สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กสำหรับการผลิตสบู่ก้อน

ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันติ์
วรษ แพทย์รังษี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72075
วัน,เดือน,ปี - 8 มิ.ย. 2550
.b 117 62974
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOAP BITS MAKING FOR USE IN SOAP BAR PRODUCTION

NUTTAPOL LERKKASEMSAN

WAROD PATRUNGSEE

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กสำหรับการผลิตสบู่ก้อน
โดย	นายณัฐพล ฤกษ์เกษมสันติ์
	นายวรษ แพทย์รังษี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	คุณสุรพล พัฒนพงศานนท์
	ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล
	บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

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

..... กรรมการ
(อ.ดร.นริศรา ทองบุญชู)

..... กรรมการ
(อ.บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กสำหรับการผลิตสบู่ก้อน
โดย	นายณัฐพล ฤกษ์เกษมสันต์
	นายวรย แพทย์รังษี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.กัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	1. คุณสุรพล พัฒนพงศานนท์
	ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล
	บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ในการผลิตสบู่ก้อนที่ผสมเม็ดสบู่ขนาดเล็กซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา พบว่ากำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กไม่เพียงพอกับการผลิตสบู่ก้อน ความยาวของเม็ดสบู่ขนาดเล็กไม่ได้มาตรฐานและมีการกระจายขนาดกว้าง และเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีความใสไม่ได้ตามมาตรฐานเพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิการอบแห้ง 75 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์และเครื่องตัดแบบใบปาดที่ใช้อยู่ในกระบวนการผลิตมีกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กจำกัดที่ 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หลังจากปรับปรุงกระบวนการตัดโดยติดตั้งกรวยรวมความดันที่ส่วนท้ายของเครื่องอัดรีดและใช้เครื่องตัดแบบลูกสูบต่อกับกรวยรวมความดัน พบว่าความยาวของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ได้เหมาะสมและการกระจายขนาดลดลง เมื่อทดลองอบแห้งเม็ดสบู่ขนาดเล็กด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเวลา 50 นาที คำนวณกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กได้เท่ากับ 540 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเม็ดสบู่ขนาดเล็กมีความใสและความแข็งตามมาตรฐาน ข้อมูลจากการทดสอบนี้จะปรับใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Soap Bits Making for Use in Soap Bar Production
By	Nuttapol Lerkkasemsan
	Warod Patrungsee
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum
Co-advisor	1. Mr. Suraphon Pattanapongsanon
	Manufacturing Director – Personal Care
	The Unilever Thai Holdings Limited
Report for	Bachelor Degree of Chemical Engineering
	Department of Chemieal Engineering, Faculty of Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This work involves soap bar making mixed with soap bits, which is a new product of a case study company. It was found that the capacity of the soap bit production was not enough to use in the soap bar making process, the soap bit sizes were not in the standard, and the size distribution of the soap bits was high. In addition, when the capacity of the soap bits was increased, a large number of the soap bits with transparency below the standard were observed. By using an existing tunnel dryer and fan blade cutter at a drying temperature of 75 °C and retention time of 60 mins, it was found that the capacity of the soap bit production was limited at 400 kg/h. After modification by installing a combined pressure cone at the end of the extruder and using a piston cutter, the soap bit sizes and the size distribution were accepted. The drying conditions for a higher production capacity of 540 kg/h were experimentally investigated in a tray dryer. At the drying temperature of 80 °C and 50 mins, the transparence and hardness of soap bits stay within the standard. The obtained results will be adjusted to the industrial scale accordingly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ดร.วิวรรธน์ กฤษฎาสิมะ รองประธานกรรมการบริหารฝ่ายผลิตชัพพลายเชนและผู้บริหารทุกท่านของบริษัท ที่ได้ให้โอกาสในการทำโครงงานที่บริษัท

ขอขอบคุณคุณอภิรักษ์ ชัยศิริพาณิชย์ ผู้จัดการแผนกผลิตผลิตภัณฑ์สบู่ คุณจิรวัฒน์ สนใจ หัวหน้าแผนกผลิตผลิตภัณฑ์สบู่ และทีมงานที่บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ที่ให้คำปรึกษาในการทำงาน สนับสนุนและอำนวยความสะดวกด้านข้อมูลต่างๆ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายอุตสาหกรรม ภายใต้โครงการโครงงานอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี (Industrial and Research Projects for Undergraduate Students : IRPUS) ประจำปี 2549 และบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย

ขอขอบคุณ รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ แนวความคิดในการแก้ปัญหา คุณสุรพล พัฒนพงศานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และดูแลการทำงานภายในโรงงาน

อนึ่งยังมีผู้มีพระคุณอีกหลายท่านที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวนาม และถ้ามีสิ่งผิดพลาดประการใดในปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

