

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การลดความสูญเสียกรดซัลฟอนิกและการเพิ่มค่าประสิทธิภาพการซักล้าง
ของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ



T104156

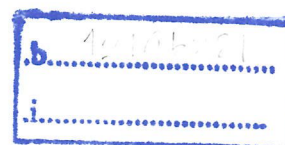
อรธีรา เย็นจิตต์รัตนวลี

อำพร เจียมสง่า

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 104156

วัน,เดือน,ปี 3.0.ค.ค. 2552



ปฏิยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

**REDUCTION OF SULFONIC ACID LOSS AND INCREASING OF
WASHING EFFICIENCY OF STANDARD LAUNDRY
POWDER DETERGENT**

**ONTEERA YENJITRATTANAWALEE
AMPORN JEAMSANGA**

**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**

2008

ปริญญานิพนธ์เรื่อง

การลดความสูญเสียกรดซัลโฟนิกและการเพิ่มค่าประสิทธิภาพ
การชักล้างของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

โดย

นางสาวอรุณีรา เย็นจิตต์รัตนวลี

นางสาวอำพร เจียมสง่า

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ

ปริญญานิพนธ์

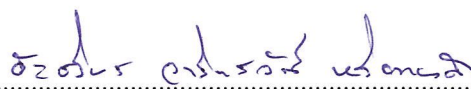
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์



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



.....กรรมการ
(อ.บุญชัย โชติวิริยวานิชย์)



.....กรรมการ
(อ.ศิริพันธ์ มุรธาชัยกุล)

ปริญญานิพนธ์เรื่อง

การลดความสูญเสียกรดซัลโฟนิกและการเพิ่มค่าประสิทธิภาพ
การซักล้างของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

โดย

นางสาวอรธิรา เย็นจิตต์รัตนวลี

นางสาวอำพร เจียมสง่า

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ

ปริญญานิพนธ์

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษามีต้นทุนการผลิตสูงจากการใช้กรดซัลโฟนิกซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักมากกว่าปกติ และมีค่าประสิทธิภาพการซักล้างเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงการนี้เพื่อลดการใช้กรดซัลโฟนิก และเพิ่มค่าประสิทธิภาพการซักล้างของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือซึ่งกำหนดด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ active detergent (% AD) ของผงพื้นฐาน ผลจากการศึกษาสามารถลดการใช้กรดซัลโฟนิกลง 50 % จากปริมาณที่ใส่เกิน คิดเป็นต้นทุนที่ลดลง 7,687,800 บาทต่อปี ที่กำลังการผลิตผงซักฟอก 100,000 ตันต่อปี สำหรับการศึกษานี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการซักล้างของผงซักฟอก ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน และอัตราเร็วรอบของใบกวน พบว่าภาวะการปฏิบัติงานที่ทำให้ค่า % AD เข้าใกล้ค่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนด คือ เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน 132 วินาที และอัตราเร็วรอบของใบกวน 70 รอบต่อนาที

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารของบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ที่ให้โอกาสทำโครงการที่บริษัทและสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วน คุณประชา โภคจิตติยุกต์ ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตภัณฑ์กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน ที่ให้คำปรึกษาและกรุณาชี้แนะประเด็นสำคัญต่างๆ คุณไพบูรณ์ ชูโชติรส ผู้จัดการแผนกผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ คุณต้องการ แก้วทาสี หัวหน้าฝ่ายการพัฒนากระบวนการผลิต คุณแอนก ทรัพย์จำนงค์ และพี่ๆ ห้องปฏิบัติการของฝ่ายคิดค้นพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ทุกท่าน ที่ให้ความรู้ คำปรึกษาและข้อเสนอแนะ และอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่สนับสนุนทุนวิจัยบางส่วน รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ที่ให้คำปรึกษาในการทำงาน และตรวจแก้ไขรายงาน ทำให้ปริญญาโทฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อ.บุญชัย โชติวิริยวาณิช และ อ.ศิริพันธ์ มุรธาธัญลักษณ์ คณะกรรมการสอบปริญญาโท

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อาจารย์ทุกท่าน เพื่อนๆ ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับและขออภัยไว้ ณ ที่นี้

นางสาวอรธีรา เย็นจิตต์รัตนวลี

นางสาวอำพร เขียมสง่า

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ผงซักฟอก.....	4
2.2 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ.....	11
บทที่ 3 การดำเนินงานและผลการดำเนินงานวิจัย.....	14
3.1 ศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิด ซักฟอกด้วยมือ.....	14
3.2 ศึกษาสาเหตุของการสูญเสียกรดซัลฟอนิกที่ใช้ในการผลิตผงพื้นฐานและ ปัจจัยที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐาน.....	16
3.3 ทดลองในห้องทดลองและในกระบวนการผลิตจริง.....	19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 สรุปผลการดำเนินงาน.....	24
4.1 การลดการสูญเสียกรดซัลโฟนิกของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ....	24
4.2 การเพิ่มค่าประสิทธิภาพการซักล้างของผงซักฟอกสูตรมาตรฐาน ชนิดซักฟอกด้วยมือ.....	24
 เอกสารอ้างอิง.....	 25
 ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ข้อมูลดิบ.....	27
ภาคผนวก ข. การหาค่า % AD.....	32
ภาคผนวก ค. การคำนวณปริมาณกรดซัลโฟนิกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการผลิต ผงพื้นฐาน.....	34
ภาคผนวก ง. การคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์.....	37

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ ก.1	ค่า pH ของสเลอรีที่ใช้ผลิตผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตจริงก่อนและ หลังการลดกรดซัลโฟนิก 50 % จากที่ใส่เกิน 1 % จากปฏิกิริยา.....	27
ตารางที่ ก.2	ค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตจริง เมื่อเพิ่มสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ให้ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดซัลโฟนิกที่ใส่เกินจากปฏิกิริยา 1 % โดยน้ำหนัก กรณีฟังก์ฟอกสูตร y	28
ตารางที่ ก.3	ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า % AD กับปริมาณการใส่ กรดซัลโฟนิกเกินอัตราส่วนปริมาณสารสัมพันธ์	28
ตารางที่ ก.4	ค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตจริงเมื่อเพิ่มสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ให้ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดซัลโฟนิกที่ใส่เกินจากปฏิกิริยา 0.5 % โดยน้ำหนัก กรณีฟังก์ฟอกสูตร x.....	29
ตารางที่ ก.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า % AD ของผงพื้นฐานกับเวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน และอัตราเร็วรอบของใบกวน.....	30
ตารางที่ ก.6	ค่า % AD ของผงพื้นฐานที่เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน 132 วินาที และอัตราเร็วรอบของใบกวน 70 รอบต่อนาที.....	31
ตารางที่ ค.1	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผงพื้นฐานจากโปรแกรม SCADA ก่อนดำเนินการ	34
ตารางที่ ค.2	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผงพื้นฐานจากโปรแกรม SCADA หลังลด ปริมาณการใช้กรดซัลโฟนิกลง 50 % จากที่ใส่เกินจากปฏิกิริยา.....	36

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1	ค่า % AD ของผงพื้นฐาน (1 มกราคม – 4 กุมภาพันธ์ 2552)	2
รูปที่ 2.1	โครงสร้างโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว	5
รูปที่ 2.2	กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ	13
รูปที่ 3.1	กระบวนการผลิตสเลอรี	14
รูปที่ 3.2	ตำแหน่งที่ตรวจสอบ % AD ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ	15
รูปที่ 3.3	การวิเคราะห์สาเหตุของการสูญเสียกรดซัลฟอนิกในกระบวนการผลิตสเลอรี	17
รูปที่ 3.4	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐานในขั้นตอนการผลิตสเลอรี	18
รูปที่ 3.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า % AD กับปริมาณกรดซัลฟอนิกที่ใช้	19
รูปที่ 3.6	แนวโน้มของค่า % AD ของผงพื้นฐาน เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟอนิกที่ใส่เกิน 1% โดยน้ำหนัก จากปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตจริง กรณีผงซักฟอกสูตร y	20
รูปที่ 3.7	แนวโน้มของค่า % AD ของผงพื้นฐานเมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟอนิกที่ใส่เกิน 0.5 % โดยน้ำหนัก จากปฏิกิริยาในกระบวนการผลิตจริง กรณีผงซักฟอกสูตร x	21
รูปที่ 3.8	ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทินและอัตราเร็วรอบของใบกวนกับค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตจริง กรณีผงซักฟอกสูตร z	22
รูปที่ 3.9	ภาวะที่ดีที่สุดในการกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแทป	22
รูปที่ 3.10	แนวโน้มของค่า % AD ของผงพื้นฐานเมื่อปรับเวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทินเป็น 132 วินาที และอัตราเร็วรอบของใบกวน 70 รอบต่อนาที	23

บทที่ 1

บทนำ

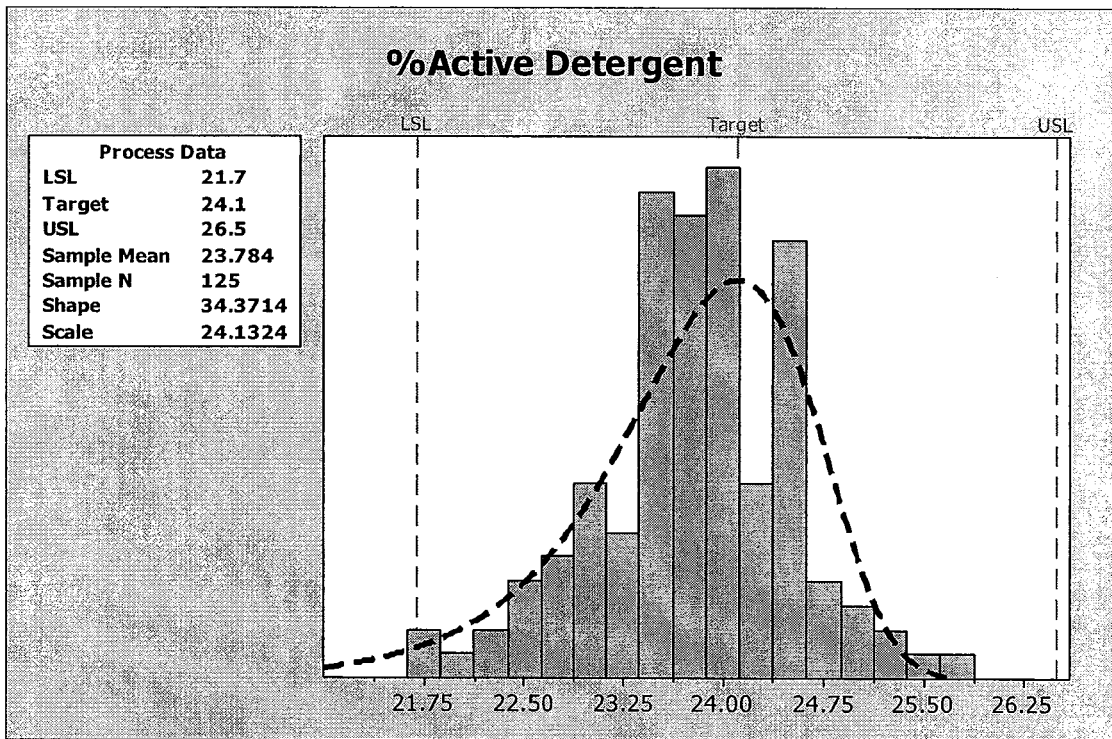
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิตสินค้าอุปโภคและบริโภคชั้นนำในประเทศไทย มีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ และกรุงลอสแอนเจลิส ประเทศเนเธอร์แลนด์ มีสาขาอยู่ 75 ประเทศทั่วโลก เดิมใช้ชื่อบริษัท ลีเวอร์บราเธอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ก่อตั้งขึ้นเป็นบริษัทในกลุ่มยูนิลีเวอร์ ในปี 2475 ภายหลังได้เปลี่ยนชื่อเป็นทางการ คือ บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด โดยตั้งโรงงานแห่งแรกที่ถนนเจริญกรุง กรุงเทพมหานคร หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2525 จึงย้ายโรงงานมาที่นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง สินค้าอุปโภคและบริโภคหลายชนิดของบริษัท เช่น ผงซักฟอก สบู่ ยาสีฟัน และไอศกรีม เป็นต้น ผงซักฟอกเป็นผลิตภัณฑ์หลักของกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน บริษัทมีโรงงานผลิตผงซักฟอก 2 โรงงาน คือ โรงงานผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือและโรงงานผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้น

