

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

การทำวิจัยนี้ เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดสีและสารอินทรีย์ ในน้ำเสียสิริแอกทีฟ โดยใช้สารเคมีเฟนตัน สำหรับในด้านประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์นั้นจะใช้ค่า ซีไอดีเป็นค่ากำหนดในการวิเคราะห์ ส่วนในด้านประสิทธิภาพในการลดสีนั้นจะใช้ค่าประสิทธิภาพในการลดสีได้มากกว่า 80% ในหน่วย SU เป็นบรรทัดฐาน กล่าวคือ พยายามที่จะหาปริมาณสารเคมีเฟนตันที่น้อยที่สุด ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถลดสีได้มากกว่า 80 % ซึ่งถือว่าเป็นการบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นมาตรฐานน้ำทิ้งในปัจจุบันยังไม่มีข้อกำหนดที่ชัดเจนสำหรับค่าของสีของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมา และการตั้งข้อกำหนดดังกล่าวนี้ ยังเป็นเกณฑ์ที่สำคัญสำหรับการใช้ในการศึกษาถึง ปฏิกริยาระหว่างสารเคมีเฟนตันที่เกิดขึ้นกับสารอินทรีย์ ในน้ำเสียสิริแอกทีฟ

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีและสารอินทรีย์ ของสารเคมีเฟนตันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่น ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, อินทราส่วน(R) ตลอดจนเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เป็นต้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวในการวิเคราะห์ผลการทดลองนี้ จึงทำการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ที่ละปัจจัย โดยให้ปัจจัยที่กำลังทำการวิเคราะห์อยู่นั้นเปลี่ยนแปลง ในขณะที่ปัจจัยอื่นๆที่เหลือจะคงที่

4.1 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่เตรียมขึ้นตามหัวข้อที่ 3.2.2.1 เพื่อนำมาใช้ในการทดลองกระบวนการเคมี มีคุณสมบัติแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียสิริแอกทีฟที่ใช้ในการทดลอง

โทเนสี	ค่าของสี(SU)	ทีเอช	ค่าซีไอดี
ดำ	2062	9.4	714
ม่วง	287	10.4	631
แดง	380	10.0	693
น้ำตาลอ่อน	137	9.9	608

จากตารางที่ 4.1 แสดงถึงลักษณะของน้ำเสียสิริแอกทีฟ พบว่า ค่าพีเอชของน้ำเสียค่อนข้างสูง คืออยู่ในช่วง 9.4-10.4 ทั้งนี้เนื่องมาจากในกระบวนการข้มลสิริแอกทีฟให้ได้คั้นสภาพที่เหมาะสมจะมีค่าพีเอชค่อนข้างสูง โดยส่วนใหญ่สารเคมีที่ใช้ในการทำให้ข้มล อยู่ในสภาพที่พีเอชสูงจะเป็นสารเคมีประเภทด่างแก่ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น และสำหรับค่าซีไอดี เตรียมขึ้นให้ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 600 มก./ล. นั้น จะมีค่าของสิ(SU)ที่ได้แตกต่างกันอย่างมาก ทั้งนี้ขึ้นกับโทนสีที่ใช้

4.2 ประสิทธิภาพในการลดสิของชุดควบคุม

ประสิทธิภาพในการลดสิที่เกิดขึ้นจากการกรอง แสดงได้ดังตารางที่ 4.2 พบว่าการกรองสามารถลดสิลงได้ไม่มากเท่าใดนัก คือ เฉลี่ยอยู่ในช่วง 6%-16% ทั้งนี้ เนื่องจากสิริแอกทีฟ เป็นสิที่ละลายน้ำได้คั้นเอง จึงไม่สามารถลดได้ด้วยการกรอง โดยคุณสมบัติของกระดาษที่ใช้ในการกรองได้คั้นภาคผนวก ซึ่งจะเห็นได้ว่าสิติดอยู่ที่กระดาษกรองได้น้อย

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพของการลดสิของน้ำเสียสิริแอกทีฟด้วยวิธีการกรอง

โทนสี	ที่เก็บตัวอย่าง	ค่าของสิ(SU) ที่อัตราส่วน R 3 ระดับ				ประสิทธิภาพการลดสิ(%)
		R=5:1	R=10:1	R=20:1	ค่าเฉลี่ย	
สิค่า	ก่อนกรอง	2103	1953	2130	2062	
	หลังกรอง	1962	1890	1962	1938	6
สิม่วง	ก่อนกรอง	314	281	265	287	
	หลังกรอง	250	231	244	242	16
สิแดง	ก่อนกรอง	403	370	368	380	
	หลังกรอง	393	338	338	356	6
สิน้ำตาลอ่อน	ก่อนกรอง	145	126	139	137	
	หลังกรอง	128	110	139	126	8

ประสิทธิภาพในการลดสิที่เกิดจากชุดควบคุม คือการปรับพีเอชน้ำเสียให้ได้ประมาณ 3 และกวนตามเวลาที่กำหนดแล้วนำไปผ่านการกรอง โดยไม่ได้เติมสารเคมีเฟ้นคั้น ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.3 สำหรับโทนสีค่า, ม่วง, แดง และน้ำตาลอ่อน ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่า การกวนในสภาพที่เป็นกรด จะเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสิ ได้มากกว่าการกรองเพียงอย่างเดียว โดยเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงประมาณ 8%-33% จึงแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการลดสิด้วยสารเคมีเฟ้นคั้นซึ่งจะแสดงในหัวข้อถัดไปนั้น เกิดจากสารเคมีเฟ้นคั้นเป็นส่วน

ใหญ่ มีสาเหตุจากการกวนในสถานะที่เป็นกรดหรือการกรองออก เพราะสามารถกำจัดลิโดยมีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าชุดควบคุม

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดลิ(%) สำหรับชุดควบคุม

โทนสี	ประสิทธิภาพในการกำจัดลิ(%)สำหรับชุดควบคุม								
	R=5:1			R=10:1			R=20:1		
	t=1	t=2	t=3	t=1	t=2	t=3	t=1	t=2	t=3
ค่า	6.7	8.56	15.41	-0.15	6.45	9.37	8.31	11.41	2.54
ม่วง	21.66	20.38	24.84	17.79	18.86	18.51	10.49	12.08	12.08
แดง	13.9	21.34	15.38	14.05	5.95	6.22	9.78	13.04	13.59
น้ำตาลอ่อน	29.66	28.97	27.59	23.81	24.6	25.4	31.65	31.65	33.09

4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดลิโดยใช้สารเคมีเฟนตัน

สำหรับการกำจัดลิโดยใช้สารเคมีเฟนตัน จากการทดลองพบว่า การกำจัดลิให้ได้ประสิทธิภาพสูงนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ คือ ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้, อัตราส่วน(R) ระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็ก, เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา, การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์หลังจากการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน และโทนสีของน้ำเสียที่ใช้ โดยจะแสดงผลของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อประสิทธิภาพในการลดลิได้ดังต่อไปนี้

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การทดลองนี้ได้ศึกษาถึงผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดลิ โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0 มก./ล (ชุดควบคุม) เป็น 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ ที่อัตราส่วนต่างๆ กัน โดยปริมาณสารเคมีที่ใช้ในแต่ละอัตราส่วนนั้นแสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเหล็กซัลเฟตที่อัตราส่วนต่างๆกัน

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (มก./ล.)	ปริมาณเหล็กซัลเฟต(มก./ล.)ที่อัตราส่วน(R) 3 ระดับ		
	5:1	10:1	20:1
200	178.6	89.3	44.6
500	446.5	223.2	111.5
800	714.4	357.2	178.4
1200	1071.6	535.8	267.6

หมายเหตุ : ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้แสดงในภาคผนวก ง.

สำหรับผลการทดลองที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 4.1-4.4 จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เปลี่ยนไป มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีดังนี้

4.3.1.1 ที่อัตราส่วน(R) = 20 : 1

จากรูปที่ 4.1ก-4.1ค ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีค่า, สีม่วง และสีแดง พบว่า การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0 มก./ล เป็น 200 มก./ล. และ 500 มก./ล. ตามลำดับ จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้น โดยประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นจาก 11%-14% ซึ่งเป็นจุดความคมมาเป็นประมาณ 86%-95%

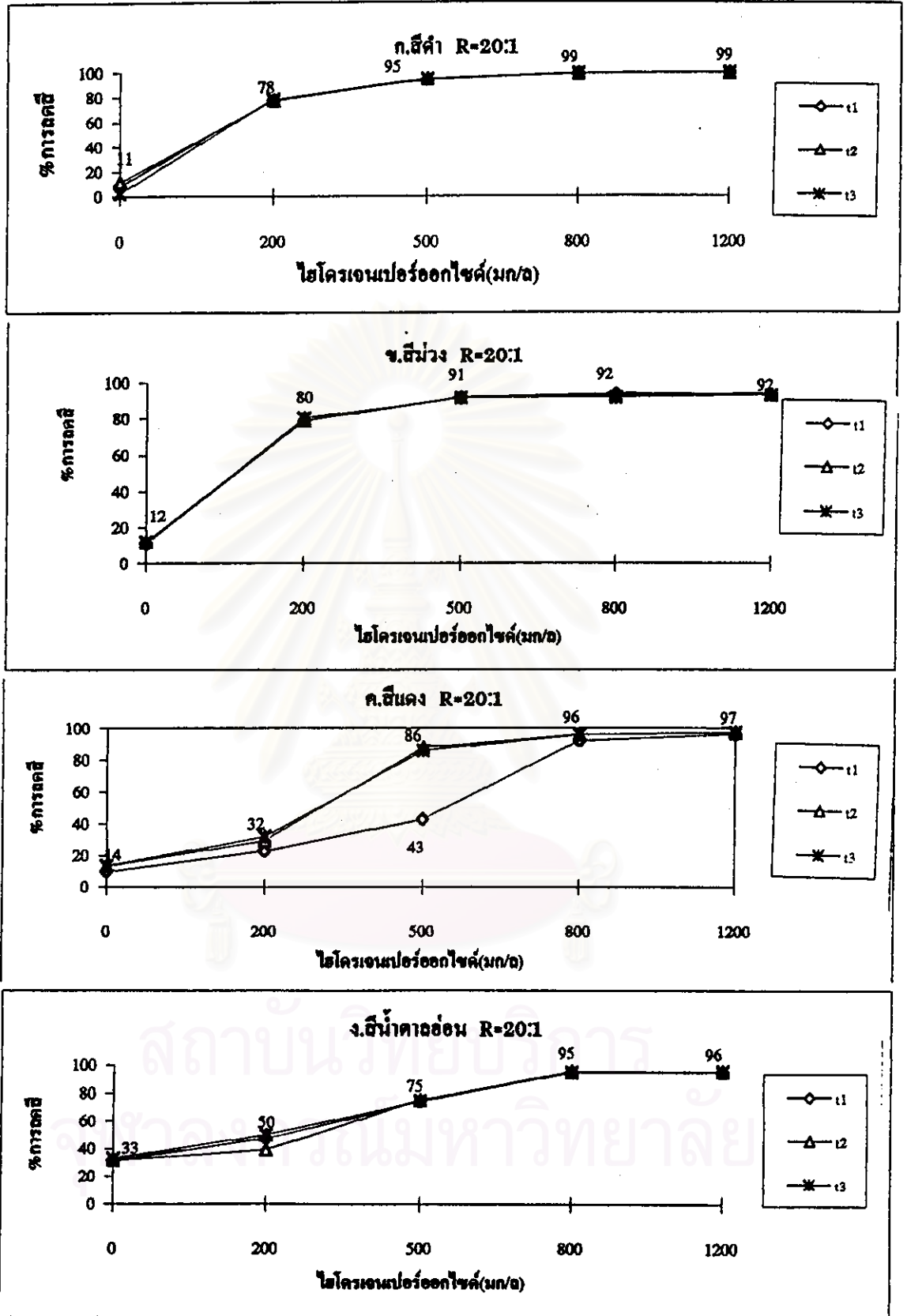
เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 500 มก./ล. เป็น 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จากช่วงประมาณ 86%-95% เป็น 92%-99%

จากรูปที่ 4.1ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีน้ำตาลอ่อนพบว่า การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 200, 500 และ 800 มก./ล. ตามลำดับนั้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มมากขึ้น โดยเพิ่มจากประมาณ 33% เป็นประมาณ 95%

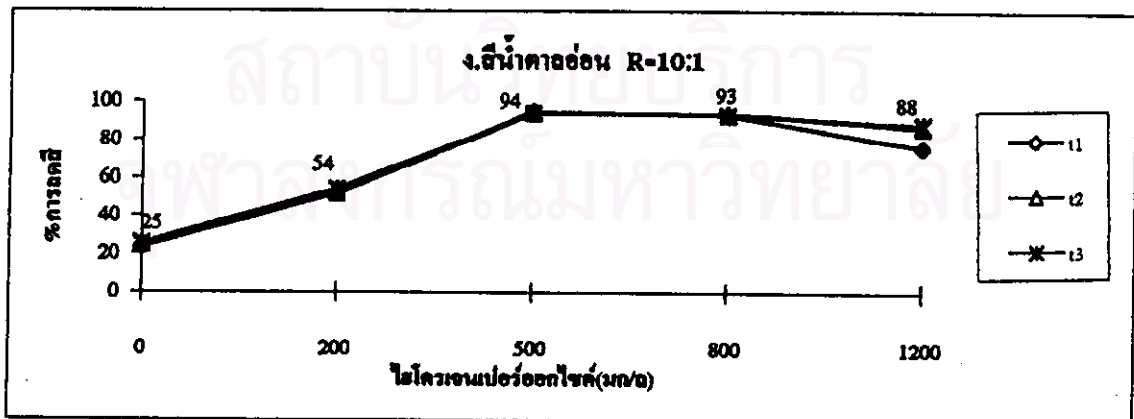
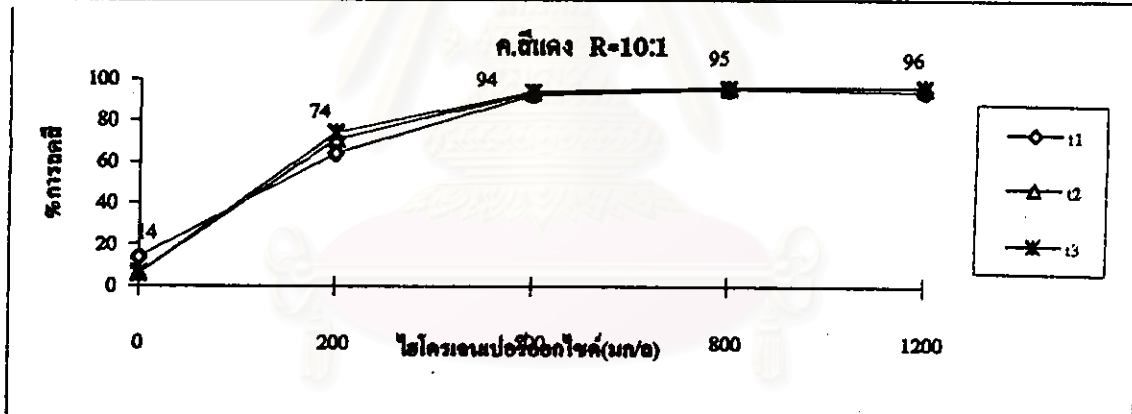
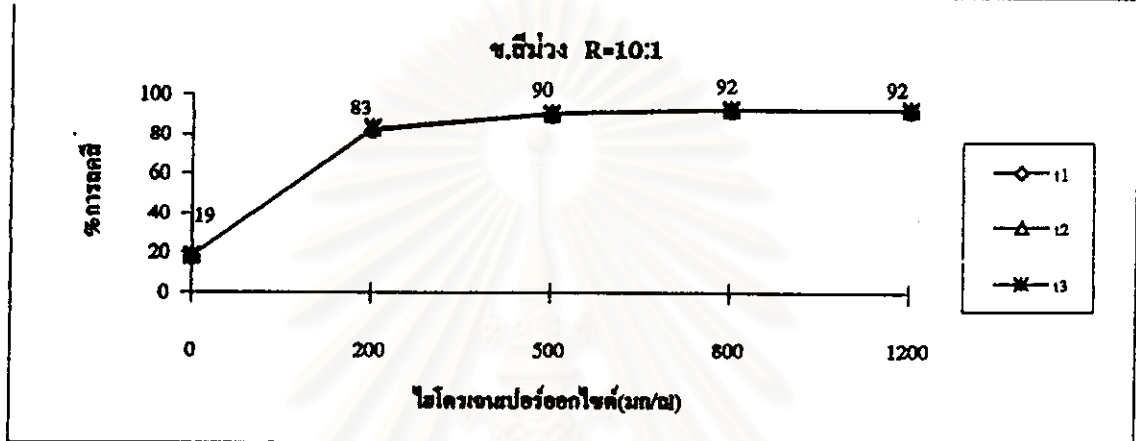
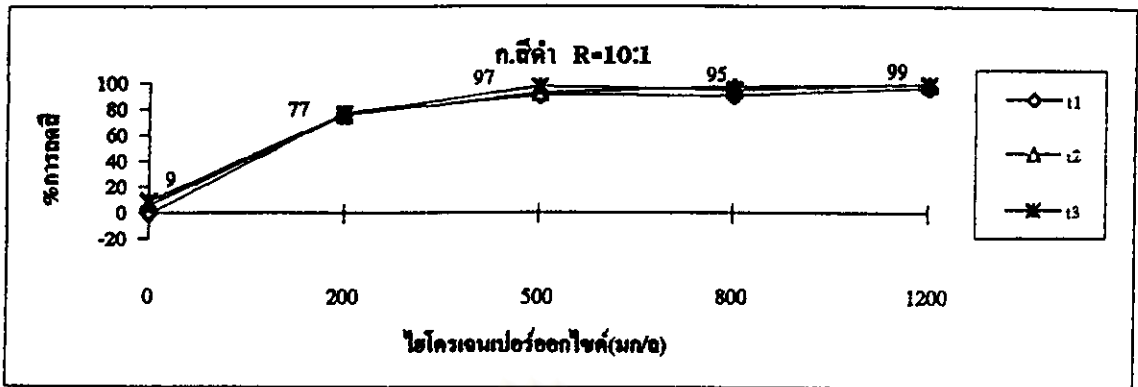
เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 800 มก./ล. เป็น 1,200 มก./ล. พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากประมาณ 95% เป็น 96%

4.3.1.2 ที่อัตราส่วน(R) = 10 : 1

จากรูปที่ 4.2ก, 4.2ค และ 4.2ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีค่า, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อนพบว่า การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มมากขึ้น โดยเมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 200 และ 500 มก./ล. ตามลำดับนั้น



รูปที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพในการลดสีไทอนสีต่างๆ เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0-1200มก/ล,ที่R=20:1



รูปที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพในการลดสีโทนสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเพิ่มปริมาณไคโรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0-1200กก/ตร. R=10:1

จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มมากขึ้น โดยอัตราการเพิ่มนี้จะสูงกว่าเมื่อเทียบกับที่อัตราส่วน(R) = 20 : 1 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยในที่นี้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มจาก 9%-25% ซึ่งเป็นชุดควบคุมมาเป็นประมาณ 94%-97%

เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 500 มก./ล. เป็น 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับนั้น พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจาก 94%-97% เป็น 96%-99% สำหรับโทนสีค่าและสีแดง แต่สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อนคังรูปที่ 4.2ค ประสิทธิภาพในการกำจัดสีกลับลดลงเล็กน้อยจาก 94% เป็น 76%-88% ทั้งนี้เนื่องจากสีของเหล็กที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

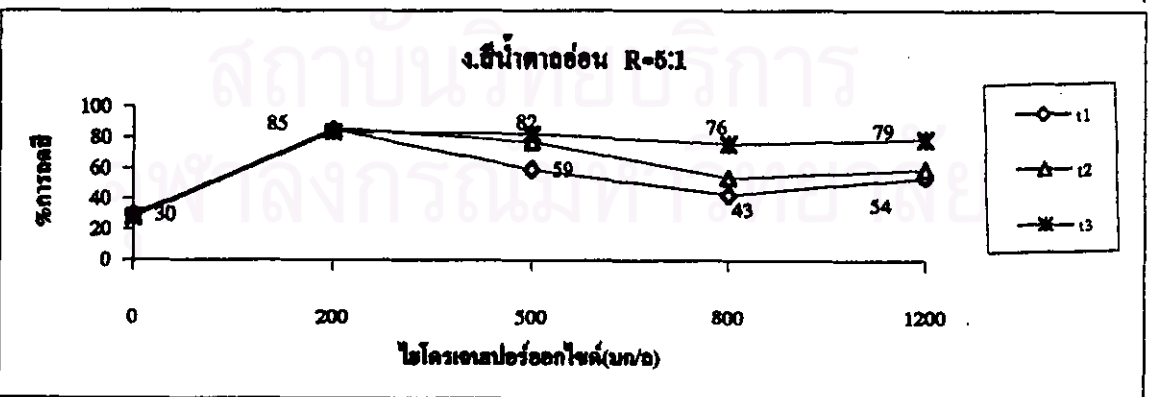
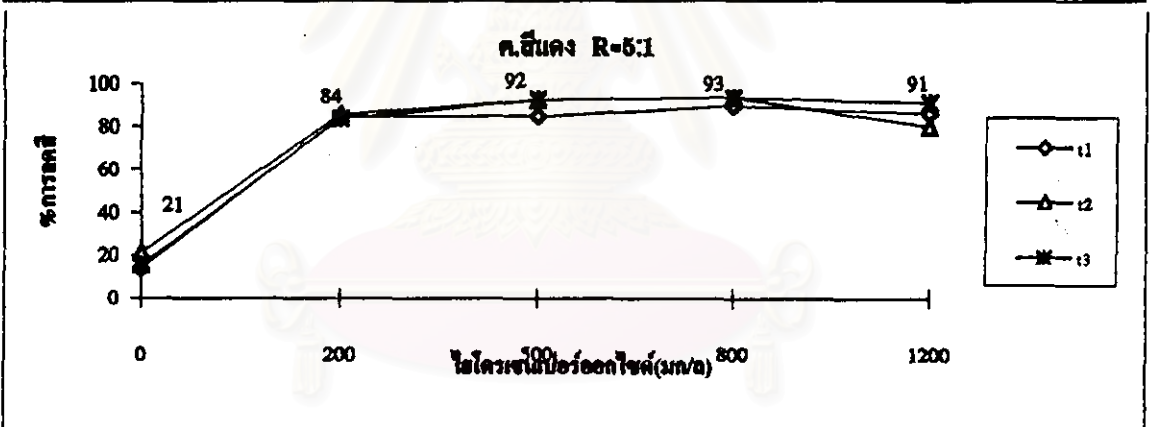
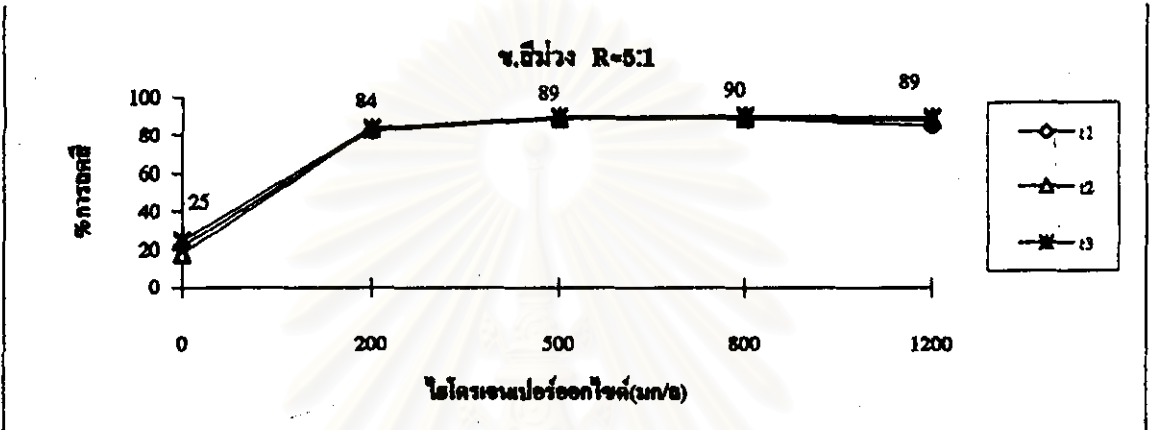
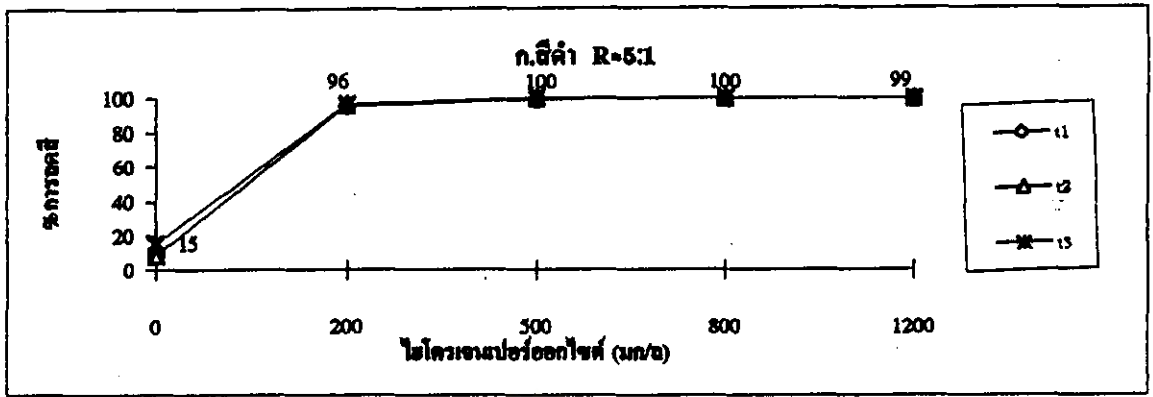
จากรูปที่ 4.2ข ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีม่วง พบว่า การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 200 มก./ล. จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นอย่างมากจากประมาณ 19% ซึ่งเป็นชุดควบคุมเป็นประมาณ 83% ซึ่งอัตราการเพิ่มของประสิทธิภาพในการกำจัดโทนสีม่วงนี้จะเพิ่มขึ้นสูงกว่าโทนสีอื่นอย่างเห็นได้ชัด

เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 200 มก./ล. เป็น 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับนั้น พบว่าจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จากประมาณ 83% เป็น 92%

4.3.1.3 ที่อัตราส่วน(R) = 5 : 1

จากรูปที่ 4.3ก-4.3ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีค่า,สีม่วง,สีแดง และ สีน้ำตาลอ่อน พบว่าการเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0 มก./ล.เป็น 200 มก./ล. จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยอัตราการเพิ่มนี้ จะสูงกว่าเมื่อเทียบกับที่อัตราส่วน(R) = 10:1 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยในที่นี้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นจาก 15%-30% ซึ่งเป็นชุดควบคุมมาเป็น 84%-96%

เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 200 มก./ล. เป็น 500, 800 และ 1200มก./ล. ตามลำดับ พบว่าจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสี เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจากช่วง 84%-96% เป็นประมาณ 89%-100% ยกเว้นโทนสีน้ำตาลอ่อนประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลงจาก 85% เป็นประมาณ54%-79% ทั้งนี้เนื่องจากสีของเหล็ก(Fe^{+3})ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้อยลง เมื่อเทียบกับเมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 200 มก./ล.



รูปที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพในการลดสีโทนสีต่างๆ เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0-1200mg/L,ที่R=5:1

จากผลการทดลองดังที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

1) การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงแรก โดยสามารถกำจัดสีได้มากกว่า 80% และประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในช่วงต่อมา ยกเว้นกรณีสีน้ำตาลอ่อน ที่การใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มากขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลง เนื่องจากปริมาณของเหล็กที่เหลือจากการทำปฏิกิริยามากขึ้น จึงทำให้น้ำเสียหลังการบำบัดด้วยสารเคมีเฟ้นต้นนี้ สีเพิ่มขึ้นได้เนื่องจากสีของเหล็กที่เหลือนั่นเอง โดยจะเห็นได้ชัดสำหรับน้ำเสียโทนสีน้ำตาลอ่อน เนื่องจากสีเดิมมีค่าของสี(SU) ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสีของเหล็กที่เพิ่มขึ้นกับค่าของสีเดิมแล้ว จึงมีผลกระทบอย่างมาก

2) การใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. ที่อัตราส่วน(R) = 5 : 1 สำหรับโทนสีค่า, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อนและการใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. ที่อัตราส่วน(R) = 10 : 1 สำหรับโทนสีม่วงเป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุด ที่สามารถลดสีที่ใช้ในการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่า 80% หรือเปรียบเทียบเสมือนเป็นจุดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเจนนั่นเอง โดยจุดเปลี่ยนแปลงในแต่ละอัตราส่วนแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้น้อยที่สุดในการลดสีให้ได้มากกว่า 80 % ในแต่ละอัตราส่วน

โทนสี	อัตราส่วน(R)								
	R = 5 : 1			R = 10 : 1			R = 20 : 1		
	H ₂ O ₂ (มก./ล.)	FeSO ₄ (มก./ล.)	การลดสี %	H ₂ O ₂ (มก./ล.)	FeSO ₄ (มก./ล.)	การลดสี %	H ₂ O ₂ (มก./ล.)	FeSO ₄ (มก./ล.)	การลดสี %
ค่า	200	178.6	96	500	223.2	97	500	111.5	94
ม่วง	200	178.6	83	200	89.3	90	500	111.5	91
แดง	200	178.6	85	500	223.2	93	800	178.4	96
น้ำตาลอ่อน	200	178.6	85	500	223.2	94	800	178.4	95

สำหรับปริมาณสารเคมีที่แสดงในตารางที่ 4.5 นี้จะมีส่วนสำคัญในการนำไปใช้วิเคราะห์ผลการทดลองในหัวข้อต่อไป เพราะที่ปริมาณสารเคมีเฟ้นต้นน้อยกว่าค่าเหล่านี้ จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดสีไม่ถึง 80% คือยังมีสีอยู่ในน้ำเสียพอสมควรนั่นเอง ในขณะที่เมื่อใช้ปริมาณสารเคมีเฟ้นต้นเกินค่าที่แสดงในตารางที่ 4.5 แล้วแสดงว่าสีจะถูกกำจัดไปได้มากแล้ว คือมีสีเหลืออยู่ในน้ำเสียน้อยลงมากนั่นเอง

3) จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการกำจัดสีได้มากกว่า 80% นั้น มีแนวโน้มที่จะใช้น้อยลงเมื่ออัตราส่วน(R) มากขึ้นหรือปริมาณเหล็กเข้มข้นมากขึ้นนั่นเอง

4.3.2 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R)

การทดลองนี้ได้ศึกษาถึงผลของอัตราส่วน(R) โดยโมล ระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็กที่ใช้ว่ามีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีอย่างไร โดยเปลี่ยนแปลงจากอัตราส่วน(R) จาก $R = 20 : 1$ เป็น $R = 10 : 1$ และ $R = 5 : 1$ ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.4 -4.6 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสี ดังนี้

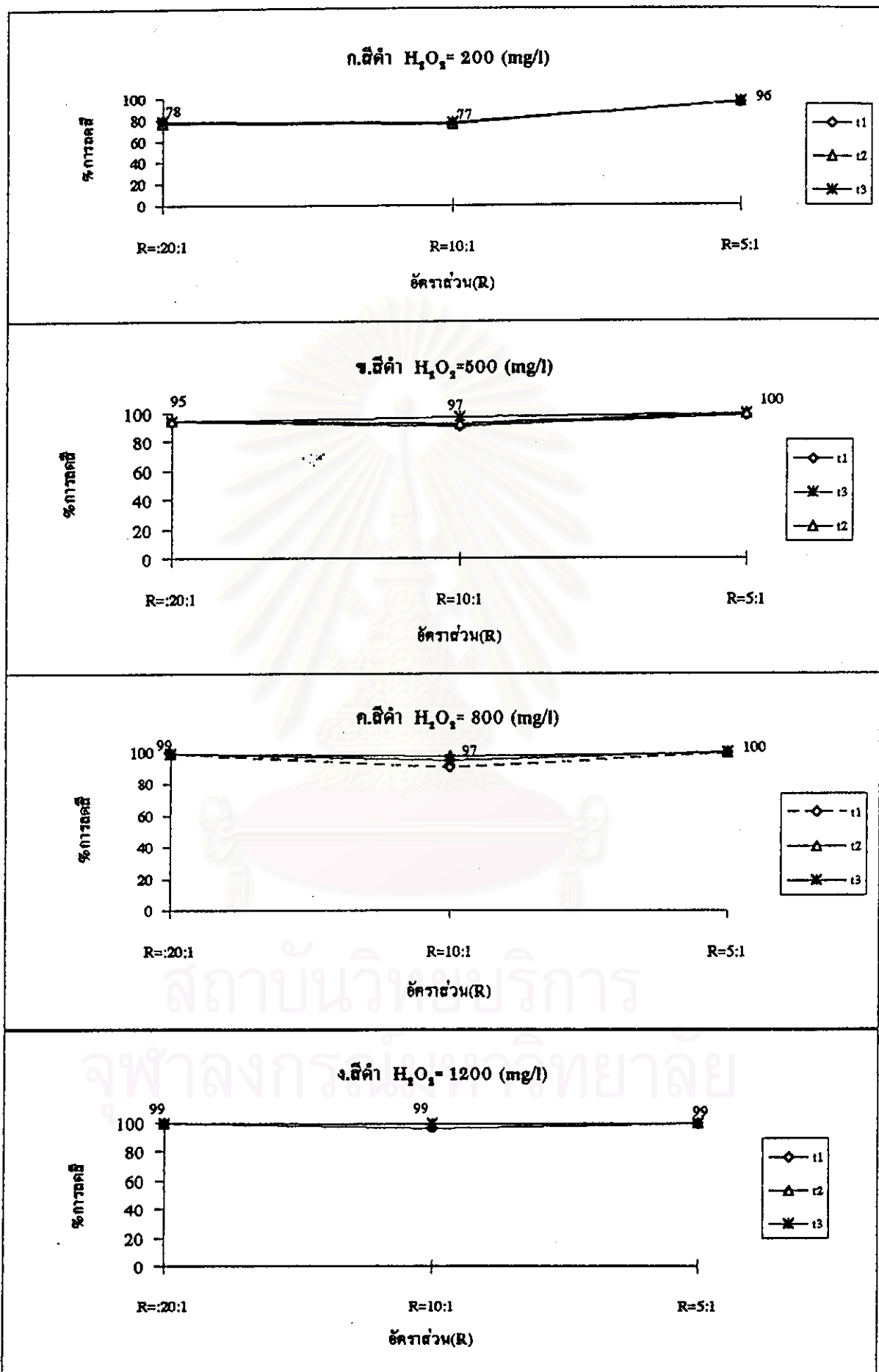
4.3.2.1 โทนสีค่า

จากรูปที่ 4.4ก-4.4ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีค่าที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R) ที่ใช้ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

จากรูปที่ 4.4ก ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. และที่อัตราส่วน(R) = 5 : 1 เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณสารเคมีที่ใช้นั้นจะเป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุดสำหรับการลดสีได้มากกว่า 80% สำหรับโทนสีค่า หรือคือจุดเปลี่ยนแปลงนั่นเอง และเมื่อใช้อัตราส่วนที่น้อยลงเป็น $R = 10 : 1$ และ $R = 20 : 1$ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดจาก 96% ที่ $R = 5 : 1$ เป็น 77%, 78% ที่ $R = 10 : 1$ และ $R = 20 : 1$ ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.4ข ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วน(R) จาก $R = 20 : 1$ เป็น $R = 10 : 1$ และ $R = 5 : 1$ นั้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นจาก 95% ที่ $R = 20 : 1$ เป็น 100% ที่ $R = 5 : 1$

จากรูปที่ 4.4ค - 4.4ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 800 และ 1,200 มก./ล. พบว่า การเพิ่มอัตราส่วน(R) จาก $R = 20 : 1$ เป็น $R = 10 : 1$ และ $R = 5 : 1$ นั้น ไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเปลี่ยนแปลงมากนัก



รูปที่ 4.4 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีโอมมีค่าเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R)จากR=20:1ถึงR=5:1ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ

4.3.2.2 โทนสีม่วง

จากรูปที่ 4.5ก-4.5ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีม่วงที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน (R) ที่ใช้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้

จากรูปที่ 4.5ก ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. และที่อัตราส่วน(R) = 10 : 1 เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณสารเคมีที่ใช้จะเป็น ปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุดสำหรับการลดสีได้มากกว่า 80% สำหรับโทนสีม่วง หรือคือจุดเปลี่ยนแปลงนั่นเอง และเมื่อใช้อัตราส่วนที่น้อยลงเป็น R = 20 : 1 พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดจะลดลงจาก 83% ที่ R = 10 : 1 เป็น 80% ที่ R = 20 : 1 สำหรับเมื่อใช้อัตราส่วนที่มากขึ้นเป็น R = 5 : 1 พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

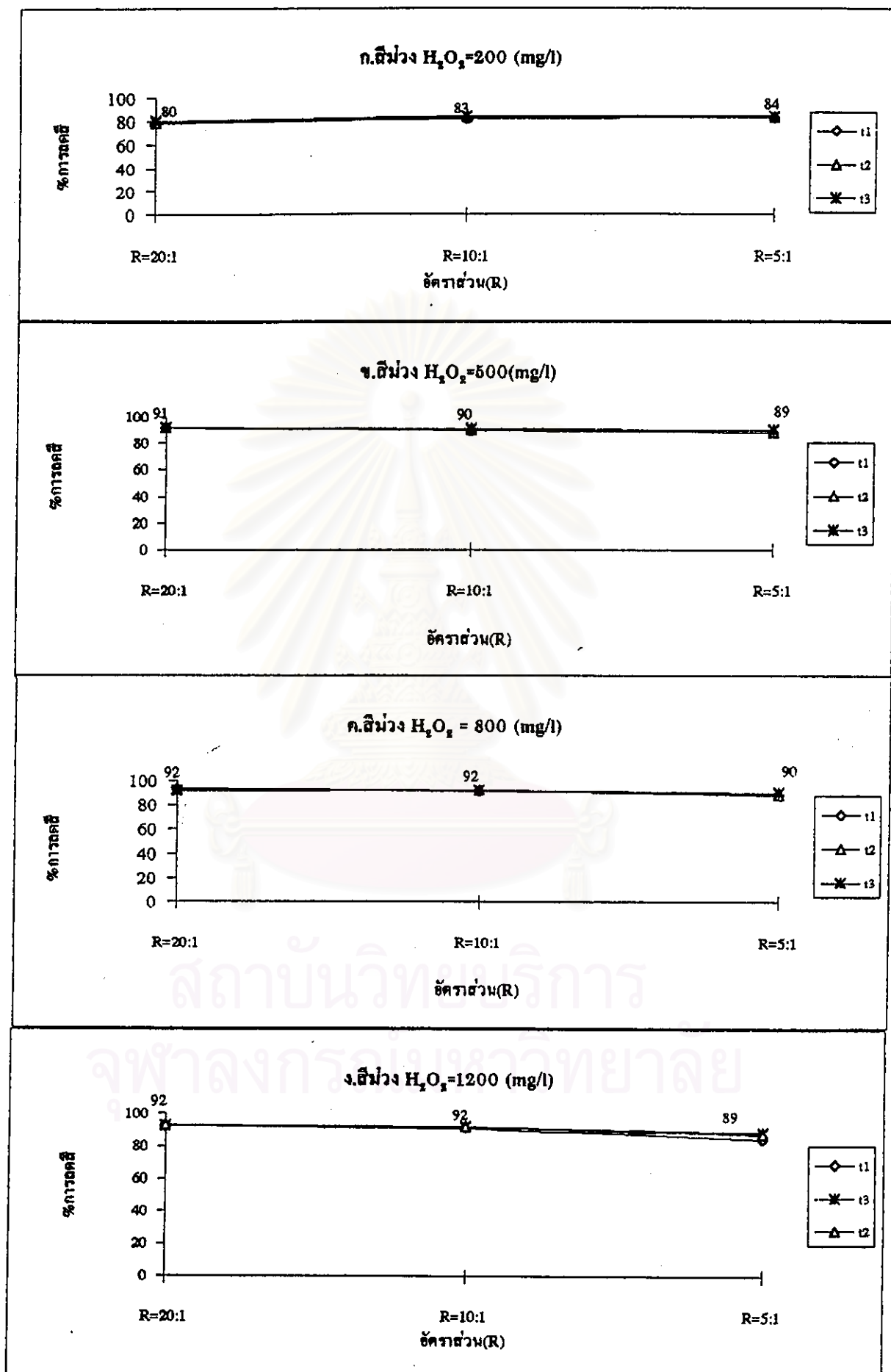
จากรูปที่ 4.5ข, 4.5ค ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 และ 800 มก./ล. พบว่า การเพิ่มอัตราส่วน(R) จาก R = 20 : 1 เป็น R = 10 : 1 และ R = 5 : 1 นั้น ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดลดลงเล็กน้อยจาก 90%-92% เป็น 89%-90%

จากรูปที่ 4.5ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอัตราส่วน(R) 1,200 มก./ล. พบว่า การเพิ่มอัตราส่วน(R) จาก R = 20 : 1 และ R = 10 : 1 และ R = 5 : 1 นั้น กลับทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดลดลงจาก 92% ที่ R = 20 : 1 เป็น 84%-89% ที่ R = 5 : 1 ทั้งนี้ เนื่องจากสีของเหล็กที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง จึงทำให้ค่าของซี(SU)ที่วัดได้ หลังจากผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟ้นต้นแล้วสูงกว่าที่อัตราส่วน R = 20 : 1

