

ỨNG DỤNG CHẤT TRỢ KEO TỤ SINH HỌC TRONG XỬ LÝ NƯỚC THẢI THỦY SẢN

Phạm Thị Phương Trinh⁽¹⁾, Nguyễn Thị Hồng Thắm⁽¹⁾, Nguyễn Thanh Quang⁽²⁾,
Nguyễn Thị Thùy Trang⁽²⁾, Đào Minh Trung⁽²⁾

(1) Trường Đại học Cần Thơ, (2) Trường Đại học Thủ Dầu Một

TÓM TẮT

Các hóa chất sử dụng trong phương pháp hóa lý để xử lý nước thải chế biến thủy sản thường có nguồn gốc hóa học, một mặt chúng xử lý các chất ô nhiễm, mặt khác hóa chất tồn dư sau xử lý có thể gây ô nhiễm đến nguồn tiếp nhận. Nghiên cứu thay thế hợp chất có nguồn gốc hóa học mang tính cần thiết. Kết quả trong nghiên cứu cho thấy sử dụng gum muồng Hoàng Yến xử lý được 96% COD, 82% ni-tơ, 78,67% photpho và 80,4% SS. Từ đó cho thấy bước đầu có thể ứng dụng và thay thế dần hóa chất có nguồn gốc sinh học vào xử lý nước thải chế biến thủy sản nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường cho nguồn tiếp nhận.

Từ khóa: keo tụ hóa học, trợ keo tụ, gum hạt, nước thải, chế biến, thủy sản

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự phát triển của ngành chế biến thủy sản đang gây ô nhiễm môi trường. Mức độ ô nhiễm của nước thải từ quá trình chế biến thủy sản thay đổi rất lớn phụ thuộc vào nguyên liệu thô (tôm, cá, mực, bạch tuộc, cua, nghêu, sò...), sản phẩm thay đổi theo mùa vụ và thậm chí ngay trong ngày làm việc (Johnson *et al.*, 2008), nhất là với dây chuyền chế biến có nồng độ các chất ô nhiễm rất cao (pH từ 6,5 - 7,0, SS từ 500 - 1.200 mg/L, COD từ 800 - 2.500 mgO₂/L, BOD₅ từ 500 - 1.500 mgO₂/L, tổng N từ 100 - 300 mg/L, tổng P từ 50 - 100 mg/L, dầu và mỡ 250 - 830 mg/L) (Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2014). Qua đó cho thấy nước thải chế biến thủy sản ô nhiễm hữu cơ và có khả năng phân hủy sinh học cao thể hiện qua tỉ lệ BOD/COD, dao động từ 0,6 đến 0,9 (Nguyễn Trung Việt *et al.*, 2011). Đối với nước thải phát sinh từ chế biến cá da trơn có nồng độ dầu

mỡ rất cao từ 250 đến 830 mg/L (Ngô Xuân Trường *et al.*, 2008). Nước thải sơ chế thủy sản là loại nước thải ô nhiễm chất hữu cơ, độ màu, chất rắn lơ lửng cao (Lâm Minh Triết, 2006).

Thường các hệ thống xử lý nước thải chế biến thủy sản muốn có công đoạn tiền xử lý - keo tụ tạo bông với chất trợ keo tụ Polymer. Tuy nhiên dư lượng polymer sau quá trình xử lý có thể đưa ra nguồn tiếp nhận tiếp tục gây ô nhiễm thứ cấp. Vì thế việc tìm ra loại chất khác để thay thế là rất quan trọng. Ở Việt Nam có nhiều loài thực vật có khả năng làm chất keo tụ, đặc biệt hạt cây muồng Hoàng Yến có nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước chứng minh về khả năng xử lý một số loại nước thải công nghiệp mang lại hiệu quả cao, thân thiện với môi trường.

Nghiên cứu này ứng dụng chất keo tụ sinh học trong xử lý nước thải thủy sản nhằm khảo sát khả năng ứng dụng chất trợ

keo tụ từ gum hạt muồng Hoàng Yến để giảm thiểu nồng độ ô nhiễm trong nước thải thủy sản, từ đó có thể tăng hiệu quả xử lý cho các công trình xử lý phía sau.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm, đối tượng và thời gian thực hiện

Nghiên cứu được thực hiện tại Trường Đại học Cần Thơ trong khoảng thời gian từ tháng 01 đến tháng 06 năm 2015. Đối tượng nghiên cứu là nước thải chế biến thủy sản được lấy tại phân xưởng fillet của Nhà máy chế biến thủy sản Panga Mekong - Ban và Toi Foods Corporation, khu công nghiệp Trà Nóc II, quận Bình Thủy, thành phố Cần Thơ.

2.2. Hóa chất thí nghiệm

- PAC công thức $Aln(OH)mCl_n$, H_2SO_4 1N, NaOH 1N.
- Chất trợ keo tụ Polymer.
- Chất trợ keo tụ sinh học gum muồng Hoàng Yến.

