

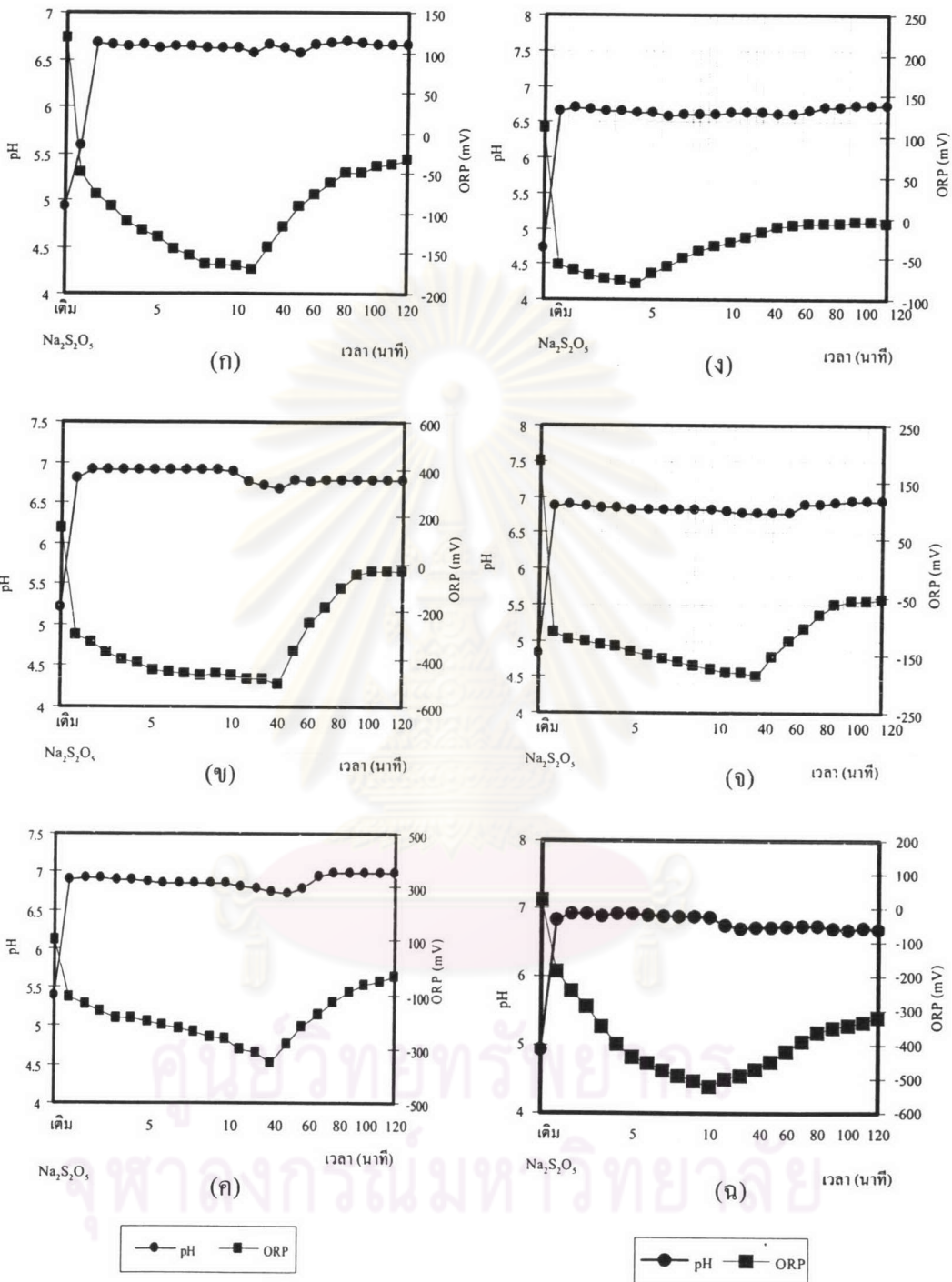


การกำจัดสีของน้ำเสียภายในประเทศยังไม่มีข้อกำหนดกันไว้อย่างเด่นชัดว่าต้องกำจัดสีในน้ำเสียให้ลดลงเหลือความเข้มข้นเท่าใดจึงจะสามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้เพียงแต่กล่าวไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2539 ว่าจะต้องลดค่าของสีลงจนไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ซึ่งยากแก่การประเมิน และขณะนี้ยังไม่ได้กำหนดวิธีวิเคราะห์และหน่วยวัดค่าของสีให้เป็นมาตรฐานดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอและเพื่อให้การเปรียบเทียบการกำจัดสีในการวิจัยมีเกณฑ์ในการพิจารณาที่แน่นอน จึงกำหนดให้ค่าสีที่ไม่เกิน 600 เอดีเอ็มไอ (ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีใกล้เคียง 90 เปอร์เซ็นต์) เป็นสีที่ไม่รบกวนแล้ววัดประสิทธิภาพการกำจัดสีด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ออกมาในรูปร้อยละของการลดการดูดกลืนที่คลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร น้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ และน้ำเสียจริงจากโรงฟอกย้อม

4.1 ผลการหาระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยารีดักชันโดยสมบูรณ์ของสีย้อมกับโซเดียม โบโรไฮไดรด์ต่อโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ และความเข้มข้นที่เหมาะสมของสี

4.1.1 น้ำเสียสีย้อมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

น้ำเสียสีย้อมที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ และโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ในปริมาณมากเกินพอ และทำการกวนเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที พบว่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเติมสารเคมีมีค่าเท่ากับ 5.59 8.22 6.05 5.21 5.01 และ 5.59 และไออาร์พีมีค่าเท่ากับ 135 166 195 225 349 และ 190 มิลลิโวลต์ สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวกที่ ค.1 ถึงภาคผนวกที่ ค.6 ผลการทดลองหลังจากเติมตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ทำให้พีเอชและไออาร์พีลดลงจากนั้นเมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ พบว่า ณ นาทีแรกที่เติมค่าพารามิเตอร์ทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงโดยค่าพีเอชมีค่าเพิ่มขึ้นทันที ในขณะที่ค่าไออาร์พีมีค่าเปลี่ยนเป็นลบ ภายหลังจากที่ปฏิกิริยาคำเนินต่อไป ค่าพีเอชจะค่อย ๆ ลดลงจนค่อนข้างคงที่ในช่วงทำการทดลองที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ส่วนค่าไออาร์พี จะมีค่าเป็นลบมากขึ้นจนมีค่าติดลบค่าสุดเท่ากับ -171 -504 -350 -80 -188 และ -522 มิลลิโวลต์ ณ เวลา 20 40 40 10 40 และ 10 นาที สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ตามลำดับ หลังจากนั้นค่าไออาร์พีจะเพิ่มไปในเชิงบวกมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอช ค่าโออาร์พี และเวลา ที่ความเข้มข้นสี 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) C.I. Direct Red 80

(ง) C.I. Reactive Red 198

(ข) C.I. Direct Black 19

(จ) C.I. Reactive Black 5

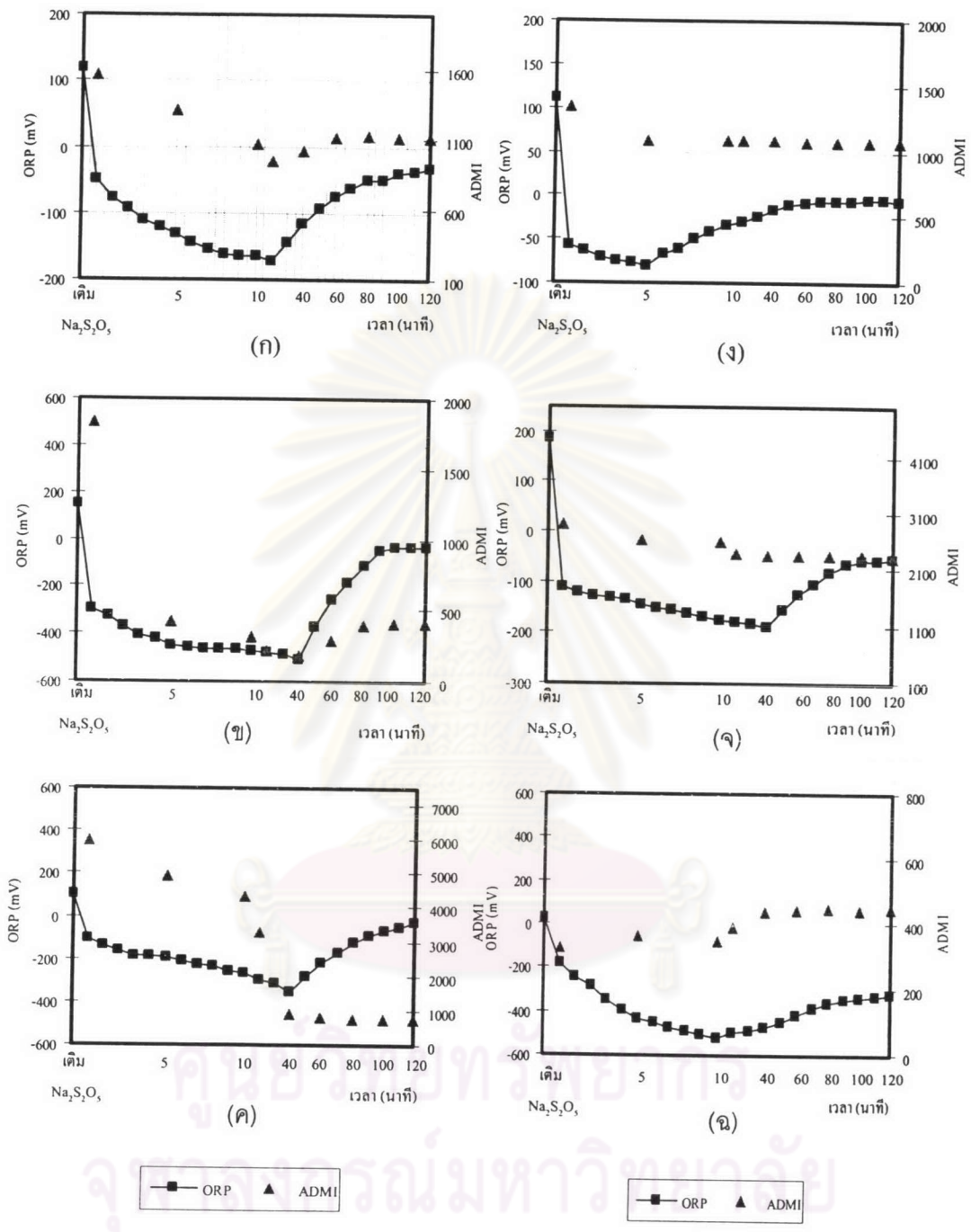
(ค) C.I. Direct Blue 71

(ฉ) C.I. Reactive Blue 225

จากนั้นพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าไออาร์พี ค่าสีในหน่วยเอซีเอ็มไอ และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ดังแสดงในรูปที่ 4.2 พบว่าค่าสีเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าสีเริ่มต้นเป็น 3,265 1,779 3,524 2,598 3,324 และ 2,954 เอซีเอ็มไอตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ก.1 ถึงภาคผนวก ก.6 เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน จะทำให้ค่าสีในน้ำเสียลดลงยกเว้นในสี C.I. Direct Black 19 และ C.I. Direct Blue 71 ซึ่งค่าสีจะมีค่าเพิ่มขึ้นแล้วจึงมีค่าลดลงจนกระทั่งต่ำกว่าค่าสีเริ่มต้นในนาที่ที่ 5 และ 40 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลาครบ 2 ชั่วโมงพบว่าค่าสีของทุกสีจะลดลงแต่ยังคงมีค่าสูงกว่า 600 เอซีเอ็มไอยกเว้นสี C.I. Direct Black 19 และ C.I. Reactive Blue 225 ที่มีค่าต่ำกว่า 600 เอซีเอ็มไอ คือมีค่าเป็น 406 และ 447 เอซีเอ็มไอตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีคงเหลือกับค่าไออาร์พีจากผลการทดลองปรากฏว่าในขณะที่ค่าไออาร์พีเป็นลบต่ำสุดหรือกล่าวได้ว่าเป็นจุดที่ปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้นสมบูรณ์ ค่าสีคงเหลือของสี โซเดียม โบโรไฮไดรด์จะมีค่าสีลดลงต่ำสุดหลังจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและค่อนข้างคงที่ในช่วงทำการทดลอง สำหรับสี C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198 และ C.I. Reactive Black 5 พบว่าจุดที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันสมบูรณ์ค่าสียังคงลดลงต่อไปในอัตราการลดของสีที่ต่ำลง

4.1.2 น้ำเสียที่ย้อมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 70 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการรีดิวซ์ที่ย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 70 มิลลิกรัมต่อลิตรด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์ และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ที่ปริมาณมากเกินไปพบว่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเติมสารเคมีมีค่าเท่ากับ 6.08 8.25 5.64 6.09 5.08 และ 5.34 และไออาร์พีมีค่าเท่ากับ 130 165 190 220 330 และ 185 มิลลิโวลต์ สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, Direct Blue 71, Reactive Red 198, Reactive Black 5 และ Reactive Blue 225 ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ก.1 ถึง ภาคผนวก ก.6 ผลการทดลองหลังจากเติมตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ ทำให้ค่าพีเอช และค่าไออาร์พีลดลงจากนั้นเมื่อทำปฏิกิริยารีดักชันกับโซเดียม โบโรไฮไดรด์ ในนาที่แรกที่เติม ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงโดยค่าพีเอชจะมีค่าเพิ่มขึ้นทันที และค่าไออาร์พีมีค่าเปลี่ยนเป็นลบ ภายหลังจากที่ปฏิกิริยาดำเนินต่อไป ค่าพีเอชจะค่อย ๆ ลดลงจนค่อนข้างคงที่ในช่วงทำการทดลองที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับค่าไออาร์พีจะมีค่าเป็นลบมากขึ้นจนมีค่าติดลบต่ำสุดเท่ากับ -473 -612 -325 -413 -256 และ -570 มิลลิโวลต์ ณ เวลา 20 40 20 10 10 และ 10 นาที สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, Direct Blue 71, Reactive Red 198, Reactive Black 5 และ Reactive Blue 225 ตามลำดับ หลังจากนั้นค่าไออาร์พีจะเพิ่มไปในเชิงบวกมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พี ค่าดีเอเอ็มไอ และเวลา ที่ความเข้มข้นสี 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) C.I. Direct Red 80

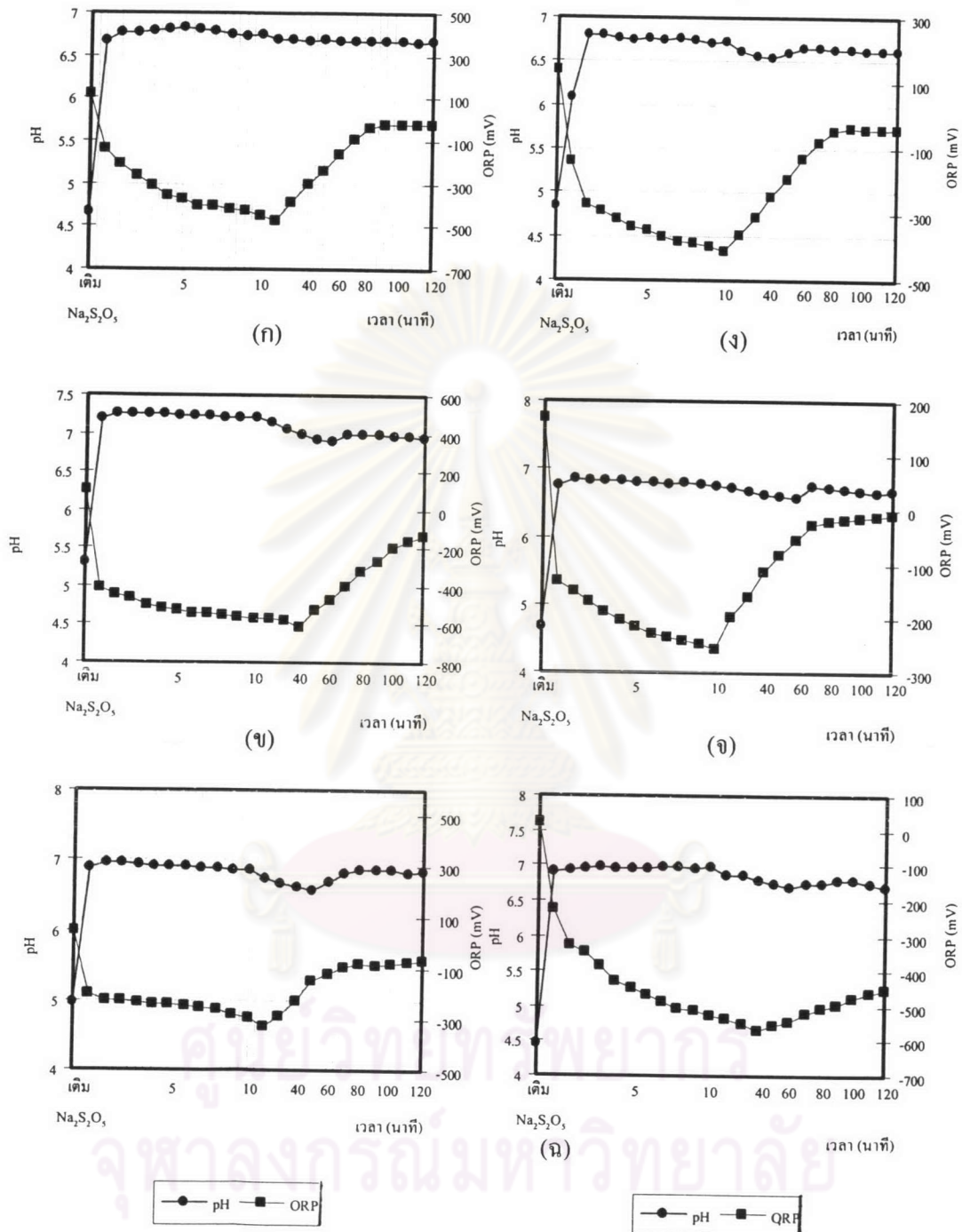
(ง) C.I. Reactive Red 198

(ข) C.I. Direct Black 19

(จ) C.I. Reactive Black 5

(ค) C.I. Direct Blue 71

(ฉ) C.I. Reactive Blue 225



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอช ค่าโออาร์พี และเวลาที่ความเข้มข้นสี 70 มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) C.I. Direct Red 80

