

XỬ LÝ CHẤT Ô NHIỄM HỮU CƠ NGUỒN GỐC PHENOL TRONG NƯỚC THẢI BẰNG QUÁ TRÌNH OXI HÓA TIỀN TIẾN DƯỚI TÁC DỤNG CỦA PHỨC XÚC TÁC $Mn(Acry)^{2+}$

Lê Thị Hồng Thúy⁽¹⁾, Quảng Thị Cẩm Quyên⁽¹⁾, Lê Thị Đào⁽²⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP HCM; ⁽²⁾Trường đại học Thủ Dầu Một

Ngày nhận bài 3/5/2017; Ngày gửi phản biện 16/5/2017; Chấp nhận đăng 24/7/2017

Email: daolt@tdmu.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình oxi hóa tiên tiến (AOP) phân hủy phenol dưới tác dụng của phức xúc tác $Mn(Acry)^{2+}$. Tác nhân oxi hóa phenol được sử dụng là H_2O_2 do nó là chất oxi hóa mạnh, không độc hại, giá thành rẻ. Mặt khác, oxi hóa bằng H_2O_2 chỉ tạo ra một sản phẩm phụ duy nhất là H_2O . Bằng quy hoạch toàn phần ba yếu tố, kết quả nghiên cứu thực nghiệm đã tìm ra các thông số tối ưu trong quy trình xử lý chất ô nhiễm hữu cơ nguồn gốc phenol trong nước thải dưới tác dụng của phức xúc tác $Mn(Acry)^{2+}$.

Từ khóa: Mangan, phức xúc tác, H_2O_2 , oxi hóa tiên tiến.

Abstract

PHENOL WASTEWATER TREATMENT BY ADVANCED OXIDATION PROCESSES WITH CATALYTIC COMPLEXION $M_n(ACRY)^{2+}$

The Article shows the results of researching factors that affect advanced oxidation process (AOP) for decomposing phenol by using complex catalyst $Mn(Acry)^2$. The used agent oxidating phenol is H_2O_2 due to its strong oxidation, is not noxious, and low cost. In other word, the process only produces a by-product is H_2O . By full planning three factors, the empirical study results found out optimal parameters in the process of phenolic wastewater treatment rely on effect of complex catalyst $Mn(Acry)^2$.

1. Giới thiệu

Phenol và dẫn xuất trong nước thải công nghiệp là các chất hữu cơ gây ô nhiễm môi trường nước của nguồn tiếp nhận, đặc biệt là nước thải các ngành sản xuất công nghiệp hóa học, dệt nhuộm, tổng hợp hữu cơ, hóa chất bảo vệ thực vật và hóa dược [3],[9]. Đây là những chất có tính độc hại cao, gây ô nhiễm môi trường trầm trọng, khó xử lý loại bỏ một cách triệt để bằng các phương pháp sinh học hoặc hóa lý thông thường [8]. Phương pháp AOP được biết đến từ những năm 1990 áp dụng để xử lý nước thải nhằm đáp ứng các yêu cầu mới về tiêu chuẩn nước thải công nghiệp[1]. AOP được định nghĩa là quá trình phân hủy oxi hóa dựa vào gốc tự do hoạt động hydroxyl OH^* được tạo ra tức thời ngay trong quá trình xử lý [2], [6]. Vì phenol là một hợp chất hữu cơ bền rất khó phân hủy, nên trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất phương án áp dụng quá trình AOP để oxi hóa phenol bằng tác nhân oxi hóa H_2O_2 khi có mặt xúc tác đồng thể là phức $Mn(Acry)^{2+}$ với mong muốn đạt được hiệu quả xử lý cao nhất và chi phí thấp nhất [4],[5],[7].

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm (TN)

TN1: *Khảo sát ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến hiệu suất phân hủy phenol*: Mục đích: xác định thời gian tối ưu nhằm tiết kiệm được thời gian oxi hóa phân hủy phenol mà vẫn đạt được hiệu suất cao. Bố trí thí nghiệm gồm yếu tố cố định $[Mn^{2+}] = 1\text{ppm}$, $[Acry] = 5\text{ppm}$, $[H_2O_2] = 0.1\text{M}$, $\text{pH} = 8$. Thời gian khảo sát: $t = 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 75, 90$ (phút).

