

## Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải rỉ rác của tác nhân tạo chuỗi oxy hoạt tính hệ $FeSO_4 \cdot 7H_2O/NaOCl$

Vũ Ngọc Toán\*, Lương Trung Thiện, Nguyễn Hồng Sơn,  
Nguyễn Minh Trí, Lê Hồng Minh

Viện Công nghệ mới, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, Số 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam.

\*Email: vntoanchem@gmail.com

Nhận bài: 15/7/2024; Hoàn thiện: 06/9/2024; Chấp nhận đăng: 17/9/2024; Xuất bản: 25/10/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.98.2024.109-115>

### TÓM TẮT

Xử lý nước rỉ rác đang là vấn đề cấp bách do hàm lượng chất ô nhiễm lớn, khó xử lý bằng các công nghệ truyền thống. Gần đây, các hệ tác nhân tạo chuỗi oxy hoạt tính đang được nghiên cứu ứng dụng. Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu về khả năng xử lý nước rỉ rác của hệ  $FeSO_4 \cdot 7H_2O/NaOCl$ . Kết quả nghiên cứu cho thấy, tác nhân tạo chuỗi ROS hệ  $FeSO_4 \cdot 7H_2O/NaOCl$  có hiệu quả xử lý nước thải rỉ rác với giá trị COD giảm gần 80%, giá trị TDS giảm 71,2%, màu sắc của nước chuyển từ màu đen đậm sang màu nâu nhạt, mùi hôi thối không còn sau thời gian 30 phút phản ứng ở nhiệt độ phòng, pH = 6,9.

**Từ khóa:** Nước thải rỉ rác; Chuỗi oxy hoạt tính; ROS.

### 1. MỞ ĐẦU

Nước rỉ rác là loại nước thải được sinh ra từ quá trình phân hủy vi sinh với các chất hữu cơ trong rác, thấm qua các lớp rác, kéo theo các chất lơ lửng, keo và chất hòa tan từ rác thải. Nước rỉ rác thường bị ô nhiễm nặng bởi các chất hữu cơ, kim loại nặng, các chất vô cơ độc hại, vi sinh vật, khuẩn,... tác động rất xấu với môi trường, sức khỏe con người nếu không được xử lý triệt để. Thành phần của nước rỉ rác cũng rất khác nhau, phụ thuộc vào loại rác được thu gom và đem chôn lấp cũng như thời gian chôn lấp [1, 2].

Trước đây, nước rỉ rác thường được xử lý bằng một số phương pháp truyền thống như: Phương pháp sinh học bằng vi sinh vật để phân hủy chất hữu cơ [3], phương pháp hóa học để loại bỏ hoặc trung hòa các chất gây ô nhiễm [4] và phương pháp vật lý như lọc, lắng, bay hơi để loại bỏ các chất rắn và một số chất hòa tan [5],... Gần đây, một số công nghệ mới đang được nghiên cứu thử nghiệm khả năng xử lý nước rỉ rác như UV/fenton [6], oxy hóa bằng ozon và AOPs [7], keo tụ [8], [9]. Các giải pháp này cho thấy hiệu quả và phù hợp để loại bỏ chất ô nhiễm hữu cơ, tuy nhiên, chúng có một số hạn chế về điều kiện pH (thường phải duy trì 2,5 - 3,5), cần hóa chất bổ sung (muối sắt, chất điều chỉnh pH, chất oxy hóa), phát sinh chất thải thứ cấp (bùn), cần phải trung hòa - lắng lọc trước khi xả ra môi trường, cũng như yêu cầu cao về trang thiết bị.

$FeSO_4 \cdot 7H_2O$  thường được sử dụng trong xử lý nước thải thông qua một số cơ chế hóa học và vật lý như làm chất xúc tác trong phản ứng fenton truyền thống, làm chất trợ keo tụ,... [11]. Khi có mặt của  $H_2O_2$  trong hệ chứa  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , các gốc hydroxyl được hình thành nhờ phản ứng fenton cổ điển (1). Sau đó gốc hydroxyl sẽ phá hủy không chọn lọc chất hữu cơ ô nhiễm bằng phản ứng oxy hóa-khử (2), phản ứng dehydro (3), phản ứng cộng electrophyl gốc hydrocarbon (hydroxyl hóa) (4) [12-14].