ณัฐพล ฤกษ์เกษมสันติ์
วรย แพทย์รังษี
14 มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กลีเซอรีน	3
2.1.1 ความหมายของกลีเซอรีน	3
2.1.2 สมบัติของกลีเซอรีน	4
2.1.3 การจำแนกและการวิเคราะห์	5
2.1.4 การจัดเก็บและการขนส่งกลีเซอรีน	6
2.1.5 ประโยชน์ของกลีเซอรีน	6
2.1.6 การสังเคราะห์และกระบวนการผลิตกลีเซอรีน	7
2.2 การกวนและการผสม	9
2.3 กระบวนการอัดรีด	10
2.3.1 ชนิดของเครื่องอัดรีด	10
2.3.2 ข้อดีของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่	12
2.3.3 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่	12
2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของสารที่ถูกอัดรีด	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 การอบแห้ง	13
2.4.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการอบแห้ง	13
2.4.2 กลไกการอบแห้ง	15
2.4.3 ประเภทของเครื่องอบแห้ง	17
2.4.4 วิธีการเลือกเครื่องอบแห้ง	22
2.5 เครื่องวัดค่าการเจาะทะลุ	24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 กระบวนการผลิตสบู่	29
3.1 กระบวนการผลิตสบู่	29
3.1.1 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่	29
3.1.2 กระบวนการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์	33
3.2 กระบวนการบรรจุสบู่	34
3.2.1 กระบวนการขึ้นรูปสบู่	34
3.2.2 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	35
บทที่ 4 การดำเนินงานและผลการดำเนินงานวิจัย	36
4.1 การหาปัจจัยและกระบวนการที่มีผลต่อขนาด ความแข็งและความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	36
4.2 มาตรฐานสำหรับเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	38
4.2.1 ความใส	38
4.2.2 ความแข็ง	39
4.2.3 ขนาด	39
4.3 การควบคุมปริมาณความชื้นในกระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	39
4.4 ปัญหาที่พบเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	40
4.4.1 ปริมาณของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีความใสไม่ได้มาตรฐานมีค่าเพิ่มขึ้น	40
4.4.2 เม็ดสบู่ขนาดเล็กมีความยาวเกินค่ามาตรฐาน และการกระจายขนาดกว้างขึ้น	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 การแก้ไขปัญหาเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กให้เพียงพอสำหรับการผลิตสบู่ก้อน	41
4.5.1 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภาพทำไม –ทำไม เพื่อหาสาเหตุและวิธีลดปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีค่าความใสไม่ได้มาตรฐานเมื่อเพิ่มกำลังการผลิต	41
4.5.2 การหาภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	42
4.5.3 การปรับปรุงการตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กเพื่อลดการกระจายขนาดและเพิ่มกำลังการผลิต	44
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	49
5.1 การหาภาวะในการอบแห้งเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่เหมาะสมที่ทำให้สามารถเพิ่มกำลังการผลิตโดยความใสและความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กอยู่ในมาตรฐาน	49
5.2 การลดการกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กและการเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	49
5.3 ข้อจำกัดในการทำวิจัย	49
5.4 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น	49
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก การเลือกเครื่องอบแห้ง	54
ภาคผนวก ข ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	58
ภาคผนวก ค ความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติทางกายภาพของกลีเซอรีน	4
ก.1	การเลือกเครื่องอบแห้ง	54
ข.1	ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่เวลาหลังการอบแห้ง 1 วัน ที่กำลังการผลิต 400 และ 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง	58
ข.2	ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด	58
ข.3	ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดที่ภาวะการอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส 50 นาที	59
ค.1	ความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่กำลังการผลิต 400 และ 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	สูตรโครงสร้างของกลีเซอรีน	3
2.2	เครื่องอัดรีด	11
2.3	ระยะช่องว่างระหว่างเรือนตัวหนอนและเกลียวหนอน	11
2.4	ภาพตัดขวางเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่	12
2.5	การเปลี่ยนแปลงของมวลและอุณหภูมิกับเวลาในการอบแห้ง	15
2.6	เส้นลักษณะเฉพาะการอบแห้ง	16
2.7	เครื่องอบแห้งแบบถาด	17
2.8	เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์	18
2.9	เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมชนิดป้อนวัสดุเข้าโดยตรง	21
2.10	เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมชนิดมีเครื่องกระจายวัสดุ	21
2.11	เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมชนิดมี disintegrator	22
2.12	เครื่องวัดค่าการเจาะทะลุ	24
2.13	การทดสอบความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กด้วยเครื่องวัดค่าการเจาะทะลุ	25
2.14	การกระจายความเร็วและอัตราการเฉือนของวัตถุดิบในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่	26
2.15	พฤติกรรมการอบแห้งของชิ้นไม้ที่มีความสามารถในการแพร่ของน้ำต่างกัน	27