(ง) C.I. Reactive Red 198

(ข) C.I. Direct Black 19

(จ) C.I. Reactive Black 5

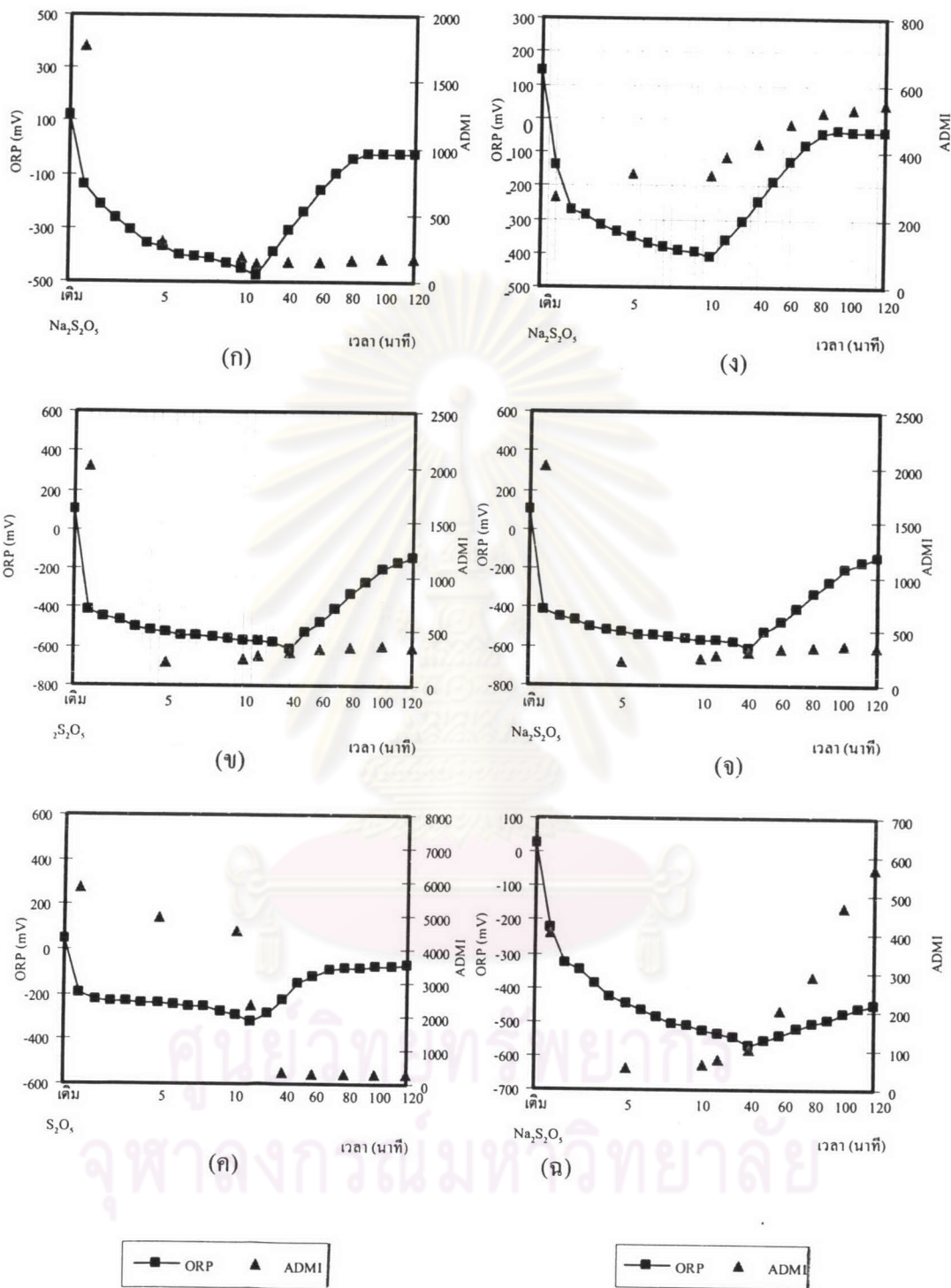
(ค) C.I. Direct Blue 71

(ฉ) C.I. Reactive Blue 225

จากนั้นพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าไออาร์พี ค่าสีในหน่วยเอซีเอ็มไอ และระยะเวลา ในการทำปฏิกิริยา ดังแสดงในรูปที่ 4.4 พบว่าค่าสีเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, Direct Blue 71, Reactive Red 198, Reactive Black 5 และ Reactive Blue 225 ที่ความเข้มข้น 70 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าสีเริ่มต้นเป็น 4,039 2,685 4,714 3,430 4,139 และ 3,786 เอซีเอ็มไอตามลำดับ เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน จะทำให้ค่าสี ในน้ำเสียลดลงยกเว้นในสี C.I. Direct Blue 71 ซึ่งค่าสีจะมีค่าเพิ่มขึ้นแล้วจึงมีค่าสีลดลงจนกระทั่ง ค่าสีคงเหลือต่ำกว่าค่าสีเริ่มต้นในนาที่ที่ 10 เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลาครบ 2 ชั่วโมงพบว่า ค่าสีของทุกสีจะลดลงต่ำกว่า 600 เอซีเอ็มไอ ยกเว้นสี C.I. Reactive Black 5 ที่มีค่าสูงกว่าค่า 600 เอซีเอ็มไอ คือ มีค่าเป็น 962 เอซีเอ็มไอ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีคงเหลือกับค่าไออาร์พีจากผลการ ทดลองปรากฏว่า ในขณะที่ค่าไออาร์พีเป็นลบต่ำสุดหรือกล่าวได้ว่าเป็นจุดที่ปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้น สมบูรณ์ ค่าสีคงเหลือของสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Reactive Red 198 และ C.I. Reactive Blue 225 จะมีค่าสีลดลงต่ำสุดหลังจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและค่อนข้างคงที่ ในช่วงทำการทดลอง สำหรับสี C.I. Direct Blue 71 พบว่าจุดที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันสมบูรณ์ค่าสี ยังลดลงต่อไปในอัตราของการลดสีต่ำลง และสำหรับสี C.I. Reactive Black 5 ค่าสีจะลดต่ำลงที่สุด ที่นาที่ที่ 5 แล้วเพิ่มขึ้นจากนั้นค่อนข้างคงที่ในช่วงทำการทดลอง

4.1.3 น้ำเสียที่ย้อมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 90 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการรีดิวซ์ที่ย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 90 มิลลิกรัมต่อลิตรด้วย โซเดียม โบโรไฮไดรด์ และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ที่ปริมาณมากเกินพอพบว่าพีเอช เริ่มต้นของ น้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเติมสารเคมีมีค่าเท่ากับ 6.04 8.28 6.27 5.43 4.98 และ 5.39 และ ไออาร์พี มีค่า เท่ากับ 126 164 195 220 328 และ 180 มิลลิโวลต์ สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ก.1 ถึง ภาคผนวก ก.6 ผลการทดลองหลังจากเติมตัวเร่งปฏิกิริยา โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ ทำให้ค่าไออาร์พี และค่าพีเอชลดลงจากนั้นทำปฏิกิริยารีดักชันกับ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ ในนาที่แรกที่เติมค่าพารามิเตอร์ทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงโดยค่าพีเอชจะมีค่าเพิ่มขึ้น ทันที และค่าไออาร์พีมีค่าเปลี่ยนเป็นลบ หลังจากทำปฏิกิริยาดำเนินต่อไป ค่าพีเอชจะค่อย ๆ ลดลง จนค่อนข้างคงที่ในช่วงทำการทดลองที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับค่าไออาร์พีจะมีค่าเป็นลบ มากขึ้นจนมีค่าติดลบต่ำสุดเท่ากับ -340 -699 -404 -295 -204 และ -548 มิลลิโวลต์ ณ เวลา 40 20 40 20 10 และ 60 นาที สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ตามลำดับ หลังจากนั้น มีค่าไออาร์พีจะเพิ่มไปในเชิงบวกมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พี ค่าซีเอ็ดเอ็มไอ และเวลา ที่ความเข้มข้นสี 70 มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) C.I. Direct Red 80

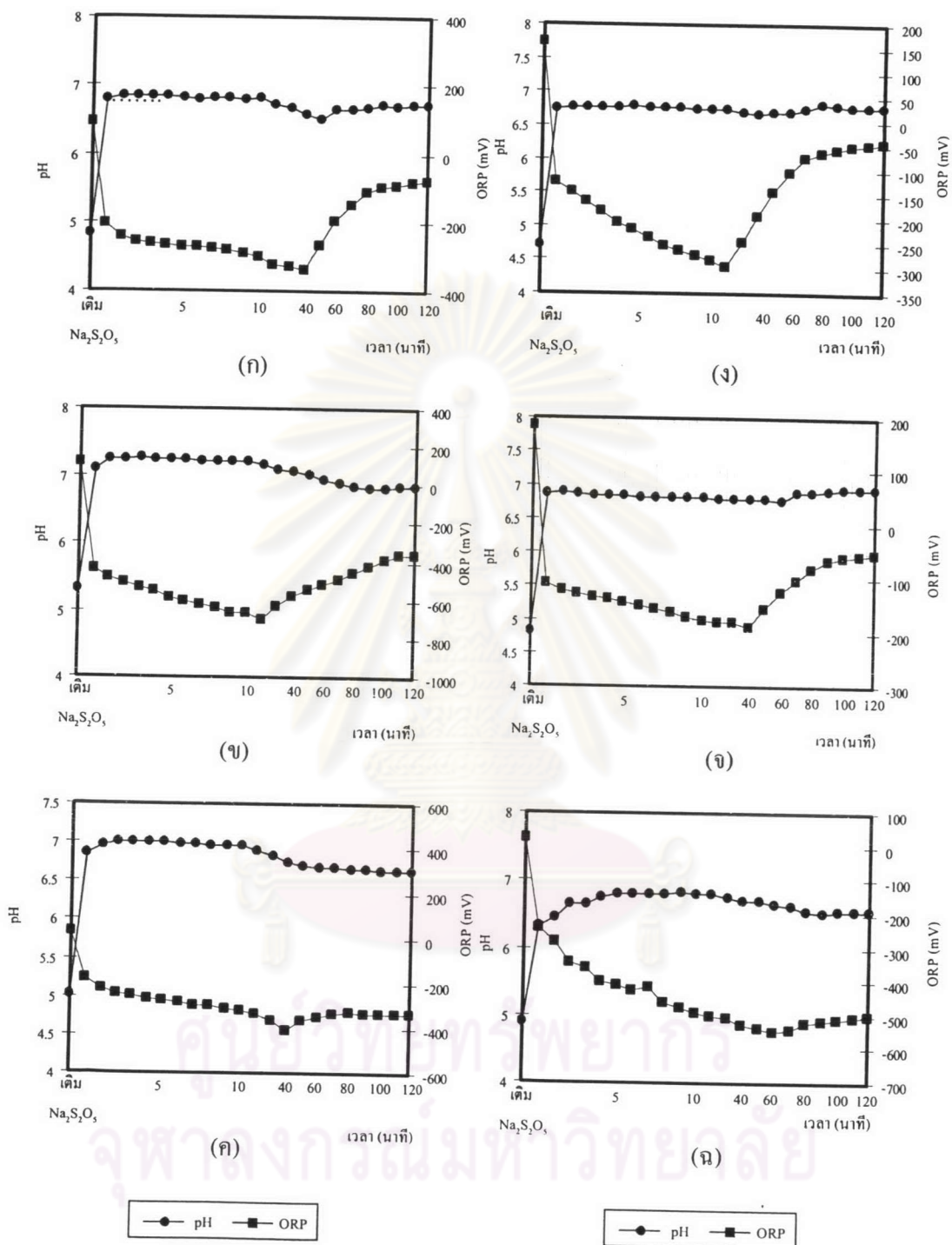
(ง) C.I. Reactive Red 198

(ข) C.I. Direct Black 19

(จ) C.I. Reactive Black 5

(ค) C.I. Direct Blue 71

(ฉ) C.I. Reactive Blue 225



รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอช ค่าโออาร์พี และเวลาที่ความเข้มข้นสี 90 มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) C.I. Direct Red 80

(ข) C.I. Reactive Red 198

(ค) C.I. Direct Black 19

(ง) C.I. Reactive Black 5

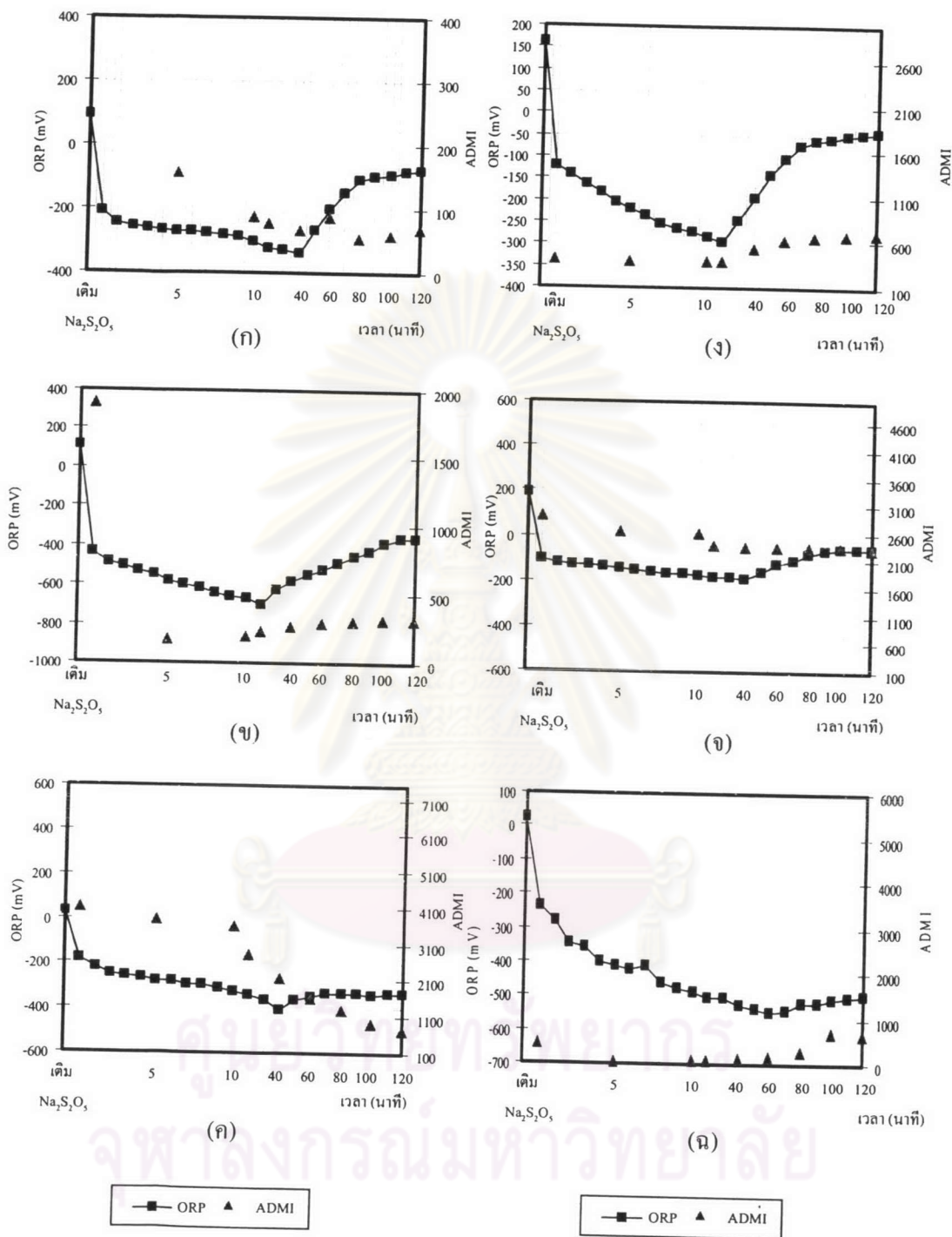
(จ) C.I. Direct Blue 71

(ฉ) C.I. Reactive Blue 225

จากนั้นพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าไออาร์พี ค่าสีในหน่วยเอซีเอ็มไอ และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ดังแสดงในรูปที่ 4.6 พบว่าค่าสีเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ที่ความเข้มข้น 90 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าสีเริ่มต้นเป็น 4,893 2,900 5,694 4,186 6,104 และ 5,218 เอซีเอ็มไอตามลำดับ เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน จะทำให้ค่าสีในน้ำเสียมีค่าลดลง เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าค่าสีคงเหลือจะสูงกว่า 600 เอซีเอ็มไอ ยกเว้นสี C.I. Direct Red 80 และ C.I. Direct Black 19 ที่มีค่าต่ำกว่าค่า 600 เอซีเอ็มไอ คือมีค่าเป็น 68 และ 312 เอซีเอ็มไอ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีคงเหลือกับค่าไออาร์พีจากผลการทดลองปรากฏว่า ในขณะที่ค่าไออาร์พีเป็นลบต่ำสุดหรือกล่าวได้ว่าเป็นจุดที่ปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้นสมบูรณ์ ค่าสีคงเหลือจะมีค่าสีลดลงต่ำสุดสำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 หลังจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายการทดลอง สำหรับสี C.I. Direct Blue 71 พบว่าจุดที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันสมบูรณ์ค่าสียังคงลดลงต่อไปในอัตราของการลดสีต่ำลง และสำหรับสี C.I. Reactive Blue 225 ค่าสีจะลดต่ำลงที่สุดที่นาที่ที่ 5 แล้วเพิ่มขึ้นจากนั้นค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายการทดลอง

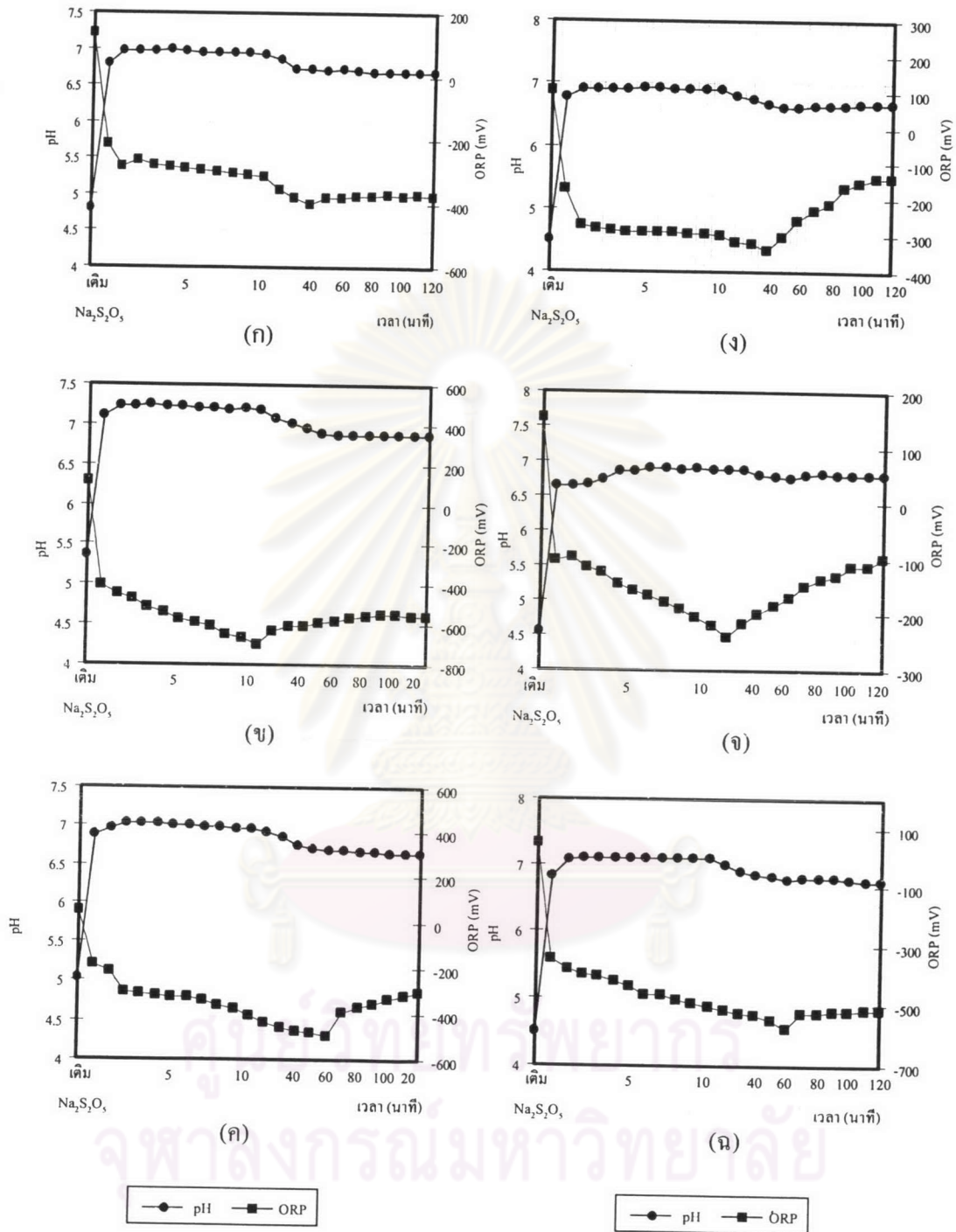
4.1.4 น้ำเสียที่ย้อมด้วยความเข้มข้นเริ่มต้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการรีดิวซ์สีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตรด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์ และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ที่ปริมาณมากเกินพอพบว่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเติมสารเคมีมีค่าเท่ากับ 6.13 8.38 6.02 5.43 5.00 และ 4.84 และไออาร์พีมีค่าเท่ากับ 120 165 190 215 325 และ 180 มิลลิโวลท์ สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ค.1 ถึง ภาคผนวก ค.6 ผลการทดลองหลังจากเติมตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ทำให้ค่าพีเอช และค่าไออาร์พีลดลงจากนั้นทำปฏิกิริยารีดักชันกับโซเดียม โบโรไฮไดรด์ ในนาที่แรกที่เติมค่าพารามิเตอร์ทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงโดยค่าพีเอชจะมีค่าเพิ่มขึ้นทันที และค่าไออาร์พีมีค่าเปลี่ยนเป็นลบ หลังจากทำปฏิกิริยาค่าเนินต่อไป ค่าพีเอชจะค่อย ๆ ลดลงจนค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายการทดลองที่เวลา 2 ชั่วโมงสำหรับค่าไออาร์พีจะมีค่าเป็นลบมากขึ้นจนมีค่าติดลบต่ำสุดเท่ากับ -440 -702 -500 -340 -240 และ -574 มิลลิโวลท์ ณ เวลา 40 10 60 40 20 และ 60 นาที่ สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ตามลำดับหลังจากนั้นค่าไออาร์พีจะเพิ่มไปในเชิงบวกมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พี ค่าสีเอ็ดเอ็มไอ และเวลา ที่ความเข้มข้นสี 90 มิลลิกรัมต่อลิตร

- (ก) C.I. Direct Red 80
- (ข) C.I. Direct Black 19
- (ค) C.I. Direct Blue 71
- (ง) C.I. Reactive Red 198
- (จ) C.I. Reactive Black 5
- (ฉ) C.I. Reactive Blue 225



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอช ค่าโออาร์พี และเวลา ที่ความเข้มข้นสี 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) C.I. Direct Red 80

(ง) C.I. Reactive Red 198

(ข) C.I. Direct Black 19

(จ) C.I. Reactive Black 5

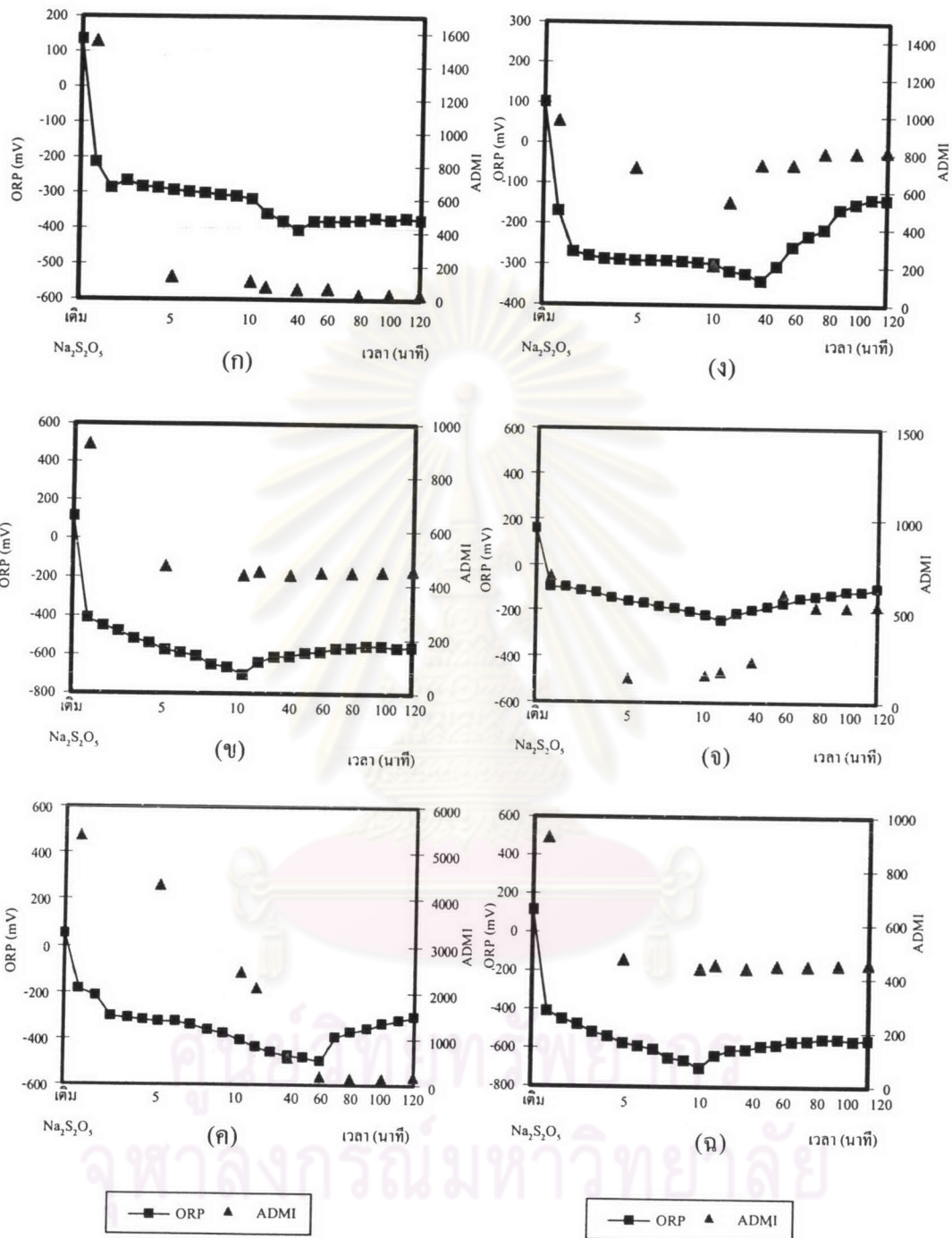
(ค) C.I. Direct Blue 71

(ฉ) C.I. Reactive Blue 225

จากนั้นพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าไออาร์พี ค่าสีในหน่วยเอซีเอ็มไอ และระยะเวลา ในการทำปฏิกิริยา ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ค่าสีเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ที่ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าสีเริ่มต้นเป็น 8,645 3,591 10,048 5,822 12,550 และ 9,226 เอซีเอ็มไอ ตามลำดับ เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา รีดักชันจะทำให้ค่าสีในน้ำเสียลดลง เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงพบว่าค่าสีคงเหลือ จะต่ำกว่า 600 เอซีเอ็มไอ ยกเว้นสี C.I. Reactive Red 198 ที่มีค่าสูงกว่าค่า 600 เอซีเอ็มไอ คือมีค่า เป็น 817 เอซีเอ็มไอ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีคงเหลือกับค่าไออาร์พีจากผลการทดลองปรากฏว่า ในขณะที่ค่าไออาร์พีเป็นลบต่ำสุดหรือกล่าวได้ว่าเป็นจุดที่ปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้นสมบูรณ์ ค่าสี คงเหลือของสี C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 จะผ่านจุด ที่ค่าสีลดลงต่ำสุดไปแล้วในเวลาที่ 20 5 และ 10 หลังจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและค่อนข้าง คงที่ในช่วงท้ายการทดลอง สำหรับสี C.I. Direct Red 80 และ C.I. Direct Blue 71 พบว่าจุดที่ เกิดปฏิกิริยารีดักชันสมบูรณ์ค่าสียังลดลงต่อไปในอัตราของการลดสีที่ต่ำลง และสำหรับสี C.I. Direct Black 19 ค่าสีจะลดต่ำลงที่สุด แล้วเพิ่มขึ้นจากนั้นค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายการทดลอง

4.1.5 น้ำเสียที่ย้อมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการรีดิวซ์สีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตรด้วย โซเดียม โบโรไฮไดรด์ และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ที่ปริมาณมากเกินพอพบว่าพีเอชเริ่มต้นของ น้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเติมสารเคมีมีค่าเท่ากับ 6.35 8.39 5.99 5.61 5.00 และ 4.75 และไออาร์พี มีค่าเท่ากับ 116 160 186 210 320 และ 176 มิลลิโวลต์ สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ก.1 ถึงภาคผนวก ก.6 ผลการทดลองหลังจากเติม ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ ทำให้ค่าพีเอช และค่าไออาร์พีลดลงจากนั้นเมื่อทำปฏิกิริยา รีดักชันกับโซเดียม โบโรไฮไดรด์ในเวลาที่แรกที่เติมค่าพารามิเตอร์ทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงโดยค่า พีเอชจะมีค่าเพิ่มขึ้นทันที และค่าไออาร์พีมีค่าเปลี่ยนเป็นลบ หลังจากที่ปฏิกิริยาดำเนินต่อไป ค่าพีเอชจะค่อย ๆ ลดลงจนค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายการทดลองที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับค่า ไออาร์พีจะมีค่าเป็นลบมากขึ้นจนมีค่าติดลบต่ำสุดเท่ากับ -463 -640 -445 -320 -305 และ -568 มิลลิโวลต์ ณ เวลา 20 40 40 10 20 และ 60 นาที สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ตามลำดับ หลังจากนั้นค่าไออาร์พีจะเพิ่มไปในเชิงบวกมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พี ค่าสีเคอีเอ็มไอ และเวลา ที่ความเข้มข้นสี 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) C.I. Direct Red 80

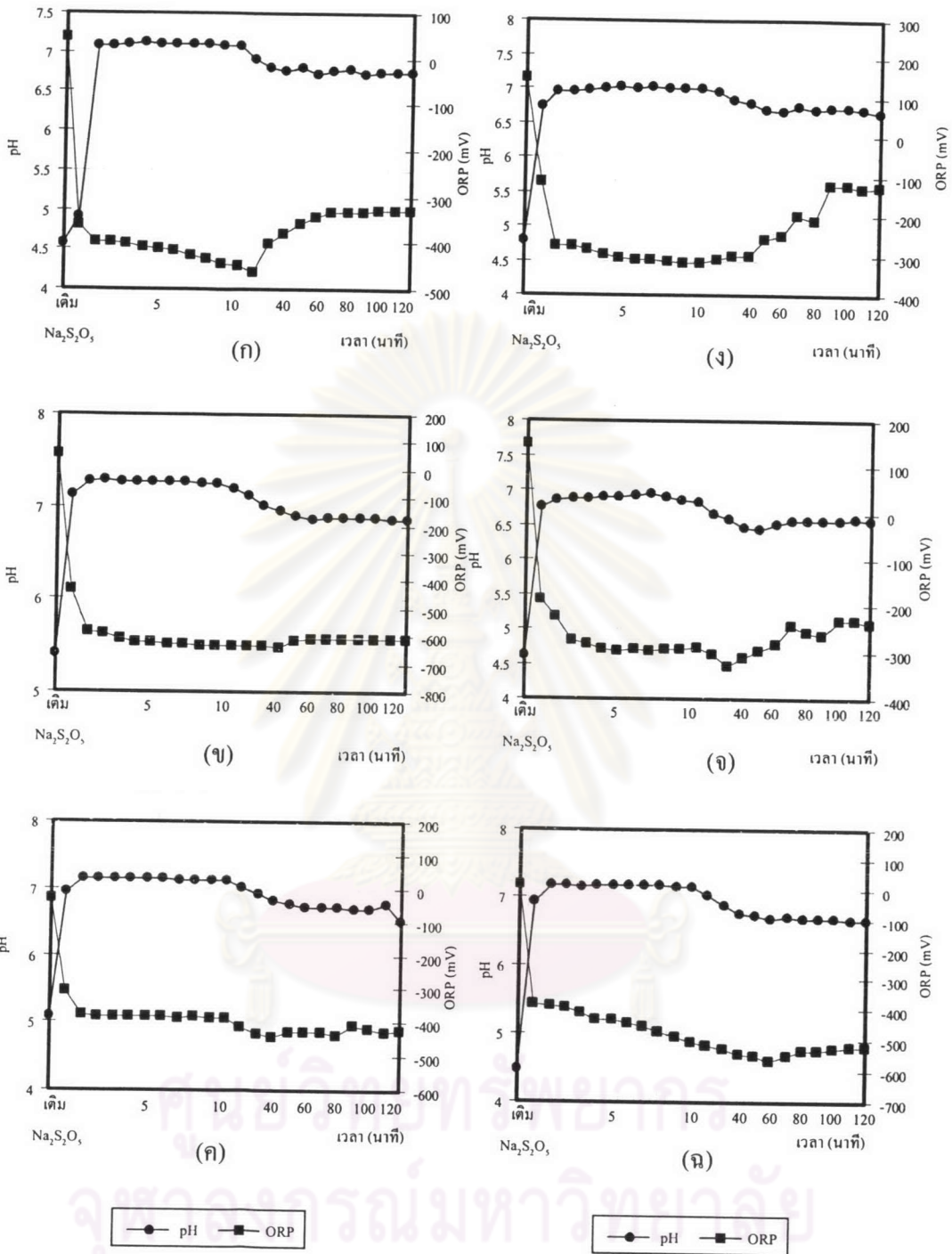
(ง) C.I. Reactive Red 198

(ข) C.I. Direct Black 19

(จ) C.I. Reactive Black 5

(ค) C.I. Direct Blue 71

(ฉ) C.I. Reactive Blue 225



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอช ค่าโออาร์พี และเวลา ที่ความเข้มข้นสี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) C.I. Direct Red 80

