บทที่ 4

ผลการทดลอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 สีย้อมไดเร็กท์

4.1.1 ลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์มีค่าสีสูง และสีของน้ำเสียค่อนข้างสดใส ดูตารางที่ 4.1 สารช่วยย้อมที่เจือปนในน้ำเสียของสีย้อมประเภทนี้มีปริมาณมาก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกลือโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) และเกลือโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ทำให้พีเอชของน้ำเสียมีค่าสูง ส่วนค่าโออาร์พีกลับต่ำลง

ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นตัวแทนของน้ำเสียประเภทนี้ อันเกิดในภาคสนาม ได้แก่ ตัวอย่างน้ำ DR 4, DY 5 และ DB 6 มีค่าสีประมาณ 3450-5700 เอดีเอ็มไอ พีเอช ประมาณ 10.5-10.6 ค่าโออาร์พี ประมาณ - 30 ถึง + 20 มิลลิโวลท์

สำหรับตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุมได้แก่ dr 1, dy 2 และ dr 3 มีค่าสีประมาณ 3330-5050 เอดีเอ็มไอ พีเอชประมาณ 7.0-7.3 และโออาร์พีอยู่ในช่วง + 150 ถึง + 230 มิลลิโวลท์ ซึ่งมีค่าสีต่ำกว่าชนิดปกติเพียงเล็กน้อย และค่าพีเอชต่ำกว่ามาก ส่วนค่าโออาร์พีสูงกว่าชนิดปกติ กล่าวโดยสรุปสารช่วยย้อมที่ใส่ในขบวนการย้อมผ้าด้วยสีย้อมประเภทนี้มีผลทำให้ค่าสีและค่าพีเอชเพิ่มขึ้น ส่วนโออาร์พีมีค่าลดลง

เมื่อพิจารณาโทนสี พบว่าค่าของสีในแต่ละตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากปริมาณสีย้อมที่เท่ากัน โทนสีแดงมีค่าสีสูงกว่าโทนสีเหลืองและโทนสีน้ำเงินมาก (ประมาณ 35%) แสดงว่าโทนสีแดงของสีย้อมไดเร็กท์ให้ความรู้สึกในการมองเห็นสีสูงกว่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน

4.1.2 การลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ($Na_2S_2O_4$)

ผลการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์เป็นสารลดสีได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 เส้นเต็มแสดงผลการทดลองของตัวอย่างน้ำเสียชนิดปกติ ส่วนเส้นประแสดงผลการทดลองของตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุม และจุดกลมแสดงตัวอย่างน้ำเสียที่มีโทนสีแดง จุดสามเหลี่ยมแสดงตัวอย่างน้ำเสียโทนสีเหลือง และจุดสี่เหลี่ยมแสดงตัวอย่างน้ำเสียโทนสีน้ำเงิน ตามลำดับ รูปดังกล่าวแสดงผลการลดสีของตัวอย่าง

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างน้ำหมายเลข	ประเภทของสีย้อมและชื่อทางการค้าของชนิดสีย้อมที่ใช้	สัญญลักษณ์ของน้ำเสีย	พีเอช (pH_o)	โออาร์พี, มิลลิโวลท์ (ORP_o)	ค่าสี, เอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)
	ก. น้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อมไดเร็กท์ :				
1.	Kagarus Light Scarlet F 3 G	dr 1	7.3	+ 230	5072
2.	Kagarus Supra Yellow GLS	dy 2	7.1	+ 230	3331
3.	Kagarus Blue FF.RL	db 3	7.0	+ 150	3585
4.	Kagarus Light Scarlet F 3 G	DR 4	10.6	- 30	5490
5.	Kagarus Supra Yellow GLS	DY 5	10.6	+ 20	3453
6.	Kagarus Blue FF.RL	DB 6	10.5	- 10	3690
	ข. น้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อมแว็ต :				
7.	Indanthrene Red FBB	vr 7	7.2	+ 240	1240
8.	Indanthrene Yellow 5GF	vy 8	7.3	+ 180	887
9.	Indanthrene Blue RS.	vb 9	7.3	+ 200	1573
10.	Indanthrene Red FBB	VR 10	9.6	+ 90	1014
11.	Indanthrene Yellow 5GF	VY 11	9.3	- 100	864
12.	Indanthrene Blue RS	VB 12	9.5	+ 10	1457

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

ตัวอย่างน้ำหมายเลข	ประเภทของสีย้อมและชื่อทางการค้าของชนิดสีย้อมที่ใช้	สัญญลักษณ์ของน้ำเสีย	พีเอช (pH_o)	โออาร์พี, มิลลิโวลท์ (ORP_o)	ค่าสี, เอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)
	ค. น้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อมรีแอคตีฟ :				
13.	Remazol Red F3B	rr 13	7.4	+ 230	4949
14.	Remazol Yellow R	ry 14	7.4	+ 130	4735
15.	Remazol Brill Blue	rb 15	7.4	+ 140	2826
16.	Remazol Red F3B	RR 16	10.5	+ 45	5296
17.	Remazol Yellow R	RY 17	10.6	- 20	4940
18.	Remazol Brill Blue	RB 18	10.7	- 10	2904
	ง. น้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อมเอซิด :				
19.	Pindanyl Red GR	ar 19	7.8	+ 515	337
20.	Pindanyl Yellow 2G	ay 20	7.65	+ 365	216
21.	Telon East Navy Blue R 182 %	ab 21	7.7	+ 240	643
22.	Pindanyl Red GR	AR 22	6.1	+ 580	686
23.	Pindanyl Yellow 2G	AY 23	6.4	+ 490	288
24.	Telon East Navy Blue R 182 %	AB 24	6.2	+ 330	1006

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

ตัวอย่างน้ำหมายเลข	ประเภทของสีย้อมและชื่อทางการค้าของย่นิดสีย้อมที่ใช้	สัญญลักษณ์ของน้ำเสีย	พีเอช (pH_o)	โออาร์พี, มิลลิโวลท์ (ORP_o)	ค่าสีเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)
	จ. น้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อมเบสิค :				
25.	Cathilon Red GCLH	br 25	7.3	+ 220	306
26.	Cathilon Yellow GCLM	by 26	7.4	+ 180	328
27.	Cathilon Blue GLM	bb 27	7.65	+ 220	791
28.	Cathilon Red GLLH	BR 28	3.6	+ 590	330
29.	Cathilon Yellow GCLH	BY 29	4.0	+ 460	387
30.	Cathilon Blue GLH	BB 30	4.0	+ 560	1094
	ฉ. น้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อมซัลเฟอร์ :				
31.	Sodyesul Blue 2 GBCF	sb 31	8.5	-	2643
32.	Sodyesul Brown FCF	sbr 32	9.6	-	3807
33.	Sodyesul Green NYFC	sg 33	8.3	-	3892
34.	Sodyesul Blue 2GBCF	SB 34	10.5	-	3956
35.	Sodyesul Brown FCF	SBR 35	10.6	-	4210
36.	Sodusul Green NYFC	SG 36	10.5	-	3624

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

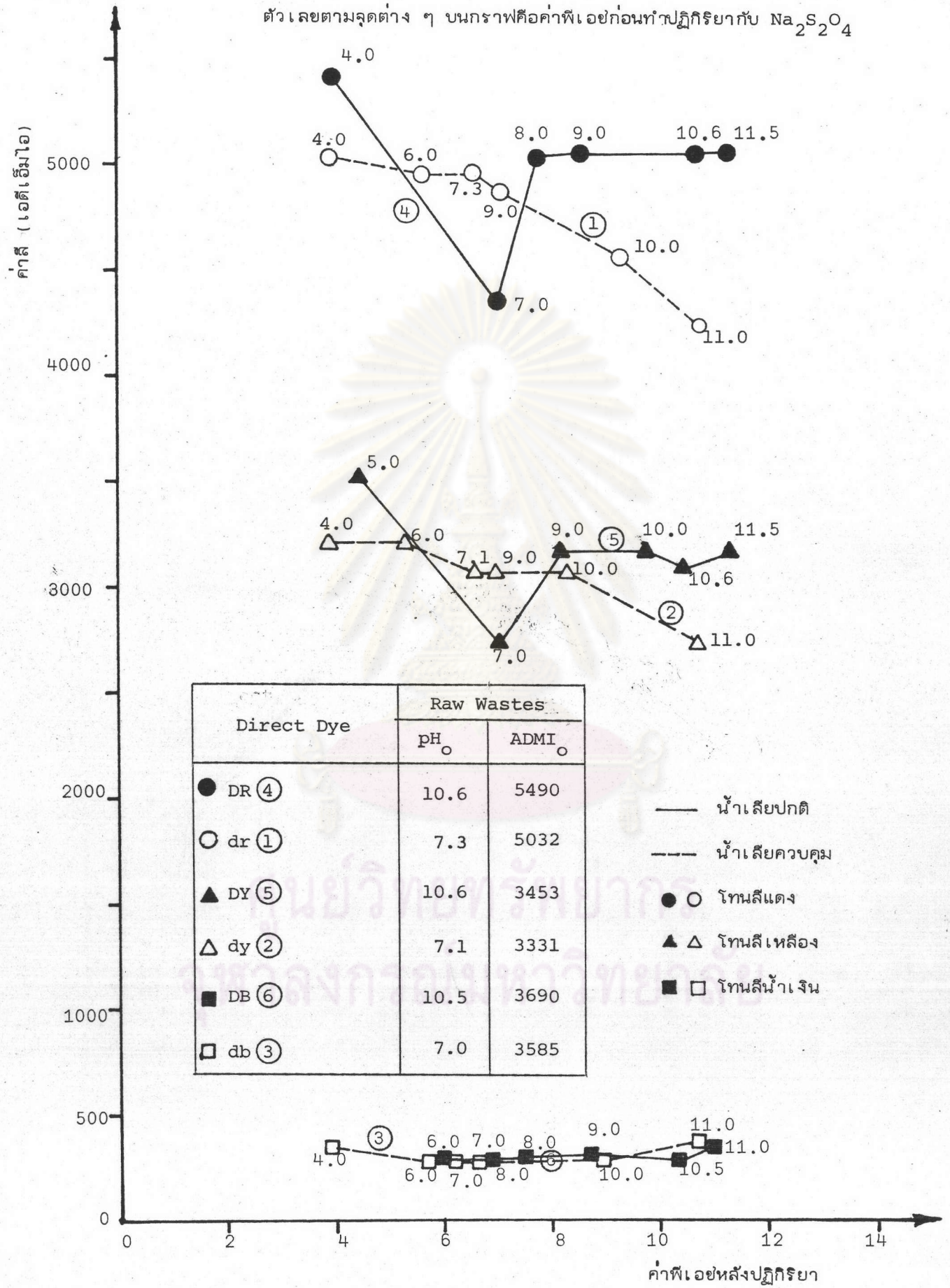
ตัวอย่างน้ำหมายเลข	ประเภทของสีย้อมและชื่อทางการค้าของสีนิดสีย้อมที่ใช้	สัญญลักษณ์ของน้ำเสีย	พีเอช (pH_o)	โออาร์พี, มิลลิโวลท์ (ORP_o)	ค่าสี (เอดีเอ็มไอ) ($ADMI_o$)
	ข. น้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อมอโซอิค :				
37.	Fast Red B Salt	AZR 37	7.7	+ 100	2096

หมายเหตุ 1. pH_o, ORP_o, $ADMI_o$ คือ pH, ORP, ADMI ของน้ำเสียดิบนั้น ๆ

2. สัญญลักษณ์ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่คือน้ำเสียปกติ ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก คือน้ำเสียควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลีย้อมไดเร็กท์ + เปลี่ยนค่าพีเอช
ปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์คงที่ (125 มก/ลบ.ดม.)
ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชก่อนทำปฏิกิริยากับ $Na_2S_2O_4$



Direct Dye	Raw Wastes	
	pH_o	$ADMI_o$
● DR ④	10.6	5490
○ dr ①	7.3	5032
▲ DY ⑤	10.6	3453
△ dy ②	7.1	3331
■ DB ⑥	10.5	3690
□ db ③	7.0	3585

รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา : ลีย้อมไดเร็กท์และสารเคมี 125 มก./ลบ.ดม. $Na_2S_2O_4$ คงที่

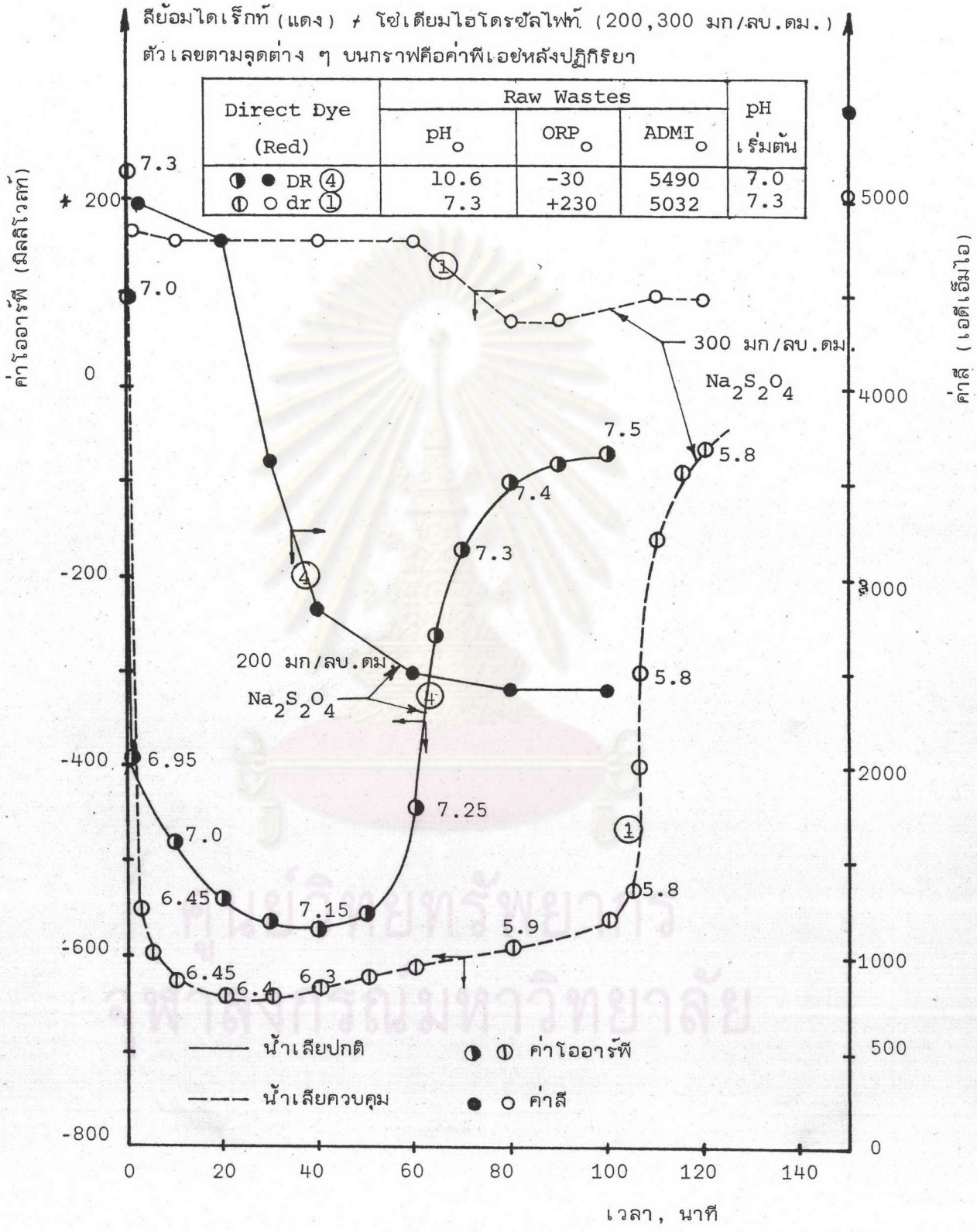
น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์คือหมายเลข dr1, dy2, db3, DR 4,DY5 และ DB 6 เทียบกับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา โดยใช้ $Na_2S_2O_4$ 125 มก/ลบ.ดม. เป็นตัวทำปฏิกิริยา

จากการทดลองเปลี่ยนค่าพีเอชของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์ชนิดปกติทั้งโทนสีแดง (DR4) และโทนสีเหลือง (DY5) พบว่า ค่าพีเอชก่อนทำปฏิกิริยา (หรือเติมสารลดสี) ที่เหมาะสม ควรเป็นประมาณ 7.0 ประสิทธิภาพการลดสีจึงเกิดได้ดีที่สุด ส่วนตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์ ชนิดควบคุมโทนสีแดง (dr1) และสีเหลือง (dy2) พีเอชก่อนทำปฏิกิริยาที่สามารถลดสีได้ดีที่สุดมีค่าประมาณ 11.0 ส่วนที่พีเอชเริ่มต้นอื่น ๆ การลดสีจะได้ไม่ดีเท่า แสดงให้เห็นว่าการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นมีผลต่อการลดสีของน้ำเสีย

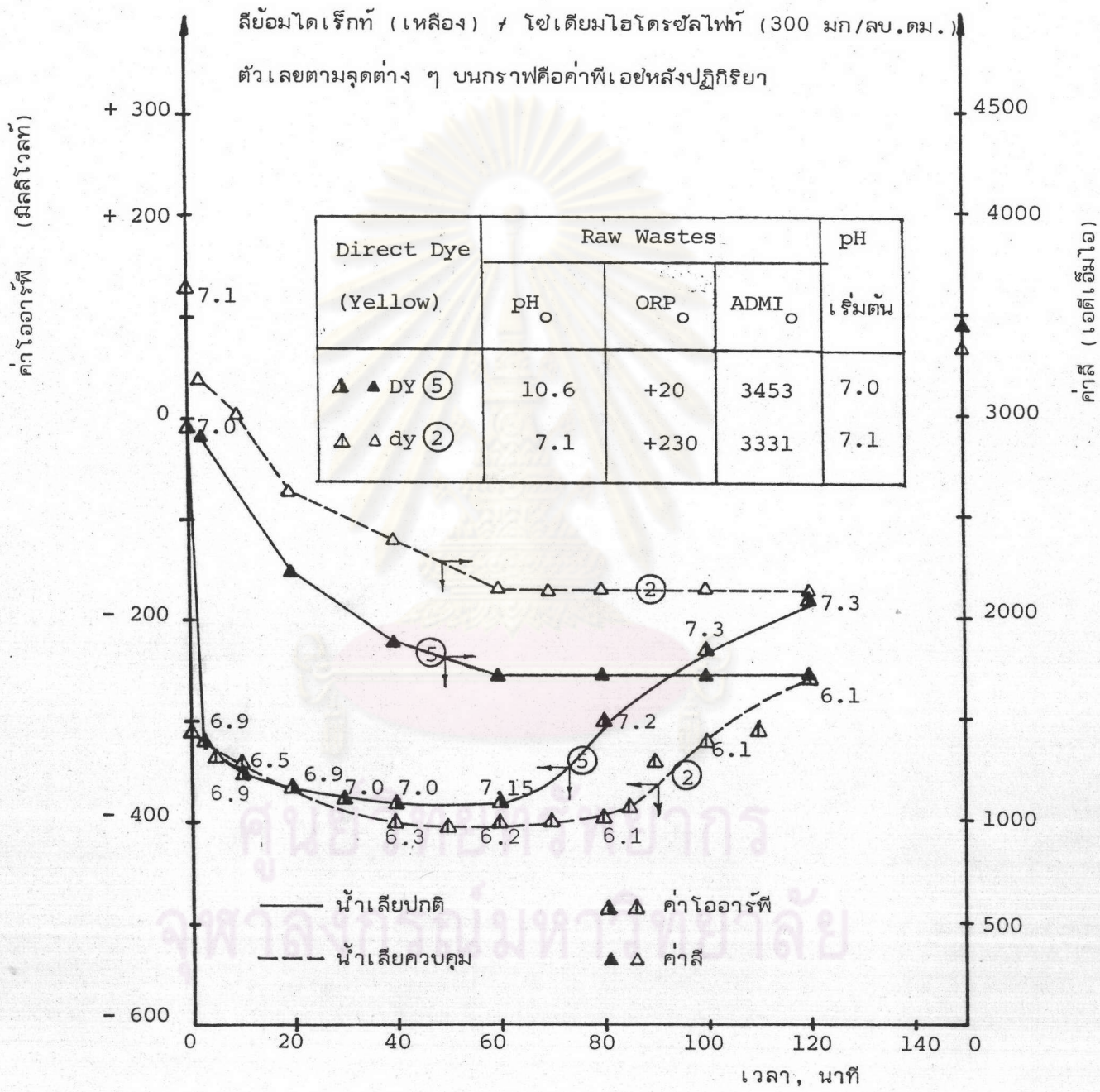
ประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์ โทนสีแดง และสีเหลืองทั้งชนิดปกติ และควบคุม มีค่าสูงสุดไม่เกินร้อยละ 20 แสดงให้เห็นว่าการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์โทนสีแดงและ สีเหลืองโดยโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ปริมาณ 125 มก/ลบ.ดม. ได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ

สำหรับตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์ โทนสีน้ำเงินทั้งชนิดปกติ (DB6) และชนิดควบคุม (db3) ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียในช่วง 4.0-11.0 มีผลในการลดสีใกล้เคียงกัน กล่าวคือสามารถลดสีได้ถึงร้อยละ 90 ซึ่งให้ผลเป็นที่น่าพอใจและค่าสีอยู่ในช่วง 270-290 เอดีเอ็มไอ

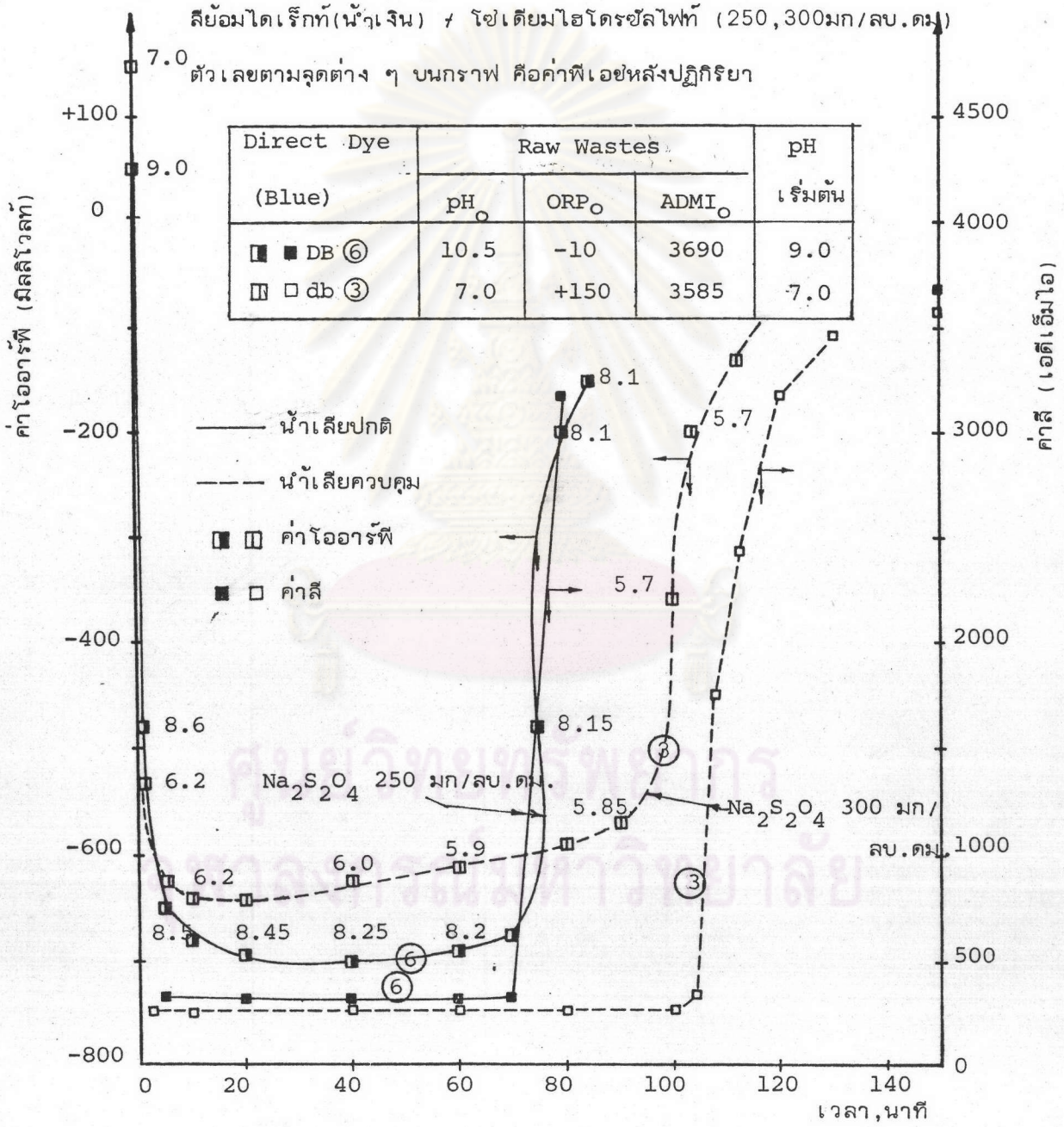
หลังจากที่ได้ค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมดังกล่าวข้างต้น และทำการทดลองต่อโดยใช้ค่าพีเอชเริ่มต้นดังกล่าว รวมทั้งแปรผันค่าปริมาณสารเคมีแล้ว ได้ผลมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์ โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์และค่าโออาร์พี เทียบกับเวลาสัมผัสดังในรูปที่ 4.2-4.4 นอกจากนี้ผลการทดลองครั้งนี้ได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.2-4.4 อันแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์โดยโซเดียมไฮโดร-ซัลไฟท์ ให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ แม้ว่าใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ในปริมาณที่สูงถึง 300 มก/ลบ.ดม. (11 บาท/$ม^3$) แล้วก็ตาม สีของน้ำทิ้งหลังการบำบัดยังมีค่าสูงมาก สำหรับตัวอย่างน้ำเสียชนิดปกติโทนสีแดง (DR4) และสีเหลือง (DY 5) เราสามารถลดสีได้ร้อยละ 50-55 ส่วนน้ำเสียชนิดควบคุมโทนสีแดง (dr1) และสีเหลือง (dy2) การลดสีจะได้สูงสุดไม่เกินร้อยละ 35 แสดงว่าสารช่วยย้อมที่ใช้ในการย้อมสีไดเร็กท์มีผลต่อการลดสีของน้ำเสียด้วย อนึ่งแม้ว่าได้ใช้สารเคมีมากถึง 300 มก/ลบ.ดม. (11 บาท/$ม^3$) ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัดยังเหลือมากกว่า 1700 เอดีเอ็มไอ ดังนั้นจึงไม่ทดลองที่ความเข้มข้นอื่น ๆ