2.16	เส้นโค้งการอบแห้งของแผ่นไม้ที่มีขนาดแตกต่างกัน	27
2.17	การกระจายความเร็วการไหลของอากาศภายในเครื่องอบแห้ง	28
3.1	แผนภาพกระบวนการผลิตสบู่	30
3.2	แผนภาพกระบวนการการผลิตเม็ดสบู่	31
3.3	แผนภาพกระบวนการลดความชื้นของเกล็ดสบู่	32
3.4	แผนภาพการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์	33
3.5	ขั้นตอนการขึ้นรูปสบู่ที่มีการผสมเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	34
3.6	กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	35
4.1	การกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กก่อนปรับปรุงวิธีการตัด	37
4.2	ความใสและขนาดของเม็ตสบู่ขนาดเล็กจากกระบวนการผลิตของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษากับเม็ดสบู่ขนาดเล็กนำเข้าที่คุณภาพได้มาตรฐาน	38
4.3	มาตรฐานความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	38
4.4	เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์สำหรับอบแห้งเม็ดสบู่ขนาดเล็ก	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.5	เปอร์เซ็นต์ของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ความใสต่างๆ ที่กำลังการผลิต 400 และ 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง	40
4.6	การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภาพทำไม –ทำไม	41
4.7	ทางเลือกสำหรับการการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อความหนาของชั้นเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่อยู่บนสายพานลดลง	42
4.8	ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด	43
4.9	ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กล็อตต่างๆ เมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 50 นาที	43
4.10	เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่แบบหมุนสวนทางกันและเครื่องตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กแบบใบปาด	44
4.11	เครื่องตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กแบบใบปาดที่ไม่ติดตั้งกรวยรวมความดัน	45
4.12	ภาพตัดขวางของเครื่องตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กแบบใบปาดที่ไม่ติดตั้งกรวยรวมความดัน	45
4.13	เม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ถูกตัดด้วยเครื่องตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กแบบใบปาดที่ไม่ติดตั้งกรวยรวมความดัน	45
4.14	การติดตั้งกรวยรวมความดันที่ส่วนท้ายของเครื่องอัดรีด	46
4.15	Eye plate ที่ใช้ครอบกรวยรวมความดัน	46
4.16	การกระจายขนาดของเม็ดสบู่ก้อนที่ติดตั้งกรวยรวมความดันและ eye plate ในส่วนท้ายของเครื่องอัดรีด	46
4.17	ลักษณะเนื้อสบู่ที่ออกจาก eye plate	47
4.18	เครื่องตัดแบบลูกสูบที่ติดตั้งต่อจากกรวยรวมความดันและ eye plate	47
4.19	การกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องตัดแบบลูกสูบที่ติดตั้งต่อจากกรวยรวมความดัน	48
4.20	เม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ถูกตัดด้วยเครื่องตัดแบบลูกสูบที่ติดตั้งต่อจากกรวยรวมความดัน	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภายใต้สภาวะการแข่งขันสูงในตลาดสินค้าอุปโภค เช่น สบู่ และแชมพู ผู้ผลิตต้องใช้การแข่งขันทั้งด้านราคา คุณภาพ และการเพิ่มคุณลักษณะพิเศษต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและครอบครองส่วนแบ่งการตลาดให้มากที่สุด บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด มีความห่วงใยต่อสุขภาพผิวของผู้บริโภคและเล็งเห็นความสำคัญของการเพิ่มคุณลักษณะพิเศษของสบู่เพื่อรักษาความชุ่มชื่นและเรียบเนียนของผิวพรรณ จึงออกผลิตภัณฑ์สบู่ก้อน (Soap bar) แบบใหม่ที่เติมเม็ดสบู่ขนาดเล็ก (Soap bits) ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ กลีเซอรีนบริสุทธิ์ที่เป็นผลพลอยได้ (by-product) จากกระบวนการผลิตสบู่ โดยปกติบริษัทจะบรรจุกลีเซอรีนบริสุทธิ์ขายซึ่งมีราคาไม่สูงนัก ดังนั้นการนำกลีเซอรีนบริสุทธิ์มาผสมในเม็ดสบู่ขนาดเล็กและใส่ในสบู่ก้อน นอกจากเป็นการเพิ่มมูลค่าของกลีเซอรีนบริสุทธิ์แล้ว สบู่ที่ได้จะมีคุณลักษณะพิเศษในการเพิ่มความชุ่มชื่นและเรียบเนียนแก่ผิวพรรณ จากงานที่ได้ทำระหว่างการฝึกงานภาคฤดูร้อน ทีมงานของบริษัทและนักศึกษาพบว่าการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กยังมีต้นทุนสูง จึงต้องหาวิธีการขึ้นรูปเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่เครื่องอัดรีด (Plodder หรือ Extruder) และศึกษาภาวะในการอบแห้งเพื่อให้ได้กำลังการผลิตที่เพียงพอกับปริมาณที่จะใช้กับการผลิตสบู่ก้อนนอกจากนี้ยังพบว่าความยาวของเม็ดสบู่ขนาดเล็กไม่ได้มาตรฐานและมีการกระจายขนาดกว้าง และเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีความใสไม่ได้ตามมาตรฐานเพิ่มขึ้น ดังนั้นโครงงานนี้จะศึกษาและหาวิธีแก้ไขปัญหาต่างๆ ดังกล่าว สำหรับการหาภาวะการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตจะทดลองที่ห้องปฏิบัติการก่อน แล้วจึงใช้แนวทางจากผลการทดลองที่ได้ไปผลิตในกระบวนการผลิตจริง แล้ววิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ของเม็ดสบู่ขนาดเล็กอีกครั้งเพื่อยืนยันว่าได้คุณภาพตามต้องการก่อนเพิ่มการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 หาปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมในการผลิดเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

