Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường
website: sj.ctu.edu.vn

DOI:10.22144/jvn.2017.068

KẾT HỢP KEO TỤ HÓA HỌC VỚI TUYỂN NỔI ĐIỆN HÓA XỬ LÝ SƠ CẤP NƯỚC THẢI SẢN XUẤT MÍA ĐƯỜNG

Lê Hoàng Việt, Trần Tố Uyên, Nguyễn Việt Đức và Nguyễn Võ Châu Ngân
Khoa Môi trường & Tài nguyên Môi trường, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:
Ngày nhận bài: 21/07/2016
Ngày nhận bài sửa: 10/02/2017
Ngày duyệt đăng: 27/06/2017

Title:
Primary treatment of sugarcane processing wastewater by combination of chemical coagulation and electro-flotation process

Từ khóa:
Keo tụ hóa học, nước thải, sản xuất mía đường, tuyển nổi điện hóa

Keywords:
Chemical coagulation, electro-flotation, sugar-cane processing, wastewater

ABSTRACT

The study aimed to upgrade the treatment efficiency at primary units of sugar cane processing wastewater treatment plants. The results showed that the electroflotation process operated with the most suitable operation parameters (electrode slope of 45^o, distance between electrode of 2 cm, current voltage of 12 V, current density of 238 A/m^2 and hydraulic retention time of 30 minutes) could remove 69.44% of turbidity and 38.58% of COD from the influent. If wastewater was coagulated at pH = 7.5 with added 240 mg/L of PAC, 5 mg/L of polymer anion A110 before entering electroflotation unit, the removal efficiency of turbidity, SS, COD, BOD_5, TKN, TP increased to 99.24%, 94.27%, 57.74%, 58.51%, 88.07% and 98.39% respectively. Therefore, the combination of chemical coagulation and electro-flotation process could be used to reduce pollutants load for biological treatment process at sugar cane wastewater treatment plant.

TÓM TẮT

Nghiên cứu được tiến hành nhằm nâng cao hiệu quả giai đoạn xử lý sơ cấp nước thải sản xuất từ nhà máy mía đường. Kết quả cho thấy bể tuyển nổi điện hóa vận hành với góc nghiêng điện cực 45^o, mật độ dòng điện 238 A/cm^2, khoảng cách điện cực 2 cm, thời gian lưu 30 phút và hiệu điện thế 12 V cho hiệu suất loại bỏ độ đục và COD lần lượt là 69,44% và 38,58%. Nếu nước thải được keo tụ hóa học ở pH = 7,5, thêm lượng PAC = 240 mg/L và polymer anion A110 = 5 mg/L trước khi đưa vào bể tuyển nổi điện hóa sẽ làm tăng hiệu suất loại bỏ độ đục, SS, COD, BOD_5, TKN, TP lần lượt là 99,24%, 94,27%, 57,74%, 58,51%, 88,07% và 98,39%. Có thể kết hợp công đoạn keo tụ hóa học với bể tuyển nổi điện hóa để góp phần giảm tải lượng nạp chất ô nhiễm cho công đoạn xử lý sinh học trong hệ thống xử lý nước thải ngành công nghiệp mía đường.

Trích dẫn: Lê Hoàng Việt, Trần Tố Uyên, Nguyễn Việt Đức và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2017. Kết hợp keo tụ hóa học với tuyển nổi điện hóa xử lý sơ cấp nước thải sản xuất mía đường. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 50a: 66-76.

1 GIỚI THIỆU

Ngành công nghiệp sản xuất mía đường đã hiện diện lâu đời tại miền Nam Việt Nam từ những năm đầu thế kỷ XX, tập trung nhiều ở miền Trung và Tây Nam Bộ. Theo VSSA (2017), niên vụ 2015 - 2016, Việt Nam sản xuất 1,24 triệu tấn đường, huy động nguồn lao động lớn và đóng góp không nhỏ vào sự phát triển kinh tế của đất nước.

Quy trình công nghệ sản xuất của nhà máy đường gồm hai công đoạn chính: (i) sản xuất đường thô và (ii) sản xuất đường tinh luyện. Cả hai công đoạn này đều tạo ra một lượng lớn nước thải

có chất hữu cơ hòa tan và chất rắn lơ lửng cao, mùi và độ đục khá cao. Khan *et al.* (2003) đã giới thiệu quy trình xử lý nước thải nhà máy sản xuất mía đường gồm lọc → keo tụ - tạo bông → lắng → hấp phụ → tách khí cho hiệu suất loại BOD và COD của nước thải lần lượt là 96% và 95%. Những nghiên cứu tiền xử lý nước thải sản xuất mía đường bằng quy trình lý - hóa là rất cần thiết để giảm tải lượng cho công đoạn xử lý sinh học tiếp sau.

Phương pháp tuyển nổi điện hóa là giao thoa của ba quá trình: điện phân, tuyển nổi và keo tụ điện hóa (Holt *et al.*, 2004). Khi cho dòng điện một chiều đi qua các điện cực đặt ngập trong nước thải, quá trình điện phân sẽ tạo nên các bọt khí H_2 ở cực âm và O_2 ở cực dương, các bọt khí này sẽ nổi lên, tiếp xúc, bám dính với các hạt chất rắn, nhũ tương và đẩy các hạt này nổi lên mặt nước tạo thành lớp váng; sau đó lớp váng này sẽ bị loại bỏ bằng thanh gạt váng (Wang *et al.*, 2006). Khi sử dụng các điện cực làm bằng kim loại có khả năng hòa tan (sắt hoặc nhôm) thì ở cực dương sẽ diễn ra quá trình hòa tan kim loại. Kết quả sẽ có các cation kim loại chuyển vào nước; những cation đó cùng nhóm hydroxyl tạo thành hydroxide kim loại là những chất keo tụ phổ biến trong thực tế xử lý nước thải (Trần Hiếu Nhuệ, 2001).

Trong lĩnh vực xử lý nước và nước thải, bể tuyển nổi điện hóa được áp dụng để xử lý nước thải thuộc da, dệt nhuộm, các loại nước thải có chứa chất tạo màu, nước thải nhà máy giấy, xi mạ, chưng cất cồn và nhiều ngành khác (Kuokkanen *et al.*, 2013). Hiệu suất loại bỏ chất ô nhiễm của bể tuyển nổi điện hóa phụ thuộc vào pH nước thải, nồng độ chất rắn hòa tan, loại kim loại làm điện cực, hiệu điện thế, góc nghiêng của điện cực, mật độ dòng điện, thời gian lưu nước trong bể (Wang *et al.*, 2010). Sahu & Chaudhari (2014) đã xử lý nước thải nhà máy đường bằng phương pháp điện hóa với các thông số vận hành là mật độ dòng điện 178 A/m^2, pH = 6, khoảng cách điện cực 2 cm, thời gian lưu nước 120 phút cho hiệu suất loại bỏ 84% BOD và 86% độ màu.

