

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**กรณีศึกษาการจัดการนำในโรงงานผลิตสินค้าอุปโภคบริโภค**



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... **83201**  
วัน,เดือน,ปี..... - 6 ส.ค. 2551

b. 11๙ ๖2๕๖๒  
i. ....

**ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**

**สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ปีการศึกษา 2550**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A CASE STUDY OF WATER MANAGEMENT IN A  
CONSUMER PRODUCT INDUSTRY**



**ISSARA CHODKIATSAKUL  
UMAPORN KAEWPROM**

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

**2007**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง  
โดย

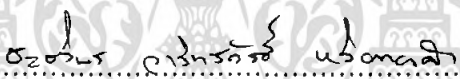
กรณีศึกษาการจัดการน้ำในโรงงานผลิตสินค้าอุปโภคบริโภค  
นางสาวอิสรา เชิดเกียรติสกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปริญญานิพนธ์

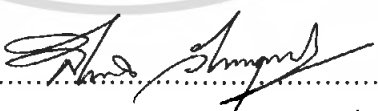
นางสาวอุมาภรณ์ แก้วพรม  
รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

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

  
..... กรรมการ  
(ดร.นริศรา ทองบุญชู)

  
..... กรรมการ  
(ดร.สันติ วัฒนานุสรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	กรณีศึกษาการจัดการน้ำในโรงงานผลิตสินค้าอุปโภคบริโภค
โดย	นางสาวอิสสรา เชิดเกียรติสกุล นางสาวอุมาภรณ์ แก้วพรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการจัดการน้ำในกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตสินค้าอุปโภคบริโภค เพื่อการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด กระบวนการผลิตจาก 3 แผนกหลักที่ศึกษา คือ แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว ได้แก่ แชมพู ครีมนำรงผิว ครีมนวดผม น้ำยาล้างจาน และน้ำยาปรับผ้านุ่ม แผนกผลิตผงซักฟอก และแผนกผลิตไอศกรีม ไม่พิจารณาการใช้น้ำที่แผนกผลิตสบู่เนื่องจากมีปริมาณค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับแผนกอื่น จากการศึกษาพบว่าที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว มีความเป็นไปได้ในการนำน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง ขึ้นไปตามมาตรฐานการปฏิบัติงานกลับมาใช้ล้างถังผสมที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันและมีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง ในรอบแรกของการล้างครั้งถัดไปโดยไม่ต้องลงทุนติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม สำหรับแผนกผลิตผงซักฟอกสามารถนำน้ำที่ผ่านการใช้แล้วจากแผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลวที่มีสีอ่อนไปใช้ในการผสมวัตถุดิบ และเสนอการนำน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4 ที่ผ่านการบำบัดทางเคมีด้วยภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในโครงการนี้กลับมาใช้ผสมวัตถุดิบในการผลิตผงซักฟอกโดยติดตั้งถังเก็บและเดินท่อเข้ากระบวนการ ส่วนการลดปริมาณการใช้น้ำที่แผนกผลิตไอศกรีมทำโดยลดเวลาการปล่อยน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นครั้งที่ 1 จาก 10 นาที เป็น 5-6 นาที และไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่คาดว่าจะลดได้จากการจัดการน้ำในโครงการนี้ประมาณ 1,472,500 บาท ในปีที่เริ่มลงทุนโดยหักค่าใช้จ่ายแล้ว

**Report Title**                    A Case Study of Water Management in a Consumer Product Industry

**By**                                    Miss Issara Choedkiatsakul

   Miss Umaporn Kaewprom

**Advisor**                         Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum

**Report for**                        Bachelor Degree of Chemical Engineering

   Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering

   King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

## **ABSTRACT**

This work proposes a guideline for water management in the processes of a consumer product industry. Three main processes are of interest; the processes of liquid products, i.e., shampoo, skin care products, shower cream, dish washing liquid and comfort fabric conditioner; the detergent process and the ice-cream process. Soap making process is not in the scope of this work due to lower water consumption than others. For liquid-product processes, without any additional cost, it is recommended to reuse the last chlorine solution from raw material mixing tanks having the SOPs of cleaning more than 4 times at the mixing tanks of the same products with more than 4-time cleaning for their first cycle cleaning. At the detergent process, only the light color water from the processes of liquid products could be reused in raw material mixing. In addition, the wastewater after chemical treatment by the conditions obtained from this work was practical to reuse in the detergent process for raw material mixing by installation a storage tank and piping system. In case of the ice-cream process, none of the extra equipment was needed. The countermeasure was done by reducing time to drain the first rinse of hot chlorine solution for cleaning the ice-cream piping and the refrigerators from 10 min to 5-6 min. The net expected cost saving by water management in this work is 1,472,500 baht/year at the first year of investment.

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด คร.วิวรรธน์ กฤษณาสิมะ  
รองประธานกรรมการบริหารฝ่ายผลิต และผู้บริหารทุกท่านของบริษัทที่ให้โอกาสผู้วิจัย  
ทำโครงการที่บริษัทและสนับสนุนเงินทุนวิจัยบางส่วน

ขอขอบคุณคุณศุภสัณห์ เรื่องประดับ ผู้จัดการแผนกพัฒนากระบวนการผลิต คุณดี้องการ  
แก้วทาสี หัวหน้าฝ่ายการพัฒนากระบวนการผลิต และทีมงานที่บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด  
ที่ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการทำงาน รวมทั้งอำนวยความสะดวกด้านข้อมูลต่างๆ

ขอขอบคุณฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้โครงการ  
โครงการอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี (Industrial and Research Projects for  
Undergraduate Students : IRPUS) ประจำปี 2550 ที่สนับสนุนทุนสำหรับการทำวิจัย

ขอขอบคุณ รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้และแนวคิด  
ในการแก้ปัญหา และผู้มีพระคุณอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม

หากมีสิ่งผิดพลาดประการใดในปฏิญยานี้พนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

อิสสร่า เชิดเกียรติสกุล

อุมารณ์ แก้วพรม

21 กุมภาพันธ์ 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ III ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 เทคนิคพินช์	3
2.2 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสีย	10
2.3 การบำบัดน้ำเสีย	11
2.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	13
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 กระบวนการผลิต	16
3.1 การผลิตผลิตภัณฑ์เหลว	16
3.2 การผลิตสบู่	20
3.3 การผลิตผงซักฟอก	26
3.4 การผลิตไอศกรีม	27
บทที่ 4 การดำเนินงานและผลการดำเนินงาน	31
4.1 แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว	31
4.2 แผนกผลิตสบู่	37
4.3 แผนกผลิตผงซักฟอก	38
4.4 แผนกผลิตไอศกรีม	47

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	52
5.1 แผนกผลิตเซมพูและอื่นๆ	52
5.2 แผนกผลิตผงซักฟอก	52
5.3 แผนกผลิตไอศกรีม	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	57
ภาคผนวก ข	64
ภาคผนวก ค	79



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
3.1	ผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ผสมในถังผสมแต่ละถัง	19
3.2	ปริมาณน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	20
3.3	ปริมาณน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อ ไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็น	30
4.1	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (ค่าเฉลี่ยพฤษภาคม-สิงหาคม 2550)	31
4.2	คุณภาพน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติและที่ล้างครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้าง 2 ครั้ง	33
4.3	คุณภาพน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติและที่ล้างครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้าง 3 ครั้ง	33
4.4	คุณภาพน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติและที่ล้างครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้าง 4 ครั้ง	34
4.5	คุณภาพน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติและที่ล้างครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้าง 5 ครั้ง	34
4.6	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	35
4.7	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตสบู่ (ค่าเฉลี่ยพฤษภาคม-สิงหาคม 2550)	37
4.8	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผงซักฟอก (ค่าเฉลี่ยพฤษภาคม-สิงหาคม 2550)	38
4.9	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4	40
4.10	ปริมาณสารละลายสารส้มและค่าความขุ่น	41
4.11	ปริมาณสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตและค่าความเป็นกรด-เบส	42
4.12	ปริมาณสารละลายพอลิเมอร์และค่าความขุ่น	43
4.13	รายละเอียดของค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติม	45
4.14	ค่าใช้จ่ายประเภทต่างๆ	45
4.15	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตไอศกรีม (ค่าเฉลี่ยพฤษภาคม-สิงหาคม 2550)	47
4.16	ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำคลอรีนร้อนที่ผ่านการล้างท่อส่งเนื้อ ไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นครั้งที่ 1 ที่เวลาต่างๆ	49
4.17	ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำคลอรีนร้อนที่ผ่านการล้างท่อส่งเนื้อ ไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นครั้งที่ 1 ที่เวลาต่างๆ	50

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4.18	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (คิดที่เวลาการปล่อยน้ำคลอรีนร้อน 5 นาที)	51
5.1	คุณภาพของน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติและที่ล้างครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มี การล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง	52
ก.1	จำนวนครั้งในการล้างถังผสมของแผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลวตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน	58
ก.2	ชื่อของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ของแผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว	61
ก.3	ปริมาณน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป	62
ก.4	ปริมาณน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็น	63
ข.1	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (พฤษภาคม 2550)	65
ข.2	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (มิถุนายน 2550)	66
ข.3	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (กรกฎาคม 2550)	67
ข.4	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (สิงหาคม 2550)	68
ข.5	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตสบู่ (พฤษภาคม 2550)	69
ข.6	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตสบู่ (มิถุนายน 2550)	70
ข.7	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตสบู่ (กรกฎาคม 2550)	71
ข.8	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตสบู่ (สิงหาคม 2550)	72
ข.9	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผงซักฟอก (พฤษภาคม 2550)	73
ข.10	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผงซักฟอก (มิถุนายน 2550)	73
ข.11	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผงซักฟอก (กรกฎาคม 2550)	74
ข.12	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผงซักฟอก (สิงหาคม 2550)	74
ข.13	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตไอศกรีม (พฤษภาคม 2550)	75
ข.14	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตไอศกรีม (มิถุนายน 2550)	76
ข.15	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตไอศกรีม (กรกฎาคม 2550)	77
ข.16	ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตไอศกรีม (สิงหาคม 2550)	78
ค.1	ค่าใช้จ่ายประเภทต่างๆ	80
ค.2	ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย	80
ค.3	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถังเก็บน้ำที่ผ่านการบำบัดทางเคมี	81
ค.4	ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อเชื่อมระหว่างท่อส่งน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีกับท่อส่งน้ำเสีย ไปยังแผนกผลิตผงซักฟอก	82

# สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟภาระความร้อนสะสมของกระแสน้ำและกระแสน้ำและแผนภูมิเอนทาลปี	4
2.2	การทำ Water minimization โดยวิธีการต่างๆ	6
2.3	กราฟภาระน้ำสะสมของแหล่งจ่ายน้ำและแหล่งรับน้ำ	7
2.4	การใช้เทคนิคพินซ์ในการปรับปรุงระบบการใช้น้ำ	9
3.1	การผสมวัตถุดิบในการผลิตแชมพู	16
3.2	การผสมวัตถุดิบในการผลิตครีมบำรุงผิว	17
3.3	การผสมวัตถุดิบในการผลิตครีมอาบน้ำ	17
3.4	การผสมวัตถุดิบในการผลิตน้ำยาล้างจาน	18
3.5	การผสมวัตถุดิบในการผลิตน้ำยาปรับผ้านุ่ม	18
3.6	ลักษณะของถังผสม	19
3.7	กระบวนการผลิตสบู่ก้อน	22
3.8	กระบวนการผลิตเม็ดสบู่	23
3.9	แผนภาพแสดงกระบวนการลดความชื้นของเกลือสบู่	24
3.10	แผนภาพแสดงการทำกลีเซอรินบริสุทธิ์	25
3.11	กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรธรรมดา	27
3.12	กระบวนการผลิต ไฮสกริม	28
3.13	ลักษณะภายในเครื่องทำความเย็น	29
3.14	เครื่องทำความเย็น	30
4.1	ลักษณะของน้ำกลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติและที่ใช้ล้างครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้าง 2, 3, 4 และ 5 ครั้ง	35
4.2	ลักษณะการเดินท่อเพื่อนำน้ำกลอรีนที่ล้างถังผสมกลับมาใช้ใหม่	36
4.3	ลักษณะของน้ำเสียที่บ่อปรับสมดุล 4	39
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความขุ่นกับปริมาณสารละลายสารส้มที่มีความเข้มข้น 8 % โดยมวลต่อปริมาตร	41
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความขุ่นกับปริมาณสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 2 % โดยมวลต่อปริมาตร	42
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความขุ่นกับปริมาณสารละลายพอลิเมอร์ที่มีความเข้มข้น 1.2 % โดยมวลต่อปริมาตร	43

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	ลักษณะของน้ำเสียที่บ่อปรับสมดุล 4 และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีแล้ว	44
4.8	ระบบที่เสนอเพื่อนำน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4 ที่ผ่านการบำบัดทางเคมีไปใช้ในแผนกผลิตผงซักฟอก	46
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-เบสของน้ำคลอรีนร้อนที่ผ่านการล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นกับเวลา	49
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำคลอรีนร้อนที่ผ่านการล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นกับเวลา	50



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคชั้นนำของประเทศ สินค้าที่ผลิตแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล (Personal care products) เช่น แชมพู ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว สบู่
2. ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน (Home care products) เช่น ผงซักฟอก น้ำยาปรับผ้านุ่ม น้ำยาล้างจาน
3. ผลิตภัณฑ์อาหารและไอศกรีม (Food and ice cream products) เช่น ผลิตภัณฑ์คือนอร์ ไอศกรีมวอลล์

ข้อมูลค่าใช้จ่ายจากการใช้น้ำของบริษัทในปี พ.ศ. 2549 มีค่ามากกว่า 43,000,000 บาทต่อปี แบ่งเป็น ค่าน้ำดิบ (น้ำประปา) 13,600,000 บาทต่อปี ค่าปรับสภาพน้ำดิบเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต ค่าปรับคุณภาพของน้ำจากแต่ละกระบวนการผลิตก่อนส่งเข้าบ่อบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของบริษัท ค่าบำบัดน้ำเสียที่บ่อบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของบริษัทประมาณ 26,700,000 บาทต่อปี และค่าบำบัดน้ำเสียที่ต้องจ่ายให้การนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังประมาณ 3,300,000 บาทต่อปี (น้ำเสีบรวมของบริษัทมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) ประมาณ 9,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD) ประมาณ 13,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีของน้ำเสียตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมของการนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง ต้องไม่เกิน 3,000 และ 750 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) [1]

แม้ว่าในปัจจุบันบริษัทจะมีการนำน้ำที่ผ่านการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่บ้างในลักษณะต่างๆ แต่ก็พบว่าปริมาณการนำกลับมาใช้ยังไม่มากพอและการใช้น้ำยังไม่เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นโครงการนี้จึงหาแนวทางการจัดการน้ำทั้งจากระบบการใช้น้ำและระบบการบำบัดเพื่อลดค่าใช้จ่ายและยังเป็นการอนุรักษ์น้ำซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญ

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

หาแนวทางจัดการน้ำในกระบวนการผลิตให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### 1.3 ขอบเขตโครงการงาน

- 1.3.1 ศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์หลักทุกกระบวนการ
- 1.3.2 วิเคราะห์หาแนวทางจัดการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- 1.3.3 คำนวณความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์

### 1.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาขั้นตอนของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ แผนกผลิตแชมพู ครีมนำรุงผิว ครีมน้ำยา น้ำยาล้างจาน และน้ำยาปรับผ้านุ่ม แผนกผลิตสบู่ แผนกผลิตผงซักฟอก และแผนกผลิตไอศกรีม

- 1.4.2 เก็บข้อมูลปริมาณและคุณภาพของน้ำที่เข้าและออกจากทุกแผนกและวิเคราะห์การใช้น้ำ
- 1.4.3 หาแนวทางใช้น้ำในกระบวนการและระหว่างกระบวนการให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- 1.4.4 คำนวณความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์
- 1.4.5 เสนอแนวให้บริษัทพิจารณา
- 1.4.6 สรุปผลการดำเนินงานและเขียนรายงาน

### 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

- 1.5.1 การใช้น้ำในโรงงานคุ้มค่าขึ้นและเหมาะสมกับกิจกรรม โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ภายใต้ข้อกำหนด
- 1.5.2 สามารถลดต้นทุนการผลิตจากค่าน้ำและค่าบำบัดน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 เทคนิคพินช์

#### 2.1.1 ความเป็นมา [2]

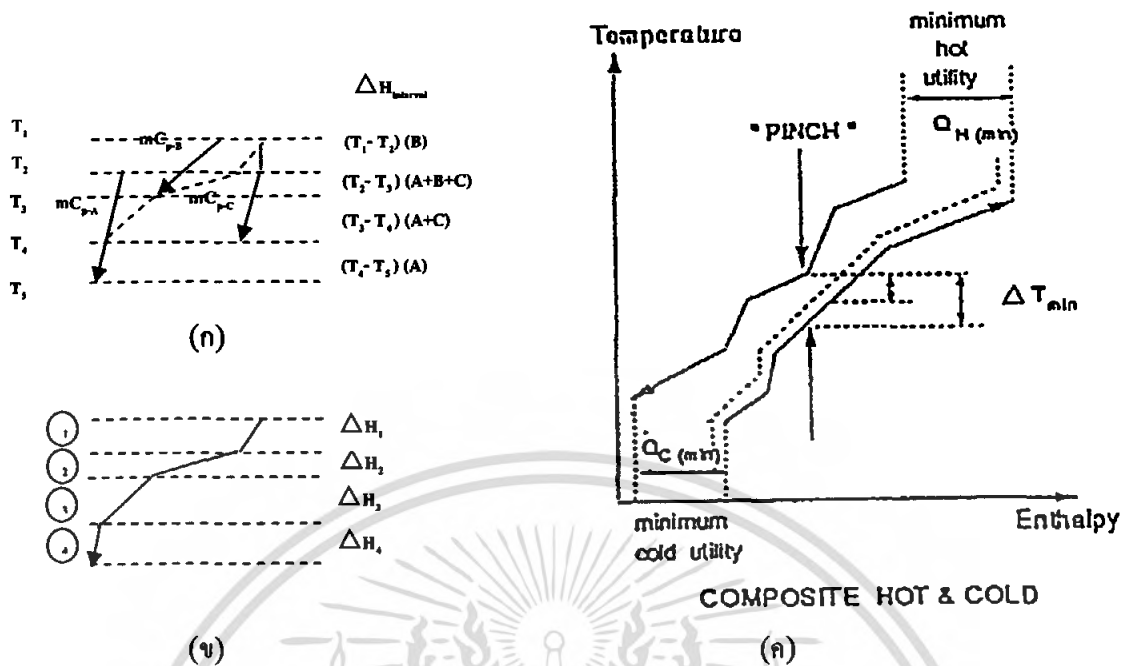
เทคนิคพินช์พัฒนามาจากหลักการพื้นฐานของเทอร์โมไดนามิกส์โดยอาศัยการประยุกต์ใช้กฎข้อที่หนึ่งและกฎข้อที่สองในกระบวนการทางเคมี โดยพิจารณาคุณมวลสารและ/หรือพลังงานและการออกแบบหน่วยปฏิบัติการในกระบวนการผลิต เพื่อจัดการใช้พลังงานและ/หรือการใช้น้ำให้เหมาะสมกับกิจกรรมในกระบวนการและเกิดประโยชน์สูงสุด

เทคนิคพินช์เริ่มต้นค้นคว้าและพัฒนาโดยกลุ่ม Process Integration ที่สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ (Institute of Science and Technology, University of Manchester) เมืองแมนเชสเตอร์ ประเทศอังกฤษ โดยการนำของศาสตราจารย์ โบโค ลินน์ฮอฟฟ์ และได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากบริษัท 17 แห่ง มีการเผยแพร่การใช้เทคนิคพินช์ครั้งแรกในปี 1982 ในการอบรมเรื่อง “การออกแบบ โครงข่ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger networks design)” ที่โรงงานยูนิเวนคาร์ไบด์ และได้ทดลองประยุกต์ใช้เทคนิคพินช์กับอุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน โดยครอบคลุมกระบวนการผลิตแบบกะ (Batch operation) และแบบต่อเนื่อง (Continuous operation) หลายขนาด เทคนิคพินช์ได้รับการยอมรับว่าสามารถใช้ได้ผลดีมากในการออกแบบ โครงข่ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger networks design) ทั้งสำหรับ โรงงานที่จะสร้างระบบใหม่และที่มีอยู่เดิมเพื่อปรับปรุงการใช้พลังงานให้ดียิ่งขึ้น

#### 2.1.2 หลักการของเทคนิคพินช์และเป้าหมายด้านพลังงาน [3]

โดยทั่วไปแล้วกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่าง กระแสร้อน (Hot stream) และกระแสเย็น (Cold stream) มากกว่าหนึ่งคู่ขึ้นไป ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการพิจารณาให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างกัน ได้มากที่สุดในช่วงอุณหภูมิหนึ่งๆ จึงต้องทำการรวมกระแสร้อนแต่ละสายเข้าด้วยกันและรวมกระแสเย็นแต่ละสายเข้าด้วยกันเสียก่อน ดังรูป 2.1 (ก) ซึ่งจะได้กราฟภาระความร้อนสะสมหรือกราฟประกอบความร้อนสะสม (Composite curve) ของกระแสร้อนดังแสดงในรูป 2.1 (ข) ส่วนกระแสเย็นก็เช่นเดียวกัน เส้นกราฟนี้เขียนขึ้นบนแกนระหว่างอุณหภูมิและเอนทาลปี และเมื่อปรับหรือเลื่อนเส้นกราฟทั้งสองเข้าหากันตามแนวราบ ผลต่างของอุณหภูมิต่ำสุด ( $\Delta T_{min}$ ) ระหว่างกราฟสองเส้นนี้ก็คือจุดที่อยู่ห่างกันน้อยที่สุด เรียกว่า จุดพินช์ (Pinch point) ซึ่งจะไม่มีการถ่ายเทความร้อนข้ามจุดนี้ จากกราฟภาระความร้อนสะสมนี้จะได้ค่ายูทิลิตี้ความร้อนและยูทิลิตี้ความเย็นที่ต่ำสุดซึ่งก็คือ “เป้าหมายของพลังงาน” ที่ต้องการใช้ในกระบวนการทางด้านปลายบนและปลายล่างตามลำดับ (รูปที่ 2.1 ค) [4-6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟการความร้อนสะสมของกระแสร้อนและกระแสน้ำเย็นและแผนภูมิเอนทัลปี [4, 7]

2.1.3 การประยุกต์เทคนิคพินช์ในการใช้งาน

เทคนิคพินช์ถูกนำมาใช้ในการออกแบบระบบต่างๆ เพื่อการใช้งาน ดังนี้ [8-10]

- ก) Pressure drop optimization
- ข) Distillation column profile
- ค) Low temperature process design
- ง) Batch process integration
- จ) Water and wastewater minimization
- ฉ) Total site integration
- ช) Emission targeting

การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคพินช์ทำให้ทราบเป้าหมายก่อนออกแบบ ไม่ว่าจะเป็นตัวเลือกในระบบปฏิบัติการ เงินลงทุนที่เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงระบบ และอื่นๆ

ในงานวิจัยนี้ใช้ความรู้และหลักการเบื้องต้นของเทคนิคพินช์ในการพิจารณาคุณภาพ และปริมาณน้ำเข้า-ออก ระหว่างกระบวนการต่างๆ ของบริษัทผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคที่เป็นกรณีศึกษา เพื่อการจัดการใช้น้ำในกระบวนการและระหว่างกระบวนการ และลดปริมาณน้ำทิ้ง (Water and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

wastewater management) โดยใช้หลักการใช้ซ้ำ (Reuse) และการนำกลับมาใช้ (Recycle) ซึ่งอาจจะมี การฟื้นฟูสภาพหรือรีเจนเนอเรชัน (Regeneration) น้ำในกระบวนการก่อนหรือไม่ขึ้นกับว่าจะนำน้ำนั้น ไปใช้กับระบบใด [9]

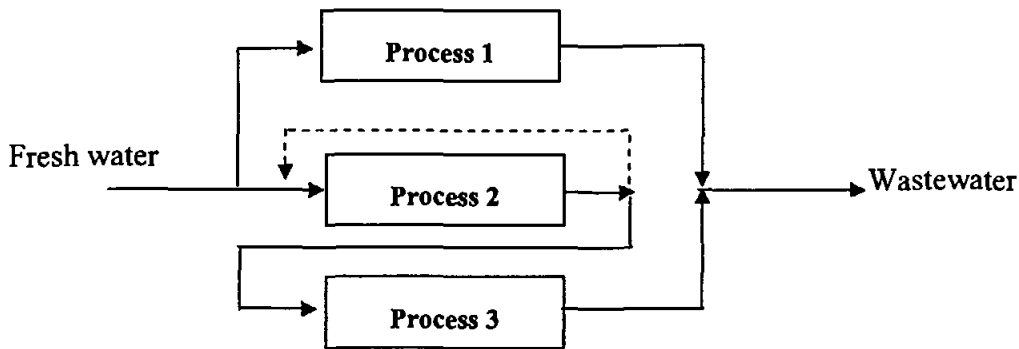
วิธีการลดการใช้น้ำในกระบวนการผลิต (Water minimization) ทั่วไป มี 4 วิธี คือ [10-13]

