái ổn định của các hạt keo và trung hòa điện tích mà còn chứa các mạch polymer để cầu nối liên kết giữa hạt keo [26, 40, 45]. Vì vậy, theo Joseph (2008), hai cơ chế quan trọng nhất của quá trình keo tụ bằng hợp chất hữu cơ là cơ chế cầu nối và cơ chế liên kết tĩnh điện:

- Mô hình cầu nối: các chuỗi polymer dài hơn với liều lượng nhỏ được thêm vào dung dịch keo, các chuỗi polymer này hấp phụ các hạt keo, tạo thành cầu nối các hạt keo lại với nhau. Sau khi các polymer liên kết với nhau, các cụm bông được hình thành. Các cụm bông có thể bị phá vỡ khi nhiệt độ cao, hoặc tốc độ khuấy lớn. Cơ chế cầu nối đúng khi cho các polymer không mang điện tích hoặc polymer mang điện tích âm vào dung dịch keo âm [44].

- Mô hình liên kết tĩnh điện: Các chất trợ keo mang điện tích dương cao trong dung dịch keo âm, do năng lượng tương tác cao làm thay đổi cấu trúc các chất này, gây cản trở trong việc hình thành câu nôi các hạt keo [27, 45].



Hình 1.3. Cơ chế keo tụ của polymer

Các polymer ở dạng mạch thẳng, đóng vai trò làm cầu nối để liên kết các bông cặn [34, 40, 44].

1.2.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng keo tụ - tạo bông của chất nhầy

Cũng như các chất keo tụ hóa học, hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm của chất nhầy cũng phụ thuộc pH ban đầu, nồng độ chất nhầy và độ đục ban đầu của mẫu nước [26, 32, 37].

1.2.4.1. Ảnh hưởng của pH

Hiệu quả làm giảm độ đục của chất keo tụ có nguồn gốc thực vật phụ thuộc vào sự thay đổi pH. Các loại chất keo tụ thực vật có nguồn gốc khác nhau thì hiệu suất xử lý độ đục khác nhau.

Theo nghiên cứu của Thakur và cộng sự (2014), khoảng pH để hiệu suất xử lý độ đục đạt cao nhất của hạt cây đậu bắp và hạt chùm ngây là 6 – 10. Sự chênh lệch các khoảng pH tối ưu này là do phương pháp tách chiết, độ đục ban đầu và liều lượng sử dụng. Hạt cây mã tiên, chất nhầy tách chiết từ cây đậu bắp, chất nhầy cây xương rồng có hiệu suất làm giảm độ đục tối ưu trong khoảng từ 6,5 - 7,5 [26]. Đây cũng là khoảng pH tối ưu khi sử dụng chất keo tụ hóa học ở cùng điều kiện [23, 26, 32, 37, 38].

1.2.4.2. Ảnh hưởng của nồng độ chất nhầy

Cũng như chất keo tụ hóa học hiệu suất độ đục tăng lên đến nồng độ tối ưu sau đó giảm dần. Theo kết quả của báo cáo [26], nồng độ tối ưu của hạt cây mã tiền, chất nhầy cây đậu bắp, chất nhầy cây xương rồng lần lượt là 2,0; 2,0; 0,4 ppm. Khi kết hợp chúng với phèn nhôm sulfate thì nồng độ tối ưu là 1,55; 1,55; 0,35 ppm. Hạt chùm ngây và hạt đậu bắp có liều lượng tối ưu cho quá trình này là 200 mg/L và 220 mg/L [32]. Kết quả này có sự thay đổi khi sử dụng chất nhầy tách chiết từ cây *mallow* và đậu bắp kết hợp với phèn nhôm. Liều lượng tối ưu là 20 mg/L [37].

1.2.4.3. Ảnh hưởng của độ đục ban đầu

Độ đục ở các mức độ khác nhau thấp, trung bình và cao cũng làm ảnh hưởng đến hiệu quả độ đục trong nước của chất keo tụ thực vật.

Hiệu suất làm giảm độ đục tăng lên khi độ đục trong nước tăng lên từ thấp (10 - 50 NTU), trung bình (100 - 200 NTU), cao (500 - 1000 NTU) [24, 20, 36]. Điều này có thể được giải thích là khi độ đục trong nước thấp, nồng độ các hạt keo ổn định trong nước cũng thấp nên lượng bông cặn hình thành khi cho chất keo tụ vào ít hiệu quả lắng kém [37, 38].

1.2.5. Phương pháp tách chiết chất nhầy

Để tách chiết chất nhầy từ thực vật, tiến hành thực hiện các bước như sau:

✓ Bước 1: Tiền xử lý mẫu thực vật

✓ Bước 2: Tách chất nhầy ra khỏi mẫu thực vật

✓ Bước 3: Thu hồi chất nhầy

1.2.5.1. Tiền xử lý mẫu thực vật

Mẫu cây cần tìm hiểu trước các đặc điểm về thành phần hóa học cần khảo sát. Tùy theo mục đích nghiên cứu, chọn lựa thu hái các bộ phận khác nhau của cây: hoa, lá, vỏ, thân, rễ, củ,… Tuy nhiên, không thu hái các bộ phận cây bị sâu bệnh, nấm mốc, vàng héo, úa dập.

Mẫu cây thu hái về được rửa sạch với nước, để ráo, làm khô tự nhiên trong mát có quạt hoặc nơi thoáng gió.

Nếu khảo sát trên mẫu cây khô thì ngay khi cây còn tươi nên cắt nhỏ khoảng

5 cm (Quá trình nghiền làm phá vỡ màng tế bào thực vật, giúp cho dung môi dễ thấm vào bột cây để chiết tách hết các hợp chất ra khỏi cây), rồi sấy khô ở nhiệt độ phòng hoặc sấy trong tủ sấy ở 50 ^{0}C. Quá trình này cần tránh không để cây chồng đống dồn nén lên nhau có thể phát sinh nấm mốc, bằng cách thường xuyên đảo trộn cây. Nếu không có lò sấy, có thể phơi khô nhờ ánh nắng, tuy nhiên cần tránh phơi dưới ánh nắng mặt trời gay gắt vì tia tử ngoại (UV) có trong ánh sáng mặt trời có thể kích thích phản ứng hóa học, tạo nên những hợp chất không mong muốn [11].

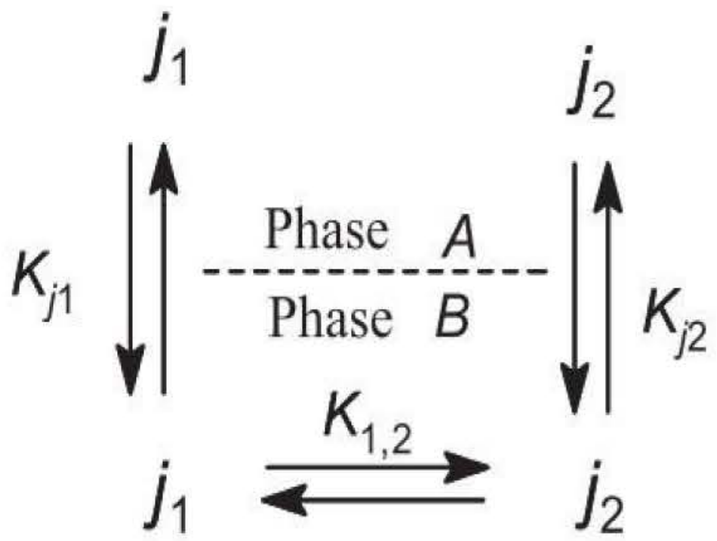
1.2.5.2. Tách chất nhầy ra khỏi mẫu thực vật

Công đoạn chính đầu tiên trong quá trình tách chiết là đưa chất nhầy ra khỏi mô thực vật vào dung môi để tiếp tục loại bỏ phần không cần thiết (mô thực vật) [37, 45, 46]. Dung môi được sử dụng trong công đoạn này là nước, nguyên liệu được được đưa vào nước theo tỷ lệ nhất định, sau đó hỗn hợp được đưa vào thiết bị để tiến hành tách. Các phương pháp có tính khả thi cao được ứng dụng là:

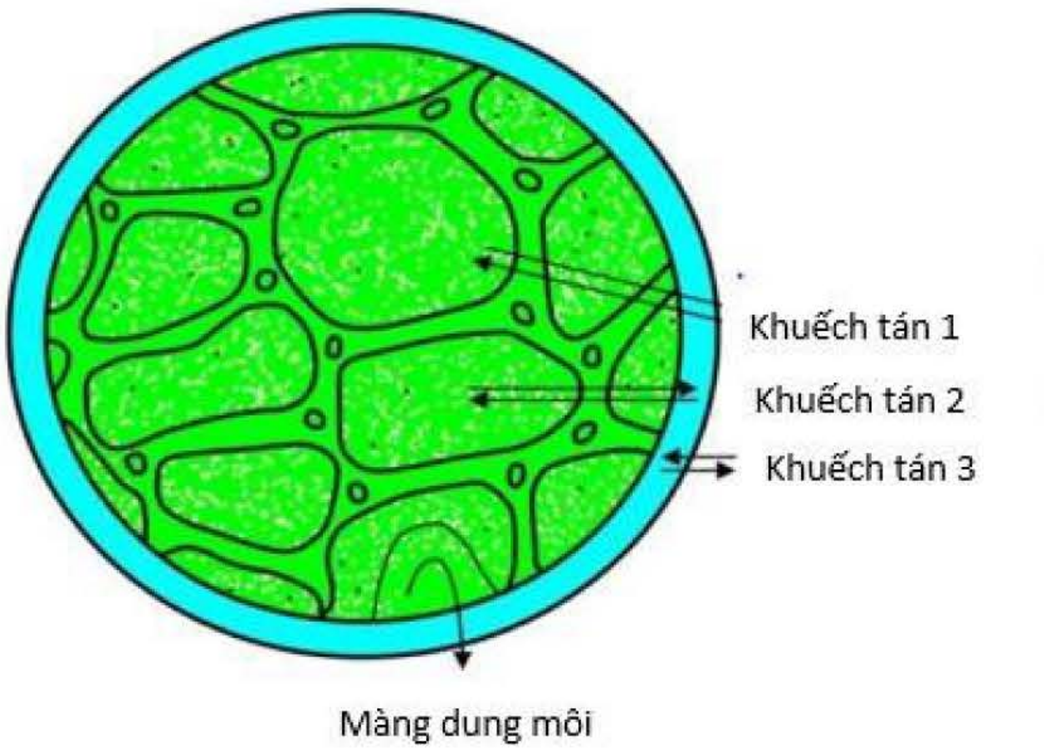
- CSE (Conventional Solvent Extraction): Hỗn hợp được hấp trong nồi cách thủy hoặc được khuấy trộn trong máy khuấy có khả năng gia nhiệt.
- UAE (Ultrasonic Assisted Extraction): Hỗn hợp được đưa vào bể siêu âm.
- MAE (Microwave Assisted Extraction): Hỗn hợp được đưa vào trong lò vi sóng.

❖ *Phương pháp tách chiết dung môi thông thường CSE* là phương pháp đơn giản nhất và là nền tảng cho các phương pháp tách chiết khác.

Nguyên lý cơ bản của phương pháp này là đưa nguyên liệu (chứa chất cần tách chiết) vào một dung môi có khả năng hòa tan chất cần tách. Trong điều kiện này, chất cần tách được khuếch tán (Hình 1.4) giữa 2 pha: Pha rắn (Nguyên liệu) và pha lỏng (dung môi). Hiện tượng khuếch tán này có cơ chế như sự trao đổi chất hai chiều: Chất tan (chất nhầy) đi từ trong mô thực vật ra dung dịch và một phần nước (dung môi) từ dung dịch đi vào mô thực vật [48, 49] do sự chênh lệch nồng độ giữa 2 pha [50]. Theo Ying (2011), tỷ lệ nước/nguyên liệu tối ưu (mL/g) từ 15:1 đến 20:1, nhiệt độ 80^{0}C và thời gian tách 90 phút là tối ưu cho quá trình tách chiết chất nhầy sử dụng dung môi nước thông thường [47] .



Hình 1.4. Mô phỏng cân bằng nồng độ chất tan, hiệu ứng khuếch tán qua màng



Hình 1.5. Mô phỏng một mảnh mô thực vật đặt trong dung môi, chất tan được khuếch tán tạo thành một màng dung môi nồng độ chất tan cao hơn bao quanh

Quá trình tách này có thể được thực hiện bằng nhiều loại thiết bị khác nhau, ví dụ như theo mô hình của Sciban, quá trình tách được thực hiện với máy khuấy từ có chức năng gia nhiệt [46] hoặc trong mô hình của Ying (2011) quá trình này có thể được thực hiện bằng cách đun cách thủy [47].

Mặc dù phương pháp tách chiết dung môi thông thường CSE đã được đánh giá là có hiệu suất thấp so với phương pháp siêu âm UAE và phương pháp vi sóng MAE [47], tuy nhiên phương pháp này có ưu điểm là yêu cầu thiết bị đơn giản vì vậy phương pháp này có tiềm năng ứng dụng hơn trong các công trình thực tiễn.

❖ *Phương pháp chiết bằng sóng siêu âm UAE*

Phương pháp chiết bằng sóng siêu âm UAE có cơ chế hoạt động căn bản

giống với phương pháp tách chiết vào dung môi thông thường CSE (khuếch tán và cân bằng nồng độ chất). Tuy nhiên trong quá trình tách, chất tan được khuếch tán ra khỏi phần rắn tạo ra một gradient nồng độ, ở đó nồng độ chất tan cần tách cao hơn, điều này ngăn cản trở cho quá trình khuếch tán dưới tác động của sự chênh lệch nồng độ. Sự khuếch tán chất tan trong điều kiện xuất hiện gradient này diễn ra gián tiếp giữa các mảnh mô thực vật, vùng dung môi có nồng độ chất tan cao, dung môi tổng hợp.

Phương pháp UAE khắc phục được điểm yếu của CSE bởi sóng siêu âm tác dụng vào tạo ra bong bóng trong dung dịch, khuấy động dung dịch, liên tục phá vỡ sự cân bằng chất tan ảo. Mặt khác sóng siêu âm gây ra sự phá vỡ thành tế bào thực vật hoặc gây tổn hại cấu trúc mô thực vật từ đó tăng diện tích tiếp xúc hoặc đưa dung môi vào thế chỗ chất tan trong nguyên liệu sâu hơn [49] tăng hiệu quả tách chiết đáng kể.

Phương pháp tách chiết bằng sóng siêu âm UAE đã được thử nghiệm và có hiệu quả cao (gấp đôi phương pháp CSE và hơn phương pháp MAE) [47].

Trong điều kiện thí nghiệm, do cùng có yêu cầu về thiết bị cao, phương pháp UAE được ưu tiên ứng dụng nhiều hơn so với phương pháp vi sóng MAE, do phương pháp này cho hiệu quả tách chiết tốt hơn.

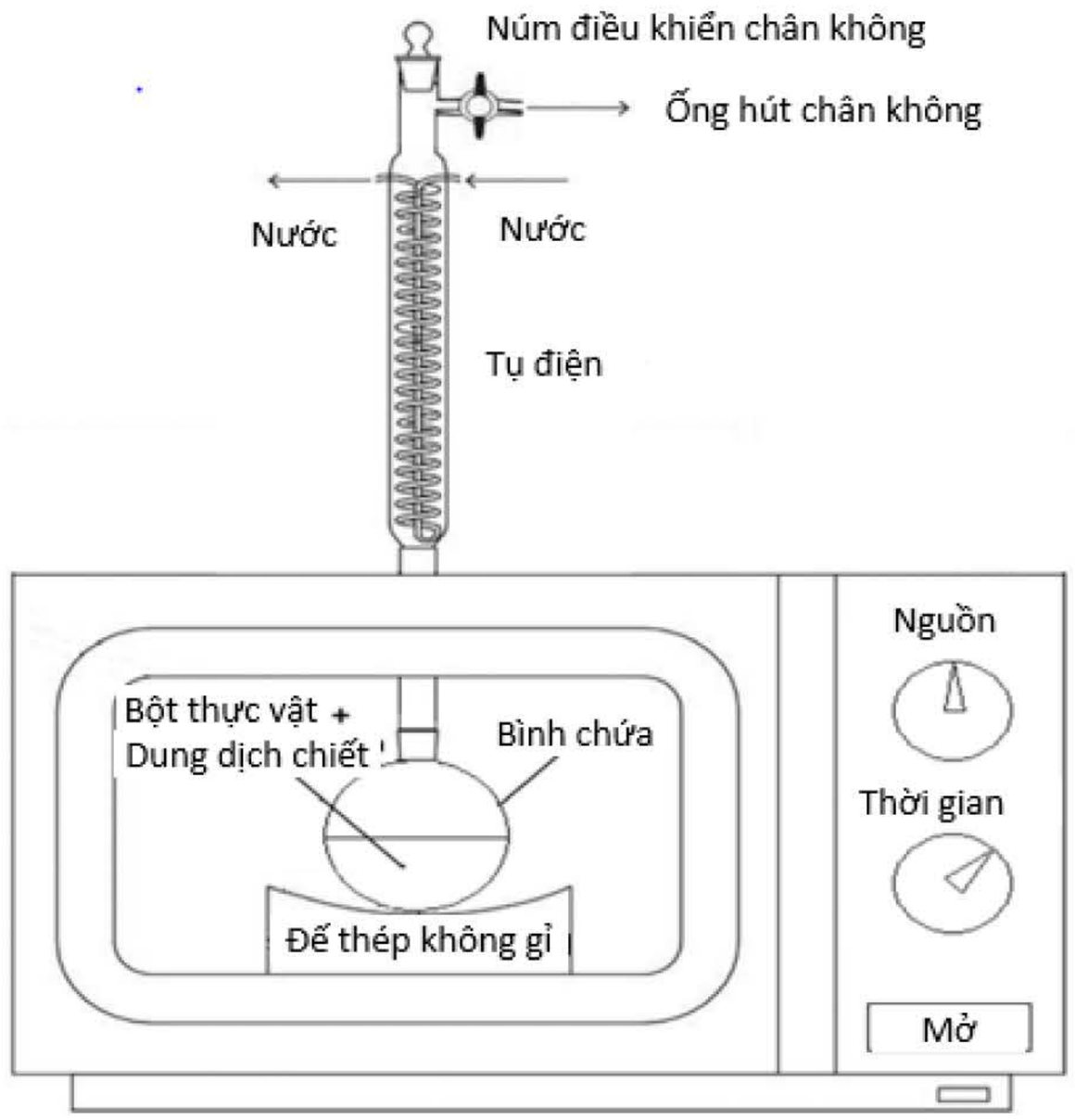
❖ *Phương pháp chiết bằng vi sóng MAE*

Phương pháp MAE có tác dụng cung cấp nhiệt cho khối dung môi và nguyên liệu dưới dạng vi sóng mà không làm thất thoát ra khỏi môi trường (ở đó dung môi và nguyên liệu nhận năng lượng và tự nóng lên không thông qua hoạt động cấp nhiệt từ nguồn khác) [48]. Mặt khác năng lượng tập trung ở cường độ cao vào khối nguyên liệu có thể làm hơi ẩm trong khối này bốc hơi đột ngột, phá vỡ cấu trúc tế bào thực vật, điều này gia tăng sự chuyên khối từ dung môi vào nguyên liệu và các chất tan từ nguyên liệu ra dung môi [51]. Tuy nhiên nếu không có hoạt động khuấy trộn, phương pháp MAE không hiệu quả bằng UAE do không thay đổi gradient nồng độ chất tan, không phá vỡ cấu trúc tế bào hiệu quả. Mặt khác, do bản chất là cấp nhiệt tập trung ở cường độ cao, phương pháp này có khả năng làm phân hủy

chất tan cần thiết [52].

Thí nghiệm của Ying (2011) đã chỉ ra đối với một loại nguyên liệu nhất định (lá dâu tằm) hiệu quả của MAE thấp hơn so với UAE [62].

UAE có thể được thực hiện bằng hai kiểu thiết lập là: Trong hệ kín và trong hệ mở cụ thể như hình 1.6.



Hình 1.6. Hệ thống UAE mở

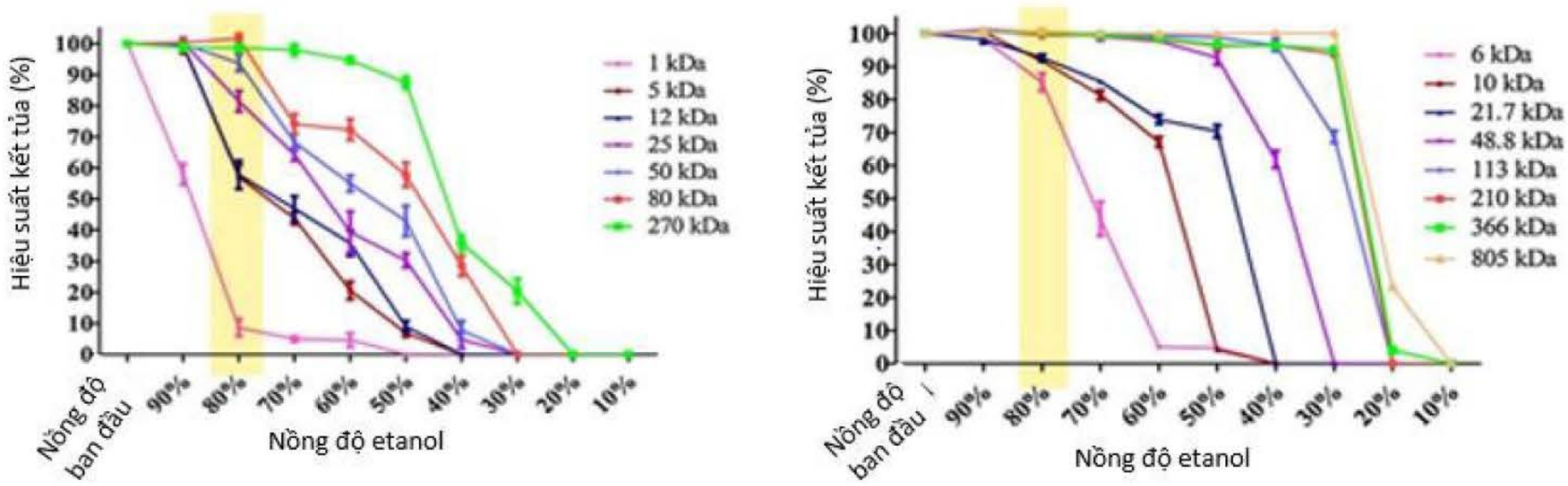
1.2.5.3. Thu hồi chất nhầy

Dung dịch chất nhầy thu được sau quá trình tách được sử dụng như chất trợ keo cần thông qua quá trình gây kết tủa dung môi. Việc sử dụng trực tiếp dung dịch như vậy có thể dẫn đến tăng độ đục do các phần tử màu từ nguyên liệu chưa được làm sạch và gây nên. Do vậy, cần đánh giá việc sử dụng dung môi hợp lý để chiết tách chất nhầy.

Nhiều dung môi hữu cơ có khả năng tạo kết tủa chất nhầy, dựa vào khả năng tạo kết tủa, khả năng bay hơi, tính độc đối với con người và môi trường, độ phổ biến và sẵn có của nguồn hóa chất, hai loại hóa chất phù hợp để sử dụng trong quá

trình tách chiết là: etanol, axeton.

❖ ***Etanol:*** Tỷ lệ thể tích giữa etanol đặc/ dung dịch tối ưu có thể thay đổi tùy thuộc vào chất tan nhất định cần tách chiết. Tuy nhiên từ việc phân tích thí nghiệm theo J.Xu (2014) đối với nhiều loài thực vật, nồng độ etanol để đạt hiệu năng tối đa với đa số các phân tử kích thước lớn (phù hợp với ứng dụng trong quá trình keo tụ, tạo bông) là 80% [53] được thể hiện hình 1.7.



Hình 1.7. Ảnh hưởng nồng độ etanol tới hiệu quả tạo kết tủa polysaccharide

❖ ***Axeton:*** Axeton cũng là một loại dung môi được áp dụng phổ biến trong các thí nghiệm về khả năng tách chiết và cho hiệu quả tương đối cao. Theo thí nghiệm của Shende (2015), tỷ lệ aceton/dịch chiết tối ưu đối với nguyên liệu từ các chủng cây dâm bụt (*Hibicus rosa-sinensis*) là 3:1 tương đương với nồng độ 75% [28]. Trong cùng thí nghiệm của Shende (2015), việc sử dụng etanol để tạo kết tủa chất nhầy từ cây dâm bụt (*Hibicus rosasinensis*) cũng cho kết quả không tối ưu bằng sử dụng aceton. Trong đó ở các tỷ lệ hóa chất/dịch chiết được thí nghiệm (3:1 và 4:1), axeton đều cho hiệu suất tách cao hơn.

Mặt khác, so sánh với thí nghiệm tách chiết khi sử dụng ethanol và sử dụng aceton nhận thấy được phương pháp tạo kết tủa sử dụng aceton có tiềm năng lớn hơn trong việc giảm lượng hóa chất cần thiết để tách chiết cũng như tăng hiệu quả tách chiết [28] chi tiết như bảng 1.1. Nhận thấy, tỷ lệ ethanol/dung dịch tối ưu ở thí nghiệm của Xu là 4:1 (tương đương với nồng độ 80%) trong khi tỉ lệ acetone/ dung dịch ở thí nghiệm này đạt hiệu quả tối ưu ở 3:1 [53].