Keo tụ hóa học là quá trình sử dụng các hóa chất (thường gọi là phèn) để làm cho các hạt keo trong nước thải tạo thành các bông cặn có khả năng lắng. Hiệu quả quá trình keo tụ phụ thuộc vào liều lượng chất keo tụ, mật độ hạt keo, pH nước thải, thời gian, vận tốc khuấy ở các ngăn của bể, nồng độ các ion, nhiệt độ nước (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2014).

Dựa vào các cơ sở khoa học trên, nghiên cứu "Kết hợp keo tụ hóa học với tuyển nổi điện hóa xử lý sơ cấp nước thải sản xuất mía đường" được tiến hành nhằm tìm ra phương pháp khả thi về mặt kỹ thuật và kinh tế để xử lý sơ cấp nước thải mía đường, giảm thiểu tải nạp chất ô nhiễm cho bể xử lý sinh học bố trí tiếp sau.

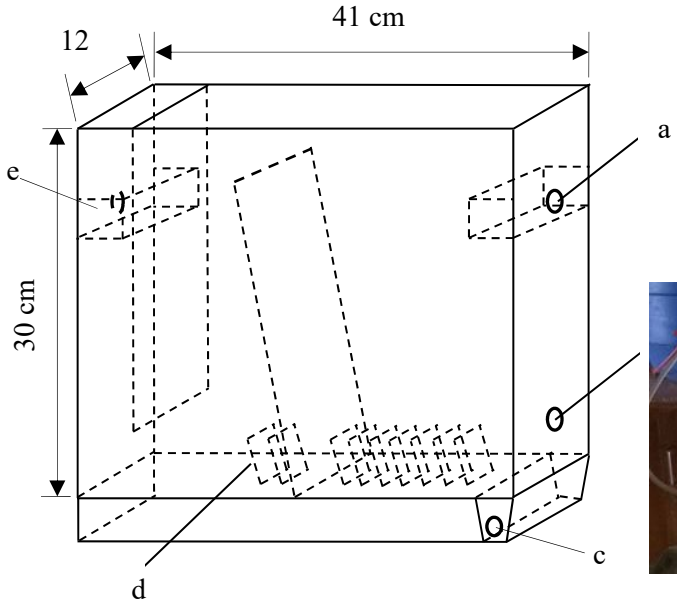
2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng và thiết bị sử dụng cho thí nghiệm

Đối tượng thí nghiệm là nước thải được lấy từ hố thu nước thải sản xuất của Nhà máy đường Phụng Hiệp, thị xã Ngã Bảy, tỉnh Hậu Giang.

Thí nghiệm được tiến hành trên mô hình bể tuyển nổi điện hóa có kích thước 41 × 12 × 30 cm (dài × rộng × cao), các bộ phận của mô hình được trình bày trong Hình 1. Ngoài ra, còn có bình Marriot để cung cấp nước ổn định cho mô hình và bộ biến điện 220 V xoay chiều thành 12 V một chiều cung cấp điện cho các điện cực. Điện cực sử dụng cho mô hình làm từ nhôm.

Thí nghiệm keo tụ nước thải được tiến hành trên thiết bị Jartest (Lovibond - Đức) với 6 bình chứa nước thải thí nghiệm hoạt động đồng thời.



Chú thích:
a: máng thu bọt và nơi đặt van xả bọt
b: nơi đặt van và ống nước đầu vào
c: máng thu bùn và nơi đặt van xả bùn
d: các điện cực
e: máng thu nước và nơi đặt van thu nước đầu ra

Hình 1: Sơ đồ và thông số mô hình bể tuyển nổi điện phân

2.2 Phương pháp thí nghiệm

Các bước tiến hành thí nghiệm được tóm tắt trong sơ đồ Hình 2. Đầu tiên các thí nghiệm định hướng được tiến hành để lựa chọn góc nghiêng điện cực, mật độ dòng điện, khoảng cách điện cực, thời gian lưu nước thích hợp cho quá trình tuyển nổi điện hóa. Sau đó tiến hành các thí nghiệm định hướng để xác định liều lượng PAC, pô-ly-me a-ni-on và pH thích hợp cho quá trình keo tụ hóa học trên thiết bị Jartest. Kế đó các thông số lựa chọn sẽ được dùng để tiến hành thí nghiệm chính thức đánh giá hiệu quả loại bỏ các chất ô nhiễm của quy trình kết hợp keo tụ hóa học và tuyển nổi điện hóa.

