

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาระดับพีเอชที่เหมาะสม

ผลการทดลองการศึกษาการกำจัดสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอล 3 ชนิด ได้แก่ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยปรับเปลี่ยนระดับพีเอช 5 ระดับ ได้แก่ 4, 5, 6, 7 และ 8 ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ผงเหล็ก 2 ขนาด คือ ขนาด 10 และ 150 ไมครอน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.1.1 การกำจัด 2-chlorophenol ในน้ำ

การใช้ผงเหล็กกำจัด 2-chlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยเตรียมสารละลาย 2-chlorophenol ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 20 mg/l ปรากฏผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1-4.3 และกราฟแสดงปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.1-4.4 สามารถสรุปผลได้ว่า ระดับพีเอชของน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็ก โดยประสิทธิภาพในการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสภาวะที่พีเอชของน้ำเป็นกรด และมีแนวโน้มลดลงในสภาวะที่พีเอชของน้ำเป็นด่าง

เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol โดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol ที่ระดับพีเอชต่างๆ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ทุกระดับพีเอช (4-8) มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระดับพีเอช 4 มีประสิทธิภาพสูงสุด ที่ระดับพีเอชเป็นด่าง (8) ผงเหล็กสามารถกำจัด 2-chlorophenol ได้ต่ำมากแม้เพิ่มระยะเวลาสัมผัสนาน 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าต่ำเพียงร้อยละ 29.16 แต่เมื่อระดับพีเอชเป็นกลาง (7) ประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol จะเริ่มสูงขึ้นกว่าสภาวะที่เป็นด่าง โดยเมื่อใช้ระยะเวลาสัมผัสสูงสุด คือ 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าร้อยละ

82.50 และเมื่อระดับพีเอชเป็นกรด (4-6) พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol สูงขึ้น โดยที่ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 5 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน และระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 10 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100 %

เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน ทุกระดับพีเอช (4-8) มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระดับพีเอช 4 มีประสิทธิภาพสูงสุด ที่ระดับพีเอชเป็นด่าง (8) ผงเหล็กสามารถกำจัด 2-chlorophenol ได้ต่ำมากแม้เพิ่มระยะเวลาสัมผัสนาน 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าต่ำเพียงร้อยละ 24.66 แต่เมื่อระดับพีเอชเป็นกลาง (7) ประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol จะเริ่มสูงขึ้นกว่าสภาวะที่เป็นด่าง โดยเมื่อใช้ระยะเวลาสัมผัสสูงสุด คือ 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าร้อยละ 55.76 และเมื่อค่าพีเอชเป็นกรดอ่อน (6) ประสิทธิภาพในการกำจัดจะเริ่มสูงขึ้น โดยที่ระยะเวลาสัมผัส 10 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัด 97.67 % และเมื่อค่าพีเอชเป็นกรดมากขึ้น (4-5) พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol สูงขึ้น โดยที่ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 10 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100 %

ตารางที่ 4.1 ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อไม่ใส่ผงเหล็ก (ชุดควบคุม)

เวลา (วัน)	ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำ (mg/l)					ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น	20.12	20.08	20.17	19.89	20.03	0	0	0	0	0
1	19.53 ±0.32	19.73 ±0.22	19.56 ±0.32	19.31 ±0.04	19.73 ±0.12	2.93 ± 1.57	1.74 ± 1.11	3.02 ± 1.59	2.92 ± 0.22	1.50 ± 0.60
2	19.07 ±0.28	19.07 ±0.36	19.33 ±0.39	18.85 ±0.29	19.42 ±0.26	5.22 ± 1.41	5.03 ± 1.82	4.16 ± 1.95	5.23 ± 1.48	3.05 ± 1.29
3	19.73 ±0.09	18.86 ±0.40	19.69 ±0.27	19.12 ±0.43	19.16 ±0.34	1.94 ± 0.44	6.08 ± 1.98	2.38 ± 1.36	3.87 ± 2.16	4.34 ± 1.72
4	18.89 ±0.31	19.12 ±0.34	18.74 ±0.38	18.54 ±0.35	18.91 ±0.23	6.11 ± 1.53	4.78 ± 1.71	7.09 ± 1.91	6.79 ± 1.76	5.59 ± 1.17
5	18.73 ±0.11	18.93 ±0.46	18.95 ±0.27	18.86 ±0.30	18.72 ±0.28	6.91 ± 0.54	5.73 ± 2.27	6.05 ± 1.36	5.18 ± 1.53	6.54 ± 1.41
7	19.50 ±0.28	19.51 ±0.41	19.12 ±0.27	19.25 ±0.36	18.43 ±0.62	3.08 ± 1.41	2.84 ± 2.03	5.21 ± 1.34	3.22 ± 1.80	7.99 ± 3.10
10	18.53 ±0.43	19.27 ±0.46	18.65 ±0.28	18.47 ±0.14	18.70 ±0.27	7.90 ± 2.13	4.03 ± 2.31	7.54 ± 1.36	7.14 ± 0.71	6.64 ± 1.34
15	18.25 ±0.55	18.11 ±0.42	18.53 ±0.31	17.73 ±0.48	18.47 ±0.45	9.29 ± 2.75	9.81 ± 2.10	8.13 ± 1.55	10.86 ± 2.40	7.79 ± 2.23

ตารางที่ 4.2 ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน

เวลา (วัน)	ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำ (mg/l)					ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น	20.12	20.08	20.17	19.89	20.03	0	0	0	0	0
1	7.97 ±0.28	9.37 ±0.33	11.65 ±0.17	14.74 ±0.28	17.69 ±0.12	60.39 ± 1.37	53.34 ± 1.64	42.24 ± 0.87	25.89 ± 1.40	11.68 ± 0.62
2	5.06 ±0.15	6.69 ±0.14	8.19 ±0.32	11.65 ±0.19	16.38 ±0.16	74.85 ± 0.76	66.68 ± 0.70	59.40 ± 1.57	41.43 ± 1.03	18.22 ± 0.79
3	3.09 ±0.34	4.37 ±0.24	6.46 ±0.11	8.93 ±0.33	15.63 ±0.28	84.64 ± 1.70	78.24 ± 1.20	67.97 ± 0.69	55.10 ± 1.65	21.97 ± 1.38
4	1.17 +0.25	2.71 +0.18	4.33 +0.15	7.10 +0.18	15.14 +0.18	94.18 + 1.26	86.50 + 0.88	78.53 + 0.74	64.30 + 0.89	24.41 + 0.91
5	ND -	0.99 ±0.19	2.65 ±0.28	5.64 ±0.24	14.65 ±0.23	100 ± 0.00	95.07 ± 0.96	86.86 ± 1.37	71.64 ± 1.23	26.86 ± 1.16
7	ND -	ND -	0.58 ±0.24	4.59 ±0.29	14.59 ±0.28	100 ± 0.00	100 ± 0.00	97.12 ± 1.17	76.92 ± 1.43	27.16 ± 1.38
10	ND -	ND -	ND -	3.68 ±0.33	14.33 ±0.32	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	81.50 ± 1.64	28.46 ± 1.60
15	ND -	ND -	ND -	3.48 ±0.26	14.19 ±0.07	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	82.50 ± 1.31	29.16 ± 0.35

หมายเหตุ ND = not detected. (detection limited \approx 0.10 mg/l)

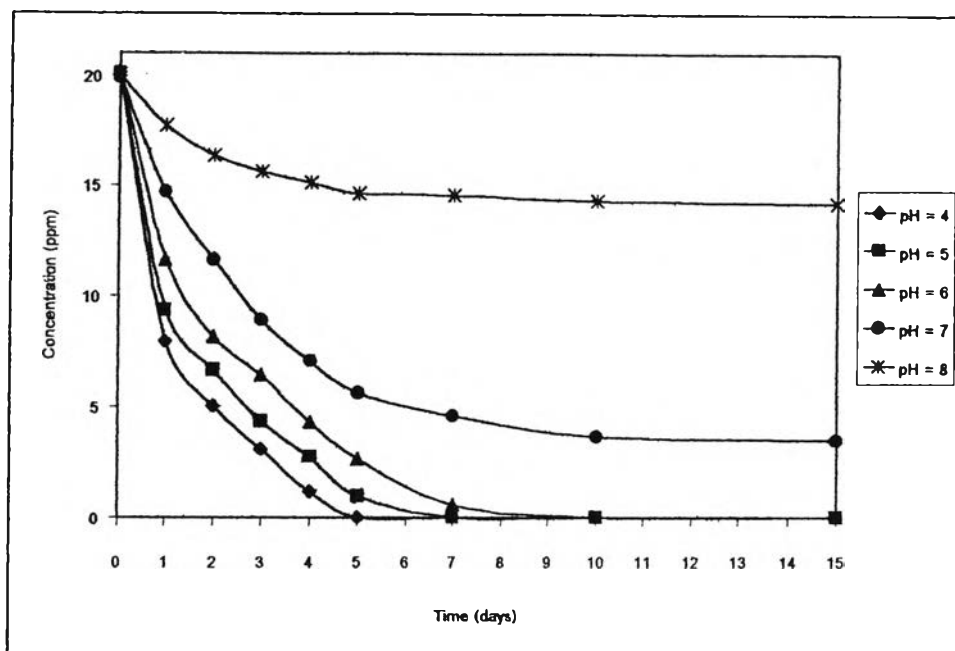
กำหนดให้ ND = 0 mg/l และถือว่าประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าประมาณ 100%

ตารางที่ 4.3 ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน

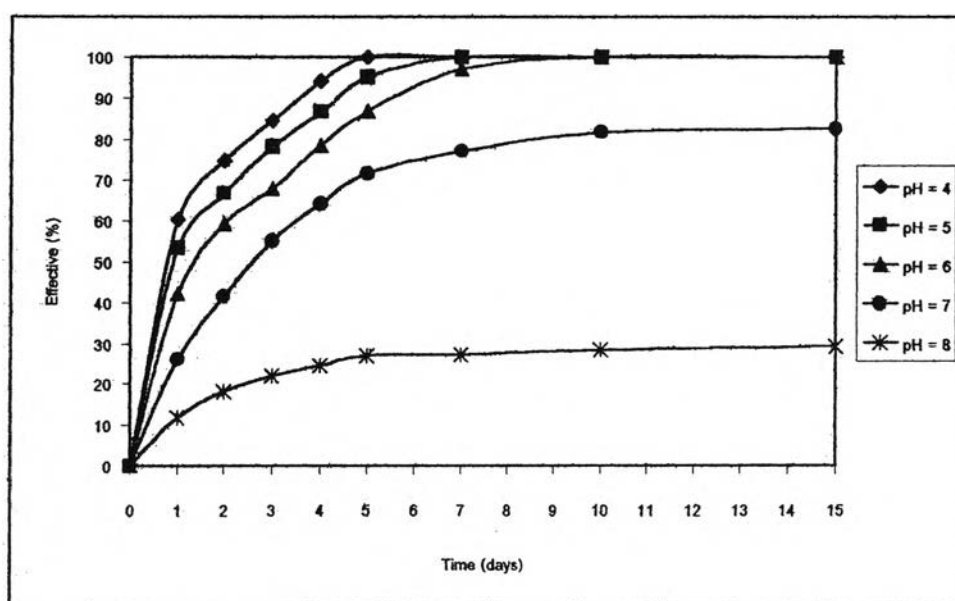
เวลา (วัน)	ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำ (mg/l)					ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น	20.12	20.08	20.17	19.89	20.03	0	0	0	0	0
1	13.69 ±0.28	15.17 ±0.11	16.07 ±0.33	17.25 ±0.23	18.68 ±0.16	31.96 ± 1.39	24.45 ± 0.56	20.33 ± 1.66	13.27 ± 1.17	6.74 ± 0.78
2	9.06 ±0.21	11.46 ±0.19	13.65 ±0.25	15.79 ±0.45	17.65 ±0.08	54.97 ± 1.02	42.93 ± 0.93	32.33 ± 1.22	20.61 ± 2.25	11.88 ± 0.38
3	6.50 +0.13	9.03 +0.31	11.59 +0.25	14.26 +0.14	16.75 +0.09	67.69 + 0.66	55.03 + 1.54	42.54 + 1.22	28.31 + 0.70	16.38 + 0.46
4	3.73 ±0.13	6.25 ±0.18	8.76 ±0.15	13.09 ±0.19	16.11 ±0.20	81.46 ± 0.63	68.87 ± 0.92	56.57 ± 0.73	34.19 ± 0.93	19.57 ± 0.98
5	1.62 ±0.11	3.91 ±0.15	6.86 ±0.05	11.59 ±0.27	15.73 ±0.23	91.95 ± 0.56	80.53 ± 0.73	65.99 ± 0.24	41.73 ± 1.37	21.47 ± 1.17
7	ND -	1.13 ±0.26	4.03 ±0.20	10.25 ±0.24	15.39 ±0.05	100 ±0.00	94.37 ± 1.29	80.02 ± 1.01	48.47 ± 1.19	23.17 ± 0.24
10	ND -	ND -	1.57 ±0.25	9.08 ±0.32	15.22 ±0.17	100 ±0.00	100 ±0.00	92.22 ± 1.23	54.35 ± 1.59	24.01 ± 0.84
15	ND -	ND -	0.47 ±0.09	8.80 ±0.23	15.09 ±0.05	100 ±0.00	100 ±0.00	97.67 ± 0.43	55.76 ± 1.16	24.66 ± 0.26