จากสภาพการประกอบธุรกิจในปัจจุบันทุกบริษัทจำเป็นต้องปรับตัวให้ทันกับภาวะการแข่งขันที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เพื่อให้สามารถประกอบธุรกิจได้อย่างมั่นคงและมีผลกำไรที่คุ้มค่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในการแข่งขัน คือ การใช้กระบวนการผลิตที่มีสมรรถนะสูงสำหรับการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพตามมาตรฐานด้วยต้นทุนที่เหมาะสมและสามารถตอบสนองความพึงพอใจสูงสุดของผู้บริโภค

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.) แบ่งประเภทของผงซักฟอกสูตรมาตรฐาน (Standard laundry powder detergent) เป็น 1) ผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ 2) ผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า และ 3) ผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือและเครื่องซักผ้า จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นในกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือพบว่า มีต้นทุนการผลิตสูงเนื่องจากการใช้กรดซัลโฟนิกซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผงพื้นฐาน (Base powder) ของผงซักฟอกในปริมาณที่มากกว่าปกติ การสูญเสียปี 2550 ประมาณ 8 ล้านบาท และตั้งแต่ มกราคม - สิงหาคม 2551 ประมาณ 12 ล้านบาท นอกจากนี้ปัญหาข้างต้นแล้วยังพบว่าผงพื้นฐานมีค่าประสิทธิภาพการซักล้างต่ำกว่าค่าเป้าหมายที่บริษัทตั้งไว้ ค่าประสิทธิภาพการซักล้างของผงซักฟอกพิจารณาด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ active detergent (% AD) ของผงพื้นฐาน บริษัทตั้งพิกัดข้อกำหนดเฉพาะของค่า % AD ของผงพื้นฐานของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ 21.7 - 26.5 % และตั้งค่าเป้าหมาย เท่ากับ 24.1 % ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานของผงซักฟอกที่สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม

กำหนด ทั้งนี้ค่า % AD ของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ต้องไม่น้อยกว่า 18 % [1] ดังนั้นถ้าผงพื้นฐานที่ผลิตได้มีค่าประสิทธิภาพการซักล้างต่ำ (ค่า % AD ต่ำ) จะต้องใช้ปริมาณผงพื้นฐานมากขึ้นเพื่อผลิตผงซักฟอกให้ได้ค่าประสิทธิภาพการซักล้างตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต แต่ถ้าค่า % AD ของผงพื้นฐานสูงเกินไป ต้นทุนการผลิตก็จะสูงขึ้นโดยไม่จำเป็น จากรูปที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ย % AD ของผงพื้นฐานเบี่ยงเบนออกจากค่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนด



รูปที่ 1.1 ค่า % AD ของผงพื้นฐาน (1 มกราคม – 4 กุมภาพันธ์ 2552) [2]

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยและทีมงานของบริษัทศึกษาสาเหตุของการใช้กรดซัลฟอนิกเกินกว่าปกติ และศึกษาการเพิ่มค่าประสิทธิภาพการซักล้างของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ โดยวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตสเลอรี (Slurry making process) ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน และอัตราเร็วรอบของใบกวน เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 หาสาเหตุของการสูญเสียและลดการใช้กรดซัลฟอนิกในกระบวนการผลิตสเลอรี

1.2.2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตสเลอรี และการเพิ่มค่า % AD ของผงพื้นฐานให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.3.2 ศึกษากระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

1.3.3 ศึกษาสาเหตุของการสูญเสียและลดการใช้กรดซัลฟอนิกในกระบวนการผลิตสเลอรี

1.3.4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตสเลอรี และการเพิ่มค่า % AD ของผงพื้นฐานให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนด โดยทดสอบในระดับห้องทดลองและกระบวนการผลิตจริง

1.3.5 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ ประเมินผล และจัดทำรายงาน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 สามารถลดต้นทุนการผลิตจากการลดปริมาณกรดซัลฟอนิกที่ใช้

1.4.2 สามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพการซักล้างของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

1.4.3 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตมีคุณภาพสูงยิ่งขึ้น

1.4.4 เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ผงซักฟอก [1, 3]

ผงซักฟอกหรือสารซักฟอก (Laundry detergent) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง (Powder) หรือของเหลว (Liquid) ที่มีสารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบหลักและสารประกอบอื่นๆ มากกว่า 20 ชนิด ใช้ชำระล้างสิ่งสกปรกออกจากเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่ม และภาชนะต่างๆ ผงซักฟอกผลิตขึ้นครั้งแรกที่ประเทศเยอรมนี ในระยะสงครามโลกครั้งที่ 1 เนื่องจากในขณะนั้นเกิดขาดแคลนไขวัว และน้ำมันพืชซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตสบู่ ต่อมาได้มีการค้นคว้าพัฒนาสูตรผงซักฟอกอย่างกว้างขวาง

สารซักฟอก ในที่นี้ ครอบคลุมผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้

1. แบบชนิดผง ได้แก่

1.1 ผงซักฟอกสูตรมาตรฐาน (Standard laundry powder detergent) ได้แก่

ผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

ผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า

ผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือและเครื่องซักผ้า

1.2 ผงซักฟอกสูตรเข้มข้น (Concentrated laundry powder detergent) ได้แก่

ผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ

ผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า

ผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือและเครื่องซักผ้า

2. แบบชนิดน้ำ ได้แก่

น้ำยาซักฟอก (Laundry liquid detergent)

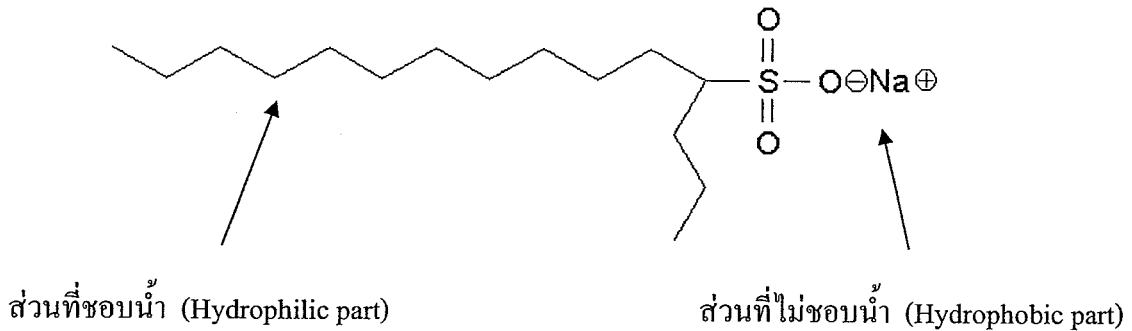
ส่วนประกอบของสารซักฟอก [1, 3]

สูตรการผลิตสารซักฟอกของแต่ละบริษัทขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ สารเคมีบางตัวอาจใช้แทนกันได้ ส่วนประกอบของสารซักฟอกแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. ส่วนประกอบหลัก ได้แก่

1.1 สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic group) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic group) โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวจะอยู่ระหว่างคราบสกปรกและผิวผ้า

โดยจะไปทำหน้าที่ลดแรงของการเกาะติดของคราบสกปรก ทำให้สามารถช่วยขจัดคราบสกปรกออก สารลดแรงตึงผิวแบ่งเป็นสารเคมีประเภทแอนไอออนิก (Anionic) และแคตไอออนิก (Cationic) หรือนอนไอออนิก (Nonionic) ประเภทใดประเภทหนึ่งหรือผสมกัน ในกรณีที่เป็นสารเคมีประเภทแอนไอออนิกต้องไม่เป็นอัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตที่มีโครงสร้างแบบกิ่ง (Branched alkyl benzene sulphonate)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว [4]

สารลดแรงตึงผิวแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ตามลักษณะหรือประจุของส่วนที่ชอบน้ำ ดังนี้

1.1.1 สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวก (Cationic surfactant) ได้แก่ cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB) สูตรโมเลกุล คือ $C_{16}H_{33}N(CH_3)_3^+ Br^-$ สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวกมักจะพบในผลิตภัณฑ์ยาสีฟัน ครีมนวดผม และน้ำยาปรับผ้านุ่ม เป็นต้น

1.1.2 สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบ (Anionic surfactant) ได้แก่ sodium dodecyl sulphate (SDS) สูตรโมเลกุล คือ $CH_3(CH_2)_{11}SO_4^- Na^+$ มักใช้เป็นส่วนประกอบในผงซักฟอกและสบู่

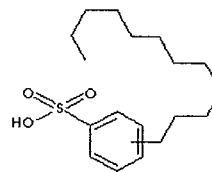
1.1.3 สารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ (Nonionic surfactant) ได้แก่ polyoxyethylene alcohol สูตรโมเลกุล คือ $(C_nH_{2n+1}(OCH_2CH_2)_m OH)$ มักจะนำไปผสมในสบู่เหลวล้างหน้า

1.1.4 สารลดแรงตึงผิวที่มีทั้งประจุบวกและประจุลบ (Zwitterionic surfactant) ได้แก่ β -N-alkylaminopropionic acid สูตรโมเลกุล คือ $RN^+H_2CH_2CH_2COO^-$ ซึ่งเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง สารป้องกันการกัดกร่อน และสารยับยั้งแบคทีเรีย เป็นต้น

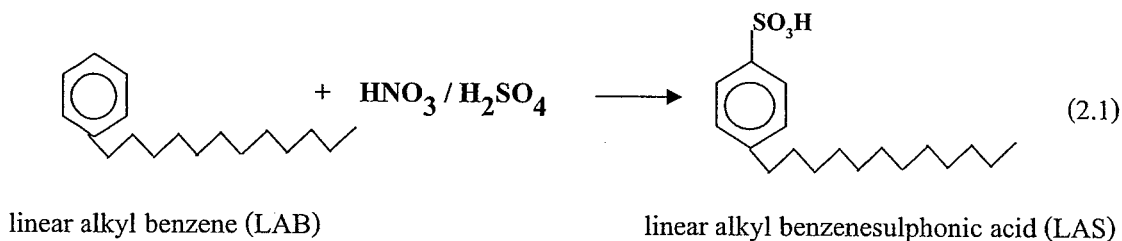
กรดที่ถูกนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารลดแรงตึงผิว คือ linear alkyl benzenesulphonic acid (LAS) [5]

สูตรโมเลกุล $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$

สูตรโครงสร้าง



สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของสาร LAS จะเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวของสายโซ่หมู่อัลคิล LAS เป็นสารประกอบที่ระเหยไม่ได้ ผลิตได้จากปฏิกิริยาซัลโฟเนชันของ linear alkyl benzene (LAB) ดังสมการ



LAS มีราคาถูกและมีประสิทธิภาพดี สามารถผลิตเป็นเม็ดผงที่เสถียรได้ ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเพราะมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นเส้นตรง LAS เป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งมีหมู่อัลคิลฟีนอกซีที่ตำแหน่งพาราของวงเบนซีน และมีสายโซ่ของหมู่อัลคิลฟีนอกซีที่ตำแหน่งอื่น LAS มักถูกนำไปทำปฏิกิริยาสะเทิน (Neutralization) กับสารที่มีฤทธิ์เป็นด่างเกิดเป็นเกลือ เช่น เกลือของโซเดียม เกลือของแคลเซียม เกลือของโพแทสเซียม เป็นต้น ประโยชน์หลักของสาร LAS คือ ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่ใช้ในครัวเรือน เช่น ผงซักฟอก น้ำยาซักผ้า น้ำยาล้างจาน เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ใช้เป็นตัวประสานในการผลิตน้ำยาฆ่าเชื้อ หรือใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์แบบอิมัลชัน (Emulsion polymerization) เป็นต้น