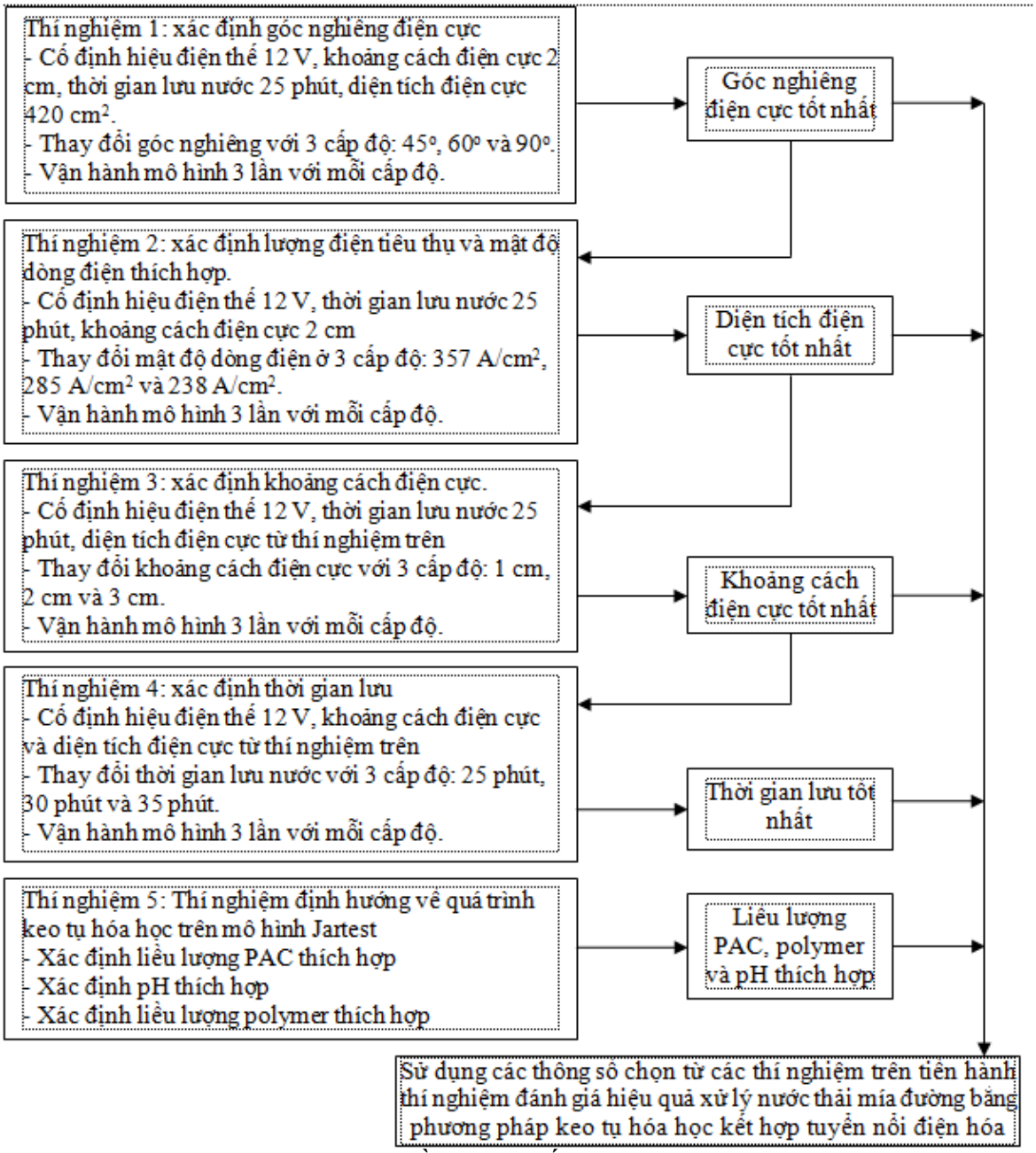
Mẫu nước thải trước và sau quá trình thí nghiệm chính thức được thu thập ở 3 ngày liên tiếp và phân tích các chỉ tiêu pH, DO, độ đục, SS, COD, BOD_5, TKN, TP. Nghiên cứu này chỉ tiến hành trên một mô hình thí nghiệm nhưng được lấy mẫu phân tích trong 3 ngày liên tục, mỗi thông số tiến hành đo đạc hoặc phân tích 3 lần, do đó có thể đảm bảo độ tin cậy của kết quả thí nghiệm.

2.3 Phương pháp phân tích các chỉ tiêu cần theo dõi

Nước thải trước và sau vận hành thí nghiệm được thu thập và tiến hành phân tích các thông số pH, DO, SS, EC, độ đục, BOD_5, COD, TKN, TP tại các phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ. Bảng 1 trình bày các phương pháp phân tích mẫu nước.

Bảng 1: Phương pháp phân tích các thông số ô nhiễm của mẫu nước

Thông số	Phương pháp phân tích
pH	TCVN 6492:2011
Ô-xy hòa tan (DO)	TCVN 5499-1995
Chất rắn lơ lửng (SS)	TCVN 6625:2000
Độ dẫn điện (EC)	ĐLVN 274:2014
Độ đục	TCVN 6184:2008
Nồng độ ô-xy sinh học (BOD_5)	TCVN 6001-1:2008
Nồng độ ô-xy sinh hóa (COD)	TCVN 6491:1999
Tổng ni-tơ *Kjeldahl* (TKN)	TCVN 6638:2000
Tổng phốt-pho (TP)	TCVN 6202:2008



Hình 2: Sơ đồ các bước tiến hành thí nghiệm

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Một số đặc tính của nước thải sản xuất mía đường

Khảo sát thực tế tại nhà máy sản xuất mía đường cho thấy về mặt cảm quan nước thải chứa nhiều chất rắn có kích thước lớn, nhiều chất rắn cặn lơ lửng, dầu mỡ, màu vàng đục và có mùi mật đường. Kết quả đo nồng độ DO, pH trong 3 ngày liên tiếp tại vị trí lấy mẫu nước thải thí nghiệm cho thấy DO bằng 0 mg/L, pH dao động từ 7,1 - 7,2.

Với các đặc điểm nước thải nêu trên và các ưu điểm của quá trình tuyển nổi điện hóa là có khả năng loại bỏ SS và dầu mỡ cao, nước thải sau khi qua bể tuyển nổi điện hóa sẽ có hàm lượng DO tăng lên do quá trình hòa tan của các bọt khí ô-xy vào nước, quá trình ô-xy hóa điện hóa bởi gốc hy-đrô-xyn giúp làm giảm độ màu của nước thải. Như vậy, việc lựa chọn biện pháp tuyển nổi điện hóa để xử lý sơ cấp nước thải sản xuất mía đường là hoàn toàn phù hợp. Ngoài ra, với pH dao động từ 7,1 - 7,2 trong khoảng phù hợp với kim loại nhôm (Trần Hiếu Nhuệ, 2001), vậy nhôm được chọn làm điện

cực để tiến hành các thí nghiệm của bể tuyển nổi điện hóa.

3.2 Kết quả thí nghiệm bể tuyển nổi điện hóa

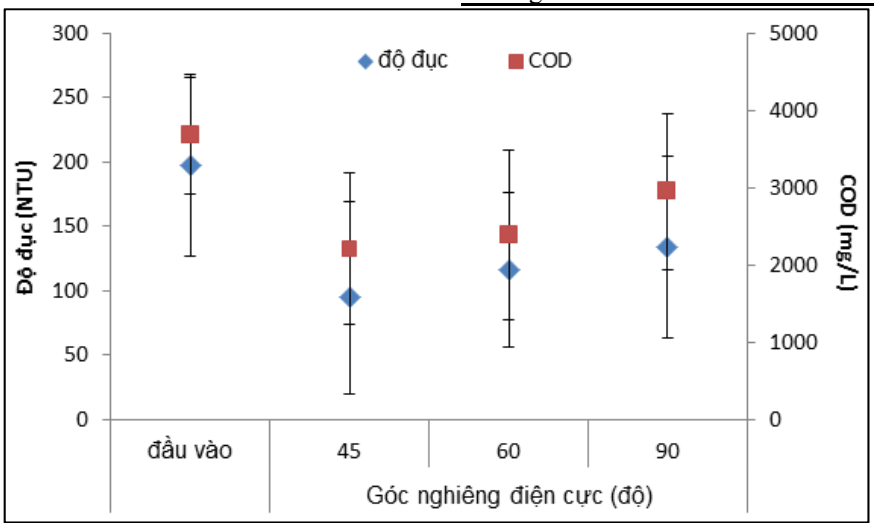
3.2.1 Thí nghiệm 1: Xác định góc nghiêng điện cực thích hợp