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีและค่าสีกับเวลา: ลีย้อมไดเร็กท์ (แดง) และ 200 มก/ลบ.ดม. $Na_2S_2O_4$ สำหรับน้ำเสียปกติ (DR 4), 300 มก/ลบ.ดม. $Na_2S_2O_4$ สำหรับน้ำเสียควบคุม (dr 1)



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีและค่าสีกับเวลา: ลีย้อมไดเร็กท์ (เหลือง) และ 300 มก./ลบ.ดม. $Na_2S_2O_4$



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีและค่าสีกับเวลา : ลียอมไดเร็กท์ (น้ำเงิน) และ 250 มก/ลบ.ดม.$Na_2S_2O_4$ สำหรับน้ำเสียปกติ (DB 6), 300 มก/ลบ.ดม.$Na_2S_2O_4$ สำหรับน้ำเสียควบคุม (db 3)

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมไดเร็กท์โทนสีแดง)

สีย้อม ไดเร็กท์ โทนสี แดง สัญญลักษณ์ dr 1, DR 4

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม dr 1		ปกติ DR 4	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.3		10.6	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 230		- 30	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			5032		5490	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.) + 0.2N HCl (ลบ.ซม./ลบ.ดม.)		H_2O_2 (มก/ลบ.ดม., H_2O_2)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม./ลบ.ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.3	7.0	7.3	10.6	2.5	4.0
เวลาสัมผัส (นาที)	60	80	60	60	30	40
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	300 + 0	200 + 147.5	440	440	28.75 + 52.5	34.5 + 271
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 640	- 570	+ 325	+ 70	+ 1070	+ 870
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.2	7.4	7.25	10.4	2.5	4.7
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	4480	2425	5032	5490	1040	1463
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	11.0	55.8	0	0	79.3	73.3
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	11 + 0** = 11.0	7.32+8.6** = 16.0	20 + 0** = 20	20 + 0** = 20	1.3 + 3.0** = 4.30	1.5+15.8** = 17.3
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมไดเร็กท์โทนสีเหลือง)

สีย้อม ไดเร็กท์ โทนสี เหลือง ลักษณะ dy 2, DY 5

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม dy 2		ปกติ DY 5	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.1		10.6	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 230		+ 20	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			3331		3453	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.) + 0.2N HCl (ลบ.ซม./ลบ.ดม)		H_2O_2 ไมก/ลบ.ดม., H_2O_2)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม./ลบ./ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.1	7.0	7.1	10.6	4.0	6.0
เวลาสัมผัส (นาที)	60	60	60	60	60	60
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	300 + 0	300 + 142.5	440	440	86.5 + 12.3	46.0 + 206
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 305	- 280	+ 340	+ 85	+ 850	+ 835
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.2	7.15	7.3	10.5	7.0	6.7
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	2150	1738	3331	3453	634	288
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	35.5	49.7	0	0	80.7	91.7
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/m^3)	11+0** = 11.0	11+8.3** = 19.3	20+0** = 20	20+0** = 20	3.9+0.70** = 4.6	2.07+12.0** = 14.0
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ยอมรับ

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมไดเร็กท์โทนสีน้ำเงิน)

สีย้อม ไดเร็กท์ โทนสี น้ำเงิน สัญญลักษณ์ db 3, DB 6

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม db 3		ปกติ DB 6	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.0		10.5	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+150		-10	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			3585		3690	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.) + 0.2N HCl (ลบ.ซม./ลบ.ดม.)		H_2O_2 (มก/ลบ.ดม., H_2O_2)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม./ลบ.ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.0	9.0	7.0	10.5	6.0	4.0
เวลาสัมผัส (นาที)	120	85	60	60	40	10
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	300 + 0	250 + 120.4	440	440	86.25 + 4.8	34.5 + 265
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 640	- 700	+ 330	+ 100	+ 795	+ 895
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.2	8.1	6.9	10.4	7.6	4.45
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	3180	3250	3585	3690	734	280
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	11.3	11.9	0	0	79.5	92.4
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	11+0** = 11.0	9.15+7.03** = 16.2	20+0** = 20	20+0** = 20	3.9+0.3 = 4.2	1.5+15.5 = 17.0
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ยอมรับ

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

สำหรับตัวอย่างน้ำเสียโทนสีน้ำเงินทั้งชนิดปกติ (DB 6) และชนิดควบคุม (db 3) ในช่วงแรกสามารถลดสีได้ถึงร้อยละ 90 (ดูรูปที่ 4.4) โดยโทนสีน้ำเงินจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แต่เมื่อเวลาสัมผัสเนิ่นนานออกไปโทนสีเหลืองเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินและค่าของสีกลับเพิ่มขึ้นอีกจนถึง 3500 เอดีเอ็มไอ ประสิทธิภาพการลดสีสุดท้ายจึงเหลือเพียงประมาณร้อยละ 10 ดังนั้นจึงไม่ทดลองที่ความเข้มข้นอื่น ๆ เช่นกัน

เป็นที่น่าสังเกตว่าในขณะที่โทนสีแดงและสีเหลืองของน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์ที่ใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ในการลดสีของน้ำเสียหลังการบำบัดไม่เปลี่ยนกลับคืน แต่ในโทนสีน้ำเงินสีเปลี่ยนกลับคืน แสดงว่าโทนสีของน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์มีผลต่อค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดด้วย

เมื่อพิจารณาค่าโออาร์พี ในรูปที่ 4.2-4.4 จะเห็นว่า การลดสีน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์ชนิดปกติ (DR 4, DY 5, DB 6) โดยโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ค่าโออาร์พีลดลงอย่างรวดเร็วจากค่าเริ่มต้น (ก่อนทำปฏิกิริยากับสารลดสี) ซึ่งอยู่ในช่วง +50 ถึง+ 95 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ (ซึ่งเป็นโออาร์พีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดและมีแนวโน้มคงที่) ประมาณ - 280 ถึง - 700 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุมโออาร์พีลดลงจากค่าเริ่มต้นในช่วง + 150 ถึง + 230 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ - 305 ถึง - 640 มิลลิโวลท์

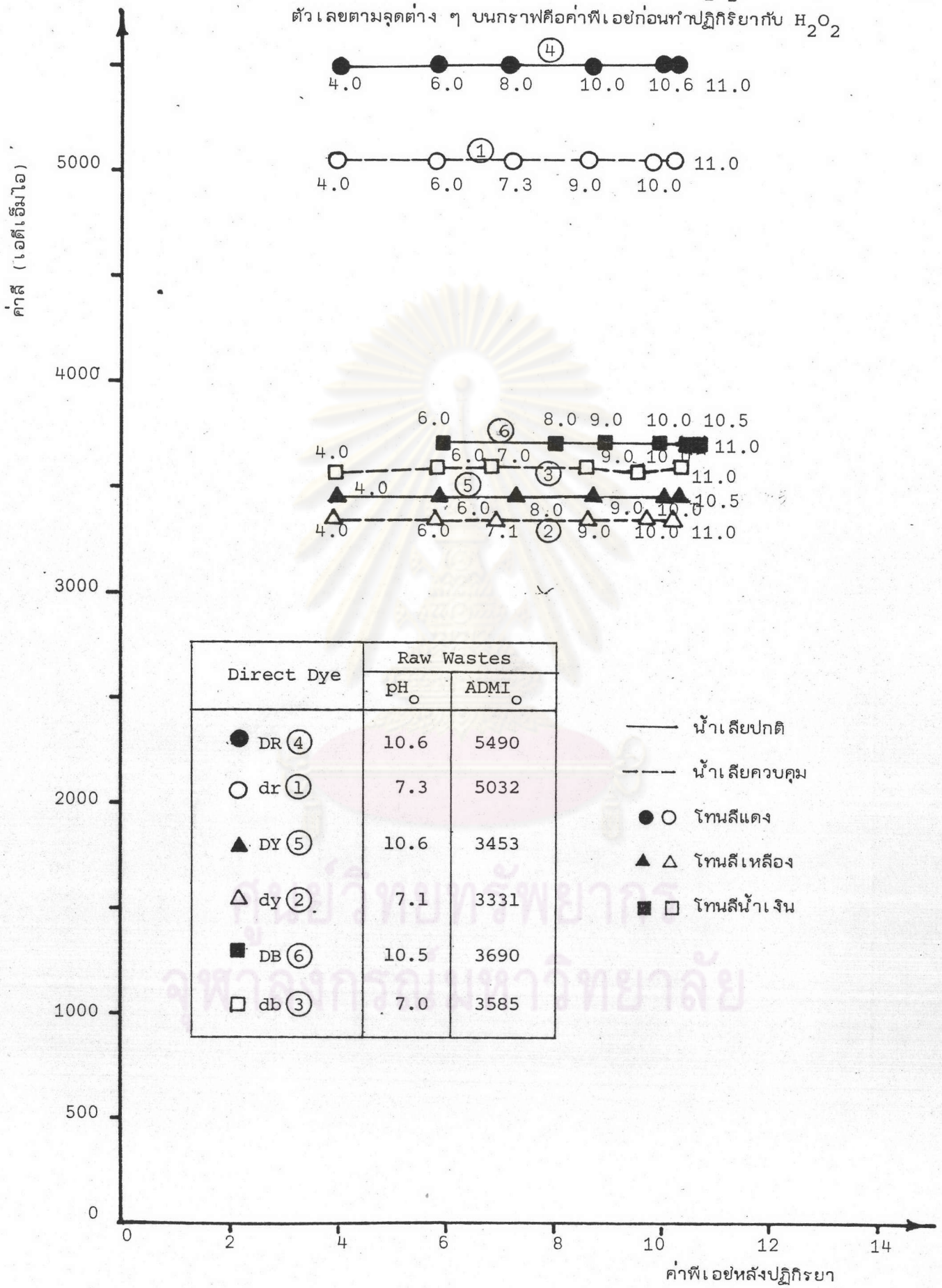
เมื่อเวลาสัมผัสสีเนิ่นนานถึง 60 นาที โออาร์พีเริ่มมีค่าสูงขึ้นอีกครั้งอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้มที่จะเข้าสู่ระดับ $\pm$ 0 มิลลิโวลท์ ส่วนค่าสีหลังการบำบัดยังมีแนวโน้มคงที่โดยไม่ได้มีค่าเพิ่มตามไปด้วย ยกเว้นโทนสีน้ำเงิน (DB 6, db 3) ที่มีค่าสีเพิ่มขึ้นดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น ทำให้สรุปได้ว่าเมื่อโออาร์พีมีค่าสูงขึ้นจากระดับคงที่ที่สภาพสมดุลย์หากค่าสีของน้ำเสียยังมีแนวโน้มคงที่โดยไม่เพิ่มขึ้น โทนสีของน้ำเสียดังกล่าวจะไม่เปลี่ยนกลับเป็นสีเริ่มต้นอีก

ผลการทดลองยังแสดงให้ทราบอีกว่า เวลาสัมผัสในการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์โดยโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์อยู่ในช่วง 60-80 นาที

4.1.3 <u>การลดสีโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์</u> (H_2O_2)

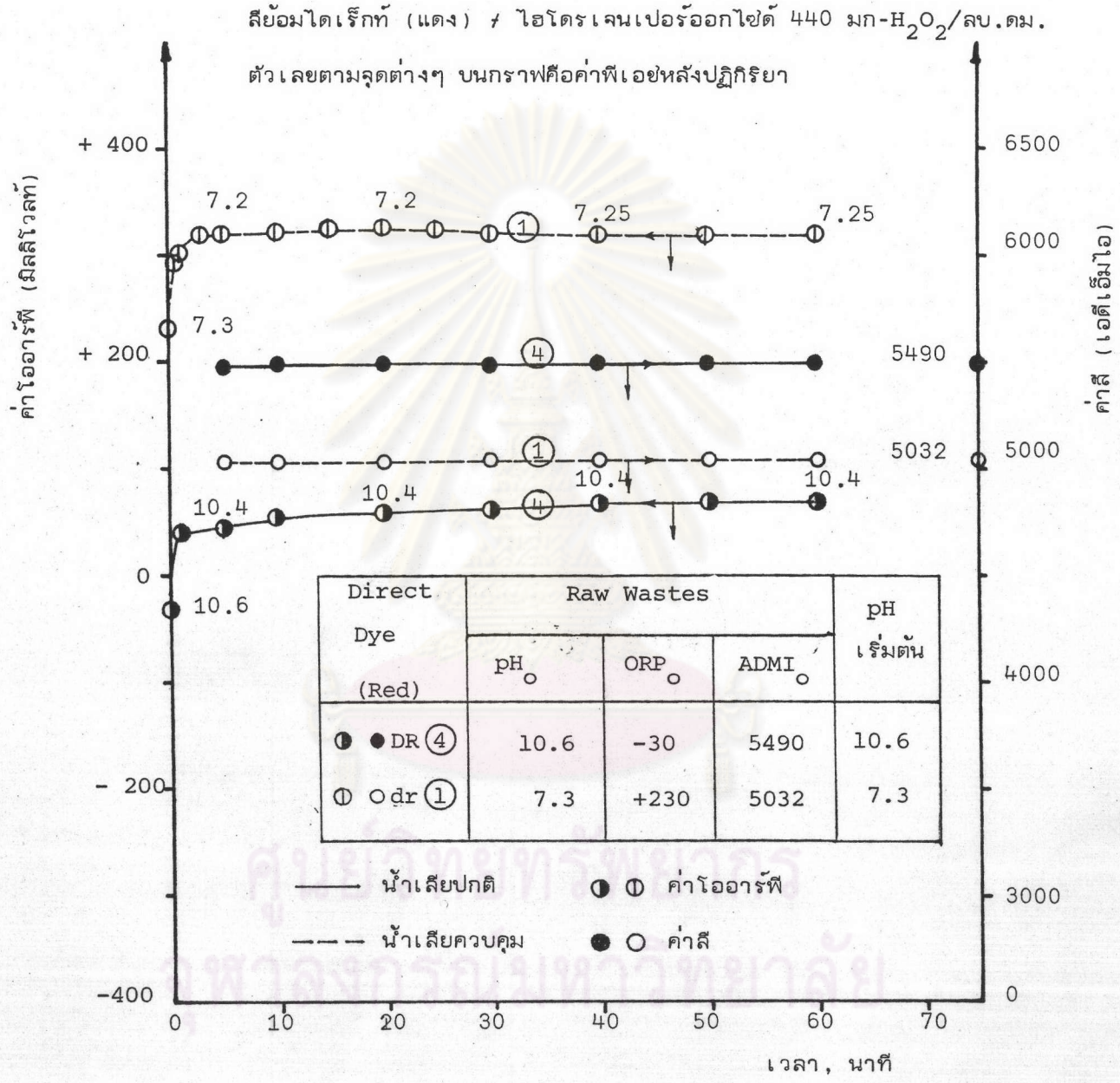
ในทำนองเดียวกับการสรุปในหัวข้อ 4.1.2 ผลการทดลองการลดสีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.5-4.8 และตารางที่ 4.2-4.4

ลียอมไดเร็กท์ + เปลี่ยนค่าพีเอช
ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คงที่ (746 มก-H_2O_2/ลบ.ดม.)
ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชก่อนทำปฏิกิริยากับ H_2O_2



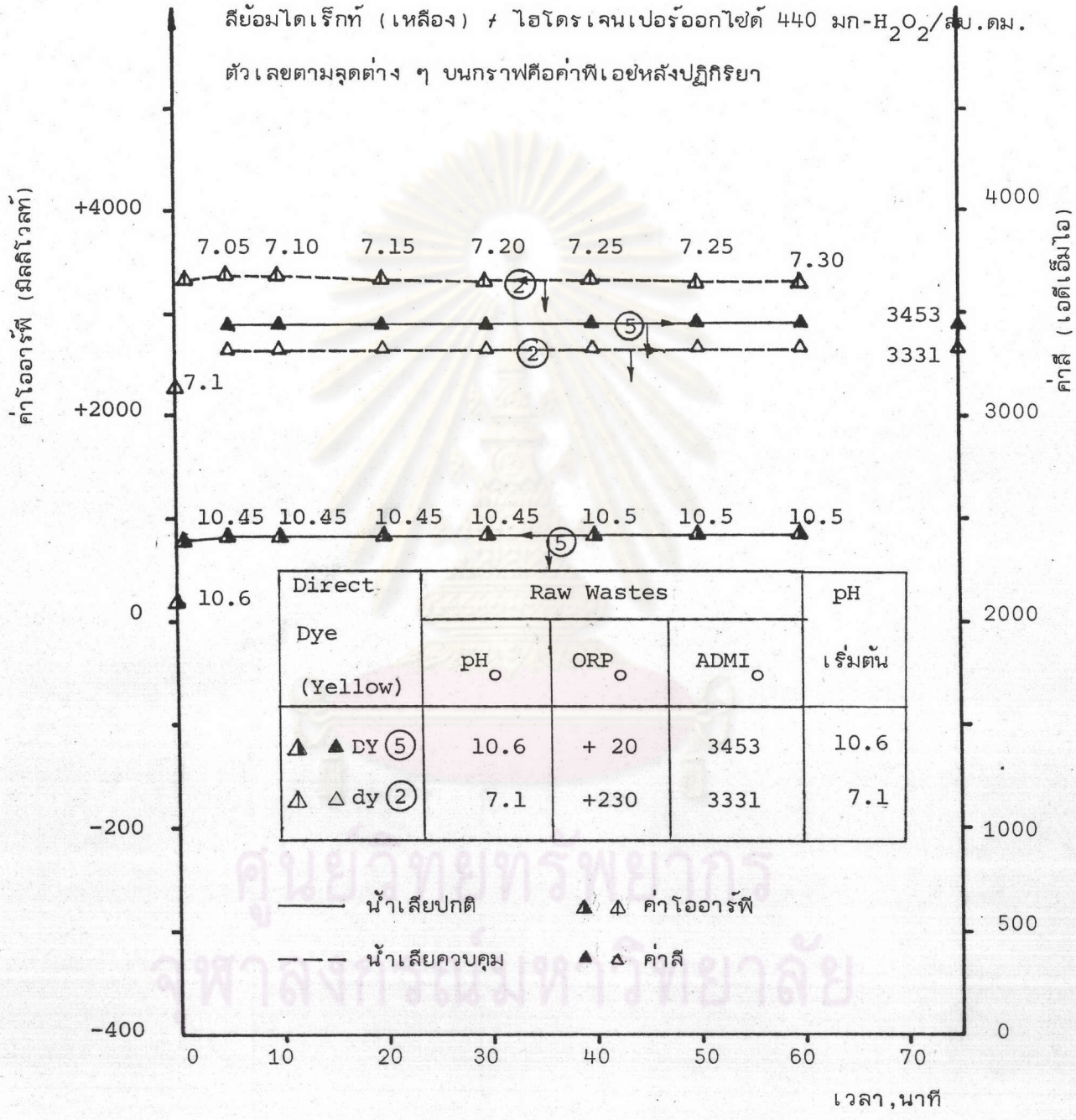
Direct Dye	Raw Wastes	
	pH_o	$ADMI_o$
● DR ④	10.6	5490
○ dr ①	7.3	5032
▲ DY ⑤	10.6	3453
△ dy ②	7.1	3331
■ DB ⑥	10.5	3690
□ db ③	7.0	3585

รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา: ลียอมไดเร็กท์และสารเคมี 746 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. คงที่



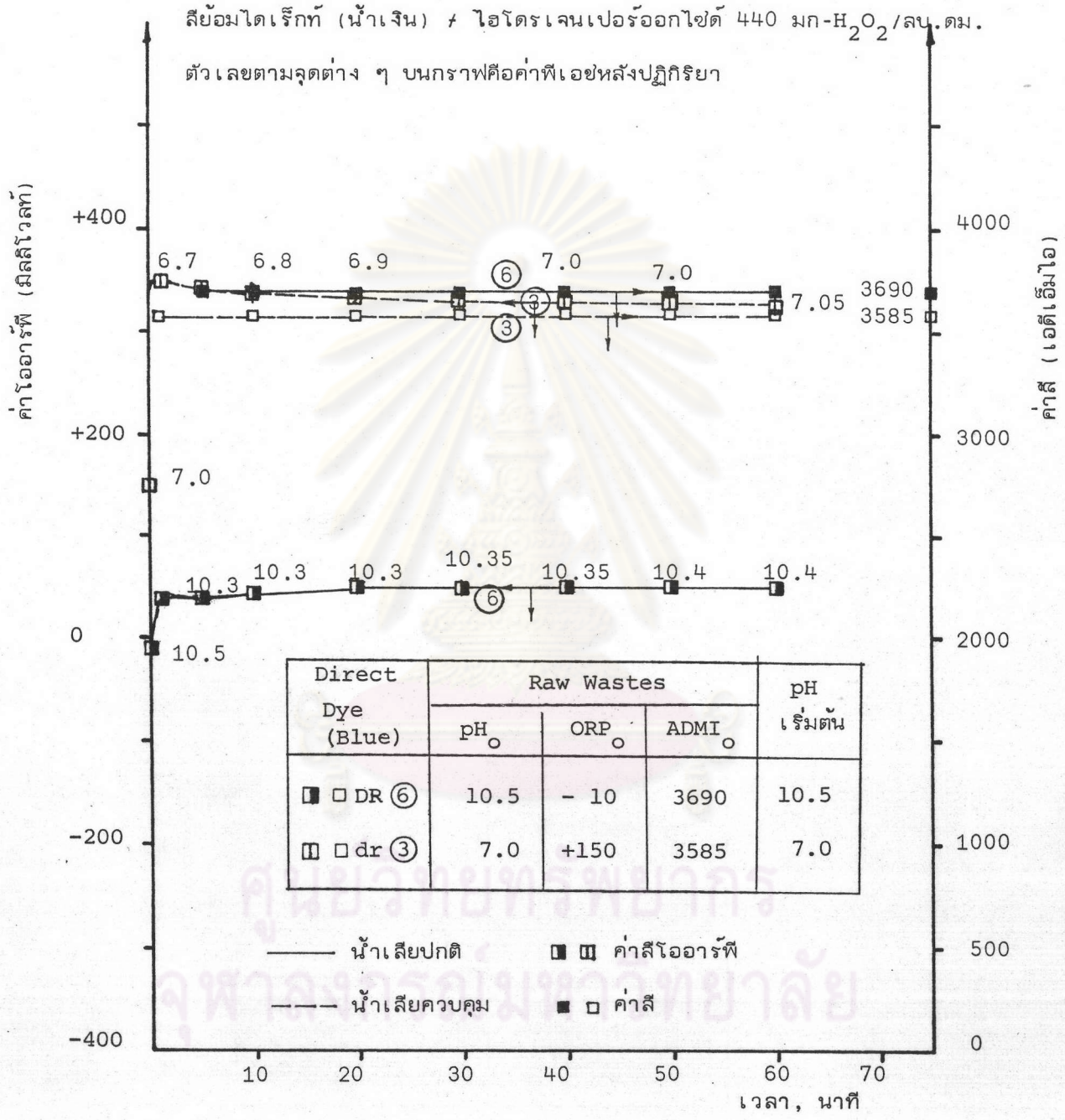
Direct Dye (Red)	Raw Wastes			pH เริ่มต้น
	pH_o	ORP_o	$ADMI_o$	
◑ ● DR ④	10.6	-30	5490	10.6
◑ ○ dr ①	7.3	+230	5032	7.3

รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีและค่าสีกับเวลา: ลียอมไดเร็กท์ (แดง) และ 440 มก-H_2O_2 /ลบ.ดม. H_2O_2



Direct Dye (Yellow)	Raw Wastes			pH
	pH_o	ORP_o	$ADMI_o$	เริ่มต้น
▲ DY ⑤	10.6	+ 20	3453	10.6
△ dy ②	7.1	+230	3331	7.1

รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีและค่าสีกับเวลา: สีย้อมไดเร็กท์ (เหลือง) และ 440 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. H_2O_2



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีและค่าสีกับเวลา: สีย้อมไดเร็กท์ (น้ำเงิน) และ 440 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. H_2O_2

รูปที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์โดยใช้ไฮโดร-เจนเปอร์ออกไซด์คงที่ 746 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. เทียบกับค่าพีเอชก่อนและหลังปฏิกิริยา ได้ผลสรุปว่า ค่าพีเอช (ในช่วง 4-11) ไม่มีผลในการช่วยลดสี และค่าของสีในน้ำเสียไม่มีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงจากค่าเริ่มต้นได้