Bảng 1.1. Tỉ lệ chất nhầy thu được từ 3 giống cây Dâm bụt (Hibicus) [14]

Dung môi	Tỉ lệ Dung môi/Dịch chiết	Hiệu suất tách chiết (%)		
		Giống HRS	Giống HEC	Giống HSR
Ethanol	***3:1***	***15***	***7,8***	***5,2***
	4:1	***15,8***	***8,5***	***6***
Aceton	***3:1***	***17,7***	***9,5***	***6,3***
	4:1	***17,9***	***9,4***	***6,2***

1.2.6. Một số thực vật có tiềm năng khai thác chất nhầy

Theo một số nghiên cứu chất nhầy có thể được chiết tách từ một số thực vật như sau:

Theo E. Sepu´lveda (2008), chất nhầy từ cây xương rồng - *Opuntia ficus indica* là một chất thú vị cho ngành công nghiệp thực phẩm bởi vì tính chất nhớt của nó. Chúng đã khai thác bằng việc sử dụng các tỷ lệ là: tỷ lệ mẫu thực vật / nước (1: 51: 7), nhiệt độ chiết (40 ± 2 và 16 ± 2^0C) và thời gian lắng (4, 8 và 16 h). Kết tủa chất nhầy sử dụng hai loại là etanol và isopropyl alcoho và hai tỷ lệ nước / etanol (isopropyl alcohol) tương ứng là 1:3 và 1:4. Hiệu suất chất nhầy trung bình sau khi sấy là 1,48% trên trọng lượng tươi và 19,4% trên trọng lượng khô. Chất nhầy khô có độ ẩm trung bình 5,6%; protein 7,3%; tro 37,3%; nitơ 1,14%; 9,86% canxi và 1,55% kali [36].

Theo Uzma Farooq (2013) đã nghiên cứu việc chiết xuất và mô tả đặc tính của chất nhầy đậu bắp (*Abelmoschus esculentus*) như tá dược dược phẩm. Sử dụng phương pháp chiết xuất dựa trên nước, hiệu suất tách chiết chất nhầy thu được từ cây đậu bắp là 11,44%. Đặc tính của chất nhầy chiết xuất được kiểm tra bằng các thông số khác nhau như: pH đo được là 7,5, sức căng bề mặt: 0,25%, tổng tro là 7,53 [19].

Theo Alalor (2014) đã nghiên cứu về đặc điểm của chất nhầy từ cây khoai nước (*Colocasia Esculenta*). Hiệu suất thu được chất nhầy từ cây khoai nước là 25% với đặc điểm có khả năng nổi trên nước, hòa tan trong nước ấm tạo thành dung dịch keo và không hòa tan trong chất hữu cơ [63].

Ngoài ra, chất nhầy cũng được chiếtc tách và nghiên cứu ở một số loại cây như: Rau đay (*Corchorus capsularis*) có hiệu suất tách chiết chất nhầy 25,81% và cây Thu Hải Đường (*Cephalotaxus Mannii*) hiệu suất tách chiết khoảng 63% trong thí nghiệm của Olivier (2017) [59]. Một vài nghiên cứu chất nhầy của thực vật thu được chiết tách từ hạt cây mồng tơi (*Basella alba*) có hiệu suất 0,8% đối với mẫu tươi và 4% đối với mẫu khô [60],… Ngoài ra, còn rất nhiều thực vật có khả năng khai thác chất nhầy khác đang được quan tâm nghiên cứu.

1.2.7. Hạn chế và thách thức việc sử dụng chất keo tụ tự nhiên từ thực vật

Các chất keo tụ tự nhiên từ thực vật cho thấy tiềm năng trong việc thay thế sử dụng chất keo tụ hóa học trong xử lý nước thải nghành dệt may. Nhiều nghiên cứu đã được đề cập để nhấn mạnh tính hiệu quả của keo tụ tự nhiên cho quá trình xử lý nước thải. Tuy nhiên, tất cả đều có một số những hạn chế và cần được nghiên cứu thêm để đưa ra các quy trình cải tiến [57].

Chất keo tụ thực vật đã được sử dụng trong việc mang lại lợi ích môi trường. Nhiều quy mô phòng thí nghiệm đã chứng minh rằng chúng khả thi về mặt kỹ thuật để sử dụng quy mô nhỏ. Tuy nhiên hiện tại, các ứng dụng chưa được chuyển từ quy mô phòng thí nghiệm sang thử nghiệm thực địa và ứng dụng trong công nghiệp. Điều này liên quan đến một số thách thức như:

Hiệu quả và chi phí xử lý phụ thuộc vào loại chất keo tụ, liều lượng, pH, nhiệt độ, cường độ ion, tổng chất rắn hòa tan, bản chất và nồng độ chất hữu cơ trong nước thải, cũng như cả kích thước, cấu tạo các hạt keo trong huyền phù và một số yếu tố khác. Do đó, tối ưu hóa hóa lý các thông số trước khi thực hiện quy mô lớn là rất quan trọng và mất thời gian do đặc tính hóa lý của nước thải dệt may có thể bị thay đổi định kỳ.

Ngoài ra, chất keo tụ vô cơ có hiệu quả hơn do khả năng kiểm soát đặc tính và khối lượng của chúng. Thêm vào đó chất keo tụ thực vật có thời gian sử dụng ngắn hơn so với chất keo tụ tổng hợp do nó bị phân hủy sinh học [57].

1.3. Các nghiên cứu ứng dụng chất nhầy trong xử lý nước thải

Chất nhầy được chiết tách từ các loại thực vật khác nhau được cho là có khả

năng thay thế cho các chất keo tụ và trợ keo tụ nhân tạo (polymer tổng hợp) và các ứng dụng của nó trong việc chất ô nhiễm của nước thải ngày càng phổ biến.

Ở Venezuela, khả năng đông tụ của chất nhầy tách chiết từ xương rồng (*Cactus latifaria*) và loài thực vật có hoa trong họ đậu (*Prosopis juliflora*) đã được thử nghiệm xử lý độ đục trên nước nhân tạo. Độ đục ban đầu của mẫu nước nhân tạo từ 100 - 200 NTU và 30 - 40 NTU. Tại liều lượng là 20, 40 mg/L, cả hai vật liệu đều làm giảm độ đục xuống mức thấp nhất và kết quả cuối cùng đã gần đạt tiêu chuẩn WHO (5 NTU). Một số nghiên cứu khác để khảo sát tiềm năng đông tụ của chất nhầy chiết tách từ cây xương rồng để xử lý nước thải công nghiệp đã được thực hiện. Yang và cộng sự (2014) [26] đã tiến hành các thí nghiệm kiểm tra khả năng độ đục của chất nhầy này trên nước rỉ rác và nước sông. Hiệu suất đạt được trong nước rỉ rác (499 NTU) và nước sông (547 NTU) lần lượt là 98 và 70%. Từ kết quả thu được cho thấy rằng cây xương rồng là một nguồn nguyên liệu thực vật có tiềm năng thay thế cho các chất đông tụ, keo tụ hóa học [26, 30, 33].

Theo các nghiên cứu của Freitas (2018) việc sử dụng chất nhầy chiết tách từ cây xương rồng trong xử lý nước thải đang rất phát triển và quan tâm, điển hình như một vài ứng dụng cho thấy hiệu quả thể hiện ở bảng 1.2 [57].

Bảng 1.2. Nghiên cứu sử dụng chất nhầy nguồn gốc thực vật xử lý nước thải [57]

Chất nhầy	**Loại nước thải**	**Hiệu quả xử lý**
Xương rồng *(Acanthocerus tetragonus)*	Nước thải	Độ đục: ~87% (60 mg/L) COD: ~55% (50 mg/L)
	Nước sinh hoạt	Độ đục: ~93% (49 mg/L)
	Nước thải nhuộm	Độ đục: 98,2%
Xương rồng (*Cereus peruvianus)*	Nước thải nhuộm	Độ đục: ~85,4% COD: ~ 58,3%
Xương rồng (*Opuntia ficus-indica*)	Nước thải nhuộm	Độ đục: ~ 91,3 – 93,7% COD: ~ 64,5 – 87,3%

Bảng 1.2 tóm tắt một số hiệu quả của việc sử dụng chất keo tụ có nguồn gốc tự nhiên như điển hình là chất nhầy chiết tách từ các loại cây xương rồng được đặc biệt quan tâm. Do đặc tính dễ thích nghi, phân bố rộng rãi, sống ở các điều kiện

khắc nghiệt và lượng chất nhầy chiết tách cho hiệu suất lớn khoảng 31%. Việc sử dụng cây xương rồng như một chất keo tụ tự nhiên ở liều tối ưu của nó để có độ đục tương tự so với phèn hoặc polyferric sulphat (PFS) trong xử lý nước thải hoặc nước uống. Các chất keo tụ tự nhiên cũng có thể được sử dụng để giải quyết hàm lượng florua cao trong nước ngầm [57]. Việc sử dụng các chất keo tụ tự nhiên thuận lợi vì nó không làm giảm độ pH của nước xử lý. Độ pH trong nước được xử lý tốt theo khuyến cáo của WHO (2006) về pH 6,5 đến pH 8,5. Ngược lại, việc bổ sung phèn làm giảm độ pH của nước xuống pH 5,6 do tính chất có tính axit của nó. Do đó, việc xử lý bằng phèn đòi hỏi thêm chi phí cho các hóa chất để nâng pH trở lại các giá trị cho phép. Một số chất keo tụ tự nhiên có đặc tính kháng khuẩn có thể hỗ trợ trong việc kiểm soát tác nhân gây bệnh vi sinh vật gây nhiễm trùng và bệnh do nước gây ra trong việc xử lý nước sinh hoạt. Việc sử dụng chất keo tụ chiết xuất tự nhiên như một phương pháp lọc nước hiệu quả và bền vững hơn, kỹ thuật có triển vọng vì khả năng làm giảm độ đục tốt, bên cạnh đó một số loại có thể loại bỏ coliforms và *Escherichia coli* trong cả nước hồ chứa và các con sông [57].

Ngoài ra, chất nhầy chiết tách *okra* được chứng minh là hiệu quả như chất keo tụ tổng hợp (polyacrylamide) trong xử lý nước thải dệt nhuộm và nước thải thuộc da. Hiệu quả mang lại là giảm SS 95% với nồng độ chất nhầy được sử dụng là 0,12 mg/L [22, 26].

1.4. Tổng quan về nước thải dệt nhuộm

1.4.1. Giới thiệu chung về ngành dệt nhuộm

1.4.1.1. Lịch sử hình thành và phát triển ngành dệt nhuộm

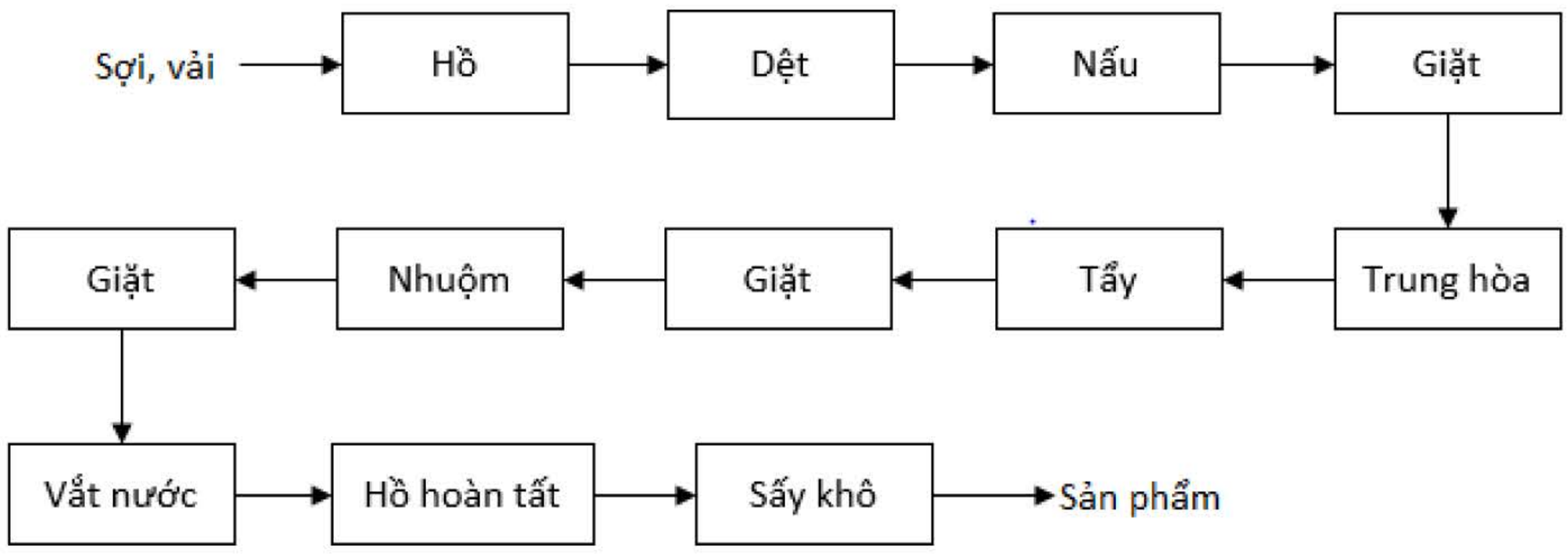
Dệt nhuộm là một trong những ngành công nghiệp có lịch sử phát triển lâu dài ở Việt Nam. Nó bắt nguồn từ nhu cầu lấy xơ, sợi làm quần áo che thân của con người. Trước thế kỷ 19, khi hầu hết quần áo được tự may tại nhà hoặc được đặt riêng theo số đo cá nhân tại các hàng may, ngành dệt nhuộm tương ứng đạt tới ngưỡng quy mô hộ gia đình, phát triển hơn là quy mô làng nghề, phường nghề với kỹ thuật sản xuất thủ công, dụng cụ sản xuất thô sơ, nguyên liệu sản xuất có nguồn gốc từ tự nhiên [4]. Lịch sử phát triển của ngành công nghiệp dệt may được xem là

bắt đầu khi thành lập Nhà máy Dệt Nam Định năm 1987.

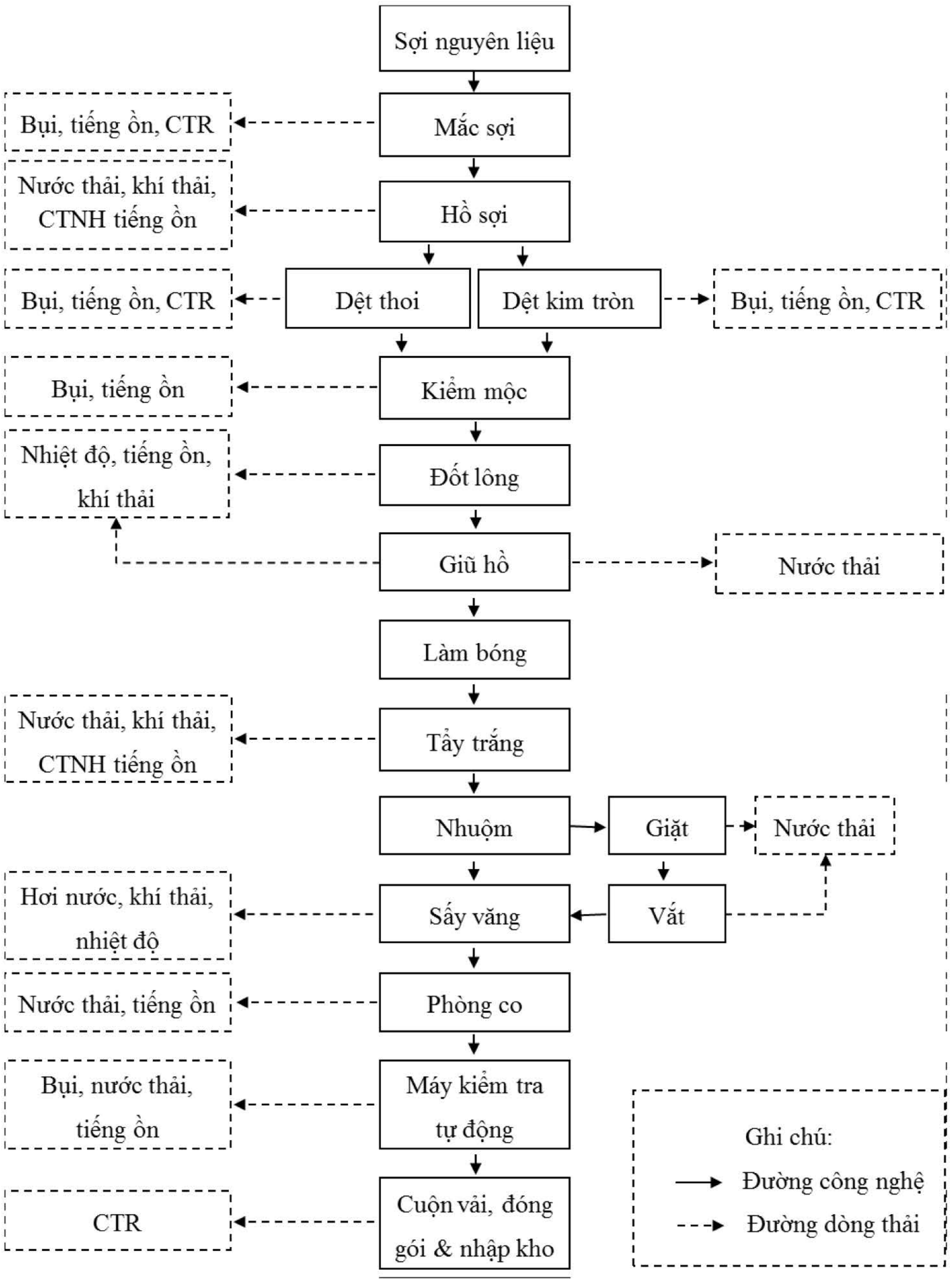
Dù công nghệ sản xuất được đầu tư, cải tiến hiện đại hơn nhưng chất thải trong quá trình sản xuất của ngành dệt nhuộm có ảnh hưởng rất lớn đến môi trường. Chất thải của ngành dệt nhuộm đa dạng trải rộng từ khí thải, nước thải và chất thải rắn. Bên cạnh yếu tố lưu lượng thải lớn, chất thải của ngành dệt nhuộm còn rất đặc trưng và khó phân hủy gây tác động không nhỏ tới môi trường tiếp nhận, đặc biệt là quá trình xử lý màu và nhuộm vải. Theo World Bank 17 - 20% chất thải công nghiệp là từ quá trình này, đóng góp 72% chất thải độc hại vào nguồn nước, trong đó 30% là chất thải vĩnh viễn [4]. Chất thải dệt nhuộm đặc biệt là nước thải đang là vấn đề ô nhiễm môi trường được đặc biệt quan tâm đối ngành dệt nhuộm.

1.4.1.2. Công nghệ dệt nhuộm

Tùy theo quy mô của các nhà máy dệt nhuộm, tính chất của sợi nguyên liệu, tính chất của sợi sản phẩm, trình độ công nghệ mà công đoạn nhuộm và hoàn tất tại mỗi cơ sở, nhà máy có sự khác biệt nhiều hay ít. Tổng quan về quy trình nhuộm và hoàn tất được trình bày như ptrong hình 1.8 và 1.9 [2, 7].



Hình 1.8. Quy trình chung về công nghệ nhuộm và hoàn tất [2]



Hình 1.9. Quy trình sản xuất và dòng thải phát sinh của ngành dệt nhuộm [7]

1.4.1.3. Sơ lược về thuốc nhuộm

Để nhuộm vải được người ta sử dụng rất nhiều các loại thuốc nhuộm khác nhau, trong ngành dệt nhuộm chia làm hai loại chính dựa trên cấu tạp hóa học và tính chất hóa lý của chúng đó là: thuốc nhuộm hòa tan trong nước và thuốc nhuộm không hòa tan trong nước [6].

Thuốc nhuộm hòa tan trong nước:

Thuốc nhuộm trực tiếp: Thuốc nhuộm trực tiếp có thể hòa tan tốt trong nước đến 40 g/L, nhưng ở nhiệt độ dưới 25^0C thì khả năng hòa tan sẽ giảm. Thuốc nhuộm trực tiếp có đầy đủ các gam màu, được sử dụng để nhuộm hoặc in hoa văn cho các loại vật liệu từ xenlulo như vải sợi bông, lụa vixco, đay, gai và tơ tằm. Khi nhuộm hoặc in lên các loại vật liệu, thuốc nhuộm trực tiếp bắt màu thẳng vào vật liệu mà không cần qua khâu xử lý trung gian, nhưng độ bền màu không cao khoảng 20 – 25 % [7].

Thuốc nhuộm acid: Thuốc nhuộm acid là các loại thuốc nhuộm có đặc điểm chung là hòa tan trong nước, được sử dụng rộng để nhuộm các loại vật liệu như len, tơ tằm, xơ và polyamit, một số khác dùng để nhuộm da và lông thú. Loại thuộc nhuộm này được gọi là thuốc nhuộm acid vì chúng bắt màu vào xơ trong môi trường acid còn bản thân loại thuốc nhuộm thì có phản ứng trung tính. Theo cấu tạo hóa học, đa số thuốc nhuộm acid đều thuộc nhóm azo, số ít là dẫn xuất của antraquynon, triantmetan, xanten, azin, một số tạo phức với kim loại. Thuốc nhuộm acid được chia thành 3 nhóm chính là: Thuốc nhuộm acid thông thường, thuốc nhuộm acid cầm màu và thuốc nhuộm acid có chứa kim loại, ba nhóm thuốc nhuộm này có đặc điểm chung là có độ đa dạng về màu sắc, và đều là muối của các acid mạnh. Các ion mang màu của thuốc nhuộm tích điện âm ($Ar\text{-}SO_3$) sẽ hấp phụ vào các điện tích dương của vật liệu, nhờ vậy mà nó được găn màu hay giữ lại trên các vật liệu bằng các liên kết ion hay liên kết muối [3, 7].

Thuốc nhuộm bazo: Thuốc nhuộm bazo khi hòa tan trong nước sẽ phân ly thành các phần mang màu tích điện dương, tuy được tổng hợp từ các nguồn gốc khac nhau nhưng thuốc nhuộm bazo lại có tính tan tốt, cường độ màu cao và có đầy

đủ các gam màu, nhược điểm của thuốc nhuộm bazo là độ bền màu kém khi giặt và phơi với ánh sáng trực tiếp [6].

Thuốc nhuộm hoạt tính: Thuốc nhuộm hoạt tính có thể ở dạng bột, dạng lỏng và dạng nhão, có khả năng tan tốt trong nước, được sử dụng để nhuộm các vật liệu như bông, rayon, lanh và các loại sợi với thành phần xenlulo, len, sợi acetate,... Thuốc nhuộm hoạt tính có khả năng phản ứng hóa học với một xơ sợi để tạo thành liên kết cộng hóa trị (covalent bond) giữa thuốc nhuộm và xơ sợi. Liên kết hóa trị này được hình thành giữa các phân tử thuốc nhuộm và nhóm -OH (hydroxyl) của sợi cellulose hay giữa các phân tử thuốc nhuộm và các nhóm -NH2 (amin) của sợi polyamide hoặc len. Do cấu trúc phân tử với sự sắp xếp ổn định của các electron nên thuốc nhuộm hoạt tính có độ bền màu cao với gam màu sắc đa dạng [3, 6].

Thuốc nhuộm không hòa tan trong nước:

Thuốc nhuộm hoàn nguyên: Thuốc nhuộm hoàn nguyên là những hợp chất màu hữu cơ không hòa tan trong nước, tuy có cấu tạo hóa học và màu sắc khác nhau nhưng chúng có đều chứa các nhóm xeton trong phân tử và có dạng tổng quát là: R=C=O. khi bị khử dạng không tan này sẽ chuyển về dạng lâycô axit, nó không tan trong nước nhưng tan trong kiềm và chuyển thành dạng lâycô bazơ. Thuốc nhuộm hoàn nguyên có đủ gam màu, có độ bền màu cao với ánh sáng và nhiệt độ, độ bền màu của thuốc nhuộm hoàn nguyên là do khi nằm trên xơ ở dạng không hoà tan, mặt khác do phân tử của chúng nhiều nhân thơm nên có khả năng phát sinh các lực liên kết mạnh. Thuốc nhuộm hoàn nguyên được dùng chủ yếu để nhuộm các chế phẩm từ xơ xenlulo hoặc thành phần xenlulo trong các loại vải pha [3, 8].

Thuốc nhuộm lưu huỳnh: Là những hợp chất màu không tan trong nước và một số dung môi hữu cơ, dưới tác dụng của chất khử nó chuyển về dạng axit, tan trong môi trường kiềm tạo dạng bazo dễ phân hủy và oxi hóa về màu. Thuốc nhuộm lưu huỳnh có màu kém tươi, độ bề không cao, dùng để nhuộm các loại vải, xơ, xenlulo,… không dùng để nhuộm len và tơ tằm vì phải nhuộm trong dung dịch kiềm [8].

Thuốc nhuộm phân tán: Thuốc nhuộm phân tán là các thuốc nhuộm hữu cơ

không có các nhóm ion hóa, có độ hòa tan thấp và thích hợp cho việc nhuộm các sợi kỵ nước (Hydrophobic). Thuốc nhuộm phân tán không hòa tan trong nước hoặc có độ hòa tan trong nước rất ít, ở điều kiện bình thường chúng ở thể lỏng hoặc nghiền mịn ở dạng paste với chất trợ phân tán, chúng có thể tan trong các dung môi hữu cơ như benzen, toluen,.. Thuốc nhuộm phân tán thường sử dụng để nhuộm các loại sợi kỵ nước, sợi tổng hợp đặc biệt là axetat và sợi polyester, đôi khi là sợi nylon và acrylic, mội số thuốc nhuộm phân tán có thể được sử dụng để nhuộm các xơ ester cellulose nhân tạo, thuốc nhuộm phân tán có độ bền ánh sáng tốt [8].

Thuốc nhuộm pigment: là những chất màu không tan trong nước và dung môi hữu cơ, không có ái lực với sợi và các vật liệu khác. Để cho pigment bám dính vào vải khi in người ta phải dùng các chất tạo màng đó là các nhựa cao phân tử bán đa tụ được chế sẵn dưới dạng nhũ tương [8].

1.4.2. Nước thải dệt nhuộm

Công nghệ dệt nhuộm sử dụng một lượng nước khá lớn phục vụ cho các công đoạn sản xuất, đồng thời xả ra môi trường nước thải bình quân 12 – 300 m^3/ tấn vải. Nước thải từ nhà máy dệt nhuộm có thành phần rất phức tạp, bao gồm chất hữu cơ, các chất màu và các chất độc hại với môi trường hệ sinh thái. Thành phần nước thải thường không ổn định, thay đổi theo loại nguyên liệu, loại thuốc nhuộm, loại hóa chất, chất phụ trợ sử dụng và quy trình công nghệ sản xuất được áp dụng [1, 5, 41]. Các công đoạn khác nhau thì nước thải nhuộm có đặc tính khác nhau được thể hiện cụ thể trong bảng 1.3 [2].