1.2 สารลดความกระด้างของน้ำ (Sequestering builders) ความกระด้างของน้ำตามธรรมชาติ (Hardness) เกิดจากเกลือของไอออนของโลหะของแคลเซียม (Ca^{+2}) และแมกนีเซียม (Mg^{+2}) กับอนุมูล เช่น คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต ซัลเฟต คลอไรด์ และไนเตรต น้ำที่มีความกระด้างสูงจะต้องใช้สารซักฟอกปริมาณมากในการซักล้าง และทำให้เกิดตะกรันในหม้อน้ำซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ดังนั้นต้องจำกัดความกระด้างของน้ำก่อนการนำไปใช้ [8] สารลดความกระด้างของน้ำมีหลายชนิด เช่น โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate: STPP) โซเดียมไพโรฟอสเฟต (Sodium pyrophosphate) เกลือของกรดไนทริโลไตรอะซีติก (Nitrilotriacetic acid: NTA) เกลือของกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซีติก (Ethylenediaminetetraacetic acid: EDTA) กรดซิตริกและอนุพันธ์ของกรดซิตริก (Citric acid and derivatives) ซีโอไลต์ (Zeolite) สารใดสารหนึ่งหรือหลายสารผสมกัน สารพวกนี้ไม่ได้ช่วยให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเสื้อผ้าหรือจาก

ของใช้โดยตรง แต่ทำหน้าที่เสริมประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวโดยช่วยควบคุมสมดุลของค่าความเป็นกรด-เบสให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะและคงที่เหมาะสมแก่การปฏิบัติงานของสารซักฟอก ตัวอย่างสารลดความกระด้างของน้ำ ได้แก่

1.2.1 สาร โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate: STPP)

สาร STPP มีสูตรโมเลกุล $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่สำคัญ คือ เทอร์มัลฟอสฟอริกแอซิดหรือกรดฟอสฟอริกที่มีความบริสุทธิ์สูง และ โซเดียมคาร์บอเนตหรือ โซดาแอช (Na_2CO_3) เข้มข้น ปฏิกิริยาของกรดฟอสฟอริกกับ โซดาแอชเข้มข้นจะได้ของผสมระหว่าง โมโนและไดโซเดียมออร์โทฟอสเฟต หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (Dehydration) ของของผสมระหว่าง โมโนและไดโซเดียมออร์โทฟอสเฟตที่อุณหภูมิสูง (500°C) ได้ STPP ส่วนใหญ่ STPP ที่ผลิตได้ในประเทศไทยใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสารซักฟอก และสามารถใช้ในระบบเตรียมน้ำประปา อุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิก สารช่วยถนอมอาหารทะเล และอุตสาหกรรมสี เป็นต้น

สาร STPP ในสารซักฟอกจะลดความกระด้างของน้ำโดยดึงไอออนแคลเซียม (Ca^{+2}) และแมกนีเซียม (Mg^{+2}) ที่รบกวนการทำงานของสารลดแรงตึงผิวที่จะดึงสิ่งสกปรกออกจากผ้าออก ไอออนแคลเซียมหรือแมกนีเซียมจะเข้าแทนที่โซเดียมในโมเลกุลของ STPP ในสารซักฟอก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของประเทศไทยเมื่อคำนวณจากน้ำหนักของสารซักฟอกจะมีส่วนผสมที่เป็นสาร STPP ในรูปของฟอสเฟตทั้งหมด (คำนวณเป็นฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์: P_2O_5) ไม่เกินร้อยละ 20 และ 28 ในผงซักฟอกชนิดซักฟอกด้วยมือและด้วยเครื่องซักผ้า ตามลำดับ [1] หลายประเทศทางยุโรปที่ยังไม่มีข้อจำกัดการใช้ STPP จะมีส่วนประกอบของ STPP ในสารซักฟอกใกล้เคียงกัน เช่นประเทศอังกฤษมีปริมาณ STPP ร้อยละ 18-25 ซึ่งน้อยกว่าข้อกำหนดสูงสุดของผงซักฟอกชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้าของประเทศไทยเล็กน้อย

STPP เป็นสารลดความกระด้างของน้ำที่ทำหน้าที่ได้ประสิทธิภาพดี แต่สามารถก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ หลายประเทศมีความเห็นว่าฟอสเฟตอาจเป็นต้นเหตุทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ในแหล่งน้ำ คือ ทำให้เกิดพืชน้ำ เช่น ตะไคร่น้ำ ทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นจึงให้ความสนใจสารซักฟอกที่ไม่มีส่วนประกอบของฟอสเฟตเป็นสารลดความกระด้างโดยใช้สารอื่นทดแทนสารประกอบ STPP

1.2.2 สารทดแทนสารประกอบ STPP

สารทดแทนสารประกอบ STPP มีหลายชนิด แต่มีเพียง 5 ชนิดเท่านั้นที่ใช้อยู่ในประเทศต่างๆ ในปัจจุบัน โดยใช้ในรูปของสารลดความกระด้างโดยตรงหรือเป็นสารร่วมในการลดความกระด้าง (Co-builder) ได้แก่

1.2.2.1 ไนทริโลไตรแอซีติก (Nitrilotriacetic acid: NTA) เป็นสารประกอบอินทรีย์ วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ แอมโมเนีย ฟอรัมาลดีไฮด์ กรดไฮโดรไซยานิก ไอออนความกระด้าง (Ca^{+2} , Mg^{+2}) ในน้ำจะแลกเปลี่ยนกับเกลือไตรโซเดียมของสาร NTA ทำให้ความกระด้างของน้ำลดลง NTA จะทำหน้าที่ได้ดีในภาวะที่เป็นด่าง ราคาของสาร NTA แพงกว่า STPP ประมาณร้อยละ 50 แต่ใช้ปริมาณน้อยกว่า

1.2.2.2 ซิเทรต เป็นเกลือของกรดซิตริก ข้อจำกัดของการใช้สารซิเทรตเป็นสารลดความกระด้างคือประสิทธิภาพจะลดลงที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ซิเทรตยังมีประสิทธิภาพต่ำในการลดความกระด้างที่เกิดจากไอออนแคลเซียมเมื่อเทียบกับความกระด้างที่เกิดจากไอออนแมกนีเซียม อย่างไรก็ตามซิเทรตยังใช้เป็นสารลดความกระด้างในหลายๆ ประเทศ โดยเป็นส่วนประกอบในสารซักฟอกที่ใช้ซักล้างที่อุณหภูมิต่ำ สำหรับในประเทศไทยไม่นิยมใช้สารประกอบนี้ในสารซักฟอกเพราะมีราคาแพง

1.2.2.3 เกลือของกรดพอลิคาร์บอกซิลิก (Polycarboxylic acid: PCA) เป็นเกลือพอลิเมอร์ของกรด เช่น กรดอะคริลิก (Acrylic acid) กรดมาลลิก (Maleic acid) สมบัติในการลดความกระด้างขึ้นอยู่กับขนาดของพอลิเมอร์ กลไกในการลดความกระด้างของ PCA เป็นแบบ electrostatic binding และ site binding ในกลไกแรกไอออนประจุตรงข้ามจะถูกตรึงโดยสภาพประจุไฟฟ้ารอบ ๆ โมเลกุลของพอลิเมอร์ ในขณะที่กลไกที่สองจะลดความกระด้างเนื่องจาก active site ของโมเลกุลพอลิเมอร์รวมกับไอออนประจุตรงข้าม ไอออนที่มีขนาดใหญ่กว่าจะรวมกันได้ดีขึ้น ($\text{Ca}^{+2} > \text{Li}^{+} > \text{Na}^{+} > \text{K}^{+}$)

1.2.2.4 ฟอสฟอเนต เป็นเกลือในกลุ่มของกรดฟอสฟอนิก (Phosphonic acid) ซึ่งมีสารฟอสฟอรัสและไนโตรเจน มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีสมบัติและราคาแพงเช่นเดียวกับ PCA ย่อยสลายยาก ปัจจุบันมักใช้เป็นสารร่วมลดความกระด้าง

1.2.2.5 ซีโอไลต์ เป็นผลึกอนินทรีย์ของอะลูมิโนซิลิเกต ซึ่งมีพื้นที่ผิวภายในสูงมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ผิวภายนอก สารซีโอไลต์สามารถลดความกระด้างของน้ำโดยวิธีการแลกเปลี่ยนประจุ เช่นเดียวกับสาร STPP โดยที่ไอออนแคลเซียมและแมกนีเซียมจะแลกเปลี่ยนประจุกับไอออนโซเดียม ซีโอไลต์ชนิด 4A นิยมนำมาผสมในผงซักฟอกเพื่อกำจัดความกระด้างของน้ำ

1.3 สารรักษาระดับความเป็นด่าง เช่น โซเดียมซิลิเกต (Sodium silicate) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) โซเดียมเซสควิคาร์บอเนต (Sodium sesquicarbonate) เป็นต้น ช่วยให้สารซักฟอกไม่กัดภาชนะที่ใช้ซัก กันสนิม และช่วยเสริมสร้างประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิว

1.4 สารป้องกันสิ่งสกปรกกลับเข้าเกาะ (Anti-soil redeposition agent) เช่น โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

1.5 สารเพิ่มความสดใส (Optical brightening agent or optical brightener) เช่น ไทโนปัล ดีเอ็มเอส (Tinopal DMS) เป็นสารที่มีสมบัติดูดแสงอัลตราไวโอเล็ตไว้ ทำให้เกิดการเรืองแสงสะท้อนเข้าตาและทำให้เสื้อผ้าดูขาว

2. ส่วนประกอบที่อาจมีได้ ได้แก่

2.1 โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulphate) มักจะเติมลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณ เพราะโดยปกติเป็นสารที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์อยู่แล้วและเป็นสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของผงซักฟอก (Processing aid)

2.2 สารเพิ่มฟอง (Suds booster) เป็นสารซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวจะทำให้เกิดฟองมากขึ้น ใช้เติมในผงซักฟอกชนิดซักฟอกด้วยมือ

2.3 สารลดฟอง (Suds depressor) เป็นสารซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวจะทำให้ฟองลดลง ใช้เติมลงในผงซักฟอกชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า

2.4 สารฟอก (Oxygen bleach) หมายถึง สารที่อาศัยปฏิกิริยาของแอกซิเจน (Nascent oxygen) ในการฟอก และ bleach precursor (สารเมื่อละลายในน้ำจะเกิดสารฟอกขึ้น) รวมทั้งสารคงสภาพ (Stabilizer) ซึ่งเป็นสารที่เมื่อผสมกับ bleach precursor แล้วทำให้ bleach precursor สลายตัวช้าลง สารฟอกทำหน้าที่ออกซิไดส์สารประกอบบางชนิด ซึ่งลดการสะท้อนกลับของแสง ดังนั้นทำให้ผ้าดูขาวและสดใสขึ้น

2.5 สารช่วยการละลาย (Hydrotrope) เป็นสารที่ทำให้สารซักฟอกแบบชนิดผงละลายน้ำได้ดีขึ้น

2.6 สารกันหมอง (Anti-tamishing agent) เป็นสารที่ช่วยให้สิ่งที่ถูกซักล้างส่วนที่เป็นโลหะไม่หมองคล้ำ

2.7 แอนติออกซิแดนต์ (Anti-oxidant) เป็นสารที่ทำให้ส่วนประกอบของผงซักฟอก เช่น สารลดแรงตึงผิว และเอนไซม์ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนช้าลง

2.8 เอนไซม์ (Enzyme) เป็นสารอินทรีย์ที่มีสมบัติช่วยย่อยโมเลกุลของโปรตีนหรือแป้งหรือไขมันให้เป็นหน่วยย่อยๆ ได้ ปัจจุบันนิยมใช้แพร่หลายมากขึ้น เพราะมีประสิทธิภาพในการชำระล้างสามารถย่อยโปรตีนของเหงื่อไคล คราบโลหิต ปกติใช้ proteases และ amylases ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.9 น้ำหอม เพื่อให้กลิ่นหอมน่าใช้

2.10 สี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ดูสวยงาม

2.11 สารช่วยขับสิ่งสกปรก (Soil releasing agent) เป็นสารที่ช่วยให้สิ่งสกปรกที่ติดเนื้อผ้าหลุดออกง่ายขึ้น

2.12 สารต้านจุลินทรีย์ (Anti-microbial compound) เป็นสารที่ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2.13 สารช่วยคงสภาพผิวหนัง (Mildness additive) เป็นสารที่ช่วยให้ผงซักฟอกไม่ทำอันตรายผิวหนัง

2.14 สารคงสภาพการเก็บรักษา (Storage stabilizer) เป็นสารที่ช่วยให้เก็บผงซักฟอกไว้ได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพ

2.15 สารช่วยให้ผ้านุ่ม (Fabric softening agent) เป็นสารที่ช่วยทำให้ผ้านุ่มขึ้นหลังจากซักแล้ว