$NaOCl$  có khả năng oxy hóa các chất hữu cơ ô nhiễm trong nước thải, làm thay đổi cấu trúc của chúng và tạo ra các sản phẩm có cấu trúc khác hoặc có phân tử lượng nhỏ hơn. Ngoài ra,

NaOCl còn có khả năng diệt khuẩn, virus, vi sinh vật, tác nhân gây bệnh trong nước thải rỉ rác [15]. Việc phối hợp  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  với NaOCl được cho có khả năng hình thành nên chuỗi tác nhân hoạt tính mạnh - ROS gồm:  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{HO}^\cdot$ ,  $\text{HOO}^\cdot$ ,  $\text{O}^\cdot$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $^1\text{O}_2$ . Trong họ chất oxychloride kim loại kiềm, ngoài gốc hydroxyl, oxy nguyên tử, superoxyde, anion hydroperoxyde còn có gốc perhydroxyl tạo thành tổ hợp các tác nhân ROS ở cấp độ nguyên tử. Trong đó, thế oxy hóa của các tác nhân oxy hóa như gốc hydroxyl, oxychloride; ozon, peracetic acid; hydroperoxyde; oxygen; chlorine dioxyde; hypochlorite ion; natri hypochloride lần lượt là 2,8; 2,9; 2,07; 1,81; 1,78; 1,57; 1,23; 0,95; 0,94 và 0,94 mV. Người ta cho rằng, khi phản ứng với nước và có mặt của ánh sáng thường, oxychloride kim loại kiềm sẽ tự hình thành năng lượng dao động nội sinh của kim loại kiềm - khoáng, qua đó kích hoạt ROS [10]. Nhằm đóng góp thêm vào việc tìm ra giải pháp kỹ thuật phù hợp để xử lý nước rỉ rác, bài báo này sẽ trình bày một số kết quả nghiên cứu khả năng xử lý nước rỉ rác bằng tác nhân tạo chuỗi oxy hoạt tính hệ  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}/\text{NaOCl}$ .

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Hóa chất

- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , Xilong Scientific, 99,7%, Trung Quốc;
- $\text{H}_2\text{SO}_4$ , Fisher Scientific, 96%, USA;
- NaOH, Fisher Scientific, 97%, USA;
- $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , Guangzhou Chemical Reagent, 99,6%, Trung Quốc;
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , Xilong Scientific, 99,8%, Trung Quốc;
- $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , Xilong Scientific, 99%, Trung Quốc;
- Thuốc thử feroin, Merck, Đức.

Mẫu nước rỉ rác sử dụng trong nghiên cứu được lấy từ bãi thu gom của Công ty Môi trường Trung Nguyên - Vĩnh Yên - Vĩnh Phúc với các thông số đặc trưng như sau.

**Bảng 1.** Đặc trưng nước thải rỉ rác của Công ty Môi trường Trung Nguyên.

TT	Thông số ô nhiễm	Đơn vị	Khoảng giá trị
1	Màu	-	Đen đậm
2	Mùi	-	Hôi, thối
3	pH	-	6,5 ÷ 7,5
4	COD	mg/L	8500 ÷ 9500
5	TDS	mg/L	9000 ÷ 11000
6	Cặn thô lơ lửng	% (về khối lượng)	1,5 ÷ 2,2

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Mẫu nước rỉ rác lấy tại hiện trường, chuyển về phòng thí nghiệm, lọc qua lớp vải xô để loại cặn to, rác,... lưu, bảo quản trong tủ mát trước khi thí nghiệm. Các thí nghiệm đều được tiến hành ở nhiệt độ phòng ( $27 \pm 2$  °C).

#### 2.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng các cấu tử trong hệ tác nhân $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}/\text{NaOCl}$ .