(ง) C.I. Reactive Red 198

(ข) C.I. Direct Black 19

(จ) C.I. Reactive Black 5

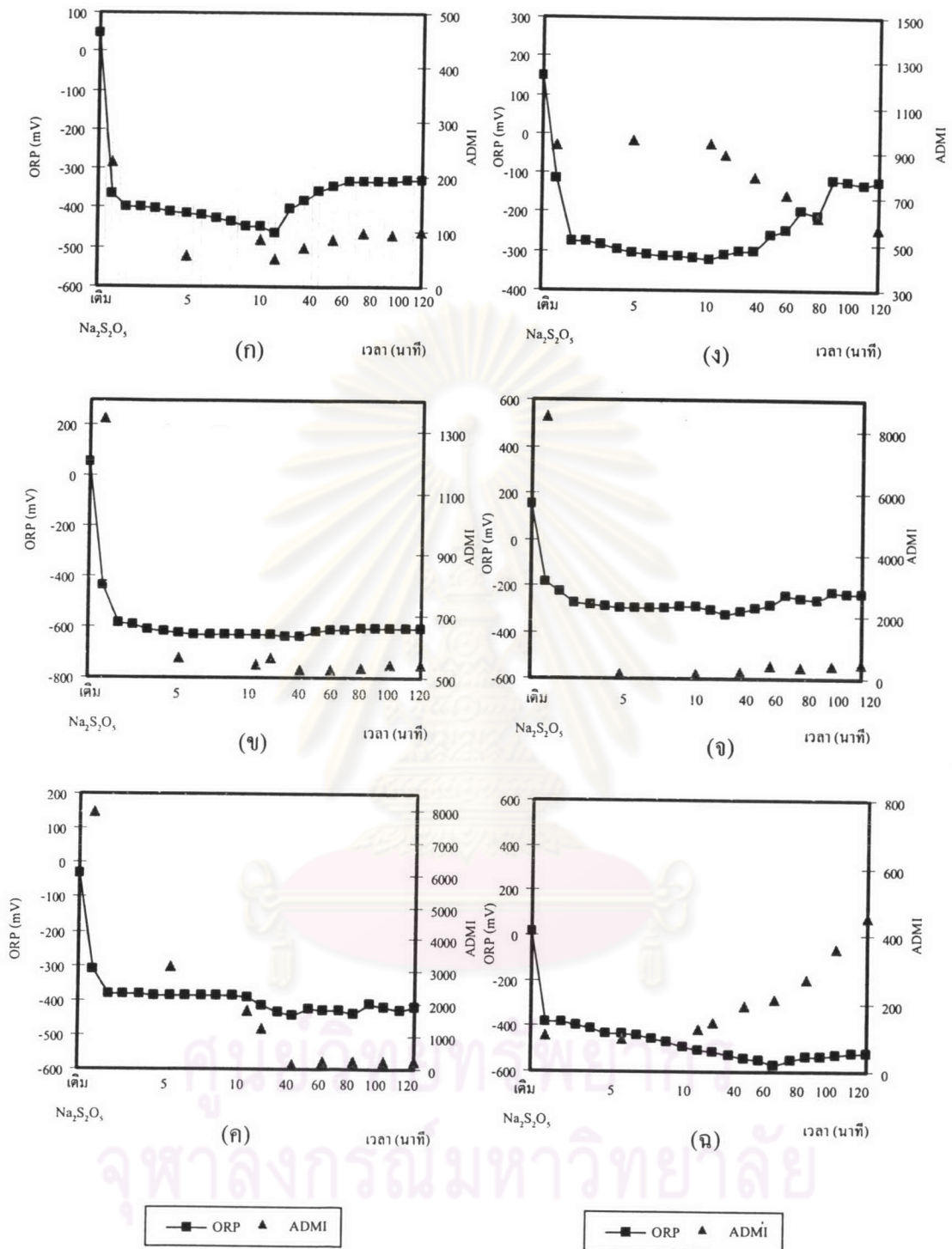
(ค) C.I. Direct Blue 71

(ฉ) C.I. Reactive Blue 225

จากนั้นพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าไออาร์พี ค่าสีในหน่วยเอซีเอ็มไอ และระยะเวลา ในการทำปฏิกิริยา ดังแสดงในรูปที่ 4.10 พบว่าค่าสีเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตรมีค่าสีเริ่มต้นเป็น 10,119 4,541 12,562 8,893 13,836 และ 12,405 เอซีเอ็มไอตามลำดับ เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์เพื่อให้เกิดปฏิกิริยารีดักชัน จะทำให้ค่าสีในน้ำเสียลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าค่าสีคงเหลือจะต่ำกว่า 600 เอซีเอ็มไอ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีคงเหลือกับค่าไออาร์พีจากผลการทดลองปรากฏว่าในขณะที่ค่าไออาร์พีเป็นลบค่าสุดหรือกล่าวได้ว่าเป็นจุดที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันเกิดขึ้นสมบูรณ์ค่าสีคงเหลือของสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19 และ C.I. Direct Blue 71 จะมีค่าสีลดลงต่ำสุดหลังจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและค่อนข้างคงที่ในช่วงทำการทดลอง สำหรับสี C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 พบว่าค่าสีจะลดต่ำลงที่จุดที่นาที่ 5 แล้วเพิ่มขึ้นจากนั้นค่อนข้างคงที่ในช่วงทำการทดลอง และสำหรับสี C.I. Reactive Red 198 จุดที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันสมบูรณ์ค่าสียังคงลดลงต่อไปในอัตราของการลดสีต่ำลง

เมื่อเติมโซเดียมเมตาโบซัลไฟต์ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ทำให้ค่าพีเอชมีค่าลดลง จากนั้นเมื่อเติมสารรีดิวซ์โซเดียม โบโรไฮไดรด์ตามลงไปทำให้ค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้นในทันทีจากนั้นค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยแล้วค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไปในช่วงทำการทดลองที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง ค่าพีเอชจะค่อนข้างคงที่ สำหรับค่าไออาร์พีของน้ำเสียพบว่าค่าไออาร์พีของสารละลายจะเป็นลบทันทีหลังจากเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ และมีค่าเป็นลบมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งค่าสุด ณ เวลาหนึ่งซึ่งเป็นจุดที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันได้สมบูรณ์ โดยจะเลือกเวลา ณ จุดนี้เป็นเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาในการทดลองขั้นต่อไป จากนั้นค่าไออาร์พีจะเป็นบวกเพิ่มมากขึ้น และค่อย ๆ คงที่ในช่วงทำการทดลองซึ่งแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสีย้อมกับโซเดียม โบโรไฮไดรด์ ที่สมบูรณ์แล้ว

พบว่าเมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ทำให้ค่าไออาร์พีจะเป็นลบ และค่าสีมีค่าลดลงยกเว้นในสี C.I. Direct Black 19 ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และ C.I. Direct Blue 71 ที่ความเข้มข้น 50 และ 70 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ค่าสีจะเพิ่มขึ้นหลังจากการเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ แต่เมื่อปฏิกิริยาคำเนินต่อไปค่าสีมีแนวโน้มลดลงจากค่าสีเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังตาราง ที่ 4.1 พบว่าเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียมีค่าสูงจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูง โดยที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตรมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้สูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์สำหรับทุกสี (สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุษรา ประชุมญาติ, 2545) ดังนั้นจึงเลือกใช้ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตรในการทดลองขั้นต่อไป



รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าโออาร์พี ค่าสีเอ็ดเอ็มไอ และเวลา ที่ความเข้มข้นสี 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

(ก) C.I. Direct Red 80

(ง) C.I. Reactive Red 198

(ข) C.I. Direct Black 19

(จ) C.I. Reactive Black 5

(ค) C.I. Direct Blue 71

(ฉ) C.I. Reactive Blue 225

ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

สี	ความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)									
	50		70		90		150		200	
	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)
C.I. Direct Red 80	66	1,118	96	178	99	68	100	32	99	99
C.I. Direct Black 19	77	406	87	350	89	313	87	456	87	542
C.I. Direct Blue 71	78	759	94	279	87	747	98	199	98	249
C.I. Reactive Red 198	59	1,065	84	541	83	704	86	817	92	569
C.I. Reactive Black 5	30	2,336	77	963	80	725	91	527	97	465
C.I. Reactive Blue 225	85	447	85	568	87	666	97	283	96	454

เมื่อพิจารณาค่าไออาร์พี และประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียสังเคราะห์แต่ละชนิด ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดลองขั้นต่อไป คือความเข้มข้นของน้ำเสียสังเคราะห์เป็น 200 มิลลิกรัมต่อลิตรเนื่องจากจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีได้สูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และให้ค่าสีคงเหลือต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ (สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญรา ประชุมญาติ, 2545) โดยจะมีระยะเวลาทวนเร็วที่เหมาะสมเท่ากับ 20 40 40 10 30 และ 60 นาที สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาทวนเร็วที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

สี	เวลา (นาที)				
	50 มก./ล.	70 มก./ล.	90 มก./ล.	150 มก./ล.	200 มก./ล.
C.I. Direct Red 80	20	20	40	40	20
C.I. Direct Black 19	40	40	20	10	40
C.I. Direct Blue 71	40	20	40	60	40
C.I. Reactive Red 198	5	10	20	40	10
C.I. Reactive Black 5	40	10	10	20	30
C.I. Reactive Blue 225	10	40	60	60	60

4.2 ผลการหาปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสมและค่าพีเอช ในการกำจัดสีโดยเติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์มากเกินไป

จากผลการทดลองที่ 4.1 ทำให้ได้ระยะเวลาทวนเร็ว และความเข้มข้นที่เหมาะสมในการทำการทดลองในขั้นที่ 2 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2

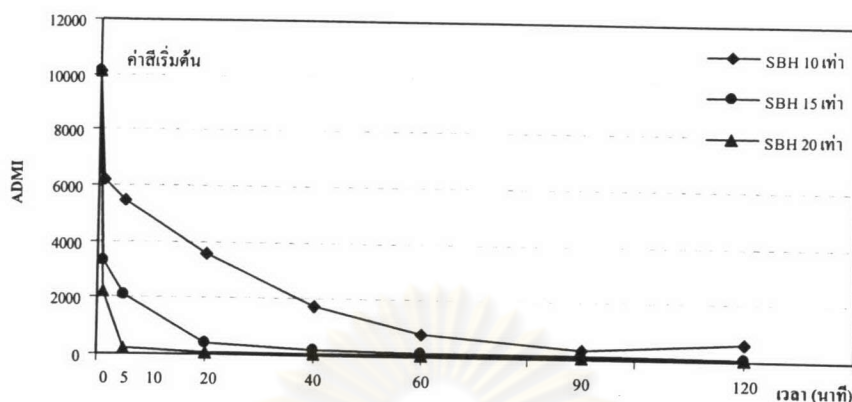
4.2.1 ผลการหาปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสม

เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ในปริมาณ 10 เท่า 15 เท่า และ 20 เท่าของสตอยชิโอเมตริกโดยไม่ปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Direct Red 80 ค่าสีจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 40 นาทีแรกจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ ลดลง และค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายของการทดลอง โดยที่การเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ 10 เท่า 15 เท่า และ 20 เท่าของสตอยชิโอเมตริกจะทำให้มีค่าสีคงเหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลองต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่าเท่ากับ 582 98 และ 76 เอดีเอ็มไอ ตามลำดับ ดังแสดงใน รูปที่ 4.11 (ก) และตารางที่ 4.3

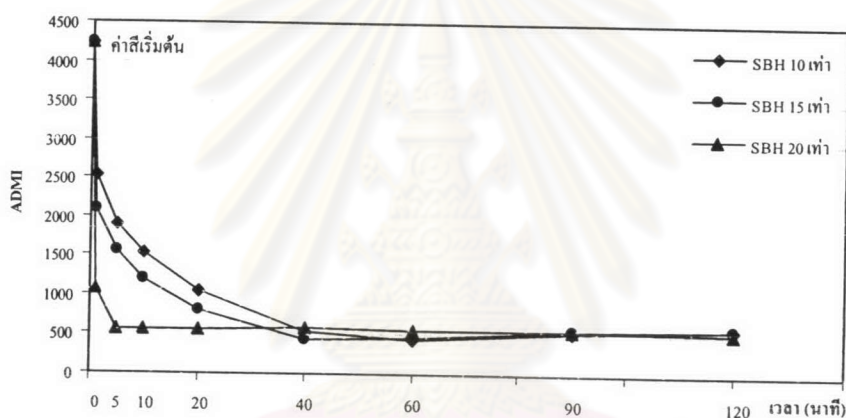
จากรูปที่ 4.11 (ข) พบว่าเมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ในปริมาณ 10 เท่า 15 เท่า และ 20 เท่าของสตอยชิโอเมตริกในน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Direct Black 19 ค่าสีจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 20 นาทีแรกจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ ลดลง และค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายการทดลองการเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ 10 เท่า 15 เท่า และ 20 เท่า ของสตอยชิโอเมตริกจะทำให้ค่าสีคงเหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน และต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 557 596 และ 546 เอดีเอ็มไอ และมีประสิทธิภาพการกำจัดสีเป็นร้อยละ 86 86 และ 87 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

จากรูปที่ 4.11 (ค) เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ในปริมาณ 10 เท่า 15 เท่า และ 20 เท่าของสตอยชิโอเมตริกในน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Direct Blue 71 ค่าสีจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 20 นาทีแรกจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ ลดลง และค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายการทดลอง การเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ 10 เท่า 15 เท่า และ 20 เท่า ของค่าสตอยชิโอเมตริกจะทำให้ค่าสีคงเหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน และต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 215 222 และ 231 เอดีเอ็มไอ ตามลำดับและมีประสิทธิภาพการกำจัดสีเป็นร้อยละ 98 ดังแสดงในตารางที่ 4.3

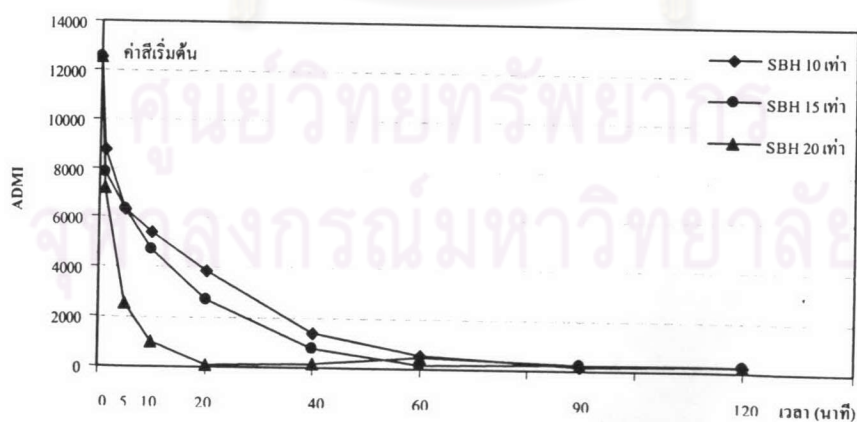
เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดสีใดเรกท์ด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์ปริมาณต่าง ๆ กัน โดยเพิ่มปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์จาก 10 เท่า เป็น 15 เท่า และ 20 เท่าของสตอยชิโอเมตริกพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีของ C.I. Direct Red 80 มีค่าเท่ากับร้อยละ 94 99 และ 99 สำหรับสี C.I. Direct Black 19 จะได้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเท่ากับร้อยละ 86 86 และ 87 และสำหรับสี C.I. Direct Blue 71 จะได้ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะมีค่าเป็นร้อยละ 98 98 และ 98 ดังแสดงในรูปที่ 4.12



