

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

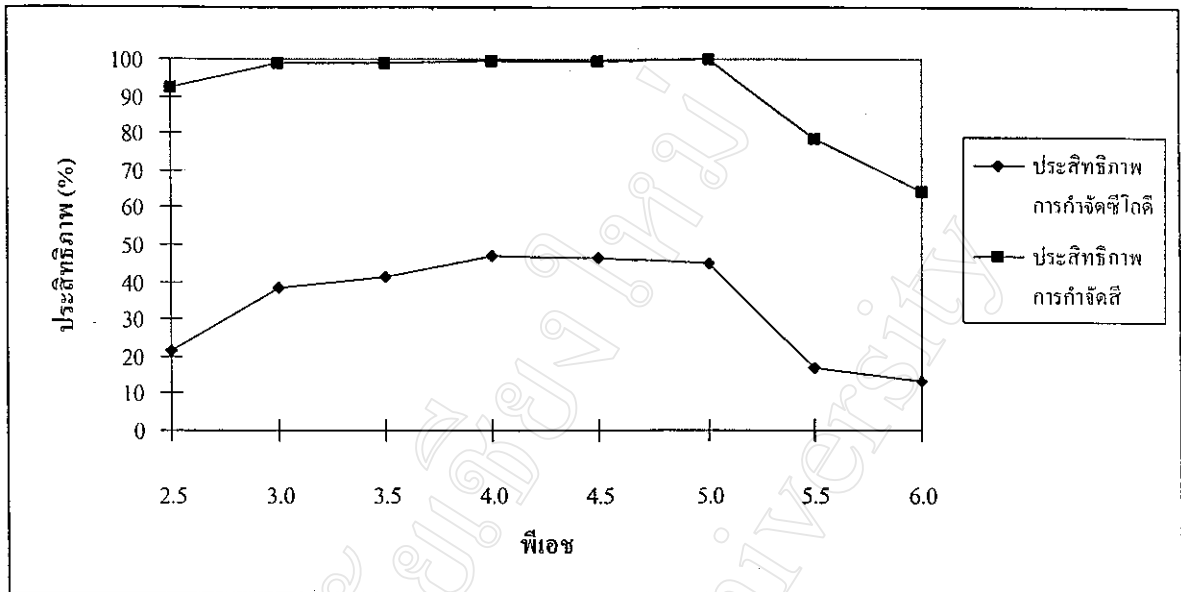
การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีและสารอินทรีย์ ใน น้ำเสียสีข้อมรีแอกติฟจากกระบวนการข้อมผ้าบาติก โดยใช้รีเอเจนท์ของเฟนตอน โดยพิจารณาจาก ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งใช้ค่าซีโอดีเป็นดัชนีในการวิเคราะห์ และประสิทธิภาพในการ กำจัดสีซึ่งใช้การวัดสีในหน่วย ADMI โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

4.1 ผลการศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียและค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการ บำบัด

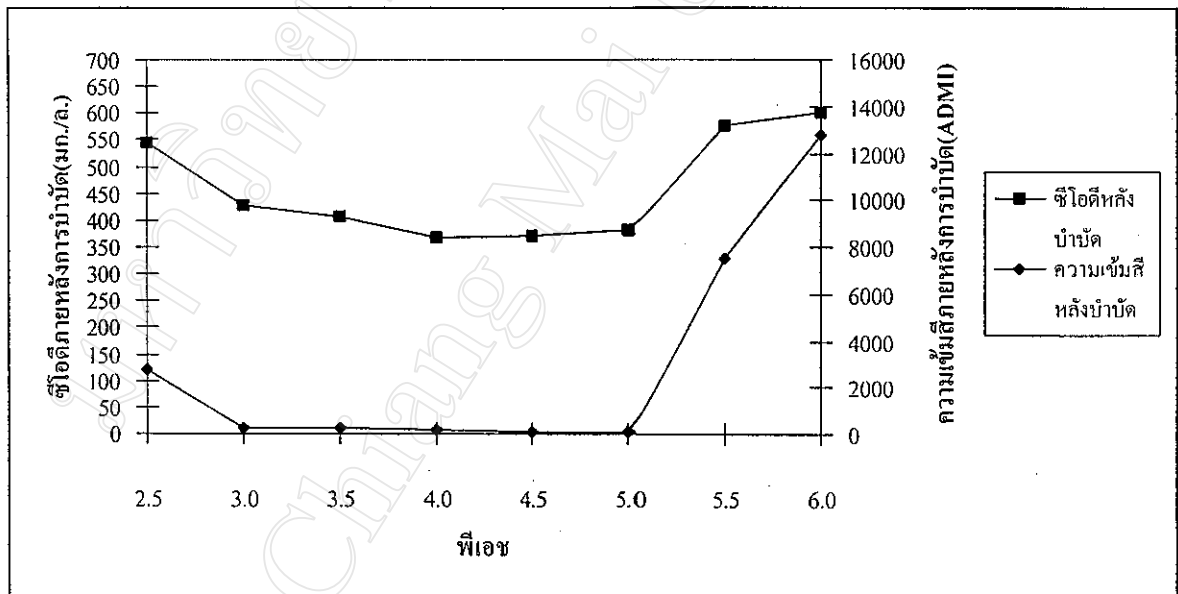
การศึกษาผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียนี้ ได้ทำการศึกษาโดยใช้ น้ำเสีย สีข้อมที่ระดับค่าซีโอดี 700 มก./ล. สำหรับทุกโทนสี โดยใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเฟอร์รัสไอออนคงที่ เท่ากับ 700 มก./ล. และ 150 มก./ล. ตามลำดับ แล้วแปรผันค่าพีเอชของน้ำเสีย ตั้งแต่ 2.5-6 โดยใช้เวลาทำปฏิกิริยา 60 นาที ซึ่งได้ผลการทดลองเป็นไปตามรูปที่ 4.1-4.8

จากรูปที่ 4.1-4.8 จะเห็นว่า ค่าพีเอชมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีของทุกโทนสีใน ทำนองเดียวกันคือ ให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ช่วงค่าพีเอช 3.0-5.0 โดยที่ประสิทธิภาพในช่วงค่าพีเอช ดังกล่าวของทุกโทนสีมีค่าอยู่ระหว่าง 97-99 % เมื่อพีเอชสูงกว่า 5.0 ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างมาก โดยประสิทธิภาพมีค่าต่ำสุดที่พีเอช 6.0 และเมื่อพีเอชมีค่าต่ำกว่า 3.0 ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะลดลง เช่นกันแต่ลดลงไม่มากนักเมื่อเทียบกับกรณีที่พีเอชสูงกว่า 5.0

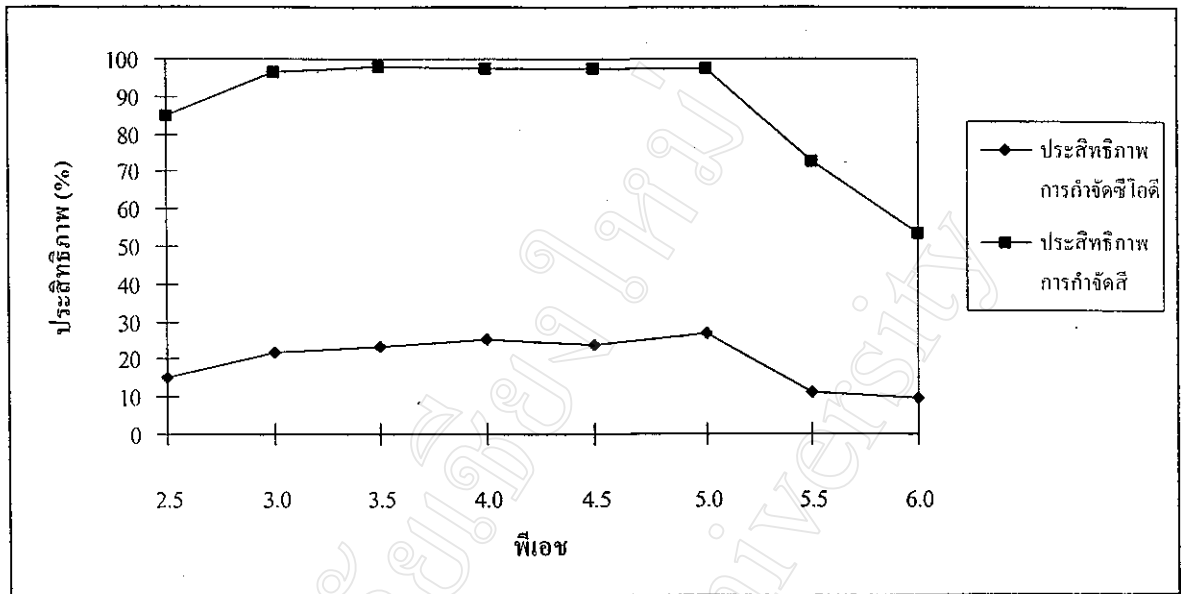
ในส่วนของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีนั้น สำหรับโทนสีแดงและเขียว จะเห็นได้ค่อนข้างชัดเจนว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดเกิดขึ้นที่ช่วงค่าพีเอช 3.0-5.0 โดยที่ประสิทธิภาพในช่วงค่าดังกล่าวมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย สำหรับโทนสีฟ้า นั้น เนื่องจากประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับโทนสีอื่น ๆ ช่วงค่าพีเอชที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจึงมองเห็นได้ไม่ชัดเจนนัก อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของโทนสีผสม สามารถสรุปได้ว่า



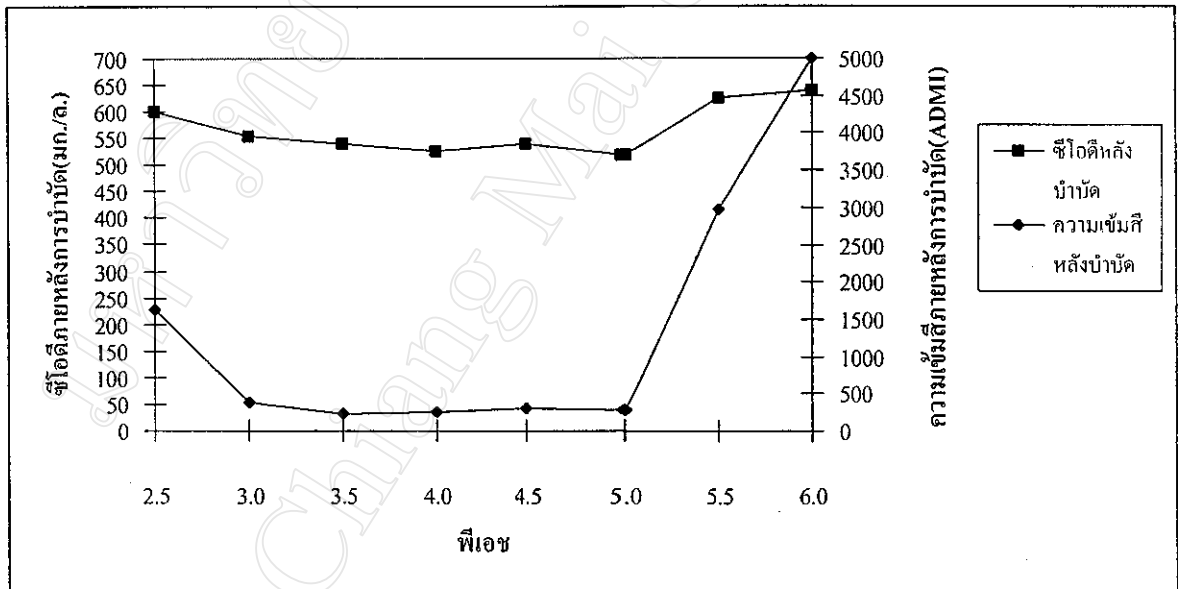
รูปที่ 4.1 ผลของฟิเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีโอดีของน้ำเสียโทนสีแดง



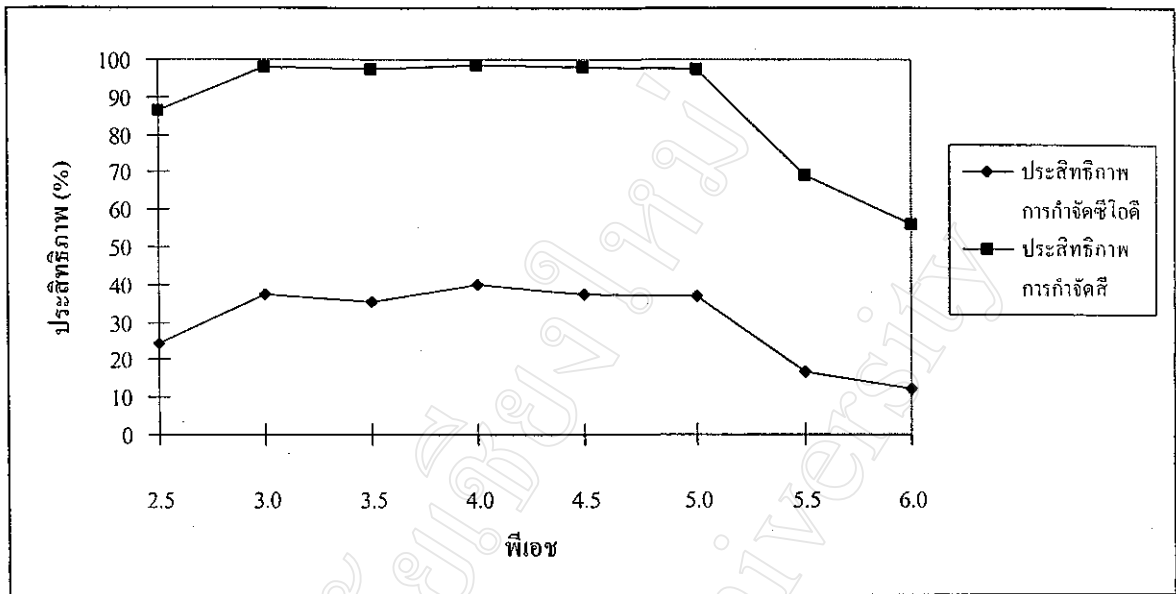
รูปที่ 4.2 ผลของฟิเอชที่มีต่อการกำจัดสีและซีโอดีของน้ำเสียโทนสีแดง



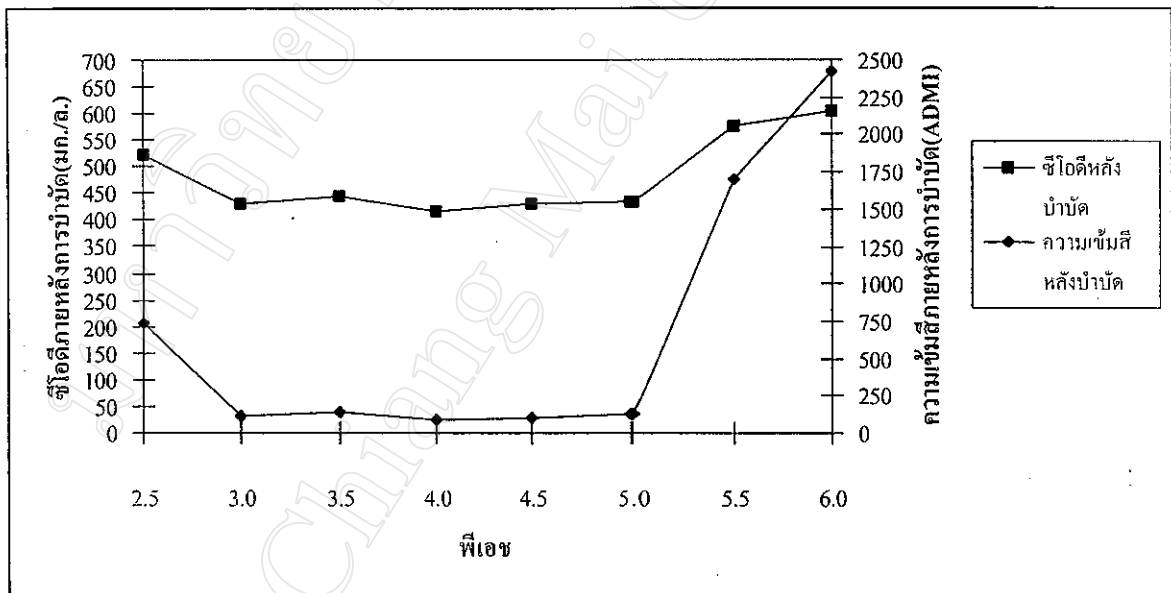
รูปที่ 4.3 ผลของฟิเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีโอดีของน้ำเสียโตนสีฟ้า



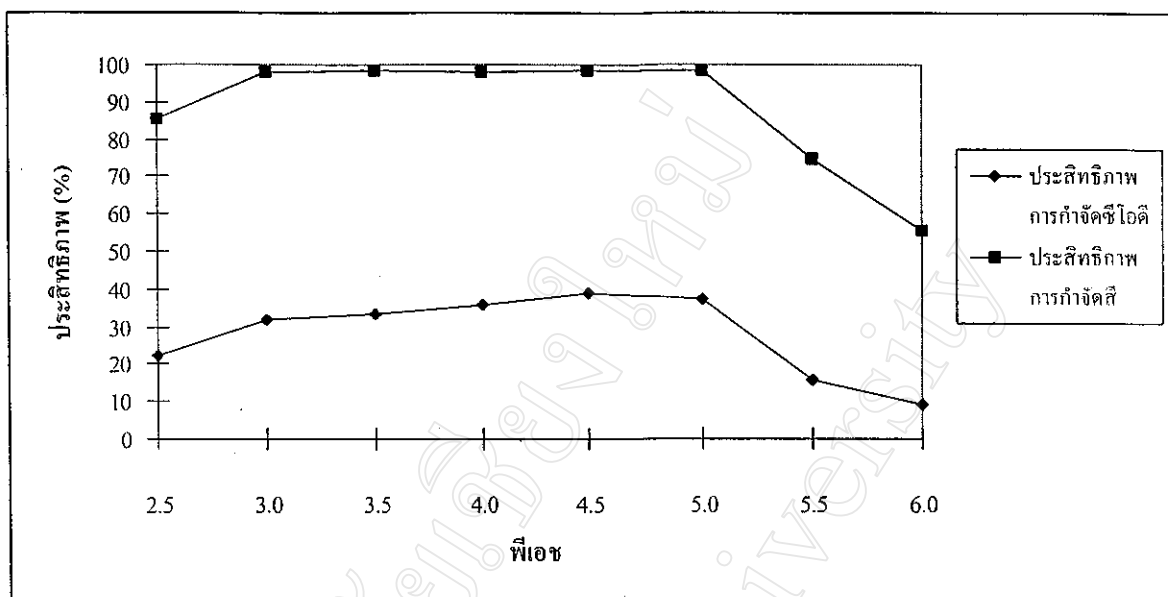
รูปที่ 4.4 ผลของฟิเอชที่มีต่อการกำจัดสีและซีโอดีของน้ำเสียโตนสีฟ้า



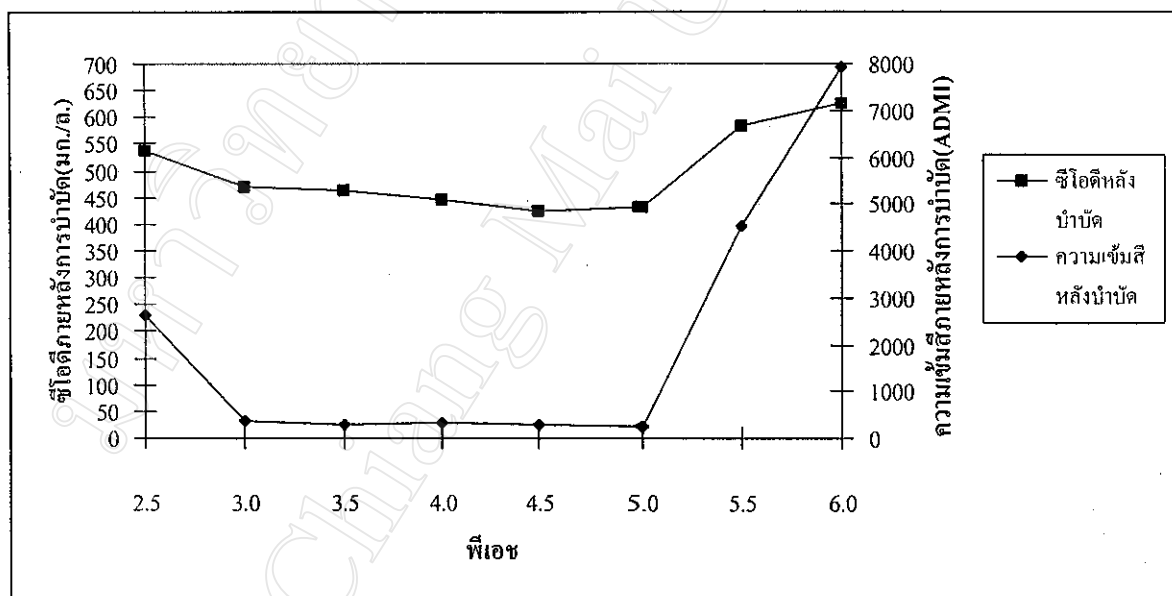
รูปที่ 4.5 ผลของฟิเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อและชีโรคของน้ำเสียโทนสีเขียว



รูปที่ 4.6 ผลของฟิเอชที่มีต่อการกำจัดเชื้อและชีโรคของน้ำเสียโทนสีเขียว



รูปที่ 4.7 ผลของฟิเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีโอดีของน้ำเสียโตนสีผสม



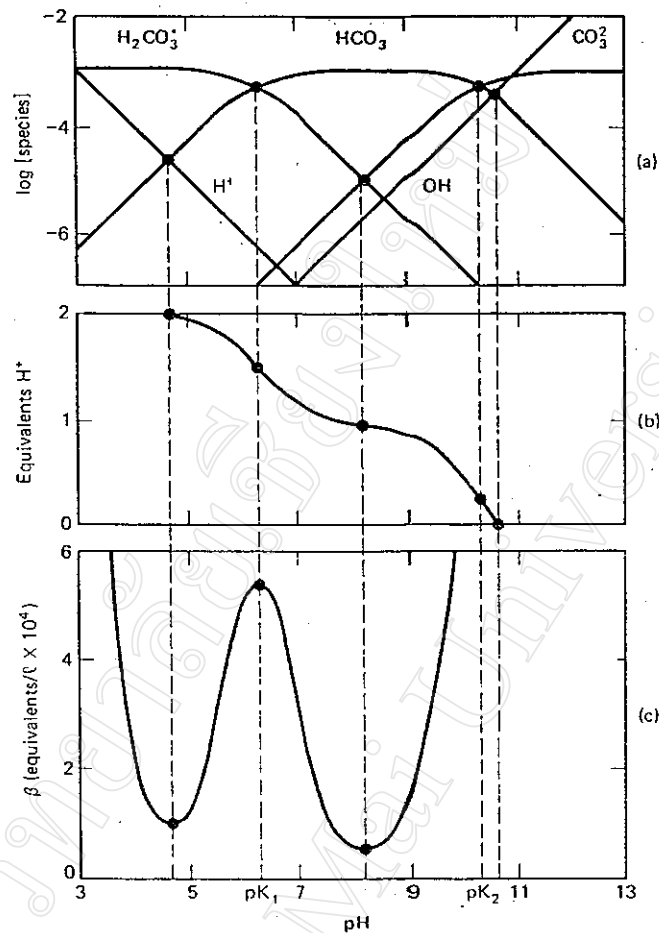
รูปที่ 4.8 ผลของฟิเอชที่มีต่อการกำจัดสีและซีโอดีของน้ำเสียโตนสีผสม

ช่วงค่าพีเอชที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดโดยเฉลี่ยสำหรับทุกโทนสีจะอยู่ในช่วง 3.0-5.0 เช่นเดียวกันกับประสิทธิภาพการกำจัดสี นอกจากนี้ กราฟประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีของแต่ละโทนสียังแสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากัน ประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีสูงสุดจะแตกต่างกัน กล่าวคือ สีแดงจะได้ประสิทธิภาพสูงสุดถึง 46.9 % ในขณะที่สีฟ้าประสิทธิภาพสูงสุดจะอยู่ที่ 26.6 % และสีเขียว ประสิทธิภาพสูงสุดคือ 39.7 % ทำให้ทราบว่า สีย้อมรีแอคทีฟแต่ละโทนสีมีความยากง่ายในการถูกออกซิไดซ์แตกต่างกัน

การที่ประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีโอดีลดต่ำลงมากเมื่อพีเอชสูงกว่า 5.0 นั้น เนื่องจากสาเหตุหลัก 2 ประการคือ

- ในกระบวนการย้อมเส้นใยด้วยสีย้อมรีแอคทีฟ โดยทั่วไปจะต้องใช้สารช่วยย้อมคือ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ทำหน้าที่ให้โมเลกุลของสีทำปฏิกิริยาขีดยึดติดกับโมเลกุลของเส้นใยได้ดียิ่งขึ้น โซเดียมคาร์บอเนตที่เติมลงไปนี้มีคุณสมบัติเป็นด่าง ทำให้พีเอชของน้ำมีค่าสูงขึ้น ดังนั้น น้ำเสียจากกระบวนการย้อมจึงมีค่าพีเอชสูง โดยพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 10.20-10.36 และโซเดียมคาร์บอเนตเมื่อละลายน้ำจะให้คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ซึ่งเมื่อนำมาลดค่าพีเอช ไอออนคาร์บอเนตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ในที่สุด สำหรับ CO_3^{2-} และ HCO_3^- นั้น จากการศึกษาก่อนของ Kochany (1992) ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในข้อ 2.11.2 พบว่า ไอออนทั้งสองดังกล่าว ส่วนหนึ่งจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลไฮดรอกซิลที่เกิดจากรีเอเจนท์ของเฟนทอลด้วย รูปที่ 4.9 แสดงไดอะแกรมสมดุลของกรดคาร์บอนิกความเข้มข้น 10^{-3} โมล/ลิตร ของ Benefield et al. (1982) ซึ่งเมื่อทำการลดค่าพีเอชจนมีค่าต่ำกว่า 4.5 CO_3^{2-} เกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูปของกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ดังนั้น การบำบัดน้ำเสียโดยรีเอเจนท์ของเฟนทอนที่พีเอชเท่ากับ 4.5 หรือต่ำกว่านี้ จึงไม่ถูกรบกวนโดย CO_3^{2-} และ HCO_3^- และในทางกลับกัน ประสิทธิภาพการทำงานของรีเอเจนท์ของเฟนทอนจะลดลงเมื่อพีเอชสูงกว่า 4.5 อันเนื่องมาจาก CO_3^{2-} และ HCO_3^- มีมากขึ้นนั่นเอง แต่จากผลการทดลองจะเห็นว่าประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดจะมีได้ถึงที่ระดับพีเอช 5.0 ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าค่าพีเอชดังกล่าวมีค่าสูงกว่า 4.5 เพียงเล็กน้อยจึงทำให้ได้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างจากที่ระดับ พีเอช 3.0-4.5 มากนัก

- เฟอร์รัสไอออนจะมีเสถียรภาพลดลง เมื่อพีเอชสูงกว่า 4.0 (Kuo, 1992) โดยจะเปลี่ยนรูปเป็นเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ใ้ได้ง่ายและมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนต่อไป สำหรับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นั้น จะมีเสถียรภาพลดลงเช่นกันเมื่อพีเอชมีค่าสูงขึ้น โดยจะสลายตัวเป็นก๊าซออกซิเจนและน้ำได้ง่าย ดังนั้น เมื่อพีเอชมีค่าสูงกว่า 4.0 โอกาสที่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำ



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของไดอะแกรมสมดุล กราฟการไตเตรต และกราฟความเข้มข้นของการต้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอช ของระบบกรดคาร์บอนิกเข้มข้น 10^{-3} โมลต่อลิตร
ที่มา : Benefield et al. (1982)

ปฏิกิริยากับเฟอร์รัสไอออนเพื่อให้เกิดอนุพลไฮดรอกซิลซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการออกซิไดซ์และสารอินทรีย์ในน้ำเสียจึงมีน้อยลง สำหรับในการศึกษานี้ได้ใช้น้ำเสียจริงในการทดลอง ดังนั้น ค่าพีเอชที่เหมาะสมในการบำบัดอาจสูงได้ถึง 5.0 ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองที่พีเอช 5.0 ซึ่งยังคงให้ประสิทธิภาพการบำบัดใกล้เคียงกับที่พีเอช 3.0-4.0

สำหรับสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีไอลดลงต่ำลงเมื่อน้ำเสียมีค่าพีเอชต่ำกว่า 3.0 นั้น เมื่อพิจารณาสมการที่ (2.1) และ (2.15)-(2.17) ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ของรีเอเจนท์ของเฟนทอนจะเกิด $\text{OH}^\cdot$ ขึ้นในสมการที่ (2.1) ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดได้ดีที่พีเอชต่ำ ๆ และจะ

เกิด H^+ ขึ้นในสมการที่ (2.17) ซึ่งจากกราฟไคเตรชันของน้ำเสียทุกโทนสีในภาคผนวก ก จะเห็นว่าการปรับให้น้ำเสียมีค่าพีเอช 2.5 จะต้องใช้กรดปริมาณมากกว่าการปรับให้พีเอชอยู่ในช่วง 3.0-5.0 มาก ปริมาณ H^+ ที่เกิดจากการเติมกรดลงในน้ำเสียปริมาณมากนี้เองที่อาจทำให้ปฏิกิริยาในสมการที่ (2.17) เกิดไปทางขวาได้ยากขึ้น จึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีไอดีที่พีเอชต่ำกว่า 3.0 มีค่าน้อยกว่าในช่วงค่าพีเอช 3.0-5.0

จากผลการศึกษาการแปรผันค่าพีเอชในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมรีแอคทีฟจากการย้อมผ้าบาติกในครั้งนี้ พอจะสรุปได้ว่า พีเอชที่เหมาะสมในการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 3.0-5.0 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kang and Chang (1997)

สำหรับค่าพีเอชที่จะนำไปใช้สำหรับการศึกษาในหัวข้อต่อไป จะเลือกใช้ที่พีเอช 5.0 เนื่องจากที่ค่านี้ จะใช้กรดในการปรับพีเอชของน้ำเสียน้อยที่สุด

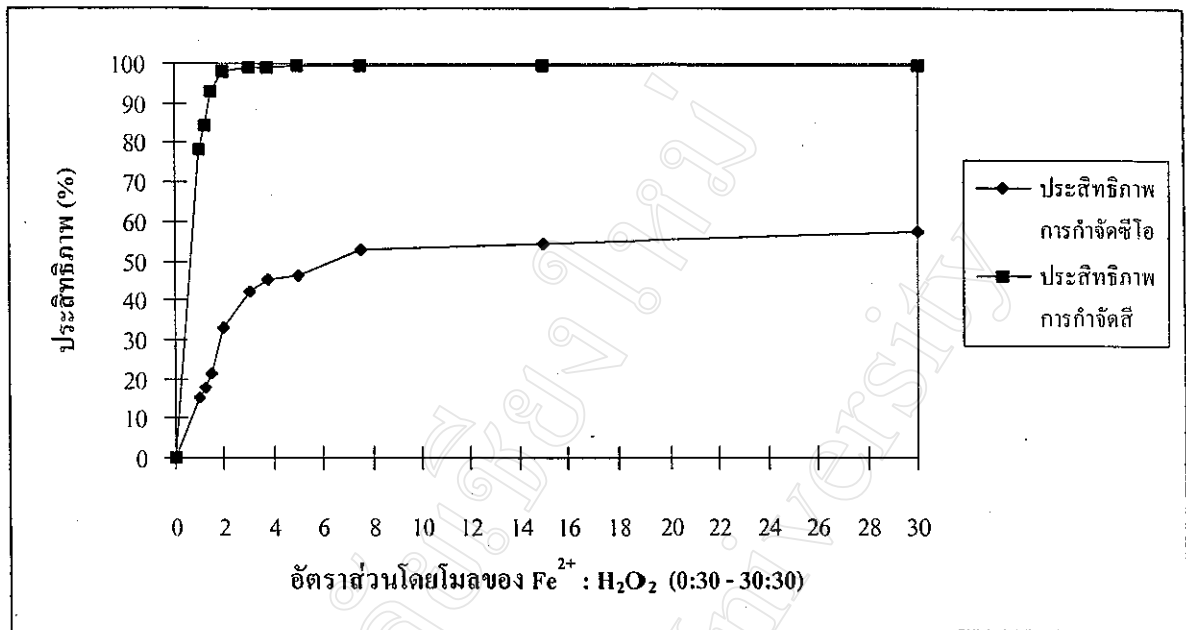
4.2 ผลการศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย

การศึกษาผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อการบำบัดน้ำเสียนี้ ทำโดยเลือกใช้น้ำเสียสีย้อมรีแอคทีฟที่ระดับค่าซีไอดี 700 มก./ล. สำหรับทุกโทนสี โดยใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คงที่เท่ากับ 700 มก./ล. แล้วแปรผันค่าอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ จาก 1:30 ถึง 30:30 (เพิ่มความเข้มข้นของเฟอร์รัสไอออนจาก 38 ถึง 1150 มก./ล.) ใช้ค่าพีเอชในการบำบัดเท่ากับ 5.0 และเวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.10-4.17

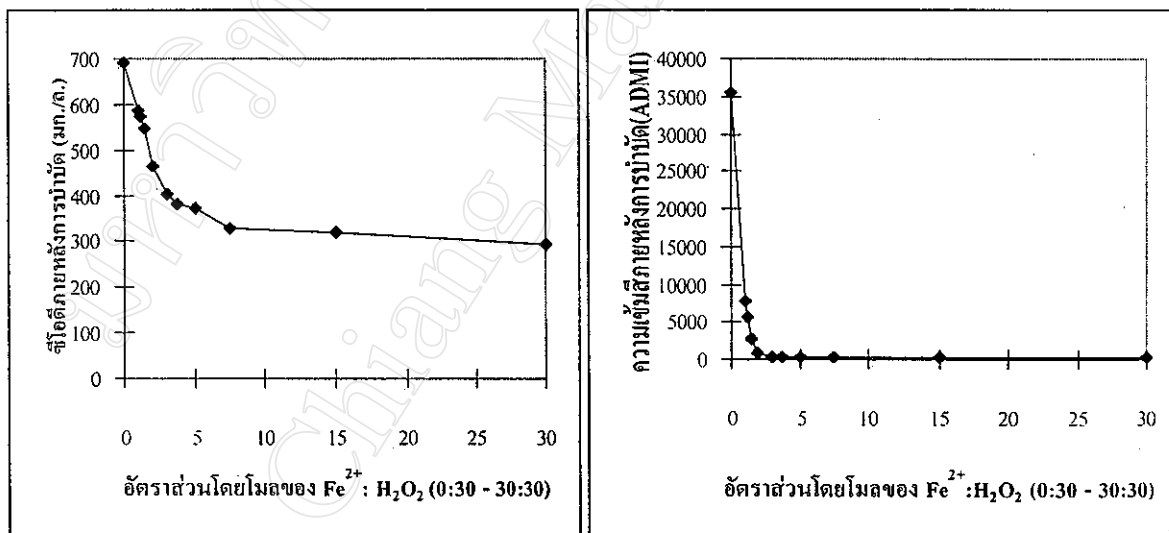
4.2.1 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ต่อการกำจัดสีในน้ำเสีย

สำหรับการกำจัดสีของโทนสีแดง ตามรูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะค่อย ๆ เพิ่มตามอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่เพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ 2:30 ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเท่ากับ 98.1 % ซึ่งหลังจากนี้การเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นน้อยมาก คือ ค่าสูงสุดจะอยู่ที่ 99.5 % แสดงให้เห็นว่าค่าอัตราส่วนโดยโมลต่ำสุดที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดนั้นจะอยู่ที่ 2:30

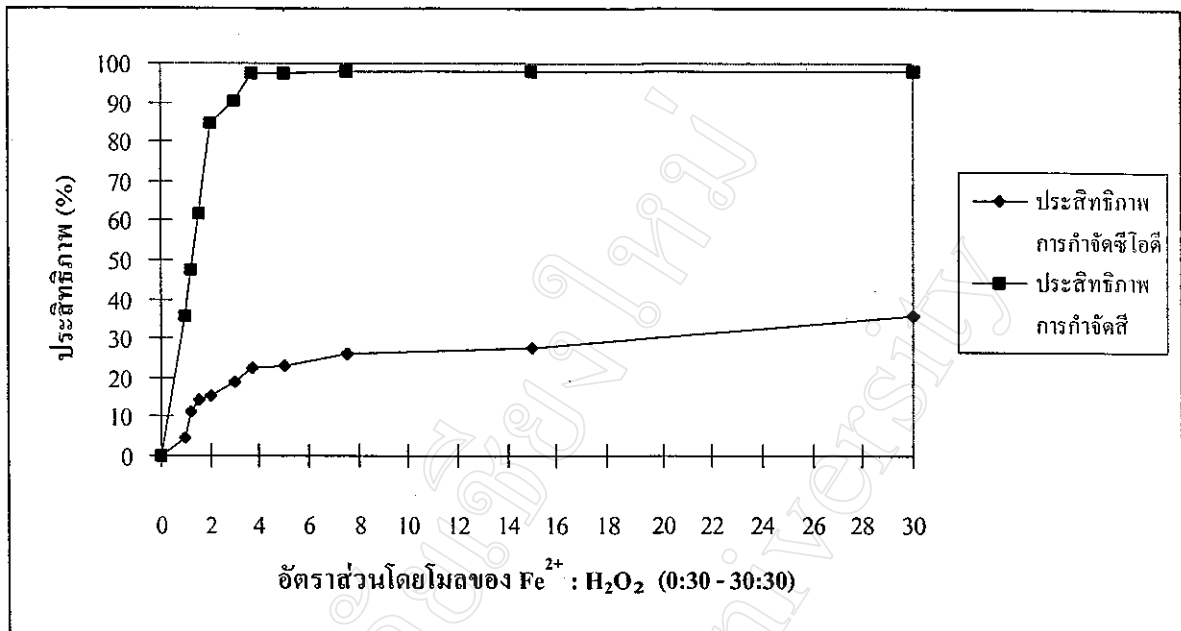
จากรูปที่ 4.12 ซึ่งแสดงผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีของโทนสีฟ้า ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนโดยโมลที่เพิ่มขึ้น



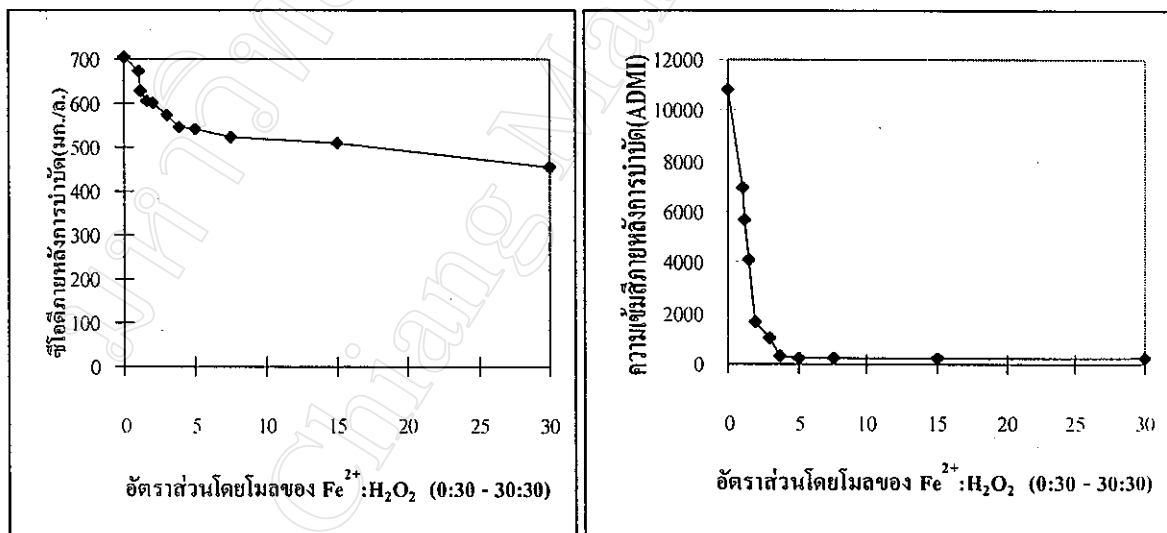
รูปที่ 4.10 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและความเข้มสีของน้ำเสียโทนสีแดง



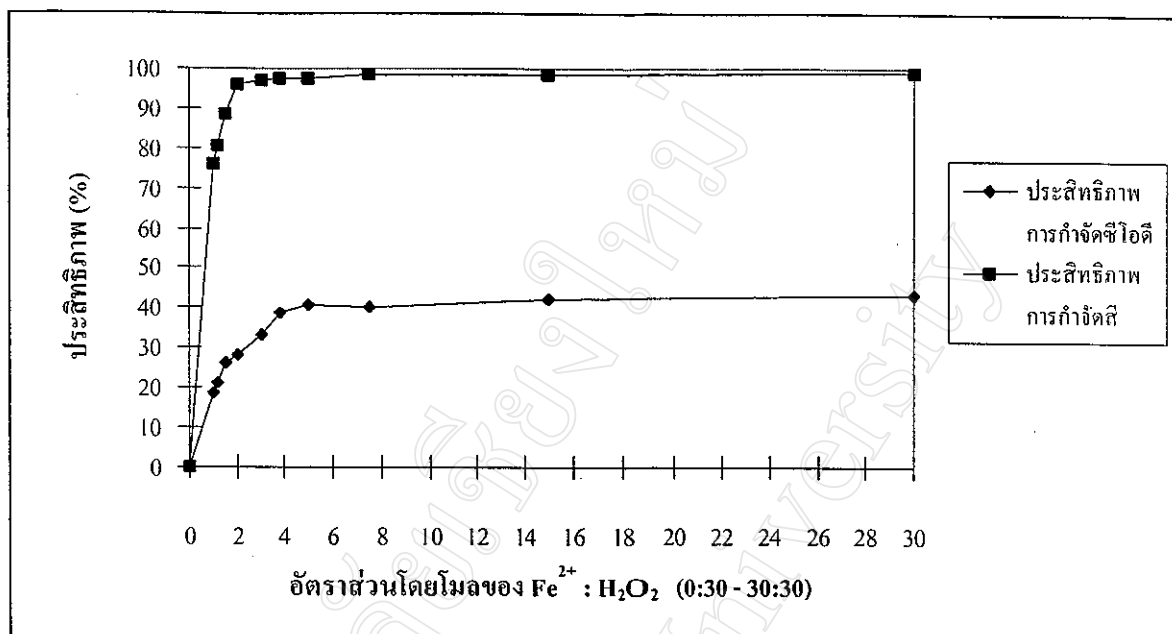
รูปที่ 4.11 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีและความเข้มสีของน้ำเสียโทนสีแดง



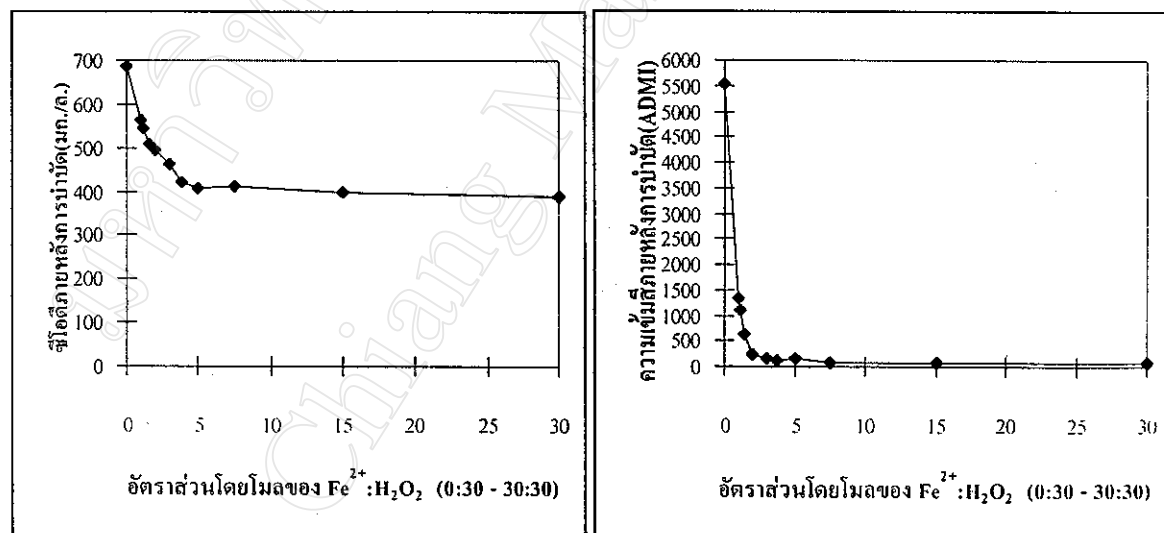
รูปที่ 4.12 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและความเข้มสีของน้ำเสียโทนสีฟ้า



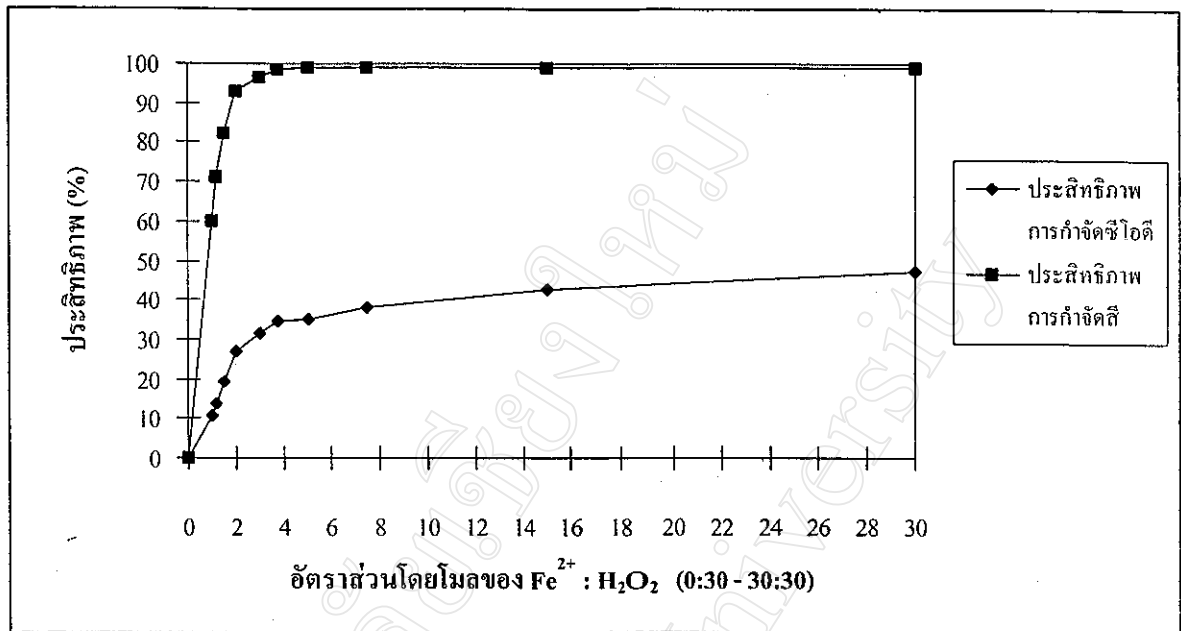
รูปที่ 4.13 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีและความเข้มสีของน้ำเสียโทนสีฟ้า



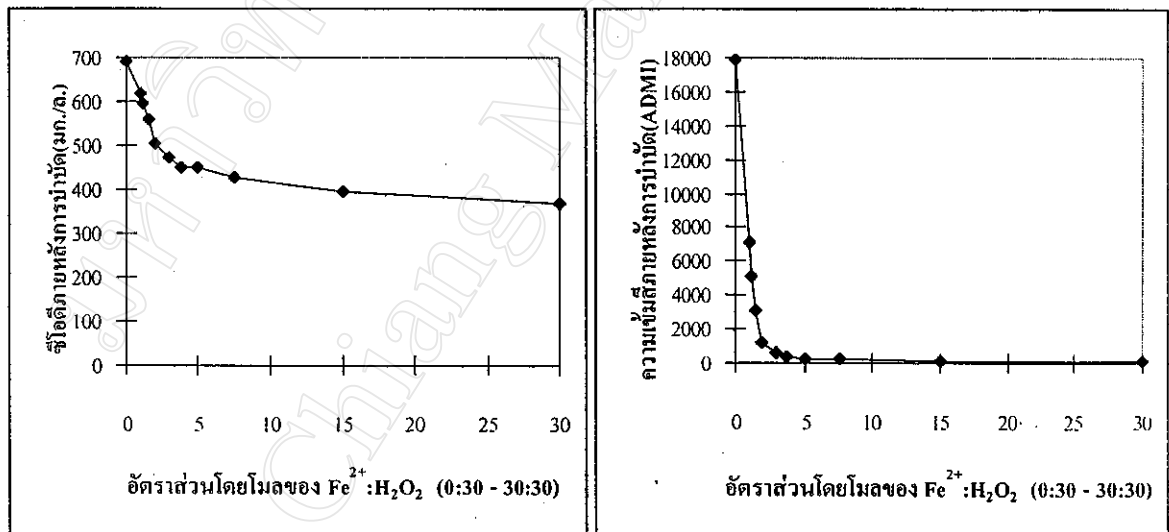
รูปที่ 4.14 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+} : H_2O_2$ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและความเข้มสีของน้ำเสียโทนสีเขียว



รูปที่ 4.15 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+} : H_2O_2$ ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีและความเข้มสีของน้ำเสียโทนสีเขียว



รูปที่ 4.16 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและความเข้มข้นของน้ำเสียโทนสีผสม



รูปที่ 4.17 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $Fe^{2+}:H_2O_2$ ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีและความเข้มข้นของน้ำเสียโทนสีผสม

เช่นเดียวกับกรณีของโทนสีแดง แต่ค่าอัตราส่วนโดยโมลที่ทำให้เกิดจุดเปลี่ยนของเส้นกราฟจะอยู่ที่ 3.75 :30 ซึ่งสามารถกำจัดสีได้ 97.2 % หลังจากนั้น ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรือเกือบคงที่ กล่าวคือ เมื่ออัตราส่วนโดยโมลเพิ่มขึ้นเป็น 30:30 แต่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสีได้อีกเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ความเข้มข้นของ Fe^{2+} ที่ใช้นั้นเพิ่มขึ้นถึง 8 เท่า

ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียโทนสีเขียวตามรูปที่ 4.14 จะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับโทนสีแดงและสีฟ้า เมื่ออัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ 2:30 ประสิทธิภาพการกำจัดสีมีค่าเท่ากับ 96.1 % ซึ่งที่อัตราส่วนสูงกว่านี้ ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเริ่มคงที่หรือเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย โดยดูได้จากเมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของจาก 2:30 ไปเป็น 30:30 ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นจาก 96.1 เป็น 98.9 % สำหรับโทนสีผสมตามรูปที่ 4.16 โดยส่วนใหญ่แนวโน้ม การกำจัดสีจะเป็นไปในทำนองเดียวกันกับโทนสีแดง เขียว และฟ้า โดยที่ผลการทดลองโดยส่วนใหญ่จะออกมาในลักษณะที่เป็นค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 โทนสี โดยค่าอัตราส่วนของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ต่ำสุดที่ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเริ่มคงที่คือ 3:30 ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 96.7 %

4.2.2 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีของน้ำเสีย

จากรูปที่ 4.10 น้ำเสียโทนสีแดง เส้นกราฟประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีอาจแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก เมื่อเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ตั้งแต่ 1:30 - 7.5:30 อัตราการเพิ่มของประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีจะสูง(เส้นกราฟมีความชันมาก) โดยที่ประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีเพิ่มจาก 0 ไปจนถึง 53.0 % และช่วงที่สอง อัตราส่วนโดยโมลตั้งแต่ 15:30 - 30:30 ในช่วงนี้จะเห็นว่าอัตราการเพิ่มของประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีจะต่ำมากเมื่อเทียบกับอัตราส่วนโดยโมลที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก กล่าวคือ ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจาก 53.0 ไปเป็น 57.4 % นั่นคือ ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพียง 4.4 % เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีและประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีของโทนสีแดง จะเห็นว่าที่อัตราส่วนโดยโมล 2:30 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่สามารถกำจัดสีได้ถึง 98.1 % นั้น สามารถกำจัดสีโอดีได้ 32.9 % ดังนั้น ถ้าต้องการกำจัดสีโดยส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสียโดยไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดี จะเห็นว่าที่อัตราส่วนต่ำ ๆ คือ 2:30 นั้นถือว่าเพียงพอ แต่หากต้องการกำจัดสีโอดีให้มากขึ้น จำเป็นจะต้องเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม จากรูปที่ 4.10 การเพิ่มอัตราส่วน ในช่วง 7.5:30 - 30:30 จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีโอดีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งไม่คุ้มค่ากับปริมาณสารเคมีที่เพิ่มขึ้น

ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ต่อการกำจัดซีโอดีสำหรับอีก 3 โทนสีที่เหลือ คือ ฟ้า เขียว และสีผสม ก็มีลักษณะคล้ายคลึงกับโทนสีแดง คือสามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือช่วงแรก อัตราการเพิ่มของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะสูงเมื่อเทียบกับอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น และช่วงที่สอง อัตราการเพิ่มของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะต่ำเมื่อเทียบกับอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น สำหรับโทนสีฟ้า ที่อัตราส่วน 3.75 :30 สามารถกำจัดได้ 97.2 % (รูปที่ 4.12) ในขณะที่ ที่อัตราส่วนเดียวกันนี้สามารถกำจัดซีโอดีได้ 22.7 % ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดจะเกิดขึ้นที่อัตราส่วน 30:30 คือ 35.8 % การเพิ่มอัตราส่วนจาก 7.5:30 จนถึง 30:30 จะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 10 % ซึ่งมากกว่าโทนสีอื่น ๆ

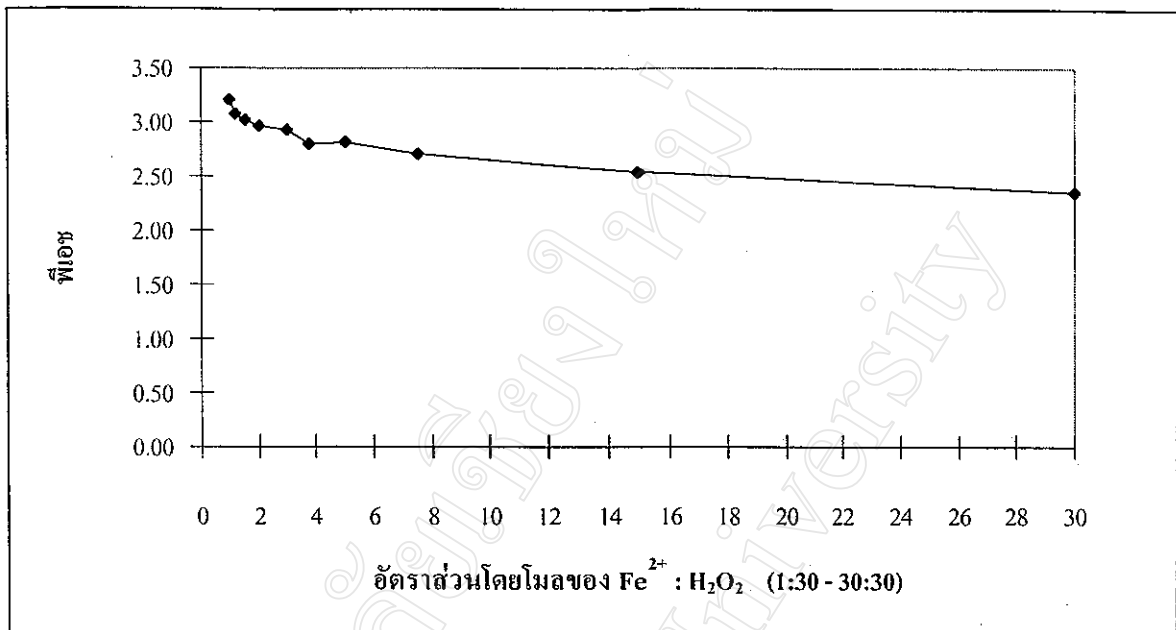
จากรูปที่ 4.14 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโทนสีเขียวเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่ออัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ สูงกว่า 5:30 กล่าวคือ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเท่ากับ 40.8 % ที่อัตราส่วน 5:30 และเพิ่มขึ้นเป็น 43.1 % ที่อัตราส่วน 30:30 จะเห็นว่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพียง 2.3 % เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดสีและประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี จะเห็นว่า ที่อัตราส่วน 2:30 ซึ่งสามารถกำจัดได้ 96.1 % นั้น สามารถกำจัดซีโอดีได้ 27.9 % สำหรับโทนสีผสมตามรูปที่ 4.16 นั้น ที่อัตราส่วน 30:30 สามารถกำจัดซีโอดีได้สูงสุดคือ 47.0 % และที่อัตราส่วน 3:30 ซึ่งกำจัดได้ 96.7 % สามารถกำจัดซีโอดีได้ 31.3 %

4.2.3 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อค่าพีเอชของน้ำเสียหลังการบำบัด

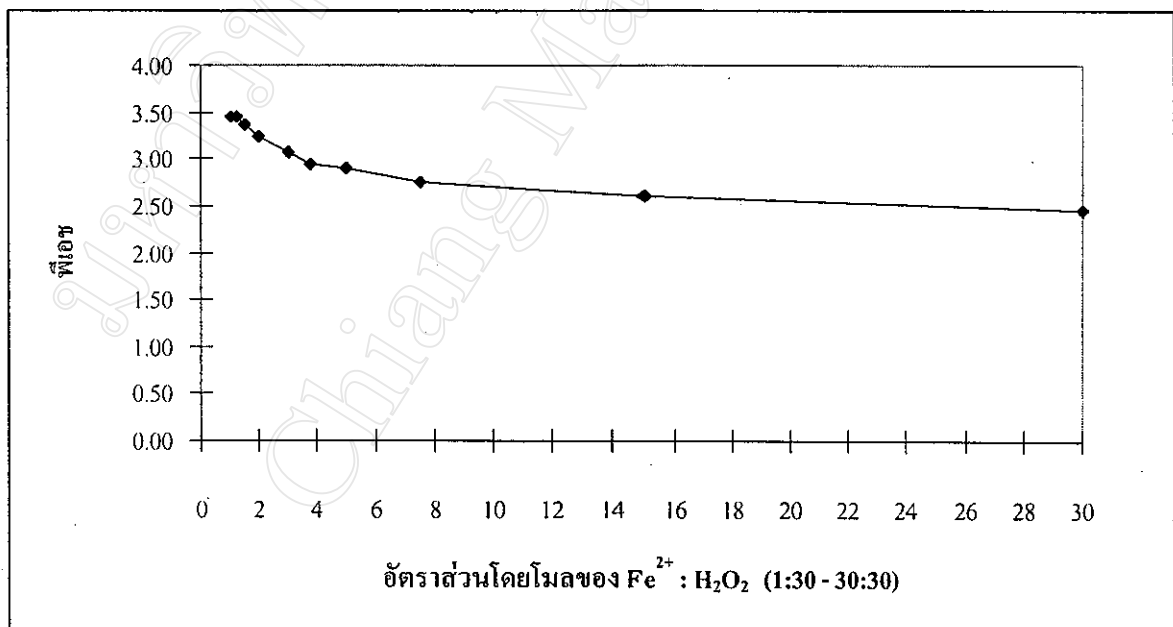
เมื่อทำการวัดค่าพีเอชของน้ำเสียภายหลังการบำบัดที่ปล่อยให้ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนท์ของเฟนตอนแล้วเป็นเวลา 1 ชม. ที่อัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ต่าง ๆ แล้วนำมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 4.18-4.21

จากรูปที่ 4.18-4.21 จะเห็นว่าอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ มีผลต่อค่าพีเอชของน้ำเสียทุกโทนสีในทำนองเดียวกัน คือ ค่าพีเอชค่อย ๆ ลดลงตามอัตราส่วนโดยโมลที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราการลดค่าพีเอช จะสูงในช่วงแรกและค่อย ๆ ลดลงในช่วงท้าย สาเหตุของการลดลงของค่าพีเอช ในระหว่างการบำบัดน้ำเสียด้วยรีเอเจนท์ของเฟนตอนนั้นอาจอธิบายได้ดังนี้

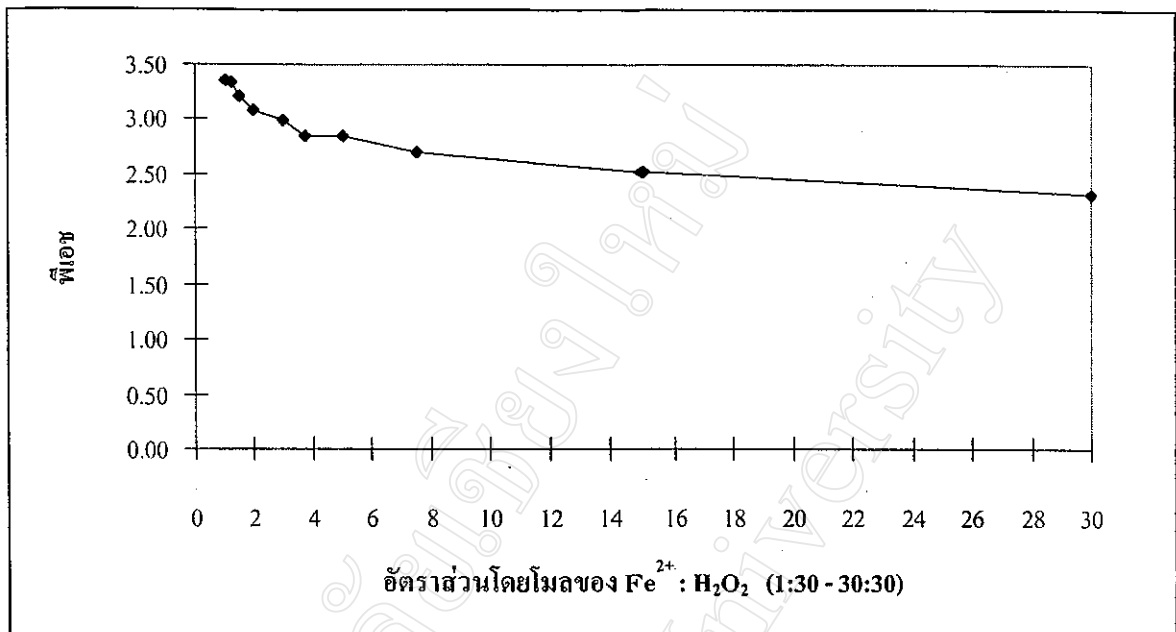
จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.11.2 ว่า เฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ (Fe^{3+}) ซึ่งเกิดขึ้นจากปฏิกิริยารีดอกซ์ในสมการที่ (2.1) นั้น บางส่วนจะรวมตัวกับไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้นดังสมการที่ (2.22) และ (2.23) ซึ่งจากสมการทั้งสองนี้ จะเห็นว่า มี H^+ เกิดขึ้นด้วยทั้งสองสมการ จึงทำให้พีเอชของน้ำเสียภายหลังการบำบัดมีค่าลดลง ดังนั้น การเพิ่มอัตราส่วนโดย