Bảng 1.3. Đặc tính nước thải dệt nhuộm tại các công đoạn khác nhau [2]

Công đoạn	Chất ô nhiễm trong nước thải	Đặc tính
Hồ sợi, giũ hồ	Tinh bột, glucozo, carboxy metyl xenlulozo, polyvinyl alcol, nhựa, chất béo và sáp	BOD cao (34 – 50% tổng BOD)
Nấu, tẩy	NaOH, chất sáp và dầu mỡ, tro, soda, silicat natri, sợi vụn	Độ kiềm cao, màu tối BOD cao (30% tổng BOD)
Tẩy trắng	Hipoclorit, hợp chất chứa clo, NaOH, AOX, axit,…	Độ kiềm cao (chiếm 5% BOD)
Làm bông	NaOH, tạp chất	Độ kiềm cao (BOD thấp)
Nhuộm	Các loại thuốc nhuộm axit axetic và các muối kim loại	Độ màu rất cao (BOD, TS cao)
In	Chất màu, tinh bột, dầu, đất sét, muối kim loại, axit,…	Độ màu cao (BOD cao và dầu mỡ)
Hoàn thiện	Vệt tinh bột, mỡ động vật, muối	Kiềm nhẹ (BOD thấp, lượng nhỏ)

Về cơ bản, nước thải nhuộm thường có pH, nhiệt độ, độ màu và COD/ BOD cao, lượng nước sử dụng trong quá trình nhuộm và hoàn tất vải có biên độ dao động lớn có thể từ 16 – 900 m^3/tấn sản phẩm [9].

Quá trình sản xuất của ngành dệt may thường sử dụng rất nhiều các loại thuốc nhuộm, hóa chất, chất phụ gia dẫn đến nước thải phát sinh thường có nhiệt độ, độ màu, các hợp chất hữu cơ cao,… là nguyên nhân góp phần vào quá trình gây ô nhiễm môi trường và gây nên các bệnh tật ở người. Cụ thể thành phần của nước thải dệt nhuộm được thể hiện tại bảng 1.4.

Bảng 1.4. Thành phần chính của nước thải dệt nhuộm [1]

Chỉ tiêu	**Đơn vị**	**Nồng độ**
pH	-	8,6 - 9,8
Nhiệt độ	^0C	36 - 52
Độ màu	Pt-Co	350 - 3710
SS	mg/L	69 - 380
COD	mgO_2/L	360 - 2448
BOD_5	mgO_2/L	200 - 1450
$N_{tổng}$	mg/L	22 - 43
$P_{tổng}$	mg/L	0,9 - 37,2
Cr^{6+}	mg/L	0,093 - 0,364
Pb	mg/L	KPH-0,007
Cd	mg/L	KPH-0,00025
Hg	mg/L	KPH
As	mg/L	KPH-0,013

Tính chất của nước thải dệt nhuộm rất phức tạp và phụ thuộc vào các loại hình sản xuất khác nhau và các loại hóa chất khác nhau, tuy nhiên nước thải dệt nhuộm gây ảnh hưởng đến môi trường từ những yếu tố sau:

Nước thải dệt nhuộm có độ kiềm cao làm tăng pH của nước. Nếu pH > 9 sẽ gây độc hại đối với thủy tinh, gây ăn mòn các công trình thoát nước và hệ thống xử lý nước thải.

Muối trung tính làm tăng hàm lượng tổng chất rắn, lượng thải lớn gây độc hại đối với đời sống thủy sinh do làm tăng áp suất thẩm thấu, ảnh hưởng đến quá trình trao đổi của tế bào.

Hồ tinh bột biến tính làm tăng BOD, COD của nguồn nước, gây tác động xấu đối với đời sống thủy sinh do làm giảm oxi hòa tan trong nguồn nước.

Độ màu cao do lượng thuốc nhuộm còn thừa đi vào nước thải gây màu cho dòng tiếp nhận, ảnh hưởng tới quá trình quang hợp của các loài thủy sinh, ảnh hưởng xấu tới cảnh quan.

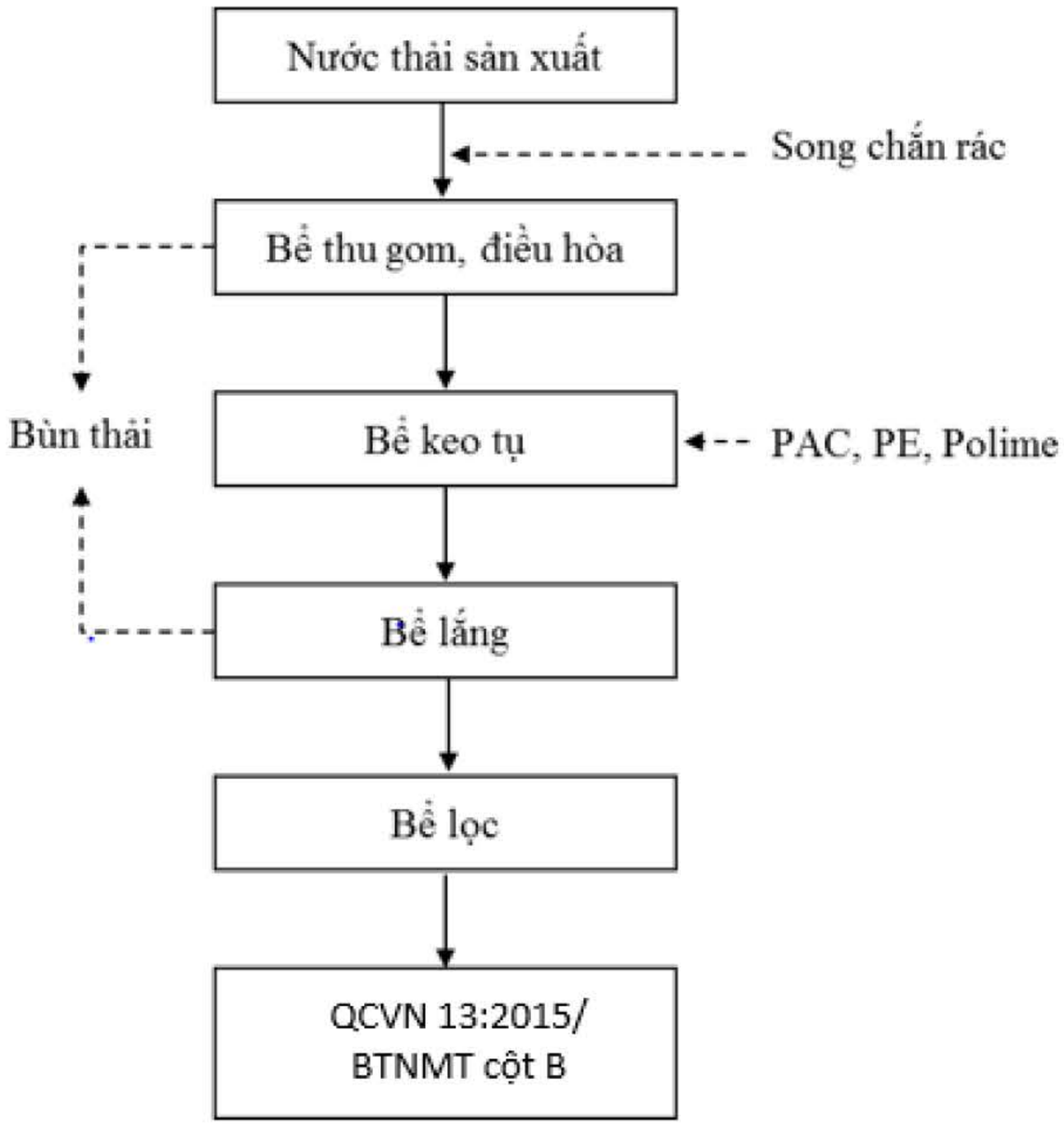
Hàm lượng ô nhiễm các chất hữu cơ cao sẽ làm giảm oxi hòa tan trong nước, ngăn cản sự khuếch tán của oxi vào môi trường, gây nguy hại cho hoạt động của

thuỷ sinh vật [5].

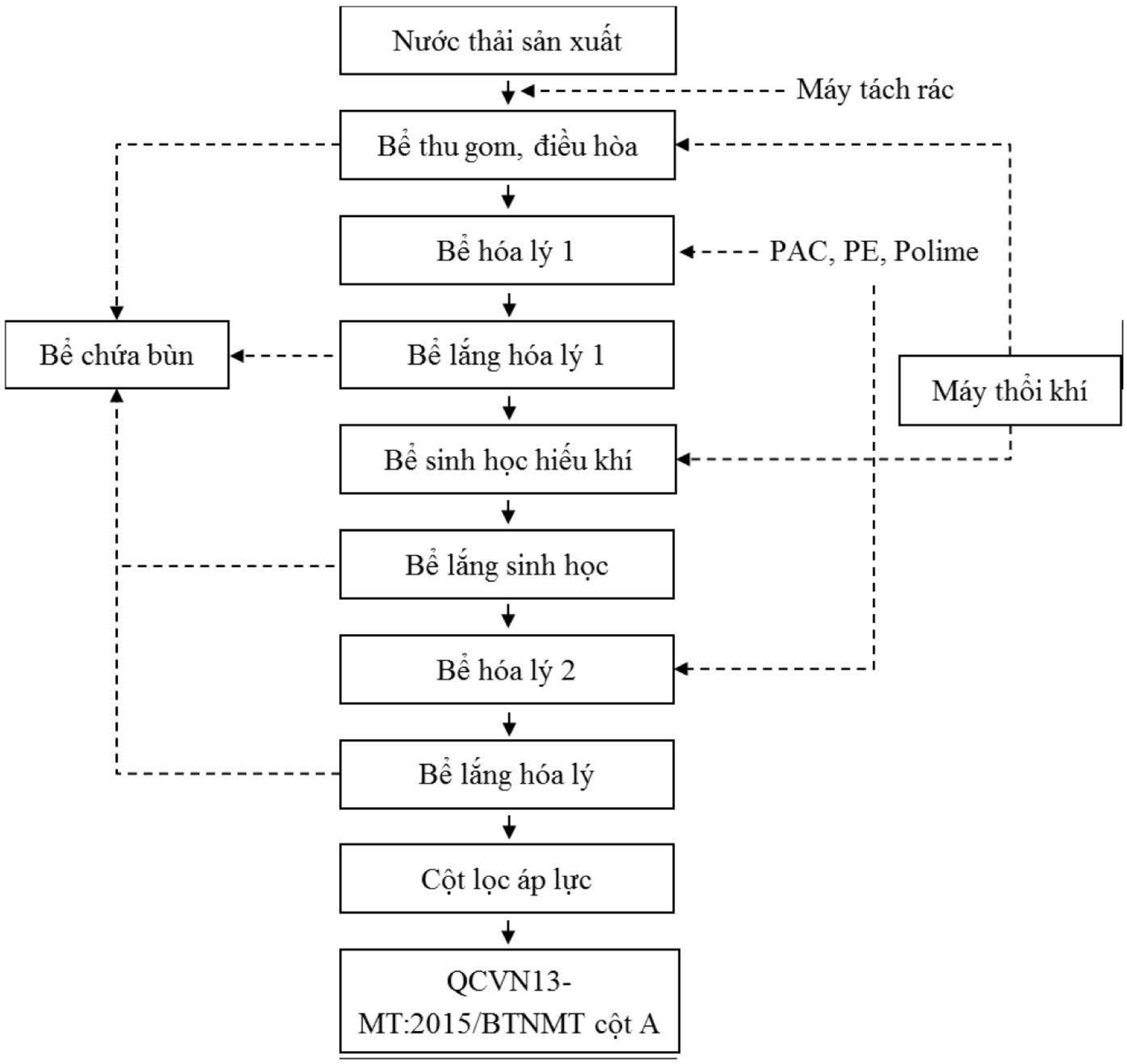
Khoảng 40% chất màu được sử dụng trên toàn cầu chứa chlorine hữu cơ, một chất gây ung thư, các loại hóa chất sử dụng trong dệt nhuộm bốc hơi vào trong không khí làm suy giảm hô hấp hoặc được hấp thụ qua da gây ra những bệnh ngoài da, xuất hiện như phản ứng dị ứng. Nước thải từ các quá trình nhuộm, nếu không được xử lý, qua thời gian tích tụ và bằng con đường trực tiếp hay gián tiếp, chúng sẽ tồn đọng trong cơ thể con người và gây các bệnh nghiêm trọng, như viêm loét da, viêm đường hô hấp, eczima, ung thư,... [5].

1.4.3. Công nghệ xử lý nước thải dệt nhuộm

Nước thải dệt nhuộm là loại nước thải khó xử lý, nhiệt độ cao, lượng BOD lớn, đặc biệt là COD (lượng chất hữu cơ khó phân hủy sinh học cao) và độ màu, do sử dụng các loại phẩm nhuộm trong quá trình sản xuất. Về nguyên lý xử lý, nước thải dệt nhuộm có thể áp dụng phương pháp xử lý cơ học, hóa lý (trung hòa, keo tụ - tạo bông, tuyển nổi, hấp phụ, oxy hóa khử), sinh học [1, 10].



Hình 1.10. Công nghệ xử lý bằng phương pháp hóa lý kết hợp lọc [8]



Hình 1.11. Công nghệ xử lý phương pháp hóa lý - sinh học hiếu khí - hóa lý [9]

Ở nước ta, nhiều nhà máy dệt nhuộm xây dựng các hệ thống, trạm xử lý nước thải với quy mô và mức độ xử lý khác nhau. Các phương pháp xử lý nước thải dệt nhuộm được áp dụng phổ biến là phương pháp hoá học, sử dụng axit trung hoà kiềm và các chất tạo phản ứng oxy hoá khử, tuy nhiên những phương pháp xử lý này đạt hiệu quả không cao và vẫn gây ra ô nhiêm thứ cấp, làm ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường. Công nghệ xử lý nước thải dệt nhuộm điển hình ở nước ta được thể hiện ở trên hình 1.10 và hình 1.11.

CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

2.1.1. Mẫu nước đục nhân tạo

Mẫu nước đục nhân tạo được pha từ cao lanh với nước máy tỉ lệ 8 g cao lanh vào 6 L nước sau đó để lắng 1 h. Đo lại độ đục và điều chỉnh về khoảng độ đục 200 NTU.

Lựa chọn mẫu nước đục nhân tạo từ cao lanh do đặc tính phổ biến, đại diện cho hệ keo khoáng xuất hiện trong mẫu nước.

2.1.2. Mẫu nước thải dệt nhuộm

Mẫu nước thải nghiên cứu là mẫu nước thải thuốc nhuộm hỗn hợp (màu xanh rêu) và mẫu nước thải thuốc nhuộm phân tán (màu xanh rêu) từ công ty dệt nhuộm Huy Phát có địa chỉ tại Phường Dương Nội – Quận Hà Đông, Hà Nội. Thời gian lấy mẫu ngày 10/11/2019.

- Thuốc nhuộm phân tán lấy ngay sau hệ nhuộm màu nhuộm phân tán, khi rửa máy. Với công thức màu (Yellow RGSL 1,4%; Black 0,7%; Navy HGL 1,4%)

- Thuốc nhuộm hỗn hợp lấy ở hệ thống cống chung khi các loại nước thải trộn với nhau.

2.1.3. Chất nhầy thực vật

Chất nhầy tách chiết từ rau đay quả tròn (*Corchorus capsularis*), mồng tơi trắng (*Basella alba*) và vỏ thanh long ruột trắng (*Hylocerous undatus*).

❖ Rau đay:

Rau đay quả tròn mọc ở khắp nơi ở Việt Nam, có thể dùng làm rau ăn, trà hay thực phẩm chức năng và phương thuốc chữa lành vết thương [13]. Chất nhầy được chiết tách từ lá cây rau đay được sử dụng trong công thức của paracetamol [54].

❖ Mồng tơi:

Ở Việt Nam cây mọc hoang và được trồng khắp nơi [13]. Rau mồng tơi được chế biến dùng trong bữa ăn hằng ngày. Từ lâu, nó còn được sử dụng như một vị thuốc chữa bệnh [13]

Chất nhầy tách chiết từ rau mồng tơi có chứa polysaccharide (D-galactose là hợp chất chính) [23, 39, 40] và còn chứa steroid và hợp chất phenonlic khi tách chiết bằng etanol [18, 25, 42].

❖ Thanh Long:

Ở Việt Nam, thanh long ruột trắng được trồng phổ nhiều nhất tại Bình Thuận, Long An, Tiền Giang tiếp theo là Tây Ninh, Đồng Nai, một số tỉnh Tây Nguyên và các tỉnh phía Bắc [13]. Vỏ thanh long có chứa nhiều enzyme pectinase (0,3%) với thành phần dinh dưỡng đó vỏ thanh long có ứng dụng làm thức ăn (salad, mứt, sinh tố) hoặc chiết xuất chất màu Bectacyanin,…[13].

Vỏ thanh long chiếm tới 50% tổng trọng lượng quả và rất giàu pectin, một cấu trúc không đồng nhất polysaccharide chứa α-1,4 liên kết D-galacturonic dư lượng axit (D-GalA) [13, 39].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp tổng quan tài liệu

Thu thập kế thừa và hệ thống hóa tài liệu, số liệu, nguồn thông tin được thu thập từ nhiều nguồn liên quan như sách, bài báo trong các tạp chí, luận văn, khóa luận,… các bài nghiên cứu bao gồm:

- Khả năng tách chiết chất nhầy từ thực vật
- Phương pháp tách chiết chất này từ thực vật
- Các tài liệu về hoạt động sản xuất, công đoạn sản xuất, nguyên liệu đầu vào, đầu ra của công ty dệt nhuộm Huy Phát
- Các nghiên cứu về hiệu quả xử lý độ đục của chất nhầy trên nước thải dệt nhuộm.

2.2.2. Phương pháp tách chiết chất nhầy từ thực vật

2.2.2.1. Các bước tiến hành

Rau đay/rau mồng tơi/vỏ thanh long được mua từ các chợ ở Hà Nội, sau đó rửa sạch để các chất bẩn để tránh lẫn tạp chất khác và được cắt nhỏ khoảng 5 mm. Sấy khô nguyên liệu trong tủ sấy nhiệt độ 50 ^{0}C cho đến khối lượng không đổi, sau đó thực hiện tách chiết chất nhầy bằng 2 bước sau:



Hình 2.1. Rau mồng tơi cắt nhỏ khoảng 5 mm

Bước 1 - Tách chất nhầy: Cân khối lượng nguyên liệu (30 g), sau đó cho vào cốc đong thủy tinh 1000 mL và thêm nước cất vào. Bọc cốc đong lại bằng màng bọc thực phẩm, đun cách thủy trong 30 phút. Sau đó lấy dung dịch thu được ra để nguội đến nhiệt độ phòng để tăng lượng chất nhầy trong rau hòa tan trong nước cất.



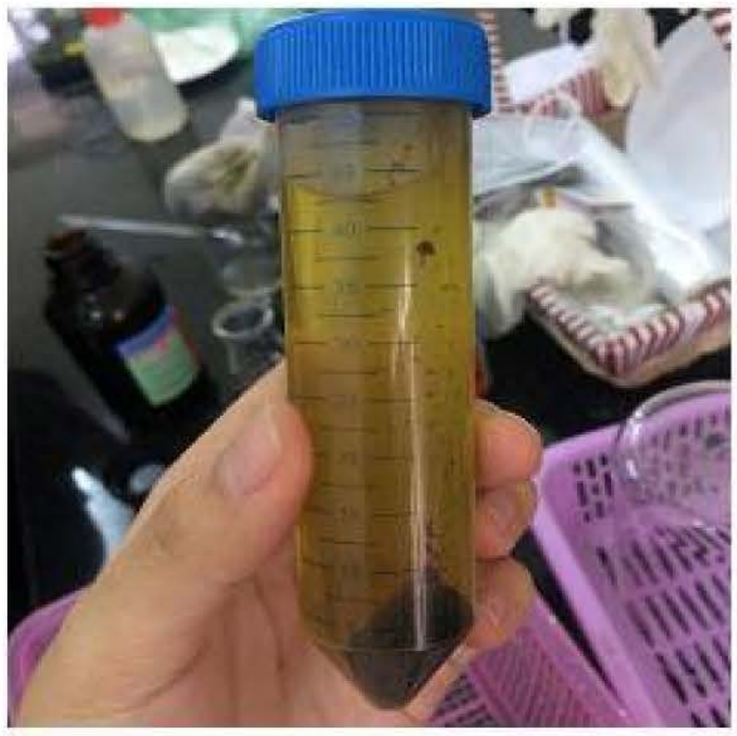
Hình 2.2. Quá trình cân và trộn rau đay với nước cất trong cốc đong

Bước 2 – Chiết và thu chất nhầy trong dịch chiết: Dung dịch thu được sau được lọc qua vải muslim được gập bốn lần để lấy dịch chiết. Sau đó chất nhầy trong dịch chiết được cho kết tủa với axeton, hỗn hợp được cho vào ống nhựa, li tâm tách chất nhầy khỏi dung dịch với tốc độ 60 vòng/ phút trong vòng 10 phút. Cho chất nhầy thu được ra đĩa thủy tinh và sấy chân không ở 40 ^{0}C cho đến khi khối lượng

không đổi. Chất nhầy thu được bảo quản trong bình hút ẩm để sử dụng trong đánh giá hiệu quả trợ keo.



Hình 2.3. Dung dịch nhày sau khi tách bằng vải muslim và kết tủa dưới tác dụng của axeton



Hình 2.4. Dung dịch axeton và chất trợ keo bị phân tách sau sử dụng máy li tâm



Hình 2.5. Chất trợ keo sau khi sấy chân không

2.2.2.2. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chiết tách chất nhầy

Nghiên cứu xem xét khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tách chiết của rau mồng tơi sau đó lấy kết quả ứng dụng trong quá trình chiết tách chất nhầy cho rau đay và vỏ thanh long.

- Khảo sát tỷ lệ thể tích giữa axeton và dịch chiết để thu được lượng chất nhầy lớn nhất.

- Khảo sát tỷ lệ thể tích nước cất và nguyên liệu khô ở các tỷ lệ lần lượt là 5:1, 6:1, 7:1, 8:1, 9:1.

- Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình chiết tách chất nhầy: Để khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất của quá trình tách chiết chất nhầy, giữ nguyên quy trình tách chiết và thay đổi nhiệt độ nấu hỗn hợp ở 50, 60, 70, 80, 90^{0}C.

2.2.3. Phương pháp phân tích đặc điểm chất nhầy

2.2.3.1. pH

Lấy 20 mg/L chất nhầy từ mỗi loại rau đay, mồng tơi, vỏ thanh long đem đi đo độ pH của dung dịch bằng máy M200 của METTLER TOLEDO với điện cực pH 320i. (Mô hình thí điểm cho quá trình keo tụ và tạo bông – Bộ môn Công nghệ Môi trường)

2.2.3.2. Thế zeta

Đo thế zeta của chất nhầy bằng thiết bị PCD-05 Muetek, với các bước cụ thể như sau: Mẫu pha loãng với 20 mg mỗi chất nhầy với 100 mL nước cất. Thêm 1 mL mỗi dung dịch chất nhầy với 9 mL dung dịch pH được tạo ra bằng cách trộn NaOH, NaCl và HCl 0,1 M với tỷ lệ thích hợp. Đo thế zeta của chất nhầy tại các pH khác nhau, thay đổi từ 2 đến 12.

2.2.3.3. Điện tích bề mặt

Điện tích bề mặt: Quá trình đo điện tích bề mặt của chất nhầy sử dụng máy PCD-05 của Muetek như sau: Mẫu pha loãng với 20 mg mỗi chất nhầy vào 100 mL nước cất. Sau đó, pha loãng 10 lần bằng nước cất đến nồng độ 20 mg/L. Lấy 10 mL mỗi mẫu để đo điện tích bề mặt. Sử dụng 2 dung dịch polyamit $5x10^{-5}$ N và 10^{-4} N để chuẩn độ trong quá trình đo. Kết quả đo diện tích bề mặt được tính theo công

thức sau:

$$Q\ (\mu eq) = V.N.10^6/m$$

Trong đó: Q: Điện tích bề mặt

V (L): Thể tích chuẩn độ

N: Nồng độ chất chuẩn độ: (+) là 5.10^{-5} hoặc (-) là 10^{-4} N

m (g): Trọng lượng mẫu

2.2.3.4. Nhóm chức bề mặt

Lấy mẫu chất nhầy dạng bột trộn với KBr khan theo tỷ lệ 1% sau đó cho vào cối ép thành một màng mỏng có chiều dày khoảng 0,1 mm rồi đặt vào khay chứa máy Nicolet Is50 Spectrometer để đọc phổ.

2.2.3.5. Cấu trúc bề mặt

Đưa chất nhầy dạng bột vào máy HITACHI TM4000Plus, quan sát trực tiếp với các độ phóng đại: 1000 V, 2000 V, 10000 V và ghi lại các thay đổi trong cấu trúc bề mặt của chất nhầy.

2.2.4. Phương pháp khảo sát khả năng trợ keo tụ chất nhầy trên nước đục

2.2.4.1. Khảo sát điều kiện keo tụ tối ưu của PAC

Tiến hành khảo sát các điều kiện keo tụ tối ưu của PAC trên mẫu nước đục bằng việc thực hiện các thí nghiệm như bảng 2.1 sau:

Bảng 2.1. Phương pháp khảo sát điều kiện keo tụ tối ưu PAC trên mẫu nước đục

STT	Khảo sát	Các bước tiến hành
1	Thời gian lắng tối ưu	- Lấy chính xác 500 mL nước đục nhân tạo cho vào cốc đong 1 L. - pH không điều chỉnh. Cho chất keo tụ PAC vào để đạt nồng độ PAC 30% là 30 mg/L. - Tiến hành khuấy nhanh ở tốc độ 200 vòng/ phút trong vòng 1 phút sau đó khuấy chậm trong vòng 10 phút với tốc độ 30 – 40 vòng/ phút bằng hệ thống khuấy bằng máy khuấy từ Hanna HI190M. - Thay đổi thời gian lắng ở 15, 30, 45 phút. - Đo độ đục của lớp nước sâu 2 cm kể từ bề mặt bằng máy đo độ đục HACH 2100Q.
2	pH tối ưu	- Để xác định pH tối ưu trong quá trình làm giảm độ đục, lặp lại các bước thí nghiệm như trên. - Điều chỉnh pH tại các giá trị khác nhau trong dải từ 4 đến 9 (bằng NaOH và HCl) và sử dụng thời gian lắng tối ưu vừa khảo sát, sau đó đo lại độ đục.
3	Nồng độ PAC tối ưu	- Để xác định nồng độ PAC tối ưu để giảm độ đục của nước đục nhân tạo, tiến hành lặp lại các bước thí nghiệm giống như trên và sử dụng giá trị pH tối ưu đã khảo sát. - Cho chất keo tụ PAC vào để đạt các nồng độ PAC tại các giá trị khác nhau trong khoảng 10 – 150 mg/L và sử dụng thời gian lắng tối ưu đã khảo sát và đo lại độ đục.