2.3. Phương pháp lấy mẫu, phân tích

Lấy mẫu nước theo TCVN 5999:1995. Bảo quản mẫu theo TCVN 4556:1988. Đo đặc pH theo TCVN 6492:1999; phân tích COD theo phương pháp BiCromat (tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6491:1999); phân tích tổng N theo phương pháp Nitơ Kjeldahl (TCVN 5987:1995); phân tích tổng P bằng phương pháp so màu Molipdenblue (TCVN 6202:2008). Các thí nghiệm thực hiện ở nhiệt độ môi trường 25 - 32°C, áp suất 1 atm.

2.4. Phương tiện nghiên cứu

Bếp nung Hach COD Reactor; Máy quang phổ UV-VIS (Lambda 11 Spectrometer), máy đo pH Mettler Toledo; thiết bị Jartest. Bộ Jartest bao gồm: (1) Phần chứa mẫu 6 cốc thủy tinh có dung tích 2 L/cốc, (2) Hệ thống khuấy trộn (motor và cánh khuấy) gồm 6 cánh khuấy có thể điều chỉnh

được vận tốc khuấy từ 10 - 300 vòng/ phút và bộ phận định thời gian khuấy.

2.5. Bố trí thí nghiệm

2.5.1. Xác định pH tối ưu cho quá trình keo tụ

Thí nghiệm được tiến hành với giá trị pH biến thiên từ 3 đến 12 (Nguyễn Thị Lan Phương, 2008), chọn liều lượng cố định PAC 500 mg/L (Hoàng Văn Huệ, 2002). Tiến hành khuấy trộn nhanh 120 vòng/phút trong 3 phút, sau đó khuấy chậm 20 vòng/phút trong 25 phút. Sau khi lắng thu mẫu phân tích COD, lấy mẫu nước trong đo độ đục, so sánh hiệu suất loại bỏ COD và độ đục của mỗi cốc để xác định được cốc có giá trị pH tối ưu.

2.5.2. Xác định liều lượng PAC thích hợp kết hợp với gum

Bước 1: dùng cốc có dung tích 2 L, cho vào mỗi cốc 1,5 L nước thải. Cho vào mỗi cốc liều lượng PAC khác nhau từ 450 - 600 mg/L kết hợp với gum 0,5 mg/L, giữ cố định pH ở giá trị tối ưu đã tìm được.

Bước 2: đặt 6 cốc trên bộ Jartest, khuấy nhanh 120 vòng/phút trong 3 phút, khuấy chậm 20 vòng/phút trong vòng 25 phút.

Bước 3: để lắng, quan sát và nhận xét hiện tượng bùn lắng, lấy mẫu nước trong đo độ đục, phân tích COD.

2.5.3. Xác định liều lượng gum thích hợp với PAC

Bước 1: dùng 6 cốc có dung tích 2 L, cho vào mỗi cốc 1,5 L nước thải. Trong thí nghiệm này nghiên cứu được tiến hành khảo sát với nồng độ PAC cố định 500 mg/L, gum thay đổi từ 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 (Trần Văn Nhân và Ngô Thị Nga, 2002) và mẫu đối chứng, đồng thời giữ cố định tại pH tối ưu.

Bước 2: đặt 6 cốc trên bộ Jartest, khuấy nhanh 120 vòng/phút trong 3 phút, khuấy chậm 20 vòng/phút trong vòng 25 phút.

Bước 3: để lắng, quan sát và nhận xét hiện tượng bùn lắng, lấy mẫu nước trong đo độ đục, phân tích COD.

2.5.4 Thí nghiệm đối chứng - Xác định liều lượng Polymer thích hợp PAC

Bước 1: dùng 6 cốc có dung tích 2 L, cho vào mỗi cốc 1,5 L nước thải. Trong thí nghiệm này nghiên cứu được tiến hành khảo sát với nồng độ PAC cố định 500 mg/L, polymer thay đổi từ 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 (Trần Văn Nhân và Ngô Thị Nga, 2002) và mẫu đối chứng, đồng thời giữ cố định pH ở giá trị tối ưu.

Bước 2: đặt 6 cốc trên bộ Jartest, khuấy nhanh 120 vòng/phút trong 3 phút, khuấy chậm 20 vòng/phút trong vòng 25 phút.

Bước 3: sau đó để lắng, quan sát và nhận xét hiện tượng bùn lắng, lấy mẫu nước trong đo độ đục, phân tích COD.