- Process change เป็นการลดความต้องการการใช้น้ำในโรงงานโดยการเปลี่ยนแปลง กระบวนการ เช่น การใช้อากาศหล่อเย็นกระบวนการแทนน้ำ การใช้สารอื่นเป็นสารสกัดแทนน้ำ การใช้ spray ball ในการล้างภายในถังบรรจุเพื่อให้ประสิทธิภาพในการทำ ความสะอาดสูงขึ้น เป็นต้น แต่วิธีนี้ เป็นการแก้ปัญหาการใช้น้ำเฉพาะที่ โดยไม่ได้พิจารณาถึงการใช้น้ำทุกระบบในโรงงาน

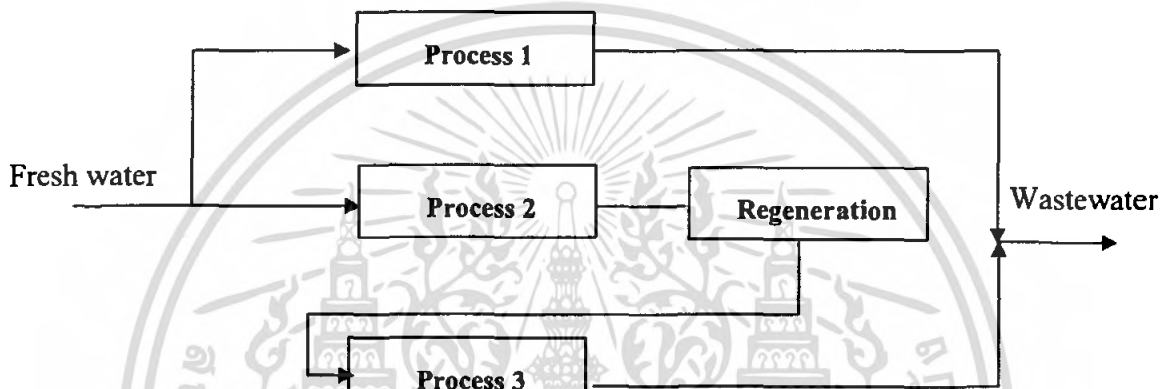
- Reuse ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (ก) เป็นการนำน้ำที่ผ่านการใช้จากกระบวนการใดกระบวนการ หนึ่งมาแล้วกลับไปใช้ซ้ำในกระบวนการเดิมหรือกระบวนการอื่น โดยอาจมีการผสมกับน้ำสะอาดหรื น้ำที่ผ่านการใช้มาจากกระบวนการอื่นก็ได้ โดยกระบวนการที่จะนำน้ำส่วนนี้ไปใช้ต้องสามารถยอมรับ คุณภาพของน้ำนั้นได้

- Regeneration-reuse วิธีนี้คล้ายกับวิธี reuse แต่มีการเพิ่มขั้นตอนการกำจัดความสกปรก บางส่วนออกไปก่อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการอื่น น้ำที่ผ่านการกำจัดความสกปรกแล้วก่อนที่จะ นำไปใช้ต่ออาจมีการผสมกับน้ำสะอาดหรือน้ำที่ผ่านการใช้แล้วจากกระบวนการอื่นก็ได้ และจะ นำไปใช้ในกระบวนการอื่น ไม่นำกลับมาใช้ในกระบวนการเดิม ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (ข)

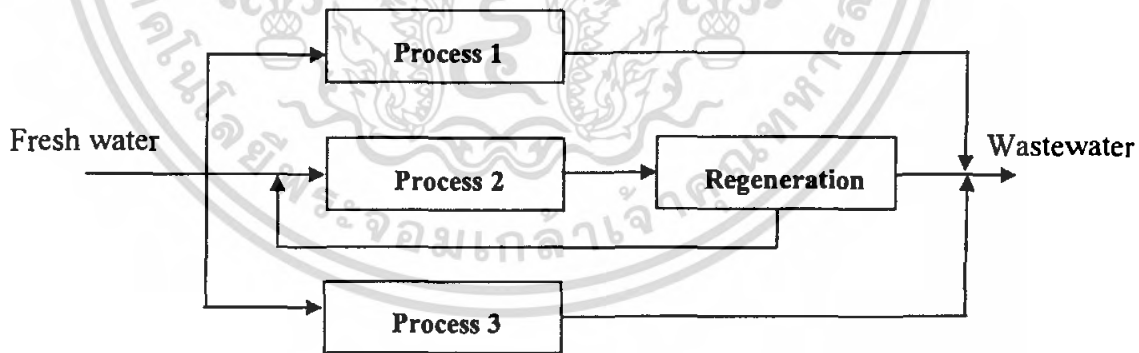
- Regeneration-recycle วิธีการนี้มีการเพิ่มขั้นตอนการกำจัดความสกปรกออกไปโดยผสมกับ น้ำสะอาดหรือน้ำที่ผ่านการใช้แล้วจากกระบวนการอื่น เพื่อนำกลับมาใช้ในกระบวนการเดิมเท่านั้น ดัง รูปที่ 2.2 (ค)



(ก) การทำ reuse



(ข) การทำ regeneration-reuse



(ค) การทำ regeneration-recycle

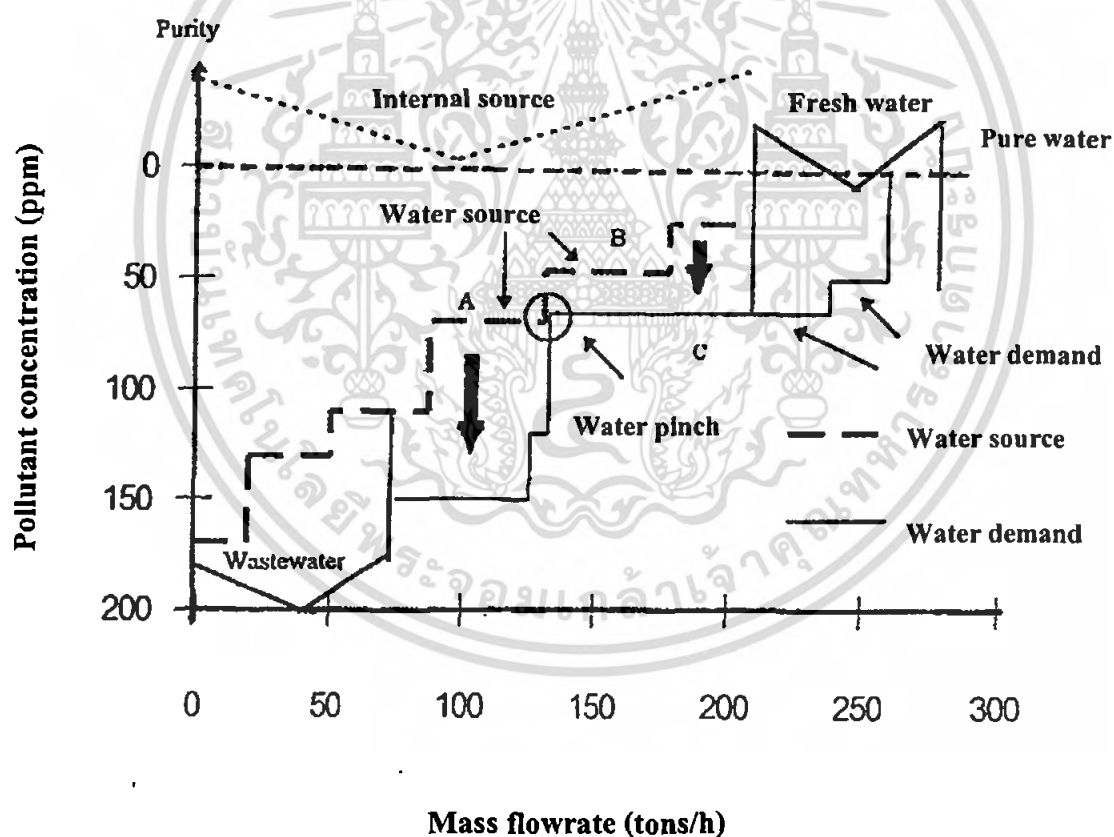
รูปที่ 2.2 การทำ Water minimization โดยวิธีการต่างๆ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.1.4 เทคนิคพินช์กับการลดการใช้น้ำในโรงงาน [14]

การประยุกต์เทคนิคพินช์ในการจัดการน้ำในโรงงาน ใช้หลักการเดียวกับการประเมินเป้าหมายพลังงานในการพิจารณา heat exchanger networks (HENs) ที่ขึ้นอยู่กับ minimum heat transfer driving force ( $\Delta T_{min}$ ) และเอนทาลปี ( $\Delta H$ ) ซึ่งจะนำมาประยุกต์โดยพิจารณาในรูปแบบ mass exchanger networks ที่ขึ้นกับอัตราการไหลเชิงมวลและมีค่าความแตกต่างของความเข้มข้นเป็นแรงขับ

การจัดการระบบการใช้น้ำในกระบวนการผลิตโดยการวิเคราะห์พินช์ของน้ำใช้และน้ำทิ้ง [14] เป็นการสร้างกราฟระหว่างค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนกับค่าอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำที่เข้าและออกในแต่ละระบบ แล้วสร้างกราฟการกระจายน้ำสะสม (Composition curve) ของแหล่งจ่ายน้ำ (Water source) กับแหล่งรับน้ำ (Water demand) เมื่อเลื่อนกราฟทั้งสองเหลื่อมซ้อนกันก็สามารถหาจุดที่เป็น water pinch (เหมือน  $\Delta T_{min}$  ใน HENs) และประเมินปริมาณน้ำที่ต้องการ (Water demand) และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น (Wastewater generation) น้อยที่สุดได้ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบโครงข่ายระบบการใช้น้ำในโรงงานดังรูปที่ 2.3 และ 2.4



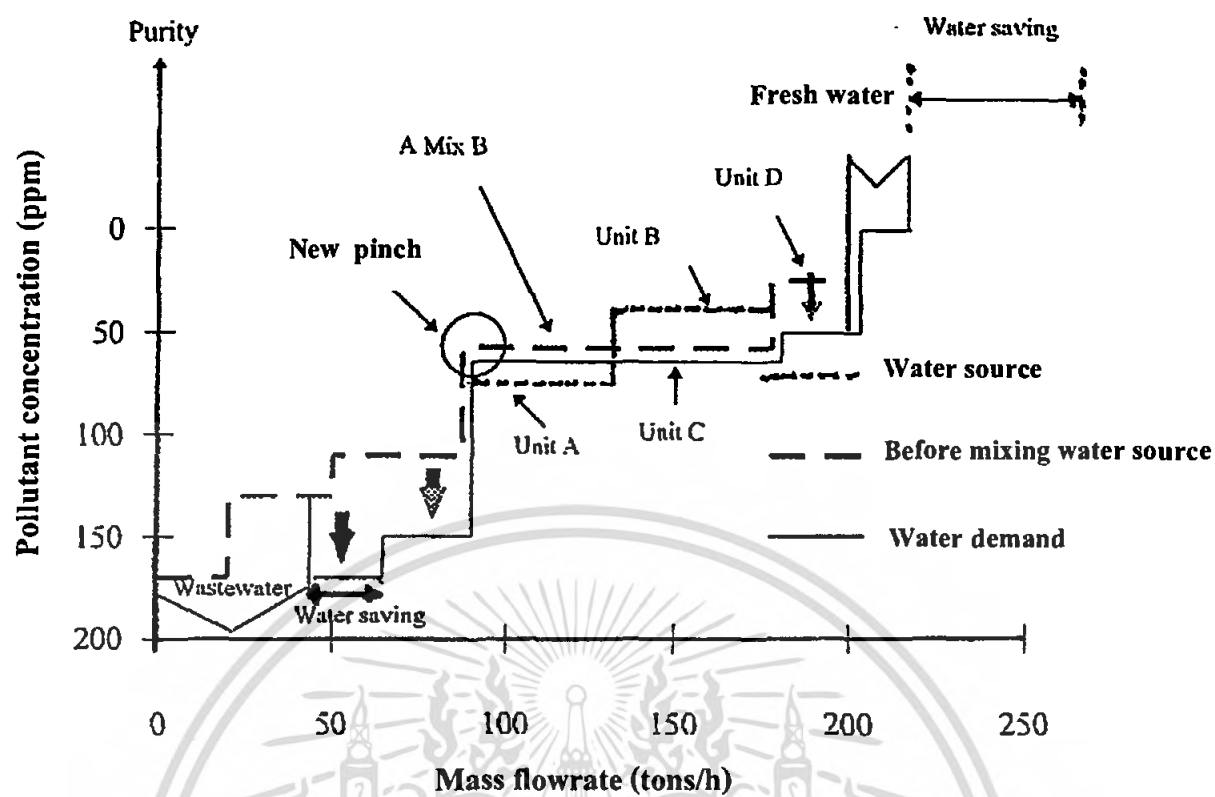
รูปที่ 2.3 กราฟการกระจายน้ำสะสมของแหล่งจ่ายน้ำและแหล่งรับน้ำ [14]

จากรูปที่ 2.3 เป็นตัวอย่างของโรงงานหนึ่ง ซึ่งมีทั้งหมด 5 กระบวนการ สามารถเขียนเส้นกราฟของน้ำที่ความต้องการทั้งหมดในรูปของกราฟภาระน้ำสะสมที่ความต้องการใช้ (Demand composition curve) โดยแกนตั้งจะแสดงถึงระดับความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่มีค่าต่ำที่สุดที่จุดศูนย์ ซึ่งหมายถึงค่าความบริสุทธิ์สูงสุดนั่นเอง ส่วนแกนนอนเป็นอัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ เส้นกราฟภาระน้ำสะสมของแหล่งรับน้ำ (Composition water demand) จะสร้างจากปริมาณความต้องการน้ำของแต่ละหน่วยอุปกรณ์ โดยการนำค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนและอัตราการไหลเชิงมวลของแต่ละสายที่จะเข้าในแต่ละหน่วยอุปกรณ์มาเขียนเป็นกราฟต่อๆ กัน ส่วนกราฟภาระน้ำสะสมของแหล่งจ่ายน้ำ (Composition water source) จะสร้างจากแต่ละสายของน้ำที่ออกมาจากแต่ละหน่วยอุปกรณ์ โดยพิจารณาทั้งอัตราการไหลและความเข้มข้นของสารปนเปื้อนเช่นเดียวกับกราฟภาระน้ำสะสมของแหล่งรับน้ำ

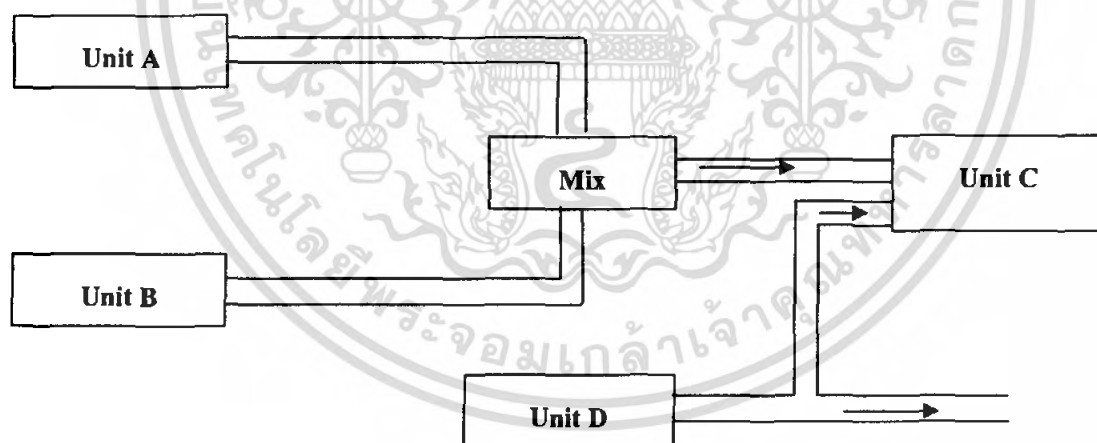
บริเวณส่วนที่เหลื่อมซ้อนกันของเส้นกราฟภาระน้ำสะสมของแหล่งจ่ายน้ำและของแหล่งรับน้ำคือบริเวณที่ถูกครีซิ่ง หมายถึงปริมาณน้ำส่วนที่ความต้องการนำกลับมาใช้ใหม่ และเมื่อเลื่อนกราฟทั้งสองมาชนกันจะเกิดจุดพินช์ (Water pinch) ในรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงถึงเป้าหมายของน้ำจำนวนน้อยที่สุดที่ต้องการ และปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดเช่นกัน โดยยังไม่มีครีซิ่ง

จากรูปที่ 2.3 พิจารณาส่วนของ A บนเส้นแหล่งจ่ายน้ำซึ่งมีน้ำออกมาจากหน่วย A ที่อัตราการไหล 43 ตันต่อชั่วโมง (อยู่ในช่วง 87-130 ตันต่อชั่วโมงในแนวนอน) และที่ระดับค่าสารปนเปื้อน 70 มิลลิกรัมต่อลิตรในแนวตั้ง เช่นเดียวกับส่วนของ B คือ 48 ตันต่อชั่วโมง (อยู่ในช่วง 130-178 ตันต่อชั่วโมงในแนวนอน) และที่ระดับค่าสารปนเปื้อน 47 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนของ C คือ 106 ตันต่อชั่วโมง (อยู่ในช่วง 132-238 ตันต่อชั่วโมงในแนวนอน) และที่ระดับค่าสารปนเปื้อนไม่เกิน 65 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งเมื่อนำสายที่ออกจากหน่วย A และ B มารวมกันเพื่อหาจุดพินช์ใหม่ในรูปที่ 2.4 ก พบว่าอัตราการไหลที่ได้ คือ 91 ตันต่อชั่วโมง (อัตราการไหล A รวมกับอัตราการไหล B) และความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่ได้ใหม่ คือ 58 มิลลิกรัมต่อลิตร ( $m_1X_1 + m_2X_2 = (m_1 + m_2)X_3$ ) โดย  $m_1, m_2$  คือ อัตราการไหลของสาย A และสาย B ตามลำดับ และ  $X_3$  เป็นความเข้มข้นของสารปนเปื้อนเมื่อรวมสาย A และ B ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 58 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเห็นว่ายังบริสุทธิ์พอที่จะนำไปใช้ในหน่วย C ได้ เนื่องจากค่าความเข้มข้นของน้ำที่ออกจาก A และ B ต่ำกว่าที่ C ต้องการ และหน่วย C ยังสามารถรับน้ำจากหน่วย D ต่อได้ เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำจากหน่วย A และ B ยังไม่เพียงพอกับความต้องการของหน่วย C

จากผลงานที่กล่าวมาว่าการหาจุดพินช์ใหม่ช่วยในการจัดการระบบการใช้น้ำดีขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้การใช้น้ำในกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและลดปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น (รูปที่ 2.4 ข)



(ก) กราฟภาระน้ำสะสมของแหล่งจ่ายน้ำและแหล่งรับน้ำที่จะปรับปรุง



(ข) การออกแบบภายหลังการปรับปรุง

รูปที่ 2.4 การใช้เทคนิคพินช์ในการปรับปรุงระบบการใช้น้ำ [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสีย [1, 15-16]

### 2.2.1 ความเป็นกรด-เบส (pH)

ความเป็นกรด-เบส แสดงความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไอออน เป็นค่าที่มีความสำคัญมากต่อการบำบัดน้ำเสียทั้งโดยวิธีทางชีวภาพและวิธีทางเคมี การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพเหมาะกับน้ำเสียที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเป็นกลาง

### 2.2.2 ความขุ่น (Turbidity)

เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำที่กั้นหรือขวางแสงแดด เนื่องจากความขุ่นเป็นพารามิเตอร์ที่วัดได้ง่าย จึงนิยมใช้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการหลายประเภท เช่น กระบวนการกรองน้ำ กระบวนการตกตะกอน เป็นต้น

### 2.2.3 ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (Biochemical Oxygen Demand: BOD)

เป็นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพเป็นค่าที่ใช้บอกถึงความสกปรกของน้ำเสียว่ามีมากน้อยเพียงใด ถ้ามีค่าสูงแสดงว่ามีความสกปรกหรือมีสารอินทรีย์มาก ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพและใช้ในการหาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

### 2.2.4 ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD)

เป็นปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ความต้องการออกซิเจนทางเคมีมักจะมีค่าสูงกว่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ เนื่องจากความต้องการออกซิเจนทางเคมีไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายทางชีวภาพและสารที่ยากต่อการย่อยสลายทางชีวภาพได้ แต่มีข้อดีคือใช้เวลาในการวิเคราะห์เพียง 3 ชั่วโมง เท่านั้น ความต้องการออกซิเจนทางเคมีมีความสำคัญในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย การตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ และยังสามารถใช้ในการประเมินความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพอย่างคร่าวๆ ได้

### 2.2.5 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS)

เป็นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และสามารถผ่านกระดาษกรองใยแก้วมาตรฐานแล้วยังคงเหลืออยู่หลังการระเหยน้ำจนแห้ง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส

### 2.2.6 คลอไรด์ (Chloride)

ปริมาณคลอไรด์ในน้ำบอกถึงแนวโน้มของน้ำที่มีคุณสมบัติในการกัดกร่อน ไฮดรอกไซด์คลอไรด์ละลายน้ำได้ง่ายเป็นสาเหตุทำให้เกิดของแข็งละลายน้ำ

### 2.2.7 โลหะหนัก (Heavy metals)

โลหะหนักในน้ำเสียมีอยู่หลายชนิด เช่น แคดเมียม โครเมียม ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว แมงกานีส โปรท นิกเกิล และสังกะสี โลหะหนักเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จึงจำเป็นต้องทราบว่าในน้ำเสียมิ โลหะหนักปริมาณเท่าไร นอกจากนี้ปริมาณโลหะมีผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์และการเลือกระบบบำบัดที่มีความเหมาะสม

### 2.2.8 ไขมันและน้ำมัน (Fat and oil) [16]

ส่วนใหญ่เกิดจากไขมันและน้ำมันจากพืชและสัตว์ที่ใช้ในการปรุงอาหาร สบู่จากการอาบน้ำ ฟองของสารซักฟอกจากการชำระล้าง สารเหล่านี้มีน้ำหนักเบาและลอยน้ำ ทำให้เกิดสภาพไม่น่าดูและขวางกั้นการละลายของออกซิเจนจากอากาศสู่แหล่งน้ำ

## 2.3 การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง กระบวนการปรับปรุงน้ำเสียเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภท โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมแต่ทั้งนี้ห้ามไม่ให้ใช้วิธีการทำให้เจือจาง (Dilution) โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศ [1, 17] เช่น

1. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. ความต้องการออกซิเจนทางเคมีไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

กระบวนการบำบัดน้ำเสีย แบ่งเป็น 4 กระบวนการใหญ่ๆ ดังนี้ [18-19]

1. กระบวนการทางกายภาพ (Physical unit process) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยแรงทางกายภาพต่างๆ ในการแยกชั้นของเหลวหรือของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำเสีย โดยมากมักเป็นขั้นตอนแรกในการบำบัดน้ำเสีย เช่น

- การคัดด้วยตะแกรง (Screening) ตะแกรงใช้คัดขยะต่างๆ เช่น เศษไม้ เศษกระดาษ เศษพลาสติก ฯลฯ ป้องกันความเสียหายที่มีต่อเครื่องจักรกลต่างๆ

- การกำจัดไขมันและน้ำมัน ระบบกำจัดไขมันและน้ำมันที่นิยมใช้เป็นถังพักที่มีแผ่นกั้นขวางอยู่ในบ่อเพื่อให้ดักไขมันไว้ได้ปริมาณมาก

2. กระบวนการทางเคมี (Chemical unit process) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้สารเคมีผสมกับน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีและแยกมวลสารต่างๆ ออกจากน้ำเสีย เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทำให้เป็นกลาง น้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้ปูนขาวหรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนน้ำเสียที่มีสภาพเป็นเบสสามารถทำให้เป็นกลางได้โดยใช้กรดชนิดต่างๆ เช่น กรดซัลฟิวริก กรดไฮโดรคลอริก หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

- การกำจัดตะกอนแขวนลอยด้วยกระบวนการ โคแอกกูเลชัน (Coagulation) ตะกอนแขวนลอยขนาดเล็กที่ตกตะกอนได้ช้ามากเรียกว่า คอลลอยด์ (Colloids) คอลลอยด์ไม่สามารถแยกตัวออกจากน้ำได้โดยวิธีตกตะกอนตามธรรมชาติ การเติมสารเคมีบางชนิด เช่น สารส้ม สามารถทำให้คอลลอยด์หลายๆ อนุภาคจับตัวกันเป็นกลุ่มเรียกว่า ฟล็อก (Floc) จนมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้รวดเร็ว กระบวนการรวมตัวของคอลลอยด์นี้เรียกว่า โคแอกกูเลชัน

3. กระบวนการทางชีวภาพ (Biological unit process) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่อาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่างๆ ไปเป็นก๊าซลอยขึ้นสู่อากาศและได้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนขึ้น เช่น

- บ่อแอนแอโรบิกใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง เป็นวิธีที่ไม่ต้องเติมออกซิเจนซึ่งเหมาะกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งสูง เนื่องจากของแข็งจะตกลงสู่ก้นบ่อและถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิก ระบบนี้นิยมกันแพร่หลายเพราะประหยัดพลังงานในการเติมอากาศและยังได้ก๊าซมีเทนเป็นผลพลอยได้

- บ่อแอโรบิกเป็นบ่อที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายแขวนลอยอยู่ และมีความลึกไม่มากนักเพื่อให้ออกซิเจนกระจายทั่วทั้งบ่อและมีสภาพเป็นแอโรบิกตลอดความลึก บ่อแบบนี้อาศัยออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและการเติมอากาศที่ผิวหน้าและยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ส่วนหนึ่งโดยอาศัยแสงแดด