Thí nghiệm này nhằm khảo sát hiệu quả tuyển nổi ở các góc nghiêng điện cực là 45°, 60° và 90° so với phương ngang. Bảng 2 trình bày các thông số vận hành của thí nghiệm này. Góc nghiêng nhỏ hơn 45° không được chọn cho thí nghiệm vì khi lắp đặt điện cực với góc nghiêng nhỏ, bọt khí sinh ra khi nổi lên sẽ vướng vào các điện cực làm cho các hạt chất rắn rơi trở xuống đáy bể.

Kết quả thí nghiệm cho thấy nước thải đầu vào có độ đục và COD biến thiên lớn (Hình 3) do phụ thuộc vào lượng mía tiếp nhận để sản xuất trong một ngày và chu kì xả rửa thiết bị của nhà máy, điều này làm cho độ đục và COD của nước thải đầu ra biến động lớn tương ứng với đầu vào. Giá trị trung bình của độ đục và nồng độ COD trong nước thải đầu ra ở ba góc nghiêng đều giảm, trong đó góc nghiêng 45° giảm nhiều nhất. Nguyên nhân là do bọt khí sinh ra tạo thành các dòng gây xáo trộn các hạt rắn trong nước thải, các hạt rắn này sẽ bám vào bọt khí và nổi lên trên mặt nước. Khi điện cực nghiêng ở góc 45° bọt khí xuất hiện nhiều và đều trong khoảng thời gian vận hành, tạo lớp váng dày và mịn. Ở góc nghiêng 60° bọt khí nhiều, bọt khí đều nhưng to hơn góc 45°, ở góc nghiêng 90° bọt khí phân bố chưa đều trên khu vực điện phân và bọt khí lớn tạo lớp váng dày nhưng loãng. Vì vậy, góc nghiêng 45° được lựa chọn để tiến hành thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 2: Thông số vận hành thí nghiệm xác định góc nghiêng điện cực

Thông số cố định	Giá trị
Độ dẫn điện	6,28±1,18 mS/cm
Diện tích điện cực	420 cm^2
Hiệu điện thế	12 V
Khoảng cách giữa các điện cực	2 cm
Thời gian lưu nước	25 phút



Hình 3: Độ đục và COD của nước thải trước và sau tuyển nổi với góc nghiêng điện cực khác nhau

3.2.2 Thí nghiệm 2: Xác định mật độ dòng điện thích hợp

Thí nghiệm nhằm xác định mật độ dòng điện thích hợp cho quá trình tuyển nổi điện hóa, mật độ dòng điện là thương số của cường độ dòng điện với diện tích bản điện cực. Theo Trần Văn Nhân & Ngô Thị Nga (1999), giá trị tối ưu của mật độ dòng điện là 200 - 250 A/m^2, trong khi đó Kuokkanen *et al.* (2013) ghi nhận mật độ dòng điện sử dụng có thể lên đến 700 A/m^2 đối với nước thải nhà máy giấy.

Trong các thí nghiệm cường độ dòng điện được giữ cố định là I ≈ 12 A, do đó để thay đổi mật độ dòng điện, diện tích các bản điện cực sẽ được thay đổi là 336 cm^2, 420 cm^2 và 504 cm^2, tương ứng với mật độ dòng điện là 357 A/m^2, 286 A/m^2 và 238 A/m^2. Bảng 3 trình bày các thông số vận hành của thí nghiệm.

Bảng 3: Thông số vận hành của thí nghiệm xác định mật độ dòng điện thích hợp

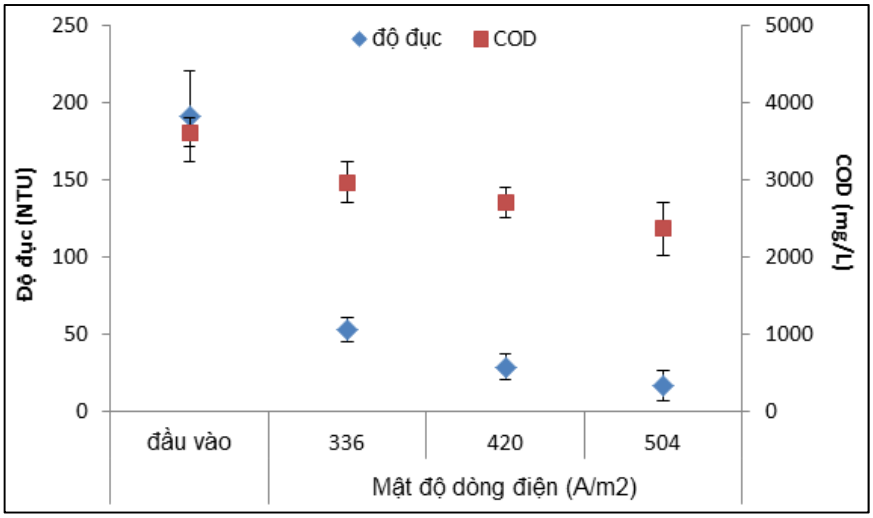
Thông số cố định	Giá trị	Ghi chú
Độ dẫn điện	8,67 ± 3,35 mS/cm	-
Góc nghiêng điện cực	45°	chọn từ thí nghiệm 1
Hiệu điện thế	12 V	-
Khoảng cách giữa các điện cực	2 cm	-
Thời gian lưu nước	25 phút	-

Hình 4 trình bày độ đục và COD của nước thải trước và sau khi tuyển nổi với các diện tích bản điện cực khác nhau. Kết quả phân tích cho thấy khi tăng diện tích bản điện cực thì hiệu suất loại bỏ độ đục tăng, cụ thể độ đục giảm 72,43% đối với 336 cm^2, 84,99% đối với 420 cm^2 và 91,31% đối với 504 cm^2. Đồng thời hiệu suất loại bỏ COD cũng tăng theo diện tích bản điện cực; hiệu suất loại bỏ COD là 18%; 25,27% và 35,58% tương ứng với diện tích bản điện cực là 336 cm^2; 420 cm^2 và 504 cm^2.