1.2.2 เพิ่มผลผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษากระบวนการผลิตสบู่ก้อนและกระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

1.3.2 ศึกษาและหาภาวะในการอบแห้งที่เหมาะสมกับกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

1.3.3 ศึกษาและหาวิธีการขึ้นรูปเม็ดสบู่ขนาดเล็กให้ได้ขนาดและการกระจายขนาดตามมาตรฐาน และมีกำลังการผลิตเพียงพอสำหรับการผลิตสบู่ก้อน

1.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัย

1.4.1 ศึกษากระบวนการผลิตสบู่ก้อนและกระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

1.4.2 ศึกษาปัจจัยที่ต่างๆ ในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อสมบัติของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก ได้แก่ ความแข็ง ความใส และขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

1.4.3 หาภาวะการอบแห้งเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการที่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตและทำให้ความใสและความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กได้มาตรฐาน

1.4.4 หาวิธีการตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กให้ได้ขนาดตามต้องการและมีขนาดใกล้เคียงกัน

1.4.5 เสนอปัจจัยการผลิตให้หัวหน้างานและทีมงานพิจารณา

1.4.6 วิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงาน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ทราบภาวะการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่เหมาะสม

1.5.2 ทราบสาเหตุและสามารถแก้ไขปัญหาที่ทำให้กำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กต่ำกว่าค่าการออกแบบ

1.5.3 เพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กให้เพียงพอสำหรับการผลิตสบู่ก้อน

1.5.4 ผู้วิจัยได้เรียนรู้การปฏิบัติงานจริงภายในโรงงาน และเกิดทักษะในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

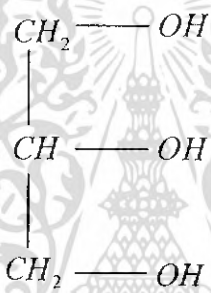
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กได้แก่เนื้อสบู่ กลีเซอรีน และส่วนผสมอื่นๆ

2.1 กลีเซอรีน

2.1.1 ความหมายของกลีเซอรีน [1]

กลีเซอรีน (Glycerine หรือ Glycerin) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กลีเซอรอล (Glycerol) หมายถึง สารจำพวกโพลีไฮดริกแอลกอฮอล์ (Polyhydric alcohol) ที่มีสูตรทางเคมี มีชื่อทางเคมีว่า 1,2,3-โพรเพนไตรออล (1,2,3-Propanetriol) เป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซี 3 หมู่ มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของกลีเซอรีน

กลีเซอรีน ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1779 โดย Scheele ซึ่งได้จากปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชั่น (Saponification) ระหว่างน้ำมันมะกอก (Olive oil) กับ Lead oxide ต่อมาในปี ค.ศ. 1812 Chevreul ได้พบว่ากลีเซอรีนเป็นส่วนประกอบในไขมัน (Fats) โดยอยู่ในรูปของกลีเซอรอลเอสเทอร์ (Glycerol ester) ของกรดไขมัน (Fatty acids) จึงได้ตั้งชื่อว่า "กลีเซอรอล" ซึ่งมาจากคำในภาษากรีกที่มีความหมายว่า มีรสหวาน

กลีเซอรีนถูกใช้ในทางอุตสาหกรรมเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1866 เมื่อ Alfred Noble ได้ทำการผลิตไดนาไมต์ หรือไนโตรกลีเซอรีน (Nitroglycerine) ในระยะแรกกลีเซอรีนผลิตจากพืชและสัตว์ อุตสาหกรรมการสังเคราะห์กลีเซอรีนที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ การผลิตโดยใช้โพรเพนเป็นสารตั้งต้น ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในช่วงปลายทศวรรษที่ 1930 โดย I.G. Farben ในประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมันนีและสหรัฐอเมริกาโดยบริษัทเชลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 สมบัติของกลีเซอรีน

2.1.2.1 สมบัติทางกายภาพ

เป็นของเหลวใส หนืด มีรสหวาน ละลายน้ำและแอลกอฮอล์ได้ดี ละลายได้เล็กน้อยในไดเอทิลอีเทอร์ เอทิลเอสเทอร์ และไดออกเซน (Dioxane) ไม่ละลายในไฮโดรคาร์บอน จะไม่ค่อยพบผลึกกลีเซอรีนเนื่องจากผสมน้ำแล้วมีจุดเยือกแข็งที่ต่ำมาก กลีเซอรีน 66.7 % ที่มีน้ำ 33.3 % โดยน้ำหนัก มีจุดเยือกแข็ง -46.5 °ซ ตารางที่ 2.1 แสดงสมบัติทางกายภาพของกลีเซอรีน

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรีน [2]

สมบัติ	
จุดหลอมเหลว (°ซ)	18.17
จุดเดือด (°ซ)	
ที่13.33 กิโลปาสคาล	222.4
ที่ 101.3 กิโลปาสคาล	290
ความถ่วงจำเพาะ (25/25 °ซ)	
สุญญากาศ	1.2617
100 % กลีเซอรีนในอากาศ	1.2620
95 % กลีเซอรีนในอากาศ	1.2491
ความดันไอ (ปาสคาล)	
ที่ 100 °ซ	26
ที่ 200 °ซ	6,100
แรงตึงผิวที่ 20 °ซ (ไดน์ต่อเซนติเมตร)	63.4
ค่าความหนืด 20 °ซ (เซนติพอยส์)	1499
ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (จูลต่อโมล)	
ที่ 55 °ซ	88.12
ที่ 195 °ซ	76.02
ค่าสัมประสิทธิในการถ่ายเทความร้อน (วัตต์ต่อเมตร เคลวิน)	0.28
จุดวาบไฟ (°ซ)	177
จุดติดไฟ (°ซ)	204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 สมบัติทางเคมี

กลีเซอรีนเกิดปฏิกิริยาได้เหมือนแอลกอฮอล์ทั่วไปโดยที่คาร์บอนอะตอมนอกมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าอะตอมกลางภายใต้ภาวะเป็นกลางหรือด่าง กลีเซอรีนที่อุณหภูมิ 275 °ซ ไม่เกิดอะโครลีน (Acrolein) ในทางกลับกันในภาวะกรดจะเกิดอะโครลีนที่ 160 °ซ ที่อุณหภูมิ 180 °ซ กลีเซอรีนจะดีไฮเดรตเกิดเป็นอีเทอร์ลิงค์โพลีกลีเซอรอล (Ether-linked polyglycerol) ที่อุณหภูมิห้องกลีเซอรีนจะดูดซับน้ำอย่างรวดเร็ว กลีเซอรีนจะถูกออกซิไดส์ได้ง่าย โดยที่คาร์บอนอะตอมนอกจะถูกออกซิไดส์เกิดเป็นอัลดีไฮด์ ส่วนคาร์บอนอะตอมกลางเกิดเป็นหมู่คาร์บอนิล