100 mL mẫu nước rỉ rác được lấy lần lượt vào các bình tam giác dung tích 250 mL khô sạch. Điều chỉnh pH của hỗn hợp bằng NaOH 0,1 M và HCl 0,1 M. Tính toán, cân lượng  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  cho vào từng bình tam giác, khuấy trong vòng 10 phút. Sau đó, thêm lượng xác định NaOCl vào các bình mẫu rồi khuấy tiếp thêm 10 phút. Các bình mẫu được để yên trong thời gian 15 phút, ở nhiệt độ phòng, tiến hành quan sát, đánh giá trực quan lượng kết tủa cũng như độ trong của các mẫu sau xử lý. Tỷ lệ các thành phần chất tham gia trong hỗn hợp phản ứng và pH các mẫu được nêu trong bảng 2. Các mẫu được lọc hút chân không để loại bỏ kết tủa và xác định chỉ số TDS bằng bút đo, xác định giá trị COD theo TCVN 6491:1999 [16]. Hiệu suất xử lý được tính theo công thức sau:

$$H = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100(\%)$$

Trong đó:

- H là hiệu suất loại bỏ COD;
- $C_0$  là giá trị COD của nước rỉ rác ban đầu;
- C là giá trị COD của dung dịch sau xử lý.

**Bảng 2.** Ký hiệu mẫu và tỷ lệ các thành phần trong thí nghiệm.

Tên mẫu	V <sub>nước rỉ rác</sub> (mL)	m FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O (g)	V <sub>NaOCl</sub> (mL)	pH	Tên mẫu	V <sub>nước rỉ rác</sub> (mL)	m FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O (g)	V <sub>NaOCl</sub> (mL)	pH
M1	100	-	1,0	6,9	M12	100	0,05	0,75	6,9
M2	100	-	1,0	8,9	M13	100	0,05	1,0	6,9
M3	100	-	1,0	9,9	M14	100	0,025	0,5	6,9
M4	100	0,05	1,0	6,9	M15	100	0,075	0,5	6,9
M5	100	0,05	1,0	8,9	M16	100	0,05	1,25	6,9
M6	100	0,05	0,25	6,9	M17	100	0,05	1,5	6,9
M7	100	-	0,25	6,9	M18	100	0,05	1,5	8,9
M8	100	0,05	0,5	6,9	M19	100	0,05	1,5	9,9
M9	100	-	0,5	6,9	M20	100	0,05	1,5	2,2
M10	100	-	0,75	6,9	M21	100	1,0	0,5	6,9
M11	100	0,05	0,5	6,9	M22	100	0,05	2,0	6,9

### 2.2.2. Khảo sát khả năng phản ứng còn lại của hệ tác nhân tạo chuỗi ROS

ORP (Oxydation-Reduction Potential)- thế oxy hóa khử- là thông số đánh giá khả năng của một dung dịch có thể oxy hóa hoặc khử các chất hóa học khác. ORP được đo bằng đơn vị mV và giá trị của nó có thể dương hoặc âm. ORP dương- đồng nghĩa với việc dung dịch có tính oxy hóa mạnh, tức là có khả năng nhận điện tử từ các chất khác. Các chất oxy hóa như clo, ozone, hydrogen peroxyde thường làm tăng giá trị ORP của dung dịch. Ngược lại, ORP âm- dung dịch có tính khử mạnh, tức là có khả năng cho điện tử cho các chất khác. Các chất khử như các hợp chất chứa sulfur hoặc kim loại như kẽm và sắt có thể làm giảm giá trị ORP của dung dịch. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung xác định thời gian duy trì hoạt tính oxy hóa của hệ FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O/NaOCl/nước rỉ rác và điều chỉnh tỷ lệ FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O hoặc NaOCl nhằm thu được hỗn hợp có giá trị ORP như hệ ban đầu.

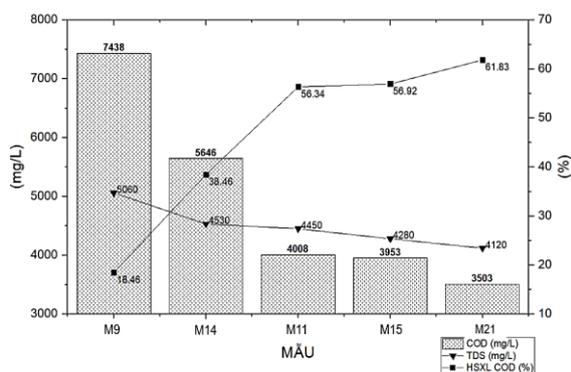
Thí nghiệm được tiến hành như sau: Lấy 300 mL mẫu nước rỉ rác cho vào cốc thủy tinh 500 mL. Thêm 0,15 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O vào cốc, khuấy 10 phút, sau đó thêm 4,5 mL NaOCl khuấy tiếp 10 phút. Để lắng, sử dụng bút đo để xác định và ghi lại giá trị ORP<sub>0</sub>. Tiến hành khảo sát sự thay đổi giá trị ORP của hỗn hợp theo thời gian phản ứng với tần suất 1 giờ/1 lần đo cho tới khi giá trị ORP<sub>t</sub> = 80% ORP<sub>0</sub> thì ghi lại thời gian t. Lần lượt thêm vào các hỗn hợp FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O hoặc NaOCl với lượng 0,16 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O hoặc 0,02 mL NaOCl; 0,08 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O và 0,01 mL NaOCl để xác định loại tác nhân thêm vào làm cho hỗn hợp có giá trị ORP tốt nhất. Sau khi xác định được loại tác nhân thêm vào, điều chỉnh lượng cho tới khi ORP<sub>t</sub>=ORP<sub>0</sub> thì dừng lại. Đánh giá, kết luận loại và lượng hóa chất cần thêm vào để ORP của hỗn hợp đạt về giá trị ban đầu.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

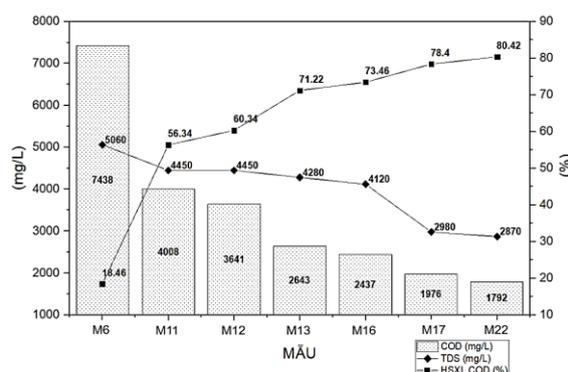
### 3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng các cấu tử trong hệ tác nhân FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O/NaOCl.

Thay đổi hàm lượng FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O trong khoảng 0 ÷ 0,075 g, hàm lượng NaOCl trong khoảng 0,25 ÷ 1,5 mL và pH của hỗn hợp trong khoảng 6,9 ÷ 9,9 (bảng 2), kết quả phân tích COD, TDS của hỗn hợp phản ứng sau lọc bỏ kết tủa được thể hiện trên hình 1 và hình 2.

**Ảnh hưởng của hàm lượng  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$**



a.  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ .



b. NaOCl.

**Hình 1.** Ảnh hưởng của hàm lượng  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  (a) và NaOCl (b) lên hiệu suất xử lý COD và TDS.

Kết quả ở hình 1a cho thấy, hàm lượng  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất xử lý COD và TDS của nước rỉ rác. Với hàm lượng  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dưới 0,05 g (M9 và M14) hiệu quả xử lý COD đạt tương đối thấp, khoảng 35%, chỉ số TDS vẫn duy trì cao (~4500-5000 mg/L), cảm quan nước sau xử lý không trong, ít kết tủa. Khi tăng lượng  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  lên 0,05 g (M11), hiệu quả xử lý COD gia tăng và đạt 56,34%, chỉ số TDS có xu hướng giảm (đạt 4450 mg/L). Nguyên nhân có thể do  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  đã tạo kết tủa hoặc hỗ trợ tạo kết tủa nhờ phản ứng tạo phức ít tan giữa ion sắt (II) với chất hữu cơ có trong nước rỉ rác như axit humic, axit fulvic,... qua đó làm giảm chỉ số COD và TDS của nước. Bản thân  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  cũng có khả năng oxy hóa một số chất hữu cơ trong nước thải nhờ việc phản ứng nước, có sự hỗ trợ của NaOCl đã hình thành nên các tác nhân oxy hóa ROS như hydroxyl ( $OH\cdot$ ), hydrogen peroxyde ( $H_2O_2$ ),.... Chính ROS sẽ phản ứng với chất hữu cơ để tạo ra các chất không tan hoặc phá hủy hoặc tạo kết tủa, giúp loại bỏ chúng khỏi nước rỉ rác. Ngoài ra,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  là một chất có khả năng tạo bông kết tủa trong quá trình xử lý nước thải, khi các bông kết tủa này hình thành, chúng lơ lửng trong mẫu xử lý (quan sát bằng mắt được). Khi tăng hàm lượng  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  lên 0,075 g, hiệu suất xử lý COD tăng nhẹ, không đáng kể (56,92%). Tiếp tục tăng lượng  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  từ 0,075 g lên 1,0 g, hiệu suất xử lý COD và TDS thay đổi không đáng kể (hiệu suất xử lý COD từ 56,92% - 61,83%; TDS từ 4280 mg/L - 4120 mg/L). Việc gia tăng lượng  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  tiếp sẽ làm tăng hiệu quả xử lý COD, giảm chỉ số TDS và giúp nước sau xử lý trong hơn, tuy nhiên sẽ tiêu tốn hóa chất và hình thành nhiều kết tủa- bùn chứa muối sắt (II). Do đó, nhóm nghiên cứu lựa chọn hàm lượng  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  là 0,05 g là giá trị tối ưu cho các khảo sát tiếp theo.