Trong thí nghiệm này, khối lượng điện cực bị hòa tan được theo dõi trong 25 phút và ghi nhận ở Bảng 4. Kết quả đo đạc cho thấy hiệu suất xử lý tỷ lệ với lượng nhôm hòa tan khi vận hành mô hình.

Điện năng tiêu thụ được tính bằng công thức:

$$E = \frac{P}{1000 \times Q} (W/L)$$



Hình 4: Độ đục và COD của nước thải trước và sau tuyển nổi với diện tích điện cực khác nhau

Bảng 4: Khối lượng nhôm hòa tan với các diện tích bản điện cực khác nhau

Diện tích bản điện cực (cm^2)	Khối lượng cực dương (g)		Lượng nhôm hòa tan / 1 lít nước thải tuyển nổi (mg/L)
	Trước tuyển nổi	Sau tuyển nổi	
336	2,98	2,87	10,74
420	3,09	2,96	11,85
504	3,19	3,01	16,94

Bảng 5: Lượng điện năng cần để xử lý 250 m^3 nước thải hàng ngày của nhà máy

Diện tích bản điện cực (cm^2)	Công suất P (W)	Điện năng tiêu thụ E (W/L)	Lượng điện để xử lý 250 m^3 nước thải trong 1 ngày của nhà máy (kW)
336	16,80	0,65	162,5
420	24,24	0,94	235,0
504	30,48	1,18	295,0

Kết quả tính toán lượng điện năng sử dụng trong Bảng 5 cho thấy bản điện cực diện tích 504 cm^2 tiêu thụ thêm chỉ 60 kW điện/ngày so với bản điện cực diện tích 420 cm^2 nhưng có hiệu suất xử lý COD tăng 10,31%, chi phí tăng thêm này có thể chấp nhận được. Vì vậy, diện tích bản điện cực 504 cm^2 được chọn để tiến hành thí nghiệm tiếp theo.

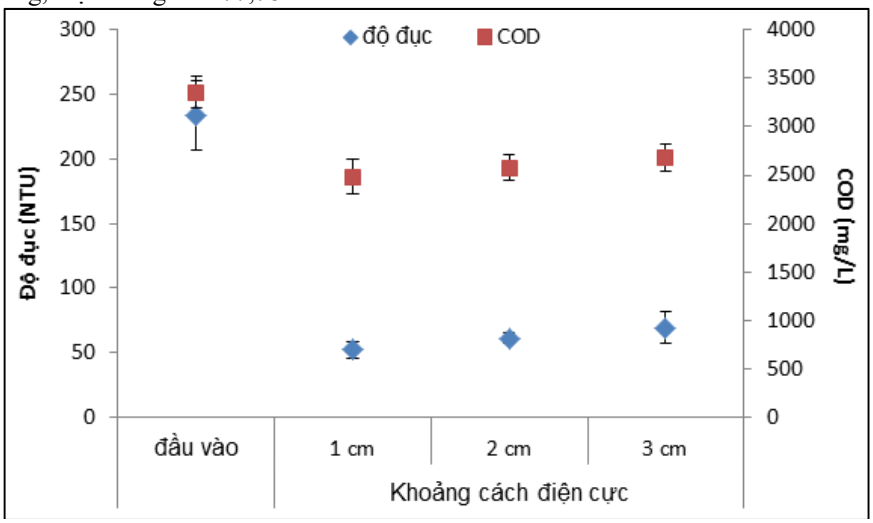
3.2.3 Thí nghiệm 3: Xác định khoảng cách điện cực thích hợp

Thí nghiệm này nhằm khảo sát hiệu quả tuyển nổi ở các khoảng cách điện cực khác nhau 1 cm, 2 cm và 3 cm. Các thông số vận hành được thể hiện ở Bảng 6.

Bảng 6: Thông số vận hành của thí nghiệm xác định khoảng cách giữa các điện cực

Thông số cố định	Giá trị	Ghi chú
Độ dẫn điện	6,26 ± 3,06 mS/cm	-
Góc nghiêng điện cực	45°	Lựa chọn từ thí nghiệm 1
Hiệu điện thế	12 V	-
Diện tích điện cực	504 cm^2	Lựa chọn từ thí nghiệm 2
Thời gian lưu nước	25 phút	-

Độ đục và nồng độ COD trong nước thải trước và sau tuyển nổi của thí nghiệm xác định khoảng cách giữa các bản điện cực cho quá trình tuyển nổi điện phân được thể hiện ở Hình 5. Kết quả cho thấy độ đục nước thải giảm khi khoảng cách điện cực giảm xuống, cụ thể giảm 77,78% đối với khoảng cách 1 cm; 73,93% đối với 2 cm và 70,37% đối với 3 cm. Nồng độ COD giảm theo khoảng cách điện cực của các thí nghiệm, cụ thể là giảm 26% đối với khoảng cách 1 cm; 23,3% đối với khoảng cách 2 cm và 20,14% đối với khoảng cách 3 cm.



Hình 5: Độ đục và COD của nước thải trước và sau tuyển nổi với khoảng cách điện cực khác nhau

Nước thải sản xuất mía đường có nhiều muối hòa tan (từ quá trình tái sinh bằng cột trao đổi ion), vì vậy giá trị EC của nước thải khá cao (6,26 ± 3,06 mS/cm). Nếu khoảng cách giữa các điện cực nhỏ và độ dẫn điện cao sẽ xảy ra hiện tượng phóng điện gây nguy hiểm cho quá trình vận hành. Do đó, tuy hiệu suất xử lý ở khoảng cách điện cực 1 cm là tốt nhất, nhưng kết hợp với các tiêu chí khác như độ an toàn cho thiết bị và cho người vận hành, hạn chế xảy ra sự cố thì khoảng cách điện cực 2 cm được lựa chọn để tiến hành thí nghiệm kế tiếp.