รูปที่ 4.6-4.8 แสดงประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์และค่าโอออาร์พีเทียบกับเวลาสัมผัสโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารลดสีและใช้พีเอชเริ่มต้นเท่ากับพีเอชน้ำเสียดิบ เพื่อประหยัดสารเคมี ผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.2-4.4 ชี้ให้เห็นว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่สามารถลดสีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์ทั้งชนิดปกติและควบคุมทั้งหมด (dr 1 , dy 2, db 3, DR 4, DY 5, DB 6) ลงได้ แม้ว่าปริมาณสารเคมีที่ใช้สูงถึง 440 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. (20 บาท/$ม^3$) และเวลาสัมผัสนานถึง 60 นาที แล้วก็ตาม ดังนั้นจึงไม่ทำการทดลองที่ความเข้มข้นอื่น ๆ

ส่วนโอออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติ (DR 4, DY 5, DB 6) มีค่าเพิ่มขึ้นจากโอออาร์พีเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง - 30 ถึง + 20 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโอออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ (ซึ่งเป็นโอออาร์พีที่เพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุด และมีแนวโน้มคงที่) ประมาณ + 70 ถึง + 100 มิลลิโวลท์ โดยไม่มีแนวโน้มที่จะมีค่าลดลงสู่ระดับ ±0 มิลลิโวลท์ ดังเช่นในวิธี $Na_2S_2O_4$ และทำนองเดียวกันสำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (dr 1, dy 2, db 3) โออาร์พีมีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 150 ถึง + 230 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ประมาณ + 325 ถึง + 340 มิลลิโวลท์

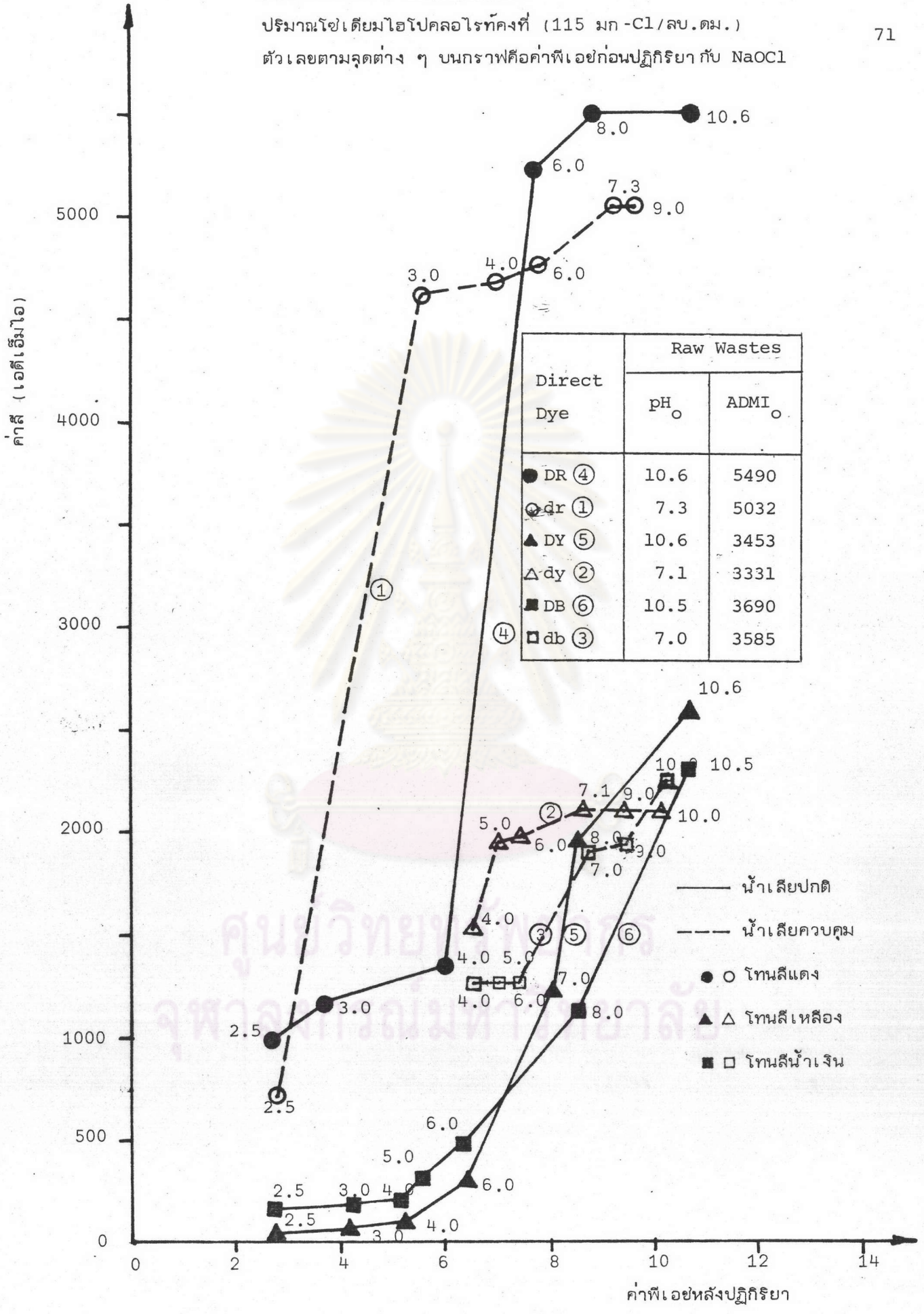
4.1.4 <u>การลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์</u> (NaOCl)

ในทำนองเดียวกันผลการทดลองการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์โดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.9-4.10 และตารางที่ 4.2-4.4 เช่นกัน

ผลการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมโดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์คงที่ 115 มก-Cl/ลบ.ดม. ดังแสดงในรูปที่ 4.9 แสดงว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมของตัวอย่างน้ำเสียเกือบทั้งหมด (dy 2, db 3, DR 4, DY 5, DB 6) ควรอยู่ในช่วง 4-6 ยกเว้นโทนสีแดงของน้ำเสียชนิดควบคุม (dr 1) ซึ่งมีค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมลดต่ำลงถึง 2.5

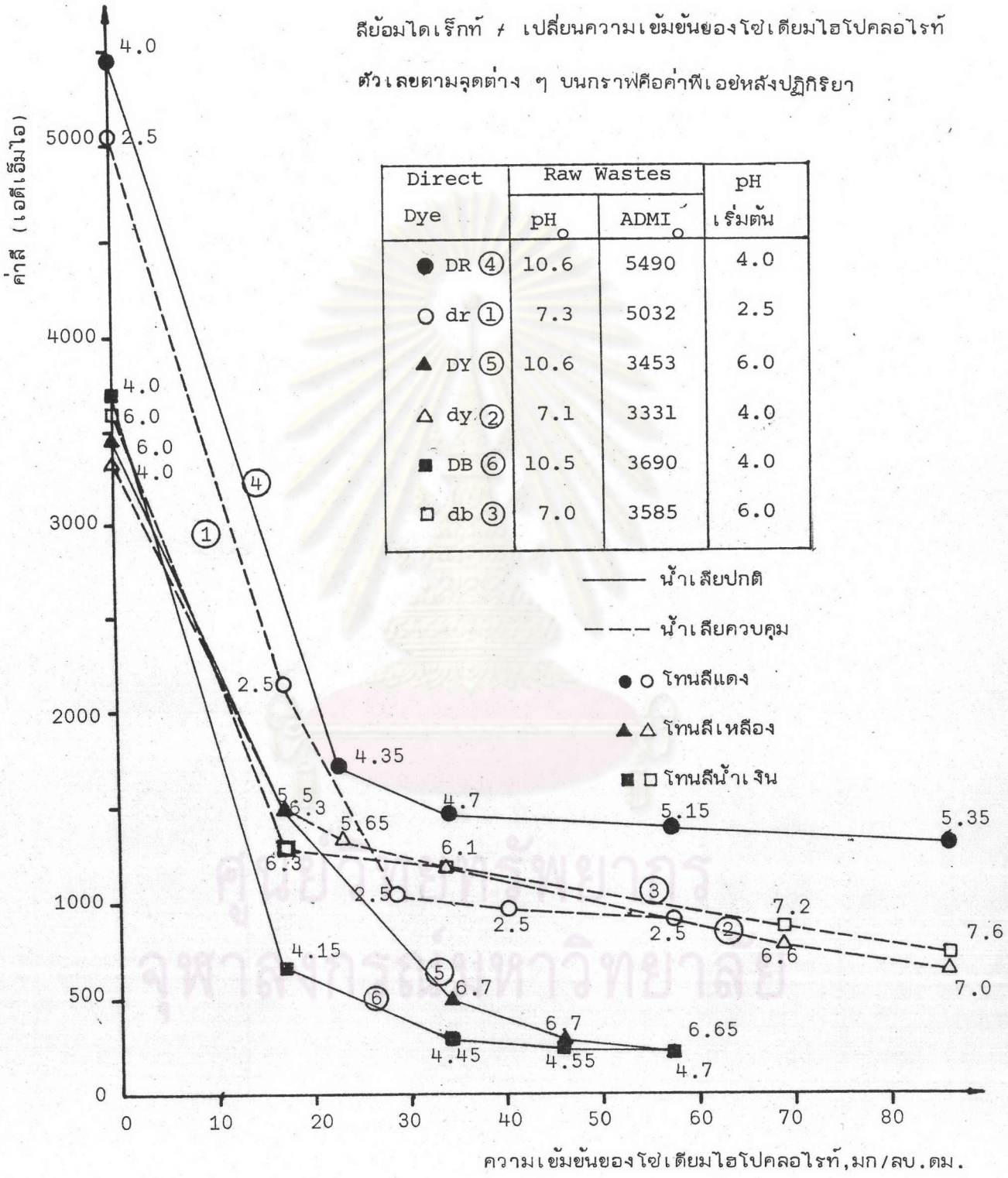
เมื่อใช้พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 2.5-6.0 แล้วแต่กรณีดังกล่าวแล้ว มาทำการทดลองต่อโดยแปรผันปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ได้ผลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พีและค่าสีเทียบกับ

ลีย้อมไดเร็กท้ / เปลี่ยนค่าพีเอช
ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์คงที่ (115 มก-Cl/ลบ.ดม.)
ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชก่อนปฏิกิริยา กับ NaOCl



Direct Dye	Raw Wastes	
	pH_o	$ADMI_o$
DR ④	10.6	5490
dr ①	7.3	5032
DY ⑤	10.6	3453
dy ②	7.1	3331
DB ⑥	10.5	3690
db ③	7.0	3585

รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี กับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา : ลีย้อมไดเร็กท้และสารเคมี 115 มก-Cl/ลบ.ดม. NaOCl คงที่



Direct Dye	Raw Wastes pH$_o$	Raw Wastes ADMI$_o$	pH เริ่มต้น
● DR ④	10.6	5490	4.0
○ dr ①	7.3	5032	2.5
▲ DY ⑤	10.6	3453	6.0
△ dy ②	7.1	3331	4.0
■ DB ⑥	10.5	3690	4.0
□ db ③	7.0	3585	6.0

รูปที่ 4.10 ผลการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์ เทียบกับปริมาณโซเดียม-ไฮโปคลอไรท์

เวลาสัมผัสของแต่ละความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ในช่วง 17.5-86.5 มก-Cl/ลบ.ดม. ดังในภาคผนวก 3 อนึ่งที่ความเข้มข้นหนึ่ง ๆ ของน้ำเสียแต่ละชนิดของแต่ละการทดลองดังกล่าว ได้เลือกจุดที่ประสิทธิภาพการลดสีดีที่สุดโดยอาศัยหลักการประเมินผลจากจุดที่ค่าสีมีแนวโน้มเริ่มคงที่ และระดับโออาร์พีคงที่ที่สภาพสมดุลย์ ซึ่งจะทราบเวลาสัมผัสที่สัมพันธ์กับการลดสีที่จุดดังกล่าวด้วย นำค่าสรุปของน้ำเสียแต่ละชนิดดังกล่าวมาแสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดสีเทียบกับความเข้มข้นของสารลดสีดังแสดงในรูปที่ 4.10 จากรูปดังกล่าวทำให้ทราบปริมาณสารลดสีที่เหมาะสม ส่วนค่าโออาร์พีและเวลาสัมผัสที่เหมาะสมได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2-4.4

จากประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์เทียบกับปริมาณโซเดียม-ไฮโปคลอไรท์ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.10 และ ผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.2-4.4 ชี้ให้เห็นว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์สามารถลดสีน้ำเสียโทนสีเหลืองและน้ำเงินชนิดปกติ (DY 5, DB 6) ได้เป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถลดสีได้ถึงร้อยละ 92 และใช้ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพียงประมาณ 34.5-46.0 มก-Cl/ลบ.ดม. (14-17 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าต่ำกว่า 300 เอดีเอ็มไอ แต่พีเอชน้ำเสียหลังการบำบัดโทนสีน้ำเงิน (DB 6) มีค่าประมาณ 4.45 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งกระทรวงอุตสาหกรรม

ส่วนน้ำเสียโทนสีแดงชนิดปกติ (DR 4) เราจะลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 73 จากการใช้ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ประมาณ 34.5 มก-Cl/ลบ.ดม. (17.3 บาท/$ม^3$) แต่ค่าสีหลังการบำบัดยังไม่เป็นที่น่าพอใจ คือค่ายังสูงถึง 1460 เอดีเอ็มไอ และถึงแม้ว่าได้เพิ่มปริมาณโซเดียม-ไฮโปคลอไรท์ถึง 86.0 มก-Cl/ลบ.ดม. แล้วก็ตามค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดก็ยังเหลือสูงถึง 1300 เอดีเอ็มไอ ส่วนพีเอชน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าประมาณ 4.7 ซึ่งยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน

สำหรับตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุมทุกโทนสี (dr 1, dy 2, db 3) จะถูกลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 79.3-80.7 และใช้ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ประมาณ 28.7-86.5 มก-Cl/ลบ.ดม. (4.3-4.6 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดที่เหลืออยู่ในเกณฑ์ดีขึ้นแต่ก็ยังสูงมากกว่า 600 เอดีเอ็มไอ แสดงให้ทราบว่าสารช่วยย้อมของสีย้อมไดเร็กท์มีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีดีขึ้น พีเอชน้ำเสียหลังการบำบัดของน้ำเสียโทนสีแดง (dr 1) มีค่าประมาณ 2.5 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก

ทั้งน้ำเสีย DR 4, DB 6, dr 1 ซึ่งมีค่าพีเอชหลังการบำบัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐานดังที่กล่าวแล้ว ก่อนระบายน้ำเสียดังกล่าวลงสู่ลำรางสาธารณะจะต้องทำการปรับพีเอชของน้ำเสียให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนคือช่วงระหว่าง 5-9 [4] (ซึ่งจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย) น้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้

ส่วนโออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติ (DR 4, DY 5, DB 6) มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 455 ถึง + 610 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ (ซึ่งเป็นโออาร์พีที่เพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่) ประมาณ + 835 ถึง + 895 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (dr 1, dy 2, db 3) โออาร์พีเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 240 ถึง + 605 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 795 ถึง + 1070 มิลลิโวลท์

ผลการทดลองยังแสดงให้ทราบอีกว่าเวลาสัมผัสในการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมไดเร็กท์ทุกตัวอย่าง โดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์อยู่ในช่วง 10-60 นาที

4.2 สีย้อมแว็ต

4.2.1 ลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมแว็ตมักมีค่าสีไม่สูงมากและสีของน้ำเสียค่อนข้างทึบ สารช่วยย้อมที่เจือปนในน้ำเสียของสีย้อมประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ($Na_2S_2O_4$), โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) แต่ในปริมาณไม่มาก (ดูรายละเอียดสูตรสังเคราะห์น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมแว็ตในหัวข้อ 3.2)

ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นตัวแทนของน้ำเสียประเภทนี้ ที่เกิดในภาคสนามได้แก่ ตัวอย่างน้ำ VR 10, VY-11, VB 12 ซึ่งเป็นตัวอย่างน้ำเสียที่มีโทนสีแดง, สีเหลืองและสีน้ำเงินตามลำดับ มีค่าสีอยู่ในช่วง 850-1450 เอดีเอ็มไอ พีเอชประมาณ 9.3-9.6 และโออาร์พีประมาณ - 100 ถึง + 100 มิลลิโวลท์ (ดูตารางที่ 4.1)

สำหรับตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุมคือ vr 7, vy 8 และ vb 9 ค่าสีของน้ำเสียอยู่ในช่วง 875-1575 เอดีเอ็มไอ พีเอชประมาณ 7.2-7.3 และค่าโออาร์พีประมาณ + 180 ถึง + 240 มิลลิโวลท์

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของน้ำเสียชนิดปกติและควบคุมพบว่า สารช่วยย้อมมีผลทำให้ค่าสีของน้ำเสียลดลงเล็กน้อย และค่าพีเอชสูงขึ้น ส่วนโออาร์พีมีค่าลดลง

ค่าสีน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมแว็ตโทนสีแดง, สีเหลือง และสีน้ำเงิน ในปริมาณที่เท่ากัน โทนสีน้ำเงินมีค่าของสีสูงที่สุด แสดงว่าโทนสีน้ำเงินของสีย้อมแว็ตให้ความรู้สึกในการเห็นสีสูงกว่าโทนสีแดงและสีเหลือง

4.2.2 <u>การลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์</u>

<u>เนื่องจากผลการทดลองค่อนข้างจะซ้ำซาก ถ้านำมาแสดงไว้ทุกกรณีก็จะเป็นที่น่าเบื่อหน่าย ในที่นี้จึงจะแสดงเฉพาะผลสรุป</u> ดังตารางที่ 4.5-4.7 ส่วนสำหรับข้อมูลปกติผู้ใดสนใจจะดูได้ในรูปที่ ผ 1.1 - ผ 1.4 ในภาคผนวก 1

ผลการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียจากสีย้อมแว็ต โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ในปริมาณคงที่เท่ากับ 125 มก/ลบ.ดม. ดังแสดงในรูปที่ ผ 1.1 ซึ่งให้เห็นว่าค่าพีเอชในช่วง 4-11 ไม่มีผลต่อการลดสีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมแว็ตทั้งหมด และค่าสีไม่มีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงจากค่าเริ่มต้นได้เป็นที่น่าพอใจ

รูปที่ ผ 1.2 - ผ 1.4 แสดงประสิทธิภาพการลดสีที่เกิดจากสีย้อมแว็ตโดยโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ และค่าโออาร์พีเทียบกับเวลาสัมผัส ผลจากการทดลองอันสรุปไว้ในตารางที่ 4.5-4.7 แสดงให้ทราบว่าโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ไม่สามารถลดสีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมแว็ตทั้งหมดลงได้ แม้ว่าได้ใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ในปริมาณที่สูงถึง 300 มก/ลบ.ดม. (11 บาท/$ม^3$) และเวลาสัมผัสนานถึง 120 นาที แล้วก็ตาม ดังนั้นจึงไม่ทำการทดลองที่ความเข้มข้นอื่น ๆ

ส่วนโออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติ (Vr 10, VY 11, VB 12) มีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง - 100 ถึง + 90 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ - 640 ถึง - 650 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (vr 7, vy 8, vb 9) โออาร์พีลดลงจากค่าเริ่มต้นในช่วง + 180 ถึง + 240 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ - 625 ถึง - 645 มิลลิโวลท์

4.2.3 <u>การลดสีโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์</u>

ในทำนองเดียวกันกับการสรุปในหัวข้อที่ 4.2.2 ผลการทดลองการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมแว็ต โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้แสดงไว้ในรูปที่ ผ 1.5 - ผ 1.8 ใน

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมแว็ตโทนสีแดง)

สีย้อม แว็ต โทนสี แดง สัญญลักษณ์ vr 7, VR 10

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม vr 7		ปกติ VR 10	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.2		9.6	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 240		+ 90	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			1240		1014	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.)		H_2O_2 (มก/ลบ.ดม., H_2O_2) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม/ลบ.ดม)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม/ลบ.ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.2	9.6	9.0	10.0	4.0	4.0
เวลาสัมผัส (นาที)	120	60	60	60	70	60
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	300	300	440 $\overset{+}{3}.0$	440 $\overset{+}{3}.5$	345 $\overset{+}{11}.9$	345 $\overset{+}{29}.0$
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 645	- 640	+ 210	+ 150	+ 750	+ 845
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.2	7.2	8.85	9.75	7.4	8.5
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	1240	1014	1240	1014	1240	1014
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	0	0	0	0	0	0
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	11+0** = 11.0	11+0** = 11.0	20+0.3** = 20.3	20+0.3** = 20.3	15.0+.70** = 15.7	15.0+1.7** = 16.7
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเริ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมแว็ตโทนสีเหลือง)

สีย้อม แว็ต โทนสี เหลือง สัญญลักษณ์ VY 8, VY 11

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม VY 8		ปกติ VY 11	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.3		9.3	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+180		-100	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			887		864	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.)		H_2O_2 (มก/ลบ.ดม., H_2O_2) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม./ลบ.ดม)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม./ลบ.ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.3	9.3	9.0	9.3	4.0	4.0
เวลาสัมผัส (นาที)	120	120	120	120	60	60
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	300	300	440 + 1.4	440 + 0	345 + 11.9	345 + 31.5
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 625	- 640	+ 210	+ 210	+ 745	+ 840
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.0	7.0	8.8	9.0	8.5	7.4
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	887	864	887	864	887	864
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	0	0	0	0	0	0
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	11.0+0** = 11.0	11.0+0** = 11.0	20+.14** = 20.1	20+0** = 20.0	15.0+0.7** = 15.7	15.0+1.7** = 16.7
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมแว็ตโทนสีน้ำเงิน)

สีย้อม แว็ต โทนสี น้ำเงิน สัญญลักษณ์ vb 9, VB 12

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม vb 9		ปกติ VB 12	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.3		9.5	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 200		+ 10	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			1573		1457	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.)		H_2O_2 ไมก/ลบ.ดม., H_2O_2) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม/ลบ.ดม)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม/ลบ.ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.3	9.5	9.0	9.5	4.0	4.0
เวลาสัมผัส (นาที)	120	60	60	60	60	60
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	300	300	440 + 1.75	440 + 0	345 + 11.9	345 + 33.6
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 640	- 650	+ 215	+ 200	+ 755	+ 840
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.05	7.15	8.85	9.2	8.5	7.4
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	1573	1457	1573	1457	1573	1457
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	0	0	0	0	0	0
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	11.0+0** = 11.0	11.0+0** = 11.0	20+.18** = 20.2	20+0 = 20	15+0.7** = 15.7	15+2.0** = 17.0
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ภาคผนวก 1 รวมทั้งในตารางที่ 4.5-4.7

จากรูปที่ ผ 1.5 จะเห็นว่า ค่าพีเอชในช่วง 4-11 ไม่มีผลต่อการลดลีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากลียอ้มแว็ตทั้งหมดและค่าของลีน้ำเสียไม่มีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงจากค่าเริ่มต้นได้

รูปที่ ผ 1.6- ผ 1.8 แสดงประสิทธิภาพการลดลีของน้ำเสียที่เกิดจากลียอ้มแว็ตโดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และค่าโอออาร์พีเทียบกับเวลาสัมผัส ผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 แสดงให้ทราบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่สามารถลดลีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากลียอ้มแว็ตทั้งหมดลงได้ แม้ว่าใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในปริมาณที่สูงถึง 440 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. (20 บาท/$ม^3$) และเวลาสัมผัสนานถึง 60 นาที แล้วก็ตาม ดังนั้นจึงไม่ทำการทดลองที่ความเข้มข้นอื่น ๆ

ส่วนโออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติ (VR 10, VY 11, VB 12) มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง - 100 ถึง + 60 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 150 ถึง + 210 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (vr 7, vy 8, vb 9) โออาร์พีเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งมีค่าในช่วง + 115 ถึง + 160 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 210 ถึง + 215 มิลลิโวลท์

4.2.4 <u>การลดลีโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์</u>

ผลการทดลองการลดลีของน้ำเสียที่เกิดจากลียอ้มแว็ต โดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ได้แสดงไว้ในรูปที่ ผ 1.9 - ผ 1.12 ในภาคผนวก 1 รวมทั้งตารางที่ 4.5-4.7

จากรูปที่ ผ 1.9 จะเห็นว่าค่าพีเอชในช่วง 2.5-10.0 ไม่มีผลต่อการลดลีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากลียอ้มแว็ตทั้งหมด และค่าของลีไม่มีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงจากค่าเริ่มต้นได้

รูปที่ ผ 1.10 - ผ 1.12 แสดงประสิทธิภาพการลดลีของน้ำเสียที่เกิดจากลียอ้มแว็ตโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์และค่าโออาร์พีเทียบกับเวลาสัมผัส ผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.5-4.7 แสดงให้ทราบว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์ไม่สามารถลดลีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากลียอ้มแว็ตทั้งหมดลงได้ แม้ว่าใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ในปริมาณที่สูงถึง 345 มก-Cl/ลบ.ดม. (15 บาท/$ม^3$) และเวลาสัมผัสนานถึง 60 นาที แล้วก็ตาม ดังนั้นจึงไม่ทำการทดลองที่ความเข้มข้นอื่น ๆ

ส่วนค่าโออาร์พี สำหรับน้ำเสียชนิดปกติ (VR 10, VY 11, VB 12) เพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 230 ถึง + 240 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 840 ถึง + 845 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (vr 7, vy 9, vb 9) ค่าโออาร์พีเพิ่มขึ้นจึงค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 575 ถึง + 700 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ประมาณ + 745 ถึง + 755 มิลลิโวลท์

4.3 ลียอมรีแอคตีฟ

4.3.1 ลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียที่เกิดจากลียอมรีแอคตีฟมีค่าของลีสูงและลีของน้ำเสียสดใสมาก สารช่วยย้อมที่เจือปนในน้ำเสียที่มีปริมาณมากได้แก่เกลือโซเดียมซัลเฟตและโซเดียมคาร์บอเนต ทำให้พีเอชของน้ำเสียมีค่าสูงและค่าโออาร์พีต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียที่เกิดจากลียอมไดเร็กท์พบว่าน้ำเสียทั้งสองมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ไม่ว่าจะเป็นค่าสี ค่าพีเอชหรือความสดใสของสีในน้ำเสียนั้น