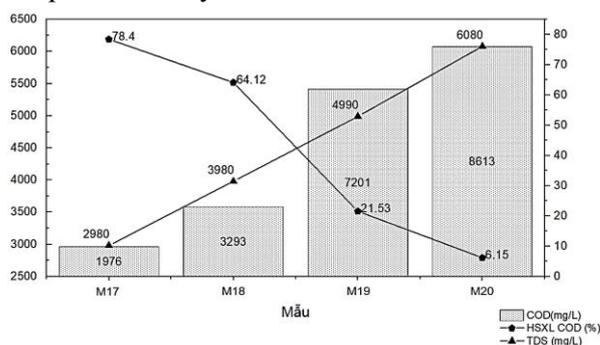
**Ảnh hưởng của hàm lượng NaOCl**

Kết quả ở hình 1b cho thấy, hàm lượng NaOCl thêm vào có ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý nước rỉ rác. Với hàm lượng NaOCl dưới 1 mL (M6, M11, M12) hiệu quả xử lý COD đạt chưa cao ( $\leq 60\%$ ), giá trị TDS của mẫu sau xử lý cao hơn so với các mẫu còn lại, nước sau xử lý còn đục. Khi tăng lượng NaOCl thêm vào, hiệu suất xử lý COD càng cao, TDS càng giảm, nước sau xử lý trong dần lên. Nguyên nhân là do NaOCl có khả năng oxy hóa, tự phân hủy tạo oxy tự do,  $OCl^-$  các ion này có thể oxy hóa khử mạnh, nhanh chóng tác dụng với các chất hữu cơ. Ngoài ra, NaOCl còn có khả năng diệt khuẩn, virus, vi sinh vật, tác nhân gây bệnh và ngăn chặn sự phát triển của vi sinh vật trong quá trình xử lý nước rỉ rác [12]. Đặc biệt, trong hỗn hợp sẽ diễn ra phản ứng giữa  $Fe^{2+}$  và  $OCl^-$  tạo ra chuỗi tác nhân ROS có hoạt tính mạnh. Các ROS này sẽ oxy-hóa các chất hữu cơ trong nước thải, biến chúng thành các dạng không độc hại hoặc dễ dàng loại bỏ hơn [9]. Phản ứng giữa  $Fe^{2+}$  và  $OCl^-$  cũng có thể tạo ra kết tủa như  $Fe(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$  và kết tủa này có thể hấp thụ- hấp phụ các chất hữu cơ, chất độc hại,... qua đó làm giảm nồng độ của chúng trong hỗn hợp sau xử lý. Với mẫu M17 lượng NaOCl thêm vào là 1,5 mL cho hiệu suất xử lý COD đạt 78,4%;

TDS đạt 2980 mg/L, M20 với lượng NaOCl thêm vào là 2,0 mL ta thấy hiệu suất xử lý COD đạt 80,42%, TDS đạt 2870 mg/L, như vậy, so sánh 2 mẫu ta thấy lượng hóa chất thêm vào là đáng kể, tuy nhiên, xu hướng tăng hiệu suất xử lý thấp, khiến cho việc thêm tác nhân NaOCl không mang lại nhiều ý nghĩa, vì vậy nhóm tác giả đánh giá lượng NaOCl thêm vào là 1,5 mL là giá trị tối ưu.

