

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเพื่อลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำเสีย
จากกระบวนการผลิตสบู่



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 72683
วัน,เดือน,ปี... 2.1 ส.ย. 2550

b..... 72683
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A STUDY ON REDUCTION OF TOTAL DISSOLVED SOLIDS AND
CHEMICAL OXYGEN DEMAND IN WASTEWATER FROM
A SOAP MAKING PLANT**



**PATCHARIN SUPAWIMON
PICHAYAON SOMMAKETTARIN**

**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษาเพื่อลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่

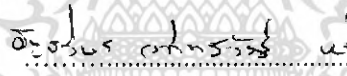
โดย นางสาวพัชรินทร์ สุภวิมล
นางสาวพิชญอร โสมเกษตรินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

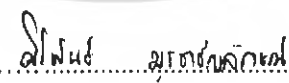
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม คุณสุรพล พัฒนพวงสานนท์
ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล
บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาด้านวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รศ.ดร. อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ)


..... กรรมการ
(ดร. สุรัตน์ อารีรัตน์)


..... กรรมการ
(อ. ศิริพงษ์ มุรธาชัยกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การศึกษาเพื่อลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสุบู่
โดย	นางสาวพัชรินทร์ สุภวิมล นางสาวพิชญอร โสมเกษตรินทร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	คุณ สุรพล พัฒนพวงสานนท์ ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงการนี้ใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาดลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสุบู่ของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา จาก 4,000 เหลือ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 10,500 เหลือ 7,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนส่งไปหน่วยบำบัดน้ำเสียรวมของบริษัทเพื่อปรับค่าให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม นอกจากนี้นำเสนอการใช้กระบวนการออสโมซิสผันกลับซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียที่มีไอออนของเกลือโซเดียมและคลอไรด์สูงจากการทดสอบด้วยวิธีจาร์เทสต์พบว่าภาวะที่เหมาะสมก่อนส่งน้ำเสียเข้ากระบวนการออสโมซิสผันกลับ คือ ความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียเท่ากับ 7 ความเข้มข้นของสารละลายสารส้มที่ใช้ตกตะกอนเท่ากับ 2.25 กรัมต่อลิตร ที่อัตราการไหล 112.5 ลิตรต่อชั่วโมง และความเข้มข้นของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์เท่ากับ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อชั่วโมง ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งกระบวนการออสโมซิสผันกลับที่คำนวณได้ประมาณ 760 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียที่เข้ากระบวนการออสโมซิสผันกลับ หรือประมาณ 45,600 บาทต่อวัน

Report Title A Study on Reduction of Total Dissolved Solids and Chemical Oxygen Demand in Wastewater from a Soap Making Plant

By Miss Patcharin Supawimon
Miss Pichayaon Sommakettarin

Advisor Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum

Co-advisor Mr. Suraphon Pattanapongsanon
Manufacturing Director-Personal Care
The Unilever Thai Holdings Limited

Report for Bachelor Degree of Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

This work applied clean technology methodology to reduce the total dissolved solids (TDS) and chemical oxygen demand (COD) in wastewater from a soap making plant of a case study company before sending to the central wastewater treatment plant of the company to adjust the values within the industrial effluent standards. The TDS and COD were reduced from 4,000 to 3,000 ppm and 10,500 to 7,000 ppm, respectively. The reverse osmosis system which is one of an effective methods to reduce the TDS and COD of the wastewater that contains high sodium and chloride ions is proposed. From the Jar test method, it was found that the optimum conditions of the wastewater before feeding to the reverse osmosis system were at pH of 7, the concentration of the alum solution of 2.25 grams per liter at a flow rate of 112.5 liters per hour, and the concentration of the polyelectrolyte solution of 0.2 milligrams per liter at a flow rate of 0.5 liters per hour. The estimated operating cost of the reverse osmosis system is about 760 baht per m³ of the feed wastewater or about 45,600 baht per day.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นอย่างยิ่งที่ให้โอกาสทำโครงการที่บริษัท ดร.วิวรรณ กฤษณาสิมะ รองประธานกรรมการฝ่ายผลิตซัพพลายเชน คุณสมคิด วงศ์คำ ผู้จัดการฝ่ายผลิตสบู่ คุณมนตรี วงศ์ดิณชาติ หัวหน้าฝ่ายผลิตสบู่ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำโครงการ คุณยุทธศาสตร์ ภาโสสม ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการทดลองตรวจวัดคุณภาพน้ำทิ้ง พี่ๆ พนักงานทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำงาน และรศ.ดร. จินต์ อโณทัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ขอขอบคุณ โครงการ โครงการอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2549 ภายใต้งานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำโครงการ คุณสุรพล พัฒนพจนานท์ ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และรศ. ดร. อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขรายงาน

ขอขอบคุณ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้อุปกรณ์เพื่อตรวจวัดคุณภาพน้ำ คุณพรศักดิ์ ลือวิเศษสิน บริษัท โพรมิเนนท์ ฟลูอิด คอนโทรลส์ ประเทศไทย จำกัด ที่ให้คำปรึกษาและข้อมูลด้านเทคนิคของระบบออสโมซิสผ้นกลับ

ขอขอบพระคุณบิดามารดาและสมาชิกในครอบครัว ที่สนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา ทั้งนี้หากรายงานนี้มีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิจัยขอน้อมรับ และขออภัยมา ณ โอกาสนี้

นางสาวพัชรินทร์ ศุภวิมล

นางสาวพิชญอร โสภณทรินทร์

14 มีนาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	I
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 องค์ประกอบต่างๆ ของน้ำทิ้ง	3
2.2 การบำบัดน้ำเสีย	4
2.3 กระบวนการ โคลแอกกูเลชัน (Coagulation) และฟล็อกกูเลชัน (Flocculation)	6
2.4 กระบวนการออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis)	9
2.5 เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology)	12
2.6 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	13
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 รายละเอียดของกระบวนการที่ศึกษา	17
3.1 สบู่	17
3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตสบู่	17
3.3 กระบวนการผลิตสบู่	18
3.4 ระบบบำบัดน้ำทิ้งของกระบวนการผลิตสบู่และบำบัดน้ำเสียรวมของบริษัท	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การดำเนินงาน	27
4.1 การศึกษาผลของปริมาณวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ต่อคุณภาพน้ำทิ้ง	27
4.2 การตรวจสอบตำแหน่งและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งภายในกระบวนการผลิตสบู่	27
4.3 การหาวิธีลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมี	29
บทที่ 5 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล	35
5.1 การลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีโดยใช้ หลักการของเทคโนโลยีสะอาด	35
5.2 การลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีโดยใช้ กระบวนการออสโมซิสผันกลับ	35
5.3 การคำนวณความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งกระบวนการ ออสโมซิสผันกลับ	43
บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	46
6.1 สรุปผลการดำเนินงาน	46
6.2 ข้อเสนอแนะ	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	50
ภาคผนวก ก ความสามารถของระบบออสโมซิสผันกลับในการกำจัดเกลือต่างๆ	51
ภาคผนวก ข ผลการทดลองจากวิธีจาร์เทสต์	54
ภาคผนวก ค การคำนวณความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งกระบวนการ ออสโมซิสผันกลับ	56

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ความเป็นกรด-เบส ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ความต้องการออกซิเจนทางเคมี และลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งที่ตำแหน่งต่างๆ จากกระบวนการผลิตสบู่ (กันยายน - ตุลาคม พ.ศ. 2549)	28
ตารางที่ 4.2 ชนิดของไอออนในบ่อพักน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่	29
ตารางที่ 4.3 เงินลงทุนและค่าปฏิบัติการ	34
ตารางที่ 5.1 คุณภาพของน้ำเสียที่บ่อพักน้ำเสียของกระบวนการผลิตสบู่ก่อนการทดสอบ ด้วยวิธีจาร์เทสต์	36
ตารางที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียดังกล่าวกับลักษณะของฟล็อก จากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	37
ตารางที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายสารส้มกับลักษณะของฟล็อก จากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	40
ตารางที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์กับลักษณะของฟล็อกจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	42
ตารางที่ 5.5 เงินลงทุนในการติดตั้งกระบวนการออสโมซิสผ้นกลับ	44
ตารางที่ 5.6 ค่าสารเคมีสำหรับกระบวนการ โคแอกกูเลชันและกระบวนการ ออสโมซิสผ้นกลับ	44
ตารางที่ 5.7 ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่ากำจัดน้ำทิ้งของกระบวนการ ออสโมซิสผ้นกลับ	45
ตารางที่ 5.8 สรุปค่าใช้จ่ายในการติดตั้งกระบวนการออสโมซิสผ้นกลับ	45
ตารางที่ ก.1 ความสามารถของระบบออสโมซิสผ้นกลับในการกำจัดเกลือต่างๆ	52

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 สารเคมีช่วยตกตะกอน	7
รูปที่ 2.2 ลักษณะการจับอนุภาคของพอลิอิเล็กโทรไลต์	8
รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการออกสโมซิสกับกระบวนการออกสโมซิสผั่นกลับ	9
รูปที่ 2.4 กลไกการทำงานของแผ่นเยื่อกรอง	10
รูปที่ 2.5 การซึมผ่านแผ่นเยื่อกรองของน้ำทิ้ง	10
รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตสบู่	19
รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่	20
รูปที่ 3.3 กระบวนการลดความชื้นของเกล็ดสบู่	22
รูปที่ 3.4 กระบวนการตีผสมสบู่เพื่อผลิตใหม่	23
รูปที่ 3.5 กระบวนการกลั่นกลีเซอรินบริสุทธิ์	24
รูปที่ 3.6 บ่อดักไขมัน	26
รูปที่ 3.7 บ่อพักน้ำเสียของกระบวนการผลิตสบู่	26
รูปที่ 3.8 บ่อบำบัดทางเคมีของบริษัท	26
รูปที่ 4.1 ปุ่มป้อนวัตถุดิบ	30
รูปที่ 4.2 ฝาครอบบ่อน้ำเกลือ	30
รูปที่ 4.3 รางร่อนน้ำเกลือ	31
รูปที่ 5.1 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมี เดือนพฤษภาคม - ธันวาคม ปี พ.ศ. 2549	35
รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียกับความขุ่นที่เหลือในน้ำเสีย จากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	37
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียกับของแข็งละลายน้ำทั้งหมด จากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	38
รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียกับความต้องการออกซิเจน ทางเคมีจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	38

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายสารส้มกับความขุ่นที่เหลือในน้ำเสียจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	39
รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายสารส้มกับของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	40
รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายสารส้มกับความต้องการออกซิเจนทางเคมีจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	41
รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์กับความขุ่นที่เหลือในน้ำเสียจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	42
รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์กับของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	43
รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์กับความต้องการออกซิเจนทางเคมีจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์	43
รูปที่ ค. 1 ผังกระแสเงินสด	58

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัญหาน้ำเสียเกิดขึ้นพร้อมกับการเจริญเติบโตของชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการเพิ่มกำลังการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม การบำบัดน้ำเสียเพื่อให้ได้คุณภาพของน้ำทิ้งตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคชั้นนำของประเทศ ตามเกณฑ์ของกฎหมายจัดเป็นโรงงานควบคุมขนาดใหญ่ สินค้าที่ผลิตแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล (Personal Care Products) และผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน (Home Care Products) ที่เป็นของแข็งและของเหลว และผลิตภัณฑ์อาหารและไอศกรีม (Foods & Ice Cream Products)

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 บริษัทต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียเฉพาะในส่วนของกระบวนการผลิตสบู่เฉลี่ย 250,000 บาทต่อเดือน ในปี พ.ศ. 2548 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้นเป็น 375,000 บาทต่อเดือน และในปี พ.ศ. 2549 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 389,750 บาทต่อเดือน จากการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่ส่วนใหญ่มาจากการล้างหน่วยปฏิบัติการต่างๆ เช่น เครื่องหมุนเหวี่ยงสบู่ (Soap Centrifuge) เครื่องหมุนเหวี่ยงเกลือ (Salt Centrifuge) และกระบวนการกลั่นกลีเซอรินให้บริสุทธิ์ เป็นต้น ในการล้างหน่วยปฏิบัติการ โดยเฉลี่ยทำ 2 วันต่อครั้ง และเกิดน้ำเสียประมาณ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อการล้าง 1 ครั้ง จากการตรวจสอบพบว่าน้ำเสียมีค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) ประมาณ 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD) ประมาณ 10,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมตามกำหนดของกระทรวงอุตสาหกรรม ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียต้องไม่เกิน 3,000 และ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ [1-2] และตามมาตรฐานน้ำทิ้งของนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียต้องไม่เกิน 3,000 และ 750 มิลลิกรัมต่อลิตร [3] จะเห็นว่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตที่ตรวจพบข้างต้น ทำให้บริษัทต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่สูง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาวิธีลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 หาวิธีลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่

1.2.2 ต้องการลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษากระบวนการผลิตสบู่และกำกับการผลิต

1.3.2 ศึกษาปริมาณการใช้วัตถุดิบและสารเคมีในกระบวนการผลิตสบู่

1.3.3 ศึกษาระบบบำบัดน้ำทิ้งที่ใช้ในปัจจุบัน

1.3.4 ตรวจสอบตำแหน่งน้ำทิ้งและตำแหน่งที่เกิดการรั่วไหลในกระบวนการผลิตสบู่และกระบวนการกลั่นกลีเซอรินบริสุทธิ์

1.3.5 วิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งแต่ละตำแหน่งของกระบวนการผลิตสบู่

1.3.6 หาวิธีลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่ ก่อนส่งไปยังบ่อบำบัดน้ำเสียรวมของบริษัท

1.3.7 เสนอแนวทางการแก้ไขให้กับบริษัท

1.3.8 สรุปผลการดำเนินงานและเขียนรายงาน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ทราบชนิดและปริมาณการใช้วัตถุดิบที่มีผลต่อคุณภาพน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตสบู่

1.4.2 ทราบปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีจากตำแหน่งต่างๆ ในกระบวนการผลิตสบู่

1.4.3 แนวทางการบำบัดน้ำเสียที่สามารถลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีที่ได้น้ำทิ้งตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอุตสาหกรรมด้วยต้นทุนต่ำ

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 องค์ประกอบต่างๆ ของน้ำทิ้ง [4-6]

2.1.1 ความเป็นกรด-เบส (pH)

ความเป็นกรด-เบส (pH) แสดงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน เป็นค่าที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการบำบัดน้ำเสียทั้งโดยวิธีทางชีวภาพและวิธีทางเคมี การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพเหมาะสมกับน้ำเสียที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเป็นกลาง

2.1.2 ความขุ่น (Turbidity)

เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำที่กั้นหรือขวางแสงแดด เนื่องจากความขุ่นเป็นพารามิเตอร์ที่วัดได้ง่าย จึงนิยมใช้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการหลายประเภท เช่น กระบวนการกรองน้ำ กระบวนการตกตะกอน เป็นต้น

2.1.3 ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (Biochemical Oxygen Demand: BOD)

เป็นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 °C มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพเป็นค่าที่ใช้บอกถึงความสกปรกของน้ำเสียว่ามีมากน้อยเพียงใด ถ้ามีค่าสูงแสดงว่ามีความสกปรกหรือมีสารอินทรีย์มาก ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพและใช้ในการหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

2.1.4 ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD)

เป็นปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ความต้องการออกซิเจนทางเคมีมักจะมีค่าสูงกว่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ เนื่องจากความต้องการออกซิเจนทางเคมีไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายทางชีวภาพและสารที่ยากต่อการย่อยสลายทางชีวภาพได้ แต่มีข้อดีคือใช้เวลาในการวิเคราะห์เพียง 3 ชั่วโมงเท่านั้น ความต้องการออกซิเจนทางเคมีมีความสำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย การตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ และยังสามารถใช้ในการประเมินความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพอย่างคร่าวๆ ได้

2.1.5 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) [5]

เป็นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และสามารถผ่านกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐานแล้วยังคงเหลืออยู่หลังการระเหยน้ำจนแห้ง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C

2.1.6 คลอไรด์ (Chloride)

ปริมาณคลอไรด์ในน้ำบอกรถึงแนวโน้มของน้ำที่มีคุณสมบัติในการกัดกร่อน ไอออนคลอไรด์ละลายน้ำได้ง่ายเป็นสาเหตุทำให้เกิดของแข็งละลายน้ำ

2.1.7 โลหะหนัก (Heavy Metals)

โลหะหนักในน้ำเสียมีอยู่หลายชนิด เช่น แคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว แมงกานีส โปรท นิกเกิล และสังกะสี โลหะบางชนิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จึงจำเป็นต้องทราบว่าในน้ำเสียมโลหะหนักชนิดใดและในปริมาณเท่าไร ปริมาณโลหะจะมีผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์และการเลือกกระบวนการบำบัดที่มีความเหมาะสม

2.1.8 ไขมัน น้ำมัน และน้ำมัน (Fat, Grease and Oil) [6]

ส่วนใหญ่ ได้แก่ ไขมันและน้ำมันจากพืชและสัตว์ที่ใช้ในการปรุงอาหาร สบู่จากการอาบน้ำ ฟองสารซักฟอกจากการชำระล้าง สารเหล่านี้มีน้ำหนักเบาและลอยน้ำ ทำให้เกิดสภาพไม่นำดูและขวางกั้นการละลายของออกซิเจนจากอากาศสู่แหล่งน้ำ

2.2 การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง กระบวนการปรับปรุงน้ำเสียเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภท โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แต่ทั้งนี้ห้ามไม่ให้ใช้วิธีการทำให้เจือจาง (Dilution) โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศ [1-2] เช่น

1. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของ โรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. ความต้องการออกซิเจนทางเคมีไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของ โรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

กระบวนการบำบัดน้ำเสีย แบ่งเป็น 4 หลักการดังนี้ [6-8]

1. กระบวนการทางกายภาพ (Physical Unit Process) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยแรงทางกายภาพต่างๆ ในการแยกชั้นของเหลวหรือของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย โดยมากมักเป็นขั้นตอนแรกในการบำบัดน้ำเสีย เช่น

- การคัดด้วยตะแกรง (Screening) ตะแกรงใช้ลักษณะต่างๆ จากน้ำเสีย เช่น เศษไม้ เศษกระดาษ เศษพลาสติก ฯลฯ ป้องกันการเสียหายที่มีต่อเครื่องจักรกลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การกำจัดไขมันและน้ำมัน (Grease and Oil Removal) ระบบกำจัดไขมันหรือน้ำมันที่นิยมใช้เป็นถังพักที่มีแผ่นกั้นขวางอยู่ในบ่อเพื่อให้ดักไขมันไว้ได้ปริมาณมาก

2. กระบวนการทางเคมี (Chemical Unit Process) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้สารเคมีผสมกับน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี และแยกมวลสารต่างๆ ออกจากน้ำเสีย เช่น

- การทำให้เป็นกลาง น้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ปูนขาวหรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนน้ำเสียที่มีสภาพเป็นเบสสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดซัลฟิวริก กรดไฮโดรคลอริก หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

- การกำจัดตะกอนแขวนลอยด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) ตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามากเรียกว่า คอลลอยด์ (Colloids) คอลลอยด์ไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนตามธรรมชาติ การเติมสารเคมีบางชนิด เช่น สารส้ม สามารถทำให้คอลลอยด์หลายๆ อนุภาคจับตัวกันเป็นกลุ่มเรียกว่า ฟล็อก (Floc) จนมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้รวดเร็ว กระบวนการรวมตัวของคอลลอยด์นี้เรียกว่าโคแอกกูเลชัน (Coagulation)

3. กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Unit Process) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่างๆ ไปเป็นก๊าซลอยขึ้นสู่อากาศและได้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนขึ้น เช่น

- บ่อแอนแอโรบิกใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงเป็นวิธีที่ไม่ต้องเติมออกซิเจนซึ่งเหมาะกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งสูง เนื่องจากของแข็งจะตกลงสู่ก้นบ่อและถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก ระบบนี้นิยมกันแพร่หลายเพราะประหยัดพลังงานในการเติมอากาศ และยังได้ก๊าซมีเทนเป็นผลพลอยได้

- บ่อแอโรบิกเป็นบ่อที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายแขวนลอยอยู่ และมีความลึกไม่มากนัก เพื่อให้ออกซิเจนกระจายทั่วทั้งบ่อและมีสภาพเป็นแอโรบิกตลอดความลึก บ่อแบบนี้อาศัยออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและการเติมอากาศที่ผิวหน้าและยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ส่วนหนึ่งโดยอาศัยแสงแดด