ตัวอย่างน้ำเสียที่วิเคราะห์ขึ้นเพื่อเป็นตัวแทน ที่ควรจะเกิดขึ้นจริงในภาคสนาม ได้แก่ตัวอย่าง RR 16, RY 17 และ RB 18 ซึ่งมีค่าของสีประมาณ 3000-5300 เอดีเอ็มไอ ค่าพีเอชประมาณ 10.5-10.7 ค่าโออาร์พีประมาณ - 10 ถึง + 45 มิลลิโวลท์ (ดูตารางที่ 4.1)

สำหรับตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุมได้แก่ตัวอย่างน้ำหมายเลข rr 13, ry 14 และ rb 15 ซึ่งมีค่าสีประมาณ 3000-5000 เอดีเอ็มไอ ค่าพีเอชประมาณ 7.4 และค่าโออาร์พีประมาณ + 140 ถึง + 230 มิลลิโวลท์

จะเห็นว่าสารช่วยย้อมมีผลทำให้ค่าสีและพีเอชของน้ำเสียมีค่าสูงขึ้น ส่วนโออาร์พีมีค่าลดลง ลักษณะของน้ำเสียทั้งชนิดปกติและควบคุมใกล้เคียงกับน้ำเสียที่เกิดจากลียอมไดเร็กท์มาก

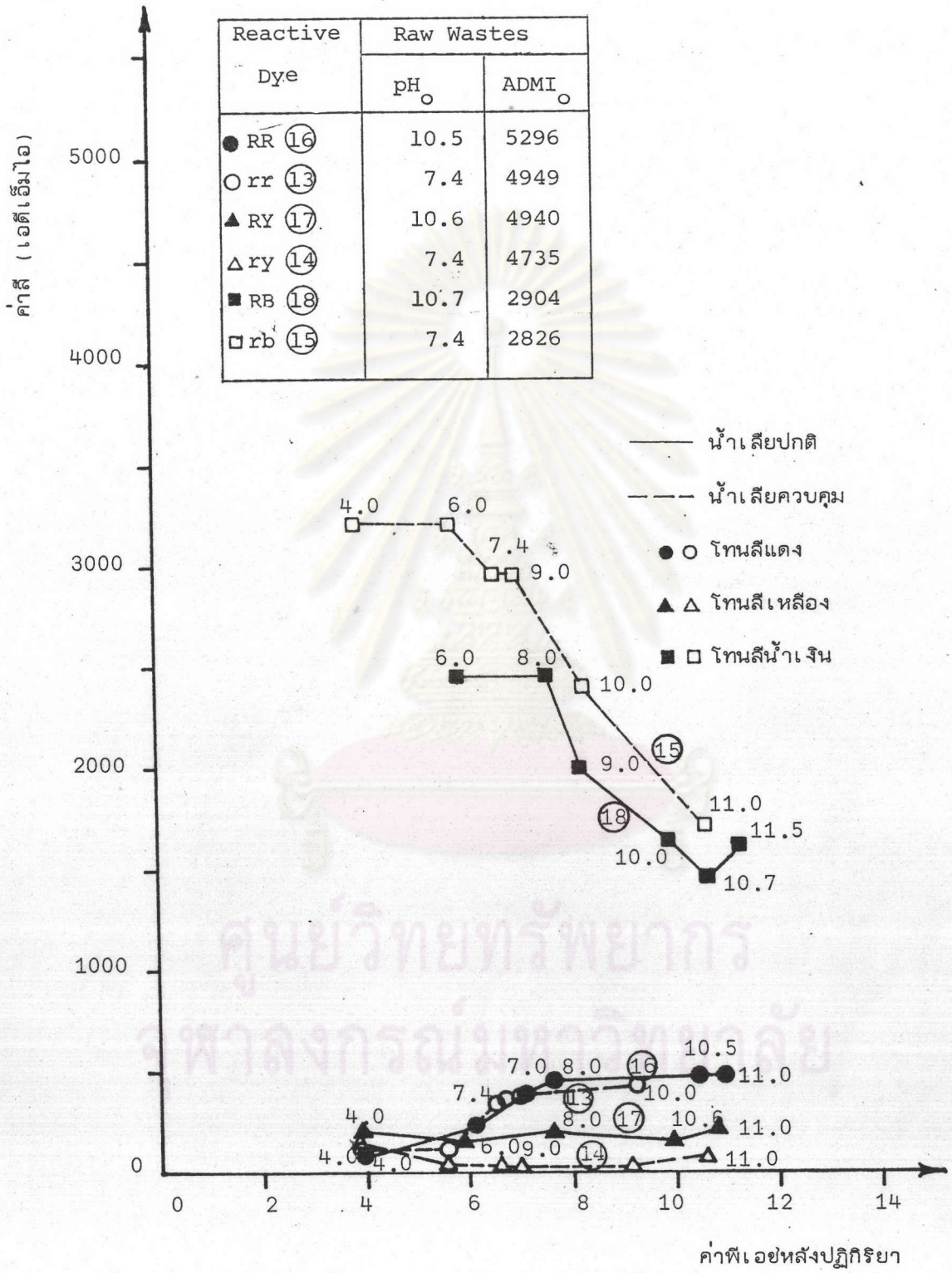
เมื่อพิจารณาโทนสีของน้ำเสียที่เกิดจากปริมาณสียอมที่เท่ากัน พบว่าโทนสีแดงมีค่าของสีสูงสุดมากกว่าโทนสีเหลืองและสีน้ำเงินตามลำดับ แสดงว่าโทนสีแดงให้ความรู้สึกในการเห็นสีมากที่สุดเช่นเดียวกับของน้ำเสียที่เกิดจากลียอมไดเร็กท์

4.3.2 การลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์

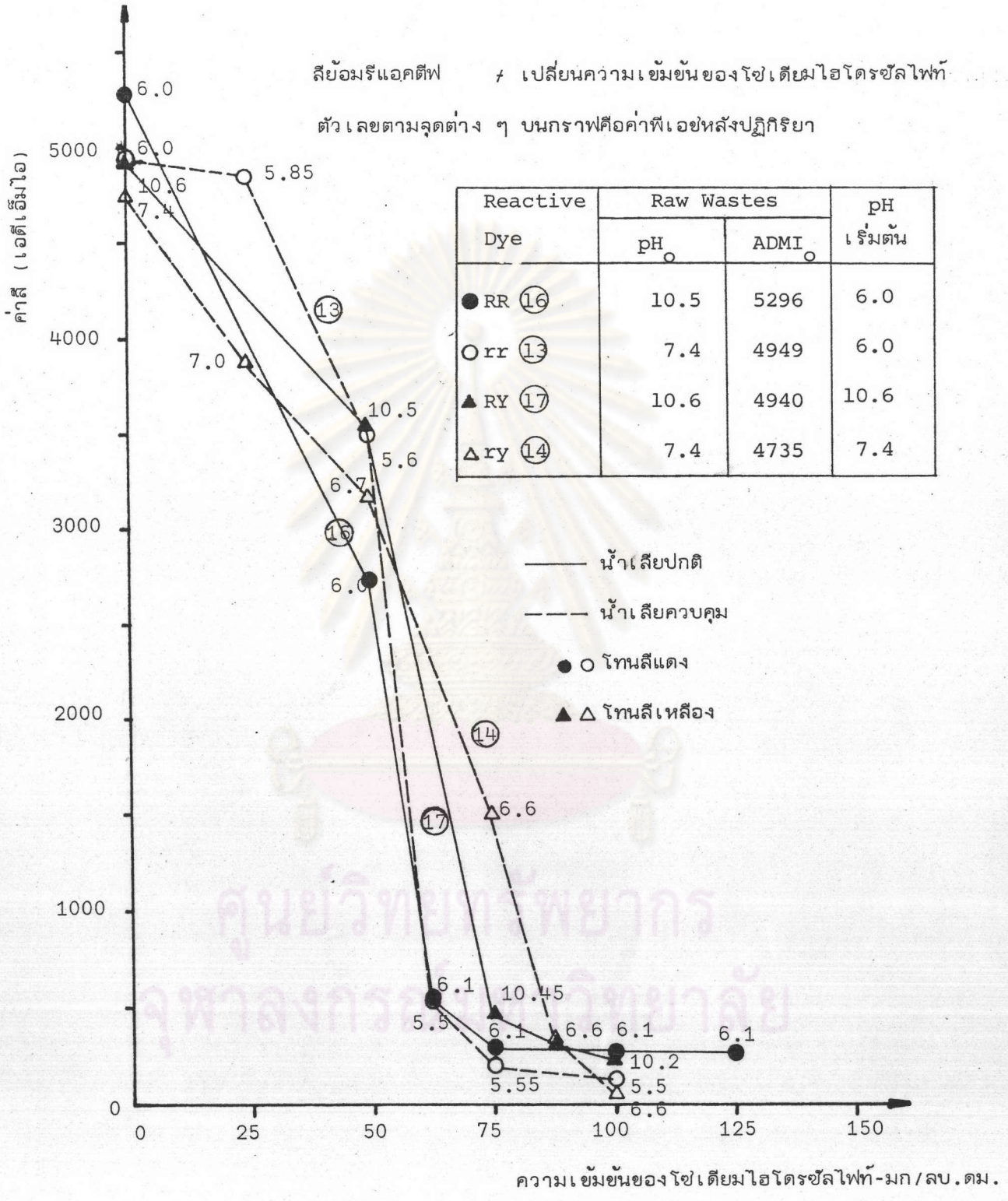
ผลการทดลองการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากลียอมรีแอคตีฟ โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ได้แสดงไว้ในรูป 4.11, 4.12 รวมทั้งในตารางที่ 4.8-4.10

ลียอมรีแอคตีฟ / เปลี่ยนค่าพีเอช
ปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์คงที่ (125 มก/ลบ.ดม.)
ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชก่อนทำปฏิกิริยากับ $Na_2S_2O_4$

Reactive Dye	Raw Wastes	
	pH_o	$ADMI_o$
● RR (16)	10.5	5296
○ rr (13)	7.4	4949
▲ RY (17)	10.6	4940
△ ry (14)	7.4	4735
■ RB (18)	10.7	2904
□ rb (15)	7.4	2826



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา : ลียอมรีแอคตีฟและสารเคมี 125 มก./ลบ.ดม. $Na_2S_2O_4$ คงที่



Reactive Dye	Raw Wastes pH$_o$	Raw Wastes ADMI$_o$	pH เริ่มต้น
● RR (16)	10.5	5296	6.0
○ rr (13)	7.4	4949	6.0
▲ RY (17)	10.6	4940	10.6
△ ry (14)	7.4	4735	7.4

รูปที่ 4.12 ผลการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟ เทียบกับปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมรีแอคตีฟโทนสีแดง)

สีย้อม รีแอคตีฟ โทนสี แดง สัญญลักษณ์ rr 13, RR 16

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม rr 13		ปกติ RR 16	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.4		10.5	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+230		+45	
ค่าสองสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			4949		5296	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.) + 0.2N HCl (ลบ.ซม/ลบ.ดม)		H_2O_2 ไมก/ลบ.ดม., H_2O_2)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม./ลบ.ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	6.0	6.0	7.4	10.5	2.5	2.5
เวลาสัมผัส (นาที)	10	5	60	60	40	20
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	75 + 6.0	75 + 17.9	440	440	34.5 + 51.3	69.0 + 270
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 270	- 175	+ 325	+ 95	+ 1120	+ 1005
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	5.55	6.1	7.2	10.35	2.5	2.5
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	200	282	4949	5296	289	382
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	96.0	94.7	0	0	94.2	92.8
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	2.75+0.35** = 3.1	2.75+1.0** = 3.75	20+0** = 20	20+0** = 20	1.5+3.0** = 4.5	3.1+15.7 = 18.8
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ไม่

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.9 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมรีแอคตีฟโทนสีเหลือง)

สีย้อม รีแอคตีฟ โทนสี เหลือง สัญญลักษณ์ ry 14, RY 17

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม ry 14		ปกติ RY 17	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.4		10.6	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 130		- 20	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			4735		4940	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.)		H_2O_2 (มก/ลบ.ดม., H_2O_2)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.4	10.6	7.4	10.6	7.4	10.6
เวลาสัมผัส (นาที)	7.5	10	60	60	10	30
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	100	100	440	440	17.25	23.0
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 440	- 585	+ 330	+ 95	+ 600	+ 370
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.6	10.2	7.3	10.4	8.1	10.45
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	50	235	4735	4940	252	287
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	98.9	95.2	0	0	94.7	94.2
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	3.66+0** = 3.66	3.66+0** = 3.66	20+0** = 20	20+0** = 20	0.77+0** = 0.77	1.0+0** = 1.0
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.10 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมรีแอคตีฟโทนสีน้ำเงิน)

สีย้อม รีแอคตีฟ โทนสี น้ำเงิน สัญญลักษณ์ rb 15, RB 18

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม rb 15		ปกติ RB 18	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.4		10.7	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 280		- 10	
ค่ายอมสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			2826		2904	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม./ลบ.ดม.)		H_2O_2 (มก/ลบ.ดม., H_2O_2)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม/ลบ.ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	10.0	10.7	7.4	10.7	6.0	8.0
เวลาสัมผัส (นาที)	60	120	70	70	5	5
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	200 + 5.9	300 + 0	440	440	34.5 + 5.75	51.75 + 100
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 700	- 815	+ 330	+ 95	+ 850	+ 575
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	8.4	10.2	7.25	10.4	6.6	8.2
ค่าสียองน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	2700	2237	2793	2904	169	297
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	4.5	23.0	1.2	0	94.0	89.8
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	7.3+0.3** = 7.6	11.0+0** = 11.0	20+0 ** = 20	20+0 ** = 20	1.5+0.3** = 1.8	2.32+5.8** = 8.12
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ไม่	ไม่	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ผลการทดลองหาค่าพีเอช่เริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟโดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์คงที่ 125 มก/ลบ.ดม. ดังแสดงในรูปที่ 4.11 ซึ่งให้เห็นว่าค่าพีเอช่ที่เหมาะสมของน้ำเสียโทนสีแดงทั้งชนิดปกติ (RR 16) และชนิดควบคุม (rr 13) มีค่าประมาณ 6.0 ส่วนโทนสีเหลือง (RY 17 และ ry 14) ค่าพีเอช่ที่สามารถลดสีได้ดีมีช่วงกว้างมากประมาณ 4-10 สำหรับโทนสีน้ำเงิน (RB 18 และrb 15) ค่าพีเอช่ที่เหมาะสมในการลดสีอยู่ในช่วงประมาณ 10-11 แสดงให้เห็นว่าค่าพีเอช่เริ่มต้นของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟมีผลต่อการลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์

หลังจากที่ได้ค่าพีเอช่เริ่มต้นที่เหมาะสมแล้วแต่กรณีดังที่ได้กล่าวข้างต้นและทำการทดลองต่อโดยใช้ค่าพีเอช่เริ่มต้นดังกล่าวรวมทั้งแปรผันค่าปริมาณสารเคมี ได้ผลแสดงความสัมพันธ์ของโออาร์พี และค่าสีเทียบกับเวลาสัมผัสของแต่ละความเข้มข้นของโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ในช่วง 25-125 มก/ลบ.ดม. ดังในภาคผนวก 3 ในทำนองเดียวกันกับในหัวข้อ 4.1.4 เลือกจุดและนำค่าสรุปของน้ำเสียแต่ละชนิดมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดสีเทียบกับความเข้มข้นของโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ดังแสดงในรูปที่ 4.12 และผลการทดลองอันสรุปในตารางที่ 4.8 และ 4.9 เราสามารถลดสีของน้ำเสียชนิดปกติ โทนสีแดง (RR 16) และสีเหลือง (RY 17) ลงได้เป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถลดสีลงได้ถึงร้อยละ 94 โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ประมาณ 75-100 มก/ลบ.ดม. (3.66 - 3.75 บาท/ม^3) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือเพียง 235-280 เอดีเอ็มไอ และพบว่าพีเอช่หลังการบำบัดของน้ำเสียโทนสีเหลือง (RY 17) มีค่าประมาณ 10.2 ซึ่งยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะต้องทำการปรับพีเอช่ของน้ำเสียให้ต่ำลงอยู่ในช่วง 5-9 ก่อน น้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้

ส่วนน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟชนิดควบคุมทั้งโทนสีแดง (rr 13) และสีเหลือง (ry 14) ถูกลดสีลงได้เป็นที่น่าพอใจเช่นกัน กล่าวคือสามารถลดสีลงได้มากกว่าร้อยละ 96 โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ประมาณ 75-100 มก/ลบ.ดม. (3.1-3.66 บาท/ม^3) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือเพียง 50-200 เอดีเอ็มไอ

รูปที่ ผ 1.13 ในภาคผนวก 1 แสดงประสิทธิภาพการลดสีน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟโทนสีน้ำเงิน (RB 18, rb 15) โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์และค่าโออาร์พี เทียบกับเวลาสัมผัส ผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.10 ซึ่งให้เห็นว่าโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์สามารถลดสีน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟโทนสีน้ำเงิน (RB 18, rb 15) ได้ผลยังไม่เป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือลดสีของน้ำเสียได้เพียงร้อยละ 5-23 เท่านั้น แม้ว่าใช้ปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์สูง 200 ถึง 300 มก/ลบ.ดม. (7.3 - 11.0 บาท/ม^3) และเวลาสัมผัสนานกว่า 60 นาทีก็ตาม ค่าสีของ

น้ำเสียที่เหลือหลังการบำบัดยังสูงกว่า 2000 เอดีเอ็มไอ และพบว่าพีเอชหลังการบำบัดของโทนลีน้ำเงินชนิดปกติ (RB 18) มีค่าประมาณ 10.2 ซึ่งยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จะต้องทำการปรับพีเอชของน้ำเสียให้ต่ำลงอยู่ในช่วง 5-9 ก่อนน้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้และเนื่องจากการลดสีน้ำเสียโทนสีน้ำเงินไม่มีประสิทธิภาพจึงไม่ทำการทดลองที่ความเข้มข้นอื่น ๆ

ผลการทดลองแสดงให้ทราบว่า สารช่วยย้อมมีผลกระทบต่อการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟโดยโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์น้อยมาก แต่สารเคมีที่ใช้ผลิตโทนสีมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการลดสีด้วย

ส่วนค่าโออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติ (RR 16, RY 17, RB 18) ลดลงจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง - 20 ถึง + 160 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ - 175 ถึง - 815 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (rr 13, ry 14, rb 15) ค่าโออาร์พีลดลงจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 20 ถึง + 170 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ - 270 ถึง - 700 มิลลิโวลท์

ผลการทดลองยังแสดงให้ทราบอีกว่า เวลาสัมผัสในการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟทั้งชนิดปกติ และควบคุมอยู่ในช่วง 5-10 นาทีเท่านั้น

4.3.3 <u>การลดสีโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์</u>

ในทำนองเดียวกันกับการสรุปในหัวข้อ 4.2.2 ผลการทดลองการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้แสดงไว้ในรูปที่ ผ 1.14 - ผ 1.17 ในภาคผนวก 1 รวมทั้งในตารางที่ 4.8 - 4.10

รูปที่ ผ 1.14 แสดงประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คงที่ 746 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. เทียบกับค่าพีเอชก่อนและหลังปฏิกิริยา ได้ผลสรุปว่าค่าพีเอชในช่วง 4-11 ไม่มีผลในการช่วยลดสีและค่าสีของน้ำเสียไม่มีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงจากค่าเริ่มต้นได้

รูปที่ ผ 1.15 - ผ 1.17 แสดงประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และค่าโออาร์พีเทียบกับเวลาสัมผัส และใช้พีเอชเริ่มต้นเท่ากับพีเอชน้ำเสียดิบ เพื่อประหยัดสารเคมี ผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.8-4.10 แสดงให้ทราบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่สามารถลดสีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟทั้งหมดลงได้ แม้ว่าใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในปริมาณที่สูงถึง 440 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. (20 บาท/$ม^3$) และเวลาสัมผัสนานถึง 60 นาที แล้วก็ตาม ดังนั้นจึงไม่ทำการทดลองที่ความเข้มข้นอื่น ๆ

ส่วนโออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติ (RR 16, RY 17, RB 18) มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง - 20 ถึง + 45 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 95 ถึง + 195 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (rr 13, ry 14, rb 16) โออาร์พีเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 130 ถึง + 280 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 325 ถึง + 330 มิลลิโวลท์

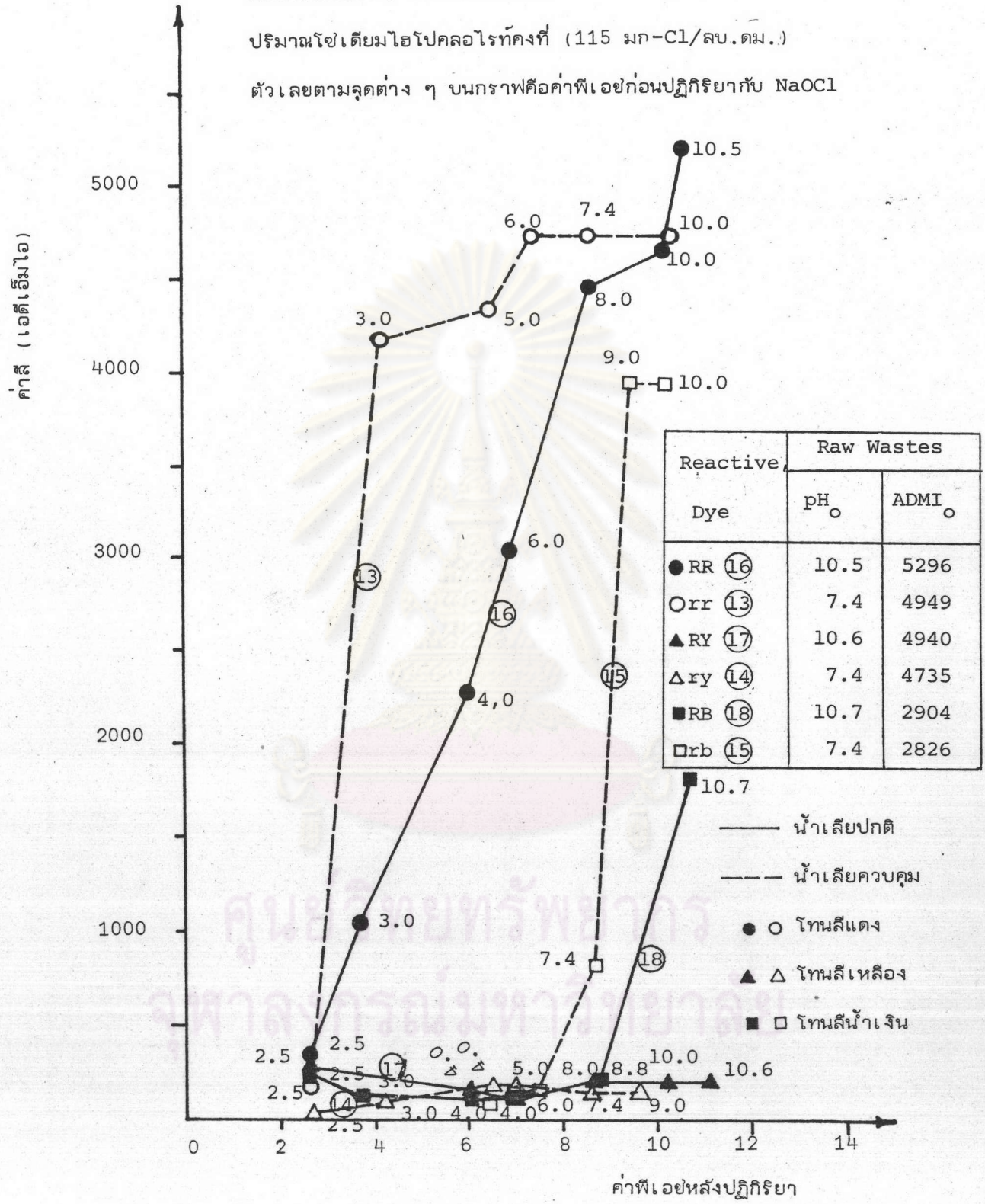
4.3.4 <u>การลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์</u>

ในทำนองเดียวกันผลการทดลองการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟโดยใช้โซเดียม-ไฮโปคลอไรท์ แสดงไว้ในรูปที่ 4.13 และ 4.14 รวมทั้งตารางที่ 4.8-4.10 เช่นกัน

ผลการทดลองเพื่อหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์คงที่ 115 มก-Cl/ลบ.ดม. แสดงไว้ในรูปที่ 4.13 จะเห็นว่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของตัวอย่างน้ำโทนสีแดงทั้งชนิดปกติ (RR 16) และชนิดควบคุม (rr 13) มีค่าต่ำถึง 2.5 ในขณะที่โทนสีเหลือง (RY 17, ry 14) ถูกลดสีได้ดีในช่วงพีเอชที่กว้าง (2.5-11) จึงเลือกพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมเท่ากับพีเอชของน้ำเสียดิบ สำหรับน้ำเสียโทนสีน้ำเงิน (RB 18, rb 15) พีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 6-8 แสดงว่าค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียมีผลต่อประสิทธิภาพการลดสีด้วย