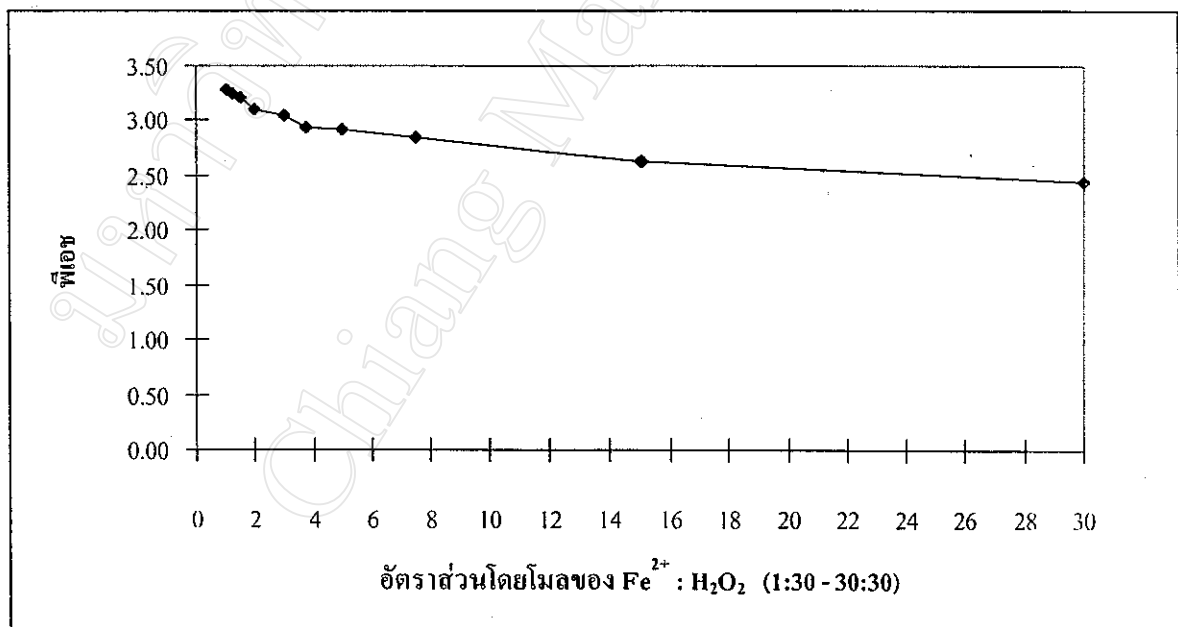
รูปที่ 4.18 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อค่าพีเอชภายหลังจากเวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. ของน้ำเสียโทนสีแดง



รูปที่ 4.19 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อค่าพีเอชภายหลังจากเวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. ของน้ำเสียโทนสีฟ้า



รูปที่ 4.20 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อค่าพีเอชภายหลังเวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. ของ น้ำเสียโทนสีเขียว



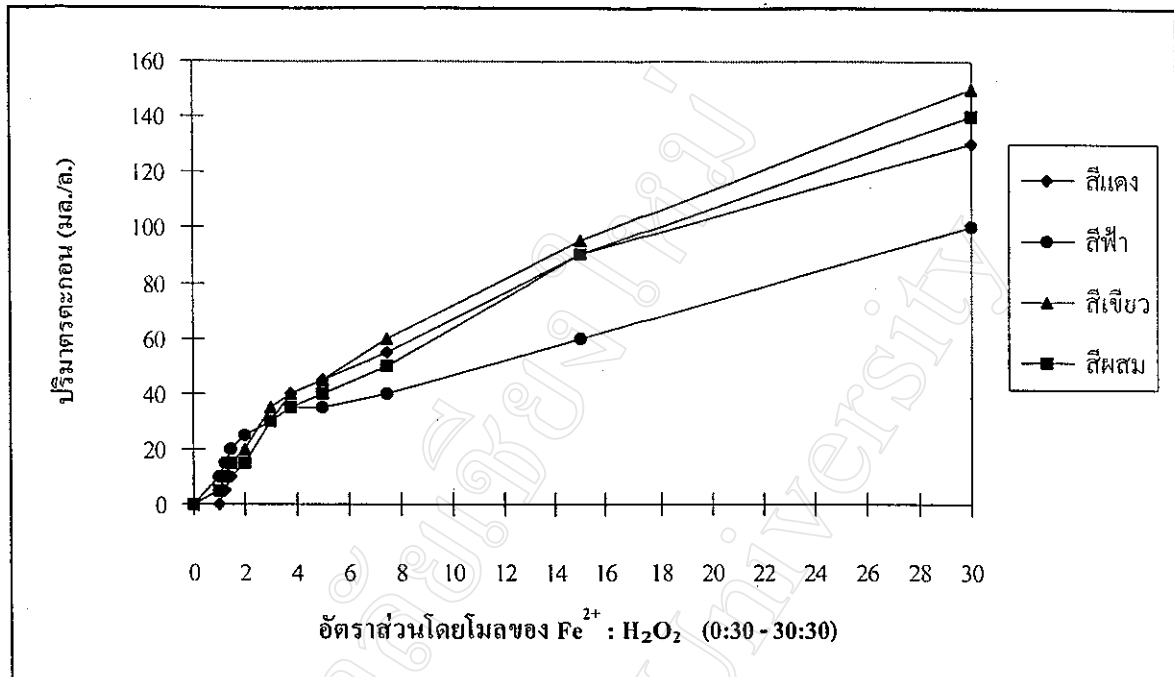
รูปที่ 4.21 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อค่าพีเอชภายหลังเวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. ของ น้ำเสียโทนสีผสม

โมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ให้มากขึ้นจึงเป็นการเพิ่มปริมาณของ Fe^{3+} ที่จะเปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนให้มากขึ้นด้วย ส่งผลให้ความเข้มข้นของ H^+ มีค่าสูงขึ้น ค่าพีเอชของน้ำเสียภายหลังการบำบัดจึงลดลงตามอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวแล้ว

4.2.4 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่มีต่อปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.11 ว่า กลไกการกำจัดสารอินทรีย์และสีของรีเอเจนท์ของเฟนตอน ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลักคือ ปฏิกริยารีดอกซ์ และโคแอกกูเลชัน สำหรับการศึกษาค้นคว้าผลของอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ต่อการบำบัดน้ำเสียในข้อ 4.2 นี้ ได้ใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์คงที่ ที่ 700 มก./ล. แล้วเพิ่มความเข้มข้นของเฟอร์รัสไอออนตามอัตราส่วนโดยโมลจาก 1:30 - 30:30 นั่นคือ เพิ่มความเข้มข้นของเฟอร์รัสไอออนจาก 38-1150 มก./ล. ซึ่งจากผลการทดลองในรูปที่ 4.10-4.17 จะเห็นว่า ยิ่งเพิ่มความเข้มข้นของเฟอร์รัสไอออน(เพิ่มอัตราส่วนโดยโมล)มากขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีโอดีจะยิ่งดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก การเพิ่มปริมาณเฟอร์รัสไอออนนอกจากจะทำให้ปฏิกริยารีดอกซ์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว ยังทำให้การตกตะกอนเกิดได้ดีขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียเป็นส่วนสำคัญที่ควรนำมาพิจารณา เนื่องจากปริมาณตะกอนเป็นตัวที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการกำจัดเช่นกัน ดังนั้น ในการทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษากำหนดปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มความเข้มข้นของเฟอร์รัสไอออน โดยนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วตามวิธีการในหัวข้อ 3.4.2 ปริมาณ 100 มล. มาใส่กระบอกตวงขนาด 100 มล. แล้วทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 ชม. หลังจากนั้นจึงทำการบันทึกปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามรูปที่ 4.22

จากรูปที่ 4.22 จะเห็นว่า ปริมาณตะกอนของน้ำเสียทุกโทนสีจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ ที่เพิ่มขึ้น โดยที่โทนสีฟ้าจะเกิดตะกอนน้อยกว่าโทนสีอื่น ๆ ส่วนโทนสีแดงและเขียวมีปริมาณตะกอนใกล้เคียงกัน การที่โทนสีฟ้ามีตะกอนน้อยกว่าโทนสีอื่น ๆ นั้น เนื่องจากโดยเฉลี่ยแล้วประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของโทนสีฟ้าตามผลการทดลองในข้อ 4.2.2 มีค่าต่ำกว่าโทนสีอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า น้ำเสียโทนสีฟ้าบำบัดได้ยากกว่าโทนสีอื่น ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์และถูกทำให้ตกตะกอนจึงมีน้อย ส่งผลให้ปริมาณตะกอนมีน้อยกว่าโทนสีอื่น ๆ นอกจากนี้รูปที่ 4.22 ยังแสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ว่าที่อัตราส่วนโดยโมลสูง ๆ จะทำให้ทั้งประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีโอดีสูง แต่ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นก็มีมากเช่นกัน ซึ่งจะทำให้เกิดภาระที่จะต้องกำจัดตะกอนปริมาณมากนี้ด้วย ดังนั้นการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง จำเป็นจะต้องพิจารณาในส่วนนี้ด้วย



รูปที่ 4.22 ผลของอัตราส่วนโดยโมลของ Fe²⁺:H₂O₂ ที่มีต่อปริมาณตะกอนของน้ำเสียแต่ละโทนสี

จากหัวข้อ 4.2.1 และ 4.2.2 สามารถสรุป ค่าอัตราส่วนโดยโมลของ Fe²⁺:H₂O₂ ค่าสุดท้ายที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสีออกจากน้ำเสียโทนสีแดง ฟ้ำเขียว และสีผสมได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนโดยโมลของ Fe²⁺:H₂O₂ ค่าสุดท้ายที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสีออกจากน้ำเสีย

โทนสี	แดง	ฟ้า	เขียว	ผสม
อัตราส่วนโดยโมลของ Fe ²⁺ :H ₂ O ₂	2:30	3.75:30	2:30	3:30

แม้ว่าการเพิ่มอัตราส่วนโดยโมลของ Fe²⁺:H₂O₂ ให้สูงขึ้นกว่าค่าในตาราง 4.1 จะทำให้การกำจัดสีได้ดีขึ้นก็ตาม แต่เนื่องจากการศึกษานี้จะใช้ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียเป็นเกณฑ์ตัดสิน ดังนั้น จึงถือว่า อัตราส่วนดังกล่าวนี้เหมาะสมและเพียงพอสำหรับการกำจัดสีทั้งหมดออกจากน้ำเสีย สำหรับค่าอัตราส่วนโดยโมล ของ Fe²⁺:H₂O₂ ของแต่ละโทนสีที่จะใช้ในการศึกษาในหัวข้อต่อไปหลังจากนี้ หากเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมของแต่ละโทนสีดังกล่าวอาจทำให้เกิดความยุ่งยากในการเปรียบเทียบผลการทดลองของแต่ละโทนสี ประกอบกับอัตราส่วนทั้ง 4 ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้น จึงเลือกใช้ค่าอัตราส่วนสูงสุดคือ 3.75:30 หรือเท่ากับ 1:8 เพียงค่าเดียว เป็นตัวแทนสำหรับทุกโทนสีเพื่อใช้ในการศึกษาทดลองในหัวข้อถัดไป

4.3 ผลการศึกษาผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการบำบัดน้ำเสีย

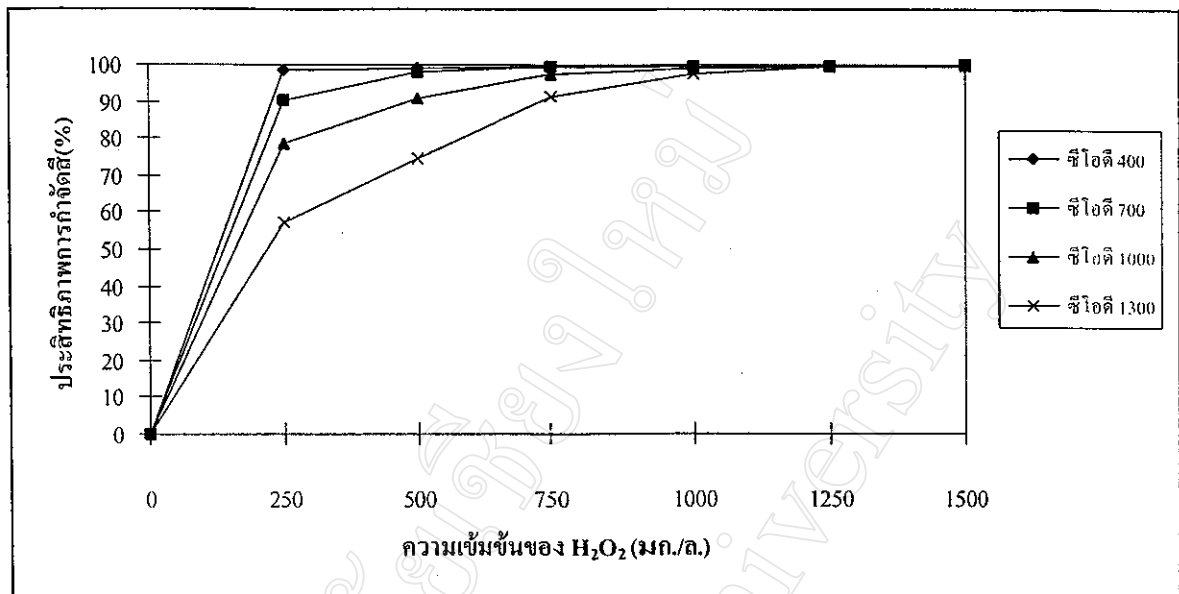
จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.2 ได้เลือกค่าอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ เพื่อใช้สำหรับการศึกษาในหัวข้อถัดไป คือ 3.75:30 หรือ 1:8 สำหรับในหัวข้อ 4.3 นี้จะเป็นการศึกษาผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้น้ำเสียสีย้อมของแต่ละโทนสีที่ระดับค่าซีโอดีแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.23-4.38

4.3.1 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดสีในน้ำเสีย

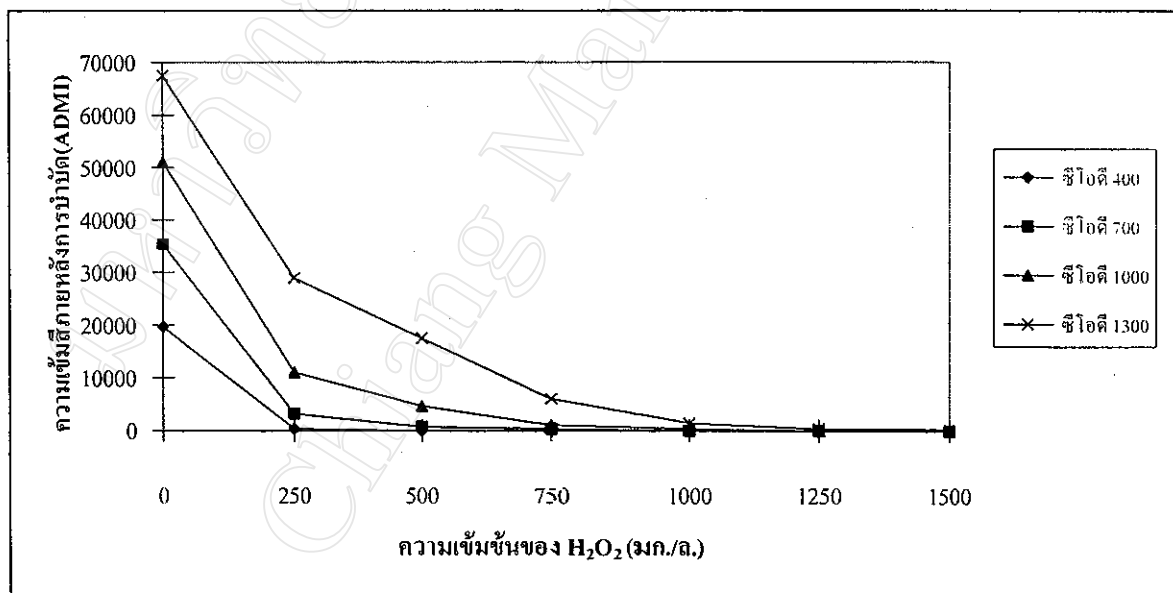
ก. โทนสีแดง

จากรูปที่ 4.23 ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. เมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 250 มก./ล. สามารถกำจัดสีได้ประมาณ 99 % เมื่อพิจารณาความเข้มสีภายหลังการบำบัดที่ระดับซีโอดีเดียวกันตามรูปที่ 4.24 จากความเข้มสีเดิม 19540 ADMI ที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 250 มก./ล. ความเข้มสีภายหลังการบำบัดจะเหลือน้อยมาก คือเท่ากับ 293 ADMI แสดงให้เห็นว่าสีได้ถูกกำจัดไปเกือบหมด ดังนั้น การเพิ่มปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 500, 750, 1000, 1250 และ 1500 มก./ล. จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้อีกเพียงเล็กน้อย ความเข้มข้น 250 มก./ล. จึงเพียงพอสำหรับการกำจัดสีส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสีย

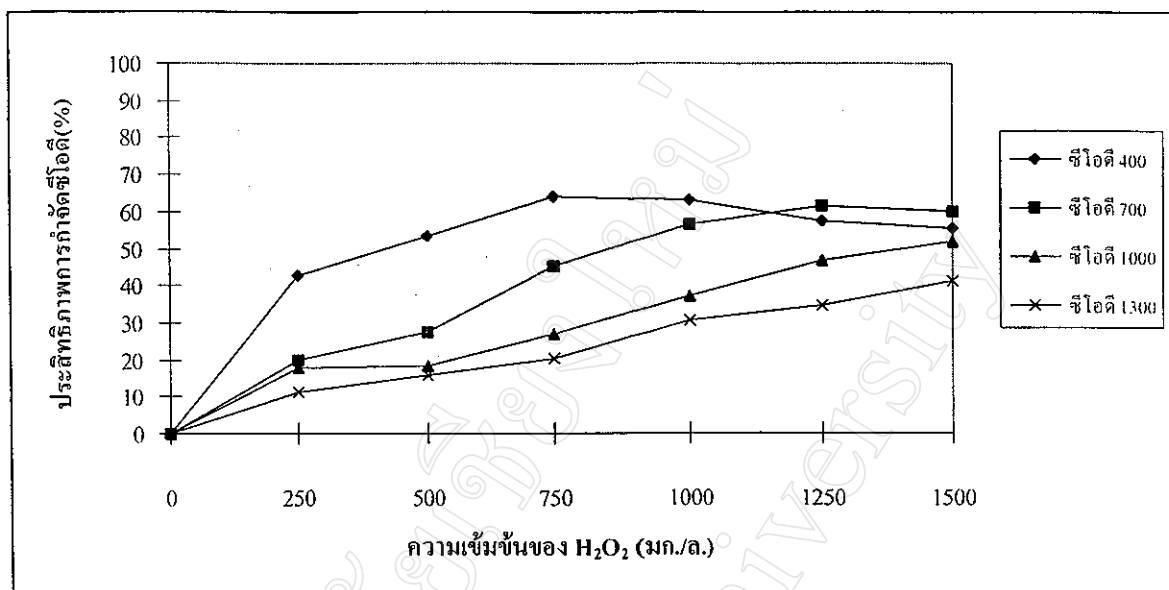
เมื่อซีโอดีก่อนบำบัดของน้ำเสียเพิ่มขึ้นเป็น 700 มก./ล. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 250 มก./ล. จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลง เนื่องจากเมื่อค่าซีโอดีของน้ำเสียเพิ่มขึ้นจาก 400 เป็น 700 มก./ล. ค่าความเข้มสีจะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น จึงต้องเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 500 มก./ล. จึงจะสามารถกำจัดสีส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสียได้ ซึ่งความเข้มสีที่เหลือมีค่าเท่ากับ 639 ADMI เมื่อซีโอดีก่อนบำบัดเพิ่มเป็น 1000 และ 1300 มก./ล. ความเข้มสีก่อนบำบัดจะเพิ่มเป็น 51120 และ 67536 ADMI ตามลำดับ ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำสุดที่ต้องใช้ในการกำจัดสีส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสียจึงเท่ากับ 750 และ 1000 มก./ล. ตามลำดับ และความเข้มสีที่เหลือมีค่าเท่ากับ 1173 และ 1548 ADMI ตามลำดับ



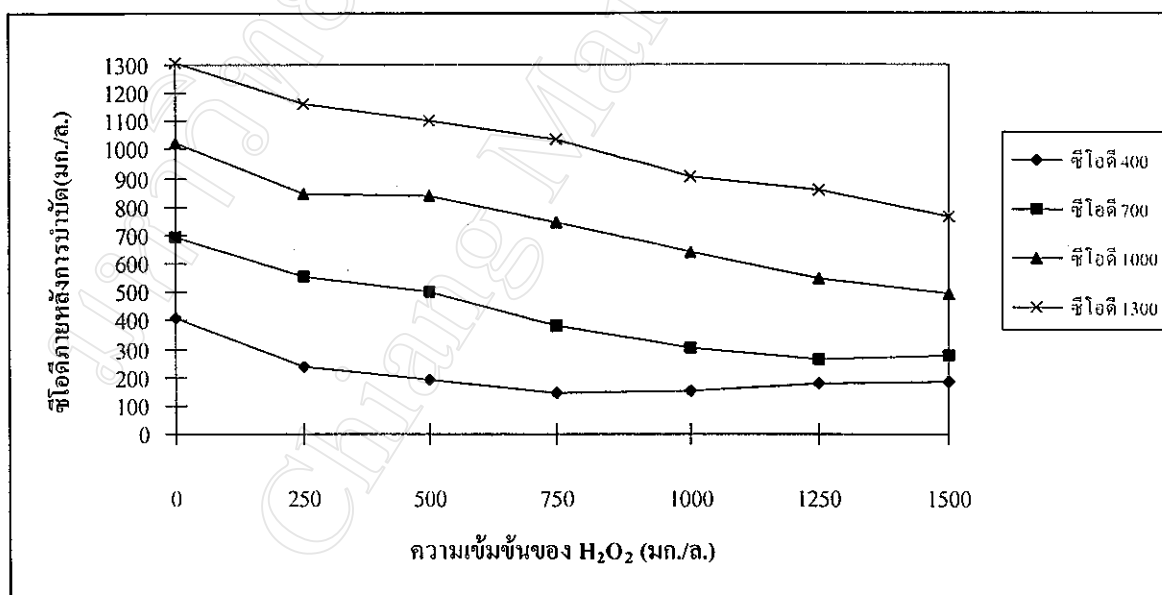
รูปที่ 4.23 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสีย
โตนสีแดง



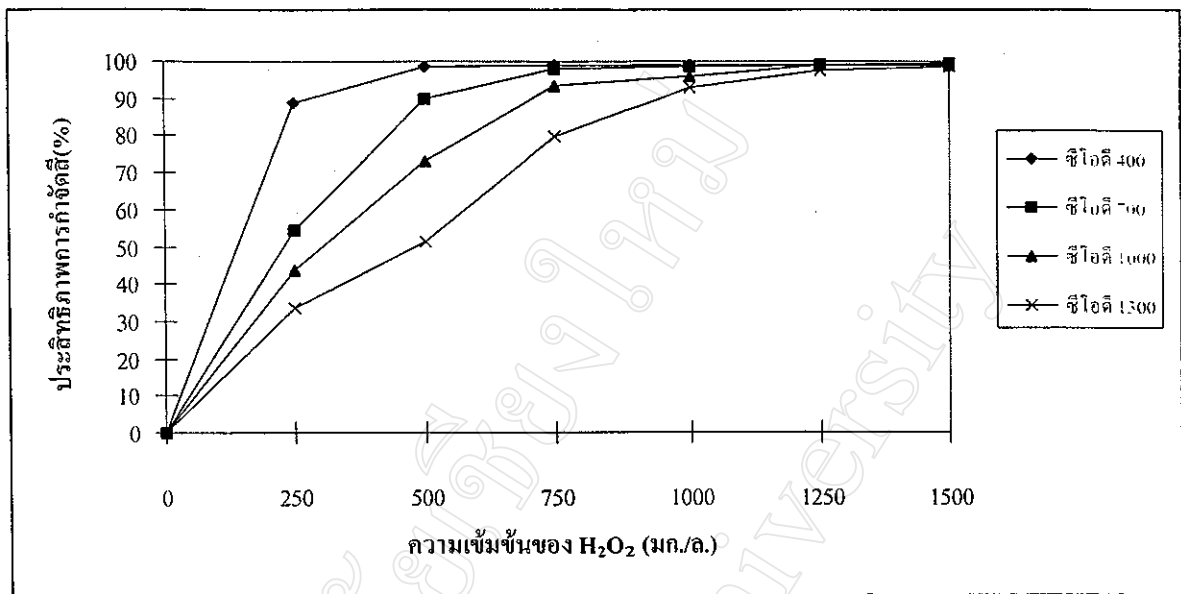
รูปที่ 4.24 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดสีของน้ำเสียโตนสีแดง



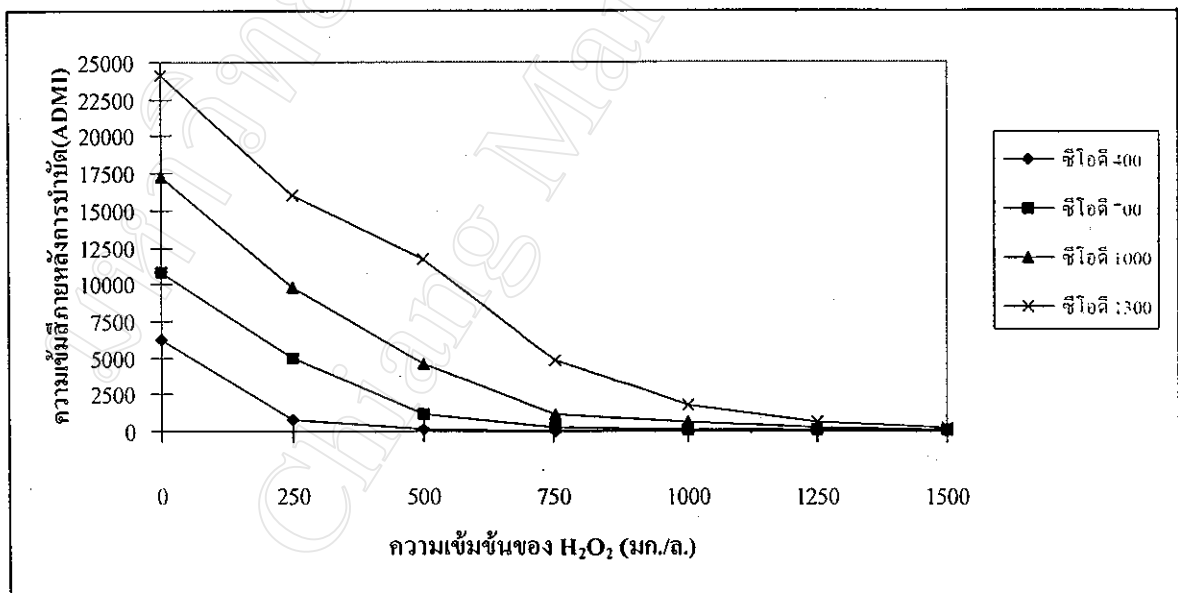
รูปที่ 4.25 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของน้ำเสียโทนสีแดง



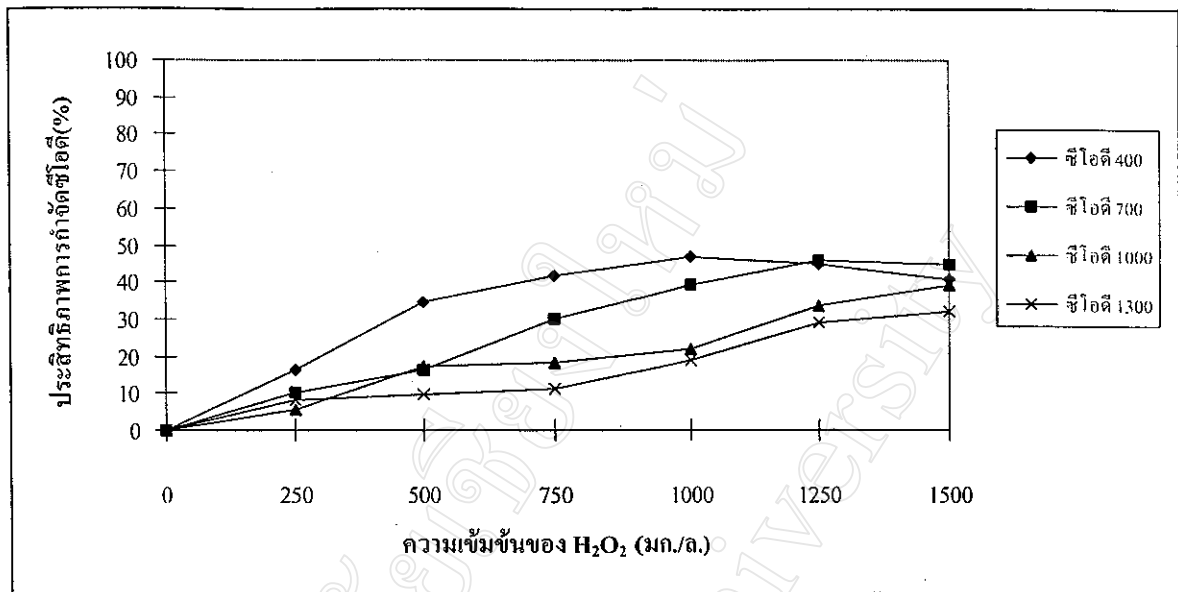
รูปที่ 4.26 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของน้ำเสียโทนสีแดง



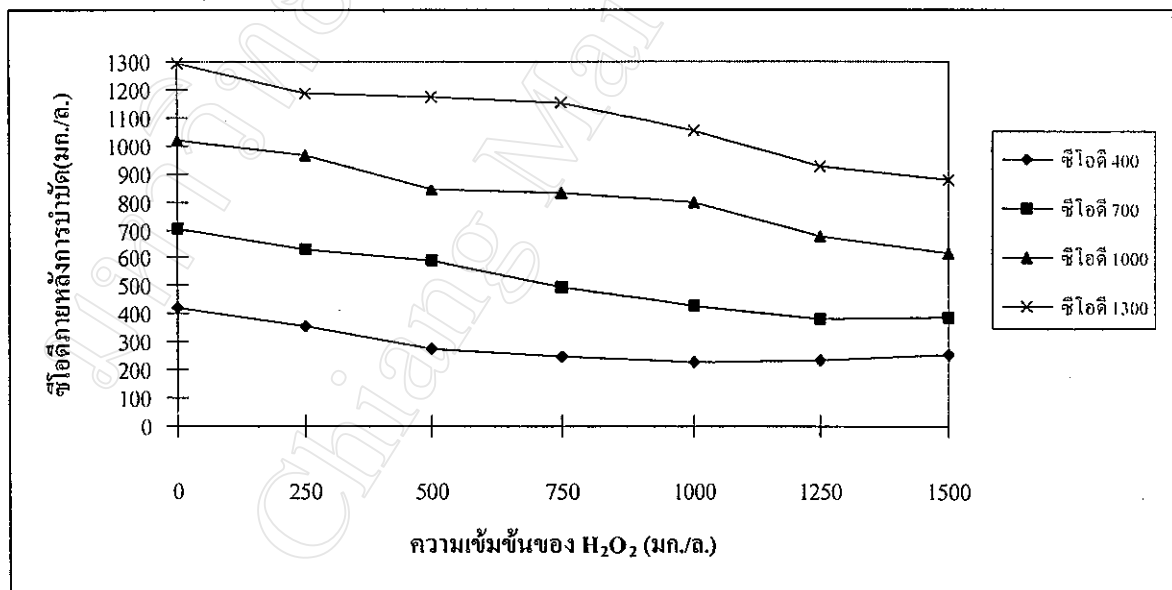
รูปที่ 4.27 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียโทนสีฟ้า