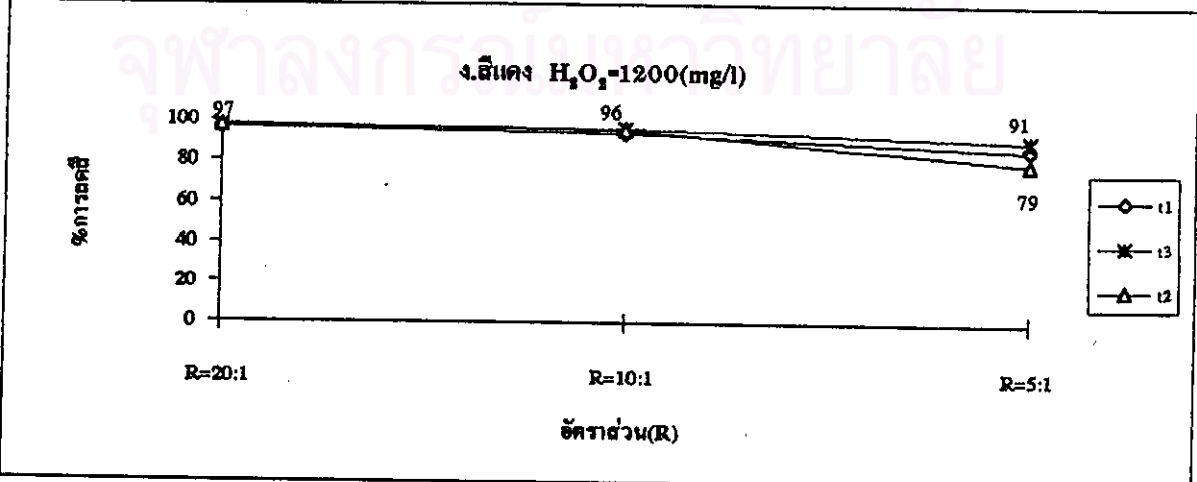
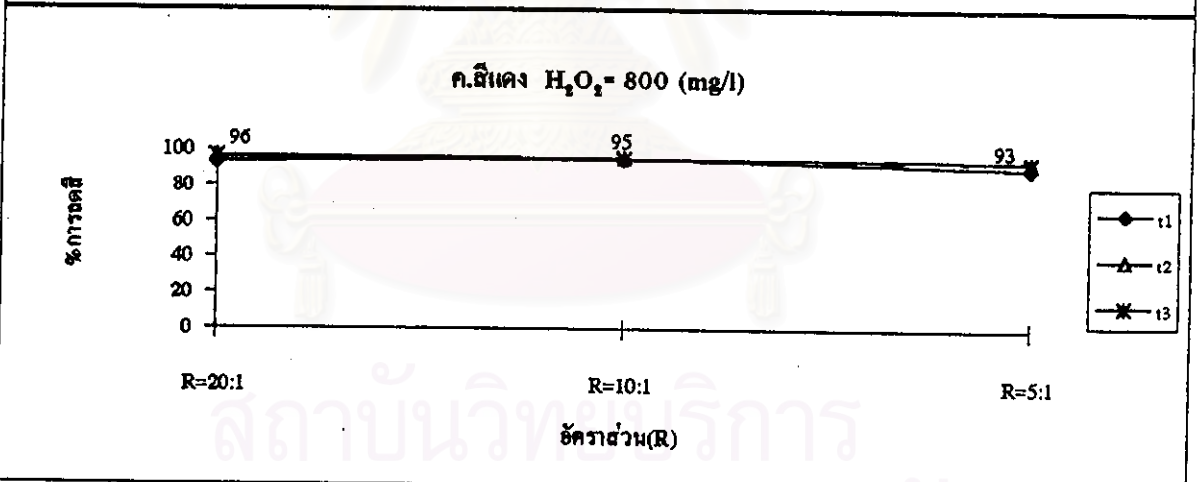
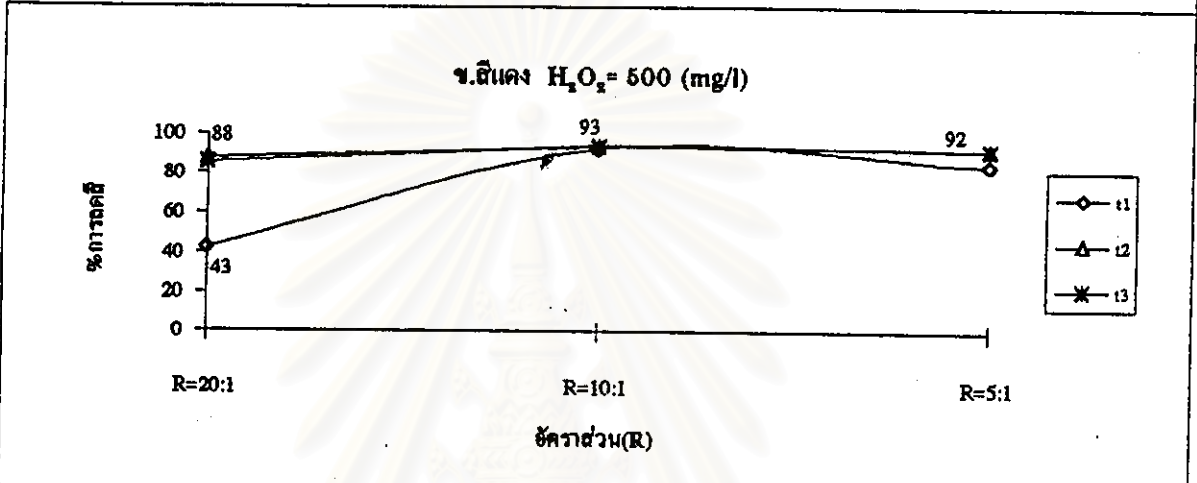
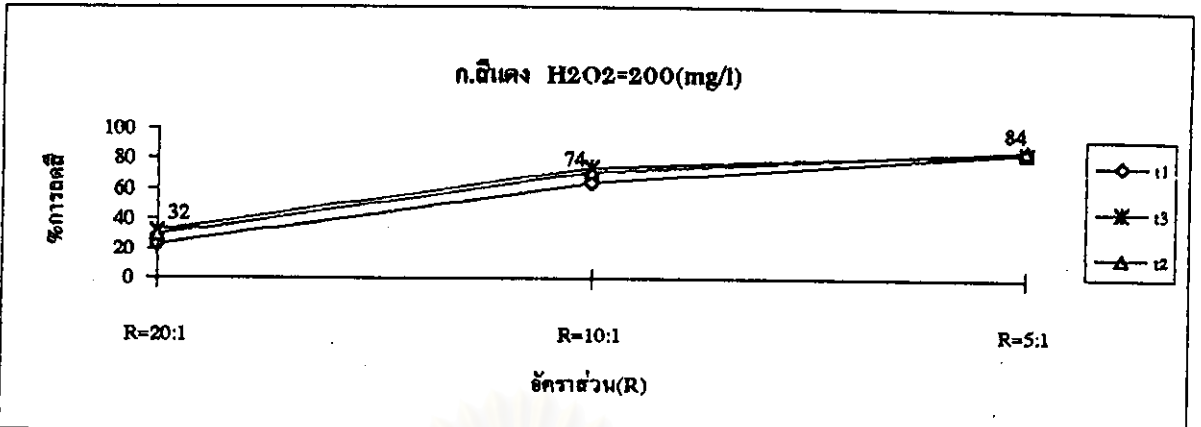
4.3.2.3 โทนสีแดง

จากรูปที่ 4.6ก-4.6ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีแดงที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน (R) ที่ใช้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

จากรูปที่ 4.6ก ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. และที่อัตราส่วน R = 5 : 1 เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณสารเคมีที่ใช้จะเป็น ปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุดสำหรับการลดสีได้มากกว่า 80% สำหรับโทนสีแดง หรือคือจุดเปลี่ยนแปลงนั่นเอง และเมื่อใช้อัตราส่วนที่น้อยลงเป็น R = 10 : 1 และ R = 20 : 1 พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดจาก 84% ที่ R = 5 : 1 เป็น 64%-74% ที่ R = 10 : 1 และ 23%-32% ที่ R = 20 : 1



รูปที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพในการรอดชีวิตของปลาเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R)จากR=20:1ถึงR=5:1ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ



รูปที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพในการรอดชีวิตของมีน้แดงเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R)จากR=20:1ถึงR=5:1ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ

จากรูปที่ 4.6ข ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. และที่อัตราส่วน $R = 10 : 1$ เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณสารเคมีที่ใช้จะเป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุดสำหรับลดสีได้มากกว่า 80% สำหรับโทนสีแดง หรือคือจุดเปลี่ยนแปลงนั่นเอง และเมื่อใช้อัตราส่วนที่น้อยลงเป็น $R = 20 : 1$ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะลดลงจาก 93% ที่ $R = 10 : 1$ เป็น 43%-88% ที่ $R = 20 : 1$ สำหรับเมื่อใช้อัตราส่วนที่มากขึ้นเป็น $R = 5 : 1$ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีก็ลดลงเล็กน้อยเป็น 84%-92% ทั้งนี้ เนื่องจากสีของเหล็กที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง จึงทำให้ค่าของสี(SU) ที่วัดได้หลังจากผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันแล้วสูงกว่าเมื่อใช้อัตราส่วน(R) = 10 : 1

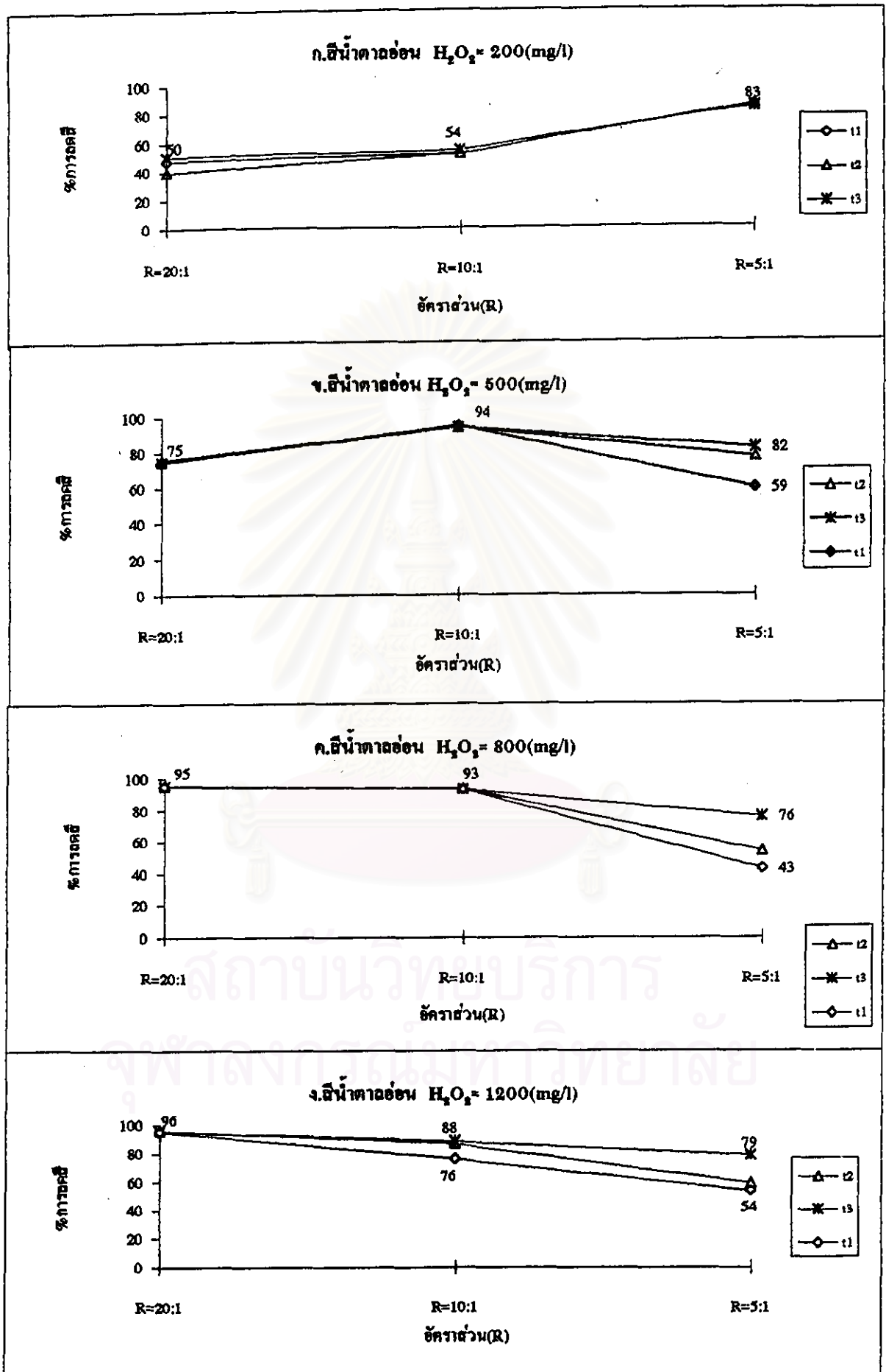
จากรูปที่ 4.6ค ซึ่งเป็นการใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 800 มก./ล. และที่อัตราส่วน(R) = 20 : 1 เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณสารเคมีที่ใช้จะเป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุดสำหรับลดสีได้มากกว่า 80% สำหรับโทนสีแดง หรือคือจุดเปลี่ยนแปลงนั่นเอง และเมื่อใช้อัตราส่วนมากขึ้น พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลงจาก 96% ที่ $R = 20 : 1$ เป็น 95% และ 89%-93% ที่อัตราส่วน $R = 10 : 1$ และ $R = 5 : 1$ ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากสีของเหล็กที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

จากรูปที่ 4.6ง ซึ่งเป็นการใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1,200 มก./ล. พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วน(R) จาก $R = 20 : 1$ เป็น $R = 10 : 1$ และ $R = 5 : 1$ นั้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดต่ำลงจาก 97% เป็น 96% และ 79%-91% ตามลำดับ ทั้งนี้ สาเหตุเนื่องมาจากสีของเหล็กที่เกิดขึ้นมากขึ้นดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

4.3.2.4 โทนสีน้ำตาลอ่อน

จากรูปที่ 4.7ก-4.7ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีน้ำตาลอ่อนที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R) ที่ใช้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

จากรูปที่ 4.7ก ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. และที่อัตราส่วน $R = 5 : 1$ เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณสารเคมีที่ใช้จะเป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุดสำหรับการลดสีได้มากกว่า 80% สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน หรือคือจุดเปลี่ยนแปลงนั่นเอง และเมื่อใช้อัตราส่วนที่น้อยลงเป็น $R = 10 : 1$ และ $R = 20 : 1$ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดจาก 83% ที่ $R = 5 : 1$ เป็น 52%-54% ที่ $R = 10 : 1$ และ 40%-50% ที่ $R = 20 : 1$ ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 แสดงประสิทธิภาพในการลดสีในกรณีที่มีน้ำตาคลอ่นเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R)จากR=20:1ถึงR=5:1ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ

จากรูปที่ 4.7ข ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. และที่อัตราส่วน $R = 10 : 1$ เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณสารเคมีที่ใช้จะเป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุดสำหรับลดสีได้มากกว่า 80% สำหรับโทนสีแดง หรือคือจุดเปลี่ยนแปลงนั่นเอง และเมื่อใช้อัตราส่วนที่น้อยลงเป็น $R = 20 : 1$ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะลดลงจาก 94% ที่ $R = 10 : 1$ เป็น 75% ที่ $R = 20 : 1$ สำหรับเมื่อใช้อัตราส่วนที่มากขึ้นเป็น $R = 5 : 1$ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีกลับลดลงเล็กน้อยเป็น 59%-82% ทั้งนี้ เนื่องจากสีของเหล็กที่เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ค่าของสี(SU) ที่วัดได้หลังจากผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันแล้วสูงกว่าเมื่อใช้อัตราส่วน(R) = 10 : 1

จากรูปที่ 4.7ค ซึ่งเป็นการใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 800 มก./ล. และที่อัตราส่วน $R = 20 : 1$ เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณสารเคมีที่ใช้จะเป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุดสำหรับลดสีได้มากกว่า 80% สำหรับโทนสีแดงหรือคือจุดเปลี่ยนแปลงนั่นเอง และเมื่อใช้อัตราส่วนมากขึ้น พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลงจาก 95% ที่ $R = 20 : 1$ เป็น 93% และ 43%-76% ที่อัตราส่วน $R = 10 : 1$ และ $R = 5 : 1$ ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากสีของเหล็ก(Fe^{+3})ที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

จากรูปที่ 4.7ง ซึ่งเป็นการใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1,200 มก./ล. พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วน(R) จาก $R = 20 : 1$ เป็น $R = 10 : 1$ และ $R = 5 : 1$ นั้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลงจาก 96% เป็น 76%-88% และ 54%-79% ตามลำดับ ทั้งนี้ สาเหตุเนื่องมาจากสีของเหล็ก(Fe^{+3}) ที่เกิดขึ้นมากขึ้นดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

จากผลการทดลองดังกล่าวมาแล้วสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

- 1) การลดลงของอัตราส่วน(R)หรือการลดลงของความเข้มข้นของเหล็กนั่นเอง จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลง สำหรับที่ปริมาณสารเคมีเฟนตันที่ใช้้น้อยกว่าปริมาณสารเคมีเฟนตันที่จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีมากกว่า 80% ดังตารางที่ 4.5
- 2) ถ้าปริมาณสารเคมีเฟนตันที่ใช้มากกว่าปริมาณสารเคมีเฟนตันที่ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีมากกว่า 80% ดังตารางที่ 4.5 พบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน(R) จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย สำหรับโทนสีดำ แต่สำหรับโทนสีม่วง, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งมีค่าของสี(SU) เดิมไม่สูงนัก เมื่อเพิ่มอัตราส่วน(R) มากขึ้น จะทำให้ปริมาณของเหล็ก(Fe^{+3}) เพิ่มขึ้นและทำให้ค่าของสีของน้ำเสียเพิ่มมากขึ้นในที่สุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับที่เพิ่มนี้กับค่าของสีเริ่มต้นที่น้อยอยู่แล้วจึงทำส่งผลกระทบต่ออย่างมาก ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลง

4.3.3 การเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

การทดลองศึกษาถึงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีอย่างไร โดยทำการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา คือ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ซึ่งแสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.8-4.11 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยานั้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสี ดังนี้

4.3.3.1 โทนสีดำ

จากรูปที่ 4.8ก-4.8ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีดำที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. พบว่า การเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 1 ชั่วโมง เป็น 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ นั้น ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเปลี่ยนแปลงไปมากนัก สำหรับทุกๆ ปริมาณสารเคมีที่ใช้

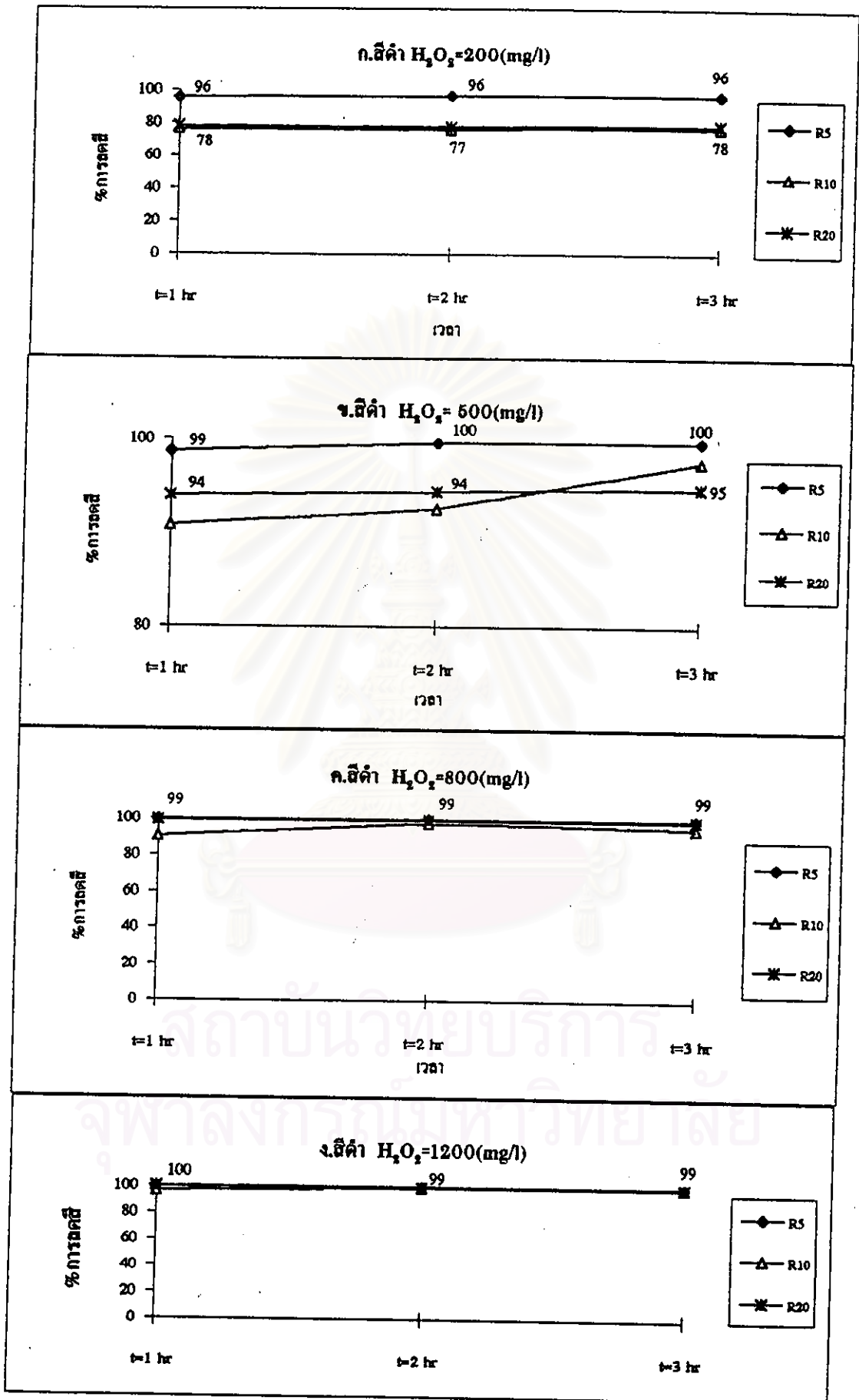
4.3.3.2 โทนสีม่วง

จากรูปที่ 4.9ก-4.9ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีม่วงที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. พบว่า การเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 1 ชั่วโมง เป็น 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ นั้น ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเปลี่ยนแปลงไปมากนัก สำหรับทุกๆ ปริมาณสารเคมีที่ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับกรณีโทนสีดำ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

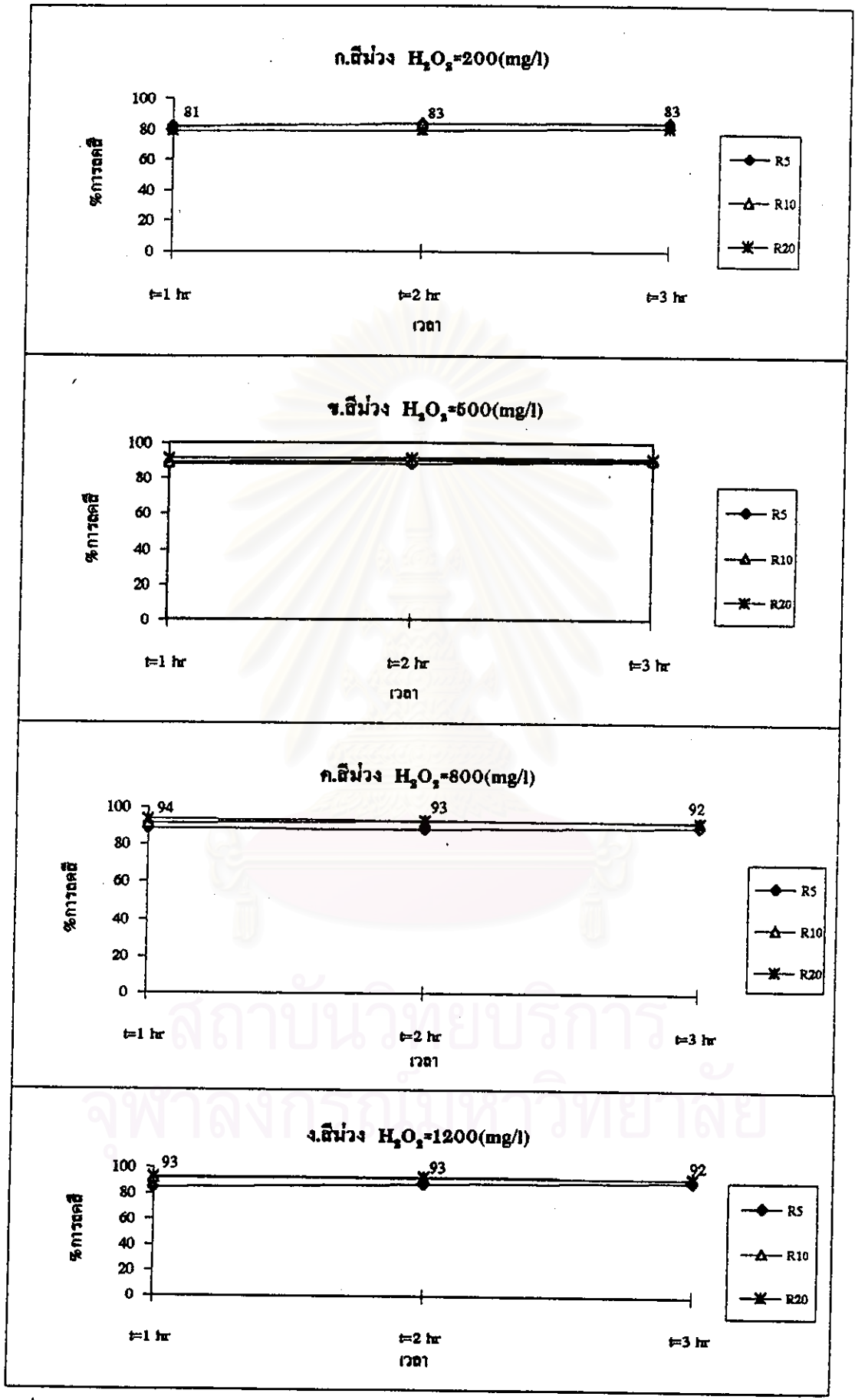
4.3.3.3 โทนสีแดง

จากรูปที่ 4.10ก-4.10ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีแดงที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. พบว่า การเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามีผลต่อประสิทธิภาพในการลดสี ดังนี้

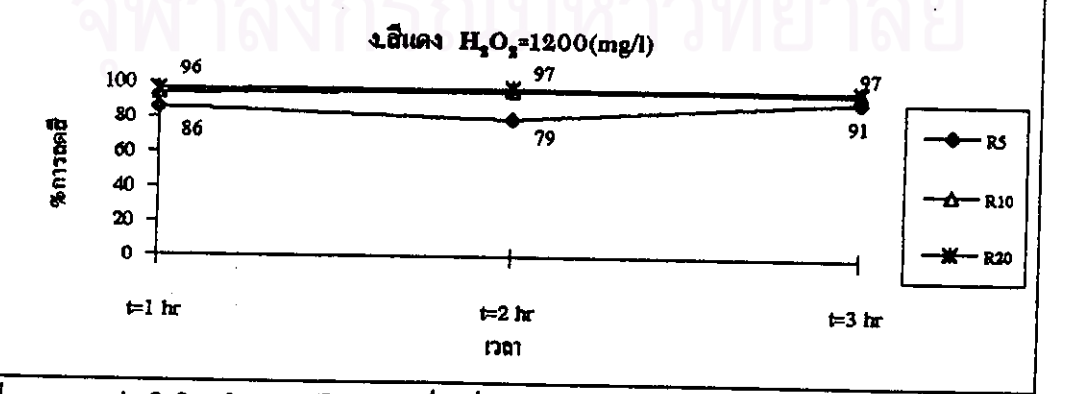
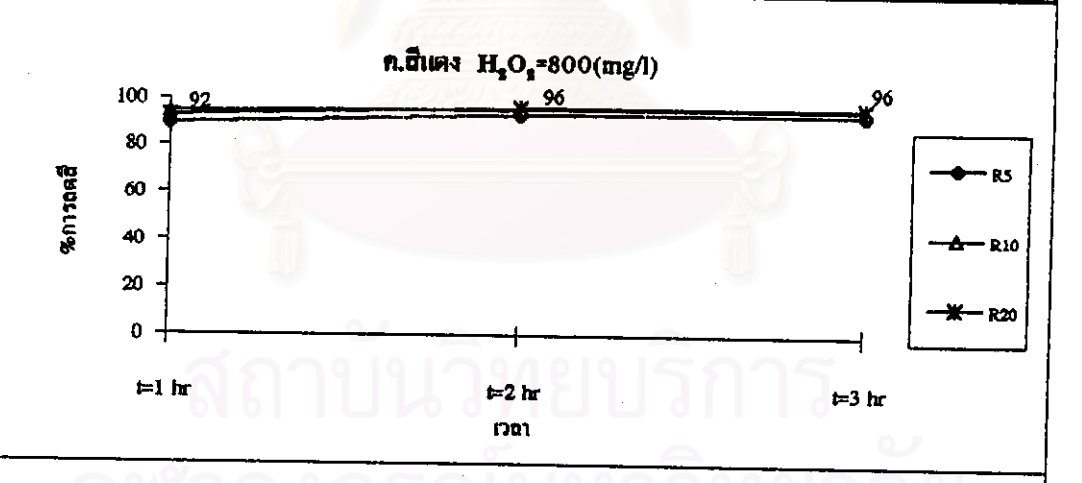
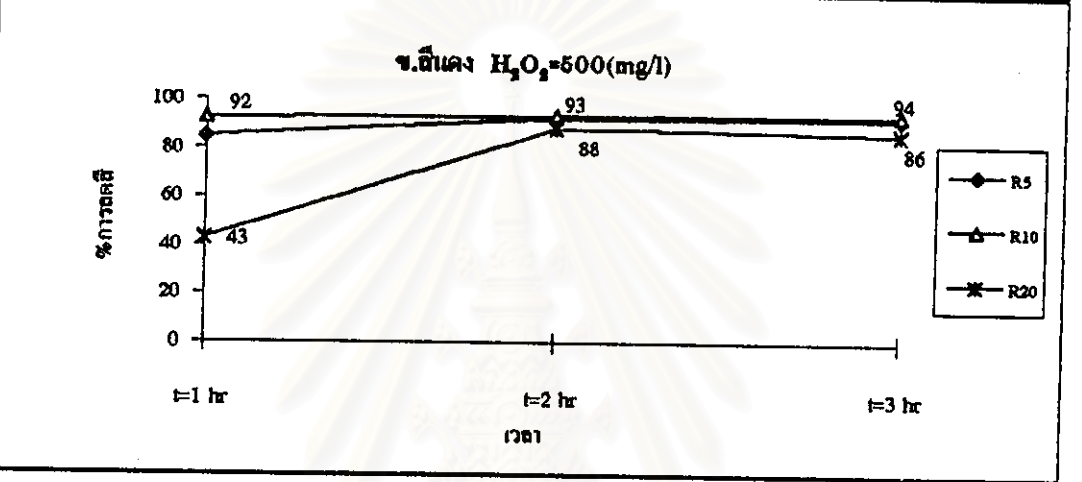
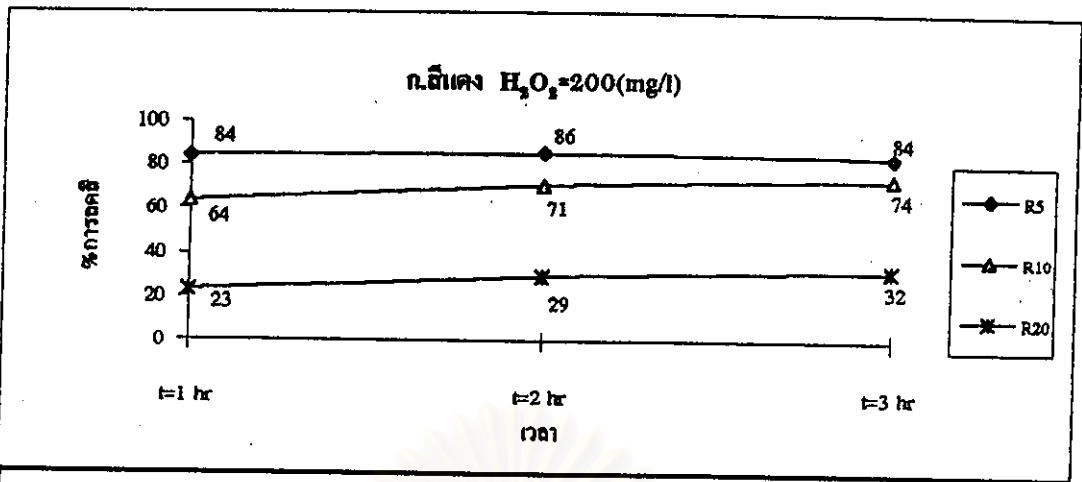
จากรูปที่ 4.10ก ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200 มก./ล. ที่อัตราส่วน $R = 5 : 1$ พบว่า การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 1 ชั่วโมง เป็น 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ นั้น จะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดสี สำหรับการใช้อัตราส่วนที่ลดลง คือ ที่อัตราส่วน(R)



รูปที่ 4.8 แสดงประสิทธิภาพในการดัดสีโชนสีน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาจาก 1ชม.ถึง3ชม.ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ



รูปที่ 4.9 แสดงประสิทธิภาพในการลดทิโตนที่มัวง เมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาจาก 1 ชม. ถึง 3 ชม. ที่ปริมาตร H₂O₂ ต่างๆ



รูปที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพในการลดคลอรีนอิสระ เมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาจาก 1 ชม. ถึง 3 ชม. ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ

= 10 : 1 และ 20 : 1 นั้น การให้เวลาในการทำปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเพิ่มขึ้นจาก 64% และ 23% ที่เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. เป็น 74% และ 32% ที่เวลาทำปฏิกิริยา 3 ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.10ข ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 500 มก./ล. ที่อัตราส่วน $R = 20 : 1$ พบว่า การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเพิ่มขึ้นจาก 43% เป็น 88% แต่สำหรับที่อัตราส่วน $(R) = 5 : 1$ และ $R = 10 : 1$ นั้น เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดสี

จากรูปที่ 4.39, 4.40 ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 800 และ 1,200 มก./ล. พบว่า การเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 1 ชั่วโมง เป็น 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ นั้น ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเปลี่ยนแปลงไปมากนัก สำหรับทุกๆ อัตราส่วนที่ใช้

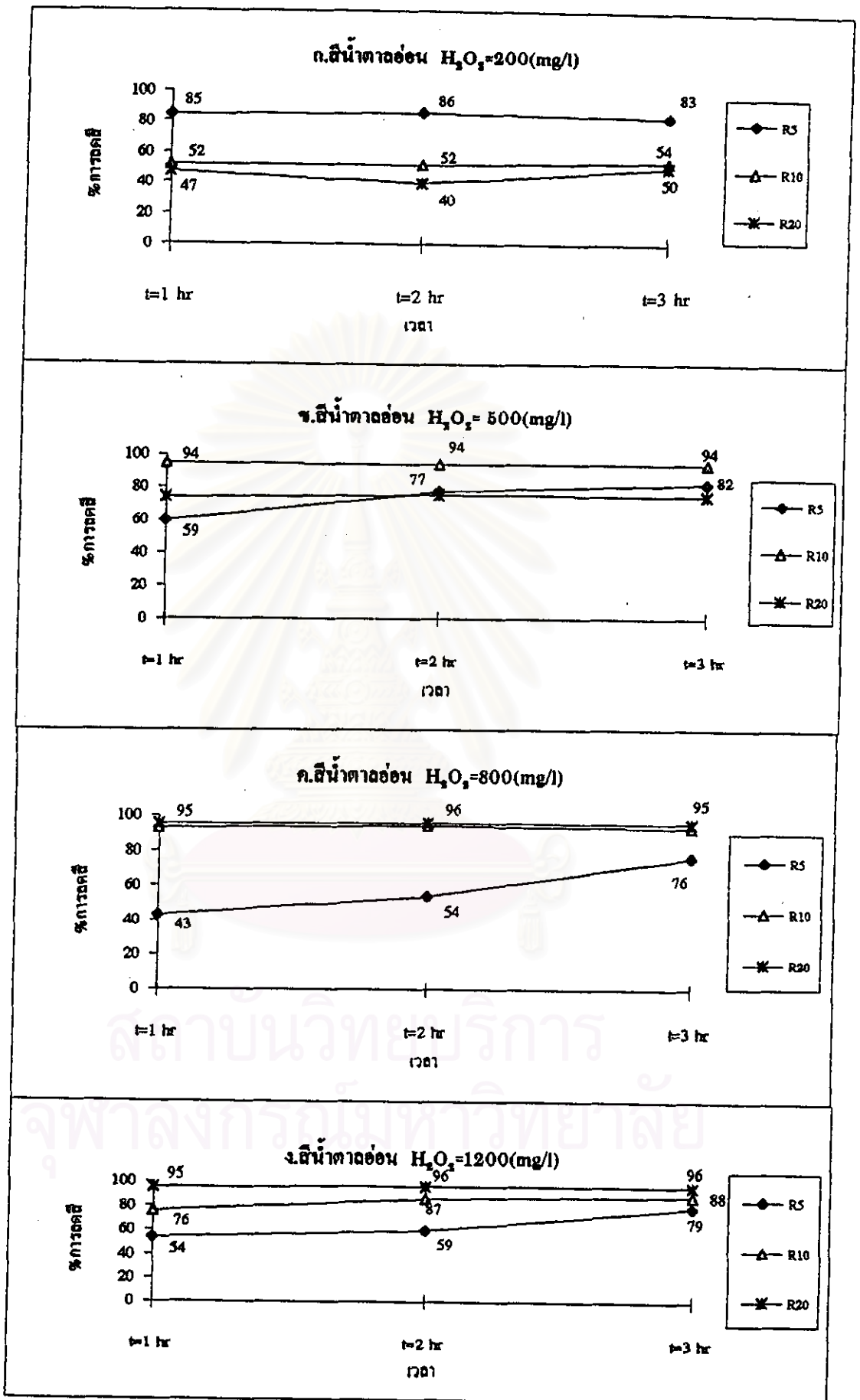
4.3.3.4 โทนน้ำตาลอ่อน

จากรูปที่ 4.11ก-4.11ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนน้ำตาลอ่อน ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. พบว่า การเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัด ดังนี้

จากรูปที่ 4.11ก ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200 มก./ล. ที่อัตราส่วน $R = 5 : 1, R = 10 : 1$ และ $R = 20 : 1$ พบว่า การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 1 ชั่วโมง เป็น 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ นั้น ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดสี

จากรูปที่ 4.11ข, 4.11ค ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 500 มก./ล. และ 800 มก./ล. ที่อัตราส่วน $R = 10 : 1$ และ $R = 20 : 1$ พบว่า การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยานั้นจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดสี แต่สำหรับอัตราส่วน $(R) = 5 : 1$ พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดดีขึ้นจาก 59% ที่เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. เป็น 82% ที่เวลาทำปฏิกิริยา 3 ชม. สำหรับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 500 มก./ล. และจาก 43% ที่เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. เป็น 76% ที่เวลาทำปฏิกิริยา 3 ชม. สำหรับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 800 มก./ล.