เมื่อใช้พีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสม แล้วแต่กรณีดังที่กล่าวแล้วข้างต้น มาทำการทดลองต่อโดยแปรผันปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ได้ผลและสรุปในทำนองเดียวกันกับในหัวข้อที่ 4.1.4 ได้ผลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดสีเทียบกับความเข้มข้นของสารลดสีดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.14 ผลการทดลองอันสรุปไว้ในตารางที่ 4.8-4.10 ชี้ให้เห็นว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์สามารถลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟชนิดปกติ (RR 16, RY 17, RB 18) ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 89.8-94.2 และใช้ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ประมาณ 23.0-69.0 มก-Cl/ลบ.ดม. (1-18.8 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือประมาณ 287-382 เอดีเอ็มไอ แต่พีเอชหลังการบำบัดของน้ำเสียโทนสีแดง (RR 16) และโทนสีเหลือง (RY 17) มีค่าเท่ากับ 2.5 และ 10.45 ตามลำดับ ซึ่งไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จะต้องปรับพีเอชของน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 5-9 ก่อนน้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นน้ำเสียที่ยอมรับได้

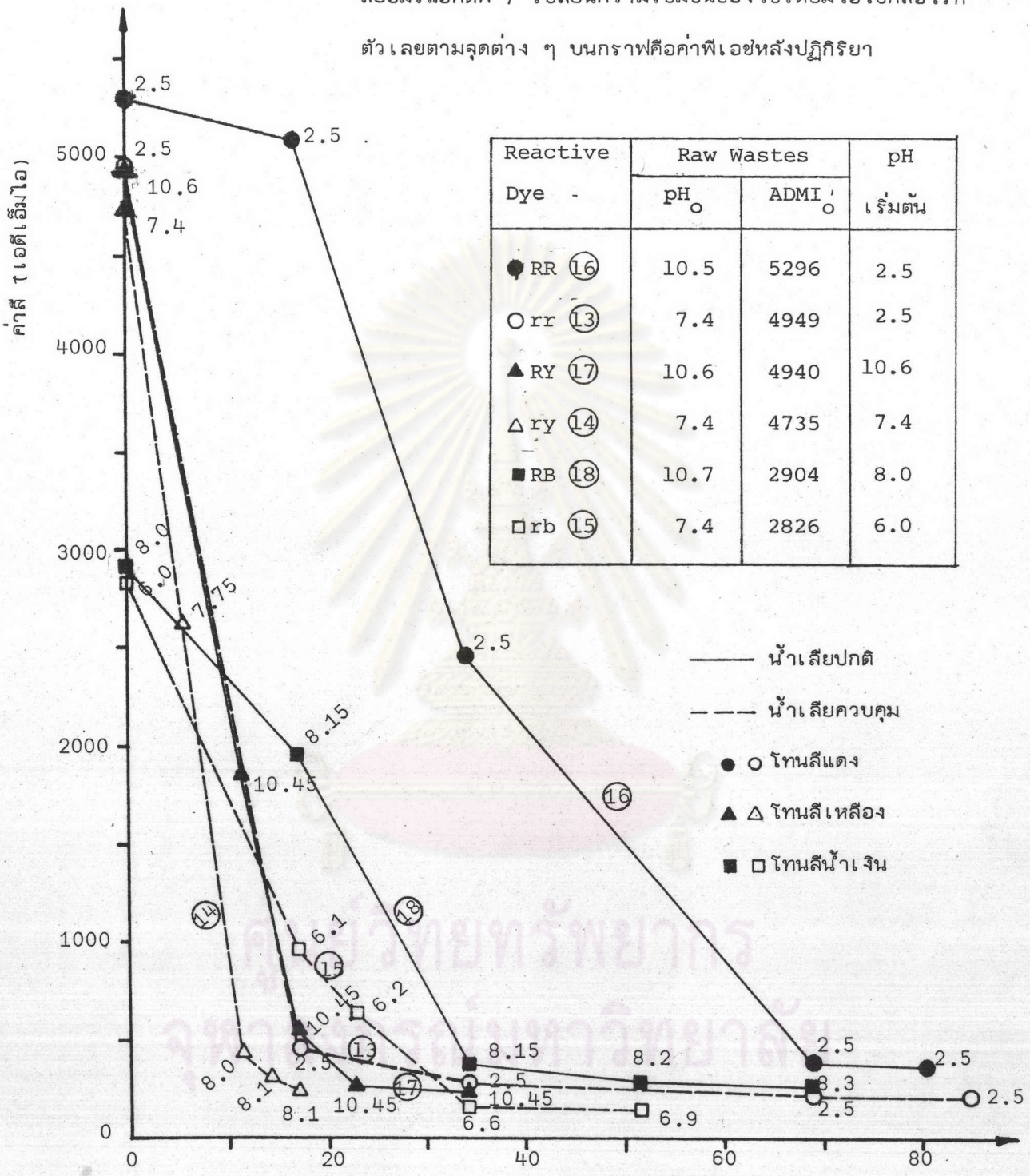
ส่วนตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุมทุกโทนสี (rr 13, ry 14, rb 15) ถูกลดสีลงได้สูงถึงร้อยละ 94 โดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพียงประมาณ 17.25-34.5 มก-Cl/ลบ.ดม.



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างลีย้อมรีแอคตีฟกับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา : ลีย้อมรีแอคตีฟและสารเคมี 115 มก-Cl/ลบ.ดม.NaOCl คงที่

ลียอมรีแอคตีฟ ๗ เปลี่ยนความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา

Reactive Dye -	Raw Wastes pH_o	Raw Wastes $ADMI_o$	pH เริ่มต้น
● RR (16)	10.5	5296	2.5
○ rr (13)	7.4	4949	2.5
▲ RY (17)	10.6	4940	10.6
△ ry (14)	7.4	4735	7.4
■ RB (18)	10.7	2904	8.0
□ rb (15)	7.4	2826	6.0



รูปที่ 4.14 ผลการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมรีแอคตีฟเทียบกับปริมาณโซเดียม-ไฮโปคลอไรต์

(0.77 - 4.5 บาท/ม^3) ค่าสีของน้ำทิ้งหลังการบำบัดเหลือประมาณ 169-289 เอดีเอ็มไอ แสดงว่าสารช่วยย้อมมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นสารลดสีน้อยมาก แต่ว่าพีเอชหลังการบำบัดของน้ำเสียชนิดควบคุมโทนสีแดง (rr 13) มีค่าประมาณ 2.5 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก จะต้องทำการปรับพีเอชของน้ำเสียอยู่ในช่วง 5-9 ก่อนน้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้

ส่วนโออาร์พี ของน้ำเสียชนิดปกติ (RR 16, RY 17, RB 18) มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง - 20 ถึง + 470 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 370 ถึง + 1005 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม ค่าโออาร์พีเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 130 ถึง + 610 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 600 ถึง + 1120 มิลลิโวลท์

ผลการทดลองยังแสดงให้ทราบอีกว่า เวลาสัมผัสในการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคตีฟโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์อยู่ในช่วง 5-40 นาที

4.4 <u>สีย้อมเอซิด</u>

4.4.1 <u>ลักษณะของน้ำเสีย</u>

น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเอซิดมักมีค่าของสีต่ำ สีของน้ำเสียมีความสดใสปานกลาง สารช่วยย้อมที่เจือปนในน้ำเสียมีปริมาณไม่มากและน้อยชนิด ได้แก่ Parapul Sz, กรดอะซิติคและ Kieralon จึงทำให้ค่าพีเอชเป็นกรดเล็กน้อย ส่วนค่าโออาร์พีจะสูง

ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นตัวแทนของน้ำเสียประเภทนี้ อันเกิดในภาคสนามได้แก่ ตัวอย่างน้ำ AR 22, AY 23 และ AB 24 มีค่าสีประมาณ 300-1000 เอดี้เอ็มไอ ค่าพีเอช ประมาณ 6.1-6.4 ค่าโออาร์พีประมาณ + 330 ถึง + 600 มิลลิโวลท์ (ดูตารางที่ 4.1)

สำหรับตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุมได้แก่ ar 19, ay 20 และ ab 21 มีค่าสีประมาณ 220-650 เอดีเอ็มไอ พีเอชประมาณ 7.65-7.8 โออาร์พีอยู่ในช่วง + 250 ถึง+ 500 มิลลิโวลท์ ซึ่งมีค่าสีต่ำกว่าชนิดปกติ ค่าพีเอชสูงกว่าเล็กน้อย ส่วนค่าโออาร์พีต่ำกว่าชนิดปกติไม่มาก กล่าวโดยสรุปสารช่วยย้อมทำให้ค่าสีและค่าโออาร์พีเพิ่มขึ้น ส่วนพีเอชมีค่าลดลง

เมื่อพิจารณาโทนสี พบว่าค่าของสีในแต่ละตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากปริมาณสีย้อมที่เท่ากัน โทนสีน้ำเงินมีค่าของสีสูงกว่าโทนสีแดงและเหลือง แสดงว่าโทนสีน้ำเงินของสีย้อมเอซิดให้

ความรู้สึกในการมองเห็นสีสูงกว่าโทนสีแดงและเหลือง

เมื่อเปรียบเทียบค่าสีของน้ำเสียจากสีย้อมประเภทนี้กับน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์และรีแอคตีฟ พบว่ามีค่าต่ำมาก แต่บางโทนสีได้แก่โทนสีน้ำเงิน มีค่าสีใกล้เคียงกับสีย้อมแว็ต ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญของโรงงานฟอกย้อมหลายแห่งได้ให้ข้อมูลถึงสาเหตุการที่สีของน้ำเสียประเภทนี้มีค่าต่ำ เพราะในขบวนการย้อมด้วยสีย้อมประเภทนี้ เปอร์เซ็นต์การดูดซึมสีในการย้อมสูงมาก ดังนั้นปริมาณสีที่เหลือปะปนกับน้ำเสียมีปริมาณน้อย อีกทั้งปริมาณสีย้อมที่ใช้ต่อน้ำหนักผ้า, ด้ายหรือเส้นใยที่นำมาย้อมมีอัตราส่วนที่ต่ำ ปริมาณสีที่ย้อมไม่ติดจึงหลุดออกมาน้อยด้วย ในขณะที่ปริมาณน้ำที่ใช้ในการซักล้างมากพอ ๆ กับสีย้อมประเภทอื่น ๆ จึงทำให้น้ำเสียจากสีย้อมประเภทนี้มีค่าต่ำ แต่การวิจัยนี้ได้ทำการทดลองลดสีของน้ำเสียประเภทนี้ด้วยถึงแม้น้ำเสียดิบบางโทนสีมีค่าของสีต่ำ เพื่อจะได้ทราบถึงความยากง่ายในการลดสีของน้ำเสียประเภทนี้ไว้เป็นข้อมูลในการศึกษาหรือประยุกต์ใช้งานภายภาคหน้าต่อไป

4.4.2 <u>การลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์</u>

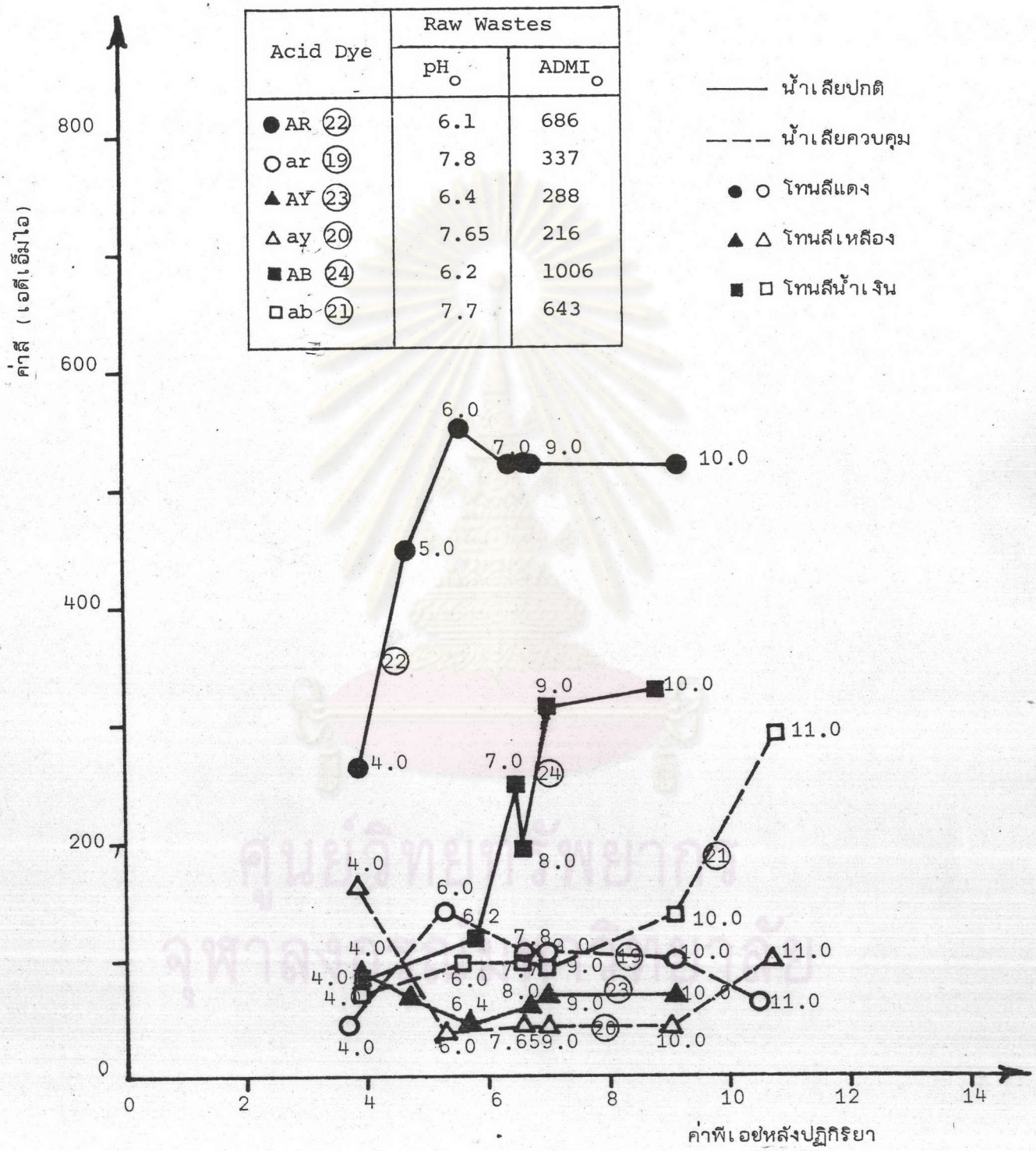
ผลการทดลองการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมเอซิด โดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์แสดงไว้ในรูปที่ 4.15-4.17 รวมทั้งตารางที่ 4.11-4.13

ผลการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำเสียจากสีย้อมเอซิดโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์คงที่ 125 มก/ลบ.ดม. ดังแสดงในรูปที่ 4.15 ชี้ให้เห็นว่าค่าพีเอชที่ลดสีได้ดีสำหรับน้ำเสียชนิดปกติ โทนสีแดง (AR 22) และโทนสีน้ำเงิน (AB 24) มีค่าอยู่ในช่วง 4-6.2 ในขณะที่ตัวอย่างน้ำเสียทั้งชนิดปกติและควบคุมอื่น ๆ (ar 19, ay 20, ab 21, AY 23) ถูกลดสีได้ดี ที่ค่าพีเอชช่วงกว้าง (4-11) ดังนั้นพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียชนิดปกติ (AR 22, AY 23 ถึง AB 24) ควรเป็น 5-6.4 และน้ำเสียชนิดควบคุม (ar 19, ay 20, ab 21) พีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมควรเท่ากับพีเอชน้ำเสียดิบ (7.65-7.8)

เมื่อนำพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมแล้วแต่กรณีดังกล่าวข้างต้นมาทำการทดลองต่อและแปรผันปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ในช่วง 25-225 มก-Cl/ลบ.ดม. ได้ผลและสรุปในทำนองเดียวกันกับในหัวข้อที่ 4.1.4 นำผลที่ได้มาแสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดสีเทียบกับความเข้มข้นของโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ดังแสดงในรูปที่ 4.16-4.17 ผลการทดลองอันสรุปไว้ในตารางที่ 4.11-4.13 แสดงให้ทราบว่า โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์สามารถลดสีน้ำเสียที่

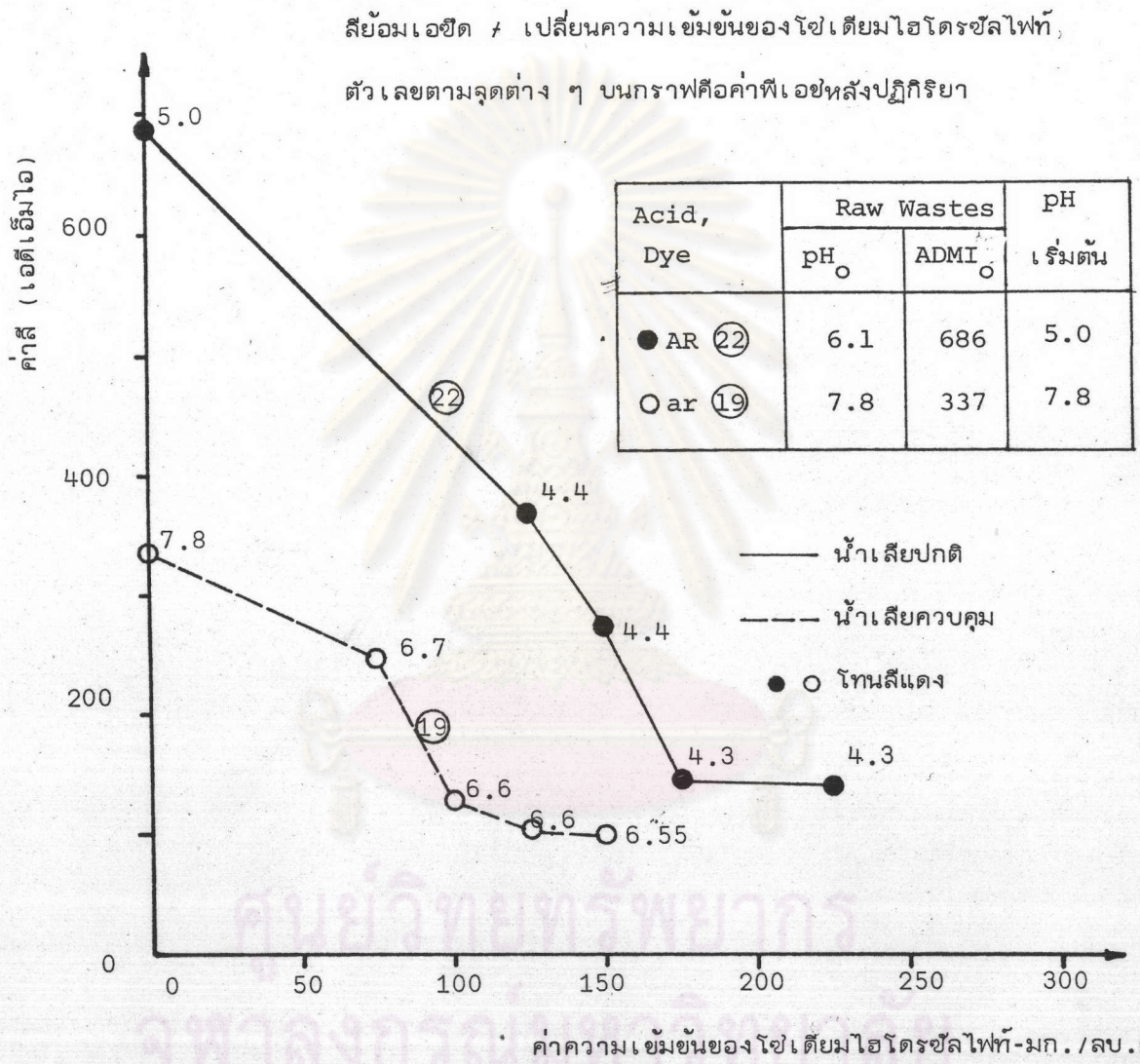
ลียอมเอซิด / เปลี่ยนค่าพีเอช
ปริมาณ โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์คงที่ (125 มก/ลบ.ดม.)
ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชก่อนทำปฏิกิริยากับ $Na_2S_2O_4$

Acid Dye	Raw Wastes	
	pH_o	$ADMI_o$
● AR (22)	6.1	686
○ ar (19)	7.8	337
▲ AY (23)	6.4	288
△ ay (20)	7.65	216
■ AB (24)	6.2	1006
□ ab (21)	7.7	643

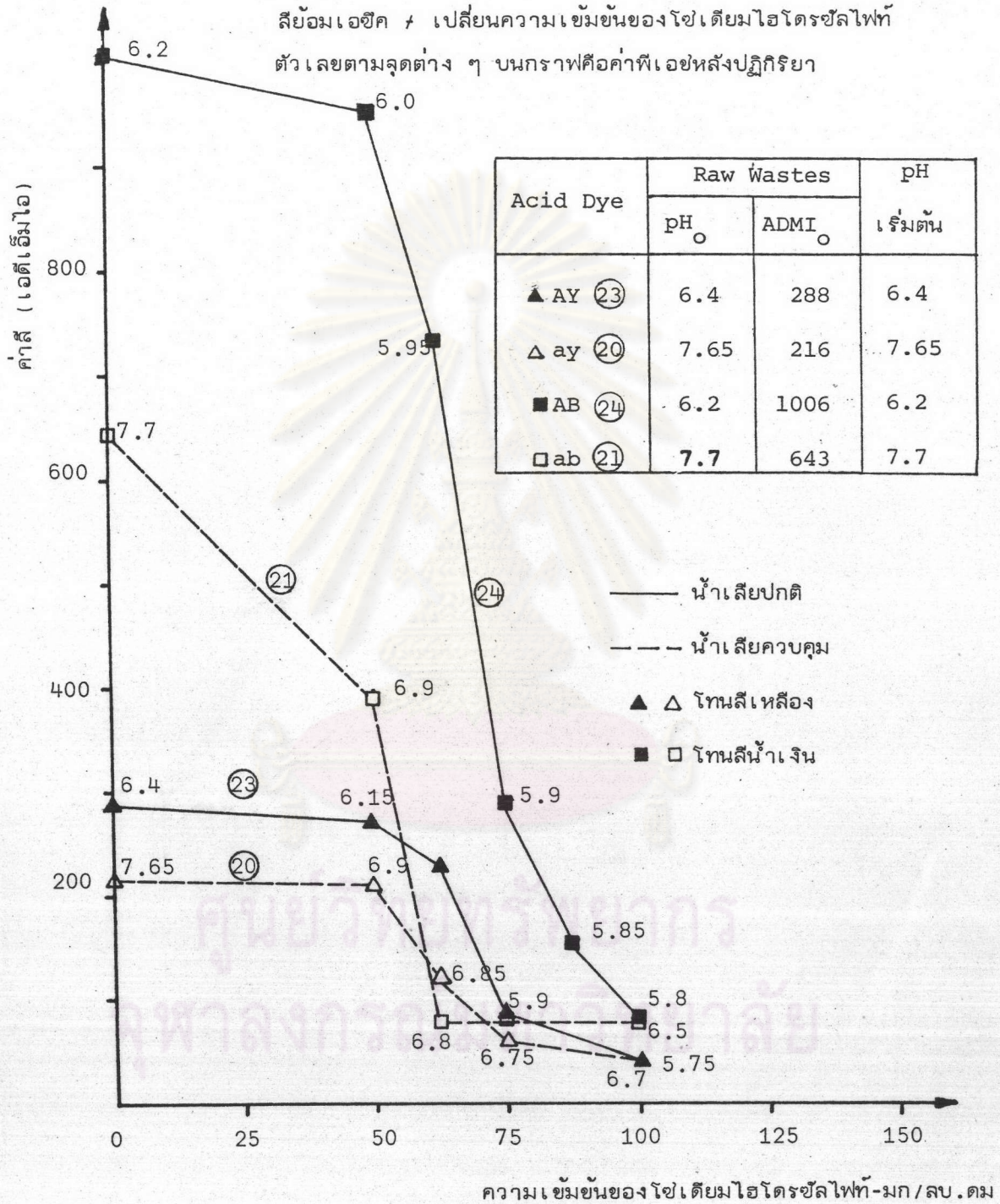


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา : ลียอมเอซิดและสารเคมี 125 มก/ลบ.ดม. $Na_2S_2O_4$ คงที่

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.16 ผลการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเอซีดเทียบกับปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์



Acid Dye	Raw Wastes		pH
	pH_o	$ADMI_o$	เริ่มต้น
▲ AY (23)	6.4	288	6.4
△ ay (20)	7.65	216	7.65
■ AB (24)	6.2	1006	6.2
□ ab (21)	**7.7**	643	7.7

รูปที่ 4.17 ผลการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเอซิดเทียบกับปริมาณโซเดียม - ไฮโดรซัลไฟท์

ตารางที่ 4.11 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมเอซิดโทนสีแดง)

สีย้อม เอซิด โทนสี แดง สัญญลักษณ์ ar 19, AR 22

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม ar 19		ปกติ AR 22	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.8		6.1	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 515		+ 580	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			337		686	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.) + 0.2N HCl (ลบ.ซม./ลบ.ดม)		H_2O_2 (มก/ลบ.ดม., H_2O_2)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม/ลบ.ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.8	5.0	7.8	6.1	7.8	3.0
เวลาสัมผัส (นาที)	20	20	60	60	50	50
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	125 + 0	150 + 5.5	440	440	34.5 + 0	46.0 22 ± 61
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 610	- 490	+ 230	+ 245	+ 685	+ 960
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.6	4.4	7.95	5.8	8.6	3.15
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	105	275	337	686	130	187
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	68.8	59.9	0	0	61.4	72.7
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	4.5+0** = 4.5	5.5+0.3** = 5.8	20+0** = 20	20+0** = 20	1.5+0** = 1.5	2.07+1.3** = 3.37
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดยันรีดักยัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.12 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมเอซิดโทนสีเหลือง)

สีย้อม เอซิด โทนสี เหลือง สัญญลักษณ์ ay 20, AY 23

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม ay 20		ปกติ AY 23	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.65		6.4	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+365		+ 490	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			216		288	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.)		H_2O_2 (มก/ลบ.ดม., H_2O_2) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม/ลบ.ดม)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.65	6.4	7.65	9.0	7.65	6.4
เวลาสัมผัส (นาที)	10	10	60	60	10	20
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	75	75	440 + 0	440 + 26	2.875	4.6
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 385	- 345	+ 215	+ 100	+ 590	+ 750
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.75	5.9	7.85	8.8	7.95	7.75
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	60	87	216	288	nil	nil
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	72.2	69.8	0	0	99	99
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	2.75+0** = 2.75	2.75+0** = 2.75	20+0** = 20	20+2.6** = 22.6	0.13+0** = 0.13	0.21+0** = 0.21
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.13 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมเอซิดโทนสีน้ำเงิน)

สีย้อม เอซิด โทนสี น้ำเงิน สัญลักษณ์ ab 21, AB 24

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม ab 21		ปกติ AB 24	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.7		6.2	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 240		+ 330	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			643		1006	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.)		H_2O_2 ไมก/ลบ.ดม., H_2O_2) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม/ลบ.ดม)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม/ลบ.ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.7	6.2	9.0	9.0	6.0	6.2
เวลาสัมผัส (นาที)	10	10	60	60	20	10
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	62.5	75	440 + 13.7	440 + 21.2	23.0 + 8.61	23.0 + 0
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 520	- 320	+ 125	+ 145	+ 845	+ 760
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.8	5.9	8.85	8.75	6.5	6.7
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	79	290	643	1006	293	300
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	87.7	71.2	0	0	54.4	70.2
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	2.30+0** = 2.30	2.75+0** = 2.75	20+1.4** = 21.4	20+2.1** = 22.1	1.0+0.5** = 1.5	1.0+0** = 1.0
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

เกิดจากสีย้อมเอซิดชนิดปกติ โทนสีแดง (AR 22) สีเหลือง (AY 23) สีน้ำเงิน (AB 24) ลงได้เป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถลดค่าสีลงได้ประมาณร้อยละ 60-90 และใช้ปริมาณโซเดียม-ไฮโดรซัลไฟท์ประมาณ 75-150 มก/ลบ.ดม. (2.75-5.8 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือประมาณ 87-290 เอดีเอ็มไอ แต่ยังมีพีเอชหลังการบำบัดของตัวอย่างน้ำโทนสีแดง (AR 22) มีค่าประมาณ 4.4 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จะต้องปรับพีเอชของน้ำเสียอยู่ในช่วง 5-9 ก่อน น้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้

ส่วนตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุมทั้งหมด (ar 19, ay 20, ab 21) ถูกลดสีลงได้เป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 68.8-87.7 และใช้ปริมาณโซเดียม-ไฮโดรซัลไฟท์ประมาณ 62.5-125 มก/ลบ.ดม. (2.30-4.50 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือประมาณ 60-105 เอดีเอ็มไอ แสดงให้ทราบว่าสารช่วยย้อมมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเอซิดโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์น้อยมาก

ส่วนโออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติ (AR 22, AY 23, AB 24) มีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 330 ถึง + 600 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ - 320 ถึง - 490 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (ar 19, ay 20, ab 21) โออาร์พีลดลงจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 240 ถึง + 515 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ - 385 ถึง - 610 มิลลิโวลท์

ผลการทดลองยังแสดงให้ทราบอีกว่าเวลาสัมผัสในการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเอซิดโดยโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์อยู่ในช่วง 10-30 นาที

4.4.3 <u>การลดสีโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์</u>

ในทำนองเดียวกันกับในหัวข้อที่ 4.2.2 ผลการทดลองการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเอซิดโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แสดงไว้ในรูปที่ ผ 1.18 - ผ 1.21 ในภาคผนวก 1 รวมทั้งในตารางที่ 4.11-4.13

การทดลองเพื่อหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเอซิดโดยใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คงที่ 746 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. เทียบกับพีเอชก่อนและหลังปฏิกิริยา ดังแสดงไว้ในรูปที่ ผ 1.18 ซึ่งให้เห็นว่าพีเอชในช่วง 4-11 ไม่มีผลต่อการลดสีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเอซิดทั้งหมด โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และค่าสีของน้ำเสียไม่มีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงจากค่าเริ่มต้นได้

รูปที่ ผ 1.19 - ผ 1.21 แสดงประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเอซิดและค่าโออาร์พีเทียบกับเวลาสัมผัส โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารลดสี และใช้พีเอชเริ่มต้นเท่ากับพีเอชน้ำเสียดิบสำหรับน้ำเสียโทนสีแดง (AR 22, ar 19) และโทนสีเหลือง (ay 20) ส่วนน้ำเสียโทนสีน้ำเงิน (AB 24, ab 21) และโทนสีเหลือง (AY 23) ใช้พีเอชเริ่มต้นประมาณ 9.0 ทั้งนี้เพราะผลการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคสามารถกระทำได้ผลเมื่อพีเอชเริ่มต้นเป็นด่าง (ช่วง 9-10) จึงคาดว่าช่วงพีเอชดังกล่าวน่าจะทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำปฏิกิริยาได้ดีที่สุด ผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.11-4.13 แสดงให้ทราบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไม่สามารถลดสีของตัวอย่างน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเอซิดลงได้ แม้ว่าใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในปริมาณที่สูงถึง 440 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. (20 บาท/$ม^3$) และเวลาสัมผัสนานถึง 60 นาที แล้วก็ตาม

ส่วนโออาร์พีสำหรับน้ำเสียชนิดปกติ (Ay 23, AB 24) มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ซึ่งอยู่ในช่วง + 95 ถึง + 110 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 100 ถึง + 145 มิลลิโวลท์ ในขณะที่โทนสีแดง (AR 22) มีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้น + 580 มิลลิโวลท์จนมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 245 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (ar 19, ay 20) โออาร์พีลดลงจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 365 ถึง + 515 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 215 ถึง + 230 มิลลิโวลท์ ในขณะที่โทนสีน้ำเงิน (ab 21) โออาร์พีเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น + 100 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 125 มิลลิโวลท์

4.4.4 <u>การลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์</u>

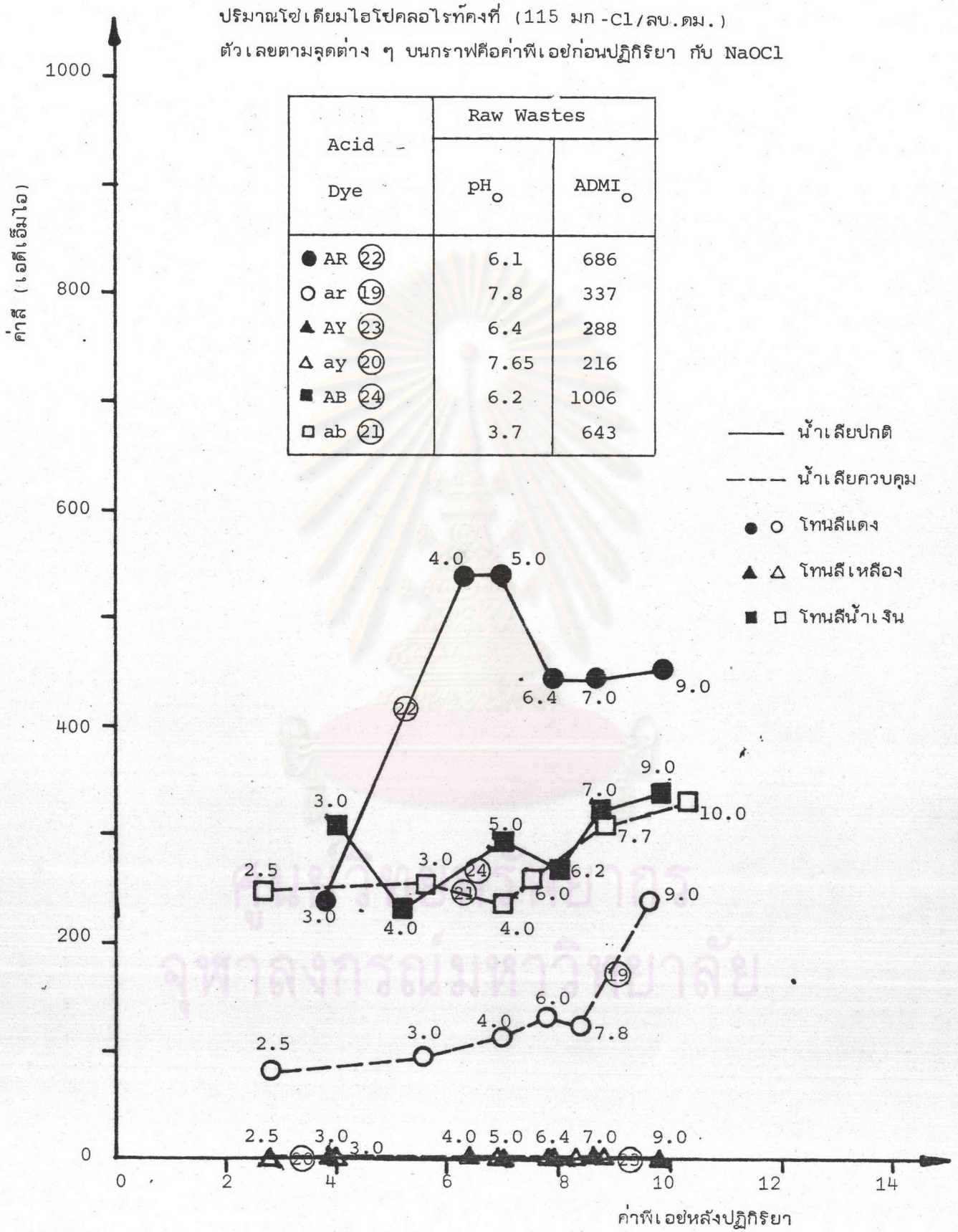
ในทำนองเดียวกันผลการทดลองการลดสีน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเอซิดโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ แสดงไว้ในรูปที่ 4.18 และ 4.19 รวมทั้งตารางที่ 4.11-4.13

ผลการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเอซิดโดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์คงที่ 115 มก-Cl/ลบ.ดม. แสดงไว้ในรูปที่ 4.18 จะเห็นว่าตัวอย่างน้ำเสียเกือบทั้งหมด (ar 19, ay 20, ab 21, AY 23, AB 24) ถูกลดสีได้ดีที่พีเอชช่วง 2.5-7.8 พีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมควรเท่ากับพีเอชของน้ำเสียดิบ ส่วนน้ำเสียชนิดปกติโทนสีแดง (AR 22) พีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมประมาณ 3

เมื่อนำค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมแล้วแต่กรณีดังกล่าวข้างต้นมาทำการทดลองต่อโดยแปรผันปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ในช่วง 1.15-57.5 มก-Cl/ลบ.ดม. ได้ผลและสรุปในทำนอง

ลียอมเอซิด / เปลี่ยนค่าพีเอช
ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์คงที่ (115 มก-Cl/ลบ.ดม.)
ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชก่อนปฏิกิริยา กับ NaOCl

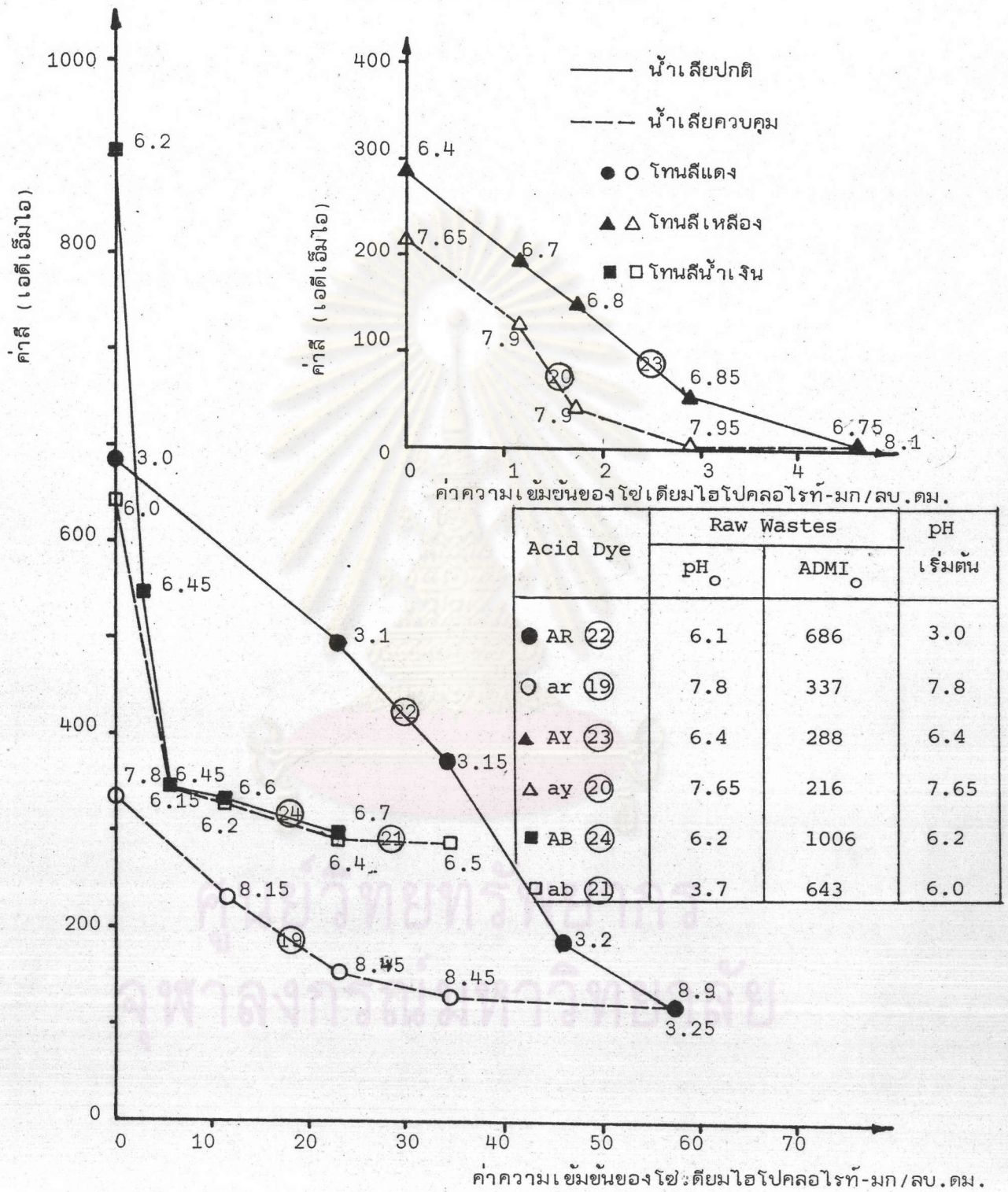
Acid – Dye	Raw Wastes	
	pH_o	$ADMI_o$
● AR (22)	6.1	686
○ ar (19)	7.8	337
▲ AY (23)	6.4	288
△ ay (20)	7.65	216
■ AB (24)	6.2	1006
□ ab (21)	3.7	643



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสีกับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา : ลียอมเอซิดและสารเคมี 115 มก-Cl/ลบ.ดม. NaOCl คงที่

ลีย้อมเอซิด ๗ เปลี่ยนความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรท์

ตามจุดต่าง ๆ บนกราฟแสดงค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา



Acid Dye	Raw Wastes		pH
	pH_o	$ADMI_o$	เริ่มต้น
● AR (22)	6.1	686	3.0
○ ar (19)	7.8	337	7.8
▲ AY (23)	6.4	288	6.4
△ ay (20)	7.65	216	7.65
■ AB (24)	6.2	1006	6.2
□ ab (21)	3.7	643	6.0

รูปที่ 4.19 ผลการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเอซิดเทียบกับปริมาณโซเดียม-ไฮโปคลอไรท์

เดียวกันกับในหัวข้อที่ 4.1.4 นำผลที่ได้มาแสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดสี น้ำเสียเทียบกับความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.11-4.13 ทำให้ทราบว่า โซเดียมไฮโปคลอไรต์สามารถลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมเอซิดชนิดปกติโทนสีแดง (AR 22), สีเหลือง (AY 23) และสีน้ำเงิน (AB 24) ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถลดสีลงได้ร้อยละ 70-99 และใช้ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพียง 4.6-46.0 มก-Cl/ลบ.ดม. (0.21-3.37 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือต่ำกว่า 300 เอดีเอ็มไอ แต่ยังมีน้ำเสียโทนสีแดง (AR 22) ที่พีเอชหลังการบำบัดมีค่าประมาณ 3.15 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะต้องปรับพีเอชของน้ำเสียให้มีค่าอยู่ในช่วง 5-9 ก่อน น้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้

สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (ar 19, ay 20, ab 21) ถูกลดสีลงได้เป็นที่น่าพอใจเช่นกันโดยสามารถลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 54.4-99 และใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์เพียงประมาณ 2.87-34.5 มก-Cl/ลบ.ดม. (0.13-1.5 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือต่ำกว่า 300 เอดีเอ็มไอ และทำให้ทราบว่าสารช่วยย้อมมีผลกระทบน้อยมากต่อประสิทธิภาพการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเอซิด โดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นสารลดสี

ส่วนโออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติ (AR 22, AY 23, AB 24) มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 330 ถึง + 600 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 750 ถึง + 960 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (ar 19, ay 20, ab 21) ค่าโออาร์พีเพิ่มจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 350 ถึง + 515 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 590 ถึง + 845 มิลลิโวลท์

ผลการทดลองยังแสดงให้ทราบอีกว่า เวลาสัมผัสในการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเอซิดอยู่ในช่วง 10-50 นาที

4.5 สีย้อมเบสิค

4.5.1 ลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเบสิคมีค่าสีค่อนข้างต่ำ สารช่วยย้อมที่เจือปนในน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นเกลือโซเดียมซัลเฟตและกรดอะซีติค จึงทำให้พีเอชของน้ำเสียมีค่าต่ำ

ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นตัวแทนของน้ำเสียประเภทนี้อันเกิดในภาคสนามได้แก่ ตัวอย่างน้ำ br 25, by 26, bb 27, BR 28, BY 29, BB 30 มีค่าสีประมาณ

330-1050 เอดีเอ็มไอ และพีเอชมีค่าประมาณ 3.6-4.0 ส่วนค่าโออาร์พีอยู่ในช่วง + 450 ถึง + 600 มิลลิโวลท์ (ดูตารางที่ 4.1)

สำหรับตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุมได้แก่ br 25, by 26, bb 27 มีค่าสีประมาณ 300-800 เอดีเอ็มไอ และพีเอชมีค่าประมาณ 7.3-7.65 ส่วนค่าโออาร์พีอยู่ในช่วง + 180 ถึง + 220 มิลลิโวลท์ ซึ่งมีค่าสีต่ำกว่าชนิดปกติ พีเอชมีค่าสูงกว่า ส่วนโออาร์พีมีค่าต่ำกว่าน้ำเสียชนิดปกติ กล่าวโดยสรุปสารช่วยย้อมมีผลทำให้ค่าสีเพิ่มขึ้นและค่าพีเอชลดลง ส่วนโออาร์พีมีค่าสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาโทนสีพบว่าค่าสีในแต่ละตัวอย่างน้ำที่เกิดจากปริมาณสีย้อมที่เท่ากัน โทนสีน้ำเงินมีค่าสูงกว่าโทนสีเหลืองและแดง แสดงว่าโทนสีน้ำเงินของสีย้อมเบสิคให้ความรู้สึกในการเห็นสีสูงกว่าโทนสีเหลืองและแดง

ค่าสีของน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคบางโทนสีมีค่าต่ำได้แก่ โทนสีแดงและเหลือง ที่เป็นเช่นนี้เพราะในขบวนการย้อมผ้า ,เส้นใยด้วยสีย้อมเบสิค เปอร์เซ็นต์การดูดซึมมีค่าสูงมากและปริมาณสีย้อมต่อน้ำหนักผ้ามีอัตราส่วนที่ต่ำ ดังนั้นปริมาณสีย้อมที่หลุดและเจือปนออกมากับน้ำซักล้างเนื่องจากการย้อมไม่ติดเนื้อผ้าหรือด้าย จึงมีปริมาณน้อยตามไปด้วย ทำให้สีของน้ำเสียมีค่าต่ำ ซึ่งเป็นเช่นเดียวกันกับขบวนการย้อมผ้าหรือด้ายด้วยสีย้อมเอซิด

4.5.2 <u>การลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์</u>

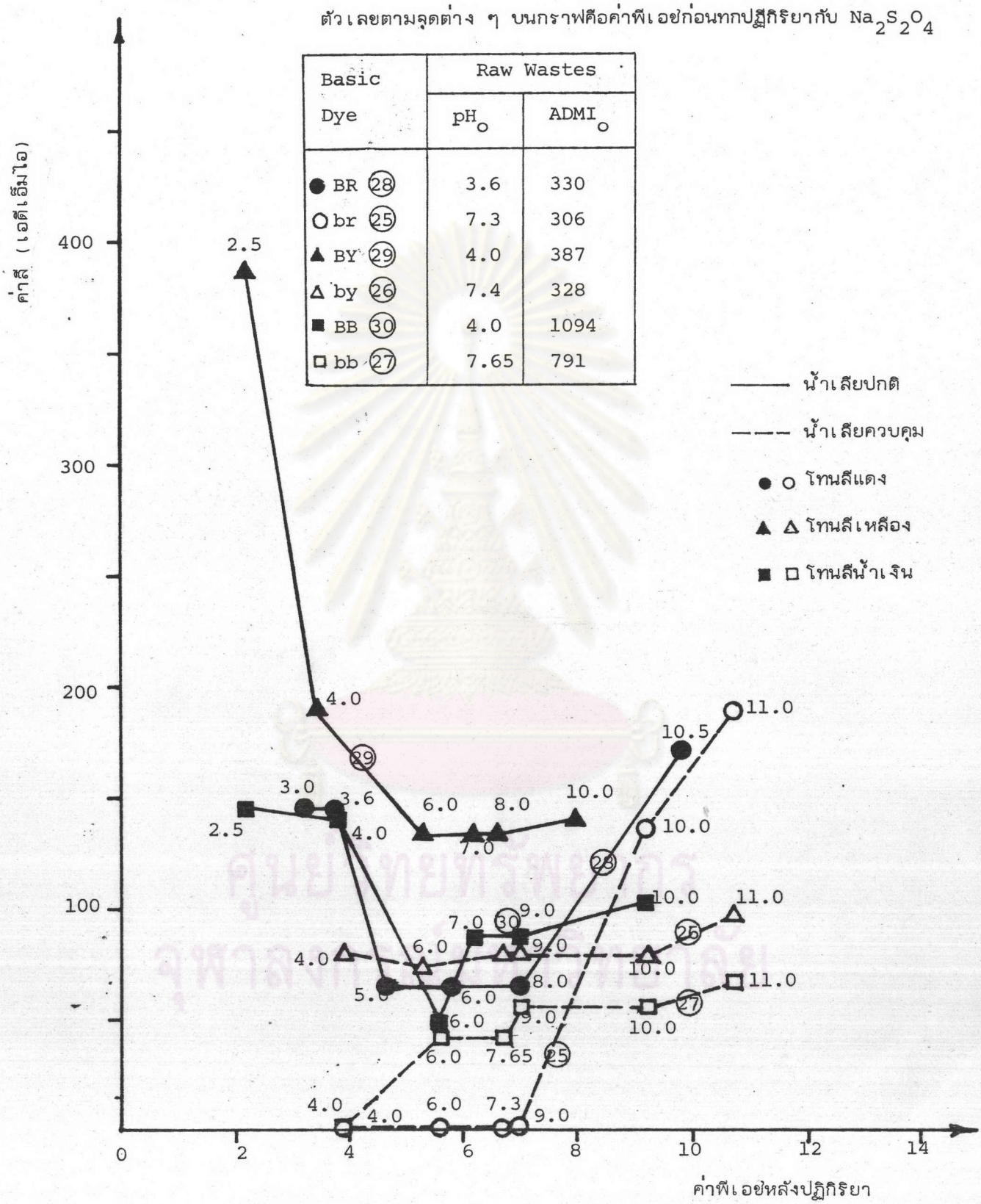
ผลการทดลองการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเบสิคโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์แสดงไว้ในรูปที่ 4.20 และ 4.21 รวมทั้งตารางที่ 4.14-4.16

การทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์คงที่ 125 มก/ลบ.ดม. แสดงไว้ในรูปที่ 4.20 จะเห็นว่าตัวอย่างน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคชนิดปกติ (BR 28, BY 29, BB 30) ถูกลดสีได้ดีในช่วงพีเอชเริ่มต้นประมาณ 6-8 สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (br 25, by 26, bb27) มีค่าอยู่ในช่วงที่กว้างกว่าคือ 4-10 ซึ่งพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของตัวอย่างน้ำเสียทั้งหมดควรอยู่ในช่วง 6-8

หลังจากได้ค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมแล้ว นำค่าดังกล่าวแล้วแต่กรณี มาทำการทดลองต่อไปโดยแปรผันปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ในช่วง 25-150 มก/ลบ.ดม. ได้ผลและสรุปในทำนองเดียวกันกับในหัวข้อที่ 4.1.4 นำผลที่ได้มาแสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดสีเทียบกับ

ลียอ้มเบสิค / เปลี่ยนค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา
ปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์คงที่ (125 มก/ลบ.ดม.)
ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชก่อนทกปฏิกิริยากับ $Na_2S_2O_4$