**Ảnh hưởng của pH**

Ảnh hưởng của pH lên quá trình xử lý được thể hiện ở hình 2.

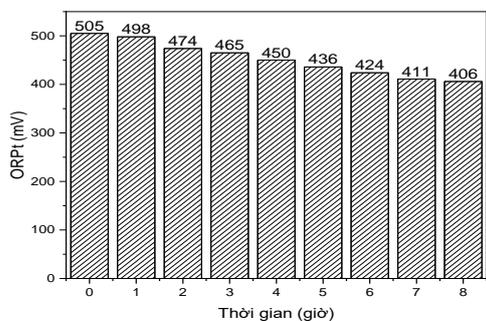


Hình 2. Ảnh hưởng của pH lên hiệu suất xử lý COD và TDS.

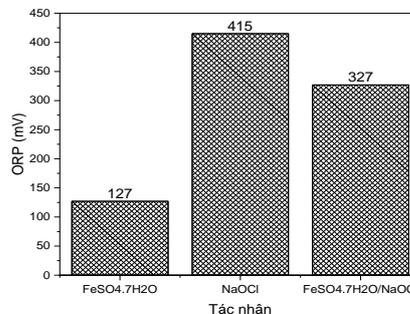
Kết quả cho thấy, ở pH = 6,9 hiệu quả xử lý tốt nhất, chỉ số TDS ít bị ảnh hưởng. Hiệu suất xử lý COD giảm nhanh, chỉ số TDS tăng khi giảm hoặc tăng pH. Nguyên nhân có thể là do, với giá trị pH cao làm các chất ô nhiễm trong nước rỉ rác có xu hướng tan ra, độ bền của các bông kết tủa cũng giảm khi tăng hoặc giảm pH. Sở dĩ ở M20 có hiệu suất xử lý COD thấp như vậy là do M20 được xử lý ở pH = 2,2. Trong môi trường axit, NaOCl không xử lý nước thải tốt vì nó chuyển hóa thành axit hypochlorous (HOCl), mặc dù HOCl là một chất oxy hóa mạnh hơn nhưng nó kém ổn định và dễ bị phân hủy, đặc biệt là dưới ánh sáng hoặc nhiệt độ cao. M19 được xử lý trong môi trường kiềm (pH=9,9) cho hiệu suất xử lý chỉ đạt 21,53%. Sở dĩ hiệu suất xử lý thấp như vậy là vì Fe<sup>2+</sup> không xử lý nước thải hiệu quả trong môi trường bazơ do dễ dàng kết tủa thành sắt hydroxide (Fe(OH)<sub>2</sub>) không tan khi pH cao, làm giảm nồng độ Fe<sup>2+</sup> trong dung dịch. Điều này cản trở quá trình tạo gốc hydroxyl (•OH) trong phản ứng, làm giảm hiệu quả oxy hóa các chất ô nhiễm. Ngoài ra, ở pH cao, Fe<sup>2+</sup> dễ bị oxy hóa thành Fe<sup>3+</sup> và cũng kết tủa, giảm khả năng tham gia vào các phản ứng xử lý nước thải, dẫn đến hiệu suất xử lý không cao. Như vậy, việc xử lý 100 mL nước rỉ rác bằng hệ tác nhân FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O/NaOCl đạt hiệu quả tốt nhất ở pH = 6,9, lượng FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O là 0,05 g; lượng NaOCl là 1,5 mL, phản ứng ở nhiệt độ phòng, thời gian 30 phút. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với kết quả của các nghiên cứu đã được công bố trước đó [1, 2].

**3.2. Khảo sát khả năng phản ứng còn lại của hệ tạo tác nhân ROS**

Kết quả phân tích chỉ số ORP của hỗn hợp FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O/NaOCl/nước rỉ rác với chu kỳ 1 giờ/1 lần và độ chênh lệch ORP khi thêm tác nhân được thể hiện trên hình 3a và hình 3b.

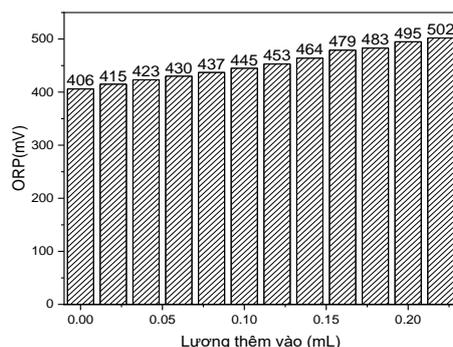


Hình 3a. Chỉ số ORP của hỗn hợp xử lý theo thời gian.



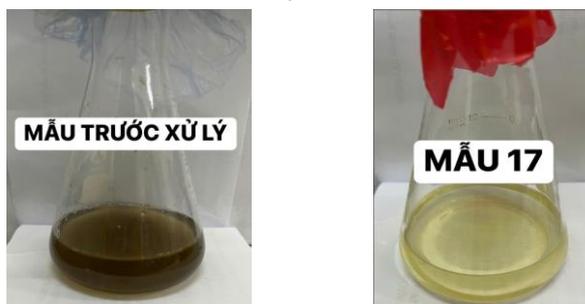
Hình 3b. Chênh lệch ORP khi thêm vào tác nhân/hệ tác nhân khác nhau.

Kết quả ở hình 3a cho thấy, giá trị ORP của hỗn hợp  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}/\text{NaOCl}$ /nước rỉ rác giảm dần theo thời gian và sau 8 h chỉ số  $\text{ORP}_8$  đạt 406 mV ( $\sim 80\% \text{ORP}_0$ ). Tiến hành thêm hàm lượng tác nhân như đã trình bày ở trên và theo dõi giá trị ORP, kết quả được trình bày trên hình 3b. Có thể thấy, khi thêm  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  hoặc thêm hệ tác nhân  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}/\text{NaOCl}$ , giá trị ORP càng giảm. Trong khi đó, khi thêm NaOCl vào sẽ làm tăng ORP của mẫu khá tốt. Do đó, tiến hành khảo sát lượng NaOCl thêm vào hỗn hợp để chỉ số  $\text{ORP}_t = \text{ORP}_0$  với lượng thêm 0,02 mL/lần. Kết quả được trình bày trong hình 4 dưới đây:



Hình 4. Ảnh hưởng lượng NaOCl thêm vào hỗn hợp phản ứng.

Kết quả cho thấy, sau 10 lần thêm- tương đương 0,2 mL NaOCl (mỗi lần 0,02 mL NaOCl) giá trị ORP đạt 502 mV, gần bằng với giá trị  $\text{ORP}_0$  (505 mV). Khi đó, dung dịch vẫn có khả năng xử lý làm giảm COD, TDS của nước rỉ rác như đã đạt ở mẫu ban đầu.



a) Mẫu nước rỉ rác trước xử lý. b) Mẫu nước sau xử lý.

Hình 5. Mẫu nước rỉ rác trước và sau xử lý.

#### 4. KẾT LUẬN

Hệ tác nhân  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}/\text{NaOCl}$  tạo chuỗi oxy hoạt tính- ROS có thể sử dụng như một giải pháp hiệu quả để xử lý nước rỉ rác. Ở pH = 6,9, lượng  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  là 0,05 g; lượng NaOCl là 1,5 mL, phản ứng ở nhiệt độ phòng, thời gian 30 phút, 100 mL nước rỉ rác có thể được xử lý với chỉ số COD giảm đạt 78,4%, chỉ số TDS giảm 71,2%, màu sắc của nước chuyển từ màu đen đậm sang màu nâu nhạt, không có mùi hôi thối. Đây là kết quả nghiên cứu bước đầu về hiệu quả xử lý của hệ tác nhân tạo chuỗi ROS và là cơ sở để triển khai các nghiên cứu tiếp theo nhằm tìm được giải pháp hoàn chỉnh áp dụng để xử lý hiệu quả nước thải rỉ rác.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Thanh Sơn và cộng sự, “Nghiên cứu, thử nghiệm khả năng xử lý nước rỉ rác bằng quá trình keo tụ điện hóa”, Tạp chí hoạt động KHCN An toàn - Sức khỏe & Môi trường lao động, Số 4,5&6, (2017).
- [2]. Đào Duy Khánh và cộng sự, “Nghiên cứu xử lý màu và COD trong nước thải dệt nhuộm bằng giải pháp AOPs/UV kết hợp tiên xử lý keo tụ”, Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ quân sự, số 86, trang 86-94, (2023).