TN2: *Khảo sát ảnh hưởng của pH phản ứng đến hiệu suất phân hủy phenol*: Mục đích: xác định được giá trị pH tốt nhất tại đó quá trình oxi hóa phân hủy phenol thuận lợi nhất. Bố trí thí nghiệm có yếu tố cố định $[Mn^{2+}] = 1\text{ppm}$, $[Acry] = 5\text{ppm}$, $[H_2O_2] = 0.1\text{M}$, thời gian tối ưu. Thông số khảo sát: $\text{pH} = 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 10.5, 11$.

TN3: *Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ $\beta = [Acry]/[Mn^{2+}]$ đến hiệu suất phân hủy phenol*: Mục đích: xác định được giá trị β tại đó quá trình oxi hóa phân hủy phenol đạt hiệu suất cao nhất. Bố trí thí nghiệm có yếu tố cố định $[Mn^{2+}] = 1\text{ppm}$, $[H_2O_2] = 0.1\text{M}$, thời gian tối ưu, pH tối ưu. Thông số khảo sát: $\beta = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 15$.

TN4: *Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng H_2O_2 đến hiệu suất phân hủy phenol*: Mục đích: xác định được nồng độ H_2O_2 tốt nhất để quá trình oxi hóa phân hủy phenol đạt hiệu suất cao nhất. Bố trí thí nghiệm: yếu tố cố định gồm thời gian tối ưu, pH tối ưu, β tối ưu, $[Mn^{2+}]$ tối ưu. Thông số khảo sát: $[H_2O_2] = 0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.5$ (M)

2.2. Phương pháp AOP phân hủy phenol

Phản ứng oxi hóa phenol được tiến hành trong cốc 100mL đặt trên máy khuấy từ ở nhiệt độ phòng. Hỗn hợp phản ứng cho vào theo thứ tự: 30mL phenol 1000ppm; HCl hoặc NaOH (điều chỉnh $\text{pH} = 9$), Mn^{2+} 100ppm, Acry 100ppm, H_2O_2 30% và H_2O để tổng thể tích phản ứng là 50mL. Kết thúc quá trình phản ứng, sản phẩm được lấy ra phân tích xác định hàm lượng phenol còn lại bằng phương pháp phổ hấp thụ phân tử UV- Vis.

2.3. Phương pháp phân tích xác định phenol.

Phenol có trong nước thải được cất ra khỏi nước trong môi trường axit sunfuric, kiềm hóa bằng dung dịch đệm có pH là 10 rồi cho tác dụng với 2 – 6 dicloroquynon diclorimimid (CQC) sẽ cho phức màu xanh của indophenol. Cường độ màu tỉ lệ với hàm lượng phenol. Để tăng độ nhạy phản ứng cho thêm vào dung dịch một lượng vết đồng sunfat ($CuSO_4$) [10]. Sau khi lên màu, đem đo độ hấp thụ A ở bước sóng 610nm. Áp dụng kỹ thuật đường chuẩn liên hệ giữa hàm lượng phenol và độ hấp thụ A, xác định hàm lượng phenol có trong mẫu bằng phương pháp phổ hấp thụ phân tử UV- Vis [11],[12]. Từ nồng độ phenol trước và sau khi oxi hóa, tính hiệu suất phân hủy phenol theo công thức:

$$H(\%) = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

Trong đó: C_0 : hàm lượng phenol trước khi tiến hành oxi hóa (μg); C : hàm lượng phenol sau khi tiến hành oxi hóa (μg).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của thời gian phản ứng oxi hóa đến hiệu suất phân hủy phenol