หมายเหตุ ND = not detected. (detection limited \approx 0.10 mg/l)

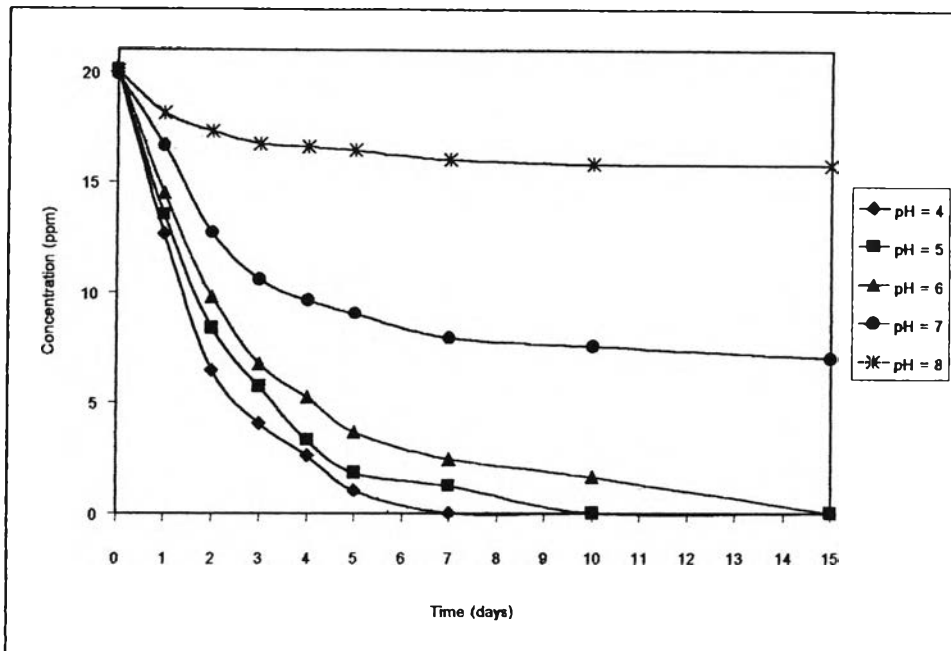
กำหนดให้ ND = 0 mg/l และถือว่าประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าประมาณ 100%



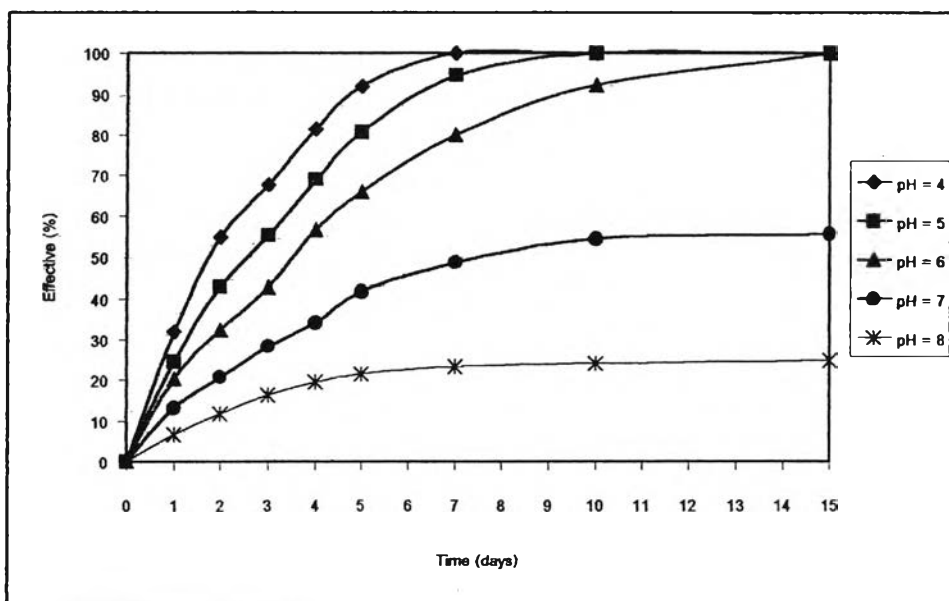
รูปที่ 4.1 แสดงความเข้มข้นของ 2-chlorophenol (ppm) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน



รูปที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน



รูปที่ 4.3 แสดงความเข้มข้นของ 2-chlorophenol (ppm) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน



รูปที่ 4.4 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน

4.1.2 การกำจัด 2,4-dichlorophenol ในน้ำ

การใช้ผงเหล็กกำจัด 2,4-dichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยเตรียมสารละลาย 2,4-dichlorophenol ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 20 mg/l ปรากฏผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.4-4.6 และกราฟแสดงปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.5-4.8 สามารถสรุปผลได้ว่า ระดับพีเอชของน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็ก โดยประสิทธิภาพในการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสภาวะที่พีเอชของน้ำเป็นกรดและมีแนวโน้มลดลงในสภาวะที่พีเอชเป็นด่าง

เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol โดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol ที่ระดับพีเอชต่างๆ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ทุกระดับพีเอช (4-8) มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระดับพีเอช 4 มีประสิทธิภาพสูงสุด ที่ระดับพีเอชเป็นด่าง (8) ผงเหล็กสามารถกำจัด 2,4-dichlorophenol ได้ต่ำมากแม้เพิ่มระยะเวลาสัมผัสนาน 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าต่ำเพียงร้อยละ 33.68 แต่เมื่อระดับพีเอชเป็นกลาง (7) ประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol จะเริ่มสูงขึ้นกว่าสภาวะที่เป็นด่าง โดยเมื่อใช้ระยะเวลาสัมผัสสูงสุด คือ 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าร้อยละ 80.47 และเมื่อระดับพีเอชเป็นกรด (4-6) พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol สูงขึ้น โดยที่ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 4 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 5 วัน และระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100 %

เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน ทุกระดับพีเอช (4-8) มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระดับพีเอช 4 มีประสิทธิภาพสูงสุด ที่ระดับพีเอชเป็นด่าง (8) ผงเหล็กสามารถกำจัด 2,4-dichlorophenol ได้ต่ำมากแม้เพิ่มระยะเวลาสัมผัสนาน 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าต่ำเพียงร้อยละ 21.68 แต่เมื่อระดับพีเอชเป็นกลาง (7) ประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol จะเริ่มสูงขึ้นกว่าสภาวะที่เป็นด่าง โดยเมื่อใช้ระยะเวลาสัมผัสสูงสุด คือ 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าร้อยละ 64.56 และเมื่อค่าพีเอชเป็นกรด พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol สูงขึ้น โดยที่ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 10 วัน และระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100 %

ตารางที่ 4.4 ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อไม่ใส่ผงเหล็ก (ชุดควบคุม)

เวลา (วัน)	ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำ					ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น	20.07	20.14	19.95	19.92	20.16	0	0	0	0	0
1	19.67 ±0.23	19.55 ±0.23	19.91 ±0.02	19.63 ±0.15	19.30 ±0.25	1.99 ± 1.14	2.93 ± 1.17	0.20 ± 0.12	1.46 ± 0.76	4.27 ± 1.26
2	19.53 ±0.22	18.97 ±0.34	19.54 ±0.26	19.14 ±0.14	19.73 ±0.20	2.69 ± 1.11	5.81 ± 1.71	2.06 ± 1.28	3.92 ± 0.69	2.13 ± 0.97
3	19.28 +0.15	19.53 +0.34	19.65 +0.13	19.42 +0.31	19.46 +0.34	3.94 + 0.96	3.03 + 1.69	1.50 + 0.66	2.51 + 1.55	3.47 + 1.68
4	18.72 ±0.54	19.08 ±0.18	18.86 ±0.48	19.33 ±0.23	19.09 ±0.51	6.73 ± 2.71	5.26 ± 0.89	5.46 ± 2.13	2.96 ± 1.15	5.31 ± 2.52
5	19.35 ±0.45	18.75 ±0.65	19.27 ±0.24	19.28 ±0.42	19.65 ±0.30	3.59 ± 2.25	6.90 ± 3.25	3.41 ± 1.21	3.21 ± 2.10	2.53 ± 1.48
7	19.00 ±0.43	19.27 ±0.48	18.99 ±0.47	19.46 ±0.50	18.92 ±0.35	5.33 ± 2.12	4.32 ± 2.37	4.81 ± 2.36	2.31 ± 2.51	6.15 ± 1.75
10	19.09 ±0.29	18.66 ±0.37	19.16 ±0.30	18.92 ±0.39	18.79 ±0.30	4.88 ± 1.45	7.35 ± 1.83	3.96 ± 1.49	5.02 ± 1.97	6.80 ± 1.48
15	18.91 ±0.32	19.09 ±0.42	18.63 ±0.50	18.50 ±0.30	19.16 ±0.24	5.78 ± 1.60	5.21 ± 2.10	6.62 ± 2.50	7.13 ± 1.49	4.96 ± 1.20

ตารางที่ 4.5 ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน

เวลา (วัน)	ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำ (mg/l)					ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น	20.07	20.14	19.95	19.92	20.16	0	0	0	0	0
1	5.35 ±0.17	6.97 ±0.30	8.59 ±0.30	13.97 ±0.26	16.85 ±0.31	73.69 ± 1.42	65.39 ± 1.50	56.94 ± 1.51	29.87 ± 1.28	16.42 ± 1.55
2	2.35 ±0.35	4.21 ±0.14	5.51 ±0.09	9.53 ±0.13	15.52 ±0.29	88.29 ± 1.75	79.10 ± 0.70	72.93 ± 1.14	52.16 ± 0.63	23.02 ± 1.42
3	0.89 +0.12	2.15 +0.34	3.00 +0.27	7.17 +0.20	14.73 +0.31	95.55 + 0.59	89.32 + 1.69	84.96 + 1.37	64.01 + 1.03	26.93 + 1.54
4	ND -	1.23 ±0.15	1.85 ±0.22	6.32 ±0.32	14.17 ±0.28	100 ±0.00	93.89 ± 0.73	90.73 ± 1.11	68.27 ± 1.62	29.71 ± 1.37
5	ND -	ND -	1.13 ±0.24	5.28 ±0.16	13.86 ±0.29	100 ±0.00	100 ±0.00	94.34 ± 1.21	73.49 ± 0.80	31.25 ± 1.46
7	ND -	ND -	ND -	4.43 ±0.25	13.73 ±0.36	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	77.76 ± 1.25	31.89 ± 1.80
10	ND -	ND -	ND -	4.19 ±0.17	13.51 ±0.11	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	78.97 ± 0.86	32.99 ± 0.55
15	ND -	ND -	ND -	3.89 ±0.15	13.37 ±0.18	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	80.47 ± 0.78	33.68 ± 0.88

หมายเหตุ ND = not detected. (detection limited \approx 0.20 mg/l)

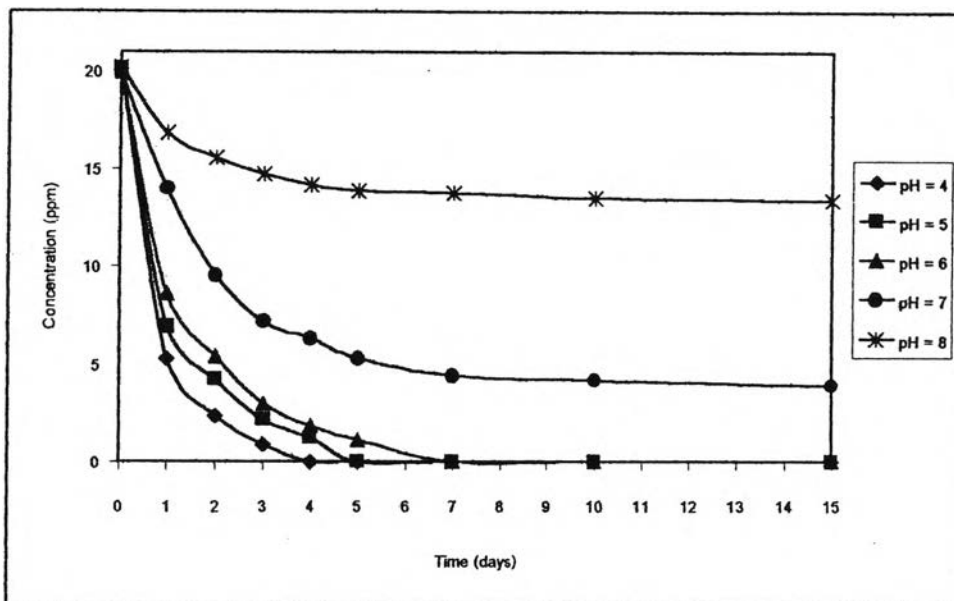
กำหนดให้ ND = 0 mg/l และถือว่าประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าประมาณ 100%