2.2.4.2. Khảo sát khả năng làm giảm độ đục của chất nhầy khi kết hợp với PAC

2.2.4.2.1 Ảnh hưởng của nồng độ chất nhầy

Nhằm mục đích giảm dư lượng hóa chất PAC 30% sử dụng trong quá trình làm giảm độ đục khi kết hợp PAC 30% với chất nhầy, tiến hành các bước thí

nghiệm như sau:

- Nước đục nhân tạo được pha từ kaolin với nước cất với tỷ lệ 8 g cao lanh cho vào 6 L nước sau đó để lắng 1 h. Đo lại độ đục và điều chỉnh về khoảng độ đục 200 NTU.

- pH không điều chỉnh, cho chất keo tụ PAC vào để đạt các giá trị nồng độ khác nhau, trong khoảng 10 – 100 mg/L. Sau đó, khuấy nhanh trong 5 phút với tốc độ 200 vòng/phút.

- Kết thúc quá trình khuấy nhanh, cho chất nhầy với các nồng độ khác nhau trong khoảng từ 10 – 100 mg/L và khuấy chậm với tốc độ 30 – 40 vòng/phút trong 15 phút.

- Sau đó sử dụng thời gian lắng tối ưu đã khảo sát ở trên và đo lại độ đục.

2.2.4.2.2 Ảnh hưởng của pH

Khảo sát pH tối ưu để hiệu quả là giảm độ đục là cao nhất, tiến hành các bước thí nghiệm giống như trên với pH thay đổi ở các giá trị khác nhau, trong khoảng từ 5 – 11 và sử dụng nồng độ PAC tối ưu và thời gian lắng tối ưu đã khảo sát, sau đó đo lại độ đục.

2.2.5. Phương pháp khảo sát khả năng trợ keo tụ của chất nhầy trên mẫu nước thải từ công ty dệt nhuộm Huy Phát

2.2.5.1. Khảo sát điều kiện keo tụ tối ưu của PAC

Tiến hành khảo sát các điều kiện keo tụ tối ưu của PAC trên mẫu nước thải bằng việc thực hiện các thí nghiệm như bảng 2.2 sau:

Bảng 2.2. Phương pháp khảo sát điều kiện keo tụ tối ưu của PAC trên mẫu nước thải nhuộm

STT	Khảo sát	Các bước tiến hành
1	Thời gian	- Tiến hành lấy chính xác 500 mL từ 2 mẫu nước thải cho

	lắng tối ưu	vào cốc đong 1 L khác nhau. - pH không điều chỉnh, cho chất keo tụ PAC vào để đạt nồng độ PAC 30% là 500 mg/L. - Khuấy nhanh ở tốc độ 200 vòng/phút trong vòng 1 phút sau đó khuấy chậm trong vòng 10 phút với tốc độ 30 – 40 vòng/ phút bằng hệ thống khuấy bằng máy khuấy từ Hanna HI190M. - Thay đổi thời gian lắng ở 15 phút, 30 phút, 45 phút. - Sau đó đo độ đục của lớp nước sâu 2 cm kể từ bề mặt bằng máy đo độ đục HACH 2100Q
2	pH tối ưu	- Để xác định pH tối ưu cho quá trình làm giảm độ đục của PAC trên 2 mẫu nước thải dệt nhuộm Huy Phát, chuẩn bị mẫu nước thải và tiến hành các bước thí nghiệm giống như trên. - pH điều chỉnh tại các giá trị khác nhau, trong dải từ 4 đến 9 (bằng NaOH và HCl). Sử dụng thời gian lắng tối ưu vừa khảo sát, sau đó đo lại độ đục của lớp nước tại độ sâu 2 cm bằng máy đo độ đục HACH 2100Q
3	Nồng độ PAC tối ưu	- Để xác định nồng độ PAC tối ưu trong quá trình làm giảm độ đục, chuẩn bị mẫu nước thải và tiến hành các bước thí nghiệm giống như trên và sử dụng giá trị pH tối ưu đã khảo sát. - Sau đó cho chất keo tụ PAC vào để đạt được các nồng độ khác nhau, trong khoảng 100 – 1500 mg/L và sử dụng thời gian lắng tối ưu đã khảo sát, sau đó tiến hành đo lại độ đục.

2.2.5.2. Khảo sát khả năng làm giảm độ đục của chất nhầy khi kết hợp với PAC

Kế thừa các kết quả khảo sát trên, đánh giá hiệu quả làm giảm độ đục của chất nhầy khi kết hợp PAC trên mẫu nước thải dệt nhuộm bằng cách tiến hành thí

nghiệm như sau:

- Không điều chỉnh pH.

- Tiến hành cho nồng độ PAC 30% tối ưu đã khảo sát ở trên, khuấy nhanh trong 5 phút với tốc độ 200 vòng/phút.

- Sau khi kết thúc quá trình khuấy nhanh, cho nồng độ chất nhầy tại các giá trị khác nhau, trong khoảng từ 0 – 80 mg/L sau đó khuấy chậm với tốc độ 30 – 40 vòng/phút trong 15 phút.

- Kết hợp thời gian lắng tối ưu đã khảo sát, đo lại độ đục của lớp nước sâu 2 cm kể từ bề mặt bằng máy đo độ đục HACH 2100Q.

2.2.6. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu hóa lý của nước thải

2.2.6.1. Lấy mẫu và bảo quản mẫu

Lấy mẫu nước thải dệt nhuộm của công ty dệt nhuộm Huy Phát theo TCVN 6663-1:2011 (ISO 5667-1:2006), chất lượng nước – Phần 1: Hướng dẫn lập chương trình lấy mẫu và kỹ thuật lấy mẫu; TCVN 6663-3:2008 (ISO 5667-3: 2003), Chất lượng nước – Lấy mẫu. Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu; TCVN 5999:1995 (ISO 5667-10: 1992), Chất lượng nước – Lấy mẫu, hướng dẫn lấy mẫu nước thải.

2.2.6.2. Phương pháp phân tích chỉ tiêu hóa lý

Các mẫu nước thải được phân tích theo các phương pháp tiêu chuẩn thể hiện dưới bảng sau:

Bảng 2.3. Phương pháp phân tích mẫu

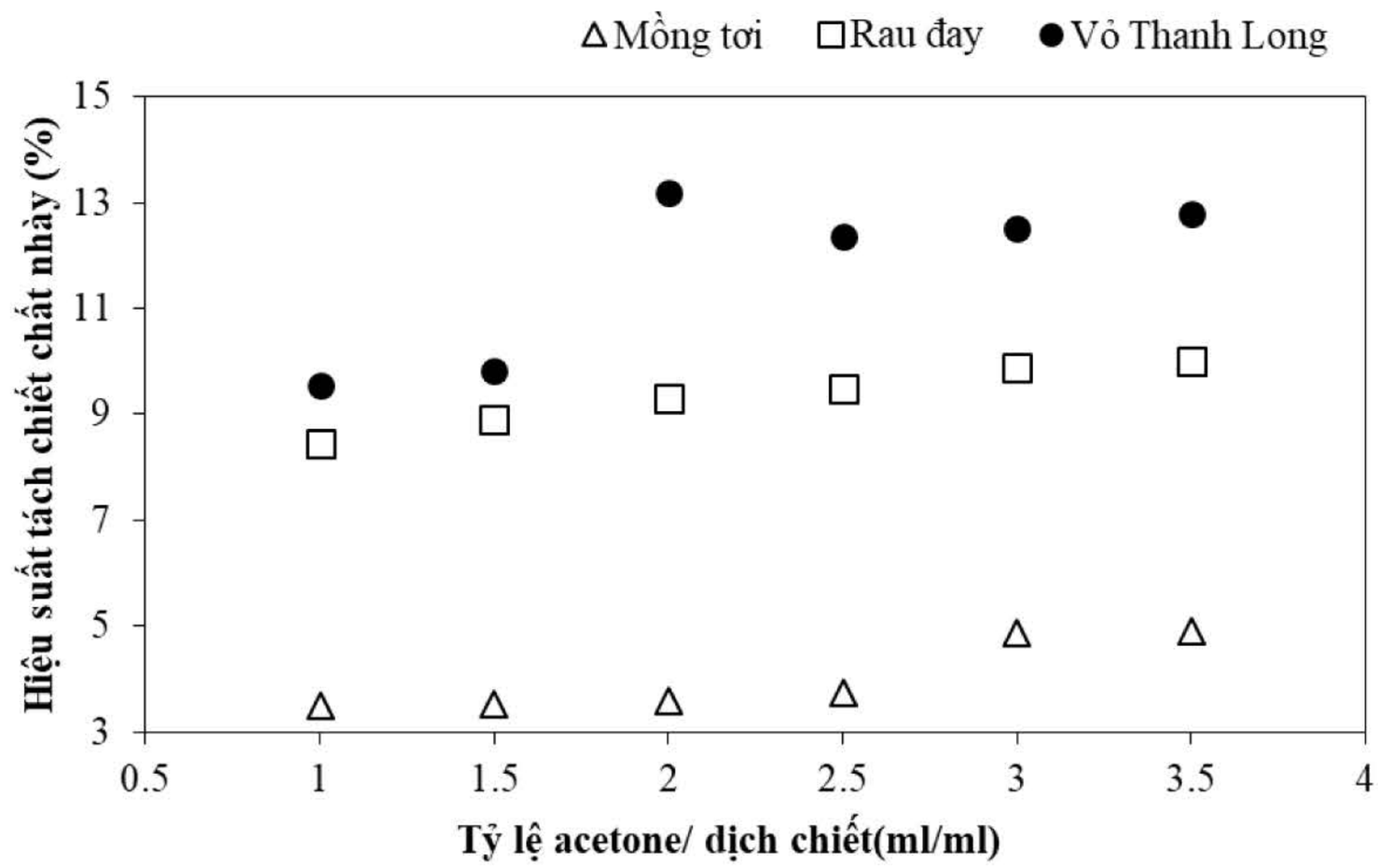
STT	Thông số	Phương pháp
1	pH	TCVN 6492 : 1999
2	COD	TCVN 6491 : 1999
3	Chất rắn lơ lửng (TSS)	TCVN 6625 : 2000
4	Độ màu	TCVN 4558 : 1988
5	Độ đục	TCVN 6184 : 1996

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu suất tách chiết chất nhầy từ thực vật

3.1.1. Ảnh hưởng của tỷ lệ axeton và dịch chiết

Lượng chất nhầy thu được thay đổi theo tỷ lệ thể tích axeton cho vào dịch chiết được thể hiện trong hình 3.1.



Hình 3.1. Sự thay đổi hiệu suất tách chiết chất nhầy khi thay đổi tỷ lệ thể tích axeton/dịch chiết

Từ đồ thị cho thấy, hiệu suất tách chiết chất nhầy cao nhất đối với vỏ thanh long sau đó rau đay rồi đến mồng tơi. Hiệu suất tách chiết chất nhầy từ 3 loại thực vật cụ thể như sau:

- Hiệu suất tách chiết chất nhầy của mồng tơi tăng dần cùng với tỷ lệ axeton/ dịch chiết. Tỷ lệ 3,5:1 là tỷ lệ cho hiệu suất tách chiết chất nhầy cao nhất (4,92%) và hiệu suất tách chiết chất nhầy là thấp nhất (3,49%) tại tỷ lệ 1:1. Khi tăng thể tích axeton cho vào dịch chiết thì lượng chất nhầy thu được tăng lên từ tỷ lệ 3:1 (4,87%) tỷ lệ 3,5:1 (4,92%) đối với chất nhầy mồng tơi. Ở tỷ lệ 3,5:1 cho hiệu suất tách chiết là lớn nhất, nhưng không chênh lệch đáng kể so với tỷ lệ 3:1. Do chi phí tốn kém và đặc tính độc hại của axeton nên tỷ lệ tối ưu lựa chọn là tỷ lệ 3:1. Tỷ lệ này cũng phù hợp với nghiên cứu của theo Mulchand [28].

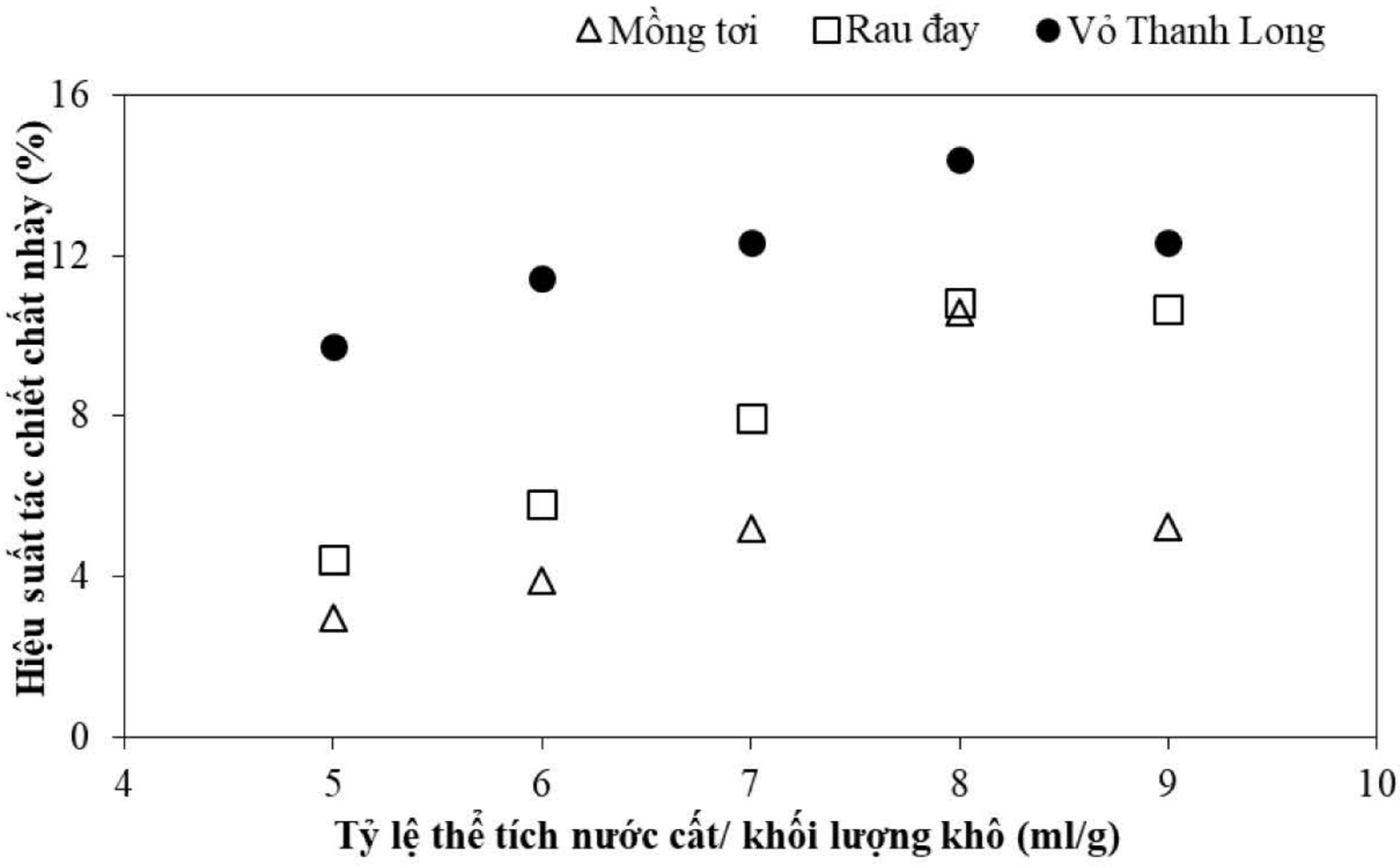
- Hiệu suất tách chiết chất nhầy của rau đay cũng tăng dần cùng với tỷ lệ axeton/ dịch chiết. Tỷ lệ 3,5:1 là tỷ lệ cho hiệu suất tách chiết chất nhầy cao nhất (10%) và hiệu suất tách chiết chất nhầy là thấp nhất tại tỷ lệ 1:1 (8,45%). Khi tăng

thể tích axeton cho vào dịch chiết thì lượng chất nhầy thu được tăng lên từ tỷ lệ 3:1 (9,88%) đến tỷ lệ 3,5:1 (10%) đối với chất nhầy rau đay. Ở tỷ lệ 3,5:1 cho hiệu suất tách chiết là lớn nhất (10%), nhưng không chênh lệch đáng kể so với tỷ lệ 3:1 (9,88%) Do chi phí tốn kém và đặc tính độc hại của axeton nên tỷ lệ tối ưu lựa chọn là tỷ lệ 3:1. Tỷ lệ này cũng phù hợp với nghiên cứu của theo Mulchand [28].

- Hiệu suất tách chiết chất nhầy của vỏ thanh long cũng có xu hướng tăng khi tăn tỷ lệ axeton/ dịch chiết. Tỷ lệ 2:1 giữa axeton và dịch chiết cho hiệu suất tách chiết chất nhầy cao nhất là (13,20%) và hiệu suất tách chiết chất nhầy là thấp nhất tại tỷ lệ 1:1 (9,54%). Vì vậy, tỷ lệ axeton và dịch chiết tối ưu để chiết tách chất nhầy từ vỏ thanh long là tỷ lệ 2:1. Tỷ lệ này thấp hơn so với 2 loại chất nhầy trong dịch chiết lớn hơn nên khả năng kết tủa dễ dàng hơn.

3.1.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ nước cất và khối lượng nguyên liệu.

Tỷ lệ giữa lượng nước cất cho vào và khối lượng nguyên liệu ảnh hưởng đến hiệu suất tách chiết chất nhầy. Sự biến đổi khối lượng của chất nhầy thu được thể hiện như trong hình 3.2.



Hình 3.2. Sự thay đổi hiệu suất thu hồi chất nhầy khi thay đổi tỷ lệ thể tích nước cất và khối lượng nguyên liệu

Từ đồ thị cho thấy, khi thay đổi tỷ lệ thể tích nước cất và khối lượng nguyên liệu thì hiệu suất tách chiết chất nhầy từ vỏ thanh long là cao nhất, xong đến rau đay và cuối cùng là mồng tơi. Hiệu suất tách chiết chất nhầy của 3 loại thực vật cụ thể như sau:

- Hiệu suất tách chiết chất nhầy từ mồng tơi có xu hướng tăng lên khi tăng tỷ lệ giữa thể tích nước cất và khối lượng nguyên liệu và giảm xuống ở tỷ lệ 9:1. Tỷ lệ 8:1 cho hiệu suất tách chiết chất nhầy là cao nhất (10,06%) và thấp nhất ở tỷ lệ 5:1 (2,97%).

- Hiệu suất tách chiết chất nhầy từ rau đay có xu hướng tăng lên khi tăng tỷ lệ giữa thể tích nước cất và khối lượng nguyên liệu và giảm xuống ở tỷ lệ 9:1. Tỷ lệ 8:1 cho hiệu suất tách chiết chất nhầy là cao nhất (10,83%) và thấp nhất ở tỷ lệ 5:1 (4,43%).

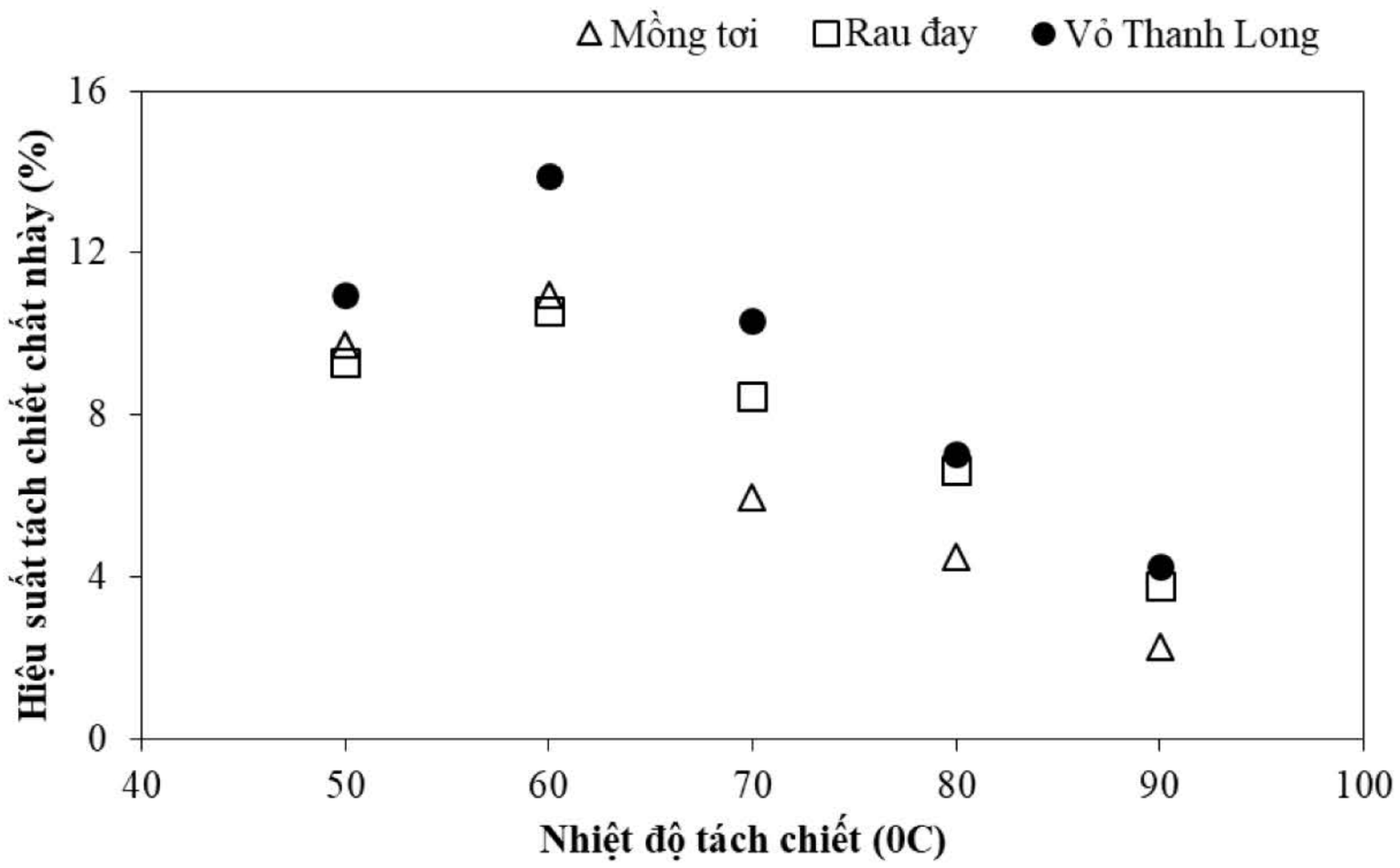
- Hiệu suất tách chiết chất nhầy từ vỏ thanh long có xu hướng tăng lên khi tăng tỷ lệ giữa thể tích nước cất và khối lượng nguyên liệu và giảm xuống ở tỷ lệ 9:1. Tỷ lệ 8:1 cho hiệu suất tách chiết chất nhầy là cao nhất (14,38%) và thấp nhất ở

tỷ lệ 5:1 (9,72%).

Tỷ lệ 8:1 là tỷ lệ tối ưu để chiết tách chất nhầy nhiều nhất trên rau mồng tơi, rau đay và vỏ thanh long. Tỷ lệ này cao hơn so với tỷ lệ 7:1 để tách chất nhầy từ các loài dâm bụt và xương rồng [15, 29, 32] nhưng lại thấp hơn tỷ lệ tối ưu để tách chất nhầy từ hạt cây Macca (30:1) theo Koocheki và cộng sự (2009) [24].

3.1.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ tách chiết

Để thu hồi lượng chất nhầy lớn nhất cần tiến hành thí nghiệm tại các nhiệt độ khác nhau để tìm nhiệt độ tách chiết tối ưu. Khi thay đổi nhiệt độ của quá trình tách chiết thì khối lượng chất nhầy thu được cũng thay đổi, cụ thể như hình 3.3



Hình 3.3. Khối lượng chất nhầy thu được khi thay đổi nhiệt độ chiết tách

Từ đồ thị cho thấy, hiệu suất tách chiết chất nhầy khi nhiệt độ tăng từ 50^0C đến 60^0C, nhưng giảm xuống khi tiếp tục tăng nhiệt độ đến 90^0C. Thay đổi nhiệt độ tách chiết thì hiệu suất tách chiết chất nhầy từ vỏ thanh long là cao nhất, xong đến rau đay và cuối cùng là mồng tơi. Cụ thể, hiệu suất tách chiết chất nhầy của 3 loại thực vật như sau:

Hiệu suất tách chiết chất nhầy từ mồng tơi có xu hướng tăng từ nhiệt độ 50^0C đến 60^0C (tăng từ 9,73% lên 10,97%) và giảm từ nhiệt độ 70 – 90^0C (giảm 5,97% xuống 2,27%). Hiệu suất tách chiết chất nhầy lớn nhất thu được tại nhiệt độ 60^0C là

10,97% và thấp nhất tại nhiệt độ 90^0C là 2,27%.