4. กระบวนการทางกายภาพและเคมี (Physicochemical unit process) คือ วิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ทั้งวิธีทางกายภาพและทางเคมีรวมกันในการกำจัดสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย วัตถุประสงค์ของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการนี้ คือ ต้องการได้คุณภาพน้ำทิ้งที่ติดตามความต้องการในมาตรฐานสูง โดยมากกระบวนการนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดำเนินการสูง เช่น

- การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) ระบบนี้ใช้หลักการแลกเปลี่ยนไอออนของสารปนเปื้อนที่มีในน้ำเสีย เช่น แยกไอออนแอมโมเนียม ไอออนทองแดง เป็นต้น โดยอาศัยเรซินเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนไอออน เรซินจะถูกบรรจุในถังแลกเปลี่ยนประจุซึ่งมีน้ำไหลเข้าแบบไหลลงด้วยแรงดันที่เหมาะสม และน้ำทิ้งจะไหลออกทางส่วนล่างของถัง ระบบนี้ต้องมีการล้างถังอย่างสม่ำเสมอเมื่อมีตะกอนขังภายในเกินมาตรฐานและควรทำการรีเจนเนอเรชันบ่อยครั้ง

- กระบวนการออสโมซิสผกกลับ (Reverse Osmosis: RO) หรือระบบไฮเปอร์ฟิวเทรชัน (Hyperfiltration) นิยมใช้แยกเกลือที่ละลายน้ำได้ด้วยการกรองผ่านแผ่นเยื่อกรองแบบเยื่อกึ่งซึมผ่านได้ (Semi-permeable membrane) ที่ความดันสูงกว่าความดันออสโมติก (Osmotic pressure) ก่อนใช้ระบบนี้ น้ำทิ้งจะต้องผ่านระบบที่กำจัดหรือแยกตะกอนสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ออกก่อน ซึ่งทำได้

โดยใช้กระบวนการ โคแอกกูเลชัน กระบวนการออสโมซิสผันกลับใช้บำบัดน้ำทิ้งให้มีคุณภาพน้ำที่ได้มาตรฐานสูง หรือต้องการนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต หรือเพื่อไปใช้เป็นน้ำสำหรับอุปโภค และบริโภค

## 2.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ [20-21]

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ใช้เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาของระบบ โดยพิจารณาลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจสำหรับดำเนินการในปัจจุบันและในอนาคต ส่วนมากที่กล่าวถึงจะเป็นการคาดคะเนค่าใช้จ่ายและผลได้ต่างๆ เพื่อกำหนดแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับอนาคต

โครงการซึ่งใช้เวลา น้อยที่สุด แรงงานน้อยที่สุด ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด และให้ผลงานที่สนองความต้องการ ได้มากที่สุดจะเป็นโครงการที่มีคุณค่ามากที่สุด อย่างไรก็ตามโครงการที่มีค่าใช้จ่ายน้อยสุด อาจจะไม่ใช่โครงการที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงต้องพิจารณาผลประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการนั้นๆ เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์และรายละเอียดอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์

การคำนวณมูลค่าของเงินตามกาลเวลา [21]

1. ระบบการจ่ายเงินครั้งเดียว (Single-payment system) เป็นระบบที่มีจำนวนเงินที่รับหรือจ่ายเพียงครั้งเดียวตอนเริ่มหรือสิ้นสุดระยะเวลาที่กำหนด โดยกำหนดให้เงินต้น (P) อัตราดอกเบี้ย (i %) ต่อระยะเวลาที่กำหนด (n) ได้เงินรวมในอนาคตเท่ากับ (F) สามารถหาค่าเงินต้น (P) ได้จากสูตร

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

ค่าแฟกเตอร์  $1/(1+i)^n$  เรียกว่า “Single-payment present worth factor” สามารถหาได้จากการเปิดตารางดอกเบี้ยด้วย (P/F, i%, n)

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” และหาได้จากตารางดอกเบี้ยด้วย (A/P, i%, n)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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” เปิดค่าได้จากตารางดอกเบี้ยด้วย (P/A, i%, n)

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สินี จิรเสาวภาคย์ [22] ใช้เทคนิคพินช์กับกระบวนการผลิตแ่งมันสำปะหลังเพื่อปรับปรุงกระบวนการใช้น้ำและน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ซ้ำ โดยการจับคู่ระหว่างแหล่งจ่ายและแหล่งใช้น้ำอย่างเป็นระบบพร้อมทั้งพิจารณาค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้จากการใช้น้ำ ปริมาณแ่งที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้ง จากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานแ่งมันสำปะหลัง 3 แห่ง พบว่าวิธีการนี้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายดังกล่าวข้างต้นเป็นมูลค่า 1.3-3.09, 0.24-0.48 และ 1.14-4.45 ล้านบาทต่อปี ตามลำดับ โดยที่โรงงานที่สองมีการจัดการน้ำดีที่สุดและลดการใช้น้ำต่อตันแ่งมันสำปะหลังเหลือประมาณ 5.2 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งลดลงจากเดิม 45% เมื่อพิจารณาการลดปริมาณน้ำที่ต้องใช้ของอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการผลิต และการนำน้ำทิ้งบางส่วนจากกระบวนการไปบำบัดและนำกลับมาใช้ใหม่ ผลที่ได้จากการปรับปรุงดังกล่าว ถูกลำดับไปใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงเพื่อประเมินค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ลดลงของโรงงานมันสำปะหลังจำนวน 50 โรงงาน ซึ่งมีกำลังการผลิตแ่งรวม 7,200 ตันต่อวัน พบว่าสามารถลดค่าน้ำและการสูญเสียแ่งได้ปีละประมาณ 26.9-252.4 ล้านบาท และ 41-347.5 ล้านบาท ทั้งนี้ขึ้นกับระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานว่าเป็นระบบแบบบ่อเปิดหรือแบบครึ่งฟิล์ม

Z.A. Manan และคณะ [23] ใช้การวิเคราะห์เทคนิคพินช์เพื่อปรับปรุงการใช้น้ำในส่วนต่างๆ ของมัสดิสด่านอิสเมต ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมาเลเซีย การวิเคราะห์ลำดับการใช้น้ำแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกเป็นการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ต้องปรับปรุงคุณภาพ ส่วนกรณีที่สองเป็นการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนการนำมาใช้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำแบบเดิม พบว่าการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ต้องปรับปรุงคุณภาพสามารถลดปริมาณการใช้น้ำดีและน้ำเสียที่เกิดขึ้นได้ 65 % และ 52 % ส่วนการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยมีการปรับปรุงคุณภาพก่อนสามารถลดปริมาณการใช้น้ำดีและน้ำเสียที่เกิดขึ้นได้ 86 % และ 68 %

U. Wising และคณะ [24] ศึกษาการลดการใช้น้ำในโรงงานผลิตกระดาษ และวิเคราะห์ผลด้วยหลักการของเทคนิคพินช์ ซึ่งได้ข้อสรุปว่า เมื่อทำการลดปริมาณการใช้น้ำร้อนในการบดเยื่อลง ความต้องการใช้น้ำก็ลดลงด้วย แต่ในขณะเดียวกันปริมาณและอุณหภูมิของความร้อนส่วนเกิน (Excess

heat) จะเพิ่มขึ้น ความร้อนส่วนที่เกินนี้จะนำไปใช้ต่อในกระบวนการระเหยและทำให้ความต้องการใช้ไอน้ำลดลงถึง 1.5 GJ/ton product

Y.P. Wang และคณะ [25] ศึกษาการใช้น้ำในโรงกลั่นน้ำมัน โดยใช้เทคนิคพินช์ พบว่าเมื่อทำ regeneration-reuse ค่าอัตราการใช้ต่ำสุดเท่ากับ 55.5 ตันต่อชั่วโมง ในกรณีที่ทำ reuse อย่างเดียวอัตราใช้น้ำประมาณ 107.5 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 20 % เมื่อเทียบกับการใช้น้ำด้วยวิธีเดิมก่อนการใช้เทคนิคพินช์ ส่วนการทำ regeneration-reuse จะลดค่าใช้จ่ายลงได้ 26 % เมื่อเทียบกับกรณีที่ทำ reuse



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

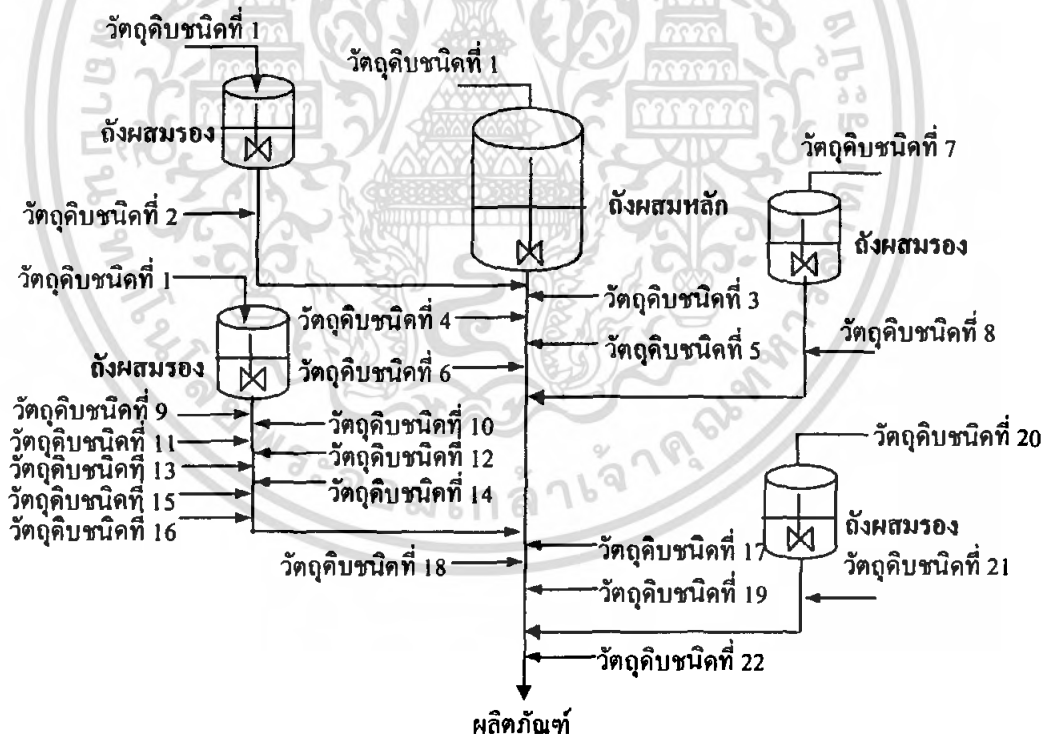
## กระบวนการผลิต

### 3.1 การผลิตผลิตภัณฑ์เหลว

แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลวมีการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ แยมพุด ครีมบำรุงผิว ครีมอาบน้ำ น้ำยาล้างจาน และน้ำยาปรับผ้านุ่ม กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิด มีลักษณะที่คล้ายกัน โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ การผสมวัตถุดิบ ซึ่งประกอบด้วย [26]

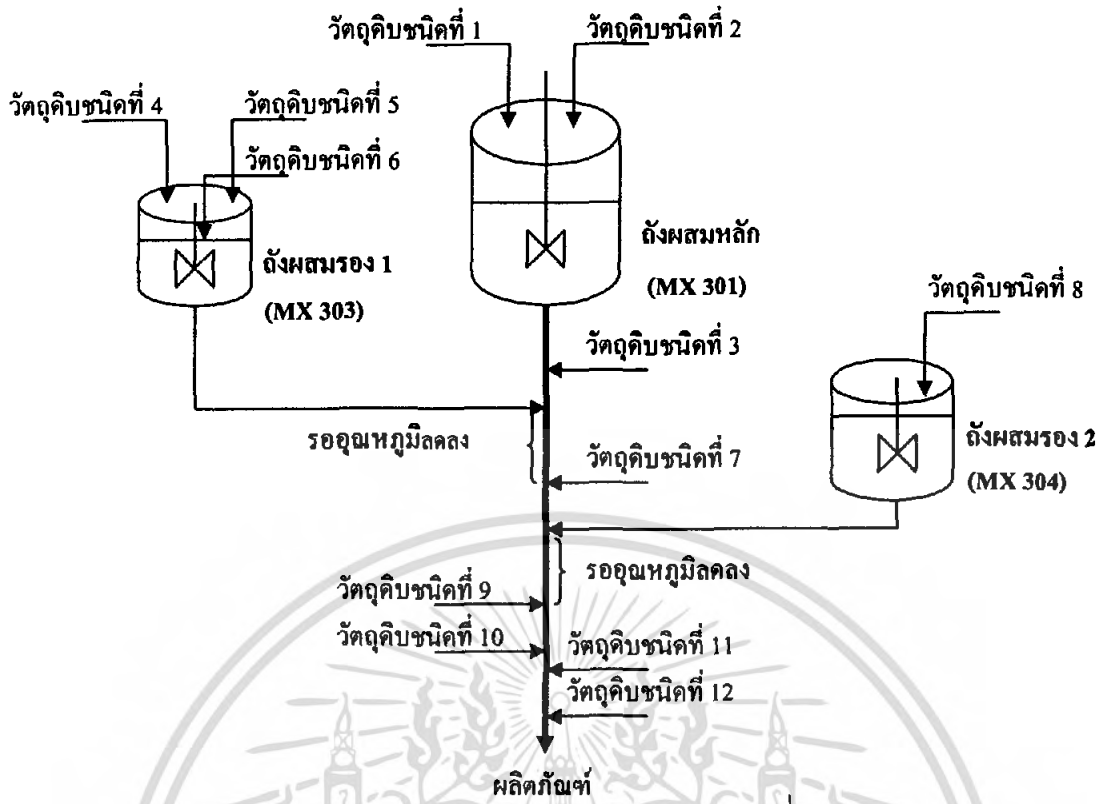
- การล้างถังผสม
- การฆ่าเชื้อ
- การผสมวัตถุดิบ
- การนำผลิตภัณฑ์ออกจากถังผสม

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ชนิด แสดงดังรูปที่ 3.1-3.5 และพบว่าทุกขั้นตอนจะมีปริมาณการใช้น้ำมาก

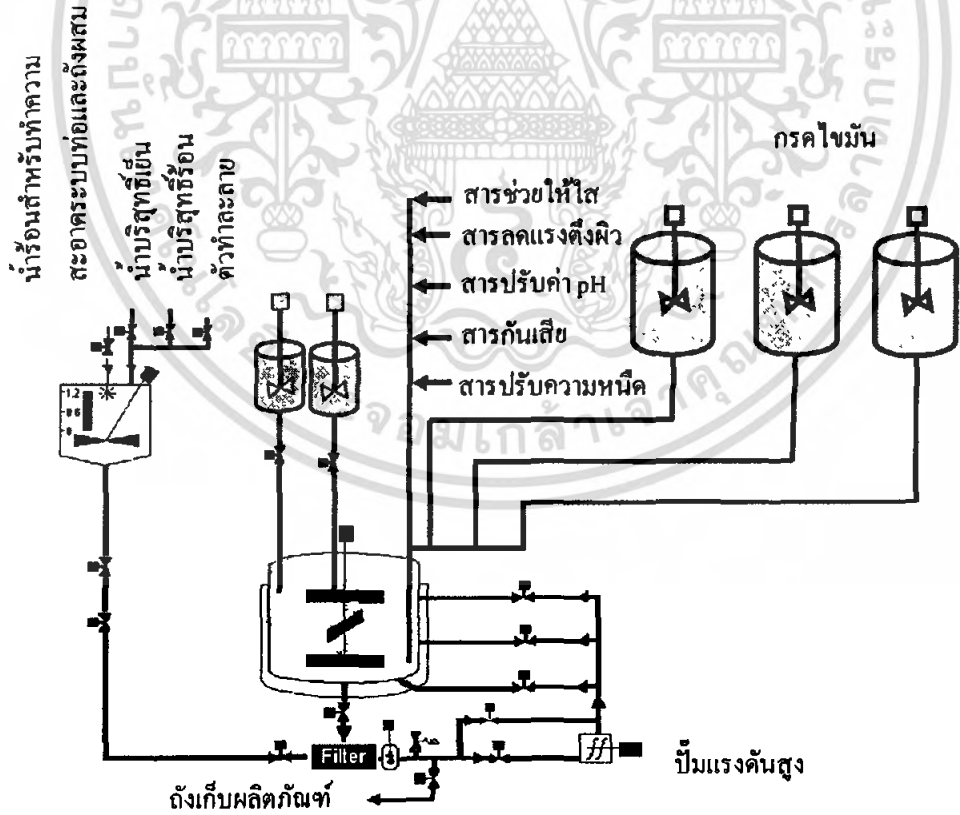


รูปที่ 3.1 การผสมวัตถุดิบในการผลิตแยมพุด [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

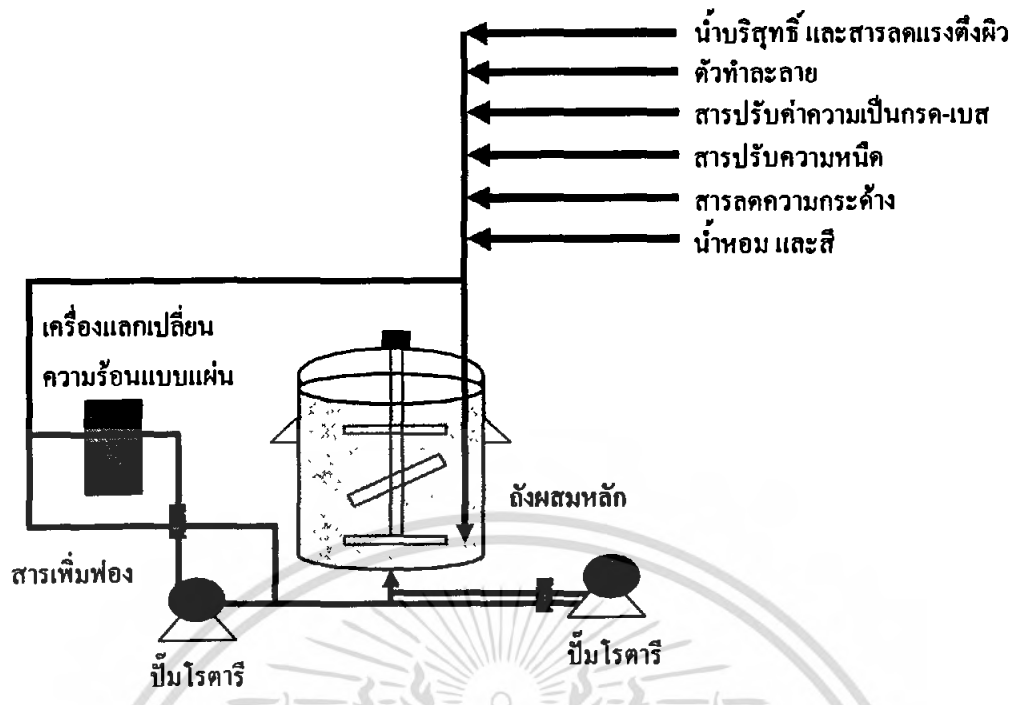


รูปที่ 3.2 การผสมวัตถุดิบในการผลิตครีมบำรุงผิว [26]

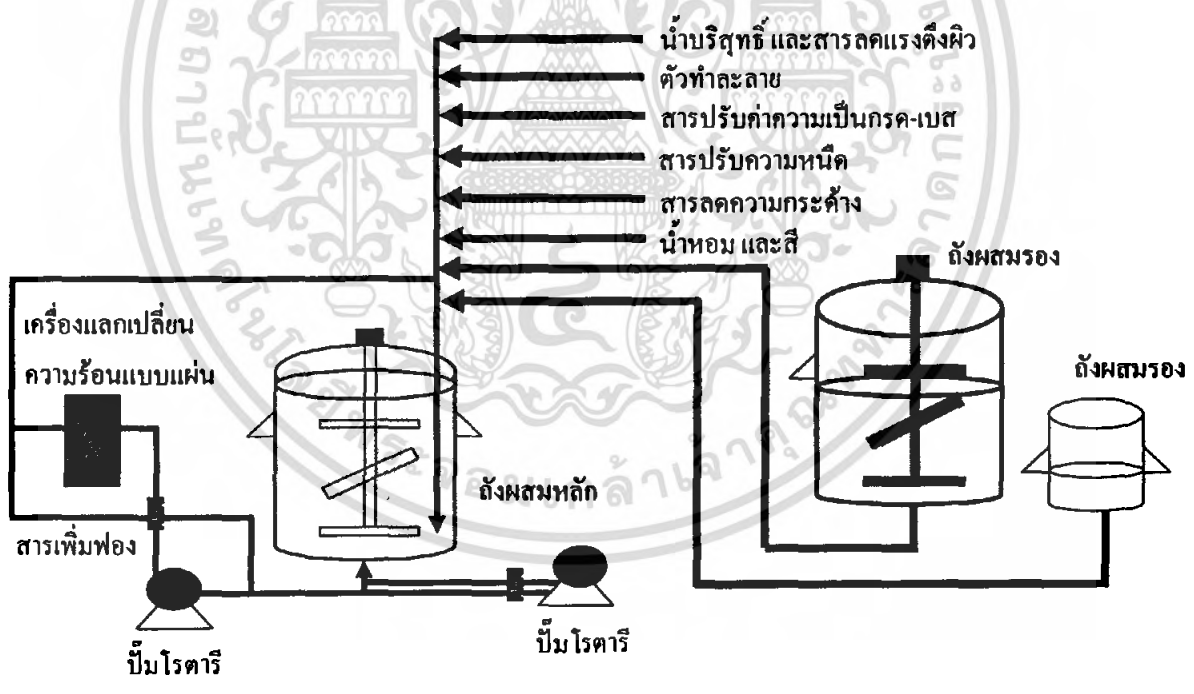


รูปที่ 3.3 การผสมวัตถุดิบในการผลิตครีมอาบน้ำ [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อ **83201** ไปถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



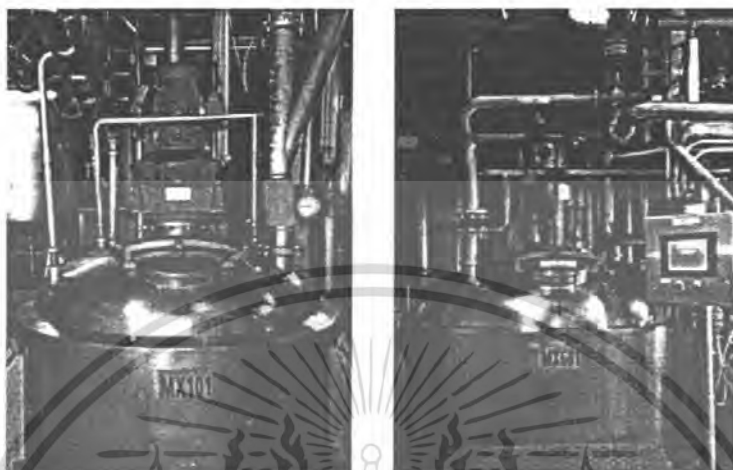
รูปที่ 3.4 การผสมวัตถุดิบในการผลิตน้ำยาล้างจาน [26]



รูปที่ 3.5 การผสมวัตถุดิบในการผลิตน้ำยาปรับผ้านุ่ม [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลวมีถึงผสมทั้งหมด 7 ถึง ลักษณะถึงผสมแสดงดังรูปที่ 3.6 แต่ละถึงจะใช้ในการผสมผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ถึงผสม MX101-MX501 มีขนาด 6 ตัน ส่วนถึงผสม MX601 และ MX701 มีขนาด 10 ตัน



รูปที่ 3.6 ลักษณะของถึงผสม

ตารางที่ 3.1 ผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ผสมในถึงผสมแต่ละถึง

ประเภทของถึงผสม	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต
MX 101	ครีมอาบน้ำ
MX 201	แชมพู
MX 301	ครีมบำรุงผิว ครีมอาบน้ำ
MX 401	ครีมบำรุงผิว แชมพู
MX 501	แชมพู
MX 601	น้ำยาล้างจาน
MX 701	น้ำยาปรับผ้านุ่ม

หมายเหตุ : ถึงผสม MX601 และ MX701 เป็นระบบปิด

เมื่อมีการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างชนิดหรือเปลี่ยนสูตรของผลิตภัณฑ์จะต้องล้างถึงผสมโดยการปล่อยน้ำคลอรีนผ่านหัวฉีดภายในระบบปิดที่ควบคุมด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ปริมาณน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถึงผสมครั้งสุดท้ายของถึงผสมที่มีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง ขึ้นไปที่เก็บจาก MX 101-MX 501 แสดงดังตารางที่ 3.2 จำนวนครั้งในการล้างถึงผสมตามมาตรฐานปฏิบัติงานและชนิดของผลิตภัณฑ์ตามอักษรย่อต่างๆ แสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1-ก.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ปริมาณน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป

เดือน	ปริมาณน้ำล้างถังผสม (m <sup>3</sup> /ton product)
พฤษภาคม	0.067
มิถุนายน	0.067
กรกฎาคม	0.067
สิงหาคม	0.067
เฉลี่ย	0.067

หมายเหตุ: รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3

### 3.2 การผลิตสบู่

กระบวนการผลิตสบู่ก่อน ประกอบด้วยกระบวนการผลิตสบู่ (Soap making process) และกระบวนการบรรจุสบู่ (Soap packing process) แสดงดังรูปที่ 3.7 กระบวนการผลิตสบู่ ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ [27]

#### 3.2.1 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ (Neat soap making)

ขั้นตอนการผลิตแสดงดังรูปที่ 3.8 ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการนี้คือ เม็ดสบู่ (Soap chips) เพื่อนำไปป้อนแก่กระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนและบรรจุสบู่ต่อไป กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ

##### 3.2.1.1 การผลิตเกล็ดสบู่ (Neat soap making)

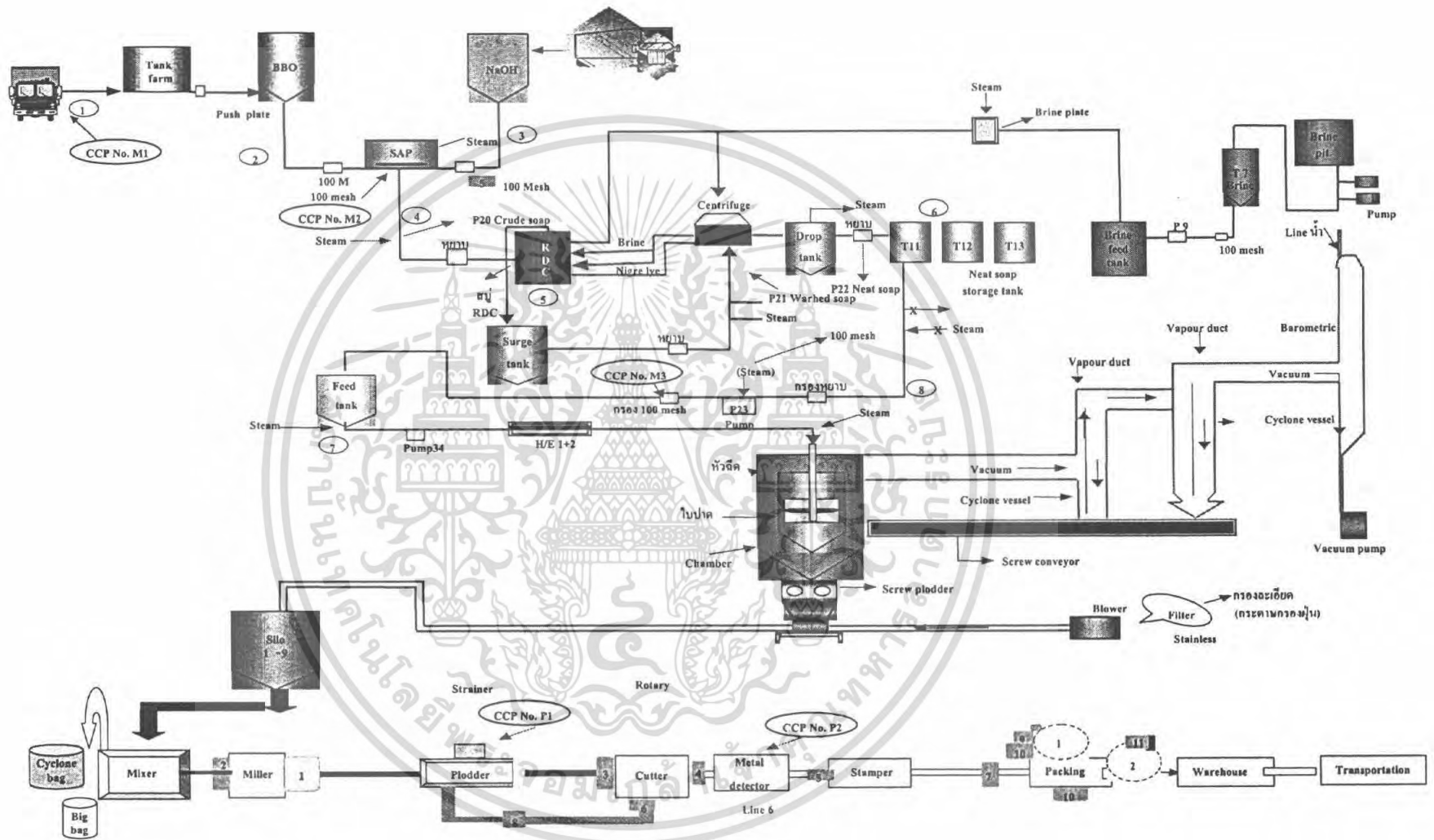
จากรูปที่ 3.8 น้ำมันพืชถูกส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ (Shell and tube heat exchanger) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิและผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เกิดปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (Saponification) ในถังผสม (Saponification tank) โดยใช้ไอน้ำให้ความร้อนจนได้สบู่เหลว (Crude soap)

สบู่เหลวจะถูกส่งเข้าด้านล่างของ rotating disk contractor (RDC) เพื่อสกัดกลีเซอรินและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ไหลสวนทางจากด้านบนของหอ RDC สบู่ที่ผ่านการล้าง (Washed Soap) จะลอยขึ้นและออกทางด้านบนของหอ RDC เข้าถังพักสบู่ (Surge tank) ที่หอ RDC นี้ใช้น้ำควบคุมสถานะในการแยกชั้นของสบู่ที่ผ่านการล้างกับน้ำลีย์ (Lye water) จึงเกิดของเหลวผลควบแน่น (Condensate) น้ำลีย์ คือ ส่วนที่ออกจากด้านล่างของหอ RDC มีองค์ประกอบ คือ กลีเซอริน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ น้ำลีย์จะถูกนำไปรวมไว้ในถังเก็บน้ำลีย์ (Lye tank) และส่งไปกระบวนการทำกลีเซอรินบริสุทธิ์เพื่อกลั่นแยกกลีเซอรินและนำโซเดียมคลอไรด์กลับมาใช้ใหม่

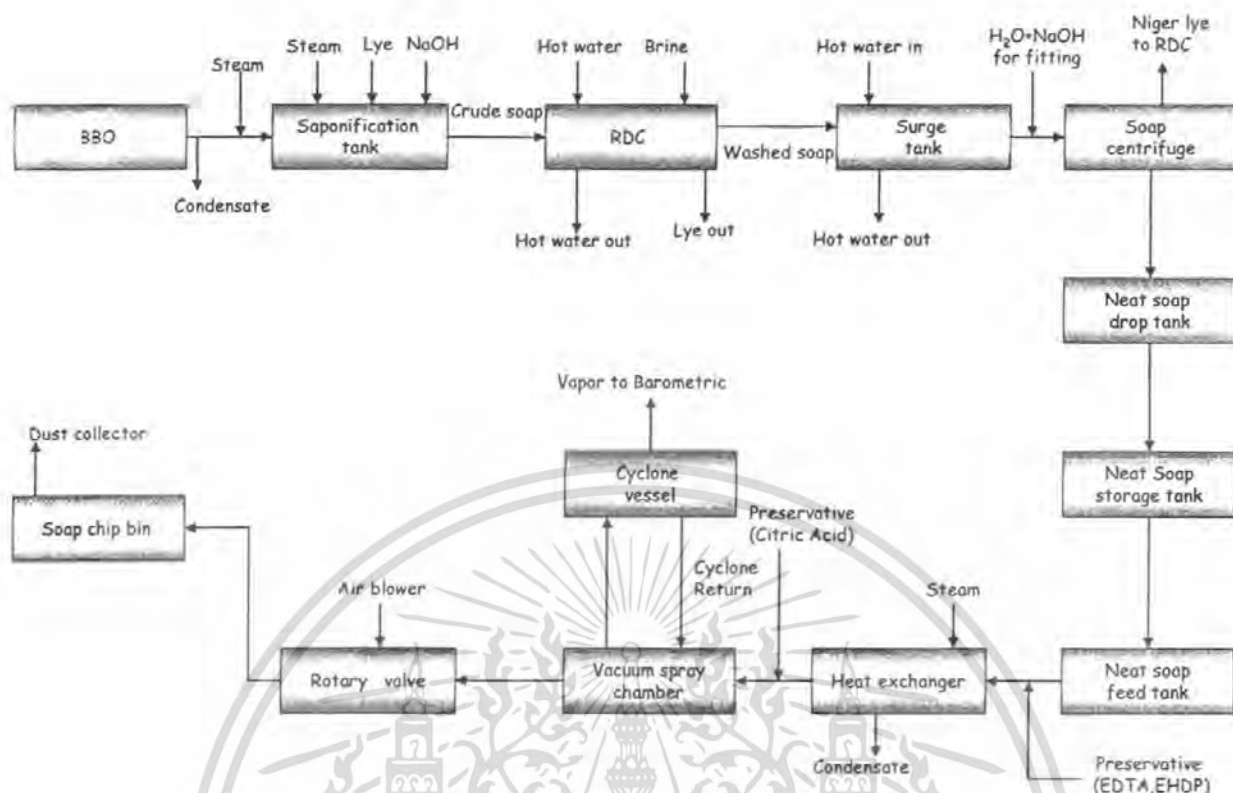
สบู่ที่ผ่านการล้างแล้วจะถูกส่งเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) เพื่อแยกเนื้อสบู่ออกจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ หลังจากผ่านเครื่องหมุนเหวี่ยง สบู่จะเข้มข้นเป็น paste เรียกว่า เกลีสสบู่ (Neat soap) และจะถูกส่งไป neat soap tank ที่มีของเหลวผลควบแน่นเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อป้องกันการแข็งตัวของเกลีสสบู่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 กระบวนการผลิตสบู่ก้อน [27]

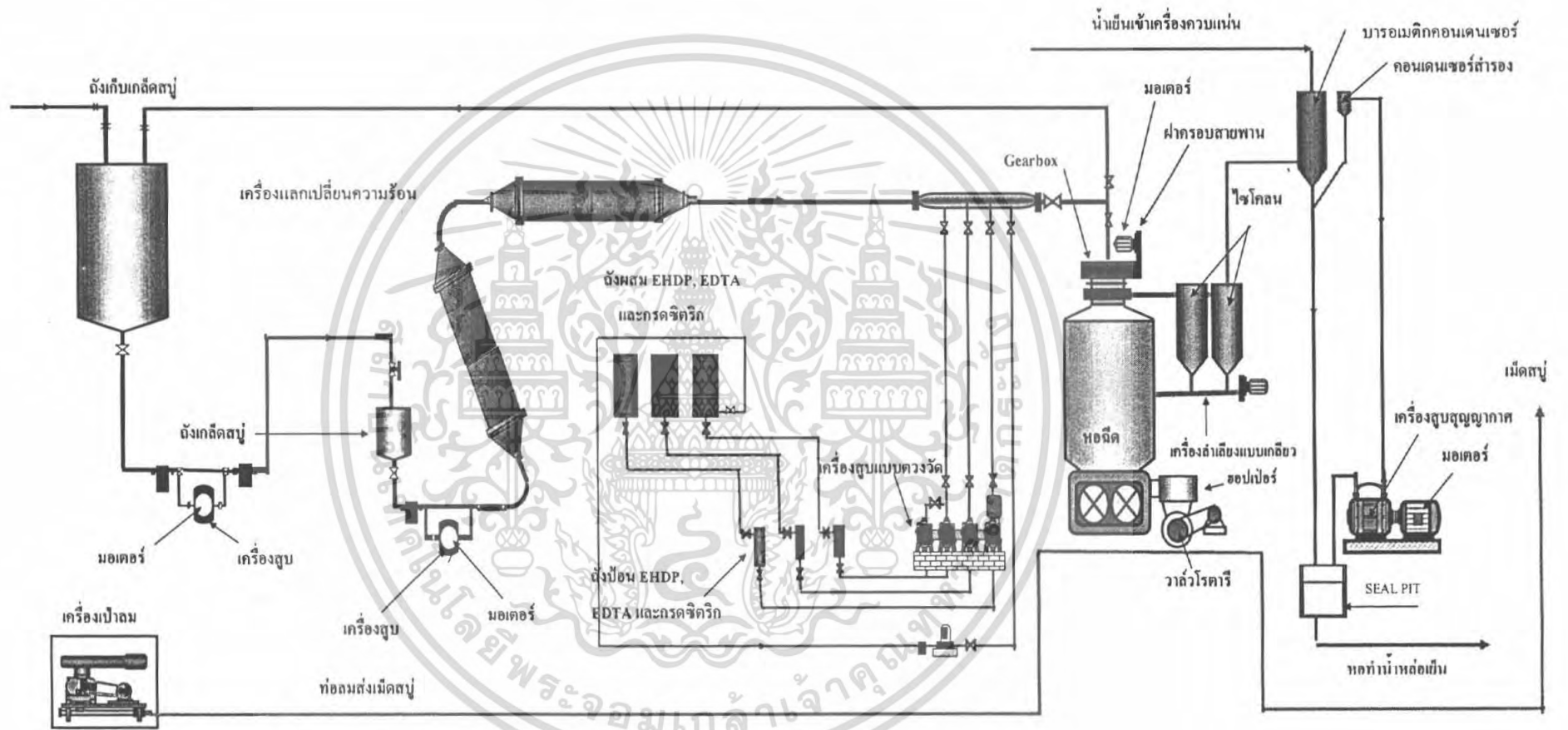


รูปที่ 3.8 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ [27]

### 3.2.1.2 การผลิตเม็ดสบู่ (Soap chip making)

จากรูปที่ 3.9 เกล็ดสบู่จาก neat soap tank จะถูกส่งเข้า feed tank และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 2 เครื่อง และจะเติมสาร Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) และ Ethane-1-hydroxy-1, 1-diphosphonate หรือ Terpinol (EHDP) เพื่อจับโลหะที่อาจมีปนเปื้อน และเติมสารละลายกรดซิตริกเพื่อควบคุมความเป็นกรด-เบส หลังจากนั้นเกล็ดสบู่จะถูกส่งเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray chamber) โดยใช้หัวฉีด (Nozzle) ภาวะภายในเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นระบบสุญญากาศโดยใช้เครื่องสูบลมสุญญากาศ (Vacuum pump) เพื่อลดความดันและทำให้ความชื้นออกจากเกล็ดสบู่เร็วขึ้น สบู่ที่ได้นี้จะถูกส่งเข้าเครื่องอัดรีด (Plodder หรือ Extruder) เพื่อทำให้เป็นเส้น (Soap noodle) แล้วถูกตัดเป็นเม็ดสบู่ (Soap chips) ด้วยใบปาด และส่งต่อไปกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนและกระบวนการบรรจุสบู่ต่อไป

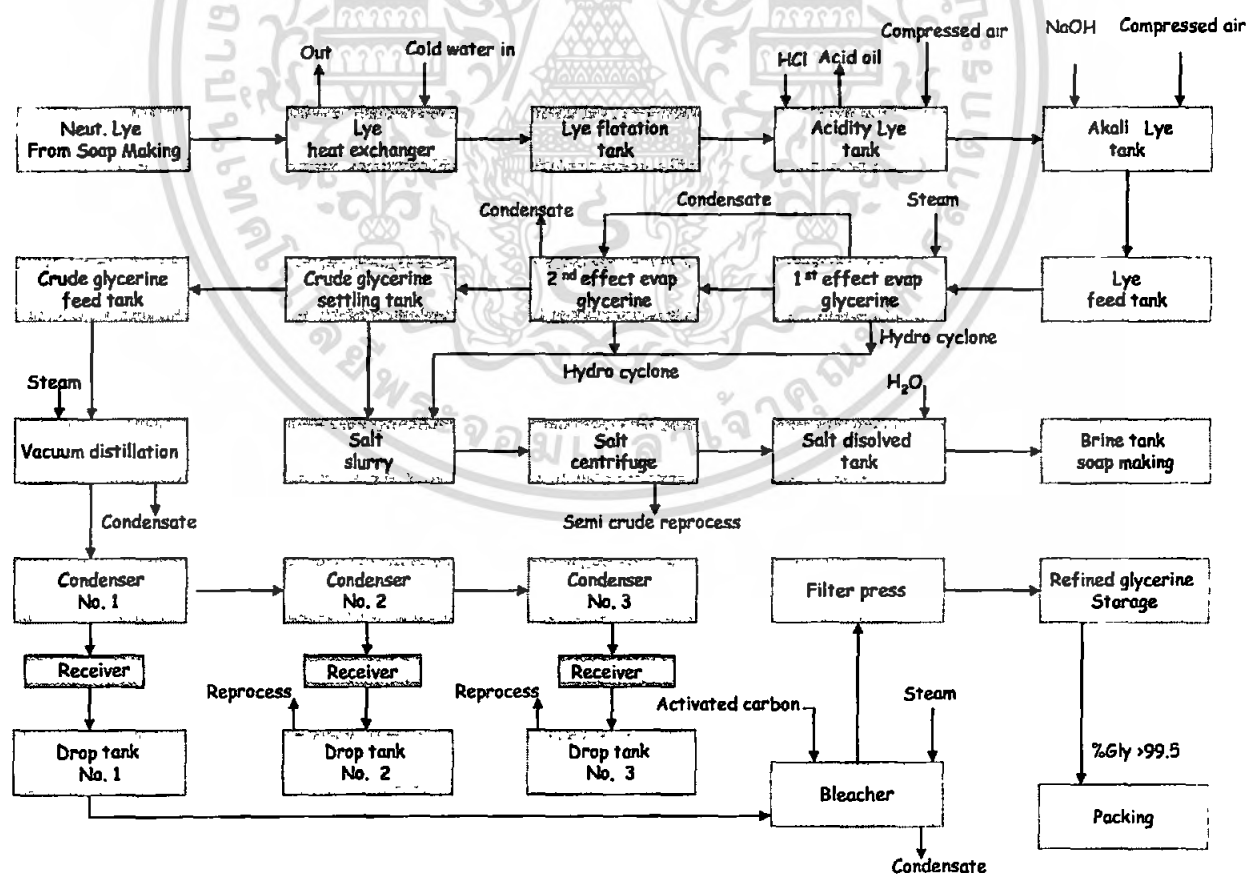
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงกระบวนการลดความเข้มข้นของเกลือสมุทร [27]

### 3.2.2 กระบวนการทำกลีเซอรินบริสุทธิ์ (Refined glycerine process)

จากรูปที่ 3.10 น้ำลีย์ที่ออกมาจากด้านล่างของหอ RDC จะถูกเก็บที่ถังเก็บน้ำลีย์ และส่งไปถึงตกตะกอน (Lye settling tank) จากนั้นจะส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิ และเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเพื่อแยกกรดไขมันออก เติมน้ำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อปรับความเป็นกรด-เบส จากนั้นจะถูกส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ และเข้าเครื่องระเหยแบบ 2-effect evaporator เพื่อระเหยน้ำออกที่ความดันบรรยากาศและได้กลีเซอริน (Crude glycerine) ส่วนที่ออกจากด้านล่างของเครื่องระเหยจะถูกส่งเข้าไฮโครไซโคลนเพื่อแยกเกลือโซเดียมคลอไรด์ออกและนำกลับ ไปใช้เป็นสารสกัดที่หอ RDC สารละลายกลีเซอรินที่ได้จะถูกป้อนเข้าหอกลั่นในกระบวนการกลั่นกลีเซอรินให้บริสุทธิ์ อุณหภูมิของสารละลายกลีเซอรินจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดเดือดด้วยภาวะสุญญากาศภายในหอกลั่น กลีเซอรินจะกลายเป็นไอลอยขึ้นด้านบนและเข้าเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 1 สำหรับกลีเซอรินที่ยังไม่ควบแน่นจะถูกส่งต่อเข้าเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 2 และ 3 ตามลำดับ กลีเซอรินที่ได้จากเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 2 และ 3 จะถูกส่งกลับเข้าหอกลั่นอีกครั้งเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ กลีเซอรินที่ได้จากเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 1 จะถูกนำเข้าถึงฟอกสี (Bleacher) ที่มีคาร์บอนกัมมันต์ (Activated carbon) เพื่อกำจัดสีและกลิ่น จากนั้นจะถูกส่งเข้าเครื่องกรอง (Filter press) เพื่อกรองสิ่งปนเปื้อน กลีเซอรินที่ได้มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.5 เปอร์เซ็นต์ และจะส่งขาย



รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงการทำกลีเซอรินบริสุทธิ์ [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การผลิตผงซักฟอก

กระบวนการผลิตผงซักฟอกอุตสาหกรรมประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนการผลิตผงซักฟอก (NSD making plant) ซึ่งแบ่งเป็น 5 หน่วย ดังรูปที่ 3.11 และส่วนการบรรจุผงซักฟอก (NSD packing plant) กระบวนการในส่วนการผลิตผงซักฟอก ประกอบด้วย

- หน่วยเตรียมวัตถุดิบ (Raw material handling unit) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่เตรียมวัตถุดิบต่างๆ ทั้งของเหลวและของแข็งให้พร้อมที่จะนำไปใช้ในกระบวนการขั้นต่อไป

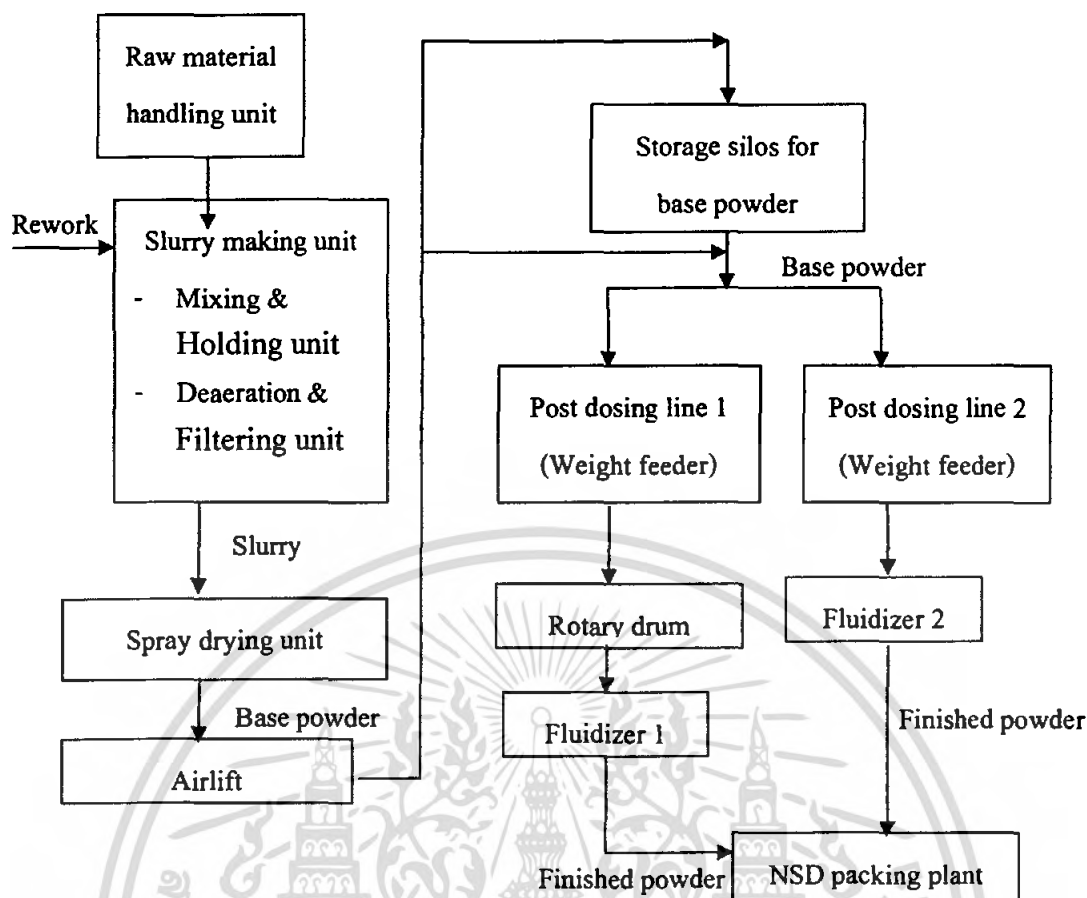
- หน่วยผลิตสเลอรี (Slurry making unit) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบแต่ละชนิดก่อนส่งเข้าผสมในถังผสมหลัก เพื่อผลิตสเลอรีให้มีความหนาแน่นตามสูตรที่กำหนดของผงซักฟอกแต่ละตราสินค้าสำหรับส่งเข้าหอดูดหรือเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying tower หรือ Spray chamber) ที่หน่วยการอบแห้งแบบพ่นฝอย

- หน่วยการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying unit) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่นำสเลอรีจากหน่วยผลิตสเลอรีมาทำให้แห้งเป็นผงพื้นฐาน (Base powder)

- หน่วยจัดเก็บผงพื้นฐาน (Base powder handling unit) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่นำผงพื้นฐานจัดเก็บลงไซโลแยกตามชนิดของผงซักฟอก ก่อนผ่านเข้ากระบวนการผสมสารเติมแต่ง

- หน่วยผสมสารเติมแต่ง (Post dosing unit) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่ผสมสารเติมแต่งที่ใช้เสริมคุณภาพของผงซักฟอกให้เหมาะสมตามสูตรที่กำหนดก่อนส่งเข้ากระบวนการบรรจุ หน่วยนี้ประกอบด้วยถังผสมแบบหมุน (Rotary drum mixer) ฟลูอิดไดเซอร์ (Fluidizer) ชุดเครื่องชั่งวัตถุดิบ และชุดสายพาน

ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและการผลิตสเลอรีเป็นขั้นตอนที่มีการใช้น้ำในปริมาณมาก มีการนำน้ำที่ใช้แล้วจากกระบวนการผลิตแชมพูที่มีสีอ่อนหรือไม่มีสีกลับมาใช้โดยตรงร่วมกับน้ำดีที่หน่วยเตรียมวัตถุดิบโดยไม่ต้องผ่านระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของบริษัท น้ำที่มีสีเข้มจะใช้ไม่ได้ เพราะทำให้สีของผงซักฟอกไม่ผ่านมาตรฐานของบริษัท



รูปที่ 3.11 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรธรรมดา [28]