4. กระบวนการทางกายภาพและเคมี (Physicochemical Unit Process) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ทั้งวิธีทางกายภาพและทางเคมีรวมกัน ใช้กำจัดสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย วัตถุประสงค์ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการนี้ คือ ต้องการได้คุณภาพน้ำทิ้งที่ดีตามความต้องการในมาตรฐานสูง โดยมากกระบวนการนี้จะมักใช้ช่วยในการติดตั้งและดำเนินการสูง เช่น

- การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) ระบบนี้ใช้หลักการแลกเปลี่ยนไอออนของสารในเงื่อนไขที่มีในน้ำเสีย เช่น แยกแอมโมเนียมไอออน คอปเปอร์ไอออน เงินคั้น โดยอาศัยเรซินเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนไอออน เรซินจะบรรจุในถังแลกเปลี่ยนประจุซึ่งมีน้ำไหลเข้าแบบไหลลง การไหลเข้าจะใช้แรงดันที่เหมาะสม และน้ำทิ้งจะไหลออกทางส่วนล่างของถัง ระบบนี้ต้อง

มีการล้างถังอย่างสม่ำเสมอเมื่อมีตะกอนขังภายในเกินมาตรฐานและควรทำการรีเจนเนอเรต (Regenerate) เรซินบ่อยครั้งด้วย

- กระบวนการออสโมซิสผกกลับ (Reverse Osmosis: RO) ระบบนี้เรียกว่าระบบไฮเพอร์ฟิวเทรชัน (Hyperfiltration) นิยมใช้แยกเกลือที่ละลายน้ำได้ด้วยการกรองผ่านแผ่นเยื่อกรองแบบเยื่อกึ่งซึมผ่านได้ (Semipermeable Membrane) ที่ความดันสูงกว่าความดันออสโมติก (Osmotic Pressure) ก่อนใช้ระบบนี้ น้ำที่ถึงจะต้องผ่านระบบที่สามารถกำจัดหรือแยกตะกอนสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ออกจากน้ำก่อน ซึ่งทำได้โดยใช้กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) กระบวนการออสโมซิสผกกลับใช้บำบัดน้ำทิ้งให้มีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้มาตรฐานสูง หรือต้องการนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต หรือเพื่อไปใช้เป็นน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภค

2.3 กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) และฟล็อกกูเลชัน (Flocculation) [8]

ขนาดของอนุภาคคอลลอยด์ โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 10^{-6} จนถึง 10^{-3} มิลลิเมตร เนื่องจากมีขนาดเล็กจึงไม่สามารถตกตะกอนได้ด้วยน้ำหนักของตัวเองในเวลาจำกัด นอกจากนี้อนุภาคคอลลอยด์เมื่ออยู่ในน้ำจะมีประจุประจำตัว โดยพวกที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) จะมีประจุบวก เช่น สารอินทรีย์ สบู่ หรือ สารซักฟอก ส่วนพวกที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) มักจะมีประจุเป็นลบ เช่น อนุภาคของดินเหนียว และเนื่องจากอนุภาคดังกล่าวมีประจุ ทำให้อนุภาคที่มีประจุชนิดเดียวกันเกิดแรงผลักรันระหว่างอนุภาค อนุภาคเหล่านั้นจึงมีเสถียรภาพสูงจึงไม่จับตัวกันและไม่ตกตะกอน ดังนั้นการทำให้อนุภาคต่างๆ รวมตัวกันเป็นตะกอนต้องทำ 2 ขั้นตอน คือ

1. การทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ (Destabilization) ใช้กลไก 4 แบบ คือ

1.1 ลดความหนาของชั้นกระจาย (Diffuse Layer) โดยการเพิ่มประจุตรงกันข้ามกับคอลลอยด์ในชั้นกระจายให้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้า (Zeta Potential) ที่ผิวนอกสุดของน้ำลดตามไปด้วย

1.2 ดูดติดผิวและทำลายประจุของอนุภาคคอลลอยด์ (Adsorption and Charge Neutralization) โดยเติมสารเคมีที่ให้ประจุตรงกันข้ามกับอนุภาคคอลลอยด์และสามารถดูดติดบนผิวของอนุภาคคอลลอยด์ได้

1.3 การสร้างผลึกขึ้นมาเพื่อให้อนุภาคคอลลอยด์มาเกาะจับ (Sweep Coagulation) เช่น การใส่สารส้มลงไปทำให้เกิดผลึกขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากขึ้น เพื่อให้อนุภาคมาเกาะแล้วรวมกันเป็นฟล็อก

1.4 สร้างสะพานเชื่อมต่ออนุภาคคอลลอยด์ โดยใช้สารพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ใส่ลงในน้ำเพื่อสร้างไอออนจำนวนมากให้เกาะจับกับอนุภาคคอลลอยด์และยังมีแขนเชื่อมติดกับอนุภาคคอลลอยด์ตัวอื่นๆ เพื่อทำให้เกิดฟล็อก

2. ทำให้อนุภาคคอลลอยด์ที่หมดเสถียรภาพแล้ว เคลื่อนที่มาสัมผัสและเกาะจับกันเป็นกลุ่มก้อนหรือฟล็อกกูเลชัน (Flocculation) และตกตะกอน

สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการ โคแอกกูเลชัน [6]

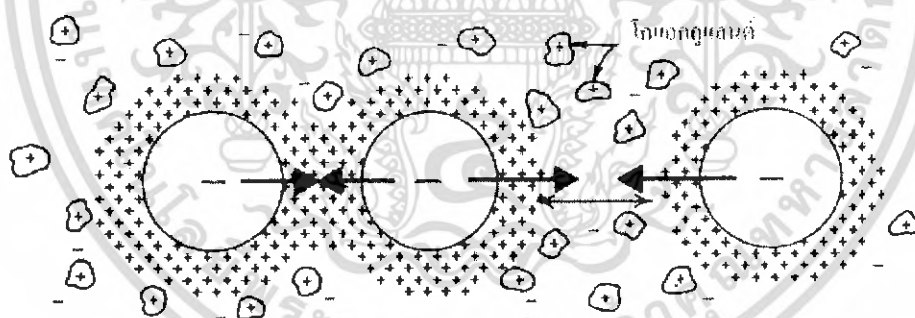
1. โคแอกกูแลนต์ (Coagulants)

เป็นสารเคมีช่วยตกตะกอน สารที่นิยมใช้มากที่สุด คือ สารส้ม (Aluminium Sulfate) สูตรโมเลกุล $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ เนื่องจากสามารถใช้ได้ดีกับน้ำดิบจากแหล่งต่างๆ และหาซื้อได้ง่ายในราคาที่ไม่แพงมากนัก สารส้มใช้ผสมกับน้ำเสียเพื่อช่วยสร้างตะกอนโดยลดแรงผลักระหว่างอนุภาคทำให้อนุภาคคอลลอยด์จับตัวกันเป็นกลุ่มฟล็อกจนมีน้ำหนักมากและตกตะกอน ดังรูปที่ 2.1

เมื่อสารส้มละลายในน้ำที่มีความเป็นเบสจะแตกตัว ดังนี้



สารส้มละลายน้ำได้ Al^{+3} ไปจับกับอนุภาคคอลลอยด์ในเวลารวดเร็ว Al^{+3} ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ผลึก $Al(OH)_3$ ที่ไม่ละลายน้ำและสร้างอนุภาคให้ใหญ่ขึ้นเพื่อตกตะกอน

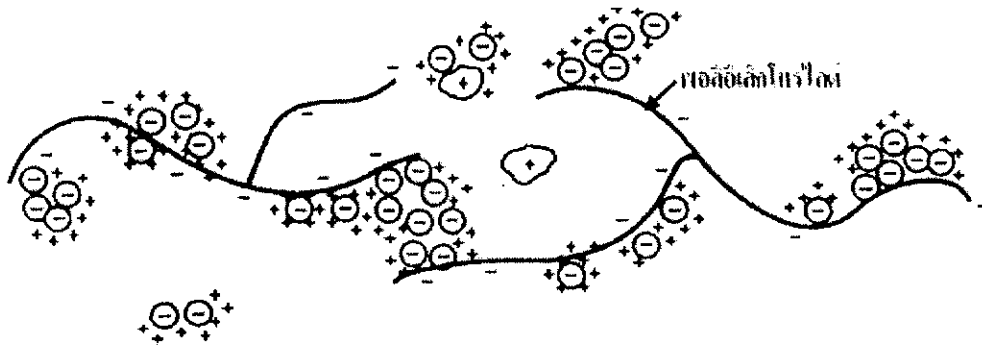


รูปที่ 2.1 สารเคมีช่วยตกตะกอน [9]

2. สารเคมีเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอน (Coagulant Aids) [9]

การตกตะกอนด้วยโคแอกกูแลนต์บางครั้งพบปัญหาเรื่องตกตะกอนช้า จึงต้องใช้สารเคมีจำพวกพอลิเมอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอน ทำให้อนุภาคเกิดการสัมผัสกันมากขึ้น เกาะติดกันมีขนาดใหญ่ขึ้น ปัจจุบันนิยมใช้พอลิเมอร์ประเภทพอลิอิเล็กโทรไลต์ (Polyelectrolyte)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะการจับอนุภาคของพอลิอิเล็กโทรไลต์ [9]

พอลิอิเล็กโทรไลต์มีมวลโมเลกุลสูงในช่วง 10,000 – 1,000,000 หรือมากกว่า มีลักษณะเป็นสายยาวร่างแห ดังรูปที่ 2.2 สามารถแตกตัวในน้ำแสดงประจุไฟฟ้าซึ่งจะช่วยให้อนุภาคคอลลอยด์จับตัวรวมกันเป็นฟล็อกเร็วขึ้น พอลิอิเล็กโทรไลต์มีทั้งหมด 4 ประเภทคือ

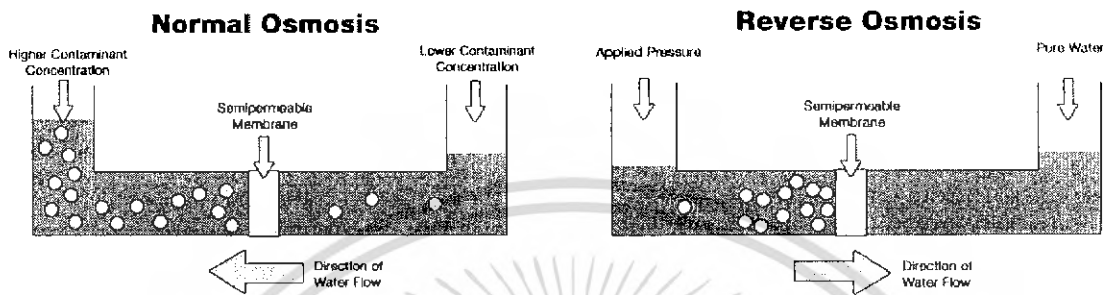
1. Anionic มีประจุลบ เช่น พอลิอะคริลาไมด์ (Polyacrylamide)
2. Cationic มีประจุบวก เช่น พอลิเอไมด์ (Polyamide)
3. Amphotolytic มีทั้งประจุบวกและลบ
4. Non-ionic ไม่แสดงประจุไฟฟ้า เช่น แป้ง

พอลิเมอร์สามารถสร้างโคเอกกูเลชันให้กับน้ำขุ่นได้ โดยใช้พอลิเมอร์ที่มีประจุตรงข้ามกับอนุภาคที่ต้องการทำลายเสถียรภาพนั้น จะเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตทำให้เกิดอนุภาคที่มีตำแหน่งประจุบนผิวต่างๆ กัน คือ บางส่วนยังเป็นลบ บางส่วนกลายเป็นบวก การทำลายเสถียรภาพจะเกิดเมื่ออนุภาคซึ่งมีประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกันเป็นหย่อมๆ เคลื่อนที่มาใกล้กันแล้วเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตระหว่างประจุไฟฟ้าที่มีประจุต่างกัน

ลำดับการเติมสารเคมีช่วยในการตกตะกอนมีความสำคัญมาก คือ ต้องไม่เติมพอลิเมอร์พร้อมกับสารส้มลงในถังกวนเร็วใบเดียวกัน โดยทั่วไปต้องการถังกวนอย่างน้อย 2 ใบต่ออนุกรมกัน และเติมสารส้มในถังกวนเร็วเพื่อสร้างตะกอน จากนั้นเติมพอลิเมอร์ในถังกวนช้าเพื่อให้ตะกอนรวมตัวกัน จนมีน้ำหนักมากขึ้นและตกตะกอน

2.4 กระบวนการออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis: RO) [10-13]

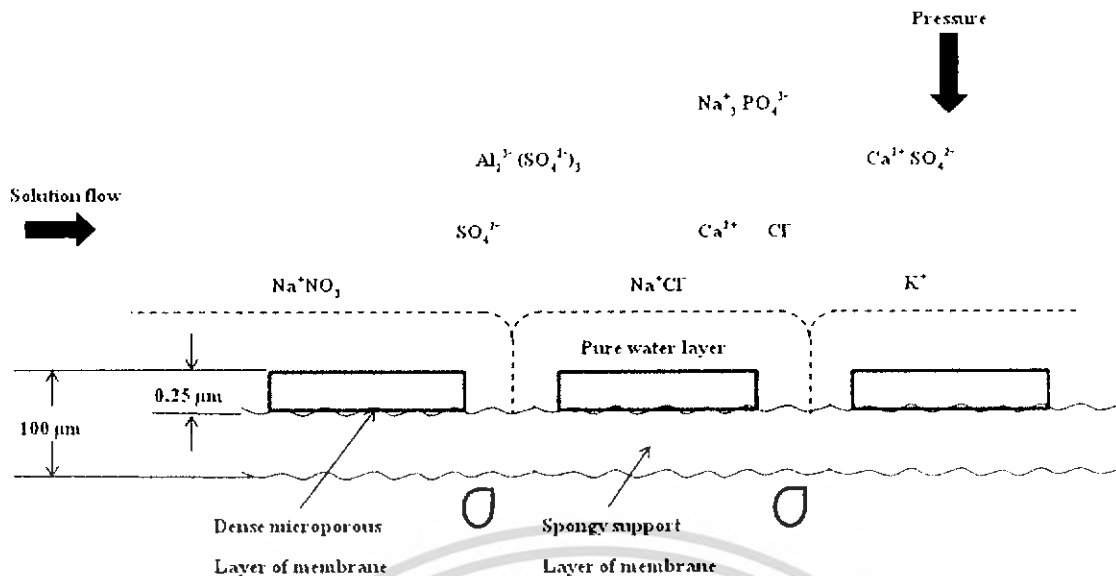
กระบวนการออสโมซิสผันกลับ เป็นปรากฏการณ์ที่ของเหลวซึมผ่านแผ่นเยื่อกรองแบบเยื่อกึ่งซึมผ่านได้ (Semipermeable Membrane) โดยให้ความดันไฮดรอลิก (Hydraulic Pressure) ที่มากกว่าความดันออสโมติก (Osmotic Pressure) แก่สารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เพื่อให้เกิดการออสโมซิสจากสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำ [10]



รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการออสโมซิสกับกระบวนการออสโมซิสผันกลับ [11]

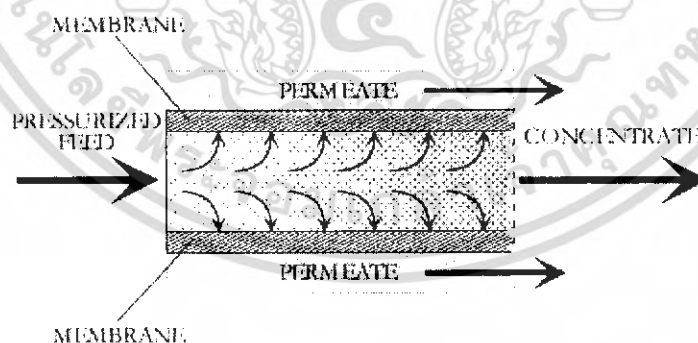
กระบวนการออสโมซิสผันกลับเป็นระบบไฮเพอร์ฟิลเทรชัน (Ultrafiltration) สามารถแยกสารปนเปื้อนขนาดตั้งแต่ 4×10^{-7} ถึง 6×10^{-5} มิลลิเมตร เช่น เกลือที่ละลายน้ำด้วยการกรองผ่านแผ่นเยื่อกรองแบบเยื่อกึ่งซึมผ่านได้ (Semipermeable Membrane) ด้วยความดันสูง โดยปกติจะมีขนาดความดันตั้งแต่ความดันบรรยากาศจนถึง 6,900 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ระบบนี้ประกอบด้วยแผ่นเยื่อกรอง ตัวถัง และเครื่องสูบน้ำที่ให้ความดันสูง แผ่นเยื่อกรองที่นิยมใช้มากได้แก่ เซลลูโลสอะซิเตต (Cellulose Acetate) และไนลอน (Nylon) ซึ่งมีรูปลักษณะเป็นแบบม้วน (Spiral Wound) แบบท่อ (Tubular) หรือ แบบเส้นใยกลวง (Hollow Fiber) โดยนำไปใช้บำบัดน้ำทิ้งให้มีคุณภาพน้ำทิ้งได้มาตรฐานสูง

กลไกในการทำงานของกระบวนการออสโมซิสผันกลับ แผ่นเยื่อกรองจะยอมให้โมเลกุลของน้ำผ่านออกไปได้เท่านั้น โดยน้ำทิ้งจะไหลแพร่กระจายขนานไปกับผิวของแผ่นเยื่อกรอง ส่วนไอออนต่างๆ ของสารละลายเกลือแร่เข้มข้นจะถูกแผ่นเยื่อกรองผลักคั้นออกไปไม่ให้ซึมผ่านแผ่นเยื่อกรองได้ ดังรูปที่ 2.4 แรงผลักระหว่างแผ่นเยื่อกรองกับเกลือแร่จะทำให้เกิดชั้นน้ำบริสุทธิ์ปกคลุมผิวหน้าของแผ่นเยื่อกรอง หนาประมาณ 2 โมเลกุลของน้ำซ้อนกัน หรือหนาประมาณ 1 ไมครอน การไหลผ่านของชั้นน้ำจะทำให้เกิดไฮเดรชัน (Hydration) กับไอออนที่มีขนาดเล็กกว่ารูของแผ่นเยื่อกรองด้วย จึงทำให้ไอออนที่มีขนาดเล็กมากสามารถซึมผ่านแผ่นเยื่อกรองออกไปได้ [12]



รูปที่ 2.4 กลไกการทำงานของแผ่นเยื่อกรอง [12]

ถ้าอัตราความดันสูงขึ้นเข้าไปในระบบ ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านก็จะสูงขึ้น ซึ่งอัตราการซึมผ่าน เรียกว่า Water Flux มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อพื้นที่ต่อชั่วโมง น้ำสะอาดที่ไหลผ่านออกมา คือ Permeate Water อัตราการซึมผ่านนั้นนอกจากขึ้นกับแรงดันแล้ว ยังขึ้นกับคุณภาพของน้ำดิบ ถ้า น้ำดิบมีของแข็งละลายน้ำสูง อัตราการซึมผ่านจะน้อยลง และมีการซึมผ่านของเกลือแร่หรือสารเคมี ผ่านแผ่นเยื่อกรองออกมาได้บ้าง แร่ธาตุที่ปนเปื้อนออกมานี้เรียกว่า Salt Flux มีหน่วยเป็นกรัมต่อ ตารางเมตรต่อชั่วโมง แผ่นเยื่อกรองที่ดีจะมี Salt Flux ต่ำและ Water Flux สูง และน้ำที่ไม่สามารถ ซึมผ่านออกมาได้หรือน้ำทิ้งจะมีความเข้มข้นสูงขึ้น เรียกว่า น้ำทิ้งเข้มข้น (Concentrate Water) [12]



รูปที่ 2.5 การซึมผ่านแผ่นเยื่อกรองของน้ำทิ้ง [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นเยื่อกรองที่ดีต้องมีคุณสมบัติไม่ยอมให้ไอออนของเกลือแร่ไหลผ่านออกไปได้ ความสามารถในการกำจัดสารละลายชนิดต่างๆ ของแผ่นเยื่อกรองจะมีไม่เท่ากัน ถ้าเป็นสารละลายจำพวกอนินทรีย์จะมีค่า Rejection ประมาณ 95-99% และถ้าเป็นสารพวกคอลลอยด์ เช่น แบคทีเรีย ความขุ่น จะมีค่า Rejection สูงถึง 100%