2.16 สารต้านไฟฟ้าสถิต (Anti-static agent) เป็นสารที่ช่วยลดประจุไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นบนเนื้อผ้า

2.17 สารต้านการกัดกร่อน (Anti-corrosion) เป็นสารที่ช่วยลดการกัดกร่อนส่วนที่เป็นโลหะของเสื้อผ้า ช่วยป้องกันการสึกหรอของส่วนประกอบของเครื่องซักผ้า

2.18 สารป้องกันการสิ่งสกปรกกลับเข้าเกาะ (Anti-soil redeposition agent) เป็นสารที่ช่วยป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกกลับเข้าไปเกาะกับเนื้อผ้าที่สะอาดแล้ว เช่น โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Sodium carboxymethyl cellulose)

2.19 สารประกอบอื่นๆ ที่อาจมีได้ และสามารถทดสอบได้ เช่น โซเดียมไฮโดรฟอสเฟต (Sodium hydrophosphate) โซเดียมออร์โทฟอสเฟต (Sodium orthophosphate) หรือ โซเดียมเมทาฟอสเฟต (Sodium metaphosphate) ที่มีสมบัติเหมือน STPP ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์

กลไกการทำความสะอาดของผงซักฟอก (Washing mechanism)

ขั้นตอนการเข้าทำความสะอาดของผงซักฟอก มีดังนี้ คือ

1. การทำให้สิ่งสกปรกและพื้นผิวเปียก (Wetting) ด้วยการใส่สารลดแรงตึงผิว โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวจะมีทั้งส่วนที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ โดยส่วนของโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวที่ไม่ละลายน้ำจะถูกลักออกไป โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวไปเรียงตัวอยู่ที่ผิวของน้ำทำให้พื้นผิวเปียก

2. การสะเทิน (Neutralization) ธรรมชาติของสิ่งสกปรกโดยทั่วไปจะออกฤทธิ์เป็นกรด (Acidic) แต่ภาวะที่จะทำความสะอาดได้ดีนั้นในน้ำซักต้องมีความเป็นด่าง

3. การดึงสิ่งสกปรกออกจากพื้นผิว (Detergency) โดยอาศัยสมบัติของสารลดแรงตึงผิวไปลดแรงดึงดูดกันระหว่างสิ่งสกปรกและพื้นผิว

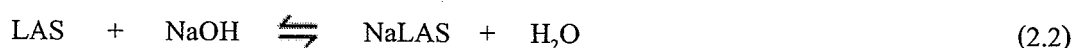
4. การละลายน้ำ (Dissolving) สิ่งสกปรกบางอย่างสามารถจัดออกได้ด้วยการละลายน้ำ
5. การแปรสภาพเป็นสบู่ (Saponifiable) พวกไขมันต่างๆ เมื่อทำปฏิกิริยากับด่างจะแปรสภาพเป็นสบู่ซึ่งสามารถจะละลายหรือแขวนลอยในน้ำได้
6. การแขวนลอยในน้ำ (Emulsion) ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปิโตรเลียมอื่นๆ ที่ไม่ละลายน้ำสามารถจัดออกได้โดยสารลดแรงตึงผิว สารซักฟอกจะเอาส่วนของโมเลกุลที่ละลายได้ในน้ำมันเข้าไปทำให้น้ำมันแขวนลอยและกระจายอยู่ในน้ำได้
7. การกระจายตัว (Dispersion) สิ่งสกปรกที่ไม่ละลายน้ำ เช่น ผุ่นละอองต่างๆ เมื่อถูกจัดออกมาแล้วอาจรวมตัวกันเองทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถกลับไปจับเส้นใยได้อีก ซึ่งสารพวกซิลิเกต (Silicate) จะป้องกันไม่ให้อสิ่งสกปรกเหล่านี้รวมตัวกัน
8. การป้องกันการกลับเข้าไปจับใหม่ (Suspension or prevention of redeposition) สิ่งสกปรกที่ไม่ละลาย เมื่อถูกจัดออกมาแล้ว จะถูกแขวนลอยอยู่ในน้ำ แต่อาจกลับเข้าไปจับเส้นใยได้อีกจึงจำเป็นต้องเติมสารป้องกันการเข้าไปจับเส้นใยของสิ่งสกปรกจนกว่าจะมีการซักล้าง

2.2 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

ผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ คือ ผงซักฟอกที่ผ่านกระบวนการผสมเป็นสเลอรีและผ่านกระบวนการอบแห้งโดยการฉีดพ่นเป็นละอองฝอย ต่างจากผงซักฟอกชนิดเข้มข้นที่ผงซักฟอกชนิดเข้มข้นจะนำวัตถุดิบที่อยู่ในสถานะของแข็งมาผสมกันโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการผสมเป็นสเลอรีและกระบวนการอบแห้งโดยการฉีดพ่นเป็นละอองฝอย

กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ มีขั้นตอนและรายละเอียด ดังนี้

1. การผลิตสเลอรี เป็นการผสมสารตั้งต้นต่างๆ ลงในถังผสมที่มีกำลังการผลิตขนาด 10 ตันซึ่งทำงานแบบกะ ใช้เวลาในการผสม 10 – 15 นาทีต่อกะ เกิดปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดซัลโฟนิคและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลิตภัณฑ์หลัก คือ sodium linear alkyl benzenesulphonate (NaLAS) ซึ่งเป็นสารที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐาน ดังสมการที่ 2.2



สารผสมที่ออกจากถังผสมจะมีลักษณะเป็นสเลอรี และถูกถ่ายไปเก็บไว้ที่ถังพักสเลอรี (Holding tank)

2. ผ่านสเลอรีที่ได้ไปยังเครื่องกรอง (Rotary filter) เพื่อกรองอนุภาคที่ไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันออก ส่วนกากที่กรองได้จะนำไปทิ้ง

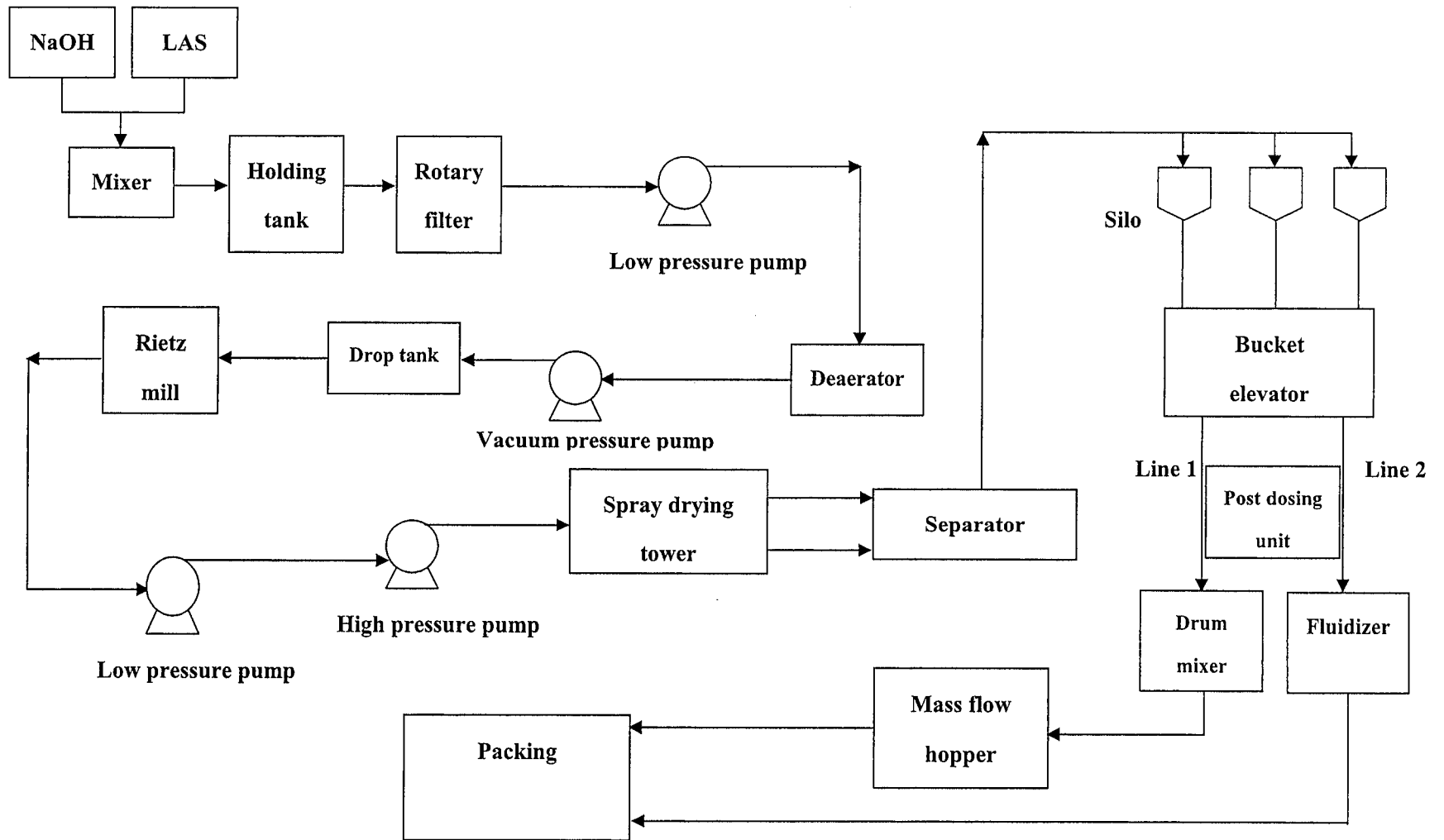
3. ใช้ปั๊มความดันต่ำ ปั๊มสเลอรี่ผ่านไปยังเครื่องกำจัดอากาศ (Deaerator) ซึ่งภายในมีหัวฉีดสำหรับฉีดสเลอรี่ให้เป็นฝอย แล้วใช้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศออก จะได้สเลอรี่ที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

4. จากนั้นผ่านสเลอรี่ที่ถูกดูดอากาศออกแล้วไปยัง drop tank ในส่วนนี้หากสเลอรี่มีความดันสูงเกิน สามารถระบายสเลอรี่บางส่วนไปถึงพักสเลอรี่ ในช่วงที่ลำเลียงสเลอรี่ออกจาก drop tank จะติดตั้งแม่เหล็กไว้เพื่อดูดเศษเหล็กที่ติดมาออกไปก่อนที่จะผ่านเข้าไปยังเครื่องบด (Rietz mill)

5. ผ่านสเลอรี่ไปยังหอฉีด (Spray drying tower) ที่มีหัวฉีดสเลอรี่ทั้งหมด 12 หัว เรียงอยู่บนวงแหวนหลักใหญ่ 2 วง อยู่บริเวณส่วนกลางของหอบแห้ง ภายในหอบแห้งจะถูกทำให้เป็นสุญญากาศโดยใช้พัดลม 6 ตัว ซึ่งจะช่วยให้การอบแห้งมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น สเลอรี่ที่ถูกฉีดเป็นฝอยจะไหลสวนทางกับอากาศร้อนอุณหภูมิประมาณ 400°C ที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติ เพื่อระเหยน้ำออกจากสเลอรี่ และได้ผงพื้นฐาน (Base powder) ออกทางด้านล่างของหอบแห้ง และจะถูกลำเลียงไปตามสายพานที่มีอากาศเป่าระบายความร้อนไปยังเครื่องแยก (Separator)

6. ผงพื้นฐานที่ผ่านการคัดแยกอนุภาคโดยเครื่องแยกแล้วจะถูกถ่ายลงไซโล แล้วลำเลียงตามสายพาน (Bucket elevator) ไป post dosing unit เพื่อเติมสารเติมแต่งต่างๆ เช่น น้ำหอม สารเพิ่มความสดไส สี สารฟอกขาว การเติมสารเติมแต่งขึ้นกับชนิดของผงซักฟอกที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน จากนั้นทำให้ผงพื้นฐานและสารเติมแต่งผสมเข้ากัน โดยจะแบ่งออกเป็น 2 สาย สายพานที่หนึ่งสามารถปรับอัตราเร็วของสายพานได้เร็วกว่าสายพานที่สองจึงต้องมีเครื่องผสม (Drum mixer) ทำหน้าที่คลุกเคล้าผงพื้นฐานกับสารเติมแต่งให้เข้ากันก่อน หลังจากนั้นแล้วถูกลำเลียงไปยัง mass flow hopper ส่วนอีกสายผ่านเข้าเครื่องฟลูอิดิไซเซอร์ (Fluidizer) และบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์ผงซักฟอก

7. การบรรจุผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยขั้นตอนการชั่งน้ำหนักและปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ กระบวนการบรรจุเริ่มตั้งแต่การถ่ายผงซักฟอกจาก mass flow hopper และฟลูอิดิไซเซอร์ป้อนให้สายการบรรจุต่างๆ ทั้งหมด 6 สาย ซึ่งแต่ละสายการบรรจุจะบรรจุขนาดต่างกัน สายการบรรจุ B และ C เป็นสายการบรรจุของขนาดเล็ก การส่งถ่ายผงซักฟอกจะใช้พนักงานเข็นรถโทดบิน (Tote bin) มาป้อนแก่สายการบรรจุ ส่วนสายการบรรจุที่เหลือ ได้แก่ สายการบรรจุ D F L7 และ L8 เป็นสายการบรรจุขนาดใหญ่ใช้สายพานส่งถ่ายผงซักฟอกเข้าบรรจุโดยตรง



รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

บทที่ 3

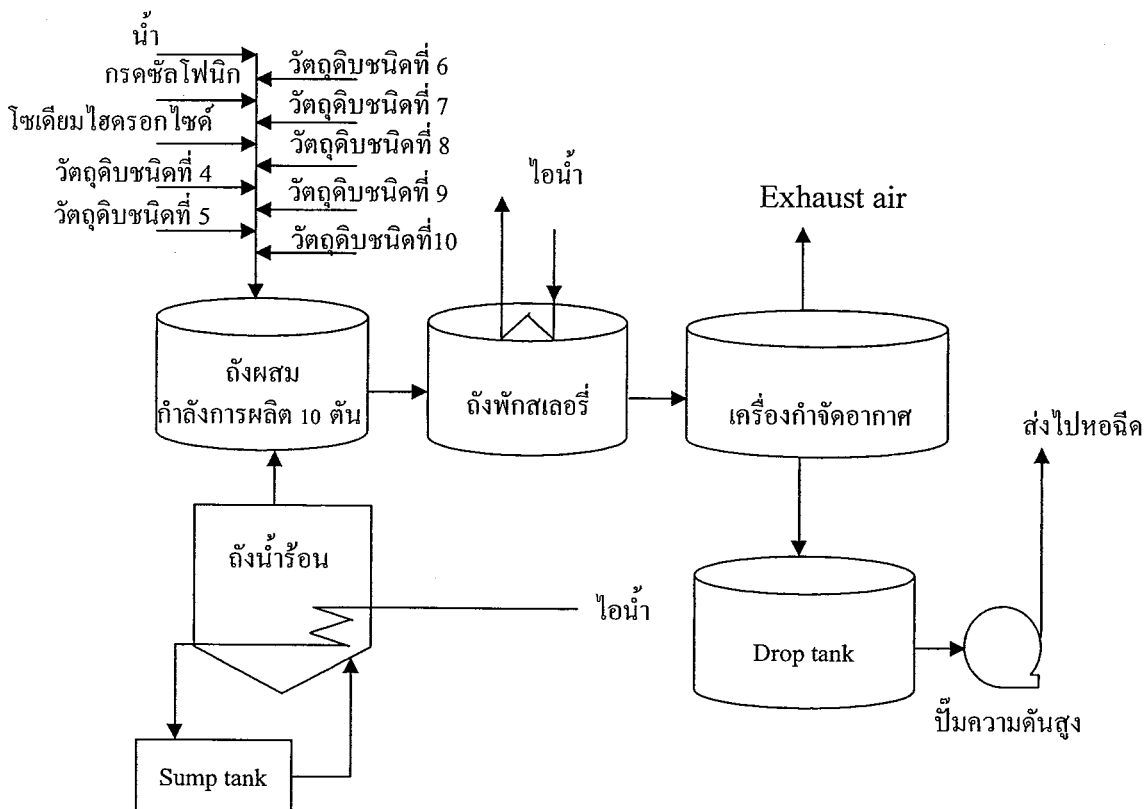
การดำเนินงานและผลการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

กระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือที่ได้แสดงแล้วในรูปที่ 2.2 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการผลิตผงพื้นฐาน (ตั้งแต่ถังผสมถึงหอฉีด) และส่วนของการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ (หลังจากหอฉีดไปจนถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์) รูปที่ 3.1 แสดงการผลิตสเลอรี่ซึ่งเป็นกระบวนการแรกในการผลิตผงพื้นฐาน เป็นส่วนที่เกิดปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดซัลโฟนิกและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลิตภัณฑ์หลัก คือ NaLAS ซึ่งเป็นสารที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐาน ความสัมพันธ์ของ NaLAS และ % AD แสดงดังสมการที่ 3.1

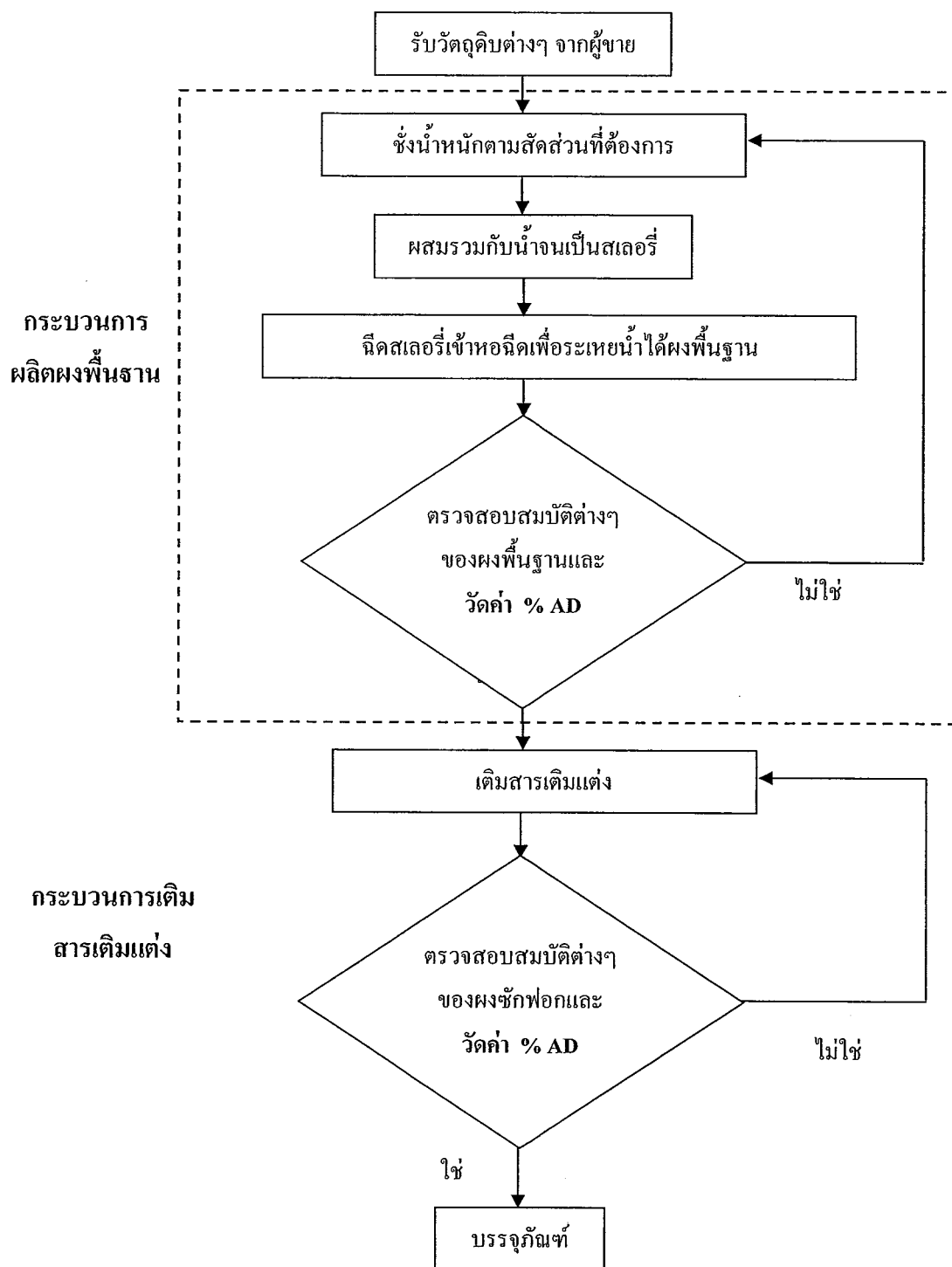


$$\% \text{AD} = \frac{\text{ปริมาณ NaLAS ที่เกิดขึ้น}}{\text{ปริมาณสารตั้งต้นทั้งหมด}} \times 100$$



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตสเลอรี่

การตรวจสอบ % AD ที่ตำแหน่งต่างๆ ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอก
ด้วยมือแสดง ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งที่ตรวจสอบ % AD ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

3.2 ศึกษาสาเหตุของการสูญเสียกรดซัลฟอนิกที่ใช้ในการผลิตผงพื้นฐานและปัจจัยที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐาน

การหาสาเหตุของการสูญเสียกรดซัลฟอนิกและปัจจัยที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐานใช้แผนภาพแสดงสาเหตุและผล และการระดมสมองของผู้วิจัยและทีมงานของบริษัท ดังนี้

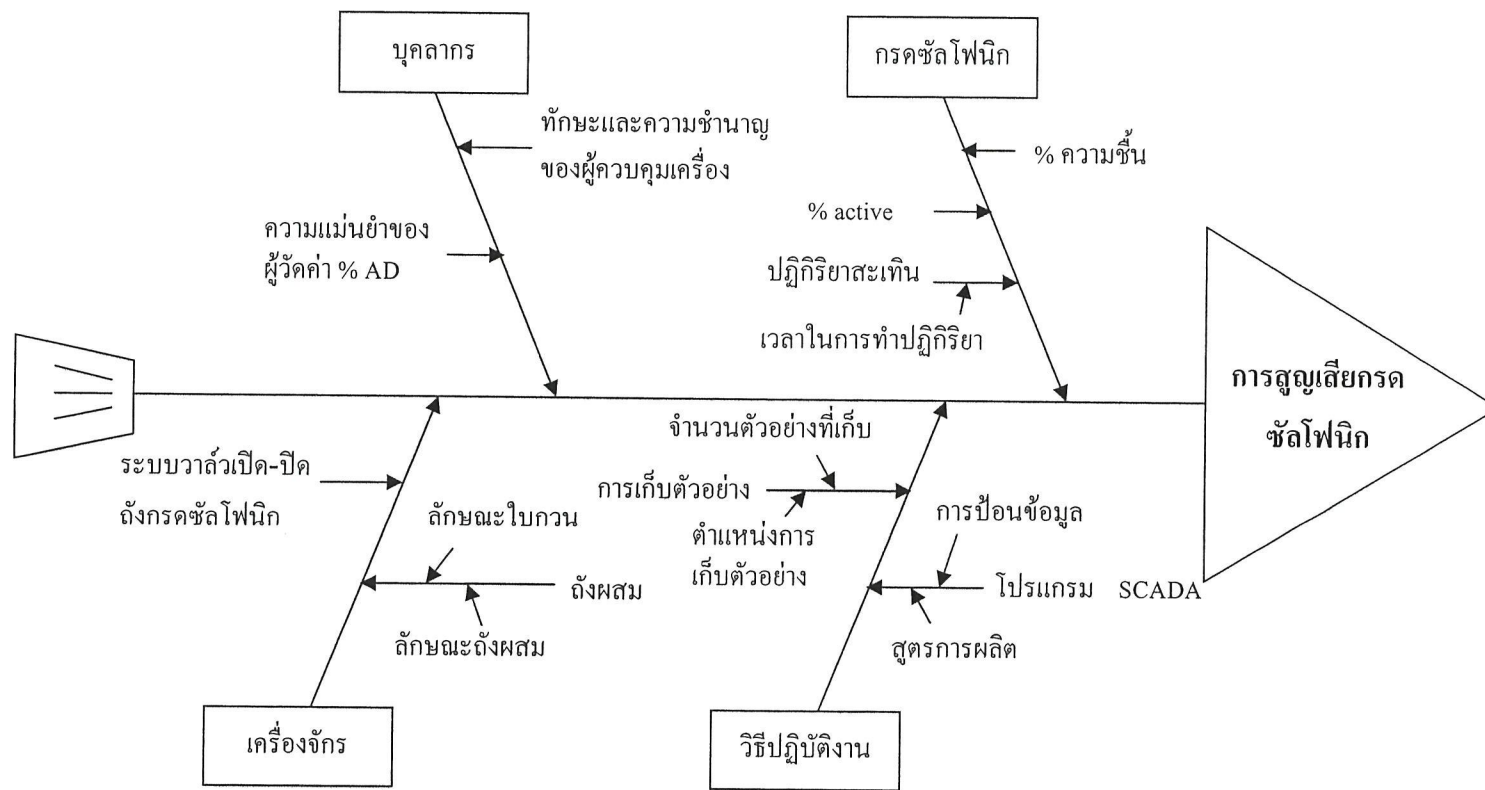
3.2.1 สาเหตุของการสูญเสียกรดซัลฟอนิก

การวิเคราะห์สาเหตุที่คาดว่ามีผลต่อการสูญเสียกรดซัลฟอนิก แสดงดังรูปที่ 3.3 พบว่าสาเหตุที่สำคัญ คือ การป้อนข้อมูลปริมาณวัตถุดิบใน โปรแกรม SCADA ซึ่งเป็น โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต

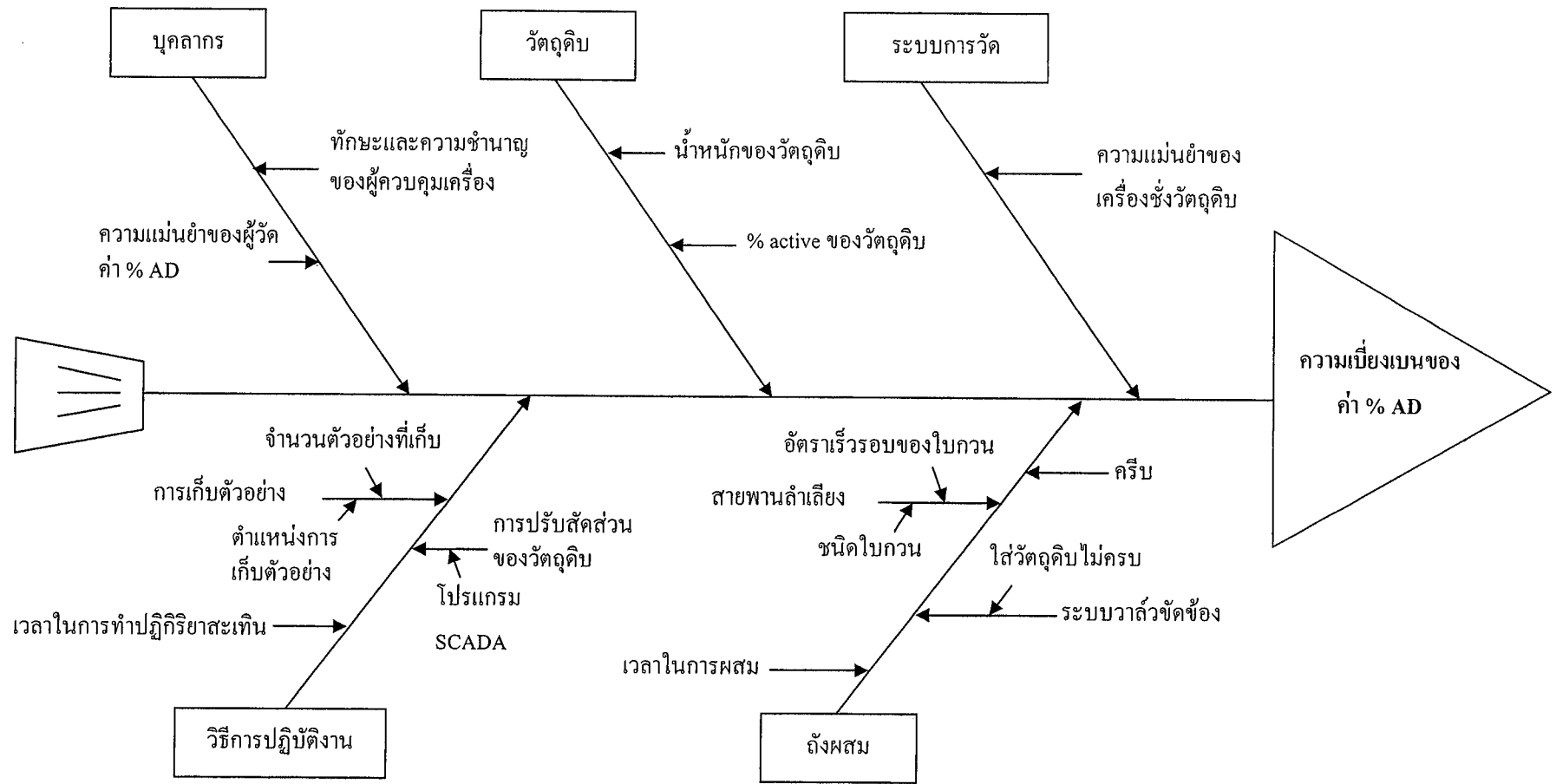
3.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐาน

การวิเคราะห์ปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตสเลอรี แสดงดังรูปที่ 3.4 พบว่ามีหลายปัจจัยที่มีผลต่อค่า % AD และเมื่อให้คะแนนตามลำดับของความสำคัญเลือกศึกษาปัจจัยต่อไปนี้

1. เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน
2. อัตราเร็วรอบของใบกวน



รูปที่ 3.3 การวิเคราะห์สาเหตุของการสูญเสียกริดชาล์ฟอนิกในกระบวนการผลิตสเลอร์



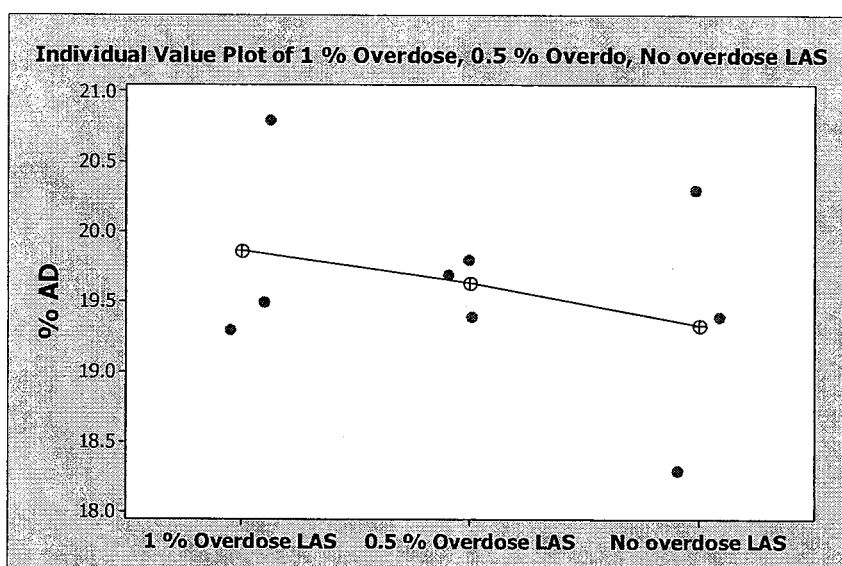
รูปที่ 3.4 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตสเลอรี

3.3 ทดลองในห้องทดลองและในกระบวนการผลิตจริง

3.3.1 สาเหตุของการสูญเสียกรดซัลโฟนิค

จากการวัดค่าความเป็นกรด-เบสของสเลอรีที่ใช้ผลิตผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตจริง พบว่าสเลอรีมีสภาพความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 3 ซึ่งตามทฤษฎีปฏิกิริยาสะเทินระหว่างเบสแก่ (NaOH) และกรดอ่อน (LAS) ควร ได้เกลือที่มีสภาพเป็นเบส ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณกรดซัลโฟนิคที่ใส่ในกระบวนการตามโปรแกรม SCADA มากเกินไป จึงคำนวณปริมาณกรดซัลโฟนิคที่ใช้ทำปฏิกิริยาตามทฤษฎี พบว่ากรดซัลโฟนิคเกินจากอัตราส่วนปริมาณสารสัมพันธ์ของปฏิกิริยา (Stoichiometric ratio) 1% โดยน้ำหนัก (ดู ภาคผนวก ก)

การทดสอบระดับห้องทดลอง ด้วยผงซักฟอกสูตร x เพื่อหาปริมาณกรดซัลโฟนิคที่ควรใช้ ดังนี้ ใส่กรดซัลโฟนิคให้พอดีกับการทำปฏิกิริยาตามทฤษฎี และใส่เกิน 0.5, 1 % โดยน้ำหนัก (ข้อมูลแสดงในตารางที่ ก.2 ภาคผนวก ก) แต่ละชุดทดลอง ทำ 3 แบบ และวัดค่า % AD แสดงผล ดังรูปที่ 3.5 ผลการทดลองที่ได้จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตผงพื้นฐานต่อไป

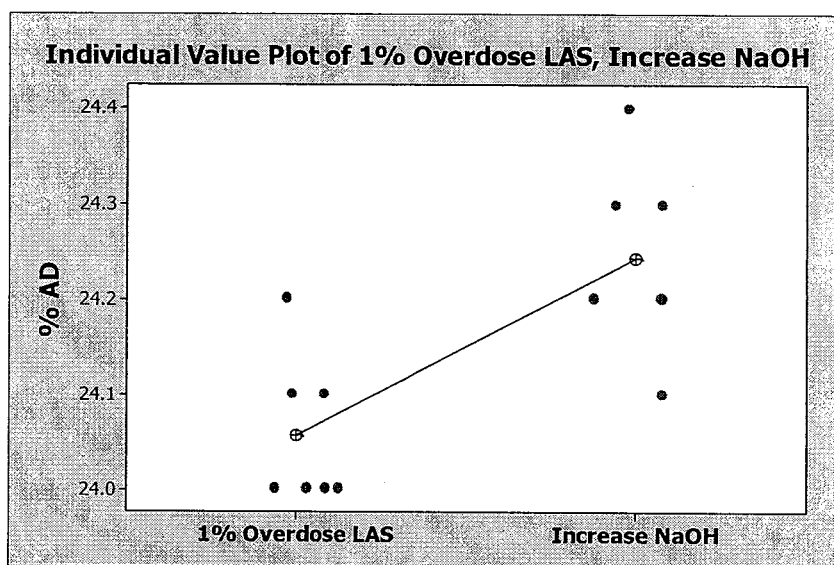


รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า % AD กับปริมาณกรดซัลโฟนิคที่ใช้

จากรูปที่ 3.5 ถ้าใส่กรดซัลโฟนิคพอดีกับการทำปฏิกิริยา ได้ค่า % AD ของผงพื้นฐานอยู่ในช่วง 18.3-20.3 % ถ้ากรดซัลโฟนิคเกินจากปฏิกิริยา 1 % โดยน้ำหนัก พบว่าค่า % AD ของผงพื้นฐานค่อนข้างสูง ถ้ากรดซัลโฟนิคเกินจากปฏิกิริยา 0.5 % โดยน้ำหนัก ค่า % AD เกาะกลุ่มอยู่ประมาณ 19.3-19.8 % จึงเลือกกรณีกรดซัลโฟนิคเกินจากปฏิกิริยา 0.5 % โดยน้ำหนัก ในการทดสอบกับ