2.6. Xử lý số liệu

Số liệu được xử lý thống kê bằng phần mềm SPSS. Nồng độ các chỉ tiêu ô nhiễm theo dõi trong các thí nghiệm được phân tích theo những phương pháp theo các quy trình hướng dẫn bởi APHA, AWWA và WEF (2005).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

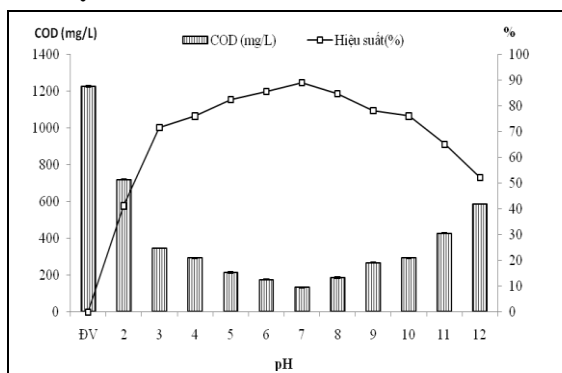
3.1 Kết quả phân tích mẫu nước thải chế biến thủy sản

Kết quả phân tích thành phần một số thông số ô nhiễm được thể hiện ở Bảng 1. Kết quả cho thấy các thông số ô nhiễm COD, Nitơ, Phốt-pho, SS đều vượt so với chuẩn quốc gia QCVN 11:2008/BTNMT, quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp chế biến thủy sản. Do đó cần xử lý trước khi thải ra nguồn tiếp nhận.

Bảng 1: Kết quả phân tích các thông số đầu vào của mẫu nước thải

STT	Thông số	Đơn vị tính	Kết quả phân tích	QCVN 11:2008/BTNMT	
				A	B
1	pH	-	7,45	6 – 9	5,5 - 9,0
2	COD	mgO ₂ /L	1813,3	50	80
3	Nitơ	mg/L	116,4	30	60
4	SS	mg/L	377	50	100

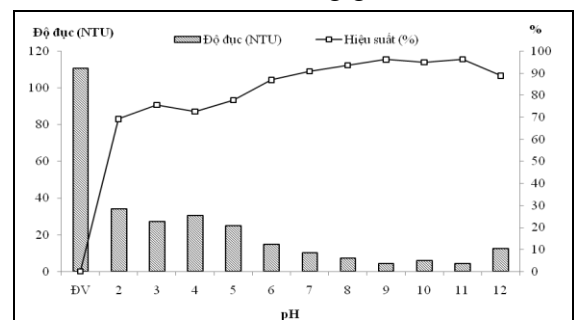
3.2 Xác định pH tối ưu cho quá trình keo tụ



Hình 1: Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất loại bỏ COD

Từ đồ thị hình 1 cho thấy nồng độ COD còn lại ở các nghiệm thức đều giảm so với đầu vào nhưng không đều nhau. Cụ

thể ở giá trị pH = 2 hiệu suất xử lý COD thấp nhất (41,3%), khi tăng pH = 3 hiệu suất loại bỏ COD tăng lên (71,7%). Hiệu suất loại bỏ COD cao nhất ở pH = 7 đạt 89,1%. Ở các giá trị pH cao hơn, hiệu suất loại bỏ COD có xu hướng giảm dần.



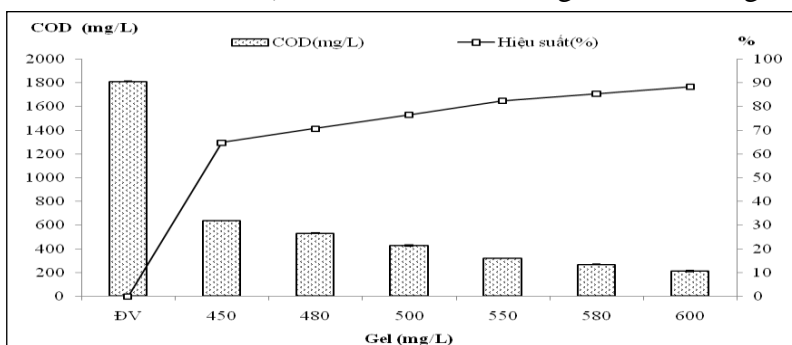
Hình 2: Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất loại bỏ độ đục

Đối với khả năng xử lý độ đục, PAC rất hiệu quả hầu như tất cả các giá trị pH từ 2 đến 12. Ở pH = 6 và 7 độ đục còn lại sau xử lý đạt 14,51 và 10,05 NTU tương ứng với hiệu suất xử lý là 86,9% và 90,9%. Tuy nhiên ở pH = 12 thì hiệu suất xử lý giảm rõ rệt (88,8%). Kết quả phân tích thống kê kê cho thấy không có sự khác biệt trong loại bỏ độ đục giữa các nhóm nghiệm thức pH = 11, 9, 10, 8; pH = 10, 8, 7; pH = 7, 12, 6. Chọn giá trị pH = 7 để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo.