Basic Dye	Raw Wastes	
	pH_o	$ADMI_o$
● BR (28)	3.6	330
○ br (25)	7.3	306
▲ BY (29)	4.0	387
△ by (26)	7.4	328
■ BB (30)	4.0	1094
□ bb (27)	7.65	791

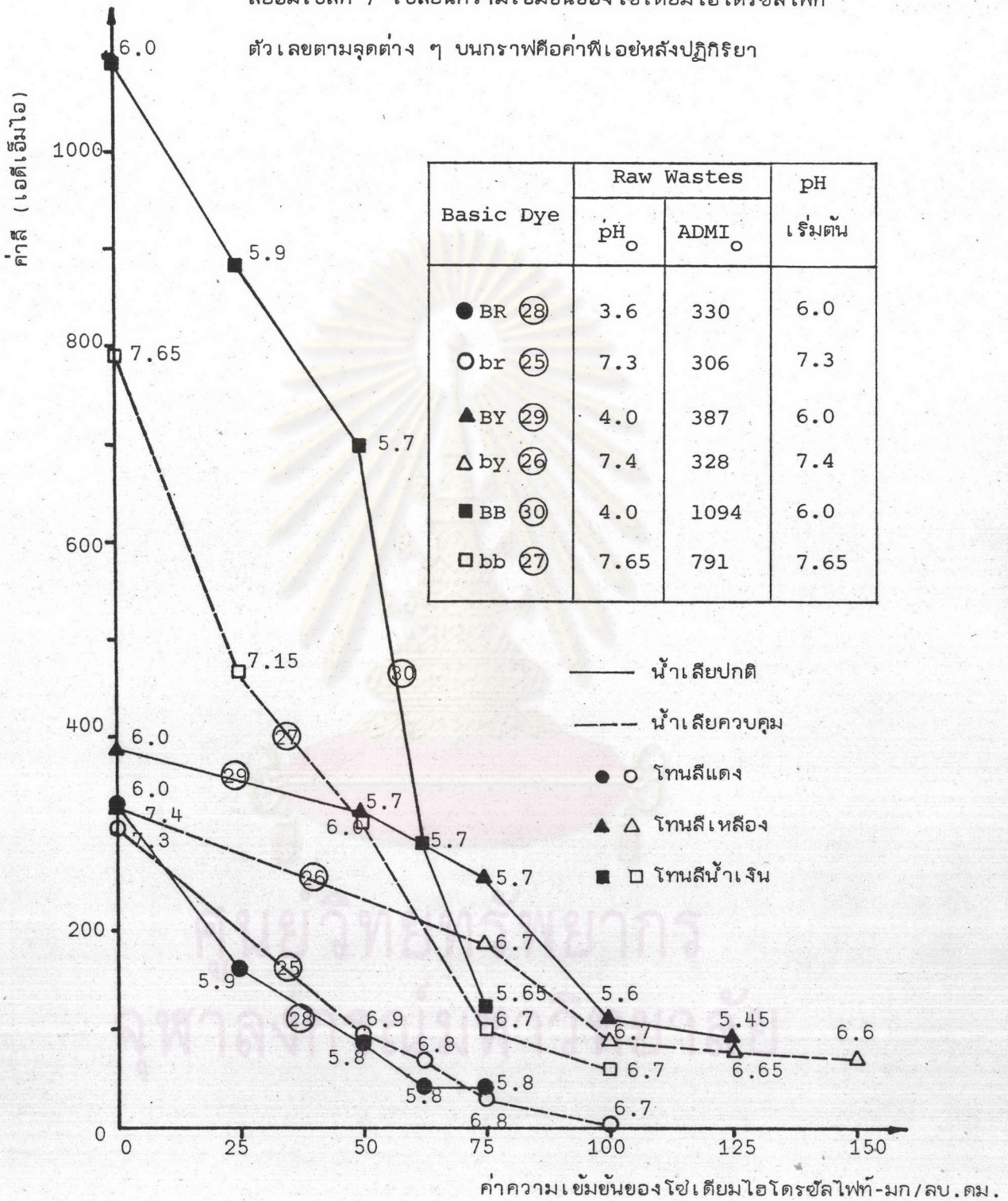


รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา : สีย้อมเบสิคและสารเคมี 125 มก/ลบ.ดม. $Na_2S_2O_4$ คงที่

ลียอมเบลิค / เปลี่ยนความเข้มข้นของโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์

ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา

Basic Dye	Raw Wastes		pH
	pH_o	$ADMI_o$	เริ่มต้น
● BR (28)	3.6	330	6.0
○ br (25)	7.3	306	7.3
▲ BY (29)	4.0	387	6.0
△ by (26)	7.4	328	7.4
■ BB (30)	4.0	1094	6.0
□ bb (27)	7.65	791	7.65



รูปที่ 4.21 ผลการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสียอมเบสิคเทียบกับปริมาณโซเดียม-ไฮโดรซัลไฟท์

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมเบสิคโทนสีแดง)

สีย้อม เบสิค โทนสี แดง สัญญลักษณ์ br 25, BR 28

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม br 25		ปกติ BR 28	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.3		3.6	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 220		+ 590	
ค่ายองลี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			306		330	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม./ลบ.ดม)		H_2O_2 (มก/ลบ.ดม., H_2O_2) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม/ลบ.ดม)		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.3	6.0	9.0	9.0	7.3	3.6
เวลาสัมผัส (นาที)	10	30	40	60	30	20
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	75 + 0	62.5 + 164	43.5 + 2.5	18.0 + 51.3	5.75	5.75
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 390	+ 25	+ 210	+ 115	+ 665	+ 895
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.8	5.8	9.0	8.9	7.8	3.65
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	30	42	146	160	129	140
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	90.2	87.3	52.3	51.5	57.8	57.6
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	2.75+0** = 2.75	2.3+1.6** = 3.90	2.0+0.25** = 2.25	0.8+5.1** = 5.9	0.26+0** = 0.26	0.26+0** = 0.26
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.15 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมเบสิคโทนสีเหลือง)

สีย้อม เบสิค โทนสี เหลือง สัญญลักษณ์ by 26, BY 29

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม by 26		ปกติ BY 29	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.4		4.0	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 180		+ 460	
ค่าของสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			328		387	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม./ลบ.ดม)		H_2O_2 ไมก/ลบ.ดม., H_2O_2) + 0.2N NaOH(ลบ.ซม./ลบ.ดม		NaOCl (มก/ลบ.ดม., Cl)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.4	6.0	9.0	9.0	7.4	4.0
เวลาสัมผัส (นาที)	10	10	30	50	20	10
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	100 + 0	100 + 17.3	217 + 2.75	58 + 19.25	2.87	5.75
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 480	- 490	+ 220	+ 135	+ 575	+ 825
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.7	5.6	8.9	8.8	7.65	4.0
ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	90	112	85	130	nil	nil
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	72.6	71.0	74.1	66.4	99	99
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/m^3)	3.6+0** = 3.6	3.6+1.7** = 5.3	10.0+0.28** = 10.3	2.66+1.9** = 4.5	0.13+0** = 0.13	0.26+0** = 0.26
การยอมรับของสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ	ยอมรับ

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 4.16 สรุปผลการทดลองการลดสีน้ำเสีย (สีย้อมเบสิคโทนสีน้ำเงิน)

สีย้อม เบสิค โทนสี น้ำเงิน สัญญลักษณ์ bb 27, BB 30

ประเภทน้ำเสีย			ควบคุม bb 27		ปกติ BB 30	
ค่าพีเอช น้ำเสีย (pH_o)			7.65		4.0	
ค่าโออาร์พี เป็นมิลลิโวลท์ (ORP_o)			+ 220		+ 560	
ค่ายอมสี เป็นเอดีเอ็มไอ ($ADMI_o$)			791		1094	
สารเคมีที่ใช้ / ข้อมูลสรุป	$Na_2S_2O_4$ (มก/ลบ.ดม.) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม/ลบ.ดม)		H_2O_2 ไมก/ลบ.ดม.,H_2O_2) + 0.2N NaOH (ลบ.ซม/ลบ.ดม)		NaOCl (มก/ลบ.ดม.,Cl) + 0.2N HCl (ลบ.ซม./ลบ.ดม)	
	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ	น้ำเสียควบคุม	น้ำเสียปกติ
พีเอชที่เหมาะสม *	7.65	6.0	10.0	10.0	3.0	3.0
เวลาสัมผัส (นาที)	10	5	50	50	60	60
ปริมาณสารเคมีที่ใช้	75 + 0	75 + 18.5	217 + 9.1	145 + 22.9	8.625 + 21.9	11.5 + 20
ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ ***	- 415	- 440	+ 140	+ 90	+ 965	+ 980
ค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา	6.7	5.65	9.85	9.8	3.0	3.0
ค่าสียองน้ำเสียหลังการบำบัด (เอดีเอ็มไอ)	100	125	355	350	179	220
ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ)	87.3	88.6	55.1	68.0	77.4	79.9
ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/$ม^3$)	2.75+0** = 2.75	2.75+0** = 2.75	10.0+0.9** = 10.90	6.67+2.3** = 9.0	0.39+1.3** = 1.69	0.52+1.17** = 1.68
การยอมรับยองสีในน้ำทิ้ง (< 300 ADMI)	ยอมรับ	ยอมรับ	ไม่	ไม่	ยอมรับ	ยอมรับ

* หมายถึง พีเอชที่ปรับให้เหมาะสมก่อนทำปฏิกิริยา

** ค่าตัวเลขตัวหน้าหมายถึงราคาค่าสารออกซิเดชันรีดักชัน ตัวเลขตัวหลังหมายถึงราคาค่าสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชยองน้ำเสีย (ดูราคาสารเคมีและวิธีคิดค่าใช้จ่ายในบทที่ 5 และภาคผนวก 2)

*** ค่าโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ หมายถึงค่าโออาร์พีหลังการเติมสารลดสีที่ลดลงถึงระดับต่ำสุดหรือเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุดและมีแนวโน้มคงที่

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ดังแสดงในรูปที่ 4.21 ผลการทดลองอันสรุปไว้ในตาราง ที่ 4.14 - 4.16 ทำให้ทราบว่าโซเดียมไฮโดรซัลไฟท์สามารถลดสีของน้ำเสียย้อมปกติทุกโทนสี (BR 28, BY 29, BB 30) ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 71-88.6 และใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ประมาณ 62.5-100 มก/ลบ.ดม. (2.75-5.3 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำสีหลังการบำบัดเหลือเพียง 42-125 เอดีเอ็มไอ

สำหรับตัวอย่างน้ำเสียย้อมควบคุมทั้งหมด (br 25, by 26, bb 27) ถูกลดสีลงได้เป็นที่น่าพอใจเช่นกัน โดยสามารถลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 72.6-90.2 และใช้ปริมาณโซเดียม-ไฮโดรซัลไฟท์ประมาณ 75-100 มก/ลบ.ดม. (2.75-3.6 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือประมาณ 30-100 เอดีเอ็มไอ แสดงให้ทราบว่าสารช่วยย้อมมีผลกระทบน้อยมากต่อประสิทธิ-ภาพการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์เป็นสารลดสี

ส่วนโออาร์พี สำหรับน้ำเสียย้อมปกติ (BR 28, BY 29, BB 30) มีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 160 ถึง + 180 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 25 ถึง - 490 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียย้อมควบคุม (br 25, by 26, bb 27) โออาร์พีมีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 180 ถึง + 220 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ - 390 ถึง - 480 มิลลิโวลท์

ผลการทดลองยังแสดงให้ทราบว่า เวลาสัมผัสในการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคโดยใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์อยู่ในช่วง 5-30 นาทีเท่านั้น

4.5.3 <u>การลดสีโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์</u>

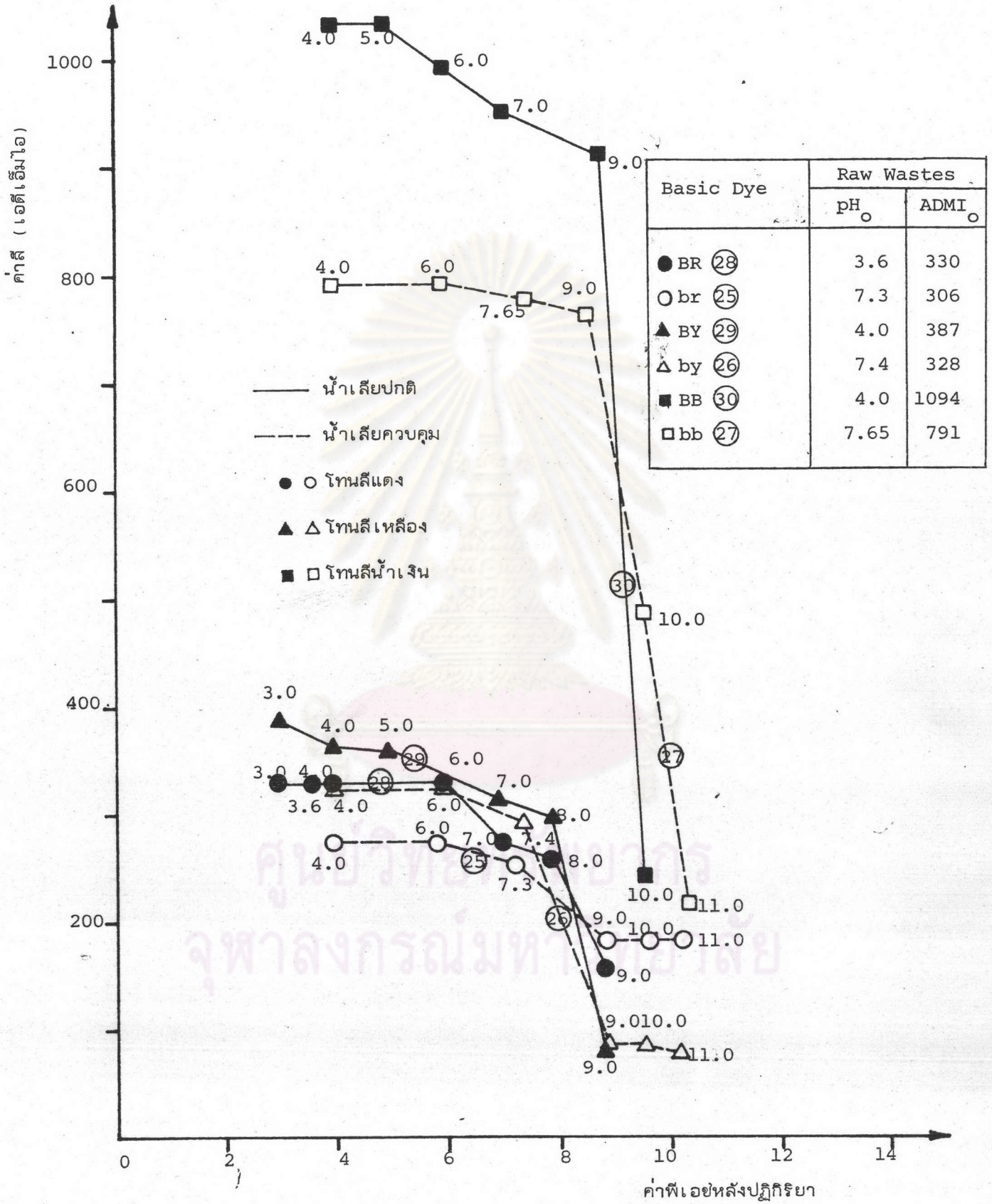
ผลการทดลองการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมเบสิค โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แสดงไว้ในรูปที่ 4.22 และ 4.23 รวมทั้งในตารางที่ 4.14 - 4.16

ผลการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของการลดสีจากสีย้อมเบสิคโดยใช้ไฮโดร-เจนเปอร์ออกไซด์คงที่ 746 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.22 ผลการทดลอง สรุปได้ว่าตัวอย่างน้ำเสียเกือบทั้งหมด (br 25, by 26, BR 28, BY 29) ถูกลดสีได้ดีในช่วงพีเอช 9-11 ส่วนน้ำเสีย BB 30 และ bb 27 พีเอชที่ลดสีได้ดีมีค่าประมาณ 10 และ 11 ตามลำดับ ซึ่งพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำเสียทุกตัวอย่างควรเป็นช่วง 9-10

สีย้อมเบสิค / เปลี่ยนค่าพีเอช

ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คงที่ (746 มก-H_2O_2/ลบ.ดม.H_2O_2

ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชก่อนทำปฏิกิริยากับ H_2O_2



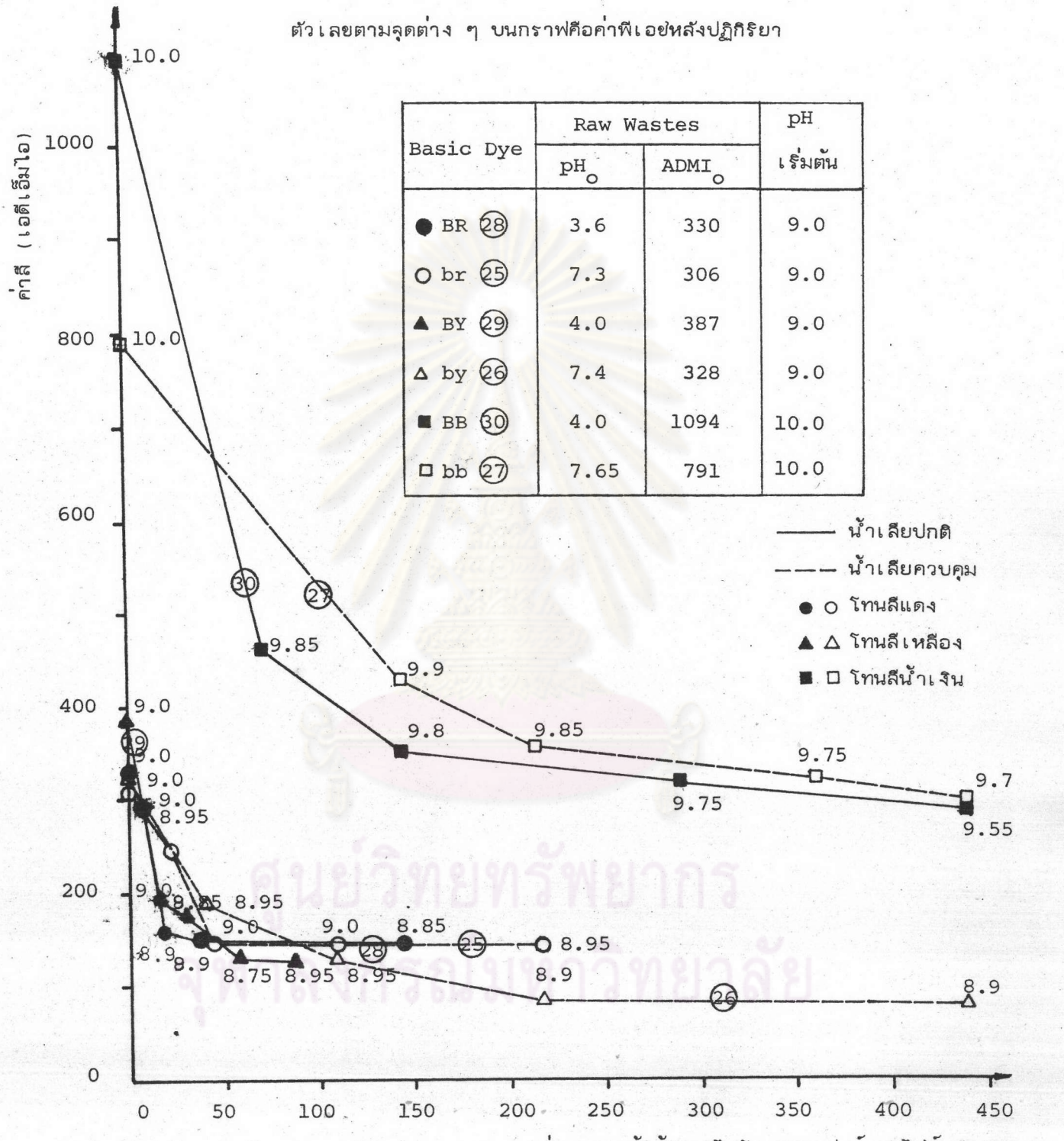
Basic Dye	Raw Wastes	
	pH_o	$ADMI_o$
● BR (28)	3.6	330
○ br (25)	7.3	306
▲ BY (29)	4.0	387
△ by (26)	7.4	328
■ BB (30)	4.0	1094
□ bb (27)	7.65	791

รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี กับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา : สีย้อมเบสิค และสารเคมี 746 มก-H_2O_2 /ลบ.ดม. คงที่

ลียอมเบลิค / เปลี่ยนความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา

Basic Dye	Raw Wastes		pH
	pH_o	$ADMI_o$	เริ่มต้น
● BR (28)	3.6	330	9.0
○ br (25)	7.3	306	9.0
▲ BY (29)	4.0	387	9.0
△ by (26)	7.4	328	9.0
■ BB (30)	4.0	1094	10.0
□ bb (27)	7.65	791	10.0



รูปที่ 4.23 ผลการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเบสิคเทียบกับปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

หลังจากได้พีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมแล้ว นำค่าพีเอชเริ่มต้นดังกล่าวแล้วแต่กรณีมาทำการทดลองต่อโดยแปรผันปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในช่วง 7.46-440 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. ได้ผลและสรุปทำนองเดียวกันกับในหัวข้อที่ 4.1.4 ได้ผลเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดสีเทียบกับความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ดังแสดงในรูปที่ 4.23 และผลการทดลองที่สรุปไว้ในตารางที่ 4.14-4.16 ทำให้ทราบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถลดสีน้ำเสียชนิดปกติ โทนสีแดง (BR 28) และโทนสีเหลือง (BY 29) ลงได้เป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 51.5-66.4 และใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ประมาณ 18-58 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. (4.5-5.9 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือประมาณ 130-160 เอดีเอ็มไอ

ส่วนน้ำเสียโทนสีน้ำเงินชนิดปกติ (BB 30) สามารถลดสีลงได้ถึงร้อยละ 68 แต่ใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงถึง 145 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. (9 บาท/$ม^3$) ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือประมาณ 355 เอดีเอ็มไอ และพีเอชหลังการบำบัดยังมีค่าสูงประมาณ 9.8 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จะต้องปรับพีเอชน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 5-9 ก่อนน้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้

สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (br 25, by 26, bb 27) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 52.3-74 โดยที่โทนสีแดง (br 25) ใช้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียง 43.5 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. (2.25 บาท/$ม^3$) ส่วนโทนสีเหลือง (by 26) และโทนสีน้ำเงิน (bb 27) ใช้สูงถึง 217 มก-H_2O_2/ลบ.ดม. (10.5 บาท/$ม^3$) ค่าสีหลังการบำบัดของโทนสีแดง (br 25) และสีเหลือง (by 26) เหลือต่ำกว่า 300 เอดีเอ็มไอ ส่วนโทนสีน้ำเงิน (bb 27) ค่าสีเหลือประมาณ 355 เอดีเอ็มไอ และค่าพีเอชหลังการบำบัดของน้ำเสีย bb 27 มีค่าประมาณ 9.8 ซึ่งยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จะต้องปรับพีเอชของน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 5-9 ก่อน น้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้

ผลการทดลองแสดงให้ทราบว่า สารช่วยย้อมมีผลกระทบน้อยมากต่อประสิทธิภาพการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมเบสิค โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารลดสี

ส่วนโออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติ (BR 28, BY 29, BB 30) มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 75 ถึง + 95 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 90 ถึง + 135 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (br 25, by 26, bb 27) ค่าโออาร์พี

มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ซึ่งอยู่ในช่วง + 100 ถึง + 120 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พี ที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 140 ถึง + 220 มิลลิโวลท์

ผลการทดลองยังแสดงให้ทราบว่าเวลาสัมผัสในการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง 30-60 นาที

4.5.4 <u>การลดสีโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์</u>

ผลการทดลองการลดสีของน้ำเสียจากสีย้อมเบสิค โดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ แสดงไว้ในรูปที่ 4.24 และ 4.25 รวมทั้งตารางที่ 4.14-4.16 เช่นกัน