จากรูปที่ 4.11ง ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1,200 มก./ล. ที่อัตราส่วน $(R) = 20 : 1$ พบว่า การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยานั้นจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดสี แต่สำหรับอัตราส่วน $(R) = 10 : 1$ และ $5 : 1$ พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดดีขึ้นจาก 76% และ 54% ที่เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. เป็น 88% และ 79% ที่เวลาทำปฏิกิริยา 3 ชม. ตามลำดับ



รูปที่ 4.11 แสดงประสิทธิภาพในการงอกของต้นข้าวตอกอ่อน เมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาจาก 1 ชม. ถึง 3 ชม. ที่ปริมาณ H_2O_2 ค่าต่างๆ

จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

1) ถ้าปริมาณสารเคมีเฟนคันที่ใช้น้อยกว่าปริมาณสารเคมีเฟนคันที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีมากกว่า 80% ดังตารางที่ 4.5 พบว่า การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่าใดนัก แสดงให้เห็นว่า ถ้าปริมาณสารเคมีไม่เพียงพอสำหรับการบำบัดแล้วนั้นแม้เพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาก็ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีดีขึ้นเท่าใดนัก ยกเว้น โทนสีแดงที่เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยานานขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีดีขึ้นได้บ้าง แสดงให้เห็นว่า เวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชม.เพียงพอสำหรับบำบัดน้ำเสียสีรีแอกทีฟ โทนสีดำ, ม่วง, น้ำตาลอ่อน

2) สำหรับการใช้ปริมาณสารเคมีเฟนคันที่มากกว่าที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 พบว่า การเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 1 ชั่วโมง เป็น 2 และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ จะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสี ยกเว้น โทนสีน้ำตาลอ่อนที่การใช้ปริมาณสารเคมีเฟนคันที่มากเกินไปจะทำให้เกิดสีของเหล็ก(Fe^{++})ที่มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการลดสีลดลง ดังได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 4.3.2 แต่เมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น พบว่า สีของเหล็กที่เหลืออยู่นี้ลดลงได้ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้น

4.8.4 การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์หลังการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนคัน

การทดลองนี้ ได้ศึกษาถึงการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ว่ามีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีอย่างไรหลังจากน้ำเสียผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนคันแล้ว และนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง ก่อนนำมาทำการบำบัดด้วยปูนขาว ดังนั้นการใช้ปูนขาวในที่นี้จึงเป็นทำหน้าที่ลดสีที่เหลือจากการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนคันและการกรองแล้ว ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.12-4.16 โดยความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในกราฟแสดงตัวอย่างได้ดังนี้

R5 คือ ที่อัตราส่วน(R) = 5

R'5 คือ ที่อัตราส่วน(R)= 5 แต่ผ่านการบำบัดด้วยปูนขาวด้วย

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสี ดังต่อไปนี้

4.3.4.1 ชุดควบคุม

จากรูปที่ 4.12ก-4.12ง เป็นการทดลองใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์สำหรับชุดควบคุมของ โทนีสิต้า, ม่วง, แดง และน้ำตาลอ่อน พบว่า การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อประสิทธิภาพ ในการกำจัดสี ดังนี้

จากรูปที่ 4.12ก-4.12ค จะเห็นได้ว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถลดสีของชุดควบคุม ได้เพิ่มขึ้นจากประมาณ 3%-15% เป็น 12%-25% สำหรับโทนีสิต้าจาก 11%-22% เป็น 16%-36% สำหรับโทนีสีม่วง และจาก 6%-21% เป็น 10%-34% สำหรับโทนีสีแดง แต่อย่างไรก็ตามจาก การทดลองจึงเห็นได้ว่า การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์สำหรับชุดควบคุม สามารถลดสีได้เพิ่ม ขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับความสามารถในการลดสีของสารเคมีเฟนตันคังที่ได้กล่าวมาแล้ว

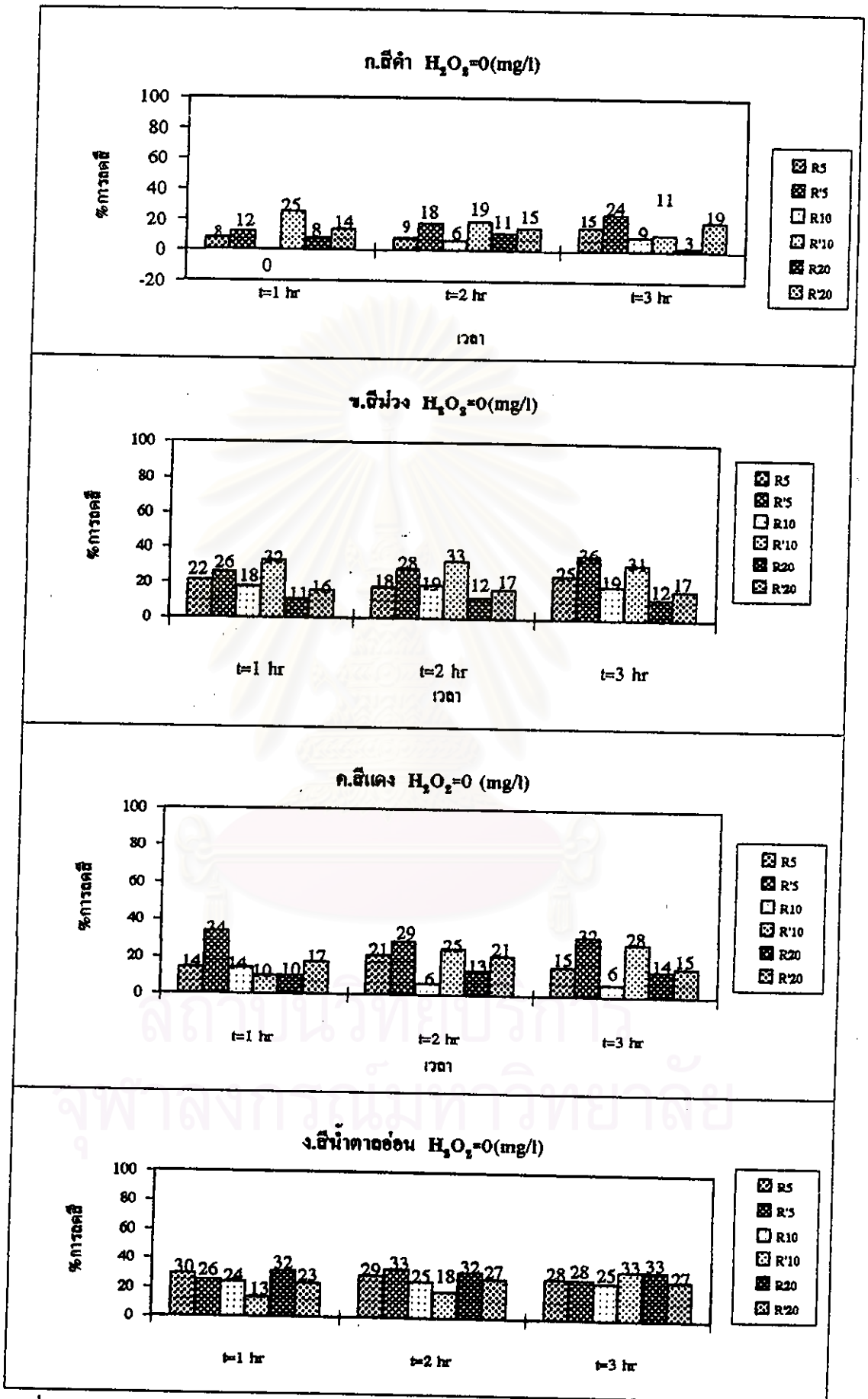
จากรูปที่ 4.12ง สำหรับโทนีสีน้ำตาลอ่อน พบว่า การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์กลับทำ ให้ประสิทธิภาพในการลดสีลดลงจาก 24%-33% เป็น 13%-33%

4.3.4.2 โทนีสิต้า

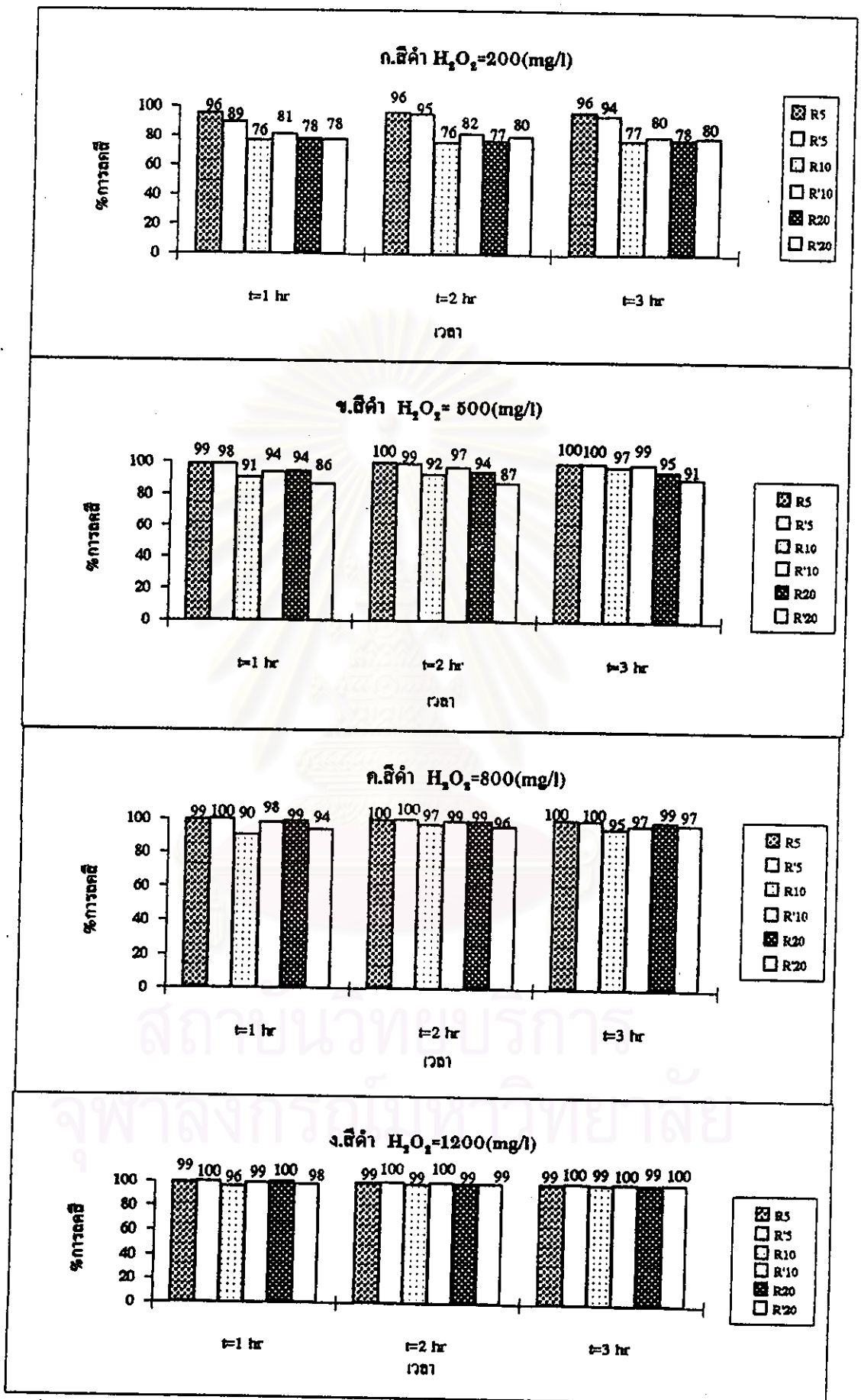
จากรูปที่ 4.13ก-4.13ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนีสิต้า ที่ปริมาณการใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า การใช้ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ หลังจากการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี ดัง นี้

จากรูปที่ 4.13ก เป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. และ ที่อัตราส่วน(R) = 5 : 1 เปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่าปริมาณสารเคมีที่ใช้เป็นปริมาณสารเคมี ที่น้อยที่สุดในการกำจัดสีได้มากกว่า 80% หรือคือจุดเปลี่ยนแปลงนั่นเอง พบว่า เมื่อให้แคลเซียม ไฮดรอกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลงจาก 96% เป็น 89%-95% และเมื่อใช้อัตรา ส่วน(R) น้อยลง เป็น R = 10 : 1 และ 20 : 1 นั้น พบว่า แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ประสิทธิ ภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 76%-77% เป็น 80%-82% และจาก 77%-78% เป็น 78%- 80% ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.13ข,4.13ค เป็นการทดลองเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 และ 800 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีใกล้ เคียงของเดิม เนื่องจากสีของน้ำเสียเหลืออยู่ต่ำแล้ว การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จึงไม่ทำให้สี เปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด แต่สำหรับที่ R = 20 : 1 พบว่า การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลงเล็กน้อยจาก 94%-99% เป็น 86%-97%



รูปที่ 4.12 แสดงประสิทธิภาพในการลดสีโทรมสีต่างๆเมื่อใช้ แคดเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ $H_2O_2=0$ mg/l (ชุดควบคุม)



รูปที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพในการตกสีไทเทเนียมเมื่อใช้ แกลเซอซิลโรครอกาฟ, ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ

จากรูปที่ 4.13ง เป็นการทดลองเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1,200 มก./ล. พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ประสิทธิภาพในการกำจัดสีไม่แตกต่างจากเดิม เนื่องจากที่ปริมาณสารเคมีที่ใช้ทำให้สามารถกำจัดสีได้สูงมากเกือบ 100% จึงมีสีเหลืองน้อยมาก ดังนั้น เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จึงไม่เห็นความแตกต่าง

4.8.4.2 โทนนีม่วง

จากรูปที่ 4.14ก-4.14ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนนีม่วงที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์หลังจากการใช้สารเคมีฟেনคัน มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสี ดังนี้

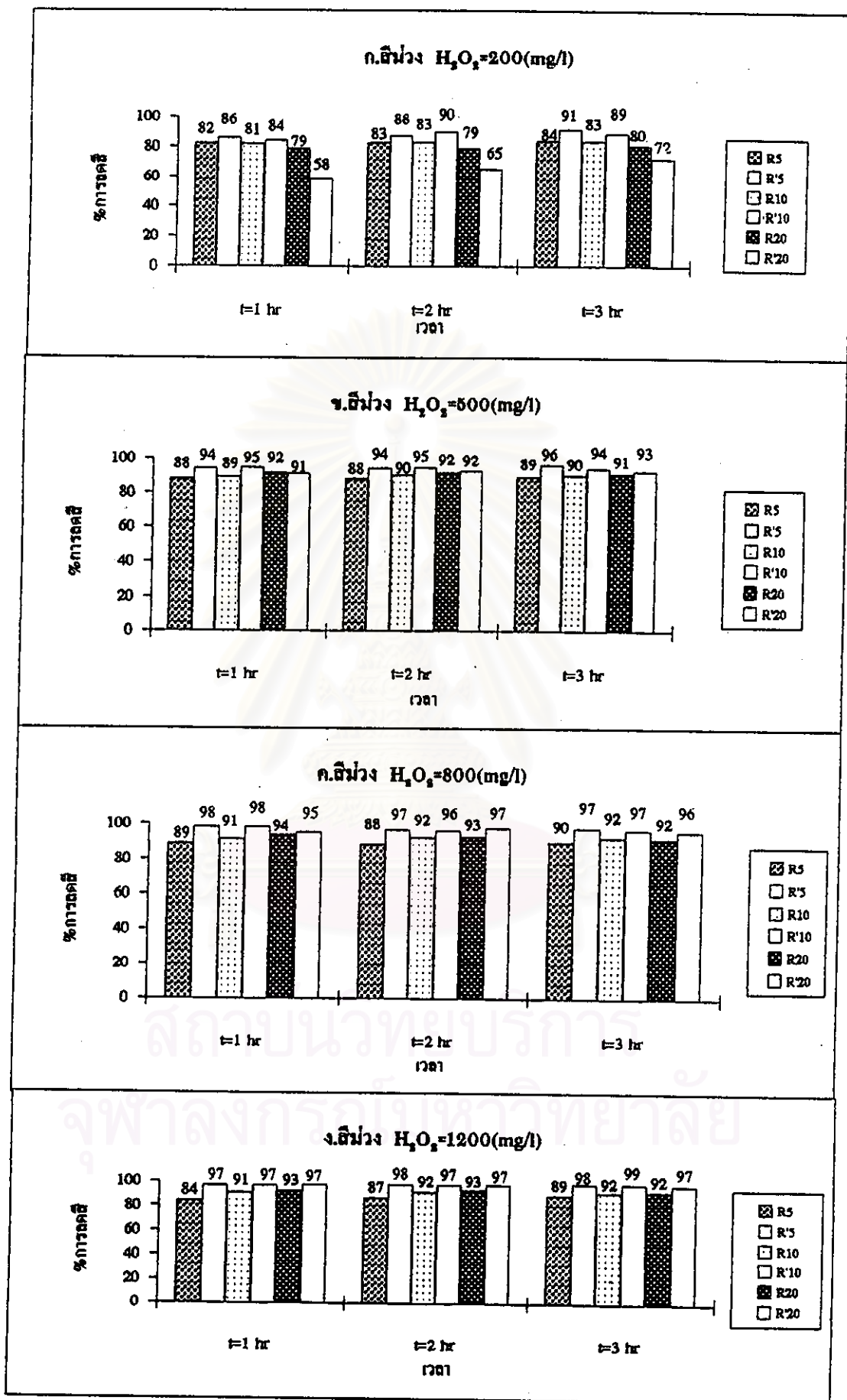
จากรูปที่ 4.14ก เป็นการทดลองเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วน(R) = 10 : 1 เปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่าสารเคมีที่ใช้เป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุดในการกำจัดสีได้มากกว่า 80% หรือคือจุดเปลี่ยนแปลงนั่นเอง พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้สามารถกำจัดสีได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 81%-83% เป็น 84%-90% และเมื่อใช้อัตราส่วน(R) น้อยลงเป็น R = 20 : 1 พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีกลับลดลงจาก 79%-80% เป็น 58%-72% และเมื่อใช้อัตราส่วน(R) มากขึ้น เป็น R = 5 : 1 พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นจาก 82%-84% เป็น 86%-89%

จากรูปที่ 4.14ข-4.14ง เป็นการทดลองเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500, 800, และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นได้ สำหรับทุกอัตราส่วน(R) ที่ใช้

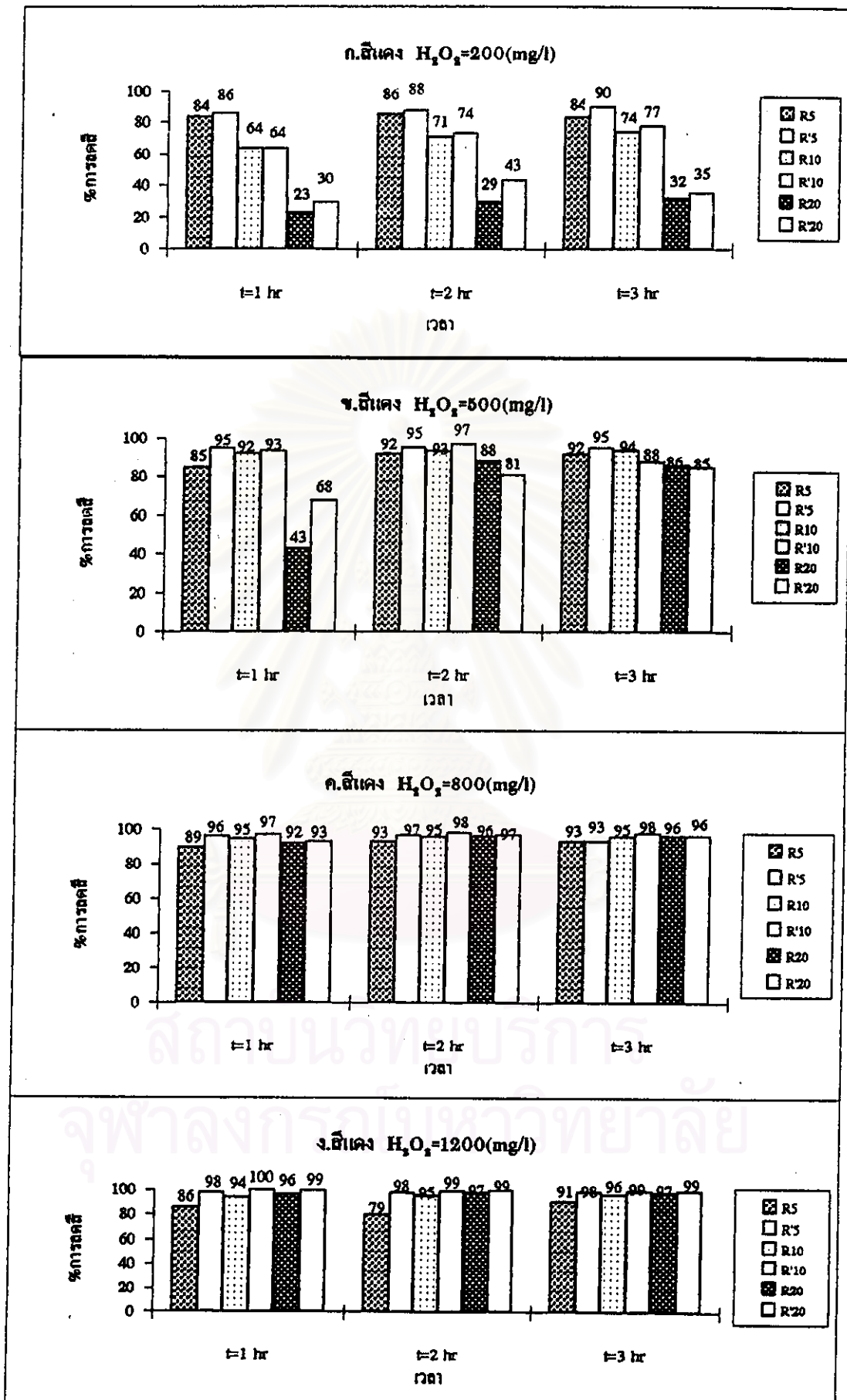
4.8.4.3 โทนนีแดง

จากรูปที่ 4.15ก-4.15ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนนีแดงที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า การใช้แคลเซียมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หลังจากการบำบัดด้วยสารเคมีฟেনคัน มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี ดังนี้

จากรูปที่ 4.15ก เป็นผลการทดลองเมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วน(R) = 5 : 1 เปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5พบว่าปริมาณสารเคมีที่ใช้ เป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุดในการกำจัดสีได้มากกว่า 80% พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้สามารถกำจัดสีได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 84%-86% เป็น 86%-90% และเมื่อใช้อัตราส่วน(R)



รูปที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพในการงอกของต้นมีนวงเมื่อใช้ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ



รูปที่ 4.15 แสดงประสิทธิภาพในการลดพิษของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แก่เมล็ดงาขาวที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ

น้อยลง เป็น $R = 10 : 1$ และ $R = 20 : 1$ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 64%-74% เป็น 64%-77% และจาก 23%-32% เป็น 30%-43% ตามลำดับ ซึ่งก็ยังไม่สามารถ ลดสีได้มากกว่า 80% อยู่นั่นเอง

จากรูปที่ 4.15ข เป็นผลการทดลองเมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้เพิ่มขึ้นจาก 85%-92% และ 95% และที่อัตราส่วน(R) = 10 : 1 และ $R = 20 : 1$ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัด สีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นที่อัตราส่วน(R) = 20 : 1, เวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง, พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นอย่างมากจาก 43% เป็น 68% แต่ก็ยังไม่สูงกว่า 80% อยู่นั่นเอง

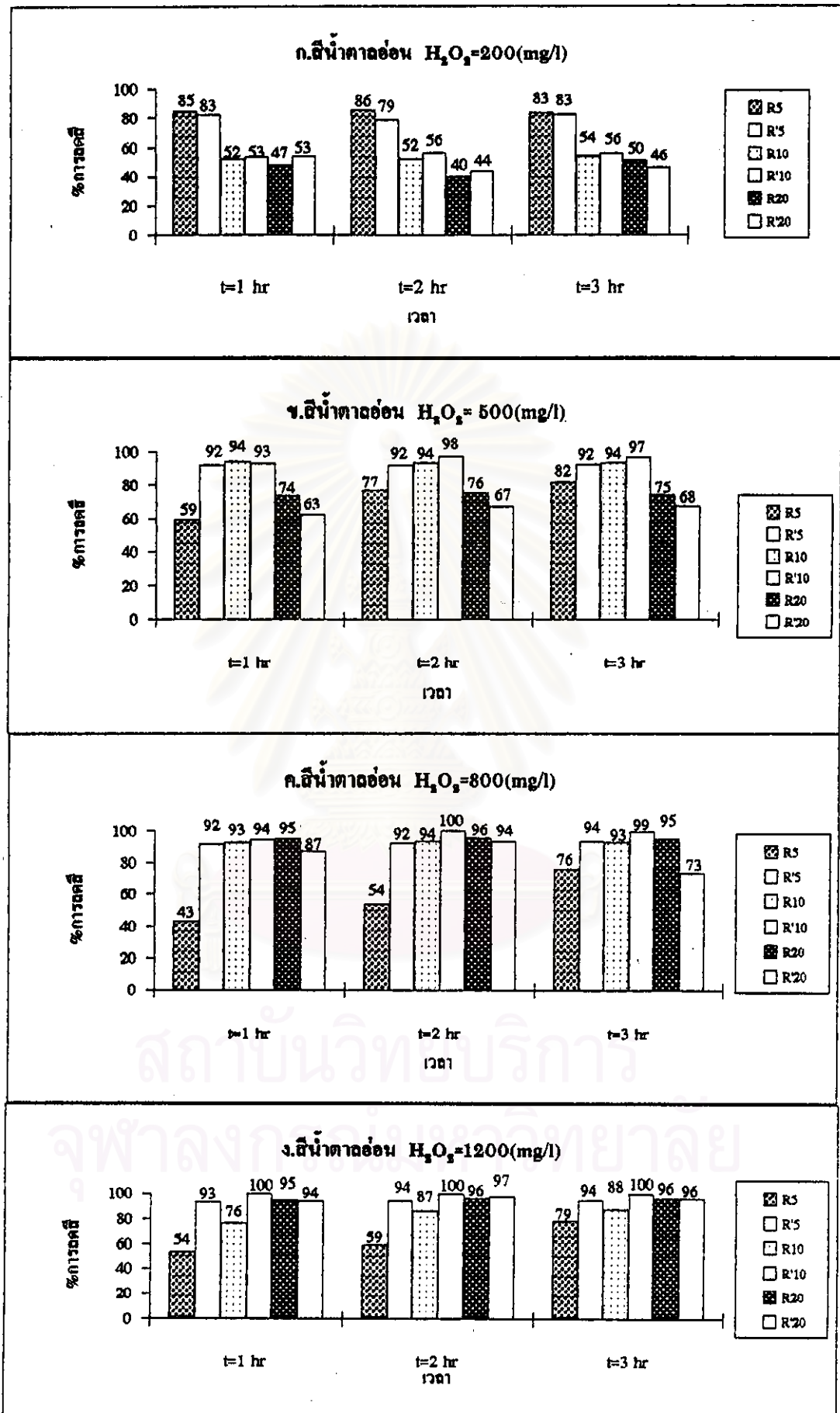
จากรูปที่ 4.15ค,4.15ง เป็นผลการทดลองเมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 800 และ 1,200 มก./ล. เมื่อพิจารณาอัตราส่วนที่ใช้จาก $R = 20:1$ เป็น $R = 10 : 1$ และ $R = 5 : 1$ จะทำให้ มีสีของเหล็กมากขึ้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.4.2.3 ซึ่งเมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ พบ ว่า สามารถกำจัดเหล็กที่มากเกินไปได้ โดยทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้น โดยเห็นได้ชัด จากรูปที่ 4.15ง อัตราส่วน $R = 5 : 1$ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นจาก 86%-91% เป็น 98% เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์หลังจากการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน

4.3.4.4 โทนนีน้ำตาลอ่อน

จากรูปที่ 4.16ก-4.16ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนนีน้ำตาลอ่อน ที่ปริมาณ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า การใช้ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ หลังจากการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี ดังนี้

จากรูปที่ 4.16ก แสดงประสิทธิภาพในการลดสี เมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วน(R) = 5 : 1 เปรียบเทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่าปริมาณสารเคมี ที่ใช้ จะเป็นอัตราส่วนที่น้อยที่สุดในการกำจัดสีได้มากกว่า 80% และ เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอก ซิดจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีไม่ต่างจากเดิมมากนัก และเมื่อใช้อัตราส่วน(R) น้อยลง เป็น $R = 10 : 1$ และ $R = 20 : 1$ พบว่า แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัด สีเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อยจาก 52%-54% เป็น 53%-56% และจาก 40%-50% เป็น 44%-53% ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.16ข,4.16ค แสดงประสิทธิภาพในการลดสีเมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ ออกไซด์ 500 และ 800 มก./ล. เมื่อพิจารณาที่อัตราส่วน(R) = 10 : 1 และ $R = 20 : 1$ เมื่อเปรียบ เทียบกับตารางที่ 4.5 พบว่าปริมาณสารเคมีที่ใช้ จะเป็นอัตราส่วนที่น้อยที่สุดในการกำจัดสีได้มาก



รูปที่ 4.16 แสดงประสิทธิภาพในการลดดีเอ็นเอน้ำตาลอ่อนเมื่อใช้ แกลเซอโรลออกไซด์, ที่ปริมาณ H_2O_2 ค่าต่างๆ

กว่า 80% ตามลำดับ พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์กับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันแล้ว จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีไม่ต่างจากเดิมมากนัก และเมื่อใช้อัตราส่วนสูงขึ้นไปเป็น $R = 5 : 1$ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะต่ำลงเนื่องจากสีของเหล็ก(Fe^{+3}) แต่เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่า จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงขึ้นจาก 59%-82% เป็น 92% และจาก 43%-76% เป็น 92%-94% และเมื่อลดอัตราส่วนลงเป็น $R = 20 : 1$ พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีกลับลดลงจาก 74%-76% เป็น 63%-68% และจาก 95%-96% เป็น 73%-94%

จากรูปที่ 4.16 แสดงประสิทธิภาพในการลดสีเมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1,200 มก./ล. พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์กับน้ำเสีย ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันแล้ว ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจาก 54%-79% เป็น 93%-94% ที่อัตราส่วน $R = 5 : 1$ และ จาก 76%-88% เป็น 100% ที่อัตราส่วน $R = 10 : 1$ ซึ่งการที่สามารถกำจัดสีได้มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากสีที่เกิดขึ้นเป็นสีของเหล็ก ดังนั้น การกำจัดเหล็กโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ จึงมีส่วนช่วยอย่างมาก

จากผลการทดลองดังกล่าวมาแล้วสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

- 1) การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์สำหรับขูดควบคุม พบว่า สามารถกำจัดสีได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ เนื่องจากสีรีแอกทีฟมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี จึงไม่สามารถกำจัดสีได้ด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน และ precipitation ได้ดีนัก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ (2525) ที่พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีประสิทธิภาพต่ำในการกำจัดสีรีแอกทีฟ
- 2) ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และอัตราส่วนที่ใช้ต่ำกว่า ปริมาณสารเคมีเฟนตันที่แสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งเป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุด ที่จะทำให้สามารถกำจัดสีได้มากกว่า 80% พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ไม่สามารถกำจัดสีที่ยังเหลืออยู่เนื่องจากการใช้สารเคมีเฟนตันไม่เพียงพอได้มากนัก โดยเห็นได้อย่างชัดเจนในกรณีสีแดงและสีน้ำตาลอ่อนที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200 มก./ล. อัตราส่วน $R = 20 : 1$ ทั้งนี้ เนื่องจากสีที่เหลืออยู่ยังมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีของสีรีแอกทีฟนั่นเอง จึงไม่สามารถถูกกำจัดได้ด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันและ precipitation
- 3) ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และอัตราส่วนที่ใช้สูงกว่า ปริมาณสารเคมีเฟนตันที่แสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งเป็นปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุด ที่จะทำให้สามารถกำจัดสีได้มากกว่า 80% พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก

แคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถกำจัดลิกนินของเหล็ก(Fe^{+3})ที่เกิดจากปฏิกิริยาเมื่อใช้สารเคมีเฟนตันในปริมาณที่สูง ซึ่งก็คือการใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันและ precipitation ในการกำจัดเหล็ก(Fe^{+3}) นั้นเอง โดยเห็นได้อย่างชัดเจนในกรณีนี้ น้ำตาลอ่อนที่อัตราส่วน $R = 5:1$ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ = 1,200 มก./ล.

4.4 ค่าไออาร์พีกับประสิทธิภาพในการกำจัดดี

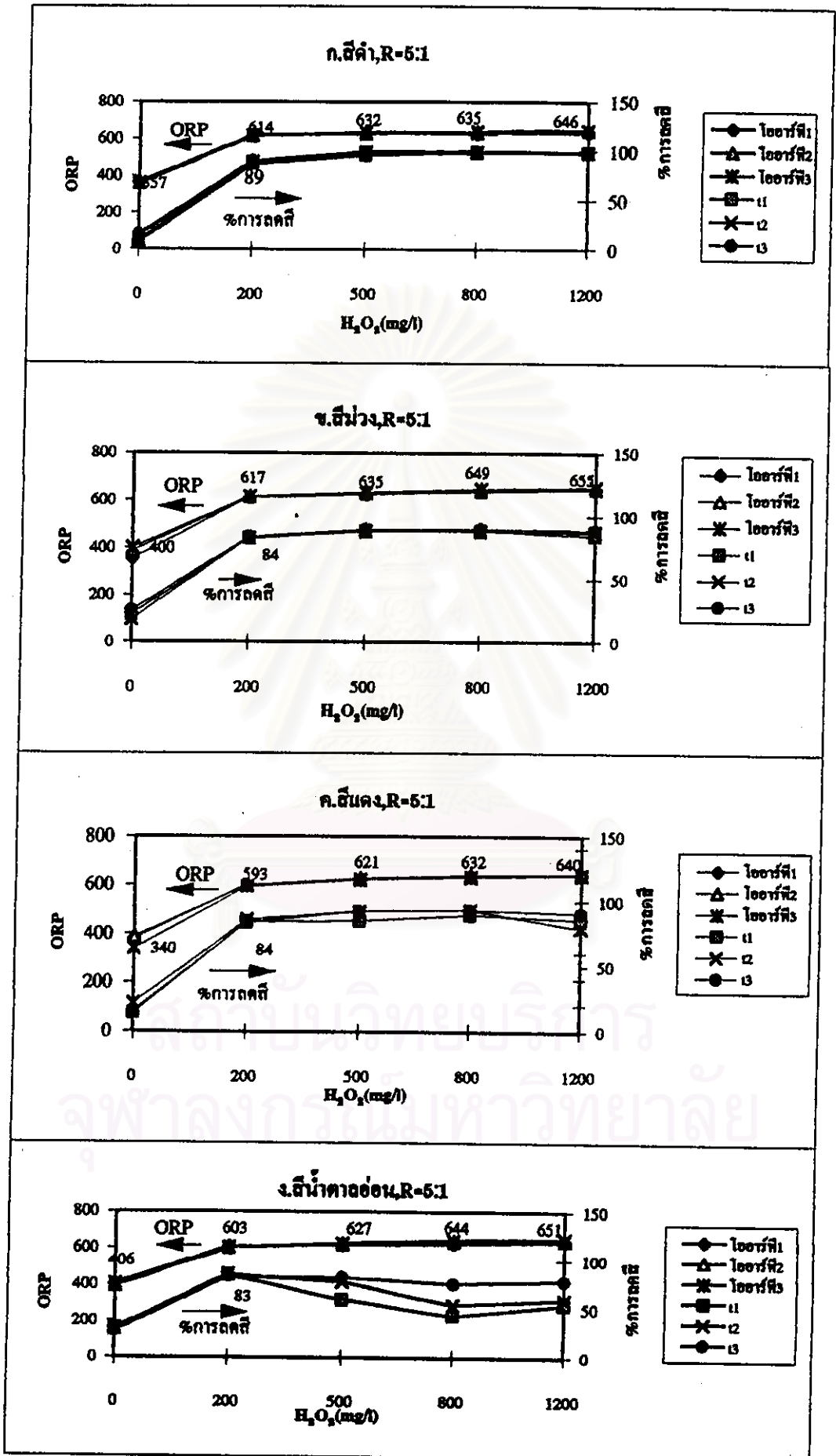
4.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดดีกับค่าไออาร์พี

การทดลองนี้ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพในการกำจัดดีกับค่าไออาร์พีที่วัดได้ ณ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 1,2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ เพื่อจะนำความสัมพันธ์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในงานควบคุมระบบจริง สำหรับน้ำเสียรีแอกทีฟทุกๆ โทนสี โดยแสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.17-4.19 โดยเส้นกราฟของ ไออาร์พีที่วัดได้จะทับกันซึ่งแสดงให้เห็นว่าเวลาในการทำปฏิกิริยาที่นานขึ้นนั้นไม่มีผลต่อค่าไออาร์พี ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับเส้นกราฟของ ประสิทธิภาพในการลดสีเช่นกัน และสำหรับตัวเลขที่แสดงค่าไออาร์พีในกราฟแต่ละชุดนั้นจะใช้ค่าไออาร์พีที่มากที่สุดเป็นตัวแทน โดยผลการทดลองแสดงได้ดังต่อไปนี้

4.4.1.1 ณ อัตราส่วน $R = 5 : 1$

จากรูปที่ 4.17ก-4.17ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีดำ, สีม่วง, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน ตามลำดับ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดดีกับค่าไออาร์พีที่วัดได้ มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน คือ เมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 0 มก./ล. (ชุดควบคุม) เป็น 200 มก./ล. จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดดีเพิ่มขึ้นอย่างมากกลายเป็น 83%-89% ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าไออาร์พีที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงนี้เช่นกัน โดยเพิ่มจาก 357 มิลลิโวลต์ เป็น 614 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีดำ, จาก 400 มิลลิโวลต์ เป็น 617 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีม่วง, จาก 340 มิลลิโวลต์ เป็น 593 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีแดง และจาก 406 มิลลิโวลต์ เป็น 603 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน

เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 200 มก./ล. เป็น 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดดีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าไออาร์พีที่วัดโดยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นกัน เมื่อเทียบกับในช่วงแรก โดยเพิ่มจาก 614 มิลลิโวลต์ เป็น 646 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีดำ, จาก 617 มิลลิโวลต์ เป็น 655 มิลลิโวลต์



รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดของน้ำเสียโทรมีค่ากับค่าไออร์ปที่อัตราส่วน R=5:1

สำหรับโตนสีม่วง, จาก 593 มิลลิโวลต์ เป็น 640 มิลลิโวลต์ สำหรับโตนสีแดง และจาก 603 มิลลิโวลต์ เป็น 651 มิลลิโวลต์ สำหรับโตนสีน้ำตาลอ่อน

4.4.1.2 ฉ อัตราส่วน R = 10 : 1

จากรูปที่ 4.18ก-4.18ง เป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโตนสีค่า, สีม่วง, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน ตามลำดับ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีกับค่าไออาร์พีที่วัดได้มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน

จากรูปที่ 4.18ก, 4.18ค และ 4.18ง สำหรับน้ำเสียโตนสีค่า, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน พบว่า เมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 0 มก./ล. (ชุดควบคุม) เป็น 500 มก./ล. จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นอย่างมากจากชุดควบคุมกลายเป็นประมาณ 92%-94% ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าไออาร์พีที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเช่นกัน โดยเพิ่มจาก 433 มิลลิโวลต์ เป็น 610 มิลลิโวลต์ สำหรับโตนสีค่า, จาก 427 มิลลิโวลต์ เป็น 569 มิลลิโวลต์ สำหรับโตนสีแดง และจาก 413 มิลลิโวลต์ เป็น 595 มิลลิโวลต์ สำหรับโตนสีน้ำตาลอ่อน

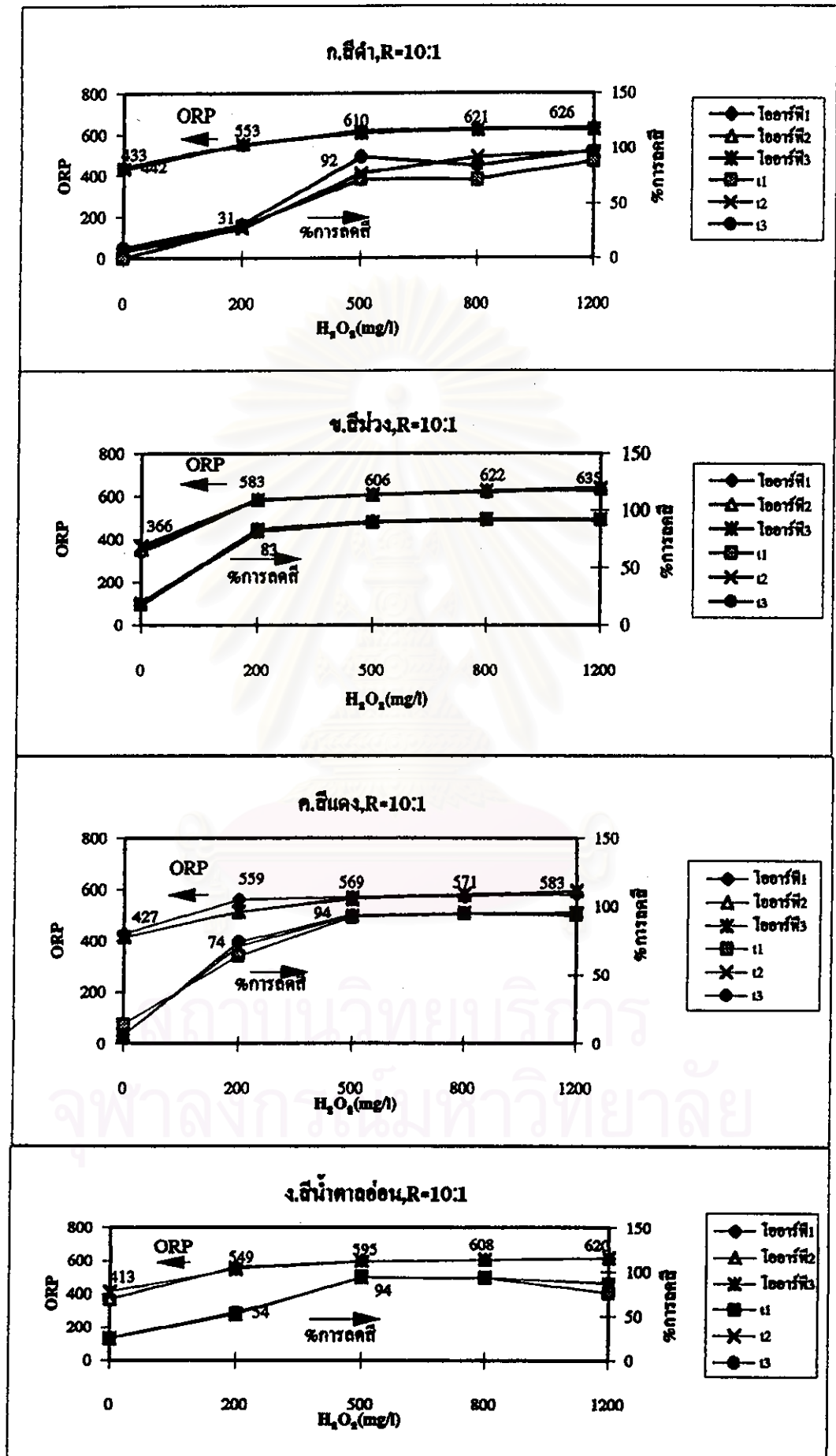
เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 500 มก./ล. เป็น 800 และ 1,200 มก./ล. พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าไออาร์พีที่วัดได้ โดยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นกัน โดยเพิ่มจาก 610 มิลลิโวลต์ เป็น 626 มิลลิโวลต์ สำหรับโตนสีค่า, จาก 569 มิลลิโวลต์ เป็น 583 มิลลิโวลต์ สำหรับโตนสีแดง และจาก 595 มิลลิโวลต์ เป็น 620 มิลลิโวลต์ สำหรับโตนสีน้ำตาลอ่อน

จากรูปที่ 4.18ข น้ำเสียโตนสีม่วง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0 มก./ล. (ชุดควบคุม) เป็น 200 มก./ล. จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นอย่างมากเป็น 83% ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าไออาร์พีที่เพิ่มขึ้นอย่างมากจาก 366 มิลลิโวลต์ ซึ่งเป็นชุดควบคุม เป็น 583 มิลลิโวลต์

เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 200 มก./ล. เป็น 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าไออาร์พีที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจาก 583 มิลลิโวลต์ เป็น 635 มิลลิโวลต์

4.4.1.3 ฉ อัตราส่วน R = 20 : 1

จากรูปที่ 4.19ก-4.19ง เป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโตนสีค่า, สีม่วง, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน ตามลำดับ พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีกับค่าไออาร์พีที่วัดได้ มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน



รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำขุ่นกับค่าไอโอดีนที่อัตราส่วน R=10:1

จากรูปที่ 4.19ก,4.19ข ใช้น้ำเสียโทนสีค่าและสีม่วง พบว่า เมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 0 มก./ล. (ชุดควบคุม) เป็น 500 มก./ล. จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นอย่างมากจากชุดควบคุมกลายเป็นประมาณ 84%-91% ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าไออาร์พีที่เพิ่มขึ้นมากเช่นกัน โดยเพิ่มจาก 309 มิลลิโวลต์ เป็น 575 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีค่า และ 357 มิลลิโวลต์ เป็น 572 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีม่วง

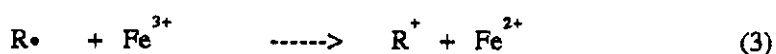
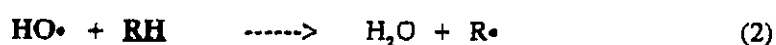
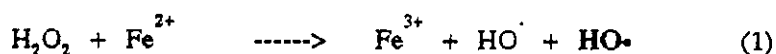
เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 500 มก./ล. เป็น 800 และ 1,200 มก./ล. พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าไออาร์พีที่วัดได้ โดยเพิ่มขึ้นจาก 575 มิลลิโวลต์ เป็น 610 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีค่า และจาก 572 มิลลิโวลต์ เป็น 609 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีม่วง

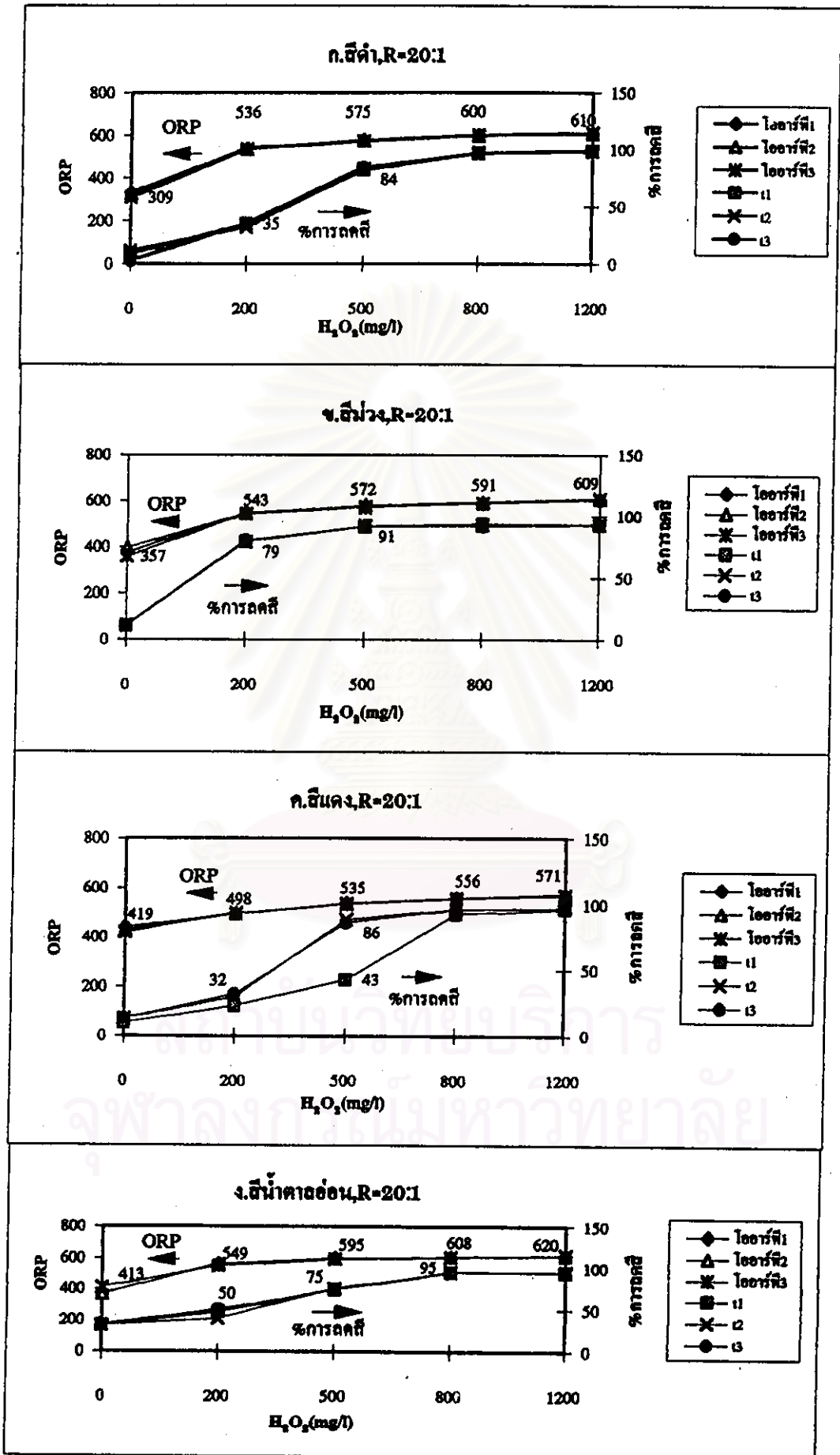
จากรูปที่ 4.19ค,4.19ง ใช้น้ำเสียโทนสีแดงและสีน้ำตาลอ่อน พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0 มก./ล. (ชุดควบคุม) เป็น 800 มก./ล. ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นอย่างมากเป็นประมาณ 92%-95% ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าไออาร์พีที่เพิ่มขึ้นอย่างมากจากประมาณ 419 มิลลิโวลต์ เป็น 556 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีแดง และจากประมาณ 413 มิลลิโวลต์ เป็น 608 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน

เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 1,200 มก./ล. จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับค่าไออาร์พีที่วัดได้ โดยเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจากประมาณ 556 มิลลิโวลต์ เป็นประมาณ 571 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีแดง และจากประมาณ 608 มิลลิโวลต์ เป็นประมาณ 620 มิลลิโวลต์ สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน

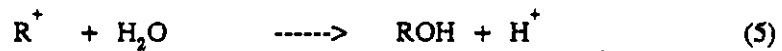
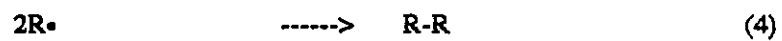
จากผลการทดลองที่กล่าวมาแล้วสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

1) ประสิทธิภาพในการกำจัดสีมีความสัมพันธ์กับค่าไออาร์พีอย่างมาก เนื่องจากการทดลองโดยใช้สารเคมีเฟนตันในการกำจัดสีนี้ เป็นกลไกปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าไออาร์พี ดังนั้น จึงทำให้ค่าไออาร์พีมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการกำจัดสีในที่สุดด้วยสาเหตุนี้จึงมีความเป็นไปได้ ในการที่จะนำค่าไออาร์พี ไปใช้สำหรับควบคุมการกำจัดสีให้มีประสิทธิภาพสูงสุดได้ สำหรับปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นจากการใช้สารเคมีเฟนตันที่มากพอจะสามารถกำจัดสีได้ ซึ่งสามารถอธิบายโดยใช้สมการต่อไปนี้





รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำเสียโทรมีสีต่างๆกับค่าไออาร์พีที่อัตราส่วน R=20:1



จากสมการที่ (1) เป็นปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเฟอร์รัสไอออน เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วทำให้ได้อนุมูลไฮดรอกซิลในที่สุด ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ที่มีศักย์รีดักชันสูง

จากสมการที่ (2) อนุมูลไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นจากสมการที่ (1) จะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของสีซึ่งแทนด้วย RH โดยส่วนที่แสดงสี(chromophore) จะถูกทำลายเนื่องจากอนุมูลไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นนี้มีความแรงในการออกซิไดซ์สูง ทำให้สามารถออกซิไดซ์โมเลกุลของสีและทำให้ สีหายไปได้ กลายเป็น R· ซึ่งสารอินทรีย์ที่เหลือนี้อาจจะเกิดปฏิกิริยาต่อคังสมการที่ (4) ซึ่งทำให้การลดสีเป็นไปอย่างสมบูรณ์

จากสมการที่ (6) และ (7) จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยานี้จะทำให้เกิดH⁺ซึ่ง ทำให้พีเอชของกระบวนการลดลง ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับผลการทดลองโดยจะกล่าวในหัวข้อ 4.4.3 ในรายละเอียดต่อไป นอกจากนี้ ยังทำให้เกิดกาซออกซิเจนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับในการทดลองที่ระหว่างปฏิกิริยานั้นจะมีฟองก๊าซเกิดขึ้นอย่างมาก

จากสมการต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ล้วนเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ซึ่งมีผลต่อค่าไออาร์พีที่วัดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมการที่ (2) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญในการทำให้เกิดการลดสี ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสีที่ลดลง เนื่องจากการออกซิไดซ์จึงมีผลต่อค่าไออาร์พีที่วัดได้ด้วยควมสัมพันธ์นี้ จึงเป็นแนวทางในการพยายามที่จะนำค่าไออาร์พีมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมประสิทธิภาพในการลดสีต่อไป

2)ค่าไออาร์พีที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงแรกนั้นจะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับประสิทธิภาพในการกำจัดสีที่เพิ่มมากขึ้นในช่วงแรกเช่นกัน โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อใช้อัตราส่วน(R) ที่สูง (R = 5 : 1) มากกว่าที่ใช้อัตราส่วน(R) ที่ต่ำ (R = 20 : 1) เนื่องจากผลของความเข้มข้นของอัตราส่วนสารเคมีที่ใช้มันเอง โดยค่าไออาร์พีที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสีได้มากกว่า 80% นั้น แสดงได้ดังตารางที่ 4.6 โดยปริมาณสารเคมีที่ใช้ทำให้เกิดจุดเปลี่ยนแปลงเหล่านี้แสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.6 ค่าโออาร์พี (มิลลิโวลต์)ที่ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงกว่า 80%

โทนสี	อัตราส่วน(R)		
	R = 5 : 1	R = 10 : 1	R = 20 : 1
ดำ	614	610	575
ม่วง	617	583	572
แดง	593	569	556
น้ำตาลอ่อน	603	595	608

3) จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า ค่าโออาร์พีที่เหมาะสมสำหรับแต่ละโทนสีแตกต่างกันไปบ้างแม้จะไม่มากนัก เนื่องจากเป็นสรีรเอกที่พหุเหมือนกันแต่สูตรของแต่ละโทนสีก็ยังคงแตกต่างกัน จึงทำให้ค่าโออาร์พียังคงแตกต่างกัน ซึ่งสามารถอธิบายความแตกต่างนั้นได้โดยสมการของเนินสตันเอง

สมมติให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็น



จากสมการเนินสตัน พบว่าจะคำนวณค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์ ซึ่งในที่นี้คือค่าโออาร์พี ได้ดังนี้

$$ORP = E = E_{O_{cell}} - \{0.059/n\} * \log \{ [C]^c * [D]^d / [A]^a * [B]^b \} \quad (2)$$

เมื่อ n เป็นจำนวนอิเล็กตรอนที่ถ่ายโอนให้แกกันในสมการที่สมดุลแล้ว

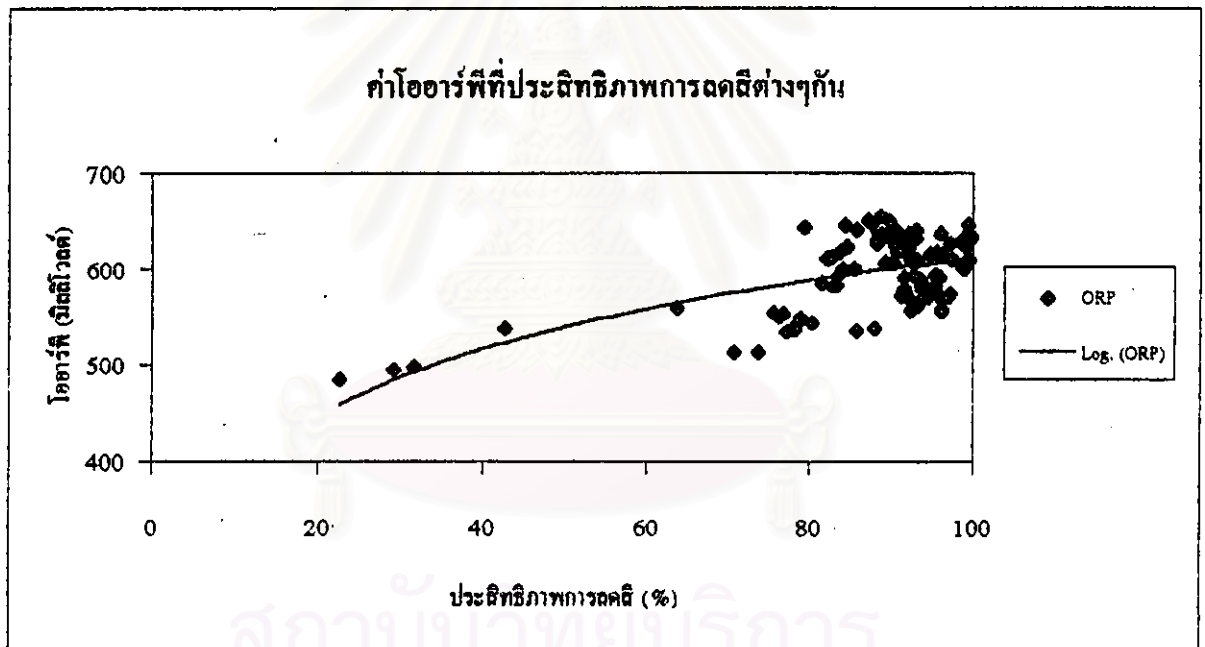
[A],[B] เป็นความเข้มข้นของตัวทำปฏิกิริยา

[C],[D] เป็นความเข้มข้นของผลของปฏิกิริยา

จึงเห็นได้ว่า ถ้าสมดุลของสมการที่ (1) แตกต่างกันก็จะทำให้ค่าโออาร์พีในสมการที่ (2) แตกต่างกันไปด้วย อย่างไรก็ตาม สมดุลของสมการที่เกิดขึ้นจริงนั้นยากแก่การพิสูจน์และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก็ซับซ้อนมาก ยากแก่การตรวจสอบ ดังนั้น ในการนำค่าโออาร์พีไปประยุกต์ใช้งานจริง จึงยังต้องอาศัยข้อมูลจากการทดลองเป็นสำคัญ โดยในการทดลองนี้ พบว่า ค่าโออาร์พีประมาณ 617 มิลลิโวลต์ จะเป็นค่าโออาร์พีที่มากที่สุด สำหรับการตกสีได้มากกว่า 80% สำหรับทุกโทนสี (จากตารางที่ 4.6) ซึ่งสามารถที่จะนำค่าโออาร์พีนี้ไปประยุกต์ใช้ ควบคุมระบบจริงต่อไปได้

4) จากความสัมพันธ์ ระหว่างค่าโออาร์พีกับประสิทธิภาพในการกำจัดสีสำหรับ โทนสีดำ, โทนสีม่วง และสีแดง แสดงได้ดังรูปที่ 4.20 สาเหตุที่ไม่แสดงผลของโทนสีน้ำตาลอ่อนด้วยนั้น เนื่องมาจากสีของเหล็กที่เกิดขึ้นจากปริมาณเหล็กที่เหลือจากปฏิกริยานั้น จะส่งผลกระทบต่อ การวัดประสิทธิภาพการกำจัดสีของสีน้ำตาลอ่อน ให้มีค่าต่ำกว่าที่ควรจะเป็นทั้งๆที่มีค่าโออาร์พี อยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตามจากรูป 4.20 แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มค่าโออาร์พีที่สูงขึ้นจะทำให้ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำค่าโออาร์พีมาใช้ในการ ควบคุมการกำจัดสีของปฏิกริยาเฟนตัน

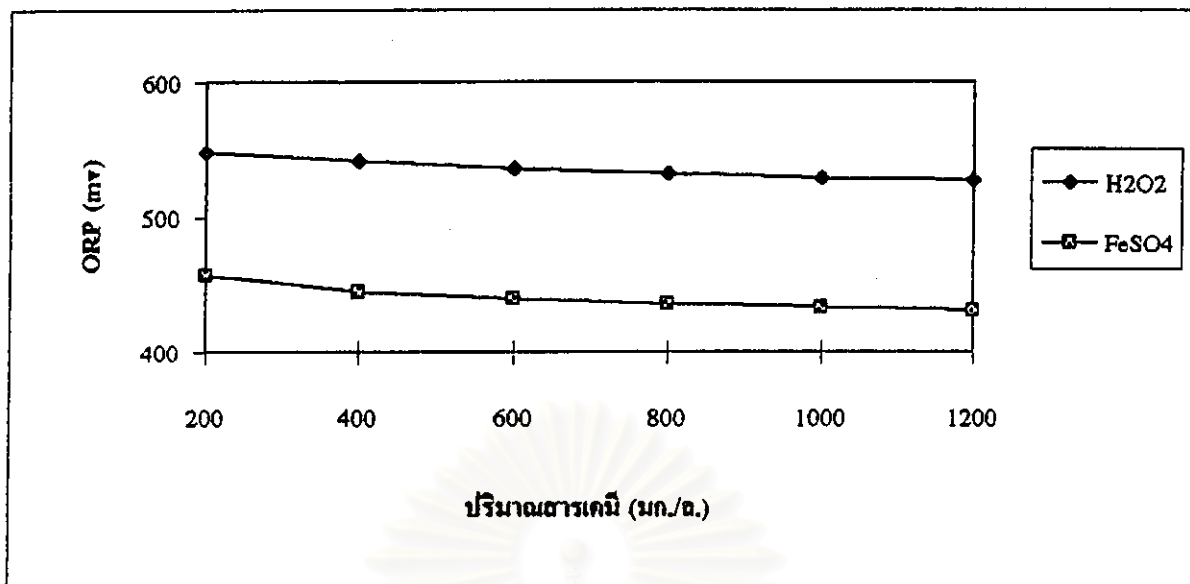
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีกับประสิทธิภาพ ในการกำจัดสีสำหรับน้ำเสียสีรีแอกทีฟทุกโทนสี



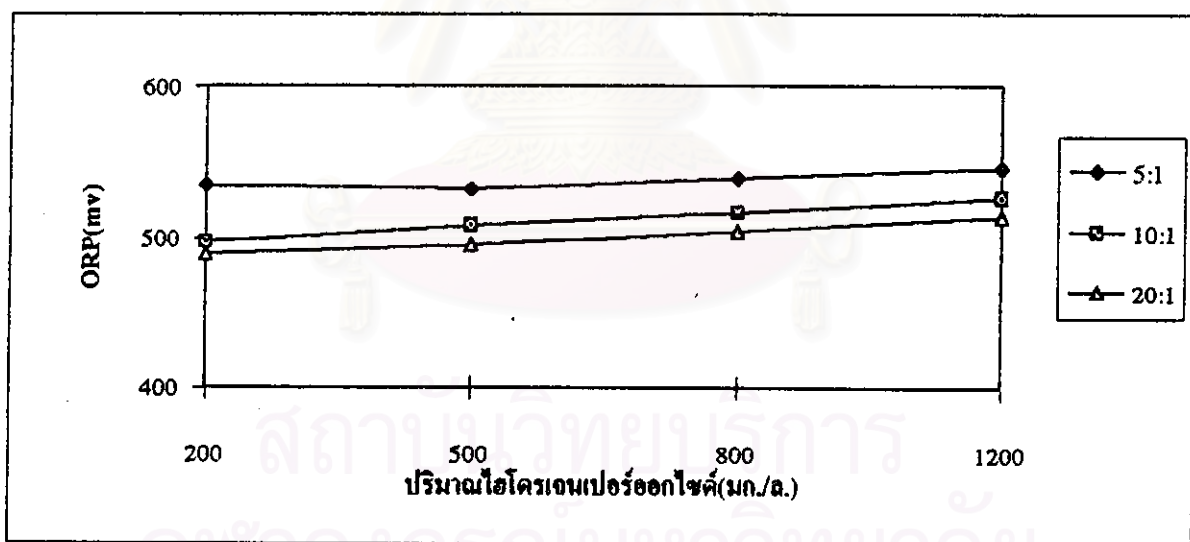
4.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีกับสารเคมีเฟนตัน

4.4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือ เฟอร์รัสซัลเฟต

การทดลองนี้ได้ศึกษาถึงค่าโออาร์พีของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเหล็กซัลเฟตในน้ำ ประปาที่มีพีเอช 2.75 โดยเพิ่มปริมาณสารเคมี(ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือเฟอร์รัสซัลเฟต) จาก



รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเฟอร์รัสซัลเฟต, ในน้ำประปาพีเอช 2.75



รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีกับสารเคมีเฟ้นต้นที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, และอัตราส่วนต่างๆ ในน้ำประปาพีเอช 2.75

200 มก./ล. จนถึง 1,200 มก./ล. โดยผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.21 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 200 มก./ล. ถึง 1,200 มก./ล. จะทำให้ค่าไออาร์พีลดลงจาก 547 มิลลิโวลต์ เป็น 526 มิลลิโวลต์ ในที่สุด และสำหรับเฟอร์รัสซัลเฟต พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณจาก 200 มก./ล. ถึง 1,200 มก./ล. จะทำให้ค่าไออาร์พีลดลงจาก 456 มิลลิโวลต์ มาเป็น 430 มิลลิโวลต์ ในที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบค่าไออาร์พีของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเฟอร์รัสซัลเฟต พบว่า ค่าไออาร์พีของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงกว่าของเฟอร์รัสซัลเฟตสำหรับปริมาณสารเคมีเฟนตันที่เท่ากัน ทั้งนี้ เนื่องจากศักย์รีดักชันมาตรฐานมากกว่านั่นเอง

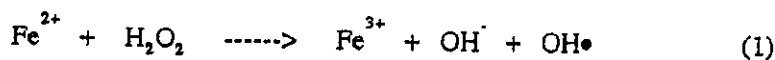
4.4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าไออาร์พีกับสารเคมีเฟนตันในน้ำประปา

การทดลองนี้ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าไออาร์พีกับสารเคมีเฟนตันที่อัตราส่วนและปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่างกัน ในน้ำประปาที่พีเอชประมาณ 2.75 โดยผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.22 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 200 มก./ล. เป็น 1,200 มก./ล. จะทำให้ค่าไออาร์พีเพิ่มขึ้นจาก 489 มิลลิโวลต์ เป็น 514 มิลลิโวลต์ สำหรับที่อัตราส่วน(R) = 20 : 1 และจาก 497 มิลลิโวลต์ เป็น 526 มิลลิโวลต์ สำหรับที่อัตราส่วน(R) = 10 : 1 และจาก 535 มิลลิโวลต์ เป็น 546 มิลลิโวลต์ สำหรับอัตราส่วน(R) = 5 : 1

เมื่อพิจารณาค่าไออาร์พีสำหรับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ใดๆ พบว่าที่อัตราส่วน(R) ที่เข้มข้นขึ้นจะทำให้ค่าไออาร์พีสูงขึ้นด้วย

จากผลการทดลองดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ก่อตัวโดยสรุปได้ว่า

เมื่อทำการเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำให้ค่าไออาร์พีเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณอนุมูลไฮดรอกซิลเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง ดังสมการที่ (1)



เมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากัน แต่ถ้าใช้อัตราส่วน(R) ที่เข้มข้นขึ้น จะได้ค่าไออาร์พีที่สูงขึ้นกว่าที่อัตราส่วน(R) ต่ำ ทั้งนี้ เนื่องมาจากอัตราส่วนโดยโมลที่เหมาะสม

ระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็กนั้นมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นจากอัตราส่วน(R) = 20 : 1 ไปยังอัตราส่วน(R) = 5 : 1

4.4.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าไออาร์พีกับสารเคมีเฟนตันในน้ำเสียสิริแอกทิฟโทนสีต่างๆ

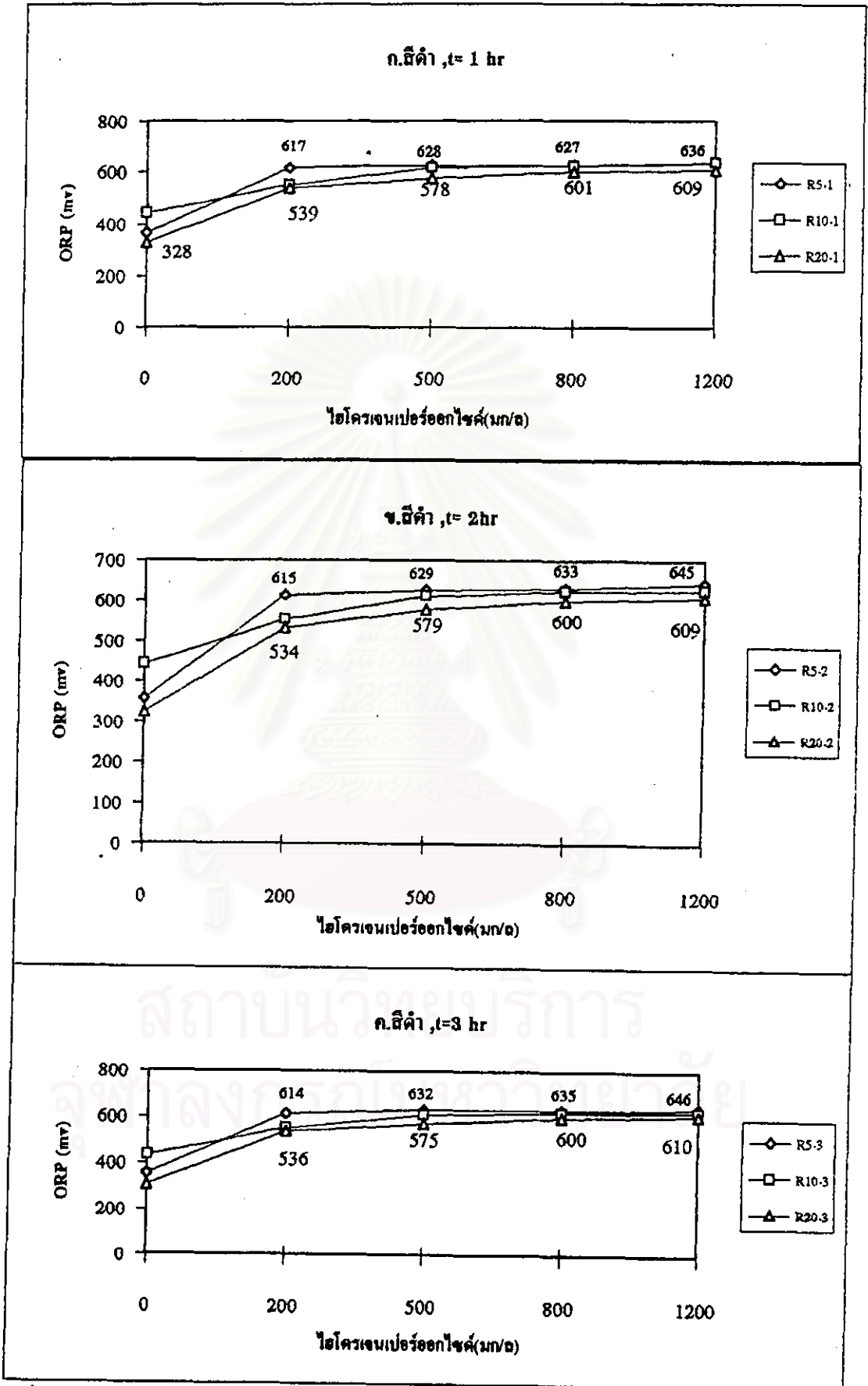
การทดลองได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าไออาร์พีกับสารเคมีเฟนตันในน้ำเสียโทนสีค่า, สีม่วง, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน โดยผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.23-4.26 โดยค่าไออาร์พีกี่แสดงในกราฟแต่ละรูปนั้นจะแสดงเฉพาะค่าไออาร์พีสูงสุด จากผลการทดลองพบว่า เมื่อทำการเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 200 มก./ล. เป็น 1,200 มก./ล. พบว่า ค่าไออาร์พีที่ได้จะสูงขึ้น เช่น ที่อัตราส่วน(R) = 5 : 1 เวลาในการทำปฏิกิริยา = 1 ชั่วโมง จากประมาณประมาณ 617 เป็นประมาณ 636 มิลลิโวลท์ สำหรับโทนสีค่า, จาก 611 มิลลิโวลท์ เป็นประมาณ 646 มิลลิโวลท์ สำหรับโทนสีม่วง, จาก 600 มิลลิโวลท์ เป็นประมาณ 641 สำหรับโทนสีแดง และจากประมาณ 607 มิลลิโวลท์ เป็น 638 มิลลิโวลท์ สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งสอดคล้องกับหัวข้อ 4.4.2.2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

เมื่อพิจารณาที่ใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ใดๆ พบว่า เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไม่ทำให้ค่าไออาร์พีเปลี่ยนแปลงไปสำหรับทุกโทนสี

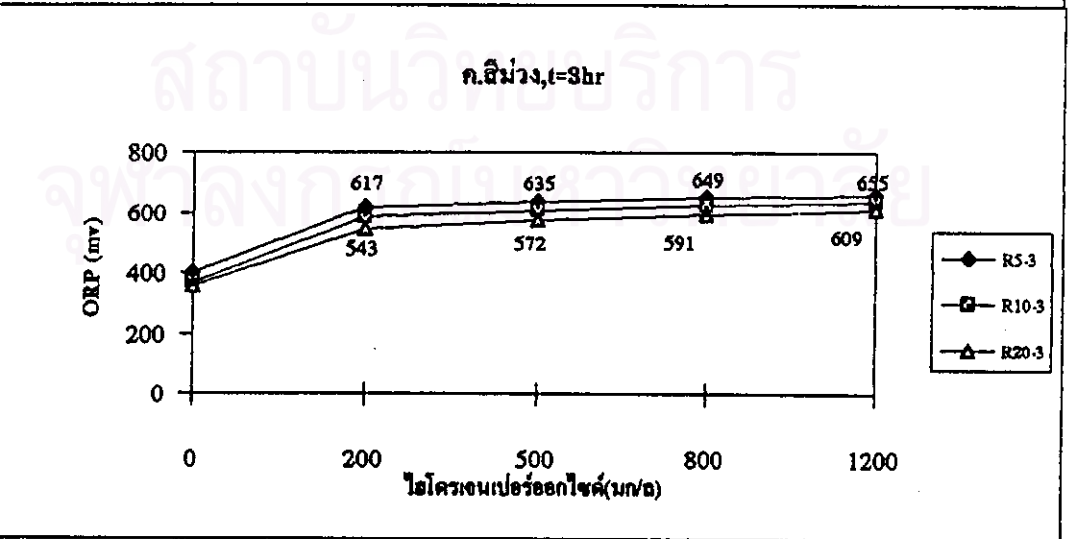
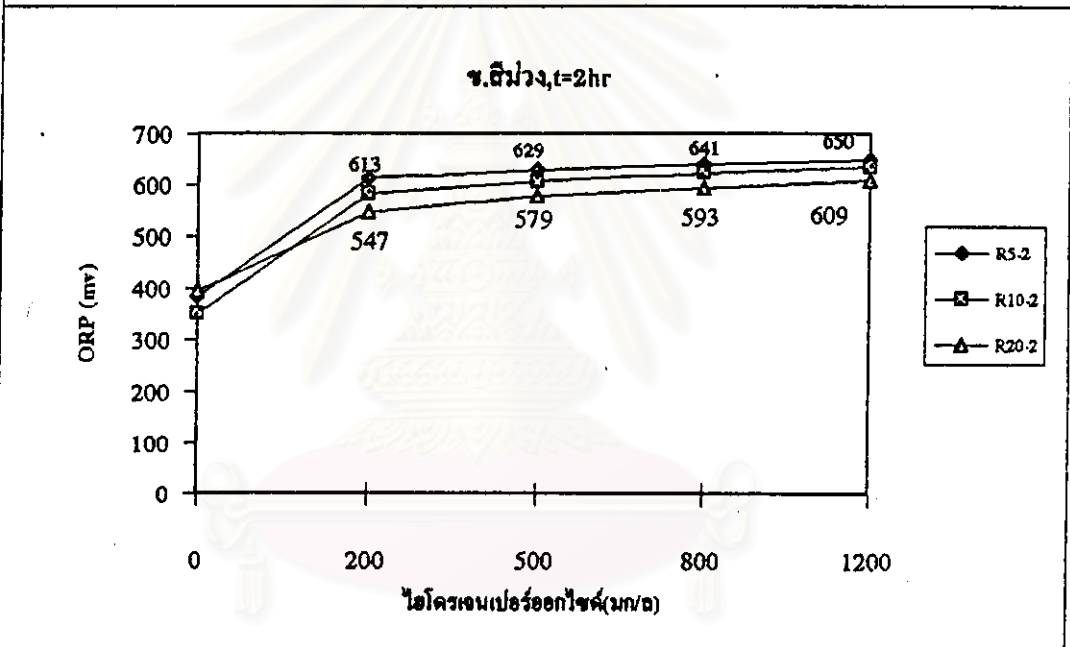
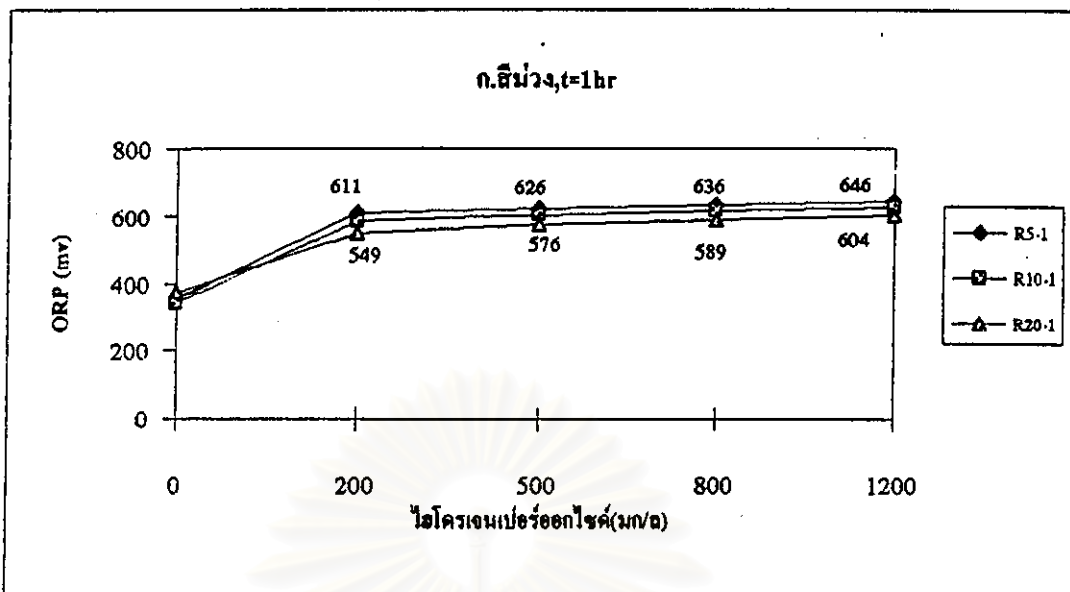
เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารเคมีเฟนตันในน้ำประปา ดังที่กล่าวแล้วในหัวข้อ 4.4.2.2 กับน้ำเสียโทนสีต่างๆ พบว่า ค่าไออาร์พีในน้ำเสียโทนสีต่างๆ นั้น สูงกว่าค่าไออาร์พีที่ทดลองกับน้ำประปา แสดงให้เห็นว่าสิ่งที่เป็นสารอินทรีย์จะมีผลต่อค่าไออาร์พี ทั้งนี้ เนื่องมาจากปฏิกิริยาของสารเคมีเฟนตันในน้ำประปาแตกต่างกับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในน้ำเสียจากโรงฟอกข้อมมันเอง

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชกับประสิทธิภาพในการกำจัดสี

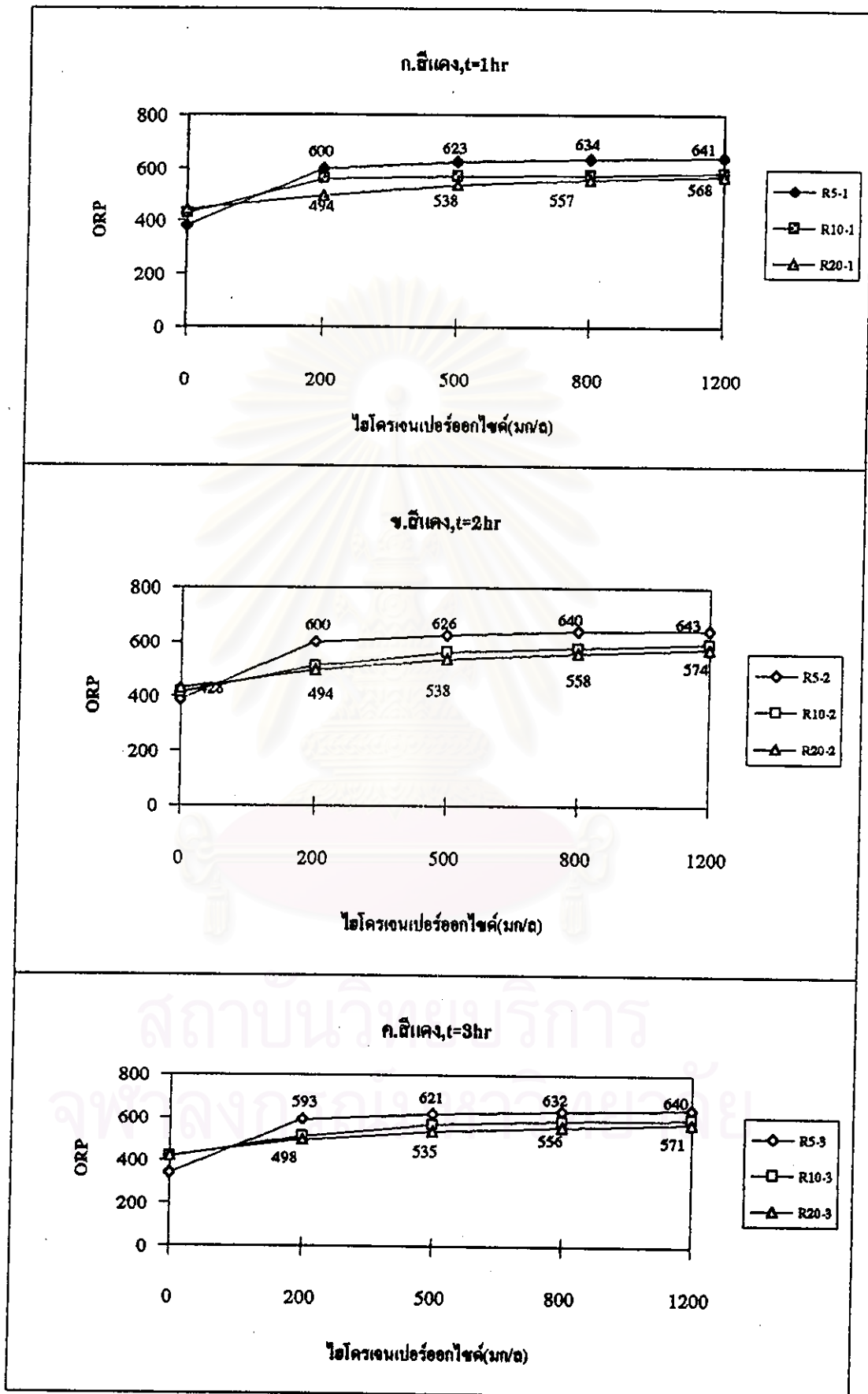
การทดลองนี้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัดสีกับพีเอช สำหรับน้ำเสียโทนสีค่า, สีม่วง, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน โดยทำการเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0 มก./ล. (ชุดควบคุม) เป็น 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ ที่อัตราส่วน(R) = 5 : 1, R = 10 : 1 และ R = 20 : 1 โดยผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.27-4.29 จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสีมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชในระดับหนึ่ง โดยความสัมพันธ์นี้จะมีลักษณะที่คล้ายกันสำหรับแต่ละโทนสีและอัตราส่วนที่ใช้ โดยพบว่า ปฏิกิริยาที่เกิด



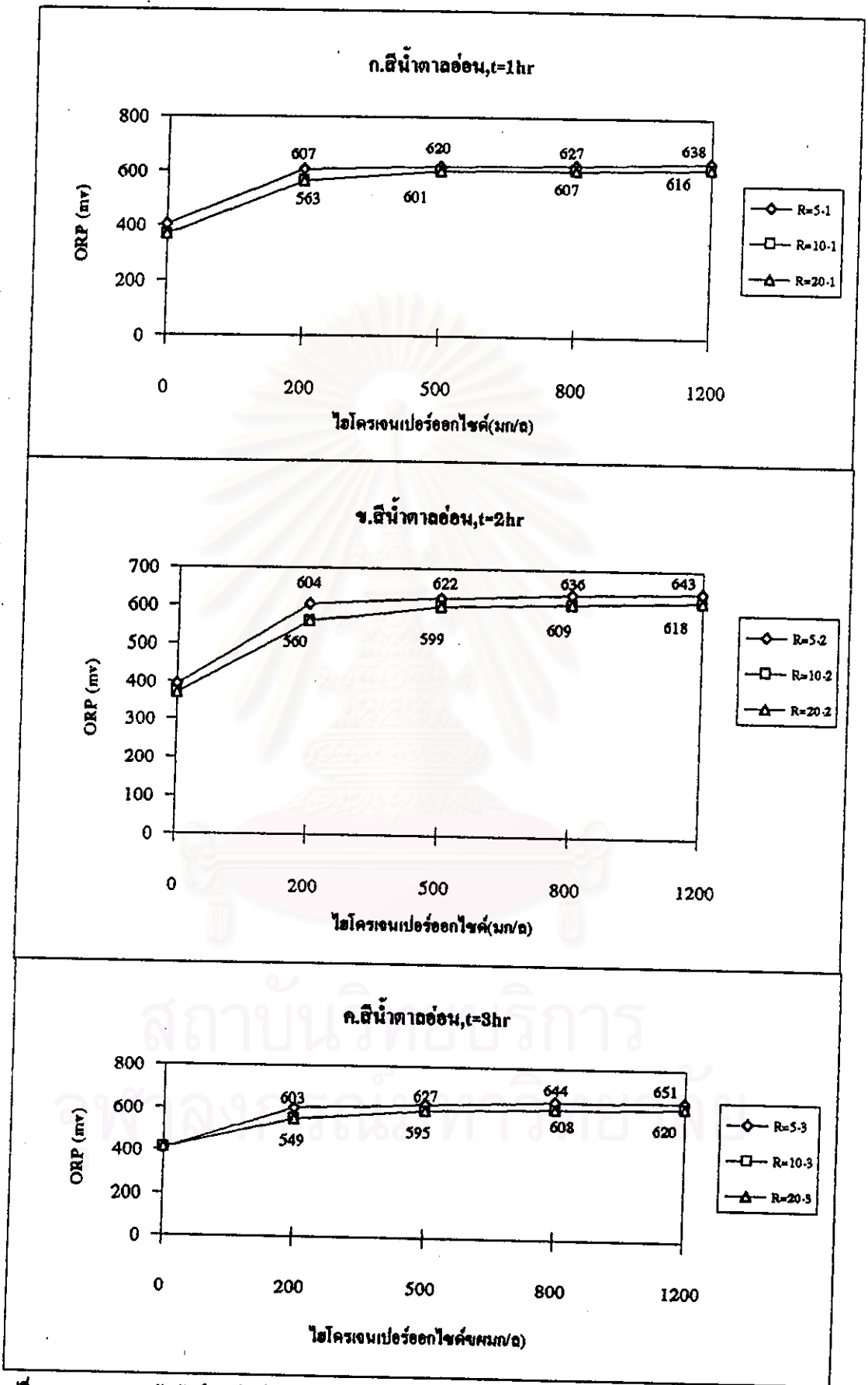
รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้สำหรับไทวนสีน้ำตาล
ที่อัตราส่วน(R)ต่างๆ, ที่เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 1, 2, 3 ชั่วโมงตามลำดับ



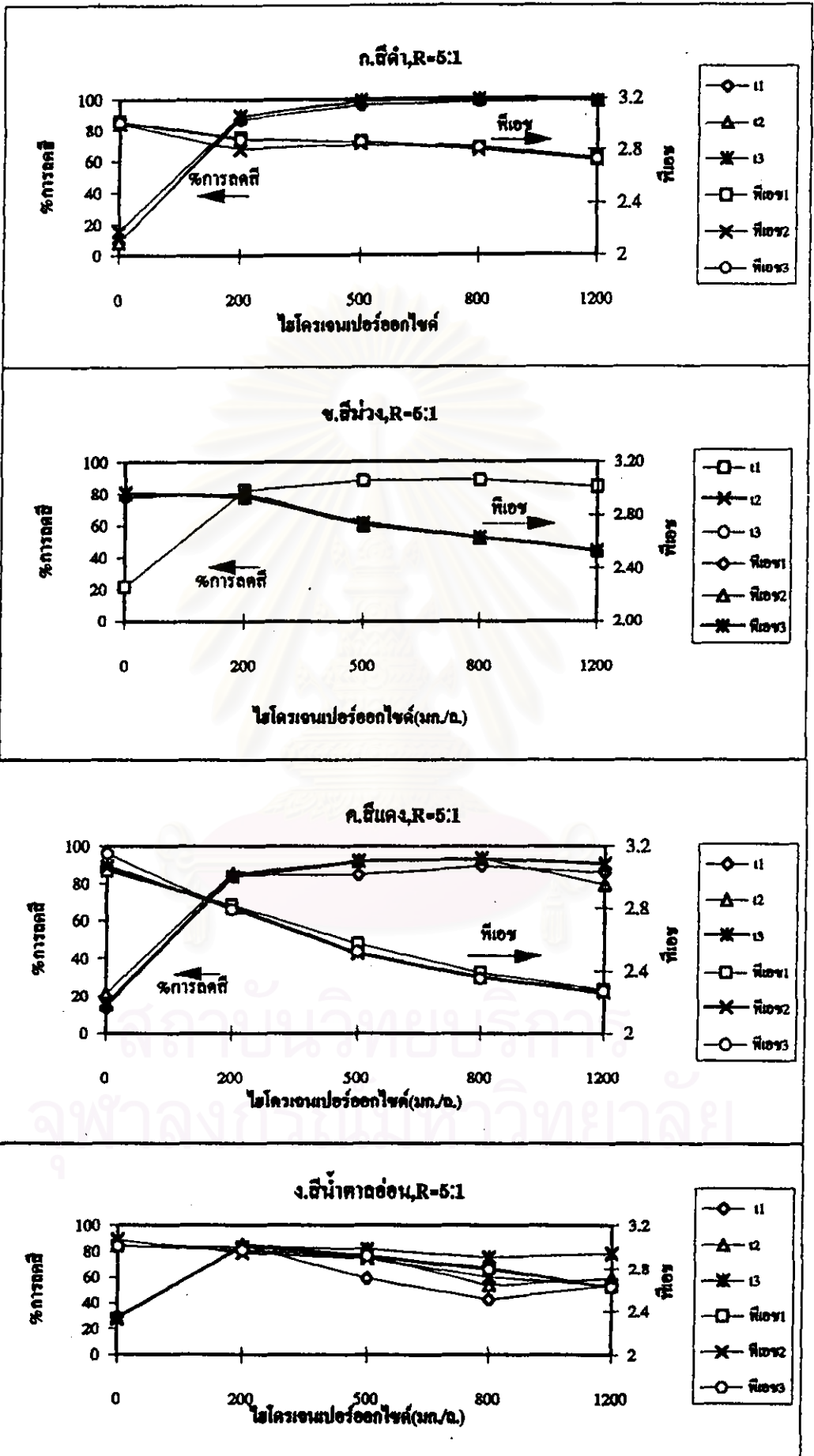
รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้สำหรับโทนสีม่วง, ที่อัตราส่วน(ข)ต่างๆ, ที่เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 1, 2, 3 ชั่วโมงตามลำดับ