อัตราการผลิตน้ำ (% Recovery) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณของน้ำสะอาดที่ผลิตได้ (Permeate Water) ต่อปริมาณของน้ำที่ป้อนเข้ากระบวนการ (Feed Water) หรือ

$$\% \text{ Recovery} = \frac{Q_p \times 100\%}{Q_o} \quad (2.4)$$

Q_p = อัตราการไหลของน้ำสะอาดที่ผลิตได้จากกระบวนการออสโมซิสผกกลับ
(ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

Q_o = อัตราการไหลของน้ำที่ป้อนเข้ากระบวนการออสโมซิสผกกลับ
(ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

กระบวนการออสโมซิสผกกลับนิยมใช้ในการกรองน้ำกร่อย สามารถลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) จาก 4,500 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่นิยมใช้กับการกรองน้ำทะเลซึ่งมีของแข็งละลายน้ำทั้งหมดสูง 35,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากสิ้นเปลืองพลังงานและจะมีอายุของระบบกรองสั้นมาก พบว่าเมื่อใช้แผ่นเยื่อกรองเซลลูโลสอะซีเตตซึ่งเหมาะสมกับการกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง สามารถกำจัดสารอินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่ในน้ำทิ้งนี้ได้ถึง 90% ด้วยขนาดแรงดันประมาณ 320 มิลลิเมตรน้ำ อัตราไหลของน้ำสะอาดที่ได้ 0.30 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวัน และยังสามารถกำจัดสารอื่นๆ ที่หลงเหลืออยู่ในน้ำทิ้งได้ดังนี้ กำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (Total Organic Carbon: TOC) ได้ 90% ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด 93% ฟอสฟอรัส 94% สารอินทรีย์ไนโตรเจน 86% สารแอมโมเนียไนโตรเจน 85% และสารไนเตรตไนโตรเจน 65% [10] (แสดงดังภาคผนวก ค) ข้อจำกัดของกระบวนการออสโมซิสผกกลับ คือ เกิดปัญหาการอุดตันและการเสียหายของแผ่นเยื่อกรอง เนื่องจากน้ำที่นำมาบำบัดมีการปนเปื้อนสูง ดังนั้นน้ำที่นำมาบำบัดจะต้องนำไปผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันหรือผ่านตัวกรองชั้นต้นเพื่อกำจัดสารแขวนลอยที่มีโมเลกุลใหญ่ที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อแผ่นเยื่อกรองและหากต้องการนำน้ำจากกระบวนการออสโมซิสผกกลับ ไปใช้ในการอุปโภคบริโภค ต้องนำน้ำไปผ่านตัวกรองชั้นสุดท้ายอีกครั้งหนึ่งเพื่อเป็นการขจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ออกไป [13]

ประโยชน์ของกระบวนการออสโมซิสผันกลับ [12]

1. ลดปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)
2. ลดปริมาณของความกระด้าง (แต่ควรบำบัดเบื้องต้นก่อน)
3. ลดปริมาณของคลอไรด์ที่ทำให้เกิดความเค็ม
4. ลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำ
5. ลดหรือกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ
6. ลดหรือกำจัดโลหะหนักที่เป็นพิษ
7. ลดหรือกำจัดจุลินทรีย์รวมทั้งไวรัส

2.5 เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology: CT) [14-15]

เทคโนโลยีสะอาด หมายถึง การพัฒนา ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดผลกระทบ ความเสี่ยงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด และเกิดของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ด้วยการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำและการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นทั้งการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนการผลิต

วิธีการของเทคโนโลยีสะอาดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ ดังนี้

1. การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ได้แก่

1.1 เปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ เช่น ลดหรือยกเลิกการใช้วัตถุดิบที่เป็นอันตราย ใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพสูง เพื่อหลีกเลี่ยงการเติมสิ่งเจือปนเข้าไปในกระบวนการผลิตและใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

1.2 เปลี่ยนแปลงและปรับปรุงผลิตภัณฑ์

- ตรวจสอบหรือเปลี่ยนมาตรฐานคุณภาพผลิตภัณฑ์
- ปรับเปลี่ยนสูตรของผลิตภัณฑ์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- ยกเลิกการใช้องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
- ออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถแยกส่วนได้ ติดตั้งง่าย ประกอบง่าย และสามารถ

นำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่าย

1.3 เปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี เช่น เปลี่ยนอุปกรณ์ ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ หรือระบบท่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายหรือขนถ่าย ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติที่ช่วยลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน เปลี่ยนเงื่อนไขการผลิต เช่น อัตราการไหล อุณหภูมิ ความดัน หรือระยะเวลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตหรือลดปริมาณของเสีย

1.4 ปรับปรุงการดำเนินการหรือการจัดการ เช่น มีขั้นตอนการผลิตที่ชัดเจน มีกระบวนการทำงานและขั้นตอนบำรุงรักษาที่ชัดเจน มีการบริหารการปฏิบัติงาน มีการจัดการไหลของงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการขนถ่ายวัสดุให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีการทำรายงานบันทึกควบคุมสินค้าคงคลัง มีการฝึกอบรมพนักงานอย่างสม่ำเสมอ มีการแยกประเภทของมลพิษออกจากกันตามวิธีการกำจัด เป็นต้น

2. การนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น การนำน้ำจากกระบวนการผลิต หรือการนำของเหลวผลควบแน่น (Condensate) กลับมาใช้ใหม่

ประโยชน์จากการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ [15]

1. ลดของเสียจากการผลิต และประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสีย
2. ลดค่าใช้จ่ายการผลิต เพราะใช้วัตถุดิบน้อยลง แต่ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น
3. เพิ่มผลการผลิตและเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์
4. ประหยัดพลังงาน
5. ลดความเสี่ยงและอุบัติเหตุ
6. เพิ่มความสามารถในการแข่งขันและทำให้ภาพพจน์ขององค์กรดีขึ้น
7. เป็นไปตามกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของทางราชการ

2.6 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ [16-17]

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ใช้เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาของระบบ โดยพิจารณาลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจสำหรับดำเนินการในปัจจุบันและสำหรับการดำเนินการในอนาคต ส่วนมากที่กล่าวถึงจะเป็นการคาดคะเนค่าใช้จ่าย และผลได้ต่างๆ เพื่อกำหนดแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับอนาคต

โครงการทางวิศวกรรมซึ่งใช้เวลาน้อยที่สุด แรงงานน้อยที่สุด ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและให้ผลงานทางการให้บริการหรือสนองความต้องการ ได้มากที่สุด จะเป็นโครงการที่มีคุณค่ามากที่สุด อย่างไรก็ตาม โครงการที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยสุด มักจะไม่ใช่โครงการที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงต้องพิจารณาผลประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการนั้นๆ และยังคงคำนึงถึงเป้าหมายและนโยบายในการออกแบบโครงการทางวิศวกรรมนั้นด้วย เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโครงการในเชิงเศรษฐศาสตร์และรายละเอียดอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ [16]

การคำนวณมูลค่าของเงินตามกาลเวลา [17]

1. ระบบการจ่ายเงินครั้งเดียว (Single-payment System) เป็นระบบที่มีจำนวนเงินที่รับหรือจ่ายเพียงครั้งเดียวตอนเริ่มหรือสิ้นสุดระยะเวลาที่กำหนด เมื่อกำหนดให้เงินต้น (P) อัตราดอกเบี้ย ($i\%$) ต่อระยะเวลาที่กำหนด ระยะเวลา (n) ได้เงินรวมในอนาคตเท่ากับ (F) สามารถคำนวณค่าเงินต้น (P) ได้จากสมการที่ 2.5

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (2.5)$$

ค่าแฟกเตอร์ $1/(1+i)^n$ เรียกว่า “Single Payment Present Worth Factor” ใช้สัญลักษณ์ $(P/F, i\%, n)$ สามารถหาได้จากการเปิดตารางดอกเบี้ย

2. ระบบการจ่ายเป็นอนุกรมที่มีค่าเท่ากัน (Uniform-series System) เป็นระบบที่มีการรับหรือจ่ายเงินในแต่ละช่วงเวลามีค่าเท่ากันตลอดระยะเวลาที่กำหนด กรณีที่ทราบค่าเงินต้น (P) สามารถหาค่าเทียบเท่ารายปีที่เท่าๆ กัน (A) ได้จากสูตร

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (2.6)$$

ค่าแฟกเตอร์ $[i(1+i)^n / ((1+i)^n - 1)]$ เรียกว่า “Capital Recovery Factor” ใช้สัญลักษณ์ $(A/P, i\%, n)$

ทำนองเดียวกัน ถ้าทราบค่าเทียบเท่ารายปีที่เท่าๆ กัน (A) สามารถหาค่าเงินต้นหรือค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (P) ได้จากสูตร

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (2.7)$$

ค่าแฟกเตอร์ $[(1+i)^n - 1 / i(1+i)^n]$ เรียกว่า “Uniform-series Present Worth Factor” ใช้สัญลักษณ์ $(P/A, i\%, n)$

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [7, 18-22]

กนกวรรณ สกุลทรัพย์ศิริ และเปรมสิริ อีสวานิชย์ [7] กรณีศึกษาโรงงานผลิตพาทาลิกแอนไฮไดรด์และไดออกทิลพาทาลิก มีปัญหาเรื่องคุณภาพของน้ำเสียไม่ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม จึงต้องส่งให้การนิคมอุตสาหกรรมบำบัดทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงมาก โครงการนี้ได้ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่โดยใช้กระบวนการทางกายภาพแยกของแข็งและไดออกทิลพาทาลิกออกจากน้ำเสีย ใช้พลังงานที่เหลือจากกระบวนการผลิตพาทาลิกแอนไฮไดรด์ในการทำงานของหอกลิ้นเพื่อแยกไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ที่เกิดจากการสลายตัวของตัวเร่งปฏิกิริยา และใช้การบำบัดทางเคมีด้วยกระบวนการสร้างตะกอนและกระบวนการรวมตะกอนในการกำจัดสารปนเปื้อนอื่นๆ และไดออกทิลพาทาลิกที่เหลือ พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดทางเคมี คือ อุณหภูมิของน้ำเสียที่อุณหภูมิห้อง ค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.5 ความเข้มข้นของสารละลายสารส้มเท่ากับ 2.25 กรัมต่อลิตร ที่อัตราการไหล 50 ลิตรต่อชั่วโมง และความเข้มข้นสารละลาย

พอลิเมอร์ประจุลบเท่ากับ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อัตราการไหล 10 ลิตรต่อชั่วโมง น้ำเสียหลังการบำบัดมีความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.5 ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี 550 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการนำไฟฟ้า 3.05 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และค่ามวลค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดได้ 1,861 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

นงลักษณ์ เมฆาวรรณ และสสิธร สมใจนึก [18] ใช้โรงงานปั่นด้ายของบริษัท แอล วาย อินดัสตรีส์ จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานขนาดเล็กที่ยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียมาเป็นแบบจำลองการศึกษาเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง โดยมีข้อจำกัดในด้านพื้นที่ที่มีอยู่ในโรงงาน

จากผลการศึกษาลักษณะน้ำเสีย มีความต้องการออกซิเจนทางเคมี 690 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าการบำบัดโดยการตกตะกอนทางเคมีให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูง และสามารถใช้น้ำบำบัดน้ำเสียนี้ได้ดี โดยในการบำบัดมีการใช้เฟอร์ริกคลอไรด์ 0.1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรในการตกตะกอนแล้วนำไปผ่านการกรองด้วยถ่านแอนทราไซต์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะสามารถลดความต้องการออกซิเจนทางเคมีได้ถึง 95%

สลิตา เด่นแดน โคม และศศิธร พงศ์พิพร [19] ทดลองศึกษาอิทธิพลของปริมาณน้ำมันในน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยวิธีการทางเคมี เริ่มต้นจากจำลองน้ำเสียเพื่อทดลองในห้องปฏิบัติการ ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดที่ความเข้มข้นของน้ำมันในน้ำเสียต่างๆ สุดท้ายทดลองปรับสภาวะและการใช้สารเคมีในการบำบัดเพื่อให้ทราบถึงแนวทางในการปรับปรุงระบบต่อไป ผลจากการดำเนินงานพบว่าการลดปริมาณน้ำมันในน้ำเสียก่อนบำบัดจะส่งผลดี คือ ช่วยลดความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) และทำให้ตะกอนตกได้เร็วขึ้น ในกรณีที่ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานมาก การลดปริมาณการใช้สารละลาย $FeCl_3$ สามารถกระทำได้ และส่งผลบวกต่อความต้องการออกซิเจนทางเคมี ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และความเร็วในการตกตะกอน แต่ยังคงทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยเพิ่มขึ้น การลดปริมาณการใช้สารละลายพอลิเมอร์ส่งผลดีต่อประสิทธิภาพของระบบในระดับหนึ่งคือทำให้ความต้องการออกซิเจนทางเคมีและของแข็งละลายน้ำทั้งหมดลดลง แต่จะทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียหลังบำบัดสูงขึ้นและตกตะกอนได้ช้าลง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการลดปริมาณน้ำมันในน้ำเสียลงเป็นหนทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน อีกทั้งยังสามารถลดการใช้เฟอร์ริกคลอไรด์และพอลิเมอร์ได้อีกด้วย ล้วนส่งผลประโยชน์โดยตรงต่อโรงงานทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

สุทธิพงษ์ ลาภอนันต์ และอารีย์ แซ่ตั้ง [20] กรณีศึกษาน้ำทิ้งจากร้านอาหารทั่วไป และโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่มีน้ำมันและไขมันปะปนอยู่มีปริมาณน้ำมันและไขมันปนเปื้อนมาก วิธีการบำบัดที่นิยมใช้วิธีการหนึ่ง คือ กระบวนการตกตะกอนทางเคมี จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อซื้อสารสร้างตะกอนมาใช้ในการบำบัด จากการศึกษาสมบัติของกากตะกอนจากการทำอากาศยาน

และการประปาบางเขน ซึ่งเกิดขึ้นปริมาณมากในแต่ละวันและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดนั้น พบว่ามีองค์ประกอบสำคัญที่เหมาะสมต่อการเป็นโคแอกกูแลนต์ คือ Al_2O_3 และ SiO_2 ผลการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างจากโรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่ามีปริมาณน้ำมันและไขมันประมาณ 100-120 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาทดสอบจาร์เทสต์เพื่อหาปริมาณโคแอกกูแลนต์และความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม โคแอกกูแลนต์ที่ใช้ ได้แก่ สารส้มและพอลิอะลูมินัมคลอไรด์ (PAC) ปริมาณสารส้มที่เหมาะสมสำหรับการสร้างตะกอน คือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7.0 มีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน 65.15% ปริมาณ PAC ที่เหมาะสมคือ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 8.0 มีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมัน 64.32% เมื่อใช้กากตะกอนทั้ง 2 ชนิดเป็น โคแอกกูแลนต์เพียงอย่างเดียวให้ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันค่อนข้างต่ำ เมื่อใช้กากตะกอนทั้ง 2 ชนิดเป็นส่วนผสมกับโคแอกกูแลนต์ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 75:25, 50:50 และ 25:75 พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันและไขมันได้ ทั้งนี้ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของกากตะกอนเพิ่มขึ้น จึงเป็นแนวทางในการนำไปศึกษาต่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด เป็นการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่รวมทั้งช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียได้อีก

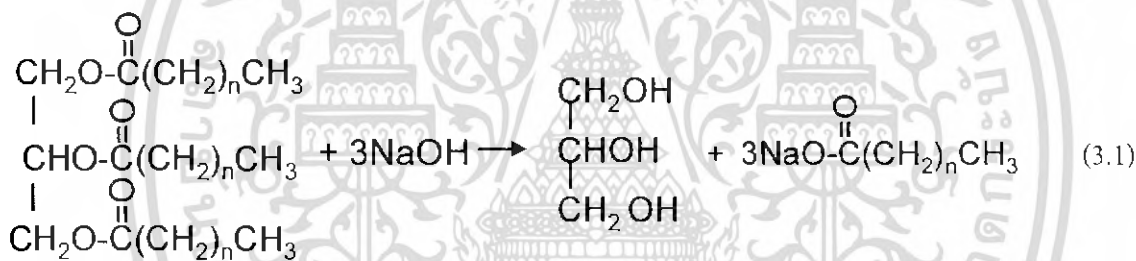
Sanna Kotrappanavar Nataraj และคณะ [21] ศึกษาการกำจัดโรงงานบำบัดน้ำเสีย โดยใช้วิธีแบบผสมระหว่างการกรองโดยใช้แผ่นเยื่อกรองขนาดเล็กระดับนาโนและกระบวนการออกซิเดชันผกผัน ซึ่งถูกนำมาใช้กำจัดสีและสิ่งเจือปนจากน้ำชะล้างในโรงต้มกลั่นเหล้า วิธีแผ่นเยื่อกรองนั้นสามารถใช้น้ำบำบัดน้ำเสียจากโรงต้มกลั่นเหล้า โดยรับน้ำเสียที่เข้ามาด้วยความดันในช่วง 0 - 70 บาร์ แผ่นเยื่อกรองขนาดเล็กระดับนาโนจะใช้กำจัดสี และกระบวนการออกซิเดชันผกผันสามารถกำจัดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด 99.80% ความต้องการออกซิเจนทางเคมี 99.90% และธาตุโพแทสเซียม 99.99% ปริมาณสิ่งเจือปนในน้ำที่ผ่านการกรองจะอยู่ในเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลกและสภาควบคุมมลพิษของอินเดีย โดยน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมามีของแข็งละลายน้ำทั้งหมดน้อยกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และความต้องการออกซิเจนทางเคมีน้อยกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าการบำบัดน้ำด้วยวิธีนี้สามารถนำไปใช้ได้ในบ้านเรือน น้ำสะอาดที่ได้มีความปลอดภัยและน้ำที่ปล่อยทิ้งไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม น้ำสะอาดที่นำกลับมาใช้ช่วยลดปริมาณการใช้บำบัดน้ำได้และลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

รายละเอียดของกระบวนการที่ศึกษา

3.1 สบู่ [14]

สบู่เป็นเคมีภัณฑ์ชำระล้างและเป็นสารลดแรงตึงผิวประเภทหนึ่ง โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลซึ่งเป็นส่วนที่มีขั้ว (Hydrophilic) มีคุณสมบัติชอบน้ำ และโมเลกุลของสายโซ่คาร์บอนซึ่งเป็นส่วนไม่มีขั้ว (Hydrophobic) ที่จะเกิดแรงผลักเมื่อเข้าไปใกล้โมเลกุลของน้ำ จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้สบู่สามารถละลายได้ในวัฏภาคของสารละลายที่ไม่มีขั้วและมีขั้ว ใช้ชำระล้างสิ่งสกปรกและไขมันได้

สบู่เป็นผลิตภัณฑ์จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับไขมันและน้ำมันจากแหล่งธรรมชาติ เช่น ไตรกลีเซอไรด์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับไตรกลีเซอไรด์ คือ กลีเซอรินและสบู่ ปฏิกิริยาดังกล่าวเรียกว่าสะปอนิฟิเคชัน (Saponification)



ไตรกลีเซอไรด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ กลีเซอริน สบู่

3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตสบู่ [3, 22]

1. น้ำมัน Blended Bleach Oil (BBO) เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมัน 3 ชนิด ที่ผ่านการฟอกสีแล้ว คือ น้ำมันปาล์ม (OP) น้ำมันปาล์มสเตอริน (OPS) น้ำมันมะพร้าว (CNO) ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะต้องตรวจคุณภาพของน้ำมันที่ได้รับเข้ามา น้ำมันที่มีค่าควบคุมต่างๆ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานจะถูกเก็บเข้า Tank Farm ตัวอย่างค่าควบคุมของน้ำมัน เช่น สี เบอร์เซินด์กรดไขมันอิสระ (Percent Free Fatty Acid: % FFA) ค่า Peroxide Value (P.V.) ค่า Iodine Value (I.V.) ค่า Saponification Value (Sap Value) ความชื้น และสิ่งเจือปน
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ต้องมีค่า % NaOH ตามกำหนด [3] และแยกสิ่งเจือปนที่อาจมีออกด้วยแผ่นกรองขนาด 100 เมช

3. สารละลายโซเดียมคลอไรด์

เกลือที่ใช้ในการเตรียมน้ำเกลือมี 2 ส่วน คือ

- เกลือที่ส่งเข้ามาซึ่งเป็นเกลือที่ใช้ในการปรุงอาหาร
- เกลือที่ได้จากการตกผลึกในขณะที่ให้ความร้อนกลีเซอรินที่ 2-effect Evaporator

โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใสในน้ำเกลือจะช่วยจับตะกอนของน้ำเกลือ และช่วยเพิ่มความเป็นเบส และช่วยปรับสภาพเนื้อสบู่ในขั้นตอนการล้างใน Rotating Disc Contactor (RDC) น้ำเกลือที่เตรียมได้จะต้องแยกสิ่งสกปรกออกก่อนโดยผ่านแผ่นกรองขนาด 100 เมช

4. สารละลายกรดซิตริก

5. Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)

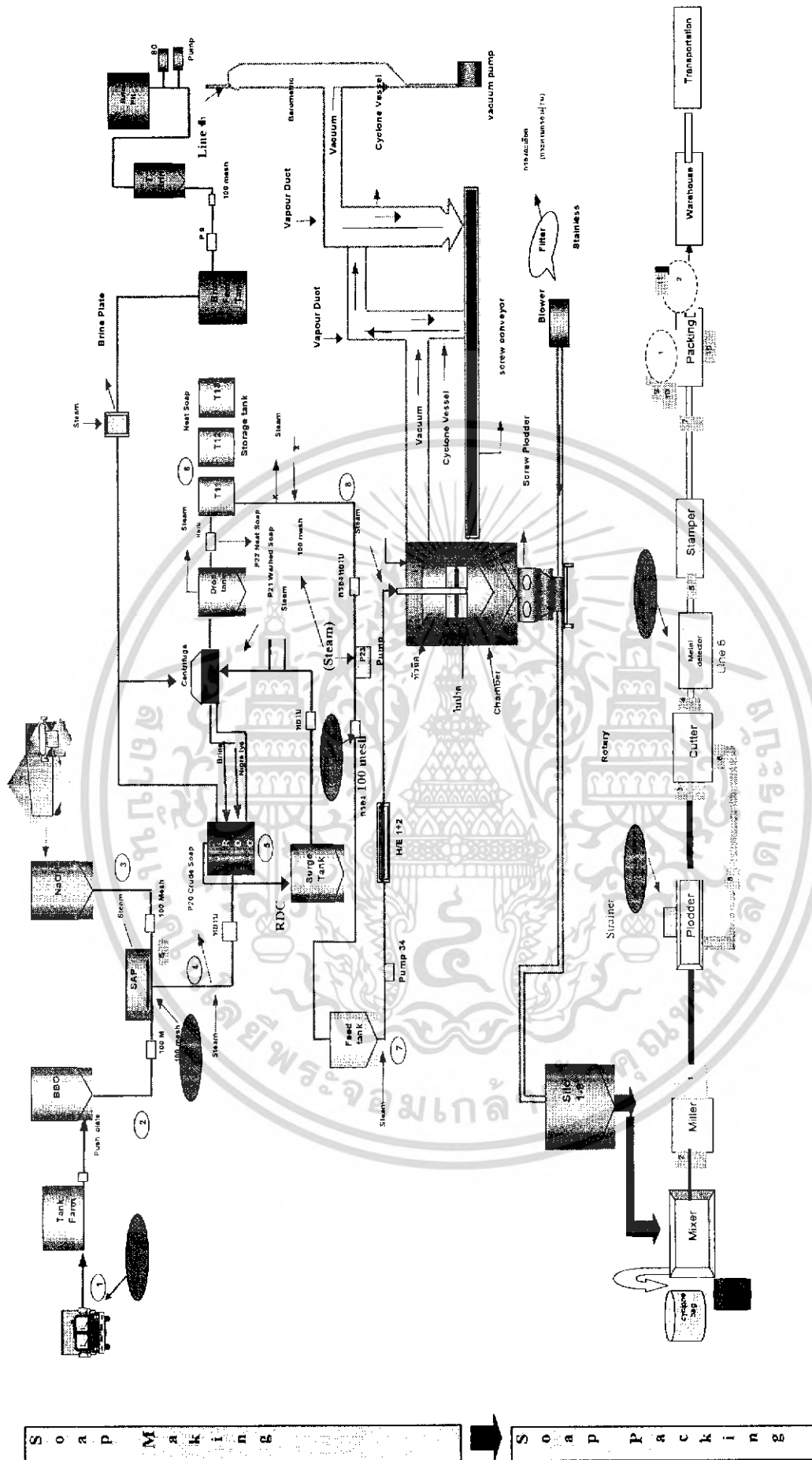
6. Ethane-1-hydroxy-1, 1-diphosphonate หรือ Terpinol (EHDP)

คุณลักษณะของสบู่ก้อนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [22]

1. ลักษณะทั่วไปเป็นก้อน ไม่มีสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่สารประกอบของผลิตภัณฑ์
2. ไขมันทั้งหมดร้อยละ โดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า 75
3. เบสอิสระ (คำนวณเป็น Na_2O) ร้อยละ โดยน้ำหนักไม่เกิน 0.1 ยกเว้นสบู่เด็กไม่เกิน 0.02
4. สารที่ไม่ละลายในเอทานอล ร้อยละ โดยน้ำหนักไม่เกิน 1.25 ยกเว้นในกรณีที่ใช้สารเติมแต่ง เช่น สารจากธรรมชาติ ผู้ผลิตต้องแจ้งชื่อสาร ปริมาณและวัตถุประสงค์ที่ใช้
5. คลอไรด์ (คำนวณเป็น NaCl) ร้อยละ โดยน้ำหนักไม่เกิน 1.0

3.3 กระบวนการผลิตสบู่ [3]

การผลิตสบู่ก้อนประกอบด้วยกระบวนการผลิตสบู่ (Soap Making Process) และกระบวนการบรรจุสบู่ (Soap Packing Process) ดังรูปที่ 3.1 ในงานวิจัยนี้จะเน้นการศึกษาที่กระบวนการผลิตสบู่ เนื่องจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากกระบวนการนี้



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตสบู่ [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

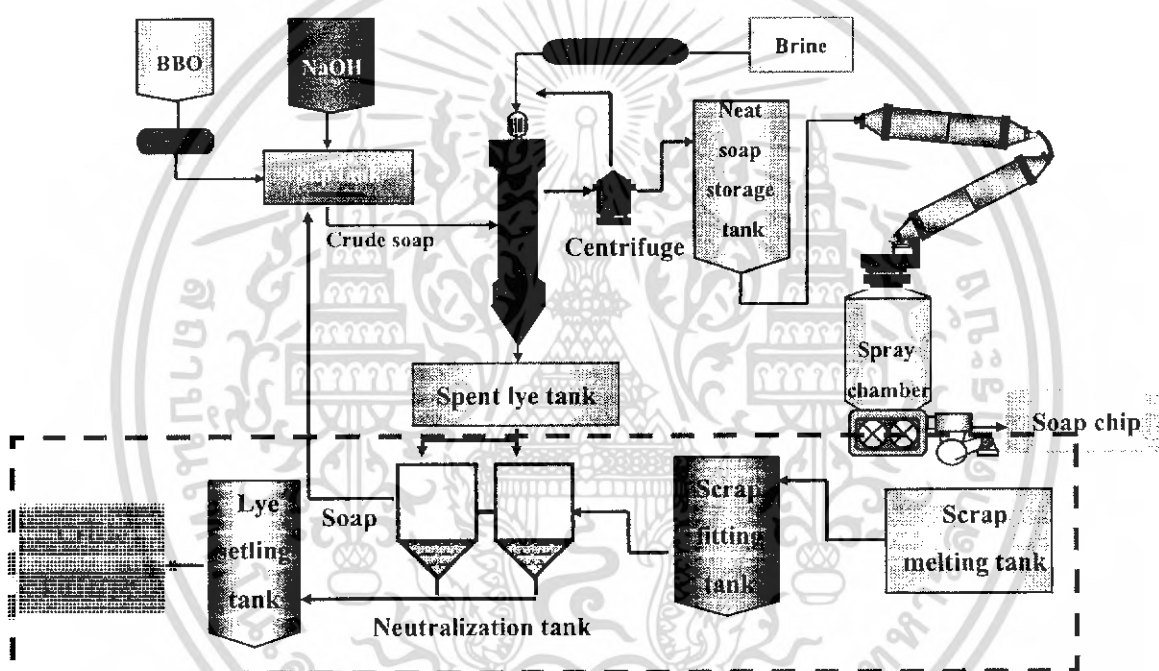
ของเหลวผลควบแน่น (Condensate) น้ำลี้ย คือ ส่วนที่ออกจากด้านล่างของหอ RDC มีองค์ประกอบคือ กลีเซอริน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ น้ำลี้ยจะถูกนำไปรวมไว้ในถังเก็บน้ำลี้ย (Lye Tank) และส่งไปกระบวนการกลั่นกลีเซอรินบริสุทธิ์เพื่อกลั่นแยกกลีเซอรินและนำโซเดียมคลอไรด์กลับมาใช้ใหม่

สบู่ที่ผ่านการล้างแล้วจะถูกส่งเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) เพื่อแยกเนื้อสบู่ออกจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) จะถูกล้างทำความสะอาด 2-3 สัปดาห์ต่อ 1 ครั้ง พบว่าน้ำที่ผ่านการล้างเครื่องหมุนเหวี่ยงจะมีน้ำลี้ยและเศษสบู่ปนมากับน้ำล้างแล้วปล่อยลงท่อน้ำไปยังบ่อพักน้ำเสียของกระบวนการผลิตสบู่ หลังจากผ่านเครื่องหมุนเหวี่ยงสบู่จะข้นขึ้นเป็น Paste เรียกว่าเกล็ดสบู่ (Neat Soap) และจะถูกส่งไปยังถังเก็บเกล็ดสบู่ (Neat Soap Tank) ที่มีของเหลวผลควบแน่นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อป้องกันการแข็งตัวของเกล็ดสบู่ เกล็ดสบู่จากถังเก็บจะถูกส่งเข้า Feed Tank และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 2 เครื่อง และจะเติมสาร Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) และ Ethane-1-hydroxy-1, 1-diphosphonate หรือ Terpinol (EHDP) เพื่อจับโลหะที่อาจปนเปื้อนและเติมสารละลายกรดซิตริกเพื่อควบคุมความเป็นกรด-เบส หลังจากนั้นเกล็ดสบู่จะถูกส่งเข้าหอฉีด (Spray Chamber) โดยใช้หัวฉีด (Nozzle) สภาวะภายในหอฉีดเป็นระบบสุญญากาศโดยใช้เครื่องสูบลูญญากาศ (Vacuum Pump) เพื่อลดความดันและทำให้ความชื้นออกจากเกล็ดสบู่เร็วขึ้น ดังรูปที่ 3.3

- การผลิตเม็ดสบู่ (Soap Chip Making)

เกล็ดสบู่ที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นจะถูกส่งเข้าเครื่องอัดรีด (Plodder หรือ Extruder) เพื่อทำให้เป็นเส้น (Soap Noodle) แล้วถูกตัดเป็นเม็ดสบู่ (Soap Chips) ด้วยใบปาด และส่งต่อไปกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนและกระบวนการบรรจุสบู่ต่อไป

ข. กระบวนการต้มเศษสบู่เพื่อผลิตใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.4 เศษสบู่หรือเกล็ดสบู่ที่ไม่ได้มาตรฐาน จะถูกนำกลับมาหลอมเพื่อผลิตใหม่ที่ถังต้มสบู่ (Scrap Melting Tank) โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ต้มจนได้เนื้อสบู่ลอยขึ้นด้านบน ส่วนน้ำลีย์ที่เหลือจากการต้มจะปล่อยลงบ่อพักน้ำเสียของกระบวนการผลิตสบู่ เนื้อสบู่ที่ได้จะส่งไปเก็บในถังพักสบู่ (Scrap Fitting Tank) เพื่อปรับสภาพเนื้อสบู่ให้แยกชั้นจากน้ำลีย์ จากนั้นเนื้อสบู่จะส่งไปถังปรับสภาพเนื้อสบู่ให้เป็นกลาง (Neutralization Tank) โดยผสมกับน้ำลีย์ที่ออกจากด้านล่างของหอ RDC จนได้เนื้อสบู่ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับเนื้อสบู่ในถังผสม (Saponification Tank) แล้วจึงส่งกลับไปเข้าถังผสมเพื่อผลิตเกล็ดสบู่อีกครั้ง น้ำลีย์ที่ใช้ปรับสภาพเนื้อสบู่ให้เป็นกลางและน้ำลีย์ที่เหลือจากหอ RDC จะถูกส่งไปเก็บในถังเก็บน้ำลีย์เพื่อส่งไปผลิตกลีเซอรินบริสุทธิ์ต่อไป



รูปที่ 3.4 กระบวนการต้มเศษสบู่เพื่อผลิตใหม่ [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

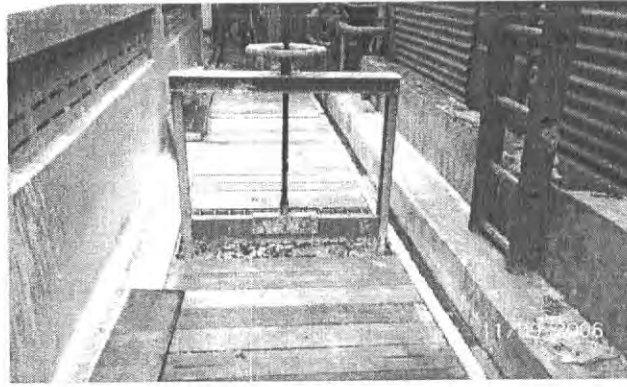
2 และ 3 จะถูกส่งกลับเข้าหอกลับอีกครั้งเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ กลิเซอรินที่ได้จากเครื่องควบแน่น เครื่องที่ 1 จะถูกส่งเข้าถังฟอกสี (Bleacher) ที่มีคาร์บอนกัมมันต์ (Activated Carbon) เพื่อกำจัดสี และกลิ่น จากนั้นจะถูกส่งเข้าเครื่องกรอง (Filter Press) เพื่อกรองสิ่งปนเปื้อน กลิเซอรินบริสุทธิ์ที่ได้จะส่งขาย การทำความสะอาดหอกลับ (Still) จะล้างสัปดาห์ละครั้ง โดยปกติบริษัทจะจ้างผู้รับเหมาภายนอกนำน้ำล้างหอกลับครั้งที่ 1 ไปบำบัด แต่น้ำล้างหอกลับครั้งที่ 2 และ 3 จะปล่อยทิ้งลงบ่อพักน้ำเสียของกระบวนการผลิตสบู่

3.3.2 กระบวนการบรรจุสบู่

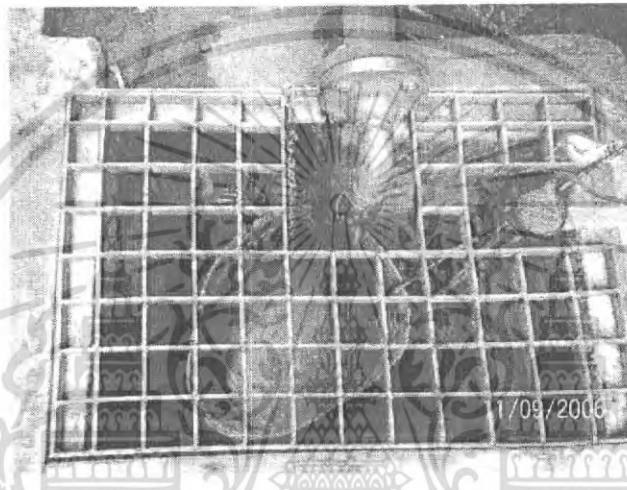
แสดงในรูปที่ 3.1

3.4 ระบบบำบัดน้ำทิ้งของกระบวนการผลิตสบู่และบ่อบำบัดน้ำเสียรวมของบริษัท [3]

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่จะถูกส่งไปยังบ่อดักไขมันในรูปที่ 3.6 และบ่อดักน้ำเสียของกระบวนการผลิตสบู่ (รูปที่ 3.7) แล้วส่งไปยังบ่อบำบัดน้ำเสียทางเคมีของบริษัท ดังรูปที่ 3.8 จากนั้นน้ำเสียของกระบวนการผลิตสบู่จะรวมกับน้ำเสียจากโรงงานอื่นๆ ภายในบริษัท แล้วส่งไปตะแกรงกรองขยะ น้ำเสียที่มีของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมากกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะส่งเข้าบ่อ 1 และปล่อยลงถึงปรับความเป็นกรด-เบสน้ำขาเข้าในปริมาณน้อยๆ ส่วนน้ำเสียที่มีของแข็งละลายน้ำทั้งหมดน้อยกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จะส่งเข้าบ่อ 2 ซึ่งไม่มีการเติมสารเคมีที่บ่อนี้ แล้วส่งไปถังปรับความเป็นกรด-เบสน้ำขาเข้าให้มีค่าประมาณ 5 - 7 โดยเติมสารส้มเพื่อสร้างตะกอนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-เบส จากนั้นส่งเข้าถังก่อดักตะกอน โดยเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และส่งไปถังรวมตะกอน โดยเติมสารเคมีพอลิเมอร์ (สารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์) เพื่อให้ตะกอนจับตัวกัน สุดท้ายส่งไปยังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนและน้ำใสออกจากกัน ส่วนของตะกอนส่งไปบ่อดักตะกอน เพื่อเติมพอลิเมอร์ที่ใช้อัดตะกอนแล้วส่งเข้าเครื่องอัดตะกอนเพื่อแยกน้ำใสออก น้ำใสจากการตกตะกอนจะส่งไปถังปรับความเป็นกรด-เบสน้ำขาออกด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อปรับค่าให้เป็นกลางซึ่งมีความเป็นกรด-เบสประมาณ 6.5 - 8.5 ก่อนส่งไปบ่อ 150 ตัน แล้วส่งไปเก็บที่บ่อรวมเพื่อส่งไปบ่อบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการบำบัดทางชีวภาพด้วยแบคทีเรียต่อไป และปล่อยน้ำออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เมื่อคุณภาพน้ำได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม



รูปที่ 3.6 บ่อดักไขมัน [3]



รูปที่ 3.7 บ่อดักน้ำเสียของกระบวนการผลิตสบู่ [3]



รูปที่ 3.8 บ่อบำบัดทางเคมีของบริษัท [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การดำเนินงาน

4.1 การศึกษาผลของปริมาณวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ต่อคุณภาพน้ำทิ้ง

กำลังการผลิตเฉลี่ยของกระบวนการผลิตสบู่เท่ากับ 27,000 ตันต่อปี วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสบู่คือ น้ำมัน Blended Bleach Oil (BBO) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ พบว่าถ้าใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์มากเกินไป จะมีส่วนเกินออกจากด้านล่างของเครื่องระเหย (Evaporator) ที่อยู่ในกระบวนการกลั่นกลีเซอรินขั้นที่ 1 ซึ่งสารผสมของเหลวระหว่างกลีเซอรินกับเกลือโซเดียมคลอไรด์นี้จะถูกผ่านเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกกลีเซอรินกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ กลีเซอรินที่ได้จะถูกนำกลับไปใช้ในกระบวนการกลั่นใหม่ ส่วนเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ถูกปั่นเป็นผงและอยู่ในลักษณะของเหลวชั้น จะบรรจุเก็บใส่ถุงเพื่อนำกลับไปทำสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์สำหรับใช้เป็นสารสกัดที่หอ RDC ระหว่างรอกการผสมน้ำเกลือจากถุงเกลือที่ปั่นเป็นผงหยดลงพื้นไหลลงบ่อพักน้ำเสียของกระบวนการผลิตสบู่ ทำให้ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีสูงขึ้น

4.2 การตรวจสอบตำแหน่งและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งภายในกระบวนการผลิตสบู่

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความเป็นกรด-เบส ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ความต้องการออกซิเจนทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งที่ตำแหน่งต่างๆ จากกระบวนการผลิตสบู่ ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ปริมาณน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตสบู่ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ตำแหน่งที่มีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำทิ้งสูงคือ