### 3.4 การผลิตไอศกรีม

กระบวนการผลิตไอศกรีมทุกสายการผลิตเป็นกระบวนการผลิตแบบกะ (Batch operation) มี 8 ขั้นตอนที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 คือ [29]

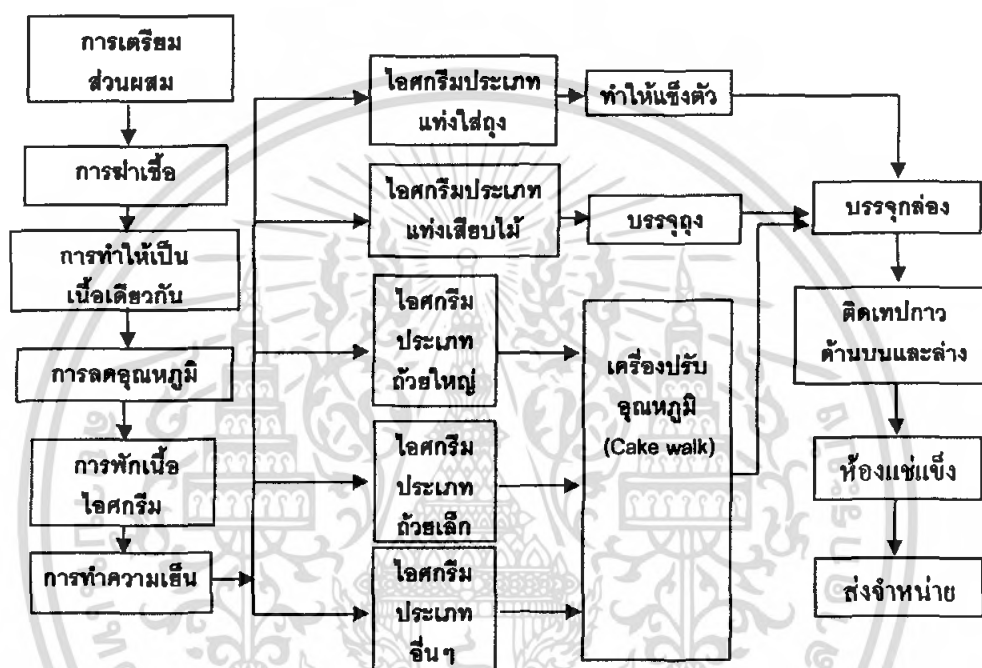
- 1) การเตรียมส่วนผสมในถังผสมวัตถุดิบ (Mixing tank) เช่น น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หางนม น้ำตาล
- 2) การฆ่าเชื้อในส่วนผสมที่ได้จากถังผสมวัตถุดิบด้วยเครื่องพาสเจอร์ไรเซอร์ (Plasteurizer) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 29 วินาที
- 3) การทำให้องค์ประกอบต่างๆ ของเนื้อไอศกรีม เช่น หางนม น้ำตาล หรือผงช็อกโกแลต ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน
- 4) การลดอุณหภูมิของเนื้อไอศกรีม (Cooling process) จาก 80-90 องศาเซลเซียส ให้เหลือประมาณ 4 องศาเซลเซียส
- 5) การพักเนื้อไอศกรีม (Aging) ที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) การทำความเย็น (Freezing process) เพื่อปรับอุณหภูมิของเนื้อ ไอศกรีมให้เย็นอย่างเหมาะสมก่อนการขึ้นรูปไอศกรีม

7) การรับเนื้อไอศกรีมจากเครื่องทำความเย็นด้วยฮอปเปอร์ เพื่อรองส่งไปหัวจ่ายไอศกรีม (Filling nozzle) ก่อนบรรจุไอศกรีมลงแม่พิมพ์ของไอศกรีมประเภทแท่งและโคน หรือลงถ้วย ของไอศกรีมประเภทถ้วย

8) การปรับอุณหภูมิโดยเครื่องปรับอุณหภูมิ (Cake walk) เพื่อให้ไอศกรีมที่บรรจุลงถ้วยแล้วแข็ง



รูปที่ 3.12 กระบวนการผลิตไอศกรีม [29]

จากการศึกษาพบว่าในขั้นตอนที่ 6-8 ใช้น้ำมากกว่าขั้นตอนที่ 1-5 เนื่องจากต้องล้างถังผสมเครื่องทำความเย็น และอุปกรณ์ต่างๆ บ่อยครั้ง

ในกระบวนการผลิตไอศกรีมมีเครื่องทำความเย็นทั้งหมด 20 เครื่อง เพื่อให้ไอศกรีมแข็งตัวก่อนส่งเข้ากระบวนการบรรจุ ภายในเครื่องทำความเย็นจะมีใบมีดที่ใช้ปาดเนื้อไอศกรีมที่ตกค้างให้หลุดออกจากผนังของเครื่องทำความเย็น ใบมีดจะทำงานเมื่อมีการล้างเครื่องทำความเย็น การทำงานของใบมีดมี 2 ลักษณะ คือ ทำงานแบบระบบอัตโนมัติตามเวลาที่ตั้งไว้โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Automatic system) และทำงานโดยใช้พนักงานควบคุม (Manual system) จึงทำให้สามารถแบ่งเครื่องทำความเย็นได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการทำงานของใบมีดที่อยู่ภายในเครื่องทำความเย็น จำนวนของเครื่องทำความเย็นแบบอัตโนมัติและเครื่องทำความเย็นแบบใช้พนักงานควบคุมเท่ากับ 12 และ 8 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

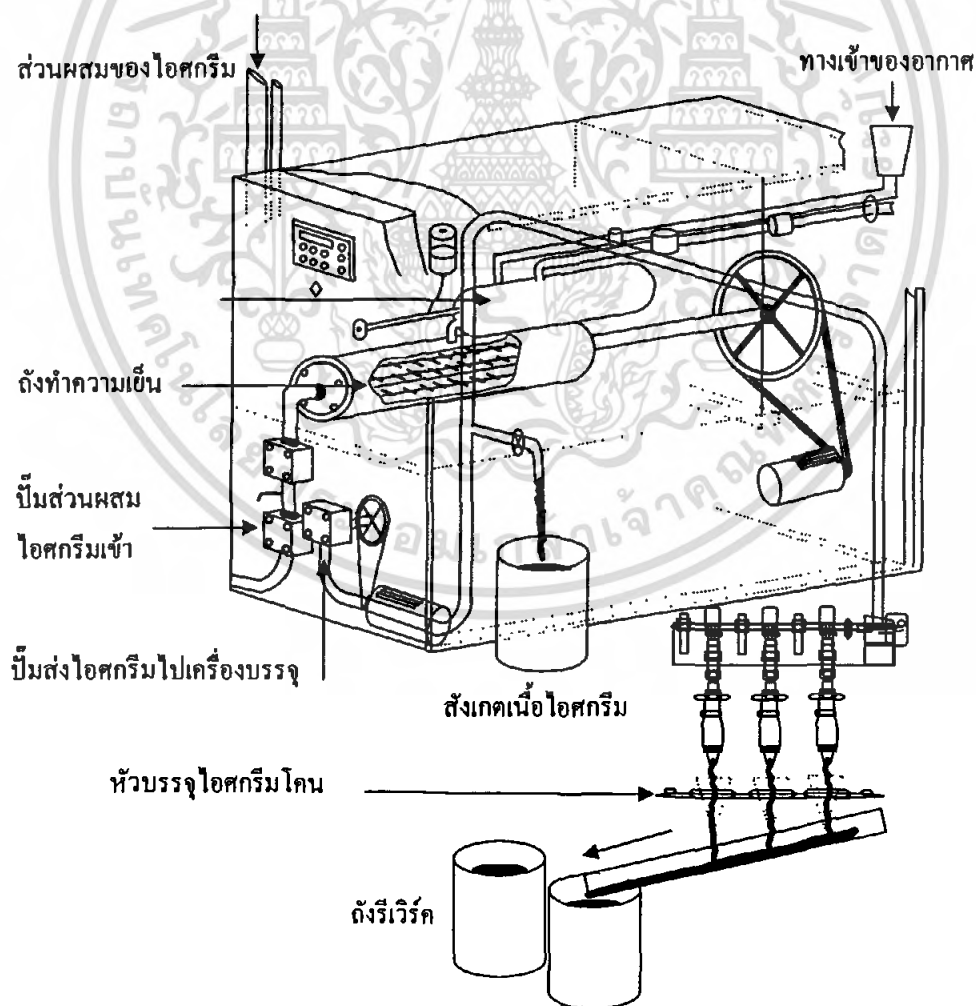
ตามลำดับ ลักษณะภายในเครื่องทำความเย็นแสดงดังรูปที่ 3.13 เมื่อเปลี่ยนการผลิตไอศกรีมที่มีส่วนผสมต่างกันจะต้องล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นโดยใช้น้ำประปาที่เติมสารละลายคลอรีนตามมาตรฐานของแผนก ตามขั้นตอนดังนี้

1) ใช้น้ำคลอรีนที่อุณหภูมิปกติฉีดไล่เนื้อไอศกรีมที่ค้างอยู่ในท่อเพื่อนำกลับไปในกระบวนการผลิตใหม่

2) ใช้น้ำคลอรีนร้อนอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็น 10 นาที เพื่อกำจัดไขมันและสิ่งสกปรก ดังรูปที่ 3.14

3) ใช้น้ำผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% ที่มีค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 46 ไมโครซีเมนต์ ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็น 10 นาที เพื่อไล่คราบไขมันออก

4) ใช้น้ำคลอรีนร้อนล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นอีกครั้งเป็นเวลา 10 นาที เพื่อทำความสะอาดและไล่น้ำผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ตกค้างอยู่ในขั้นตอนนี้จะมีการเก็บน้ำล้างที่ผ่านออกมากลับไปใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นในรอบถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 เครื่องทำความเย็น

ปริมาณน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อ ไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นขึ้นกับจำนวนเครื่องทำความเย็นที่ล้างในแต่ละครั้งดังนี้

- ล้างเครื่องทำความเย็น 1 เครื่อง ใช้น้ำประมาณ 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
  - ล้างเครื่องทำความเย็น 2 เครื่อง ใช้น้ำประมาณ 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
  - ล้างเครื่องทำความเย็น 3 เครื่อง ใช้น้ำประมาณ 25 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
  - ล้างเครื่องทำความเย็น 4 เครื่อง ใช้น้ำประมาณ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- ส่วนใหญ่มักจะล้างท่อส่งเนื้อ ไอศกรีมและเครื่องทำความเย็นครั้งละ 2 เครื่อง

ปริมาณน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อ ไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นครั้งที่ 1 ระหว่างเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2550 แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปริมาณน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อ ไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็น

เดือน	ปริมาณน้ำต่อผลิตภัณฑ์ (m <sup>3</sup> /ton product)
พฤษภาคม 2550	0.115
มิถุนายน 2550	0.152
กรกฎาคม 2550	0.103
สิงหาคม 2550	0.111
เฉลี่ย	0.119

หมายเหตุ : รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การดำเนินงานและผลการดำเนินงานวิจัย

#### 4.1 แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว

##### 4.1.1 ข้อมูลปริมาณและคุณภาพของน้ำ

ข้อมูลปริมาณและคุณภาพของน้ำเดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550 แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.1-ข.4 ค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (ค่าเฉลี่ยพฤษภาคม-สิงหาคม 2550)

ประเภทของน้ำที่ใช้	ปริมาณ (m <sup>3</sup> / a ton product)	คุณภาพของน้ำ				
		pH	COD (ppm)	Chloride	TDS (ppm)	AD (ppm)
1. มิเตอร์รวม (น้ำประปา)	16,075.8	7.7	-	16	140	-
1.1 น้ำที่ใช้ในห้องน้ำของแผนก	90.5					
1.2 น้ำในถังเก็บชั้นบนสุด	0					
1.3 น้ำคลอรีน	6,915.0	7.3	-	2.1	-	-
- ที่ใช้ผสมผลิตภัณฑ์	4,635.8					
- ที่ชั้นลอยหน้าห้องทดลอง	29.7					
- ที่อ่างล้างมือชั้น 2	23.4					
- ที่อ่างล้างมือในห้องบรรจุ	21					
- ที่อ่างล้างมือชั้น 3	17.4					
- ที่ใช้รดน้ำต้นไม้	6.3					
- ที่ใช้ล้างถังผสมและ ถังเก็บผลิตภัณฑ์	2,181.3					
1.4 น้ำผ่านระบบ RO	8,429.4	6.9	-	2.4	-	-
- ที่ใช้ผสมผลิตภัณฑ์	3,891.8					
- ที่ใช้ที่ cooling tower	**					
- ที่ใช้ล้างถังผสมและ ถังเก็บผลิตภัณฑ์	2,457.1					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (ค่าเฉลี่ยพฤษภาคม-สิงหาคม 2550) (ต่อ)

ประเภทของน้ำที่ใช้	ปริมาณ (m <sup>3</sup> / a ton product)	คุณภาพของน้ำ				
		pH	COD (ppm)	Chloride	TDS (ppm)	AD (ppm)
- น้ำ concentrate	2,080.3					
- ที่ปล่อยทิ้ง	767.2					
- ที่ส่งให้บ่อบำบัดของ บริษัท	1,313.1					
2.น้ำเสียส่งบ่อบำบัดของบริษัท	2,289.5	8.1	11,791	-	2,730.0	1,624.2

หมายเหตุ : มีน้ำบางส่วนหายไปไม่สามารถตรวจสอบได้

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

\*\* หมายถึง ไม่สามารถวัดค่าได้เพราะมิเตอร์เสีย

a หมายถึง ผลิตภัณฑ์แชมพู ครีมนำรงผิว ครีมอบาน้ำ น้ายาล้างจาน และน้ำยาปรับผ้านุ่ม

จากการเก็บข้อมูลพบว่ามีการใช้น้ำในส่วนของกรรมผลิตผลิตภัณฑ์มากที่สุด แต่เนื่องจากเป็น  
สูตรการผลิตของทางโรงงานจึงไม่สามารถลดปริมาณการใช้น้ำในส่วนนี้ ส่วนที่มีปริมาณการใช้น้ำมาก  
รองลงมาในตารางที่ 4.1 คือ น้ำคลอรีนที่ใช้ในการล้างถังผสมและถังเก็บผลิตภัณฑ์ ดังนั้นได้เสนอวิธี  
ลดปริมาณการใช้น้ำในส่วนนี้ให้น้อยลงด้วยการนำกลับมาใช้ใหม่

#### 4.1.2 แนวทางการนำน้ำคลอรีนที่ล้างถังผสมกลับมาใช้ใหม่

##### 4.1.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำคลอรีนในกระบวนการล้างถังผสม

ขั้นตอนการทดลอง มีดังนี้

- เก็บตัวอย่างน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบสและ  
ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

- เก็บตัวอย่างน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้าง 2, 3, 4 และ  
5 ครั้ง ตามมาตรฐานการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบสและค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

##### 4.1.2.2 ผลการทดลอง

คุณภาพและลักษณะของน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติและที่ใช้ล้างถังผสมครั้ง  
สุดท้ายแสดงดังตารางที่ 4.2-4.5 และรูปที่ 4.1 พบว่าน้ำคลอรีนที่ผ่านการล้างถังผสมครั้งสุดท้ายของ  
ถังผสมที่มีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง ขึ้นไปมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างตามปกติ จึงเสนอ

แนวทางในการนำกลับมาล้างถึงผสมที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันและมีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง ในรอบแรกของการล้างครั้งถัดไป

ตารางที่ 4.2 คุณภาพน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถึงผสมตามปกติและที่ล้างครั้งสุดท้ายของถึงผสมที่มีการล้าง 2 ครั้ง

วันที่	คุณภาพของน้ำคลอรีน			
	ใช้ล้างตามปกติ		ใช้ล้างครั้งสุดท้ายจากการล้าง 2 ครั้ง	
	pH	TDS (ppm)	pH	TDS (ppm)
3/12/2550	7.89	390	9.08	1,516
12/12/2550	7.86	374	8.91	1,276
7/01/2551	7.88	380	8.78	1,354
12/01/2551	7.91	354	9.03	1,472
24/01/2551	7.74	397	8.94	1,537
เฉลี่ย	7.86	379	8.95	1,431

ตารางที่ 4.3 คุณภาพน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถึงผสมตามปกติและที่ล้างครั้งสุดท้ายของถึงผสมที่มีการล้าง 3 ครั้ง

วันที่	คุณภาพของน้ำคลอรีน			
	ใช้ล้างตามปกติ		ใช้ล้างครั้งสุดท้ายจากการล้าง 3 ครั้ง	
	pH	TDS (ppm)	pH	TDS (ppm)
5/12/2550	7.78	365	8.57	786
12/12/2550	7.90	354	8.34	549
9/01/2551	7.84	377	8.59	563
25/01/2551	7.87	385	8.65	678
1/02/2551	7.83	326	8.71	724
เฉลี่ย	7.84	361.4	8.57	660

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 คุณภาพน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถึงผสมตามปกติและที่ล้างครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้าง 4 ครั้ง

วันที่	คุณภาพของน้ำคลอรีน			
	ใช้ล้างตามปกติ		ใช้ล้างครั้งสุดท้ายจากการล้าง 4 ครั้ง	
	pH	TDS (ppm)	pH	TDS (ppm)
3/12/2550	7.92	325	8.02	278
10/12/2550	7.81	365	8.38	352
19/12/2550	7.57	341	8.14	426
11/01/2551	7.74	354	7.71	311
17/01/2551	7.65	342	7.93	451
28/01/2551	7.46	324	8.60	518
1/02/2551	7.63	315	7.92	324
เฉลี่ย	7.68	338	8.10	380

ตารางที่ 4.5 คุณภาพน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถึงผสมตามปกติและที่ล้างครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้าง 5 ครั้ง

วันที่	คุณภาพของน้ำคลอรีน			
	ใช้ล้างตามปกติ		ใช้ล้างครั้งสุดท้ายจากการล้าง 5 ครั้ง	
	pH	TDS (ppm)	pH	TDS (ppm)
3/12/2550	7.88	321	7.94	315
12/12/2550	7.76	326	7.89	402
19/12/2550	7.69	330	7.72	346
7/01/2551	7.84	342	7.90	325
เฉลี่ย	7.79	329.75	7.86	347

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ลักษณะของน้ำกลอรีนที่ใช้ล้างถึงผสมตามปกติและที่ใช้ล้างครั้งสุดท้ายของการล้าง 2, 3, 4 และ 5 ครั้ง

#### 4.1.3 การคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

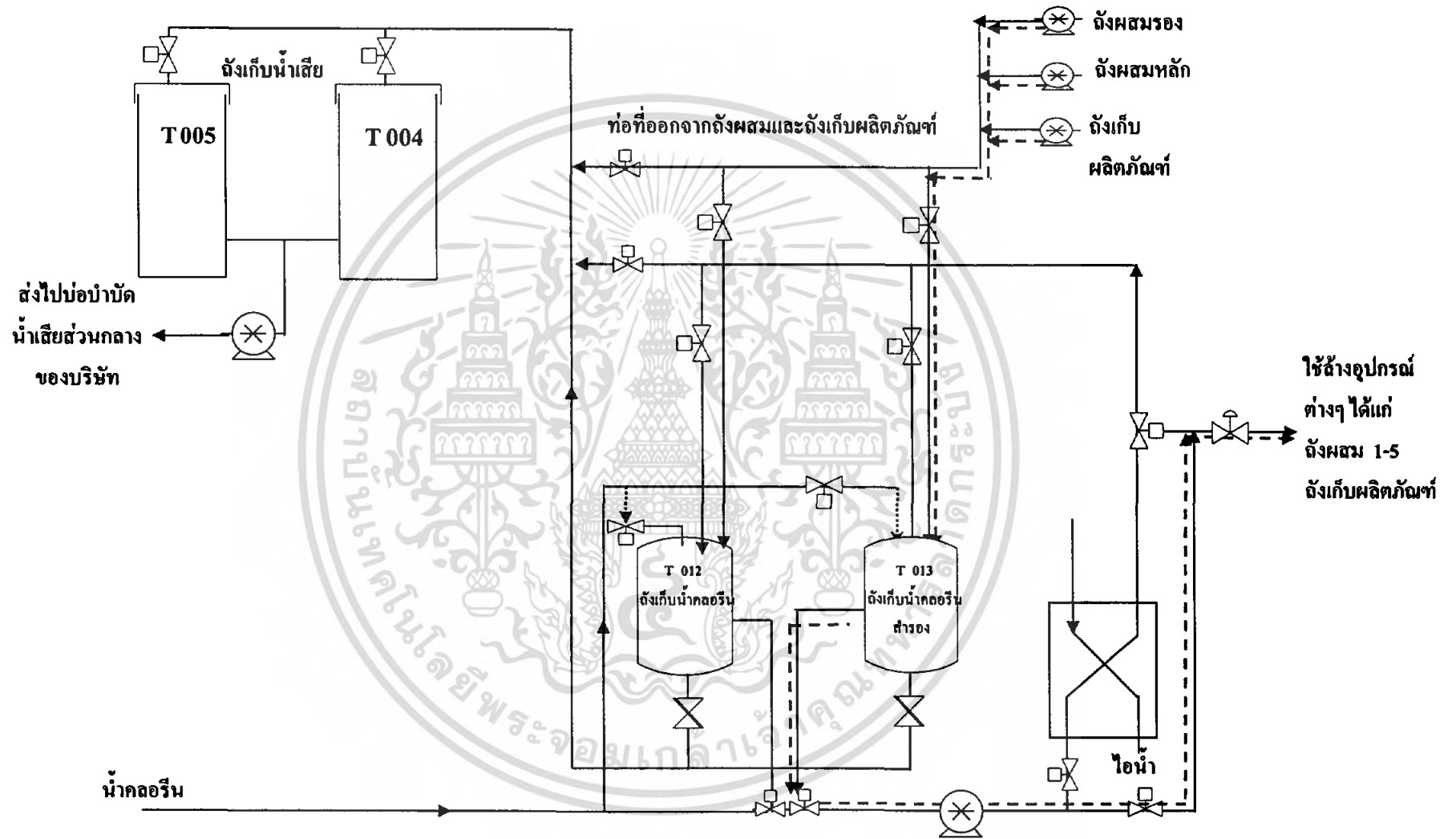
พบว่าในสายการผลิตมีถังสำรองที่สามารถเก็บน้ำกลอรีนที่ไม่ได้ใช้ และมีการเดินระบบท่อและวาล์วเชื่อมต่อไว้เรียบร้อยแล้ว ดังนั้นจึงไม่ต้องลงทุนเพิ่มเติมในส่วนของอุปกรณ์ที่ต้องใช้ ลักษณะการเดินท่อเพื่อนำน้ำกลอรีนที่ล้างถึงผสมกลับมาใช้ใหม่แสดงด้วยเส้นประในรูปที่ 4.2 โดยจะนำน้ำกลอรีนที่ผ่านการล้างถึงผสมครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง ขึ้นไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำกลอรีนสำรอง (T013) เพื่อนำกลับไปใช้ล้างถึงผสมที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันและมีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง ในรอบแรกของการล้างครั้งถัดไป

ผลการคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 4.6 (ตัวอย่างกรคำนวณแสดงในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

ประเภทค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	จำนวนเงิน (บาท/ปี)
1. ค่าน้ำกลอรีน	43,680
2. ค่าบำบัดน้ำเสียที่บำบัดน้ำเสียส่วนกลางของบริษัท	561,792
3. ค่าบำบัดน้ำเสียที่จ่ายการนิคมฯ	10,080
รวม	615,552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ลักษณะการเดินท่อเพื่อนำน้ำคลอรีนที่ล้างถังผสมกลับมาใช้ใหม่

## 4.2 แผนกผลิตสบู่

### 4.2.1 ข้อมูลปริมาณและคุณภาพของน้ำ

ข้อมูลปริมาณและคุณภาพของน้ำเดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550 แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.5-ข.8 ค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตสบู่ (ค่าเฉลี่ยพฤษภาคม-สิงหาคม 2550)

ประเภทน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> / b ton product)	คุณภาพ			
		COD (ppm)	TDS (ppm)	pH	AD (ppm)
1. น้ำประปา	1,529.6	-	140	7.7	-
1.1 Soap making	314.7				
1.2 Soap drying	664.4				
1.3 Crude glycerin	243.2				
1.4 Refined glycerin	171.6				
1.5 Finishing	135.7				
2. น้ำกลั่นตัวจากไอน้ำ	1,261.8	-	-	-	-
2.1 Soap making	301.4				
2.2 Soap drying	350.0				
2.3 Crude glycerin	111.6				
2.4 Refined glycerin	498.8				
3. น้ำเสียส่งบ่อบำบัดบริษัท	2,263	5,763.5	2,360.2	9.4	15.2
4. น้ำเสียส่งบริษัทเอกชน	29.2	-	-	-	-

หมายเหตุ: - หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

จากการเก็บข้อมูลพบว่าปริมาณการใช้น้ำที่แผนกผลิตสบู่ค่อนข้างน้อยเฉลี่ย 1,529.5 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน เนื่องจากมีการนำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่พิจารณาการใช้น้ำที่แผนกนี้

### 4.3 แผนกผลิตผงซักฟอก

#### 4.3.1 ข้อมูลปริมาณและคุณภาพของน้ำ

ข้อมูลปริมาณและคุณภาพของน้ำเดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550 แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.9-ข.12 ค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผงซักฟอก (ค่าเฉลี่ยพฤษภาคม-สิงหาคม 2550)