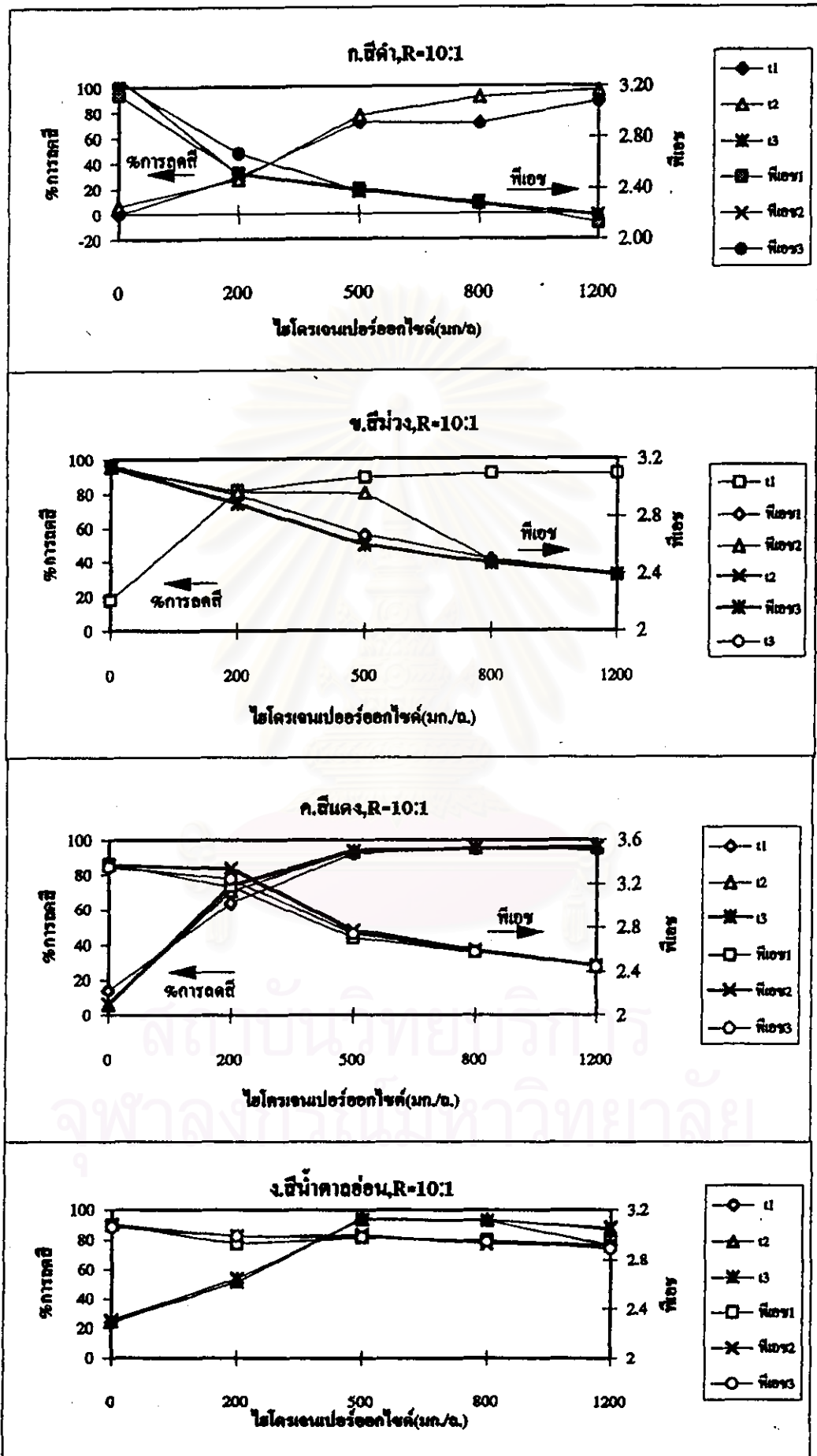
รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้สำหรับไทเทรตด้วยอัตราส่วน(R)ต่างๆ, ที่เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 1, 2, 3 ชั่วโมงตามลำดับ



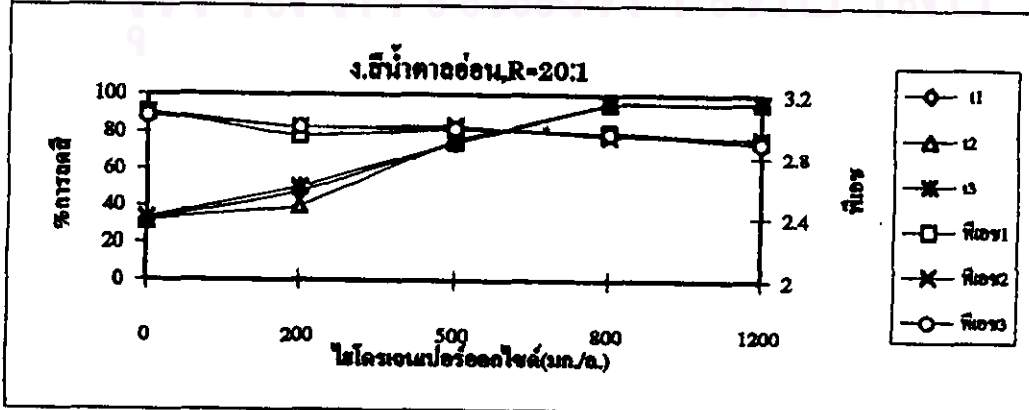
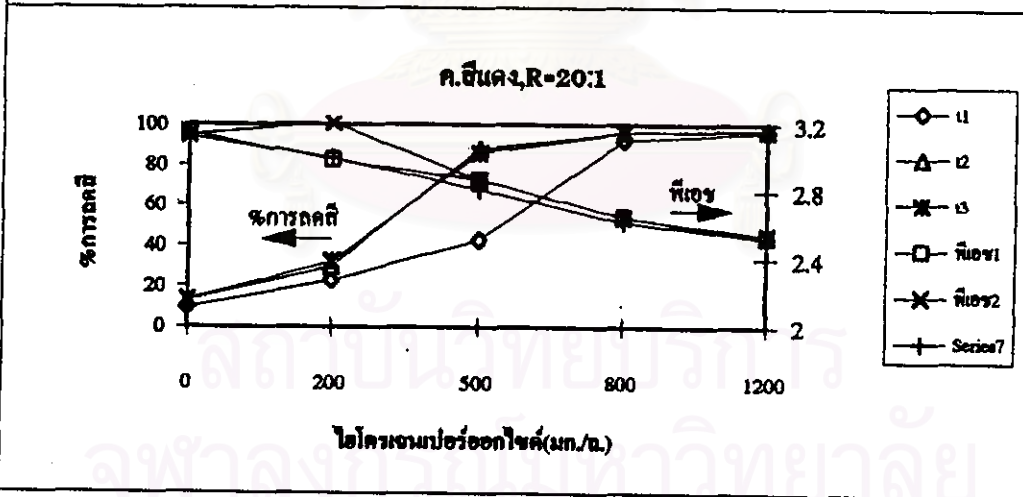
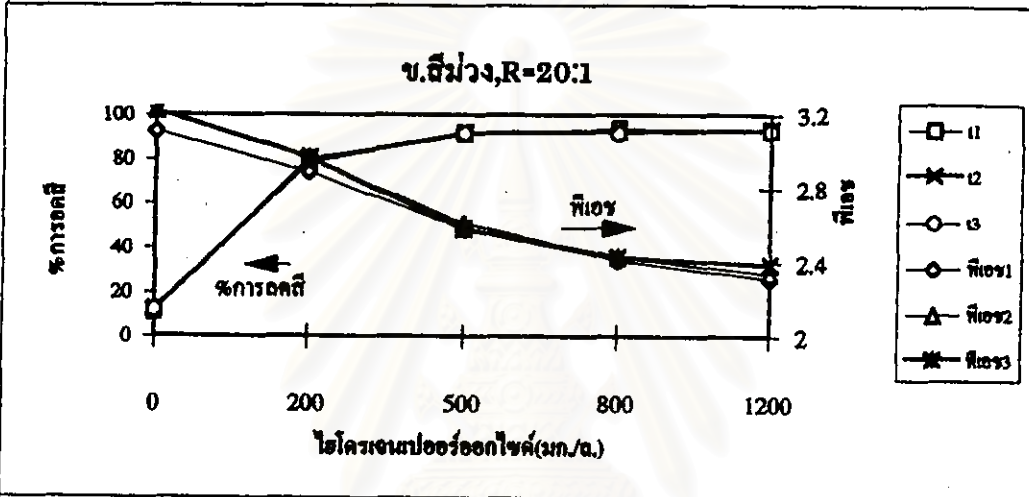
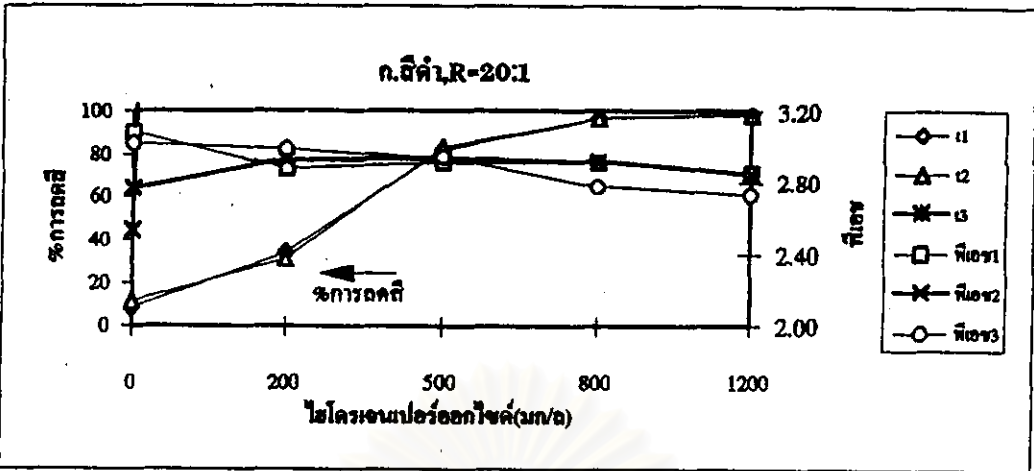
รูปที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้สำหรับโตนสีน้ำตาลอ่อน, ที่อัตราส่วน(R)ค่าต่างๆ, ที่เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ, 2,3 ชั่วโมงตามลำดับ



รูปที่ 4.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการลดสีของน้ำเสียโตนสีต่างๆกับค่าที่เออร์ที่ใช้ความ R=5:1



รูปที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการลดสีของน้ำเสียโทรมีค่าเท่ากับค่าพีเอชที่อัตราส่วน R=10:1

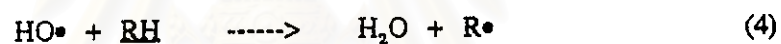
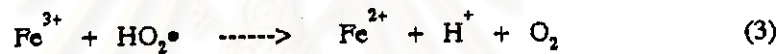
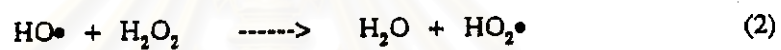
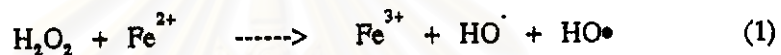


รูปที่ 4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการลดสีของน้ำยี่ห้อยี่คำกับค่าฟิกซ์ที่อัตราส่วน R=20:1

ขึ้นระหว่างสารเคมีเฟนตันกับน้ำเสียแต่ละโตนสินั้น จะทำให้ค่าพีเอชลดลงจากประมาณ = 3 ซึ่งเป็นจุดควบคุมน้ำ และเมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงแรกและเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในช่วงต่อมา ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.3.1 ในขณะที่ค่าพีเอชที่วัดได้จะลดลงโดยตลอด

จากผลการทดลองที่กล่าวมาแล้วสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสารเคมีเฟนตันกับน้ำเสียรีแอกทีฟ จะทำให้พีเอชลดลง โดยสามารถอธิบายได้ดังสมการดังต่อไปนี้



จากสมการที่ (5),(6),(7) จะเห็นได้ว่า การเติมสารเคมีเฟนตันนั้นจะทำให้พีเอชลดลงได้ทันที แม้ว่าปฏิกิริยากำจัดสีดังสมการ (2) ยังเกิดอย่างไม่สมบูรณ์ก็ตาม เมื่อทำการเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากขึ้นก็จะทำให้เกิด H^+ ได้มากขึ้น ดังนั้น แม้ว่าปฏิกิริยากำจัดสีดังสมการ (2) เกิดสมบูรณ์แล้ว ซึ่งทำให้สีถูกกำจัดจนเกือบหมด แต่พีเอชก็ยังสามารถลดลงได้ ดังนั้น จึงทำให้การนำพีเอชไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดสีนั้น จะมีความสัมพันธ์น้อยกว่าการนำค่าไออาร์พีไปประยุกต์ใช้งาน ดังที่กล่าวไปแล้ว

4.6 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์สำหรับชุดควบคุม

ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีที่เกิดขึ้นจากชุดควบคุม คือ การทดลองโดยปรับพีเอชน้ำเสียให้ได้ประมาณ 3 และควบคุมเวลาที่กำหนดโดยไม่ได้เติมสารเคมีเฟนตัน และนำไปผ่านการกรอง ผลของการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.7 สำหรับโตนสีดำ, ม่วง, แดงและน้ำตาลอ่อน

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี(%) สำหรับชุดควบคุม

โทนสี	ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี(%)สำหรับชุดควบคุม								
	R=5:1			R=10:1			R=20:1		
	t=1	t=2	t=3	t=1	t=2	t=3	t=1	t=2	t=3
ค่า	0	5.92	8.82	-17.68	11.74	17.68	5.92	5.92	8.89
ม่วง	-0.86	7.78	25.07	-3.26	0	0	13.8	13.8	16.98
แดง	24.92	9.15	-3.0	15.83	-10.55	18.4	3.48	3.48	3.48
น้ำตาลอ่อน	3.67	11	3.67	6.67	20	6.67	6.73	-13.3	-6.73

จากผลการทดลองพบว่า การกวนในสถานะที่เป็นกรดจะเพิ่มประสิทธิภาพ ในการกำจัดซีโอดีได้อยู่ในช่วงสูงสุดประมาณ 6%-18% สำหรับโทนสีค่าที่แต่ละเวลาในการกวน, ประมาณ 14%-25% สำหรับโทนสีม่วง, ประมาณ 9%-24% สำหรับโทนสีแดง และ 7%-20% สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีของชุดควบคุมสำหรับทุกโทนสี มีค่าไม่เกิน 25%

4.7 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์โดยใช้สารเคมีเฟนตัน

การกำจัดซีโอดี โดยใช้สารเคมีเฟนตันนั้น จากการทดลองพบว่า ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ ประการ เช่น ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้, อัตราส่วน(R) โดยโมลระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็ก, เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา, การใช้เคลือบไฮดรอกไซด์หลังจากผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันและโทนสีของน้ำเสียที่ใช้ โดยแสดงผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.7.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้

การทดลองนี้ได้ศึกษาถึงผลของ การเปลี่ยนแปลงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0 มก./ล. (ชุดควบคุม) เป็น 200, 500, 800 และ 1200 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งแสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.30-4.32 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่เปลี่ยนไปมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีดังนี้

4.7.1.1 อัตราส่วน (R) = 5:1

จากรูปที่ 4.30ก-4.30ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดยใช้น้ำเสีย โทนสีดำ, สีม่วง, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน ตามลำดับพบว่า การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี คีขึ้นดังนี้

จากรูปที่ 4.30ก และ 4.30ข พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0 มก./ล. (ชุดควบคุม) เป็น 200, 500, และ 800 มก./ล. ตามลำดับ พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีจะเพิ่มขึ้น จากประมาณ 9% เป็น ประมาณ 35-59% สำหรับโทนสีดำ และจากประมาณ 25% เป็น ประมาณ 57-65% สำหรับโทนสีม่วง

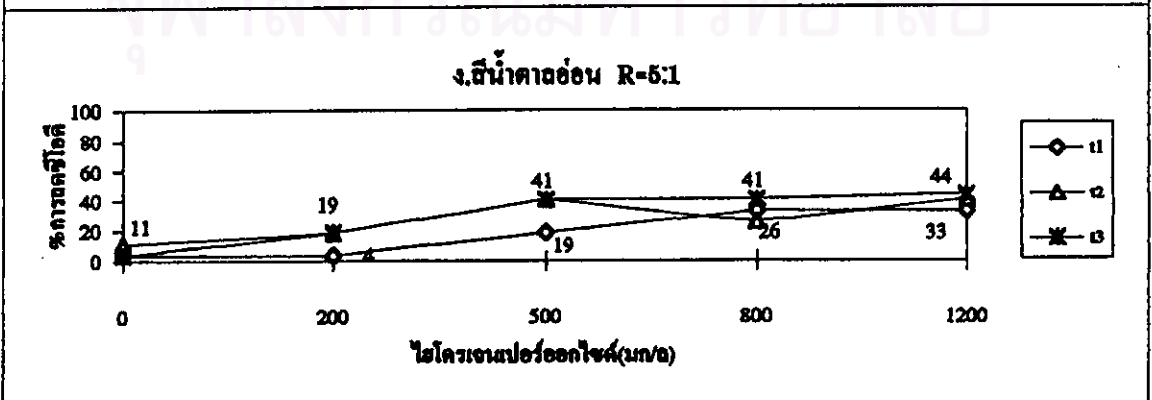
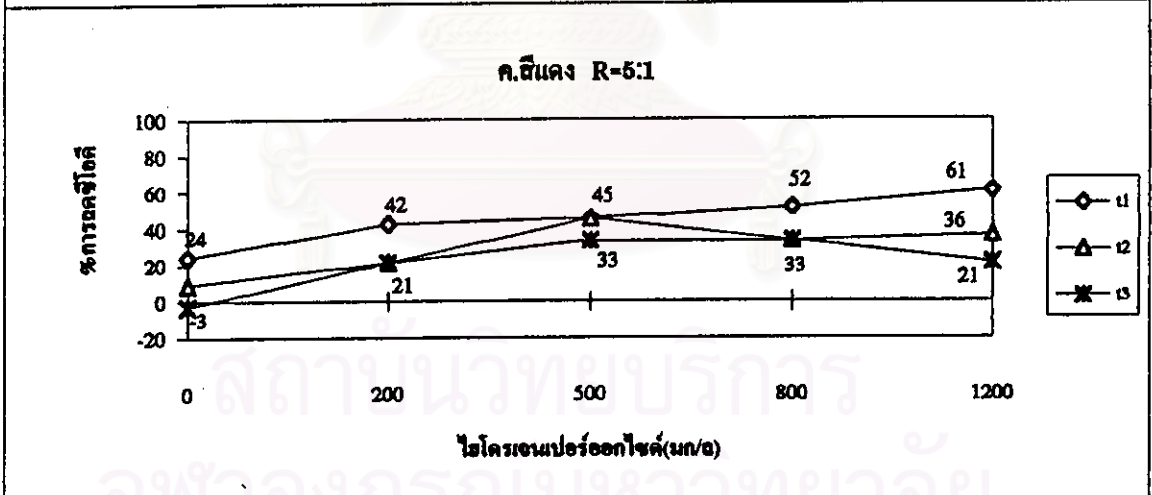
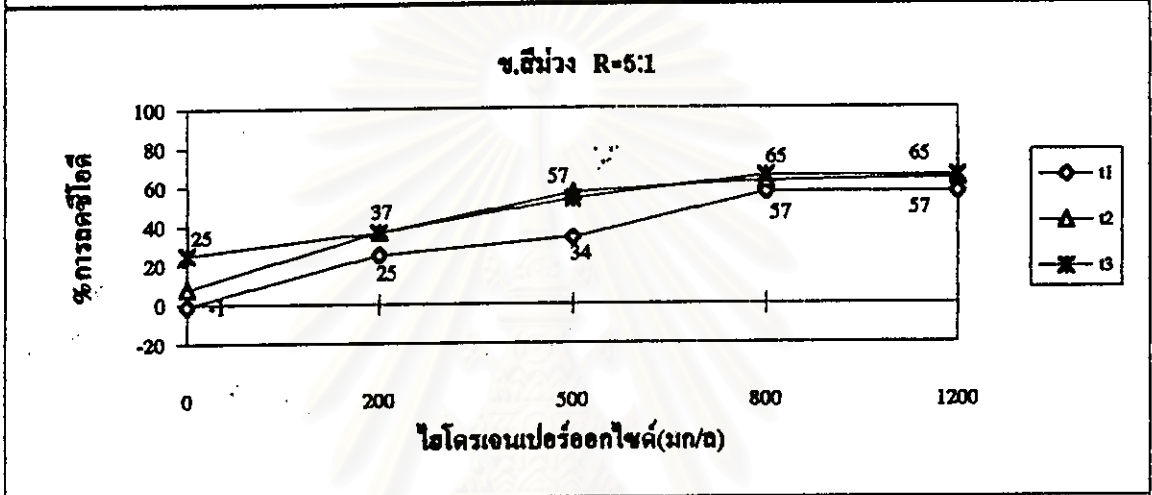
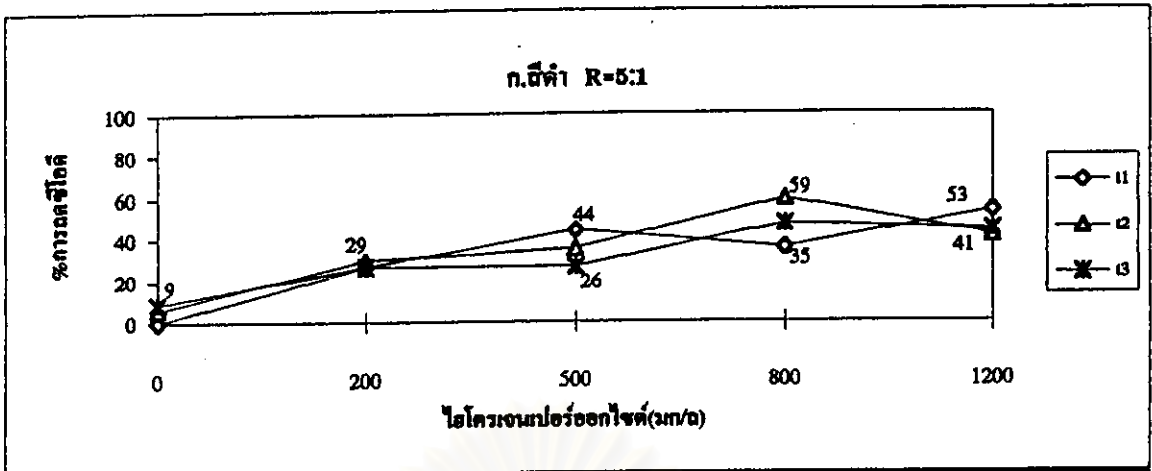
เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จาก 800 มก./ล. เป็น 1200 มก./ล. พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีไม่แตกต่างจากเดิมมากนัก สำหรับโทนสีดำ และสีม่วง

จากรูปที่ 4.30ค-4.30ง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จาก 0 มก./ล. (ชุดควบคุม) เป็น 200, 500, 800, และ 1200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้น จาก 24% เป็น ประมาณ 61% สำหรับโทนสีแดง แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับ ที่เวลาการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 3 ช.ม. พบว่า การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี สูงขึ้นในช่วงแรกจาก ประมาณ-3% เป็น 33% และกลับลดลงเป็น 21% เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นจาก 11% เป็น ประมาณ 44% เมื่อเพิ่มไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงถึง 1200 มก./ล.

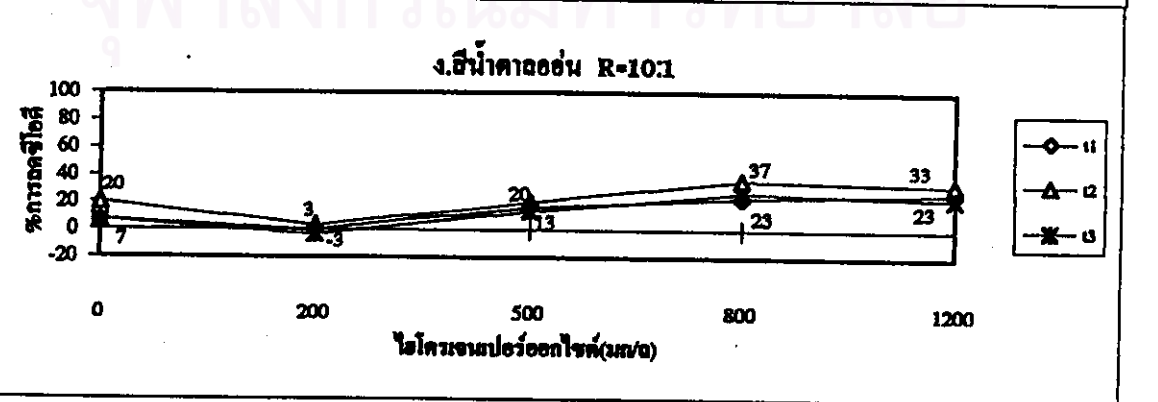
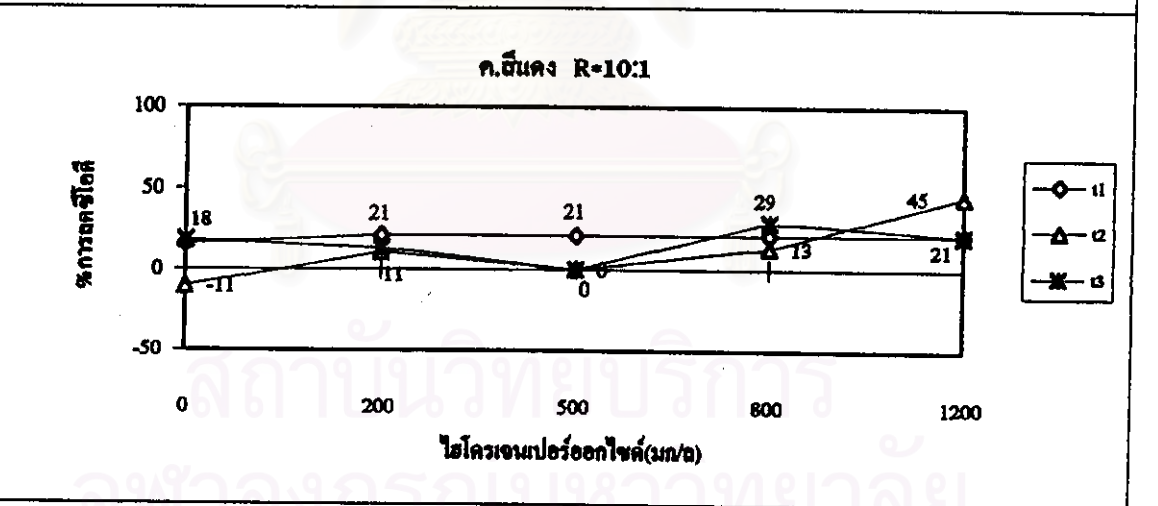
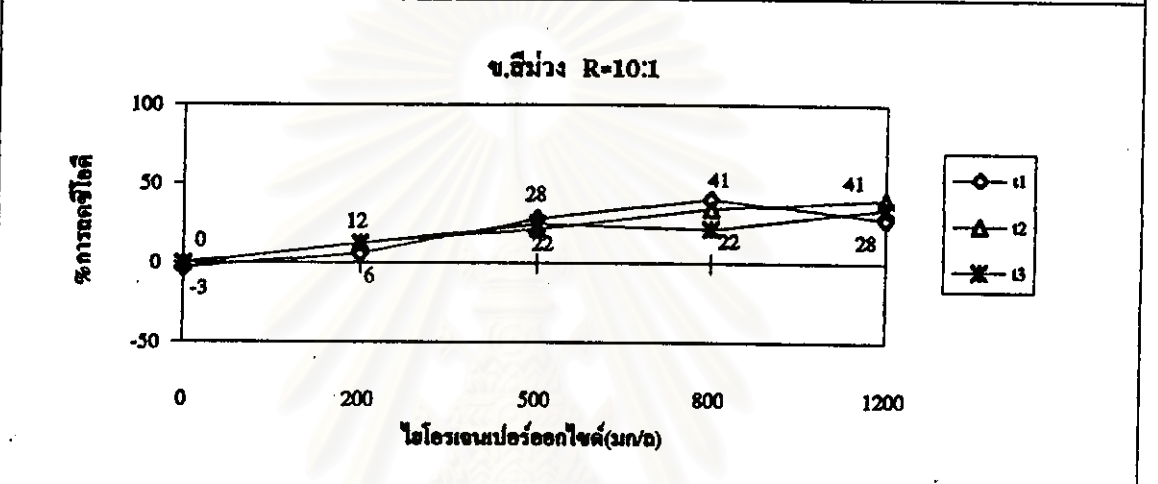
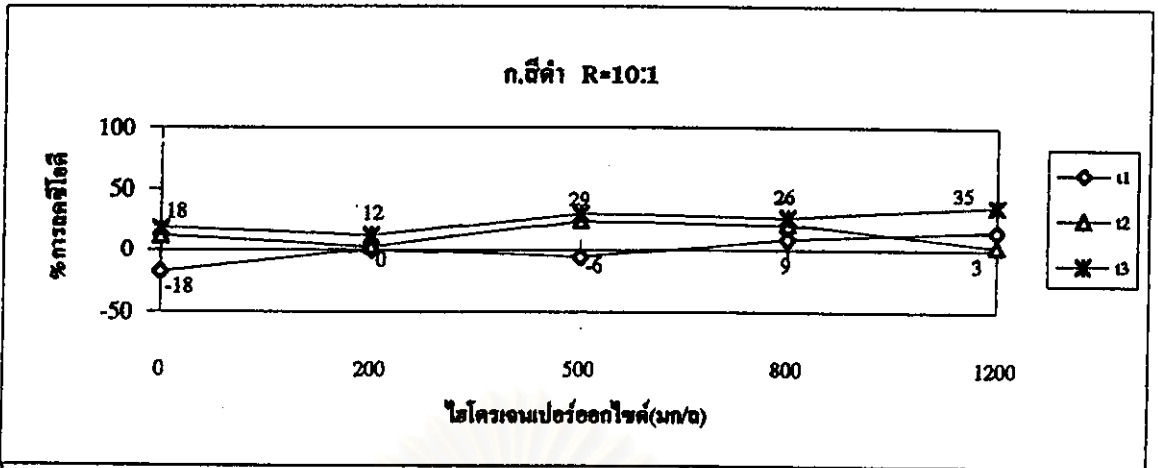
4.7.1.2 อัตราส่วน (R) = 10:1

จากรูปที่ 4.31ก-4.31ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีดำ, สีม่วง, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน ตามลำดับ พบว่าการเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้น ดังนี้

เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จาก 0 มก./ล.(ชุดควบคุม) เป็น 200, 500, 800 และ 1200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นจาก ประมาณ 18% เป็น 35% สำหรับโทนสีดำ , จากประมาณ 0% เป็น 41% สำหรับโทนสีม่วง, จากประมาณ 18% เป็น 45% สำหรับโทนสีแดง และจากประมาณ 20% เป็นประมาณ 33% สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน อย่างไรก็ตามมีบางช่วงเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นในช่วงแรก และลดลงเมื่อทำการเพิ่มปริมาณไฮโดร



รูปที่ 30 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีโอดีของน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีเริ่มต้นเพิ่มปริมาณ H_2O_2 จาก 0-1200 mg/l ที่ R=5:1



รูปที่ 4.31 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีไอดีของน้ำเสียในชีต่าง ๆ เมื่อเพิ่มปริมาณ H_2O_2 จาก 0-1200มก/ล, ที่ R=10:1

เจนเปอร์ออกไซด์ ดังเช่น ที่เวลาทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง สำหรับโทนสีดำ และที่เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง สำหรับโทนสีม่วง

4.7.1.3 อัตราส่วน (R) = 20:1

จากรูป 4.32ก-4.32ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีดำ,สีม่วง,สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน ตามลำดับพบว่า การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นดังนี้

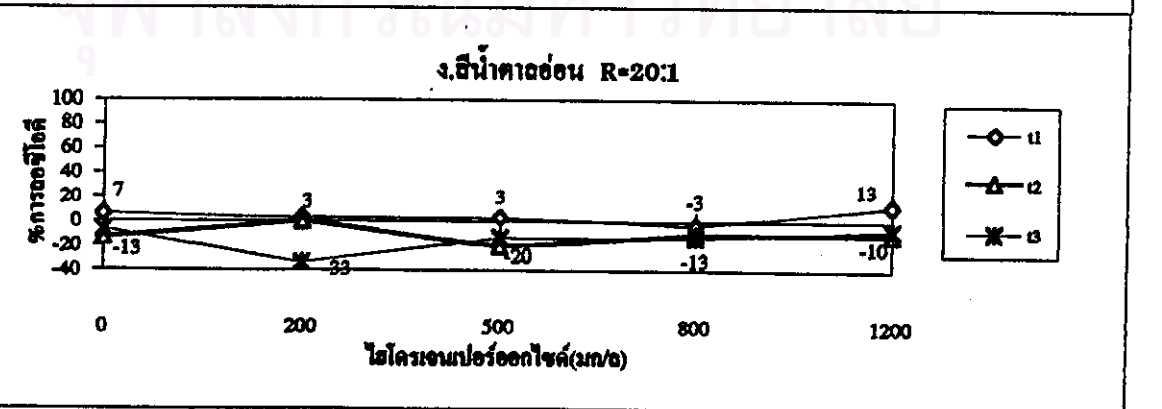
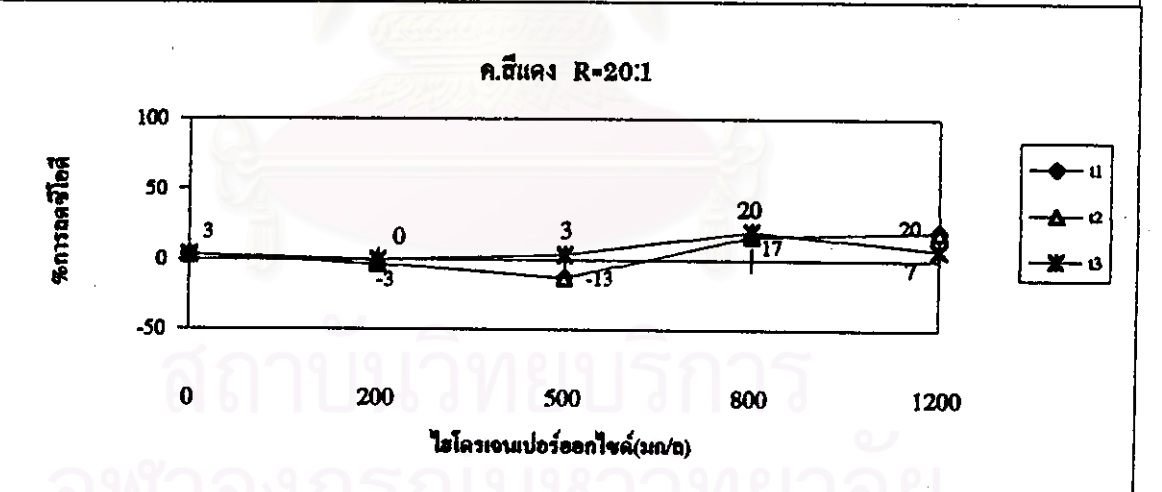
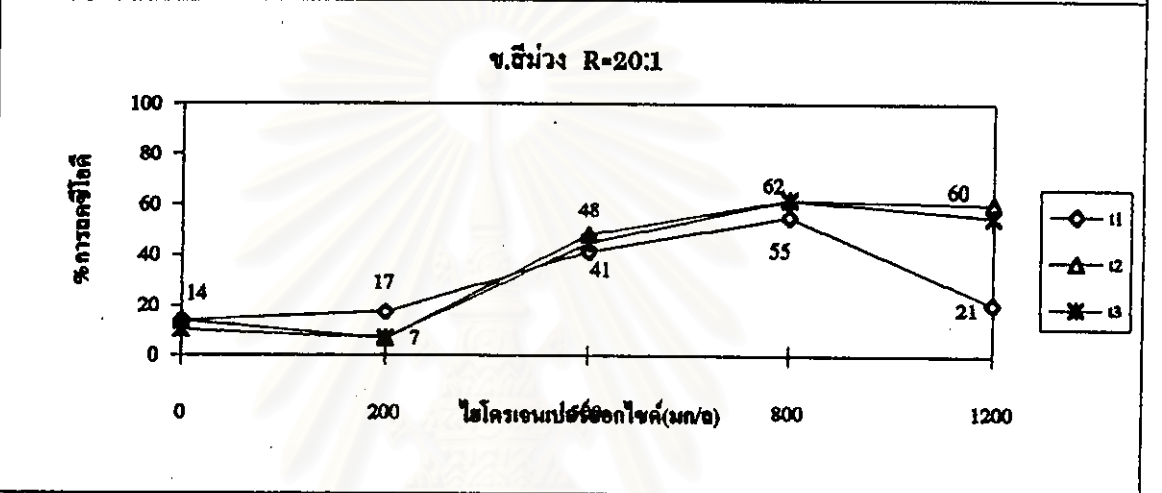
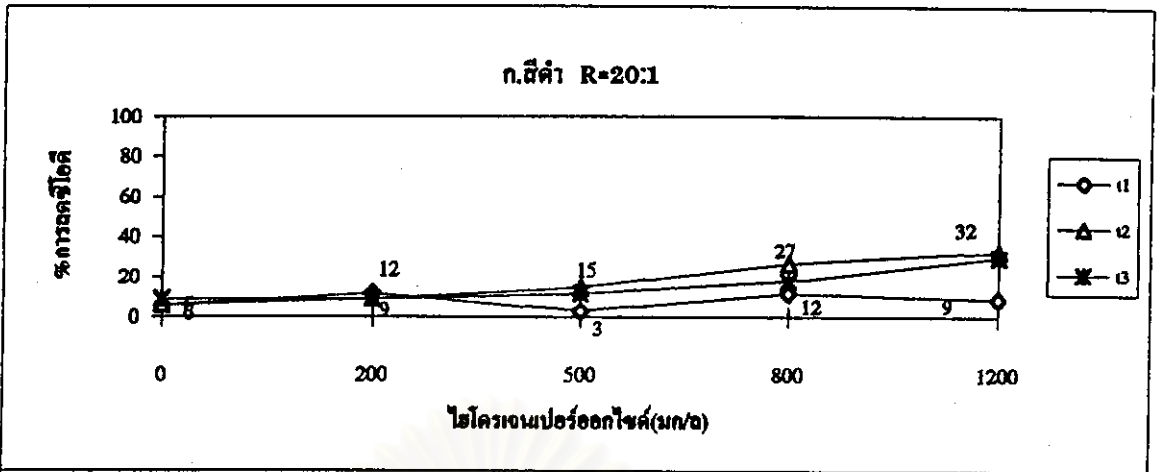
เมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จาก 0 มก./ล. (ชุดควบคุม) เป็น 200,500,800 และ 1200 มก./ล. ตามลำดับพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี เพิ่มขึ้นจากประมาณ 6% เป็นประมาณ 32% สำหรับโทนสีดำ, จากประมาณ 14% เป็นประมาณ 60 % สำหรับโทนสีม่วง, จากประมาณ 3% เป็น 20 % สำหรับโทนสีแดง และจากประมาณ 7% เป็นประมาณ 13% สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน

อย่างไรก็ตามสำหรับโทนสีม่วงที่เวลาในการทำปฏิกิริยา เท่ากับ 1 ชั่วโมง เมื่อใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดี เพิ่มขึ้นในช่วงแรก จากประมาณ 14% เป็น 55 % และกลับลดลง 21% ในช่วงต่อมาที่เพิ่มไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากขึ้น

จากผลการทดลองที่ผ่านมาสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

1) การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มากขึ้นหรือ การเพิ่มสารเคมีเฟนตัน มากขึ้นนั่นเอง จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดจากสารเคมีเฟนตันเป็นปฏิกิริยา ออกซิเดชัน โดยมีอนุมูลไฮดรอกซิล เป็นตัวออกซิไดซ์ ดังนั้นเมื่อปริมาณมากก็จะทำให้สามารถกำจัดซีโอดี หรือสารอินทรีย์ได้เพิ่มมากขึ้น และสำหรับการทดลองนี้พบว่า การกำจัดซีโอดีสูงสุด ด้วยสารเคมีเฟนตัน จะทำได้ไม่เกิน 59% สำหรับโทนสีดำ, ไม่เกิน 65 % สำหรับโทนสีม่วง, ไม่เกิน 61 % สำหรับโทนสีแดง และไม่เกิน 41 % สำหรับ โทนสีน้ำตาลอ่อน ทำให้ ค่าซีโอดีที่เหลืออยู่ยังไม่สามารถฐาน จึงไม่สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้ จึงต้องไปผ่านการบำบัดด้วยวิธีอื่นต่อไป

2) ประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดีที่เกิดขึ้นพบว่า จะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หรือติลลปในบางครั้งซึ่งอาจมีสาเหตุดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.32 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีไอดีของน้ำเสียโทรมสีฟ้าข เมื่อเพิ่มปริมาณ H_2O_2 จาก 0-1200mg/l ที่ R=20:1

ก) ไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่ในน้ำเสียหลังจากบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน จะทำให้การวัด ซีไอดี ผิดพลาดได้ (I.Talinili and G.K.Anderson) โดยไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับ ไดโครเมตไอออน ในสถานะที่เป็นกรด ดังสมการที่ (1) และกลายเป็นกรดเปอร์ออกไซด์ไดโครมิก ($H_2Cr_2O_{12}$) ดังสมการที่ (2) ซึ่งสารประกอบนี้จะไม่คงตัวและแตกตัวเป็นเกลือของ Cr^{+3} ในที่สุด ดังสมการ(3)



จึงเห็นได้ว่าถ้าในน้ำเสียที่นำมาทำการวัดค่าซีไอดีมีไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์ปนอยู่จะมีผลต่อการวัดค่าซีไอดีดังนี้

- 1) ลดปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ทำให้ค่าซีไอดีมากกว่าความเป็นจริง
- 2) ทำให้จุดยุติ สังเกตได้ไม่ชัดเจน
- 3) สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียระหว่างที่รอการตรวจวัดอาจถูกออกซิไดซ์ต่อได้ทำให้ค่าที่ได้เปลี่ยนไปจากความเป็นจริง

โดยสอดคล้องกับผลการทดลองของ W.G.Kuo ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลกระทบของปริมาณไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อค่าซีไอดี (W.G.Kuo,1992)