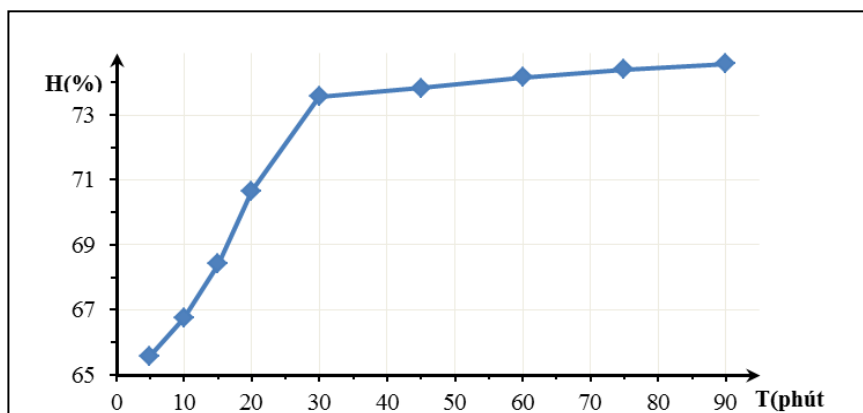
Thực nghiệm được tiến hành trong điều kiện: Mn^{2+} 0.5ppm, Acry 2.5ppm, $V_{H_2O_2} = 1\text{mL}$, $\text{pH} = 8$, thời gian thực hiện phản ứng thay đổi từ 5 đến 90 phút. Kết quả TN được trình bày theo bảng 1.

Bảng 1. Kết quả ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến hiệu suất phân hủy phenol

STT	Thời gian (phút)	A	C (µg)	H (%)
1	5	0.122	9802.5	67.33 ^e
2	10	0.114	9227.5	69.33 ^d
3	15	0.101	8227.5	72.49 ^c
4	20	0.088	7227.5	75.91 ^b
5	30	0.068	5752.5	80.83^a
6	45	0.067	5702.5	80.99 ^a
7	60	0.067	5677.5	81.08 ^a
8	75	0.066	5602.5	81.33 ^a
9	90	0.066	5575.5	81.41 ^a

Sự thay đổi hiệu suất phân hủy phenol theo thời gian được thể hiện ở hình 1.

Hình 1. Ảnh hưởng của thời gian phản ứng oxi hóa đến hiệu suất phân hủy phenol



Từ kết quả trên cho thấy: Thời gian phản ứng oxi hóa tăng thì hiệu suất phân hủy phenol tăng nhưng khi thời gian lớn hơn 30 phút thì hiệu suất phân hủy phenol tăng không đáng kể. Điều này có thể giải thích là do quá trình phân hủy phenol sau 30 phút đã đi đến giai đoạn cuối. Mặt khác, khi phân tích Anova cho thấy hiệu suất phân hủy phenol sau thời gian 30 phút là như nhau với mức ý nghĩa $P = 0.5$, do đó chúng tôi chọn thời gian oxi hóa phân hủy phenol tối ưu là 30 phút để khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tiếp theo.

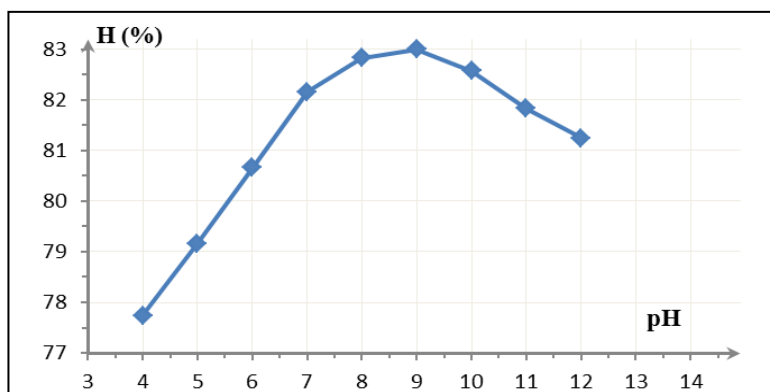
3.2. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất phân hủy phenol

Thực nghiệm được tiến hành trong điều kiện: $[Mn^{2+}] = 0.5ppm$, $[Acry] = 2.5ppm$, $V_{H_2O_2} = 1 mL$, thời gian phản ứng $t = 30$ phút, pH môi trường thay đổi từ 4 đến 12. Sự thay đổi hiệu suất của quá trình oxi hóa phân hủy phenol theo pH của môi trường phản ứng được trình bày trong bảng 2. Sự thay đổi hiệu suất phân hủy phenol ở các điều kiện pH khác nhau được thể hiện ở hình 2.

Bảng 2. Kết quả ảnh hưởng của pH đến hiệu suất phân hủy phenol

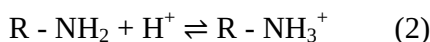
STT	pH	A _{do}	C (µg)	H (%)
1	7	0.079	6602.5	77.99
2	7.5	0.075	6252.5	79.16
3	8	0.069	5802.5	80.66
4	8.5	0.060	5177.5	82.74
5	9	0.049	4352.5	85.49
6	9.5	0.051	4477.5	85.08
7	10	0.052	4552.5	84.83
8	10.5	0.053	4602.5	84.66
9	11	0.054	4702.5	84.33

Hình 2. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất phân hủy phenol



Kết quả thực nghiệm trên hình 2 cho thấy quá trình oxi hóa phân hủy phenol bị ảnh hưởng rất nhiều bởi pH. Khi pH tăng, hiệu suất phân hủy phenol tăng và đạt giá trị cực đại ở pH = 9, nhưng sau đó lại giảm khi pH > 9. Có thể giải thích sự phụ thuộc của quá trình oxi hóa phenol vào pH như sau:

Khi pH < 9, phân tử Acrylamit (R-NH₂) có chứa nhóm chức -NH₂ dễ dàng nhận proton H⁺ thành R-NH₃⁺ không có khả năng tạo phức xúc tác với Mn²⁺ theo cân bằng [2],[6]:



Khi pH tăng dần, nồng độ H⁺ giảm dần, cân bằng (2) sẽ chuyển dịch theo chiều nghịch tạo điều kiện thuận lợi hình thành phức xúc tác Mn(Acry)²⁺ và phức trung gian hoạt động tăng lên. Kết quả là hiệu suất phân hủy phenol tăng và đạt cực đại tại pH = 9.

Khi pH > 9, nồng độ OH⁻ trong dung dịch tăng, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thủy phân Mn²⁺ làm cho phức chất chuyển dần về dạng hydroxo và bị kết tủa, làm cho hệ mất tính đồng thể và giảm hoạt tính xúc tác của phức, khả năng oxi hóa giảm, do đó hiệu suất phân hủy phenol giảm.

Từ các số liệu thực nghiệm ở bảng 2, chúng tôi chọn giá trị pH tối ưu là 9 để nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng khác đến quá trình oxi hóa phân hủy phenol.

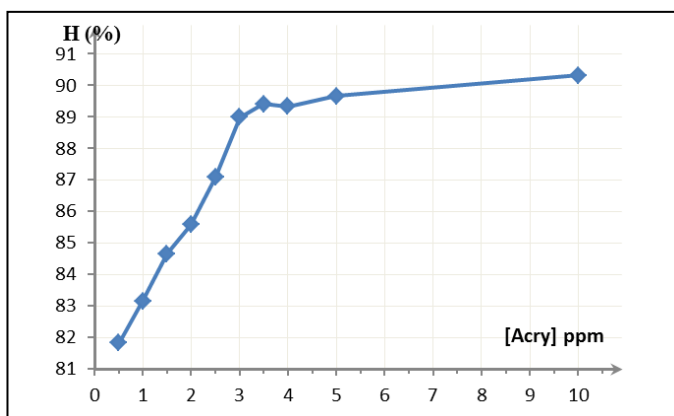
3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ $\beta = [Acry]/[Mn^{2+}]$ đến hiệu suất oxi hóa của hệ xúc tác phức

Thực nghiệm được tiến hành trong điều kiện: Mn²⁺ = 0.5ppm, V_{H₂O₂} = 1 mL, pH = 9, nồng độ [Acry] thay đổi từ 1 đến 15 ppm. Sự thay đổi hiệu suất phân hủy phenol theo β thể hiện ở bảng 3. Sự thay đổi hiệu suất phân hủy phenol ở các điều kiện pH khác nhau thể hiện ở hình 3.