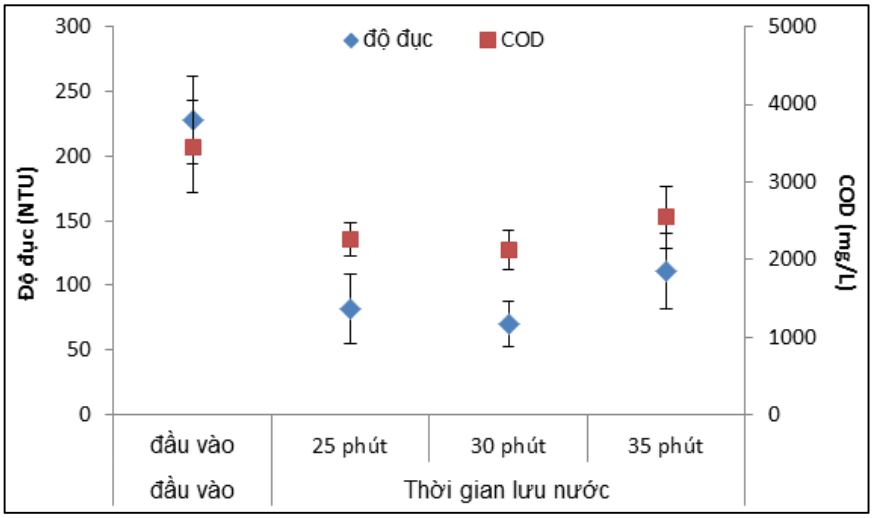
3.2.4 Thí nghiệm 4: Xác định thời gian lưu nước thích hợp

Thí nghiệm nhằm khảo sát hiệu quả tuyển nổi ở các thời gian lưu nước 25 phút, 30 phút và 35 phút, tải lượng nạp nước bề mặt lần lượt là 10 $L \times m^{-2} \times phút^{-1}$, 8,33 $L \times m^{-2} \times phút^{-1}$ và 7,14 $L \times m^{-2} \times phút^{-1}$.

Bảng 7: Thông số vận hành thí nghiệm xác định thời gian lưu nước thích hợp

Thông số cố định	Giá trị	Ghi chú
Độ dẫn điện	2,76 ± 0,61 mS/cm	-
Góc nghiêng điện cực	45°	Lựa chọn từ thí nghiệm 1
Hiệu điện thế	12 V	-
Diện tích điện cực	504 cm^2	Lựa chọn từ thí nghiệm 2
Khoảng cách giữa các điện cực	2 cm	Lựa chọn từ thí nghiệm 3

Hình 6 cho thấy độ đục của nước thải sau tuyển nổi giảm 64,28%, 69,44% và 51,39% tương ứng các thời gian lưu 25 phút, 30 phút và 35 phút. Nồng độ COD trong nước thải sau quá trình tuyển nổi cũng giảm 34,4%, 38,58% và 26,38% tương ứng với thời gian lưu 25 phút, 30 phút và 35 phút.



Hình 6: Độ đục và COD của nước thải trước và sau tuyển nổi ở các thời gian lưu khác nhau

Giá trị độ đục của nước sau tuyển nổi giảm khi tăng thời gian tồn lưu từ 25 phút lên 30 phút, nhưng khi tăng lên 35 phút độ đục tăng trở lại, và tương tự đối với nồng độ COD. Điều này được giải thích là do thời gian lưu dài nên điện cực sẽ tan nhiều, tạo ra nhiều chất rắn lơ lửng; đồng thời nhiệt độ trong bể tăng lên làm tăng độ xáo trộn khiến chất rắn lơ lửng phân tán rộng dẫn đến hiệu quả tuyển nổi thấp, giá trị COD và độ đục trong nước thải tăng trở lại. Vì vậy, thời gian lưu 30 phút có hiệu suất xử lý độ đục và COD cao nhất được chọn để tiến hành thí nghiệm tiếp theo.

3.2.5 Thí nghiệm 5: Thí nghiệm định hướng cho quá trình keo tụ

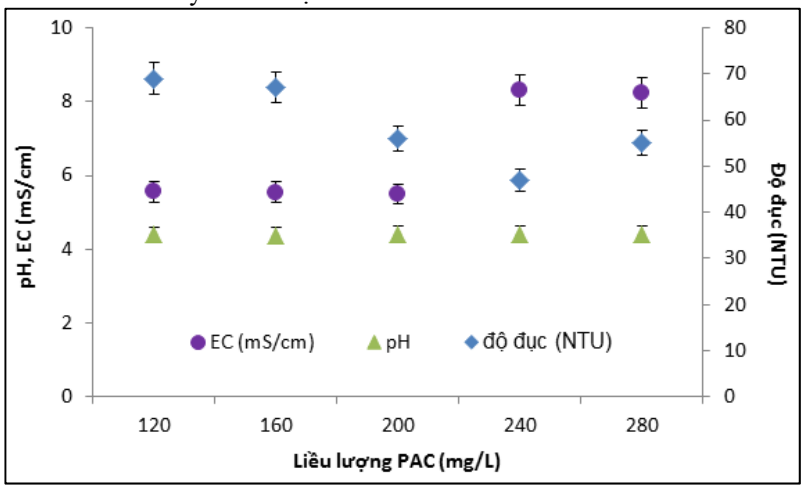
Hiệu suất loại bỏ COD của bể tuyển nổi điện phân ở thời gian lưu 30 phút là 38,58%, nồng độ COD còn lại khá cao sẽ ảnh hưởng đến quá trình xử lý sinh học phía sau, vì vậy cần thêm quá trình keo tụ hóa học phía trước để keo tụ và tạo bông nước thải trước khi đưa vào bể tuyển nổi điện hóa để tăng hiệu suất xử lý COD của bể. Thí nghiệm này được tiến hành nhằm xác định thông số thích hợp (pH, liều lượng PAC, liều lượng A110) của quá trình keo tụ hóa học nước thải mía đường.

Bảng 8: Thông số nước thải đầu vào thí nghiệm keo tụ hóa học

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
Độ dẫn điện	mS	8,1
Độ đục	NTU	212,3
pH	-	5,4
COD	mg/L	3168

a. Thí nghiệm xác định liều lượng PAC phù hợp

Khi cho PAC biến thiên từ 120 đến 280 mg/L, giá trị độ đục giảm thấp nhất ghi nhận ở liều lượng PAC = 240 mg/L, tương ứng với giá trị pH của nước thải là 4,4 (Hình 7). Do đó liều lượng PAC = 240 mg/L được lựa chọn để tiến hành thí nghiệm tiếp theo.