Hiệu suất tách chiết chất nhầy từ rau đay có xu hướng tăng từ nhiệt độ 50^0C đến 60^0C (tăng từ 9,30% lên 10,55%) và giảm từ nhiệt độ 70 – 90^0C (giảm từ 8,45% xuống 3,78%). Hiệu suất tách chiết chất nhầy lớn nhất thu được tại nhiệt độ 60^0C là 10,55% và thấp nhất tại nhiệt độ 90^0C là 3,78%.

Hiệu suất tách chiết chất nhầy từ vỏ thanh long có xu hướng tăng từ nhiệt độ 50^0C đến 60^0C (tăng từ 10,96% lên 13,89%) và giảm từ nhiệt độ 70 – 90^0C (giảm từ 10,32% xuống 4,25%). Hiệu suất tách chiết chất nhầy lớn nhất thu được tại nhiệt độ 60^0C là 13,89% và thấp nhất tại nhiệt độ 90 ^{0}C là 4,25%.

Có thể giải thích cho xu hướng thay đổi hiệu suất tách chiết chất nhầy của 3 loại thực vật như sau: Khi nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tối ưu (50^0C), chất nhầy trong rau/ vỏ chưa được giải phóng hoàn toàn vào nước nên so với 60^0C khối lượng thu được nhỏ hơn. Nếu tiếp tục tăng nhiệt độ lên cao 70, 80, 90^0C thì lượng chất nhầy thu được giảm xuống do lượng nước trong hỗn hợp bị bay hơi và một số hợp chất trong chất nhầy có thể bị phá hủy. Đặc biệt ở nhiệt độ 90^0C hiệu suất tách chiết chất nhầy là thấp nhất, chỉ thu được 2,27%, 3,78% và 4,25% của chất nhầy mồng tơi, rau đay và vỏ thanh long chất nhầy trong 10 g vật liệu. Lượng chất nhầy thu được tại nhiệt độ 90^0C giảm khoảng 5 lần so với ở 60^0C đối với mồng tơi, giảm khoảng 3 lần so với rau đay và vỏ thanh long, do lượng nước trong hỗn hợp bị bốc hơi lớn, đồng thời nhiệt độ cao quá trình phân hủy các polysaccharide diễn ra mạnh.

Như vây, nhiệt độ tối ưu cho quá trình tách chiết chất nhầy từ 3 loại chất keo tụ tự nhiên là 60^0C, cao hơn 20^0C so với nhiệt độ tốt nhất để tách chất nhầy từ cây xương rồng (Nhiệt độ tối ưu là: 40^0C) đã được Sepulveda và cộng sự đã công bố [36]. Ngoài ra theo một số nghiên cứu khác, nhiệt độ để tách chất nhầy từ *Coccinia indica* là nhiệt độ phòng 25^0C, nhiệt độ này tuy thấp hơn nhưng thời gian tách lâu hơn vì chỉ ngâm hỗn hợp vật liệu với nước cất trong vòng 12 h. Mặt khác, 60^0C cũng là nhiệt độ tối ưu được lựa chọn để tách chất nhầy từ cây *Orka* và lá dâm bụt [14, 16, 19].

3.1.4. Hiệu suất tách chiết chất nhầy

Hiệu suất chiết tách chất nhầy từ 3 loại thực vật nghiên cứu với điều kiện chiết tách tối ưu tại: tỷ lệ nước cất và khối lượng nguyên liệu là: 8 : 1; nhiệt độ tách chiết: 60^{o}C; tỷ lệ axeton/ dịch chiết là 3 : 1 đối với rau đay, mồng tơi và 2 : 1 đối với vỏ thanh long được thể hiện cụ thể ở bảng 3.1.

Bảng 3.1. Hiệu quả tách chiết chất nhầy từ thực vật

Thực vật	Khối lượng ban đầu (g)	Khối lượng thu được (g)	Hiệu suất (%)
Rau đay	30	3,50	11,67%
	30	3,20	10,67%
	30	3,40	11,33%
	30	3,10	10,33%
	30	3,24	10,80%
Trung bình	**30 ± 0,00**	**3,29 ± 0,16**	**10,96 ± 0,01**
Vỏ thanh long	30	3,95	13,17%
	30	4,00	13,33%
	30	4,08	13,60%
	30	3,74	12,47%
	30	4,34	14,47%
Trung bình	**30 ± 0,00**	**4,02 ± 0,22**	**13,40 ± 0,01**
Mồng tơi	30	3,25	10,83%
	30	3,25	10,83%
	30	3,05	10,17%
	30	3,30	11,00%
	30	3,18	10,60%
Trung bình	**30 ± 0,00**	**3,21 ± 0,10**	**10,69% ± 0,00**

Bảng 3.1 cho thấy, hiệu suất tách chiết chất nhầy của vỏ thanh long là cao nhất (Hiệu suất tách chiết chất nhầy trung bình: 13,40%), rồi đến rau đay (Hiệu suất tách chiết chất nhầy trung bình: 10,96%) và thấp nhất là mồng tơi (Hiệu suất tách chiết chất nhầy trung bình: 10,69%).

3.2. Đặc điểm của chất nhầy chiết tách từ thực vật

Đặc điểm của chất nhầy được tổng hợp dựa trên pH, thế zeta, điện tích bề mặt, đặc điểm nhóm chức và cấu trúc bề mặt các chất nhầy.

3.2.1. pH

pH của các chất nhầy được thể hiện ở bảng sau:

Bảng 3.2. pH của chất nhầy ở nồng độ 20 mg/L

Chất nhầy	**pH**		
	Mẫu 1	**Mẫu 2**	**Trung bình**
Vỏ thanh long (*Hylocereus undatus*)	6,30	6,35	6,33
Rau mồng tơi *(Basella alba)*	6,32	6,31	6,32
Rau đay *(Corchorus capsularis)*	6,26	6,31	6,29

Từ dữ liệu trong bảng 3,2 cho thấy các giá trị pH của các dung dịch chất nhầy là khoảng 6,26 đến 6,35. Kết quả này tương tự với giá trị pH của chất nhầy được chiết tách từ cây đậu bắp (6.3) [18]. Các nghiên cứu trước đây đã xác định rằng chất nhầy có chứa carbohydrate như l-arabinose, d-galactose, l-rhamnose, dxyloza và axit galacturonic. Độ axit của chất nhầy có thể được gây ra bởi axit galacturonic, nhưng độ axit gây ra chất nhầy là không đáng kể vì có tính axit yếu.

3.2.2. Thế zeta

Thế zeta của 3 loại chất nhầy được thể hiện cụ thể như bảng 3.3:

Bảng 3.3. Thế zeta của chất nhầy ở các pH khác nhau

pH	***Chất nhầy***		
	Vỏ Thanh Long (mV)	***Rau Mồng Tơi (mV)***	***Rau Đay (mV)***
Ban đầu	-503	-476	-471
Ban đầu	-883	-381	-410
2	23	1	30
3	-100	-66	-86
4	-121	-54	-20
5	-172	-199	-250
6	-85	-73	-95
7	-193	-153	-190
8	-166	-206	-240
9	-163	-177	-209
10	-168	-231	-270
11	-625	-149	-172
12	-236	-232	-265

Thế zeta được đo để xem xét sự ổn định của bề mặt hạt keo. Lực đẩy của các hạt keo với nhau sẽ ổn định hơn khi điện thế trên 20 mV và không ổn định khi điện thế nằm dưới giá trị này [20]. Khi pH tăng thì thế zeta của chất nhầy có xu hướng giảm, cho thấy sự không ổn định của các hạt trong dung dịch. Bề mặt của chất nhầy ổn định nhất tại pH = 2 và thấp nhất ở pH = 12. Xem xét, tại pH = 2, thế zeta có xu hướng tăng lần lượt: rau mồng tơi, vỏ thanh long và rau đay (1, 23, 30). Điều này lại cho thấy tính ổn định của hạt trong dung dịch có xu hướng tăng dần từ mồng tơi, vỏ thanh long và rau đay.

Ở khoảng pH từ 5 đến 10, giá trị của thế zeta thay đổi không đáng kể. Do đó trong phạm vi pH này chất nhầy có hoạt động ổn định xem xét về mặt trung hòa điện.

Mục đích của quá trình keo tụ là làm giảm thế zeta xuống giá trị tới hạn zeta=0. Giá trị thế zeta tối ưu được sử dụng đo lượng nước kaolin là -451 mV. Vì vậy, để quá trình keo tụ xảy ra, cần một lượng lớn điện tích dương để trung hòa. Như có thể thấy trong bảng 3.3 thế zeta của chất nhầy có giá trị âm (đến -883 đối với chất nhầy từ vỏ thanh long). Do đó chất nhầy khó có thể đóng vai trò là chất keo tụ hiệu quả.

3.2.3. Điện tích bề mặt

Điện tích bề mặt của chất nhầy được tổng hợp cụ thể bởi bảng sau:

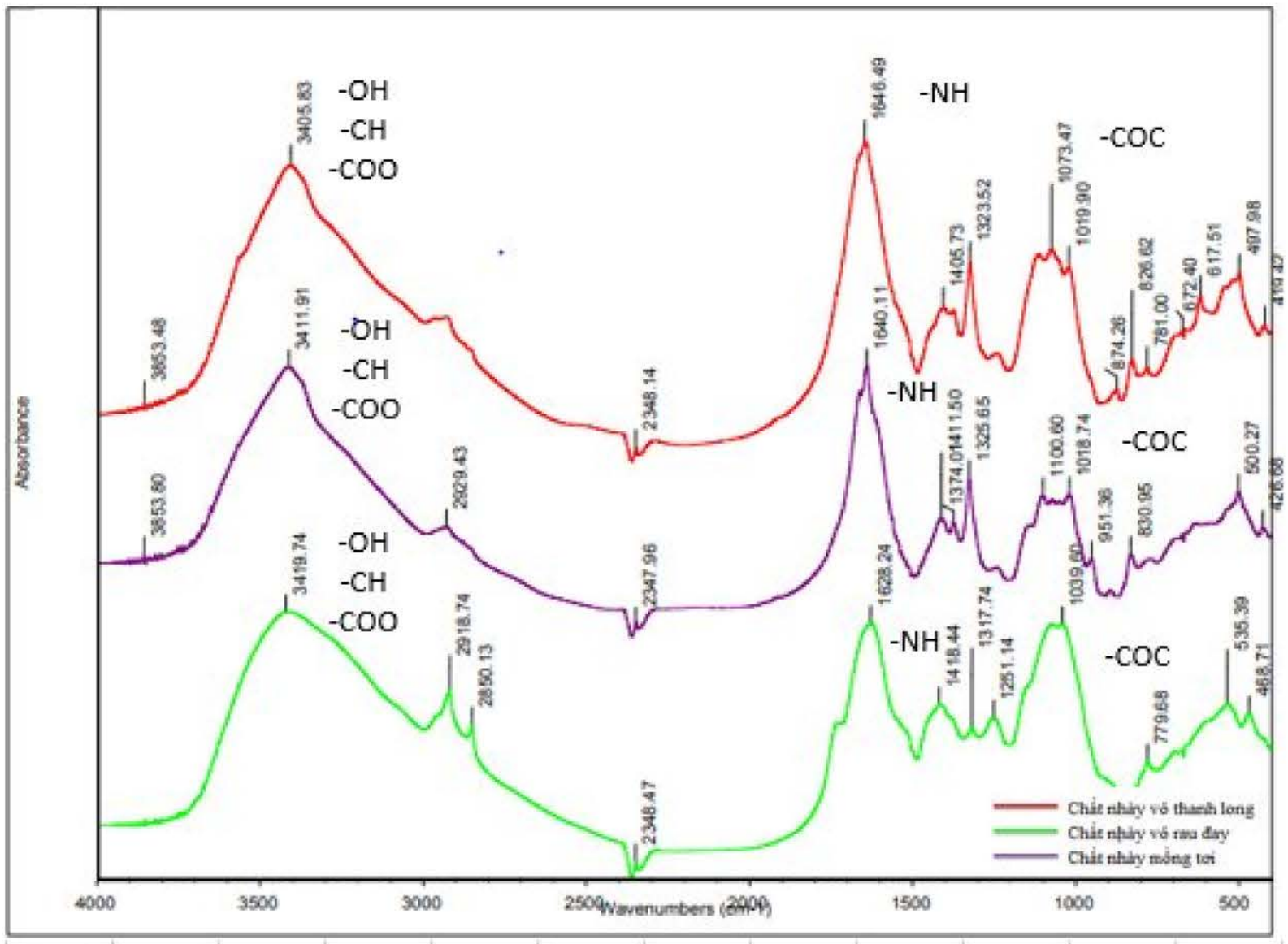
Bảng 3.4. Điện tích bề mặt

Chất nhầy	**Điện tích bề mặt (µeq/g)**	
	Mẫu 1	**Mẫu 2**
Vỏ Thanh Long	-0,83	-0,68
Rau mồng tơi	-0,64	-0,67
Rau đay	-0,68	-0,79

Sự ổn định của các hạt keo trong nước tự nhiên phụ thuộc vào lực hút phân tử (Lực Van der Waals). Các hạt keo trong nước có điện tích bề mặt âm, cơ chế chính kiểm soát sự ổn định của hạt là lực đẩy tĩnh điện [20]. Dựa trên kết quả điện tích chất nhầy ở trong bảng 3.4 cho thấy điện tích bề mặt của chất nhầy vỏ thanh long là thấp nhất, cao nhất là chất nhầy mồng tơi, hay nói cách khác chất nhầy từ vỏ thanh long là chất dễ keo tụ nhất xong đến rau đay và mồng tơi.

3.2.4. Nhóm chức bề mặt

Nhóm chức bề mặt của 3 loại chất nhầy phân tích bằng thiết bị quang phổ hồng ngoại được thể hiện cụ thể ở hình 3.4.



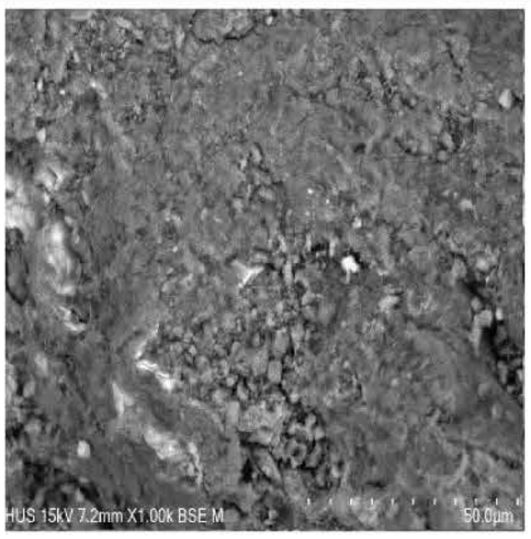
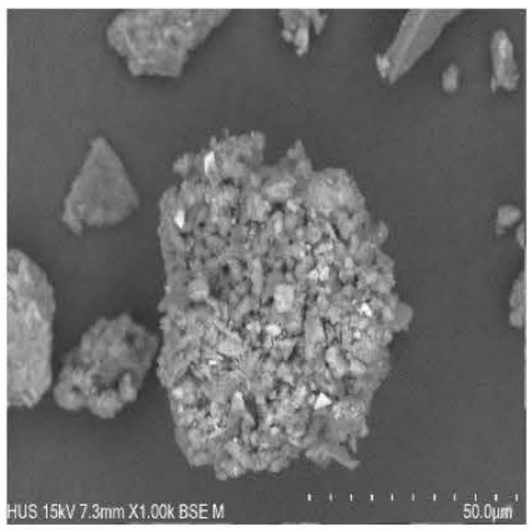
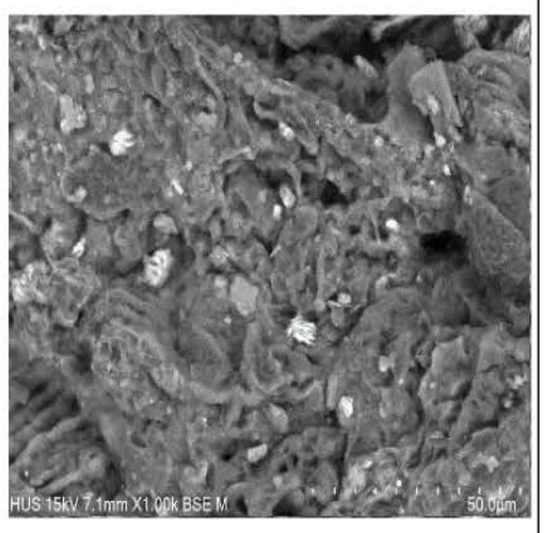
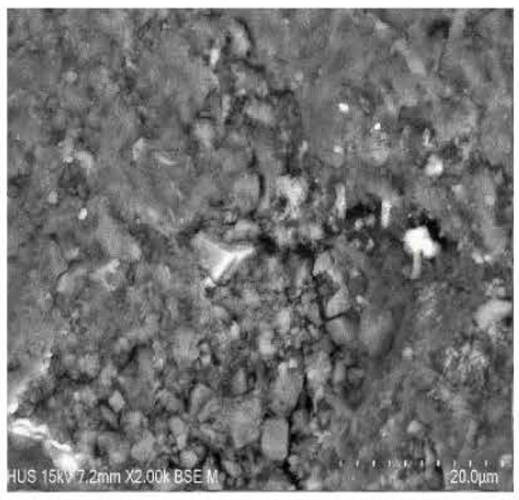
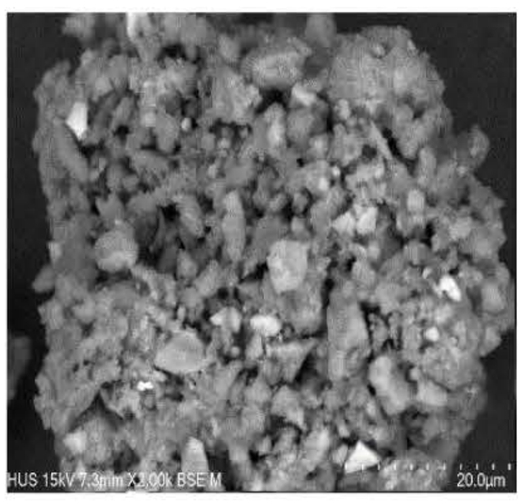
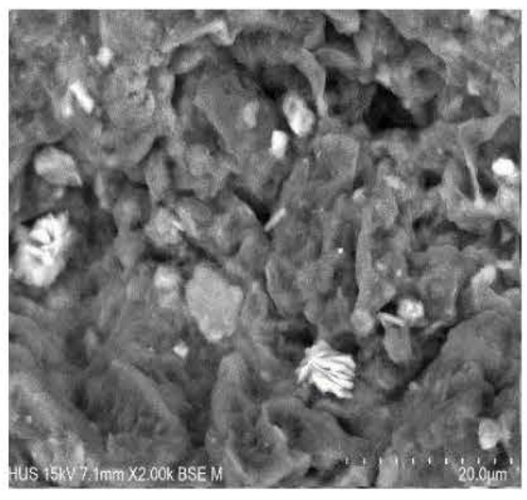
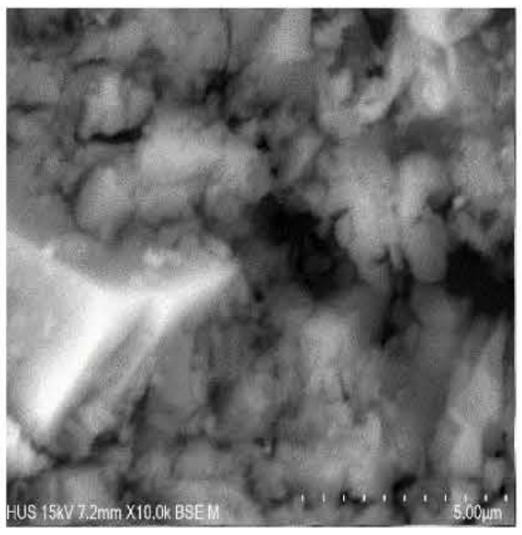
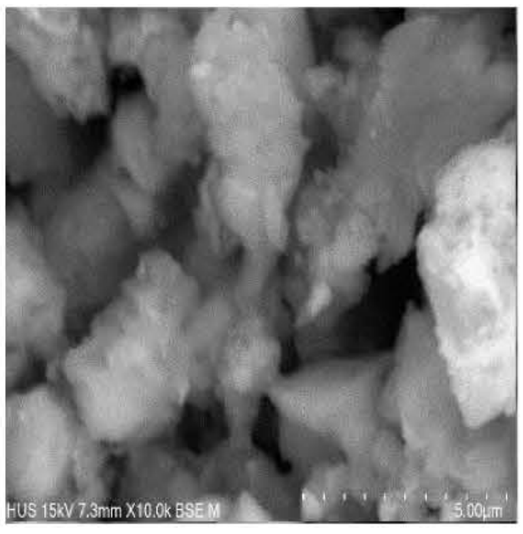
Hình 3.4. Quang phổ hồng ngoại của 3 loại chất nhầy

Dựa vào kết quả đo quang phổ hồng ngoại của 3 loại chất nhầy mồng tơi, rau đay và vỏ thanh long, có thể thấy rằng 3 chất nhầy có cùng biến động về độ hấp thụ và tương đồng với phổ hồng ngoại của chất nhầy *Opuntia cohenillifera*, 3 loại chất nhầy chứa các nhóm chức đặc trưng của protein và polysacarit. Số sóng trong khoảng 3405 – 3419 và 1628 – 1646 cm^{-1} đại diện cho các rung động kéo dài của các nhóm -O-H, C-H, và -COO (rung động không đối xứng), tương ứng trong các phân tử carbohydrate và axit uronic. Hơn nữa, tại số sóng ở khoảng 1628 - 1646 cm^{-1} xuất hiện liên kết -N-H tương ứng cấu tạo protein theo Han và cộng sự [56] và dải số sóng 3405 -3419 cm-1 tương ứng với các liên kết -O-H của carbohydrat. Ngoài ra, số sóng trong dải thấp khoảng 1317 – 1325 cm^{-1} phản ánh sự có mặt của liên kết của C-H và C-O-C của nhóm pyranose. Các số sóng trong dải 1039 – 1073 cm^{-1} cho thấy sự hiện diện của các monosacarit như mannose và glucose phù hợp với cấu tạo của vòng pyranose [55].

3.2.5. Cấu trúc bề mặt

Hình ảnh cấu trúc bề mặt của 3 loại chất nhầy được thể hiện ở bảng sau:

Bảng 3.5. Cấu trúc bề mặt của chất nhầy ở các chế độ phóng đại khác nhau

	Vỏ Thanh Long	**Mồng tơi**	**Rau đay**
1000V			
2000V			
10000V			

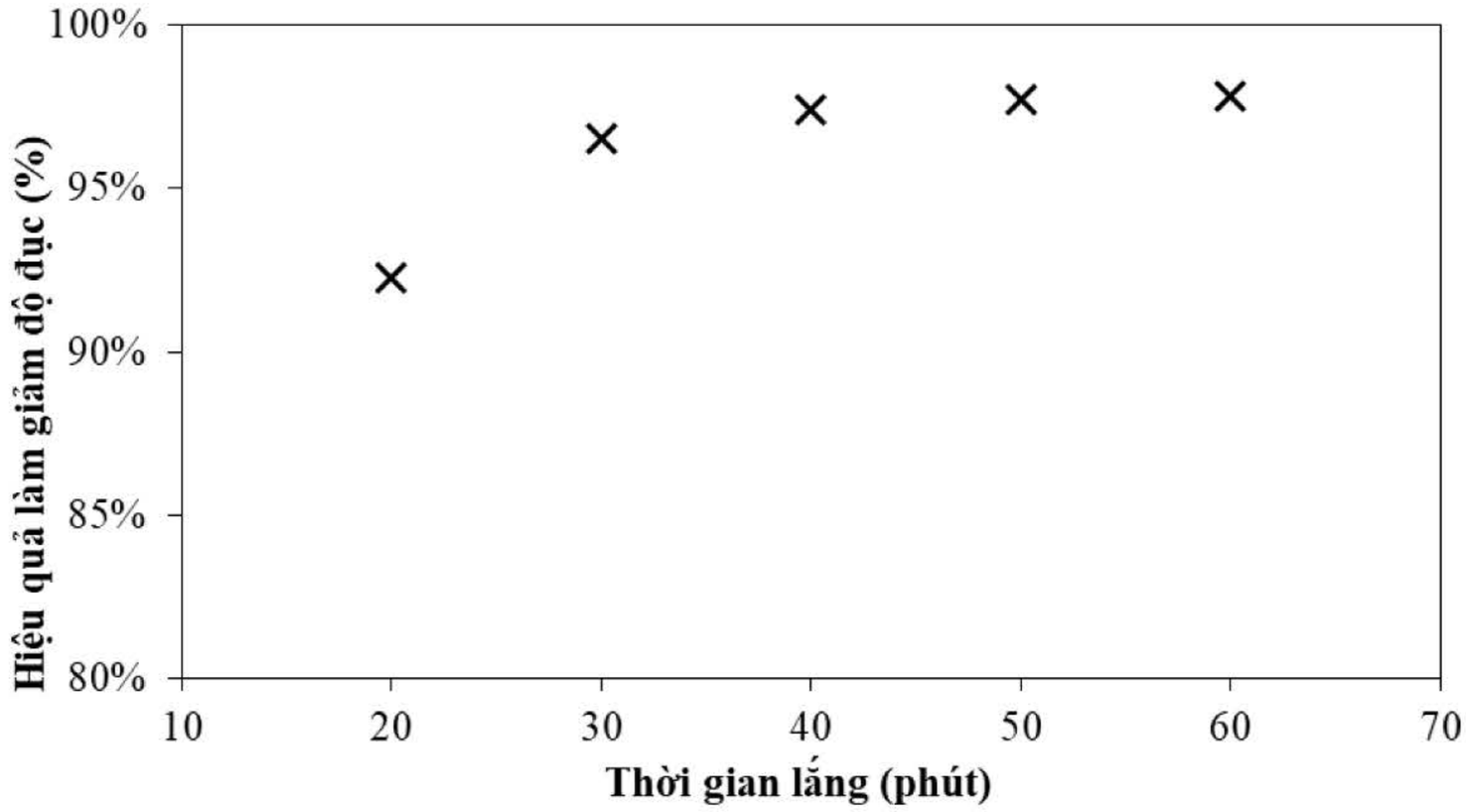
Phân tích hình ảnh ở các chế độ phóng đại khác nhau (1000, 2000 và 10000V) cho thấy 3 loại chất nhầy đều có các hạt với kích thước không đồng đều. Cấu trúc bề mặt của của các chất nhầy chiết từ vỏ thanh long, rau mồng tơi, rau đay không có lỗ rỗng.