Bảng 3. Kết quả ảnh hưởng của tỷ lệ $\beta = [Acry]/[Mn^{2+}]$ đến hiệu suất phân hủy phenol

STT	[Mn ²⁺]	[Acry]	β	A _{đo}	C (µg)	H (%)
1	1	1	1	0.064	5452.5	81.83e
2	1	2	2	0.059	5052.5	83.16d
3	1	3	3	0.053	4602.5	84.66c
4	1	4	4	0.049	4327.5	85.58c
5	1	5	5	0.043	3877.5	87.08b
6	1	6	6	0.035	3252.5	88.16a
7	1	7	7	0.034	3227.5	89.24a
8	1	8	8	0.034	3202.5	89.33a
9	1	10	10	0.033	3152.5	89.49a
10	1	15	15	0.033	3127.5	89.58a

Hình 3. Ảnh hưởng của tỉ lệ tỷ lệ $\beta = [\text{Acry}]/[\text{Mn}^{2+}]$ đến hiệu suất phân hủy phenol



Kết quả thực nghiệm trên hình 3 cho thấy khả năng oxi hóa phân hủy phenol tăng mạnh khi β tăng đến 6, và khi $\beta > 6$ thì khả năng oxi hóa phân hủy phenol vẫn tăng nhưng không đáng kể. Có thể giải thích nhận xét này như sau: Khi β tăng thì khả năng tạo phức giữa Mn^{2+} - Acry tăng dẫn đến khả năng hình thành phức trung gian hoạt động tăng và hiệu suất của quá trình phân hủy phenol tăng. Khi $\beta > 6$, quá trình tạo phức $\text{Mn}(\text{Acry})^{2+}$ gần như hoàn toàn nên quá trình phân hủy phenol tăng nhưng không đáng kể [1],[4],[5]. Mặt khác, khi phân tích Anova cho thấy các giá trị hiệu suất phân hủy phenol khi $\beta > 6$ là như nhau với mức ý nghĩa $P = 0.5$, do đó chúng tôi chọn $\beta = 6$ là giá trị tối ưu để khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tiếp theo.

3.4. Ảnh hưởng của nồng độ H_2O_2 đến hiệu suất oxi hóa của hệ xúc tác phức

Thực nghiệm được tiến hành trong điều kiện: $[\text{Mn}^{2+}] = 0,5$ ppm, $[\text{Acry}] = 3$ ppm, pH = 9, thời gian phản ứng $t = 30$ phút, thể tích H_2O_2 thay đổi từ 0,5 đến 10 ml. Sự thay đổi hiệu suất của quá trình oxi hóa phân hủy phenol theo H_2O_2 được thể hiện ở bảng 4. Sự thay đổi hiệu suất phân hủy phenol ở các nồng độ H_2O_2 khác nhau được thể hiện ở hình 4.

Bảng 4. Kết quả ảnh hưởng của nồng độ H_2O_2 đến hiệu suất phân hủy phenol

STT	$[\text{H}_2\text{O}_2]$	A_{do}	C (μg)	H (%)
1	0.02	0.0250	2527.5	91.58 ^e
2	0.05	0.0173	1925.5	93.49 ^d
3	0.10	0.0133	1652.5	94.49 ^c
4	0.15	0.0070	1177.5	96.08 ^b
5	0.20	0.0044	980	96.73^a
6	0.25	0.0043	975	96.75 ^a
7	0.30	0.0042	967.5	96.78 ^a
8	0.35	0.0042	965	96.78 ^a
9	0.40	0.0041	960	96.80 ^a
10	0.50	0.0040	950	96.83 ^a