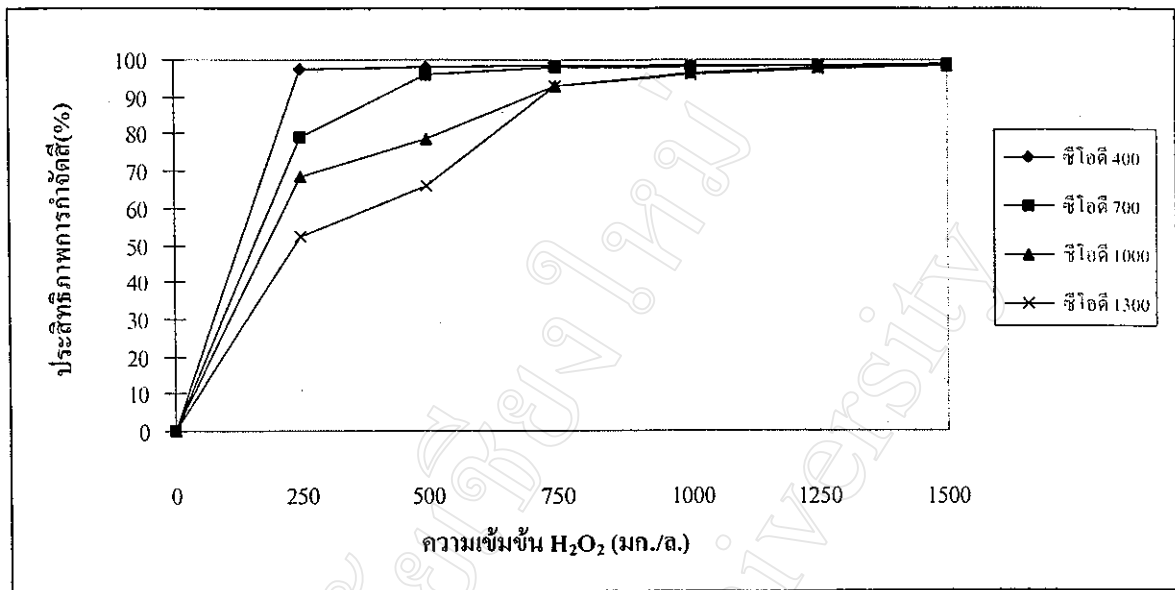
รูปที่ 4.28 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดสีของน้ำเสียโทนสีฟ้า



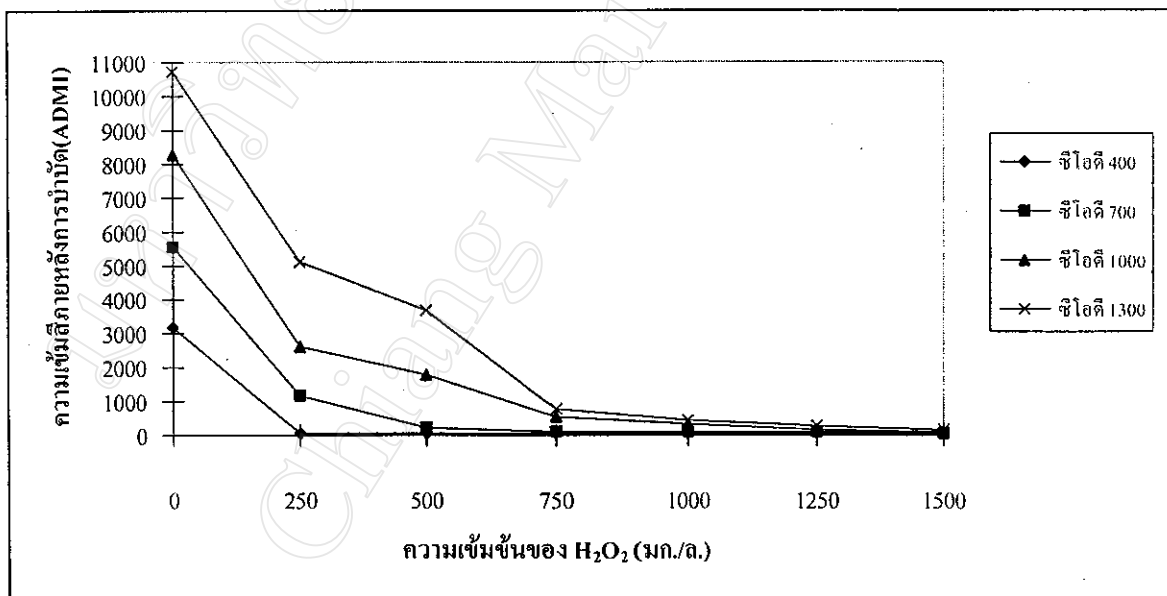
รูปที่ 4.29 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของน้ำเสียโทนสีฟ้า



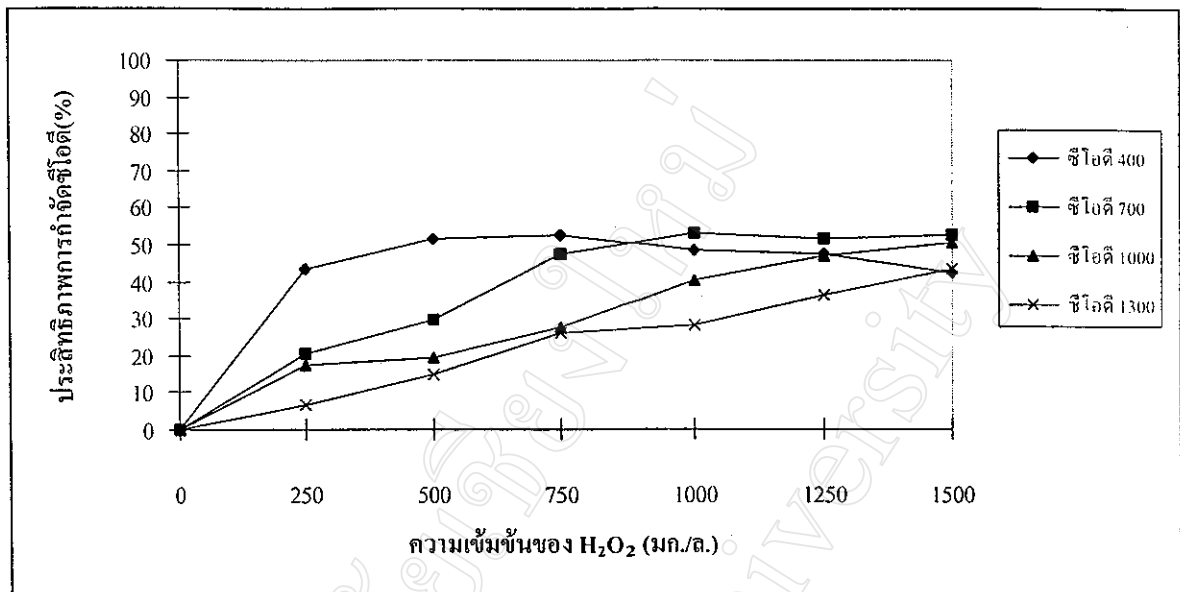
รูปที่ 4.30 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดซีไอดีของน้ำเสียโทนสีฟ้า



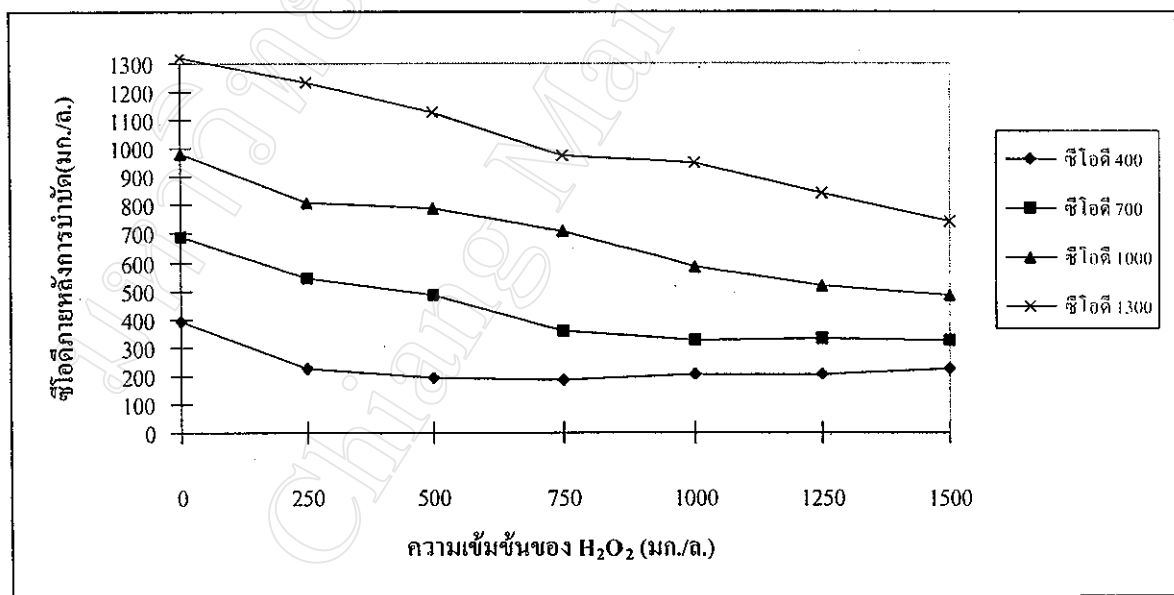
รูปที่ 4.31 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียโทนลีเขียว



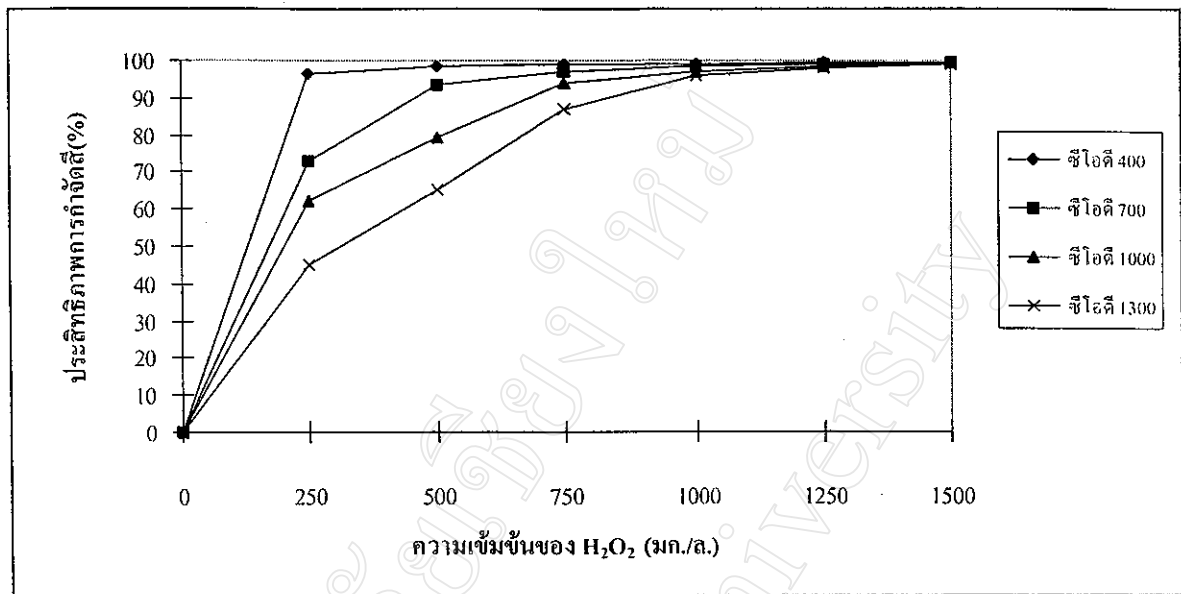
รูปที่ 4.32 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดสีของน้ำเสียโทนลีเขียว



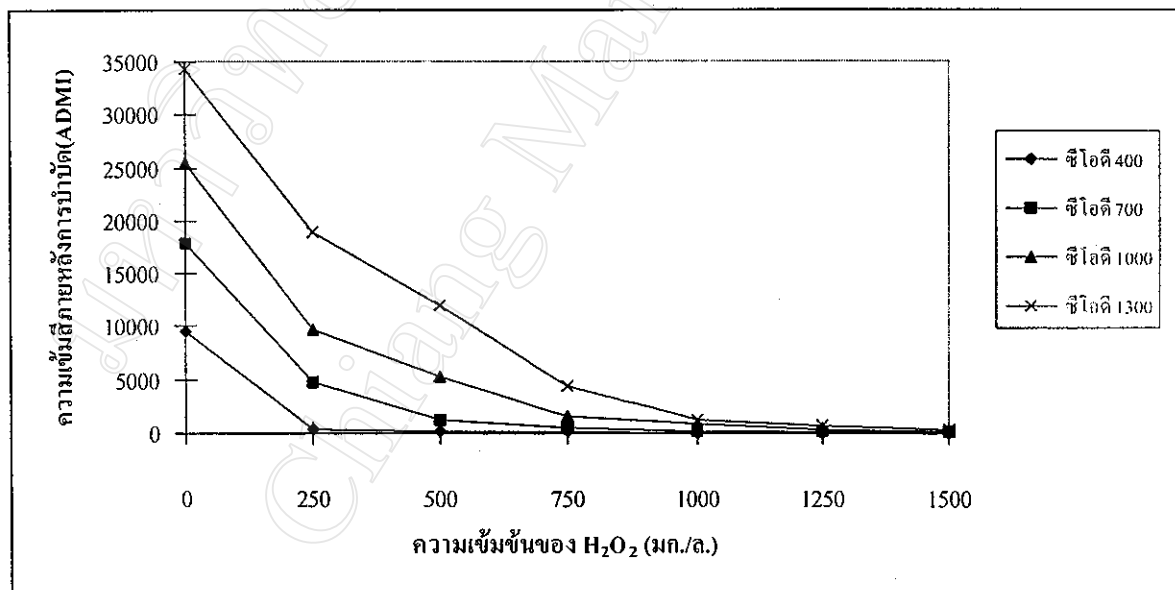
รูปที่ 4.33 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีเขียว



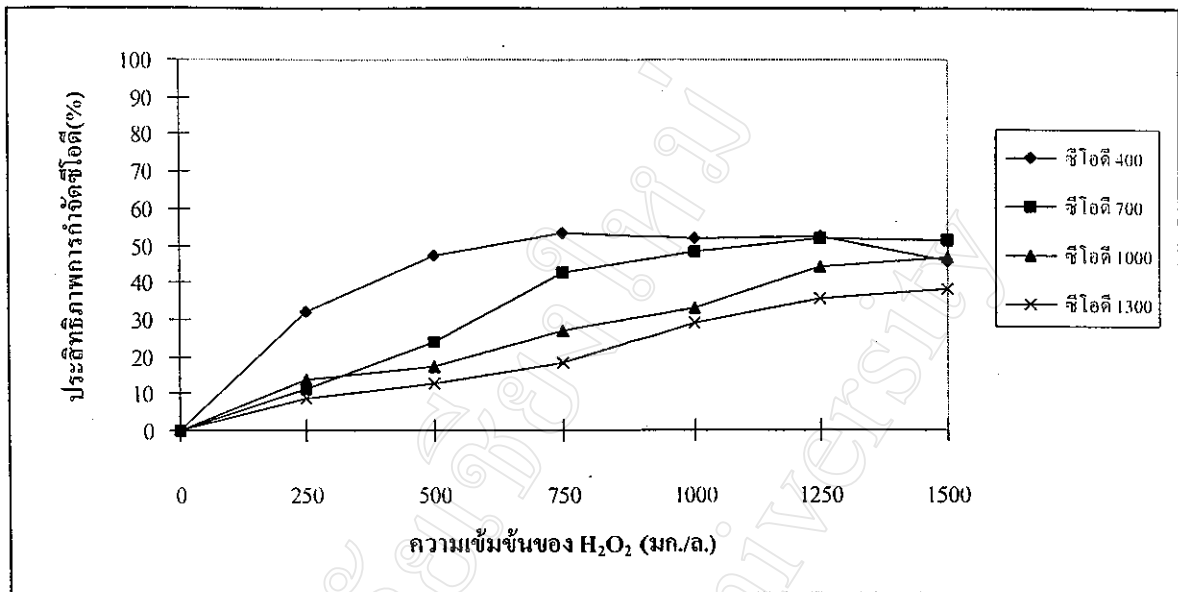
รูปที่ 4.34 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีเขียว



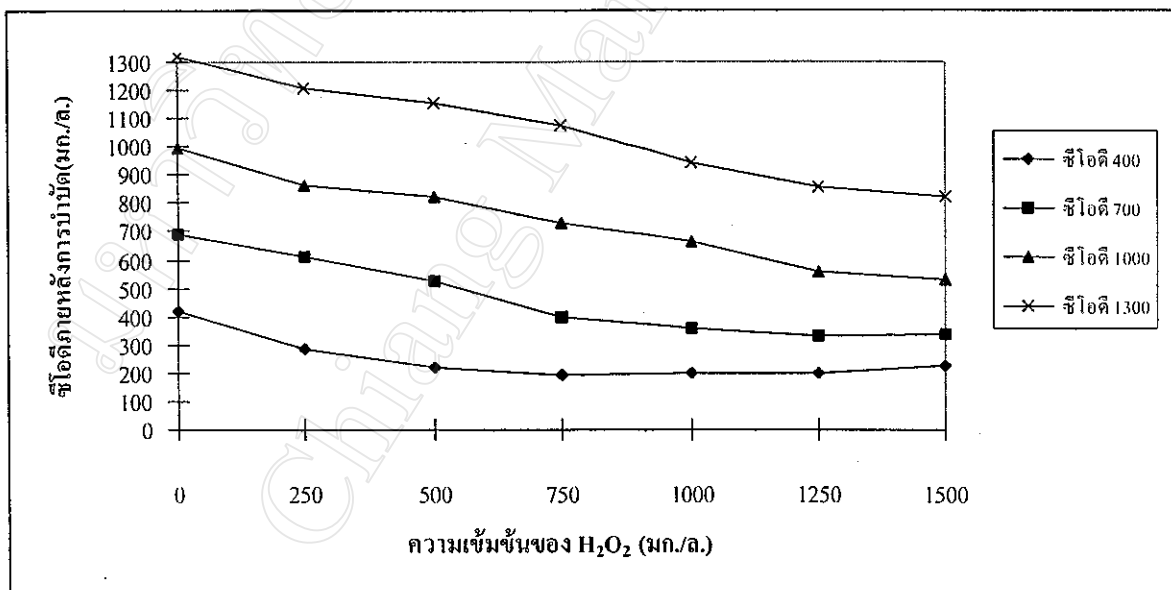
รูปที่ 4.35 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดของน้ำเสียโทนสีผสม



รูปที่ 4.36 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดของน้ำเสียโทนสีผสม



รูปที่ 4.37 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีผสม



รูปที่ 4.38 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีผสม

ข. โทนสีฟ้า

จากรูปที่ 4.27 จะเห็นว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีของทุกระดับค่าซีไอดีก่อนบำบัด เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ระดับซีไอดี 400 มก./ล. ประสิทธิภาพจะเริ่มคงที่ที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 500 มก./ล. ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียโทนสีแดงที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัดเดียวกัน โทนสีแดงจะใช้เวลาความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อยกว่าคือ เท่ากับ 250 มก./ล. แสดงให้เห็นว่า น้ำเสียโทนสีฟ้ากำจัดสีออกได้ยากกว่าน้ำเสียโทนสีแดง เมื่อค่าซีไอดีก่อนบำบัดเพิ่มเป็น 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดสีของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 500 มก./ล. จะลดลงเรื่อย ๆ และมีค่าประมาณ 50 % ที่ซีไอดีก่อนบำบัด 1300 มก./ล. ดังนั้น เมื่อค่าซีไอดีของน้ำเสียเพิ่มขึ้น จะต้องเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัดให้สูงขึ้นด้วย ซึ่งความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำสุดที่ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเริ่มคงที่ของน้ำเสียซีไอดี 700, 1000 และ 1300 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 750, 1000 และ 1250 มก./ล. ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.28 ความเข้มข้นก่อนบำบัดของโทนสีฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับโทนสีแดง จะมีค่าต่ำกว่า คืออยู่ในช่วง 6213-24168 ADMI ในขณะที่ค่าซีไอดีก่อนบำบัดมีค่าเท่ากัน และความเข้มข้นที่เหลือภายหลังการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 500, 750, 1000 และ 1250 มก./ล. บำบัดน้ำเสียที่ระดับค่าซีไอดี 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 93, 208, 687 และ 581 ADMI ตามลำดับ

ค. โทนสีเขียว

จากรูปที่ 4.31 ที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. การเพิ่มความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้มากกว่า 500 มก./ล. แทบจะไม่สามารถทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีเพิ่มขึ้นได้อีกเนื่องจากสีโดยส่วนใหญ่ได้ถูกกำจัดออกตั้งแต่ที่ระดับความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 250 มก./ล. แล้ว สำหรับที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัด 700 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเริ่มคงที่ที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. ส่วนที่ระดับซีไอดี 1000 และ 1300 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเริ่มคงที่ที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 750 และ 1000 มก./ล. ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นก่อนบำบัดของน้ำเสียโทนสีเขียวกับโทนสีอื่น ๆ จะเห็นว่า โทนสีเขียวมีความเข้มข้นต่ำที่สุด คืออยู่ในช่วง 3140-10724 ADMI และและค่าความเข้มข้นที่เหลือภายหลังการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 250, 500, 750 และ 1000 มก./ล. บำบัดน้ำเสียที่ระดับค่าซีไอดี 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 72, 238, 573 และ 454 ADMI ตามลำดับ

ง. โทนสีผสม

จากรูปที่ 4.35 จะเห็นว่าแนวโน้มของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ระดับค่าซีโอดีต่าง ๆ จะมีลักษณะเป็นไปในทำนองเดียวกันกับ 3 โทนสีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยค่าประสิทธิภาพโดยส่วนใหญ่จะเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพของ 3 โทนสีดังกล่าว ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำสุดที่สามารถกำจัดซีโอดีส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสียที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. คือ 250, 750, 1000 และ 1250 มก./ล. ตามลำดับ และความเข้มข้นซีโอดีที่เหลือมีค่าเท่ากับ 355, 518, 818 และ 724 ADMI ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบผลของการกำจัดซีโอดีของทั้ง 3 โทนสี ตามรูปที่ 4.23, 4.24, 4.27, 4.28, 4.31, 4.32, 4.35 และ 4.36 จะเห็นได้ว่าโทนสีแดงเป็นโทนสีที่ถูกกำจัดออกง่ายที่สุด นั่นคือ เมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นเท่ากัน ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีในน้ำเสียโทนสีแดง จะสูงกว่าโทนสีอื่น ๆ ส่วนโทนสีที่ถูกกำจัดออกยากที่สุดคือโทนสีฟ้า

4.3.2 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการกำจัดซีโอดีในน้ำเสีย

ก. โทนสีแดง

ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล.ตามรูปที่ 4.25 จะเห็นว่า ในช่วงความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 250-750 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดมีค่าเท่ากับ 64 % ที่ความเข้มข้น 750 มก./ล. หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้มากขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีกลับค่อย ๆ ลดลง และที่ความเข้มข้น 1500 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีลดลงเหลือ 55 % เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามรูปที่ 4.23 จะเห็นว่ามีความขัดแย้งกันคือ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นตลอดช่วงค่าความเข้มข้น 250-1500 มก./ล.

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีตามรูปที่ 4.23 ที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 250 กับ 750 มก./ล. จะเห็นว่าแตกต่างกันน้อยมาก คือสามารถกำจัดซีโอดีเกือบร้อยละเซนต์ทั้งคู่ แต่เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ดังกล่าว จะเห็นว่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด คือ ที่ความเข้มข้น 750 มก./ล. จะให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงกว่ามาก แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ 250 มก./ล. เพียงพอ

ต่อการกำจัดสีเกือบทั้งหมดออกจากรู้น้ำเสียในขณะที่สามารถกำจัดซีโอไซด์ได้ในระดับหนึ่ง หากต้องการกำจัดซีโอไซด์ให้มีประสิทธิภาพสูงด้วย จำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากขึ้น คือ อาจต้องใช้ถึง 750 มก./ล.

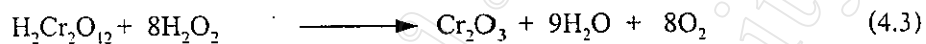
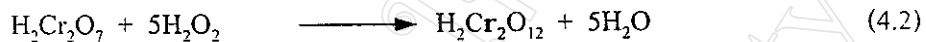
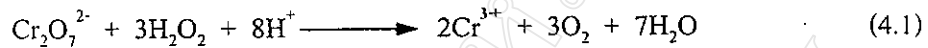
เมื่อน้ำเสียนี้ออกซิไดซ์ก่อนบำบัด 700 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอไซด์จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในช่วง 250-1250 มก./ล. โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 61 % ที่ความเข้มข้น 1250 มก./ล. และเมื่อความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากกว่า 1250 มก./ล. ประสิทธิภาพกลับลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ประสิทธิภาพการกำจัดสียังคงเพิ่มขึ้น

สำหรับที่ระดับค่าซีโอไซด์ก่อนบำบัด 1000 มก./ล. และ 1300 มก./ล. จะเห็นว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอไซด์ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตลอดช่วงค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ ไม่มีการลดลงเหมือนที่ระดับซีโอไซด์ก่อนบำบัด 400 และ 700 มก./ล. จากรูปที่ 4.23 และ 4.25 ที่ระดับซีโอไซด์ก่อนบำบัด 1000 มก./ล. จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 750 มก./ล. ซึ่งเป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถกำจัดสีโดยส่วนใหญ่ออกจากรู้น้ำเสียนั้น สามารถกำจัดซีโอไซด์ได้เพียง 27 % และที่ระดับซีโอไซด์ก่อนบำบัด 1300 มก./ล. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 1000 มก./ล. สามารถกำจัดซีโอไซด์ได้เพียง 31 % ในขณะที่สามารถกำจัดสีได้ถึง 98 %

เมื่อพิจารณาค่าซีโอไซด์ที่เหลือภายหลังการบำบัดตามรูปที่ 4.26 ที่ทุกระดับค่าซีโอไซด์ก่อนบำบัด จะเห็นว่า ค่าซีโอไซด์ค่อย ๆ ลดลงตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นยกเว้นที่ระดับค่าซีโอไซด์ก่อนบำบัด 400 มก./ล. ค่าซีโอไซด์ภายหลังการบำบัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงกว่า 750 มก./ล. และที่ระดับซีโอไซด์ก่อนบำบัด 700 มก./ล. ค่าซีโอไซด์ภายหลังการบำบัดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นสูงกว่า 1250 มก./ล. สำหรับค่าซีโอไซด์ต่ำสุดที่เหลือภายหลังการบำบัดที่ระดับค่าซีโอไซด์ก่อนบำบัด 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 148, 267, 494 และ 766 มก./ล. ตามลำดับ

สำหรับในกรณีที่น้ำเสียนี้ออกซิไดซ์ก่อนบำบัด 400 และ 700 มก./ล. แล้วมีช่วงที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอไซด์มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จนถึงระดับหนึ่งดังที่ได้กล่าวถึงแล้วในตอนต้นนั้น มีสาเหตุมาจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่หลงเหลืออยู่ในน้ำเสีย ภายหลังจากการบำบัดด้วยรีเอเจนต์ของเฟนตอน ซึ่งเป็นสารบกกวนการหาค่าซีโอไซด์ เนื่องจากในการวิเคราะห์ค่าซีโอไซด์ จะใช้โพแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เป็นตัวออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำเสีย แต่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับไดโครเมตไอออนในสภาวะที่เป็นกรดได้ ดังสมการที่

(4.1) และกลายเป็นกรดเปอร์ออกไซด์ไดโครมิก ($\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_{12}$) ดังสมการที่ (4.2) ซึ่งสารประกอบนี้จะไม่คงตัวและจะแตกตัวเป็นเกลือของ Cr^{3+} ในที่สุด ดังสมการที่ (4.3)



ดังนั้น ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี ถ้ามีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เหลืออยู่ในน้ำเสีย ไปเติมซีเอ็มไดโครเมตส่วนหนึ่ง จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทำให้ซีโอดีที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงกว่าความเป็นจริง ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจึงลดต่ำลงเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูง ๆ เนื่องจากปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลือมีมากขึ้นนั่นเอง สำหรับน้ำเสียที่มีระดับค่าซีโอดีก่อนบำบัด 1000 และ 1300 มก./ล. จะไม่เห็นการลดลงของประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก ช่วงค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้มีค่าไม่สูงนัก ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ส่วนใหญ่จึงถูกใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ ประกอบกับน้ำเสียมียูทิลิตี้ก่อนบำบัดค่อนข้างสูง (1000 และ 1300 มก./ล.) ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหลืออยู่จึงแทบไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ค่าซีโอดี

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่มีต่อการวิเคราะห์ค่าซีโอดี โดยทำการทดลองตามวิธีในหัวข้อ 3.5 ซึ่งมีรายละเอียดคือ ใช้น้ำกลั่นแทนน้ำเสีย ปรับพีเอชให้ได้ 5.0 แล้วเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน โดยไม่เติมเฟอร์รัสไอออน แล้วทิ้งไว้ 1 ชม. แล้วปรับพีเอชให้เท่ากับ 7.0 ทิ้งไว้อีก 1 ชม. แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ค่าซีโอดี ซึ่งผลการทดลองเป็นดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการวิเคราะห์ค่าซีโอดี

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (มก./ล.)	250	500	750	1000	1250	1500
ซีโอดี (มก./ล.)	39	72	95	143	174	206

ส่วนตารางที่ 4.3 เป็นผลการศึกษาผลกระทบของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อค่าซีไอดีโดย Kuo (1992) โดยการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณต่าง ๆ กันลงในน้ำประปาแล้วทำการวิเคราะห์ค่าซีไอดี

ตารางที่ 4.3 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการวิเคราะห์ค่าซีไอดี โดย Kuo (1992)

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

ที่มา: Kuo (1992)

ตารางที่ 4.2 และ 4.3 แสดงให้เห็นว่าถ้าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีมากขึ้น ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ซีไอดีก็จะมีมากขึ้นด้วย ดังนั้น จึงเห็นได้ว่า ถ้ามีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หลงเหลืออยู่ในน้ำเสียภายหลังการบำบัดด้วยรีเอเจนท์ของเฟนตอนแล้ว การใช้ซีไอดีเป็นตัววัดปริมาณสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ อาจได้ผลที่ไม่ถูกต้องแม่นยำมากนัก อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ซีไอดีก็สามารถแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มโดยรวมได้ดีในระดับหนึ่ง

ข. โทนสีฟ้า

จากรูปที่ 4.29 ที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น จนถึงค่าสูงสุดคือ 47 % ที่ความเข้มข้น 1000 มก./ล. เมื่อความเข้มข้นมากกว่า 1000 มก./ล. ประสิทธิภาพจะค่อย ๆ ลดลง และลดลงเหลือ 40 % ที่ความเข้มข้น 1500 มก./ล. ซึ่งแนวโน้มของกราฟมีลักษณะคล้ายกับโทนสีแดงที่ระดับซีไอดี 400 มก./ล. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของโทนสีฟ้าและสีแดงที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เดียวกันประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของโทนสีฟ้าจะต่ำกว่าสีแดงค่อนข้างมาก เช่น ที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 250 มก./ล. สามารถกำจัดซีไอดีของโทนสีแดงได้ถึง 43 % แต่กำจัดซีไอดีของโทนสีฟ้าได้เพียง 16 % ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีสูงสุดของโทนสีฟ้าก็ต่ำกว่าโทนสีแดงเช่นกัน คือ อยู่ที่ 47 % ในขณะที่โทนสีแดงประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีสูงสุดจะอยู่ที่ 64 % แสดงให้เห็นว่า น้ำเสียสีฟ้านั้นบำบัดได้ยากกว่าน้ำเสียโทนสีแดง

ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 700 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 250-1250 มก./ล. โดยที่ความเข้มข้น 1250 มก./ล. จะให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดคือ 46 % และลดลงเล็กน้อย เมื่อความเข้มข้นเพิ่มเป็น 1500 มก./ล.

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 1000 และ 1300 มก./ล. มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นคล้ายกัน คือ เพิ่มขึ้นตลอดช่วงค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้

จากรูปที่ 4.30 ซึ่งแสดงค่าซีโอดีภายหลังการบำบัดจะเห็นว่ามีลักษณะการลดลงของค่าซีโอดีคล้ายคลึงกับโทนสีแดงแต่จะแตกต่างกันตรงค่าซีโอดีที่เหลือภายหลังการบำบัด โดยค่าซีโอดีต่ำสุดที่เหลือสำหรับที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 226, 385, 618 และ 879 มก./ล. ตามลำดับ

ก. โทนสีเขียว

จากรูปที่ 4.33 ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ทำให้ได้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดจะอยู่ในช่วง 500-750 มก./ล. ซึ่งได้ประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 51-52 % หลังจากนั้นประสิทธิภาพจะลดลงเรื่อย ๆ ตลอดช่วงค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตั้งแต่ 1000-1500 มก./ล. ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 700 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดจะอยู่ที่ 53 % ซึ่งใช้ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 1000 มก./ล. ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 700 มก./ล. นี้มีช่วงที่ประสิทธิภาพมีการลดลงเช่นกัน คือ เมื่อใช้ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากกว่า 1000 มก./ล. ประสิทธิภาพจะค่อย ๆ ลดลง สำหรับกรณีที่มีน้ำเสียมีค่าซีโอดีก่อนบำบัด 1000 และ 1300 มก./ล. นั้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดช่วงค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.34 ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. ค่าซีโอดีภายหลังการบำบัดจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง 0-500 มก./ล. หลังจากนั้นจะคงที่และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อความเข้มข้นสูงกว่านี้ สำหรับน้ำเสียที่ระดับค่าซีโอดีก่อนบำบัด 700 มก./ล. ค่าซีโอดีที่เหลือภายหลังการบำบัดจะคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง 1000-1500 มก./ล.

ค่าซีโอดีต่ำสุดที่เหลือภายหลังการบำบัดที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 186, 323, 487 และ 744 มก./ล.

ง. โทนีสผสม

จากรูปที่ 4.37 ที่ระดับซีโอติก่อนบำบัด 400 มก./ล. แนวโน้มของกราฟประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติจะคล้ายกับ 3 โทนีสที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ มีช่วงที่ประสิทธิภาพค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดคือ 54 % โดยที่ค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในช่วงนี้คือ 250-750 มก./ล. และมีช่วงที่ประสิทธิภาพค่อย ๆ ลดลงคือเมื่อใช้ความเข้มข้นมากกว่า 750 มก./ล. และเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 1500 มก./ล. ประสิทธิภาพจะลดลงเหลือ 46 % เมื่อน้ำเสียมีค่าซีโอติเริ่มต้น 700 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติก็มีช่วงลดลงเช่นกันคือ เมื่อถึงค่าสูงสุดคือ 52 % ที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1250 มก./ล. แล้ว เมื่อเพิ่มความเข้มข้นให้มากขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติจะเริ่มลดลง การเพิ่มความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เมื่อน้ำเสียมีซีโอติก่อนบำบัด 1000 และ 1300 มก./ล. จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตลอดช่วงค่าความเข้มข้นที่ใช้ โดยประสิทธิภาพสูงสุดที่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 1500 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 47 และ 38 % ตามลำดับ สำหรับค่าซีโอติต่ำสุดที่เหลือภายหลังการบำบัดที่ระดับซีโอติก่อนบำบัด 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ตามรูปที่ 4.38 มีค่าเท่ากับ 193, 332, 530 และ 821 มก./ล. ตามลำดับ

จากการพิจารณารูปที่ 4.25, 4.26, 4.29, 4.30, 4.33, 4.34, 4.37 และ 4.38 จะเห็นว่าการเพิ่มความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอติโดยรวมสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ปฏิกิริยาส่วนใหญ่ที่เกิดจากการใช้รีเอเจนต์ของเฟนทอน เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีอนุมูลไฮดรอกซิลซึ่งเกิดจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวออกซิไดซ์ ดังนั้น เมื่อมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณมากขึ้นก็จะทำให้ความสามารถในการกำจัดซีโอติหรือสารอินทรีย์มีมากขึ้นด้วย

4.3.3 ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

จากข้อ 4.3.1 และ 4.3.2 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำสุดที่สามารถกำจัดซีโอติส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสียเป็นเกณฑ์ สามารถสรุปค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการบำบัด รวมทั้งค่าความเข้มข้นซีโอติที่เหลือภายหลังการบำบัดได้ดังตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าค่าอัตราส่วนของความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมต่อค่าซีโอติก่อนบำบัด ในโทนีสเดียวกันที่ระดับซีโอติก่อนบำบัดต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น ในทางปฏิบัติ ถ้าหากค่าซีโอติของน้ำเสียนั้นต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าที่ใช้ในการศึกษานี้ ก็สามารถใช้อัตราส่วนดังกล่าว(ค่าสูงสุด)ไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมได้

และจากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าความเข้มข้นที่เหลือของโทนสีแดงโดยเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าโทนสีอื่น ๆ โดยเฉพาะที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัด 1000 และ 1300 มก./ล. ความเข้มข้นที่เหลือมีค่ามากกว่า 1000 ADMI ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นก่อนบำบัดมีค่าสูงมากนั่นเอง ดังนั้น แม้ว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีของโทนสีแดงจะใกล้เคียงกับโทนสีอื่น ๆ แต่เนื่องจากความเข้มข้นก่อนบำบัดมีค่าสูง ความเข้มข้นที่เหลือจึงมีค่าสูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม ไม่ได้มีการกำหนดความ

ตารางที่ 4.4 ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมพร้อมทั้งค่าความเข้มข้นและซีไอดีที่เหลือภายหลังการบำบัด

โทนสี	ซีไอดี ก่อนบำบัด (มก./ล.)	ความเข้มข้น ก่อนบำบัด (ADMI)	ความเข้มข้น H_2O_2 ที่ เหมาะสม (มก./ล.)	อัตราส่วนของ ความ เข้มข้นของ H_2O_2 ต่อ ซีไอดีก่อนบำบัด (มก./มก.)	ความเข้มข้น ที่เหลือ (ADMI)	ซีไอดีที่ เหลือ (มก./ล.)
แดง	400	19540	250	0.62	293	237
	700	35489	500	0.71	639	503
	1000	51120	750	0.75	1173	748
	1300	67536	1000	0.77	1548	907
ฟ้า	400	6213	500	1.25	93	278
	700	10785	750	1.07	208	496
	1000	17224	1000	1.00	687	797
	1300	24168	1250	0.96	581	922
เขียว	400	3140	250	0.62	72	223
	700	5530	500	0.71	238	483
	1000	8261	750	0.75	573	709
	1300	10724	1000	0.77	454	948
ผสม	400	9545	250	0.62	355	282
	700	17840	750	1.07	518	451
	1000	25440	1000	1.00	818	666
	1300	34328	1250	0.96	724	855

เข้มข้นในน้ำทิ้งไว้อย่างชัดเจนว่าจะต้องมีค่าไม่เกินเท่าใด และวัดออกมาในหน่วยใด เพียงแต่กำหนดว่า สีของน้ำทิ้งจะต้องไม่เป็นที่พึงรังเกียจ ซึ่งยากแก่การประเมิน สำหรับในการศึกษาวิจัยนี้ได้ใช้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเป็นเกณฑ์เปรียบเทียบความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของรีเอเจนท์ของเฟนตอนในน้ำเสียแต่ละโหนด ดังนั้น ที่ประสิทธิภาพการกำจัดสีค่าเดียวกัน ความเข้มข้นสีที่เหลือของแต่ละโหนดย่อมแตกต่างกันเนื่องจากความเข้มข้นบำบัดมีค่าไม่เท่ากันดังกล่าวแล้ว เมื่อพิจารณาค่าซีไอดีที่เหลือภายหลังการบำบัดจะเห็นว่ายังมีค่าสูงอยู่ นั่นคือ ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ำสุดที่สามารถกำจัดสีส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสียได้นั้น จะสามารถกำจัดซีไอดีได้เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจาก ประการแรก โมเลกุลของสีย้อมประกอบด้วยโครงสร้างสำคัญ 2 ส่วน คือ กลุ่มแสดงสี(Chromophore) และกลุ่มอะมิโน เมื่อโมเลกุลสีย้อมถูกออกซิไดซ์ โครงสร้างโมเลกุลมีการเปลี่ยนแปลง กลุ่มแสดงสีดังกล่าวจะถูกทำลาย ทำให้สีจางหายไปในขณะที่โครงสร้างส่วนอื่นที่เป็นสารอินทรีย์ยังคงอยู่ ค่าซีไอดีภายหลังการบำบัดจึงลดลงเพียงเล็กน้อย ประการที่สอง โมเลกุลของสีย้อมจะมีขนาดใหญ่และซับซ้อน ทำให้ถูกออกซิไดซ์ด้วยไฮโดรเมตในขั้นตอนการหาค่าซีไอดีได้ค่อนข้างยาก เมื่อสีย้อมถูกบำบัดด้วยรีเอเจนท์ของเฟนตอน โมเลกุลสีจะถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลง ทำให้ถูกออกซิไดซ์ด้วยไฮโดรเมตได้ง่ายขึ้น จึงทำให้ค่าซีไอดีที่วิเคราะห์ได้ก่อนบำบัดกับหลังบำบัดมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างน้อย ทั้งที่ในความเป็นจริงสีย้อมอาจถูกออกซิไดซ์ด้วยรีเอเจนท์ของเฟนตอนไปมากแล้วก็ตาม

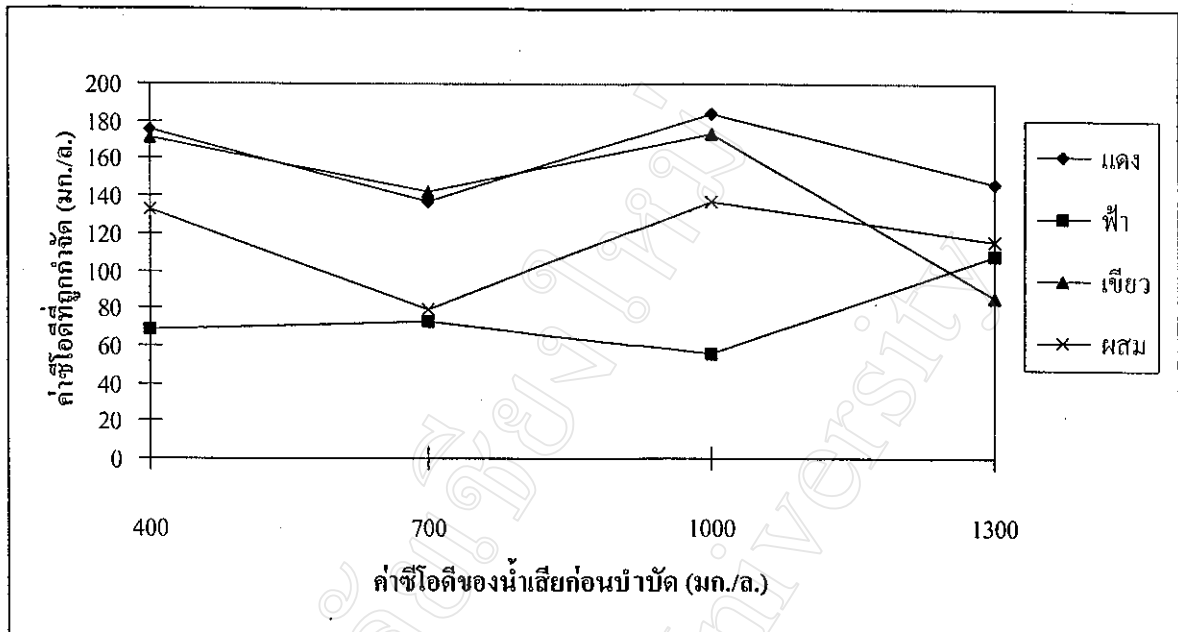
ค่าซีไอดีภายหลังการบำบัดโดยส่วนใหญ่ยังคงสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรมค่อนข้างมาก ยิ่งน้ำเสียมีค่าซีไอดีก่อนบำบัดสูง ค่าซีไอดีภายหลังการบำบัดก็จะสูงด้วยการลดซีไอดีให้เหลือปริมาณน้อย ๆ สามารถทำได้โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูง ๆ แต่ในทางปฏิบัติ การใช้รีเอเจนท์ของเฟนตอนเพื่อลดค่าซีไอดีของน้ำเสียสีย้อมมีแอกติฟให้ได้ตามมาตรฐานนั้น ต้องสิ้นเปลืองสารเคมีปริมาณมากและอาจไม่คุ้มค่า การนำน้ำเสียที่ผ่านการกำจัดสีด้วยรีเอเจนท์ของเฟนตอนแล้ว ไปผ่านระบบบำบัดแบบอื่น ๆ น่าจะมีความเหมาะสมกว่า เช่น ระบบบำบัดทางชีวภาพ เนื่องจาก น้ำเสียสีย้อมที่ผ่านการบำบัดโดยรีเอเจนท์ของเฟนตอนแล้ว โมเลกุลสีจะถูกย่อยสลายให้มีขนาดเล็กลงซึ่งอาจจะง่ายต่อการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ต่อไป

4.3.4 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อปริมาณซีไอดีที่ถูกกำจัด

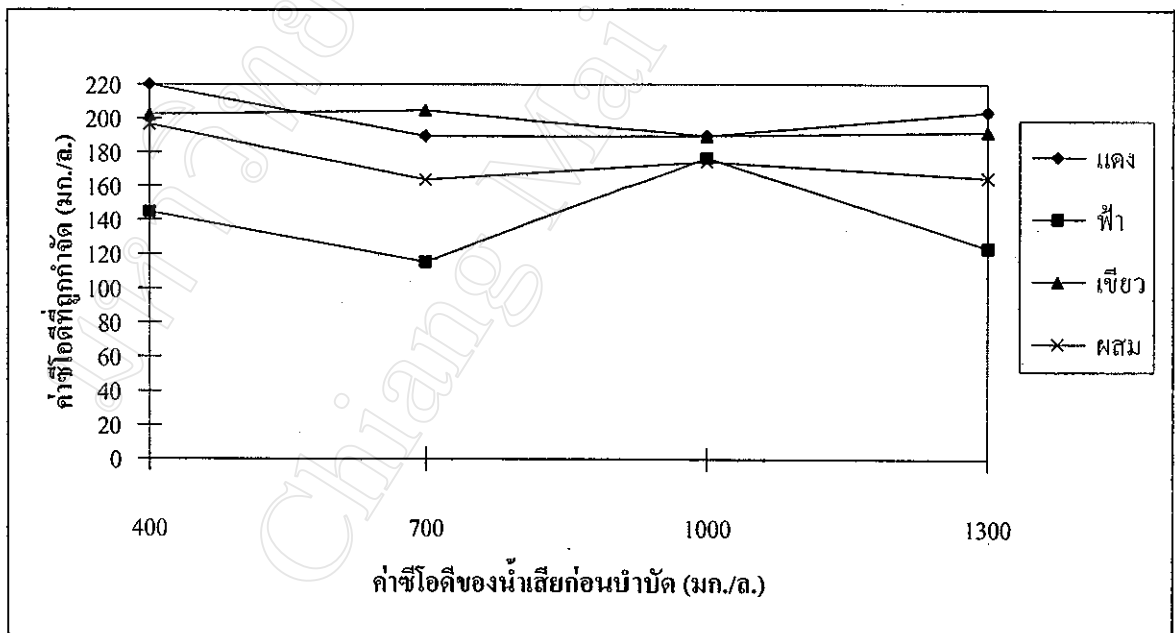
จากผลการทดลองในข้อ 4.3.2 สามารถนำมาคำนวณหาค่าซีไอดีที่ถูกกำจัดที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัด 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ของแต่ละโหนด ซึ่งได้จากการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 250-1500 มก./ล. ได้ดังตารางที่ 4.5 และสามารถนำข้อมูลจากตารางดังกล่าวมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 4.39-4.44

ตารางที่ 4.5 ค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดที่ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่าง ๆ

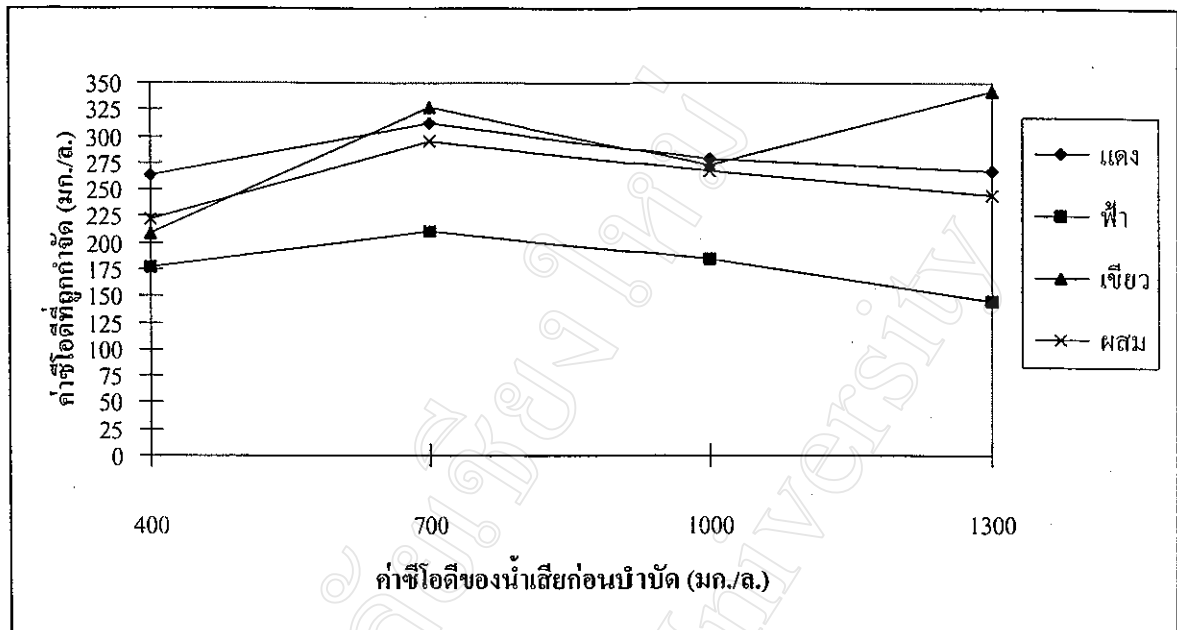
โตนลี	ความเข้มข้นของ H_2O_2 (มก./ล.)	ซีโอดี 400 มก./ล.	ซีโอดี 700 มก./ล.	ซีโอดี 1000 มก./ล.	ซีโอดี 1300 มก./ล.
แดง	250	175	137	184	146
	500	220	190	189	204
	750	264	313	278	268
	1000	259	389	383	398
	1250	237	426	478	449
	1500	228	414	532	539
ฟ้า	250	68	73	56	108
	500	145	115	177	124
	750	176	210	185	145
	1000	197	275	221	241
	1250	190	321	342	373
	1500	171	316	400	416
เขียว	250	171	142	173	86
	500	202	205	189	192
	750	208	327	272	342
	1000	191	365	395	369
	1250	186	356	462	477
	1500	168	362	494	573
ผสม	250	133	79	137	116
	500	196	164	174	165
	750	222	295	268	245
	1000	215	334	331	383
	1250	217	359	443	468
	1500	190	353	467	501



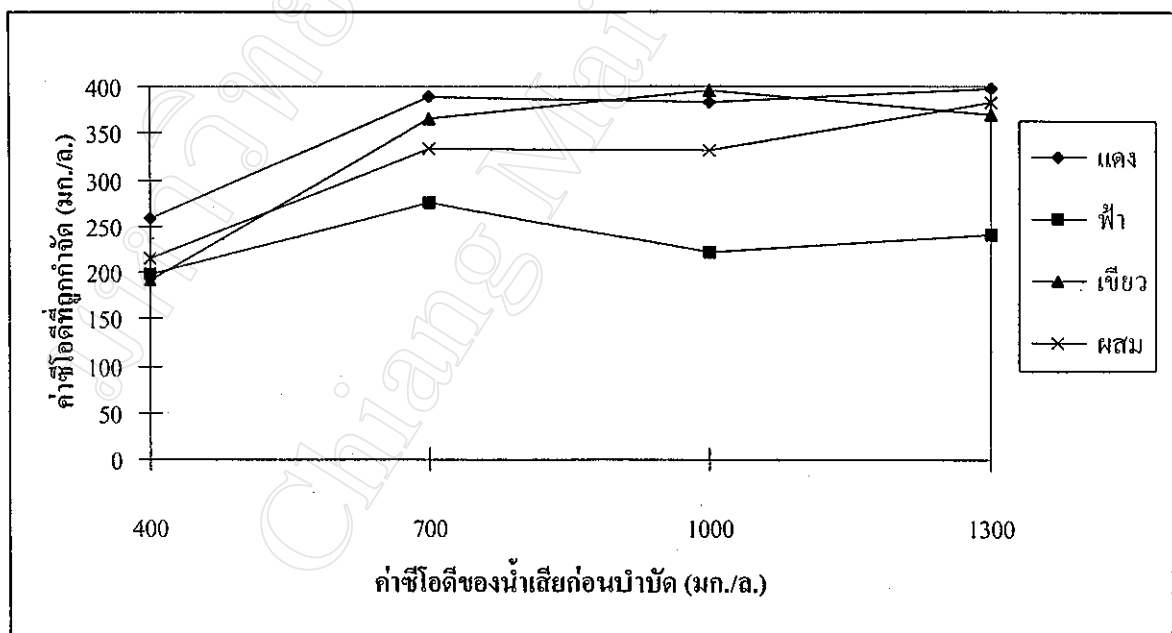
รูปที่ 4.39 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 250 มก./ล.ที่มีต่อค่าซีโอดีที่ถูกกำจัด



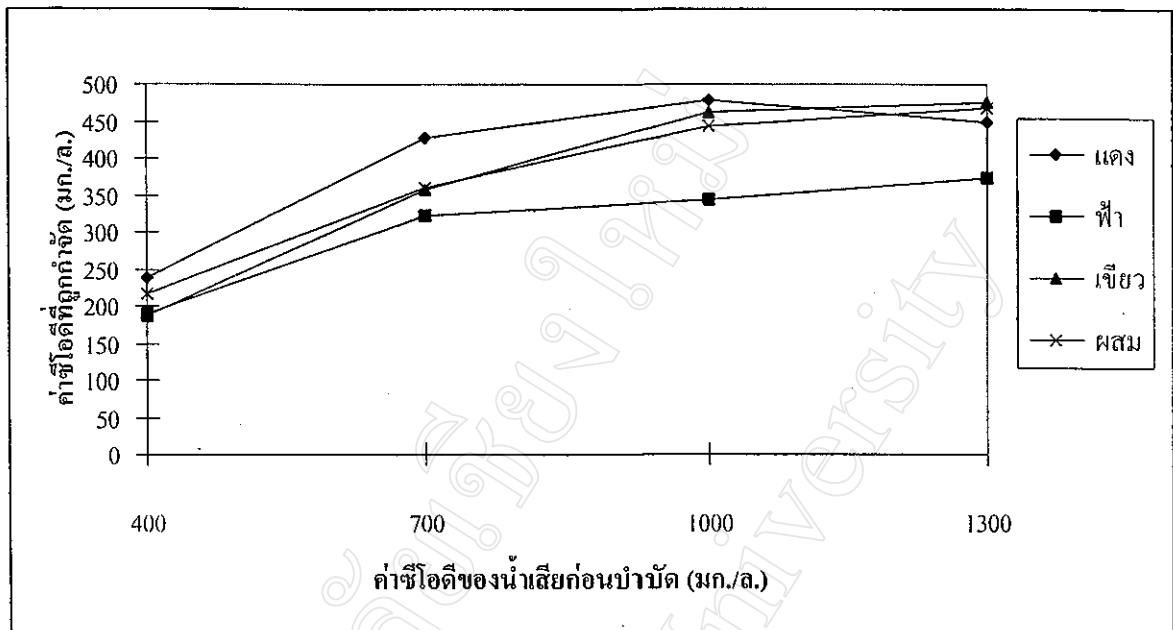
รูปที่ 4.40 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 500 มก./ล.ที่มีต่อค่าซีโอดีที่ถูกกำจัด



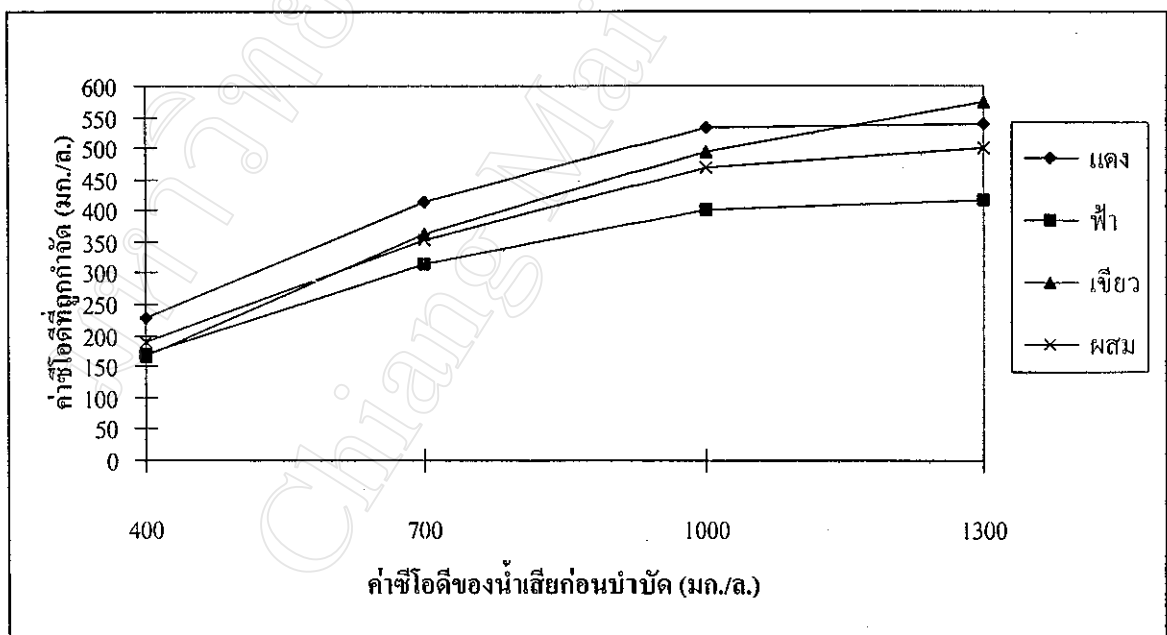
รูปที่ 4.41 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 750 มก./ล.ที่มีต่อค่าซีไอดีที่ถูกกำจัด



รูปที่ 4.42 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1000 มก./ล.ที่มีต่อค่าซีไอดีที่ถูกกำจัด



รูปที่ 4.43 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1250 มก./ล.ที่มีต่อค่าซีไอที่ถูกลำจัด



รูปที่ 4.44 ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1500 มก./ล.ที่มีต่อค่าซีไอที่ถูกลำจัด

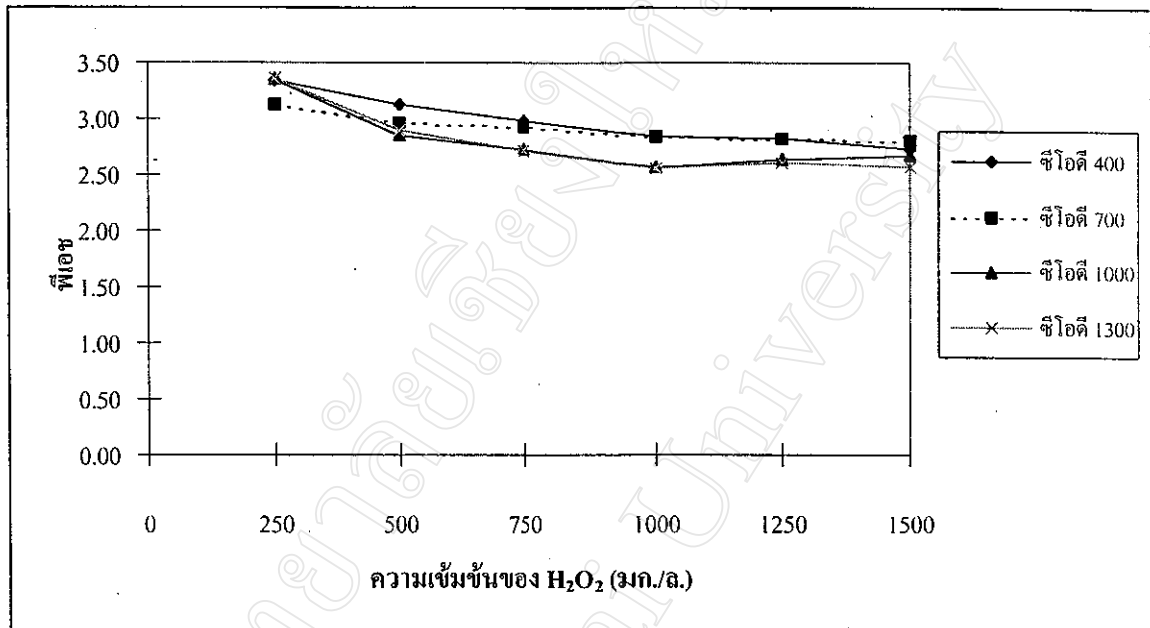
เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เดียวกันและโทนสีเดียวกันตามรูปที่ 4.39-4.42 จะเห็นว่า เมื่อค่าซีโอดีของน้ำเสียเพิ่มจาก 400 มก./ล. เป็น 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน สำหรับรูปที่ 4.5 และ 4.6 ซึ่งระดับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีค่า 1250 และ 1500 มก./ล. ตามลำดับ นั้น จากหัวข้อ 4.3.2 ได้กล่าวมาแล้วว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณดังกล่าวมีผลทำให้ผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดีที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400 และ 700 มก./ล. ผิดพลาด เนื่องจากมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หลงเหลือในน้ำเสียภายหลังการบำบัดค่อนข้างมาก ค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดที่คำนวณได้จึงมีค่าน้อยกว่าที่ควรจะเป็น แต่เมื่อพิจารณาที่ซีโอดีก่อนบำบัดในช่วง 1000 และ 1300 มก./ล. ของโทนสีเดียวกันในรูป 4.43 และ 4.44 จะเห็นว่าปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดมีค่าใกล้เคียงกัน เช่นกัน ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า ในการบำบัดน้ำเสียสีย้อมรีแอคทีฟจากการย้อมผ้าบาติก ถ้าใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ระดับเดียวกัน การเพิ่มค่าซีโอดีของน้ำเสียก่อนบำบัดในช่วง 400-1300 มก./ล. ไม่มีผลทำให้ค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดแตกต่างกันมากนัก นั่นคือ ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ระดับเดียวกัน สามารถที่จะกำจัดซีโอดีได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันโดยไม่ขึ้นกับค่าซีโอดีของน้ำเสียก่อนบำบัด และจากรูปที่ 4.39-4.44 เมื่อเปรียบเทียบค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดของโทนสีต่างกัน จะเห็นว่าโทนสีฟ้ามีค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดโดยเฉลี่ยต่ำกว่าโทนสีอื่น ๆ ส่วนโทนสีแดงและเขียวมีค่าซีโอดีที่ถูกกำจัดใกล้เคียงกัน

4.3.4 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อค่าพีเอชของน้ำเสีย

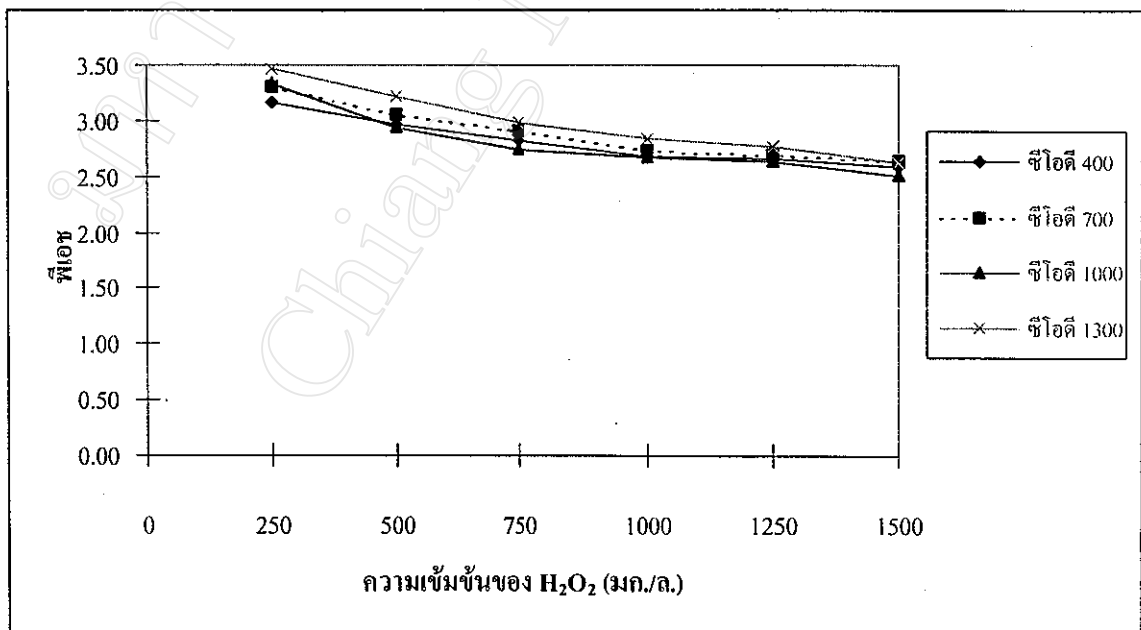
เมื่อทำการวัดค่าพีเอชของน้ำเสียหลังจากที่ปล่อยให้ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนท์ของเฟนตอนแล้วเป็นเวลา 1 ชม. ที่ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ระดับต่าง ๆ แล้วนำมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 4.45-4.48

จากรูปที่ 4.45-4.48 จะเห็นว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีผลต่อค่าพีเอชของน้ำเสียในทุกโทนสีและทุกระดับค่าซีโอดีในทำนองเดียวกันคือ ทำให้ค่าพีเอชลดลงตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มากขึ้น โดยค่าพีเอชดังกล่าวจะอยู่ในช่วง 2.50-3.50 สาเหตุของการลดลงของค่าพีเอชเมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีค่ามากขึ้น สามารถอธิบายได้ในลักษณะเช่นเดียวกับหัวข้อ 4.2.3 นั่นคือ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้ปฏิกิริยาตามสมการที่ (2.1) เกิดได้ดีขึ้น Fe^{3+} จึงเกิดมากขึ้น ปริมาณของ Fe^{3+} บางส่วนที่จะรวมตัวกับ OH^- เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนตามสมการที่ (2.22) และ (2.23) ก็จะมีมากขึ้นด้วย จึงทำให้พีเอชมีค่าลดลง นอกจากนี้ การเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการศึกษานี้ยังเป็นการเพิ่มความ

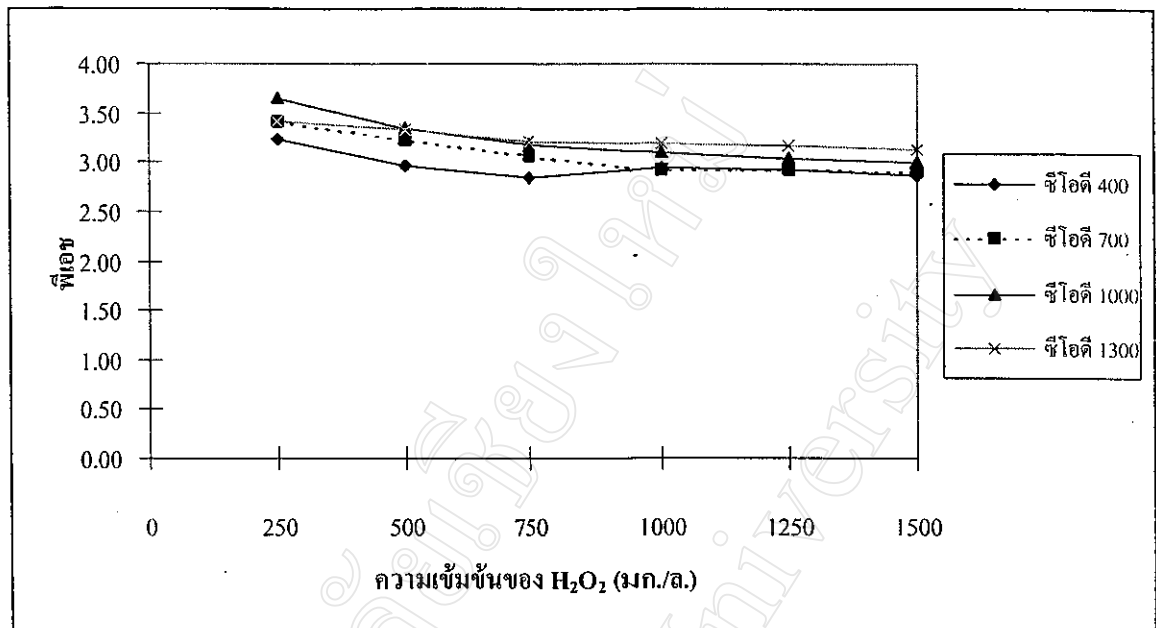
เข้มข้นของเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) ด้วยเนื่องจากใช้อัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ คงที่ เท่ากับ 1:8 ความเข้มข้นของ Fe^{2+} ที่เพิ่มขึ้นนี้จึงมีผลทำให้เกิด Fe^{3+} มากขึ้นตามสมการที่ (2.1) ด้วยเช่นกัน



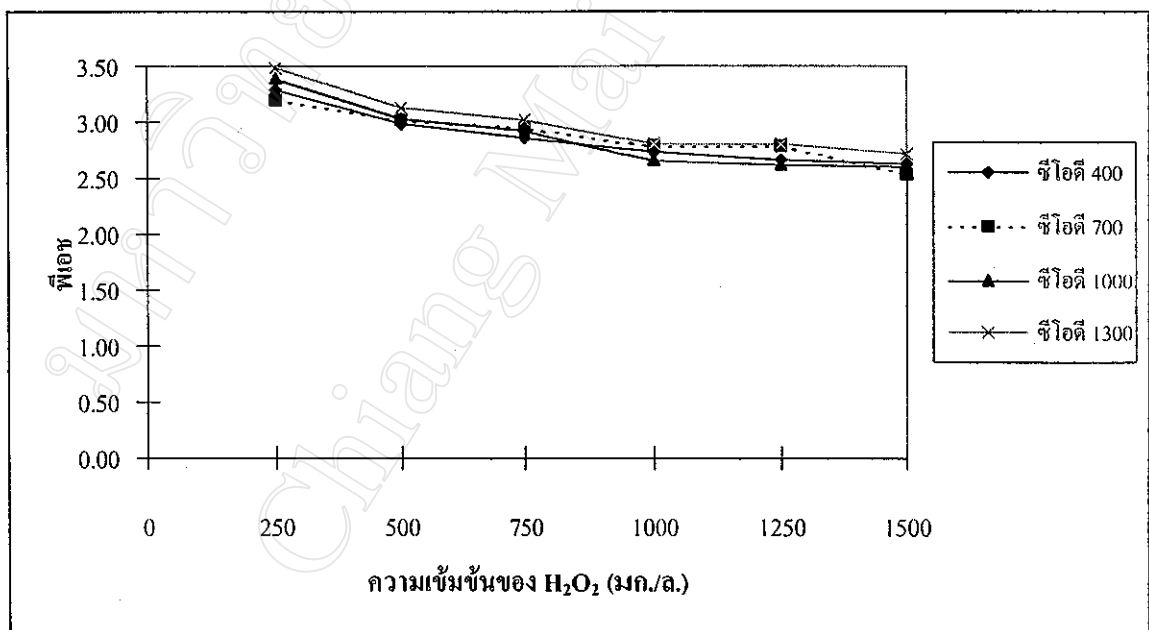
รูปที่ 4.45 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อค่าพีเอชของน้ำเสียโทนสีแดง



รูปที่ 4.46 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อค่าพีเอชของน้ำเสียโทนสีฟ้า



รูปที่ 4.47 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อค่าพีเอชของน้ำเสียโทนสีเขียว



รูปที่ 4.48 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อค่าพีเอชของน้ำเสียโทนสีผสม

4.4 ผลการศึกษาผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อการบำบัดน้ำเสีย

การศึกษาผลของเวลาที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยการแปรผันเวลาทำปฏิกิริยา ตั้งแต่ 0-120 นาที และเลือกใช้ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 500 มก./ล. สำหรับการบำบัดน้ำเสียทุกระดับค่าซีโอดีและทุกโทนสี สาเหตุที่เลือกใช้ความเข้มข้นที่ 500 มก./ล. เนื่องจากการสังเกตประสิทธิภาพการกำจัดสีในหัวข้อ 4.3 ซึ่งใช้เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชม. จะเห็นว่าที่ความเข้มข้นดังกล่าวสามารถกำจัดสีที่ระดับซีโอดีของน้ำเสีย 400 และ 700 มก./ล. ของเกือบทุกโทนสี ได้มากกว่า 95 % ส่วนที่ระดับซีโอดี 1000 และ 1300 นั้น สามารถกำจัดสีได้อยู่ในช่วง 51-91 % ดังนั้นการเลือกใช้ความเข้มข้น 500 มก./ล. แล้วแปรผันเวลาจาก 0-120 นาที จะทำให้ทราบเวลาทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะมากหรือน้อยกว่า 1 ชม. ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามรูปที่ 4.49-4.64

4.4.1 ผลของเวลาที่มีต่อการกำจัดสี

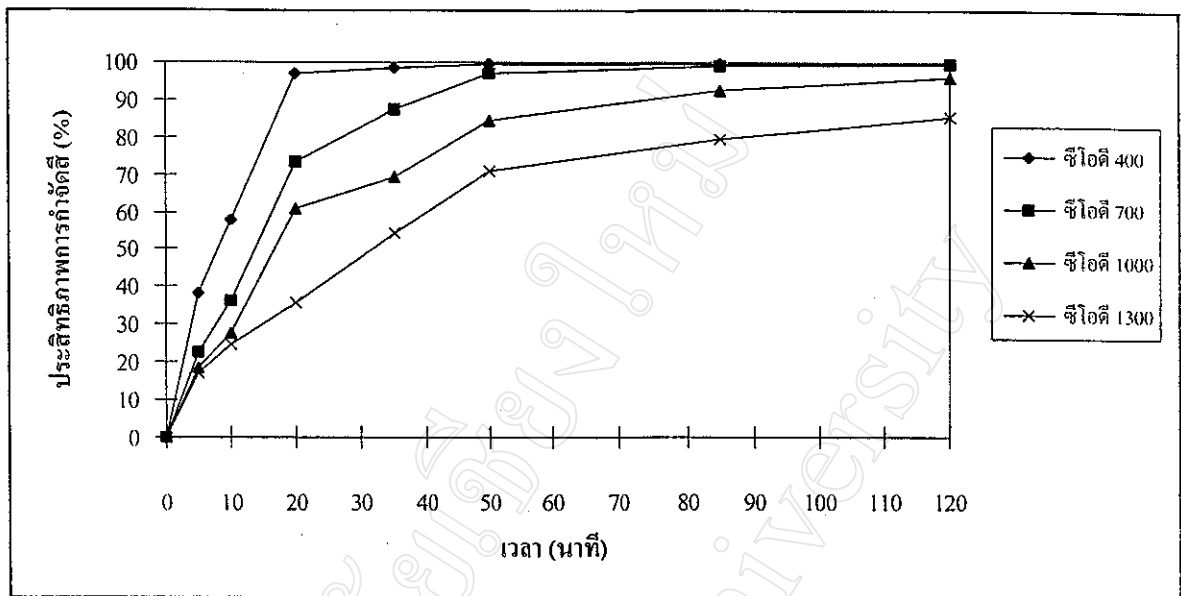
ก. โทนสีแดง

จากรูปที่ 4.49 ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. จะเห็นว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 20 นาทีแรก หลังจากนั้นประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นน้อยมาก เนื่องจากสีส่วนใหญ่ถูกกำจัดในช่วง 20 นาทีแรก ซึ่งอาจดูได้จากรูปที่ 4.50 จะเห็นว่าความเข้มสีลดลงเหลือน้อยมาก ดังนั้นการเพิ่มเวลาจนถึง 120 นาที จึงช่วยให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้อีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

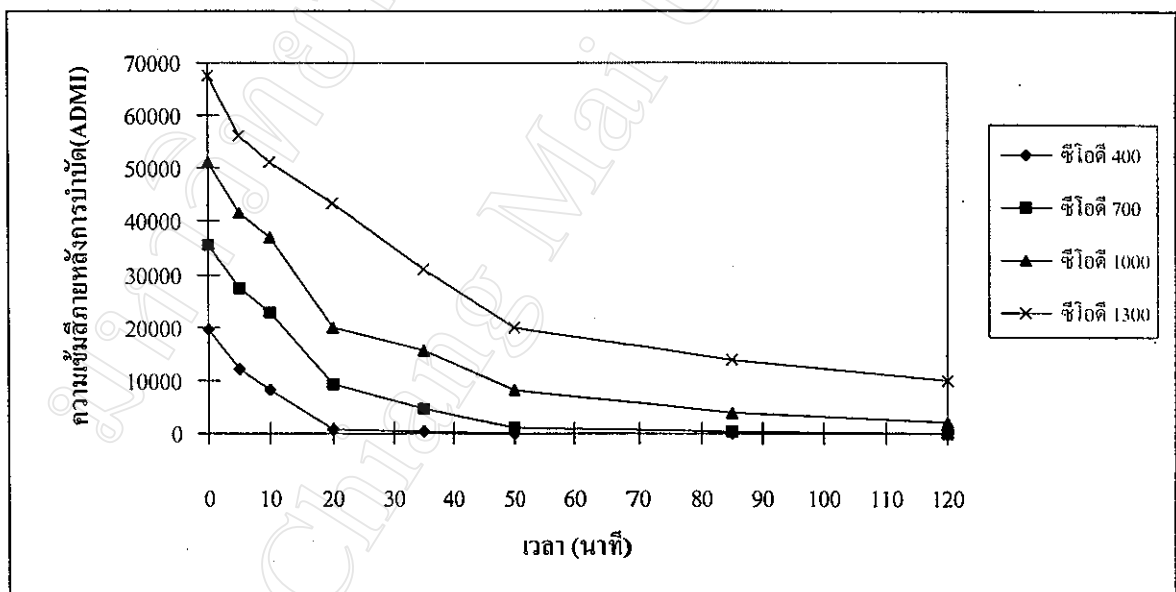
ที่ระดับซีโอดี 700 และ 1000 มก./ล. นั้น การกำจัดสีโดยส่วนใหญ่จะออกจากน้ำเสียจะต้องใช้เวลามากกว่าที่ระดับซีโอดี 400 มก./ล. คือเท่ากับ 50 และ 120 นาที ตามลำดับ ส่วนที่ระดับซีโอดี 1300 มก./ล. นั้น ประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงสุดที่เวลา 120 นาที คือ 85 % ความเข้มสีที่เหลือมีค่าเท่ากับ 9991 ADMI การเพิ่มเวลาให้มากขึ้นอาจทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้อีกเล็กน้อย ในกรณีนี้การกำจัดสีส่วนใหญ่จะออกจากน้ำเสียอาจต้องเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้มากกว่า 500 มก./ล.

ข. โทนสีฟ้า

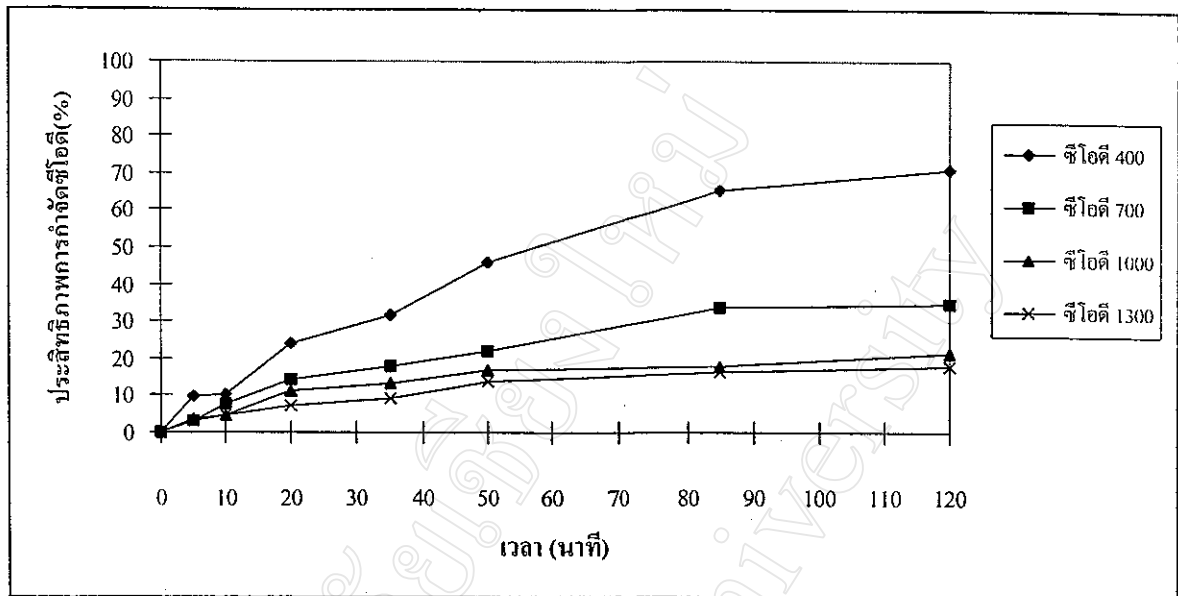
จากรูปที่ 4.53 ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. ที่เวลา 20 นาทีจะสามารถกำจัดสีได้เพียง 88 % และต้องใช้เวลามากกว่าโทนสีแดงที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัดเดียวกันในการกำจัดสี ส่วนใหญ่จะออกจากน้ำเสียคือที่ 35 นาที ในขณะที่โทนสีแดงใช้เวลาเพียง 20 นาที และความเข้มสีที่



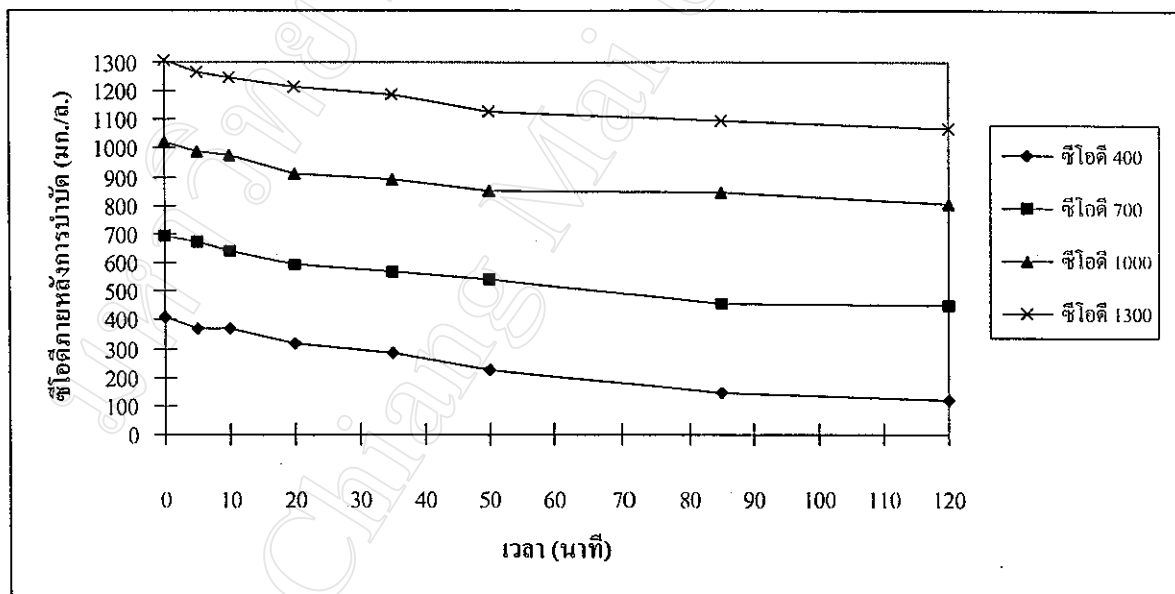
รูปที่ 4.49 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อประสิทธิภาพการกักตุนน้ำของน้ำเสียโตนสีแดง



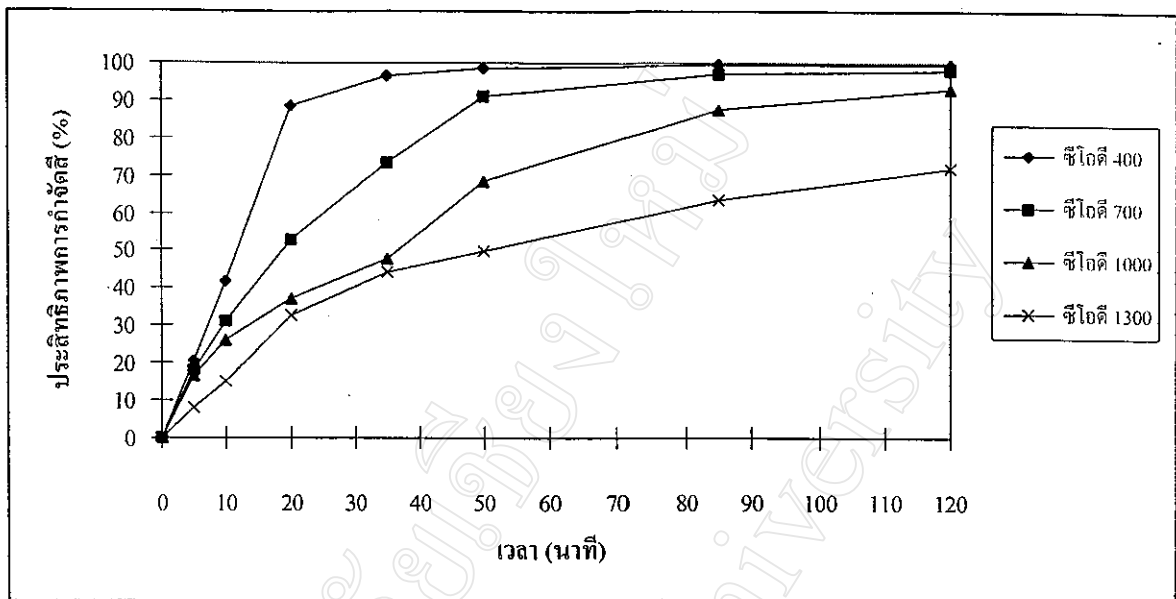
รูปที่ 4.50 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อการกำจัดสีของน้ำเสียโตนสีแดง



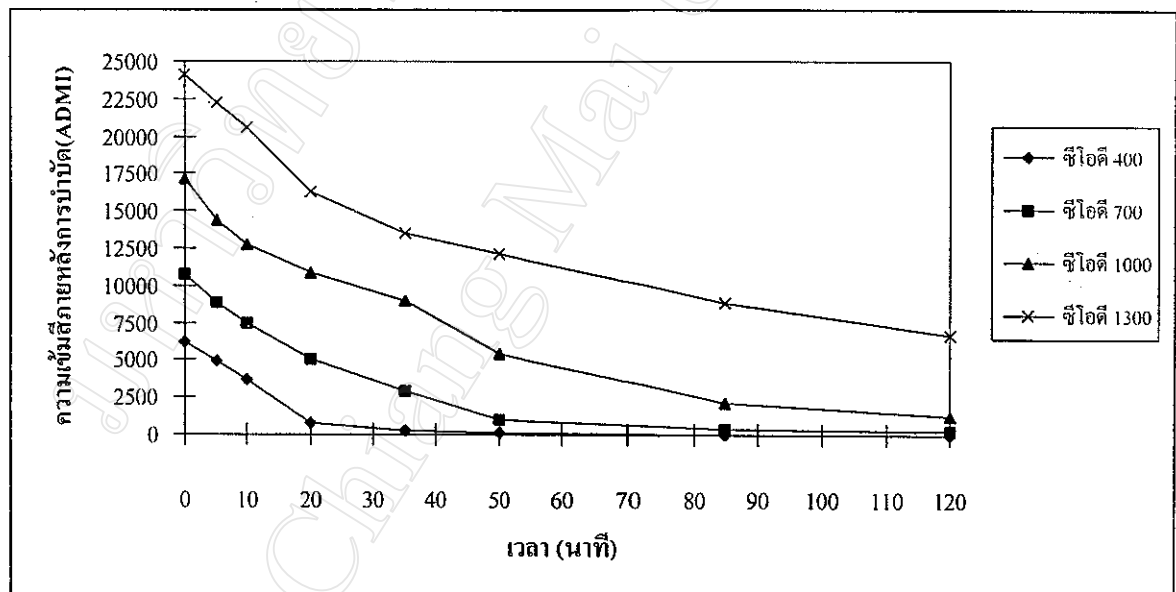
รูปที่ 4.51 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโทนสีแดง



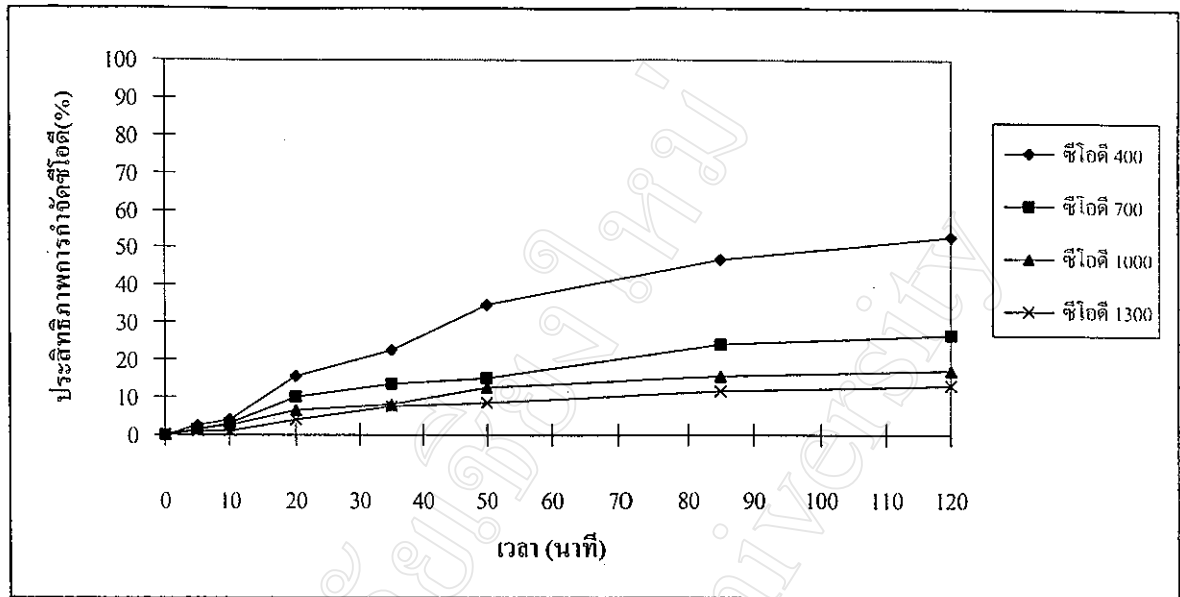
รูปที่ 4.52 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโทนสีแดง



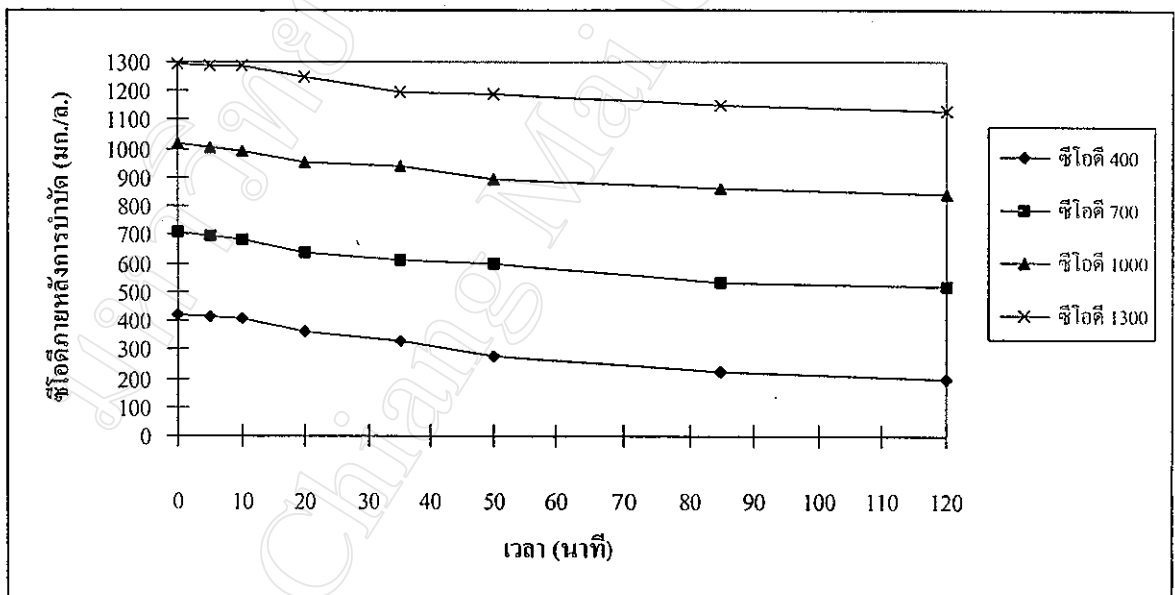
รูปที่ 4.53 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อประสิทธิภาพการกักน้ำของนำเสียบโตนสีฟ้า