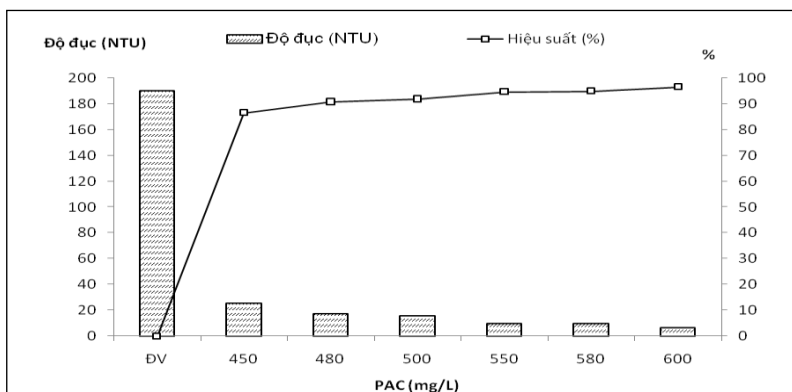
3.3. Xác định liều lượng PAC thích hợp kết hợp với gum

Kết quả phân tích cho thấy khi tăng liều lượng PAC hiệu suất loại bỏ COD tăng, đến liều lượng 600 mg/L hiệu suất loại bỏ COD đạt cao nhất 88,2%. Đối với chỉ tiêu độ đục, khi cố định gum 0,5 mg/L, thay đổi liều lượng PAC khả năng xử lý ở các liều lượng PAC khác nhau rất ổn định và thấp nhất là 86,65% và cao nhất là 96,57% nước đầu ra trong, ít cặn lơ lửng.

Hình 3: Biểu đồ loại bỏ COD sau keo tụ bằng PAC và cố định 0,5 mg/L gum



Hình 4: Biểu đồ loại bỏ độ đục sau keo tụ bằng PAC và cố định 0,5 mg/L gum



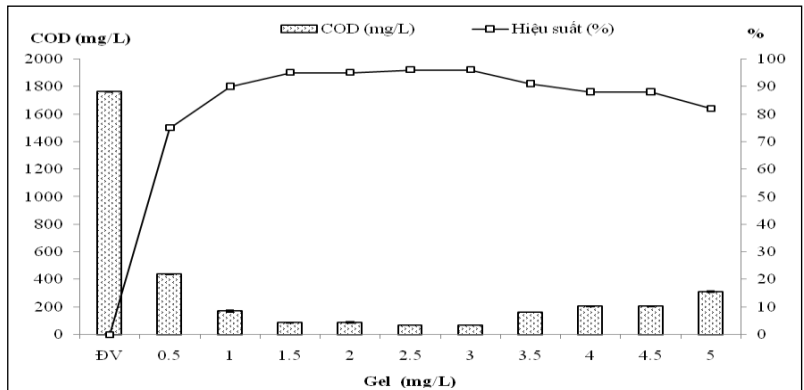
Kết quả cho thấy ở nồng độ 500 mg/L khi kết hợp với 0,5 mg/L polymer cho hiệu suất xử lý COD đạt 94%, độ đục 99,21%. Đối với PAC kết hợp với gum cho hiệu suất xử lý COD là 88,2%, độ đục 96,57%. Nồng độ COD và độ đục còn lại giữa các nghiệm thức có sự khác biệt. Đây chỉ là công đoạn tiền xử

lý. Để tiết kiệm chi phí chúng tôi đề xuất nồng độ chất keo tụ là 500 mg/L làm cơ sở cho các thí nghiệm tiếp theo.

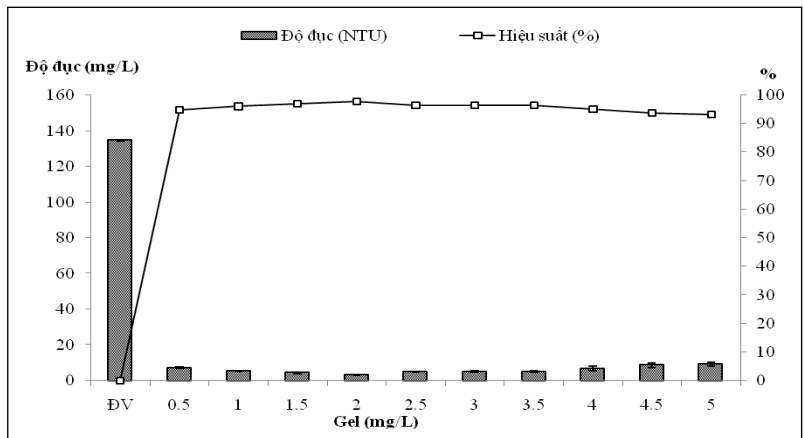
3.4 Xác định liều lượng gum thích hợp với PAC

Khi cố định PAC ở mức 500 mg/L và thay đổi giá trị gum cho thấy hiệu suất xử lý COD cao nhất ở gum 2,5 mg/L (96%), sau đó là 2 mg/L (95%) và thấp nhất 0,5 mg/L (75%). Hiệu quả xử lý COD tăng đều từ 1 mg/L và có xu hướng giảm khi tăng liều lượng gum đến 3,5 mg/L. So với thử nghiệm xử lý nước thải nhà máy chế biến thủy sản bằng vi sinh vật của Võ Văn Nhân và Trương Quang Bình (2011) có hiệu suất xử lý COD đạt 94,4%. Còn so với nghiên cứu của Dương Gia Đức (2010) thì hiệu suất xử lý COD 86%.