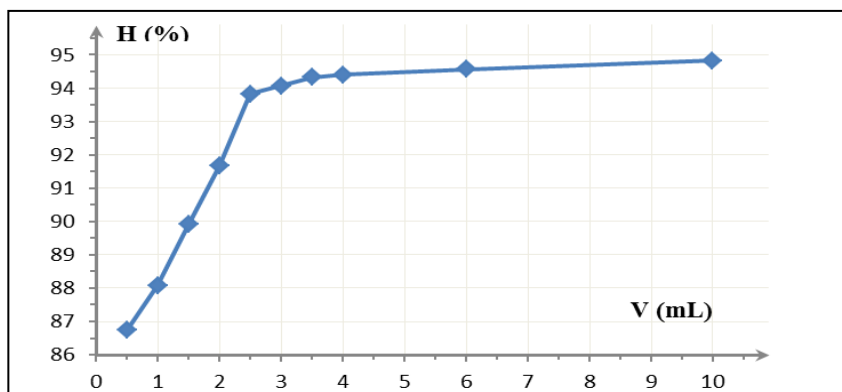
Từ kết quả thực nghiệm trên cho thấy $[\text{H}_2\text{O}_2]$ tăng thì %H tăng chứng tỏ khả năng oxi hóa phân hủy phenol tăng, tuy nhiên, khi $[\text{H}_2\text{O}_2] > 0.2\text{M}$ thì khả năng oxi hóa phân hủy phenol vẫn tăng nhưng không đáng kể. Có thể giải sự biến đổi này là do H_2O_2 tham gia vào cấu trúc nội cầu của phức xúc tác $[\text{Mn}(\text{Acry})]^{2+}$ để tạo thành phức trung gian hoạt động peroxo $[\text{Mn}(\text{Acry})\text{H}_2\text{O}_2]^{2+}$:



Do đó, $[\text{H}_2\text{O}_2]$ càng tăng thì nồng độ phức trung gian hoạt động peroxo $[\text{Mn}(\text{Acry})\text{H}_2\text{O}_2]^{2+}$ càng nhiều dẫn đến tốc độ phản ứng phân hủy phenol tăng và làm H% tăng. Còn khi tăng $[\text{H}_2\text{O}_2] > 0.2\text{M}$, nồng độ $[\text{Mn}(\text{Acry})]^{2+}$ đã tạo phức trung gian gần hết với H_2O_2 ,

H% tăng thêm nhưng không nhiều và làm cho quá trình phân hủy phenol đi vào giai đoạn cuối. Mặt khác, khi phân tích Anova cho thấy các giá trị hiệu suất phân hủy phenol khi $[H_2O_2] > 0.2M$ là như nhau với mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$, do đó tôi chọn $[H_2O_2] = 0.2M$ là giá trị tối ưu.

Hình 4. Ảnh hưởng của nồng độ H_2O_2 đến khả năng oxy hóa của hệ xúc tác phức



Tổng hợp các kết quả nghiên cứu quá trình phân hủy phenol phụ thuộc vào thời gian, pH, β , $[Mn^{2+}]$, $[H_2O_2]$ cho phép chúng tôi đưa ra kết luận: tùy thuộc vào từng điều kiện cụ thể mà khả năng phản ứng phân hủy phenol bằng phương pháp AOP dưới tác dụng của phức chất $[Mn(Acry)]^{2+}$ là khác nhau. Vì vậy, trên thực tế phải khống chế các điều kiện sao cho quá trình diễn ra thuận lợi nhất và đạt hiệu suất cũng như hiệu quả kinh tế cao nhất.

3.5. Tối ưu hóa thực nghiệm quy trình oxy hóa phân hủy phenol

Bằng quy hoạch toàn phần ta chọn ba yếu tố với các yếu tố khảo sát là tỉ lệ $\beta = [Acry]/[Mn^{2+}]$ (Z_1), thời gian phản ứng oxy hóa phân hủy phenol (Z_2) và pH (Z_3). Các yếu tố tối ưu được trình bày trong bảng 5.

Bảng 5. Các yếu tố tối ưu

Các mức	Các yếu tố		
	β (Z_1)	Thời gian (Z_2)	pH (Z_3)
Mức cơ sở	3	30	9
Khoảng biến thiên	1	15	1
Mức trên (+)	4	45	10
Mức dưới (-)	2	15	8

Sau khi tiến hành các thí nghiệm tối ưu xác định được phương trình hồi quy đầy đủ: $Y = 83.023 + 1.052x_1 - 0.823x_2 + 3.469x_3 + 2.011x_1x_2 - 0.094x_1x_3 + 0.823x_2x_3 + 0.219x_1x_2x_3$

Để khảo sát ý nghĩa của các hệ số trong phương trình hồi quy, chúng tôi tiến hành 3 thí nghiệm ở tâm với các thành phần như bảng 6.