ตารางที่ 4.6 ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน

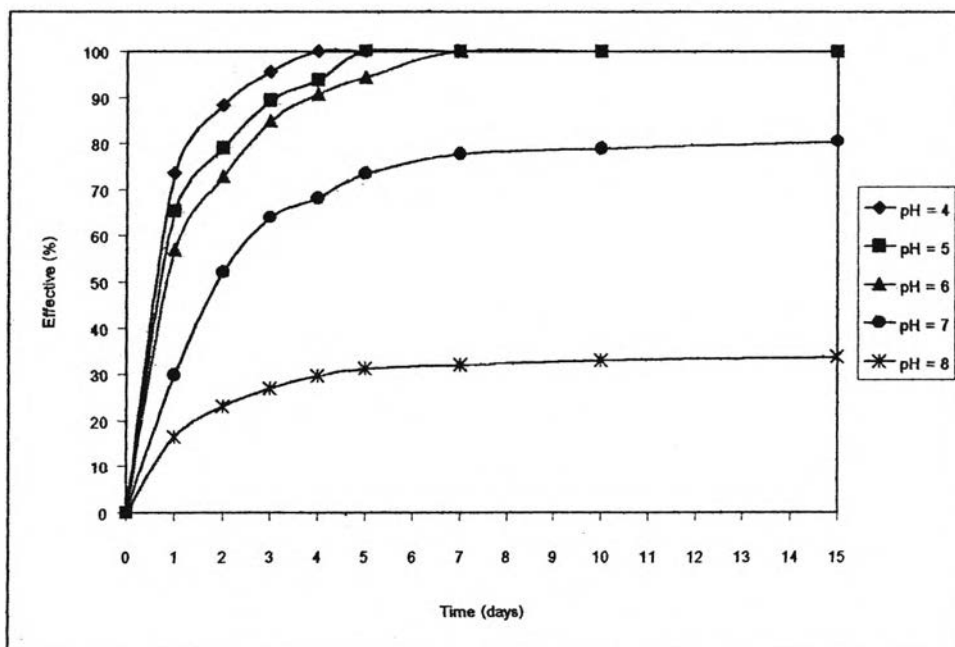
เวลา (วัน)	ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำ (mg/l)					ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น	20.07	20.14	19.95	19.92	20.16	0	0	0	0	0
1	12.65 ±0.26	13.66 ±0.36	14.50 ±0.25	16.65 ±0.22	18.13 ±0.19	36.97 ± 1.29	32.18 ± 1.76	27.32 ± 1.25	16.42 ± 1.11	10.07 ± 0.94
2	6.48 ±0.21	8.48 ±0.31	9.81 ±0.33	12.71 ±0.38	17.29 ±0.18	67.71 ± 1.06	57.89 ± 1.54	50.83 ± 1.64	36.19 ± 1.92	14.24 ± 0.92
3	4.05 +0.32	5.79 +0.37	6.74 +0.17	10.60 +0.31	16.73 +0.14	79.82 + 1.60	71.23 + 1.85	66.22 + 0.84	46.79 + 1.54	17.01 + 0.68
4	2.59 ±0.30	3.34 ±0.25	5.23 ±0.24	9.65 ±0.12	16.61 ±0.08	87.10 ± 1.49	83.41 ± 1.23	73.78 ± 1.22	51.56 ± 0.58	17.61 ± 0.38
5	1.00 ±0.24	1.86 ±0.26	3.68 ±0.16	9.04 ±0.25	16.44 ±0.17	95.02 ± 1.20	90.78 ± 1.29	81.55 ± 0.80	54.62 ± 1.27	18.45 ± 0.82
7	ND -	1.24 ±0.18	2.45 ±0.25	7.93 ±0.41	16.05 ±0.24	100 ± 0.00	93.83 ± 0.88	87.72 ± 1.26	60.19 ± 2.05	20.39 ± 1.18
10	ND -	ND -	1.62 ±0.30	7.57 ±0.22	15.83 ±0.24	100 ± 0.00	100 ± 0.00	91.88 ± 1.49	62.00 ± 1.08	21.48 ± 1.20
15	ND -	ND -	ND -	7.06 ±0.24	15.79 ±0.27	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	64.56 ± 1.19	21.68 ± 1.36

หมายเหตุ ND = not detected. (detection limited \approx 0.20 mg/l)

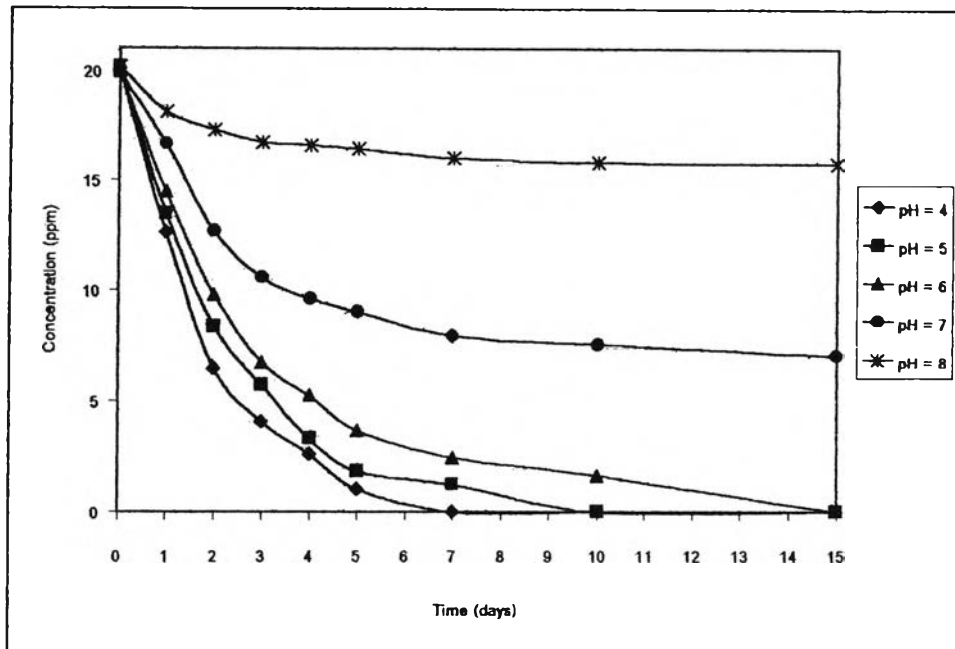
กำหนดให้ ND = 0 mg/l และถือว่าประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าประมาณ 100%



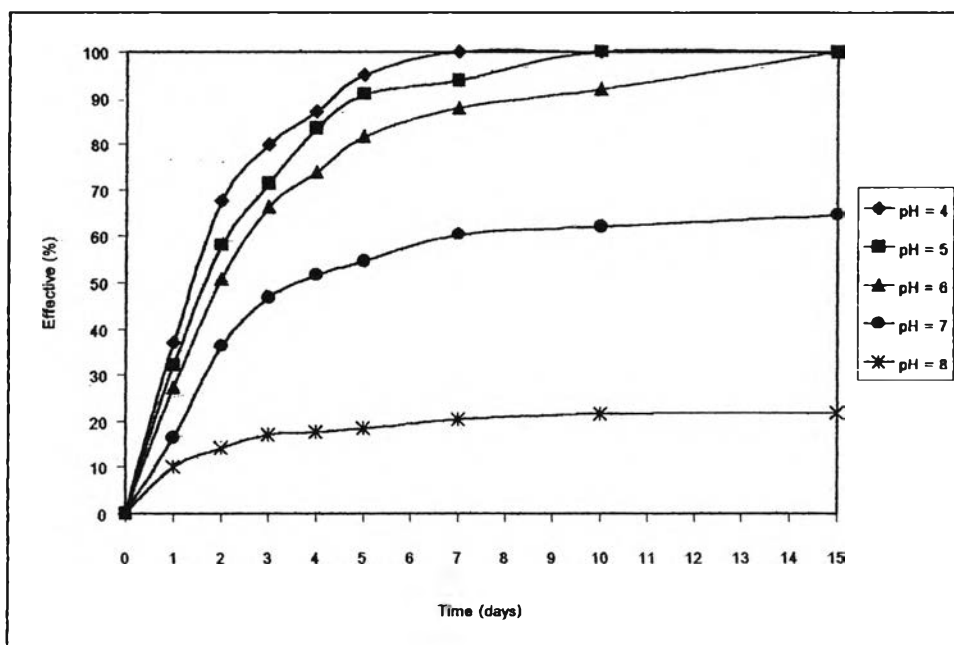
รูปที่ 4.5 แสดงความเข้มข้นของ 2,4-dichlorophenol (ppm) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน



รูปที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน



รูปที่ 4.7 แสดงความเข้มข้นของ 2,4-dichlorophenol (ppm) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน



รูปที่ 4.8 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน

4.1.3 การกำจัด 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำ

การใช้ผงเหล็กกำจัด 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำ โดยเตรียมสารละลาย 2,4,6-trichlorophenol ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 20 mg/l ปรากฏผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.7-4.9 และกราฟแสดงปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.9-4.12 สามารถสรุปผลได้ว่า ระดับพีเอชของน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol โดยประสิทธิภาพในการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสภาวะที่พีเอชของน้ำเป็นกรดและมีแนวโน้มลดลงในสภาวะที่พีเอชเป็นด่าง

เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol โดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol ที่ระดับพีเอชต่างๆ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ทุกระดับพีเอช (4-8) มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระดับพีเอช 4 มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยที่ระดับพีเอชเป็นด่าง (8) ผงเหล็กสามารถกำจัด 2,4,6-trichlorophenol ได้ต่ำมากแม้เพิ่มระยะเวลาสัมผัสนาน 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าต่ำเพียงร้อยละ 44.59 แต่เมื่อระดับพีเอช เป็นกลาง (7) ประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol จะเริ่มสูงขึ้นกว่าสภาวะที่เป็นด่าง โดยเมื่อใช้ระยะเวลาสัมผัสสูงสุด คือ 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าร้อยละ 81.71 และเมื่อระดับพีเอชเป็นกรด (4-6) พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol สูงขึ้น โดยที่ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 4 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 5 วัน และระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100 %

เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน ทุกระดับพีเอช (4-8) มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระดับพีเอช 4 มีประสิทธิภาพสูงสุด ที่ระดับพีเอชเป็นด่าง (8) ผงเหล็กสามารถกำจัด 2,4,6-trichlorophenol ได้ต่ำมากแม้เพิ่มระยะเวลาสัมผัสนาน 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าต่ำเพียงร้อยละ 33.72 แต่เมื่อระดับพีเอชเป็นกลาง (7) ประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol จะเริ่มสูงขึ้นกว่าสภาวะที่เป็นด่าง โดยเมื่อใช้ระยะเวลาสัมผัสสูงสุด คือ 15 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าร้อยละ 60.19 และเมื่อค่าพีเอชเป็นกรด (4-6) พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol สูงขึ้น โดยที่ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน และระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 10 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100%

ตารางที่ 4.7 ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อไม่ใส่ผงเหล็ก (ชุดควบคุม)

เวลา (วัน)	ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำ (mg/l)					ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น	20.11	19.98	20.15	20.07	20.05	0	0	0	0	0
1	19.56 ±0.13	19.54 ±0.20	19.52 ±0.31	19.22 ±0.52	19.45 ±0.24	2.73 ± 0.66	2.20 ± 1.01	3.13 ± 1.53	4.24 ± 2.58	2.99 ± 1.21
2	19.13 ±0.17	19.16 ±0.47	18.91 ±0.50	19.63 ±0.34	19.60 ±0.23	4.87 ± 0.87	4.10 ± 2.37	6.15 ± 2.49	2.19 ± 1.71	2.24 ± 1.14
3	18.95 ±0.39	19.67 ±0.21	19.16 ±0.30	19.54 ±0.22	19.35 ±0.31	5.77 ± 1.92	1.55 ± 1.08	4.91 ± 1.51	2.64 ± 1.09	3.49 ± 1.55
4	19.40 ±0.46	19.32 ± 36	18.74 ±0.32	19.06 ±0.33	19.31 ±0.37	3.53 ± 2.28	3.30 ± 1.82	7.00 ± 1.58	5.03 ± 1.65	3.69 ± 1.84
5	19.18 ±0.43	19.04 ±0.59	19.31 ±0.27	18.83 ±0.31	18.86 ±0.33	4.62 ± 2.14	4.70 ± 2.93	4.17 ± 1.36	6.18 ± 1.54	5.94 ± 1.67
7	18.55 ±0.57	19.41 ±0.25	18.93 ±0.18	19.47 ±0.38	18.60 ±0.40	7.76 ± 2.85	2.85 ± 1.27	6.05 ± 0.87	2.99 ± 1.91	7.23 ± 1.98
10	18.92 ±0.37	18.93 ±0.30	18.85 ±0.33	18.60 ±0.19	19.43 ±0.12	5.92 ± 1.85	5.26 ± 1.49	6.45 ± 1.65	7.32 ± 0.95	3.09 ± 0.58
15	19.14 ±0.27	19.27 ±0.48	19.06 ±0.55	19.01 ±0.23	18.74 ±0.19	4.82 ± 1.35	3.55 ± 2.39	5.41 ± 2.71	5.28 ± 1.15	6.53 ± 0.95