Hình 5: Ảnh hưởng kết quả keo tụ của PAC kết hợp gum đến hiệu suất loại bỏ COD

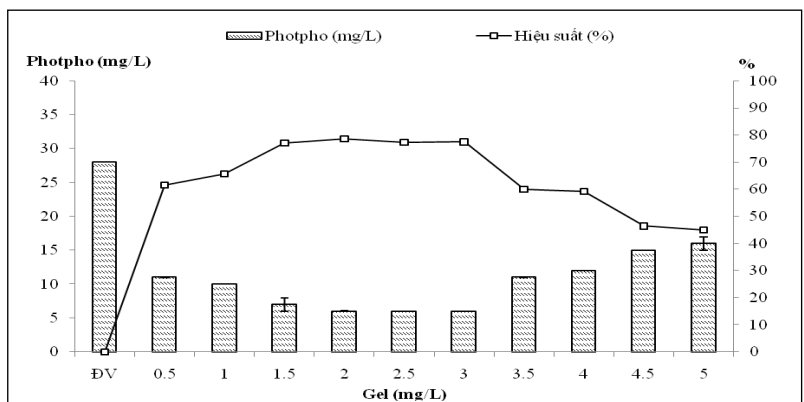


Hình 6: Ảnh hưởng kết quả keo tụ của PAC kết hợp gum đến hiệu suất loại bỏ độ đục



Khi cố định PAC ở mức 500 mg/L và thay đổi giá trị gum cho thấy hiệu suất xử lý độ đục cao nhất ở gum 2 mg/L (97,62%). Hiệu quả xử lý độ đục của tất cả các nghiệm thức đều trên 90%. Hiệu quả xử lý độ đục tăng đều từ 1 mg/L và có xu hướng giảm khi tăng liều lượng gum 3,5 mg/L.

Hình 7: Ảnh hưởng kết quả keo tụ của PAC kết hợp gum đến hiệu suất loại bỏ photpho



Khi cố định PAC ở mức 500 mg/L và thay đổi giá trị gum cho hiệu suất xử lý photpho cao nhất ở gum 2 mg/L (78,67%) và thấp nhất là 5 mg/L (44,98%). Hiệu quả xử lý photpho tăng giảm liên tục, không ổn định. So với thử nghiệm xử lý nước thải nhà máy chế biến thủy sản bằng vi sinh vật

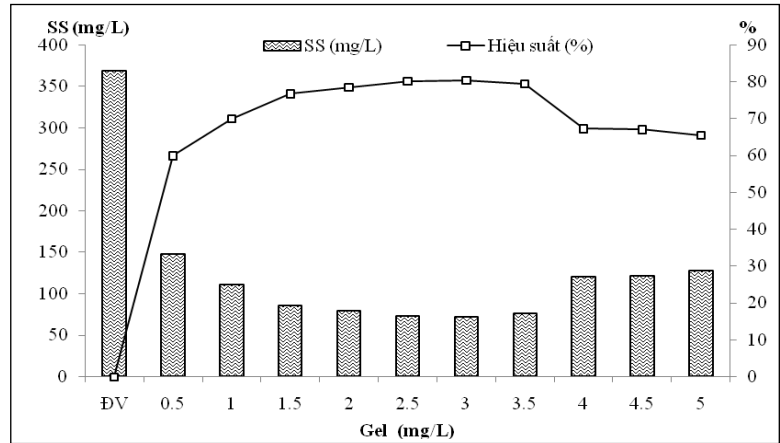
của Võ Văn Nhân và Trương Quang Bình (2011) có hiệu suất xử lý photpho là 43,2%.

Khi cố định PAC ở mức 500 mg/L và thay đổi giá trị gum cho thấy hiệu suất xử lý SS cao nhất ở gum 3 mg/L (80,4%) và thấp nhất là 0,5 mg/L (59,95%). Ở các