(ก) สี C.I. Direct Red 80 ถูกรีดิวซ์ด้วย SBH 10 15 และ 20 เท่าของค่าสตอยชิโอเมตริก



(ข) สี C.I. Direct Black 19 ถูกรีดิวซ์ด้วย SBH 10 15 และ 20 เท่าของค่าสตอยชิโอเมตริก

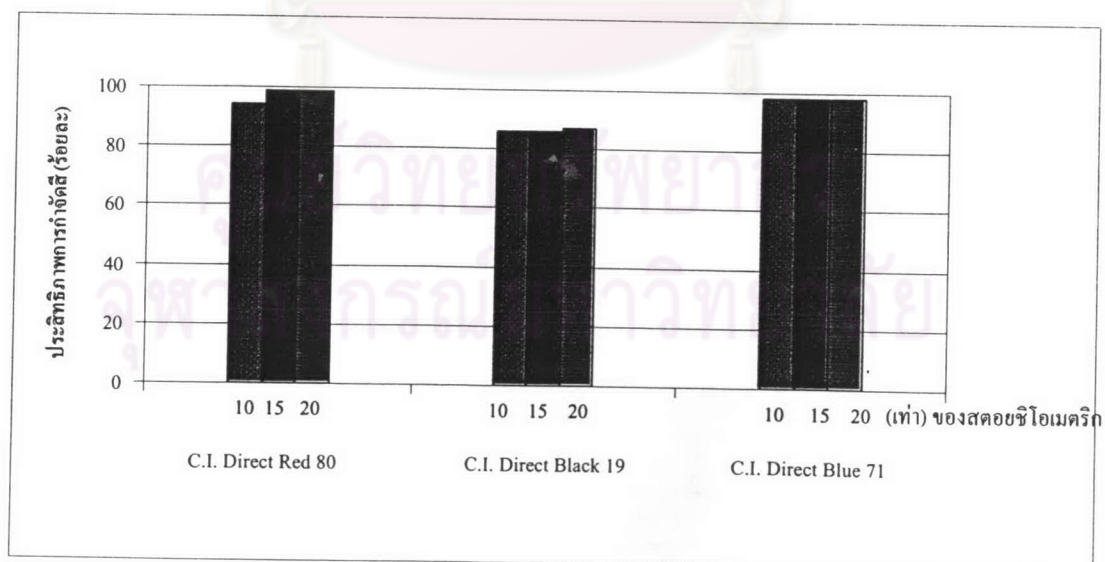


(ค) สี C.I. Direct Blue 71 ถูกรีดิวซ์ด้วย SBH 10 15 และ 20 เท่าของค่าสตอยชิโอเมตริก

รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าสีคงเหลือในหน่วยเอดีเอ็มไอของสีใดเรกท์

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดสีใดเรกท์ด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์ปริมาณต่าง ๆ

สี	ปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ (เท่า) ของสตอยชิโอเมตริก	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)
C.I. Direct Red 80	10	94	582
	15	99	98
	20	99	76
C.I. Direct Black 19	10	86	577
	15	86	596
	20	87	546
C.I. Direct Blue 71	10	98	215
	15	98	222
	20	98	231



รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดสีใดเรกท์ด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์ปริมาณต่าง ๆ

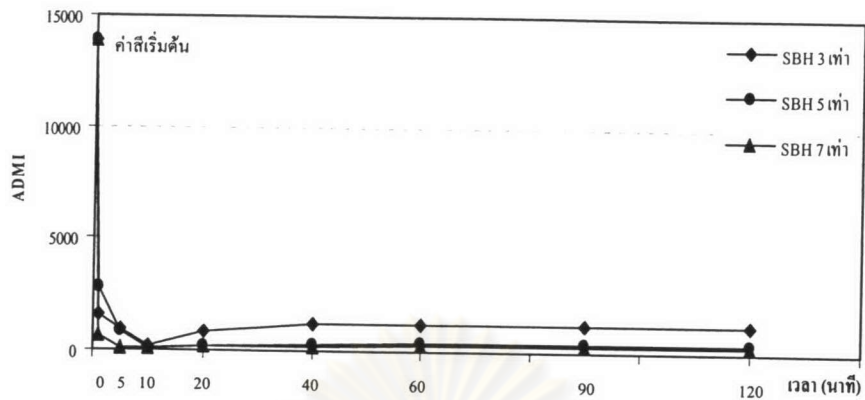
จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นใช้เป็นค่าปริมาณ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ ที่เหมาะสมในการทดลองขั้นต่อไปโดยเลือกปริมาณที่ให้ค่าสีคงเหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลองต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ และใช้ปริมาณสารเคมีต่ำที่สุดดังนั้นจึงเลือกปริมาณ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ ที่เหมาะสมสำหรับสี C.I. Direct Red 80 C.I. Direct Black 19 และ C.I. Direct Blue 71 เป็น 10 เท่า ของสตอยชิโอเมตริก

เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ในปริมาณ 3 เท่า 5 เท่า และ 7 เท่าของสตอยชิโอเมตริกโดยไม่ปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Reactive Red 198 ค่าสีจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 5 นาทีแรกจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ ลดลง และค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายการทดลอง การเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ 3 เท่า 5 เท่า และ 7 เท่าของค่าสตอยชิโอเมตริก ทำให้มีค่าสีคงเหลือเมื่อสิ้นสุดการทดลองต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่าเท่ากับ 549 357 และ 458 เอดีเอ็มไอ และมีประสิทธิภาพการกำจัดสีเป็นร้อยละ 94 96 และ 95 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.13 (ก) และตารางที่ 4.4

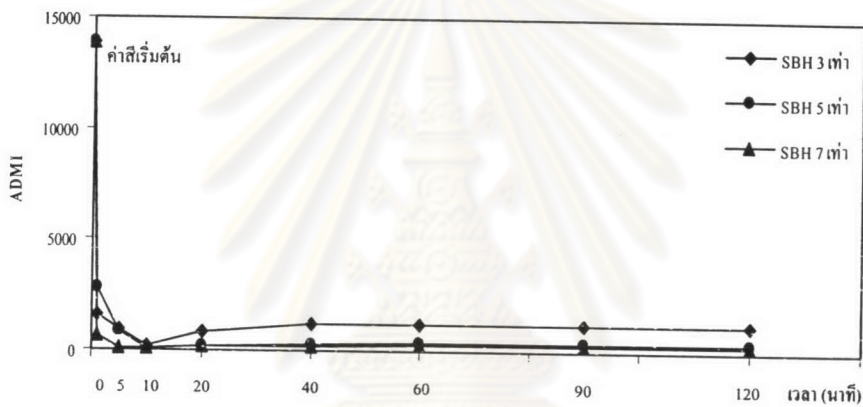
จากรูปที่ 4.13 (ข) พบว่าเมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ในปริมาณ 3 เท่า 5 เท่า และ 7 เท่าของสตอยชิโอเมตริกในน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Reactive Black 5 ค่าสีจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 10 นาทีแรกจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ ลดลงและค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายการทดลอง เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์เพิ่มขึ้นจาก 3 เท่า เป็น 5 เท่าของสตอยชิโอเมตริกจะทำให้มีค่าสีคงเหลือลดลงจาก 1,249 เอดีเอ็มไอ เป็น 332 เอดีเอ็มไอ และมีประสิทธิภาพการกำจัดสีเป็นร้อยละ 91 และ 98 ตามลำดับ จากนั้นเพิ่มปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์เป็น 7 เท่าของสตอยชิโอเมตริก ค่าสีคงเหลือจะลดลงอีกเล็กน้อยโดยมีค่าเท่ากับ 281 เอดีเอ็มไอ คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับร้อยละ 98 ดังแสดงในตารางที่ 4.4

จากรูปที่ 4.13 (ค) เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ในปริมาณ 3 เท่า 5 เท่า และ 7 เท่าของสตอยชิโอเมตริกน้ำเสียสังเคราะห์ของสี C.I. Reactive Blue 225 ค่าสีจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 40 นาทีแรกจากนั้นค่าสีจะค่อย ๆ ลดลงและค่อนข้างคงที่ในช่วงท้ายการทดลอง เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์เพิ่มขึ้นจาก 10 เท่า 15 เท่า และ 20 เท่าของค่าสตอยชิโอเมตริก ค่าสีคงเหลือจะมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงท้ายการทดลองโดยจะมีค่าเป็น 257 238 และ 248 เอดีเอ็มไอ และคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดสีเท่ากับร้อยละ 50 95 และ 98 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

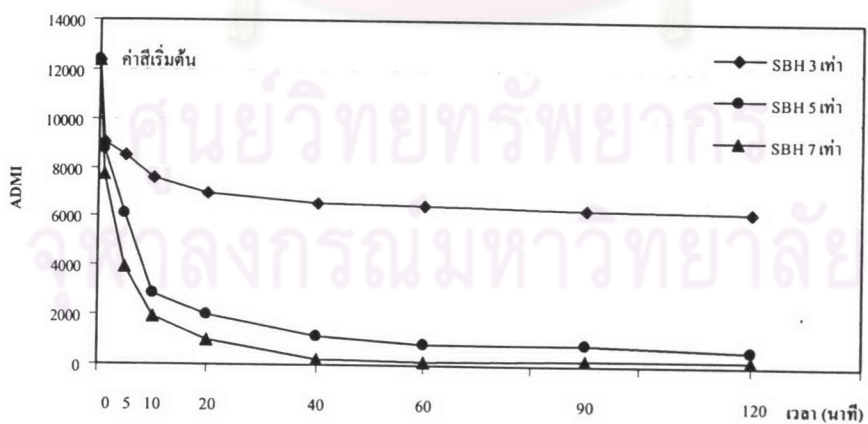
เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์ปริมาณต่าง ๆ กัน โดยเพิ่มปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์จาก 3 เท่า เป็น 5 เท่า และ 7 เท่าของสตอยชิโอเมตริกพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีของ C.I. Reactive Red 198 มีค่าเท่ากับร้อยละ 94 96 และ 95 สำหรับสี C.I. Reactive Black 5 จะได้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเท่ากับร้อยละ 91 98 และ 98 และสำหรับสี C.I. Direct Blue 71 จะได้ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะมีค่าเป็นร้อยละ 50 95 และ 98 ดังแสดงในรูปที่ 4.14



(ก) สี C.I. Reactive Red 198 ถูกรีดิวซ์ด้วย SBH 3 5 และ 7 เท่าของค่าสตอยชิโอเมตริก



(ข) C.I. Reactive Black 5 ถูกรีดิวซ์ด้วย SBH 3 5 และ 7 เท่าของค่าสตอยชิโอเมตริก

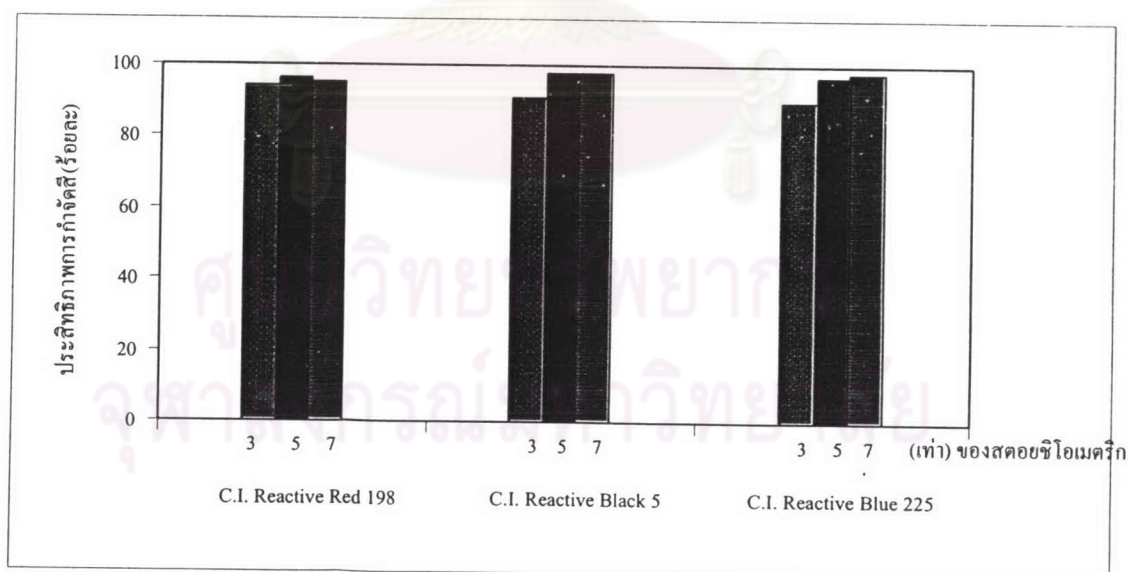


(ค) C.I. Reactive Blue 225 ถูกรีดิวซ์ด้วย SBH 3 5 และ 7 เท่าของค่าสตอยชิโอเมตริก

รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าสีคงเหลือในหน่วยเอดีเอ็มไอของสีรีแอคทีฟ

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดสปีรอกทีฟด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์ปริมาณต่าง ๆ

สี	ปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ (เท่า) ของสตอยชิโอเมตริก	ประสิทธิภาพการกำจัดสปี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)
C.I. Reactive Red 198	3	94	549
	5	96	357
	7	95	458
C.I. Reactive Black 5	3	91	1,249
	5	98	332
	7	98	281
C.I. Reactive Red 198	3	90	257
	5	97	238
	7	98	257



รูปที่ 4.14 ประสิทธิภาพการกำจัดสปีรอกทีฟด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์ปริมาณ ต่าง ๆ

4.2.2 ผลการหาค่าพีเอชที่เหมาะสม

เมื่อเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ลงในน้ำเสียสังเคราะห์สีโคเรกต์ C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19 และ C.I. Direct Blue 71 ที่มีค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเป็น 8.5 10 และ พีเอชปกติของน้ำเสียทำให้ค่าพีเอชลดลง ยกเว้นที่พีเอชเริ่มต้นเป็น 4 ค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นเป็น 4.25 จากนั้นเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ทำให้ค่าพีเอชถูกปรับให้อยู่ในช่วง 5.5 ถึง 7 จากนั้นค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอีกเล็กน้อย ในช่วงทำการทดลองพีเอชของน้ำเสียมีค่าก่อนข้างคั่งที่ และมีค่าเข้าใกล้พีเอช 6 ดังแสดงในรูปที่ 4.15 (ก) ถึง รูปที่ 4.15 (ค)

น้ำเสียสังเคราะห์สีรีแอคทีฟได้แก่ C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ที่ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียเป็น 4 8.5 10 และ พีเอชปกติของน้ำเสีย เมื่อเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะทำให้ค่าพีเอชลดลง ยกเว้นที่พีเอชเริ่มต้นเป็น 4 ค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นเป็น 4.23 จากนั้นเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์ทำให้ค่าพีเอชถูกปรับให้อยู่ในช่วง 5.5 ถึง 6.6 จากนั้นค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอีกเล็กน้อย ในช่วงทำการทดลองพีเอชของน้ำเสียมีค่าก่อนข้างคั่งที่ โดยมีค่า 5.5-6.2 ดังแสดงในรูปที่ 4.16 (ก) ถึง 4.16 (ค)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีมีค่าสูงกว่าร้อยละ 90 และประสิทธิภาพการกำจัดสี C.I. Direct Black 19 จะสูงกว่าร้อยละ 85 สำหรับทุกค่าพีเอชเริ่มต้น

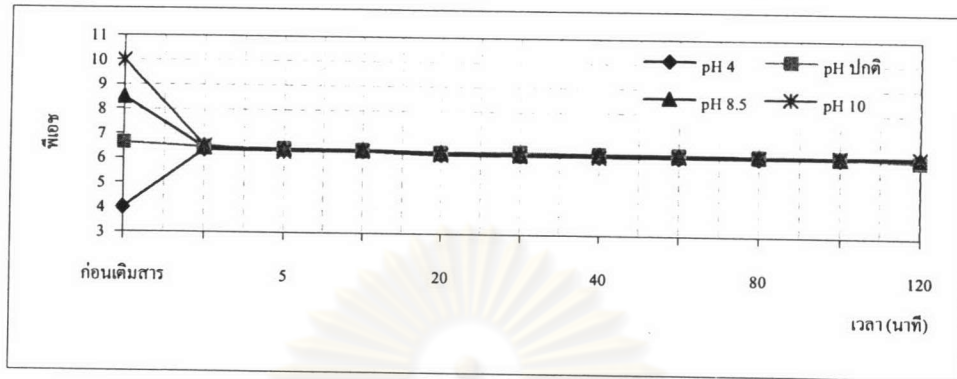
ตารางที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสีที่ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียต่าง ๆ กัน

พีเอช	สี											
	C.I. Direct Red 80		C.I. Direct Black 19		C.I. Direct Blue 71		C.I. Reactive Red 198		C.I. Reactive Black 5		C.I. Reactive Blue 225	
	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)
4	94	661	87	556	98	255	92	733	98	328	91	1,154
ปกติ	94	582	86	577	98	215	94	549	98	332	97	396
8.5	97	334	86	584	98	243	95	471	97	397	96	543
10	98	170	85	617	98	265	96	384	97	348	97	364