- [3]. J. Shanthi Sraavan, Leonidas Matsaka, Omprakash Sarkar, “Advances in biological wastewater treatment processes: Focus on low-carbon energy and resource recovery in biorefinery context”, Bioengineering, Vol. 11, pp. 281, (2024).
- [4]. Naef A. A. Qasem, Ramy H. Mohammed, D.U. Lawal, “Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review”, NBJ Clean Water, Vol. 36, pp. 1-15 (2021).
- [5]. Wang, L., et al, “Sedimentation and flotation in wastewater treatment”, Journal of Environmental Management, Vol. 4, pp. 46-54, (2021).
- [6]. Trương Quý Tùng và cộng sự, “Xử lý nước rỉ rác bằng tác nhân UV-Fenton trong thiết bị gián đoạn”. Tạp chí Khoa học Đại học Huế, số 53, trang 165-175, (2009).
- [7]. Nguyễn Thị Ngọc Bích, Đặng Xuân Hiền. “Nghiên cứu so sánh khả năng xử lý nước rỉ rác bằng phương pháp oxy hóa bằng  $O_3$  và oxy hóa tiên tiến (AOPs)”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, số 4, trang 15-20, (2013).
- [8]. Van Huu Tap, Trinh Van Tuyen, Dang Xuan Hien. “Treatment of leachate by combining PAC and UV/ $O_3$  processes”, Journal of Vietnamese Environment, Vol. 3, pp. 38-42, (2012).
- [9]. Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân, *Giáo trình Kỹ thuật xử lý nước thải*. NXB ĐH Cần Thơ, (2014).
- [10]. Meng-hui Zhang, Hui Dong, Liang Zhao, De-xi Wang, Di Meng. “A review on Fenton process for organic wastewater treatment based on optimization perspective”, Science of the Total Environment, Vol. 670, pp. 110-121, (2019).
- [11]. Mohd Salim Mahtaba, Izharul Haq Farooqia, Anwar Khursheedb, “Sustainable approaches to the Fenton process for wastewater treatment: A review”, Materials Today: Proceedings, Vol. 47, pp. 1480-1484, (2021).
- [12]. M.S. Mahtab, D.T. Islam, I.H. Farooqi, “Optimization of the process variables for landfill leachate treatment using Fenton based advanced oxydation technique”, Eng. Sci. Technol. Int., Vol. 24, pp. 428-435, (2021).
- [13]. M.H. Zhang et al., “A review on Fenton process for organic wastewater treatment based on optimization perspective”, Sci. Total Environ., Vol. 670, pp. 110–121, (2019).
- [14]. D. Ghernaout, N. Elboughdiri, S. Ghareba, “Fenton technology for wastewater treatment: dares and trends”, Open Access Library J., Vol. 7 (1), pp. 1-26, (2020).
- [15]. S. Kesar, M. S. Bhatti, “Chlorination of secondary treated wastewater with sodium hypochlorite (NaOCl): An effective single alternate to other disinfectants”, Heliyon, Vol. 8, e11162, (2022).
- [16]. Bộ Khoa học và Công nghệ, “TCVN 6491:1999- Tiêu chuẩn Việt Nam về chất lượng nước, xác định nhu cầu oxy hóa học”, (1999).

### ABSTRACT

#### **Study on the treatment of landfill leachate using $FeSO_4 \cdot 7H_2O/NaOCl$ for Reactive Oxygen Species generation**

*Leachate treatment is an urgent issue due to the high concentration of pollutants, which are difficult to treat using traditional technologies. Recently, reactive oxygen species (ROS) generating systems have been studied for potential applications. This paper presents the research results on the leachate treatment capability of the  $FeSO_4 \cdot 7H_2O/NaOCl$  system. The study shows that the  $FeSO_4 \cdot 7H_2O/NaOCl$  ROS-generating system is effective in treating leachate, reducing COD by nearly 80%, TDS by 71.2%, and changing the water color from dark black to light brown, while eliminating foul odors after 30 minutes of reaction at room temperature, pH = 6.9.*

**Keywords:** Leachate; Reactive Oxygen Species; ROS.