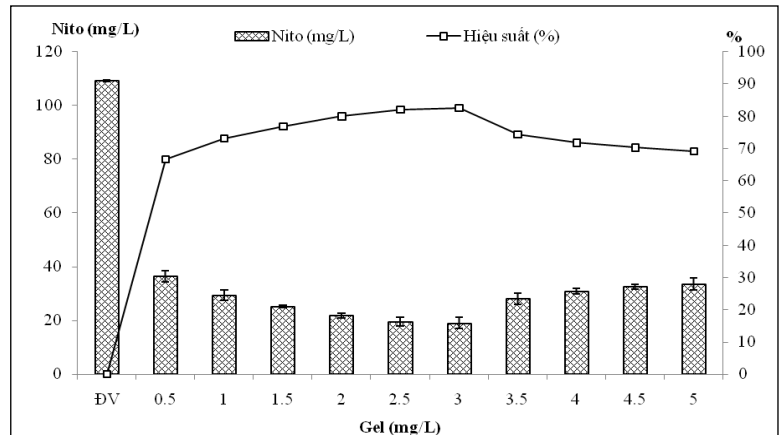
khoảng liều lượng còn lại hiệu suất xử lý SS tăng giảm không ổn định, khi gần về liều lượng gum 3,5 mg/L hiệu suất xử lý giảm dần đều. Qua phân tích cho thấy các

thực nghiệm có liều lượng gum 2,5 và 3,0 mg/L không có sự khác biệt. Các thực nghiệm có liều lượng gum 4,0 và 4,5 mg/L không có sự khác biệt.

Hình 8: Ảnh hưởng kết quả keo tụ của PAC kết hợp gum đến hiệu suất loại bỏ SS

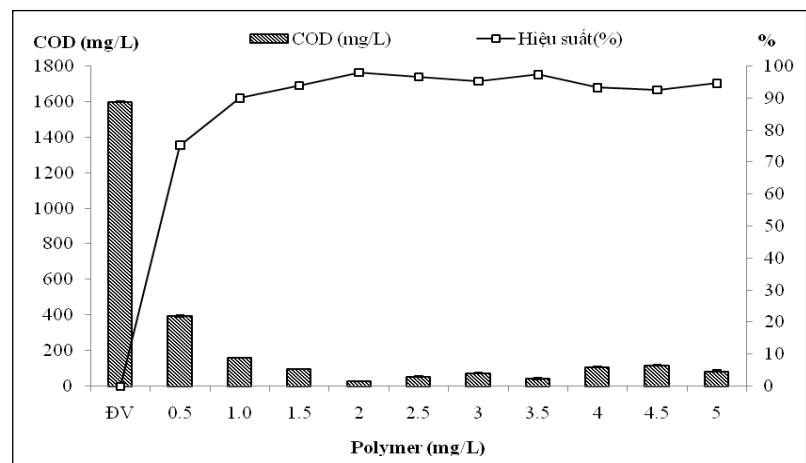


Hình 9: Ảnh hưởng kết quả keo tụ của PAC kết hợp gum đến hiệu suất loại bỏ nito



Khi cố định PAC 500 mg/L và thay đổi giá trị gum cho thấy hiệu suất xử lý ni-tơ cao nhất ở gum 3 mg/L (82,56%). Tại các liều lượng 2 mg/L và 2,5 mg/L hiệu suất xử lý ni-tơ đều trên 80% và thấp nhất là 0,5 mg/L (66,67%). Hiệu quả xử lý ni-tơ tăng giảm liên tục, không ổn định. So với nghiên cứu của Võ Văn Nhân và Trương Quang Bình (2011) thì hiệu suất xử lý ni-tơ là 74,74%.

3.5 Thí nghiệm đối chứng - Xác định liều lượng Polymer thích hợp PAC



Hình 10: Ảnh hưởng kết quả keo tụ của PAC kết hợp polymer đến hiệu suất loại bỏ COD

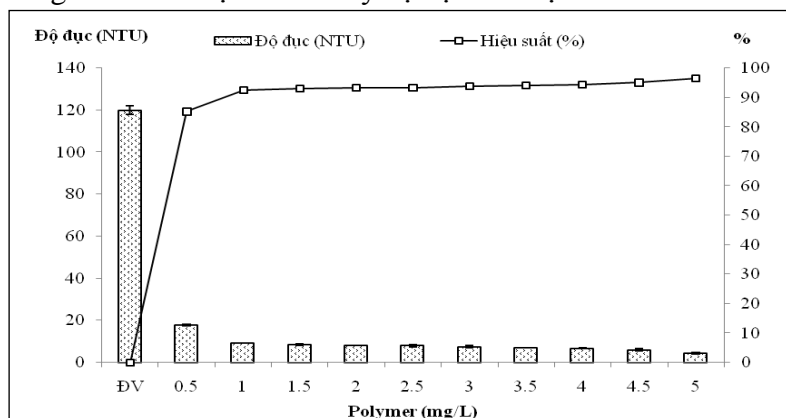
Khi cố định PAC ở mức 500 mg/L và thay đổi giá trị polymer cho thấy hiệu suất xử lý COD cao nhất ở polymer 2 mg/L (98%) và thấp nhất ở polymer 0,5 mg/L (75,33%). Ở liều lượng polymer từ 1 mg/L trở lên hiệu suất xử lý COD đều đạt trên 90%. Kết quả phân tích thống kê cho thấy các nghiệm thức có sự khác biệt.