ตารางที่ 4.8 ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน

เวลา (วัน)	ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำ (mg/l)					ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น	20.11	19.98	20.15	20.07	20.05	0	0	0	0	0
1	3.88 ±0.38	5.35 ±0.33	7.86 ±0.38	13.46 ±0.41	16.77 ±0.19	80.71 ± 1.89	73.22 ± 1.67	60.99 ± 1.91	32.93 ± 2.04	16.36 ± 0.97
2	1.63 ±0.24	3.03 ±0.26	5.09 ±0.31	11.17 ±0.35	16.02 ±0.29	91.89 ± 1.19	84.83 ± 1.32	74.74 ± 1.56	44.34 ± 1.74	20.10 ± 1.46
3	0.42 ±0.12	1.71 ±0.23	3.85 ±0.43	8.56 ±0.29	14.13 ±0.16	97.91 ± 0.59	91.44 ± 1.13	80.89 ± 2.15	57.35 ± 1.42	29.53 ± 0.78
4	ND -	0.31 ±0.14	2.53 ±0.37	7.30 ±0.42	13.59 ±0.26	100 ± 0.00	98.45 ± 0.70	87.44 ± 1.82	63.63 ± 2.09	32.22 ± 1.28
5	ND -	ND -	1.05 ±0.22	5.72 ±0.39	12.49 ±0.13	100 ± 0.00	100 ± 0.00	94.79 ± 1.08	71.50 ± 1.95	37.71 ± 0.63
7	ND -	ND -	ND -	5.10 ±0.18	11.98 ±0.38	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	74.59 ± 0.88	40.25 ± 1.88
10	ND -	ND -	ND -	3.99 ±0.37	11.34 ±0.33	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	80.12 ± 1.83	43.44 ± 1.66
15	ND -	ND -	ND -	3.67 ±0.26	11.11 ±0.39	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	81.71 ± 2.41	44.59 ± 1.95

หมายเหตุ ND = not detected. (detection limited \approx 0.20 mg/l)

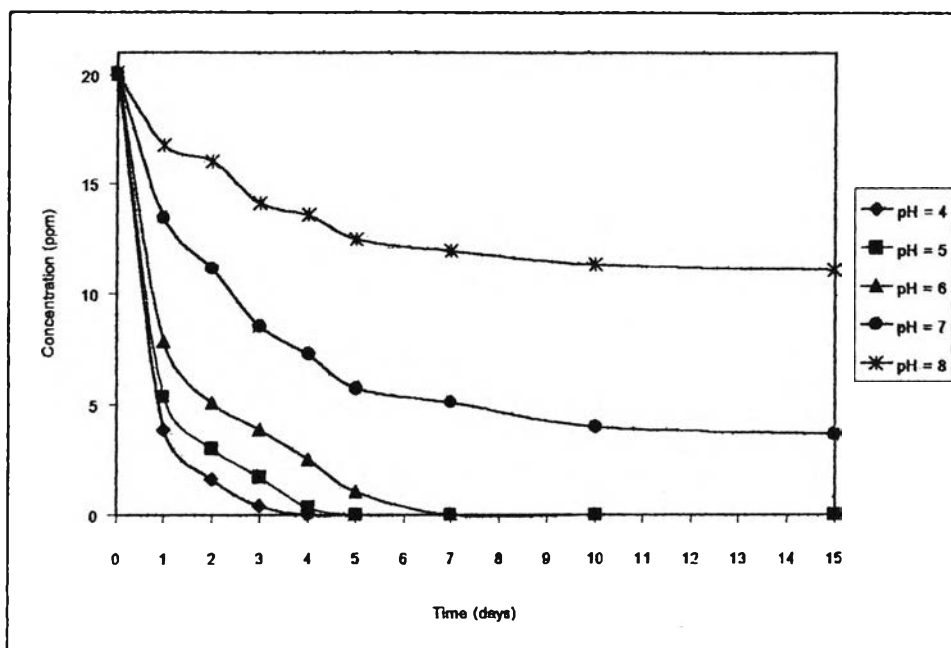
กำหนดให้ ND = 0 mg/l และถือว่าประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าประมาณ 100%

ตารางที่ 4.9 ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน

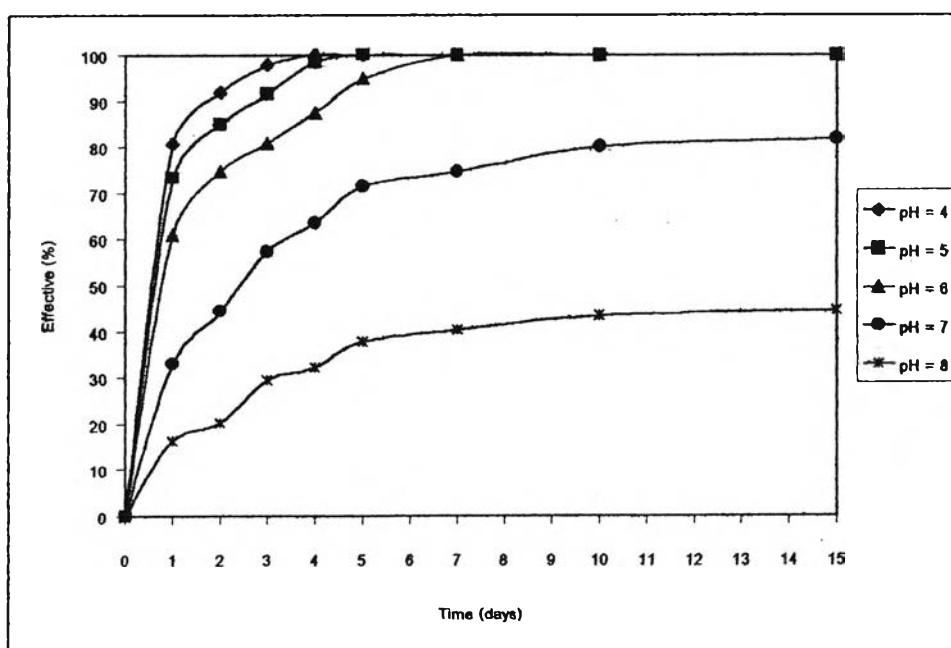
เวลา (วัน)	ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำ (mg/l)					ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)				
	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8
เริ่มต้น	20.11	19.98	20.15	20.07	20.05	0	0	0	0	0
1	8.47 ±0.51	10.99 ±0.37	13.16 ±0.34	15.41 ±0.51	17.93 ±0.13	57.88 ± 2.52	44.99 ± 1.83	34.69 ± 1.67	23.22 ± 2.54	10.57 ± 0.64
2	4.83 ±0.37	7.50 ±0.35	8.52 ±0.28	13.77 ±0.53	16.59 ±0.29	75.98 ± 1.83	62.46 ± 1.74	57.72 ± 1.41	31.39 ± 2.64	17.26 ± 1.46
3	2.63 ±0.33	4.97 ±0.47	5.93 ±0.11	12.03 ±0.49	16.21 ±0.32	86.92 ± 1.63	75.13 ± 2.33	70.57 ± 0.56	40.06 ± 2.44	19.15 ± 1.60
4	1.75 ±0.36	2.89 ±0.29	4.84 ±0.59	11.27 ±0.24	14.66 ±0.31	91.30 ± 1.80	85.54 ± 1.46	75.98 ± 2.93	43.85 ± 1.18	26.88 ± 1.54
5	0.91 ±0.32	1.79 ±0.31	3.14 ±0.36	10.28 ±0.21	14.09 ±0.15	95.47 ± 1.57	91.04 ± 1.56	84.42 ± 1.78	48.78 ± 1.03	29.73 ± 0.74
7	ND -	ND -	1.33 ±0.31	9.19 ±0.54	13.78 ±0.32	100 ±0.00	100 ±0.00	93.40 ± 1.55	54.21 ± 2.70	31.27 ± 1.59
10	ND -	ND -	ND -	8.69 ±0.15	13.47 ±0.44	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	56.70 ± 0.75	32.82 ± 2.18
15	ND -	ND -	ND -	7.99 ±0.52	13.29 ±0.20	100 ±0.00	100 ±0.00	100 ±0.00	60.19 ± 2.60	33.72 ± 1.02

หมายเหตุ ND = not detected. (detection limited \approx 0.20 mg/l)

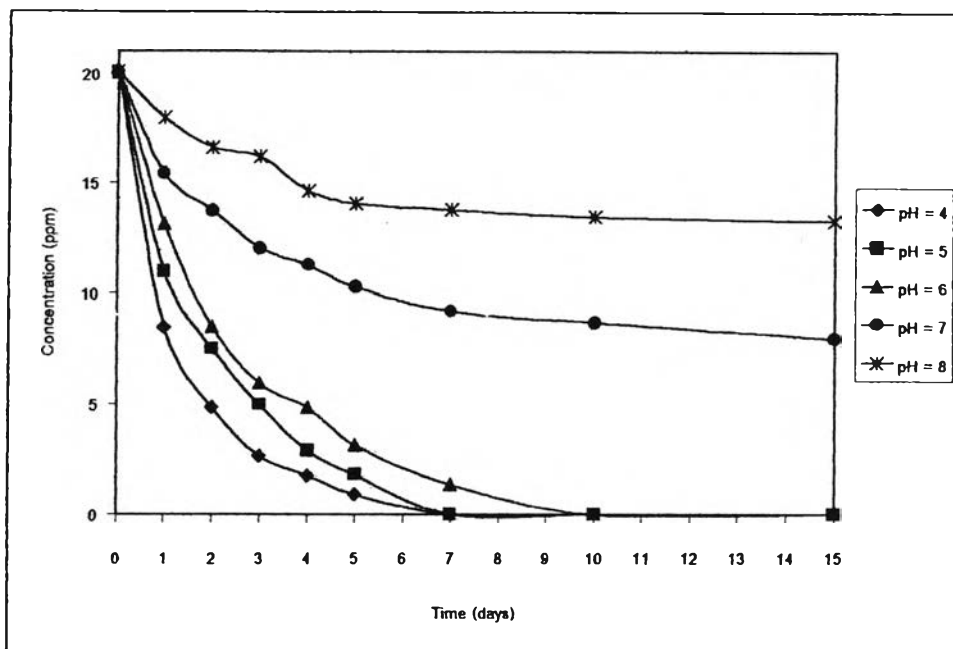
กำหนดให้ ND = 0 mg/l และถือว่าประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าประมาณ 100%



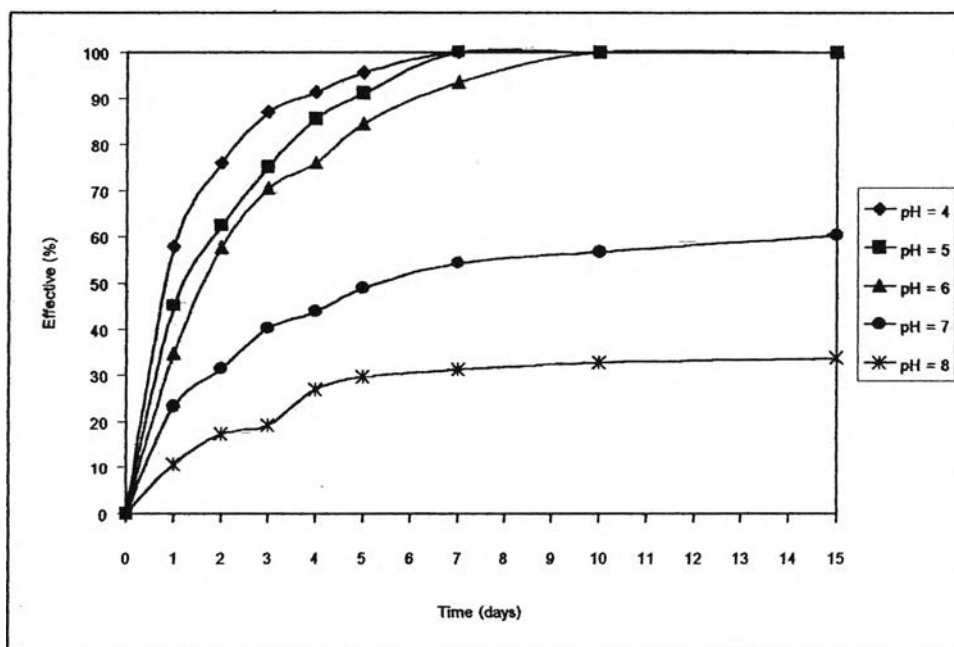
รูปที่ 4.9 แสดงความเข้มข้นของ 2,4,6-trichlorophenol (ppm) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน



รูปที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน



รูปที่ 4.11 แสดงความเข้มข้นของ 2,4,6-trichlorophenol (ppm) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน



รูปที่ 4.12 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน

4.2 การศึกษาระยะเวลาสัมผัส (Contact time) ที่เหมาะสม

ผลการทดลองการศึกษากำจัดสารประกอบคลอรีน 3 ชนิด ได้แก่ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ผงเหล็ก 2 ขนาด คือ ขนาด 10 และ 150 ไมครอน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 การกำจัด 2-chlorophenol ในน้ำ

การใช้ผงเหล็กกำจัด 2-chlorophenol ในน้ำ โดยเตรียมสารละลาย 2-chlorophenol ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ ปรากฏผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1-4.3 และกราฟแสดงปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.1-4.4 สามารถสรุปผลได้ว่า ระยะเวลาสัมผัสมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็ก โดยประสิทธิภาพในการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาสัมผัสมากขึ้น แต่ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการกำจัดยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ระดับพีเอช และขนาดอนุภาคของผงเหล็ก เช่นกัน

เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol โดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol ที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ทุกระยะเวลาสัมผัส ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลาสัมผัสน้อยที่สุดของแต่ละระดับพีเอชที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัด คือ ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 5 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน, ระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 10 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100% ส่วนระดับพีเอช 7 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน และระดับพีเอช 8 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพียง 82.50 และ 29.16 % ตามลำดับ

เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน ทุกระยะเวลาสัมผัส ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลาสัมผัสน้อยที่สุดของแต่ละระดับพีเอชที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัด คือ ระดับพีเอช 4

ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 10 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100 % ส่วนระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 10 วัน, ระดับพีเอช 7 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน และระดับพีเอช 8 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพียง 97.67, 55.76 และ 24.66 % ตามลำดับ

4.2.2 การกำจัด 2,4-dichlorophenol ในน้ำ

การใช้ผงเหล็กกำจัด 2,4-dichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยเตรียมสารละลาย 2,4-dichlorophenol ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ ปรากฏผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.4-4.6 และกราฟแสดงปริมาณ 2,4-dichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.5-4.8 สามารถสรุปผลได้ว่า ระยะเวลาสัมผัสมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็ก โดยประสิทธิภาพในการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาสัมผัสมากขึ้น แต่ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการกำจัดยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ระดับพีเอช และขนาดอนุภาคของผงเหล็ก เช่นกัน

เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol โดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol ที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ทุกระยะเวลาสัมผัส ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลาสัมผัสน้อยที่สุดของแต่ละระดับพีเอชที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัด คือ ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 4 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 5 วัน, ระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100% ส่วนระดับพีเอช 7 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน และระดับพีเอช 8 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพียง 80.47 และ 33.68% ตามลำดับ

เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน ทุกระยะเวลาสัมผัส ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลาสัมผัสน้อยที่สุดของแต่ละระดับพีเอชที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัด คือ ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 10 วัน, ระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100 % ส่วนระดับพีเอช 7 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน และระดับพีเอช 8 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพียง 64.56 และ 21.68% ตามลำดับ

4.2.3 การกำจัด 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำ

การใช้ผงเหล็กกำจัด 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยเตรียมสารละลาย 2,4,6-trichlorophenol ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ ปรากฏผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.7-4.9 และกราฟแสดงปริมาณ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.9-4.12 สามารถสรุปผลได้ว่า ระยะเวลาสัมผัสมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็ก โดยประสิทธิภาพในการกำจัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาสัมผัสมากขึ้น แต่ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการกำจัดยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ระดับพีเอช และขนาดอนุภาคของผงเหล็ก เช่นกัน

เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol โดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol ที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ทุกระยะเวลาสัมผัส ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลาสัมผัสน้อยที่สุดของแต่ละระดับพีเอชที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัด คือ ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 4 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 5 วัน, ระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100 % ส่วนระดับพีเอช 7 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน และระดับพีเอช 8 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพียง 81.71 และ 44.59% ตามลำดับ

เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน ทุกระยะเวลาสัมผัส ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะเวลาสัมผัสน้อยที่สุดของแต่ละระดับพีเอชที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัด คือ ระดับพีเอช 4 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน, ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัส 7 วัน, ระดับพีเอช 6 ระยะเวลาสัมผัส 10 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงประมาณ 100 % ส่วนระดับพีเอช 7 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน และระดับพีเอช 8 ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพียง 60.19 และ 33.72% ตามลำดับ

4.3 การศึกษาขนาดอนุภาคที่เหมาะสม

ผลการทดลองการศึกษาการกำจัดสารประกอบคลอโรฟินอล 3 ชนิด ได้แก่ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ผงเหล็ก 2 ขนาด คือ ขนาด 10 และ 150 ไมครอน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.3.1 การกำจัด 2-chlorophenol ในน้ำ

การใช้ผงเหล็กกำจัด 2-chlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยเตรียมสารละลาย 2-chlorophenol ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับเปลี่ยนระดับพีเอช 5 ระดับ คือ 4, 5, 6, 7 และ 8 ศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ และใช้ขนาดผงเหล็ก 2 ขนาด คือ 10 และ 150 ไมครอน กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็ก ขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.13-4.17

เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol โดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า เมื่อใช้ผงเหล็ก ขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ระดับพีเอช คือ 4, 5, 6, 7 และ 8 และที่ระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอนุภาคขนาดเล็ก คือ ขนาด 10 ไมครอน ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่า เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กมีพื้นที่ผิว (surface area) มากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่

4.3.2 การกำจัด 2,4-dichlorophenol ในน้ำ

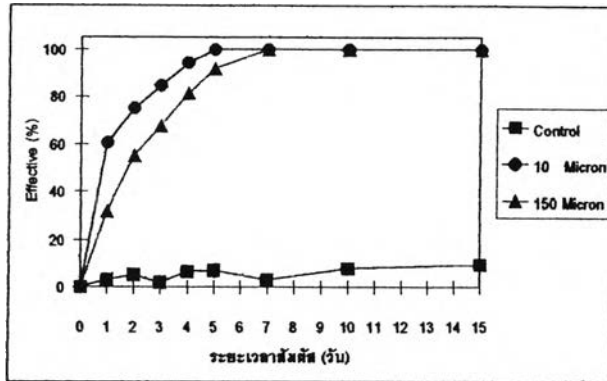
การใช้ผงเหล็กกำจัด 2,4-dichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยเตรียมสารละลาย 2-chlorophenol ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับเปลี่ยนระดับพีเอช 5 ระดับ คือ 4, 5, 6, 7 และ 8 ศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ และใช้ขนาดผงเหล็ก 2 ขนาด คือ 10 และ 150 ไมครอน กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็ก ขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.18-4.22

เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol โดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า เมื่อใช้ผงเหล็ก ขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ระดับพีเอช คือ 4, 5, 6, 7 และ 8 และที่ระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอนุภาคขนาดเล็ก คือ ขนาด 10 ไมครอน ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่า เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กมีพื้นที่ผิว (surface area) มากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่

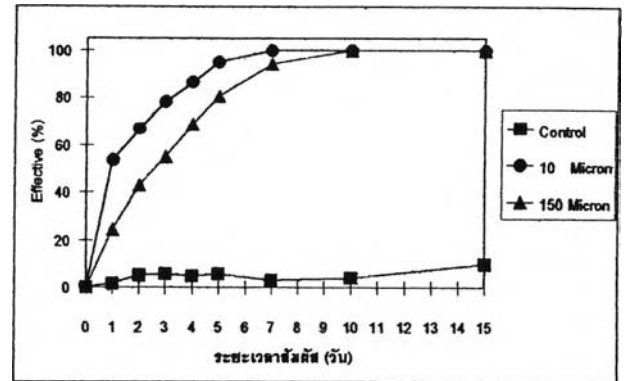
4.3.3 การกำจัด 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำ

การใช้ผงเหล็กกำจัด 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยเตรียมสารละลาย 2,4,6-trichlorophenol ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับเปลี่ยนระดับพีเอช 5 ระดับ คือ 4, 5, 6, 7 และ 8 ศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ และใช้อุณหภูมิผงเหล็ก 2 ขนาด คือ 10 และ 150 ไมครอน กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็ก ขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ดังแสดงรายละเอียด ในรูปที่ 4.23-4.27

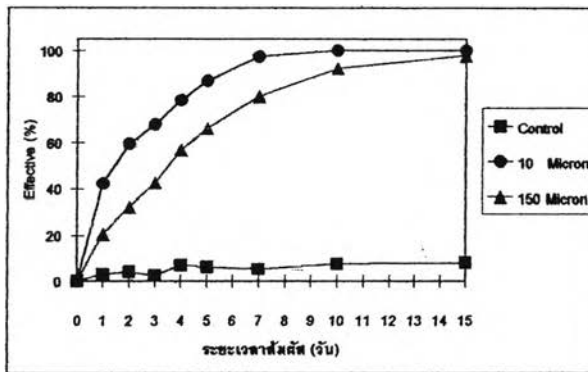
เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol โดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า เมื่อใช้ผงเหล็ก ขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ระดับพีเอช คือ 4, 5, 6, 7 และ 8 และที่ระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอนุภาคขนาดเล็ก คือ ขนาด 10 ไมครอน ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่า เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กมีพื้นที่ผิว (surface area) มากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่



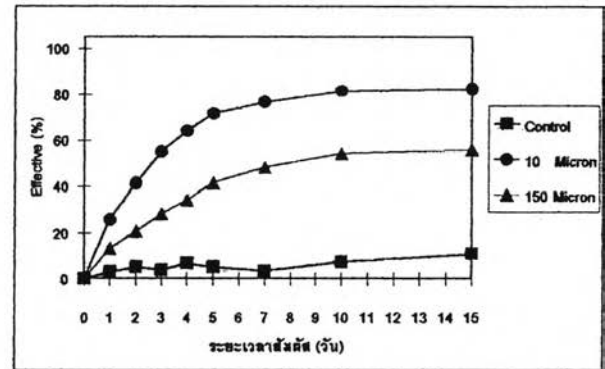
รูปที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ pH.4



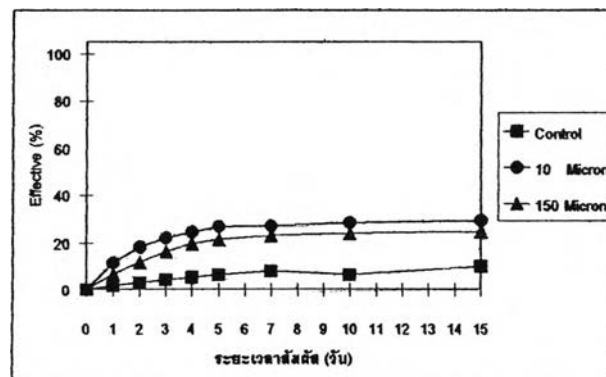
รูปที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ pH.5



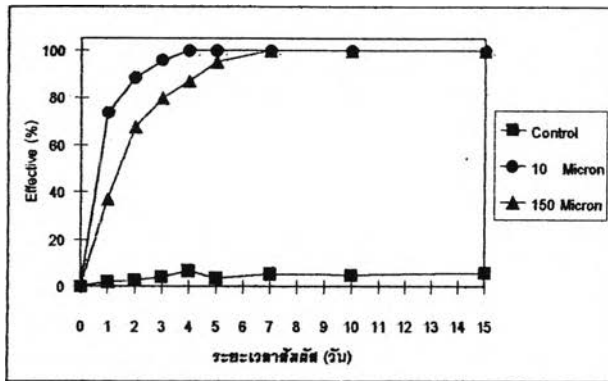
รูปที่ 4.15 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ pH.6



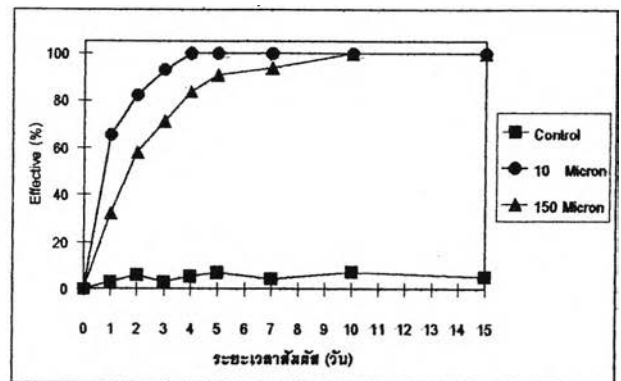
รูปที่ 4.16 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ pH.7



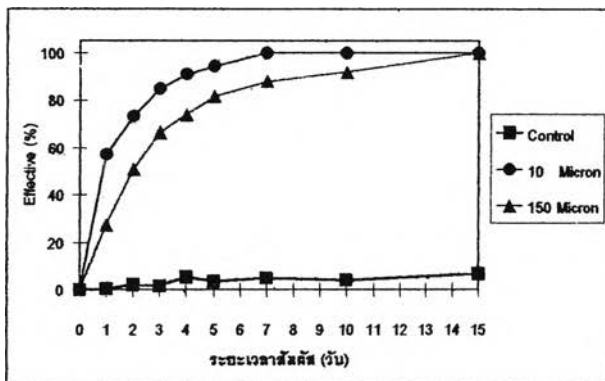
รูปที่ 4.17 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 และ 150 ไมครอน ที่ pH.8