3.3. Đánh giá khả năng trợ keo tụ của chất nhầy trên mẫu nước đục

3.3.1. Điều kiện keo tụ tối ưu của PAC

3.3.1.1. Ảnh hưởng của thời gian lắng

Thời gian lắng 20, 30, 40, 50, 60 phút để khảo sát sự ảnh hưởng tới hiệu quả làm giảm độ đục của PAC trên mẫu nước đục nhân tạo. Kết quả thu được thể hiện



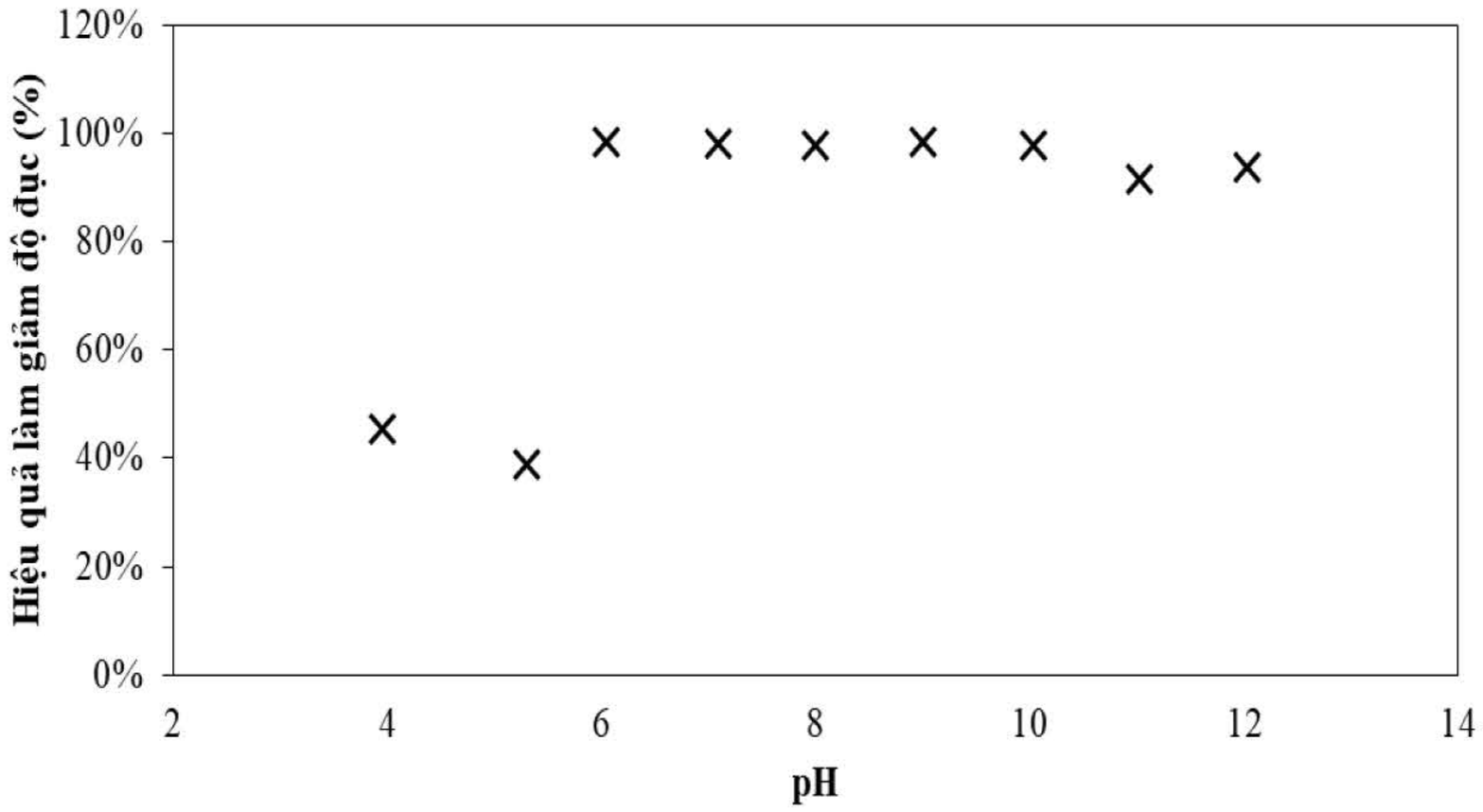
trên hình 3.5.

Hình 3.5. Khảo sát thời gian lắng của PAC trên mẫu nước đục nhân tạo

Với kết quả khảo sát như hình 3.5, ta nhận thấy với thời gian lăng tăng dần từ 20 – 60 phút thì hiệu quả làm giảm độ đục càng lớn, thay đổi tương ứng từ 92,3 đến 97,8%. Thời gian lắng 60 phút cho hiệu quả làm giảm độ đục cao nhất (97,8%). Tuy nhiên, các thời gian lắng từ 30 phút cho hiệu quả làm giảm độ đục chênh lệnh không đáng kể (nhỏ hơn 1%). Khi cân nhắc giữa yếu tố hiệu suất và thời gian vận hành (liên quan đến lượng xử lý) thì thời gian lắng 30 – 40 phút được cho là thời gian lắng tối ưu để chất keo tụ PAC đạt hiệu quả keo tụ cao nhất.

3.3.1.2. Ảnh hưởng pH

Thay đổi pH và sử dụng thời gian lắng tối 30 phút như khảo sát trên để khảo sát sự ảnh hưởng tới hiệu quả làm giảm độ đục của PAC trên mẫu nước đục nhân tạo. Kết quả thu được thể hiện trên hình 3.6:

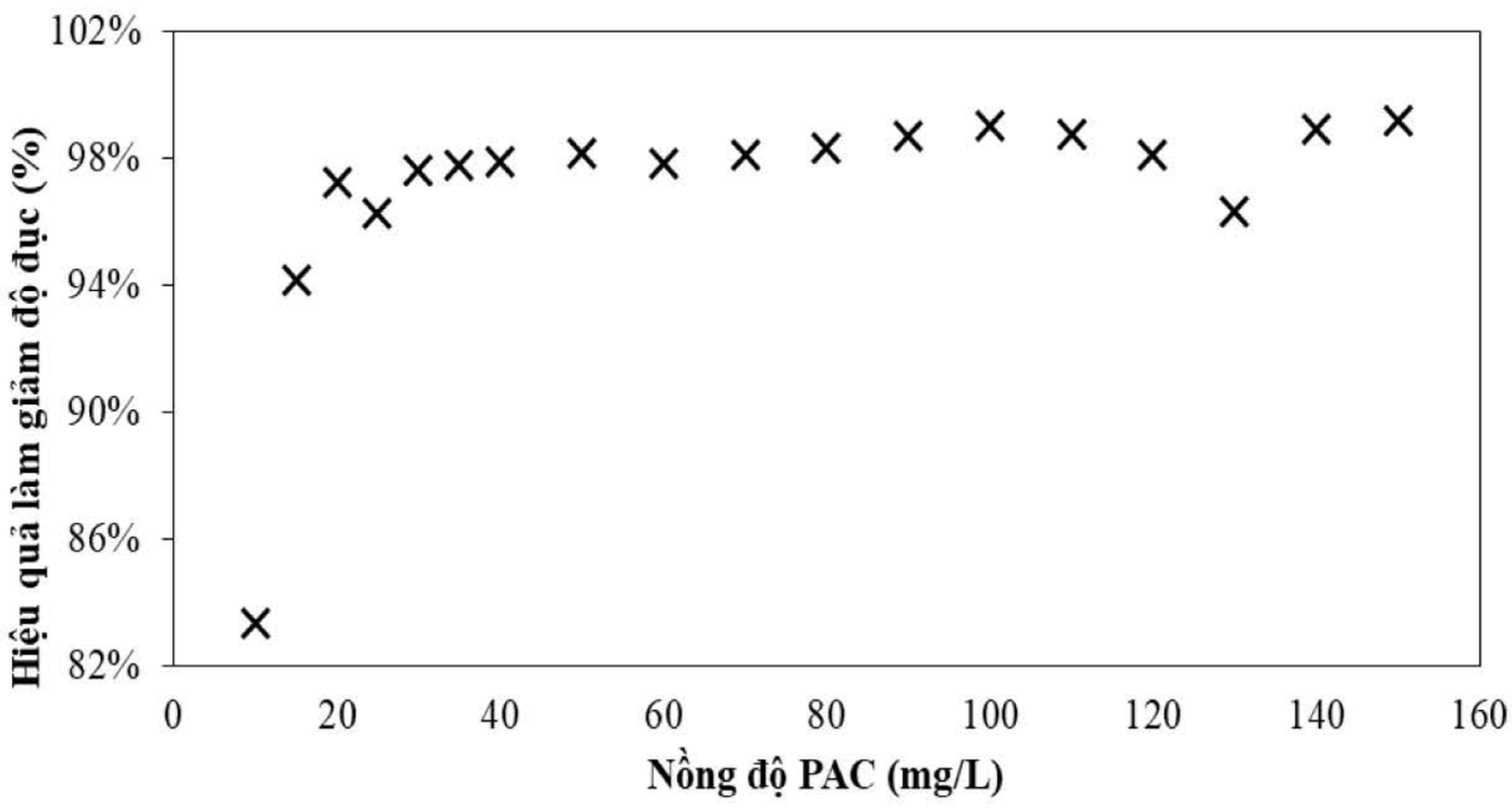


Hình 3.6. Khảo sát pH của PAC trên mẫu nước đục

Từ kết quả khảo sát nhận thấy với pH từ 6,05 – 10,03 thì hiệu quả làm giảm độ đục cao và ổn định trong khoảng (98,42 – 97,76%). Hiệu quả làm giảm độ đục cao nhất khi pH bằng 9 (98,43%) và thấp nhất khi pH bằng 5,3 (39%). pH của mẫu nước đục nhân tạo đo được là 7,5 nằm trong khoảng trên nên không cần điều chỉnh pH khi tiến hành thí nghiệm keo tụ - tạo bông đối với loại nước đục này.

3.3.1.3. Ảnh hưởng của nồng độ PAC

Dựa vào các khảo sát trên thì pH cũng không cần điều chỉnh, về thời gian lắng 30 phút được sử dụng cho thí nghiệm khảo sát sự ảnh hưởng của nồng độ PAC. Kết quả thu được thể hiện ở hình 3.7



Hình 3.7. Khảo sát nồng độ PAC trên mẫu nước đục

Từ hình 3.7 cho thấy khi nồng độ PAC tăng từ 10 mg/L đến 15 mg/L thì hiệu quả làm giảm độ đục tăng nhanh từ 83,33% cho đến 94,15%. Sau đó, việc tiếp tục tăng nồng độ PAC chỉ làm tăng hiệu quả làm giảm độ đục rất ít (1-2%) cho đến giá trị 99,03% ở nồng độ PAC là 100 mg/L. Nồng độ PAC cao dẫn đến giảm hiệu quả làm giảm độ đục được lý giải do sự lấp đầy không gian của các hạt keo. Khi vượt qua nồng độ tối ưu, sự ổn định không gian của các hạt keo đã dẫn đến đã diễn ra nên dư lượng các chất keo tụ làm tăng độ đục của nước [17].

Nồng độ PAC tối ưu được lựa chọn dựa trên nhiều tiêu chí khác nhau như khả năng làm giảm độ đục và giá trị kinh tế của việc sử dụng nó. Xét về hiệu quả làm giảm độ đục thì nồng độ PAC cho giá trị lớn nhất là 100 mg/L (99.03%). Tuy vậy, hiệu quả này lớn hơn không đáng kể so với trường hợp 20 mg/L PAC được sử dụng (chênh lệch 1,81% tương ứng với mức chênh lệch độ đục là khoảng 4 NTU). Để đưa ra được lựa chọn chính xác cần so sánh hiệu quả kinh tế của 2 trường hợp này.

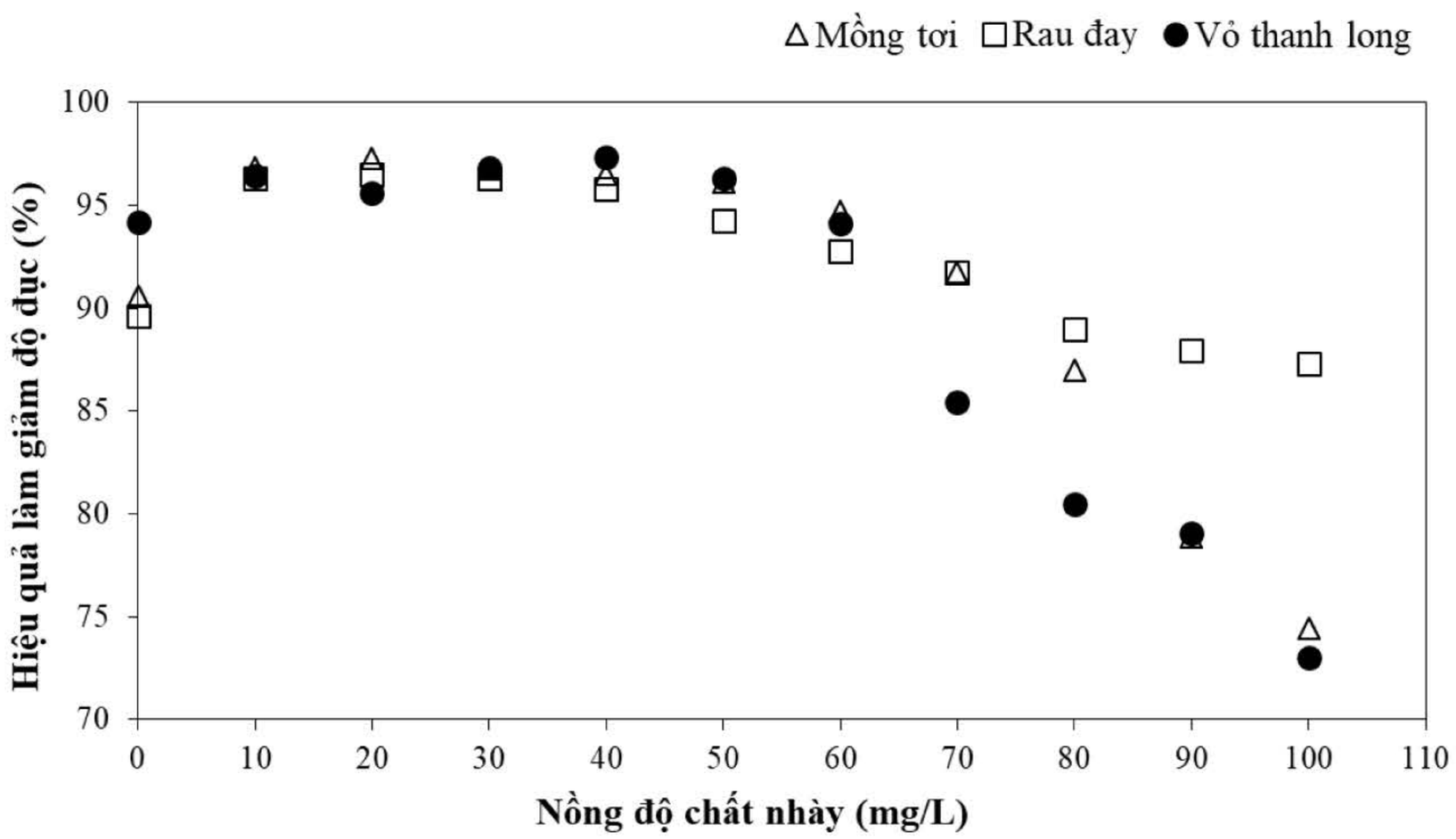
Trong nghiên cứu này, chất nhầy thực vật được sử dụng làm chất trợ keo tụ để tăng cường hiệu quả hoạt động của PAC. Do vậy, nồng độ PAC sử dụng không

cần có hiệu quả làm giảm độ đục cao nhất mà có hiệu quả phù hợp để khi kết hợp với chất nhầy đạt hiệu suất xử lý tốt. Vì vậy, nghiên cứu được thử nghiệm với PAC 30% có nồng độ từ 10 – 30 mg/L trên mẫu nước đục nhân tạo.

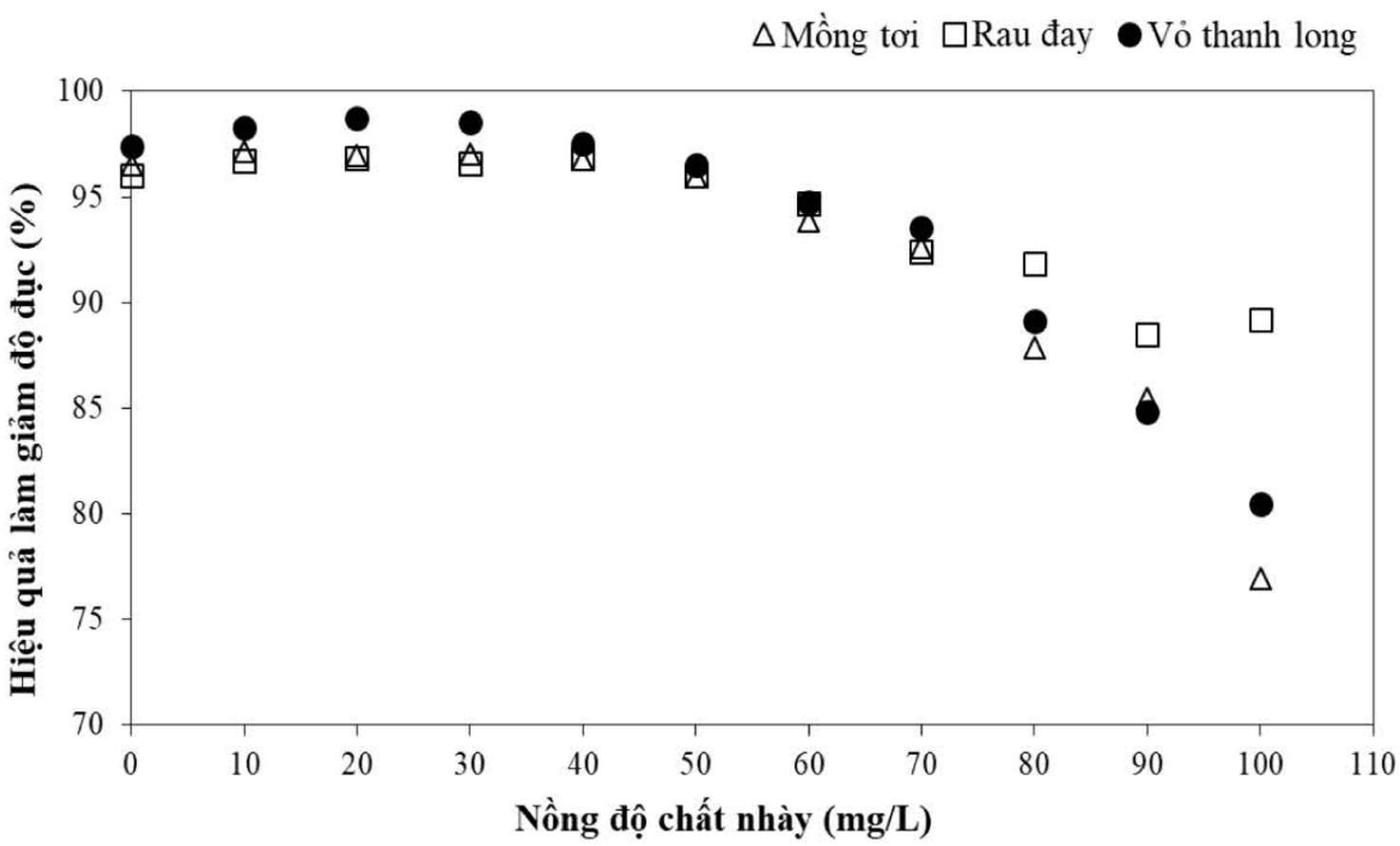
3.3.2. Đánh giá khả năng làm giảm độ đục chất nhầy khi kết hợp với PAC

3.3.2.1. Ảnh hưởng của nồng độ chất nhầy

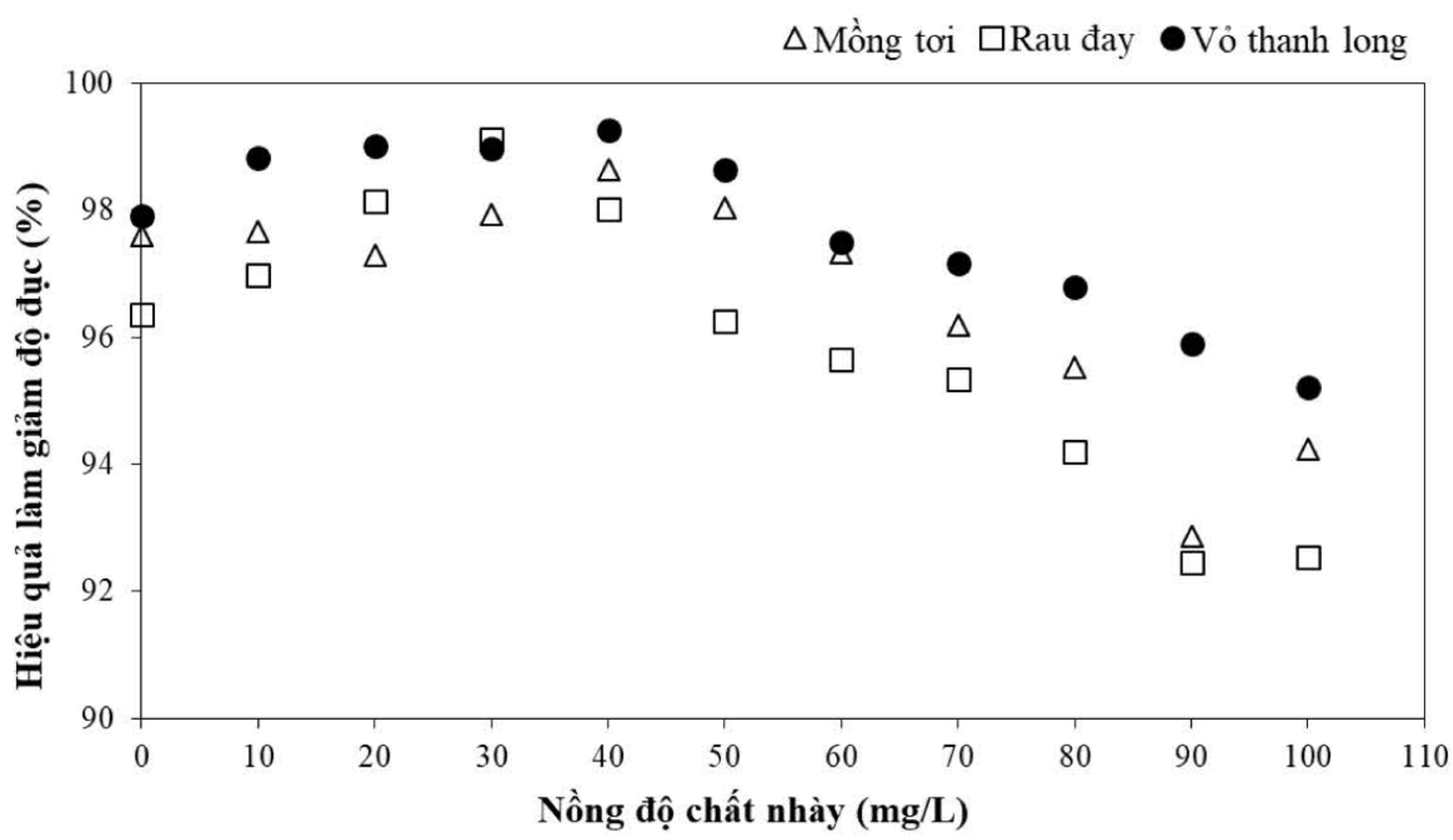
Tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của nồng độ PAC khi kết hợp với chất nhầy trên mẫu nước đục nhân tạo bằng cách kế thừa các kết quả đã khảo sát PAC trên mẫu nước đục như sau: pH không cần điều chỉnh, thời gian lắng lựa chọn 30 phút, nồng độ PAC thay đổi trong khoảng 10 – 30 mg/L và hàm lượng chất nhầy thay đổi trong khoảng 10 – 100 mg/L. Kết quả như minh hoạ trong hình 3.8, 3.9 và 3.10 tương ứng với nồng độ PAC sử dụng là 10, 20, 30 mg/L.