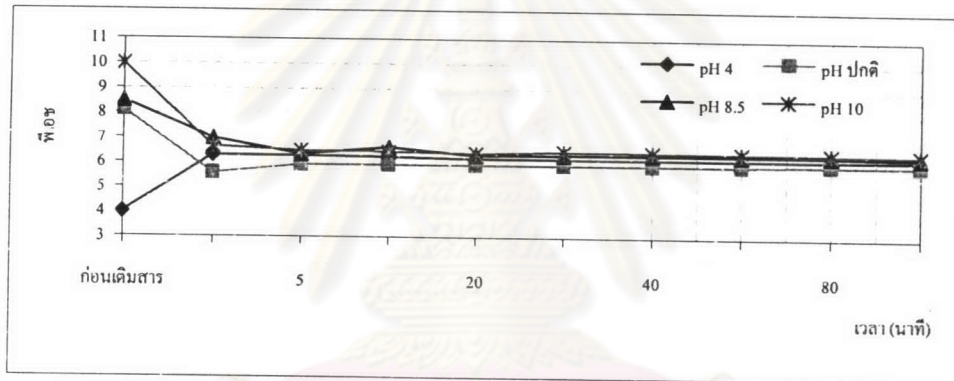
หมายเหตุ : พีเอชปกติหมายถึง พีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียที่ไม่ได้ทำการปรับค่าพีเอช

เมื่อพิจารณาค่าสีคงเหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ร่วมกับประสิทธิภาพการกำจัดสีที่ได้พบว่าเมื่อค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียมีค่าต่างกันเป็น 4 8.5 พีเอชของน้ำเสียปกติ และ 10 จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีใกล้เคียงกันดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดสารเคมีที่ใช้ในการปรับค่าพีเอช

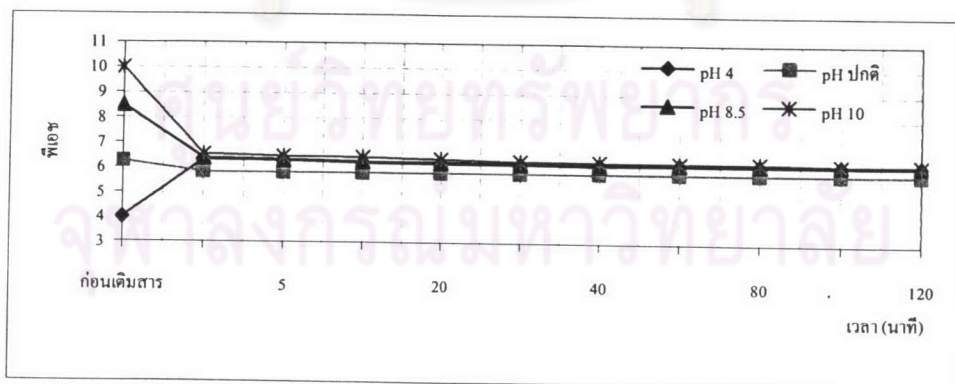
ในการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกค่าพีเอชเริ่มต้นเป็นค่าพีเอชของน้ำเสียปกติโดยไม่ต้องทำการปรับค่าพีเอชเพราะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงและมีค่าสีคงเหลือไม่เกิน 600 เอ็ดเอ็มไอ



(ก) สี C.I. Direct Red 80 ถูกรีดิวซ์ที่พีเอชน้ำเสียเริ่มต้นเป็น 4 8.5 10 และ พีเอชปกติของน้ำเสีย

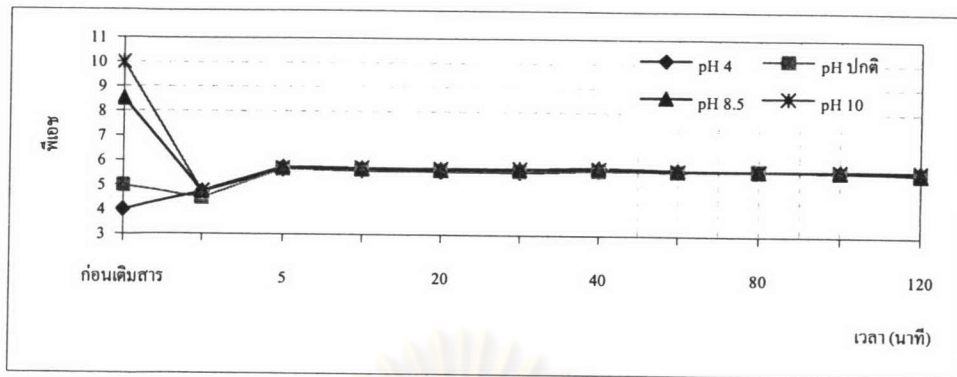


(ข) สี C.I. Direct Black 19 ถูกรีดิวซ์ที่พีเอชน้ำเสียเริ่มต้นเป็น 4 8.5 10 และ พีเอชปกติของน้ำเสีย

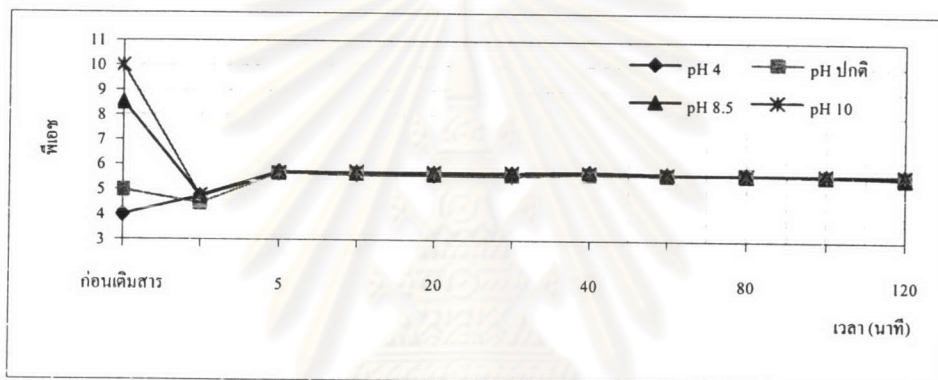


(ค) สี C.I. Direct Blue 71 ถูกรีดิวซ์ที่พีเอชน้ำเสียเริ่มต้นเป็น 4 8.5 10 และ พีเอชปกติของน้ำเสีย

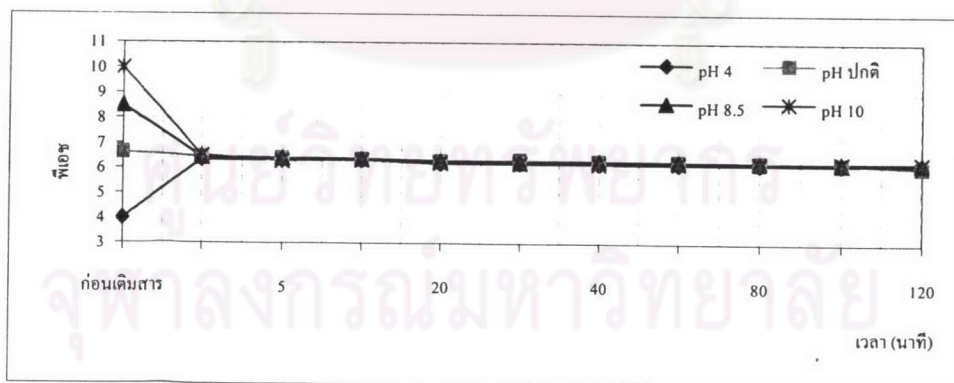
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชกับเวลาของสีใดเรกที่ค่าพีเอชเริ่มต้นต่าง ๆ



(ก) สี C.I. Reactive Red 198 ถูกรีดิวซ์ที่พีเอชน้ำเสียเริ่มต้นเป็น 4 8.5 10 และ พีเอชปกติของน้ำเสีย



(ข) สี C.I. Reactive Black 5 ถูกรีดิวซ์ที่พีเอชน้ำเสียเริ่มต้นเป็น 4 8.5 10 และ พีเอชปกติของน้ำเสีย



(ค) สี C.I. Reactive Blue 225 ถูกรีดิวซ์ที่พีเอชน้ำเสียเริ่มต้นเป็น 4 8.5 10 และ พีเอชปกติของน้ำเสีย

รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชกับเวลาของสีรีแอคทีฟที่พีเอชเริ่มต้นต่าง ๆ

4.3 ผลการหาปริมาณโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ที่เหมาะสม

จากผลการทดลองขั้นที่ 2 จะได้ปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ และค่าพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองขั้นที่ 3 ซึ่งพบว่าเมื่อเติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์เป็น 0.5 2 3 และ 4 เท่าโดยโมลของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสม โดยสี C.I. Direct Red 80 หลังทำการรีดิวซ์พบว่าเมื่อเติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 2 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ ขึ้นไปจะทำให้ค่าสีคงเหลือต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่า 582 508 และ 236 เอดีเอ็มไอ เมื่อใช้โซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ ตามลำดับ แต่ที่ปริมาณโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์เป็น 0.5 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์จะกำจัดสีข้อมในน้ำทิ้งได้ไม่ดีทำให้ค่าสีคงเหลือสูงกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่าเท่ากับ 4388 เอดีเอ็มไอ ดังแสดงในรูปที่ 4.17 (ก)

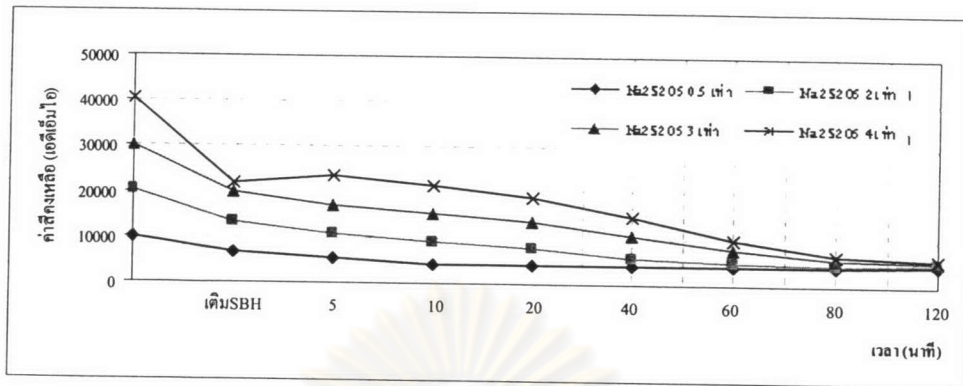
เมื่อเติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ทำให้ค่าสีคงเหลือของสี C.I. Direct Black 19 ต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่า 546 590 และ 579 เอดีเอ็มไอ สำหรับการใส่โซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ ตามลำดับแต่เมื่อปริมาณโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์เป็น 0.5 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์จะให้ค่าสีคงเหลือสูงกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่าเท่ากับ 1,879 เอดีเอ็มไอ ดังแสดงในรูปที่ 4.17 (ข)

เมื่อเติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์เป็น 2 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ขึ้นไปจะทำให้ค่าสีคงเหลือของสี C.I. Direct Blue 71 ต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่า 231 280 และ 283 เอดีเอ็มไอ สำหรับการใส่โซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ ตามลำดับแต่เมื่อโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์เป็น 0.5 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์จะให้ค่าสีคงเหลือสูงกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่าเท่ากับ 2,950 เอดีเอ็มไอ ดังแสดงในรูปที่ 4.17 (ค)

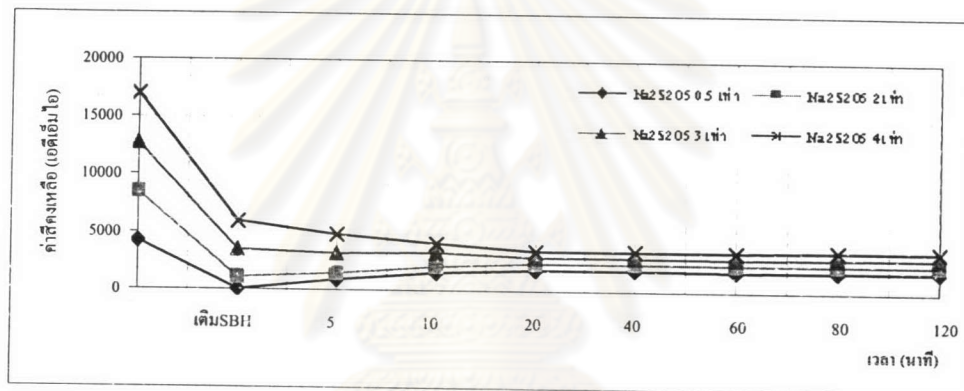
เมื่อเติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์เป็น 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์จะทำให้ค่าสีคงเหลือของสี C.I. Reactive Red 198 ต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่า 590 เอดีเอ็มไอ โดยการใช้โซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 0.5 2 และ 3 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ จะให้ค่าสีคงเหลือสูงกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่าเท่ากับ 1747 750 และ 637 เอดีเอ็มไอ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 (ก)

เมื่อเติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ จะทำให้ค่าสีคงเหลือของสี C.I. Reactive Black 5 ต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่า 445 367 และ 310 เอดีเอ็มไอ ตามลำดับ แต่ที่ปริมาณโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์เป็น 0.5 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์จะให้ค่าสีคงเหลือสูงกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่าเท่ากับ 2,950 เอดีเอ็มไอ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 (ข)

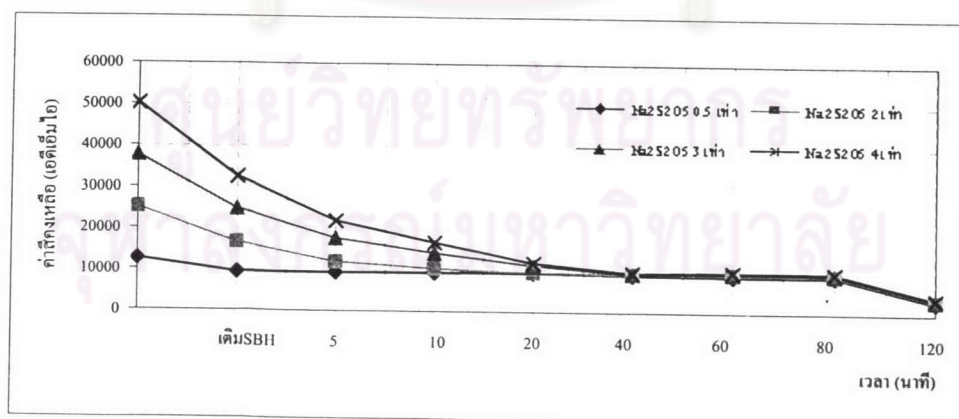
เมื่อเติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์เป็น 0.5 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ทำให้ค่าสีคงเหลือของสี C.I. Reactive Blue 225 ต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่า 1618 และ 1335 เอดีเอ็มไอ ตามลำดับ เมื่อเติมโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์เป็น 2 และ 3 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์จะให้ค่าสีคงเหลือต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ โดยมีค่าเท่ากับ 489 และ 425 เอดีเอ็มไอ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 (ค)



(ก) C.I. Direct Red 80 ถูกรีดิวซ์โดยใช้ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์

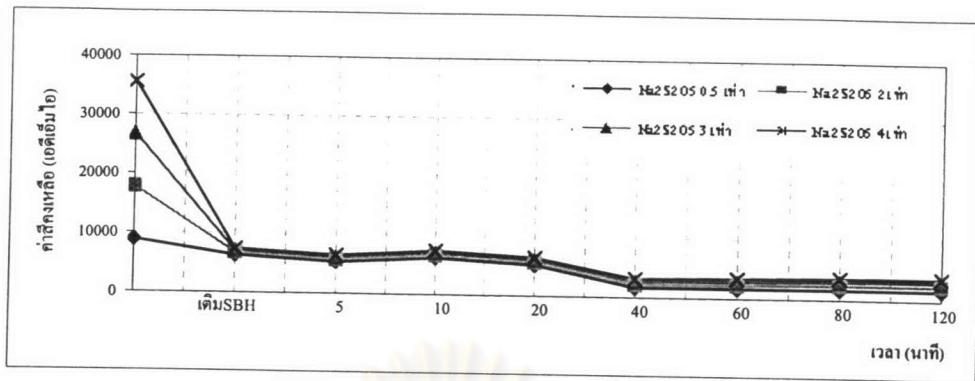


(ข) C.I. Direct Black 19 ถูกรีดิวซ์โดยใช้ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์

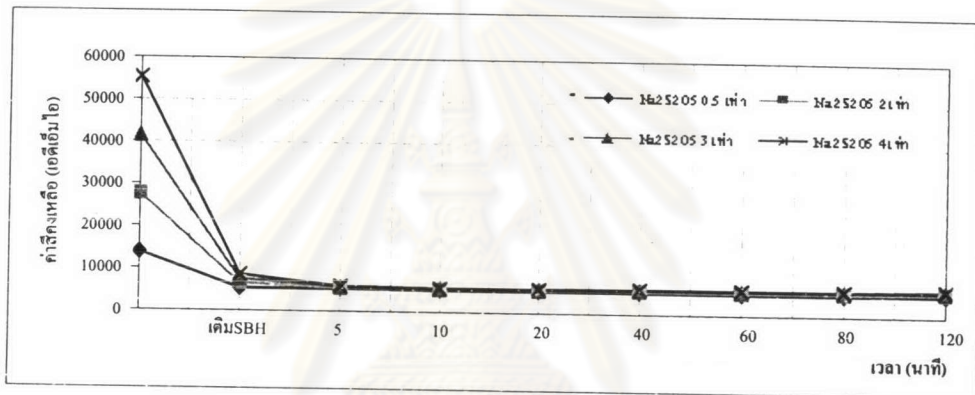


(ค) C.I. Direct Blue 71 ถูกรีดิวซ์โดยใช้ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์