2.1.3 การจำแนกและการวิเคราะห์ [3]

การตรวจสอบกลีเซอรีนทำได้หลายวิธีดังนี้

- ตรวจสอบคุณภาพ โดยให้ความร้อนสารตัวอย่างพร้อมโพแทสเซียมไฮโดรเจนซัลเฟต (Potassium hydrogen sulfate) โดยที่กลีเซอรีนจะมีกลิ่นของอะโครลีน
- Wet method สำหรับตรวจสอบปริมาณโดยออกซิไดส์กลีเซอรีนด้วยโซเดียมเปอร์ไอโอเดต (Sodium periodate) จะได้อัลดีไฮด์ และกรดฟอร์มิก (Formic acid) แล้วไทเทรตหาปริมาณของกลีเซอรีน
- ตรวจสอบปริมาณ โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
- หาปริมาณน้ำในกลีเซอรีนโดยคาร์ลฟิชเชอร์ไทเทรชัน (Karl Fischer titration)
- หาความหนาแน่นโดยใช้พิกโนมิเตอร์ (Pycnometer)
- ทดสอบสี โดยเทียบกับสีมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาของกลีเซอรีนที่สำคัญในอุตสาหกรรม

- กรดอินทรีย์และกรดอนินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งที่ 1, 2 และ 3
- โมโนและไตรกลีเซอไรด์ของกรดไขมัน โดยทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์
- อะลิฟาติกและอะโรมาติกเอสเทอร์ จากการทำปฏิกิริยากับสารอัลคิลเลติงเอเจนต์ (Alkylating agent) และอาคริเลติงเอเจนต์ (Acrylating agent)
- โพรีกลีเซอรอลจากปฏิกิริยา Intermolecular elimination of water โดยใช้ด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
- Cyclic 1,2- หรือ 1,3-acetal หรือ Ketal โดยทำปฏิกิริยากับอัลดีไฮด์หรือคีโตน
- โมโนหรือไดกลีเซอไรด์จากปฏิกิริยากับด่างหรือ Metal alcoholates

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลีเซอรีนบริสุทธิ์ หมายถึง กลีเซอรีนที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ จนมีคุณลักษณะเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมยา อาหาร บุหรี่ วัตถุระเบิด และอุตสาหกรรมอื่นๆ

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กลีเซอรีนบริสุทธิ์ แบ่งเป็น 4 ชั้นคุณภาพ คือ

1. ชั้นคุณภาพเคมี (Chemical grade)
2. ชั้นคุณภาพไดนาไมต์ (Dynamite grade)
3. ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม (Technical grade)
4. ชั้นคุณภาพยา (Pharmaceutical grade)

2.1.4 การจัดเก็บและการขนส่งกลีเซอรีน [3]

- การจัดเก็บกลีเซอรีนจะเสถียรที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °ซ นิยมเก็บในถังเหล็กสแตนเลส (Stainless steel) อะลูมิเนียม หรือนิกเกิล-แคด สตีล (Nickel-cad steel) กลีเซอรีนกัดกร่อนเหล็กค่อนข้างน้อยที่อุณหภูมิห้อง แต่เนื่องจากกลีเซอรีนดูดน้ำได้ดีจึงทำให้เหล็กเกิดสนิมได้ง่าย

- การขนส่ง ใช้รถบรรทุกที่มีแทงก์หรือคอนเทนเนอร์ที่ทำจากสแตนแลส และดรัม (Drum) ที่ทำจากเหล็กชุบสังกะสี (Galvanized iron) หรือเคลือบด้วยเรซิน

2.1.5 ประโยชน์ของกลีเซอรีน [2-3]

มีการใช้งานกลีเซอรีนอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เช่น

- ด้านอาหาร เนื่องจากไม่มีพิษจึงใช้แทนคาร์โบไฮเดรตได้ เป็นส่วนประกอบของน้ำเชื่อม (Syrup) ในลูกอม และไอซิ่ง (Icing) ในการแช่แข็งอาหาร ใช้เป็นสารหล่อลื่นเครื่องจักรในอุตสาหกรรมอาหาร และหีบห่อ

- ด้านยาและเครื่องสำอาง เป็นส่วนผสมของยาหลายชนิด สารละลายกลีเซอรีนและฟีนอล (Glycerol-phenol) ใช้ในการล้างหู ในเครื่องสำอางจะผสมในครีมและโลชันทำให้ผิวนุ่มและชุ่มชื่น ทำยาสีฟันให้เรียบ มีความหนืด และมันวาว