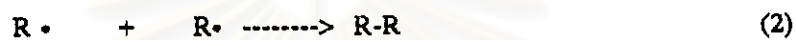
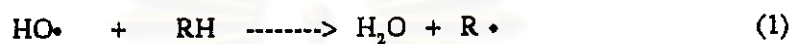
H_2O_2 (มก./ล.)	117	292	584	875	1167	1459	1750	2042	2334
ซีไอดี (มก./ล.)	70	100	180	270	400	480	550	620	700

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าถ้ามีไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์ ปนอยู่ในน้ำเสียแล้วการใช้ซีไอดีเป็นตัววัดปริมาณสารอินทรีย์ อาจได้ผลไม่ถูกต้องนักแต่อย่างไรก็ตาม ถ้าพิจารณาโดยคุณแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ได้ก็ยังคงเป็นประโยชน์สำหรับการพิจารณาต่อไป

ข) การวัดค่าซีไอดีนั้นใช้หลักการ การวัดออกซิเจนที่ใช้สำหรับการออกซิไดซ์สารในน้ำเสียด้วยสารเคมี ซึ่งพบว่า ถ้าสารอินทรีย์ที่ใช้ มีโครงสร้างที่ซับซ้อน ทำให้ยากแก่การออกซิไดซ์ จึงทำให้ได้ค่าซีไอดีน้อยกว่าความเป็นจริง แต่เมื่อผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน

แล้วจะทำให้สารอินทรีย์ในน้ำเสียอยู่ในรูปที่ย่อยสลายได้ง่ายขึ้น จึงสามารถวัดค่าซีไอดี ได้มากขึ้นกว่าเดิมจึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซี ลดลงได้

3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีกับประสิทธิภาพในการกำจัดซี พบว่าไม่สัมพันธ์กันทั้งนี้เนื่องจากค่าซีไอดี ของสารอินทรีย์ที่เป็นสีนั้นไม่ได้เกิดขึ้นจากกลุ่มสารแสดงสี (Chromophore) อย่างเดียว ดังแสดงในหัวข้อ 2.2.3 นอกจากนั้นจากสมการที่(1) ,(2) พบว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นการกำจัดซีให้หายไปในขณะที่องค์ประกอบของสารอินทรีย์ส่วนใหญ่ (R) ยังคงอยู่



ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองคือ ที่ปริมาณสารเคมีเฟนตันที่น้อยที่สุดในการกำจัดซีได้มากกว่า 80 % ดังตารางที่ 4.5 นั้นจะสามารถกำจัดซีไอดีได้เพียงเล็กน้อย โดยแสดงความสัมพันธ์ได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการลดสีเมื่อใช้ปริมาณสารเคมีเฟนตันตามตารางที่ 4.5 ที่ทำให้สีลดได้มากกว่า80%

โหนด	อัตราส่วน(R)								
	R = 5 : 1			R = 10 : 1			R = 20 : 1		
	H ₂ O ₂ (มก./ล.)	การลดซีไอดี(%)	การลดสี %	H ₂ O ₂ (มก./ล.)	การลดซีไอดี(%)	การลดสี %	H ₂ O ₂ (มก./ล.)	การลดซีไอดี	การลดสี %
ดำ	200	29	96	500	29	97	500	15	94
ม่วง	200	37	83	200	12	90	500	48	91
แดง	200	42	85	500	21	93	800	20	96
น้ำคาลอ่อน	200	19	85	500	20	94	800	-3	95

4.7.2 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R)

การทดลองนี้ได้ศึกษาถึงผลของอัตราส่วน(R) โดยโมลระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็กที่ใช้ ว่ามีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีอย่างไร โดยเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R) จาก R = 5 : 1 เป็น R = 10 : 1 และ R = 20 : 1 ตามลำดับ โดยผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.34-4.37 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี ดังนี้

4.7.2.1 โทนนีดำ

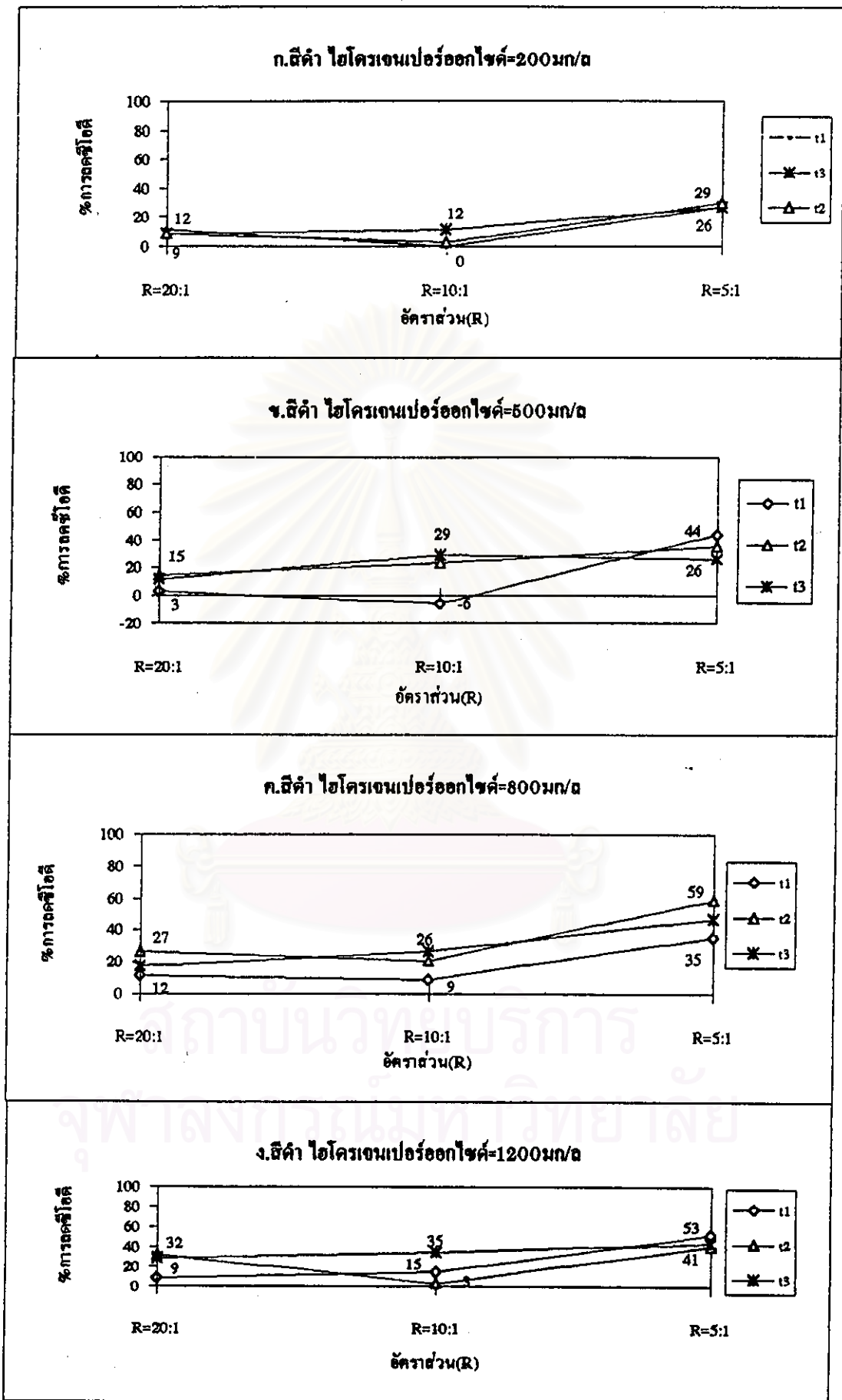
จากรูปที่ 4.34ก-4.34ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 ตามลำดับ พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R) ที่ใช้ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเปลี่ยนไป โดยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อใช้อัตราส่วนที่เข้มข้นขึ้น โดยเพิ่มจากประมาณ 12% เป็นประมาณ 29% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. ดังรูปที่ 4.34ก, จากประมาณ 15% เป็นประมาณ 44% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. ดังรูปที่ 4.34ข, จากประมาณ 27% เป็นประมาณ 59% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 800 มก./ล. ดังรูปที่ 4.34ค และจากประมาณ 32% เป็นประมาณ 53% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1,200 มก./ล. ดังรูปที่ 4.34ง

4.7.2.2 โทนนีม่วง

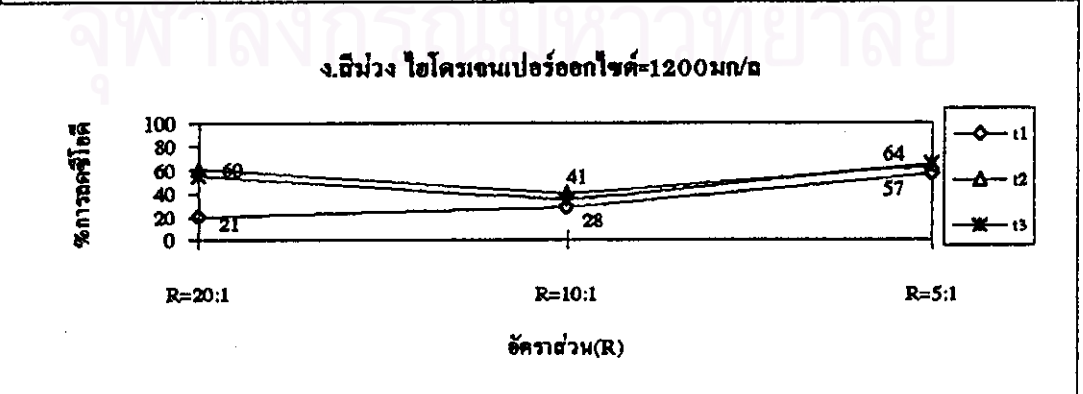
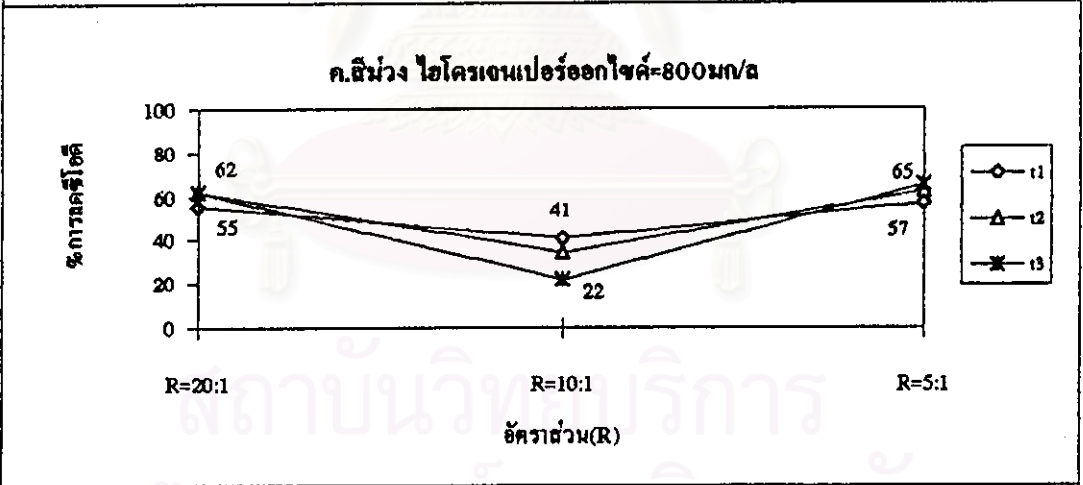
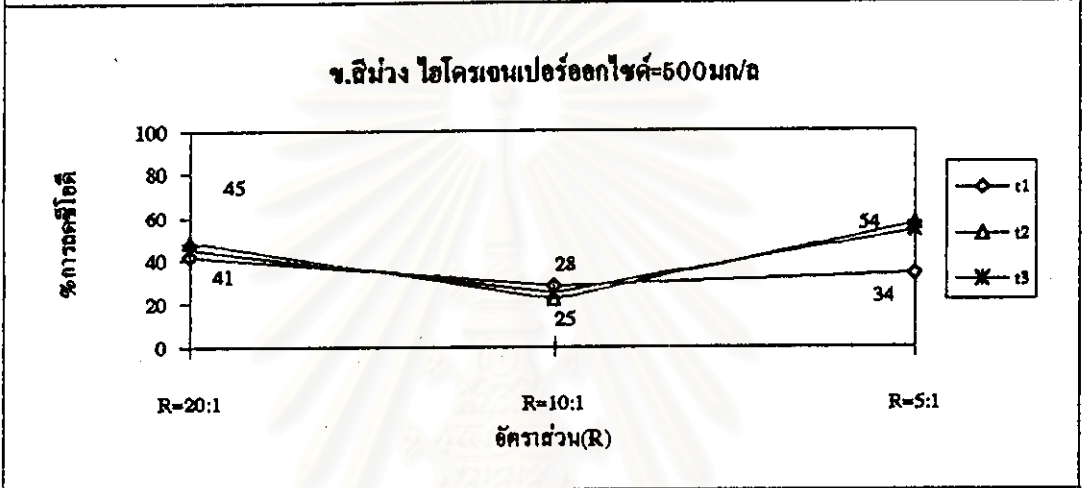
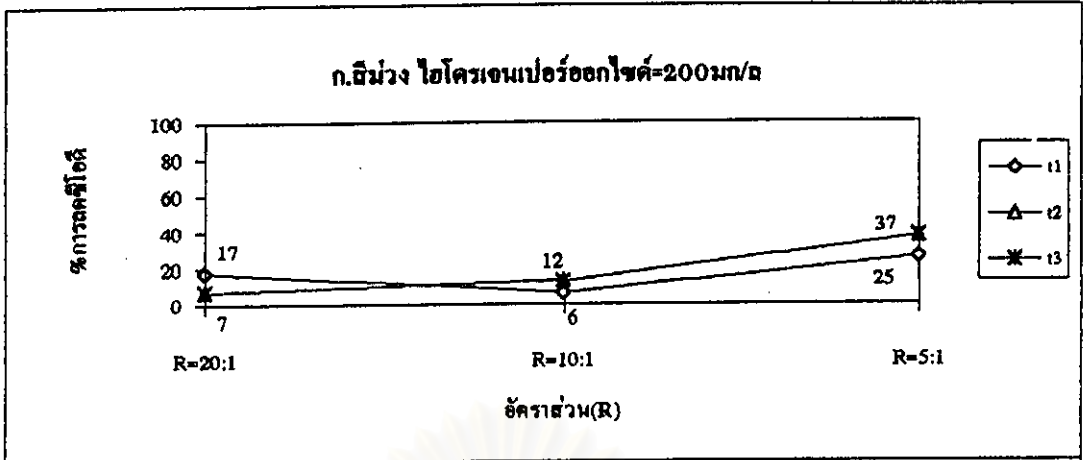
จากรูปที่ 4.35ก-4.35ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R) ที่ใช้ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเปลี่ยนไป โดยมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนจาก $R = 20 : 1$ เป็น $R = 10 : 1$ และเพิ่มขึ้นเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนจาก $R = 10 : 1$ เป็น $R = 5 : 1$ สำหรับทุกปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้

4.7.2.3 โทนนีแดง

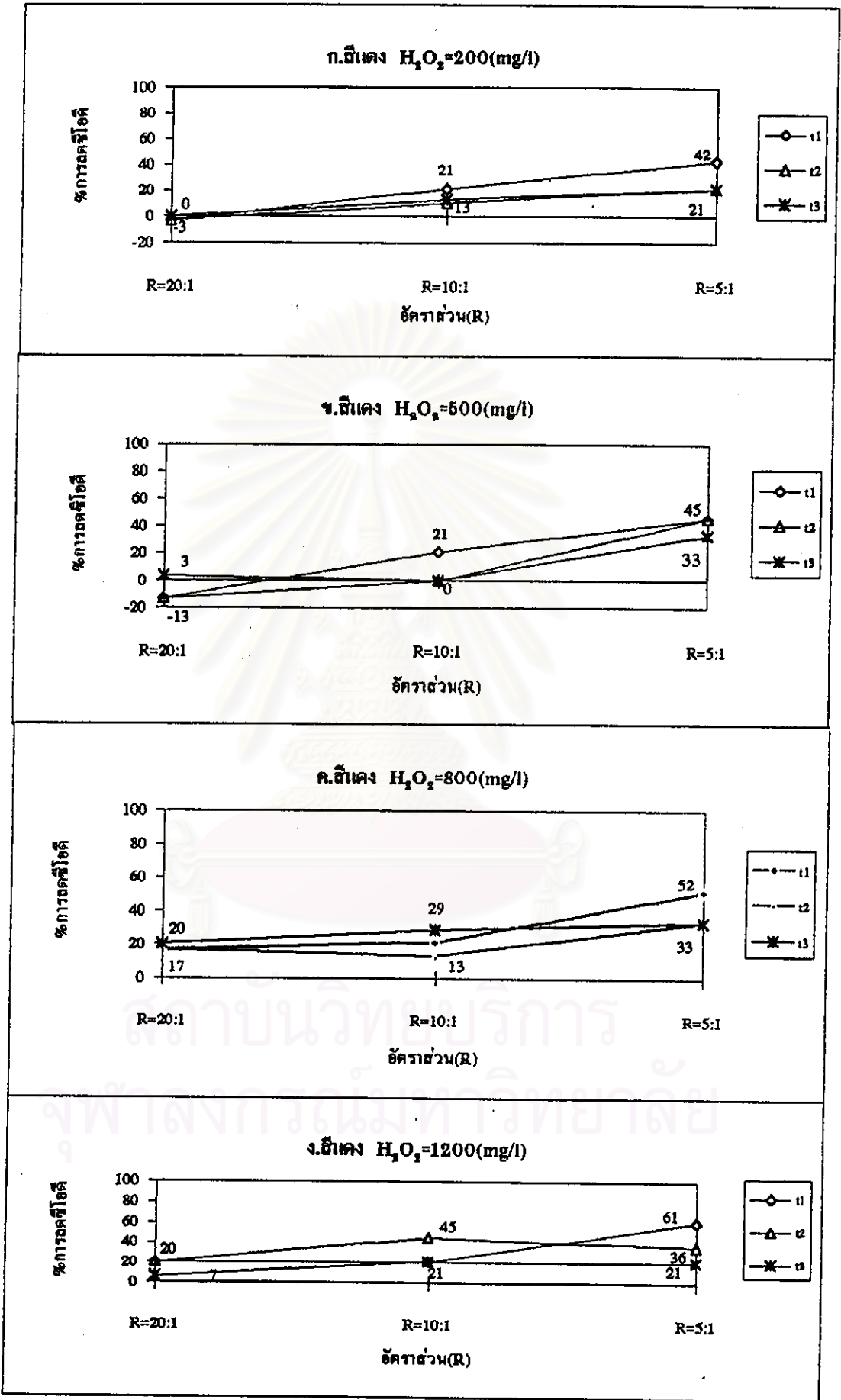
จากรูปที่ 4.36ก-4.36ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 ตามลำดับ พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R) ที่ใช้ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเปลี่ยนไป โดยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อใช้อัตราส่วนที่เข้มข้นขึ้น โดยเพิ่มจากประมาณ 0% เป็นประมาณ 42% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. ดังรูปที่ 4.36ก, จากประมาณ 3% เป็นประมาณ 45% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. ดังรูปที่ 4.36ข, จากประมาณ 20% เป็นประมาณ 52% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 800 มก./ล. ดังรูปที่ 4.36ค และจากประมาณ 20% เป็นประมาณ 61% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1,200 มก./ล. ดังรูปที่ 4.36ง



รูปที่ 4.34 แสดงประสิทธิภาพในการคลอโรฟิลล์ของน้ำขึ้นชื่อ (ที่มีค่าเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R) จาก R=20:1 ถึง R=5:1) ที่ปริมาณ CO_2 ค่าต่างๆ



รูปที่ 4.35 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีไอดีของน้ำส้มที่ผสมผงไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R)จากR=20:1ถึงR=5:1ที่ปริมาณH₂O₂ค่าต่างๆ



รูปที่ 4.36 แสดงประสิทธิภาพในการลดคลอโรฟิลล์ของน้ำตึงที่มีน้แดงเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R)จากR=20:1ถึงR=5:1ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ

4.7.2.4 โทนนํ้าตาอ่อน

จากรูปที่ 4.37ก-4.37ง ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 200, 500, 800 และ 1,200 ตามลำดับ พบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R) ที่ใช้ ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติเปลี่ยนไปโดยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อใช้อัตราส่วนที่เข้มข้นขึ้น โดยเพิ่มจากประมาณ 3% เป็นประมาณ 19% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. ดังรูปที่ 4.37ก, จากประมาณ 3% เป็นประมาณ 41% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. ดังรูปที่ 4.37ข, จากประมาณ -3% เป็นประมาณ 41% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 800 มก./ล. ดังรูปที่ 4.37ค และจากประมาณ 13% เป็นประมาณ 44% ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1,200 มก./ล. ดังรูปที่ 4.37ง

จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

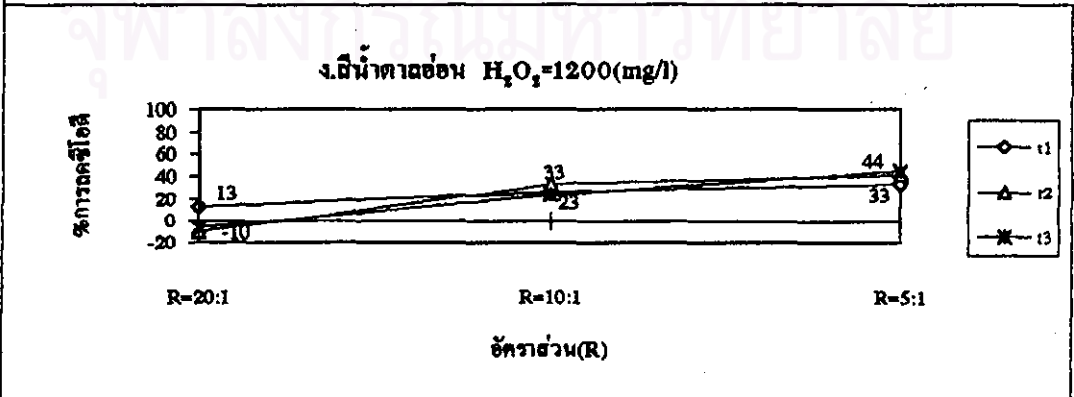
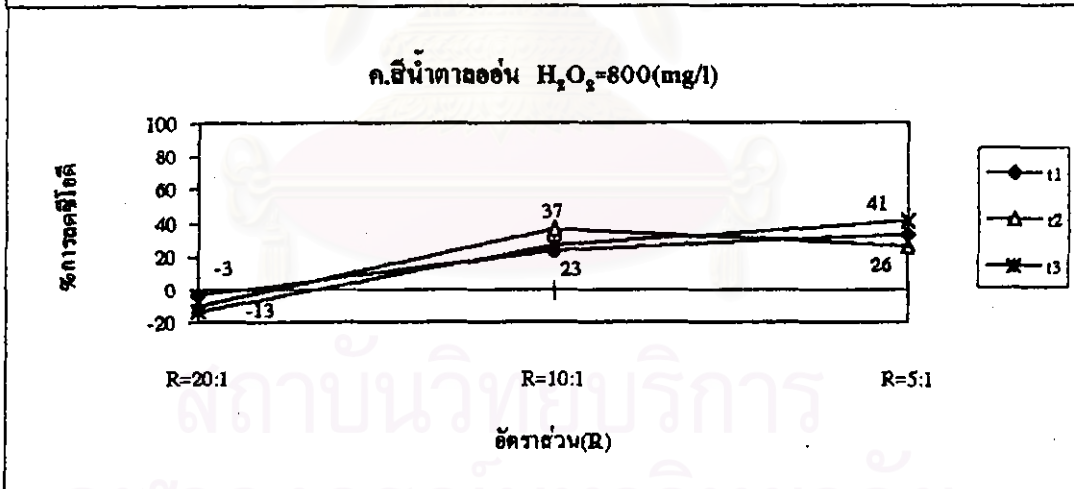
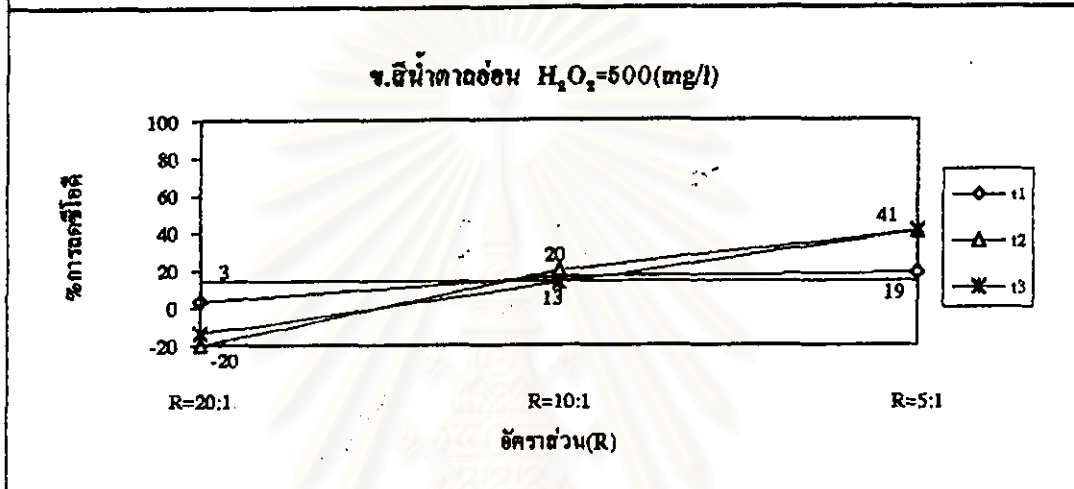
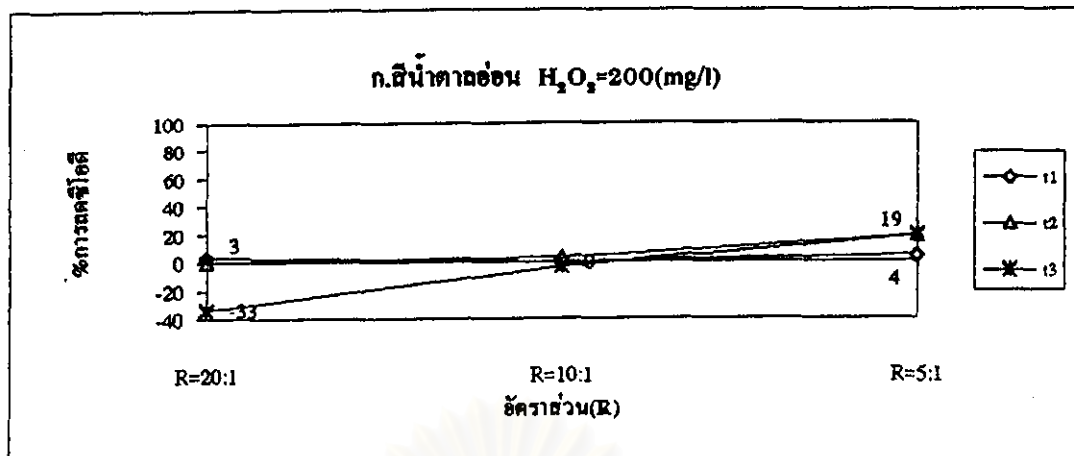
ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติดีขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วน(R) ทั้งนี้ เนื่องจากที่อัตราส่วน $R = 5 : 1$ จะมีความสามารถในการออกซิไดส์ที่สูงกว่าที่อัตราส่วน $R = 10 : 1$ และ $R = 20 : 1$ โดยดูได้จากค่า ไออาร์พี ดังตารางที่ 4.5 จึงทำให้สามารถกำจัดซีโอติได้สูงกว่าด้วย

4.7.3 การเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

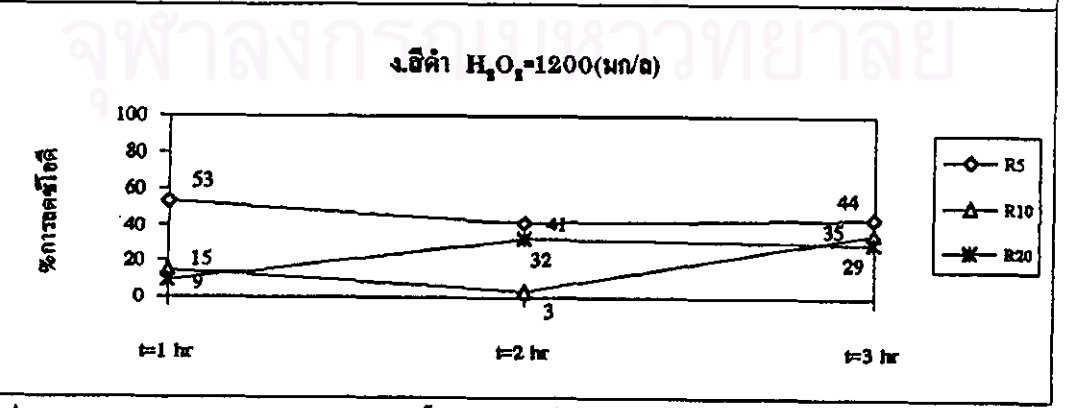
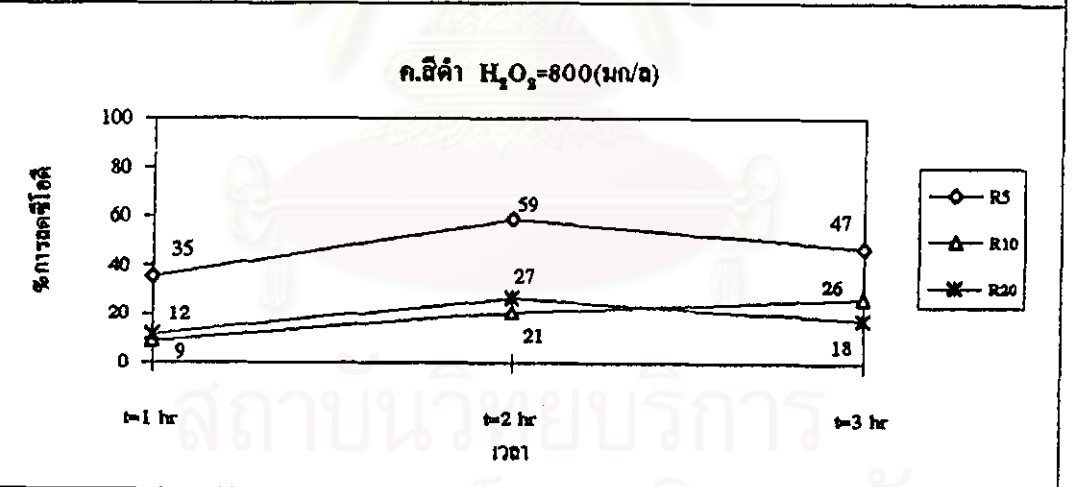
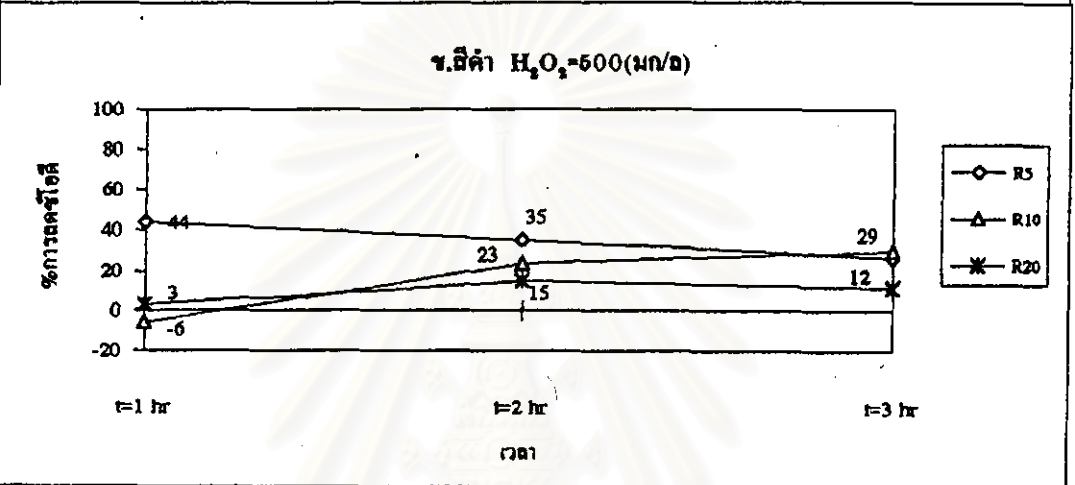
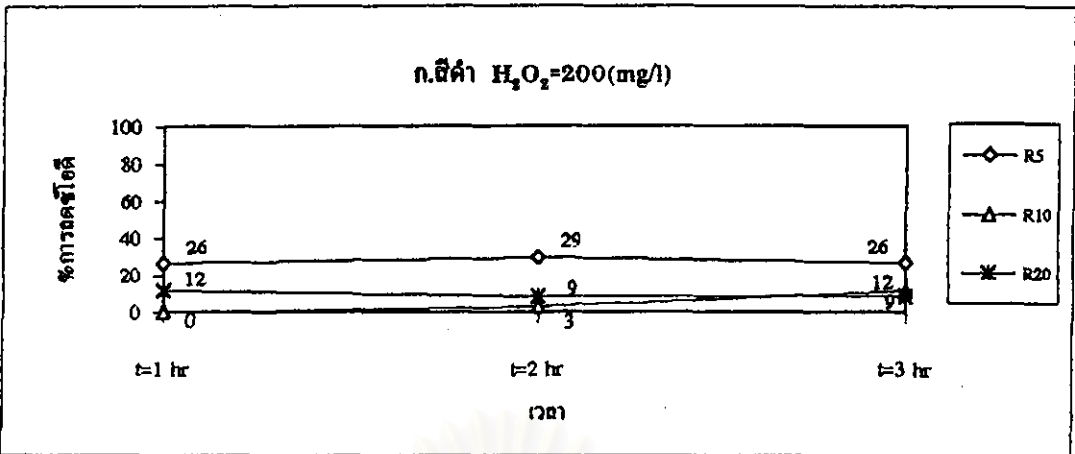
การทดลองได้ศึกษาถึงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามีผลต่อ ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติอย่างไร โดยทำการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้คือ 1, 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับซึ่งแสดงผลการทดลองได้ ดังรูปที่ 4.38- 4.41

4.7.3.1 โทนนํ้า

จากรูปที่ 4.38ก-4.38ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดยใช้นํ้าเสียโทนนํ้า ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200, 500, 800 และ 1200 มก./ล. พบว่าการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 1 ชั่วโมงเป็น 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับนั้น พบว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอติเปลี่ยนแปลงไป มีทั้งไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก, เพิ่มขึ้น หรือลดลง



รูปที่ 4.37 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีโรดิลของน้ำด่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน(R)จาก R=20:1 ถึง R=5:1 ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ



รูปที่ 4.38 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีโอดีของน้ำเสียที่มีค่าเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาจาก 1 ชม. ถึง 3 ชม. ที่ปริมาณ H_2O_2 ค่าต่างๆ

4.7.8.2 โทนนีม่วง

จากรูปที่ 4.39ก - 4.39ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดย ใช้น้ำเสียโทนนีดำ ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 , 500, 800 และ 1200 มก./ล. พบว่าการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 1 ชั่วโมงเป็น 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับนั้น พบว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเปลี่ยนแปลงไป มีทั้งไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก , เพิ่มขึ้น หรือลดลง

4.7.8.3 โทนนีแดง

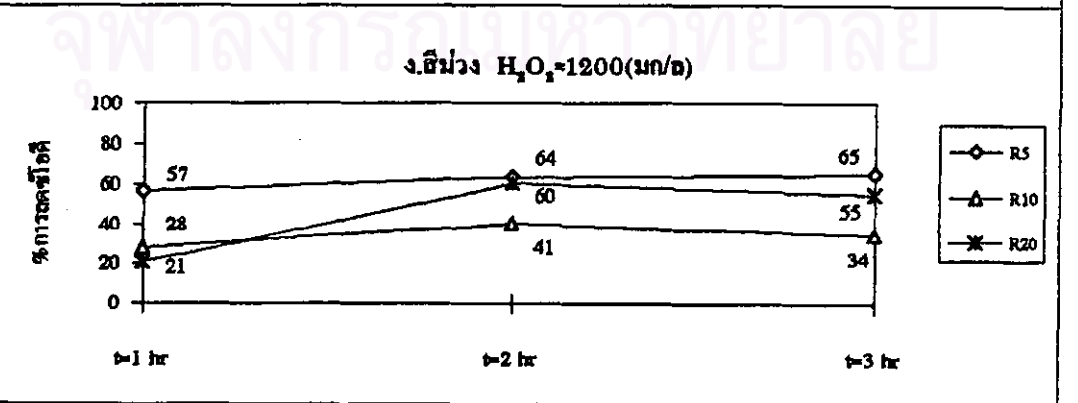
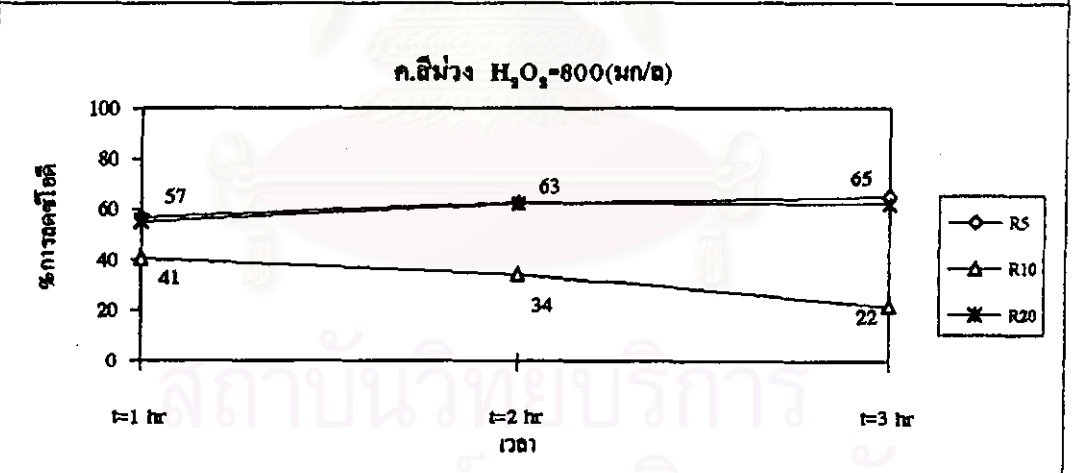
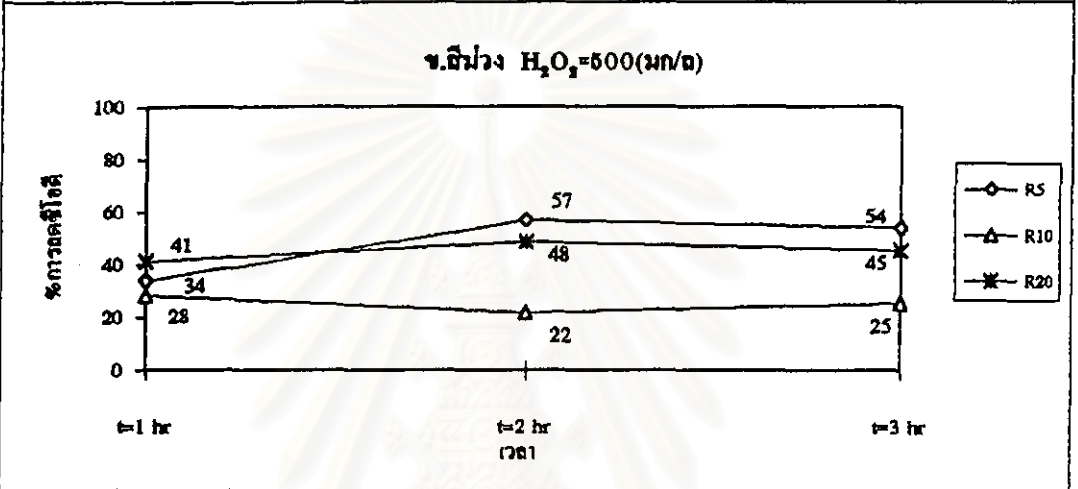
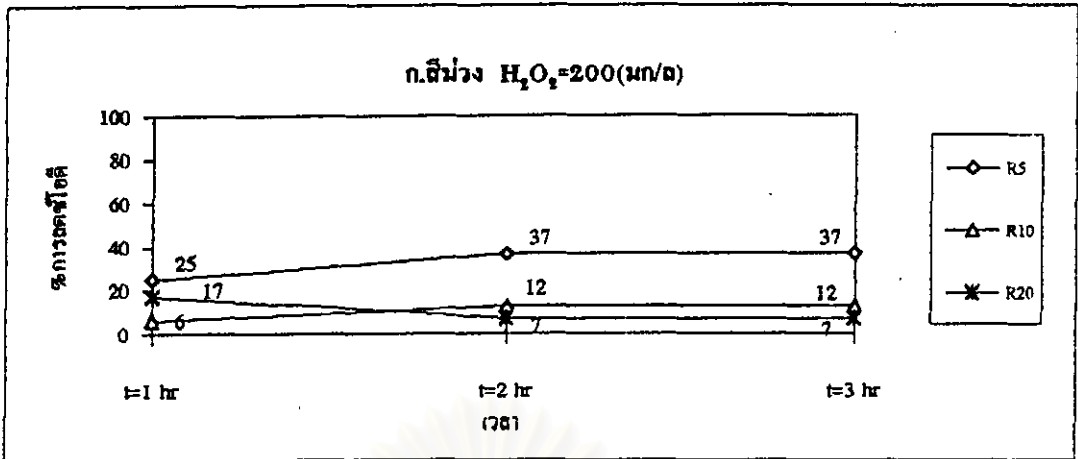
จากรูปที่ 4.40ก - 4.40ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดย ใช้น้ำเสียโทนนีดำ ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 , 500, 800 และ 1200 มก./ล. พบว่าการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 1 ชั่วโมงเป็น 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับนั้น พบว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเปลี่ยนแปลงไป มีทั้งไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก , เพิ่มขึ้น หรือลดลง แต่แนวโน้มส่วนใหญ่ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีโอดีจะลดลงเมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น