Hình 3.8. Hiệu quả làm giảm độ đục chất nhầy kết hợp với PAC (10 mg/L)



Hình 3.9. Hiệu quả làm giảm độ đục chất nhầy kết hợp với PAC (20 mg/L)



Hình 3.10. Hiệu quả làm giảm độ đục chất nhầy kết hợp với PAC (30 mg/L)

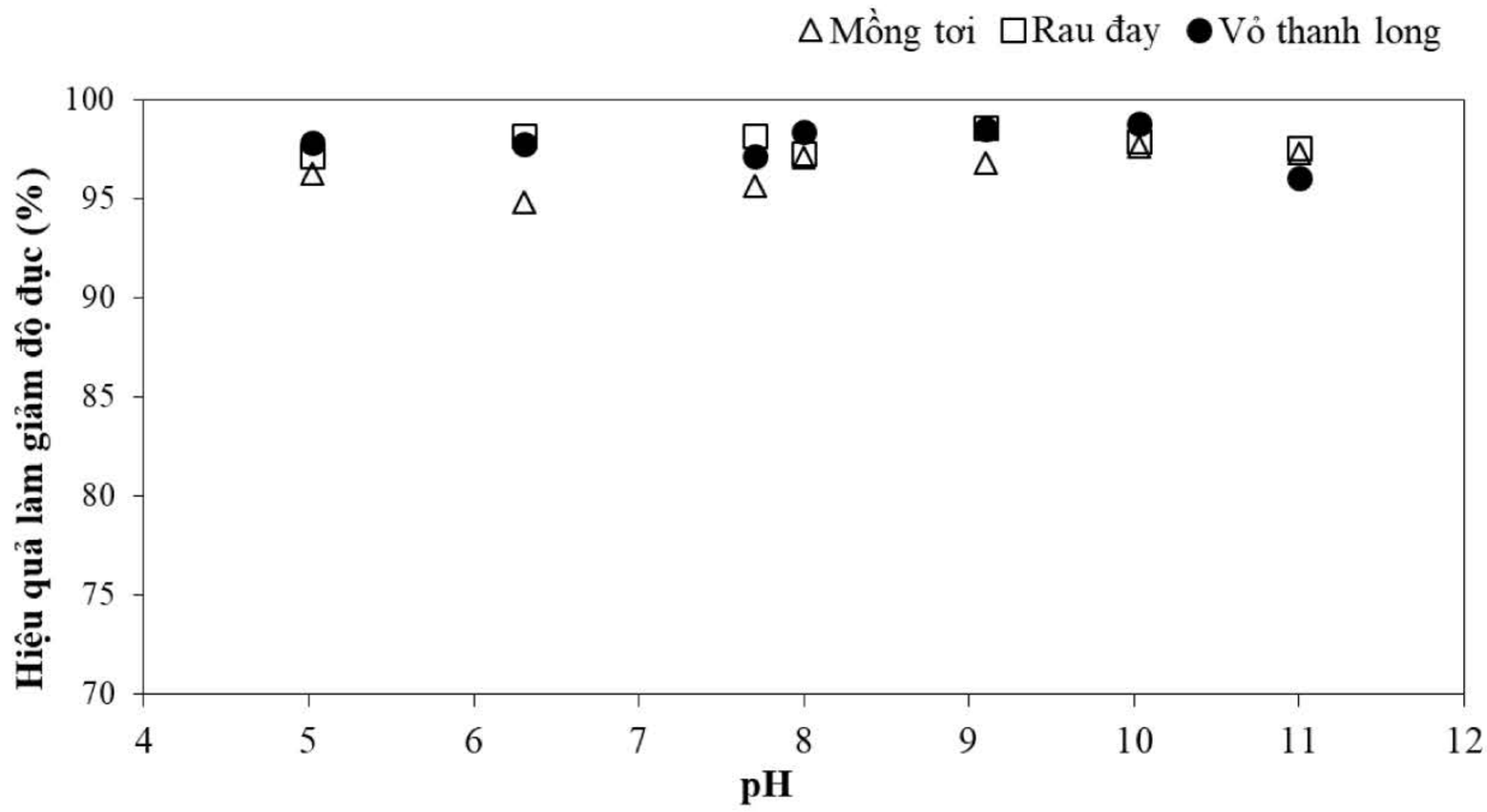
Khi cô định nông độ PAC và thay đôi nông độ chất nhầy từ 0 – 40 mg/L thì hiệu quả làm giảm độ đục tăng dần (tuy có dấu hiệu của việc giảm hiệu suất khi nồng độ chất nhầy 40 mg/L và PAC là 20 mg/L). Hàm lượng chất nhầy lớn hơn 40 mg/L cho hiệu quả làm giảm độ đục giảm dần. Điều này có thể giải thích do lượng chất nhầy với mật độ cao đã làm tăng độ đục của dung dịch xử lý.

Kết quả khảo sát của 3 thí nghiệm, nhận thấy khi sử dụng PAC với nồng độ 30 mg/L (hiệu quả làm giảm độ đục trung bình: 91,09%), hiệu quả làm giảm độ đục là thấp nhất xong đến nồng 20 mg/L (hiệu quả làm giảm độ đục trung bình là 93,09%) và cuối cùng đến 10 mg/L (hiệu quả làm giảm độ đục trung bình là 96,72%). Như vậy, khi có mặt của chất nhầy với nồng độ PAC cần sử dụng có thể được giảm đến 10 mg/L với hiệu quả làm giảm độ đục tốt hơn so với các nồng độ lớn hơn.

Sự có mặt của chất nhầy thực vật đã làm tăng hiệu quả làm giảm độ đục so với khi chỉ sử dụng PAC ở mức 9-10%. Điều này được giải thích do khả năng hấp phụ và hình thành cầu nối giữa các hạt keo của các polymer tự nhiên. Tùy thuộc vào thành phần cấu tạo nên chất nhày của các loài thực vật khác nhau mà các tác nhân tham gia chính vào quá trình keo tụ là khác nhau. Tuy nhiên, sự hiện diện của các nhóm polysaccharide trong chất nhày là thành phần chính tham gia vào quá trình keo tụ, đông tụ [38].

3.3.2.2. Ảnh hưởng của pH

Khảo sát pH tối ưu của chất nhầy khi kết hợp với nồng độ PAC tối ưu 30 mg/L trong thời gian lắng 60 phút cho hiệu suất xử lý độ đục như hình 3.11.



Hình 3.11. Hiệu quả làm giảm độ đục chất nhầy kết hợp với PAC tối ưu (30 mg/L) ở các pH khác nhau trên mẫu nước đục

Hình 3.11 thể hiện ảnh hưởng của pH đến hiệu quả làm giảm độ đục của các chất nhầy thực vật khi kết hợp với nồng độ PAC tối ưu (30 mg/L). Sự chênh lệch hiệu quả làm giảm độ đục của từng loại chất nhầy thực vật ở các pH từ 5 đến 10 là 1-3%. Như vậy pH không ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả làm giảm độ đục của chất nhầy. Ngoài ra, sự có mặt của chất nhầy đã cải thiện đáng kể hiệu quả làm giảm độ đục của PAC ở pH 5 (từ khoảng 40% lên hơn 90%). Khả năng hoạt động ổn định ở các pH khác nhau là ưu điểm của chất trợ keo tụ tự nhiên so với các chất tổng hợp hoá học. Điều này có thể giúp tiết kiệm chi phí xử lý của quá trình keo tụ - tạo bông do không tốn hoá chất và năng lượng cho quá trình điều chỉnh pH.

So sánh 3 loại chất nhầy thực vật thì chất nhầy từ vỏ thanh long cho hiệu quả làm giảm độ đục cao nhất, sau đó đến chất nhầy rau đay và mồng tơi. Hiệu quả làm giảm độ đục của các chất nhầy kết hợp với PAC đạt cao nhất là 98,83%; 98,60% và 97,61% lần lượt với chất nhầy vỏ thanh long, rau mồng tơi và rau đay. Để đạt được hiệu quả làm giảm độ đục cao cần dùng PAC với nồng độ từ 90 mg/L trở lên.

3.4. Ứng dụng sử dụng chất nhầy làm chất trợ keo để xử lý nước thải từ công ty dệt nhuộm Huy Phát

3.4.1. Đặc điểm nước thải thải từ công ty dệt nhuộm Huy Phát

Đặc điểm nước thải Huy Phát đươc tiến hành phân tích, kết quả được thể hiện ở bảng 3.6.

Bảng 3.6. Đặc tính nước thải dệt nhuộm của công ty Huy Phát

Chỉ tiêu	Đơn vị	Thuốc nhuộm hỗn hợp	Thuốc nhuộm phân tán	QCVN 13:2015 loại B
pH	-	7,55	7,28	5,5 – 9,0
TSS	mg/L	964	479	100
Độ đục	NTU	205	164	-
Độ màu	Pt-Co	6933	2758	200
COD	mgO_2/L	2160	1360	200

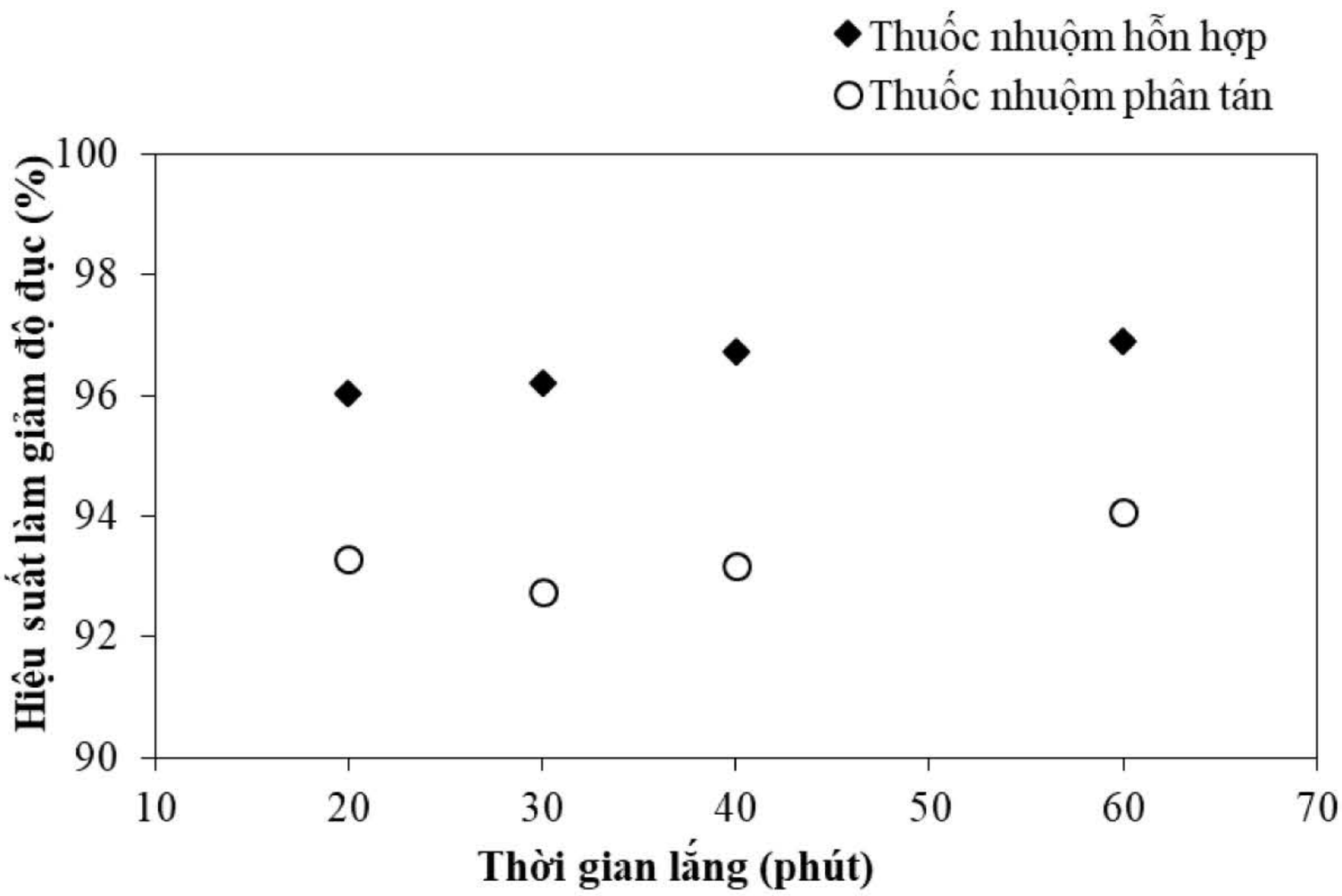
Dựa vào kết quả phân tích một số chỉ tiêu lý hóa của nước thải công ty dệt nhuộm Huy Phát nhận thấy, nước thải Huy Phát chỉ đạt chỉ tiêu về pH (7,28 – 7,55)

đối với 2 loại nước thải màu trộn, nước thải màu phân tán so với QCVN 13:2015 loại B cho nước thải công nghiệp dệt nhuộm xả ra nguồn nước không dùng cho sinh hoạt. Các chỉ tiêu còn lại (TSS, độ màu, COD) rất cao, điển hình như chỉ tiêu độ màu của công ty Huy phát cao gấp 13,79 – 34,67% so với tiêu chuẩn; chỉ tiêu COD cao gấp 6,80 – 10,80% so với tiêu chuẩn; chỉ tiêu TSS cao gấp 4,79 – 9,64% so với tiêu chuẩn.

3.4.2. Điều kiện keo tụ tối ưu của PAC

3.4.2.1. Ảnh hưởng của thời gian lắng

Thay đổi thời gian lắng 20, 30, 40, 60 phút để khảo sát sự ảnh hưởng tới hiệu quả làm giảm độ đục của PAC trên 2 mẫu nước thải dệt nhuộm: thuốc nhuộm hỗn hợp và thuốc nhuộm phân tán. Kết quả thu được thể hiện trên hình 3.12.



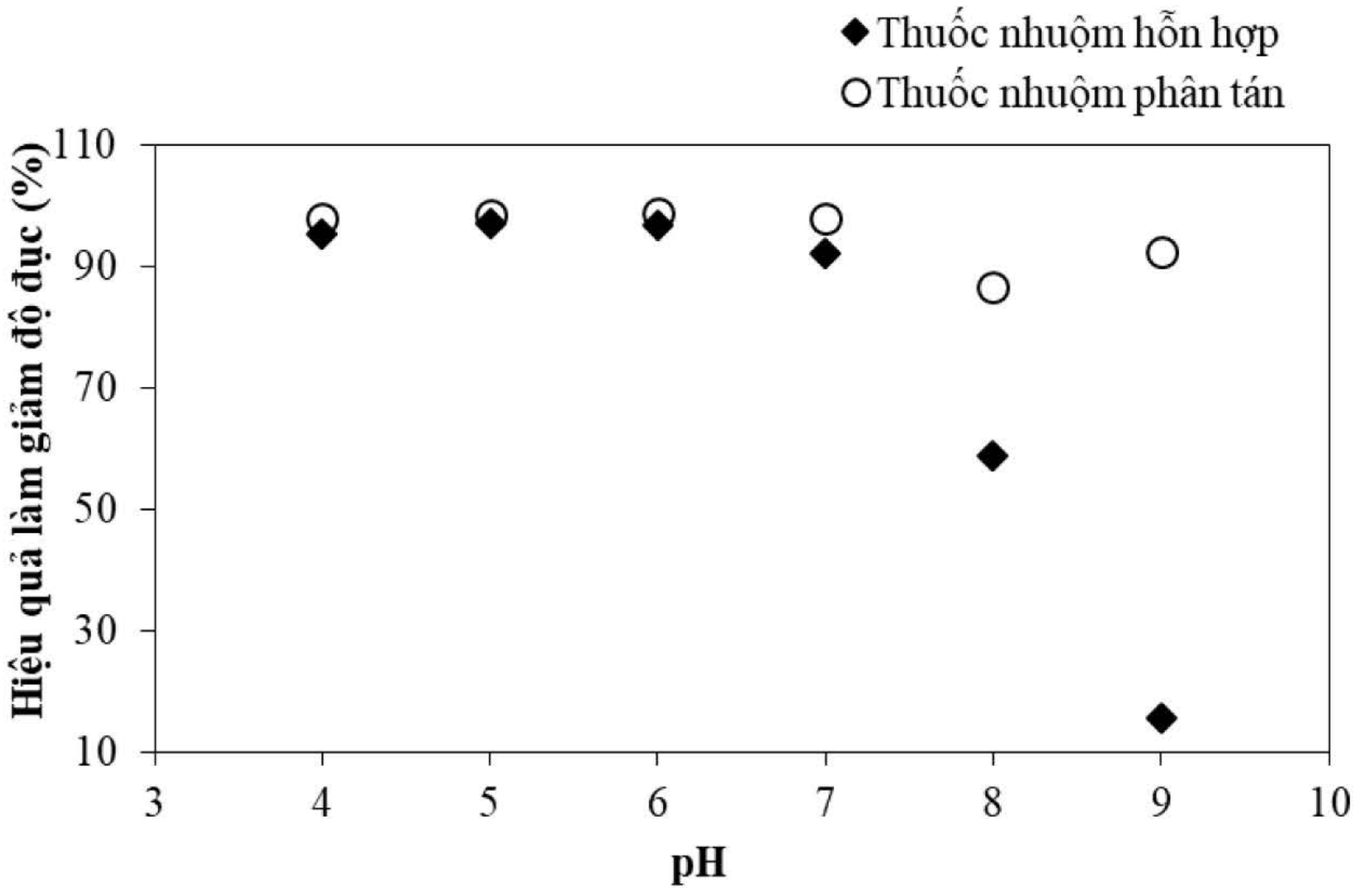
Hình 3.12. Khảo sát thời gian lắng của PAC trên mẫu nước thải dệt nhuộm

Từ kết quả khảo sát ở hình 3.12 ta nhận thấy, hiệu quả làm giảm độ đục PAC trên mẫu nước thải - thuốc nhuộm hỗn hợp cao hơn so thuốc nhuộm phân tán khi thay đổi thời gian lắng. Khi tăng thời gian lắng từ 20 – 60 phút thì hiệu quả làm giảm độ đục càng lớn, hiệu quả thay đổi từ 96,02 – 96,90% và hiệu quả làm giảm cao nhất tại 60 phút (96,90%) với nước thải thuốc nhuộm hỗn hợp; Khi tăng thời

gian lắng từ 30 – 60 phút thì hiệu quả làm giảm độ đục cũng tăng dần, hiệu quả thay đổi từ 92,74 – 94,07% và thời gian lắng cho hiệu quả làm giảm cao nhất tại 60 phút (94,07%) đối với nước thải thuốc nhuộm phân tán. Vậy thời gian lắng 60 phút là thời gian lắng tối ưu để chất keo tụ PAC đạt hiệu suất keo tụ cao nhất trên hai mẫu nước thải thuốc nhuộm hỗn hợp và thuốc nhuộm phân tán.

3.4.2.2. Ảnh hưởng của pH

Thay đổi pH và sử dụng thời gian lắng tối 60 phút như khảo sát trên để khảo sát sự ảnh hưởng tới hiệu quả làm giảm độ đục của PAC trên 2 mẫu nước nước thải dệt nhuộm. Kết quả thu được thể hiện trên hình 3.13.



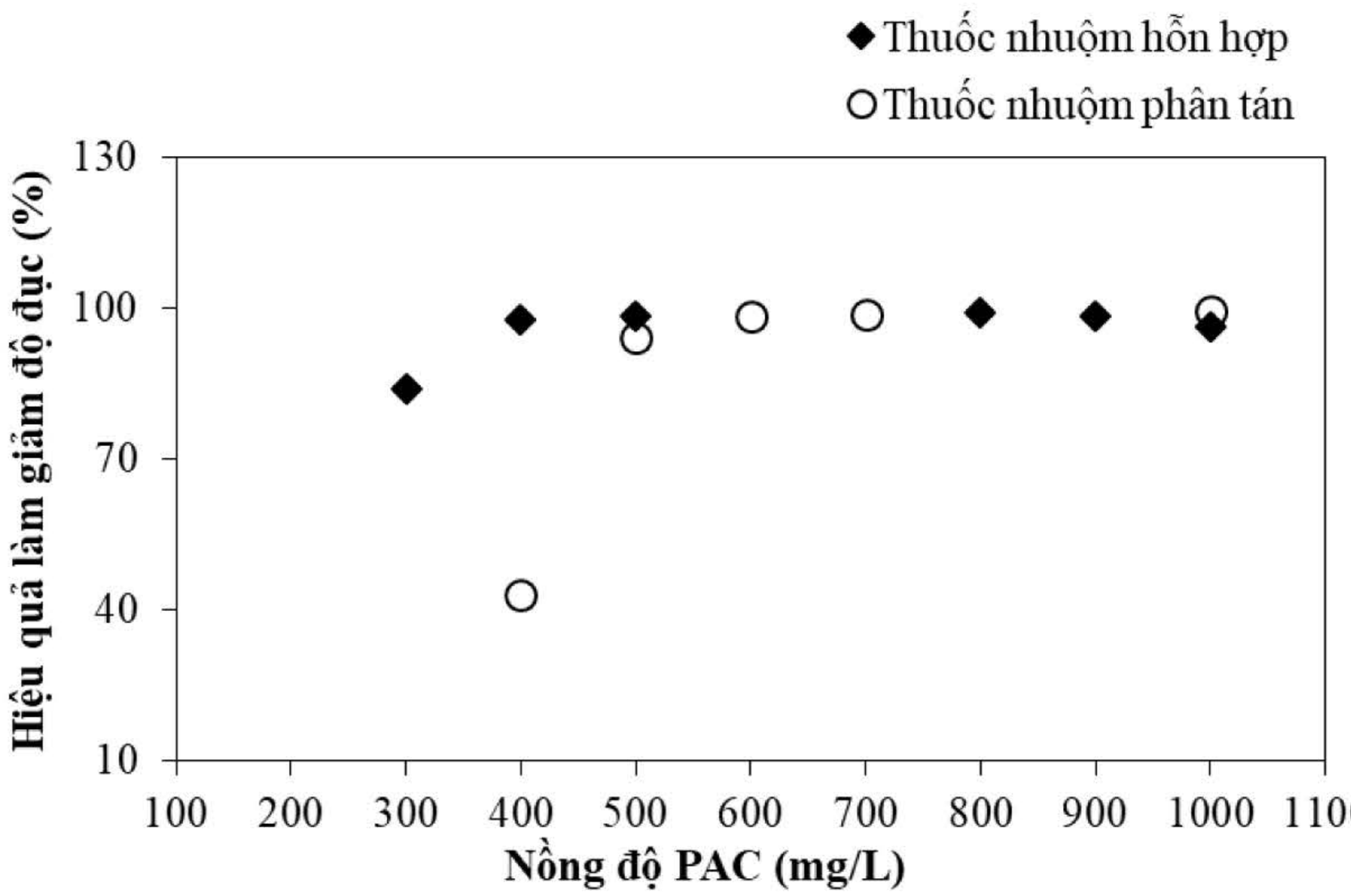
Hình 3.13. Khảo sát pH của PAC trên mẫu nước thải dệt nhuộm

Với kết quả khảo sát thu được nhận thấy, hiệu quả làm giảm độ đục thay đổi khi thay đổi từ pH 4 đến 9 của nước thải thuốc nhuộm phân tán cao hơn so với thuốc nhuộm hỗn hợp. Khi tăng pH từ 4 đến 6 thì hiệu quả làm giảm độ đục càng lớn, hiệu quả thay đổi từ 95,22 đến 96,90% và hiệu quả làm giảm cao nhất tại pH = 6 (97,00%) với nước thải thuốc nhuộm hỗn hợp; Khi tăng pH từ 4 – 6 thì hiệu quả làm giảm độ đục cũng tăng dần, hiệu quả thay đổi từ: 97,84 – 98,80% và pH cho hiệu quả làm giảm độ đục cao nhất khi pH = 6 (98,80%) đối với nước thải thuốc

nhuộm phân tán. Vậy pH = 6 là pH tối ưu để chất keo tụ PAC đạt hiệu suất keo tụ cao nhất trên hai mẫu nước thải màu trộn và màu phân tán.

3.4.2.3. Ảnh hưởng của nồng độ chất nhầy

Sử dụng thời gian lắng 60 phút, và pH 6 cho thí nghiệm khảo sát sự ảnh hưởng của nồng độ PAC trên 2 mẫu nước thải dệt nhuộm thuốc nhuộm hỗn hợp và thuốc nhuộm phân tán. Kết quả thu được thể hiện ở hình 3.14.



Hình 3.14. Khảo sát nồng độ PAC trên mẫu nước thải dệt nhuộm

Với kết quả khảo sát thu được nhận thấy, hiệu quả làm giảm độ đục trên mẫu nước thuốc nhuộm hỗn hợp và thuốc nhuộm phân tán gần tương đương nhau khi nồng độ PAC từ 500 – 1000 mg/L. Ở cùng nồng độ PAC là 400 mg/L thì hiệu quả làm giảm độ đục đối với thuốc nhuộm hỗn hợp lớn hơn đối với thuốc nhuộm phân tán. Nồng độ PAC tối thiểu gây ra hiệu quả làm giảm độ đục của thuốc nhuộm hỗn hợp thấp hơn so với thuốc nhuộm phân tán (300 mg/L so với 400 mg/L). Điều này có thể giải thích rằng, quá trình trộn lẫn của các loại nước thải trong công ty dệt nhuộm Huy Phát đã làm gia tăng kích thước và số lượng các hạt lơ lửng trong mẫu nước thải thuốc nhuộm hỗn hợp; với quá trình này các tác nhân gây độ đục trong mẫu nước thuốc nhuộm hỗn hợp dễ loại bỏ hơn so với mẫu nước thuốc nhuộm phân

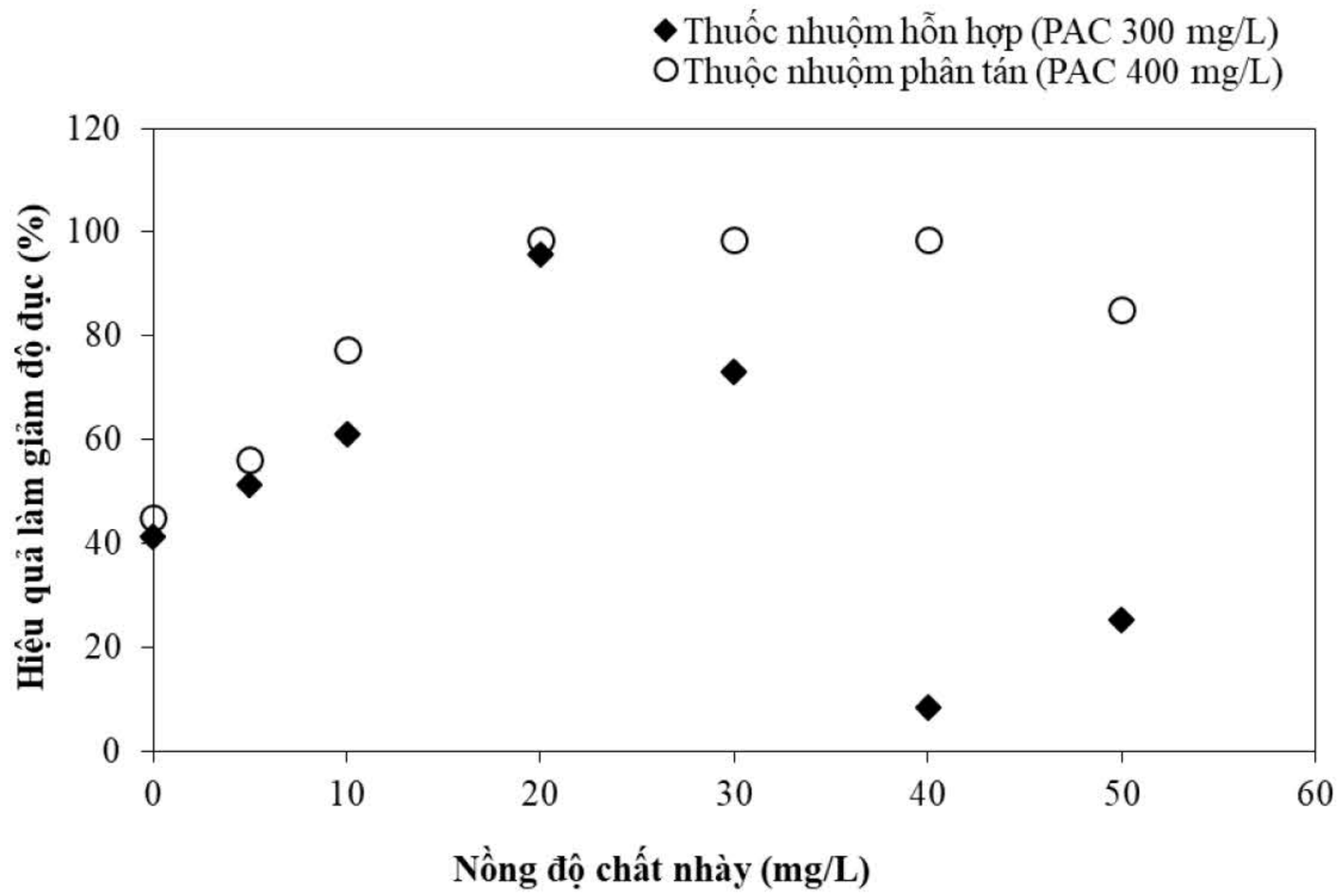
tán.