- บุหรี่ กลีเซอรีนเป็นส่วนสำคัญในการขึ้นรูปบุหรี่ก่อนบรรจุ ทำให้บุหรี่ติดไฟช้า

- วัสดุหีบห่อ ห่อเนื้อ และทำกระดาษชนิดพิเศษ

- สารหล่อลื่น ใช้เป็นสารหล่อลื่นเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นไม่ได้ นิยมใช้งานอัดออกซิเจน เพราะทนออกซิเดชันได้ดีกว่าน้ำมันแร่ (Mineral oil) ใช้หล่อลื่นปั๊มและลูกปืนที่ต้องใช้กับแกโซลีนและเบนซีนซึ่งละลายน้ำมัน ใช้หล่อลื่นแทนน้ำมันในงานที่ต้องสัมผัสกับสารหล่อลื่น เช่น อาหาร ยา และเครื่องสำอาง กลีเซอรีนใช้เป็นสารหล่อลื่น เพราะมีความหนืดสูงและไม่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำๆ ความหนืดจะลดลงเมื่อผสมน้ำ แอลกอฮอล์ไกลคอล และมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อผสมแป้ง หรือเมื่อเกิดการโพลิเมอไรเซชัน ใช้ในความดันเกจสูงๆ (High-pressure gauge) และวาล์ว

- การผลิตโพลิเมอร์ยูรีเทน (Urethane polymer) ใช้กลีเซอรีนเป็น Block ใน Polyether

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กันซึมของจุกคอร์ก เนื่องจากมีความเหนียวและมีความดันไอต่ำ สัมผัสอาหารได้ เพราะไม่เป็นพิษ

- งานอื่นๆ เช่น ใช้ผสมในสารผสมซีเมนต์ สารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ยางมะตอย (Asphalt) เซรามิก และกาว เป็นต้น

2.1.6 การสังเคราะห์และกระบวนการผลิตกลีเซอรีน

กลีเซอรีนเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเปลี่ยนไขมันเป็นกรดไขมัน หรือกรดไขมันทำปฏิกิริยากับเมทานอลได้เป็นเมทิลเอสเทอร์ ซึ่งถือว่าเป็นกลีเซอรีนจากธรรมชาติ แตกต่างจากการสังเคราะห์จากโพรพีนหรือจากกระบวนการผลิตอื่นๆ เช่น ปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนของคาร์โบไฮเดรต (Hydrogenation of carbohydrate) การหมักน้ำตาล

2.1.6.1 กระบวนการผลิตกลีเซอรีนจากไขมัน

ในธรรมชาติพบกลีเซอรีนในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมันอิสระ (Fatty acid ester) เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) โดยทั่วไปจะมีกลีเซอรีนปริมาณ 8-14 % โดยน้ำหนัก ขึ้นกับการกระจากความยาวสายโซ่ของกรดไขมัน เอสเทอร์ของกรดไขมันอิสระ ซึ่งการได้กลีเซอรีนนั้นต้องทำการแยกไขมัน และทำให้บริสุทธิ์ต่อไป

ก. การแยกไขมัน (Fat splitting) ซึ่งอาจได้จากการแยกด้วยความดันสูง (High pressure splitting) ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน และส่วนที่ได้จากปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชั่น ซึ่งมีปริมาณน้อย

- การแยกด้วยความดันสูง เริ่มใช้ในปี คศ. 1854 เป็นกระบวนการผลิตโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง น้ำและไขมันถูกป้อนเข้าสู่คอลัมน์แยกแบบการไหลสวนทางที่ความดัน 5-6 เมกะปาสคาล อุณหภูมิ 250-260 °ซ จะได้สารละลายกลีเซอรีนในน้ำ 15 % เรียกว่า สวีทวอเทอร์ (Sweet water)

- ทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ได้จากการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชันแบบต่อเนื่อง (Continuous transesterification) จากน้ำมันพืชและสัตว์ไปเป็นเมทิลเอสเทอร์

ข. การบำบัดเบื้องต้น และการเพิ่มความเข้มข้นให้แก่กลีเซอรีนดิบ เป็นขั้นตอนที่สำคัญเนื่องจากกลีเซอรีนที่ได้จากการแยกด้วยความดันสูงจะเป็นกรดอ่อนๆ ไขมัน และกรดไขมันที่เหลือแยกโดยใช้ Settling หรือ Centrifugation ทำให้ได้ความเข้มข้นกลีเซอรีนเพิ่มขึ้นเป็น 70 – 90 % ขั้นตอนที่ใช้โดยทั่วไปเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนคือการใช้คาร์บอนกัมมันต์ (Activated carbon) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการฟอกและดูดซับสิ่งเจือปน หลังจากนั้นจึงแยกสบู่และไขมันที่หลงเหลืออยู่โดยการกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การทำให้บริสุทธิ์ (Purification and Refining) ปลายทศวรรษที่ 1950 มีความต้องการกลีเซอรีนในการผลิตยาสูงขึ้นมาก ซึ่งได้จากการกลั่นเท่านั้น โดยเป็นการผลิตแบบกะ (Batch process) ต่อมามีการพัฒนาเป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง

2.1.6.2 กระบวนการผลิตกลีเซอรีนจากโพรพีน

การผลิตในอุตสาหกรรม แบ่งตาม intermediate stage ได้ดังนี้

- Allyl chloride – Epichlorohydrin
- Acrolein – Allyl alcohol – Glycidol
- Propene oxide – Allyl alcohol – Glycidol

การผลิตในแบบแรกมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมมากที่สุด

ก. การผลิตจาก allyl chloride เริ่มในปี คศ. 1943 โดย I.G.Farben ใน Oppau และ Heydebreck ในปี คศ. 1948 โดยบริษัทเชลล์ ในเมือง Houston มลรัฐเท็กซัส ดังสมการที่ 2.1 -2.4 เป็นการ chlorination propene โดยใช้อุณหภูมิสูง เกิดเป็น allyl chloride จากนั้นออกซิไดส์ด้วย hypochlorite ได้ epichlorohydrin จากนั้นการแยกสลายด้วยน้ำ (Hydrolysis) และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโซเดียมคาร์บอเนตในรูปของสารละลายที่ความดันบรรยากาศจะได้กลีเซอรีน