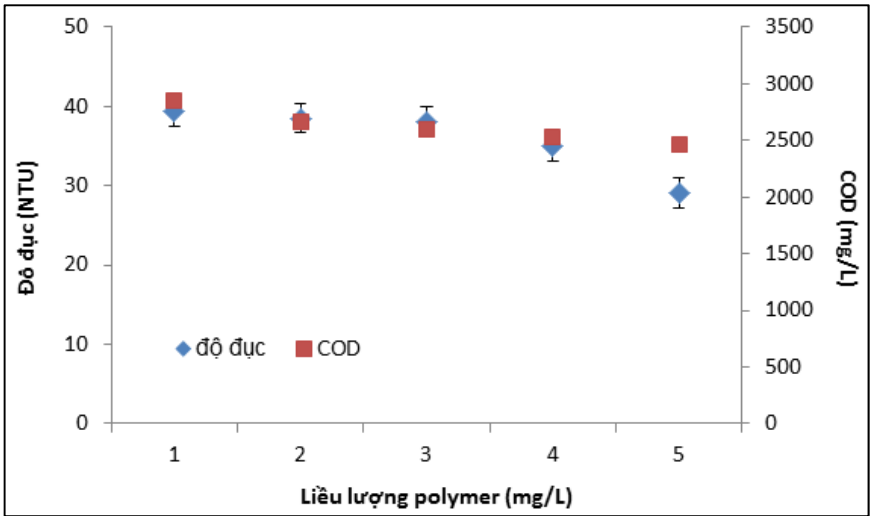
Hình 7: Độ đục, pH, EC của nước thải sau xử lý tương ứng với liều lượng PAC sử dụng

b. Thí nghiệm xác định pH thích hợp

Trong thí nghiệm này liều lượng PAC được cố định ở mức 240 mg/L, dùng NaOH để điều chỉnh nước thải đầu vào cho pH dao động từ 6,5 đến 8,5. Giá trị độ đục ghi nhận đạt 93, 81, 48, 57 và 61 NTU tương ứng với biến thiên pH là 6,5; 7,0; 7,5; 8,0 và 8,5. Như vậy, độ đục của nước thải giảm nhiều nhất ở giá trị ở pH = 7,5, chọn giá trị này để tiến hành thí nghiệm tiếp theo.

c. Thí nghiệm xác định lượng polymer anion A110 thích hợp (tương ứng với liều lượng PAC 240 mg/L và pH = 7,5)

Thí nghiệm này tiến hành với pH nước thải là 7,5, liều lượng PAC là 240 mg/L kết hợp với pô-ly-me A110 có liều lượng biến thiên từ 1 - 5 mg/L. Hình 8 cho thấy khả năng loại bỏ độ đục, COD tăng tương ứng với liều lượng A110 thêm vào. Cụ thể hiệu suất loại bỏ độ đục đạt 81,48%, 81,87%, 82,1%, 83,53% và 86,34%; hiệu suất loại bỏ COD đạt 10%, 18,18%, 15,91%, 20,1% và 22,29% tương ứng với các liều lượng pô-ly-me A110 thêm vào 1 mg/L, 2 mg/L, 3 mg/L, 4 mg/L và 5 mg/L. Vì vậy, liều lượng pô-ly-me A110 ở mức 5 mg/L được chọn cho thí nghiệm tiếp theo.



Hình 8: Độ đục và nồng độ COD trước và sau thí nghiệm ứng với lượng polymer A110 sử dụng

3.3 Thí nghiệm đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sản xuất mía đường bằng phương pháp keo tụ hóa học kết hợp tuyển nổi điện hóa

Trong thí nghiệm này sau khi điều chỉnh pH nước thải, bổ sung PAC và pô-ly-me A110 (theo liều lượng lựa chọn ở trên). Khuấy trộn nước thải để tạo bông, sau đó không qua lắng mà đưa trực tiếp vào bể tuyển nổi để tách các bông cặn, tăng hiệu suất cho quá trình tuyển nổi điện hóa. Bảng 9 trình bày các thông số vận hành cho thí nghiệm này.

Bảng 9: Các thông số vận hành bể tuyển nổi điện phân kết hợp keo tụ hóa học

Thông số vận hành	Giá trị	Ghi chú
Hiệu điện thế	12 V	-
Góc nghiêng điện cực	45°	Lựa chọn từ thí nghiệm 1
Diện tích điện cực	504 cm^2	Lựa chọn từ thí nghiệm 2
Khoảng cách điện cực	2 cm	Lựa chọn từ thí nghiệm 3
Thời gian lưu	30 phút	Lựa chọn từ thí nghiệm 4
Liều lượng PAC	240 mg/L	Lựa chọn từ thí nghiệm 5a
pH	7,5	Lựa chọn từ thí nghiệm 5b
Pô-ly-me A110	5 mg/L	Lựa chọn từ thí nghiệm 5c

Thí nghiệm được tiến hành trong 3 ngày liên tục. Mẫu nước sau tuyển nổi được thu theo kiểu mẫu gộp 3 lần, mỗi lần thu mẫu cách nhau 15 phút, trong đó mẫu lần 1 được thu sau 60 phút vận hành bể tuyển nổi ổn định. Kết quả phân tích mẫu nước thải trước và sau khi qua tuyển nổi điện phân ở thời gian lưu 30 phút thể hiện ở Bảng 10.

Bảng 10: Nồng độ ô nhiễm nước thải trước và sau keo tụ hóa học kết hợp tuyển nổi điện hóa

Chỉ tiêu	Đơn vị	Trước tuyển nổi (n = 3)	Sau tuyển nổi (n = 3)	QCVN 40:2011/BTNMT (cột A)
pH	-	4,21 ± 0,36	7,56 ± 0,8	6 - 9
Độ đục	NTU	293,33 ± 88,08	2,23 ± 1,40	-
DO	mg/L	0	3,89 ± 0,13	≥ 2*
SS	mg/L	331,33 ± 186,26	19 ± 1,32	50
COD	mg/L	5361,67 ± 2950,94	2266 ± 1095,49	75
BOD_5	mg/L	3226 ± 1717,80	1338,33 ± 655,31	30
TKN	mg/l	17,19 ± 7,97	2,05 ± 0,86	20
TP	mg/L	8,05 ± 1,41	0,13 ± 0,01	4

Ghi chú: QCVN 40:2011/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp

**: QCVN 39:2011/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dùng cho tưới tiêu*

Do có điều chỉnh pH nên nước thải đầu ra của bể tuyển nổi đạt giá trị 7,56 nằm trong khoảng thích hợp để đưa tiếp sang công đoạn xử lý sinh học; nồng độ SS, COD, BOD_5, TKN, TP trong nước thải sau keo tụ và tuyển nổi đều giảm, cụ thể:

– Hiệu suất loại bỏ SS đạt khá cao khoảng 94,27%, nồng độ SS trong nước thải đầu ra đủ điều kiện (SS < 150 mg/L) để đưa vào công đoạn xử lý sinh học phía sau.