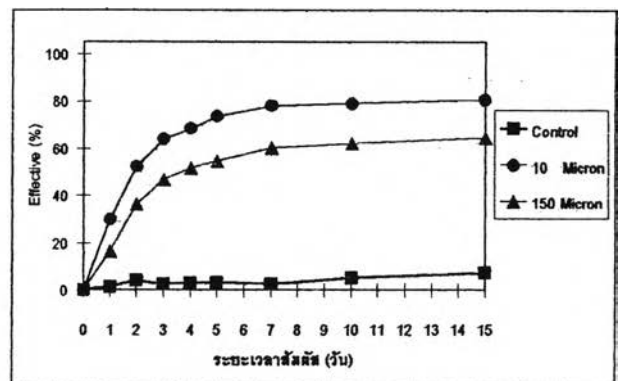
รูปที่ 4.18 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.4



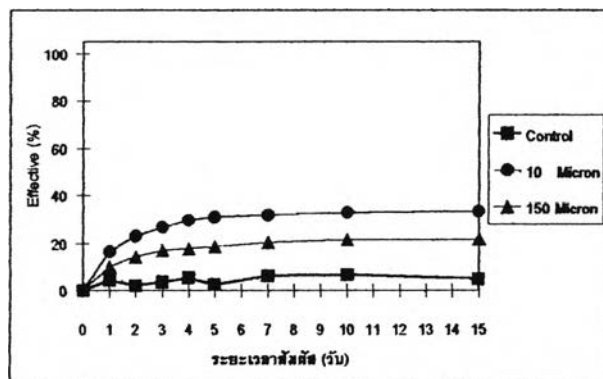
รูปที่ 4.19 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.5



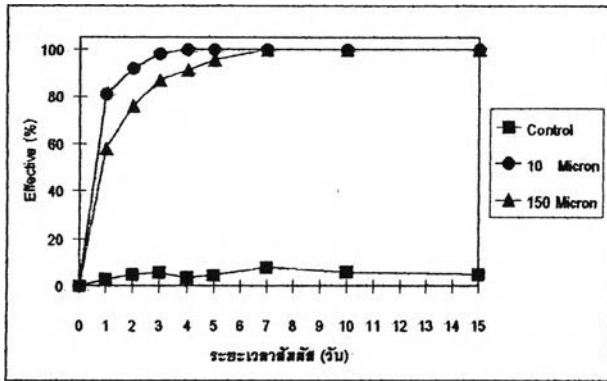
รูปที่ 4.20 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.6



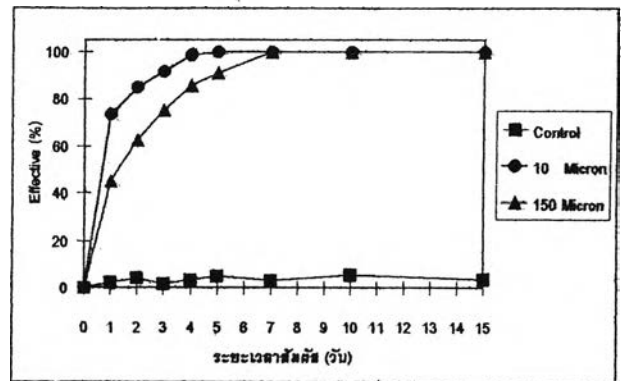
รูปที่ 4.21 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.7



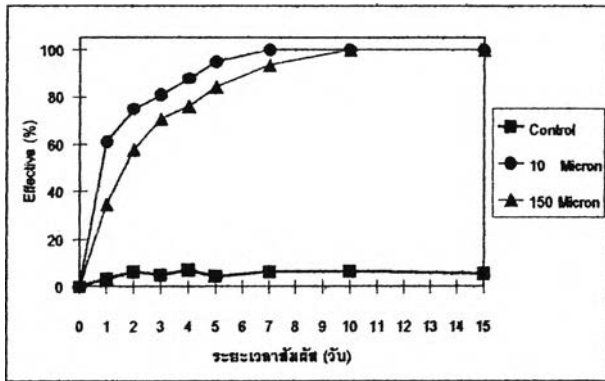
รูปที่ 4.22 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.8



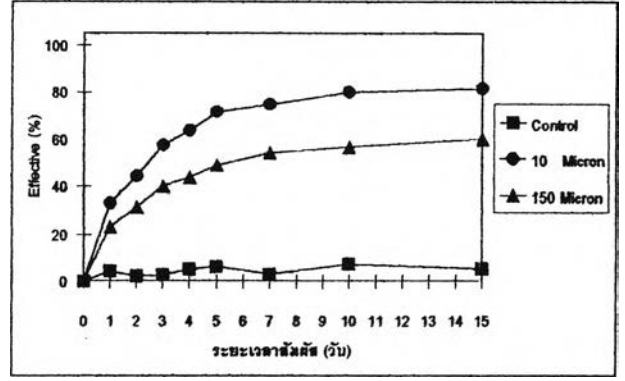
รูปที่ 4.23 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.4



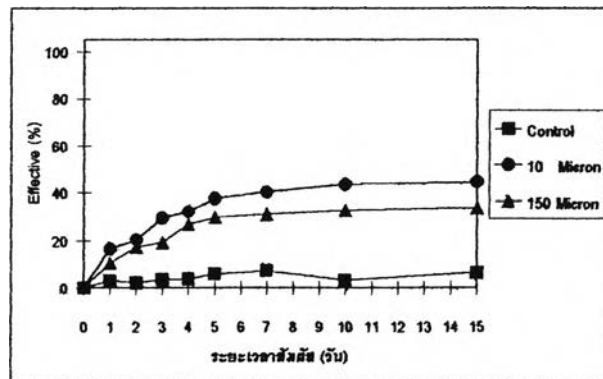
รูปที่ 4.24 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.5



รูปที่ 4.25 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.6



รูปที่ 4.26 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.7



รูปที่ 4.27 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10และ150 ไมครอน ที่ pH.8

4.4 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอริเนเตดฟีนอล โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ

ตัวอย่างน้ำเสียที่ใช้ทำการศึกษาเป็นน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษแห่งหนึ่ง โดยวิธีเก็บแบบจ้วง (grab sampling) เพราะน้ำเสียมีลักษณะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และควบคุมอุณหภูมิไว้ประมาณ 10 °C ก่อนนำมาทำการทดลอง โดยสภาวะที่ใช้บำบัดจะเลือกใช้สภาวะต่าง ๆ ที่ศึกษาจากขั้นตอนการหาสภาวะที่เหมาะสมแล้วว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุด คือ ใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน, ระดับพีเอช 4 และระยะเวลาสัมผัสในช่วง 15 วัน แล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบคลอริเนเตดฟีนอลของตัวอย่างก่อน และหลังทำการทดลองสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้ คือ

4.4.1 การนำน้ำเสียที่เก็บมาได้มาหาปริมาณสารประกอบคลอริเนเตดฟีนอลที่ศึกษาทั้ง 3 ชนิด คือ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ปรากฏว่าพบพิกของสารบางชนิดที่อยู่ในช่วง retention time ใกล้เคียงกับสารที่ศึกษา จึงทำการยืนยันพิกที่พบว่าเป็นสารที่ศึกษาจริง ๆ โดยการเติมสารมาตรฐานความเข้มข้น 100 ส่วนในล้านส่วนลงไปครั้งละ 1 ชนิด พบว่า พิกที่พบในน้ำเสียจากโรงงานไม่ใช่สารประกอบคลอโรฟีนอลทั้ง 3 ชนิด เพราะหลังจากเติมสารมาตรฐานครั้งละ 1 ชนิดลงไปแล้วพื้นที่พิกสงสัยปริมาณไม่เพิ่มขึ้น ซึ่งการไม่พบพิกสารศึกษาสามารถอธิบายได้ 2 สาเหตุ คือ ไม่มีสารที่ศึกษาในน้ำทิ้ง หรือความเข้มข้นของสารที่ศึกษามีน้อยกว่าช่วง detection limits ที่เครื่องมือจะตรวจพบได้ (โดยเครื่องมือที่ใช้ในสามารถตรวจพบปริมาณต่ำสุดได้ประมาณ 0.10 ส่วนในล้านส่วน(ppm.) เท่านั้น)

4.4.2 การเติมสารมาตรฐานคลอริเนเตดฟีนอลทั้ง 3 ชนิด คือ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ลงไปในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ เพื่อเป็นการทดลองว่าถ้ามีสารประกอบคลอริเนเตดฟีนอลที่ศึกษาทั้ง 3 ชนิดในสภาวะจริงผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดจะเป็นอย่างไร โดยเตรียม 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 ส่วนในล้านส่วน (เช่นเดียวกับความเข้มข้นเริ่มต้นในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษเป็นตัวทำละลาย) ที่ระดับพีเอช 4

4.4.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ (ที่ได้เติมสารละลายมาตรฐานทั้ง 3 ชนิดในตัวอย่างเดียวกัน เพื่อให้มีสภาวะใกล้เคียงกับกรณีตรวจพบสารตัวอย่างในน้ำเสีย) โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากที่ศึกษาในข้อ 4.1-4.3 คือ ใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ระดับพีเอช 4 และศึกษาระยะเวลาสัมผัสที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 และ 15 วัน ตามลำดับ

ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ที่ระดับพีเอช 4 ได้แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.10-4.11 และกราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.28-4.29 เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัดโดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัดที่ระยะเวลาสัมผัสต่าง ๆ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ระดับพีเอช 4 ที่ระยะเวลาสัมผัส 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 และ 15 วัน ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน สามารถกำจัด 2,4-dichlorophenol ได้ประมาณ 100% ภายในระยะเวลาสัมผัส 15 วัน, 2,4,6-trichlorophenol ได้ประมาณ 100% ภายในระยะเวลาสัมผัส 9 วัน แต่สามารถกำจัด 2-chlorophenol ได้เพียง 95.33% ภายในระยะเวลาสัมผัส 15 วัน, ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้แตกต่างจากการทดลองในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยในน้ำเสียสังเคราะห์สามารถกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ได้ประมาณ 100 % ภายในระยะเวลาสัมผัส 5 วัน, 4 วัน และ 4 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด(%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน, พีเอส 4 (ชุดควบคุม)

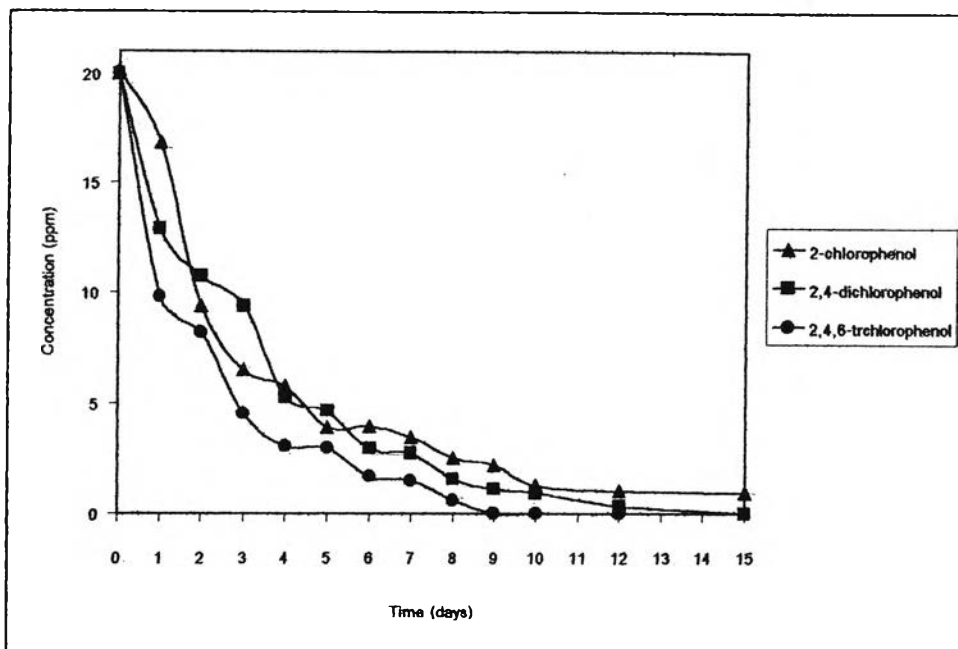
เวลา (วัน)	ปริมาณ ที่เหลือในน้ำ (mg/l)			ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)		
	2- chlorophenol	2,4- dichlorophenol	2,4,6- trichlorophenol	2- chlorophenol	2,4- dichlorophenol	2,4,6- trichlorophenol
เริ่มต้น	20.12	19.93	20.04	0	0	0
1	19.56±0.22	19.59±0.15	18.53±0.48	2.78±1.09	1.71±0.74	7.53±2.38
2	18.43±0.33	18.54±0.28	19.15±0.16	8.40±1.66	6.97±1.42	4.44±0.81
3	19.15±0.36	18.65±0.28	18.94±0.14	4.82±1.77	6.42±1.40	5.49±0.71
4	18.48±0.21	19.32±0.15	18.59±0.29	8.15±1.04	3.06±0.76	7.24±1.45
5	18.69±0.15	18.74±0.28	19.03±0.33	7.11±0.74	5.97±1.39	5.04±1.64
6	19.11±0.19	18.91±0.09	19.25±0.31	5.02±0.93	5.12±0.48	3.94±1.53
7	18.35±0.26	17.95±0.25	18.64±0.28	8.80±1.30	9.93±1.25	6.99±1.42
8	18.96±0.08	18.42±0.16	18.33±0.06	5.77±0.41	7.58±0.78	8.53±0.32
9	18.26±0.21	19.36±0.51	18.67±0.33	9.24±1.02	2.86±2.54	6.84±1.66
10	19.17±0.21	18.48±0.20	19.02±0.39	4.72±1.07	7.28±1.03	5.09±1.95
12	18.56±0.37	18.01±0.23	18.14±0.29	7.75±1.83	9.63±1.14	9.48±1.43
15	18.42±0.44	18.06±0.36	18.46±0.35	8.45±2.16	9.38±1.79	7.88±1.76