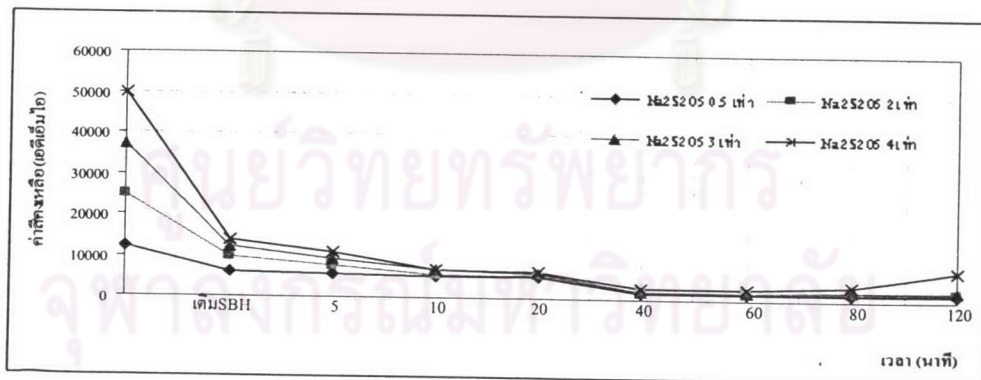
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับค่าสีคงเหลือในหน่วยเอ็ดเอ็มไอ ของสีใดเรกต์



(ก) C.I. Reactive Red 198 ถูกรีดิวซ์โดยใช้ โขเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 0.5 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์



(ข) C.I. Reactive Black 5 ถูกรีดิวซ์โดยใช้ โขเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 0.5 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์



(ค) C.I. Reactive Blue 225 ถูกรีดิวซ์โดยใช้ โขเดียมเมตะไบซัลไฟต์ 0.5 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์

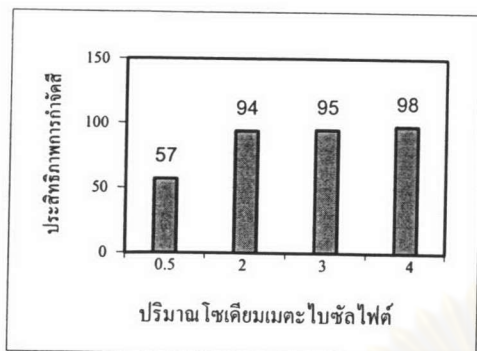
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าสีคงเหลือในหน่วยเออดีเอ็มไอ ของสีรีแอคทีฟ

เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการกำจัดสีโดยทำการแปรค่าปริมาณ โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์เพิ่มจาก 0.5 ถึง 2 เท่า ของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีประมาณร้อยละ 90 ขึ้นไปแต่เมื่อเพิ่ม ปริมาณ โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์มากขึ้นเป็น 3 เท่า และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ ประสิทธิภาพจะค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.19 (ก) ถึงรูปที่ 4.19 (ง) และตารางที่ 4.6

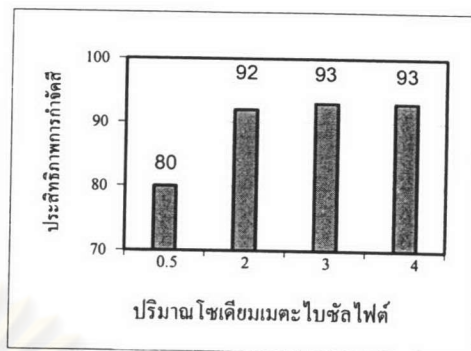
ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกำจัดสีด้วยโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ที่ปริมาณต่าง ๆ

Na ₂ S ₂ O ₅ : SBH (เท่า)	สี											
	C.I. Direct Red 80		C.I. Direct Black 19		C.I. Direct Blue 71		C.I. Reactive Red 198		C.I. Reactive Black 5		C.I. Reactive Blue 225	
	ประสิทธิภาพการ กำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอ็ดเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการ กำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอ็ดเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการ กำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอ็ดเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการ กำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอ็ดเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการ กำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอ็ดเอ็มไอ)	ประสิทธิภาพการ กำจัดสี (ร้อยละ)	ค่าสีคงเหลือ (เอ็ดเอ็มไอ)
0.5	57	4,388	56	1,879	77	2,950	80	1,747	63	5,177	87	1,618
2	94	582	87	546	98	231	92	750	97	445	96	489
3	95	508	86	590	98	280	93	637	97	367	97	425
4	98	236	86	579	98	283	93	590	98	310	97	335

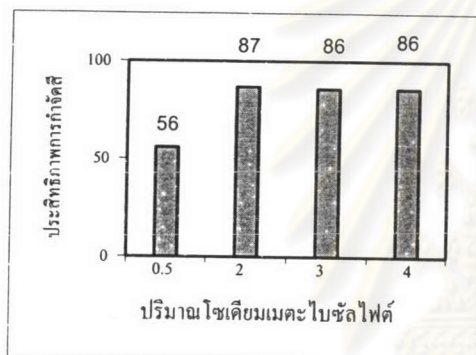
ผลการทดลองพบว่าปริมาณโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ที่เหมาะสม คือ ปริมาณโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ต่ำสุดที่ใช้กำจัดสีแล้วทำให้ค่าสีคงเหลือในน้ำทิ้งมีค่า ต่ำกว่า 600 เอ็ดเอ็มไอ ซึ่งให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีใกล้เคียงร้อยละ 90 ดังนั้นปริมาณ โซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ที่เหมาะสมคือ 2 2 2 4 2 และ 2 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ สำหรับสี C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 71, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ตามลำดับ



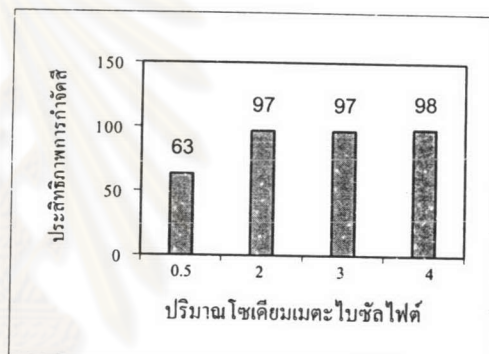
(ก) C.I. Direct Red 80



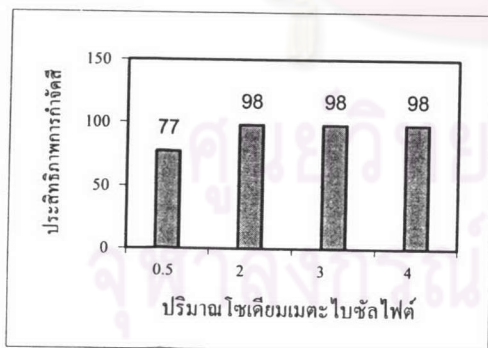
(ง) C.I. Reactive Red 198



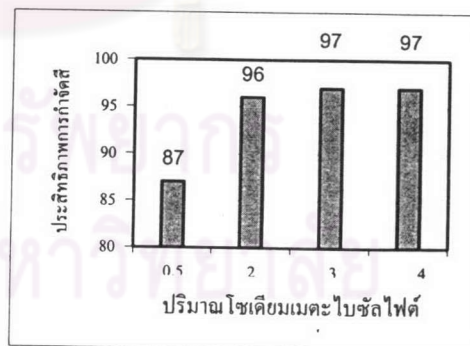
(ข) C.I. Direct Black 19



(จ) C.I. Reactive Black 5



(ค) C.I. Direct Blue 71



(ฉ) C.I. Reactive Blue 225

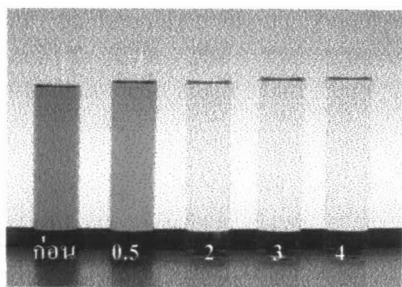
รูปที่ 4.19 ประสิทธิภาพการกำจัดสีด้วยโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ที่ปริมาณต่าง ๆ

ตารางที่ 4.7 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีในน้ำเสียสังเคราะห์

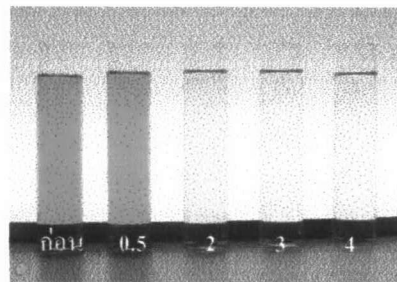
สี	ระยะเวลา กวนเร็ว (นาที)	พีเอช	โซเดียม โบโรไฮไดรด์ (กรัม)	โซเดียม เมตาไบซัล ไฟต์ (กรัม)	ค่าสี กงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ซีไอดี (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ การกำจัดสี (ร้อยละ)
C.I. Direct Red 80	20	ปกติ	0.03	0.11	582	141	94
C.I. Direct Black 19	40	ปกติ	0.05	0.18	546	177	87
C.I. Direct Blue 71	40	ปกติ	0.04	0.15	231	130	98
C.I. Reactive Red 198	10	ปกติ	0.01	0.31	590	106	93
C.I. Reactive Black 5	30	ปกติ	0.02	0.15	367	200	87
C.I. Reactive Blue 225	60	ปกติ	0.02	0.16	489	159	96

จากผลการทดลองโดยสรุปพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีหมู่เอซโซซินิกไดเรกต์ และรีแอคทีฟ ได้แก่ C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19, C.I. Direct Blue 225, C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5 และ C.I. Reactive Blue 225 ในน้ำเสียสังเคราะห์เป็นดังแสดงในตารางที่ 4.7 โดยค่าซีไอดีหลังจากรีดิฟซ์สีข้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ที่สภาวะเหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นก่อนทำการรีดิฟซ์พบว่าค่าใกล้เคียงกัน

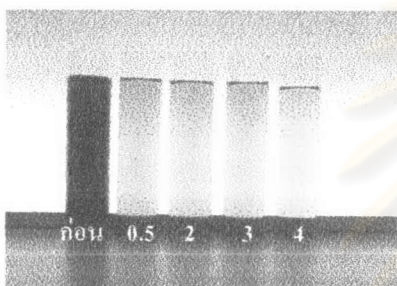
ในรูปที่ 4.20 แสดงภาพเปรียบเทียบระหว่างน้ำเสียเริ่มต้นและน้ำเสียภายหลังที่ผ่านการกำจัดสีด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์แล้ว



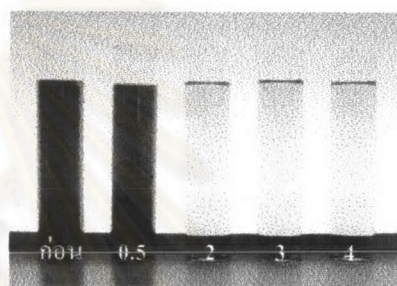
(ก) C.I. Direct Red 80



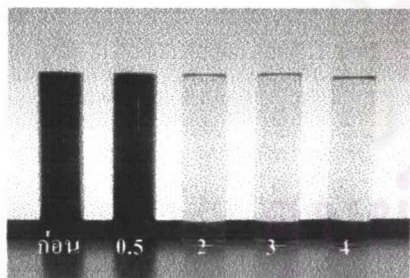
(ง) C.I. Reactive Red 198



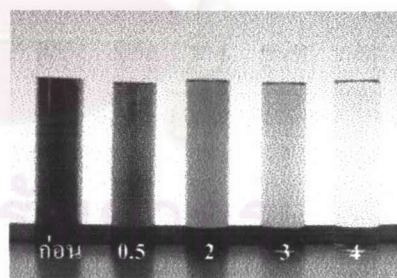
(ข) C.I. Direct Black 19



(จ) C.I. Reactive Black 5



(ค) C.I. Direct Blue 71



(ฉ) C.I. Reactive Blue 225

รูปที่ 4.20 สีลงเหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์ด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5 2 3 และ 4 เท่าของโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสม

4.4 ผลการทดลองกับน้ำเสียจริง

เมื่อทำการรีดิวซ์น้ำเสียจริงซึ่งเป็นน้ำที่ออกจากหม้อต้มก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน พบว่าในน้ำเสียจริงซึ่งมีความปนเปื้อนสูง ทำให้ปริมาณสารที่ใช้ในการรีดิวซ์มีค่าสูงกว่าในน้ำเสียสังเคราะห์

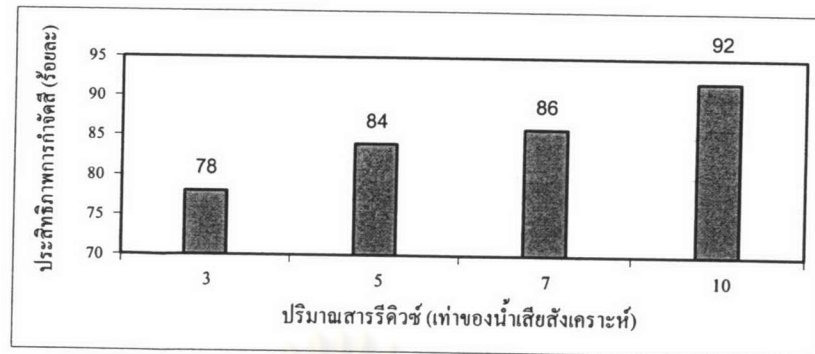
ผลการทดลองเมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ในปริมาณ 3 5 7 และ 10 เท่าของปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์สี Direct Black ทำให้ค่าสีคงเหลือลดลงจากเดิม 7,760 เอดีเอ็มไอ ไปเป็น 1,687 1,248 1,071 และ 592 เอดีเอ็มไอ และมีค่าพีเอชสุดท้ายเป็น 5.90 6.06 5.83 และ 5.92 ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ฉ.1

เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ในปริมาณ 3 5 7 และ 10 เท่าของปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์สี Reactive Red พบว่าค่าสีคงเหลือมีค่าลดลงจากค่าสีเริ่มต้นโดยมีค่าเท่ากับ 14,057 714 661 และ 565 เอดีเอ็มไอ และค่าพีเอชสุดท้ายเป็น 8.86 6.17 6.00 และ 5.96 ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ฉ.1

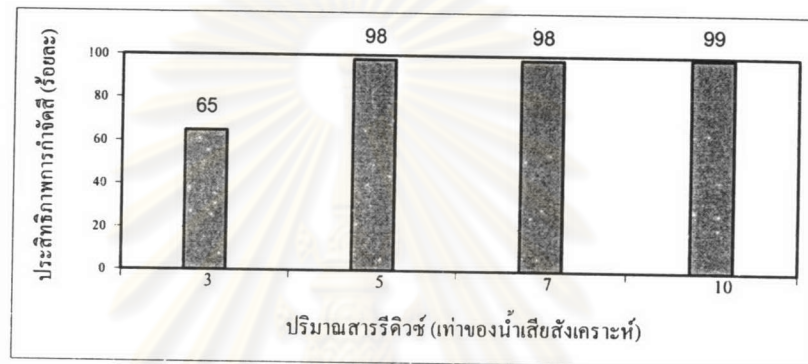
เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ในปริมาณ 10 20 30 และ 50 เท่าของปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์สี Reactive Black ทำให้ค่าสีคงเหลือลดลงจากค่าสีเริ่มต้น 7,773 เอดีเอ็มไอ เป็น 5,084 9,088 792 และ 451 เอดีเอ็มไอ และค่าพีเอชสุดท้ายเป็น 9.23 8.96 8.45 และ 7.54 ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ฉ.1

เมื่อเติมโซเดียม โบโรไฮไดรด์และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ในปริมาณ 10 20 30 และ 50 เท่าของปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์สี Reactive Blue ทำให้ค่าสีคงเหลือลดลงจากค่าสีเริ่มต้น 9420 เอดีเอ็มไอ เป็น 7,165 6,539 2,035 และ 230 เอดีเอ็มไอ และมีค่าพีเอชสุดท้ายเป็น 7.26 6.77 6.54 และ 6.30 ตามลำดับ ดังแสดงในภาคผนวก ฉ.1