Bảng 6. Số liệu thực nghiệm tại tâm quy hoạch.

STT	Z_1	Z_2	Z_3	Y_0^i	Y_{0tb}
1	3	30	9	95.075	94.964
2	3	30	9	95.575	
3	3	30	9	94.242	

Tính ý nghĩa của các hệ số trong phương trình hồi quy được kiểm định theo tiêu chuẩn Student. Kiểm định sự tương thích của phương trình trên với thực nghiệm theo tiêu chuẩn Fisher. Kết quả phương trình được chọn là:

$$Y = 83.023 + 1.052x_1 + 3.469x_3 + 2.011x_1x_2$$

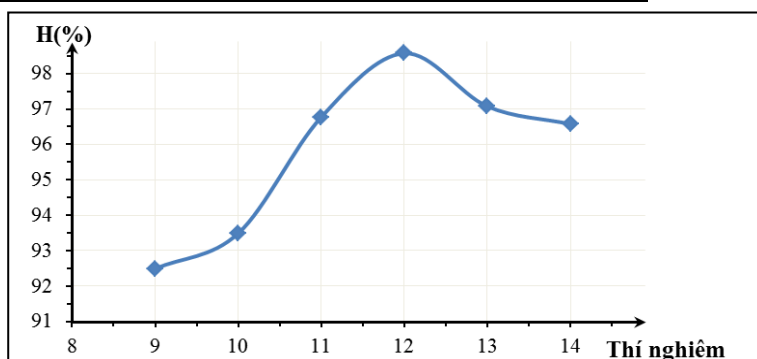
Từ phương trình hồi quy ta nhận thấy hiệu suất của quá trình oxi hóa phân hủy phenol phụ thuộc tuyến tính vào 3 yếu tố khảo sát là: Tỉ lệ $\beta = [\text{Acry}]/[\text{Mn}^{2+}]$ (x_1), thời gian phản ứng oxi hóa phân hủy phenol (x_2) và pH môi trường (x_3). Cụ thể, muốn tăng hiệu suất của quá trình oxi hóa thì chỉ cần tăng x_1 , x_2 , x_3 .

Tối ưu hóa hiệu suất của quá trình oxi hóa phân hủy phenol bằng phương pháp đường dốc. Chọn bước chuyển động của yếu tố x_3 là $\delta_3 = 0.5$. Tiến hành các thí nghiệm số 9, 10, 11, 12, 13, 14. Kết quả thực nghiệm chỉ ra trong bảng 7. Sự thay đổi hiệu suất phân hủy phenol ở các thí nghiệm khác nhau được thể hiện ở hình 5.

Bảng 7: Thí nghiệm các giá trị theo phương pháp đường dốc

Tên	x_1	x_2	x_3	y
Mức cơ sở	6	30	9	-
$ b_j $	1.052	0.823	3.469	-
Khoảng biến thiên Δ_j	1	10	1	-
$b_j * \Delta_j$	1.052	8.23	3.469	-
Bước δ_j	1.052	8.23	0.5	-
Bước làm tròn	1	9	0.5	-
Thí nghiệm thứ 9	4	12	8	92.492
Thí nghiệm thứ 10	5	21	8.5	93.492
Thí nghiệm thứ 11	6	30	9	96.775
Thí nghiệm thứ 12	7	39	9.5	98.575
Thí nghiệm thứ 13	8	48	10	97.075
Thí nghiệm thứ 14	9	57	10.5	96.575

Hình 5. Đồ thị biểu diễn hiệu suất phân hủy phenol theo các yếu tố thí nghiệm



Thí nghiệm thứ 12 đạt hàm lượng chất tan cao nhất. Như vậy các yếu tố nghiên cứu có giá trị tối ưu là: tỉ lệ $\beta = [\text{Acry}]/[\text{Mn}^{2+}]$: 6:1; thời gian phản ứng oxi hóa phân hủy phenol: 30 phút; pH môi trường: pH=9. Ứng dụng trong xử lý nguồn nước thải có chứa phenol [7],[13]. Tiến hành thực nghiệm trên 4 đối tượng mẫu thực, kết quả thu được như bảng 8.