Khi cố định PAC = 500 mg/L và thay đổi giá trị polymer cho thấy hiệu

Khi cố định PAC = 500 mg/L và thay đổi polymer cho thấy hiệu suất xử lý photpho cao nhất ở polymer 2 mg/L (79,1%) và thấp nhất tại polymer 0,5 mg/L (61,66%). Ở liều lượng polymer từ 1 mg/L trở lên hiệu suất xử lý photpho đều trên 70%. Hiệu quả xử lý photpho tăng từ polymer 1 mg/L đến 2 mg/L, từ polymer 2,5 mg/L hiệu

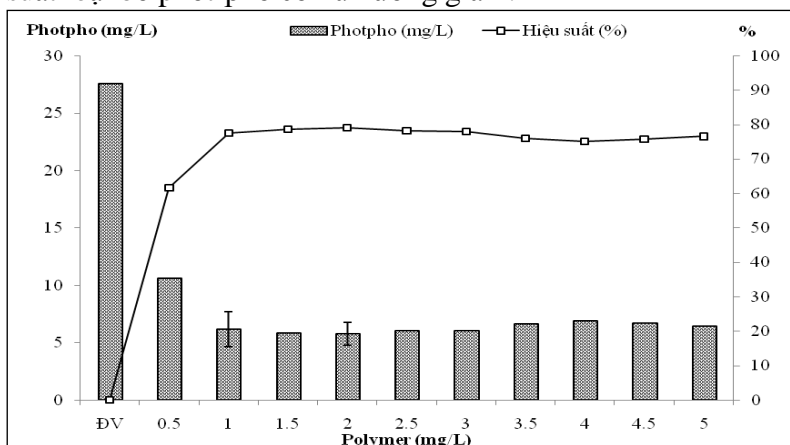
Khi cố định PAC = 500 mg/L và thay đổi giá trị polymer, hiệu suất xử lý nitơ cao nhất ở polymer 3,5 mg/L (88,8%) và thấp nhất ở polymer 0,5 mg/L (80,9%). Tại các liều lượng polymer khác nhau, hiệu suất xử lý nitơ đều trên 80%, dao động không ổn định.

suất xử lý độ đục cao nhất ở polymer 5 mg/L (96,42%) và thấp nhất tại polymer 0,5 mg/L (85,21%). Ở liều lượng polymer từ 1 mg/L trở lên hiệu suất xử lý độ đục đều đạt trên 90%.

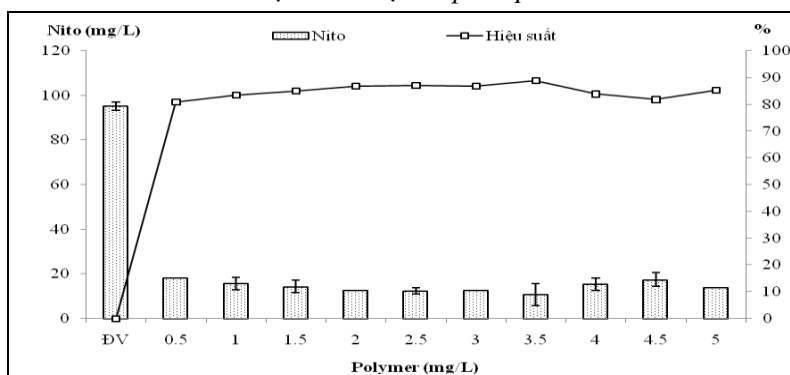


Hình 11: Ảnh hưởng kết quả keo tụ của PAC kết hợp polymer đến hiệu suất loại bỏ độ đục

suất loại bỏ photpho có xu hướng giảm.



Hình 12: Ảnh hưởng kết quả keo tụ của PAC kết hợp polymer đến hiệu suất loại bỏ photpho



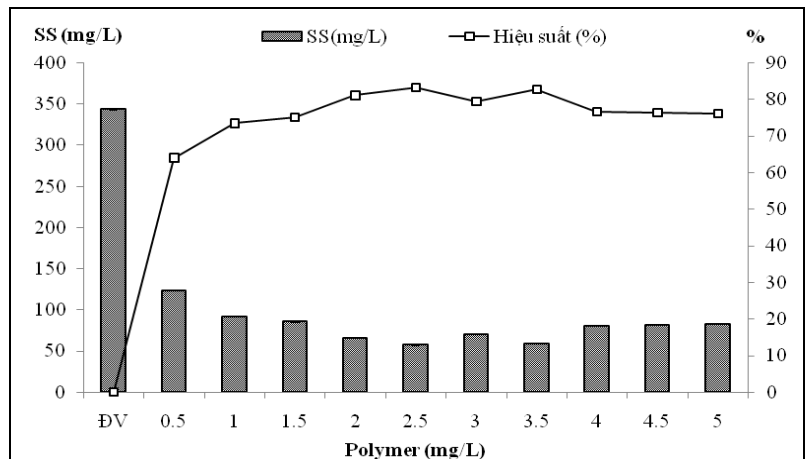
Hình 13: Ảnh hưởng kết quả keo tụ của PAC kết hợp polymer đến hiệu suất loại bỏ nitơ

Khi cố định PAC ở 500 mg/L và thay đổi giá trị polymer cho thấy hiệu suất xử lý SS cao nhất ở polymer 3,5 mg/L (82,83%), thấp nhất ở polymer 0,5 mg/L (64,05%). Bên cạnh đó kết quả phân tích thống kê cho thấy có khác biệt ở các liều lượng polymer khác nhau kết hợp với PAC trong hiệu suất xử lý SS.