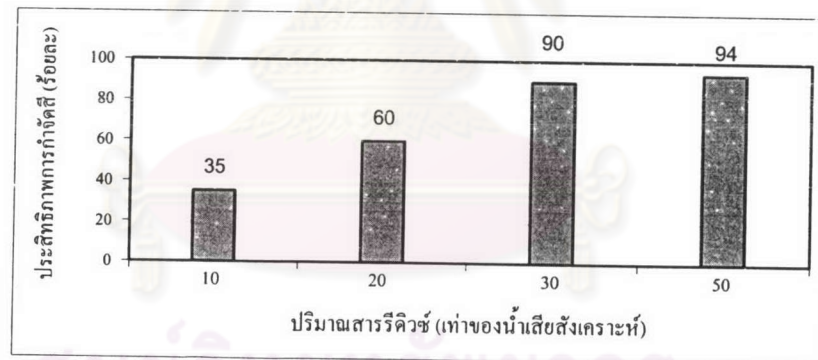
จากรูปที่ 4.21 พบว่าสำหรับสี Direct Black ในน้ำเสียจริงจะต้องใช้ปริมาณสารเคมีในการรีดิวซ์สูงกว่าปริมาณที่ใช้ในน้ำเสียสังเคราะห์ถึง 10 เท่าจึงจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเป็น 92 เปอร์เซ็นต์และมีค่าสีคงเหลือมีค่าเท่ากับ 592 เอดีเอ็มไอ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีข้อมจากน้ำเสียจริงสำหรับสี Reactive Red ในน้ำเสียจริงจะต้องใช้ปริมาณสารเคมีในการรีดิวซ์สูงกว่าปริมาณที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ถึง 10 เท่าจึงจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเป็น 99 เปอร์เซ็นต์และมีค่าสีคงเหลือในน้ำเสียต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอคือมีค่าเท่ากับ 565 เอดีเอ็มไอ ซึ่งสำหรับสี Reactive Black ในน้ำเสียจริงจะต้องใช้ปริมาณสารเคมีในการรีดิวซ์สูงกว่าปริมาณที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ถึง 50 เท่าจึงจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเป็น 94 เปอร์เซ็นต์และมีค่าสีคงเหลือมีค่าเท่ากับ 451 เอดีเอ็มไอ สำหรับสี Reactive Blue ในน้ำเสียจริงจะต้องใช้ปริมาณสารเคมีในการรีดิวซ์สูงกว่าปริมาณที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียสังเคราะห์ถึง 50 เท่าจึงจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเป็น 94 เปอร์เซ็นต์และมีค่าสีคงเหลือมีค่าเท่ากับ 230 เอดีเอ็มไอ



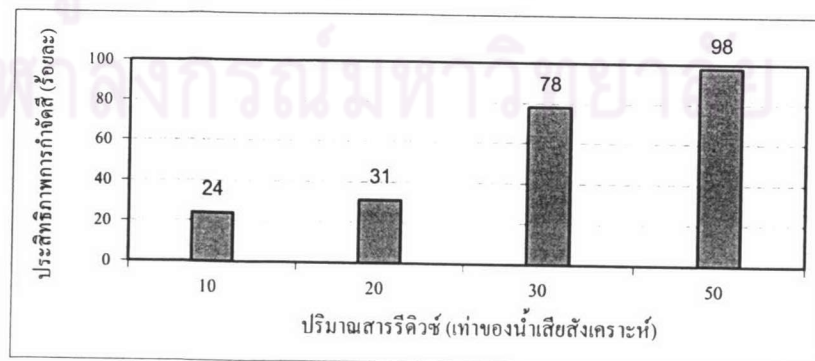
(ก) Direct Black



(ข) Reactive Red

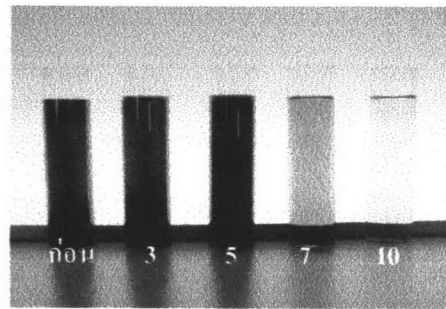


(ค) Reactive Black

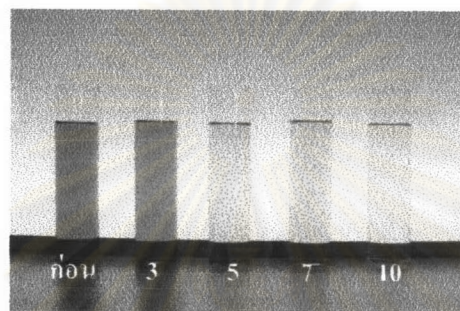


(ง) Reactive Blue

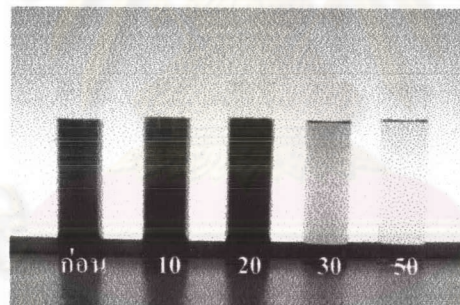
รูปที่ 4.21 ประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียจริงด้วยโซเดียม โปโรไฮไดรด์



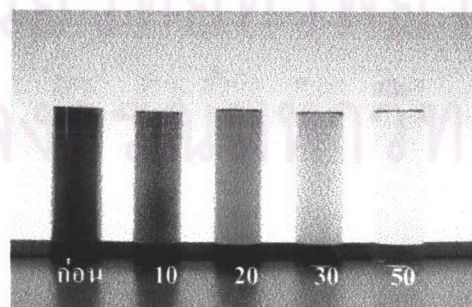
(ก) Direct Black



(ข) Reactive Red



(ค) Reactive Black



(ง) Reactive Blue

รูปที่ 4.22 สีคงเหลือในน้ำเสียจริงก่อนและหลังถูกรีดิวซ์ด้วยโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์

4.5 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยารีดักชันด้วยเครื่องแมสสเปกโตรเมตริก

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสีย้อมด้วยเครื่องแมสสเปกโตรมิเตอร์พบว่าพีคของสีย้อมทุกสี ทั้งก่อนและหลังทำการรีดิวซ์มีจำนวนหลายพีคดังแสดงในภาคผนวก ข และคำนวณต่อประจุหลังทำการรีดิวซ์มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากคำนวณต่อประจุของสีย้อมก่อนทำการรีดิวซ์จึงกล่าวได้ว่าสีย้อมได้ถูกรีดิวซ์ด้วยโซเดียม โบโรไฮไดรด์และโซเดียมเมตะไบซัลไฟด์ แต่เนื่องจากในสีย้อมมีสารอื่น ๆ ผสมทำให้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ไม่สามารถระบุชนิดของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนว่าเป็นสารใด

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสีย้อม C.I. Direct Red 80 ก่อนผ่านการรีดิวซ์พบว่าที่คำนวณต่อประจุเป็น 1,348 มีค่าเท่ากับค่าที่คำนวณได้โดยในโครงสร้างของสีจะมีประจุจำนวน 1 ประจุ และจากตารางที่ ข.8 (ภาคผนวก ข) เมื่อพิจารณาแมสสเปกตรัมของสีย้อม C.I. Direct Red 80 ที่ผ่านการรีดิวซ์แล้ว พบว่าคำนวณต่อประจุที่ 184 คาดว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ B หรือ D เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ซึ่งมีค่าเป็น 186 คำนวณต่อประจุ 382 คาดว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ A+B หรือ D+E (1 ประจุ) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ซึ่งมีค่าเป็น 381 คำนวณต่อประจุ 265 คาดว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ C (2 ประจุ) เนื่องจากมีค่าเท่ากับค่าที่คำนวณได้ คำนวณต่อประจุ 554 คาดว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ C (1 ประจุ) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ซึ่งมีค่าเป็น 555 และที่คำนวณต่อประจุที่ 273 คาดว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ A+B+C+D หรือ B+C+D+E (4 ประจุ) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ซึ่งมีค่าเป็น 275 (ดังตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข)

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสีย้อม C.I. Direct Black 19 ก่อนผ่านการรีดิวซ์พบว่าคำนวณต่อประจุ 830 มีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการคำนวณได้ซึ่งมีค่าเป็น 815 โดยในโครงสร้างของสีจะมีประจุจำนวน 1 ประจุ จากตารางที่ ข.9 ในภาคผนวก ข เมื่อพิจารณาแมสสเปกตรัมของสีย้อม C.I. Direct Black 19 ที่ผ่านการรีดิวซ์แล้ว พบว่าคำนวณต่อประจุที่ 236 คาดว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ B+C หรือ C+D (2 ประจุ) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ซึ่งมีค่าเป็น 238 (ดังตารางที่ ข.2 ในภาคผนวก ข)

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสีย้อม C.I. Direct Blue 71 ก่อนผ่านการรีดิวซ์พบว่าคำนวณต่อประจุ 487 มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ซึ่งมีค่าเป็น 483 โดยในโครงสร้างของสีจะมีประจุจำนวน 2 ประจุ จากตารางที่ ข.11 ในภาคผนวก ข เมื่อพิจารณาแมสสเปกตรัมของสีย้อม C.I. Direct Blue 71 ที่ผ่านการรีดิวซ์แล้ว พบว่าคำนวณต่อประจุที่ 247 คาดว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ A+B (2 ประจุ) เนื่องจากมีค่าเท่ากับค่าที่คำนวณได้ คำนวณต่อประจุที่ 385 คาดว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ B+C (1 ประจุ) เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ซึ่งมีค่าเป็น 384 (ดังตารางที่ ข.3 ในภาคผนวก ข)

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสีย้อม C.I. Reactive Red 198 ก่อนผ่านการรีดิวซ์พบว่าคำนวณต่อประจุ 468 มีค่าเท่ากับค่าจากการคำนวณได้โดยในโครงสร้างของสีจะมีประจุจำนวน 2 ประจุ และเมื่อพิจารณาแมสสเปกตรัมของสีที่ผ่านการรีดิวซ์แล้วพบว่าที่คำนวณต่อประจุ 264 คาดว่าจะ

เป็นผลิตภัณฑ์ A เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการคำนวณได้ซึ่งมีค่ามวลต่อประจุเป็น 263 (ดังตารางที่ ข.4 ในภาคผนวก ข)

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสีย้อม C.I. Reactive Black 5 ก่อนผ่านการรีดิวซ์พบว่าค่ามวลต่อประจุ 453 มีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการคำนวณได้ซึ่งมีค่าเป็น 452 โดยในโครงสร้างของสีจะมีประจุจำนวน 2 ประจุ

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสีย้อม C.I. Reactive Blue 225 ก่อนผ่านการรีดิวซ์พบว่าค่ามวลต่อประจุ 295 มีค่าใกล้เคียงกับค่าจากการคำนวณได้ที่มีค่าเป็น 296 โดยในโครงสร้างของสีจะมีประจุจำนวน 3 ประจุ

เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างสีย้อมในน้ำเสียจริงสี Direct Black Reactive Red Reactive Black และ Reactive Blue พบว่าเมสสเปกตรัมก่อนทำการรีดิวซ์แสดงค่ามวลต่อประจุสูงสุดเป็น 1,494.63 1,286.78 573.01 และ 765.75 ตามลำดับ และหลังจากการรีดิวซ์พบว่าค่ามวลต่อประจุมีค่าลดลงโดยมีค่ามวลต่อประจุสูงสุดเป็น 902.34 646.12 516.77 และ 650.60 ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าหลังจากการรีดิวซ์โครงสร้างของสีย้อมจะมีขนาดลดลง

4.6 ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าสารเคมีในการรีดิวซ์

การคิดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าสารเคมีในการกำจัดสีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตรและค่าใช้จ่ายในการกำจัดสีจากน้ำเสียจริง จะคำนึงถึงราคาของสารเคมีที่ใช้ในการรีดิวซ์ซึ่งได้แก่ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากสภาวะที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียจึงไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับสารปรับค่าพีเอช โดยการรีดิวซ์สีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ สภาวะที่เหมาะสมพบว่าจะใช้สารเคมีดังแสดงในตารางที่ 4.8

จากการคำนวณค่าใช้จ่ายในภาคผนวก ข.3 พบว่าราคาของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดสีจากน้ำทิ้งในน้ำเสียสังเคราะห์สี C.I. Reactive Red 198, C.I. Reactive Black 5, C.I. Reactive Blue 225, C.I. Direct Red 80, C.I. Direct Black 19 และ C.I. Direct Blue 71 จะอยู่ระหว่าง 0.24-0.9 บาทต่อปริมาตรน้ำเสีย 1 ลิตร โดยน้ำเสียจริงสี Reactive Red และสี Direct Black มีความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 4.5 และ 1.8 เท่าของน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาณสารรีดิวซ์ที่เหมาะสมเป็น 10. เท่าของปริมาณที่ใช้กับน้ำเสียสังเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสีคิดเป็นเงิน 3.19 และ 8.97 บาทต่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ตามลำดับ สำหรับสี Reactive Black และ สี Reactive Blue มีความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 0.6 และ 0.1 เท่าของน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาณสารรีดิวซ์ที่เหมาะสมเป็น 50 เท่าของปริมาณที่ใช้กับน้ำเสียสังเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสีคิดเป็นเงิน 19.89 และ 20.28 บาทต่อน้ำเสีย 1 ลิตรตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีในน้ำเสียจริง

สี	ระยะเวลา กวนเร็ว (นาที)	พีเอช	โซเดียม โบโรไฮไดรด์ (กรัม)	โซเดียม เมตะไบซัลไฟต์ (กรัม)	ค่าสี คงเหลือ (เอดีเอ็มไอ)	ซีไอดี (มก./ล.)	ประสิทธิภาพ การกำจัดสี (ร้อยละ)
น้ำเสียจริง Direct Black	40	ปกติ	0.5	1.8	592	971	92
น้ำเสียจริง Reactive Red	10	ปกติ	0.1	3.1	565	813	99
น้ำเสียจริง Reactive Black	30	ปกติ	1.0	7.5	451	754	94
น้ำเสียจริง Reactive Blue	60	ปกติ	1.0	8.0	230	896	98

จากผลการทดลองโดยสรุปพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีหมู่อะโซชนิดใดแรกที
และรีแอคทีฟจากน้ำเสียจริง ได้แก่สี Direct Black Reactive Red Reactive Black และ
Reactive Blue ในน้ำเสียสังเคราะห์เป็นดังแสดงในตารางที่ 4.8 โดยค่าซีไอดีหลังจากการรีดิวซ์
สีข้อมในน้ำเสียจริงที่สภาวะเหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นก่อนทำการรีดิวซ์พบว่ามียค่า
ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.9 ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการกำจัดสีข้อมให้มีค่าสีคงเหลือต่ำกว่า 600 เอดีเอ็มไอ

สี	โซเดียม โบโรไฮไดรด์ (กรัม)	โซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ (กรัม)	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัม)
C.I. Direct Red 80	0.03	0.11	0.09
C.I. Direct Black 19	0.05	0.18	0.15
C.I. Direct Blue 71	0.04	0.15	0.12
C.I. Reactive Red 198	0.01	0.31	0.04
C.I. Reactive Black 5	0.02	0.15	0.06
C.I. Reactive Blue 225	0.02	0.16	0.07
น้ำเสียจริง Direct Black	0.50	1.80	1.50
น้ำเสียจริง Reactive Red	0.10	3.10	0.40
น้ำเสียจริง Reactive Black	1.00	7.50	3.00
น้ำเสียจริง Reactive Blue	1.00	8.00	3.50

จากตารางที่ 4.10 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายของการใช้สารดูดติดผิวชนิดต่าง ๆ ในการกำจัดสีในน้ำเสียจริงจากงานวิจัยของชนิตา เสมรัตน์ (2543) พบว่าการโซเดียม โบโรไฮไดรด์ จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้สูง และค่าใช้จ่ายในการกำจัดสีที่สูงกว่า

ตารางที่ 4.10 ราคาสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดสี

สี	ราคาสารเคมี (บาทต่อน้ำเสีย 1 ลิตร)	ราคาสารเคมี (บาทต่อสีย้อม 1 มิลลิกรัม)
C.I. Direct Red 80	0.54	0.27
C.I. Direct Black 19	0.90	0.45
C.I. Direct Blue 71	0.72	0.35
C.I. Reactive Red 198	0.32	0.16
C.I. Reactive Black 5	0.24	0.20
C.I. Reactive Blue 225	0.25	0.21
น้ำเสียจริง Direct Black	8.97	4.49
น้ำเสียจริง Reactive Red	3.19	1.60
น้ำเสียจริง Reactive Black	19.89	9.95
น้ำเสียจริง Reactive Blue	20.28	10.14

ตารางที่ 4.11 ค่าใช้จ่ายของการใช้สารดูดติดผิวชนิดต่าง ๆ กำจัดสีในน้ำเสียจริงจากงานวิจัยของชนิตา เสมรัตน์ (2543) เปรียบเทียบกับการใช้โซเดียม โบโรไฮไดรด์

วิธีกำจัดสี	ประสิทธิภาพการกำจัดสี (ร้อยละ)	ราคา (บาทต่อน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร)
ถ่านกัมมันต์ (ชนิตา เสมรัตน์, 2543)	84-99	66.88
ถ่านชานอ้อย (ชนิตา เสมรัตน์, 2543)	51-95	37.50
ถ่านกัมมันต์ผสมชานอ้อย (ชนิตา เสมรัตน์, 2543)	50-98	56.86
โซเดียม โบโรไฮไดรด์	92.4-98.6	$3.19-20.28 \times 10^3$