4.7.8.4 โทนนีน้ำตาลอ่อน

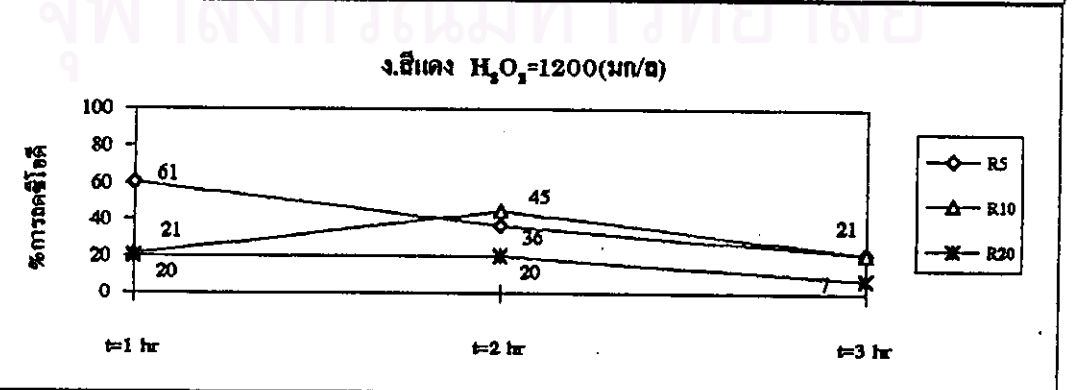
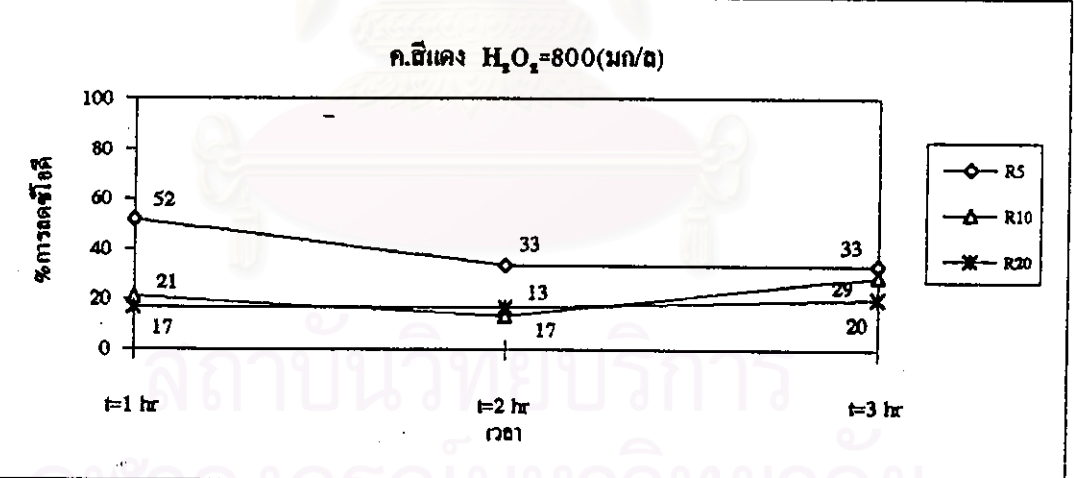
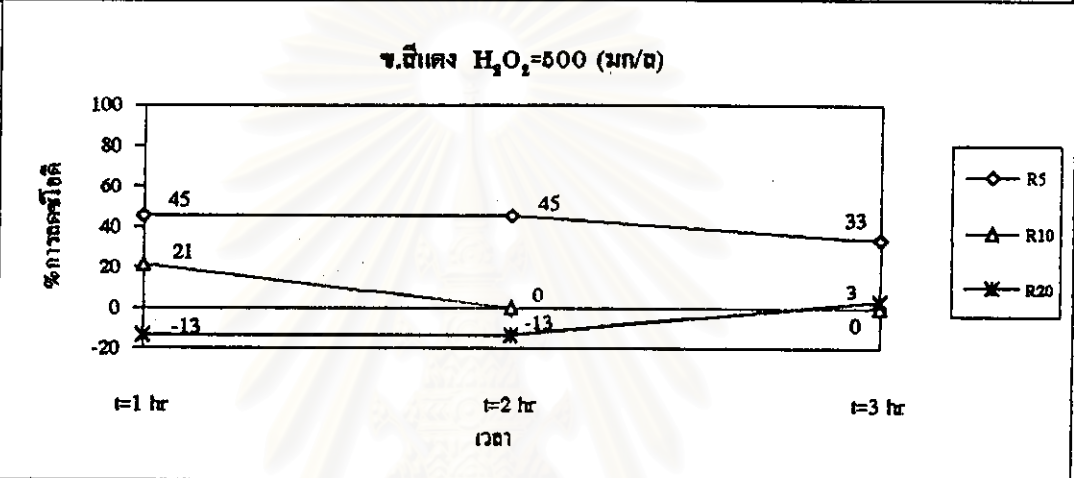
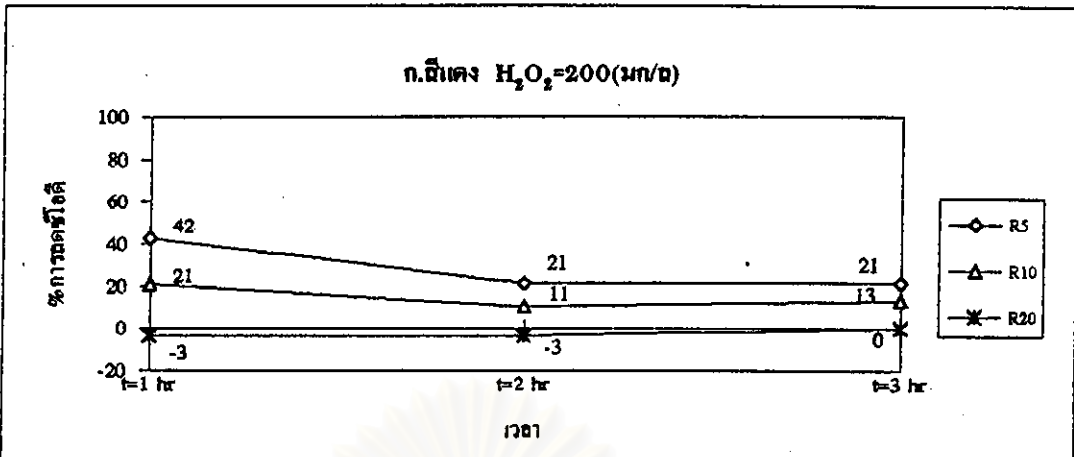
จากรูปที่ 4.41ก-4.41ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดย ใช้น้ำเสียโทนนีดำ ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 ,500,800 และ 1200 มก./ล. พบว่าการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจาก 1 ชั่วโมงเป็น 2 และ 3 ชั่วโมงตามลำดับนั้น พบว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสี เปลี่ยนแปลงไป มีทั้งไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก , เพิ่มขึ้น หรือลดลง

จากผลการทดลองที่ผ่านมาสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

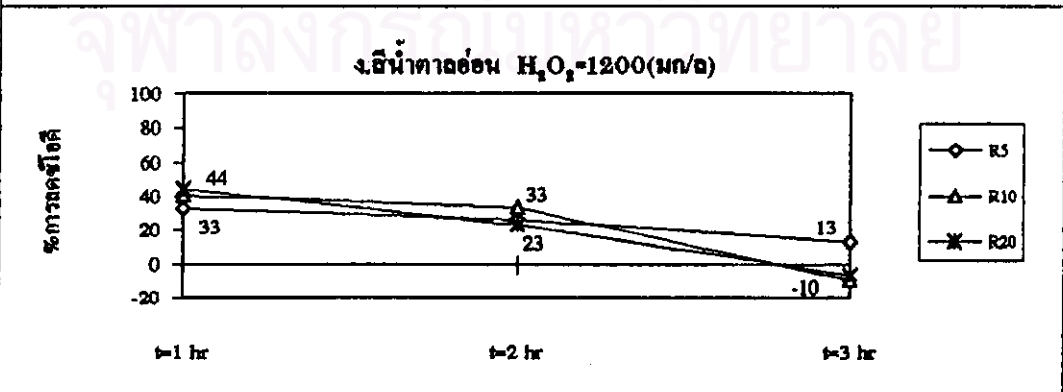
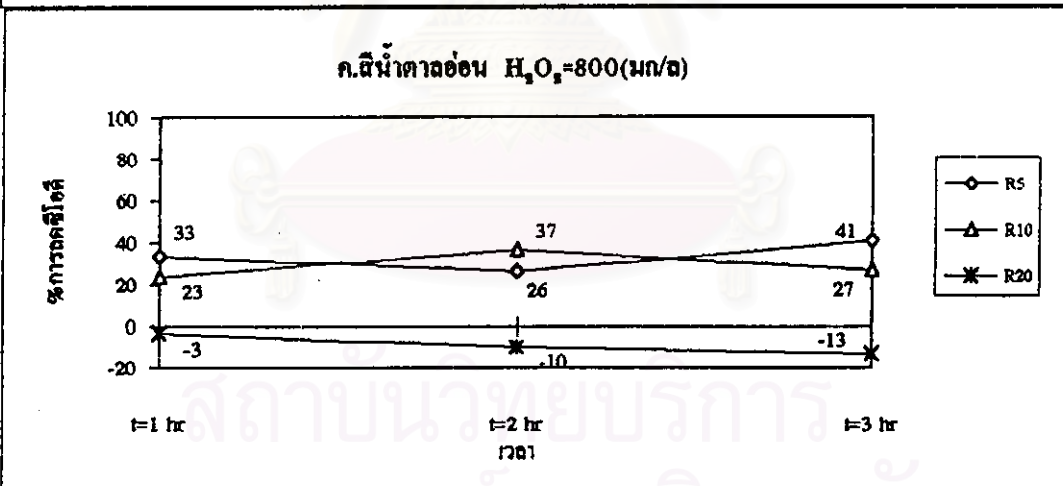
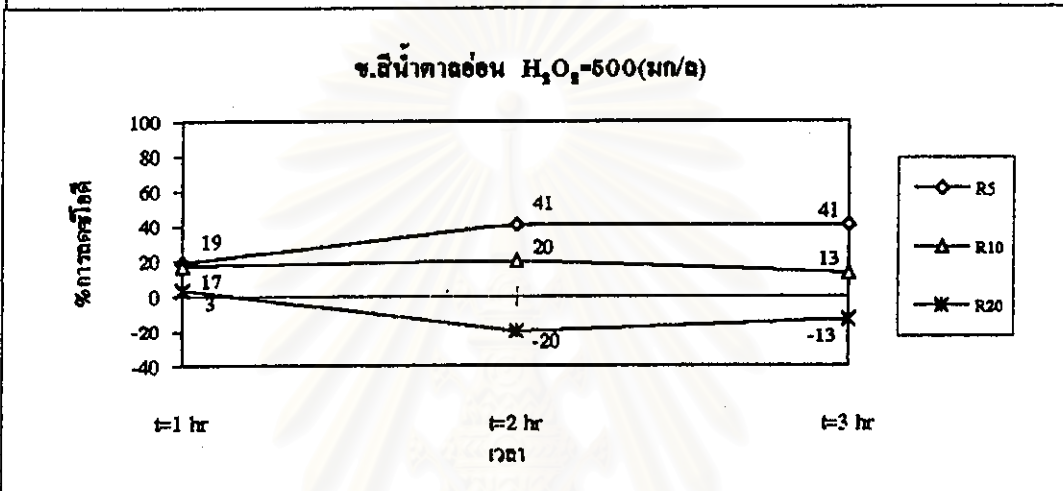
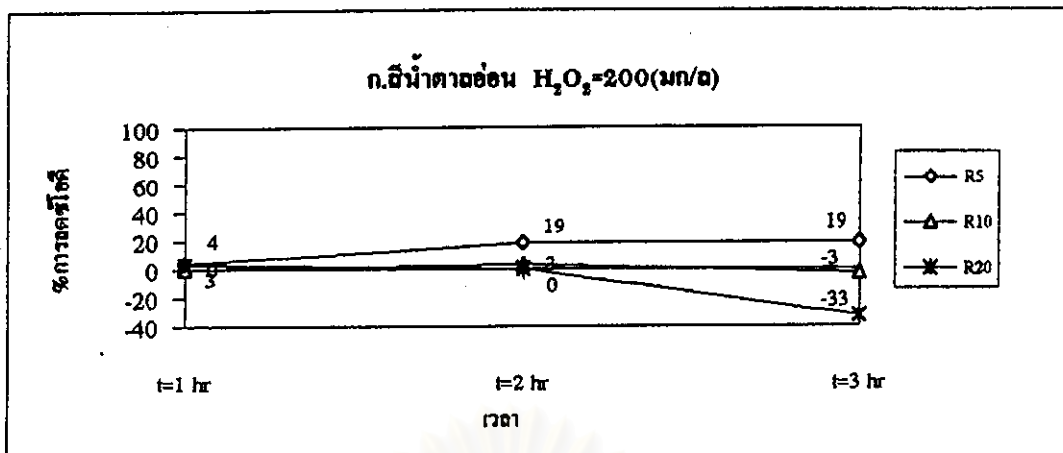
จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดสี จะเปลี่ยนแปลงไป แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่า เพิ่มขึ้นหรือลดลง หรือไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับทุก ๆ โทนนีและปริมาณสารเคมีเฟนคันที่ใช้ ทั้งนี้เนื่องมาจากกลไกในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์หลังจาก การกำจัดสีแล้วนั้น (R-R) ยังไม่เป็นที่รู้จัก นอกจากนี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น จากการใช้สารเคมีเฟนคันนั้น มีความซับซ้อน โดยแสดงได้ดังสมการ (1)-(6) ซึ่งเป็นสมการที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง (Flahertz,1992)



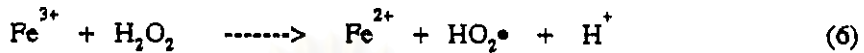
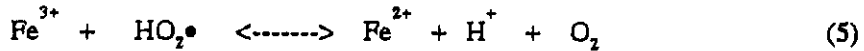
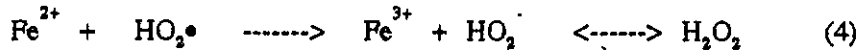
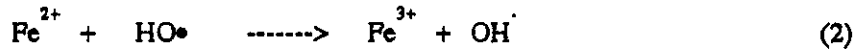
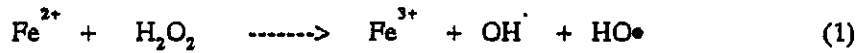
รูปที่ 4.39 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีโอดีของน้ำเสียโดยวิธีบำบัดด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ปริมาณที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.40 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีไอดีของน้ำเสียชุมชนเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาจาก 1 ชม. ถึง 3 ชม. ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ



รูปที่ 4.41 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีน้ำตาลอ่อนเมื่อเปลี่ยนแปลงเวลาจาก 1 ชม. ถึง 3 ชม. ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ



จากสมการที่ (4) จะเห็นได้ว่าสามารถเกิดปฏิกิริยาแล้วได้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ออกมา ซึ่งจะมีผลต่อการวัดซีไอดี ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ในหัวข้อ 4.4.1 ด้วยสาเหตุนี้ เมื่อเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยา จึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัด ซีไอดีไม่สามารถสรุปได้

4.7.4 การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์หลังการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน

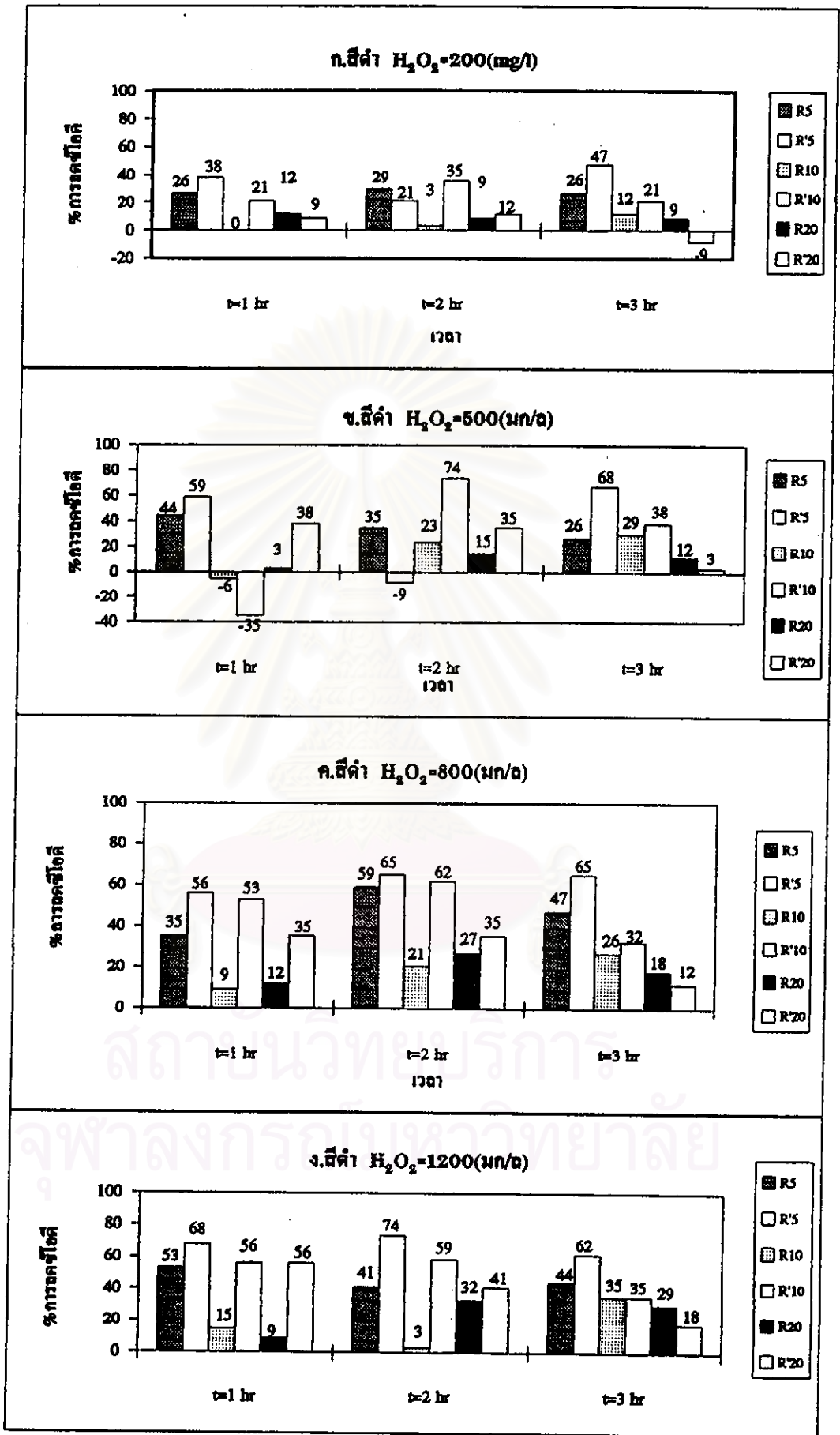
การทดลองนี้ ได้ศึกษาถึงการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ว่ามีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีอย่างไร หลังจากผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันแล้ว ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.42-4.45 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดี ดังต่อไปนี้

4.7.4.1 โทนสีดำ

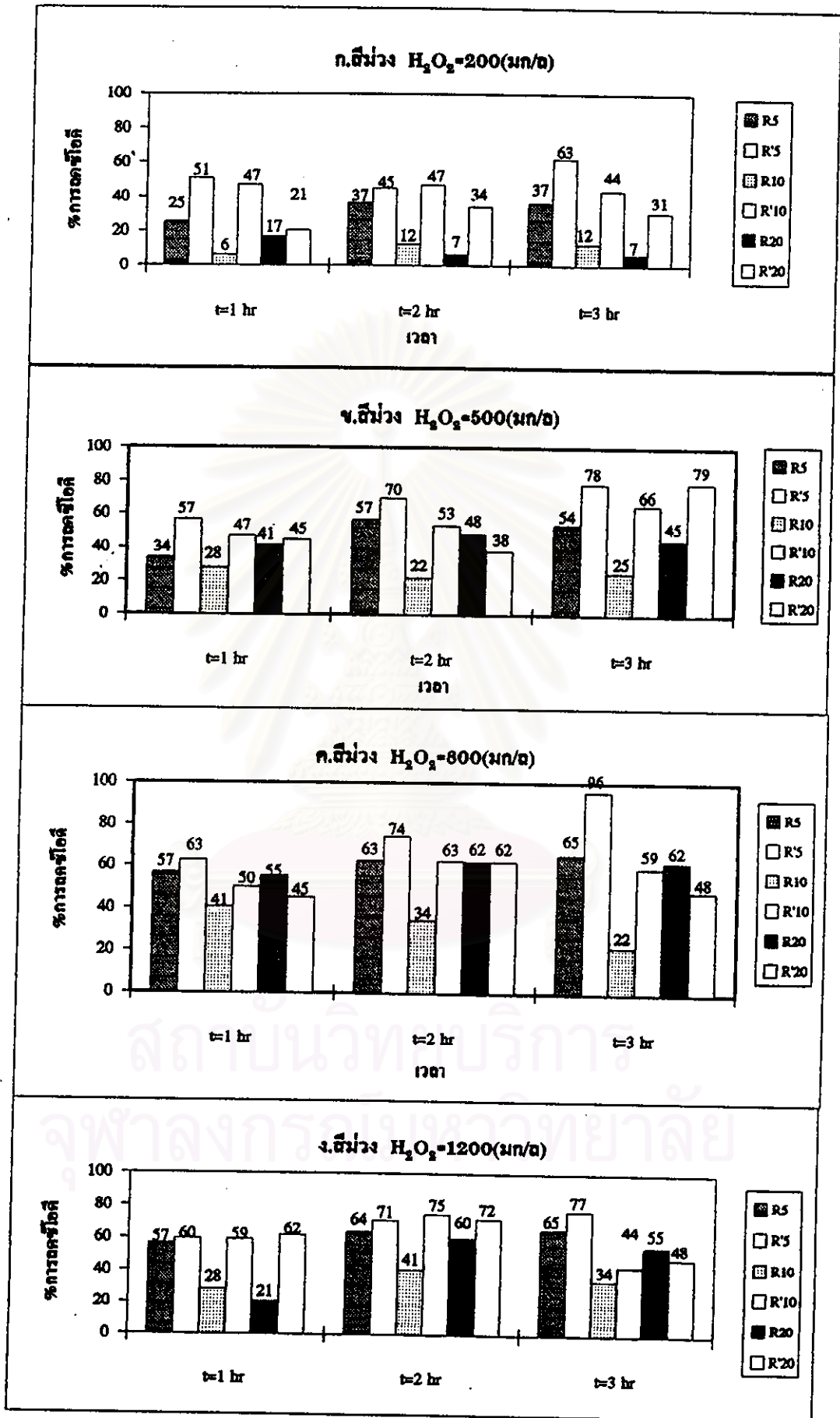
จากรูปที่ 4.42ก-4.42ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า โดยรวมแล้วการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดได้ โดยประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีไอดีเมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ คือ 74%

4.7.4.2 โทนสีม่วง

จากรูปที่ 4.43ก-4.43ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า โดยรวมแล้วการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดได้ โดยประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีไอดีเมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ คือ 96%



รูปที่ 4.42 แสดงประสิทธิภาพในการลดคลอโรฟิลล์ในเซลล์เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ



รูปที่ 4.43 แสดงประสิทธิภาพในการผลิตคลอรีนไดออกไซด์ในถังหมักเมื่อใช้คลอรีนไฮโปคลอไรต์ที่มีปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ

4.7.4.3 โทนนีแดง

จากรูปที่ 4.44ก-4.44ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า โดยรวมแล้วการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดได้ โดยประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีโอดี เมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ คือ 76%

4.7.4.4 โทนนีน้ำตาลอ่อน

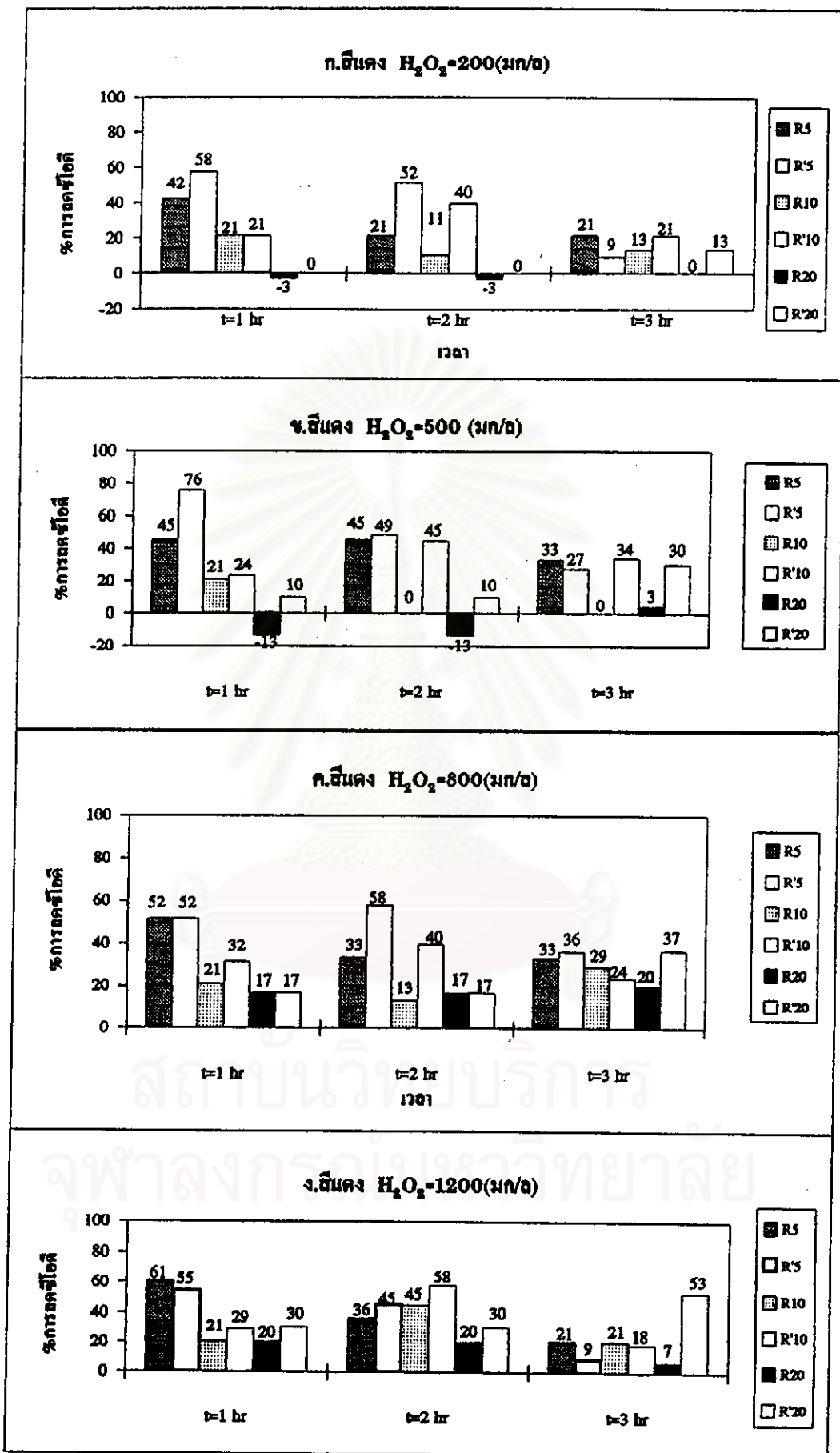
จากรูปที่ 4.45ก-4.45ง ซึ่งเป็นผลการทดลองโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 200, 500, 800 และ 1,200 มก./ล. ตามลำดับ พบว่า โดยรวมแล้วการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดได้ โดยประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีโอดีเมื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ คือ 63%

จากผลการทดลองดังกล่าวมา สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

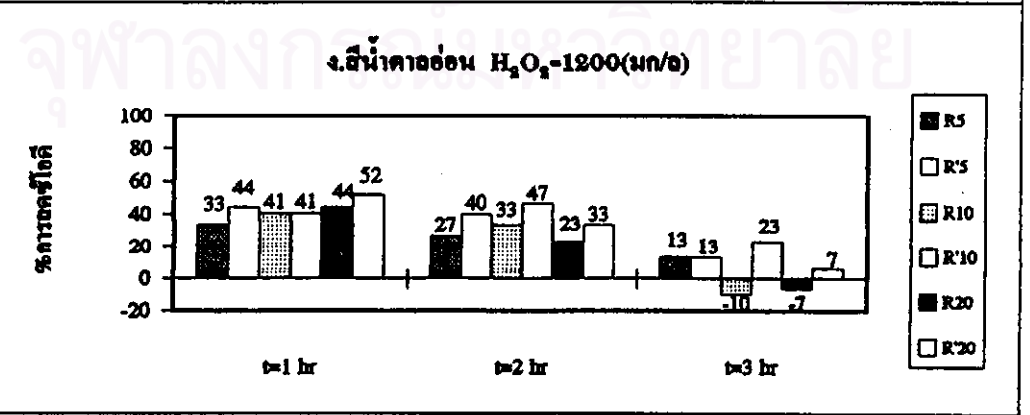
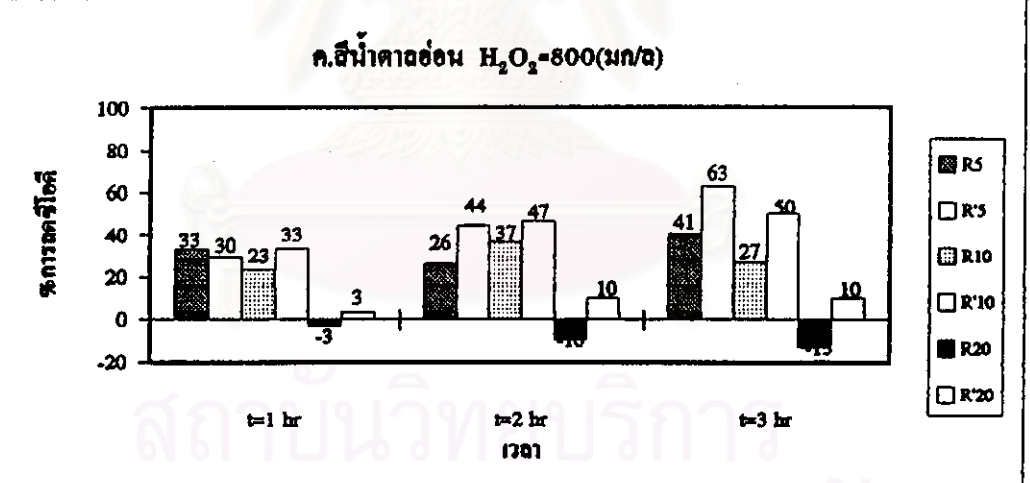
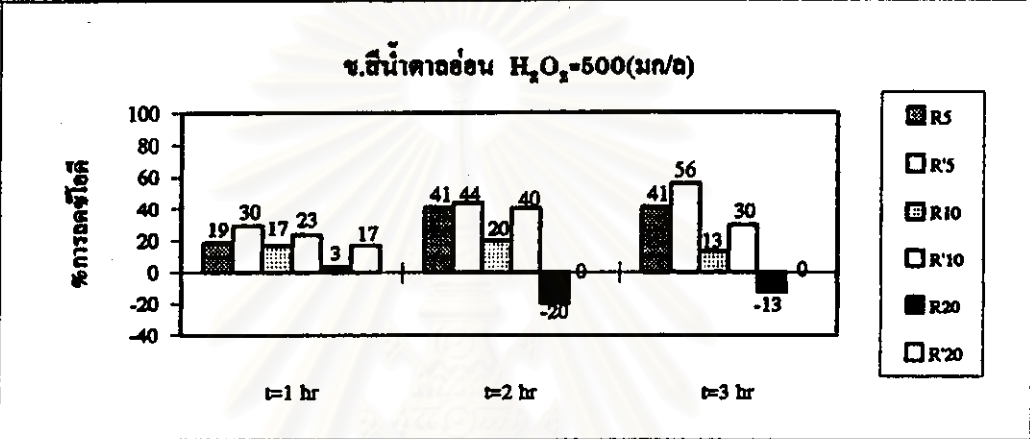
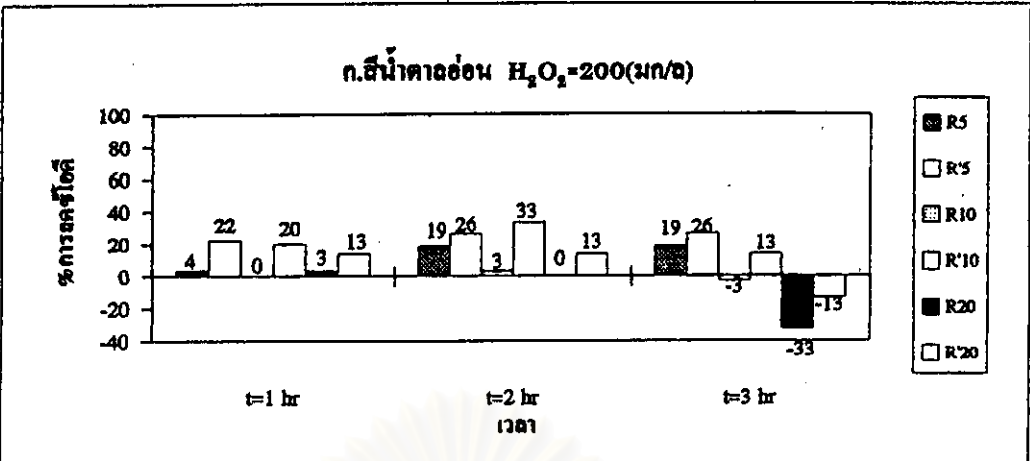
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า แคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถกำจัดซีโอดีได้เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การบำบัดโดยใช้สารเคมีเฟนตันเพียงอย่างเดียว ดังแสดงในหัวข้อ 4.4.1 โดยประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเพิ่มจาก 59% เป็น 74% สำหรับโทนนีดำ, จาก 65% เป็น 96% สำหรับโทนนีม่วง, จาก 61% เป็น 76% สำหรับโทนนีแดง และจาก 41% เป็น 63% สำหรับโทนนีน้ำตาลอ่อน ทั้งนี้ เนื่องมาจากสรีรแอททิฟที่ถูกบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไป ทำให้สามารถกำจัดเพิ่มเติมโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโทนนีม่วง

4.8 ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นสำหรับการใช้สารเคมีเฟนตัน

การใช้สารเคมีเฟนตันในการกำจัดน้ำเสียสรีรแอททิฟ พบว่า ระหว่างการทำปฏิกิริยานั้นจะเกิดเม็ดตะกอนขึ้น โดยในการทดลองนี้ได้ใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. ที่อัตราส่วน(R) = 5 : 1, R = 10 : 1 และ R = 20 : 1 ทำการบำบัดน้ำเสียสรีรแอททิฟที่มีค่าซีโอดีประมาณ 600 มก./ล. ที่เวลาทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น แสดงผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.10



รูปที่ 4.44 แสดงประสิทธิภาพในการลดซีไอดีในสีนแดงเมื่อใช้คลอโรฟิลล์โรดออกไซด์ที่มีปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ



รูปที่ 4.45 แสดงประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์ในสภาวะน้ำตาลอ่อนเมื่อใช้คลอริเจนไดออกไซด์ปริมาณ H_2O_2 ต่างๆ

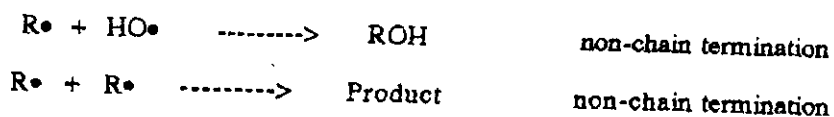
ตารางที่ 4.10 ความเข้มข้นตะกอนที่เกิดขึ้นสำหรับน้ำเสียโทสนีต่างๆเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 500 มก./ล. ที่อัตราส่วน R=5:1, R=10:1 และ R=20:1 ที่เวลาทำปฏิกิริยาเท่ากับ 3 ชั่วโมง

อัตราส่วน	ความเข้มข้นตะกอน (มก./ล.) สำหรับ 4 โทสนี			
	โทสนีดำ	โทสนีม่วง	โทสนีแดง	โทสนีน้ำตาลอ่อน
0 (ชุดควบคุม)	1095	619	1281	1967
5:1	5333	2733	2436	8164
10:1	4243	1444	2250	6304
20:1	2917	1286	2236	4667

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ชุดควบคุมของแต่ละโทสนีก็จะมีตะกอนที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน โดยสีน้ำตาลอ่อนมีปริมาณตะกอนมากที่สุด รองไปเป็นสีแดง, สีดำ และสีม่วง ตามลำดับ และเมื่อทำการทดลองโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 500 มก./ล. สำหรับที่อัตราส่วน (R) = 20 : 1, R = 10 : 1 และ R = 5 : 1 ตามลำดับ จะทำให้ความเข้มข้นตะกอนเพิ่มมากขึ้นด้วยสำหรับทุกโทสนี โดยโทสนีน้ำตาลอ่อนเกิดตะกอนมากที่สุด รองไปเป็นสีดำ, สีแดง และสีม่วงตามลำดับ

จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

1) ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. ที่อัตราส่วน (R) = 20 : 1, R = 10 : 1 และ R = 5 : 1 จะมีปริมาณเฟอร์รัสซัลเฟตเท่ากับ 111.5, 223.2 และ 446.5 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นพบว่าปริมาณสารเคมีที่เติมลงไปจะน้อยกว่า ดังนั้นแสดงว่ามีการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลของสีแล้วเกิดเป็นสารประกอบตกตะกอนออกมา ทำให้มวลของตะกอนมีมากกว่าสารเคมีที่ใส่เข้าไป ซึ่งสอดคล้องกับสมการการเกิดปฏิกิริยาในหัวข้อ 2.5.5 คือ



โดย $R\bullet$ คือ สารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดส์ให้เสียหายไปแล้ว

2) ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นไม่สัมพันธ์กับประสิทธิภาพการลดสีนํ้า เช่น กรณีนํ้าที่ปริมาณสารเคมีเฟนตันที่ใช้ในการทดลองนี้จะสามารถกำจัดสีได้มาก แต่ในขณะที่ตะกอนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะมีน้อยกว่า

4.9 การศึกษาความสามารถในการย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

จากการทดลองใช้สารเคมีเฟนตัน ในการกำจัดสีและสารอินทรีย์หรือซีโอดีของน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม ที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า ถ้าใช้สารเคมีเฟนตันในอัตราส่วนที่เหมาะสม จะทำให้สามารถกำจัดสีได้มากกว่า 80% แต่ยังคงมีปริมาณสารซีโอดีอยู่สูงดังนั้นในทางปฏิบัติแล้ว จะนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันนี้ เข้าสู่ระบบบำบัดทางชีวภาพต่อไป โดยการทดลองนี้ได้ศึกษาถึง การชั่งขวางระบบชีวภาพของน้ำเสียและประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีของกระบวนการทางชีวภาพเมื่อนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันแล้ว และนำมาเปรียบเทียบกับเมื่อนำน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันก่อน ว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีแตกต่างกันอย่างไร

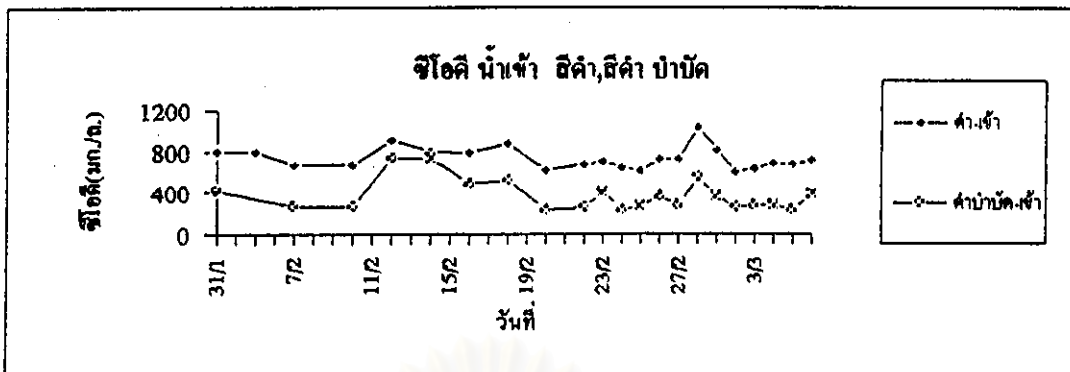
โดยระบบบำบัดทางชีวภาพที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ SBR(Sequence Batch Reactor) ซึ่งแสดงการทำงานดังหัวข้อที่ 2.5 โดยผลการทดลองที่ได้ แสดงได้ดังต่อไปนี้

4.9.1 ลักษณะน้ำเสียก่อนเข้าระบบเอสบีอาร์

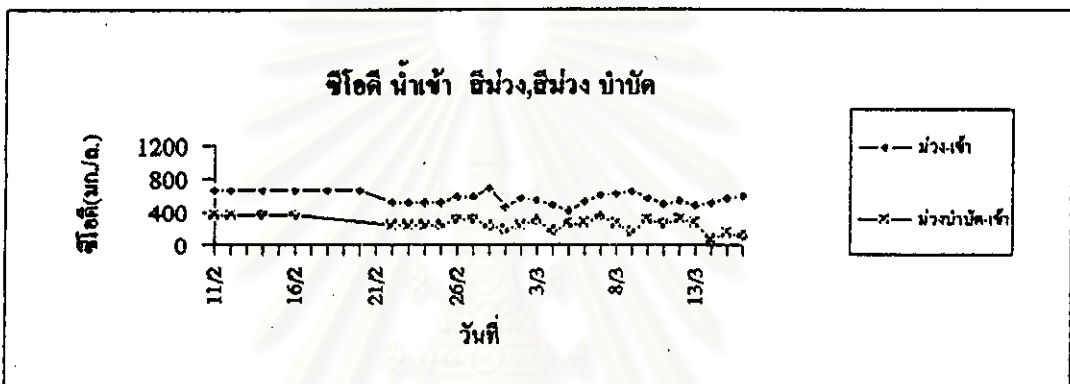
ลักษณะน้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ ก่อนเข้าระบบ SBR มี 2 ประเภทคือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันและไม่ผ่านการบำบัด โดยลักษณะของน้ำเสียแสดงได้ดังต่อไปนี้

4.9.1.1 ลักษณะน้ำเสียก่อนผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน

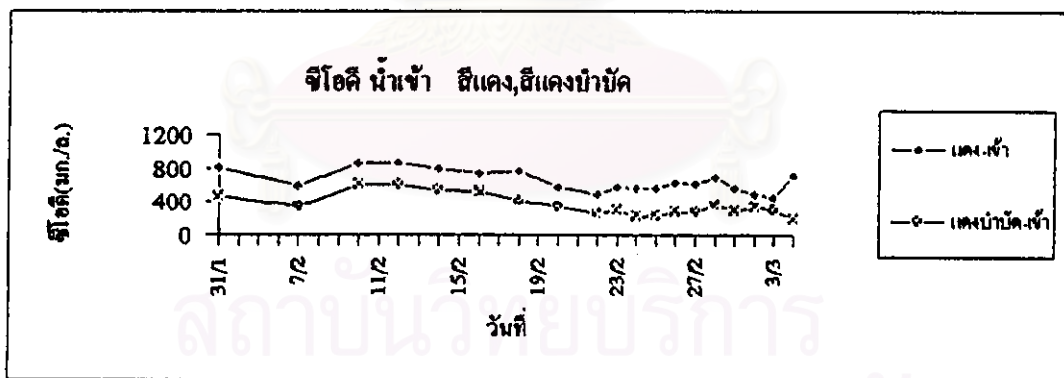
1.ค่าซีโอดี จากแผนการทดลองที่จะทำการเตรียมน้ำเสีย ให้อยู่ในช่วงประมาณ 600 มก./ล. นั้น เตรียมตามหัวข้อที่ 3.2.2.2 ซึ่งมีการผสมน้ำเสียจริงจากโรงงานกับน้ำประปาในอัตราส่วนต่างๆ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของน้ำเสียที่นำมาใช้ โดยอัตราส่วนที่ได้ในครั้งแรกจะนำมาใช้ในการเตรียมน้ำเสียในครั้งต่อไปด้วย ดังนั้น ในบางครั้งน้ำเสียที่เตรียมขึ้นจึงมีค่าซีโอดีที่ได้หลังจากการผสมเปลี่ยนแปลงไปบ้าง เนื่องจากน้ำเสียที่นำมาใหม่มีค่าซีโอดีเปลี่ยนไป โดยค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ แสดงได้ดังรูปที่ 4.46-4.49