– Nồng độ COD trong nước thải đầu vào từ 5361,67 mg/L giảm xuống còn 2266 mg/L đạt hiệu suất xử lý 57,74%. Nồng độ BOD trong nước thải đầu vào giảm từ 3.226 mg/L xuống còn 1.338 mg/L đạt hiệu suất xử lý 58,51%. Sau quá trình xử lý tỉ số BOD_5/COD = 0,59 thuận lợi khi đưa vào công đoạn xử lý sinh học.

– Đối với dưỡng chất: với nồng độ TKN đầu vào là 17,19 mg/L nước thải đầu ra chỉ còn 2,05 mg/L tương đối thấp (hiệu suất xử lý 88,07%). Trong khi đó, nồng độ TP trước tuyển nổi là 8,05 mg/L, sau tuyển nổi là 0,13 mg/L (hiệu suất loại bỏ 98,39%). Khi đó tỷ lệ BOD : N : P của nước thải đầu ra chỉ đạt 100 : 0,15 : 0,01, cần bổ sung dưỡng chất để nước thải đạt tỷ lệ BOD : N : P = 100 : 5 : 1 bảo đảm cho hoạt động của vi sinh vật trong công đoạn xử lý sinh học tiếp sau.

– Nồng độ ô-xy hòa tan trong nước sau tuyển nổi được tăng lên đáng kể từ 0 mg/L lên 3,89 mg/L. Nồng độ DO cao sẽ giúp tiết kiệm chi phí vận hành nếu chọn bể sinh học hiếu khí để tiếp tục xử lý phía sau.

– Ước tính chi phí xử lý 1 m^3 nước thải mía đường bằng quá trình keo tụ hóa học kết hợp tuyển nổi điện hóa là 3.970 đồng, bao gồm:

+ Liều lượng PAC là 240 mg/L, vậy lượng PAC cần sử dụng cho xử lý 1 m^3 nước thải là 0,24 kg PAC/m^3. Giá thị trường của PAC là 6.000 đồng/kg, cần chi 1.440 đồng để xử lý 1 m^3 nước thải. Lượng A110 cần dùng là 5 mg/L, vậy lượng pô-ly-me cần sử dụng để xử lý 1 m^3 nước thải là 0,005 kg/m^3. Pô-ly-me A110 có giá 70.000 đồng/kg, thành tiền 350 đồng/m^3 nước thải.

+ Điện năng tiêu thụ cho tuyển nổi điện hóa là 1,18 kW điện/m^3 nước thải, thành tiền 1.180 đồng/m^3 nước thải (với giá điện công nghiệp 1,000 đồng/kW). Nhôm phế liệu làm điện cực có giá thị trường là 30.000 đồng/kg, lượng nhôm cần xử lý 1 m^3 nước thải là 1.000 đồng.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

4.1 Kết luận

Phương pháp keo tụ hóa học kết hợp với tuyển nổi điện hóa có thể áp dụng trong giai đoạn xử lý sơ cấp nước thải sản xuất mía đường. Nước thải sản xuất mía đường nếu được keo tụ - tạo bông trước khi đưa vào tuyển nổi điện hóa sẽ làm tăng đáng kể hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm, do các hạt keo và chất rắn lơ lửng kết dính thành các bông cặn lớn tạo điều kiện cho các bọt khí tiếp xúc, bám dính để nâng nó lên trên bề mặt bể tốt hơn.

Khi vận hành hệ thống với các thông số pH = 7,5, liều lượng PAC = 240 mg/L, pô-ly-me A110 cho quá trình keo tụ là 5 mg/L và điện cực nhôm được đặt với góc nghiêng điện cực 45^o, diện tích bản điện cực 504 cm^2, khoảng cách điện cực 2 cm, thời gian lưu nước 30 phút, hiệu điện thế 12 V cho hiệu suất loại bỏ độ đục, SS, COD, BOD_5, TKN và TP lần lượt là 99,24%, 94,27%; 57,74%; 58,51%; 88,07% và 98,39%.

Sau quá trình tuyển nổi DO trong nước thải tăng từ 0 mg/L lên 3,89 mg/L giúp giảm chi phí vận hành cho hệ thống xử lý sinh học phía sau. Tuy nhiên, để có thể tiếp tục xử lý nước thải sau tuyển nổi bằng biện pháp sinh học cần bổ sung thêm ni-tơ và phốt-pho.

4.2 Đề xuất

Do hiệu quả quá trình keo tụ còn phụ thuộc vào loại chất keo tụ, hiệu quả của quá trình tuyển nổi

điện hóa còn phụ thuộc vào hiệu điện thế và cường độ dòng điện, cho nên cần tiến hành thêm các nghiên cứu với các chất keo tụ, hiệu điện thế và cường độ dòng điện khác để tìm ra các thông số vận hành hiệu quả nhất.

Nước thải sản xuất mía đường sau keo tụ và tuyển nổi điện hóa vẫn còn chứa nhiều chất hữu cơ, do đó cần nghiên cứu các phương pháp xử lý sinh học thích hợp để xử lý đạt tiêu chuẩn xả thải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Holt P. K., Barton G. W., Mitchell C. A. (2004). The future for electrocoagulation as a localized water treatment technology. Chemosphere 59: 355–367.

Khan M., Kalsoom U., Mahmood T., Riaz M., Khan A. R. (2003). Characterization and treatment of Industrial effluent from sugar industry. Jour. Chem. Soc. Pak. Vol 25(3): 242–247.

Kuokkanen V., Kuokkanen T., Rämö J., Lassi U. (2013). Recent applications of electro-coagulation in treatment of water and wastewater - A review. Green and Sustainable Chemistry, 3: 89–121.

Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân (2014). Giáo trình kỹ thuật xử lý nước thải. NXB Đại học Cần Thơ.

Sahu O. P., Chaudhari P. K. (2014). Electrochemical treatment of sugar industry wastewater: COD and color removal. Journal of Analytical Chemistry. 739: 122-129.

Trần Hiếu Nhuệ (2001). Thoát nước và xử lý nước thải công nghiệp. NXB Khoa học và Kỹ thuật.

Trần Văn Nhân và Ngô Thị Nga (1999). Giáo trình công nghệ xử lý nước thải. NXB Khoa học Kỹ thuật.

VSSA (2017). Thông báo kết quả Hội nghị thương mại ngành đường mía niên vụ 2016/2017. Hiệp hội mía đường Việt Nam.

Wang L. K., Hung Y. T., Shammas N. K. (2006). Advanced physicochemical treatment processes. Humana Press.

Wang L. K., Shammas N. K., Selke W. A. (2010). Flotation Technology. Humana Press.