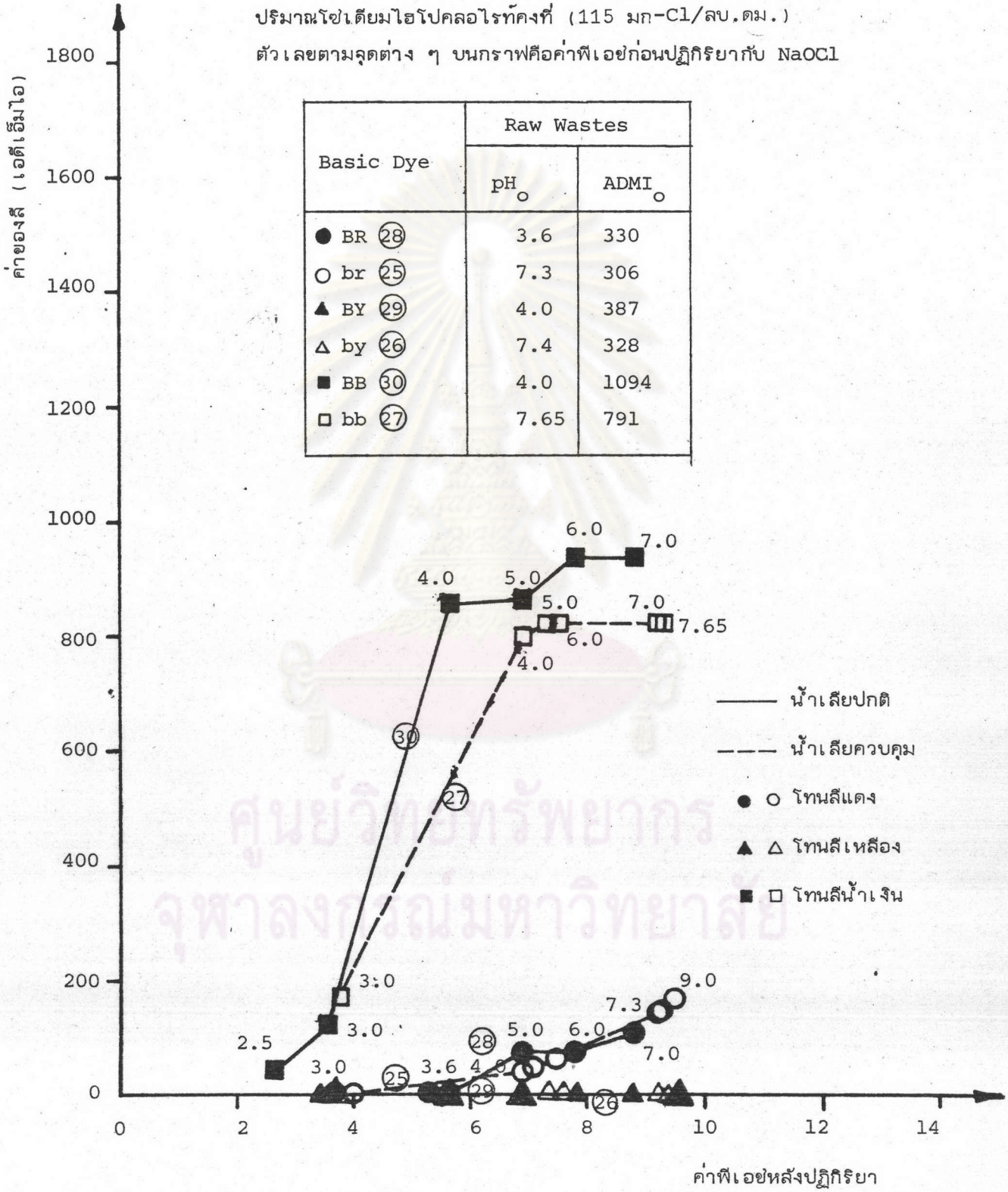
ผลการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมของการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์คงที่ 115 มก-Cl/ลบ.ดม. ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 ผลการทดลองสรุปได้ว่า พีเอชเริ่มต้นที่ลดสีได้ดี สำหรับน้ำเสียโทนสีแดง (BR 28, br 25) และโทนสีเหลือง (BY 29, by 26) มีช่วงกว้าง (3-9) ซึ่งพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสม ควรเท่ากับพีเอชน้ำเสียดิบ ส่วนน้ำเสียโทนสีน้ำเงินพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 2.5-3.0

หลังจากได้ค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมแล้ว นำค่าพีเอชดังกล่าวแล้วแต่กรณีมาทำการทดลองต่อโดยแปรผันปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ในช่วง 1.15-23.0 มก-Cl/ลบ.ดม. ได้ผลและสรุปในทำนองเดียวกันกับในหัวข้อที่ 4.1.4 นำผลที่ได้มาแสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการลดสีเทียบกับความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ดังในรูปที่ 4.25 และผลการทดลองอันสรุปไว้ในตารางที่ 4.14-4.16 ทำให้ทราบว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์สามารถลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคชนิดปกติ (BR 28, BY 29, BB 30) ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 57.6-99 และใช้ประมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เพียง 5.75-11.5 มก-Cl/ลบ.ดม. (0.26-1.68 บาท/$ม^3$) ค่าสีน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือไม่เกิน 220 เอดีเอ็มไอ แต่ค่าพีเอชของน้ำเสียหลังการบำบัดของทั้ง 3 โทนสีมีค่าต่ำคือประมาณ 3-4 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะต้องทำการปรับให้พีเอชของน้ำเสียอยู่ในช่วง 5-9 ก่อน น้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้

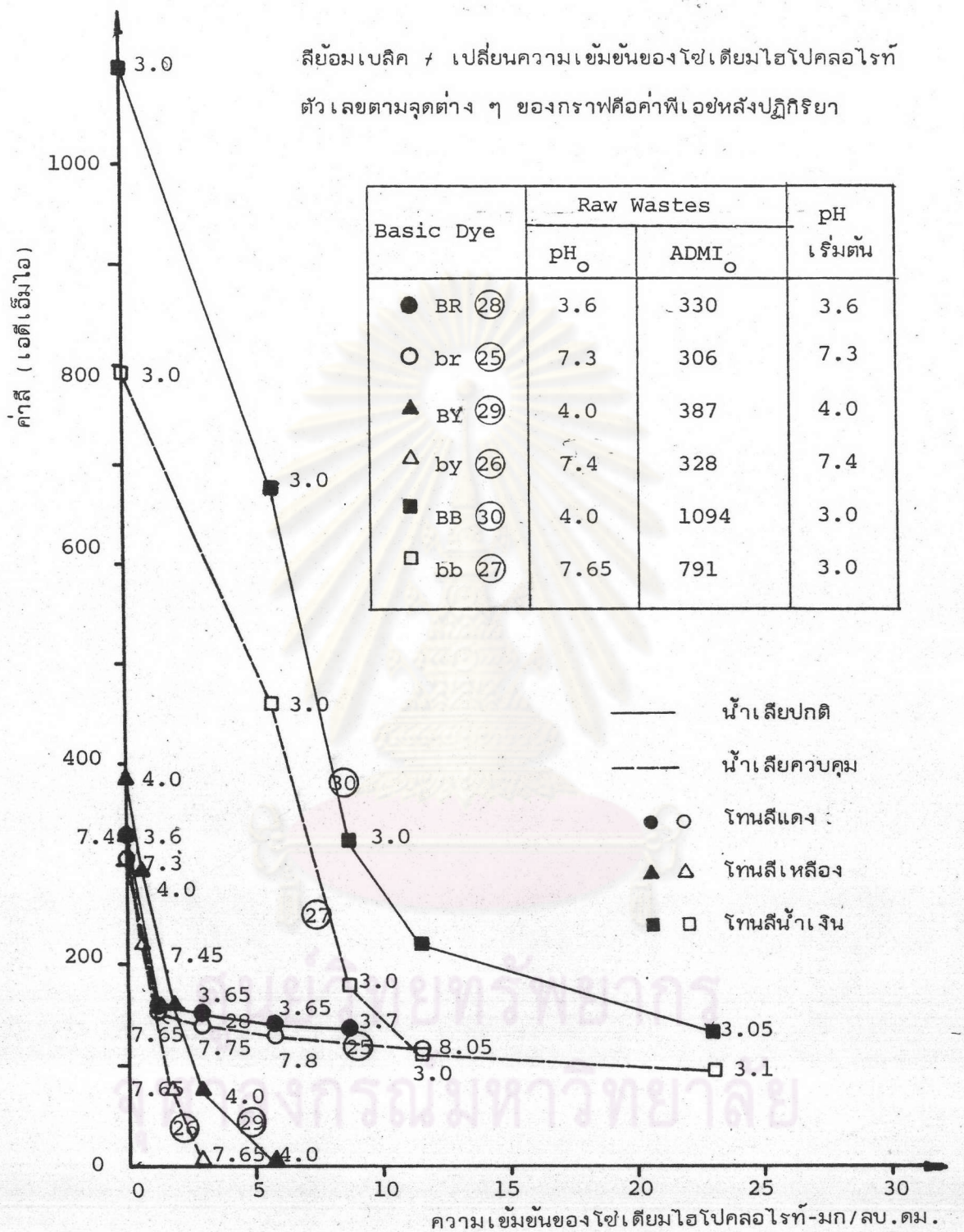
สำหรับตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุมทุกโทนสี (br 25, by 26, bb 27) ถูกลดสีลงได้ประมาณร้อยละ 57.8-99 และใช้ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์เพียง 2.8-8.6 มก-Cl/ลบ.ดม. (0.13-1.69 บาท/$ม^3$) ค่าสีของน้ำเสียหลังการบำบัดเหลือไม่เกิน 179 เอดีเอ็มไอ มีน้ำเสียโทนสีน้ำเงิน (br 27) ที่ค่าพีเอชหลังการบำบัดยังต่ำประมาณ 3.0 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน

ลียอมเบสิค + เปลี่ยนค่าพีเอช
ปริมาณโซเดียมไฮโปคลอไรท์คงที่ (115 มก-Cl/ลบ.ดม.)
ตัวเลขตามจุดต่าง ๆ บนกราฟคือค่าพีเอชก่อนปฏิกิริยากับ NaOCl

Basic Dye	Raw Wastes	
	pH_o	$ADMI_o$
● BR (28)	3.6	330
○ br (25)	7.3	306
▲ BY (29)	4.0	387
△ by (26)	7.4	328
■ BB (30)	4.0	1094
□ bb (27)	7.65	791



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับค่าพีเอชหลังปฏิกิริยา : ลียอมเบสิคและสารเคมี 115 มก-Cl /ลบ.ดม. NaOCl คงที่



Basic Dye	Raw Wastes		pH เริ่มต้น
	pH_o	$ADMI_o$	
● BR (28)	3.6	330	3.6
○ br (25)	7.3	306	7.3
▲ BY (29)	4.0	387	4.0
△ by (26)	7.4	328	7.4
■ BB (30)	4.0	1094	3.0
□ bb (27)	7.65	791	3.0

รูปที่ 4.25 ผลการลดสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมเบสิคเทียบกับปริมาณโซเดียม-ไฮโปคลอไรท์

จะต้องทำการปรับพีเอชของน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 5-9 ก่อนน้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะเป็นน้ำเสียที่ยอมรับได้

ผลการทดลองแสดงให้ทราบว่าสารช่วยย้อมมีผลกระทบน้อยมากต่อประสิทธิภาพการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเบสิค โดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์

ส่วนโออาร์พีของน้ำเสียชนิดปกติ (BR 28, BY 29, BB 30) มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 460 ถึง + 610 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 825 ถึง + 980 มิลลิโวลท์ สำหรับน้ำเสียชนิดควบคุม (br 25, by 26, bb 27) โออาร์พีมีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้นซึ่งอยู่ในช่วง + 180 ถึง + 770 มิลลิโวลท์ จนกระทั่งมีระดับโออาร์พีที่สภาพสมดุลย์ประมาณ + 575 ถึง + 965 มิลลิโวลท์

ผลการทดลองยังแสดงให้ทราบอีกว่า เวลาสัมผัสในการลดสีน้ำเสียจากสีย้อมเบสิคโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์อยู่ในช่วง 10-60 นาที

4.6 <u>สีย้อมซัลเฟอร์</u>

4.6.1 <u>ลักษณะของน้ำเสีย</u>

น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมซัลเฟอร์ มีค่าของสีค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับน้ำเสียจากสีย้อมไดเร็กท์และสีย้อมรีแอคตีฟ แต่สีของน้ำเสียจะเข้มและทึบ โทนสีของน้ำเสียส่วนใหญ่จะออกไปทางสีน้ำเงิน, สีเขียวและสีน้ำตาล สารช่วยย้อมที่เจือปนในน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) แต่ปริมาณมีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียของสีย้อมไดเร็กท์หรือสีย้อมรีแอคตีฟ

ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นตัวแทนของน้ำเสียที่จะเกิดในภาคสนามได้แก่ ตัวอย่างน้ำหมายเลข SB 34, SBR 35 และ SG 36 มีค่าสีของน้ำเสียประมาณ 3600-4200 เอดีเอ็มไอ และพีเอชมีค่าประมาณ 10.5-10.6

ตัวอย่างน้ำเสียชนิดควบคุม ได้แก่ตัวอย่างน้ำหมายเลข sb 31, sbr 32 และ sg 33 มีค่าสีประมาณ 2650-3900 เอดีเอ็มไอ และพีเอชมีค่าประมาณ 8.3-9.6 พิจารณาค่าสีของน้ำเสียชนิดปกติและควบคุมแล้วพบว่าน้ำเสียชนิดปกติของแต่ละโทนมีค่าสูงกว่าของชนิดควบคุม แสดงว่าสารช่วยย้อมมีผลในการเพิ่มค่าของสีในน้ำเสียด้วย และเมื่อพิจารณาแต่ละโทนสีของน้ำเสียจะเห็นว่าโทนสีน้ำตาลมีค่าของสีสูงสุด แสดงว่าโทนสีน้ำตาลให้ความรู้สึกในการเห็นสีสูงกว่าสีเขียวและสีน้ำเงิน

4.6.2 ผลการทดลอง

เมื่อได้ทำการทดลองการลดสีน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมซัลเฟอร์ได้พบว่าน้ำเสียประเภทนี้ก่อให้เกิดตะกอนได้ง่าย แม้เพียงทิ้งไว้โดยไม่ต้องมีการบำบัดแต่อย่างใด น้ำเสียจะเกิดตะกอนแขวนลอยและบางส่วนรวมตัวกันตกลู่กันถังได้ โดยอาจจะใช้เวลาพอสมควร เมื่อทำการปรับค่าพีเอชของน้ำเสียเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการลดสี น้ำเสียประเภทนี้จะเกิดตะกอนแขวนลอยได้โดยง่าย ทำให้ค่าสีของน้ำเสียลดลงจากเดิมมาก ดูรูปที่ 4.26 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำเสียโทนสีต่าง ๆเทียบกับค่าพีเอช โดยทำการกวนหลังจากปรับค่าพีเอชแล้ว 3 นาที และปล่อยทิ้งไว้ 15 นาที จึงนำตัวอย่างมาทำการวัดค่าสี ได้ผลดังนี้

สำหรับโทนสีน้ำเงินชนิดปกติ เมื่อปรับค่าพีเอชของน้ำเสียไปที่ 5.0-7.0 ค่าสีของน้ำเสียจะลดลงไปเกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อปรับค่าพีเอชไปที่ 3.0-4.0 ค่าสีลดลงได้กว่า 85 เปอร์เซ็นต์ และค่าสีของน้ำเหลือประมาณ 500 เอดีเอ็มไอ

อนึ่งในการวัดสีตัวอย่างน้ำที่นำไปวัดสียังมีตะกอนแขวนลอยอีกมาก ดังนั้นค่าที่วัดได้จะสูงกว่าที่ควรจะเป็นจริง สำหรับน้ำเสียโทนสีน้ำเงินชนิดไม่มีสารช่วยย้อมก็เช่นกัน เมื่อปรับค่าพีเอชของน้ำเสียไปที่ช่วง 6.0-7.0 ค่าสีลดลงเกือบ ร้อยละ 50 และเมื่อปรับค่าพีเอชเป็น 3.7-5.0 ลดสีลงได้ถึง ร้อยละ 90 ค่าสีที่เหลือเกินกว่า 300 เอดีเอ็มไอ เพียงเล็กน้อย

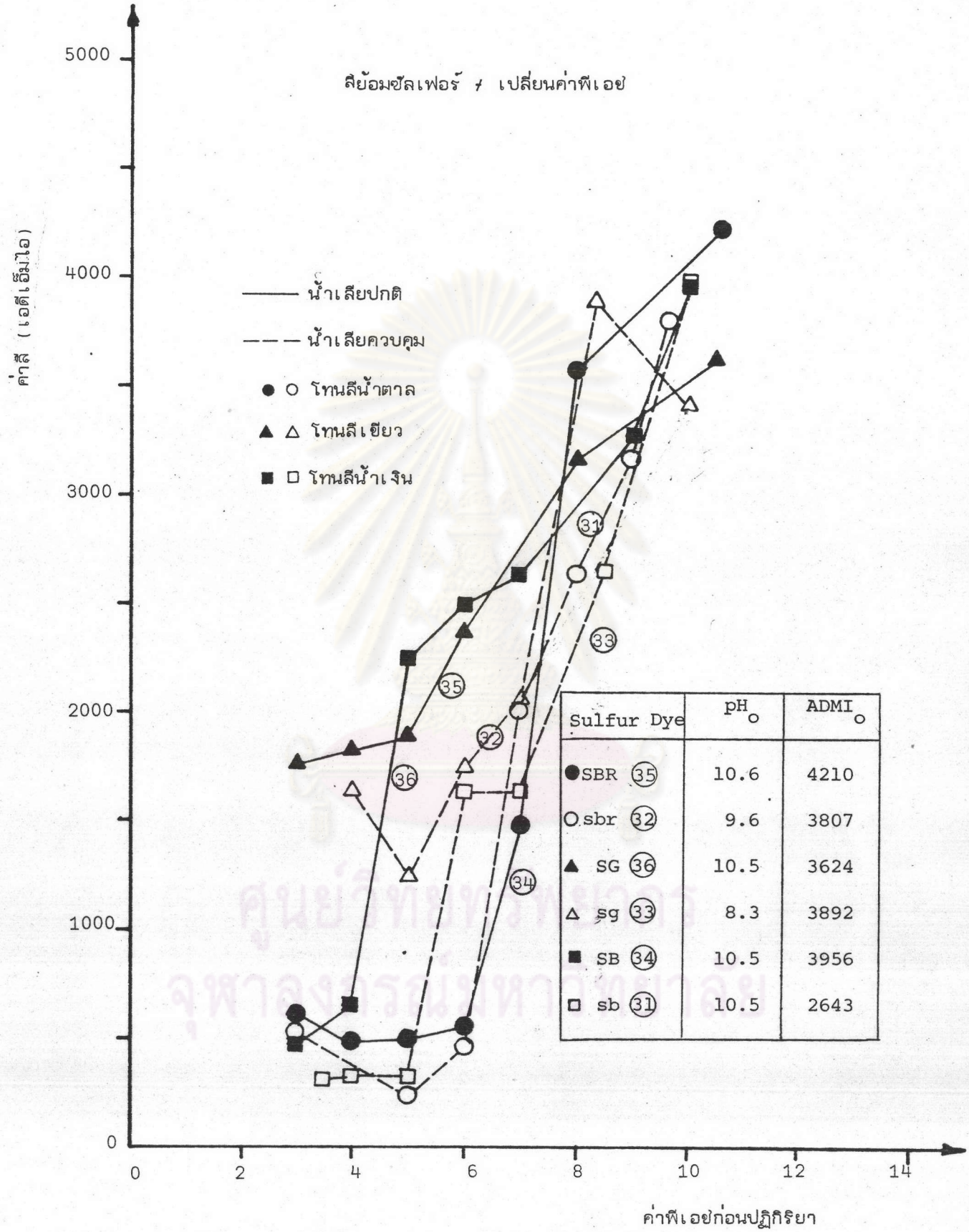
สำหรับน้ำเสียที่เกิดจากสีซัลเฟอร์โทนสีน้ำตาลและโทนสีเขียว แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่าของสีเทียบกับค่าพีเอชไว้ในรูปที่ 4.26 เช่นกัน และเมื่อปรับค่าพีเอชของน้ำเสียเท่ากับ 3.0-8.0 จะเกิดตะกอนตกลู่กันถัง ค่าของสีทั้งสองโทนสีลดลงมากกว่า ร้อยละ 80

เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมซัลเฟอร์ก่อให้เกิดตะกอนแขวนลอย และบางส่วนจมลู่กันถังได้ง่ายเมื่อค่าพีเอชเปลี่ยนแปลง ทำให้การวัดค่าสีของน้ำหลังการบำบัดจะได้ค่าที่ไม่ถูกต้อง จึงไม่สามารถทำการทดลองการลดสีตามกรรมวิธีที่วางแผนไว้ได้

4.7 สีย้อมอะโซอิค

4.7.1 ลักษณะของน้ำเสีย

น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมอะโซอิค ค่าของสีใกล้เคียงกับน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมแว็ต สีของน้ำเสียค่อนข้างยากที่จะโทนสีของน้ำเสียประเภทนี้มักจะออกไปทางสีแดงและแดงอมส้ม สารช่วยย้อมที่เจือปนในน้ำเสียประเภทนี้มีหลายชนิดแต่มีปริมาณน้อย ตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นตัวแทนใน



Sulfur Dye	pH_o	$ADMI_o$
● SBR (35)	10.6	4210
○ sbr (32)	9.6	3807
▲ SG (36)	10.5	3624
△ sg (33)	8.3	3892
■ SB (34)	10.5	3956
□ sb (31)	10.5	2643

รูปที่ 4.26 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมซัลเฟอร์เทียบกับค่าพีเอชก่อนปฏิกิริยา

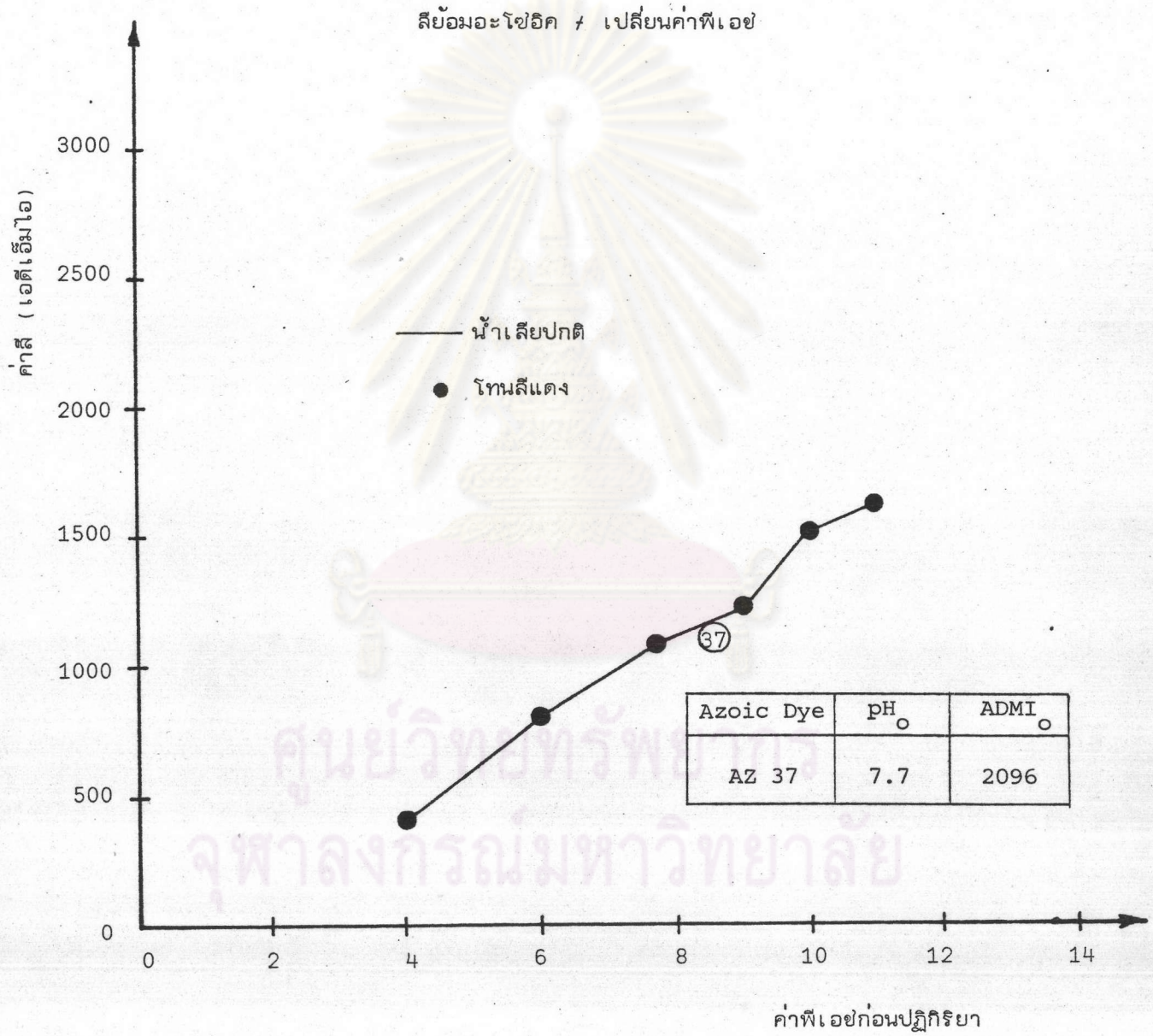
ภาคสนามคือตัวอย่างน้ำหมายเลข AZ 37 ซึ่งมีค่าลีประมาณ 2000 เอดีเอ็มไอ มีค่าพีเอชประมาณ 7.7

4.7.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าน้ำเลียที่เกิดจากลียอมอะโซอิคที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับน้ำเลียที่เกิดจากลียอมซัลเฟอร์ กล่าวคือปล่อยทิ้งไว้น้ำเลียจะเกิดตะกอนแขวนลอยและบางส่วนตกลู่กันถังได้ เมื่อค่าพีเอชของน้ำเลียเปลี่ยนแปลงจะก่อให้เกิดตะกอนได้โดยง่าย อีกทั้งตะกอนบางส่วนเป็นตะกอนเบาจมลู่กันถังยากยิ่งขึ้น ดูรูปที่ 4.27 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่าลีเทียบกับค่าพีเอช ขั้นตอนการทดลองทำนองเดียวกับการลดลีน้ำเลียที่เกิดจากลียอมซัลเฟอร์ จะเห็นว่าเมื่อปรับค่าพีเอชของน้ำเลียเท่ากับ 4.0-6.0 ค่าลีลดลงได้กว่า ร้อยละ 60 แต่ตัวอย่างน้ำยังเกิดตะกอนแขวนลอยมาก ค่าที่วัดได้จะไม่ถูกต้องคือ สูงกว่าความเป็นจริง

ดังนั้นจึงไม่สามารถทำการทดลองการลดลีน้ำเลียที่เกิดจากลียอมอะโซอิคตามกรรมวิธีที่วางแผนไว้ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.27 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมอะโซอิคเทียบกับค่าพีเอชก่อนปฏิกิริยา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย