

# Study on the Suitable Chemical Agent for Treating Waste Water from Paint Industries

**Dr. Suntud Sirianuntapiboon**

Assistant Professor

Department of Environmental Technology

School of Ennergy and Materials

King-Mongkut's University of Technology Thonburi

**Mr. Sarosch Boonyakitsombat**

Department of Environmental Engineer

Faculty of Engineering

King-Mongkut's University of Technology Thonburi

## Abstract

The studies were concerned on the treatment of waste water from the water base paint making processes of Prodular Paint Factory by coagulation process. Two coagulants were used in this experiments as aluminium sulphate and ferrous sulphate. The use of sodium sulfide for increasing of mercury removal efficiency was also investigated. Two types of waste water, were used in this study, were synthetic waste water solution and the real waste water from the factory.

For the water base paint process of Prodular Paint Factory, 0.5 cubic meter of waste water was produced per 1,000 gallons of paint production. The waste water had high concentration of color intensity, suspended solid, turbidity, COD, BOD and mercury as about 755-1,427 mg/l, 3,850-6,050 NTU, 1,172-1,685 mg/l, 24-32 mg/l and 0.217-0.454 mg/l, respectively.

Treatment efficiencies of synthetic waste water by using aluminium sulphate as the concentration of 350, 400, 500, 550 and 600 mg/l, respectively. and the initial pH of the solution was control as 5, 7 and 9, respectively and ferrous sulphate as the concentration of 100, 150, 200, 250, 300 and 350 mg/l respectively and the of the initial pH of the solution was control as 7, 9 and 11 respectively were investigated. The results showed that the optimal condition for treating the synthetic waste water by using were 500 mg/l of aluminium sulphate and initial pH

as 7 and 250 mg/l of ferrous sulphate and initial pH as 9, respectively. The color of waste water was disappeared after treated by both aluminium sulphate and ferrous sulphate. Suspended solid, turbidity, COD and mercury of the waste water were removed about 99.60%, 99.68%, 84.80% and 85.06%, respectively and 99.80%, 99.76%, 93.71% and 85.55%, respectively when the coagulants were aluminium sulphate and ferrous sulphate, respectively.

For the treatment of real waste water, the results showed that the optimal conditions for the aluminium sulphate and ferrous sulphate were 500 mg/l of aluminium sulphate and the initial pH as 7 and 250 mg/l of ferrous sulphate and initial pH as 7, respectively. The color of the waste water was disappeared after treated by both aluminium sulphate and ferrous sulphate. Suspended solid, turbidity, COD and mercury of the real waste water were removal about 99.80%, 99.70%, 76.80% and 72.45%, respectively and 99.76%, 99.78%, 77.57% and 75.85%, respectively. For removal of mercury from the treated waste water after treated by coagulants by using sodium sulfide for higher purification of the treated waste water did not show any significant.

For the determination of treatment cost (only chemical agents cost, electricity cost and sludge disposal cost) by using the aluminium sulphate and ferrous sulphate were about 11 and 10 baht per cubic meter of water, respectively. But in the case of treatment by Samear Dam Industrial Waste Disposal Center, they would charge about 399 baht per cubic meter of waste water (this cost was included 70 Km. transportation fee).

## บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ปัญหาภาวะทางน้ำในบึงจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นดังเห็นได้จากการนำเสียน้ำในแม่น้ำลำคลองสายต่างๆ อันส่งผลถึงสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำเช่น ปลา กุ้ง เป็นต้น มีจำนวนลดลงและมีการสะสมสารมลพิษในดินมากขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ถ้ากินสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นตัวอย่างเช่น โรคมินามาตะที่เกิดจากสารปรอท ซึ่งสาเหตุที่มาของปัญหาภาวะทางน้ำ มีทั้งที่มาจากกระแสน้ำเสียจากบ้านเรือนที่อาศัยอยู่ริมแม่น้ำลำคลอง น้ำเสียจากร้านอาหารและภัตตาคารที่ตั้งอยู่ริมน้ำ โดยน้ำเสียที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำต่างๆ นั้น ไม่ได้ผ่านการบำบัดให้มีความเหมาะสมจึงทำให้เกิดปัญหาการนำเสียน้ำขึ้นและสาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งของปัญหาภาวะทางน้ำก็มาจากน้ำเสียจากภาคอุตสาหกรรม ที่มีการปนเปื้อนของสารพิษ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ต่างๆ

โรงงานผลิตสี นับเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีปัญหามลพิษปนเปื้อนมากับน้ำเสีย ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานผลิตสี มีความสกปรกในรูปของของแข็งแขวนลอย (suspended solids) และโลหะหนัก (heavy metals) เช่น ปรอท ตะกั่ว เป็นต้น นอกจากนี้ น้ำเสียยังมีสีเป็นที่น่าสนใจ ดังนั้น น้ำเสียจากการผลิตสีจึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะเพื่อให้ได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพดีเป็นไปตามมาตรฐานที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด Wasowski และคณะ[1] ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพน้ำและของเหลวที่ออกจากระบบการผลิตในแง่เศรษฐศาสตร์เพื่อเป็นการลดปริมาณน้ำและของเหลวจากระบบการผลิตสีจึงมีการนำระบบปิดของการใช้น้ำ (close system) มาใช้ โดยต้องมีการกำจัดสารบางอย่างออกและการทำให้น้ำเป็นกลาง เพื่อให้ น้ำมีความเหมาะสมในการนำกลับมาใช้ วิธีการเบื้องต้นในการจัดการน้ำเสียที่ออกจากระบบการผลิตและเป็นการทำน้ำให้มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตสีน้ำหรือก่อนที่จะระบายน้ำทิ้งลงสู่ที่ระบายน้ำสาธารณะ ในการพัฒนาวิธีการกำจัดทางเคมีพบว่า วิธีการโคแอกกูเลชัน (coagulation) และพรีซิปีเตชัน (precipitation) เป็นกระบวนการกำจัดของเสียออกจากน้ำเสีย เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ได้ผลดีที่สุด Coppa[2] ได้ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากการผลิตสี รายงานนี้กล่าวถึงการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตสี ในการบำบัดต้องใช้วิธีการหลายขั้นตอนเพื่อบำบัดน้ำเสียจากสีประเภทสีน้ำ (water base) และสีประเภทสีน้ำมัน (solvent base) วิธีการในการบำบัดน้ำเสียจากการผลิตสีน้ำมัน ซึ่งมีปริมาณของแข็งปนเปื้อนสูงคือ การเก็บในถังตกตะกอนเพื่อให้ของแข็งบางส่วนตกตะกอนออกมา แล้วนำของเหลวมาทำการกลั่นเพื่อให้ได้ตัวทำละลายที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ส่วนน้ำเสียจากสีน้ำได้รวบรวมอยู่ในถังเพื่อตกตะกอนสารที่ปนเปื้อนออกมาซึ่งสารที่มีการปนเปื้อนในน้ำเสียนั้น ได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด น้ำเสียนี้นี้มีค่า COD และของแข็งในปริมาณสูง ดังนั้น จึงเติมสารส้มหรืออลูมิเนียมซัลเฟต  $[Al_2(SO_4)_3]$  ลงในน้ำเสียและกรอง ทำให้น้ำเสียมีค่า COD และของแข็งลดลง ซึ่งวิธีการนี้สะดวกและอุปกรณ์ที่ใช้ราคาไม่แพง เพ็ญแข[3] ได้ศึกษาการลดอนุภาคสีของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตสีด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้สารส้มและเฟอร์ริกซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอน โดยเติมสารส้มเป็นปริมาณ 0.4 0.8 และ 1.6 กรัม/ลิตร ตามลำดับ และเฟอร์ริกซัลเฟตเป็นปริมาณ 0.25 1.5 และ 1.0 กรัม/ลิตร ตามลำดับ และทำการปรับค่า pH เริ่มต้นเป็น 7 9 และ 11 ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้สารส้มเป็นสารสร้างตะกอนมีประสิทธิภาพในการลดความขุ่นและค่า COD คิดเป็นร้อยละเฉลี่ยระหว่าง 49.93-99.90 และ 19.26-35.17 โดยมีค่า pH เฉลี่ยภายหลังดำเนินกระบวนการโคแอกกูเลชันเท่ากับ 5.41-10.27 ส่วนในกรณีของเฟอร์ริกซัลเฟตพบว่า จะมีประสิทธิภาพในการลดความขุ่นและค่า COD คิดเป็นค่าร้อยละเฉลี่ย

ระหว่าง 48.63-99.90 และ 19.19-33.65 ตามลำดับ โดยมีค่า pH เฉลี่ยภายหลังดำเนินการโคแอกกูเลชันเท่ากับ 4.81-10.33 สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตสีคือ สภาวะที่ใช้สารส้ม 0.8 กรัม/ลิตร (pH เริ่มต้นเท่ากับ 9) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดความขุ่น และค่า COD คิดเป็นค่าร้อยละเฉลี่ยเท่ากับ 98.64 และ 29.94 Hotton และ Simpson[4] ได้ทำการศึกษาการกำจัดสีในน้ำโสโครกโดยใช้สารเคมี 3 ชนิด คือ สารส้ม เพอร์ริคซัลเฟต และโพสโวลูมิเนียมคลอไรด์ โดยพิจารณาจากความสามารถในการกำจัดสีที่คำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ย “weighted” สำหรับการกำจัดสีที่พิจารณาจากค่าความสามารถ ในการดูดซึมความยาวคลื่นแสง 6 ค่าคือที่ 340 420 500 580 660 และ 740 นาโนเมตร ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า สารส้มมี ประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้ดีที่สุด โดยลดสีในน้ำโสโครกตัวอย่าง A B C และ D ได้ร้อยละ 85 94 36 และ 47 ตามลำดับ รองลงมาคือ โพสโวลูมิเนียมคลอไรด์ สามารถลดสีในน้ำตัวอย่าง A B C และ D ได้ร้อยละ 68 37 28 และ 39 ตามลำดับ และเพอร์ริคซัลเฟตมีประสิทธิภาพ ในการลดสีได้ต่ำที่สุด โดยลดสีในน้ำตัวอย่าง A B C และ D ได้ร้อยละ 56 41 26 และ 25 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้โพสโวลูมิเนียมซัลเฟตกำจัดอนุภาคสีจะส่งผลให้ลดค่า COD ใน น้ำตัวอย่างได้ร้อยละ 19.4 ถึง 40.0 อารยา[5] ได้ศึกษาลักษณะน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตสี ประเภทสีน้ำของโรงงานโปรตุรา เพนท์ จำกัด พบว่า น้ำเสียมีค่าความเป็นกรดต่าง BOD COD และของแข็งแขวนลอยอยู่ระหว่าง 6.87-7.97 22.5-26.2 มก./ล 1,575-5,495 มก./ล. และ 1,545-6,460 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่กำหนดให้น้ำทิ้งมี ปริมาณของของแข็งแขวนลอยได้ไม่เกิน 30 มก./ล. นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ยังพบว่ามีโลหะหนักบางชนิด ได้แก่ เหล็ก 0.83-6 มก./ล. โครเมียม 0.017-0.023 มก./ล. และปรอทประมาณ 0.192-0.322 มก./ล. จากปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในน้ำทิ้งพบว่าปริมาณของสารปรอทที่มี ค่าเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม โดยกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดให้น้ำทิ้งจากโรงงาน อุตสาหกรรมมีปริมาณสารปรอทได้ไม่เกิน 0.005 มก./ล. Montgomery[6] ศึกษา น้ำเสียจากโรง งานผลิตสี 2 โรงงาน ได้แก่ โรงงานกันไซ เพ้นท์ จำกัด ละโรงงานโจตัน จำกัด พบว่า โรงงานกัน ไซ เพ้นท์ จำกัด มีกำลังการผลิตวันละประมาณ 34 ตัน และมีน้ำเสียประมาณวันละ 4-5 ลบ.ม. น้ำเสียมีค่า pH ประมาณ 5.39 ความขุ่นประมาณ 2,431 NTU ของแข็งแขวนลอย 100 มก./ล. BOD 5,270 มก./ล. และ COD ประมาณ 12,336 มก./ล. สำหรับน้ำเสียจากโรงงานโจตัน จำกัด มีประมาณวันละ 3 ลบ.ม. โดยมีกำลังการผลิตประมาณ 550 แกลลอนต่อวัน

ในการวิจัยนี้ เป็นการศึกษากระบวนการตกตะกอนทางเคมีเพื่อการบำบัดน้ำเสียจาก โรงงานผลิตสี ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสม สะดวกแก่การควบคุม ค่าใช้จ่ายถูก และสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะของน้ำเสียใกล้เคียงกันได้

## วิธีการทดลอง

### น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใช้น้ำเสียสองประเภทกล่าวคือ น้ำเสียจริง และน้ำเสีย สังเคราะห์ดังนี้

1. **น้ำเสียจริง** ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากบ่อพักน้ำเสียของโรงงานโปรตุรา พื้นที่จำกัด โดยเก็บแบบจ้วง (grab sampling) ทำการเก็บตัวอย่างวันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 3 วัน
2. **น้ำเสียสังเคราะห์** ได้จากการเตรียมตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยการละลายแม่สีน้ำอ้นได้แก่ สีน้ำเงิน สีแดง สีดำ สีขาว และสีเหลืองในอัตราส่วนสีน้ำต่อน้ำเท่ากับ 1:150 โดยปริมาตร

### สารที่ใช้ในการตกตะกอน (coagulants and precipitation)

ในการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีอันได้แก่ กระบวนการโคแอกกูเลชันและพรีซิปีเตชันนั้น ในกระบวนการโคแอกกูเลชันใช้สารสร้างตะกอน 2 ชนิด คือ สารละลายอลูมิเนียมซัลเฟต  $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O]$  ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร และสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต  $(FeSO_4 \cdot 7H_2O)$  ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร ส่วนกระบวนการพรีซิปีเตชันใช้สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร สารละลายที่ใช้ในการปรับ pH คือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล

### การศึกษาความเหมาะสมของการใช้สารสร้างตะกอนทั้ง 2 ชนิด

ในการบำบัดน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้

1. **อลูมิเนียมซัลเฟต** การกำหนดความเข้มข้นของอลูมิเนียมซัลเฟต เพื่อใช้ในการทดลองบำบัดน้ำเสียนี้ โดยการทดลองเบื้องต้นใช้อลูมิเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆ ในช่วงกว้างที่ 100 500 และ 1,000 มก./ล. เพื่อหาช่วงความเข้มข้นของอลูมิเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งผลจากการทดลองทำให้สามารถกำหนดช่วงความเข้มข้นของอลูมิเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการศึกษาคือ ที่ความเข้มข้น 350 400 450 500 550 และ 600 มก./ล. ใน

รูป  $[Al_2(SO_4)_3]$  ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยการตวงตัวอย่างน้ำเสียใส่ในบีเกอร์ๆ ละ 500 มล. จำนวน 3 ชุด ชุดการทดลองละ 6 บีเกอร์ ปรับ pH เริ่มต้นเป็น 5 7 และ 9 ตามลำดับ หลังจากนั้นเติมสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟตเข้มข้น 10,000 มก./ล. ลงในแต่ละบีเกอร์ ปริมาณ 17.5 20 22.5 25 27.5 และ 30 มล. ซึ่งได้ความเข้มข้นเท่ากับ 350 400 450 500 550 และ 600 มก./ล. ตามลำดับ ทำการกวนเร็วที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นจึงกวนช้าที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที นำน้ำใสมาวัดความเข้มข้นของสีและองค์ประกอบทางเคมี

2. **เฟอร์รัสซัลเฟต** การกำหนดความเข้มข้นของเฟอร์รัสซัลเฟต เพื่อใช้ในการทดลองบำบัดน้ำเสียนี้ โดยทำการทดลองเบื้องต้นใช้เฟอร์รัสซัลเฟตที่มีความเข้มข้นต่างๆ ในช่วงกว้างที่ 100 500 และ 1,000 มก./ล. เพื่อหาช่วงความเข้มข้นของเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ในการศึกษาซึ่งผลการทดลองเบื้องต้น ทำให้สามารถกำหนดช่วงความเข้มข้นของสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้สำหรับการทดลอง ได้แก่ 100 150 200 250 300 และ 350 มก./ล. ในรูป  $FeSO_4$  และควบคุมที่ pH 7 9 และ 11 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนขั้นตอนการทดลองทำเช่นเดียวกับการทดลองของ อลูมิเนียมซัลเฟตในหัวข้อที่ 1

### การบำบัดสารปรอท

ในการศึกษาได้ทำการทดลองโดยใช้โซเดียมซัลไฟด์เพื่อการบำบัดปรอท การทดลองทำโดยการนำน้ำเสียหลังการตกตะกอนในด้วยสารตกตะกอนในหัวข้อการศึกษาความเหมาะสมของการใช้สารสร้างตะกอนทั้ง 2 ชนิดข้อ 1 และข้อ 2 ข้างต้น มาทำการตกตะกอนโดยโซเดียมซัลไฟด์ตวงตัวอย่างน้ำเสียใส่บีเกอร์ๆ ละ 500 มล. จำนวน 6 บีเกอร์ ใส่สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ ที่ปริมาณ 0.3 1.5 3 6 9 และ 12 มก./ล. ควบคุม pH 7 และทำการกวนผสมและตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อ 1

### พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์

1. **การวัดความเข้มข้นของสี** เนื่องจากสีที่ใช้ในการทดลองรวมทั้งน้ำเสียที่ใช้มีสารแขวนลอยอยู่ การกรองหรือการเหวี่ยงไม่สามารถกำจัดสารแขวนลอยออกได้ ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์สีของน้ำเสียด้วยเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ได้ ดังนั้น จึงต้องอาศัยวิธีการเปรียบเทียบการกำจัดสีโดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่จัดเตรียมขึ้นที่มีความเข้มข้นต่างๆ ทั้งหมด 6 อัตราส่วน ได้แก่ 1:150,000 3:150,000 6:150,000 9:150,000 12:150,000 และ

20:150,000 คิดเป็นร้อยละของความเข้มข้นต่อผลิตภัณฑ์ได้เท่ากับ 0.00067 0.002 0.004 0.006 0.008 และ 0.013 ตามลำดับ

2. **หาคุณสมบัติทางเคมี** ปริมาณของแข็งแขวนลอย ความขุ่น COD BOD และ pH วัดโดยวิธีมาตรฐานตาม AOAC[7]
3. **ปริมาณโลหะ** การหาปริมาณโลหะหนักโดยวิธีอะตอมมิกแอ็บซอร์ชันสเปกโตรโฟโตเมตรี[7] (atomic asorption spectrophotometry) ด้วยเครื่อง Simultaneous Multi-Element Atomic Absorption Spectrophotometer Z-9000 โลหะที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ พรอท ทองแดง โครเมียม ตะกั่ว นิกเกิล และสังกะสี

## สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

### ปริมาณและลักษณะน้ำเสีย

น้ำเสียอุตสาหกรรมที่เกิดจากการผลิตสีส่วนใหญ่เกิดจากการล้างอุปกรณ์การผลิตสีประเภทสีน้ำสำหรับโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาคือ โรงงานโปรตุร่า เฟ้นท์ จำกัด มีน้ำเสียเกิดขึ้นประมาณ 150-200 ลิตร ต่อการผลิตสีน้ำประมาณ 300 แกลลอน Coppa[2] ได้กล่าวไว้ว่า น้ำเสียจากการผลิตสีน้ำมันได้ถูกนำมาล้างเพื่อให้ได้ตัวทำละลายน้ำกลับมาใช้ ส่วนน้ำเสียจากการผลิตสีน้ำได้ถูกนำไปตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมซัลเฟตนั้น แสดงให้เห็นว่าน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานโปรตุร่า เฟ้นท์ จำกัด ซึ่งเกิดจากการผลิตสีน้ำไม่แตกต่างจากกระบวนการผลิตโดยทั่วไป Montgomery[6] ได้ศึกษาปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นของโรงงานกันไซ เฟ้นท์ จำกัด และโรงงานโจตัน จำกัด พบว่า โรงงานกันไซ เฟ้นท์ จำกัด มีปริมาณน้ำเสียประมาณ 4-5 ลบ.ม. ต่อการผลิตสีประมาณ 34 ตัน และโรงงานโจตัน จำกัด มีน้ำเสียเกิดขึ้นประมาณ 3 ลบ.ม. ต่อการผลิตสีประมาณ 550 แกลลอน ซึ่งค่อนข้างแตกต่างจากโรงงานโปรตุร่า เฟ้นท์ จำกัด ทั้งนี้เนื่องจาก การศึกษาของ Montgomery ได้บอกถึงผลิตภัณฑ์รวม แต่สำหรับโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาได้ศึกษาเป็นปริมาณน้ำเสียต่อการผลิตสีน้ำ จากการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียโดยเก็บตัวอย่างจากบ่อกักน้ำเสียของโรงงาน โปรตุร่า เฟ้นท์ จำกัด ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าน้ำเสียมีสีค่อนข้างเข้มข้นและเห็นอย่างชัดเจน ลักษณะน้ำเสียมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.17-7.45 ปริมาณของของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 755-1,427 มก./ล. ซึ่งเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรมที่ได้กำหนดให้น้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมมีปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ไม่เกิน 30 มก./ล. ความขุ่นประมาณ 3,850-6,050 NTU ซึ่งมีค่าสูงเช่นเดียวกับผลการศึกษาของ อารยา(5) และ Montgomery(6) ค่า BOD ประมาณ 29 มก./ล. COD อยู่ในช่วง 1,172-1,685 มก./ล.

และโลหะหนักได้แก่ นิเกิลอยู่ในช่วง 0.06-0.069 มก./ล. ทองแดง 0.08-0.27 มก./ล. โครเมียม 0.077-0.135 มก./ล. สังกะสี 0.196-0.83 มก./ล. โปรท 0.217-0.337 มก./ล. และตรวจไม่พบตะกั่วในน้ำเสีย

### ผลการทดลองตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจริงด้วยสารเคมี:

ในการทดลองบำบัดน้ำเสีย โดยวิธีการตกตะกอนได้ใช้สารเคมี 2 ชนิดดังนี้

1. **อลูมิเนียมซัลเฟต** ผลจากการทดลองใช้อลูมิเนียมซัลเฟต เพื่อการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ โดยกำหนดความเข้มข้นของอลูมิเนียมซัลเฟต ที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 350 400 450 500 550 และ 600 มก./ล. และควบคุมที่ pH 5 7 และ 9 พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการใช้สารส้มเป็นสารสร้างตะกอนอยู่ที่ pH ประมาณ 7 และใช้ปริมาณ อลูมิเนียมซัลเฟตเท่ากับ 500 มก./ล. ซึ่งจากผลการทดลองที่สภาวะดังกล่าว สามารถบำบัดให้น้ำเสียไม่ปรากฏสีให้เห็นได้อย่างชัดเจน รวมทั้งยังลดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียให้เหลือประมาณ 6 มก./ล. ความขุ่น 19 NTU และลด COD ให้เหลือประมาณ 325 มก./ล. และลดปริมาณโปรทให้เหลือประมาณ 0.055 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ความขุ่น และ COD เหลือประมาณร้อยละ 99.61 99.68 84.80 และ 85.06 ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งปริมาณโปรท และ COD ที่เหลืออยู่ในน้ำเสียเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม[8] ที่กำหนดให้มีปริมาณโปรท และ COD ในน้ำทิ้งได้ไม่เกิน 0.005 และ 120 มก./ล ตามลำดับ

ส่วนการบำบัดน้ำเสียจริงปริมาณความเข้มข้นของอลูมิเนียมซัลเฟตและ pH ที่เหมาะสมคือ 500 มก./ล และ 7 ตามลำดับ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2 โดยน้ำเสียภายหลังการบำบัดไม่ปรากฏสีให้เห็นได้อย่างชัดเจน รวมทั้งยังลดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียให้เหลือประมาณ 2 มก./ล. ความขุ่น 13 NTU และลด COD ให้เหลือประมาณ 318 มก./ล. และลดปริมาณโปรทให้เหลือประมาณ 0.07 มก./ล. ซึ่งก็ยิ่งเกินกว่ามาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด โดยคิดเป็นร้อยละของการบำบัดของแข็งแขวนลอย ความขุ่น COD และโปรทของน้ำเสีย 99.80 99.70 76.80 และ 72.45 ตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ทั้ง pH และปริมาณของอลูมิเนียมซัลเฟต มีผลร่วมกันในการบำบัดน้ำเสียกล่าวคือ การใช้สารส้มที่ปริมาณน้อยๆ สามารถบำบัดน้ำเสียได้ถ้ามีการควบคุม pH ที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ไม่สิ้นเปลืองอลูมิเนียมซัลเฟต และยังเป็นการลดปริมาณของสารเคมีที่อาจปนเปื้อนไปกับน้ำทิ้ง

ตารางที่ 1  
 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจริงจากโรงงานโปรตุ่า เพนท์ จำกัด

| พารามิเตอร์        | หน่วย       | ค่ามาตรฐาน | น้ำเสียสังเคราะห์ |            |       |       |       |          |             |           |       |       | น้ำเสียจริง |             |           |  |  |
|--------------------|-------------|------------|-------------------|------------|-------|-------|-------|----------|-------------|-----------|-------|-------|-------------|-------------|-----------|--|--|
|                    |             |            | สีขุ่นว           | กลิ่นเหม็น | สีแดง | สีดำ  | สีขาว | สิ่งล่อง | ช่วง        | ค่าเฉลี่ย | ก     | ข     | ค           | ช่วง        | ค่าเฉลี่ย |  |  |
| ความเข้มข้นกรดต่าง | -           | 5-9        | 7.45              | 7.35       | 7.25  | 7.65  | 7     | 7.39     | 7-7.65      | 7.35      | 7.34  | 7.45  | 7.17        | 7.17-7.45   | 7.32      |  |  |
| ของแข็งรวม         | มก./ล.      | -          | 1.7               | 1.7        | 1.6   | 1.6   | 2.2   | 1.7      | 1.6-2.2     | 1.75      | 2.4   | 1.8   | 1.7         | 1.7-2.4     | 1.97      |  |  |
| ของแข็งแขวนลอย     | มก./ล.      | 30         | 1765              | 1810       | 1710  | 1880  | 2160  | 1650     | 1650-2160   | 1830      | 755   | 1230  | 1427        | 755-1427    | 1137      |  |  |
| ความหนืด           | NTU         | -          | 3860              | 5850       | 3010  | 6650  | 22500 | 4025     | 3010-22,500 | 7650      | 5000  | 6050  | 3850        | 3,850-6,050 | 5,300     |  |  |
| สี                 | อัตราส่วน** | -          | 1:150             | 1:150      | 1:150 | 1:150 | 1:150 | 1:150    | -           | 1:150     | -     | -     | -           | -           | -         |  |  |
| COD                | มก./ล.      | -          | 1820              | 2176       | 1597  | 2360  | 4204  | 2004     | 1,597-4,204 | 2,360     | 1685  | 1172  | 1350        | 1,172-1,685 | 1,402     |  |  |
| BOD                | มก./ล.      | 20         | 24.3              | 24.5       | 25    | 30.2  | 26.2  | 27       | 24.3-30.2   | 26.4      | 32    | 32    | 24          | 24-32       | 29.3      |  |  |
| โลหะหนัก           |             |            |                   |            |       |       |       |          |             |           |       |       |             |             |           |  |  |
| - นิกเกิล          | มก./ล.      | 0.2        | nil               | 0.08       | nil   | nil   | nil   | nil      | nil-0.08    | -         | 0.06  | 0.069 | 0.063       | 0.06-0.069  | 0.064     |  |  |
| - ทองแดง           | มก./ล.      | 1          | 0.539             | 0.129      | 0.04  | 0.04  | 0.01  | 0.119    | 0.01-0.539  | 0.145     | 0.27  | 0.08  | 0.13        | 0.08-0.27   | 0.16      |  |  |
| - โคบอลต์          | มก./ล.      | 0.5        | 0.495             | nil        | 0.048 | nil   | nil   | nil      | nil-0.495   | -         | 0.083 | 0.077 | 0.135       | 0.077-0.135 | 0.098     |  |  |
| - ตะกั่ว           | มก./ล.      | 0.2        | nil               | nil        | nil   | nil   | nil   | nil      | nil         | nil       | nil   | nil   | nil         | nil         | nil       |  |  |
| - สังกะสี          | มก./ล.      | 5          | 3.42              | 0.14       | 2.08  | 0.37  | 0.25  | 0.16     | 0.14-3.42   | 1.07      | 0.324 | 0.83  | 0.196       | 0.196-0.83  | 0.45      |  |  |
| - แคดเมียม         | มก./ล.      | 0.005      | 0.235             | 0.39       | 0.415 | 0.36  | 0.27  | 0.454    | 0.235-0.454 | 0.354     | 0.337 | 0.245 | 0.217       | 0.217-0.337 | 0.265     |  |  |

ตารางที่ 2  
ลักษณะน้ำเสียภายหลังการบำบัดด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต ที่ pH 7

| พารามิเตอร์         | หน่วย      | ค่ามาตรฐาน | น้ำเสียสังเคราะห์ |           |          |          |          |          |            |        | น้ำเสียจริง** |          |       |             |        |  |
|---------------------|------------|------------|-------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|---------------|----------|-------|-------------|--------|--|
|                     |            |            | สีเดียว           | สีน้ำเงิน | สีแดง    | สีดำ     | สีขาว    | สีเหลือง | ช่วง       | เฉลี่ย | ก             | ข        | ค     | ช่วง        | เฉลี่ย |  |
| ความเข้มข้นของสารสี | มก./ล.     | -          | 500               | 500       | 703      | 705      | 500      | 550      | 704-713    | 709    | 500           | 500      | 500   | 705-711     | 708    |  |
| ความเป็นกรด-ด่าง    | -          | 5-9        | 7.04              | 7.09      | 7.13     | 7.05     | 7.15     | 7.08     | -          | -      | 7.08          | 7.05     | 7.11  | -           | -      |  |
| สี                  | อัตราส่วน* | -          | 0                 | 3150.000  | 3150.000 | 3150.000 | 3150.000 | 3150.000 | -          | -      | 3150.000      | 3150.000 | 0     | -           | -      |  |
| ค่าความขุ่น         | NTU        | -          | 20                | 13        | 20       | 24       | 19       | 16       | 13-24      | 19     | 10            | 16       | 14    | 10-16       | 13     |  |
| ของแข็งแขวนลอย      | มก./ล.     | 30         | 11                | 6         | 4        | 8        | 1        | 4        | 1-11       | 6      | 2             | 2        | 2     | 2           | 2      |  |
| COD                 | มก./ล.     | -          | 333               | 323       | 322      | 306      | 321      | 347      | 306-347    | 325    | 318           | 311      | 324   | 311-324     | 318    |  |
| สารปรอท             | มก./ล.     | 0.035      | 0.02              | 0.076     | 0.03     | 0.015    | 0.052    | 0.075    | 0.015-0.09 | 0.0547 | 0.053         | 0.072    | 0.075 | 0.053-0.075 | 0.07   |  |

หมายเหตุ : \* อัตราส่วนการผสมสีต่อน้ำในการทดลอง  
\*\* ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บจากบ่อกักเก็บน้ำเสียของโรงงานปรีสุภา เพ็ชร จำนวน 3 ครั้ง



2. **การใช้เฟอร์รัสซัลเฟต** ผลจากการทดลองใช้เฟอร์รัสซัลเฟตในการบำบัดน้ำเสีย ที่ความเข้มข้น 100 150 200 250 300 และ 350 มก./ล. และ ค่าควบคุมของน้ำเสียเริ่มต้นที่ pH 7 9 และ 11 ตามลำดับ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการใช้เฟอร์รัสซัลเฟตเป็นสารสร้างตะกอนพบว่า สภาวะที่เหมาะสมคือ ปริมาณเฟอร์รัสซัลเฟต 250 มก./ล และ pH เริ่มต้นของน้ำเสียเท่ากับ 9 ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียได้เป็นที่น่าพอใจดังแสดงในตารางที่ 3 คือ น้ำเสียมีความเข้มข้นของสีลดลงจนไม่ปรากฏให้เห็นสีอย่างเด่นชัด มีปริมาณของแข็งแขวนลอย ความขุ่น COD และปรอท ตกค้างโดยเฉลี่ยประมาณ 4 มก./ล. 11 NTU 320 มก/ล และ 0.052 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย ความขุ่น COD และปรอท เฉลี่ยร้อยละ 99.80 99.76 93.71 และ 88.55 ตามลำดับซึ่งปริมาณปรอท และ COD ที่เหลืออยู่ในน้ำเสียเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมที่กำหนด[8] ให้มีปริมาณปรอท และ COD ในน้ำทิ้งได้ไม่เกิน 0.005 และ 120 มก./ล ตามลำดับ

ส่วนการบำบัดน้ำเสียจริงปริมาณความเข้มข้นของยอลูมิเนียมซัลเฟตและpHที่เหมาะสมคือ 250 มก/ล และ 9 ตามลำดับ โดยน้ำเสียภายหลังการบำบัดไม่ปรากฏสีให้เห็นได้อย่างชัดเจน รวมทั้งยังลดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียให้เหลือประมาณ 3 มก./ล. ความขุ่น 11 NTU และลด COD ให้เหลือประมาณ 309 มก./ล.และลดปริมาณปรอทให้เหลือประมาณ 0.061 มก./ล. โดยคิดเป็นร้อยละของการบำบัด ของแข็งแขวนลอย ความขุ่น COD และปรอทของน้ำเสีย 99.76 99.78 77.57 และ 75.85 ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งปริมาณปรอท และ COD ที่เหลืออยู่ในน้ำเสียเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมที่กำหนดให้มีปริมาณปรอท และ COD ในน้ำทิ้งได้ไม่เกิน 0.005 และ 120 มก./ล ตามลำดับ และจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าทั้ง pH และปริมาณของเฟอร์รัสซัลเฟตมีส่วนร่วมกันในการบำบัดน้ำเสียกล่าวคือ การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตที่ปริมาณน้อยๆ สามารถบำบัดน้ำเสียได้ถ้ามีการควบคุม pH ที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ไม่สิ้นเปลืองเฟอร์รัสซัลเฟตและยังเป็นการลดปริมาณของสารเคมีที่อาจปนเปื้อนไปกับน้ำทิ้ง

3. **ผลการศึกษาการใช้โซเดียมซัลไฟด์ในการบำบัดสารปรอท** จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์จะพบว่า มีสารปรอทในปริมาณที่สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมมากคือ มีค่าระหว่าง 0.217-0.454 มก./ล. ภายหลังการบำบัดน้ำเสียด้วยยอลูมิเนียมซัลเฟตหรือเฟอร์รัสซัลเฟต สามารถลดปริมาณสารปรอทลงได้ระดับหนึ่งโดยมีปรอทในน้ำเสียภายหลังการบำบัดอยู่ระหว่าง 0.018-0.094 มก./ล. คิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัดประมาณร้อยละ 61.63-94.77 ทั้งนี้เนื่องจากปรอทบางส่วนได้ถูกดูดซับโดย

ตะกอนหรือฟล็อกที่เกิดขึ้น ด้วยเหตุผลที่ว่าตะกอนหรือฟล็อกที่เกิดขึ้นบางส่วนอาจมีประจุไฟฟ้าที่พื้นผิวเป็นลบทำให้สามารถดูดซับหรือจับกับปรอทในน้ำเสียได้[8,9] หรืออาจเกิดสารประกอบไฮดรอกไซด์ของปรอท[10] แล้วตกตะกอนออกมาพร้อมกับฟล็อกหรือตะกอนของของแข็งแขวนลอย และถึงแม้ว่าปริมาณสารปรอทจะลดลงแต่ก็ยังคงมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมที่กำหนดให้น้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมมีปรอทได้ไม่เกิน 0.005 มก./ล. ดังนั้น จึงได้มีการทดลองใช้สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ช่วยในการบำบัดสารปรอท ในน้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมซัลเฟตหรือเฟอร์รัสซัลเฟต แล้วซึ่งผลการทดลองได้แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า น้ำเสียได้ผ่านการตกตะกอนด้วยสารตกตะกอนมาแล้วนั้น ปริมาณของปรอทในน้ำเสียได้ลดลงโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.018-0.094 มก./ล. ซึ่งก็ยังสูงกว่าค่าที่มาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดให้ จากเอกสารเผยแพร่เรื่องปรอท[11] ได้กล่าวไว้ว่า การใช้สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ในการบำบัดปรอทในน้ำเสียสามารถลดปริมาณปรอทลงได้เหลือประมาณ 1-1.5 มก./ล. ต้องทำการบำบัดด้วยวิธีอื่นเพื่อบำบัดให้น้ำเสียมีปริมาณปรอทลดลง วิธีที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่ แอ็คติเวตเต็ดคาร์บอนหรือการแลกเปลี่ยนประจุ เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถบำบัดปรอทที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการตกตะกอนโดยใช้โซเดียมซัลไฟด์ จากผลสรุปข้างต้นเห็นได้ว่าการใช้เฟอร์รัสซัลเฟตในการบำบัดน้ำเสียให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่าสารส้ม ในขณะที่ใช้ปริมาณของสารเคมีน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตาม สารเคมีทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้เป็นอย่างดี

### การเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

การบำบัดน้ำเสียโดยใช้สารตกตะกอนอลูมิเนียมซัลเฟตหรือเฟอร์รัสซัลเฟตเปรียบเทียบกับ การส่งให้ศูนย์กำจัดอุตสาหกรรมแสมดำเสียเป็นผู้ดำเนินการให้ค่าใช้จ่าย ดังแสดงในตารางที่ 6 กล่าวคือ ในกรณีการใช้บริการของศูนย์กำจัดอุตสาหกรรมแสมดำจะเสียค่าบริการ 339 บาท/น้ำเสีย 1 ลบม. ส่วนการดำเนินการบำบัดเองโดยใช้สารตกตะกอนอลูมิเนียมซัลเฟตหรือเฟอร์รัสซัลเฟต จะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 11 10 บาท/น้ำเสีย 1 ลบม. ตามลำดับ ทั้งนี้คิดค่าใช้จ่ายเฉพาะค่าสารเคมี ค่าไฟฟ้า และค่ากำจัดตะกอนเท่านั้น ไม่ได้รวมถึงค่าก่อสร้างระบบบำบัด ค่าจ้างเจ้าหน้าที่ควบคุมดูแลระบบ ค่าซ่อมบำรุง ค่าตรวจวิเคราะห์น้ำเสียและอื่นๆ

จากการศึกษาและทดลองบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตสีสามารถให้ข้อเสนอแนะได้ดังนี้ คือ

1. การใช้เฟอร์รัสซัลเฟตในการบำบัดน้ำเสียพบว่ามีเหมาะสมกล่าวคือ สามารถลดสีของน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิภาพในการลดความขุ่น ของแข็งแขวนลอย และ COD ได้ประมาณร้อยละ 99.8 99.8 และ 75.9 ตามลำดับ แต่เนื่องจากตะกอนที่เกิด

ชั้นมีน้ำหนักเบาทำให้ตกตะกอนช้าจึงควรศึกษาทดลองใช้สารสร้างตะกอนหรือสารช่วยตกตะกอนอื่นๆ ที่สามารถทำให้ตะกอนตกได้ดีขึ้น

ตารางที่ 4  
ความเข้มข้นของปรอทภายหลังการบำบัดด้วยโซเดียมซัลไฟด์(มก./ล.)

| ตัวอย่าง<br>น้ำเสีย | การบำบัด<br>ขั้นต้น | ปรอทเริ่มต้น<br>(มก./ล.) | โซเดียมซัลไฟด์ (มก./ล.) |       |       |       |       |       |
|---------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     |                     |                          | 0.3                     | 1.5   | 3     | 6     | 9     | 12    |
| สีเขียว             | 1                   | 0.020                    | 0.015                   | 0.018 | 0.018 | 0.016 | 0.021 | 0.014 |
|                     | 2                   | 0.018                    | 0.017                   | 0.016 | 0.021 | 0.015 | 0.017 | 0.017 |
| สีน้ำเงิน           | 1                   | 0.076                    | 0.067                   | 0.066 | 0.066 | 0.080 | 0.076 | 0.070 |
|                     | 2                   | 0.094                    | 0.101                   | 0.071 | 0.093 | 0.090 | 0.086 | 0.083 |
| สีแดง               | 1                   | 0.090                    | 0.088                   | 0.086 | 0.069 | 0.070 | 0.080 | 0.067 |
|                     | 2                   | 0.080                    | 0.077                   | 0.073 | 0.066 | 0.065 | 0.067 | 0.073 |
| สีดำ                | 1                   | 0.015                    | 0.014                   | 0.010 | 0.012 | 0.017 | 0.014 | 0.015 |
|                     | 2                   | 0.020                    | 0.016                   | 0.016 | 0.025 | 0.022 | 0.022 | 0.023 |
| สีขาว               | 1                   | 0.052                    | 0.054                   | 0.045 | 0.043 | 0.050 | 0.040 | 0.034 |
|                     | 2                   | 0.032                    | 0.015                   | 0.014 | 0.016 | 0.020 | 0.022 | 0.014 |
| สีเหลือง            | 1                   | 0.075                    | 0.069                   | 0.067 | 0.058 | 0.058 | 0.067 | 0.073 |
|                     | 2                   | 0.070                    | 0.072                   | 0.068 | 0.057 | 0.060 | 0.064 | 0.070 |
| ตัวอย่าง ก          | 1                   | 0.063                    | 0.088                   | 0.076 | 0.070 | 0.065 | 0.061 | 0.064 |
|                     | 2                   | 0.045                    | 0.049                   | 0.018 | 0.016 | 0.017 | 0.017 | 0.019 |
| ตัวอย่าง ข          | 1                   | 0.072                    | 0.078                   | 0.066 | 0.065 | 0.070 | 0.071 | 0.073 |
|                     | 2                   | 0.094                    | 0.061                   | 0.063 | 0.060 | 0.069 | 0.041 | 0.070 |
| ตัวอย่าง ค          | 1                   | 0.075                    | 0.067                   | 0.069 | 0.079 | 0.066 | 0.067 | 0.067 |
|                     | 2                   | 0.045                    | 0.048                   | 0.030 | 0.043 | 0.028 | 0.028 | 0.030 |

หมายเหตุ : การทดลองแบบ 1 หมายถึง น้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต

การทดลองแบบ2 หมายถึง น้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนด้วยเฟอร์รัสซัลเฟต

2. จากผลการทดลองพบว่า น้ำเสียภายหลังการบำบัดแล้วยังคงมีปริมาณสารปรอทเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม ถึงแม้จะใช้โซเดียมซัลไฟด์ช่วยในการบำบัดเนื่องจากข้อจำกัดของโซเดียมซัลไฟด์ในการตกตะกอนปรอท จึงจำเป็นต้องทำการบำบัดต่อด้วยวิธี

อื่นเช่น แอ็คติเวเต็ดคาร์บอนหรือการแลกเปลี่ยนประจุ ดังนั้น ควรศึกษาถึงสารต่างๆ ที่ใช้เป็นตัวดูดซับสารปรอท พร้อมทั้งประสิทธิภาพของสารเหล่านั้น นอกจากนี้อาจเปลี่ยนจากการใช้สารประกอบของปรอทในการผลิตสีเป็นสารอื่นที่มีคุณสมบัติสามารถใช้ทดแทนสารประกอบของปรอทและไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3. การเลือกวิธีในการบำบัดน้ำเสีย ถ้าจะเลือกวิธีการบำบัดเองจำเป็นต้องวิเคราะห์ค่าลงทุนต่างๆ ตลอดจนค่าดำเนินการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเช่น ค่าก่อสร้างระบบ ค่าจ้างเจ้าหน้าที่ควบคุมระบบ ค่าซ่อมบำรุง ค่าวิเคราะห์น้ำเสียและอื่นๆ

ตารางที่ 5

แสดงการประเมินผลการบำบัดน้ำเสียโดยสารสร้างตะกอน

|                           | น้ำเสียก่อนบำบัด | น้ำเสียหลังการบำบัด |                |
|---------------------------|------------------|---------------------|----------------|
|                           |                  | อลูมิเนียมซัลเฟต    | เฟอร์รัสซัลเฟต |
| ปริมาณที่ใช้ (มก./ล.)     | -                | 500                 | 250            |
| ค่าเฉลี่ยลักษณะน้ำเสีย    |                  |                     |                |
| - pH                      | 7.32             | 7.08                | 9.04           |
| - ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.) | 1,137            | 2                   | 3              |
| - ความขุ่น (NTU)          | 5,300            | 13                  | 11             |
| - COD (มก./ล.)            | 1,402            | 318                 | 309            |
| - สารปรอท (มก./ล.)        | 0.266            | 0.07                | 0.06           |

ตารางที่ 6

แสดงเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

| วิธี                           | ราคา<br>(บาท/ลบ.ม.) | หมายเหตุ                                      |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|
| - การใช้อลูมิเนียมซัลเฟต       | 11                  | - คิดเฉพาะค่าสารเคมี ค่าไฟฟ้าและค่ากำจัดตะกอน |
| - การใช้เฟอร์รัสซัลเฟต         | 10                  | - คิดเฉพาะค่าสารเคมี ค่าไฟฟ้าและค่ากำจัดตะกอน |
| - ศูนย์กำจัดกากอุตสาหกรรมแสมดำ | 399                 | - คิดค่าบำบัด รวมทั้งค่าขนส่ง                 |

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับความร่วมมือและช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆ เช่น ผศ.ดร. สิรินทรเทพ เต้าประยูร สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ ผศ.อุตร จารุรัตน์ และ

ผศ.จารุรัตน์ วรนิสรากุล ภาควิชาวิศวกรรม สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณจงกลณี ประดิษฐ์พงษ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คุณพระดา ว่องเกษญา นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในระหว่างดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณ คุณสมบัติ ศุภบรรพต กรรมการผู้จัดการบริษัท โปรดิวรา เฟ้นท์ จำกัด และเจ้าหน้าที่ของบริษัท ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการผลิตสีและการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ท้ายที่สุดที่คณะวิจัยต้องขอขอบคุณสายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมที่ได้ใช้สถานที่ทำการวิจัยตลอดจนเงินทุนสนับสนุนการวิจัยด้วย

## เอกสารอ้างอิง

1. Wasowski J.P., Zakrzewski J. and Warsaw, (1982), **"Improvement of water and Liquid wastes disposal system in paint shops"**, Poland, 1 page.
2. Coppa Zuccari G., (1976), **"Wastewater treatment in paint works"**, Italy, 1 page.
3. เพ็ญแข พรสมนัต, (2537), **"การลดอนุภาคสีของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตสีโดยขบวนการ โค แอวกูเลชัน"**, เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 1-20.
4. Hotton W., Simpson A.M., (1986), **"Enhanced colour removal from sewage effluents using chemical flocculants"**, Env.Tech. Lett, p. 423-424.
5. อารยา สุรินทร์, (2535), **"รายการคำนวณระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานบริษัท โปรดิวรา เฟ้นท์ จำกัด"**, 9 หน้า.
6. Montgomery Watson Asia in associate with SEATEC International Company, (1995), **"Wastewater management and pollution control in Samutprakan."**, final report, Pollution Control Department, pp. appendix Q.
7. ธงชัย พรณสวัสดิ์ และอุษา วิเศษสุนน, (2525), **"คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย"**, พิมพ์ครั้งที่ 2, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 289 หน้า.
8. กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2539), **"กฎกระทรวง ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พศ 2535"** กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ, หน้า1-55.

9. Paul D. Heney, (1971), "**Water quality treatment**", third edition, The American Water Works Association, Inc., McGraw-Hill Book, New York, pp. 66-122.
10. Samuel D. Faust and Osman M. Aly., (1983), "**Chemistry of water treatment**", An Ann Arbor Science Book, Michigan, pp. 277-363. Hogness and Johnson, 1954, Ionic Equilibrium as Applied to Qualitative Analyses, Holt Rinehart & Winston Co., New York, pp. 360-362.
11. กระทรวงอุตสาหกรรม, (2534), "**เอกสารประกอบการบรรยาย การสัมมนาเรื่องสารเคมีกับความปลอดภัย**", สาขาเคมีสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และมูลนิธิศาสตราจารย์ ดร. แถบ นีละนิธิ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 16-19.