4. KẾT LUẬN

– Liều lượng của chất PAC ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả xử lý COD và độ đục của quá trình keo tụ nước thải chế biến thủy sản. Thông số tốt nhất cho quá trình keo tụ nước thải chế biến thủy sản trong phòng thí nghiệm là liều lượng PAC = 500 mg/L.

– Sử dụng PAC kết hợp với chất trợ keo tụ polymer cho hiệu suất xử lý độ đục cao nhất đạt 96,42%, COD đạt 98%, ni-tơ đạt 88,8%, phốt-pho đạt 79,1%, SS đạt 82,83%.



Hình 14: Ảnh hưởng kết quả keo tụ của PAC kết hợp polymer đến hiệu suất loại bỏ SS

– Sử dụng PAC kết hợp với chất trợ keo tụ gum hạt cho hiệu quả xử lý tốt hơn: hiệu suất xử lý độ đục cao nhất đạt 97,61%, COD đạt 96%, ni-tơ đạt 82%, phốt-pho đạt 78,67%, SS đạt 80,4%.

– Các thông số đầu ra trong cả hai trường hợp đều đảm bảo điều kiện cho các công đoạn xử lý sinh học tiếp theo. Có thể ứng dụng chất trợ keo tụ sinh học thân thiện môi trường thay thế các hợp chất hóa học.

APPLICATION OF THE BIOLOGICAL FLOCCULANTS TO PROCESSING FISH WASTEWATER

Dao Minh Trung, Nguyen Duc Dat Duc, Luong Thi Diem Thuy,
Nguyen Thi Thao Tran, Nguyen Vo Chau Ngan

ABSTRACT

Pre-treatment of fish processing wastewater currently has used with many methods, in which physico-chemical methods are used more popular. The method is used chemical compounds in the process treatment. One hand it handled contaminants, but chemical residues can be polluted the receiving water. So the study on replacing chemical compounds is necessary. The Jar test study on fish processing wastewater treatment showed that Gum was a good compound with COD treatment efficiency was 96%; nitrogen treatment efficiency was 82%; phosphorus treatment efficiency was 78,67%; SS treatment efficiency was 80,4%. The results shows that biological flocculants could applied as flocculation substances to treat for fish processing wastewater, and can bring friendly environment for receiving water.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Dương Gia Đức (2010), *Nghiên cứu xử lý nước thải thủy sản (Surumi) bằng mô hình kỵ khí (UASB) kết hợp hiếu khí (SBR)*, Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM.

- [2] Hoàng Văn Huệ (2002), *Thoát nước và xử lý nước thải*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [3] Trần Văn Nhân, Ngô Thị Nga (2002), *Giáo trình công nghệ xử lý nước thải*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [4] Võ Văn Nhân, Trương Quang Bình (2011), *Xử lý nước thải nhà máy chế biến thủy sản bằng vi sinh vật*, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Thủy sản Toàn quốc lần thứ IV.
- [5] Nguyễn Thị Lan Phương (2008), *Giáo trình cấp thoát nước*, NXB Đại học Bách khoa Đà Nẵng.
- [6] Lâm Minh Triết (2006), *Kỹ thuật môi trường*, NXB Đại học Quốc gia TP. HCM.
- [7] Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân (2014), *Giáo trình Kỹ thuật xử lý nước thải*, NXB Đại học Cần Thơ.
- [8] Ngô Xuân Trường, Bùi Trần Vượng, Lê Anh Tuấn, Trần Minh Thuận, Trần Văn Phần (2008), *Khai thác và xử lý nước thải sinh hoạt*, NXB Đại học Quốc gia TP. HCM.
- [9] Nguyễn Trung Việt, Trần Thị Mỹ Diệu, Huỳnh Ngọc Phương Mai (2011), *Hóa học kỹ thuật môi trường phần I*, NXB Khoa học Kỹ thuật.
- [10] Johnson P. D., Girinathannair P., Ohlinger K. N., Ritchie S., Teuber L., Kirby J., (2008), *Enhanced Removal of Heavy Metals in Primary Treatment Using Coagulation and Flocculation*, Water Environment Research, Vol. 80, No.5.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ kinh phí từ nguồn quỹ nghiên cứu khoa học cho sinh viên để thực hiện nghiên cứu này (TSV2014-39).

- Ngày nhận bài: 06/01/2016
- Chấp nhận đăng: 30/03/2016