ตารางที่ 4.11 ปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ที่เหลือในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ (mg/l) และประสิทธิภาพในการกำจัด(%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน, พีเอส 4

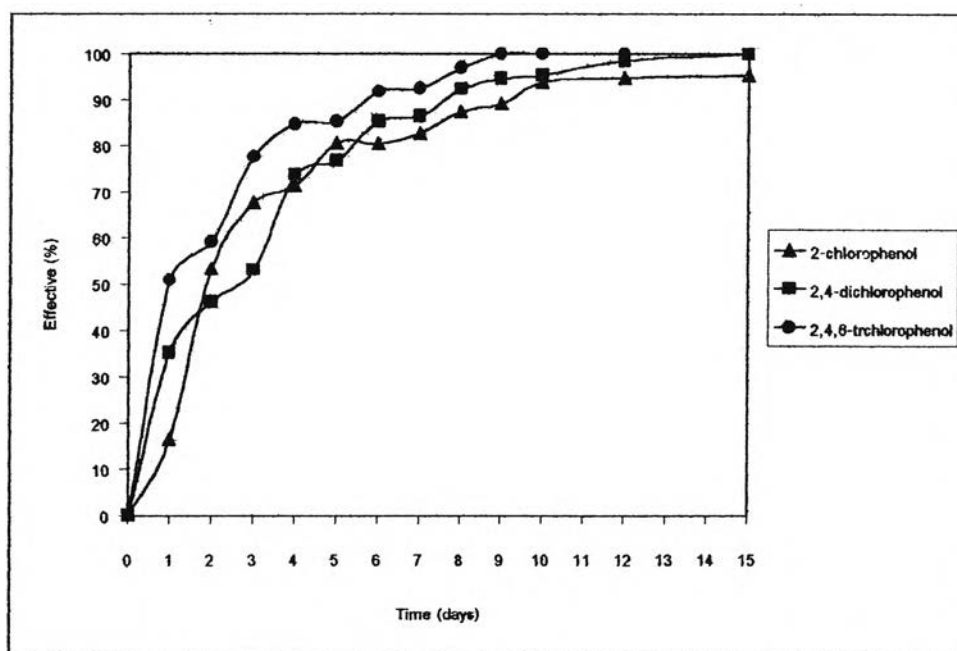
เวลา (วัน)	ปริมาณ 2-chlorophenol ที่เหลือในน้ำ (mg/l)			ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)		
	2-chlorophenol	2,4-dichlorophenol	2,4,6-trichlorophenol	2-chlorophenol	2,4-dichlorophenol	2,4,6-trichlorophenol
เริ่มต้น	20.12	19.93	20.04	0	0	0
1	16.80±0.36	12.90±0.35	9.86±0.41	16.49±1.80	35.28±1.75	50.81±2.03
2	9.41±0.49	10.75±0.40	8.21±0.34	53.25±2.44	46.08±2.02	59.03±1.67
3	6.50±0.48	9.40±0.74	4.50±0.60	67.71±2.38	52.84±3.73	77.54±3.00
4	5.76±0.38	5.27±0.21	3.05±0.85	71.36±1.88	73.55±1.07	84.77±4.24
5	3.90±0.60	4.64±0.45	2.96±0.48	80.62±2.98	76.74±2.28	85.25±2.40
6	3.95±0.56	2.92±0.61	1.68±0.24	80.37±2.79	85.33±3.08	91.64±1.20
7	3.46±0.50	2.71±0.55	1.51±0.40	82.82±2.47	86.38±2.76	92.47±2.00
8	2.52±0.64	1.54±0.56	0.62±0.28	87.49±3.16	92.26±2.80	96.92±1.39
9	2.19±0.46	1.09±0.24	ND	89.11±2.26	94.52±1.22	100±0.00
10	1.26±0.49	0.94±0.28	ND	93.73±2.44	95.28±1.39	100±0.00
12	1.03±0.32	0.31±0.29	ND	94.86±1.58	98.45±1.45	100±0.00
15	0.94±0.39	ND	ND	95.33±1.94	100±0.00	100±0.00

หมายเหตุ ND = not detected. (detection limited \approx 0.10 mg/l)

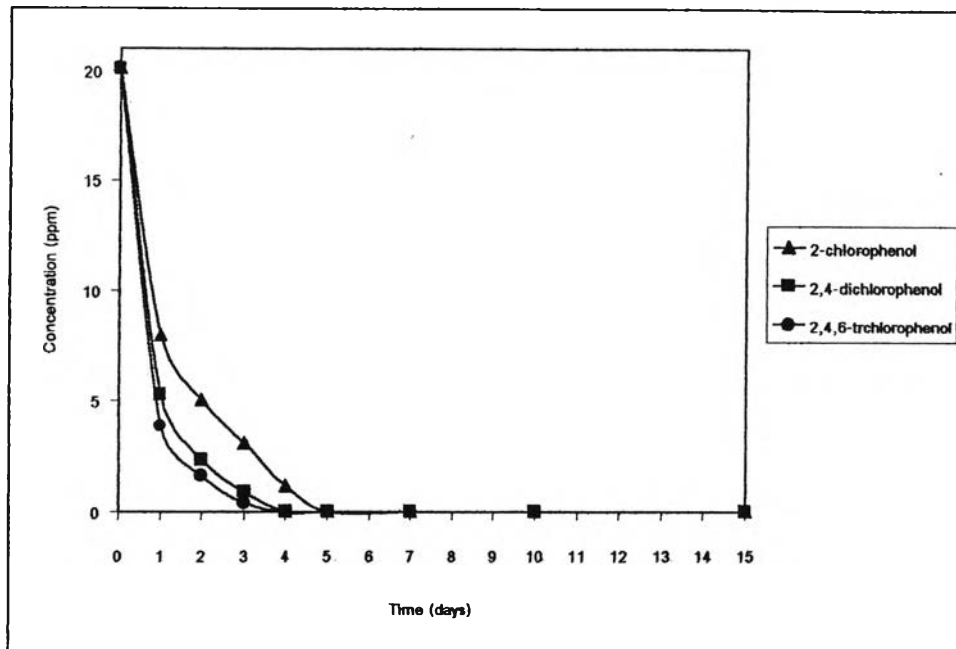
กำหนดให้ ND = 0 mg/l และถือว่าประสิทธิภาพในการกำจัดมีค่าประมาณ 100%



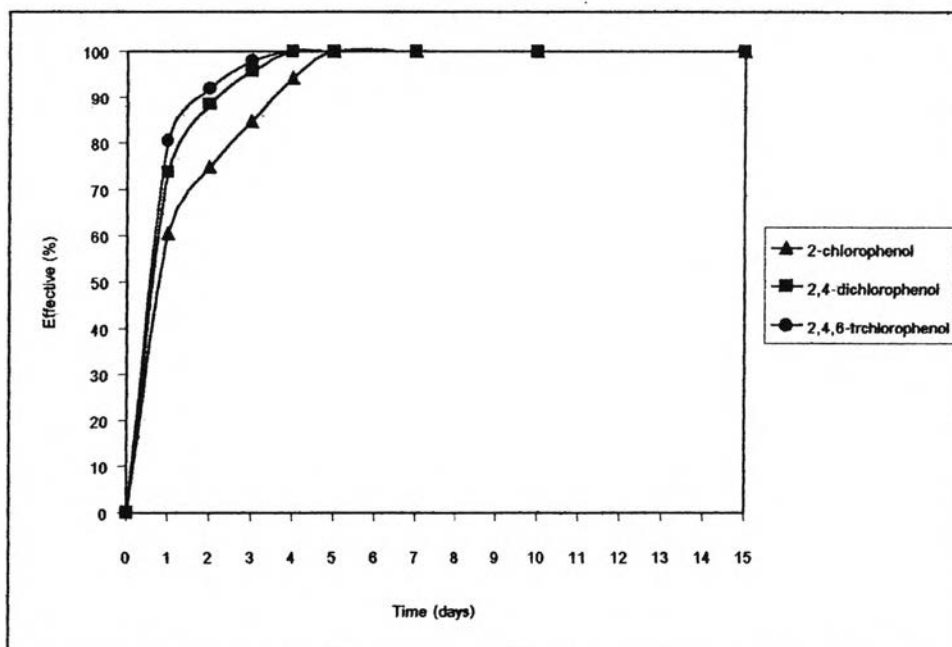
รูปที่ 4.28 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol (ppm) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน พีเอช 4 ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ



รูปที่ 4.29 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน พีเอช 4 ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ



รูปที่ 4.30 แสดงปริมาณ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol (ppm) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน พีเอช 4 ในน้ำเสียสังเคราะห์



รูปที่ 4.31 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol (%) เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน พีเอช 4 ในน้ำเสียสังเคราะห์

4.5 วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาระดับพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอลทั้ง 3 ชนิด คือ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol พบว่าระดับพีเอชที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ระดับพีเอช 4 และระดับพีเอชที่มีประสิทธิภาพต่ำสุด คือ ระดับพีเอช 5 ระยะเวลาสัมผัสที่น้อยที่สุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่ 4 วัน และผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่าขนาด 150 ไมครอน โดยสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอลทั้ง 3 ชนิดคือ

1. การกำจัด 2-chlorophenol

- เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน

ที่ระดับพีเอช 4, 5 และ 6 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol สูงสุดประมาณ 100% ที่ระยะเวลาสัมผัส 4, 5 และ 7 วันตามลำดับ

ที่ระดับพีเอช 7 และ 8 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol สูงสุด 82.50% และ 29.16% ตามลำดับ ที่ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน

- เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน

ที่ระดับพีเอช 4 และ 5 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol สูงสุดประมาณ 100% ที่ระยะเวลาสัมผัส 7 และ 10 วันตามลำดับ

ที่ระดับพีเอช 6, 7 และ 8 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol สูงสุด 97.67%, 55.76% และ 24.66% ตามลำดับ ที่ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน

2. การกำจัด 2,4-dichlorophenol

- เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน

ที่ระดับพีเอช 4, 5 และ 6 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol สูงสุดประมาณ 100% ที่ระยะเวลาสัมผัส 4, 5 และ 7 วันตามลำดับ

ที่ระดับพีเอช 7 และ 8 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol สูงสุด 80.47% และ 33.68% ตามลำดับ ที่ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน

- เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน

ที่ระดับพีเอช 4, 5 และ 6 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol สูงสุดประมาณ 100% ที่ระยะเวลาสัมผัส 7, 10 และ 15 วันตามลำดับ

ที่ระดับพีเอช 7 และ 8 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4-dichlorophenol สูงสุด 64.56% และ 21.68% ตามลำดับ ที่ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน

3. การกำจัด 2,4,6-trichlorophenol

- เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน

ที่ระดับพีเอช 4, 5 และ 6 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol สูงสุดประมาณ 100% ที่ระยะเวลาสัมผัส 4, 5 และ 7 วันตามลำดับ

ที่ระดับพีเอช 7 และ 8 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol สูงสุด 81.71% และ 44.59% ตามลำดับ ที่ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน

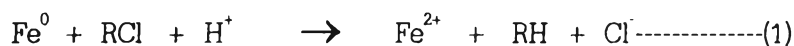
- เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน

ที่ระดับพีเอช 4, 5 และ 6 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol สูงสุดประมาณ 100% ที่ระยะเวลาสัมผัส 5, 5 และ 10 วันตามลำดับ

ที่ระดับพีเอช 7 และ 8 มีประสิทธิภาพในการกำจัด 2,4,6-trichlorophenol สูงสุด 60.19% และ 33.72% ตามลำดับ ที่ระยะเวลาสัมผัส 15 วัน

4.5.1 ผลของระดับพีเอช

การกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตตฟีนอล ได้แก่ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ผงเหล็ก ซึ่งปรับระดับ pH ทั้งหมด 4 ค่า ได้แก่ 4, 5, 6, 7 และ 8 พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าที่ pH 4 มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุด และที่ pH 8 มีประสิทธิภาพในการกำจัดต่ำที่สุด ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า pH ของน้ำเสียมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตตฟีนอล โดยเมื่อ pH ของน้ำเสียลดลง จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตตฟีนอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สามารถอธิบายได้ว่า “ระดับพีเอชมีอิทธิพลต่ออัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยา” ดังสมการ



จากสมการแสดงปฏิกิริยาการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตตฟีนอล ซึ่งเกิดจากโลหะเหล็กโดยตรง โดยอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากพื้นผิวของ Fe^0 และเกิดการดูดซับ (adsorbed) สารประเภท alkyl chloride (RCl) ทำให้เกิดปฏิกิริยา dechlorination ได้ผลิตภัณฑ์คือ เฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}), อัลเคน (RH) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) จะเห็นได้ว่าเมื่อระดับ pH ต่ำ (สภาวะเป็นกรด) จะมีปริมาณโปรตรอน (H^+) มากกว่าระดับพีเอชสูง ทำให้ปฏิกิริยา dechlorination เกิดได้มากกว่าที่ระดับ pH สูง (สภาวะเป็นเบส) นอกจากนี้ระดับ pH สูง จะมีปริมาณไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) มาก ซึ่งไฮดรอกไซด์ไอออนจะทำปฏิกิริยากับผงเหล็กเกิดการกัดกร่อน (corrosive) อย่างรวดเร็วกลายเป็นสนิมเหล็ก (ferric hydroxide) ซึ่งจะขัดขวางอัตรา

การเกิดปฏิกิริยา dechlorination โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Matheson และ Tratnyek (1994), Ozdemir และ Fufekci (1996)

4.5.2 ผลของระยะเวลา

การกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอล ได้แก่ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ผงเหล็ก ซึ่งเปลี่ยนระยะเวลาสัมผัสทั้งหมด 8 เวลา ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 และ 15 วัน พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าที่ ระยะเวลาสัมผัสมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลทั้ง 3 ชนิด โดยมีระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสมแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับพีเอช และขนาดอนุภาคของผงเหล็กที่ใช้

ประสิทธิภาพในการกำจัดในช่วงระยะเวลาแรก (ระยะเวลาสัมผัส 1-2 วัน) จะประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุด และเมื่อระยะเวลาผ่านไปประสิทธิภาพในการกำจัดจะลดลง เช่น กรณีการกำจัด 2-chlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ที่พีเอช 4 ประสิทธิภาพในการกำจัดในวันที่ 1 มีค่าสูงถึง 60.39% ส่วนวันที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้น 14.46%, วันที่ 3 มีค่าเพิ่มขึ้น 9.79%, วันที่ 4 มีค่าเพิ่มขึ้น 9.54% และวันที่ 5 มีค่าเพิ่มขึ้น 5.82% เท่านั้น (รวม 5 วัน ประสิทธิภาพในการกำจัด 100%) ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงวันแรก ผงเหล็กมีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุด และสารตัวอย่างมีความเข้มข้นเริ่มต้นสูง แต่ช่วงวันต่อมาผงเหล็กมีประสิทธิภาพในการกำจัดลดลง จึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดต่ำกว่าในช่วงวันแรก ทั้งนี้เนื่องจากตอนเริ่มแรกปฏิกิริยาเกิดเร็วมาก เพราะมีสารตั้งต้นมาก เมื่อเวลาผ่านไปปฏิกิริยาจะเกิดช้าลง เพราะความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง แสดงให้เห็นว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยาขึ้นโดยตรงกับความเข้มข้นของสารตั้งต้น โดยทั่วไป เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น อัตราเร็วจะเพิ่มตามด้วย

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ระยะเวลาสัมผัสต่างๆ ในการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลทั้ง 3 ชนิด พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุดที่ระยะเวลาสัมผัส 1 วัน การเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 4.12 โดยเมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ที่ระยะเวลาสัมผัส 1 วัน ที่ระดับพีเอช 4-6 มีประสิทธิภาพในการกำจัดประมาณ 50%

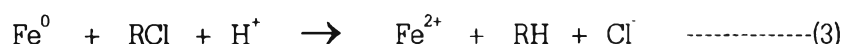
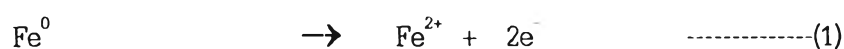
ตารางที่ 4.12 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัด (%) สารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลที่ระยะเวลา 1 วัน

สารประกอบ คลอรีเนเตดฟีนอล	pH 4		pH 5		pH 6		pH 7		pH 8	
	10µ	150µ	10µ	150µ	10µ	150µ	10µ	150µ	10µ	150µ
2-chlorophenol	60.39	31.96	53.34	24.45	42.24	20.33	25.89	13.27	11.68	6.74
2,4-dichlorophenol	73.69	36.97	65.39	32.18	56.94	27.32	29.87	16.42	16.42	10.07
2,4,6-trichlorophenol	80.71	57.88	73.22	44.99	60.99	34.69	32.93	23.22	16.36	10.57

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอล เมื่อระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สามารถอธิบายได้ว่า ระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียมากจะทำให้สารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลในน้ำเสียมีระยะเวลาสัมผัสพื้นที่ผงเหล็กได้มากกว่า ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนกับพื้นที่ผิวของผงเหล็กได้มาก ก็จะมีความสามารถในการดูดซับ alkyl chloride (RCI) ได้ผลิตภัณฑ์คือ อัลเคน (RH) และคลอไรด์ไอออน (Cl⁻) ทำให้ที่ระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียมากเกิดปฏิกิริยา dechlorination ได้มากกว่าที่ระยะเวลาสัมผัสน้ำเสียน้อย โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Matheson และ Tratnyek (1994), Ozdemir และ Fufekci (1996)

4.5.3 ผลของขนาดอนุภาค

การกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอล ได้แก่ 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ 2,4,6-trichlorophenol ในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ผงเหล็ก เมื่อใช้ผงเหล็ก 2 ขนาด คือ 10 และ 150 ไมครอน พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้อนุภาคผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่าอนุภาคผงเหล็กขนาด 150 ไมครอน จึงสามารถสรุปได้ว่า ขนาดอนุภาคผงเหล็กมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอล โดยเมื่อใช้ขนาดอนุภาคผงเหล็กขนาดเล็ก ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบคลอรีเนเตดฟีนอลจะสูงกว่าการใช้ขนาดอนุภาคขนาดใหญ่ สามารถอธิบายได้ว่าขนาดอนุภาคมีอิทธิพลต่ออัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



ผลการทดลองทั้งหมดที่ได้พบว่า ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน มีประสิทธิภาพสูงกว่าขนาด 150 ไมครอน เพราะ ผงเหล็กที่มีอนุภาคขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมากกว่า จึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน โดยตรงบริเวณพื้นที่ผิวของผงเหล็กสูงกว่า และสามารถเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าดังสมการ 1, 2 และ 3 และเมื่อพื้นที่ผิวของผงเหล็กสูงขึ้นก็มีความสามารถในการดูดซับ (adsorbed) สารประกอบพวก alkyl chloride (RCI) ได้ผลิตภัณฑ์คือ อัลเคน (RH) และคลอไรด์ไอออน (Cl⁻) แสดงดังสมการที่ (3) ทำให้เกิดปฏิกิริยากำจัดสารประกอบคลอรีเนเตตฟีนอลได้มีประสิทธิภาพสูงกว่าผงเหล็กที่มีขนาดอนุภาคขนาดใหญ่

และผงเหล็กที่นำมาใช้ได้ผ่านการบำบัดเบื้องต้น (pretreatment) ด้วยการล้างด้วยกรดเจือจาง (5% HCl) ก่อนนำมาใช้เพราะว่าการล้างผงเหล็กด้วยกรดจะเป็นการทำความสะอาดพื้นผิวของผงเหล็ก โดยกรดสามารถกำจัดออกไซด์ (oxide layer) ที่เคลือบอยู่บนพื้นผิวออกได้ และกรดที่ใช้อย่างไรก็ตามก็ลดการร่อนอนุภาคของผงเหล็กทำให้เกิดรอยขรุขระเล็กๆจำนวนมากกระจายทั่วอนุภาคผงเหล็กทำให้ผงเหล็กที่นำมาใช้มีพื้นที่ผิวมากขึ้น (Chunming และ Puls, 1999)

4.5.4 น้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ

น้ำเสียเก็บจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษแห่งหนึ่ง โดยวิธีเก็บแบบจ้วง (grab sampling) เพราะน้ำเสียมีลักษณะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และควบคุมอุณหภูมิไว้ประมาณ 10 °C แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบคลอรีเนเตตฟีนอลที่ศึกษาเริ่มต้น ปรากฏว่าไม่พบฟีกของสารที่ใช้เป็นโมเดลในการศึกษา ทั้ง 3 ชนิด สามารถอธิบายได้ว่า

การที่ไม่พบฟีกสารที่ศึกษาในน้ำทิ้งที่นำมาศึกษาอาจเกิดจากความเข้มข้นของสารที่ศึกษามีน้อยกว่าช่วง detection limits ที่เครื่องมือจะตรวจพบได้ โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาปริมาณสารประกอบคลอรีเนเตตฟีนอลในน้ำทิ้งของโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.13 ดังนี้ Hall et al. (1996) ศึกษาหาปริมาณ chlorophenols ในน้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษ 2 แห่ง โดยโรงงานแห่งแรกพบ 12.9 ไมโครกรัมต่อลิตร (ppb.) ส่วนโรงงานแห่งที่ 2 พบ 0.7 ไมโครกรัมต่อลิตร (ppb), Dence และ Annergren (1979) ศึกษาหาปริมาณ chlorophenols พบ 2.3 (ppb), Zheng และ Allen (1996) พบปริมาณ chlorinated phenolic 2 (ppb) Williams et al. (1996) พบปริมาณ total chlorinated phenolic ในน้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษ 5 แห่ง โดยพบ 81.1, 126.0, 18.0, 34.9 และ 6.24 (ppb) และ Voss & yunker 1983 พบปริมาณ 2,4-dichlorophenol 9-15 (ppb) และ 2,4,6-trichlorophenol 1-51 (ppb) จากผลการวิจัยทั้งหมดพบปริมาณ chlorophenols เฉลี่ยในปริมาณน้อยซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่การวิจัยในครั้งนี้ไม่สามารถตรวจพบฟีกสารที่ศึกษา การที่น้ำทิ้งของแต่ละโรงงานจะมีปริมาณ chlorophenols แตกต่างกันนั้นขึ้นกับปริมาณชนิดของสารเคมี และขั้นตอนวิธีการที่ใช้ฟอกเยื่อ (Hall et al., 1996)

ตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณสารประกอบคลอรีนเตตฟีนอล ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ

ผู้ศึกษา	สารที่พบ	จำนวนโรงงาน	ปริมาณ (ug/l)
1. Hall et al (1996)	chlorophenol	2	12.9/ 0.7
2. Zheng & Allen (1996)	chlorinated phenolic	1	2.0
3. Williams et al. (1996)	totalchlorinatedphenolic	5	81.1/ 126.0/ 18.0/ 34.9/ 6.24
4. Voss & yunker (1983)	2,4-dichlorophenol	1	9-15
	2,4,6-trichlorophenol		1-51
5. Dance&Annergren (1979)	chlorophenol	1	2.3

ตารางที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ2,4,6-trichlorophenol เมื่อใช้ผงเหล็กขนาด 10 ไมครอน pH 4 ในน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ

เวลา (วัน)	2-chlorophenol		2,4-dichlorophenol		2,4,6-trichlorophenol	
	สังเคราะห์	โรงงาน	สังเคราะห์	โรงงาน	สังเคราะห์	โรงงาน
1	60.39	16.49	73.69	35.28	80.71	50.81
2	74.85	53.25	88.29	46.08	91.89	59.03
3	84.64	67.71	95.55	52.84	97.91	77.54
4	94.18	71.36	100	73.55	100	84.77
5	100	80.62	100	76.74	100	85.25
7	100	82.82	100	86.38	100	92.47
10	100	93.73	100	95.28	100	100
15	100	95.33	100	100	100	100

จากตารางที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการกำจัด 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol และ2,4,6-trichlorophenol ในน้ำเสียจริงสูงกว่าในน้ำเสียสังเคราะห์ อาจเป็นผลเนื่องมาจากน้ำทิ้งของโรงงานมีส่วนประกอบของสารประกอบคลอรีนชนิดอื่นๆ และผงเหล็กอาจเกิดการแลกเปลี่ยนไอออน ทำให้เกิดปฏิกิริยา dechlorination กับสารประกอบคลอรีนชนิดอื่นๆ ด้วย ทำให้ปริมาณผงเหล็กที่ใช้ไม่เพียงพอต่อการกำจัด และในน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษมีสารเคมีชนิดอื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตรวมอยู่ในน้ำทิ้ง และสารเคมีเหล่านั้นอาจเป็นสารที่ขัดขวางอัตราการเกิดปฏิกิริยา ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษต่ำกว่าในน้ำเสียสังเคราะห์