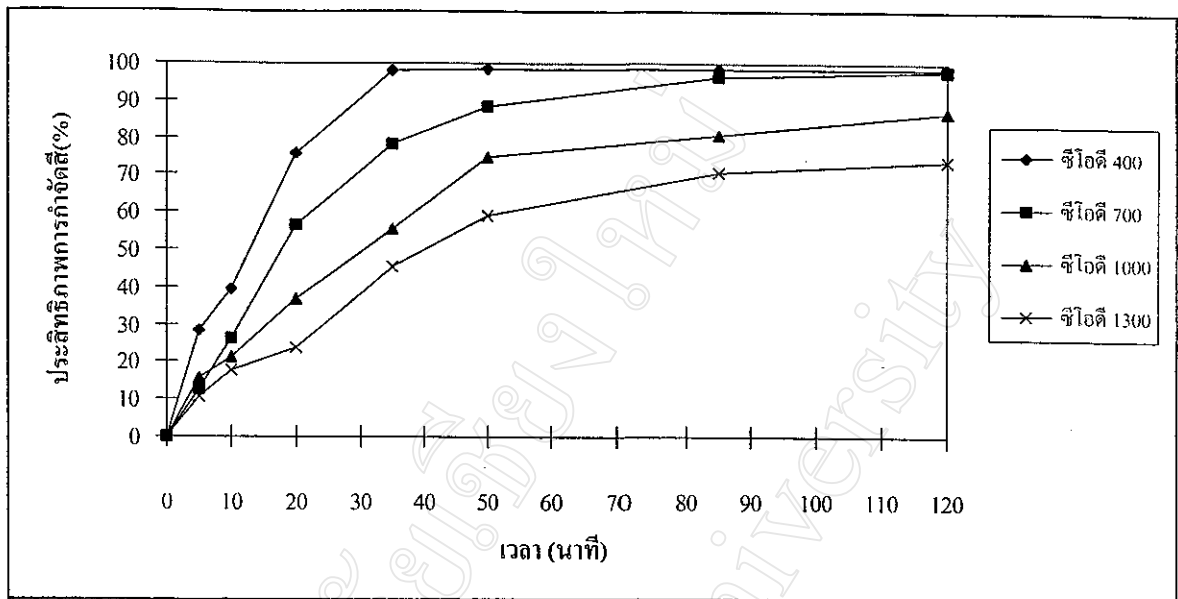
รูปที่ 4.54 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อการกักน้ำของนำเสียบโตนสีฟ้า



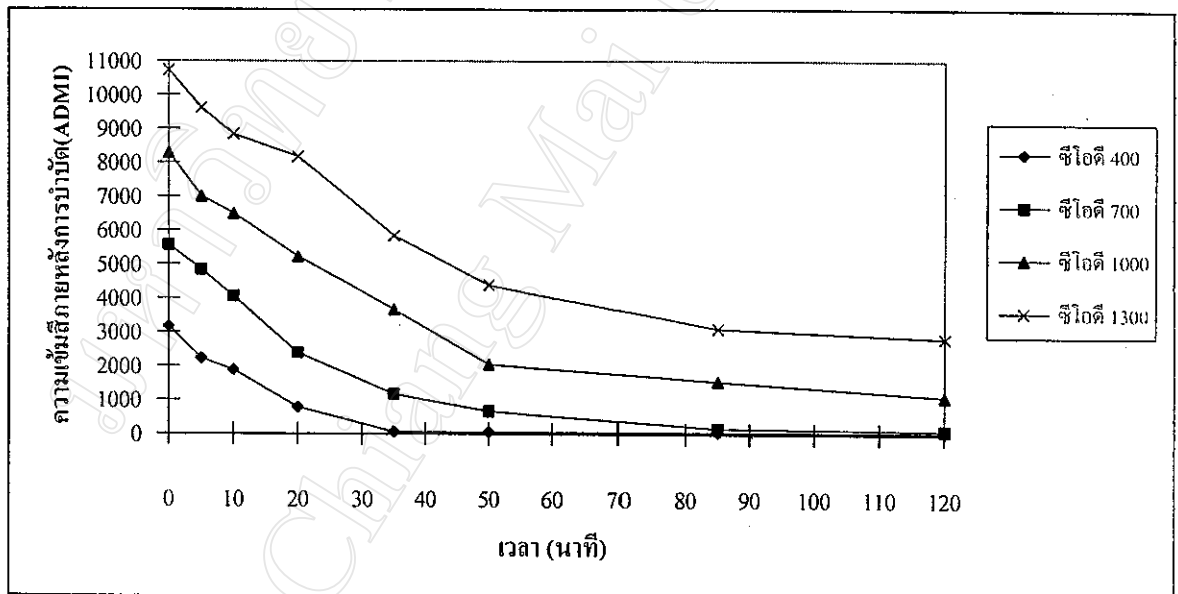
รูปที่ 4.55 ผลของเวลาทำปฏิกิริยามีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีฟ้า



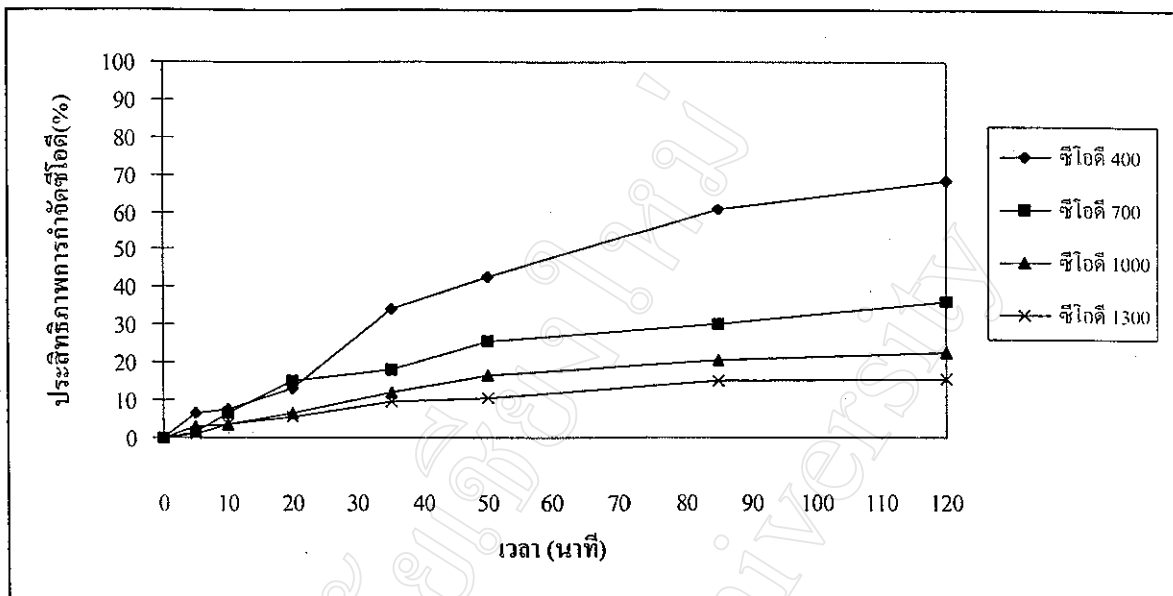
รูปที่ 4.56 ผลของเวลาทำปฏิกิริยามีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีฟ้า



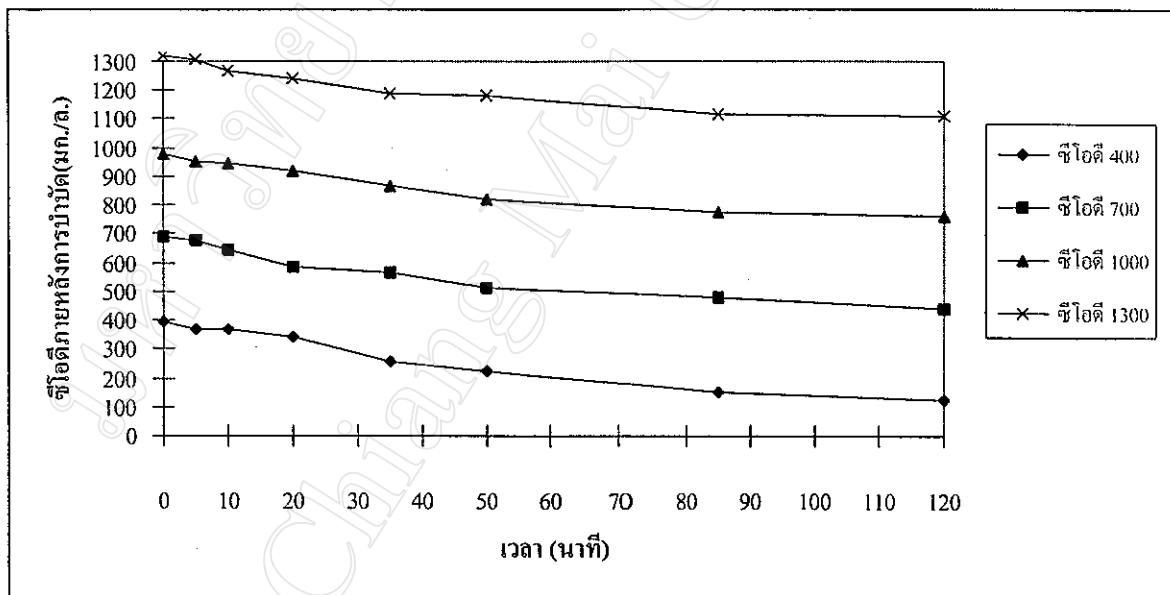
รูปที่ 4.57 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียโตนสีเขียว



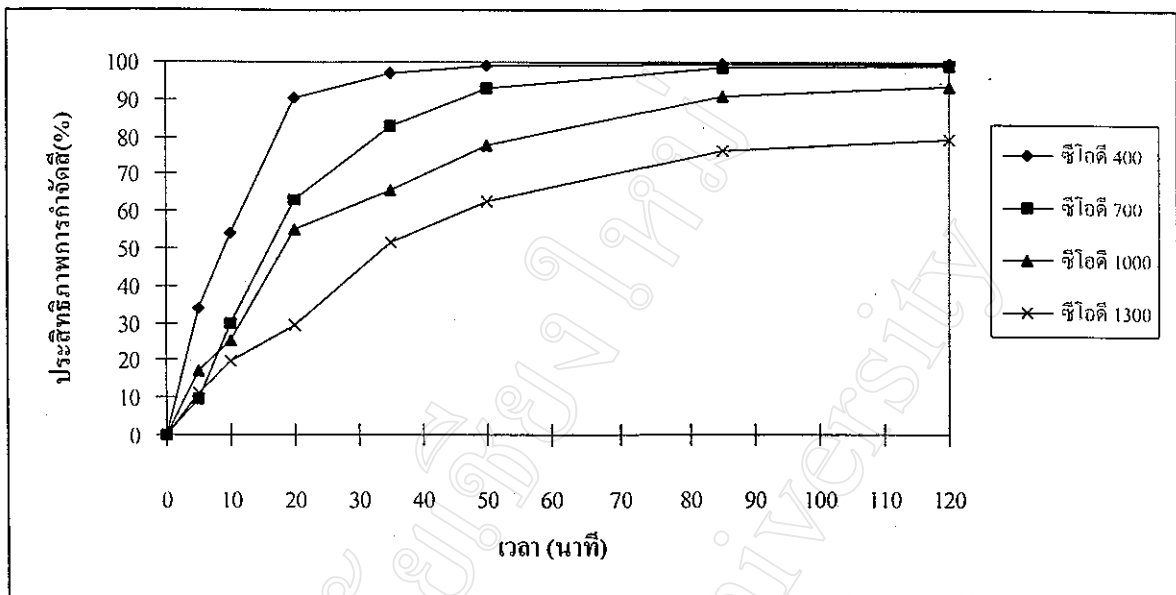
รูปที่ 4.58 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อการกำจัดสีของน้ำเสียโตนสีเขียว



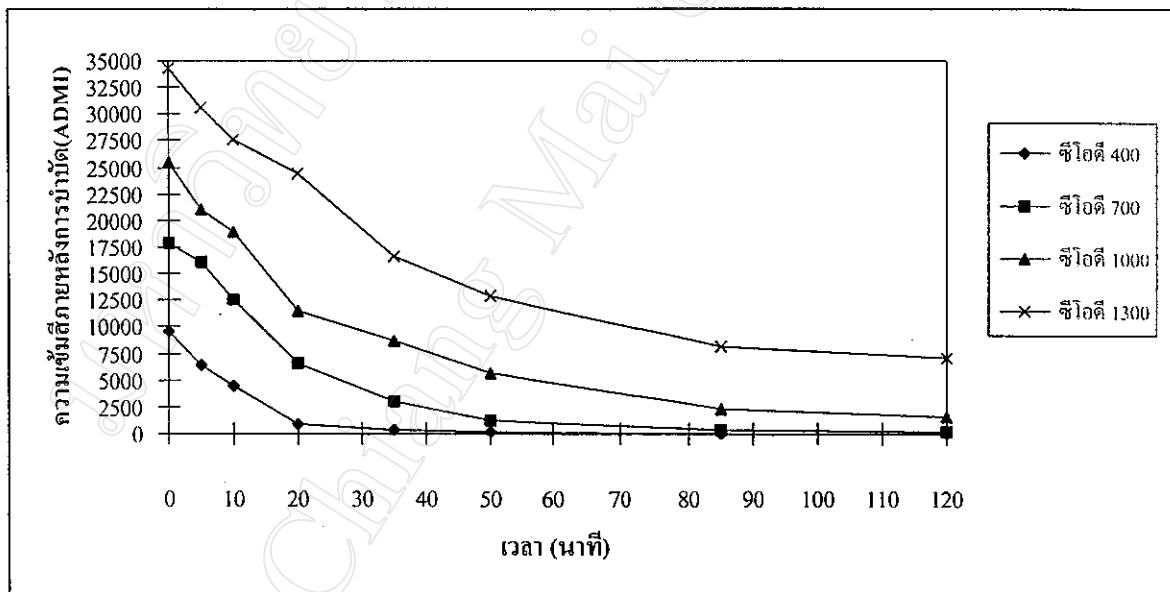
รูปที่ 4.59 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีเขียว



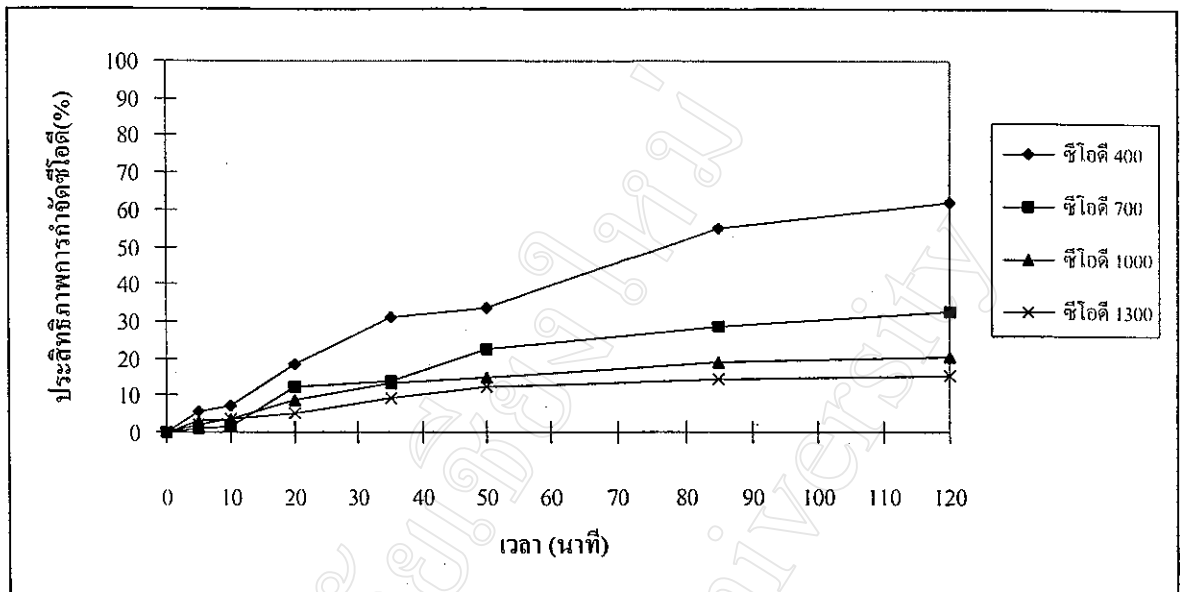
รูปที่ 4.60 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีเขียว



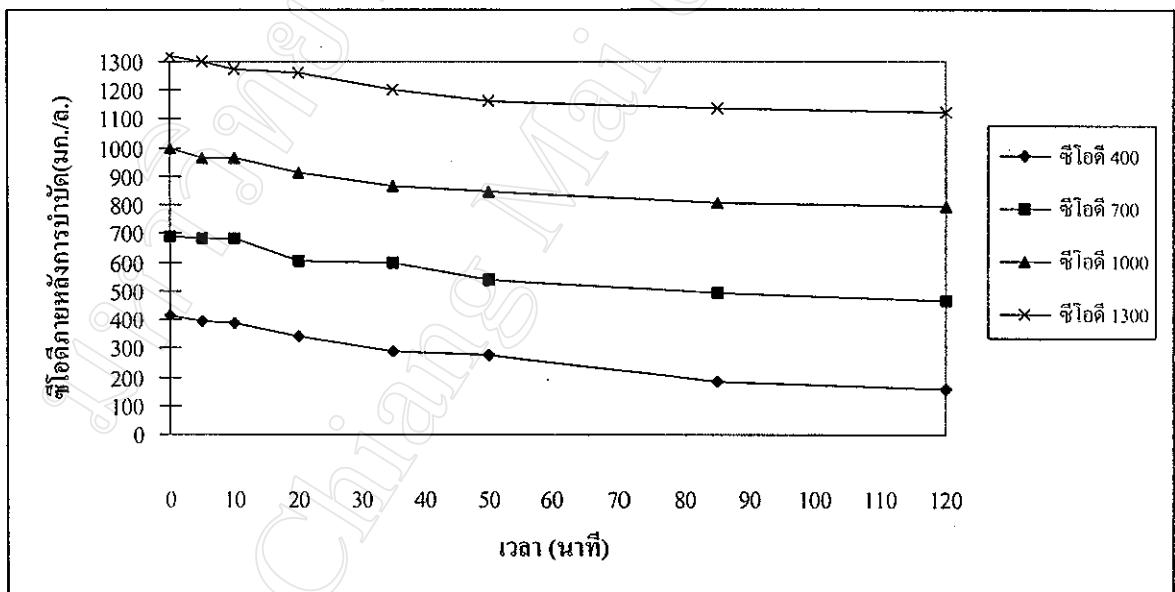
รูปที่ 4.61 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเสียโตนสีผสม



รูปที่ 4.62 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อการกำจัดสีของน้ำเสียโตนสีผสม



รูปที่ 4.63 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีผสม



รูปที่ 4.64 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียโตนสีผสม

เหลือของโตนสีฟ้าที่เวลา 35 นาที คือ 227 ADMI ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 700 มก./ล. ต้องใช้เวลาประมาณ 85 นาที จึงจะได้ประสิทธิภาพเท่ากับ 97 % ส่วนที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 1000 มก./ล. ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้นั้นสามารถกำจัดได้เพียง 93 % ที่เวลา 120 นาทีโดยเหลือความเข้มข้นเท่ากับ 1243 ADMI ทำนองเดียวกันกับที่ระดับซีโอดี 1300 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดที่ได้ที่เวลา 120 นาทีคือ 72 % เหลือความเข้มข้น 7062 ADMI ดังนั้น การเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสำหรับที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 1000 และ 1300 มก./ล. จะต้องใช้ความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มากกว่า 500 มก./ล.

ค. โตนสีเขียว

ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. ตามรูปที่ 4.57 ประสิทธิภาพการกำจัดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายใน 35 นาทีแรก ซึ่งประสิทธิภาพที่เวลา 35 นาทีคือ 98 % ความเข้มข้นที่เหลือเท่ากับ 66 ADMI หลังจากนั้นประสิทธิภาพมีค่าเกือบคงที่ จึงถือได้ว่าเวลา 35 นาที เพียงพอสำหรับการกำจัดโดยส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสีย

เมื่อระดับซีโอดีก่อนบำบัดเพิ่มเป็น 700 มก./ล. เวลาที่ใช้ในการกำจัดโดยส่วนใหญ่จะเพิ่มขึ้นด้วยคือ เพิ่มเป็น 85 นาที ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพ 97 % ความเข้มข้นที่เหลือเท่ากับ 188 ADMI

ที่ระดับซีโอดี 1000 และ 1300 มก./ล. จะเห็นว่าประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดที่ 120 นาที จะเท่ากับ 87 และ 74 % ตามลำดับ และความเข้มข้นที่เหลือมีค่าเท่ากับ 1096 และ 2839 ADMI ตามลำดับ การเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้นอีกภายในเวลา 120 นาที จำเป็นจะต้องเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้มากขึ้น

ง. โตนสีผสม

ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. (รูปที่ 4.61) เวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้กำจัดส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสียคือประมาณ 35 นาที ซึ่งได้ประสิทธิภาพเท่ากับ 97 % และเหลือความเข้มข้นเท่ากับ 283 ADMI สำหรับที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 700 มก./ล. เวลาที่น้อยที่สุดคือประมาณ 85 นาที ส่วนที่ระดับซีโอดี 1000 มก./ล. เวลา 120 นาทีนั้นไม่เพียงพอ อาจต้องเพิ่มเวลาอีกเล็กน้อยหรือเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สำหรับที่ระดับซีโอดี 1300 มก./ล. นั้น ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 120 นาที คือ 79 % ความเข้มข้นที่เหลือ เท่ากับ 7036 ADMI ในกรณีนี้ การเพิ่มความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะช่วยให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น

จากผลการทดลองตามรูปที่ 4.49-4.64 สามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มเวลาจาก 60 นาที เป็น 120 นาที สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดซีไอได้ โดยจะเห็นได้ชัดเจนเมื่อน้ำเสียมีค่าซีไอดีก่อนบำบัด 1000-1300 มก./ล. เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้ในการกำจัดซีไอโดยส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสีย พบว่าโทนสีแดงจะใช้เวลาน้อยที่สุด ในขณะที่โทนสีฟ้าและเขียวจะใช้เวลาใกล้เคียงกัน ที่ระดับค่าซีไอดีต่ำ ๆ ของทุกโทนสี เช่น 400 มก./ล. เวลา 20-30 นาที นั้นเพียงพอที่จะกำจัดซีไอโดยส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสีย สำหรับที่ระดับค่าซีไอดี 1300 มก./ล. นั้นการเพิ่มเวลาให้มากกว่า 120 นาที อาจไม่ช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอสูงขึ้นได้อีก หรืออาจกล่าวได้ว่า ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ซึ่งเท่ากับ 500 มก./ล. นั้นไม่เพียงพอที่จะกำจัดซีไอโดยส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสียภายในเวลา 120 นาที

4.4.2 ผลของเวลาทำปฏิกิริยาที่มีต่อการกำจัดซีไอดี

ก. โทนสีแดง

จากรูปที่ 4.51 ที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัด 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. จะเห็นว่า เมื่อเพิ่มเวลาจาก 0-120 นาที ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามเวลาที่เพิ่มขึ้น แต่อัตราการเพิ่มจะค่อย ๆ ลดลง กล่าวคือ ที่เวลาครึ่งชั่วโมงสุดท้าย ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นน้อยมากหรือเกือบคงที่ ที่ระดับซีไอดี 400 มก./ล. การเพิ่มเวลาจาก 20 นาที เป็น 120 นาที จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 45 % ในขณะที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีจะเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยคืออยู่ในช่วง 97-99 % ดังนั้น ที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัดต่ำ ๆ การเพิ่มเวลาทำปฏิกิริยาให้นานขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีเพิ่มขึ้นได้อีกมาก สำหรับค่าซีไอดีต่ำสุดที่เหลือภายหลังการบำบัดที่เวลา 120 นาที ที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัด 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 119, 451, 804 และ 1071 มก./ล. ตามลำดับ

ข. โทนสีฟ้า

ที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. ตามรูปที่ 4.53 ที่เวลา 35 นาที ซึ่งสามารถกำจัดซีไอได้ 96 % นั้น สามารถกำจัดซีไอได้เพียง 23 % เมื่อเพิ่มเวลาทำปฏิกิริยาเป็น 120 นาที ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 30 % คือ เท่ากับ 53 % ซึ่งต่ำกว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีของโทนสีแดงที่ระดับซีไอดีก่อนบำบัดและเวลาทำปฏิกิริยาเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 71 %

ที่ระดับซีโอดี 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดที่เวลา 120 นาที จะเท่ากับ 27, 17 และ 13 % ตามลำดับ และเหลือค่าซีโอดีเท่ากับ 517, 842 และ 1127 มก./ล. ตามลำดับ

ค. โทนสีเขียว

จากรูปที่ 4.59 ที่ระดับซีโอดี 400 มก./ล. การเพิ่มเวลาจาก 35 นาที ซึ่งเป็นจุดที่สามารถกำจัดได้ 98 % ไปเป็น 120 นาที จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นอีก 34 % สำหรับที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดที่เวลา 120 นาที มีค่าเท่ากับ 36, 22 และ 16 % ตามลำดับ สำหรับค่าซีโอดีต่ำสุดที่เหลือภายหลังการบำบัดที่เวลา 120 นาที ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. มีค่าเท่ากับ 125, 439, 761 และ 1109 มก./ล. ตามลำดับ

ง. โทนสีผสม

จากรูปที่ 4.63 และ 4.64 ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดที่เวลา 120 นาที มีค่าเท่ากับ 62, 33, 20 และ 15 % ตามลำดับ สำหรับค่าซีโอดีต่ำสุดที่เหลือภายหลังการบำบัดที่เวลา 120 นาที มีค่าเท่ากับ 158, 466, 794 และ 1124 มก./ล. ตามลำดับ

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.51, 4.52, 4.55, 4.56, 4.59, 4.60, 4.63 และ 4.64 สามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มเวลาทำปฏิกิริยาจาก 60 นาที เป็น 120 นาที จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเพิ่มขึ้นอีกค่อนข้างมาก โดยจะเห็นได้ชัดเมื่อซีโอดีเริ่มต้นมีค่าต่ำ ๆ เช่นที่ 400 มก./ล. แต่ที่ค่าซีโอดีสูง ๆ เช่น 1300 มก./ล. ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อย

4.4.3 เวลาทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสีย

จากข้อ 4.4.1 และ 4.4.2 เมื่อพิจารณาเวลาที่น้อยที่สุดที่สามารถกำจัดได้โดยส่วนใหญ่ ออกจากน้ำเสีย เป็นเกณฑ์ สามารถสรุปเวลาทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่ใช้ในการบำบัด รวมทั้งค่าความเข้มข้นและซีโอดีที่เหลือภายหลังการบำบัดที่เวลาทำปฏิกิริยาดังกล่าวได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เวลาทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการกำจัดสีออกจากน้ำเสีย ที่ค่าซีโอดีเริ่มต้นต่าง ๆ เมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 500 มก./ล. และอัตราส่วนโดยโมลของ $\text{Fe}^{2+}:\text{H}_2\text{O}_2$ เท่ากับ 1:8

โทนสี	ซีโอดี ก่อนบำบัด (มก./ล.)	ความเข้มข้น ก่อนบำบัด (มก./ล.)	เวลาทำปฏิกิริยา ที่เหมาะสม (นาที)	ความเข้มข้น ที่เหลือ ADMI	ซีโอดีที่เหลือ (มก./ล.)
แดง	400	19540	20	545	314
	700	35489	50	1106	542
	1000	51120	120	1992*	804
	1300	67536	120	9991*	1071
ฟ้า	400	6213	35	227	328
	700	10785	85	335	534
	1000	17224	120	1243*	842
	1300	24168	120	7062*	1127
เขียว	400	3140	35	66	259
	700	5530	85	188	481
	1000	8261	120	1096*	761
	1300	10724	120	2839*	1109
ผสม	400	9545	35	283	286
	700	17840	85	294	493
	1000	25440	120	1627*	794
	1300	34328	120	7036*	1124

จากตารางที่ 4.6 ค่าความเข้มข้นที่มีเครื่องหมาย * จะเป็นค่าความเข้มข้นที่เวลาทำปฏิกิริยาสูงสุดที่ใช้ในการทดลอง คือ 120 นาที ซึ่งจะเห็นว่ายังมีค่าค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ซึ่งเท่ากับ 500 มก./ล. นั้น ไม่เพียงพอที่จะบำบัดสีโดยส่วนใหญ่ออกจากน้ำเสียที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัดสูง ๆ เช่น ที่ระดับซีโอดี 1000 และ 1300 มก./ล.