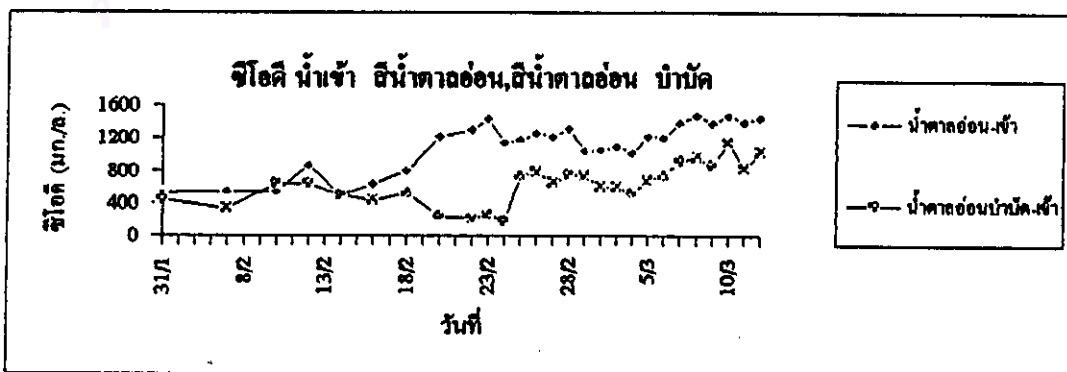
รูปที่ 4.46 แสดงค่าชีโอดีของน้ำเสียโทนอีค่าทั้งที่ผ่าน,ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนคีน ก่อนเข้าสู่ระบบSBR



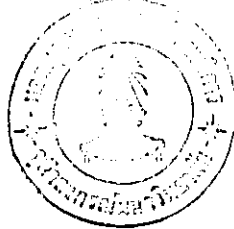
รูปที่ 4.47 แสดงค่าชีโอดีของน้ำเสียโทนม่วงทั้งที่ผ่าน,ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนคีน ก่อนเข้าสู่ระบบSBR



รูปที่ 4.48 แสดงค่าชีโอดีของน้ำเสียโทนอีแดงทั้งที่ผ่าน,ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนคีน ก่อนเข้าสู่ระบบSBR



รูปที่ 4.49 แสดงค่าชีโอดีของน้ำเสียโทนนี้น้ำตาอ่อนทั้งที่ผ่าน,ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนคีน ก่อนเข้าสู่ระบบSBR



2.ค่าพีเอช ทำการปรับ พีเอช ของน้ำเสียที่เตรียมขึ้น ให้มีพีเอช ประมาณ 6 สาเหตุที่ไม่ปรับเป็น พีเอช เท่ากับ 7 ตามที่ควรจะเป็น เนื่องจากเมื่อน้ำเสียนี้เข้าสู่ระบบแล้ว จะทำให้ พีเอชในระบบ สูงขึ้นอย่างมาก ซึ่งอาจทำให้ระบบล้มเหลวได้ จึงทำการปรับ พีเอช ให้ ค่าไว้ โดยยังไม่ก่อปัญหาให้กับระบบเมื่อเติมน้ำเข้าระบบ และไม่สูงเกินไปจนทำให้ระบบล้มเหลวได้

4.9.1.2 ลักษณะน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน

จากการทดลองใช้สารเคมีเฟนตันในการกำจัดสีและสารอินทรีย์ที่ผ่านมา พบว่า ปริมาณ สารเคมีเฟนตัน ที่ใช้ในการกำจัดสีได้อย่างเห็นได้ชัดเจนสำหรับทุกโทนสี คือ ที่ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1,200 มก./ล. ที่อัตราส่วน $R = 10 : 1$ คำนั้น และที่ปริมาณสารเคมีเฟนตันนี้ เมื่อนำมาบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการเคมี ดังหัวข้อที่ 3.5.2 แล้วจะได้น้ำเสียที่คุณสมบัติดังต่อไปนี้

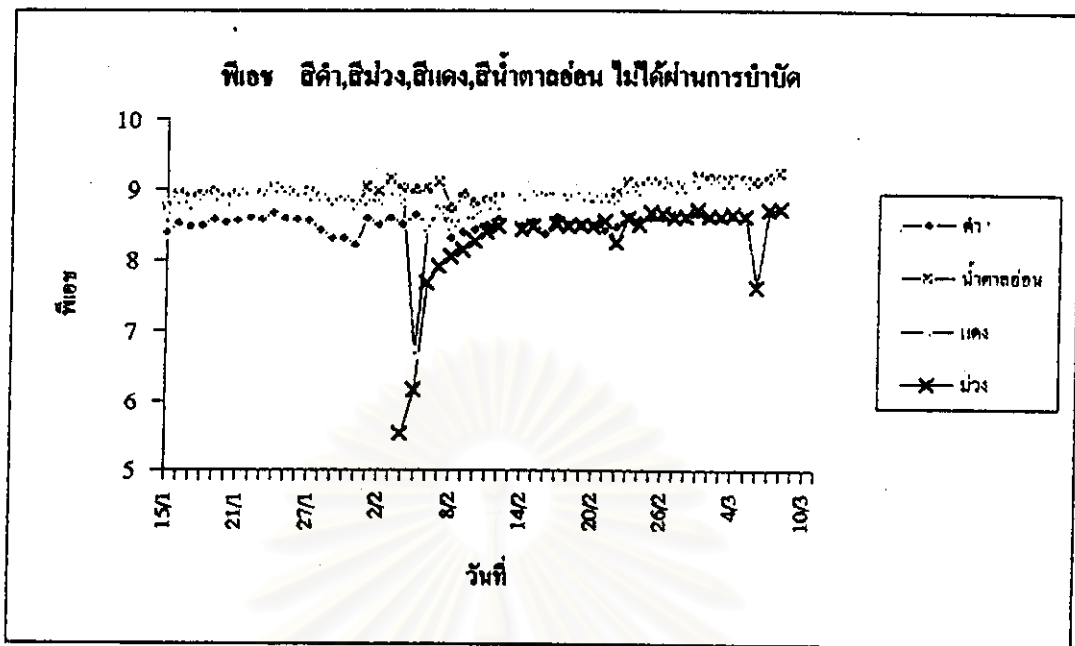
- 1.ค่าซีไอดี ค่า ซีไอดี ที่ได้หลังจากการผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน ก่อนเข้าสู่การบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพ แสดงได้ดังรูปที่ 4.46-4.49
- 2.ค่าพีเอช ปรับ พีเอช ให้ได้ประมาณ 6 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบได้กับน้ำเสียที่เตรียมขึ้นในหัวข้อ 4.9.1.1

4.9.2 ระบบ เอสบิโออาร์

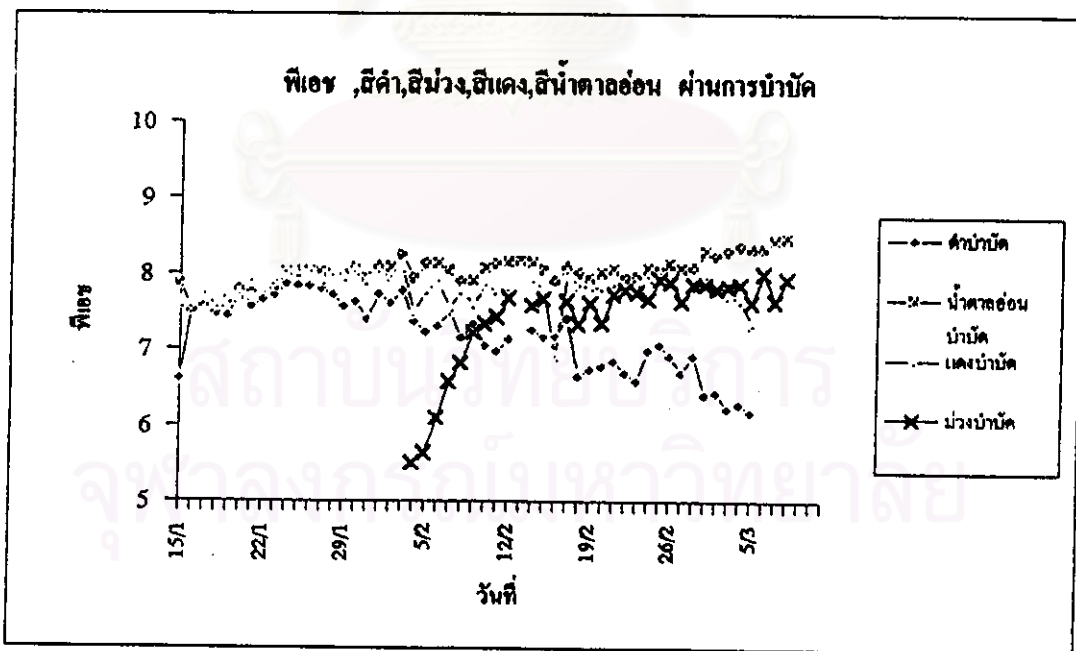
เนื่องจากน้ำเสียที่มีสีจากโรงฟอกย้อมนั้น ถือว่าเป็นน้ำเสียที่ยากแก่การบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพ คำนั้น ต้องใช้เวลาในการเลี้ยงจุลชีพระยะหนึ่ง เพื่อให้เกิดการปรับตัวจนสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในน้ำเสียที่นำมาทดลอง โดยในการทดลองนี้ใช้พารามิเตอร์ พีเอช ของระบบเอสบิโออาร์ และ SV30 เป็นตัวบ่งบอกถึงภาวะที่จุลชีพเริ่มชินกับน้ำเสียที่นำมาทดลอง ซึ่งแสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.50,4.51 และ 4.52,4.53

4.9.2.1 พีเอช

น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบ เอสบิโออาร์ มีพีเอชเท่ากับ 6 สำหรับทุกๆ การทดลอง แต่เมื่อผ่านระบบ เอสบิโออาร์ แล้วจะทำให้พีเอชสูงขึ้น จากรูปที่ 4.50 และ 4.51



รูปที่ 4.50 แสดงพีเอชของน้ำเสียในระบบSBR สำหรับน้ำเสียโทนสีดำ, โทนสีม่วง, โทนสีแดงและโทนสีน้ำตาลอ่อน ที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเพนตัน



รูปที่ 4.51 แสดงพีเอชของน้ำเสียในระบบSBR สำหรับน้ำเสียโทนสีดำ, โทนสีม่วง, โทนสีแดงและโทนสีน้ำตาลอ่อน ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเพนตัน

โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันก่อน จากรูปที่ 4.50 พบว่า จะมีค่าพีเอชที่สูง คือ พีเอชประมาณ 9.2 สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน , พีเอชประมาณ 9 สำหรับโทนสีแดง , พีเอชประมาณ 8.6 สำหรับโทนสีดำและโทนสีม่วง ทั้งๆที่น้ำที่เตรียมเข้าสู่ระบบมี พีเอชเพียงแค่ 6 แต่อย่างไรก็ตามระบบก็ยังคงดำเนินต่อไปได้

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันก่อนเข้าสู่ระบบ เอสบีอาร์ จากรูปที่ 4.51 พบว่า พีเอชยังคงสูงขึ้น แต่ไม่มากเท่ากับชุดที่ใช้ น้ำเสียที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมี เฟนตัน โดยพีเอชที่วัดได้ คือ ประมาณ 8.4 สำหรับน้ำเสียโทนสีน้ำตาลอ่อน , ประมาณ 8.0 สำหรับโทนสีม่วง , ประมาณ 7.8 สำหรับโทนสีแดง และประมาณ 6.4 สำหรับโทนสีดำ

กล่าวโดยสรุปได้ว่า เมื่อระบบปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลแล้ว พีเอชของน้ำที่ออกจากระบบเอสบีอาร์ จะสูงขึ้นกว่าน้ำที่เข้าสู่ระบบ โดยจะได้พีเอชของน้ำที่ออกจากระบบนี้ อยู่ในช่วงประมาณ 8.6-9.2 สำหรับน้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันก่อน และพีเอชอยู่ในช่วงประมาณ 6.4-8.4 สำหรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันมาก่อน

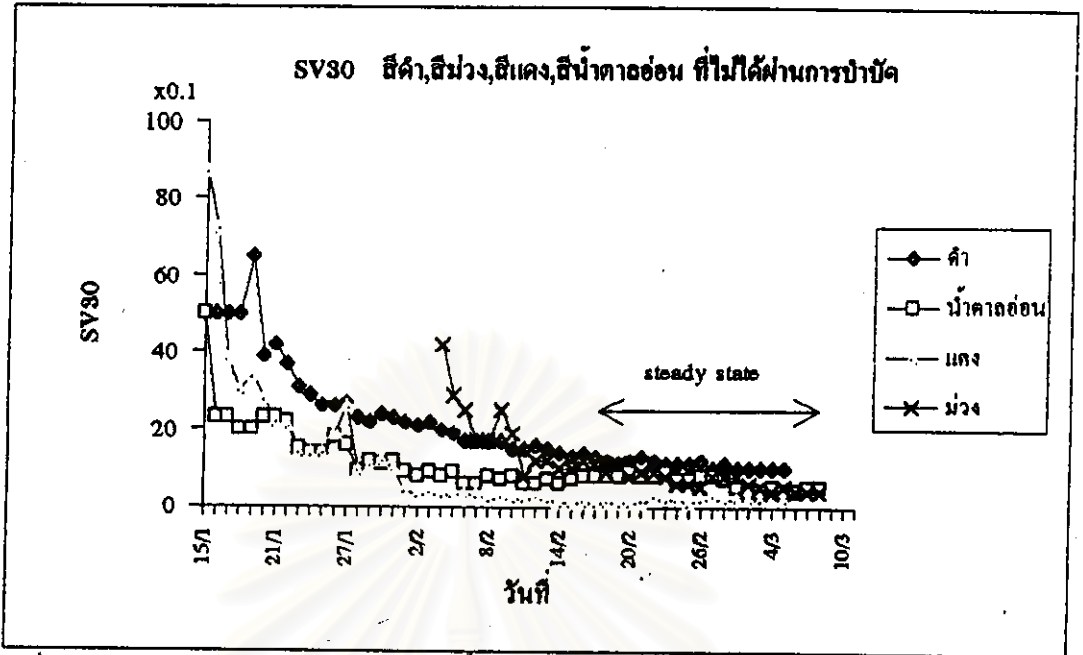
4.9.2.2 เอสวี 30

จากรูปที่ 4.52, 4.53 พบว่า เอสวี 30 มีการปรับตัวลดลง เมื่อระยะเวลาผ่านไปจนถึงเข้าสู่สภาวะสมดุลในที่สุดโดย

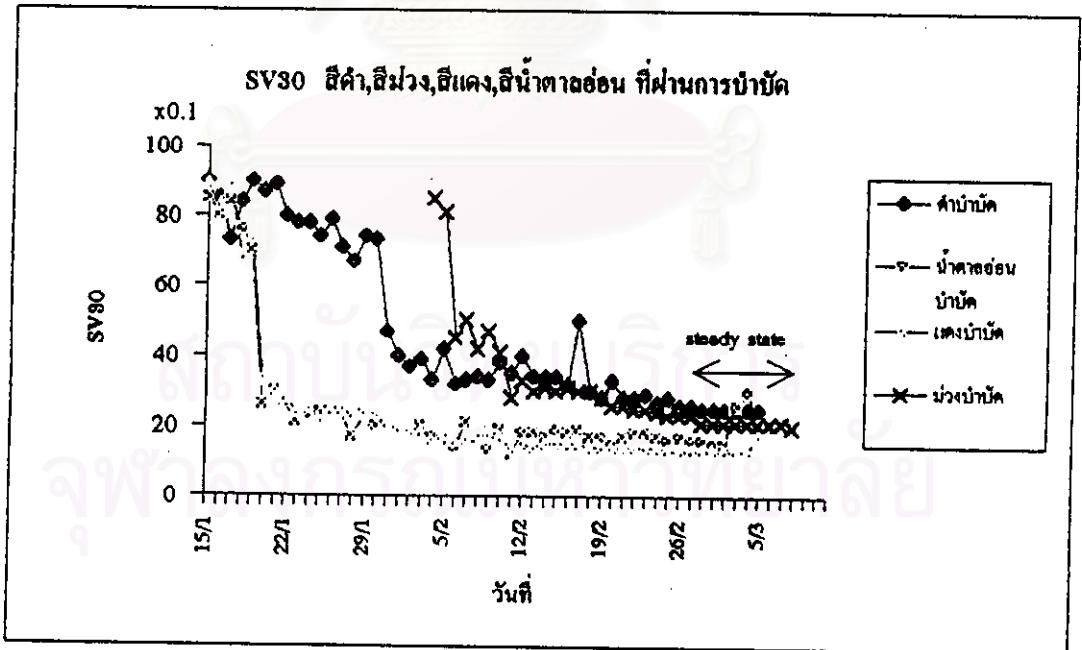
สำหรับระบบ เอสบีอาร์ ที่ใช้น้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันก่อน ดังรูปที่ 4.52 พบว่า ค่า เอสวี 30 ลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไปจนถึงเข้าสู่สภาวะสมดุลในที่สุด โดยค่าเอสวี 30 จะลดลงจนถึงประมาณ 100 สำหรับน้ำเสียโทนสีดำ , 50 สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน , 40 สำหรับโทนสีม่วง และ 20 สำหรับโทนสีแดง

สำหรับระบบ เอสบีอาร์ ที่ใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันก่อน ดังรูปที่ 4.53 พบว่า ค่า เอสวี 30 มีการปรับตัวลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไปจนถึงเข้าสู่สภาวะสมดุลในที่สุด โดยค่าเอสวี 30 จะลดลงจนถึงประมาณ 250 สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน , 230 สำหรับโทนสีม่วง , 200 สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน และ 130 สำหรับโทนสีแดง

กล่าวโดยสรุปได้ว่า เมื่อระบบปรับตัวเข้าสู่สภาวะสมดุลแล้ว เอสวี 30 ที่ได้จะอยู่ในช่วง 130-250 สำหรับระบบ เอสบีอาร์ ที่ใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดก่อนด้วยสารเคมีเฟนตัน ซึ่งค่านี้จะสูงกว่า ระบบเอสบีอาร์ที่ใช้น้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันก่อน ซึ่งจะมีค่าเอสวี 30 อยู่ในช่วง 20-100



รูปที่ 4.52 แสดงค่าSV30 ของระบบSBR สำหรับน้ำเสียโหนดค่ำ,โหนดสีม่วง,โหนดสีแดงและโหนดสีน้ำตาลอ่อน ที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดด้วยสาเคมีเฟนคั่น



รูปที่ 4.53 แสดงค่าSV30 ของระบบSBR สำหรับน้ำเสียโหนดค่ำ,โหนดสีม่วง,โหนดสีแดงและโหนดสีน้ำตาลอ่อน ที่ผ่านการบำบัดด้วยสาเคมีเฟนคั่น

4.9.3 การกำจัดสารอินทรีย์ ด้วยระบบเอสปีอาร์

การศึกษาถึงความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์หรือค่าซีไอคีนั่นเอง โดยทำการเปรียบเทียบค่า ซีไอคิ ของน้ำเสียก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบเอสปีอาร์ ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยแสดงผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.54-4.61

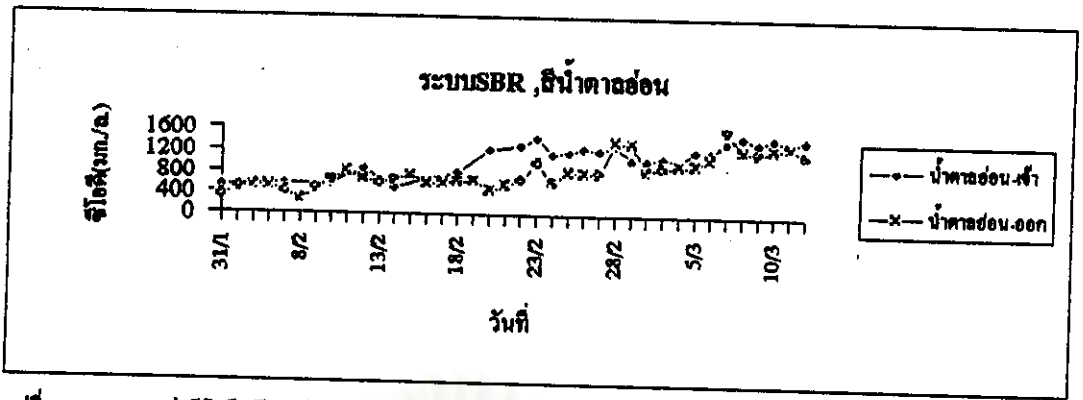
จากรูปที่ 4.54-4.61 ซึ่งเป็นการทดลองโดยใช้น้ำเสียโทนสีค่า , โทนสีแดง , โทนสีน้ำตาลอ่อน และ โทนสีม่วง ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าระบบ เอสปีอาร์ ไม่สามารถลดซีไอคิ ที่อยู่ในน้ำเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในส่วนของน้ำเข้าที่ผ่านการบำบัดก่อนด้วยสารเคมีเฟนตัน และที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดก่อนด้วยสารเคมีเฟนตัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Powell. W และคณะ(1992)

4.9.4 อัตราการใช้ออกซิเจนต่อมวลจุลชีพ(SOUR)

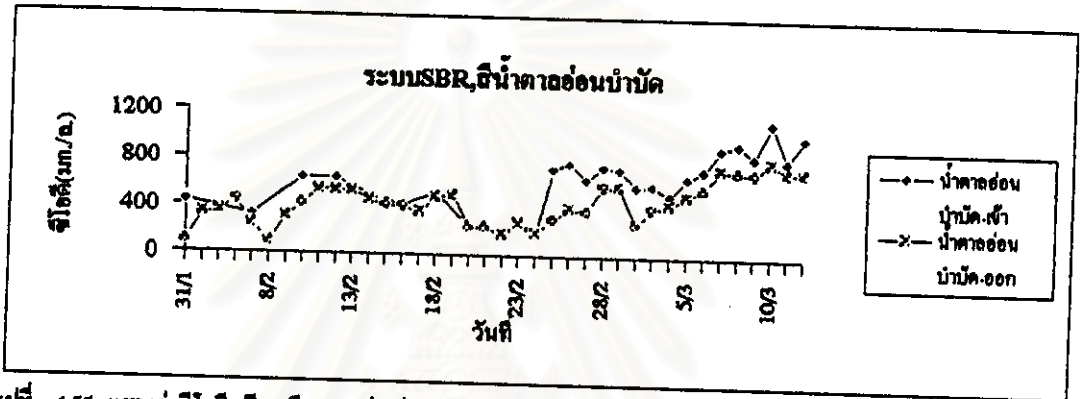
จากรูปที่ 4.62 เป็นการศึกษาถึงอัตราการใช้ออกซิเจนต่อมวลจุลชีพ ของระบบ เอสปีอาร์ ที่เวลา 0, 20, 40, 60 นาที กัน ตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่าค่าเอสไอยูอาร์ ของน้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดก่อนด้วย สารเคมีเฟนตัน กับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดก่อนด้วยสารเคมีเฟนตัน สำหรับโทนสีใดๆ สามารถวัดค่าเอสไอยูอาร์ ได้ดังต่อไปนี้ คือประมาณ 18.9 กับ 5.9 สำหรับโทนสีน้ำตาลอ่อน,ค่าประมาณ 4.9 กับ 3.3 สำหรับโทนสีม่วง,ค่าประมาณ 2.7 กับ 1.4 สำหรับโทนสีแดง และประมาณ 0.9 กับ 0.6 สำหรับโทนสีค่าตามลำดับ

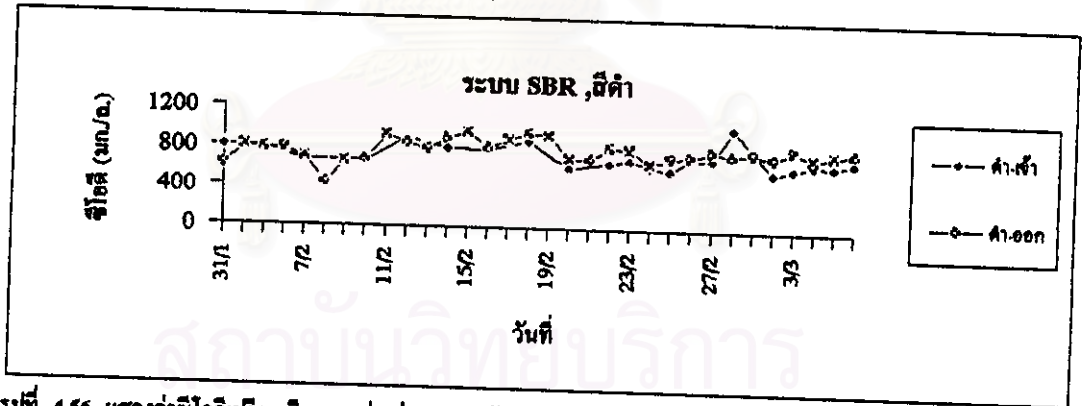
กล่าวโดยสรุป ค่าเอสไอยูอาร์ที่วัดได้ ขึ้นกับโทนสีที่นำมาใช้ในการทดลอง โดยสามารถเรียงลำดับค่าเอสไอยูอาร์ที่วัดได้ จากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ โทนสีน้ำตาลอ่อน , โทนสีม่วง , โทนสีแดง และโทนสีค่า ตามลำดับ โดยในแต่ละโทนสีนั้นค่า เอสไอยูอาร์ ของการทดลองที่ใช้ น้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดก่อนด้วยสารเคมีเฟนตันนั้นจะสูงกว่า เอสไอยูอาร์ ที่เกิดจากน้ำเข้าที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตันก่อน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเฟนตัน จะมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เหลืออยู่ซึ่งสามารถสลายตัวให้ ออกซิเจนออกมาได้ดังนั้นเมื่อทำการวัดปริมาณออกซิเจนที่ต้องการ จะทำให้ได้ค่าน้อยกว่าความเป็นจริง ทำให้ค่าเอสไอยูอาร์น้อยกว่าความเป็นจริงในที่สุด



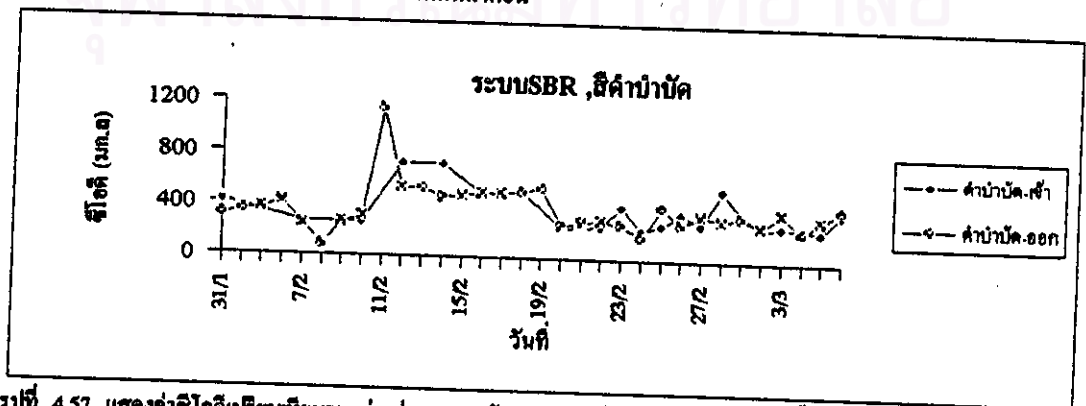
รูปที่ 4.54 แสดงค่าซีโอดีเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังจากบำบัดด้วยระบบSBR สำหรับน้ำเสียโชนสีน้ำตาลอ่อน ที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเพนคีนมาก่อน



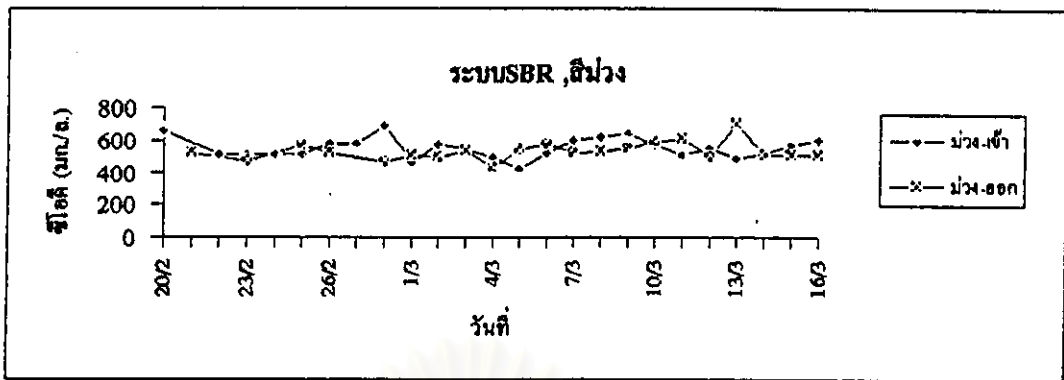
รูปที่ 4.55 แสดงค่าซีโอดีเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังจากบำบัดด้วยระบบSBR สำหรับน้ำเสียโชนสีน้ำตาลอ่อน ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเพนคีนมาก่อน



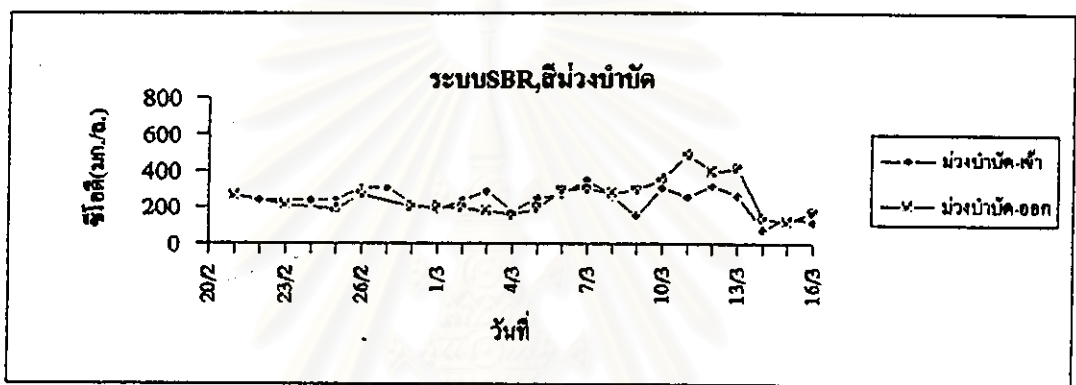
รูปที่ 4.56 แสดงค่าซีโอดีเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังจากบำบัดด้วยระบบSBR สำหรับน้ำเสียโชนสีดำ ที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเพนคีนมาก่อน



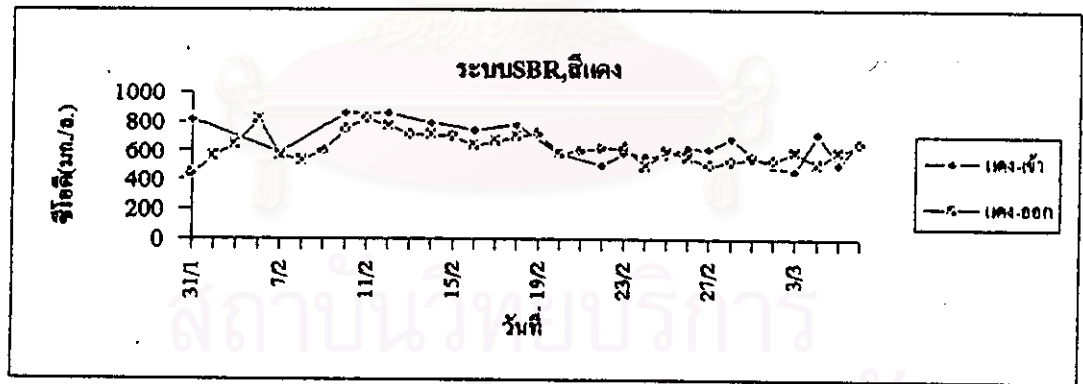
รูปที่ 4.57 แสดงค่าซีโอดีเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังจากบำบัดด้วยระบบSBR สำหรับน้ำเสียโชนสีดำ ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเพนคีนมาก่อน



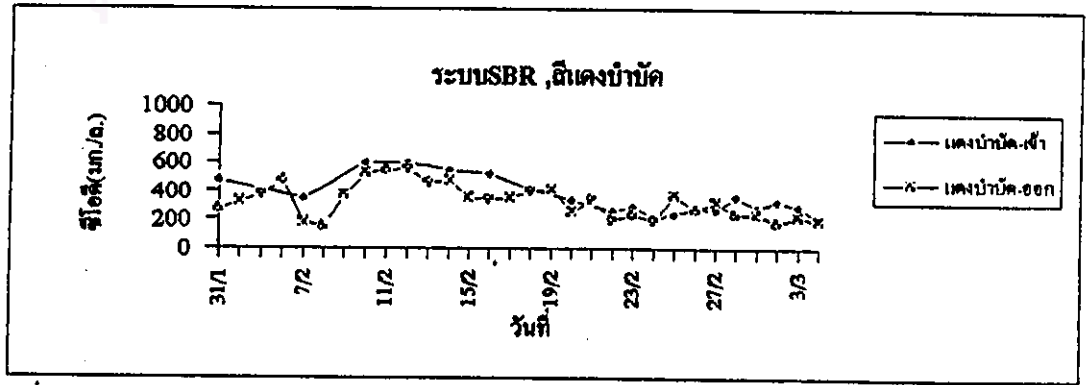
รูปที่ 4.58 แสดงค่าซีโอดีเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังจากบำบัดด้วยระบบSBR สำหรับน้ำเสียโทนสีม่วง ที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเพนคันทันมาก่อน



รูปที่ 4.59 แสดงค่าซีโอดีเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังจากบำบัดด้วยระบบSBR สำหรับน้ำเสียโทนสีม่วง ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเพนคันทันมาก่อน



รูปที่ 4.60 แสดงค่าซีโอดีเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังจากบำบัดด้วยระบบSBR สำหรับน้ำเสียโทนสีแดง ที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเพนคันทันมาก่อน



รูปที่ 4.61 แสดงค่าซีโอดีเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังจากบำบัดด้วยระบบSBR สำหรับน้ำเสียโทนสีแดง ที่ผ่านการบำบัดด้วยสารเคมีเพนคันทันมาก่อน

4.9.5 ลักษณะเซลดจุดชีพในระบบเอสปีอาร์

การทดลองนี้ได้ศึกษาถึง ลักษณะของเซลดจุดชีพที่อยู่ในระบบ เอสปีอาร์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งจากผลการตรวจสอบพบว่า เซลดจุดชีพมีลักษณะต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยเซลดจุดชีพที่มาจากระบบเอสปีอาร์ ที่ใช้น้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดก่อนด้วยสารเคมีเฟนตัน จะมีลักษณะเป็นก้อนกลมแสดงได้ดังรูป 4.60 ในขณะที่ เซลดจุดชีพที่มาจากระบบเอสปีอาร์ ที่ใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดก่อนด้วยสารเคมีเฟนตัน จะมีลักษณะเป็นเส้นใยแสดงได้ดังรูปที่ 4.61

4.10 ค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีเฟนตันในการกำจัดดีและสารอินทรีย์ของน้ำเสียสิริเอกทิฟ

การใช้สารเคมีเฟนตันในการกำจัดดีและสารอินทรีย์ในน้ำเสียสิริเอกทิฟนั้น ค่าสารเคมีจะเป็นค่าใช้จ่ายหลักและสูงกว่าใช้จ่ายทางด้านอื่นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงประมาณค่าใช้จ่ายโดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายทางด้านสารเคมีเป็นหลัก ซึ่งมีสูตรคำนวณค่าสารเคมีสำหรับน้ำเสีย 1 ลบ.ม. แสดงได้ดังสมการที่ (1) โดยที่มาของสมการแสดงได้ที่ภาคผนวก ง.

$$\text{ค่าสารเคมี (บาท/ลบ.ม.)} = H * a + \frac{H}{0.22R} * b + A * c \quad (1)$$

โดย H = ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ (ก./ล.)

R = อัตราส่วนโดยโมลระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็ก

A = ปริมาณกรดที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชให้เหลือ 3 ซึ่งในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 1.56 ก./ล.

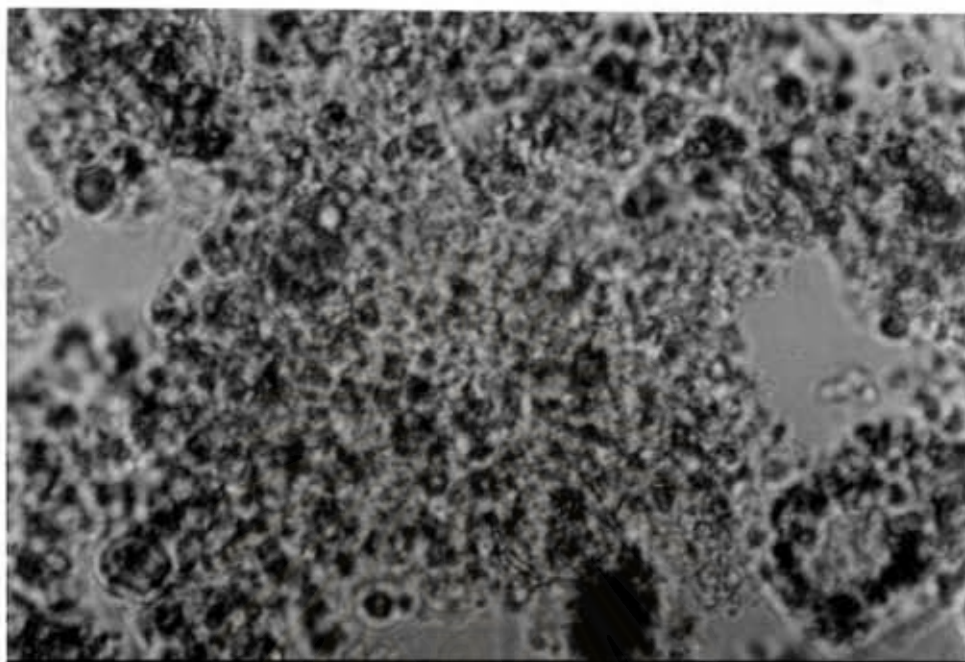
a (บาท/กก.) = ราคาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยในการประมาณนี้ใช้ที่ราคา 28 บาท/กก.

b (บาท/กก.) = ราคาเฟอร์รัสซัลเฟต โดยในการประมาณนี้ใช้ที่ราคา 12 บาท/กก.

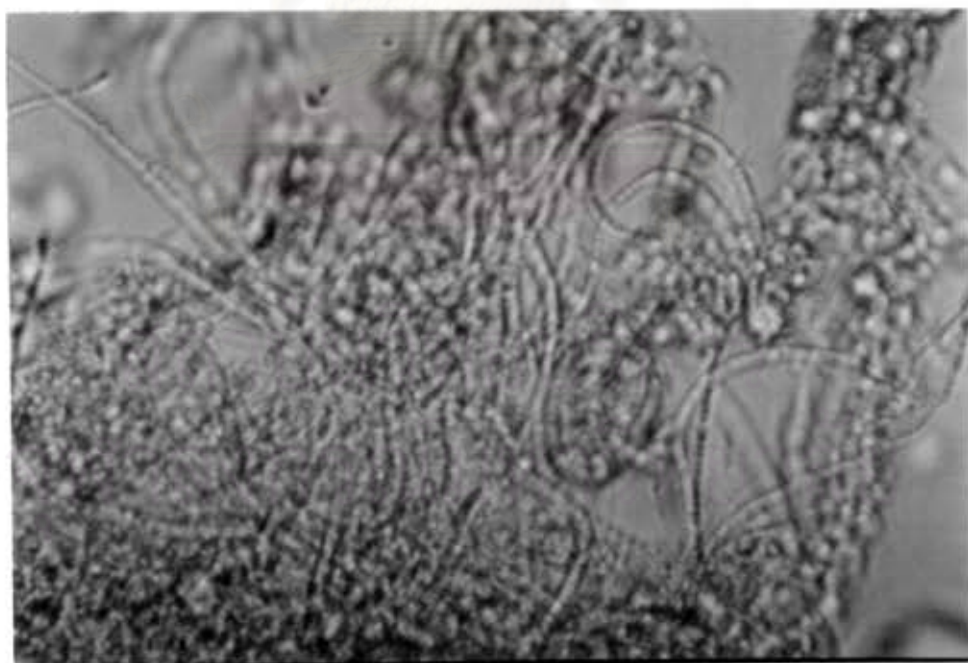
c (บาท/กก.) = ราคากรดซัลฟูริก โดยในการประมาณนี้ใช้ที่ราคา 1.9บาท/กก.

หมายเหตุ : ราคาสารเคมีที่ใช้ในการประมาณนั้นใช้ราคาที่ทางโรงงานฟอกย้อมให้อยู่เพื่อให้ใกล้เคียงกับต้นทุนจริงที่จะเกิดขึ้น

จากผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่าปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดดีให้ได้มากกว่า 80% นั้น จะต้องใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. ที่อัตราส่วน R = 10 : 1 สำหรับโทนส์



รูปที่ 4.63 ลักษณะของเซลดูลซีพในระบบเอสปีอาร์ สำหรับ
น้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดก่อนด้วยสารเคมีเฟนตัน



รูปที่ 4.64 ลักษณะของเซลดูลซีพในระบบเอสปีอาร์ สำหรับ
น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดก่อนด้วยสารเคมีเฟนตัน

ม่วง และที่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 200 มก./ล. ที่อัตราส่วน $R = 5 : 1$ สำหรับโหนดสีค่า, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน เมื่อแทนค่าในสมการที่ (1) จะได้ค่าสารเคมีในการบำบัดน้ำเสียสี่รีแอกทีฟที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 9.7 บาท/ลบ.ม. สำหรับโหนดสีม่วง และ 10.7 บาท/ลบ.ม. สำหรับโหนดสีค่า, สีแดง และสีน้ำตาลอ่อน และเมื่อพิจารณาราคาค่าสารเคมีสำหรับการนำไปใช้ในงานจริงจะแสดงได้ดังตารางที่ 4.11 โดยได้ทำการคำนวณราคาเป็นน้ำเสยรวม เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับระบบบำบัดแบบอื่นได้ โดยพบว่าราคาค่าบำบัดน้ำเสียสี่รีแอกทีฟสำหรับโหนดสีค่า, ม่วง, แดง และสีน้ำตาลอ่อนคือ 6.2, 6.5, 3.6 และ 1.8 บาท/ลบ.ม. ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 ค่าสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียสี่รีแอกทีฟจากโรงงานฟอกย้อม

โหนด	ปริมาณน้ำเสียสี่รีแอกทีฟ (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำดิบ (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำเสียเข้มข้นที่ใช้ในการทดลอง (ลบ.ม.)	ค่าสารเคมีที่ใช้ต่อลบ.ม.น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง(บาท)	ค่าสารเคมีในการบำบัดน้ำเสียสี่รีแอกทีฟเข้มข้น 1ลบ.ม (บาท)	ค่าสารเคมีในการบำบัดน้ำเสยรวม ¹ (บาท)
ค่า	1	2.5	3.5	10.7	37.45	6.2
ม่วง	1	3	4	9.7	38.8	6.5
แดง	1	1	2	10.7	21.4	3.6
น้ำตาลอ่อน	1	0	1	10.7	10.7	1.8

1: น้ำเสียเข้มข้นมีปริมาณ 1 ใน 6 ของน้ำเสยรวมทั้งหมดของโรงงานที่นำน้ำเสยนี้มาทำการศึกษา