ประเภทของน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> / c ton product)	คุณภาพน้ำ			
		pH	COD (ppm)	TDS (ppm)	AD (ppm)
1. น้ำประปา	2,762.2	7.7	-	140	-
1.1 น้ำที่ใช้ในสำนักงาน	155.4				
1.2 น้ำที่ใช้ในแผนกบรรจุ	159.2	-	-	-	-
1.3 น้ำที่ใช้ใน กระบวนการผลิต	2,406.4				
2. น้ำใช้แล้วจากแผนกผลิต ผลิตภัณฑ์เหลว	666	8.1	11,791	2,730.0	1,624.2
3. น้ำเสียส่งบำบัดของบริษัท	222.8	8.0	1,623	1,261	325.0

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

น้ำที่ผ่านการใช้แล้วจากการผลิตแชมพูบางสูตรจะมีสีเข้มจนไม่สามารถนำไปใช้ในการผสมวัตถุดิบที่แผนกผลิตผงซักฟอกได้เพราะจะทำให้สีของผงซักฟอกไม่ผ่านมาตรฐานของบริษัท จึงได้เสนอการนำน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4 บริเวณบ่อน้ำบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของบริษัทที่ผ่านการปรับคุณภาพด้วยการบำบัดทางเคมีกลับมาใช้เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำดี

#### 4.3.2 แนวทางการนำน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4 ที่ผ่านการบำบัดทางเคมีกลับมาใช้ใหม่

ลักษณะของน้ำเสียที่บ่อปรับสมดุล 4 ก่อนส่งไปบำบัด แสดงดังรูปที่ 4.3 พบว่ามีตะกอนแขวนลอยอยู่และมีสีค่อนข้างคล้ำ มีค่าความเป็นกรด-เบสประมาณ 8 ค่าความขุ่นประมาณ 53.4 NTU และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดประมาณ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.3 ลักษณะของน้ำเสียที่บ่อปรับสมดุล 4

ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียที่บ่อปรับสมดุล 4 เพื่อนำกลับมาใช้ที่แผนกผลิตผงซักฟอก วัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4 ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อเปรียบเทียบความเข้มของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวันจากค่าการดูดกลืนแสง เป็นระยะเวลา 14 วัน เก็บตัวอย่างน้ำที่มีค่าความเข้มมากที่สุด เพื่อทดสอบหาภาวะการบำบัดทางเคมีที่เหมาะสม ดังนี้

- 1) นำน้ำเสียตัวอย่างที่มีความเข้มมากที่สุดปริมาณ 1 ลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร 6 ใบ
- 2) เติมสารละลายสารส้มความเข้มข้น 8 % โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาณ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิลิตร ในแต่ละบีกเกอร์
- 3) ตกตะกอนสารแขวนลอยโดยวิธี jar test โดยใช้การกวนเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที และการกวนช้า 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้เกิดการรวมตะกอนและตกตะกอน
- 4) แยกของเหลวใสปริมาณ 100 มิลลิลิตร จากแต่ละบีกเกอร์ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวัดค่าความขุ่น เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่นของน้ำกับปริมาณสารละลายสารส้มที่ใช้ในการตกตะกอนเพื่อหาปริมาณสารละลายสารส้มที่เหมาะสม
- 5) เมื่อได้ปริมาณสารละลายสารส้มที่เหมาะสม ปรับค่าความเป็นกรด-เบสให้ได้ประมาณ 6-7 ด้วยการเติมสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 % โดยมวลต่อปริมาตร
- 6) ทำการทดลองเพื่อหาปริมาณสารละลายพอลิเมอร์ที่ทำให้ค่าความขุ่นของน้ำน้อยที่สุด โดยใช้ anionic polyelectrolyte ความเข้มข้น 1.2 % โดยมวลต่อปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำในเวลา 14 วัน ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ตารางที่ 4.9 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4

วัน/เดือน/ปี	ค่าการดูดกลืนแสง	วัน/เดือน/ปี	ค่าการดูดกลืนแสง
19/11/2550	58.821	7/1/2551	56.263
21/11/2550	59.213	10/1/2551	50.762
26/11/2550	50.268	12/1/2551	55.385
28/11/2550	49.359	14/1/2551	52.498
3/12/2550	53.274	16/1/2551	57.361
6/12/2550	55.327	18/1/2551	47.493
19/12/2550	51.874	22/1/2551	49.361

หมายเหตุ : ค่าการดูดกลืนแสงได้จากแหล่งกำเนิดแสงที่มีการกระจายพลังงานแต่ละความยาวคลื่นใกล้เคียงกับแสงแดดตอนกลางวัน (D 65) โดย

D = Daylight

65 = Color temperature ของแสงแดดตอนกลางวัน (6,500 K)

ค่าที่แสดงเป็นค่าการดูดกลืนแสง (L) ดังนี้

L = 0 = Perfect black sample

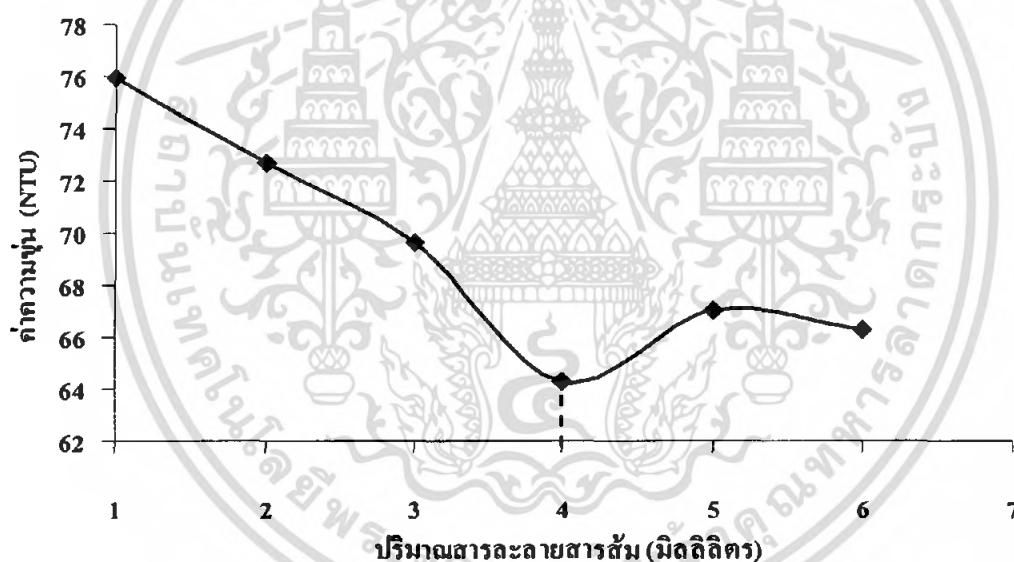
L = 100 = Perfect white sample

ผลการทดลองหาปริมาณสารละลายสารส้มความเข้มข้น 8 % โดยมวลต่อปริมาตร ที่เหมาะสมในช่วง 1-6 มิลลิลิตร แสดงดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.4 ปริมาณสารละลายสารส้มที่ทำให้ค่าความขุ่นต่ำที่สุด คือ 4 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.10 ปริมาณสารละลายสารส้มและค่าความขุ่น

ปริมาณสารละลายสารส้ม (มิลลิลิตร)	ความขุ่น (NTU)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
0	113.2	113.2	113.2	113.2	113.2	113.2
1	75.5	74.1	72.5	80.1	77.4	75.9
2	67.2	72.3	71.3	76.7	75.7	72.6
3	65.3	70.3	68.2	73.8	70.3	69.6
4	62.1	65.2	60.3	68.3	65.3	64.2
5	64.7	67.8	65.1	70.1	67.2	67.0
6	65.3	66.5	63.7	70.4	65.4	66.3

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของสารละลายสารส้มเท่ากับ 8 % โดยมวลต่อปริมาตร



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความขุ่นกับปริมาณสารละลายสารส้มที่มี  
ความเข้มข้น 8 % โดยมวลต่อปริมาตร

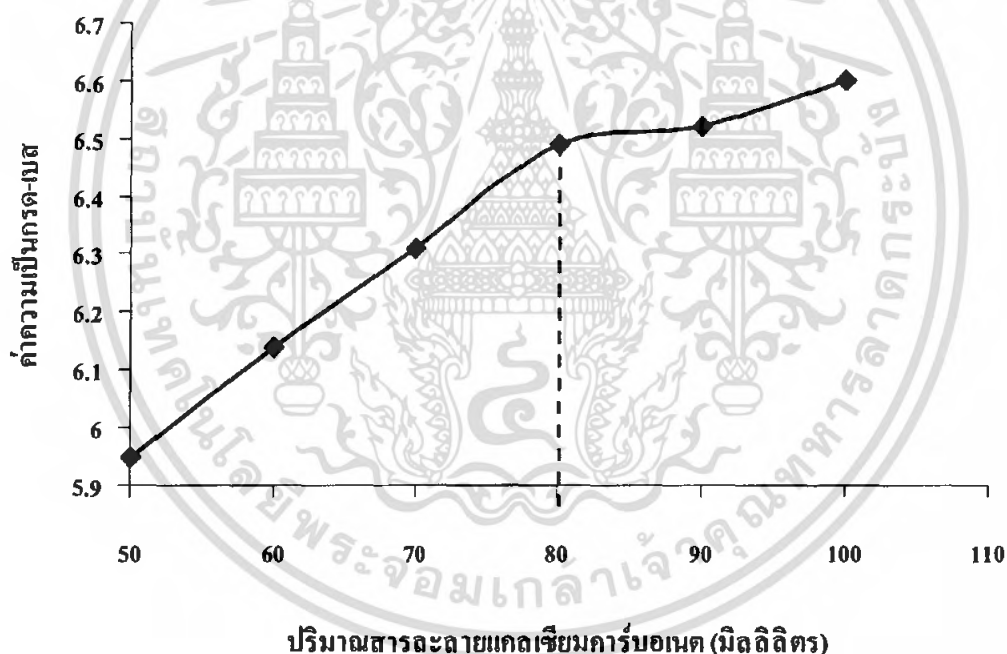
ปริมาณสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 % โดยมวลต่อปริมาตรที่เติมสารละลาย  
สารส้มความเข้มข้น 8 % โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาณ 4 มิลลิลิตร และได้ค่าความเป็นกรด-เบสอยู่  
ในช่วง 6-7 เท่ากับ 80 มิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ปริมาณสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตและค่าความเป็นกรด-เบส

ปริมาณสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนต (มิลลิลิตร)	ค่าความเป็นกรด-เบส					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
0	8.10	8.32	8.41	7.84	8.47	8.17
50	5.97	6.00	5.98	5.85	5.93	5.95
60	6.16	6.14	6.15	6.12	6.19	6.14
70	6.29	6.31	6.36	6.27	6.35	6.31
80	6.48	6.47	6.53	6.46	6.55	6.49
90	6.50	6.51	6.57	6.50	6.57	6.52
100	6.60	6.64	6.61	6.57	6.63	6.60

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตเท่ากับ 2 % โดยมวลต่อปริมาตร



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-เบสกับปริมาณสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 2 % โดยมวลต่อปริมาตร

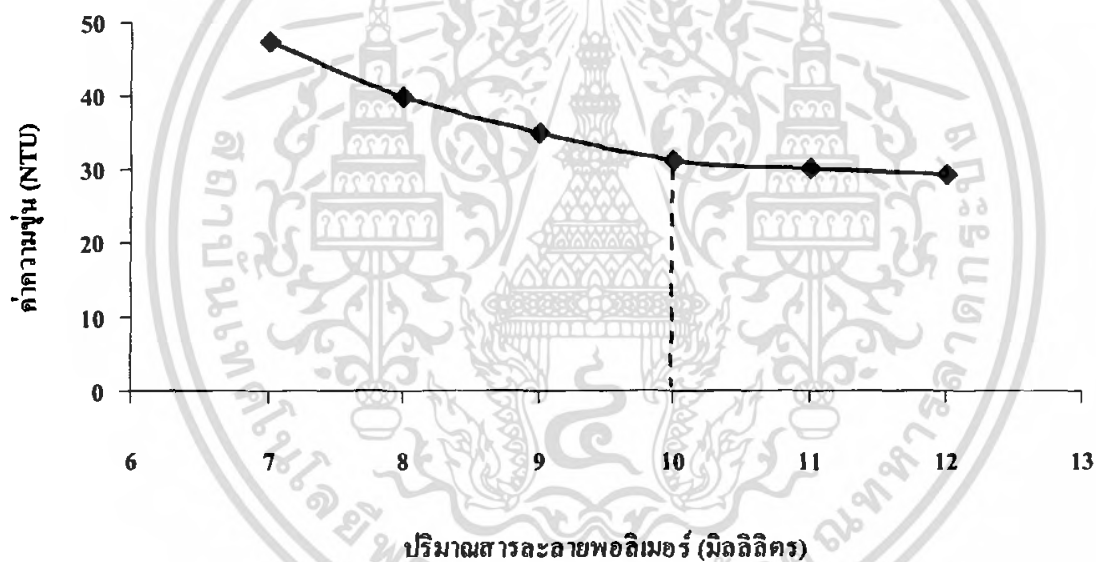
เมื่อเติมสารละลายสารส้มความเข้มข้น 8 % โดยมวลต่อปริมาตร และสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 % โดยมวลต่อปริมาตร เท่ากับ 4 และ 80 มิลลิลิตร ตามลำดับลงในน้ำตัวอย่าง พบว่าต้องเติมสารละลาย anionic polyelectrolyte ความเข้มข้น 1.2 % โดยมวลต่อปริมาตร เท่ากับ 12 มิลลิลิตร จึงได้ค่าความขุ่นต่ำที่สุดดังแสดงในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ปริมาณสารละลายพอลิเมอร์และค่าความขุ่น

ปริมาณสารละลายพอลิเมอร์ (มิลลิลิตร)	ความขุ่น (NTU)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
7.0	46.2	48.3	45.5	49.6	48.6	47.4
8.0	40.1	39.7	37.3	42.1	39.7	39.8
9.0	35.5	36.2	31.4	36.3	34.6	34.9
10.0	31.5	32.4	27.8	32.5	30.3	31.1
11.0	30.7	31.2	26.9	31.1	29.5	30.0
12.0	30.1	30.1	26.2	30.4	29.0	29.2

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของสารละลาย anionic polyelectrolyte เท่ากับ 1.2 % โดยมวลต่อปริมาตร



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของความขุ่นกับปริมาณสารละลายพอลิเมอร์ที่มีความเข้มข้น 1.2 % โดยมวลต่อปริมาตร

ภาวะการบำบัดทางเคมีที่เหมาะสมเพื่อนำน้ำจากบ่อปรับสมดุล 4 กลับมาใช้ใหม่ คือ

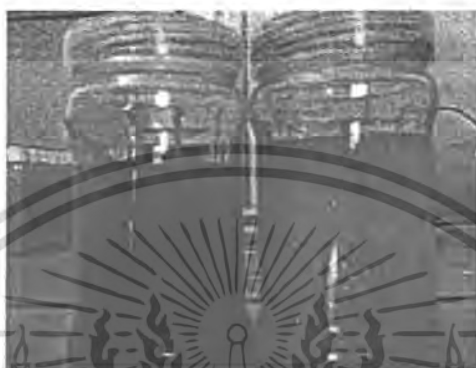
- ปริมาณสารละลายสารส้มความเข้มข้น 8 % โดยมวลต่อปริมาตร เท่ากับ 4 มิลลิลิตร
- ปริมาณสารละลายสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 % โดยมวลต่อปริมาตร

เท่ากับ 80 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณสารละลาย anionic polyelectrolyte ความเข้มข้น 1.2 % โดยมวลต่อปริมาตร เท่ากับ 12 มิลลิลิตร

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วดังรูปที่ 4.7 มีลักษณะค่อนข้างใส จึงสามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการผสมวัตถุดิบที่แผนกผลิตผงซักฟอกแทนน้ำที่ใช้แล้วจากแผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลวที่มีสีเข้มประมาณ 160 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน



รูปที่ 4.7 ลักษณะของน้ำเสียที่บ่อปรับสมดุล 4 และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีแล้ว

#### 4.3.3 การคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

##### 4.3.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีตามภาวะที่ได้จากการทดลองกลับมาใช้ใหม่จะต้องติดตั้งถังเก็บน้ำและเดินท่อเพิ่ม ระบบที่ต้องทำเพิ่มเติมแสดงในกรอบเส้นประในรูปที่ 4.8 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

##### ก) การติดตั้งถังเก็บน้ำ อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

- ข้อต่อ 3 ทาง เชื่อมระหว่างท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว กับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว จำนวน 1 ตัว
- ข้อต่อ 3 ทาง เชื่อมระหว่างท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว กับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว จำนวน 1 ตัว
- วาล์วผีเสื้อ (Butterfly valve) จำนวน 2 ตัว
- ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว
- ถังเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร สูง 4.3 เมตร ความหนาผนัง 6 มิลลิเมตร และความหนาพื้นถึง 8 มิลลิเมตร จำนวน 1 ใบ
- เหล็กฉากขนาด กว้าง 2 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว และหนา 1/4 นิ้ว จำนวน 2 ชิ้น
- แท่นปูนรองกันถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.3 เมตร หนา 20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) การติดตั้งท่อเชื่อมระหว่างท่อส่งน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกับท่อส่งน้ำเสียไปยังแผนกผลิตผงซักฟอก อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

- ข้อต่อ 3 ทาง เชื่อมระหว่างท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว กับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว จำนวน 1 ตัว
- ข้อต่อลดขนาดจากท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ไปยังท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว จำนวน 1 ตัว
- ท่อ PE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว
- วาล์วผีเสื้อ (Butterfly valve) จำนวน 1 ตัว
- ข้อต่อ 3 ทาง เชื่อมระหว่างท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว กับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว จำนวน 1 ตัว

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีแล้วจะถูกส่งมาเก็บไว้ในถังเก็บน้ำเพื่อรอส่งไปยังแผนกผลิตผงซักฟอกตามเส้นทางในรูปที่ 4.8

#### 4.3.3.2 ผลการคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

รายละเอียดของค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติมและค่าใช้จ่ายประเภทต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.13 -4.14 จากการคำนวณพบว่าระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 8 เดือน (ตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค)

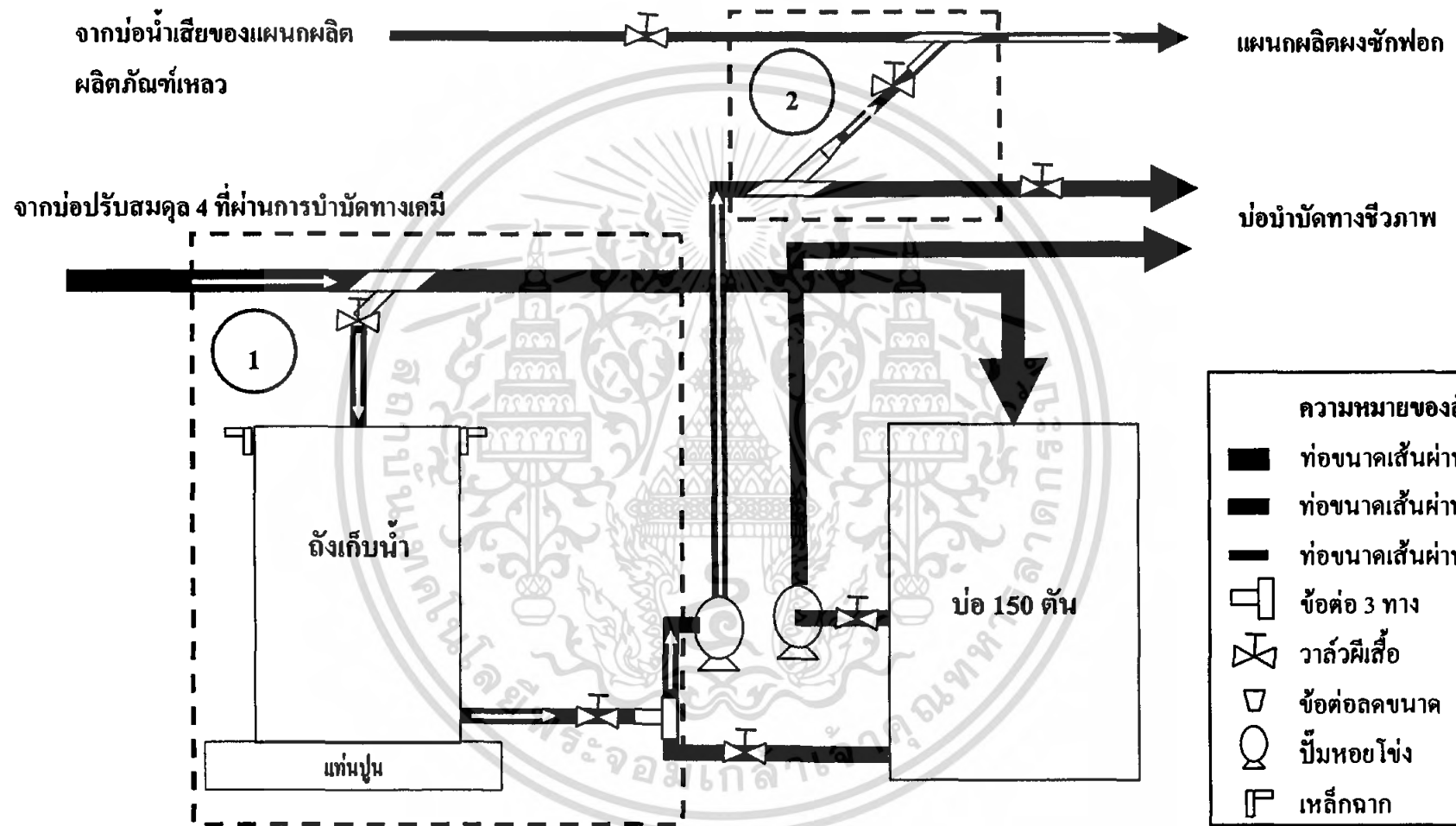
ตารางที่ 4.13 รายละเอียดของค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติม

รายละเอียด	จำนวนเงิน (บาท)
1. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถังเก็บน้ำ	408,000
2. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งท่อเชื่อมระหว่างท่อส่งน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4 ที่ผ่านการบำบัดทางเคมีกับท่อส่งน้ำเสียไปยังแผนกผลิตผงซักฟอก	14,650
รวมเป็นเงิน	422,650

ตารางที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายประเภทต่างๆ

ประเภท	จำนวนเงิน (บาท/ปี)
1. ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	701,568
2. ค่าสารเคมีที่ต้องใช้	35,021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ระบบที่เสนอเพื่อนำน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4 ที่ผ่านการบำบัดทางเคมีไปใช้ในแผนกผลิตผงซักฟอก

#### 4.4 แผนกผลิตไอศกรีม

##### 4.4.1 ข้อมูลปริมาณและคุณภาพของน้ำ

ข้อมูลปริมาณและคุณภาพของน้ำเดือนพฤษภาคม-เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550 แสดงในภาคผนวก ข ตารางที่ ข.13-ข.16 ค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตไอศกรีม (ค่าเฉลี่ยพฤษภาคม-สิงหาคม 2550)

ประเภทน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /d ton product)	คุณภาพน้ำ				
		AD (ppm)	pH	TDS (ppm)	Chloride (ppm)	COD (ppm)
1. น้ำประปา	17,112.8	-	7.7	140	16	-
1.1 น้ำที่ใช้ในสำนักงาน	840.5					
1.2 น้ำที่ใช้ในแผนก ทำความสะอาด	50.25					
1.3 น้ำที่ใช้ในกระบวนการ ผลิต	1,5691.2					
1.3.1 น้ำผ่านการกรอง ด้วยเรซิน	11,096.5	-	7.2	182	16	-
- น้ำ cooling tower	5,025					
- น้ำคลอรีน	3,016.5					
1.3.2 น้ำผ่านระบบ RO	4,594.8	-	6.4	9.8	2	-
2. น้ำเสียส่งบ่อบำบัด ของบริษัท	9,193.8	15.4	11.1	3,231	-	4,007

หมายเหตุ : มีน้ำบางส่วนหายไปไม่สามารถตรวจสอบได้

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

จากการศึกษาพบว่ามีการใช้น้ำหล่อเย็นเครื่องทำความเย็นในปริมาณสูงมากเนื่องจากมีการระเหยของน้ำบางส่วนประมาณ 40% ออกไป และมีการปล่อยทิ้งเมื่อคุณภาพน้ำไม่ผ่านมาตรฐานของแผนก อย่างไรก็ตามก็คิดทางแผนกได้มีการนำน้ำที่ปล่อยทิ้งนี้บางส่วนและผ่านการปรับปรุงคุณภาพประมาณ 750 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน กลับมาใช้ใหม่ในการหล่อเย็นเครื่องทำความเย็น สำหรับปริมาณการใช้น้ำมากรองลงมา คือ น้ำคลอรีนที่ใช้ในการล้างถังผสม เครื่องทำความเย็น และอุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสนอแนวทางลดปริมาณการใช้น้ำในส่วนนี้ลง โดยลดเวลาการปล่อยน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นครั้งที่ 1 ซึ่งตามปกติจะใช้เวลา 10 นาที

4.4.2 แนวทางการลดเวลาการปล่อยน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็น

4.4.2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณภาพน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็น

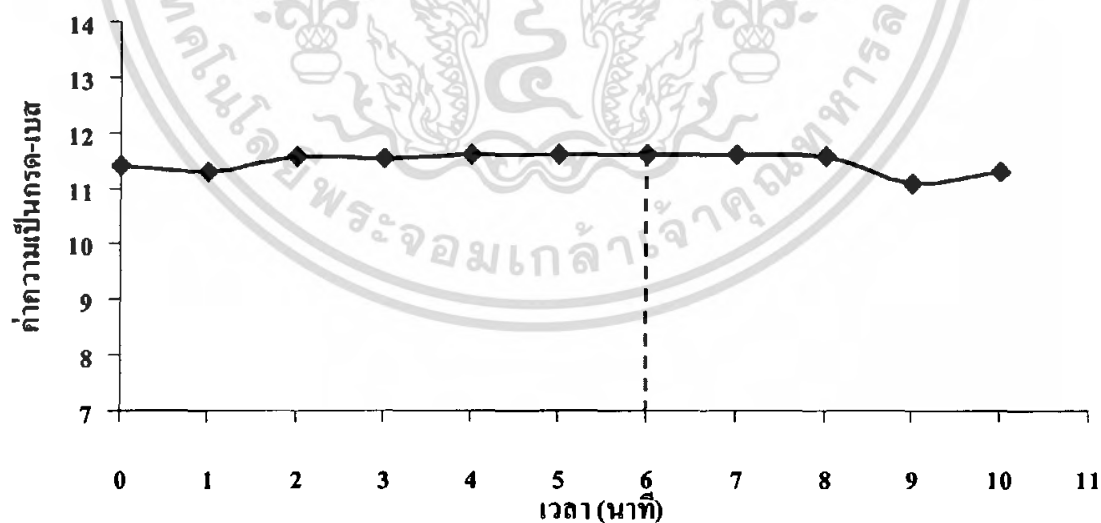
ปกติจะปล่อยน้ำคลอรีนร้อนครั้งที่ 1 ที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นซึ่งเป็นระยะเวลา 10 นาที ในการทดลองจึงทดสอบคุณภาพน้ำที่เวลาต่างๆ โดยเก็บตัวอย่างน้ำคลอรีนร้อนที่ผ่านการล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นทุก 1 นาที เป็นระยะเวลา 10 นาที มาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบสและของแข็งละลายน้ำทั้งหมด เก็บข้อมูล 10 ครั้ง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบสและค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างตามปกติและที่ผ่านการล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นครั้งที่ 1 แสดงดังตารางที่ 4.16-4.17 และรูปที่ 4.9-4.10 พบว่าน้ำคลอรีนร้อนที่ปล่อยออกที่เวลา 5-6 นาที มีค่าความเป็นกรด-เบสและค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดใกล้เคียงกับน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างตามปกติ ดังนั้น คาดว่าการลดระยะเวลาการปล่อยน้ำคลอรีนร้อนครั้งที่ 1 ลงจะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้ (ปริมาตรที่ปล่อยออก 1 นาที เท่ากับ 0.15 ลูกบาศก์เมตร )

ตารางที่ 4.16 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำคลอรีนร้อนที่ผ่านการล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นครั้งที่ 1 ที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	ค่าความเป็นกรด-เบส										เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
0	10.73	11.09	11.48	11.25	12.35	11.43	12.2	12.1	11.7	11.25	11.39
1	9.58	11.22	11.38	12.1	12.3	11.29	11.92	11.1	11.2	11.13	11.31
2	11.1	11.22	11.43	12.12	12.28	11.31	11.95	11.54	11.25	11.28	11.58
3	10.92	11.23	11.46	12.1	12.28	11.29	11.94	12.8	11.41	11.19	11.55
4	11.5	11.22	11.45	11.78	12.31	11.34	11.96	11.64	11.46	11.16	11.60
5	11.5	11.2	11.42	12.1	12.27	11.17	11.98	10.03	11.47	11.12	11.61
6	11.65	11.04	11.47	12.09	12.25	11.08	12.2	11.63	11.5	11.11	11.60
7	11.5	11.02	11.39	12.11	12.29	11.34	12.04	11.65	11.5	11.09	11.61
8	11.15	11.01	11.41	12.35	12.23	11.36	12.02	11.79	11.56	11.06	11.59
9	10.34	10.99	10.31	11.28	12.28	11.32	12.03	11.86	11.57	11.06	11.09
10	10.56	10.99	11.36	11.19	12.26	11.34	12.11	12.2	11.65	11.21	11.28

หมายเหตุ : ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างตามปกติเท่ากับ 11.39



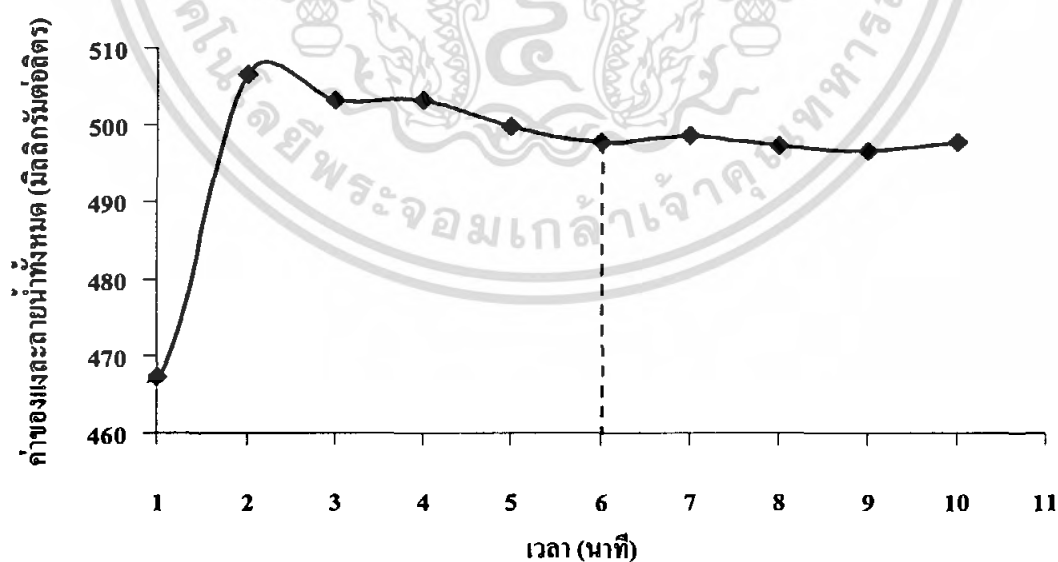
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำคลอรีนร้อนที่ผ่านการล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำคลอรีนร้อนที่ผ่านการล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นครั้งที่ 1 ที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)										เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
0	460	430	424	570	563	475	470	550	573	448	484
1	213	438	437	622	627	470	463	182	174	613	467
2	459	437	443	624	616	483	485	535	379	608	507
3	468	438	447	606	605	477	482	566	549	577	503
4	470	437	452	601	601	489	473	569	572	458	503
5	470	437	445	588	589	488	481	674	573	457	500
6	471	437	444	585	586	484	478	569	578	460	498
7	467	438	438	586	590	487	485	579	576	473	499
8	467	435	441	585	587	490	476	668	607	458	497
9	467	436	437	583	588	483	483	670	676	460	497
10	467	437	435	583	586	489	487	670	668	465	498

หมายเหตุ : ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างตามปกติเท่ากับ 484 มิลลิกรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำคลอรีนร้อนที่ผ่านการล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.3 การคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

เมื่อลดระยะเวลาการปล่อยน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นครั้งที่ 1 จาก 10 นาที เป็น 5-6 นาที จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้แสดงดังตารางที่ 4.18 (ตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค)

ตารางที่ 4.18 ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (คิดที่เวลาการปล่อยน้ำคลอรีนร้อน 5 นาที)

ประเภทค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	จำนวนเงิน (บาท/ปี)
1. ค่าน้ำคลอรีน	73,517
2. ค่าบำบัดน้ำเสียที่บำบัดน้ำเสียส่วนกลางของบริษัท	523,807
3. ค่าบำบัดน้ำเสียที่จ่ายการนิคมฯ	15,754
รวม	613,078



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผล

#### 5.1 แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว

##### 5.1.1 การนำน้ำคลอรีนที่ล้างถังผสมกลับมาใช้ใหม่

จากการทดลองพบว่าน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไปมีลักษณะค่อนข้างใส และมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติ จึงสามารถนำน้ำในส่วนนี้กลับมาล้างถังผสมที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันและมีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง ในรอบแรกของการล้างครั้งถัดไป คุณภาพของน้ำคลอรีนที่ใช้แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 คุณภาพของน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติและที่ล้างครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง

ประเภท	คุณภาพ	
	ค่าความเป็นกรด-เบส	ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)
น้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมตามปกติ	7.68	338
น้ำคลอรีนที่ล้างถังผสมครั้งสุดท้ายของการล้างตั้งแต่ 4 ครั้ง	8.10	380

##### 5.1.2 การคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

สามารถประหยัดค่าน้ำคลอรีน ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียที่บำบัดน้ำเสียส่วนกลางของบริษัท และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียที่จ่ายให้การนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังรวม 615,552 บาทต่อปี โดยไม่ต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม

#### 5.2 แผนกผลิตผงซักฟอก

##### 5.2.1 การนำน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4 ที่ผ่านการบำบัดทางเคมีกลับมาใช้ใหม่

ภาวะการบำบัดทางเคมีที่เหมาะสม คือ

- ปริมาณสารละลายสารส้มความเข้มข้น 8 % โดยมวลต่อปริมาตร เท่ากับ 4 มิลลิลิตร
- ปริมาณสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 % โดยมวลต่อปริมาตร เท่ากับ

80 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณสารละลาย anionic polyelectrolyte ความเข้มข้น 1.2 % โดยมวลต่อปริมาตร เท่ากับ 12 มิลลิลิตร

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีแล้วมีลักษณะค่อนข้างใส จึงสามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการผสมวัตถุดิบที่แผนกผลิตผงซักฟอกแทนน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตของแผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลวที่มีสีเข้มประมาณ 160 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน

### 5.2.2 การคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่ต้องติดตั้งเพิ่มเติมมีค่าเท่ากับ 422,650 บาท ค่าสารเคมี 35,021 บาทต่อปี สำหรับค่าน้ำที่ประหยัดได้ประมาณ 701,568 บาทต่อปี จากการคำนวณพบวาระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ 8 เดือน

## 5.3 แผนกผลิตไอศกรีม

### 5.3.1 การลดเวลาการปล่อยน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็น

จากการทดลองพบว่าน้ำคลอรีนร้อนที่ปล่อยออกที่เวลา 5-6 นาที มีค่าความเป็นกรด-เบสและค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดใกล้เคียงกับน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างตามปกติ ดังนั้นคาดว่าจะการลดระยะเวลาการปล่อยน้ำคลอรีนร้อนครั้งที่ 1 ลงจะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้

### 5.3.2 การคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

จากการคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์พบว่าเมื่อลดระยะเวลาการปล่อยน้ำคลอรีนร้อนที่ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นครั้งที่ 1 จาก 10 นาที เป็น 5-6 นาที สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เท่ากับ 613,078 บาทต่อปี

## เอกสารอ้างอิง

- [1] การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. ประกาศการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยที่ 45/2541 เรื่องหลักเกณฑ์ทั่วไปในการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรม. 2541
- [2] ศิวพร รุ่งเรืองรววัฒน์ “บูรณาการระบบพลังงานความร้อนและไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมเคมี” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2537
- [3] Smith R., “Chemical Process Design: Heat Integration of Reactor”, 1995. pp.325-339.
- [4] Linnhoff B., Townsend, D.W., Boland, D., Hewitt G.F., Tomas, B.E.A., Guy, A.R. and Marland R.H., “A User Guide on Process Integration for the Efficient Use of Energy”, 1994. pp.1-242.
- [5] Linnhoff B. and Townsend D.W., “Design Total Energy Systems”, Chemical Engineering Progress, 1982.Vol. 78, No.7, pp. 72-80.
- [6] Linnhoff B. and Townsend D.W., “Design Total Energy Systems by Systematic Method”, Chemical Engineer, 1982.Vol. 10, No. 378, pp. 91-97.
- [7] Douglas J.M., “Conceptual Design of Chemical Process”, McGraw-Hill, 1988. pp. 216-288.
- [8] Linnhoff B., “Pinch Analysis : Building on Adecade of Progress”, Chemical Engineering Progress, 1994. pp. 33-57.
- [9] Wang Y.P. and Smith R., “Wastewater Minimization”, Chemical Engineering Science, 1994. Vol. 49, No. 7, pp. 981-1006.
- [10] Linnhoff B., “Pinch Analysis- A State of the Art Overview”, Trans International Chemical Engineering, 1993.Vol.71, Part A, pp. 503-522.
- [11] Wang Y.P. and Smith R., “Waste Minimization with Flowrate Constraints”, Trans International Chemical Engineering, 1995.Vol. 73, pp. 889-903.
- [12] Smith R., Centre for Process Integration, UMIST and Eric Petela, Linnhoff March, “Wastewater Minimization and Design of Effluent Treatment Systems Using Pinch Analysis”, Environmental Protection Bulletin 030.
- [13] Douglas J.M., “A Hierarchical Decision Procedure for Process Synthesis”, Journal of American Institute of Chemical Engineering, 1985. Vol. 31, No. 3, pp. 353-362.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] Ramchandani N., Richard A., Vikas R. and Wasilewski M., "Make Your Process Water Pay for Itself", Engineering Practice, Chemical Engineering, 1996. Vol. 103, No. 6, pp. 100-103.
- [15] คณะกรรมการจัดทำคู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 3. 2540
- [16] จักรพงษ์ ทรัพย์หิรัญ และคณะ. การหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบกำจัดไขมันและน้ำมันด้วยวิธีการทำให้ตกตะกอนลอย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2545
- [17] กรมนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. ประกาศกรมนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยที่ 45/2541 เรื่อง หลักเกณฑ์ทั่วไปในการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรม. 2541
- [18] กนกวรรณ สกุกทรัพย์ศิริ และเปรมสิริ อิศวาณิชย์. การกำจัดน้ำเสียในกระบวนการผลิตไดออกทิลพาทาเลต. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2548
- [19] มั่นสิน ตันจุลเวศม์. วิศวกรรมการประปา เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537
- [20] วันชัย ริจิรนิช และ ชอุ่ม พลอยมีค่า. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537
- [21] เพียงจันทร์ จริงจิตร. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. เอสอาร์พรีนติ้งแมสโปรดักส์. 2541
- [22] สินี จิระเสาวภาคย์ "การประยุกต์เทคนิคพินช์ในการปรับปรุงระบบการใช้น้ำในโรงงานแปรงมันสำปะหลัง" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2541
- [23] Manan Z.A., wan Alwi S.R. and Ujang Z., "Water pinch analysis for an urban system: a case study on the Sultan Ismail Mosque at the Universiti Teknologi Malaysia (UTM)", Chem. Eng., 2005. pp. 52-67.
- [24] Wising U., Berntsson T. and Stuart P., "The potential for energy savings when reducing the water consumption in a Kraft Pulp Mill", Chem. Eng., 2004. pp. 1,057-1,066.
- [25] Wang Y.P., Smith R., Wastewater minimization, Chem. Eng., 1994. pp. 981-1,006.
- [26] บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด. เอกสารการผลิตแชมพู ครีมนำรุงผิว ครีมน้ำยาล้างจาน น้ำยาปรับผ้านุ่ม. 2550.
- [27] พัชรินทร์ ศุภวิมล และพิชญอร โสมเกษครินทร์. การศึกษาเพื่อลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและความต้องการออกซิเจนทางเคมีในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตสบู่. วิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2549

[28] บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โซลคิงส์ จำกัด. เอกสารการผลิตผงซักฟอก. 2550

[29] บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โซลคิงส์ จำกัด. เอกสารการผลิตไอศกรีม. 2550



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 จำนวนครั้งในการล้างถังผสมของแผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลวตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน

From / To	LSUF	LSVC	LSSB	LSES	LSSL	LSSN	LSWM	LST	DSC	VLCH	CLE	CLW	CLG	CLN	SPLS	SPSC	SPAC	SPSS	SPPS	SPDR	SPDM	SPBS	SPWS	SPHF	SPAD	SPFL	DPIT	DPSW	DPYT	CPAS	CPAC	CPAI	CPAT	CPMA	CPMH	CPMS	CPAH				
LSUF	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
LSVC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
LSSB	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
LSES	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
LSSL	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
LSSN	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
LSWM	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
LST	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
DSC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
VLCH	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CLE	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CLW	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
CLG	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
CLN	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
SPLS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
SPSC	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	10	4	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	4	3		

หมายเหตุ : ส่วนที่แรเงา หมายถึง ไม่ต้องล้างถังผสมเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน



ตารางที่ ก.1 จำนวนครั้งในการล้างถังผสมของแผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลวตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน (ต่อ)

From / To	LSUF	LSVC	LSSB	LSES	LSSL	LSSN	LSWM	LST	DSC	VLCH	CLE	CLW	CLG	CLN	SPLS	SPSC	SPAC	SPSS	SPPS	SPDR	SPDM	SPBS	SPWS	SPHF	SPAD	SPFL	DPIT	DPSW	DPYT	CPAS	CPAC	CPAI	CPAT	CPMA	CPMH	CPMS	CPAH
CPAI	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	10	4	4	4	3	2		3	3	3	3	3
CPAT	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	10	4	4	4	3	3	3		3	3	3	3
CPMA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	10	4	4	4	4	3	3	3		3	4	4
CPMH	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	10	4	4	4	4	3	3	3	3		4	4
CPMS	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	10	3	3	3	3	2	2	2	0	0		3
CPAH	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	10	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	

หมายเหตุ : ส่วนที่แรเงา หมายถึง ไม่ต้องล้างถังผสมเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน



ตารางที่ ก.2 ชื่อย่อของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ของแผนกผลิตภัณฑ์เหลว

ลำดับที่	ชื่อย่อ	ชื่อเต็มของผลิตภัณฑ์
<b>LUX SHOWER CREAM SPA PRODUCT GROUP</b>		
1	LSUF	LUX SHOWER CREAM UPLIFTING FIRM
2	LSVC	LUX SHOWER CREAM VIBRANT CITRUS
3	LSSB	LUX SHOWER CREAM SPARKLING BEAUTY
4	LSES	LUX SHOWER CREAM EVENING SILK
5	LSSL	LUX SHOWER CREAM SOFT LUXURY
6	LSSN	LUX SHOWER CREAM SILK NOURISHMENT
7	LSWM	LUX SHOWER CREAM WHITE GLAMOUR
8	LST	LUX BEAUTY
9	DSC	DOVE CREAM SHOWER MOISTURISING MILK
<b>SKIN LOTION PRODUCT GROUP</b>		
10	VLCH	VASELINE HEALTHY WHITE LOTION
11	CLE	CITRA EXTRA WHITE PLUS UV LOTION
12	CLW	CITRA UV WHITE LOTION
13	CLG	CITRA SMOOTH & GLOW LOTION
14	CLN	CITRA EXTRA NOURISH LOTION
<b>SUNSILK SHAMPOO PRODUCT GROUP</b>		
15	SPLS	SUNSILK LONG & STRONG SHAMPOO
16	SPSC	SUNSILK SCALP & HAIR CARE SHAMPOO
17	SPAC	SUNSILK AGING CARE SHAMPOO
18	SPSS	SUNSILK SUPER SOFT SHAMPOO
19	SPPS	SUNSILK PERFECT STRAIGHT SHAMPOO
20	SPDR	SUNSILK DAMAGE REPAIR SHAMPOO
21	SPDM	SUNSILK DAMAGE REPAIR SHAMPOO
22	SPBS	SUNSILK BLACK SHINE SHAMPOO
23	SPWS	SUNSILK WEIGHTY & SMOOTH SHAMPOO
24	SPHF	SUNSILK HAIR FALL SHAMPOO
25	SPAD	SUNSILK ANTI DANDRUFF SHAMPOO
26	SPFL	SUNSILK FRESH FOR LONGER SHAMPOO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ชื่อย่อของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ของแผนกผลิตภัณฑ์เหลว (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อย่อ	ชื่อเต็มของผลิตภัณฑ์
<b>DOVE SHAMPOO PRODUCT GROUP</b>		
27	DPIT	DOVE SHAMPOO DAILY THERAPY, INTENSE DAMAGE THERAPY
28	DPSW	DOVE STRAIGHT & WEIGHTY SHAMPOO
29	DPYT	DOVE SHAMPOO DRY THERAPY
<b>CLINIC SHAMPOO PRODUCT GROUP</b>		
30	CPAS	CLINIC CLEAR SCALP OIL CONTROL
31	CPAC	CLINIC CLEAR COMPLETE SOFT CARE
32	CPAI	CLINIC CLEAR ICE COOL
33	CPAT	CLINIC CLEAR CLEAN & ITCH CONTROL
34	CPMA	CLINIC CLEAR MAN ACTIVSPORT
35	CPMH	CLINIC CLEAR MAN HAIRFALL DECREASE
36	CPMS	CLINIC CLEAR MEN STYL-EXPRESS
37	CPAH	CLINIC CLEAR HAIRFALL DEFENSE

ตารางที่ ก.3 ปริมาณน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสมครั้งสุดท้ายของถังผสมที่มีการล้างตั้งแต่ 4 ครั้งขึ้นไป

เดือน	ปริมาณน้ำคลอรีนที่ใช้ล้างถังผสม (m <sup>3</sup> )	กำลังการผลิต (ton)	ปริมาณน้ำล้างถังผสม (m <sup>3</sup> / ton product)
พฤษภาคม	129.6	1,944	0.067
มิถุนายน	146.8	2,202	0.067
กรกฎาคม	156.8	2,352	0.067
สิงหาคม	126.0	1,890	0.067
เฉลี่ย	139.8	2,097	0.067

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ปริมาณน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อ ไส้กรอกและภายในเครื่องทำความเย็น

เดือน	ปริมาณน้ำคลอรีนร้อน ที่ใช้ล้างถังผสม (m <sup>3</sup> )	กำลังการผลิต (ton)	ปริมาณน้ำต่อผลิตภัณฑ์ (m <sup>3</sup> / ton)
พฤษภาคม	430.8	3,747	0.115
มิถุนายน	483.7	3,191	0.152
กรกฎาคม	395.2	3,832	0.103
สิงหาคม	440.5	3,971	0.111
เฉลี่ย	437.6	3,685.2	0.119



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (พฤษภาคม 2550)

ประเภทของน้ำที่ใช้	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /a ton product)	คุณภาพของน้ำ				
		pH	COD (ppm)	Chloride	TDS (ppm)	AD (ppm)
1. มิเตอร์รวม (น้ำประปา)	17,199.3	7.7	-	16	140	-
1.1 น้ำที่ใช้ในห้องน้ำของแผนก	91					
1.2 น้ำในถังเก็บชั้นบนสุด	0					
1.3 น้ำคลอรีน	7,628.7	7.3	-	2	-	-
- ที่ใช้ผสมผลิตภัณฑ์	5,493.9					
- ที่ชั้นลอยหน้าห้องทดลอง	27					
- ที่อ่างล้างมือชั้น 2	25.7					
- ที่อ่างล้างมือในห้องบรรจุ	20.7					
- ที่อ่างล้างมือชั้น 3	11.1					
- ที่ใช้รดน้ำต้นไม้	8.1					
- ที่ใช้ล้างถังผสมและ ถังเก็บผลิตภัณฑ์	2,042.2					
1.4 น้ำผ่านระบบ RO	9,458.3	7.0	-	2.4	-	-
- ที่ใช้ผสมผลิตภัณฑ์	3,884.7					
- ที่ใช้ที่ cooling tower	**					
- ที่ใช้ล้างถังผสมและ ถังเก็บผลิตภัณฑ์	2,850.7					
- น้ำ concentrate	2,722.9	-	-	-	-	-
- ที่ปล่อยทิ้ง	2,722.9					
- ที่ส่งให้บ่อน้ำบาดลของ บริษัท	0					
2. น้ำเสียส่งบ่อน้ำบาดลของบริษัท	2,805	7.7	12,313	-	2,334	2,800

หมายเหตุ: มีน้ำบางส่วนหายไปไม่สามารถตรวจสอบได้

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

\*\* หมายถึง ไม่สามารถวัดค่าได้เพราะมิเตอร์เสีย

a หมายถึง ผลิตภัณฑ์แชมพู ครีมนำรุงผิว ครีมอาบน้ำ น้ำยาล้างจาน  
และน้ำยาปรับผ้านุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (มิถุนายน 2550)

ประเภทของน้ำที่ใช้	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /a ton product)	คุณภาพของน้ำ				
		pH	COD (ppm)	Chloride	TDS (ppm)	AD (ppm)
1. มิเตอร์รวม (น้ำประปา)	17,422	7.7	-	16	140	-
1.1 น้ำที่ใช้ในห้องน้ำของแผนก	107.4					
1.2 น้ำในถังเก็บชั้นบนสุด	0					
1.3 น้ำคลอรีน	8,051.9	7.4	-	2.1	-	-
- ที่ใช้ผสมผลิตภัณฑ์	5,703.1					
- ที่ชั้นลอยหน้าห้องทดลอง	34.7					
- ที่อ่างล้างมือชั้น 2	24.8					
- ที่อ่างล้างมือในห้องบรรจุ	25.2					
- ที่อ่างล้างมือชั้น 3	11.9					
- ที่ใช้รดน้ำต้นไม้	10.4					
- ที่ใช้ล้างถังผสมและ ถังเก็บผลิตภัณฑ์	2,241.8					
1.4 น้ำผ่านระบบ RO	8,698.5	6.9	-	2.4	-	-
- ที่ใช้ผสมผลิตภัณฑ์	5,931.4					
- ที่ใช้ที่ cooling tower	**					
- ที่ใช้ล้างถังผสมและ ถังเก็บผลิตภัณฑ์	759.3					
- น้ำ concentrate	2,007.2	-	-	-	-	-
- ที่ปล่อยทิ้ง	256.9					
- ที่ส่งให้บ่อบำบัดของ บริษัท	1,750.4					
2. น้ำเสียส่งบ่อบำบัดของบริษัท	1,890	7.5	11,622	-	4,062	1,198