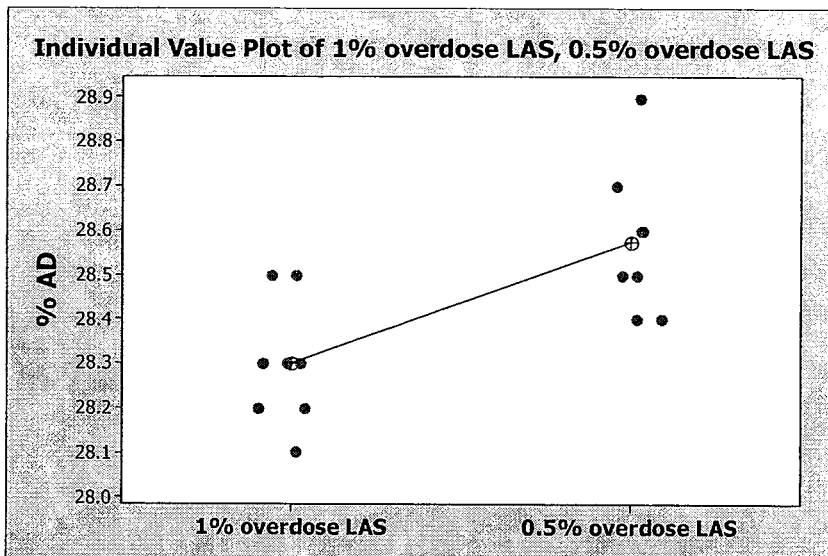
กระบวนการผลิตจริงต่อไปเพื่อลดการสูญเสียกรดซัลฟอนิกและป้องกันไม่ให้ค่า % AD ของผงพื้นฐาน และผงซัฟฟอกต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ (บริษัทเพื่อค่า % AD สูงกว่า % AD ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ เล็กน้อย เนื่องจากในขั้นตอน post dosing เมื่อเติมสารเติมแต่งในผงพื้นฐาน ค่า % AD จะลดลง เล็กน้อย)

และเพื่อยืนยันว่าโปรแกรม SCADA ถูกตั้งค่าให้ใส่กรดซัลฟอนิกเกิน 1% โดยน้ำหนัก จากที่คำนวณจากทฤษฎี จึงทดสอบในกระบวนการผลิตจริงด้วยผงซัฟฟอกสูตร y โดยใส่กรดซัลฟอนิกเกินจากปฏิกิริยา 1 % โดยน้ำหนัก และเพิ่มสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ทำปฏิกิริยาพอดีกับปริมาณกรดซัลฟอนิก แนวน้ำหนักของค่า % AD จากการทดสอบอยู่ในช่วง 24.1-24.4 % ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แนวน้ำหนักของค่า % AD ของผงพื้นฐานเมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟอนิกที่ใส่เกิน 1% โดยน้ำหนัก จากปฏิกิริยา ในกระบวนการผลิตจริง กรณีผงซัฟฟอกสูตร y

รูปที่ 3.7 แสดงการทดสอบในกระบวนการผลิตจริง กรณีผงซัฟฟอกสูตร x เมื่อใช้ปริมาณกรดซัลฟอนิกเกินจากปฏิกิริยา 0.5 % โดยน้ำหนัก และใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นให้ทำปฏิกิริยาพอดีกับปริมาณกรดซัลฟอนิกที่เกิน พบว่าค่า % AD ของผงพื้นฐานที่วัดได้ ประมาณ 28.4-28.9 % และ ค่าความเป็นกรด-เบสของสเลอรีเท่ากับ 13



รูปที่ 3.7 แนวโน้มของค่า % AD ของผงพื้นฐานเมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟอนิกที่ใส่เกิน 0.5 % โดยน้ำหนัก จากปฏิกิริยา ในกระบวนการผลิตจริง กรณีผงซั๊กฟอกสูตร x

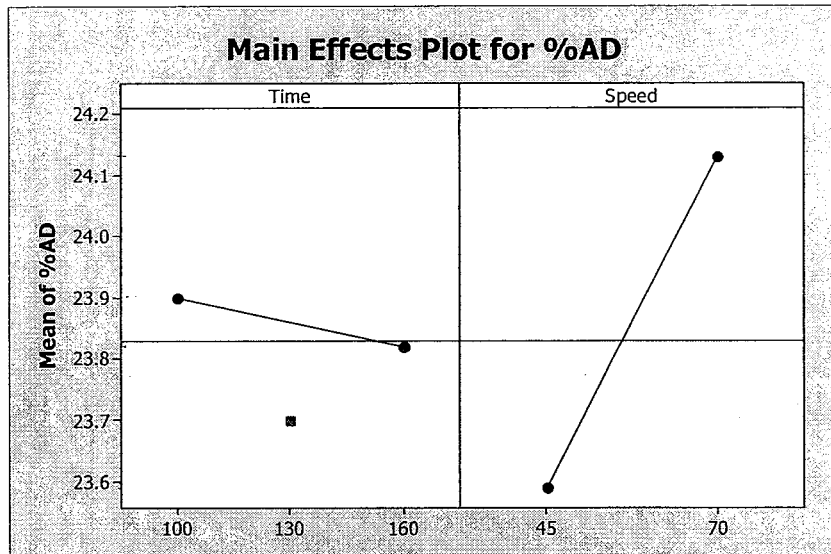
3.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อค่า % AD ของผงพื้นฐาน

สมมติฐาน เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทินและอัตราเร็วรอบของใบกวนมีผลต่อการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟอนิกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ และค่า % AD ของผงพื้นฐาน

ศึกษาปฏิกิริยาสะเทินในกระบวนการผลิตจริง กรณีผงซั๊กฟอกสูตร z ควบคุม 2 ตัวแปร คือ เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทินและอัตราเร็วรอบของใบกวน เวลาในการทำปฏิกิริยาที่ศึกษา ได้แก่ 100 (ค่าต่ำสุด), 130 (ค่ากลาง) และ 160 วินาที (ค่าสูงสุด) เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทินตามมาตรฐานการปฏิบัติงานของบริษัท เท่ากับ 135 วินาที สำหรับอัตราเร็วรอบของใบกวนศึกษาที่ 45 (ค่าต่ำสุด), 58 (ค่ากลาง) และ 70 รอบต่อนาที (ค่าสูงสุด) อัตราเร็วรอบของใบกวนตามมาตรฐานการปฏิบัติงานของบริษัท เท่ากับ 65 รอบต่อนาที แล้ววัดค่า % AD ของผงพื้นฐาน

ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทินและอัตราเร็วรอบของใบกวนต่อค่า % AD ของผงพื้นฐาน แสดงดังรูปที่ 3.8 (ข้อมูลในตารางที่ ก.5 ภาคผนวก ก)

จากรูปที่ 3.8 ค่า % AD ของผงพื้นฐานลดลงเมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทินเพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราเร็วรอบของใบกวน จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแทป ถ้ากราฟของปัจจัยที่ศึกษามีความชันสูงแสดงว่าปัจจัยนั้นมีผลกระทบมาก ในที่นี้กล่าวได้ว่าอัตราเร็วรอบของใบกวนมีผลต่อค่า % AD มากกว่าเวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน



รูปที่ 3.8 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทินและอัตราเร็วรอบของใบกวนกับค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตจริง กรณีผงซักฟอกสูตร z

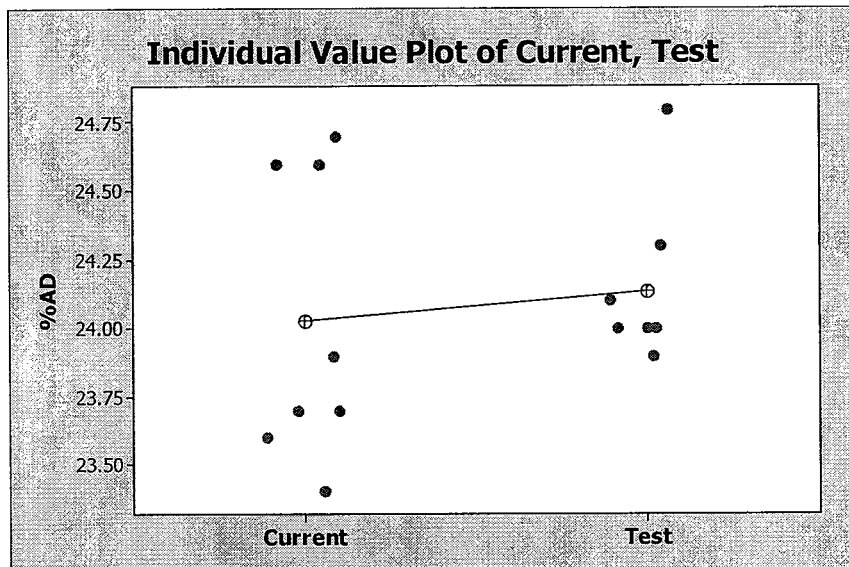
หากภาวะการปฏิบัติงานที่ดีที่สุดที่จะทำให้ค่า % AD ของผงพื้นฐานมีค่าเข้าใกล้ค่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนด (24.1 %) วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแทป ดังรูปที่ 3.9 พบว่าภาวะที่ดีที่สุดในการทำปฏิกิริยาสะเทิน คือ 132 วินาที และใช้อัตราเร็วรอบของใบกวนเท่ากับ 70 รอบต่อนาที

Optimal	Hi	Time	Speed
D	Cur	160.0	70.0
1.0000	Lo	[131.5041]	[70.0]
		100.0	45.0

<p>%AD</p> <p>Targ: 24.10</p> <p>y = 24.10</p> <p>d = 1.0000</p>		
--	--	--

รูปที่ 3.9 ภาวะที่ดีที่สุดในการบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแทป

การทดลองเปรียบเทียบการปฏิบัติงานที่ใช้ก่อนการดำเนินงานนี้ คือ เวลาในการทำปฏิกิริยา สะเทิน 135 วินาที และอัตราเร็วรอบของใบกวน 65 รอบต่อนาที กับภาวะที่ดีที่สุดซึ่งได้จากโปรแกรม มินิแทป คือ เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน 132 วินาที และ อัตราเร็วรอบของใบกวน 70 รอบต่อนาที แสดงผลในรูปที่ 3.10 พบว่าค่า % AD ของผงพื้นฐานที่ได้จากการปฏิบัติงานก่อนการดำเนินงานนี้ อยู่ใน ช่วง 23.4 – 24.7 % ส่วนค่า % AD จากการปฏิบัติงานตามโปรแกรมมินิแทป มีค่าเกาะกลุ่มอยู่ในช่วง 23.9 – 24.8 %



รูปที่ 3.10 แนวโน้มของค่า % AD ของผงพื้นฐานเมื่อปรับเวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทินเป็น 132 วินาที และอัตราเร็วรอบของใบกวน 70 รอบต่อนาที

บทที่ 4

สรุปผลการดำเนินงาน

4.1 การลดการสูญเสียกรดซัลฟอนิกของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

4.1.1 ทราบว่าโปรแกรม SCADA ที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตถูกตั้งค่าให้ใส่กรดซัลฟอนิกเกิน 1 % จากอัตราส่วนปริมาณสารสัมพันธ์ (Stoichiometric ratio) ที่คำนวณได้ทางทฤษฎี

4.1.2 ได้ใช้ข้อมูลจากการดำเนินงานนี้ ทำการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือในกระบวนการผลิตจริง สามารถลดปริมาณการใช้กรดซัลฟอนิกที่ใส่เกินลงได้ 50 % จากที่ใส่เกินจากปฏิกิริยา 1 % โดยน้ำหนัก (ตามที่ตั้งค่าจากโปรแกรม SCADA) เทียบเท่ากับ 128 ตันต่อปี คิดเป็นต้นทุนที่ลดลง 7,687,800 บาทต่อปี ที่กำลังการผลิตผงซักฟอก 100,000 ตันต่อปี (ภาคผนวก ค)

4.2 การเพิ่มค่าประสิทธิภาพการซักล้างของผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ

4.2.1 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ % AD ของผงพื้นฐานในขั้นตอนของการผลิตสเลอรี่ คือ เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน และอัตราเร็วรอบของใบกวน โดยอัตราเร็วรอบของใบกวนมีผลต่อค่า % AD มากกว่าเวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน

4.2.2 ภาวะการปฏิบัติงานที่ทำให้ค่า % AD เข้าใกล้ค่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนด คือ เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน 132 วินาที และอัตราเร็วรอบของใบกวน 70 รอบต่อนาที (ตารางที่ ก.6 ภาคผนวก ก)