1. การต้มเศษสบู่ เนื่องจากน้ำทิ้งจากถังต้มเศษสบู่ (Scrap Melting Tank) ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เมตร และน้ำทิ้งจากถังพักสบู่ (Scrap Fitting Tank) ปริมาตร 5 ลูกบาศก์เมตร
2. การผลิตเม็ดสบู่ เนื่องจากน้ำเกลือรั่วไหลจากบ่อน้ำเกลือ ปริมาตร 10 ลิตร
3. กระบวนการกลั่นกลีเซอรินขั้นที่ 1 เนื่องจากน้ำหยดลงพื้นจากถุงเกลือที่ปั่นเป็นผง ปริมาตร 5 ลิตร
4. กระบวนการกลั่นกลีเซอรินขั้นที่ 2 เนื่องจากน้ำล้างหมักครั้งที่ 2 และ 3 ปริมาตร 0.5 ลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ความเป็นกรด-เบส ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ความต้องการออกซิเจนทางเคมี และลักษณะทางกายภาพของน้ำทิ้งที่ตำแหน่งต่างๆ จากกระบวนการผลิตสบู่ (กันยายน - ตุลาคม พ.ศ. 2549)

ลักษณะทางกายภาพ	COD (ppm)	TDS (ppm)	pH	ตำแหน่งน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตสบู่
สีเหลืองใส มีตะกอนลอย	≥15,000	46,900	12	1. การต้มเศษสบู่
สีเหลืองใส มีตะกอนลอย	≥15,000	14,780	13	1.1 น้ำทิ้งจากถังต้มเศษสบู่ (Scrap Melting Tank)
ใส ไม่มีสี มีตะกอน	≥15,000	6,000	10	1.2 น้ำทิ้งจากถังฟักสบู่ (Scrap Firing Tank)
ใส ไม่มีสี มีตะกอน	≥15,000	6,000	10	1.3 น้ำล้างพื้นบริเวณเครื่องเหวี่ยงแยกสบู่ออกจากน้ำสีย (Centrifuge)
ใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน	523	170	7	2. การผลิตเม็ดสบู่
ขุ่น มีตะกอน	≥15,000	31,820	11	2.1 น้ำล้างจากถังเก็บน้ำร้อน (Hot Water Tank)
ใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน	1,240	1,682	7	2.2 น้ำรั่วไหลจากบ่อน้ำเกลือ
ใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน	≥15,000	7,325	9	3. กระบวนการกลั่นกลีเซอรีนขั้นที่ 1
ใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน	≥15,000	21,660	8	3.1 น้ำล้างและน้ำที่ใช้ล้างพื้นจากถังเก็บของเหลวควบแน่น (Condensate Tank)
ใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน	≥15,000	21,660	8	3.2 น้ำล้างพื้นบริเวณเครื่องปั่นแยกเกลือออกจากน้ำสีย (Salt Centrifuge)
สีน้ำตาลเข้ม มีตะกอน	≥15,000	10,860	12	3.3 นำหยดลงพื้นจากถังเกลือที่ปั่นเป็นผง
ใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน	1,300	1,471	8	4. กระบวนการกลั่นกลีเซอรีนขั้นที่ 2 (ได้ความบริสุทธิ์มากกว่า 99.5%)
สีเหลืองใส มีตะกอนสนิม	2,500	2,057	7	4.1 น้ำล้างหมอกันครั้งที่ 2 และ 3
ใส ไม่มีสี มีฟอง	850	2,442	9	5. หอทำความเย็น
ใส ไม่มีสี ไม่มีตะกอน	1,300	1,471	8	5.1 หอทำความเย็นที่ 1
สีเหลืองใส มีตะกอนสนิม	2,500	2,057	7	5.2 หอทำความเย็นที่ 2
ใส ไม่มีสี มีฟอง	850	2,442	9	5.3 หอทำความเย็นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเสียเหล่านี้มีค่าไอออนโซเดียมและคลอไรด์สูง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ชนิดของไอออนในบ่อกักน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่ [3]

ไอออนในบ่อกักน้ำเสียรวม	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Mg^{2+}	50.58
Na^+	2,542
Cl^-	3,924
Ca^{2+}	ไม่มี
SO_2^{-4}	ไม่มี

4.3 การหาวิธีลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมี

4.3.1 ใช้หลักการของเทคโนโลยีสะอาด

การลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีที่แหล่งกำเนิด

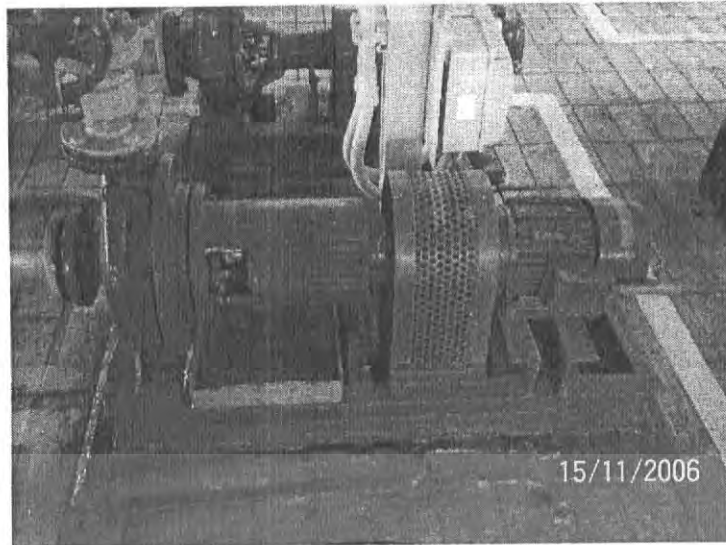
1. การลดปริมาณสารเคมีและวัสดุที่ใช้

ในการผลิตสบู่ปริมาณ 1 ตัน ต้องใช้วัตถุดิบ คือ น้ำมัน Blended Bleach Oil (BBO) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ตามปริมาณที่กำหนด แต่พนักงานฝ่ายผสมวัตถุดิบมักใช้วัตถุดิบเกินปริมาณกำหนด ถ้าใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์มากเกินไปจะมีส่วนเกินออกจากด้านล่างของเครื่องระเหยในกระบวนการกลั่นกลีเซอรินชั้นที่ 1 ซึ่งจะทำให้ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในบ่อกักน้ำเสียสูงขึ้น จึงจัดการฝึกอบรมพนักงานให้ปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน

2. การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีโดยปรับปรุงอุปกรณ์และออกแบบอุปกรณ์ใหม่

2.1 การปรับปรุงอุปกรณ์

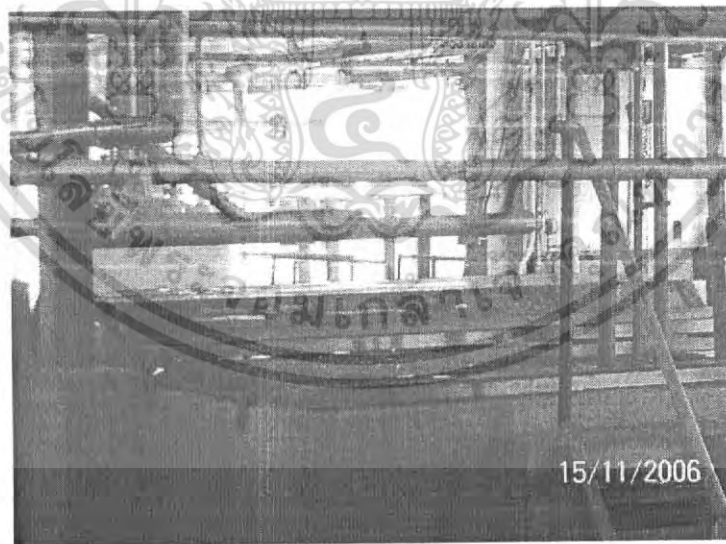
ในช่วงเดือนกรกฎาคมปีมื่ออนเกิดสบูและสารละลายโซเดียมคลอไรด์รั่วตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำที่พบว่ามีความสูง จึงซ่อมแซมปั๊ม และหลังจากนั้นพบว่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีลดลง



รูปที่ 4.1 ปัมป์อินวัตดุดิบ

2.2 การออกแบบอุปกรณ์ใหม่

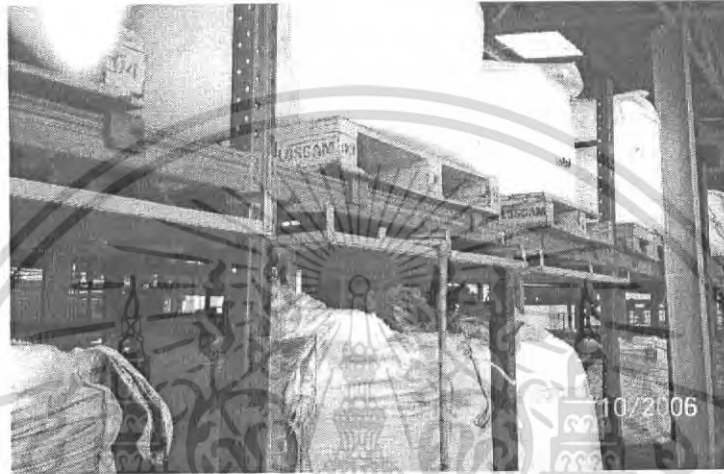
พบว่ามือน้ำเกลือปริมาตร 10 ลิตร กระเด็นออกจากบ่อน้ำเกลือลงบ่อพักน้ำเสีย ของกระบวนการผลิตสบูจากการเป่าลมเพื่อผสมน้ำกับเกลือ โซเดียมคลอไรด์ แม้ว่าปริมาณน้ำเกลือ ที่รั่วไหลจะมีปริมาณน้อย แต่ก็ทำให้ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมี ในน้ำที่สูง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จึงออกแบบและทำฝาคกรอบที่สามารถเลื่อนทางด้านซ้ายขวา เพื่อสะดวกในการเปิด-ปิด สำหรับป้องกันน้ำเกลือกระเด็นออกจากบ่อในระหว่างการผสมน้ำเกลือ



รูปที่ 4.2 ฝาคกรอบบ่อน้ำเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกระบวนการกลั่นกลีเซอรินขั้นที่ 1 ผลิตภัณฑ์ด้านล่างหอกลิ้นซึ่งเป็นสารผสมของเหลวระหว่างกลีเซอรินกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ จะถูกผ่านเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกกลีเซอรินกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ถูกปั่นเป็นผงและอยู่ในลักษณะเป็นสเลอรี่จะถูกบรรจุเก็บใส่ถุงไว้รอการผสมที่บ่อน้ำเกลือ พบว่าระหว่างรอการผสมมีน้ำจากถุงบรรจุเกลือหยดลงพื้นประมาณ 5 ลิตรต่อการหมุนเหวี่ยง 1 ครั้ง ผู้วิจัยจึงออกแบบและติดตั้งรางดั่งรูปที่ 4.3 เพื่อรองรับน้ำเกลือจากถุงเกลือส่งไปที่ถังและนำกลับไปใช้ใหม่ ทำให้ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำทั้งหมดลดลง



รูปที่ 4.3 รางรองรับน้ำเกลือ

3. การปรับปรุงการดำเนินการหรือการจัดการ

3.1 การฝึกอบรมพนักงาน

จัดการฝึกอบรมพนักงานให้ปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน ได้แก่ การผสมวัตถุดิบในการต้มเศษสับและในการผสมน้ำเกลือ

3.2 การกำจัดน้ำล้างหอกลิ้นในกระบวนการกลั่นกลีเซอรินขั้นที่ 2

น้ำล้างหอกลิ้นมีค่าที่เหลือจากการกลั่นกลีเซอริน และมีของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีสูงมาก จึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ เดิมน้ำล้างหอกลิ้นครั้งที่ 1 มีปริมาตร 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อการล้าง 1 ครั้ง บริษัทจะจ้างผู้รับเหมาภายนอกนำไปบำบัด สำหรับน้ำล้างหอกลิ้นครั้งที่ 2 และ 3 ประมาณ 0.5 ลูกบาศก์เมตร จะถูกปล่อยลงบ่อพักน้ำเสีย ได้เปลี่ยนวิธีการจัดการโดยให้จ้างผู้รับเหมาภายนอกนำน้ำล้างหอกลิ้นทั้งหมดไปบำบัดในอัตราลูกบาศก์เมตรละ 1,850 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำกลับมาใช้ใหม่

1. นำน้ำเกลือที่รองจากรางซึ่งมีความบริสุทธิ์เท่ากับน้ำเกลือในบ่อกลับไปรวมที่บ่อน้ำเกลือเพื่อใช้ใหม่
2. นำน้ำลึกลงไปเก็บในถังพักน้ำลึเพื่อผลิตเกลือสินเธาว์บริสุทธิ์อีกครั้ง

4.3.2 ใช้กระบวนการออสโมซิสผกกลับ

หาข้อมูลกระบวนการออสโมซิสผกกลับ ซึ่งเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียที่มีไอออนของเกลือโซเดียมและคลอไรด์สูง เพื่อคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ และเนื่องจากน้ำทิ้งก่อนเข้ากระบวนการออสโมซิสผกกลับต้องไม่มีสารแขวนลอยที่จะเข้าไปอุดตันแผ่นเยื่อกรอง จึงใช้กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) กำจัดสารแขวนลอยออกไป ดังนั้นต้องทดสอบด้วยวิธีจาร์เทสต์ เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมของการทำโคแอกกูเลชันก่อนส่งน้ำเสียเข้ากระบวนการออสโมซิสผกกลับ

การทดสอบด้วยวิธีจาร์เทสต์ (Jar test) [23]

ตอนที่ 1 การทดสอบเพื่อหาปริมาณของสารละลายสารส้มที่ทำให้เกิดตะกอน

1. เตรียมตัวอย่างน้ำเสีย 1,000 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ 1 ใบ
2. เติมสารละลายสารส้ม ความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
3. กวนเร็วโดยใช้ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เวลา 1 นาที แล้วกวนช้าด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เวลา 3 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที สังเกตดูว่ามีตะกอนเกิดขึ้นหรือไม่
4. ถ้าไม่มีตะกอนเกิดขึ้นให้เติมสารส้มลงไปอีก 10 มิลลิลิตร แล้วสังเกตดูว่ามีตะกอนเกิดขึ้นหรือไม่ ทำซ้ำจนกระทั่งเห็นตะกอนเกิดขึ้น
5. นำปริมาณสารละลายสารส้มที่ทำให้เกิดตะกอนไปหาความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียที่เหมาะสมในการทดลองตอนที่ 2

ตอนที่ 2 การทดสอบเพื่อหาความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียที่เหมาะสมในการตกตะกอน

1. เตรียมตัวอย่างน้ำเสีย 1,000 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์จำนวน 6 ใบ
2. ปรับความเป็นกรด-เบสในแต่ละบีกเกอร์ให้ได้ 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ตามลำดับ
3. วัดความเป็นกรด-เบส ความขุ่น ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความต้องการออกซิเจนทางเคมีก่อนการทดลอง
4. เติมสารละลายสารส้มในปริมาณที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 ลงไปในแต่ละบีกเกอร์
5. กวนเร็วโดยใช้ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เวลา 3 นาที แล้วกวนช้าด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เวลา 20 นาที จากนั้นปล่อยให้ตกตะกอน 30 นาที
6. วัดความเป็นกรด-เบส ความขุ่น ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำส่วนที่ใสในแต่ละบีกเกอร์ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัดความขุ่น การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียที่ความเป็นกรด-เบสต่าง ๆ

7. ค่าความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสม พิจารณาจากค่าความขุ่นที่วัดได้ต่ำสุด คือ เกิดการตกตะกอนมากที่สุด

ตอนที่ 3 การทดสอบเพื่อหาปริมาณของสารละลายสารส้มที่เหมาะสมในการตกตะกอน

1. เตรียมตัวอย่างน้ำเสีย 1,000 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์จำนวน 6 ใบ
2. ปรับความเป็นกรด-เบสที่ทุกบีกเกอร์ ตามค่าจากการทดลองที่ได้ในตอนต้นที่ 2
3. เติมสารละลายสารส้มปริมาณ 0, 35, 45, 55, 60 และ 75 มิลลิลิตร ตามลำดับ
4. กวนเร็ว โดยใช้ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เวลา 3 นาที แล้วกวนช้าด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เวลา 20 นาที จากนั้นปล่อยให้ตกตะกอน 30 นาที

5. วัดความเป็นกรด-เบส ความขุ่น ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำส่วนที่ใสในแต่ละบีกเกอร์ เพื่อดูผลของปริมาณสารละลายสารส้มที่ทำให้เกิดตะกอนสูงที่สุด

ตอนที่ 4 การทดสอบเพื่อหาปริมาณของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสม

1. เตรียมตัวอย่างน้ำเสีย 1,000 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์จำนวน 6 ใบ
2. ปรับความเป็นกรด-เบสที่ทุกบีกเกอร์ ตามค่าจากการทดลองที่ได้ในตอนต้นที่ 2
3. เติมสารละลายสารส้มในปริมาณที่ได้จากการทดลองตอนที่ 3 จากนั้นกวนเร็วโดยใช้ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เวลา 3 นาที
4. เติมสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ปริมาณ 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นกวนช้าด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ปล่อยให้ตกตะกอน 30 นาที
5. วัดความเป็นกรด-เบส ความขุ่น ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำส่วนที่ใสในแต่ละบีกเกอร์ เพื่อดูผลของปริมาณสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ทำให้เกิดตะกอนสูงที่สุด

ศึกษาข้อมูลราคาของกระบวนการออสโมซิสผันกลับ

ข้อมูลราคาของกระบวนการออสโมซิสผันกลับ สำหรับกระบวนการผลิตน้ำที่มีอัตราการไหลของน้ำเสีย 60 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

1. อัตราการไหลของน้ำสะอาด (Permeate Water) 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
2. อัตราการผลิตน้ำ (% Recovery) 60%
3. อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ (Feed) 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปัมแรงดัน 10 บาร์
5. กำลังไฟฟ้าขนาด 4 กิโลวัตต์
6. แผ่นเยื่อกรองชนิดเยื่อฟิล์มบางพอลิเอไมด์ผสม (Thin Film Composite: TFC) 3 โมดูล
ระยะเวลาการใช้งาน 3 ปี
7. อายุการใช้งานของระบบ 15 ปี

ตารางที่ 4.3 เงินลงทุนและค่าปฏิบัติการ

รายละเอียด	ราคา (บาท)
ค่าเครื่องออสโมซิสผันทกลับ	550,000
ค่าติดตั้ง	70,000
ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อลูกบาศก์เมตร* (ระบบขนาด 4 กิโลวัตต์) (ค่าไฟฟ้า 2.94 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	7.84
ค่าสารเคมี Anti-scalant ต่อลูกบาศก์เมตร*	1.2
ค่าบำรุงรักษาต่อลูกบาศก์เมตร*	2.2
ค่ากำจัดน้ำทิ้งต่อลูกบาศก์เมตร**	1,850

*ต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้จากกระบวนการออสโมซิสผันทกลับ (Permeate Water)

**ต่อลูกบาศก์เมตรน้ำทิ้งเข้มข้น (Concentrate Water)

จากนั้นคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ตามทฤษฎีที่กล่าวมาในบทที่ 2 (การคำนวณแสดงในภาคผนวก ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

5.1 การลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีโดยใช้หลักการของเทคโนโลยีสะอาด



รูปที่ 5.1 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม ปี พ.ศ. 2549

ก่อนใช้วิธีการเทคโนโลยีสะอาดค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม เท่ากับ 4,000 และ 10,500 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากใช้วิธีการเทคโนโลยีสะอาดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีลดลงเหลือ 3,000 และ 7,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตุลาคม-ธันวาคม)

5.2 การลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีโดยใช้กระบวนการออสโมซิสผันกลับ

จากการตรวจวัดไอออนในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่พบว่า มีไอออนของโซเดียมและคลอไรด์สูง ตามทฤษฎีแนะนำว่าวิธีที่มีประสิทธิภาพในการบำบัด คือ ใช้กระบวนการออสโมซิส

ผันกลับ เพราะสามารถกำจัดโซเดียมไอออนได้ 94-96% คลอไรด์ไอออนได้ 94-95% และสามารถกำจัดเกลือไอออนต่างๆ ได้ [12] ดังแสดงในภาคผนวก ก ตาราง ก. 1

เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมก่อนส่งน้ำเสียเข้าบำบัดด้วยกระบวนการออสโมซิสผันกลับ ทดสอบด้วยวิธีจาร์เทสต์ ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจ คือ ความขุ่นที่เหลือในน้ำเสียน้อยกว่า 5 NTU ลักษณะของฟล็อกมีขนาดใหญ่สามารถตกตะกอนได้เร็วและได้น้ำใส ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีลดลง จากผลการทดลองพบว่าน้ำเสียมีความขุ่นตามข้อกำหนด ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมีลดลง แต่ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งจะบำบัดด้วยกระบวนการออสโมซิสผันกลับต่อไป