Chlorination of propene to allyl chloride:

$$CH_2 = CH - CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_2 = CH - CH_2Cl + HCl \qquad (2.1)$$

Hypochlorination:

$$CH_2 = CH - CH_2Cl + HOCl \rightarrow H_2C - CH - CH_2Cl \qquad (2.2)$$

Dehydrochlorination:

$$H_2C(Cl)-CH(OH)-CH_2Cl + Ca(OH)_2 \rightarrow H_2C(O)-CH-CH_2Cl + CaCl_2 + 2H_2O \qquad (2.3)$$

Hydrolysis of epichlorohydrin to glycerine

$$H_2C(O)-CH-CH_2Cl + NaOH + H_2O \rightarrow H_2C(OH)-CH(OH)-CH_2(OH) + NaCl$$

หรือ

$$H_2C(O)-CH-CH_2Cl + Na_2CO_3 + 3H_2O \rightarrow 2H_2C(OH)-CH(OH)-CH_2(OH) + 2NaCl + CO_2 \qquad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การผลิตจากอะโครลีน มีการพัฒนาโดยบริษัทเชลล์ ซึ่งไม่ต้องใช้คลอไรด์ โรงงานแรกสร้างในปี ค.ศ. 1958 ที่มลรัฐหลุยส์เซียน่า โพรพีนถูกออกซิไดส์เป็นอะโครลีน แล้วถูกรีดิวส์ เป็น allyl alcohol จากนั้นจึง epoxidize ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้กลีเซอรีน

ค. การผลิตจากโพรพีนออกไซด์ เช่นเดียวกับการผลิตจากอะโครลีนซึ่งไม่ต้องใช้คลอไรด์ เริ่ม epoxidize โพรพีนเป็นโพรพีนออกไซด์แล้วไอโซเมอไรส์เป็น allyl alcohol ทำ epoxidize อีกครั้งโดยใช้กรดเปอร์อะซิติก ได้ glycidol ซึ่งถูกไฮโดรไลซิส เป็นกลีเซอรอล

2.1.6.3 การผลิตกลีเซอรีนด้วยกระบวนการอื่นๆ

ก. ปฏิกิริยาการหมักน้ำตาล (Fermentation of sugar)

ข. ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของคาร์โบไฮเดรต (Hydrogenation of carbohydrates) โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทนอุณหภูมิสูง (เช่น นิกเกิล ทองแดง โคบอลต์ หรือโครเมียม)

ค. การสังเคราะห์ที่ไม่เป็นการค้าอื่นๆ เช่น การสังเคราะห์กลีเซอรีนโดยใช้เอนไซม์ลิเพส (Lipase) แยกไขมันและน้ำมันในเครื่องปฏิกรณ์แบบพิเศษ การสังเคราะห์กลีเซอรีนของสาหร่ายทะเลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กมีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ การกวนผสมวัตถุดิบ การอัดรีด และการอบแห้ง สรุปทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพอสังเขปดังนี้

2.2 การกวน (Agitation) และการผสม (Mixing) [4-5]

วัตถุประสงค์ของการกวนและการผสม คือ ทำให้ของผสมที่มีองค์ประกอบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มีการกระจายตัวขององค์ประกอบอย่างสม่ำเสมอ สามารถแบ่งการผสมออกได้ 5 ประเภท ดังนี้

- การผสมของแข็งกับของแข็ง
- การผสมของแข็งกับของเหลว
- การผสมของเหลวกับของเหลว
- การผสมแก๊สกับของเหลว
- การผสมแก๊สกับของแข็ง

ในการผสมเม็ดสบู่ขนาดเล็กในสบู่ก้อนศึกษาระบบการผสมของแข็งกับของเหลวคือการผสมของเม็ดสบู่กับของเหลวผสมที่มีกลีเซอรีนบริสุทธิ์เป็นองค์ประกอบหลัก และระบบการผสมของเหลวกับของเหลว เช่น การผสมกลีเซอรีนและสี ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการกวนผสม เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สมบัติกายภาพของสาร เช่น ค่าการละลาย (Solubility)

ของแข็งที่มีอนุภาคขนาดเล็กและมีความสามารถในการละลายได้ดีจะละลายและถูกผสมได้รวดเร็ว ประสิทธิภาพของการผสมจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิการผสมสูงขึ้นและเมื่อมีการปั่นกวน ดังนั้นจะต้องพิจารณาภาวะของระบบ คือ อุณหภูมิ และความดัน เพราะที่ภาวะต่างกันมีผลต่อสมบัติกายภาพของสาร และต้องเลือกระบบการปั่นกวนที่มีความเหมาะสมกับของไหล เช่น ชนิดของถังผสมและใบกวน ความเร็วรอบของใบกวน รวมทั้งระยะเวลาในการผสม

- ความหนาแน่นสัมพัทธ์ระหว่างสารที่ผสม

ถ้าความหนาแน่นระหว่างสารที่ผสมใกล้เคียงกันจะทำให้เกิดการผสมได้ดี แต่ถ้าความหนาแน่นระหว่างสารที่ผสมต่างกันมาก สารจะแยกชั้นทำให้ต้องใช้พลังงานในการกวนผสมมากขึ้นเพื่อให้เกิดการผสมดี [8]