4.4.4 กลไกการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

จากสมการที่ (2.19)

$$r = -\frac{d[RH]}{dt} = k[RH]$$

ถ้าให้ C = ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่เวลาใด ๆ แล้วแทน $[RH]$ ด้วย C จะได้

$$-\frac{dC}{dt} = kC$$

แล้วอินทิเกรตเทียบกับ t จะได้ความสัมพันธ์

$$-\ln(C/C_0) = kt \quad (4.4)$$

โดยที่ C = ค่าซีโอดีที่เวลาใด ๆ

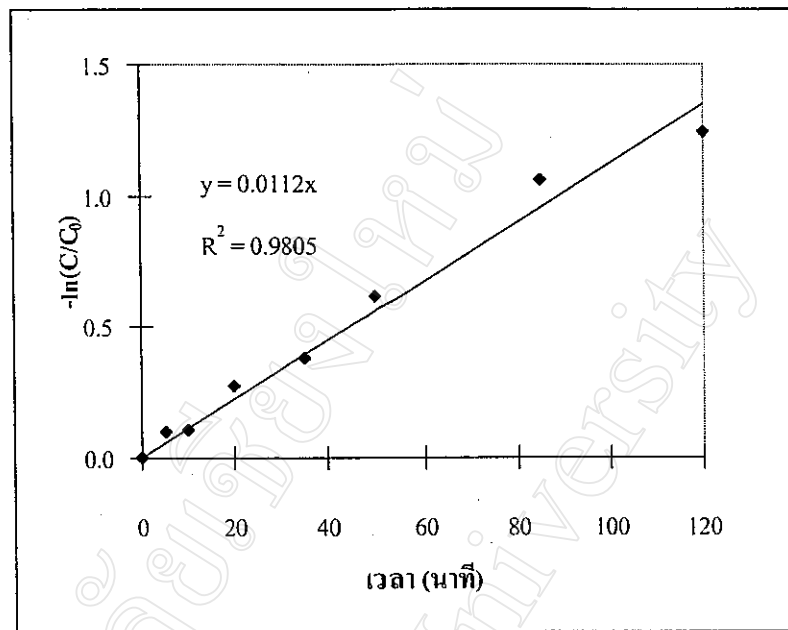
C_0 = ค่าซีโอดีเริ่มต้น

t = เวลา

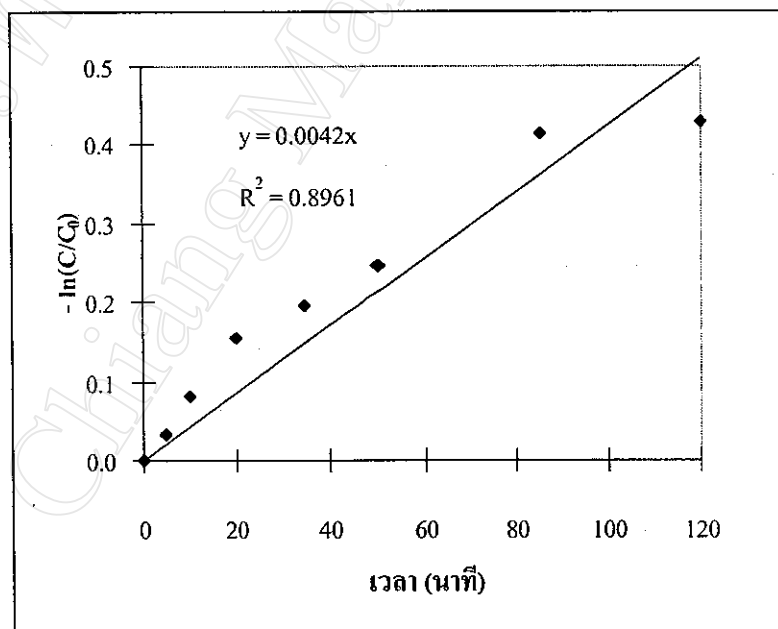
k = ค่าคงที่ของปฏิกิริยาแบบอันดับที่ 1 (pseudo first order)

จากผลการทดลองข้อ 4.4.2 เมื่อนำค่า $-\ln(C/C_0)$ ของน้ำเสียทุกโทนสีและทุกระดับซีโอดีมาเขียนกราฟกับเวลาจะได้ผลดังรูปที่ 4.65-4.80

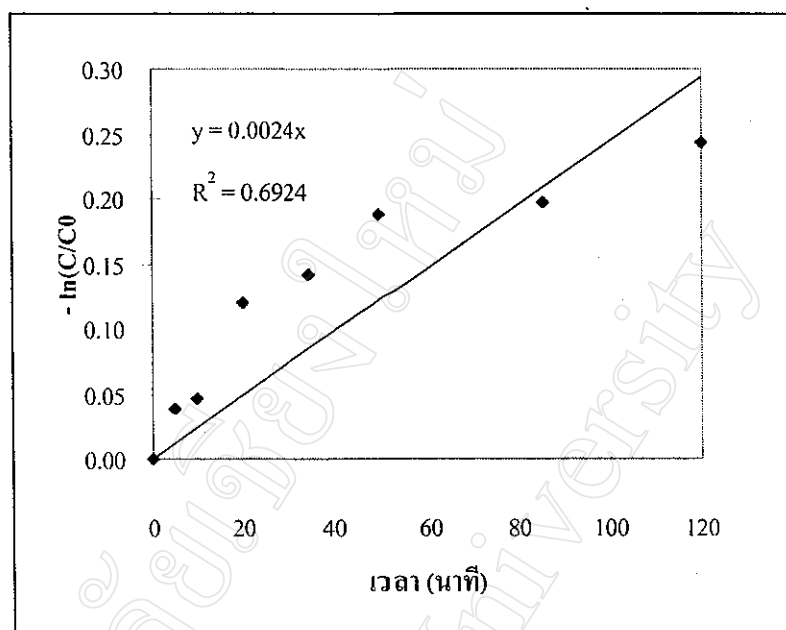
จากรูปที่ 4.65-4.80 ที่ระดับค่าซีโอดีเริ่มต้น 400 มก./ล. ของทุกโทนสี จะเห็นว่าลักษณะของกราฟค่อนข้างจะสอดคล้องกับปฏิกิริยาแบบอันดับที่ 1 (pseudo first order) โดยมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.9724-0.9831 เมื่อค่าซีโอดีเริ่มต้นของน้ำเสียเพิ่มเป็น 700, 1000 และ 1300 มก./ล. ความสอดคล้องของกราฟกับปฏิกิริยาแบบอันดับที่ 1 โดยส่วนใหญ่จะลดลงตามค่าซีโอดีที่เพิ่มขึ้น (ค่า R^2 ลดลง) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ ซึ่งเท่ากับ 500 มก./ล. นั้นเมื่อเทียบกับค่าซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. แล้วจะมีค่าอัตราส่วนของความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อค่าซีโอดีก่อนบำบัดสูงที่สุด และความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 500 มก./ล. น่าจะเป็นปริมาณที่มากเกินไป จึงทำให้ลักษณะของกราฟเข้าใกล้ปฏิกิริยาแบบอันดับที่ 1 มากกว่าที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัดอื่น ๆ



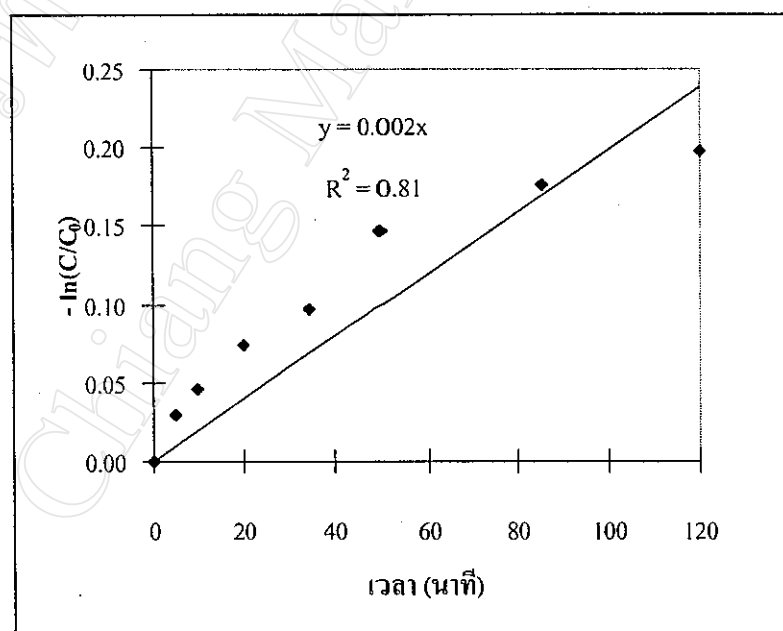
รูปที่ 65 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีแดง
ค่าซีไอดี 400 มก./ล.



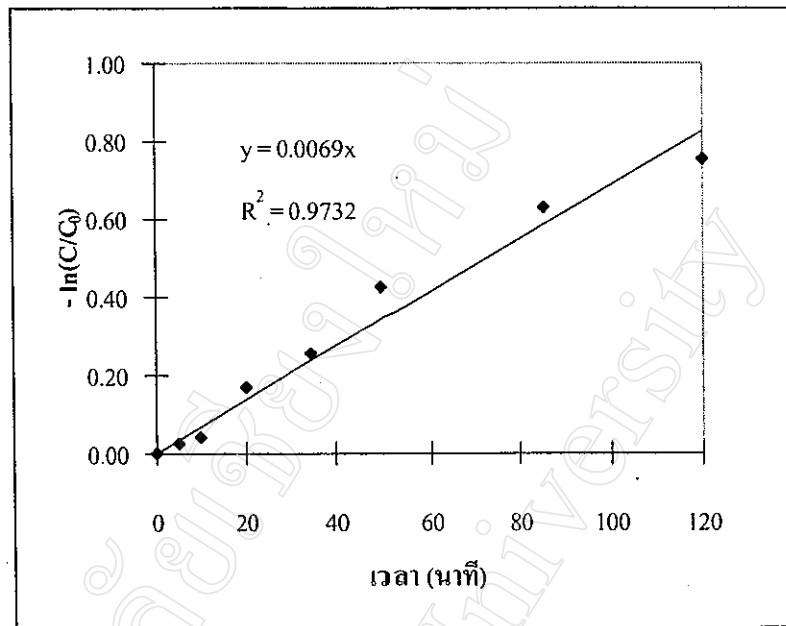
รูปที่ 66 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีแดง
ค่าซีไอดี 700 มก./ล.



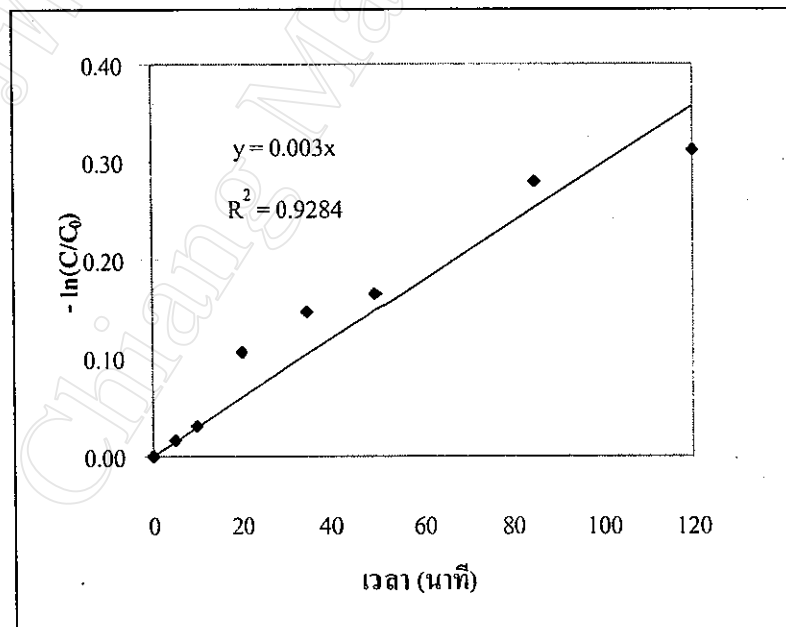
รูปที่ 67 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีแดง
ค่าซีไอดี 1000 มก./ล.



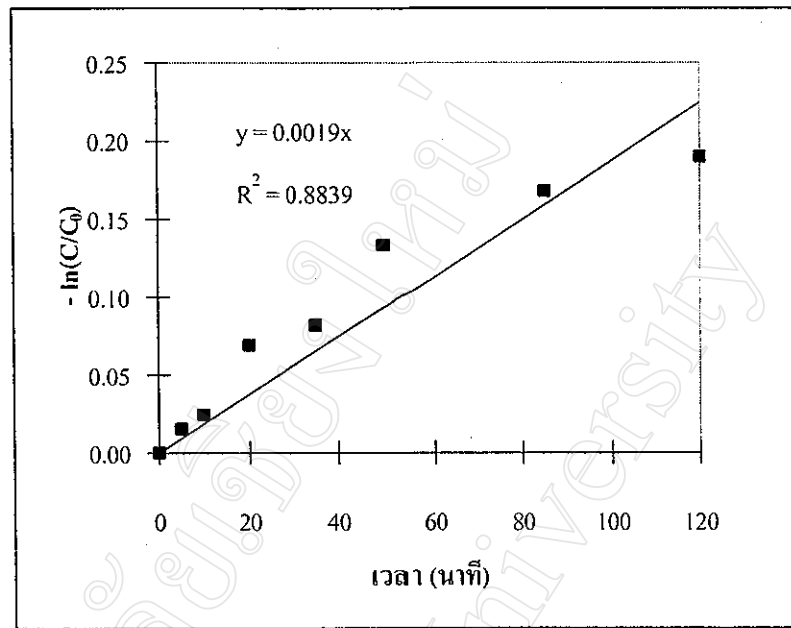
รูปที่ 68 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีแดง
ค่าซีไอดี 1300 มก./ล.



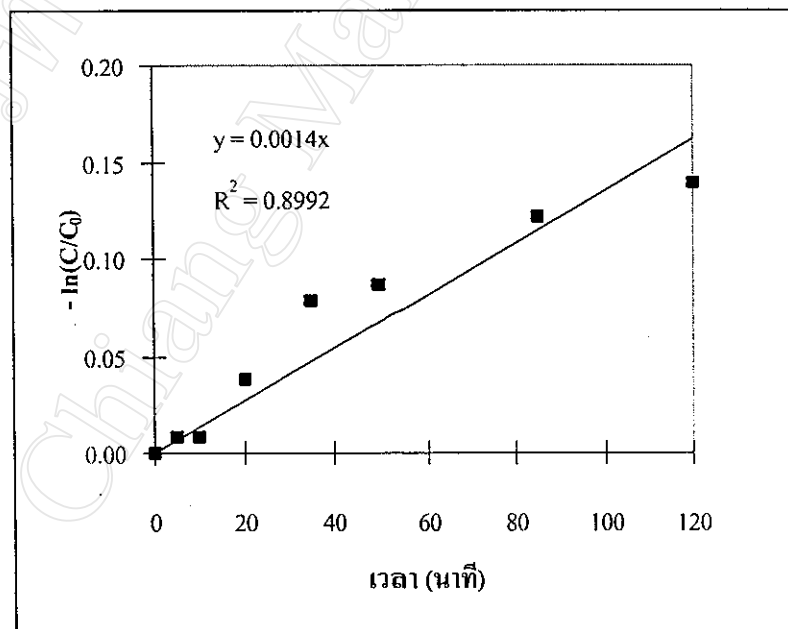
รูปที่ 69 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโตนสีฟ้า
ค่าซีไอดี 400 มก./ล.



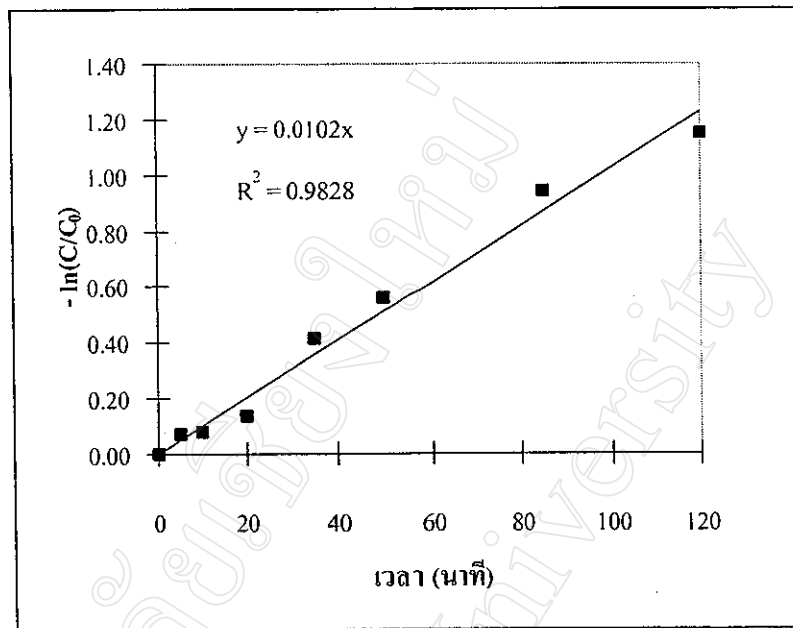
รูปที่ 70 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโตนสีฟ้า
ค่าซีไอดี 700 มก./ล.



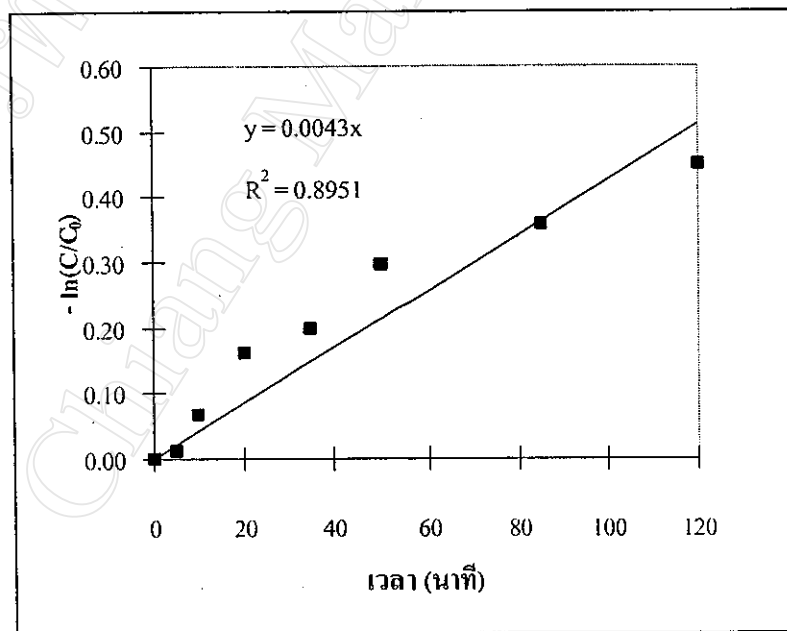
รูปที่ 71 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีฟ้า
ค่าซีไอดี 1000 มก./ล.



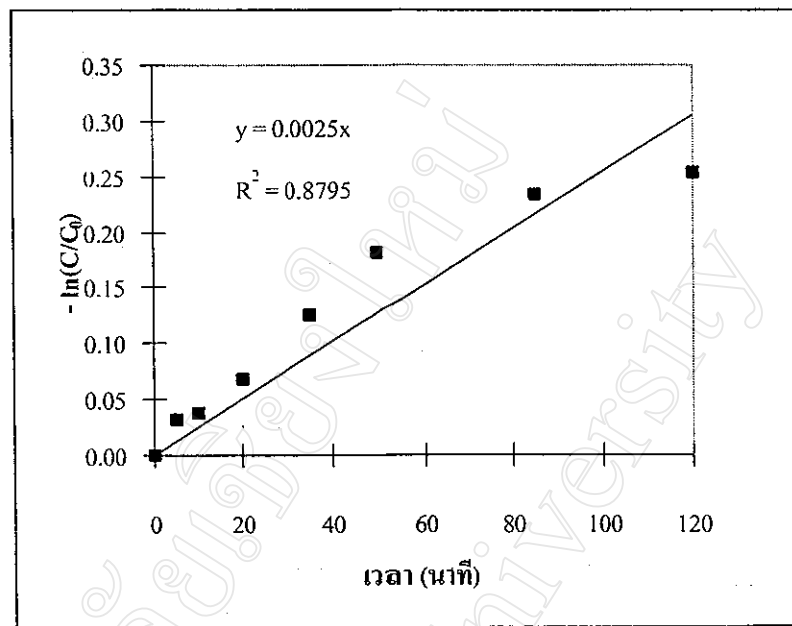
รูปที่ 72 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีฟ้า
ค่าซีไอดี 1300 มก./ล.



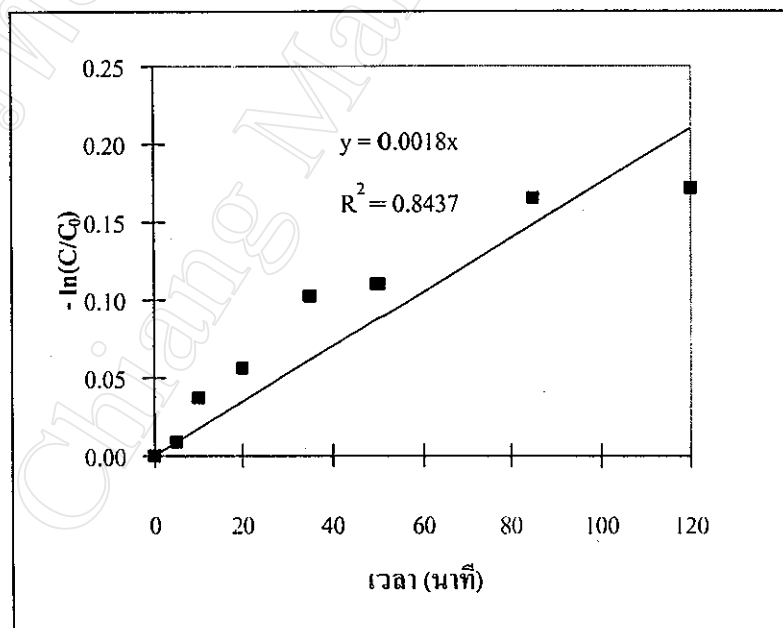
รูปที่ 73 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีเขียว
ค่าซีไอดี 400 มก./ล.



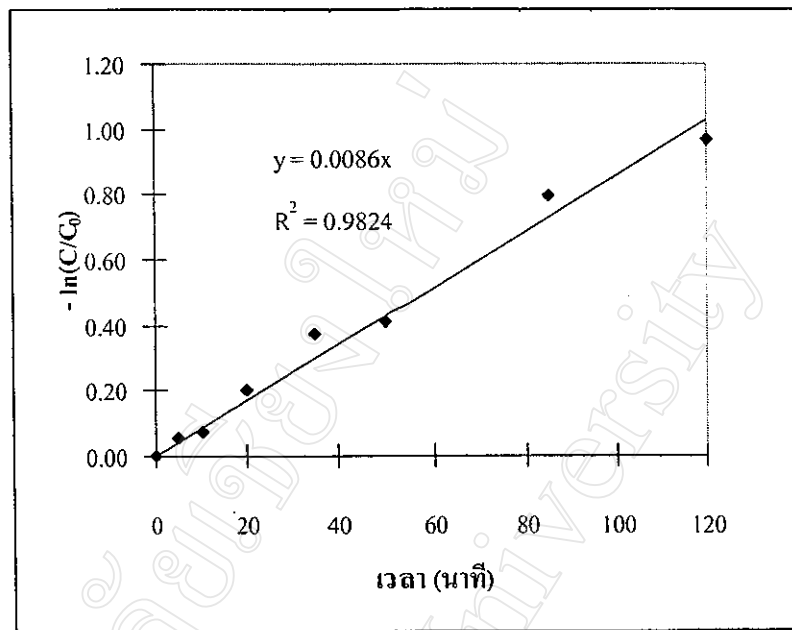
รูปที่ 74 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีเขียว
ค่าซีไอดี 700 มก./ล.



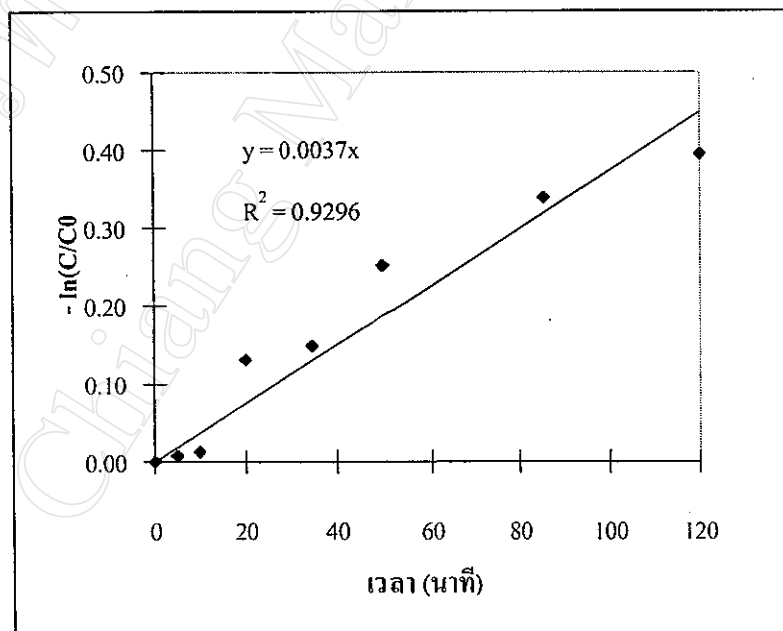
รูปที่ 75 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีเขียว
ค่าซีไอดี 1000 มก./ล.



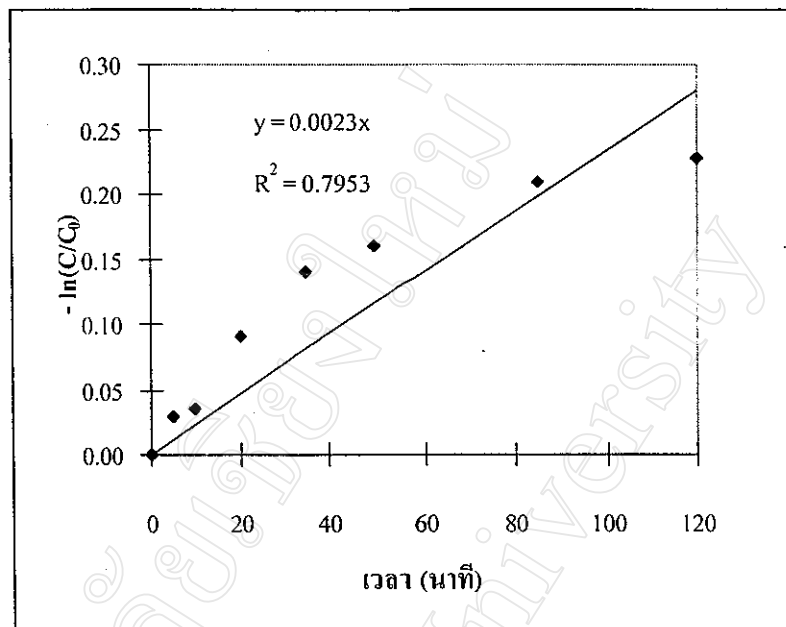
รูปที่ 76 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีเขียว
ค่าซีไอดี 1300 มก./ล.



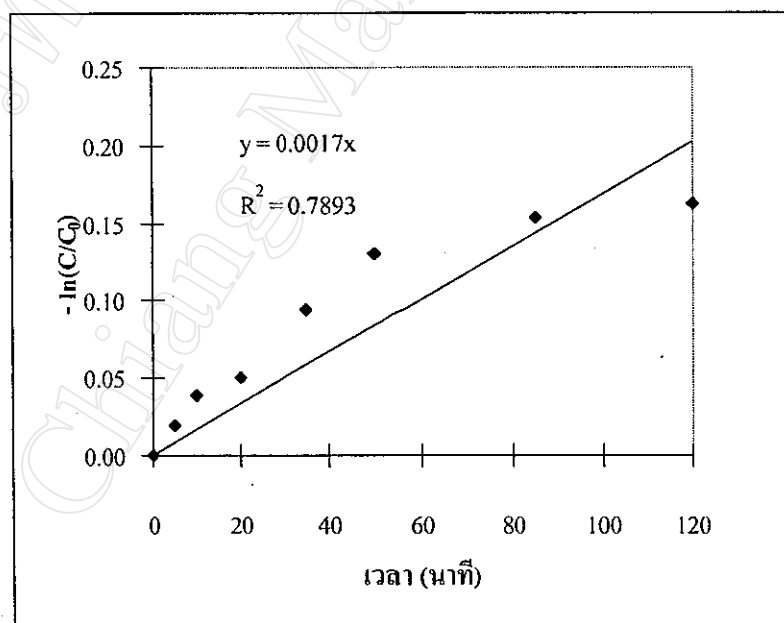
รูปที่ 77 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีผสม
ค่าซีไอดี 400 มก./ล.



รูปที่ 78 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีผสม
ค่าซีไอดี 700 มก./ล.



รูปที่ 79 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีผสม
ค่าซีไอดี 1000 มก./ล.



รูปที่ 80 ความสัมพันธ์ของค่า $-\ln(C/C_0)$ กับ เวลา ของน้ำเสียโทนสีผสม
ค่าซีไอดี 1300 มก./ล.

จากรูปที่ 4.65, 4.69, 4.73 และ 4.77 ที่ระดับซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล. สามารถคำนวณค่าคงที่ (ความชันของกราฟ) ของปฏิกิริยาแบบอันดับที่ 1 ได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าคงที่ของปฏิกิริยาของน้ำเสียแต่ละโทนสีที่ระดับค่าซีโอดีก่อนบำบัด 400 มก./ล.

โทนสี	แดง	ฟ้า	เขียว	ผสม
R^2	0.9802	0.9724	0.9831	0.9822
ค่าคงที่ (k) ของปฏิกิริยา ((นาที่) ⁻¹)	0.0112	0.0069	0.0102	0.0086

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าค่า k ของน้ำเสียโทนสีแดงมีค่าสูงสุดและโทนสีฟ้าจะมีค่าต่ำสุด แสดงให้เห็นว่า ถ้าต้องการประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีเท่ากัน โทนสีแดงจะใช้เวลาในการกำจัดซีโอดีน้อยที่สุด ส่วนโทนสีฟ้าจะใช้เวลามากที่สุด

การบำบัดน้ำเสียที่ระดับซีโอดีอื่น ๆ ในกรณีที่ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเฟอร์รัสไอออนมีมากเกินไป สามารถนำค่า k ในตารางที่ 4.7 ไปใช้เพื่อคำนวณหาเวลาทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมได้ โดยแทนค่า C_0 และ C ด้วยซีโอดีเริ่มต้นและซีโอดีที่เหลือ ตามลำดับ และแทนค่า k ด้วยค่าคงที่ของปฏิกิริยาจากตารางที่ 4.7

4.5 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียรีแอกตีฟจากการข้อมผ้าบาติกด้วยรีเอเจนท์ของเฟนตอน

การบำบัดน้ำเสียรีแอกตีฟจากการข้อมผ้าบาติกมีค่าใช้จ่าย 2 ส่วนหลัก ส่วนแรกคือ รีเอเจนท์ของเฟนตอนซึ่งประกอบด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเฟอร์รัสซัลเฟต ส่วนที่สองคือสารเคมีที่ใช้ในการปรับพีเอชของน้ำเสีย ซึ่งในการศึกษานี้ใช้สารละลายกรดซัลฟูริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมของสารเคมีทั้งหมดในหน่วยบาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4.5) (รายละเอียดที่มาของสูตรการคำนวณสามารถดูได้ในภาคผนวก ก)

$$\text{ค่าใช้จ่าย (บาท/ลบ.ม.)} = 2[\text{H}_2\text{O}_2]*\text{A} + 1.02[\text{H}_2\text{O}_2]*\text{B} + 0.087[\text{H}_2\text{SO}_4]*\text{C} + 0.3*\text{D} \quad (4.5)$$

โดยที่ $[\text{H}_2\text{O}_2]$ = ปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ (ก./ล.)

$[\text{H}_2\text{SO}_4]$ = ปริมาณของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการปรับพีเอชของน้ำเสียให้มีค่าเท่ากับ 5.0 ซึ่งคำนวณได้จากกราฟไตเตรชันของน้ำเสียโทนสีต่าง ๆ ในภาคผนวก ก (มล./300 มล.ของน้ำเสีย)

A = ราคาของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 50 % ซึ่งในการประมาณการค่าใช้จ่ายนี้มีค่าเท่ากับ 29 บาท/กก.

B = ราคาของเฟอร์รัสซัลเฟต ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งในการประมาณการค่าใช้จ่ายนี้มีค่าเท่ากับ 12 บาท/กก.

C = ราคาของกรดซัลฟูริกเข้มข้น 95 % ซึ่งในการประมาณการค่าใช้จ่ายนี้มีค่าเท่ากับ 10 บาท/กก.

D = ราคาของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งในการประมาณการค่าใช้จ่ายนี้มีค่าเท่ากับ 22 บาท/กก.

จากตารางที่ 4.4 ซึ่งได้สรุปความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำโทนสีต่าง ๆ ที่ระดับซีไอดี 400, 700, 1000 และ 1300 มก./ล. และจากสมการ (4.5) สามารถนำมาคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียโทนสีแดง, ฟ้ำ, เจียว และ โทนสีผสม ด้วยรีเอเจนท์ของเฟนตอน

โทนสี	ซีโอติก่อนบำบัด (มก./ล.)	ความเข้มข้น H_2O_2 ที่เหมาะสม (มก./ล.)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ลบ.ม.)
แดง	400	250	62
	700	500	80
	1000	750	97
	1300	1000	115
ฟ้ำ	400	500	77
	700	750	95
	1000	1000	112
	1300	1250	130
เจียว	400	250	71
	700	500	89
	1000	750	106
	1300	1000	124
ผสม	400	250	65
	700	750	100
	1000	1000	117
	1300	1250	135

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียโดยเฉลี่ยมีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเสียมีค่าความเป็นด่างสูงจึงจำเป็นต้องใช้กรดซัลฟริกปริมาณมากในการปรับพีเอชให้เท่ากับ 5.0 และราคาต่อหน่วยของกรดซัลฟริกก็มีค่าสูงด้วย จากรายงานการวิจัยของ วิไลลักษณ์ กิจชนะพานิช (2541) ได้กล่าวถึง การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้าบาติกโดยใช้สารรวมตะกอนชนิด Colfloc RD ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดดีสูง ว่าค่าใช้จ่ายในการบำบัดมีค่าประมาณ 87 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้จากการวิจัยนี้จะเห็นว่ามีค่าค่อนข้างสูงเช่นกัน