ตารางที่ 5.1 ภาวะที่เหมาะสมที่ทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์แสดงใน

ตารางที่ 5.1 คุณภาพของน้ำเสียที่บ่อกักน้ำเสียของกระบวนการผลิตสบู่ก่อนการทดสอบด้วยวิธีจาร์เทสต์

องค์ประกอบที่วิเคราะห์	ค่าที่วัดได้
ความเป็นกรด-เบส	8.2
ความขุ่น (NTU)	16.9
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1,085
ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3,440

Nephelometric Turbidity Unit (NTU) หมายถึง หน่วยวัดค่าความขุ่นในน้ำโดยวิธีเนเฟลิโตเมตรี

ผลการทดลองจากวิธีจาร์เทสต์ (Jar Test)

การทดลองหาปริมาณของสารละลายสารส้มที่ทำให้เกิดตะกอน

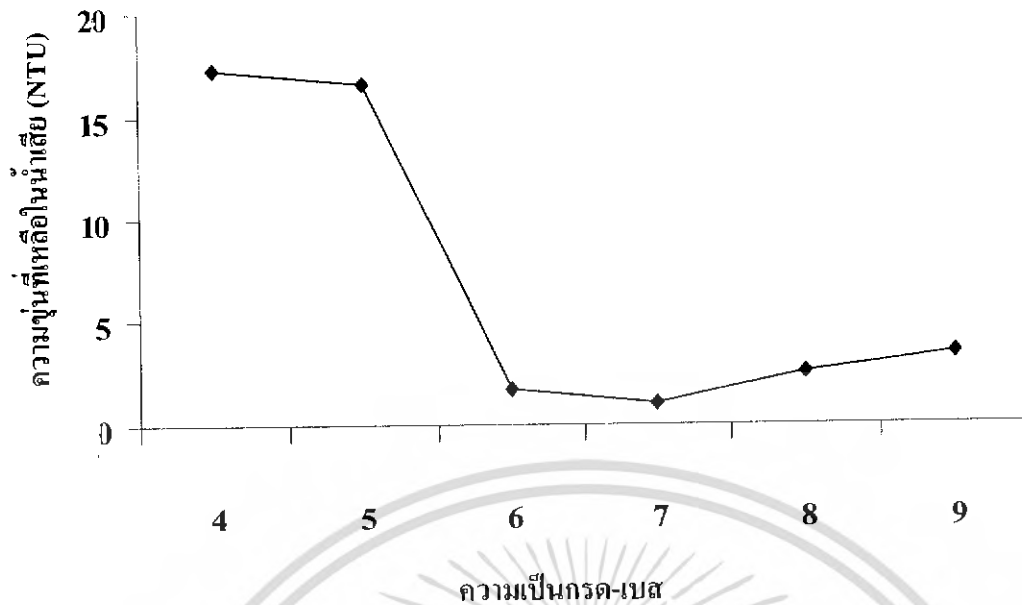
- ปริมาณน้ำเสียที่ใช้ = 1 ลิตร
- ปริมาณสารละลายสารส้ม ความเข้มข้น 50 กรัม/ลิตร ที่ทำให้เกิดตะกอน = 50 มิลลิลิตร

การทดลองหาความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียที่เหมาะสมในการตกตะกอน รูปที่ 5.2-5.4

- ปริมาณน้ำเสียที่ใช้ = 1 ลิตร
- สารละลายสารส้ม ความเข้มข้น 50 กรัม/ลิตร = 50 มิลลิลิตร

ลักษณะของฟล็อกแสดงดังตารางที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

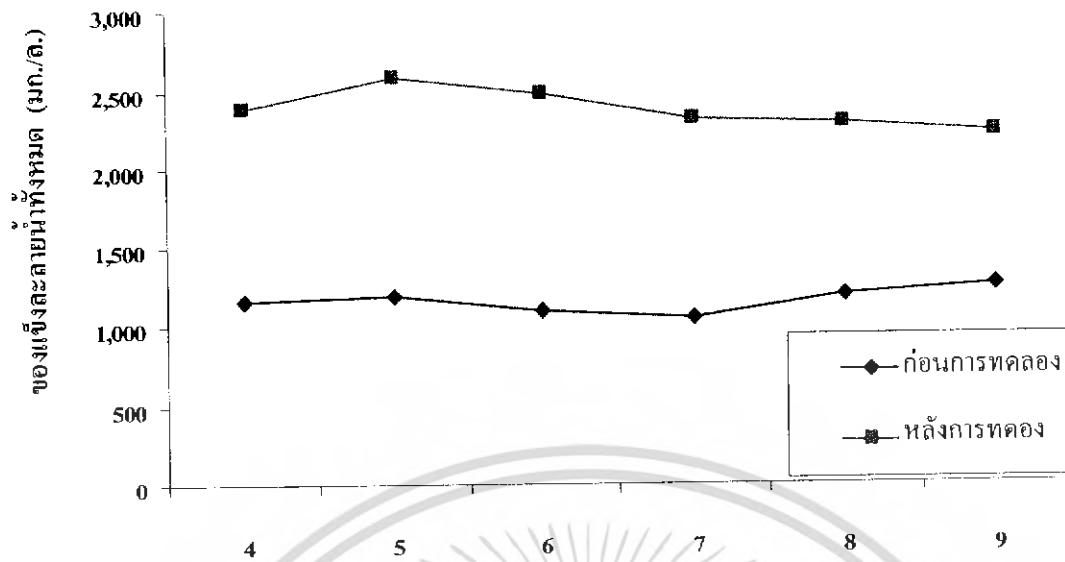


รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียกับความขุ่นที่เหลือน้ำเสียจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

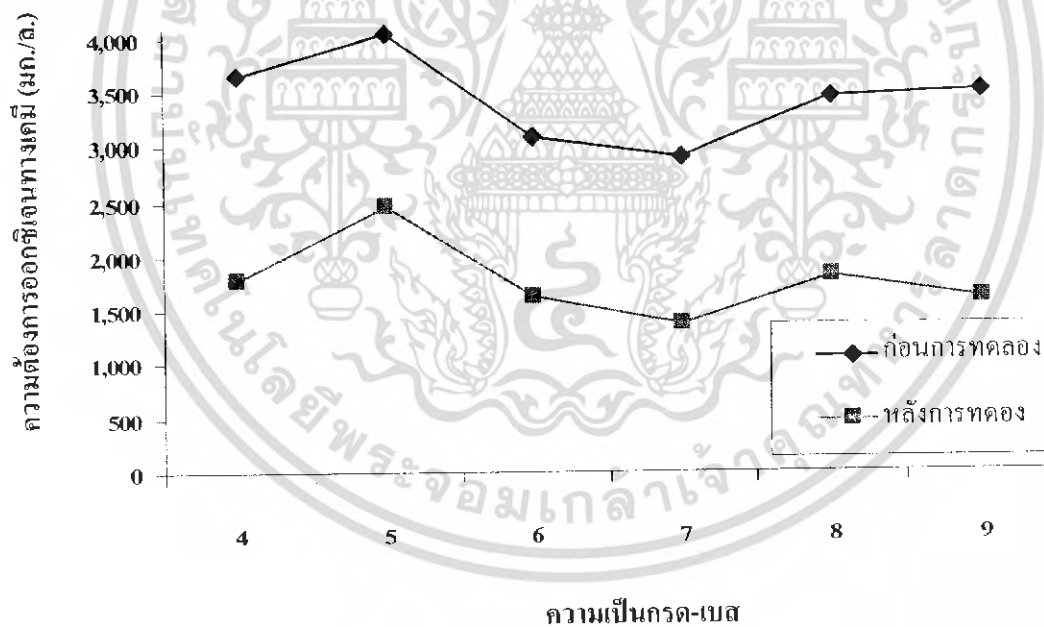
ตารางที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียกับลักษณะของฟล็อกจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

ความเป็นกรด-เบส	ลักษณะของฟล็อก
4	ฟล็อกมีขนาดใหญ่ ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ช้ามาก
5	ฟล็อกมีขนาดใหญ่ ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ช้า
6	ฟล็อกมีขนาดใหญ่ ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์เร็ว
7	ฟล็อกมีขนาดใหญ่ ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์เร็วมาก
8	ฟล็อกมีขนาดเล็ก ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ช้า
9	ฟล็อกมีขนาดเล็กมาก ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียกับของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

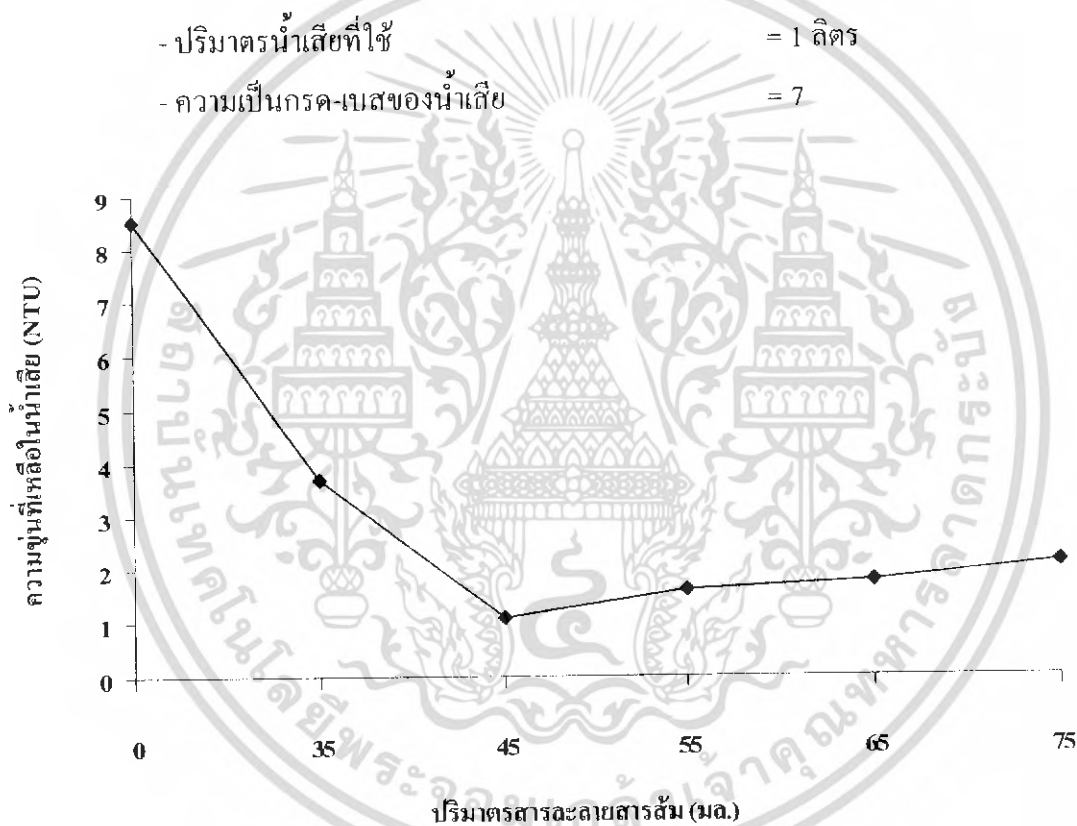


รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียกับความต้องการออกซิเจนทางเคมีจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.2-5.4 และตารางที่ 5.2 ที่ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7 ทำให้ความขุ่นที่เหลือในน้ำเสียน้อยที่สุดและฟล็อกมีขนาดใหญ่ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ได้เร็ว ความต้องการออกซิเจนทางเคมีหลังตกตะกอนมีค่าลดลง เนื่องจากตะกอนในน้ำเสียลดลง และลดลงต่ำสุดที่ความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 7 จึงเลือกใช้ค่านี้สำหรับการทดลองหาปริมาณของสารละลายสารส้มที่เหมาะสมในการตกตะกอน แต่ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเพิ่มขึ้น (รูปที่ 5.3) อธิบายได้ว่าเนื่องจากสารส้มมีประจุบวก ดังนั้นเมื่อปริมาณสารส้มที่ใช้มากขึ้น ประจุบวกในน้ำตัวอย่างจึงสูงขึ้นมากและแสดงอิทธิพลเหนือกว่าประจุลบของอนุภาคคอลลอยด์ ทำให้เสมือนมีประจุบวกเกือบทั้งหมดในระบบ อนุภาคคอลลอยด์จึงมีเสถียรภาพมากขึ้นและไม่จับตัวกันตกตะกอน

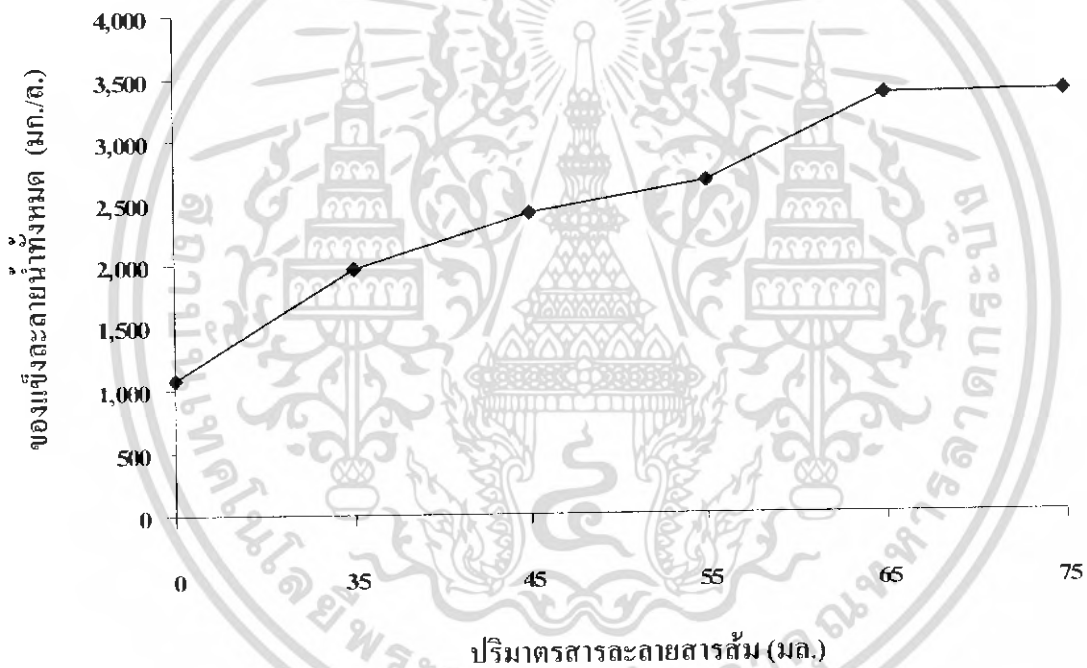
การทดลองหาปริมาณของสารละลายสารส้มที่เหมาะสมในการตกตะกอน รูปที่ 5.5-5.7 และตารางที่ 5.3



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายสารส้มกับความขุ่นที่เหลือในน้ำเสียนำจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

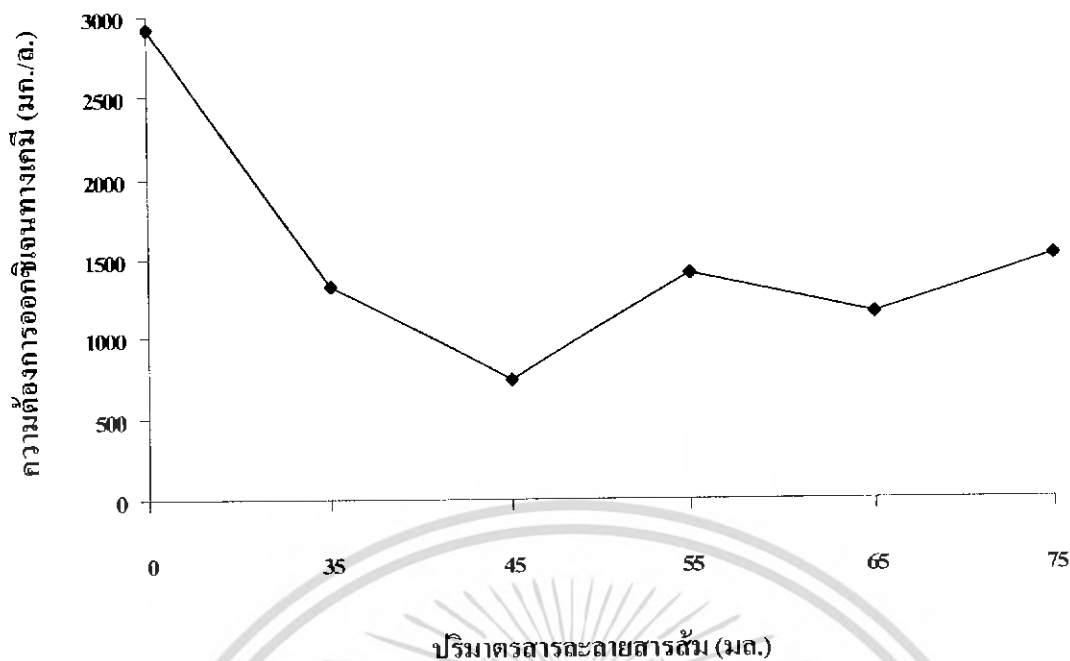
ตารางที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายสารส้มกับลักษณะของฟล็อกจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

สารละลายสารส้ม (มล.)	ลักษณะของฟล็อก
35	ฟล็อกมีขนาดเล็ก ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ช้า
45	ฟล็อกมีขนาดใหญ่ ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์เร็ว
55	ฟล็อกมีขนาดใหญ่ ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์เร็ว
65	ฟล็อกมีขนาดเล็ก ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ช้า
75	ฟล็อกมีขนาดเล็ก ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ช้า



รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายสารส้มกับของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

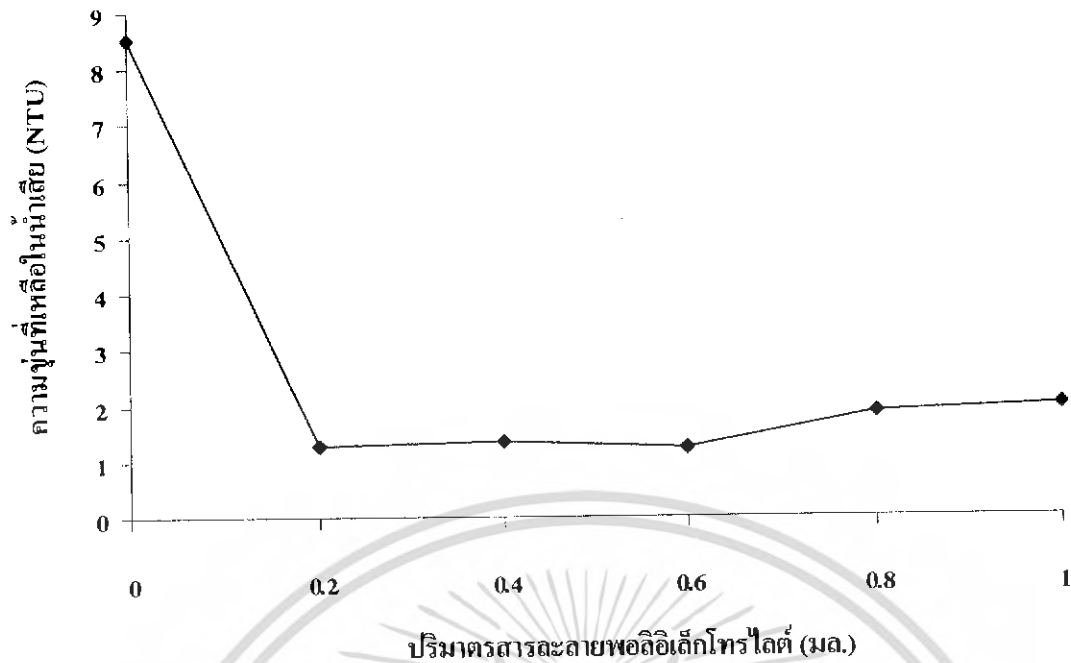


รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายสารส้มกับความต้องการออกซิเจนทางเคมีจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