Đối với mẫu nước thải thuốc nhuộm hỗn hợp hiệu quả làm giảm độ đục có xu hướng tăng dần từ nồng độ 300 – 800 mg/L, hiệu quả thay đổi từ 83,96 – 98,95%. Hiệu quả làm giảm độ đục cao nhất khi nồng độ PAC là 800 mg/L (98,95%) và thấp nhất khi nồng độ PAC là 300 mg/L (83,96%). Với mục đích là giảm lượng sử dụng PAC, thì nồng độ PAC là 300 mg/L được lựa chọn để kết hợp với chất nhầy để nhằm xử lý độ đục trên nước thải thuốc nhuộm hỗn hợp.

Đối với mẫu nước thải thuốc nhuộm phân tán, hiệu quả làm giảm độ đục có xu hướng tăng dần từ nồng độ 400 – 1000 mg/L, hiệu suất thay đổi từ 43,17 – 99,38%. Hiệu quả làm giảm độ đục cao nhất khi nồng độ PAC là 1000 mg/L (99,38%) và thấp nhất khi nồng độ PAC là 400 mg/L (43,17%). Với mục đích là giảm lượng sử dụng PAC, thì nồng độ PAC là 400 mg/L được lựa chọn để kết hợp với chất nhầy để nhằm làm giảm độ đục trên nước thải thuốc nhuộm phân tán.

3.4.3. Hiệu quả làm giảm độ đục khi sử dụng chất nhầy kết hợp với PAC

Dựa trên kết quả các khảo sát, pH tối ưu cho quá trình xử lý là 6 và nồng độ PAC 400 mg/L được ứng dụng kết hợp với chất nhầy từ thanh long với các nồng độ khác nhau để xử lý 2 mẫu nước thải nhuộm (thuốc nhuộm hỗn hợp và thuốc nhuộm phân tán) với kết quả như hình 3.15.



Hình 3.15. Ứng dụng chất nhầy kết hợp với nồng độ PAC tối ưu để làm giảm độ đục của nước thải dệt nhuộm công ty Huy Phát

Kết quả cho thấy hiệu quả làm giảm độ đục tại PAC 30% (300 mg/L) đối với thuốc nhuộm hỗn hợp và PAC 30% (400 mg/L) đối với thuốc nhuộm phân tán kết hợp với các nồng độ chất nhầy khác nhau là khá khác biệt đối với 2 loại nước thải thuốc nhuộm hỗn hợp và thuốc nhuộm phân tán. Hiệu quả làm giảm độ đục trên mẫu nước thuốc nhuộm phân tán tốt hơn so với thuốc nhuộm hỗn hợp khi kết hợp PAC và chất nhầy.

Đối với mẫu nước thải thuốc nhuộm hỗn hợp, hiệu quả làm giảm độ đục tăng khi sử dụng nồng độ chất nhầy từ 0 – 20 mg/L và hiệu quả có xu hướng giảm khi thêm nồng độ chất nhầy 30 – 50 mg/L. Hiệu quả làm giảm độ đục đạt cao nhất khi sử dụng nồng độ chất nhầy 20 mg/L tương ứng với độ giảm 95,61%. Vì vậy, khi xử lý nước thải dệt nhuộm thuốc nhuộm hỗn hợp ưu tiên sử dụng PAC 300 mg/L kết hợp với 20 mg/L nồng độ chất nhầy (vỏ thanh long).

Đối với mẫu nước thải thuốc nhuộm phân tán, hiệu quả làm giảm độ đục có xu hướng tăng khi sử dụng nồng độ chất nhầy từ 0 – 20 mg/L với giá trị thay đổi trong khoảng 45,00 – 98,60%. Hiệu quả làm giảm độ đục thấp nhất khi không sử dụng chất nhầy và cao nhất khi sử dụng nồng độ chất nhầy 20 mg/L (98,60%). Vì

vậy, khi xử lý nước thải dệt nhuộm màu phân tán ưu tiên sử dụng PAC 30% (400 mg/L) kết hợp với 20 mg/L nồng độ chất nhầy (vỏ thanh long).

Kết quả thí nghiệm cho thấy, sự có mặt của chất nhầy đã làm tăng hiệu quả keo tụ của PAC đến khoảng 54%. Để đạt được hiệu quả làm giảm độ đục tương ứng thì sự có mặt của chất nhầy đã giúp giảm lượng PAC sử dụng ít nhất 100 – 200 mg/L (ít nhất 20 – 40%). Điều này khẳng định khả năng trợ keo tụ và khả năng thay thế một phần lượng PAC sử dụng trong quá trình xử lý nước thải, từ đó làm giảm nguy cơ gây hại cho sức khỏe con người và hệ sinh thái của PAC.

3.4.4. Hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm khác

Phân tích kết quả các thông số lý hóa của nước thải Huy Phát sau khi sử dụng chất nhầy chiết tách từ vỏ Thanh Long kết hợp với PAC để làm giảm độ đục. Kết quả thể hiện ở trên bảng 3.7:

Bảng 3.7. Đặc tính nước thải đầu ra công ty Huy Phát khi sử dụng chất nhầy chiết tách từ vỏ Thanh Long kết hợp với PAC làm giảm độ đục

Chỉ tiêu	Đơn vị	Thuốc nhuộm hỗn hợp			Thuốc nhuộm phân tán			QCVN 13:2015 loại B
		Trước	Sau	Hiệu suất (%)	Trước	Sau	Hiệu suất (%)	
pH	-	7,55	5,50	-	7,28	5,02	-	5,5 – 9,0
TSS	mg/L	964	12	98,76	479	12	97,49	100
Độ đục	NTU	205	7,10	96,54	164	1,98	98,79	-
Độ màu	Pt-Co	6933	310	95,53	2758	314	88,61	200
COD	mgO_2/L	2160	500	76,75	1360	400	70,59	200

Từ kết quả phân tích trên, nhận thấy khi sử dụng chất nhầy như là chất trợ keo tụ trong quả trình keo tụ - tạo bông có thể xử lý được độ đục khá tốt, cụ thể độ đục giảm 82,38 lần trên mẫu thuốc nhuộm phân tán và 28,87 trên lần mẫu thuốc nhuộm hỗn hợp. Hiệu quả trợ keo tụ của chất nhầy khi kết hợp với PAC cho hiệu quả xử lý độ đục cao (98,79%).

Bên cạnh đó, khi sử dụng chất nhầy (vỏ thanh long) như chất trợ keo kết hợp với PAC cũng xử lý được thêm các thông số khác như: TSS, độ màu, COD,.. Một

số thông số đã đạt tiêu chuẩn xả thải ra nguồn nước không sử dụng làm nước sinh hoạt như thông số: TSS bên cạnh đó các thông số chưa đạt tiêu chuẩn xả thải loại B (QCVN 13:2015) như: độ màu, COD. Vì vậy, quá trình xử lý thứ cấp tiến hành keo tụ - tạo bông là cần thiết.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu về khả năng ứng dụng chất nhầy thực vật trong xử lý nước đưa đến các kết luận như sau:

1. Điều kiện tối ưu để chiết tách chất nhầy từ 3 loại thực vật là: tỷ lệ axeton/ dịch chiết là 3:1 đối với rau đay, mồng tơi và 2:1 đối với vỏ thanh long; tỷ lệ nước cất/ khối lượng nguyên liệu là 8:1; nhiệt độ tách chiết là 60^0C thì hiệu quả tách chiết chất nhầy lớn nhất với vỏ thanh long rồi đến rau đay và mồng tơi.

   Chất nhầy thu được từ 3 loại thực vật có pH hơi axit; chất nhầy hoạt động ổn định trong khoảng pH 5 – 10; chứa thành phần protein và polysacaris; bề mặt có cấu trúc hạt kích thước không đồng đều.

2. Điều kiện hoạt động tối ưu của chất nhầy với vai trò là chất trợ keo khi kết hợp với PAC trên mẫu nước đục nhân tạo là thời gian lắng 30 – 40 phút, nồng độ PAC từ 30 mg/L, nồng độ chất nhầy 10 – 30 mg/L và pH không điều chỉnh. Hiệu quả làm làm độ đục có xu hướng lớn nhất đối với chất nhầy chiết tách từ vỏ thanh long.

3. Trên mẫu nước thải dệt nhuộm thu thập từ công ty TNHH Huy Phát (thuốc nhuộm hỗn hợp và thuốc nhuộm phân tán), chất nhầy vỏ thanh long kết hợp với PAC đã thể hiện hiệu quả trợ keo tốt và khả năng tiết kiệm PAC để hạn chế tác động có hại của PAC. Điều kiện hoạt động tối ưu của hệ là thời gian lắng 60 phút, pH 6, nồng độ chất nhầy là 20 mg/L và nồng độ PAC là 300 mg/L đối với thuốc nhuộm hỗn hợp và PAC 400 mg/L đối với thuốc nhuộm phân tán. Bên cạnh độ đục, hệ có khả năng xử lý các chất ô nhiễm khác như TSS độ màu, COD. Tuy nhiên xử lý COD vẫn chưa đạt tiêu chuẩn xả thải loại B (QCVN 15:2015) nên quá trình xử lý thứ cấp vẫn cần được áp dụng.

KIẾN NGHỊ

1. Tiếp tục nghiên cứu điều kiện tách chiết để tối đa hiệu suất tách chiết chất nhầy từ các thực vật.
2. Nghiên cứu khả năng chiết tách chất nhầy từ một số loài thực vật khác.
3. Ứng dụng sử dụng chất nhầy trên các loại nước thải khác để khai thác tiềm năng xử lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TIẾNG VIỆT

1. Hoàng Văn Huệ (2002), *Thoái nước tập II - Xử lý nước thải*, NXB Khoa học và kỹ thuật.
2. Tổng cục môi trường (2011), *Tài liệu kỹ thuật - Hướng dẫn đánh giá sự phù hợp của công nghệ xử lý nước thải và giới thiệu một số công nghệ xử lý nước thải đối với ngành Chế biến thủy sản, Dệt may, Giấy và bột giấy.*
3. Nguyễn Thị Tuyết Nam (2014), "Nghiên cứu khả năng xử lý độ màu nước thải dệt nhuộm bằng TiO2", *Luận văn Thạc sĩ*, Trường Đại học Sài Gòn.
4. Bùi Văn Tốt (2014), *Báo cáo ngành dệt may*, Công ty cổ phần chứng khoán FPT, Hà Nội.
5. Nguyễn Viết Trường (2011), "Tính toán thiết kế nhà máy xử lý nước thải dệt nhuộm, công suất 800 m^3/ngày đêm"*, Đồ án tốt nghiệp chuyên ngành kỹ thuật môi trường*, Trường Đại học Kỹ Thuật Công Nghiệp thành phố Hồ Chí Minh.
6. Dieter Sedlak, *Tài liệu hướng dẫn sử dụng hóa chất*, AG AFIRM Group
7. Vũ Thị Bích Ngọc, Hoàng Thị Hương, Trịnh Lê Hùng (2016), "Xử lý nước thải nhuộm thực tế bằng phương pháp oxi hóa nâng cao"*, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ,* tập 32, số 4 (2016), trang. 97-103.
8. Phùng Khắc Huy Chú (2018), "Nghiên cứu khả năng loại màu thuốc nhuộm hoạt tính và phân hủy chất diệt cỏ/Dioxin của sinh vật sinh enzyme laccase", *Luận văn tiến sỹ kỹ thuật môi trường*, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
9. Nguyễn Thanh Ngân (2014) "Công nghệ xử lý nước thải ngành dệt may và những kinh nghiệm thực tiễn" *Tạp chí môi trường*, số 10/2014, trang. 1-3.
10. Trần Văn Nhân, Ngô Thị Nga (2009), Giáo trình công nghệ xử lý nước thải, NXB Đại học Quốc Gia Hà Nội.

11. Nguyễn Kim Phi Phụng (2007), *Phương pháp cô lập hợp chất hữu cơ*, NXB Đại học quốc gia TP Hồ Chí Minh.
12. ADB, 2011, Báo cáo đánh giá lĩnh vực cấp nước và vệ sinh môi trường Việt Nam, năm 2011.
13. http://www.botanyvn.com/cnt.asp?param=news&newsid=1366&fbclid=IwAR2MfW6kyodJJa1pmiegnKNh5cZR7WDPrZ4B1J_Vcw_R9CrbnO4eImZxJk4 (Ngày truy cập: 13/12/2018)

TIẾNG ANH

14. Agarwal Monika, Srinvasan, Mishra Anuradha (2000), "*Study on Flocculation Efficiency of Okra Gum in Sewage Wastewater*", Macromolecular Material and Engineering 286, pp. 560-563.
15. Almaida C. A.; M. T. F. de Souza; Freitas T. K. F. S.; Ambrósio E.;. Geraldino H. C. L; Garcia J. C. (2017), "Vegetable residue of Chayote (Sechium edule SW.) as a natural coagulant for treatment of textile wastewater", *Int. J. Energ. Water Resoure* 1(1), pp.37-46.
16. Amitava Roy, Pallab K Haldar, Abhinay Chhetri (2016), "Experimentation on *Hibiscus rosa* Flower Mucilage as a Potential Nasal Mucoadhesive its Characterization as an In-situ Gel for some Anxiolytics", *Original Article* 8(2), pp. 82-90.
17. Anastasakis Konstantinos, Kalderis Dimitrios, Diamadopoulos Evan (2009), "*Flocculation behavior of mallow and okra mucilage in treating wastewater*", Desalination, pp. 786-791.
18. Bhusan Chakraborty 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), pp. 167-173.
19. Farooq U., Malviya R.and Sharma Pramod Kumar (2013),"Extraction and

Characterization of Okra Mucilage as Pharmaceutical Excipient", *Academic Journal of Plant Sciences* 6 (4), pp. 168-172.

20. Ferante Marco, Conti G. Oliveri (2014), "*Health effects of metals and related substances in dringking water*", IWA Publishing Alliance House.
21. Freitas T.K.F.S., Oliveira V.M., M.T. de Souza (2015), "Optimization of coagulation-flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using *okra* (A. *esculentus*) mucilage as natural coagulant", *Industrial Crops and Products 76*, pp. 538-544.
22. John Sutherland Paul (2000), "*The application of Moringa oleifera seed as a coagulation for water treatment in developing country*", Department of Engineering University of Leicester.
23. Joseane Debora Peruco Theodoro, Guilherme Flipe Lenz, Ricardo Fiori Zara (2013), "Coagulants and Natural Polymers: Perspectives for the Treatment of Water", *Pladtic and polymer Technology* (PAPT) 2, Issue 3.
24. Koocheki Arash, 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 perforliatum seeds",* Food Hydrocolloids, pp. 2369-2379.
25. Kumar Shankul, Prasad A.K., S.V.lyer and Vaidya S.K. (2013), "Systematic pharmacognostical, phytochemical and pharmacological review on an ethnomedicinal plant *Basella alba L*", *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy* 5(4), pp. 53-58.
26. Lee Chai Siah, Chong Mei Fong, Robbinson John P and Binner Eleanor Ruth (2014), "*A review on development and application of plant-based bio-flocculants and grafted bio-flocculants*", Industrial & Engineering Chemistry Research.
27. Li Tao, Zhu Zhe, Wang Dongsheng, Yao Chonghua, Tang Hongxiao (2006), "Characterization of floc size, strength and structure under various coagulation mechanism", *Powder Technology 168(2)*, pp.104-110.

28. M. A. Shende and D. R. P. Marathe (2015), "Extraction of Mucilages and Its Comparative Mucoadhesive Studies From Hibiscus Plant Species", *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 4(3), pp. 900–924.
29. Muhamad Ridwan Fahmi, Nasrul Hamidin (2014), "*Performace Evaluation of Okra (Abelmoschus esculentus) as Coagulant for Turbidity Removal in Water Treatment*", Key Enginneering Materials, pp. 226-230.
30. Nirmala Rani.C and Jadhav M. V (2012), " Enhancing filtrate quality of turbid water incorporating seeds of Strychnos potatorum, pad of *Cactus* opuntia and mucilage extract from the fruit of *Coccinia indica* as coagulant", *Journal of Environmental Research And Development* 7, pp.668-674.
31. Nurudeen.A, Oladoja, Emmanuel (2017), "*Polysaccharides as a Green and Sustainable Resources for Water and Wastewater treatment*", Springer briefs in molecular science biobased polymer.
32. Ram P. S., Karmakar, P.G, Rath, K.S, S.R, Pandey, (2000), "Biodegradable Drag Reducing Agents and Flocculants Based on Polysaccharides: Material and Application" 40(1), *Polymer Engineering and Science*, pp.46-59.
33. Rebah F. Ben, Siddeeg.S.M. (2017), "*Cactus* an eco-friendly material for wastewater treatment: A review", *Journal of Material Environmental Sciences* 8(5), pp. 1770-1782.
34. Sahu O.P., Chaudhar P.K. (2013), "Review on Chemical treatment of Industrial Waste Water", *Journal Applied Scientific Environmental Managemant* 17 (2), pp.241-257.
35. Sarah M, Miler, Ezekiel J, Fugate, Vinka Oyanedel (2008), "Toward Understanding the Effecacy and mechanism of *Opuntia spp*. As a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment", *Environmental Science & Technology* 13(4), pp. 4274-4279.
36. Sepulveda .E, Saenz. C, Aliaga. E, Aceituno. C (2007), "Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia spp*.", *Journal of Arid Environments 11(2), pp* 534-545.

37. Sunita Singh Thakur and Sonal Choubey (2014), "Assessment of coagulation efficiency of *Moringa oleifera* and *Okra* for treatment of turbid water", *Archives of Applied Science Research* 5(4), pp.24-30.
38. 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, pp.88-92.
39. Zhang Xiongzhi, Huang Yu, Fu Kaiqiao, Yuan Shiju, Huang Chi, Houbin Li (2016), "*Preparation and performance of cationic flocculant for papermaking based on the graft polymerization of cationic chains from colloidal silica particles*",Colloids and Surfaces, pp. 29-36.
40. Maldonado E.A., Oropeza M.T., Jurado-Baizaval J.L (2014), "Coagulation-flocculation mechanisms in wastewater treatment plants through zeta potential measurments", *Journal of Hazardous Materials* 1(10), pp.1-10.
41. Rondeau Virginie (2002), "*A review of Epidemiologic Studies on Aluminum and Silica in Relation to Alzheimer's Disese and Associated Disorders*" 17(2).
42. Roshan Adhikari, Naveen Kumar HN, Shruthi SD (2012), "*A Review on Medicinal Importance of Basella alba L.*", International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research 4(2), pp. 110-114.
43. Suguna J., Thenmozhi S., Parimalam K., Kalaiselvi K., Pannerr selvam K. (2015), "Antimicrobialand Antioxidant Activity of the Leaf Extract of *Basella alba*", *International Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Research* 3 (2), pp. 66-77.
44. Tzoupanos N.D. and Zouboulis A.I. (2008), "*Coagulation-Flocculation process in water/wastewater treatment: The application of new generation of chemical raegents*", Division of Chemical Technology, Department of Chemistry, Aristotle University of Thessaloniki, pp. 309-317.
45. Patale Varsha and Pandya Jay, (2012) " Mucilage extract of *Coccinia indica* fruit as coagulant-flocculent for turbid water treatment", *Asian Journal of Plant Science* 2(4), pp. 442-445

46. M. Šćiban, M. Klašnja, M. Antov, and B. Škrbić (2009), "*Removal of water turbidity by natural coagulants obtained from chestnut and acorn*", Bioresource Technology 100(24), pp. 6639–6643.
47. Z. Ying, X. Han, and J. Li (2011), "*Ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from mulberry leaves*", Food Chemistry 127(3), pp. 1273–1279.
48. S. Moldoveanu and V. David (2015), "*Solvent Extraction*", Modern Sample Preparation for Chromatography.
49. I. A. Saleh, M. Vinatoru, T. J. Mason, N. S. Abdel-Azim, E. A. Aboutabl, and F. M. Hammouda (2016), "*A possible general mechanism for ultrasound-assisted extraction (UAE) suggested from the results of UAE of chlorogenic acid from Cynara scolymus L. (artichoke) leaves*", Ultrasonics Sonochemistry 31, pp. 330–336.
50. A. Matilainen, M. Vepsäläinen, and M. Sillanpää (2010), "*Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment : A review*", Advances in Colloid and Interface Science 159(2), pp. 189–197.
51. H. F. Zhang, X. H. Yang, and Y. Wang (2011), "*Microwave assisted extraction of secondary metabolites from plants: Current status and future directions*", Trends in Food Science and Technology 22(12), pp. 672–688.
52. R. M. Rodriguez-Jasso, S. I. Mussatto, L. Pastrana, C. N. Aguilar, and J. A. Teixeira (2011), "*Microwave-assisted extraction of sulfated polysaccharides (fucoidan) from brown seaweed*", Carbohydrate Polymers 86(3), pp. 1137–1144.
53. J. Xu (2014), "Structural diversity requires individual optimization of ethanol concentration in polysaccharide precipitation", *International Journal of Biological Macromolecules* 67, pp. 205–209.
54. Chukwuemeka P. Azubuike, Mohammed A. Alfa, Bukola A. Oseni. (2017), "Characterization and Evaluation of the Suspending Potentials of *Corchorus olitorius*. Mucilage in Pharmaceutical Suspensions*", Tropical journal of Natural Product Research* 1(1), pp 39-46.
55. Mariel Monrroy, Erick García, Katherine Ríos and José Renán García. (2017),

"Extraction and Physicochemical Characterization of Mucilage from *Opuntia* cochenillifera (L.) Miller*"*11(2) *Hindawi Journal of Chemistry*, 2017.

56. S. M. N. Islam*, S. H. Rahman, M. M. Rahman, T. M. Adyel, R. A. Yesmin, M. S. Ahmed, and N. Kaiser, "Excessive Turbidity Removal from Textile Effluents Using Electrocoagulation Technique", *Journal of scientific research* 3(3) 557-568 (2011).
57. T. K. F.S. Freitas, C. A. Almeida, D. D. Manholer, He. C. L. Geraldino, M. T. F. de S. and J. C. Garcia (2018), "*Review of Utilization Plant-Based Coagulants as Alternatives to Textile Wastewater Treatment*" in Detox Fashion (S.S. Muthu (ed.)), pp 27 – 79.
58. Tripathy Tridib, De Ranjan Bhudeb, College Raj Narajole, Narajole, Medinipur Paschim, 2006. "Flocculation: A new way to treat the waste water", *Journal of physical sciences* 10, 93-127.
59. Olivier Y. A., Daouda S., Privat K., Viviane D. M., Ysidor N. K., Adama C. and Henri G.B., 2017, "Characterization of the Mucilages of Four Food Plants,: *Abelmoschus esculentus, Beilschmiedia mannii, Corchorus olitorius,* and *Irvingia gabonensis*, from Côte d'lvoire", *British Biotechnology Journal* 19(2), pp.1-10.
60. Moumita Chowdhury, Abhijit Sengupta, Sumana Chatterjee, Lopamudra Datta, 2018, "Extraction and physicochemical characterization of *Basella alba L* fruit mucilage and its comparative study", *Journal of Innovations in Pharmaceutical and Biological Sciences* 5 (2), 82-86, 2018.
61. Ahmadi Neda, Chaibakhsh Naz (2016), "*Use of Descurainiasophia L. As a natural coagulant for the treatment of dye-containing wastewater*", Environmental progress & Substainable Energy, pp.996-1001.
62. R. Sanghi, B. Bhattacharya, A. Dixit, and V. Singh (2006), "Ipomoea dasysperma seed gum: An effective natural coagulant for the decolorization of textile dye solutions" *Journal of Environmental Management* 81(1), pp. 36–41.
63. C. A. Alalor, J. A. Avbunudiogba, K. Augustine, 2014, "Isolation and

characterization of mucilage obtained from *Colocasia Esculenta*", *Research Article Pharmaceutical Sciences* 4, pp. 25-29.

64. Amuda O.S., Amoo I.A. (2007), "Coagulation/flocculation process and sludge conditioning in beverage industrial wastewater treatment*", Journal of Hazardous Material*, pp.778-783.
65. Harsha Ratnaweera and Joachim Fettig (2015), "*State of the Art of Online Monotoring and Cotrol of the Coagulation Process*", University of Applied Sciences Ostwestfalen, pp.6574-6597.
66. Lee Chai Siah, Robinson John, Chong Mei Fong, (2014), "A review on application of flocculants in wastewater treatment", *Process safety and environmental protection* 36(1), pp. 1-20.
67. Ed.Degre'mont, Water Treatment Handbook, p.132,6,1991.