Bảng 8. Kết quả xử lý nước thải chứa phenol

STT mẫu	Phenol trước AOP (mg/L)	Phenol sau AOP (mg/L)	H (%)	Kết quả
1	590	7	98.575	98.908 ± 0.433
2	590	4	99.325	
3	590	6	98.908	
4	590	8	98.825	

4. Kết luận

Quá trình thực nghiệm khảo sát các thông số tối ưu ảnh hưởng đến khả năng phân hủy phenol của hệ xúc tác phức $Mn(Acry)^{2+}$ và tiến hành tối ưu thực nghiệm ta nhận thấy điều kiện tối ưu để quá trình phân hủy đạt hiệu suất cao nhất là: thực hiện phản ứng ở môi trường pH = 9; thời gian thực hiện phản ứng t = 30 phút; nồng độ H_2O_2 cần dùng cho quá trình oxi hóa là 0.2M; tỉ lệ $[Acry]/[Mn^{2+}] = 6:1$.

Hệ xúc tác phức $Mn(Acry)^{2+}$ với sự mặt của chất oxi hóa H_2O_2 có khả năng xử lý nguồn nước thải có phenol với hiệu suất cao. Các kết quả nghiên cứu thu được là cơ sở khoa học để ứng dụng giải quyết nhiều vấn đề thực tiễn khác nhau trong việc xử lý vấn đề ô nhiễm môi trường bởi các hợp chất khó phân hủy có trong nước thải từ các nhà máy, xí nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ibrahim, Mohamed El-Maazawi, Ahmed B. Zaki (2000), “*Kinetics and Mechanisms of Decomposition Reaction of Hydrogen Peroxide in Presence of Metal Complexes*”, International Journal of Chemical Kinetics, Online ISSN: 1097-4601, Volume 32, Issue 11
- [2] P. Simon (2004), *Advanced Oxidation processes for water and wastewater treatment*, IWA Publishing, Alliance House, London.
- [3] Ingrid C. McCall, KA and Charles A. Parkos (2009), “*Effect of phenol on barrier function of a human intestinal epithelial cell line correlate with altered tight junction protein localization*”, Toxicology and Applied pharmacology.
- [4] Hồ Việt Quý (1999), *Phức chất trong hóa học*, NXB Khoa học Kỹ thuật.
- [5] Lê Thị Hồng Thúy (2005), “*Tính chất catalaza của phức $Mn(II)$ Acrylamit*”, luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [6] Trần Mạnh Trí, Trần Mạnh Trung (2004), *Các quá trình oxi hóa nâng cao trong xử lý nước và nước thải*, NXB Khoa học Kỹ thuật.
- [7] Nguyễn Văn Phước, Nguyễn Thị Thanh Phương (2006), *Giáo trình kỹ thuật xử lý chất thải công nghiệp*, NXB Xây dựng.
- [8] Nguyễn Mạnh Khải, Nguyễn Thị Nga (2012), “*Nghiên cứu chất lượng nước sông Nhuệ khu vực Hà Nội*”, Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội - Khoa học tự nhiên và công nghệ, Tập 28, số 4S.
- [9] Tổng cục Môi trường (2015), *Hiện trạng ô nhiễm môi trường do hóa chất thực vật tồn lưu thuộc nhóm chất hữu cơ khó phân hủy tại Việt Nam*, Xây dựng năng lực nhằm loại bỏ hóa chất bảo vệ thực vật POP tồn lưu tại Việt Nam, Hà Nội.
- [10] TCVN 4581: 1998 – Phương pháp xác định hàm lượng phenol.
- [11] TCVN 7874: 2008 – Xác định một số clorophenol – Phương pháp sắc ký khí dùng detector bắt electron.
- [12] TCVN 6216: 1996 - Chất lượng nước - xác định chỉ số phenol - Phương pháp trắc phổ dùng 4 - aminoantipyrin sau khi chung cất
- [13] Nguyễn Xuân Nguyên (2003), *Nước thải và công nghệ xử lý nước thải*, NXB Khoa học Kỹ thuật.