จากรูปที่ 5.5-5.7 และตารางที่ 5.3 เมื่อปริมาณของสารละลายสารส้ม 45 มิลลิกรัมความขุ่นที่เหลือในน้ำเสียเหลือน้อยที่สุดเท่ากับ L07 NTU ฟล็อกมีขนาดใหญ่ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ได้เร็ว และความต้องการออกซิเจนทางเคมีลดลงต่ำสุดเท่ากับ 740 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงเลือกใช้ค่านี้สำหรับการทดลองหาปริมาณของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสมในการตกตะกอน แต่ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเพิ่มขึ้น (รูปที่ 5.6) อธิบายได้เช่นเดียวกับรูปที่ 5.3

การทดลองหาปริมาณของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสมในการตกตะกอน รูปที่ 5.8-5.10 และตารางที่ 5.4

- ปริมาณน้ำเสียที่ใช้ = 1 ลิตร
- ความเป็นกรด-เบสของน้ำเสีย = 7
- สารละลายสารส้ม ความเข้มข้น 50 กรัม/ ลิตร = 45 มิลลิกรัม

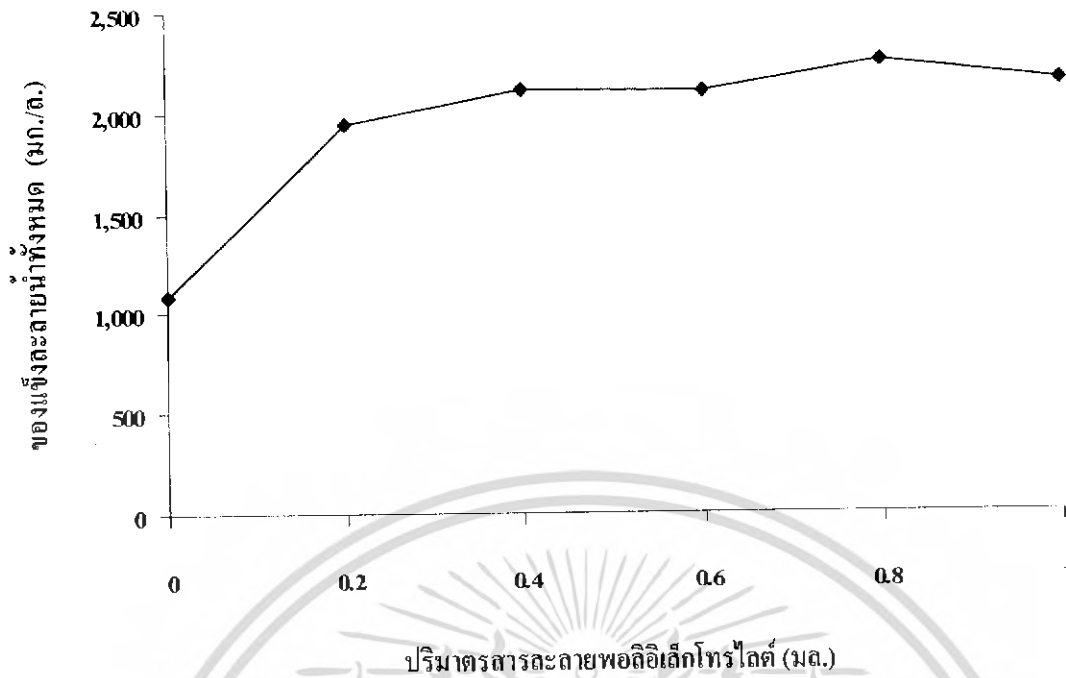


รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายพอลิเอทิลีนไตรโกลีตกับความขุ่นที่เหลือในน้ำเสียจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

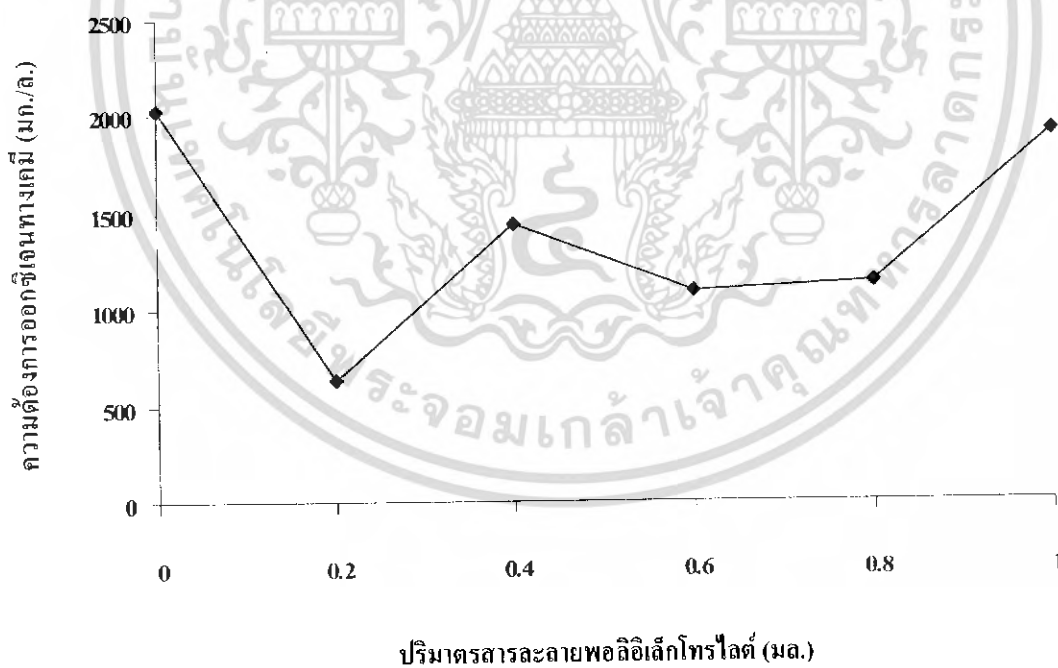
ตารางที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายพอลิเอทิลีนไตรโกลีตกับลักษณะของฟล็อกจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

สารละลายพอลิเอทิลีนไตรโกลีต (มล.)	ลักษณะของฟล็อก
0.2	ฟล็อกมีขนาดใหญ่ ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์เร็ว น้ำใสมาก
0.4	ฟล็อกมีขนาดใหญ่ ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์เร็ว น้ำค่อนข้างใส
0.6	ฟล็อกมีขนาดใหญ่ ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์เร็ว น้ำใสมาก
0.8	ฟล็อกมีขนาดเล็ก ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ช้า น้ำค่อนข้างใส
1	ฟล็อกมีขนาดเล็ก ตกลงสู่ด้านล่างบีกเกอร์ช้า น้ำค่อนข้างใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายพอลิเอทิลีนไกลโกลกับของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์



รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารละลายพอลิเอทิลีนไกลโกลกับความต้องการออกซิเจนทางเคมีจากการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.8 เมื่อเติมปริมาณสารละลายฟอลิอิลิกโทรไลต์เท่ากับ 0.2 – 0.6 มิลลิลิตร ความขุ่นที่เหลือในน้ำเสียมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 1.25 NTU จากตารางที่ 5.4 ลักษณะของฟล็อกมีขนาดใหญ่สามารถตกตะกอนได้เร็วและได้น้ำใส เมื่อเติมปริมาณสารละลายฟอลิอิลิกโทรไลต์ 0.2 – 0.6 มิลลิลิตร จากรูปที่ 5.9 พบว่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารละลายฟอลิอิลิกโทรไลต์ เนื่องจากสารฟอลิอิลิกโทรไลต์หลายโมเลกุลไปเกาะอนุภาคคอลลอยด์จนไม่มีที่ว่างบนอนุภาคสำหรับไปจับกับปลายอิสระของสารฟอลิอิลิกโทรไลต์ที่อยู่บนอนุภาคอื่น อนุภาคคอลลอยด์ที่เกิดขึ้นจึงมีเสถียรภาพมากขึ้น ทำให้อนุภาคไม่จับตัวกันตกตะกอน และจากรูปที่ 5.10 พบว่าความต้องการออกซิเจนทางเคมีลดลงต่ำสุดเท่ากับ 630 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเติมสารละลายฟอลิอิลิกโทรไลต์ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร จึงเลือกใช้ค่านี้เป็นปริมาณสารละลายฟอลิอิลิกโทรไลต์ที่เหมาะสมสำหรับการตกตะกอนน้ำเสียก่อนที่จะส่งเข้ากระบวนการออสโมซิสผกกลับ

5.3 การคำนวณความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งกระบวนการออสโมซิสผกกลับ

ผกกลับ

ตารางที่ 5.5 – 5.8 สำหรับคำนวณความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งกระบวนการออสโมซิสผกกลับ (ตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค)

ตารางที่ 5.5 เงินลงทุนในการติดตั้งกระบวนการออสโมซิสผกกลับ

รายละเอียด	เงินลงทุน (บาท)
ค่าเครื่องออสโมซิสผกกลับ	550,000
ค่าติดตั้ง	70,000
รวมค่าระบบ RO และค่าติดตั้ง	620,000
เงินลงทุนต่อปี	68,072.66
เงินลงทุนต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้	5.40

ตารางที่ 5.6 ค่าสารเคมีสำหรับกระบวนการโคแอกกูเลชันและกระบวนการออสโมซิสผกกลับ

สารเคมี	ราคาต่อลูกบาศก์เมตร
ค่าสารส้ม*	22.5
ค่าฟอลิอิลิกโทรไลต์*	0.043
ค่าสารเคมี Anti-scalant	1.2
ค่าสารเคมีต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้	23.74

*จากการเตรียมน้ำก่อนเข้ากระบวนการออสโมซิสผกกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่ากำจัดน้ำทิ้งของกระบวนการออสโมซิสผันทกลับ

พลังงานไฟฟ้าและการบำรุงรักษา	ราคาต่อลูกบาศก์เมตร
ค่าพลังงานไฟฟ้า	7.84
ค่าบำรุงรักษา	2.2
ค่ากำจัดน้ำทิ้ง	1,221
ราคารวมต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้	1,231.04

ตารางที่ 5.8 สรุปค่าใช้จ่ายในการติดตั้งกระบวนการออสโมซิสผันทกลับ

รายละเอียดราคา	ราคาต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้
ค่าระบบและค่าติดตั้ง	5.40
ค่าพลังงานไฟฟ้า	7.84
ค่าสารเคมีรวม	23.74
ค่าบำรุงรักษา	2.2
ค่ากำจัดน้ำทิ้ง	1,221
รวม	1,260.18

จากการคำนวณในภาคผนวก ค พบว่ากระบวนการออสโมซิสผันทกลับจะเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียประมาณ 760 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่ที่เข้ากระบวนการออสโมซิสผันทกลับ ถ้านำน้ำเสียของกระบวนการผลิตผงซักฟอกเข้าร่วมบำบัด ค่าใช้จ่ายจะเหลือประมาณ 754 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียทั้งหมดที่เข้ากระบวนการออสโมซิสผันทกลับ (น้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่ และน้ำเสียจากกระบวนการผลิตผงซักฟอก 60 และ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ถ้าต้องการบำบัดน้ำเสียของกระบวนการผลิตไอศกรีมซึ่งมีปริมาณ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะต้องเพิ่มขนาดของระบบออสโมซิสผันทกลับและเปลี่ยนข้อมูลค่าติดตั้งค่าปฏิบัติการ ฯลฯ และคำนวณทำนองเดียวกัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการดำเนินงาน

6.1.1 การใช้เทคโนโลยีสะอาด

สามารถลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเฉลี่ยจาก 4,000 เหลือ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และความต้องการออกซิเจนทางเคมีเฉลี่ยจาก 10,500 เหลือ 7,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.1.2 การใช้กระบวนการออสโมซิสผันกลับ

ด้วยวิธีจาร์เทสต์ (การคำนวณแสดงในภาคผนวก ข) พบว่าภาวะที่เหมาะสมก่อนส่งน้ำเสียเข้ากระบวนการออสโมซิสผันกลับคือมีความขุ่นน้อยกว่า 5 NTU คือ

- อัตราการไหลของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
- ความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียเท่ากับ 7
- ความเข้มข้นของสารส้มในการตกตะกอน 2.25 กรัมต่อลิตร ที่อัตราการไหล

2.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

- ความเข้มข้นของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ 0.0002 กรัมต่อลิตร ที่ อัตราการไหล 12 ลิตรต่อวัน

ที่ภาวะดังกล่าวสามารถกำจัดความขุ่นในน้ำเสียจาก 16.9 เหลือ 1.25 NTU แสดงว่าส่งน้ำเสียเข้าบำบัดในกระบวนการออสโมซิสผันกลับได้ และสามารถลดความต้องการออกซิเจนทางเคมีจาก 3,440 เหลือ 630 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากปริมาณตะกอนในน้ำเสียลดลง แต่พบว่าเมื่อปริมาณสารส้มที่ใช้มากขึ้น ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 1,085 เป็น 1,940 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงได้อธิบายเหตุผลแล้วในหัวข้อการทดลองหาความเป็นกรด-เบสของน้ำเสียที่เหมาะสมในการตกตะกอน (รูปที่ 5.3) และการทดลองหาปริมาณของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสมในการตกตะกอน (รูปที่ 5.9)

6.1.3 การคำนวณความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์

จากการคำนวณความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ พบว่าค่าใช้จ่ายกระบวนการออสโมซิสผันกลับที่คำนวณได้ประมาณ 760 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียที่เข้ากระบวนการออสโมซิสผันกลับ หรือประมาณ 45,600 บาทต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 การใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความ ต้องการออกซิเจนทางเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ ต้องได้รับความร่วมมือจากการบุคคลทุกฝ่ายที่ เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตสบู่และควรจัดการฝึกอบรมพนักงานให้ปฏิบัติตามมาตรฐานการ ปฏิบัติงาน

6.2.2 การลงทุนติดตั้งกระบวนการออสโมซิสผันทกลับที่หน่วยบำบัดน้ำเสียรวมของบริษัท เพื่อบำบัดน้ำเสียจากหลายกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการผลิตสบู่และกระบวนการผลิต ผงซักฟอกจะประหยัดค่าใช้จ่ายได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. ประกาศการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยที่ 45/2541 เรื่องหลักเกณฑ์ทั่วไปในการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรม. 2541
- [2] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม
- [3] เอกสารการผลิตสบู่ บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด
- [4] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2545
- [5] คณะกรรมการจัดทำคู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3. 2540
- [6] จักรพงษ์ ทรัพย์หิรัญ และคณะ. การหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันด้วยวิธีการทำให้ตะกอนลอย. ปรินูญานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2545
- [7] กนกวรรณ สกุลทรัพย์ศิริ และ เปรมศิริ อิศสวานิชย์. การกำจัดน้ำเสียในกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลส. ปรินูญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2548
- [8] มั่นสิน ดันจุลเวศม์. วิศวกรรมปการประปา เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537
- [9] ณรงค์ วุทธเสถียร. การปรับสภาพน้ำสำหรับอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2540
- [10] เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์. วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย (Wastewater Engineering) เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. มิตรนราการพิมพ์. 2533
- [11][Online]. Available <http://tccenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/2003/20/05.php>
- [12] เอกสารข้อมูล บริษัท โพรมิเนนท์ ฟลูอิด คอนโทรลส์ ประเทศไทย จำกัด
- [13] ไพศาล วีรกิจ. การผลิตน้ำสำหรับอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์เอ็มแอนด์อี. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] เกศสุดา จงสงวนกลาง และ มานพ สุขพาสน์เจริญ. โครงการลดปริมาณ Reprocess soap ในโรงงานสบู่. ปรินูญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543
- [15][Online]. Available <http://www.thaifactory.com/Operate/CleanTech.html>
- [16] วันชัย ริจิรวนิช และ ช่อม พลอยมีค่า. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537
- [17] เพียงจันทร์ จริงจิตร. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. เอสอาร์พรีนติ้งแมส โปรดัคส์. 2541
- [18] นงลักษณ์ เมธวรากร และ สติธร สมใจนึก. การศึกษาทางเลือกที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมสีของโรงงานปั่นด้าย. ปรินูญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548
- [19] สลิตดา เคนแดน โสม และ สติธร พงศ์พิพร. อิทธิพลของปริมาณน้ำมันต่อประสิทธิภาพการบำบัดทางเคมีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วน โลหะ. ปรินูญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548
- [20] สุทธิพงษ์ ลากอนันต์ และ อารีย์ แซ่ตั้ง. การเตรียมโคแอกกูเลนต์จากกากตะกอนเพื่อใช้ในการแยกน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสีย. ปรินูญานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548
- [21] Sanna Kotrappanavar Nataraj et al. Distillery Wastewater Treatment by The Membrane – based Nanofiltration and Reverse Osmosis Process. Membrane Separation Division Center of Excellence in Polymer Science. Karnatak University. India
- [22] สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. โครงการฉลากสีเขียว ข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับสบู่. กองส่งเสริมและฝึกอบรม สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2542
- [23][Online] .Available <http://www.eg.mahidol.ac.th>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ความสามารถของระบบออส โมซิสผันกลับในการกำจัดเกลือต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 1 ความสามารถของระบบออกซิเดชันกลับในการกำจัดเกลือต่างๆ [12]

ไอออน	การกำจัดออก (%)	การซึมผ่านโดยเฉลี่ย (%)	ความเข้มข้นสูงสุด (%)
ประจุบวก			
โซเดียม (Na ⁺)	94 - 96	5	3 - 4
แคลเซียม (Ca ²⁺)	96 - 98	3	-
แมกนีเซียม (Mg ²⁺)	96 - 98	3	-
โพแทสเซียม (K ⁺)	94 - 96	5	3 - 4
เหล็ก (Fe ²⁺)	98 - 99	2	-
แมงกานีส (Mn ²⁺)	98 - 99	2	-
อะลูมิเนียม (Al ³⁺)	99	1	5 - 10
แอมโมเนียม (NH ₄ ⁺)	88 - 95	8	3 - 4
ทองแดง (Cu ²⁺)	98 - 99	1	8 - 10
นิกเกิล (Ni ²⁺)	98 - 99	1	10 - 12
สังกะสี (Zn ²⁺)	98 - 99	1	10 - 12
ความกระด้าง (Ca, Mg)	96 - 98	3	-
แคดเมียม (Cd ²⁺)	96 - 98	3	8 - 10
ซิลเวอร์ (Ag ⁺)	94 - 96	5	-
ปรอท (Hg ²⁺)	96 - 99	3	-

ตารางที่ ก. 1 ความสามารถของระบบออกซิเจนผสมกลับในการกำจัดเกลือต่างๆ (ต่อ) [12]

ไอออน	การกำจัดออก (%)	การซึมผ่านโดยเฉลี่ย (%)	ความเข้มข้นสูงสุด (%)
ประจุลบ			
คลอไรด์ (Cl ⁻)	94 - 95	5	3 - 4
ไบคาร์บอเนต (HCO ₃ ⁻)	95 - 96	4	5 - 8
ซัลเฟต (SO ₄ ²⁻)	99	1	8 - 12
ไนเตรต (NO ₃ ⁻)	96 - 98	6	-
ฟลูออไรด์ (F ⁻)	94 - 96	5	3 - 4
ซิลิกา (SiO ₂)	95 - 97	4	-
ฟอสเฟต (PO ₄ ³⁻)	99	1	10 - 14
โบรไมด์ (Br ⁻)	94 - 96	5	3 - 4
บอเรต (B ₄ O ₂ ²⁻)	35 - 70	-	-
โครเมต (CrO ₄ ²⁻)	90 - 98	6	8 - 12
ไซยาไนด์ (CN ⁻)	90 - 95	-	4 - 12
ซัลไฟต์ (SO ₃ ²⁻)	98 - 99	1	8 - 12
เรโอซิลไฟต์ (S ₂ O ₃ ²⁻)	99	1	10 - 14
เพอร์โรไซยาไนด์ ((Fe(CN) ₆) ³⁻)	99	1	8 - 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองจากวิธีจารีตศาสตร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณปริมาณสารละลายสารส้มและสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์เพื่อใช้กับระบบจริง จากปริมาณสารละลายสารส้มและสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ได้จากวิธีจาร์เทสต์ (Jar Test)

ปริมาณน้ำเสียที่ใช้ทดลอง 1 ลิตร

ปริมาณสารละลายสารส้ม ความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร ที่ใช้คือ 45 มิลลิลิตร

ปริมาณสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ที่ใช้คือ 0.2 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารส้มที่ใช้เดิมในน้ำเสีย} &= \frac{50 \text{ g}}{\text{L}} \left| \frac{45 \times 10^{-3} \text{ L}}{1 \text{ L}} \right. \\ &= 2.25 \text{ กรัมต่อลิตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้เดิมในน้ำเสีย} &= \frac{1 \text{ g}}{\text{L}} \left| \frac{0.2 \times 10^{-3} \text{ L}}{1 \text{ L}} \right. \\ &= 0.0002 \text{ กรัมต่อลิตร} \end{aligned}$$