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. “มาตรฐานอุตสาหกรรมผงซักฟอก.” [Online].
Available: <http://www.tisi.go.th/notices/pdf/a78-2549.pdf>.
- [2] เอกสารบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด. กระบวนการผลิตผงซักฟอก.
- [3] โครงการฉลาดเขียว. ข้อกำหนดของสารซักฟอก (Detergent). สำนักงานเลขานุการโครงการฉลาดเขียว.สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- [4] “Phase Interactions” [Online]. Available: http://jan.ucc.nau.edu/~doetqp-p/courses/env440/env440_2/lectures/lec19/lec19.html
- [5] “Linear alkylbenzene sulfonic acid” [Online]. Available:
<http://www.chemicaland21.com/specialtychem/perchem/LINEAR%20ALKYLBENZENE%20SULFONIC%20ACID%20SODIUM%20SALT.htm>.
- [6] เฉลิมพล เจริญสวัสดิ์ศิริ และดร.ฉวี วัฒนารนกุล. “โครงการพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของโรงงานผลิตผงซักฟอกมาตรฐานชนิดธรรมดา.” ปรินูญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542
- [7] อิศรา เชิดเกียรติสกุล และอุมาภรณ์ แก้วพรม. “กรณีศึกษาการจัดการน้ำในโรงงานผลิตสินค้าอุปโภคบริโภค.” ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2550
- [8] กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. ศัพท์บัญญัติและนิยามสิ่งแวดล้อมน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. 2544
- [9] Douglas C. Montgomery. “Design and Analysis of Experiments”. 5th edition, Willey, New York, 1997

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลดิบ

ตารางที่ ก.1 ค่า pH ของสเลอรี่ที่ใช้ผลิตผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตจริงก่อนและหลังลดกรดซัลโฟนิก 50 % จากที่ใส่เกิน 1 % จากปฏิกิริยา

ตัวอย่าง	ค่า pH ของสเลอรี่	
	ก่อนลดกรดซัลโฟนิก	หลังลดกรดซัลโฟนิก
1	3	13
2	3	13
3	3	13
4	3	13
5	3	13
6	3	13
7	3	13
8	3	13
9	3	13
10	3	13

ตารางที่ ก.2 ค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตจริงเมื่อเพิ่มสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดซัลฟอนิกที่ใส่เกิน 1 % โดยน้ำหนัก กรณีผงซักฟอกสูตร y

ตัวอย่าง	% AD ของผงพื้นฐาน	
	ก่อนเพิ่ม NaOH ในปฏิกิริยา	หลังเพิ่ม NaOH ในปฏิกิริยา
1	24.0	24.4
2	24.1	24.3
3	24.0	24.1
4	24.1	24.2
5	24.0	24.2
6	24.0	24.2
7	24.2	24.3

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า % AD กับปริมาณการใส่กรดซัลฟอนิกเกินอัตราส่วนปริมาณสารสัมพันธ์

ปริมาณกรดซัลฟอนิก	% AD จากห้องทดลอง
ใส่เกินจากปฏิกิริยา 0.5 wt%	19.7
	19.8
	19.4
ใส่เกินจากปฏิกิริยา 1 wt%	20.8
	19.5
	19.3
ใส่พอดีกับปฏิกิริยา	18.3
	20.3
	19.4

ตารางที่ ก.4 ค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตจริงเมื่อเพิ่มสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดซัลฟอนิกที่ใส่เกินจากปฏิกิริยา 0.5 % โดยน้ำหนัก กรณีผงซักฟอกสูตร x

ตัวอย่าง	% AD ของผงพื้นฐาน	
	ใส่กรดซัลฟอนิกเกิน 1 wt%	ใส่กรดซัลฟอนิกเกิน 0.5 wt%
1	28.5	28.9
2	28.3	28.5
3	28.3	28.4
4	28.2	28.6
5	28.5	28.6
6	28.2	28.4
7	28.1	28.5
8	28.3	28.7

ตารางที่ ก.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า % AD ของผงพื้นฐานในกระบวนการผลิตจริงกับเวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทินและอัตราเร็วรอบของใบกวน

เวลาในการทำปฏิกิริยา (s)	อัตราเร็วรอบของใบกวน (rpm)	% AD ของผงพื้นฐาน
100	45	23.6
100	45	23.5
100	45	23.8
100	45	24.2
100	45	23.8
100	70	23.6
100	70	24.0
100	70	23.9
100	70	24.2
100	70	24.4
130	58	23.8
130	58	23.6
130	58	23.7
130	58	23.4
130	58	24.0
160	45	23.4
160	45	23.6
160	45	23.3
160	45	23.7
160	45	23.0
160	70	24.0
160	70	24.1
160	70	24.6
160	70	24.4
160	70	24.1

ตารางที่ ก.6 ค่า % AD ของผงพื้นฐานที่เวลาในการทำปฏิกิริยาสะเทิน 132 วินาที และอัตราเร็วรอบของ ไบกวน 70 รอบต่อนาที

เวลาในการทำปฏิกิริยา (s)	อัตราเร็วรอบของไบกวน (rpm)	% AD ของผงพื้นฐาน
135	65	23.7
135	65	23.7
135	65	23.6
135	65	23.9
135	65	24.7
135	65	24.6
135	65	24.6
135	65	23.4
132	70	23.9
132	70	24.0
132	70	24.3
132	70	24.1
132	70	24.0
132	70	24.0
132	70	24.8
132	70	24.0

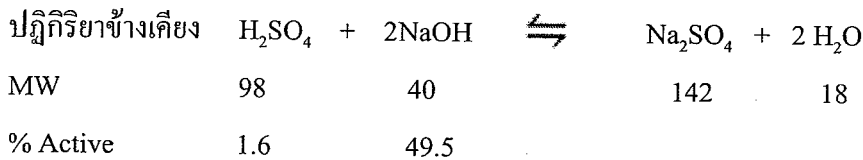
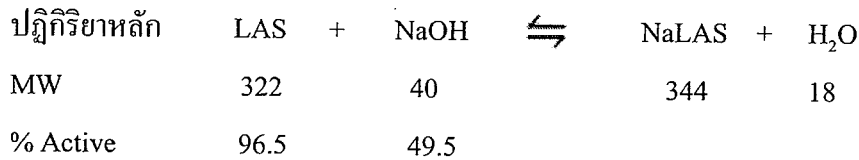
ภาคผนวก ข.

การหาค่า % AD จากทางทฤษฎีและการทดลอง

ค่าเปอร์เซ็นต์ active detergent (% AD)

ค่าเปอร์เซ็นต์ active detergent (% AD) เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพการซักล้างของผงซักฟอกสามารถหาได้ 2 วิธี คือ

1. ค่า % AD จากทฤษฎี



$$\% AD = \frac{\text{ปริมาณ NaLAS ที่เกิดขึ้น}}{\text{ปริมาณสารตั้งต้นทั้งหมด}} \times 100$$

2. ค่า % AD จากการทดลองและการคำนวณ [2]

- 2.1 ชั่งผงตัวอย่าง 5.0 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 250 ml ตั้งบนเตาให้ละลาย
- 2.2 ถ่ายสารละลายลงในขวด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 500 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน
- 2.3 ปิเปตสารละลาย 5 ml ลงในขวดที่มี Acid indicator 10 ml และ Chloroform 15 ml
- 2.4 ไทเทรต กับสารละลาย Hyamine 1622 ความเข้มข้น 0.004 M
- 2.5 เขย่าและคลายแรงดันเป็นระยะ
- 2.6 จุดยุติเป็นสีเทาฟ้า

$$\text{หาค่า \% AD ได้จากสูตร } \% \text{ AD} = \frac{\text{CC} \times \text{M} \times \text{MMW} \times 500 \times 100}{1,000 \times \text{W} \times \text{V}}$$

เมื่อ

CC = ปริมาตรของสารละลาย Hyamine 1622 ที่ใช้ไทเทรต (ml)

M = ความเข้มข้นของสาร Hyamine (molar)

MMW = มวลโมเลกุลของสาร NaLAS (g/mol)

W = น้ำหนักของสารตัวอย่าง (g)

V = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง 5 ml

ภาคผนวก ค.

การคำนวณปริมาณกรดซัลฟอนิกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงพื้นฐาน

ตารางที่ ค.1 ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผงพื้นฐานจากโปรแกรม SCADA ก่อนดำเนินการ

Raw materials	Active (%)	Duty* (kg)	Formula (%)	Reaction (%)
water	X	2,163.97		
NaLAS	X		26.097	
B	X	61.51		
C	X	1,984.58		
D	X	17.72		
E	X	0.00		
F	X	1,754.53		
G	X	1,221.06		
H	X	6.61		
Caustic	96.5	425.88		3.189
LAS	49.5	1,690.60		24.679

หมายเหตุ

* กำลังการผลิตผงพื้นฐาน 10 ตันต่อ 1 แบท

X ไม่แสดงตัวเลข

ตารางที่ ค.2 ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผงพื้นฐานจากโปรแกรม SCADA หลังลดปริมาณกรดซัลฟอนิกลง 0.5 % จาก 1 % ที่ใส่เกินจากปฏิกิริยา

Raw materials	Active (%)	Duty (kg)	Formula (%)	Reaction (%)
water	x	2,153.14		
NaLAS	x		26.097	
B	x	61.48		
C	x	1,983.33		
D	x	17.71		
E	x	0.00		
F	x	1,753.43		
G	x	1,220.48		
H	x	6.61		
Caustic	96.5	446.68		3.372
LAS	49.5	1,680.67		24.549

หมายเหตุ

* กำลังการผลิตผงพื้นฐาน 10 ตันต่อ 1 แบท

X ไม่แสดงตัวเลข

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณ LAS จากการคำนวณทางทฤษฎี} &= (26.097 \times 322)/344 \\ &= 24.428 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาณ LAS จากการคำนวณด้วย SCADA} = 24.549 \text{ kg}$$

$$\text{ดังนั้น ปริมาณ LAS ที่เกิน} = \frac{(24.549 - 24.428) \times 100}{24.549} = 0.5 \%$$

การคำนวณปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการผลิตผงพื้นฐาน

$$\text{ปฏิกิริยาหลัก} \quad [1,680.60(0.965)/322] \times 40 = 201.39 \text{ kg}$$

$$\text{ปฏิกิริยาข้างเคียง} \quad [1,680.60(0.016)(2)/98] \times 40 = 21.95 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ปริมาณ NaOH ที่ต้องการใช้เพื่อทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดซัลฟอนิกที่ใส่เกินจากปฏิกิริยา 1wt\%} \\ = [201.39 + 21.95] / 0.5 = 446.68 \text{ kg} = 0.5 \% \text{ (เท่ากับที่แสดงในโปรแกรม} \\ \text{SCADA)} \end{aligned}$$

ภาคผนวก ง.

การคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

การคำนวณต้นทุนการผลิต

กำลังการผลิตผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ = 100,000 ตันต่อปี

ปริมาณผงพื้นฐานที่ใช้ประมาณ 80 % ของปริมาณผงซักฟอก

ดังนั้นปริมาณการผลิตผงพื้นฐาน = 80,000 ตันต่อปี

กำลังการผลิตผงซักฟอก 1 แบซ = 10 ตัน และในผงพื้นฐานมีความชื้น 38 %

ดังนั้น

$$\text{ปริมาณน้ำที่มีในผงพื้นฐาน 1 แบซ} = \frac{38}{100} \times 10 = 3.8 \text{ ตัน}$$

$$\text{ปริมาณของแข็งที่มีในผงพื้นฐาน} = 6.2 \text{ ตัน}$$

$$\text{ปริมาณการผลิตผงพื้นฐาน} = 80,000 \text{ ตันต่อปี} / 6.2 \text{ ตันต่อแบซ} = 12,903 \text{ แบซต่อปี}$$

$$\text{ก่อนการดำเนินงานใช้กรดซัลฟอนิก} = 1,690.60 \text{ กิโลกรัมต่อแบซ}$$

$$\text{หลังการดำเนินงานใช้กรดซัลฟอนิก} = 1,680.67 \text{ กิโลกรัมต่อแบซ (ตารางที่ ค.2}$$

ปริมาณ LAS ที่ใช้)

$$\text{ดังนั้น สามารถลดการใช้กรดซัลฟอนิกได้} = 1,690.60 - 1,680.67$$

$$= 9.93 \text{ กิโลกรัมต่อแบซ}$$

$$= 9.93 \text{ กิโลกรัมต่อแบซ} \times 12,903 \text{ แบซต่อปี}$$

$$= 128,126 \text{ กิโลกรัมต่อปี}$$

$$= 128.13 \text{ ตันต่อปี}$$

กรดซัลฟอนิก 1 ตัน ราคา 60,000 บาท

$$\text{ดังนั้น ต้นทุนที่ลดลง} = 128.13 \text{ ตันต่อปี} \times 60,000 \text{ บาทต่อตัน}$$

$$= 7,687,800 \text{ บาทต่อปี}$$