หมายเหตุ: มีน้ำบางส่วนหายไปไม่สามารถตรวจสอบได้

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

\*\* หมายถึง ไม่สามารถวัดค่าได้เพราะมิเตอร์เสีย

a หมายถึง ผลิตภัณฑ์แชมพู ครีมนำรุงผิว ครีมอาบน้ำ น้ำยาล้างจาน  
และน้ำยาปรับผ้านุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (กรกฎาคม 2550)

ประเภทของน้ำที่ใช้	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /a ton product)	คุณภาพของน้ำ				
		pH	COD (ppm)	Chloride	TDS (ppm)	AD (ppm)
1. มิเตอร์รวม (น้ำประปา)	11,034	7.7	-	16	140	-
1.1 น้ำที่ใช้ในห้องน้ำของแผนก	94.5					
1.2 น้ำในถังเก็บชั้นบนสุด	0					
1.3 น้ำคลอรีน	4,613.3	7.4	-	2.1	-	-
- ที่ใช้ผสมผลิตภัณฑ์	2,894.4					
- ที่ชั้นลอยหน้าห้องทดลอง	32.2					
- ที่อ่างล้างมือชั้น 2	18.6					
- ที่อ่างล้างมือในห้องบรรจุ	18.7					
- ที่อ่างล้างมือชั้น 3	17					
- ที่ใช้รดน้ำต้นไม้	3.2					
- ที่ใช้ล้างถังผสมและ ถังเก็บผลิตภัณฑ์	1,629.2					
1.4 น้ำผ่านระบบ RO	6,246.1	7.0	-	2.3	-	-
- ที่ใช้ผสมผลิตภัณฑ์	1,595					
- ที่ใช้ที่ cooling tower	**					
- ที่ใช้ล้างถังผสมและ ถังเก็บผลิตภัณฑ์	3,209.7					
- น้ำ concentrate	1,441.4	-	-	-	-	-
- ที่ปล่อยทิ้ง	88.8					
- ที่ส่งให้บ่อบำบัดของ บริษัท	1,352.6					
2. น้ำเสียส่งบ่อบำบัดของบริษัท	2,112	8.6	12,089	-	4,062	802

หมายเหตุ : มีน้ำบางส่วนหายไปไม่สามารถตรวจสอบได้

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

\*\* หมายถึง ไม่สามารถวัดค่าได้เพราะมิเตอร์เสีย

a หมายถึง ผลิตภัณฑ์แชมพู ครีมนำรุงผิว ครีมนวดน้ำ น้ำยาล้างจาน  
และน้ำยาปรับผ้านุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว (สิงหาคม 2550)

ประเภทของน้ำที่ใช้	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /a ton product)	คุณภาพของน้ำ				
		pH	COD (ppm)	Chloride	TDS (ppm)	AD (ppm)
1. มิเตอร์รวม (น้ำประปา)	18,647.9	7.7	-	16	140	-
1.1 น้ำที่ใช้ในห้องน้ำของแผนก	68.9					
1.2 น้ำในถังเก็บชั้นบนสุด	0					
1.3 น้ำคลอรีน	7,366	7.25	-	2.2	-	-
- ที่ใช้ผสมผลิตภัณฑ์	4,451.6					
- ที่ชั้นลอยหน้าห้องทดลอง	25					
- ที่อ่างล้างมือชั้น 2	24.6					
- ที่อ่างล้างมือในห้องบรรจุ	19.5					
- ที่อ่างล้างมือชั้น 3	29.7					
- ที่ใช้รดน้ำต้นไม้	3.5					
- ที่ใช้ล้างถังผสมและ ถังเก็บผลิตภัณฑ์	2,812.1					
1.4 น้ำผ่านระบบ RO	9,314.5	6.8	-	2.4	-	-
- ที่ใช้ผสมผลิตภัณฑ์	4,156.2					
- ที่ใช้ที่ cooling tower	**					
- ที่ใช้ล้างถังผสมและ ถังเก็บผลิตภัณฑ์	3,008.8					
- น้ำ concentrate	2,149.5					
- ที่ปล่อยทิ้ง	0.01					
- ที่ส่งให้บ่อบำบัดของ บริษัท	2,149.5					
2. น้ำเสียดส่งบ่อบำบัดของบริษัท	2,351	8.4	11,137.5	-	1,701.5	

หมายเหตุ : มีน้ำบางส่วนหายไปไม่สามารถตรวจสอบได้

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

\*\* หมายถึง ไม่สามารถวัดค่าได้เพราะมิเตอร์เสีย

a หมายถึง ผลิตภัณฑ์แชมพู ครีมนำรุงผิว ครีมอาบน้ำ น้ำยาล้างจาน  
และน้ำยาปรับผ้านุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตสบู่ (พฤษภาคม 2550)

ประเภทน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /b ton product)	คุณภาพ			
		COD (ppm)	TDS (ppm)	pH	AD (ppm)
1. น้ำประปา	1,987.1	-	140	7.7	-
1.1 Soap making	424.7				
1.2 Soap drying	776.7				
1.3 Crude glycerin	313.8				
1.4 Refined glycerin	167.4				
1.5 Finishing	304.5				
2. น้ำกลั่นตัวจากไอน้ำ	1,451.3	-	-	-	-
2.1 Soap making	344.5				
2.2 Soap drying	411.5				
2.3 Crude glycerin	167.3				
2.4 Refined glycerin	528				
3. น้ำเสียส่งบำบัดบริษัท	2,906	8,812	4,132	9.6	14.9
4. น้ำเสียส่งบริษัทเอกชน	0				

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตสบู่ (มิถุนายน 2550)

ประเภทน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /b ton product)	คุณภาพ			
		COD (ppm)	TDS (ppm)	pH	AD (ppm)
1. น้ำประปา	1,535.6	-	140	7.7	-
1.1 Soap making	393				
1.2 Soap drying	697.3				
1.3 Crude glycerin	242.3				
1.4 Refined glycerin	172.6				
1.5 Finishing	30.4				
2. น้ำกลั่นตัวจากไอน้ำ	1,020.1	-	-	-	-
2.1 Soap making	327				
2.2 Soap drying	402.4				
2.3 Crude glycerin	83.5				
2.4 Refined glycerin	207.2				
3. น้ำเสียส่งบ่อบำบัดบริษัท	1,710	3,916	1,809	8.8	17.8
4. น้ำเสียส่งบริษัทเอกชน	0				

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตสบู่ (กรกฎาคม 2550)

ประเภทน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /b ton product)	คุณภาพ			
		COD (ppm)	TDS (ppm)	pH	AD (ppm)
1. น้ำประปา	1,253.9	-	140	7.7	-
1.1 Soap making	291.3				
1.2 Soap drying	542.1				
1.3 Crude glycerin	215.1				
1.4 Refined glycerin	180.1				
1.5 Finishing	25.26				
2. น้ำกลั่นตัวจากไอน้ำ	1,259.6	-	-	-	-
2.1 Soap making	262.4				
2.2 Soap drying	324				
2.3 Crude glycerin	128.9				
2.4 Refined glycerin	544.3				
3. น้ำเสียส่งบ่อน้ำดิบบริษัท	2,280	3,996	1,545	8.9	12.3
4. น้ำเสียส่งบริษัทเอกชน	13.55	-	-		-

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตสบู่ (สิงหาคม 2550)

ประเภทน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /b ton product)	คุณภาพ			
		COD (ppm)	TDS (ppm)	pH	AD (ppm)
1. น้ำประปา	1,341.5	-	140	7.7	-
1.1 Soap making	149.7				
1.2 Soap drying	641.3				
1.3 Crude glycerin	201.5				
1.4 Refined glycerin	166.3				
1.5 Finishing	182.7				
2. น้ำกลั่นตัวจากไอน้ำ	1,316.4	-	-	-	-
2.1 Soap making	271.7				
2.2 Soap drying	262.1				
2.3 Crude glycerin	66.9				
2.4 Refined glycerin	715.7				
3. น้ำเสียส่งบำบัดบริษัท	2,157	6,330	1,955	10.2	16
4. น้ำเสียส่งบริษัทเอกชน	45	-	-	-	-

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผงซักฟอก (พฤษภาคม 2550)

ประเภทของน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /c ton product)	คุณภาพน้ำ			
		pH	COD (ppm)	TDS (ppm)	AD (ppm)
1. น้ำประปา	-	-	-	-	-
1.1 น้ำที่ใช้ในสำนักงาน	-				
1.2 น้ำที่ใช้ในแผนกบรรจุ	-				
1.3 น้ำที่ใช้ใน กระบวนการผลิต	-				
2. น้ำใช้แล้วจากแผนกผลิต ผลิตภัณฑ์เหลว	605	7.7	12,313	2,234	2,800
3. น้ำเสียส่งบ่อบำบัดบริษัท	326	7.8	2,203	1,162	479.8

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

ตารางที่ ข.10 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผงซักฟอก (มิถุนายน 2550)

ประเภทของน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /c ton product)	คุณภาพน้ำ			
		pH	COD (ppm)	TDS (ppm)	AD (ppm)
1. น้ำประปา	-	-	-	-	-
1.1 น้ำที่ใช้ในสำนักงาน	-				
1.2 น้ำที่ใช้ในแผนกบรรจุ	-				
1.3 น้ำที่ใช้ใน กระบวนการผลิต	2,246.5				
2. น้ำใช้แล้วจากแผนกผลิต ผลิตภัณฑ์เหลว	533	7.5	11,622	4,062	1,198
3. น้ำเสียส่งบ่อบำบัดบริษัท	296	7.7	1,268	1,315	227

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.11 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผงซักฟอก (กรกฎาคม 2550)

ประเภทของน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /c ton product)	คุณภาพน้ำ			
		pH	COD (ppm)	TDS (ppm)	AD (ppm)
1. น้ำประปา	2,351.7	7.7	-	140	-
1.1 น้ำที่ใช้ในสำนักงาน	-				
1.2 น้ำที่ใช้ในแผนกบรรจุ	159.7				
1.3 น้ำที่ใช้ใน กระบวนการผลิต	2,113.9				
2. น้ำใช้แล้วจากแผนกผลิต ผลิตภัณฑ์เหลว	753	8.6	12,089	2,920	802
3. น้ำเสียส่งบำบัดบริษัท	181	8.4	1,239	1,540	222

หมายเหตุ: - หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

ตารางที่ ข.12 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตผงซักฟอก (สิงหาคม 2550)

ประเภทของน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /c ton product)	คุณภาพน้ำ			
		pH	COD (ppm)	TDS (ppm)	AD (ppm)
1. น้ำประปา	3,172.8	7.7	-	140	-
1.1 น้ำที่ใช้ในสำนักงาน	155.4				
1.2 น้ำที่ใช้ในแผนกบรรจุ	158.6				
1.3 น้ำที่ใช้ใน กระบวนการผลิต	2,858.8				
2. น้ำใช้แล้วจากแผนกผลิต ผลิตภัณฑ์เหลว	773	8.4	11,138	1,702	1,697
3. น้ำเสียส่งบำบัดบริษัท	88	8.7	1,782	1,082	373

หมายเหตุ: - หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.13 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตไอศกรีม (พฤษภาคม 2550)

ประเภทน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /d ton product)	คุณภาพน้ำ				
		AD (ppm)	pH	TDS (ppm)	Chloride (ppm)	COD (ppm)
1. น้ำประปา	17,080	-	7.7	140	16	-
1.1 น้ำที่ใช้ในสำนักงาน	911					
1.2 น้ำที่ใช้ในแผนก ทำความสะอาด	65					
1.3 น้ำที่ใช้ในกระบวนการ ผลิต	15,969					
1.3.1 น้ำผ่านการกรองด้วย เรซิน	11,666	-	7.2	182	16	-
- น้ำ cooling tower	5,137					
- น้ำคลอรีน	3,073					
1.3.2 น้ำผ่านระบบ RO	4,303	-	6.4	9.8	2	-
2. น้ำเสีย	11,254	12	10.9	2,784		3,469

หมายเหตุ : มีน้ำบางส่วนหายไปไม่สามารถตรวจสอบได้

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.14 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตไอศกรีม (มิถุนายน 2550)

ประเภทน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /d ton product)	คุณภาพน้ำ				
		AD (ppm)	pH	TDS (ppm)	Chloride (ppm)	COD (ppm)
1. น้ำประปา	16,014	-	7.7	140	16	-
1.1 น้ำที่ใช้ในสำนักงาน	803					
1.2 น้ำที่ใช้ในแผนก ทำความสะอาด	48					
1.3 น้ำที่ใช้ในกระบวนการ ผลิต	14,840					
1.3.1 น้ำผ่านการกรองด้วย เรซิน	10,764	-	7.2	182	16	-
- น้ำ cooling tower	4,692					
- น้ำคลอรีน	2,977					
1.3.2 น้ำผ่านระบบ RO	4,076	-	6.4	9.8	2	-
2. น้ำเสีย	6,114	17	10.9	3,058	-	3,114

หมายเหตุ : มีน้ำบางส่วนหายไปไม่สามารถตรวจสอบได้

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.15 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิต ไอศกรีม (กรกฎาคม 2550)

ประเภทน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /d ton product)	คุณภาพน้ำ				
		AD (ppm)	pH	TDS (ppm)	Chloride (ppm)	COD (ppm)
1. น้ำประปา	17,406	-	7.7	140	16	-
1.1 น้ำที่ใช้ในสำนักงาน	835					
1.2 น้ำที่ใช้ในแผนก ทำความสะอาด	48					
1.3 น้ำที่ใช้ในกระบวนการ ผลิต	16,327					
1.3.1 น้ำผ่านการกรองด้วย เรซิน	11,429	-	7.2	182	16	-
- น้ำ cooling tower	4,940					
- น้ำคลอรีน	3,226					
1.3.2 น้ำผ่านระบบ RO	4,898	-	6.4	9.8	2	-
2. น้ำเสีย	11,109	17.6	11.7	3,640	-	3,650

หมายเหตุ : มีน้ำบางส่วนหายไปไม่สามารถตรวจสอบได้

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.16 ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพน้ำที่แผนกผลิตไอศกรีม (สิงหาคม 2550)

ประเภทน้ำ	ปริมาณ (m <sup>3</sup> /d ton product)	คุณภาพน้ำ				
		AD (ppm)	pH	TDS (ppm)	Chloride (ppm)	COD (ppm)
1. น้ำประปา	17,951	-	7.7	140	16	-
1.1 น้ำที่ใช้ในสำนักงาน	813					
1.2 น้ำที่ใช้ในแผนก ทำความสะอาด	40					
1.3 น้ำที่ใช้ในกระบวนการ ผลิต	15,629					
1.3.1 น้ำผ่านการกรองด้วย เรซิน	10,527	-	7.2	182	16	-
- น้ำ cooling tower	5,331					
- น้ำคลอรีน	2,790					
1.3.2 น้ำผ่านระบบ RO	5,102	-	6.4	9.8	2	-
2. น้ำเสีย	8,298	15	10.7	3,443	-	5,795

หมายเหตุ: มีน้ำบางส่วนหายไปไม่สามารถตรวจสอบได้

- หมายถึง ไม่มีการวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ค่าใช้จ่ายประเภทต่างๆ

ประเภทน้ำ	ราคาน้ำ (บาท/ลบ.ม.)
น้ำประปาจากการนิคมฯ	25
น้ำคลองริน	
- แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว	26
- แผนกผลิตไอศกรีม	28
น้ำเสียที่ส่งบำบัดส่วนกลางของบริษัท	
- แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว	334.4
- แผนกผลิตผงซักฟอก	229.3
- แผนกผลิตไอศกรีม	199.5
น้ำเสียที่ส่งการนิคมฯ	6

ตารางที่ ค.2 ราคาสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

ประเภทสารเคมี	ราคา (บาท/กก.)
สารส้ม	3
แคลเซียมคาร์บอเนต	1.35
พอลิอิเล็กโทรไลต์	105

### ค.1 แผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลว

$$\begin{aligned}
 \text{จากตารางที่ ค.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำคลองรินที่ล้างถังผสม} &= 140 \text{ m}^3/\text{month} \\
 \text{ดังนั้นปริมาณที่นำกลับมาใช้ใหม่} &= 140 \frac{\text{m}^3}{\text{month}} \times 12 \frac{\text{month}}{\text{year}} \\
 &= 1,680 \text{ m}^3/\text{year}
 \end{aligned}$$

### การคำนวณค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าน้ำคลองริน} &= 1,680 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 26 \frac{\text{baht}}{\text{m}^3} \\
 &= 43,680 \text{ baht/year}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าบำบัดน้ำเสียที่บำบัดน้ำเสียส่วนกลาง} &= 1,680 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 334.4 \frac{\text{baht}}{\text{m}^3} \\
 &= 561,792 \text{ baht/year}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าบำบัดน้ำเสียที่จ่ายการนิคมฯ} &= 1,680 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 6 \frac{\text{baht}}{\text{m}^3} \\
 &= 10,080 \text{ baht/year}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้} &= 43,680 + 561,792 + 10,080 \\ &= 615,552 \quad \text{baht/year} \end{aligned}$$

## ค. 2 แผนการผลิตผงซักฟอก

### การคำนวณค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์

รายละเอียดของอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนสร้างและติดตั้งถังเก็บน้ำที่ผ่านการบำบัดทางเคมี แสดงดังตารางที่ ค.3 และส่วนที่เกี่ยวกับการเดินท่อเชื่อมระหว่างท่อส่งน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีกับท่อส่งน้ำเสียไปยังแผนกผลิตผงซักฟอกแสดงดังตารางที่ ค.4

### ตารางที่ ค.3 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถังเก็บน้ำที่ผ่านการบำบัดทางเคมี

รายละเอียด	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าอุปกรณ์	
- ถังเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ม. ตัวถังหนา 6 มม. ก้นถังหนา 8 มม. + ขอบถังเหล็กฉาก	220,000
- แท่นปูน (การคอกเสาเข็ม+ การหล่อแท่น)+ สี	70,000
- ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว + วาล์วผีเสื้อ	20,000
ค่าแรง	30,000
ค่าภาษีและกำไร	68,000
รวมเป็นเงิน	408,000

หมายเหตุ : ข้อมูลการประเมินค่าใช้จ่ายจากบริษัท สันติและทิพวรรณ จำกัด

ตารางที่ ค.4 ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อเชื่อมระหว่างท่อส่งน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางเคมีกับท่อส่งน้ำเสียไปยังแผนกผลิตผงซักฟอก

รายละเอียด	จำนวนเงิน (บาท)
<b>ค่าอุปกรณ์</b> - ข้อต่อ 3 ทาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และ 3 นิ้ว - ข้อต่อลดขนาดจากท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ไปเป็น 3 นิ้ว - หน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว - ข้องอ 90 องศา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว - หน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว - วาล์วผีเสื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว - แกนเหล็ก, นอต	5,310
<b>ค่าแรง</b>	6,900
<b>ค่าภาษีและกำไร</b>	2,440
<b>รวมเป็นเงิน</b>	<b>14,650</b>

หมายเหตุ : ข้อมูลการประเมินค่าใช้จ่ายจากบริษัท สันติและทิพวรรณ จำกัด

**การคำนวณค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้**

ปริมาณน้ำที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ คือน้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4 ที่แทนน้ำใช้แล้วจากแผนกผลิต

$$\begin{aligned}
 \text{ผลิตภัณฑ์เหลวที่มีสีเข้ม} &= 160 \frac{\text{m}^3}{\text{month}} \times 12 \frac{\text{month}}{\text{year}} \\
 &= 1,920 \text{ m}^3/\text{year}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 \text{ลดค่าน้ำประปา} &= 1,920 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 25 \frac{\text{baht}}{\text{m}^3} \\
 &= 48,000 \text{ baht/year}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ลดค่าบำบัดน้ำเสียที่บ่อบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง} &= 1,920 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 334.4 \frac{\text{baht}}{\text{m}^3} \\
 &= 642,048 \text{ baht/year}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ลดค่าบำบัดน้ำเสียที่จ่ายการนิคมฯ} &= 1,920 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 6 \frac{\text{baht}}{\text{m}^3} \\
 &= 11,520 \text{ baht/year}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{สรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้} &= 48,000 + 642,048 + 11,520 \\
 &= 701,568 \text{ baht/year}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การคำนวณค่าสารเคมี

ปริมาณน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง = 1 litre

ปริมาตรสารละลายสารส้มความเข้มข้น 8 % โดยมวลต่อปริมาตร = 4 ml

ปริมาตรสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 2 % โดยมวลต่อปริมาตร = 80 ml

ปริมาตรสารละลายพอลิอิเล็กโทรไลต์ความเข้มข้น 1.2 % โดยมวลต่อปริมาตร = 10 ml

$$\text{ปริมาณสารส้มที่เติมในน้ำเสีย} = 4 \text{ ml} \times \frac{8 \text{ g}}{100 \text{ ml}} = 0.32 \text{ g}$$

$$\text{ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เติมในน้ำเสีย} = 80 \text{ ml} \times \frac{2 \text{ g}}{100 \text{ ml}} = 1.6 \text{ g}$$

$$\text{ปริมาณพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่เติมในน้ำเสีย} = 12 \text{ ml} \times \frac{1.2 \text{ g}}{100 \text{ ml}} = 0.144 \text{ g}$$

ปริมาณน้ำที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ (น้ำเสียจากบ่อปรับสมดุล 4 ที่แทนน้ำใช้แล้วจากแผนกผลิตผลิตภัณฑ์เหลวที่มีสีเข้ม) =  $1,920 \text{ m}^3/\text{year}$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายของสารส้ม} &= 1,920 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 0.32 \frac{\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1,000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times 3 \frac{\text{baht}}{\text{kg}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \\ &= 1,843.2 \text{ baht/year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายของแคลเซียมคาร์บอเนต} &= 1,920 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 1.6 \frac{\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1,000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times 1.35 \frac{\text{baht}}{\text{kg}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \\ &= 4,147.2 \text{ baht/year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายของพอลิอิเล็กโทรไลต์} &= 1,920 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 0.144 \frac{\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1,000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times 105 \frac{\text{baht}}{\text{kg}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \\ &= 29,030.4 \text{ baht/year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{รวมค่าสารเคมี} &= 1,843.2 + 4,147.2 + 29,030.4 \\ &= 35,020.8 \text{ baht/year} \end{aligned}$$

### การหาระยะเวลาในการคืนทุน

กำหนดให้ อัตราดอกเบี้ย (i) = 7%

n = จำนวนปี

A' = ค่าใช้จ่ายรายปีเทียบเท่ากับปีที่ลงทุนเริ่มต้น

เงินลงทุน (P) = ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถังเก็บน้ำที่ผ่านการบำบัดทางเคมีและจะนำกลับมาใช้ใหม่ + ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อเชื่อม

$$= 408,000 + 14,650$$

$$= 422,650 \text{ baht}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{รายรับต่อปี (A)} &= \text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ - ค่าสารเคมีที่ต้องจ่าย} \\
 &= 701,568 - 35,020.8 \\
 &= 666,547.2 \quad \text{baht} \\
 \text{ที่จุดคุ้มทุน} \quad \text{เงินลงทุนเริ่มต้น} &= \text{รายรับที่ได้} \\
 \text{ดังนั้น} \quad P &= A' \\
 \text{จากสมการ} \quad 0 &= -P + A' \\
 0 &= -P + A \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) \\
 \frac{P}{A} &= \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) \\
 Pi(1+i)^n &= A(1+i)^n - A \\
 (A - Pi)(1+i)^n &= A \\
 (1+i)^n &= \frac{A}{(A - Pi)} \\
 \text{แทนค่า} \quad (1+0.07)^n &= \frac{666,547.2}{(666,547.2 - (422,650 \times 0.07))} \\
 n \times \log 1.07 &= \log 1.046447848 \\
 n &= 0.67 \text{ year} \times 12 \frac{\text{month}}{\text{year}} \\
 n &= 8 \text{ month} \\
 \text{ดังนั้นระยะเวลาในการคืนทุน} &= 8 \text{ month}
 \end{aligned}$$

### ค. 3 แผนกผลิตไอศกรีม

ปริมาณน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นเมื่อปล่อย  
10 นาที = 437.6 m<sup>3</sup>/month

ปริมาณน้ำคลอรีนร้อนที่ใช้ล้างท่อส่งเนื้อไอศกรีมและภายในเครื่องทำความเย็นเมื่อปล่อย  
5 นาที = 437.6  $\frac{\text{m}^3}{\text{month}}$   $\times \frac{5}{10}$   
= 218.8 m<sup>3</sup>/month

ปริมาณน้ำคลอรีนที่ลดได้ = (437.6 - 218.8)  $\frac{\text{m}^3}{\text{month}}$   $\times 12 \frac{\text{month}}{\text{year}}$   
= 2,625.6 m<sup>3</sup>/year

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การคำนวณค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำคลอรีน} &= 2,625.6 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 28 \frac{\text{baht}}{\text{m}^3} \\ &= 73,516.8 \text{ baht/year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำบำบัดน้ำเสียที่บำบัดน้ำเสียส่วนกลาง} &= 2,625.6 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 199.5 \frac{\text{baht}}{\text{m}^3} \\ &= 523,807.2 \text{ baht/year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำบำบัดน้ำเสียที่จ่ายการนิคมฯ} &= 2,625.6 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \times 6 \frac{\text{baht}}{\text{m}^3} \\ &= 15,753.6 \text{ baht/year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้} &= 73,516.8 + 523,807.2 + 15,753.6 \\ &= 613,077.6 \text{ baht/year} \end{aligned}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้