อัตราการไหลของน้ำเสียออกจากกระบวนการผลิตสบู่ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

$$\text{ปริมาณสารส้มที่ใช้} = \frac{2.25 \text{ g}}{\text{L}} \left| \frac{60 \times 10^3 \text{ L}}{\text{day}} \right. = 135 \text{ กิโลกรัมต่อวัน}$$

$$\text{ปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้} = \frac{0.0002 \text{ g}}{\text{L}} \left| \frac{60 \times 10^3 \text{ L}}{\text{day}} \right. = 0.012 \text{ กิโลกรัมต่อวัน}$$

อัตราการไหลของสารละลายสารส้ม ความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร

$$\begin{aligned} &= \frac{135 \times 10^3 \text{ g}}{\text{day}} \left| \frac{\text{L}}{50 \text{ g}} \right. \\ &= 2.7 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน} \\ &= \frac{2.7 \times 10^3 \text{ L}}{\text{day}} \left| \frac{\text{day}}{24 \text{ h}} \right. \\ &= 112.5 \text{ ลิตรต่อชั่วโมง} \end{aligned}$$

อัตราการไหลของสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร

$$\begin{aligned} &= \frac{0.012 \times 10^3 \text{ g}}{\text{day}} \left| \frac{\text{L}}{50 \text{ g}} \right. \\ &= 12 \text{ ลิตรต่อวัน} \\ &= \frac{12 \text{ L}}{\text{day}} \left| \frac{\text{day}}{24 \text{ h}} \right. \\ &= 0.5 \text{ ลิตรต่อชั่วโมง} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การคำนวณความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งกระบวนการ
ออสโมซิสผันกลับ [16-17]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. 1 การคำนวณค่าติดตั้งและค่าปฏิบัติการของกระบวนการออสโมซิสผันทกลับ

ข้อมูลกระบวนการออสโมซิสผันทกลับของ บริษัท โพรมิเนนท์ ฟลูอิด คอนโทรลส์ ประเทศไทย จำกัด

1. ค่าระบบออสโมซิสผันทกลับ 550,000 บาท
2. อัตราการผลิตน้ำ (% Recovery) 60%
3. อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบออสโมซิสผันทกลับสูงสุด 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (แต่อัตราการไหลของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสูง 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)
4. อัตราการไหลของน้ำสะอาดจากระบบออสโมซิสผันทกลับ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ที่ % Recovery 60% น้ำสะอาดออกจากกระบวนการ 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)
5. ป้อนแรงดัน 10 บาร์
6. กำลังไฟฟ้าของระบบออสโมซิสผันทกลับขนาด 4 กิโลวัตต์
7. แผ่นเยื่อกรองชนิดเยื่อฟิล์มบางพอลิเอไมด์ผสม (Thin Film Composite: TFC) จำนวน 3 โมดูล ราคาโมดูลละ 28,000 บาท ระยะเวลาการใช้งาน 3 ปี
8. Filter cartridge 5 ไมครอน จำนวน 2 โมดูล ราคาโมดูลละ 200 บาท ระยะเวลาการใช้งาน 1 เดือน
9. อายุการใช้งานของระบบ 15 ปี
10. ค่าดำเนินการติดตั้ง 70,000 บาท
11. ค่าสารเคมี Anti-scalant ป้องกันการเกิดตะกรัน 1.2 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาด
12. ค่าบำรุงรักษา (ค่าเยื่อกรองกับค่าสารเคมีล้างระบบออสโมซิสผันทกลับ) 2.2 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาด
13. ระบบทำงาน 24 ชั่วโมง ทั้งหมด 350 วันต่อปี
14. มูลค่าซากมีค่าน้อยมาก (ไม่นำไปคิดในการคำนวณ)

ค่าสารเคมีจากการทำอาร์เทสต์

1. ค่าสารส้ม กิโลกรัมละ 6 บาท ใช้ 135 กิโลกรัมต่อวัน
2. ค่าสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ กิโลกรัมละ 130 บาท ใช้ 0.012 กิโลกรัมต่อวัน

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตสูง 60 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นอัตราการไหลของน้ำเสียที่จะเข้าระบบออสโมซิสผันทกลับ 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (สาเหตุที่เลือกระบบที่อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เพราะว่าบางวันปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสูงถึง 100 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำสะอาดที่ผลิตได้}}{\text{อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ}} \times 100\%$$

$$60 = \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำสะอาดที่ผลิตได้}}{2.5} \times 100\%$$

ดังนั้น อัตราการไหลของน้ำสะอาดที่ผลิตได้ = 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

$$= \frac{1.5 \text{ m}^3}{\text{h}} \left| \frac{24 \text{ h}}{\text{day}} \right.$$

$$= 36 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน}$$

การคำนวณเงินลงทุนโดยคิดมูลค่าเงินลงทุนรายปี

การคิดมูลค่าเงินลงทุนรายปี จะรวมค่าระบบออสโมซิสผันกลับและค่าดำเนินการติดตั้ง เป็นมูลค่าเงินลงทุนในปัจจุบัน = 550,000 + 70,000 = 620,000 บาท

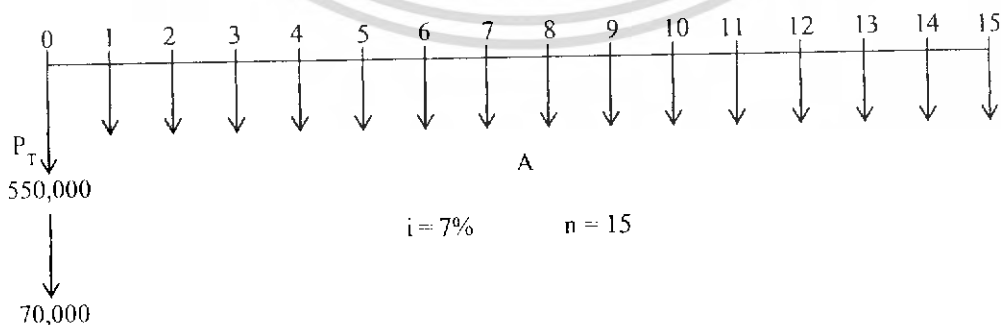
จากนั้น กระจายมูลค่าเงินลงทุนในปัจจุบันทั้งหมด เป็นเงินลงทุนรายปีที่อัตราดอกเบี้ย 7 % ต่อปี กำหนดโดยใช้ตัวประกอบการระดมทุน (Capital Recovery Factor) ดังสมการ 2.6 ดังนี้

$$A = P_T \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$= 620,000 \left[\frac{0.07(1.07)^{15}}{(1.07)^{15} - 1} \right]$$

$$A = 68,072.66 \text{ บาท}$$

$$\text{คิดเป็นเงิน} = \frac{68,072.66 \text{ baht}}{\text{year}} \left| \frac{\text{year}}{350 \text{ day}} \right| \left| \frac{\text{day}}{24 \text{ h}} \right| \left| \frac{\text{h}}{1.5 \text{ m}^3} \right. = 5.40 \text{ baht/m}^3 \text{ น้ำสะอาดที่ผลิตได้}$$



รูปที่ ค. 1 ผังกระแสเงินสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อ P_T = มูลค่าเงินลงทุนในปัจจุบันทั้งหมด
 A = มูลค่าเงินลงทุนรายปี
 i = อัตราดอกเบี้ย
 n = อายุโครงการ

การคำนวณค่าปฏิบัติการ

1. ค่าพลังงานไฟฟ้า

ขนาดกำลังไฟฟ้า	4	กิโลวัตต์
ค่าไฟฟ้า	2.94	บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (ราคาที่บริษัทจ่าย)

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อน้ำ 1 ลบ.ม.} &= 4 \text{ kW} \left| \frac{2.94 \text{ baht}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \right| \frac{\text{h}}{1.5 \text{ m}^3} \\ &= 7.84 \text{ baht/m}^3 \text{ น้ำสะอาดที่ผลิตได้} \end{aligned}$$

2. ค่าสารเคมี

- สารส้ม กิโลกรัมละ 6 บาท ใช้ 135 กิโลกรัมต่อวัน

$$\text{คิดเป็นเงิน} \quad \frac{6 \text{ baht}}{\text{kg}} \left| \frac{135 \text{ kg}}{\text{day}} \right| \frac{\text{day}}{24 \text{ h}} \left| \frac{\text{h}}{1.5 \text{ m}^3} \right| = 22.5 \text{ baht/m}^3 \text{ น้ำสะอาดที่ผลิตได้}$$

- สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ กิโลกรัมละ 130 บาท ใช้ 0.012 กิโลกรัมต่อวัน

$$\text{คิดเป็นเงิน} \quad \frac{130 \text{ baht}}{\text{kg}} \left| \frac{0.012 \text{ kg}}{\text{day}} \right| \frac{\text{day}}{24 \text{ h}} \left| \frac{\text{h}}{1.5 \text{ m}^3} \right| = 0.043 \text{ baht/m}^3 \text{ น้ำสะอาดที่ผลิตได้}$$

- Anti-scalant 1.2 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้ (ข้อมูลจากบริษัท โพรมินันท์)

รวมค่าสารเคมีทั้งหมด $22.5 + 0.043 + 1.2 = 23.74$ บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้

3. ค่าบำรุงรักษา 2.2 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้ (ข้อมูลจากบริษัท โพรมินันท์)

4. ค่ากำจัดน้ำทิ้งเข้มข้น 1,850 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

สรุปค่าใช้จ่ายในการติดตั้งกระบวนการออสโมซิสผันกลับ

รายละเอียด	ราคา (บาท)
ค่าระบบและค่าติดตั้ง*	5.40
ค่าพลังงานไฟฟ้า*	7.84
ค่าสารเคมีรวม*	23.74
ค่าบำรุงรักษา*	2.2
ค่ากำจัดน้ำทิ้งเข้มข้น**	1,850

*ต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้จากกระบวนการออสโมซิสผันกลับ (Permeate Water)

**ต่อลูกบาศก์เมตรน้ำทิ้งเข้มข้น (Concentrate Water)

การคำนวณ

สมมติฐาน

1. น้ำสะอาด 1 ลูกบาศก์เมตร
2. ความหนาแน่นคงที่
3. อุณหภูมิคงที่

น้ำสะอาดที่ผลิตได้จากกระบวนการออสโมซิสผันกลับ 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มาจากน้ำเสียที่เข้ากระบวนการออสโมซิสผันกลับ 2.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถ้าให้น้ำสะอาดที่ผลิตได้จากกระบวนการออสโมซิสผันกลับเป็น 1 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นน้ำเสียที่เข้ากระบวนการออสโมซิสผันกลับเป็น 1.66 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมูลมวล

น้ำเสียเข้าระบบ = น้ำสะอาดที่ผลิตได้ + น้ำทิ้งเข้มข้น

ค่าบำบัดน้ำเสียต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำสะอาดที่ผลิตได้

$$\begin{aligned}
 &= \text{ค่าน้ำสะอาดที่ผลิตได้} + \text{ค่ากำจัดน้ำทิ้งเข้มข้นต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำสะอาดที่ผลิตได้} \\
 &= (5.40 + 7.84 + 23.74 + 2.2) + (1,850) (0.66) \\
 &= 1,260.18 \text{ บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำสะอาดที่ผลิตได้}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าบำบัดน้ำเสียต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียเข้าระบบ

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,260.18 \text{ baht}}{1 \text{ m}^3 \text{ of permeatewater}} \left| \frac{1 \text{ m}^3 \text{ of permeatewater}}{1.66 \text{ m}^3 \text{ of feed wastewater}} \right. \\
 &= 759.14 \text{ baht/m}^3 \text{ น้ำเสียเข้าระบบ}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าบำบัดน้ำเสียต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียเข้าระบบ

$$\begin{aligned}
 &= \frac{759.14 \text{ baht}}{\text{m}^3} \left| \frac{2.5 \text{ m}^3}{\text{h}} \right| \frac{24 \text{ h}}{\text{day}} \\
 &= 45,548.4 \text{ บาทต่อวัน}
 \end{aligned}$$

ค่าบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการออสโมซิสผันกลับที่คำนวณได้ประมาณ 760 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียที่เข้าระบบ หรือประมาณ 45,600 บาทต่อวัน น้ำสะอาดที่ผลิตได้มีคุณภาพน้ำดี สามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตได้ ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำดิบได้และลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

ก. 2 การคำนวณค่าติดตั้งและค่าปฏิบัติการของกระบวนการออสโมซิสผันกลับ (กระบวนการผลิตสบู่กับกระบวนการผลิตผงซักฟอก)

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่และกระบวนการผลิตผงซักฟอกประมาณ 80 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นอัตราการไหลของน้ำเสียที่จะเข้าระบบออสโมซิสผันกลับ 3.3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (สาเหตุที่เลือกระบบที่อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เพราะว่าบางวันปริมาณน้ำเสียรวมสูงถึง 120 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำสะอาดที่ผลิตได้}}{\text{อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ}} \times 100\%$$

$$60 = \frac{\text{อัตราการไหลของน้ำสะอาดที่ผลิตได้}}{\text{อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ}} \times 100\%$$

3.3

ดังนั้น อัตราการไหลของน้ำสะอาดที่ผลิตได้ = 1.98 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

$$= \frac{1.98 \text{ m}^3}{\text{h}} \left| \frac{24 \text{ h}}{\text{day}} \right.$$

$$= 47.52 \text{ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน}$$

การคำนวณเงินลงทุนโดยคิดมูลค่าเงินลงทุนรายปี

$$A = P_T \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$= 620,000 \left[\frac{0.07(1.07)^{15}}{(1.07)^{15} - 1} \right]$$

$$A = 68,072.66 \text{ บาท}$$

$$\text{คิดเป็นเงิน} = \frac{68,072.66 \text{ baht}}{\text{year}} \left| \frac{\text{year}}{350 \text{ day}} \right| \left| \frac{\text{day}}{24 \text{ h}} \right| \left| \frac{\text{h}}{1.98 \text{ m}^3} \right. = 4.09 \text{ baht/m}^3 \text{ น้ำสะอาดที่ผลิตได้}$$

การคำนวณค่าปฏิบัติการ

1. ค่าพลังงานไฟฟ้า

ขนาดกำลังไฟฟ้า 4 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้า 2.94 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (ราคาที่บริษัทจ่าย)

$$\text{ดังนั้น ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อน้ำ 1 ลบ.ม.} = 4 \text{ kW} \left| \frac{2.94 \text{ baht}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \right| \left| \frac{\text{h}}{1.98 \text{ m}^3} \right.$$

$$= 5.94 \text{ baht/m}^3 \text{ น้ำสะอาดที่ผลิตได้}$$

2. ค่าสารเคมี

- สารส้ม กิโลกรัมละ 6 บาท ใช้ 135 กิโลกรัมต่อวัน

$$\text{คิดเป็นเงิน} \frac{6 \text{ baht}}{\text{kg}} \left| \frac{135 \text{ kg}}{\text{day}} \right| \left| \frac{\text{day}}{24 \text{ h}} \right| \left| \frac{\text{h}}{1.98 \text{ m}^3} \right. = 17.04 \text{ baht/m}^3 \text{ น้ำสะอาดที่ผลิตได้}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สารพอลิเอทิลีน ไทแรลด์ กิโลกรัมละ 130 บาท ใช้ 0.012 กิโลกรัมต่อวัน

$$\text{คิดเป็นเงิน} \frac{130 \text{ baht}}{\text{kg}} \left| \frac{0.012 \text{ kg}}{\text{day}} \right| \frac{\text{day}}{24 \text{ h}} \left| \frac{\text{h}}{1.98 \text{ m}^3} \right| = 0.033 \text{ baht/m}^3 \text{ น้ำสะอาดที่ผลิตได้}$$

- Anti-scalant 1.2 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้ (ข้อมูลจากบริษัท โพรมินนท์)
รวมค่าสารเคมีทั้งหมด $17.04 + 0.033 + 1.2 = 18.27$ บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้

3. ค่าบำรุงรักษา 2.2 บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้ (ข้อมูลจากบริษัท โพรมินนท์)

4. ค่ากำจัดน้ำทิ้งเข้มข้น 1,850 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

สรุปค่าใช้จ่ายในการติดตั้งกระบวนการออสโมซิสผันทกลับ

รายละเอียด	ราคา (บาท)
ค่าระบบและค่าติดตั้ง*	4.09
ค่าพลังงานไฟฟ้า*	5.94
ค่าสารเคมีรวม*	18.27
ค่าบำรุงรักษา*	2.2
ค่ากำจัดน้ำทิ้งเข้มข้น**	1,850

*ต่อลูกบาศก์เมตรน้ำสะอาดที่ผลิตได้จากกระบวนการออสโมซิสผันทกลับ (Permeate Water)

**ต่อลูกบาศก์เมตรน้ำทิ้งเข้มข้น (Concentrate Water)

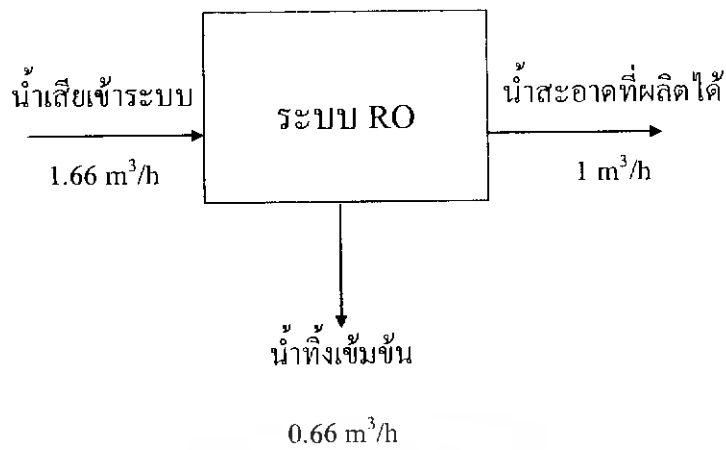
การคำนวณ

สมมติฐาน

4. น้ำสะอาด 1 ลูกบาศก์เมตร
5. ความหนาแน่นคงที่
6. อุณหภูมิคงที่

น้ำสะอาดที่ผลิตได้จากกระบวนการออสโมซิสผันทกลับ 1.98 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มาจากน้ำเสียที่เข้ากระบวนการออสโมซิสผันทกลับ 3.3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ถ้าให้น้ำสะอาดที่ผลิตได้จากกระบวนการออสโมซิสผันทกลับเป็น 1 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นน้ำเสียที่เข้ากระบวนการออสโมซิสผันทกลับเป็น 1.66 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สมมูลมวล

น้ำเสียเข้าระบบ = น้ำสะอาดที่ผลิตได้ + น้ำทิ้งเข้มข้น

ค่าบำบัดน้ำเสียต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำสะอาดที่ผลิตได้

$$\begin{aligned}
 &= \text{ค่าน้ำสะอาดที่ผลิตได้} + \text{ค่ากำจัดน้ำทิ้งเข้มข้นต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำสะอาดที่ผลิตได้} \\
 &= (4.09 + 5.94 + 18.27 + 2.2) + (1,850) (0.66) \\
 &= 1,251.5 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าบำบัดน้ำเสียต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียเข้าระบบ

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,251.5 \text{ baht}}{1 \text{ m}^3 \text{ of permeate water}} \bigg| \frac{1 \text{ m}^3 \text{ of permeate water}}{1.66 \text{ m}^3 \text{ of feed wastewater}} \\
 &= 753.92 \text{ baht/m}^3 \text{ น้ำเสียเข้าระบบ}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ค่าบำบัดน้ำเสียต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียเข้าระบบ

$$\begin{aligned}
 &= \frac{753.92 \text{ baht}}{\text{m}^3} \bigg| \frac{3.3 \text{ m}^3}{\text{h}} \bigg| \frac{24 \text{ h}}{\text{day}} \\
 &= 59,710.46 \text{ บาทต่อวัน}
 \end{aligned}$$

ค่าบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการออสโมซิสผันกลับของกระบวนการผลิตสูบน้ำกับกระบวนการผลิตผงซักฟอกที่คำนวณได้ประมาณ 754 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสียที่เข้าระบบ หรือประมาณ 60,000 บาทต่อวัน น้ำสะอาดที่ผลิตได้มีคุณภาพน้ำดี สามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตได้ ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำดิบได้และลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้