- ความหนืดของของเหลว

ประสิทธิภาพของการผสมจะลดลงถ้าสารผสมมีความหนืดสูงขึ้น ดังนั้นการกวนผสมสารที่มีความหนืดสูงจะต้องใช้กำลังในการกวนสูง และอาจต้องทำภายใต้อุณหภูมิสูงขึ้น

- สารช่วยผสม [5]

การเติมสารบางชนิดสามารถช่วยให้เกิดการผสมได้ดีขึ้น เช่น เพกทิน เจลาติน วุ้น เพราะสารเพิ่มความหนืดบางชนิดมีประจุไฟฟ้าตรงข้ามกับอนุภาคของแข็ง จึงทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างของแข็งนั้นและของเหลว ของแข็งจึงไม่แยกตัวจากของเหลว อย่างไรก็ดีความหนืดที่เพิ่มขึ้นต้องไม่มากเกินไปจนทำให้ประสิทธิภาพของการผสมลดลง

2.3 กระบวนการอัดรีด (Extrusion process) [6-9]

เป็นกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่ง โดยการบังคับวัตถุดิบที่อ่อนตัวหรือหลอมเหลวผ่านรูด้วยความดัน อุปกรณ์ขึ้นรูปที่ใช้คือเครื่องอัดรีด (Extruder) มีองค์ประกอบดังรูปที่ 2.2

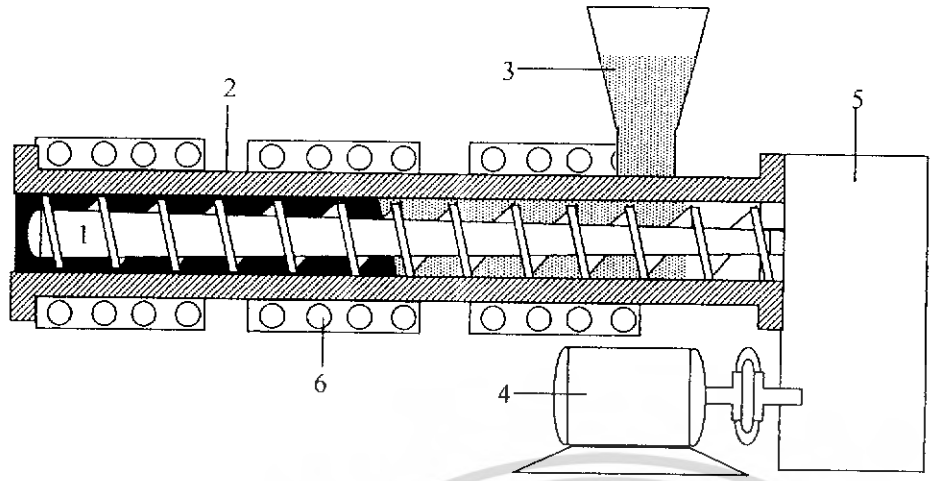
2.3.1 ชนิดของเครื่องอัดรีด แบ่งได้ 2 แบบ คือ

2.3.1.1 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single-screw extruder)

เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว ประกอบด้วยเกลียวหนอน เรือนตัวหนอน กรวยเติมวัตถุดิบ มอเตอร์ เฟืองทด และระบบหล่อเย็น

เกลียวหนอน เป็นส่วนสำคัญที่สุดของเครื่องอัดรีด ประกอบอยู่ภายในทรงกระบอกที่เรียกว่าเรือนตัวหนอน ลักษณะของเกลียวหนอนมีผลต่อการอัด จึงต้องเลือกชนิดของเกลียวหนอนให้เหมาะสมกับการใช้งาน เกลียวหนอนที่นิยมใช้ ได้แก่ เกลียวหนอนแบบ 3 ตอน และเกลียวหนอนแบบที่แกนค่อยๆ โตขึ้นจากส่วนป้อนวัตถุดิบไปยังส่วนฉีด หน้าที่ของเกลียวหนอนคือ อัดรีดและผลักดันให้วัตถุดิบเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ขณะที่ตัวแกนของเกลียวหนอนหมุนฟันเกลียวหนอนจะขับเคลื่อนให้ส่วนผสมเคลื่อนไปข้างหน้า

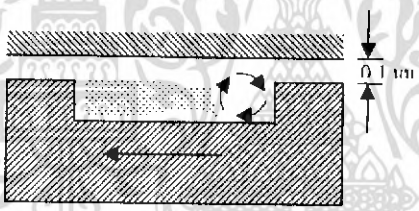
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.เกลียวหนอน
2.เรือนตัวหนอน
3.กรวยเติมวัตถุดิบ
4.มอเตอร์
5.เฟืองทด
6.ระบบหล่อเย็น

รูปที่ 2.2 เครื่องอัดรีด [6]

เรือนตัวหนอน เป็นทรงกระบอกประกอบอยู่กับระบบเฟืองทด ตอนท้ายจะมีกรวยป้อนวัตถุดิบประกอบอยู่ส่วนบน โดยปกติช่องว่างระหว่างเรือนตัวหนอนและเกลียวหนอนมีค่าประมาณ 0.1 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ระยะช่องว่างระหว่างเรือนตัวหนอนและเกลียวหนอน [6]

กำลังของเครื่องอัดรีดคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวหนอน หรืออาจใช้แรงบิดของการหมุน (Torque) การคิดกำลังโดยใช้แรงบิดของการหมุนของเกลียวหนอนมีความถูกต้องมากกว่า

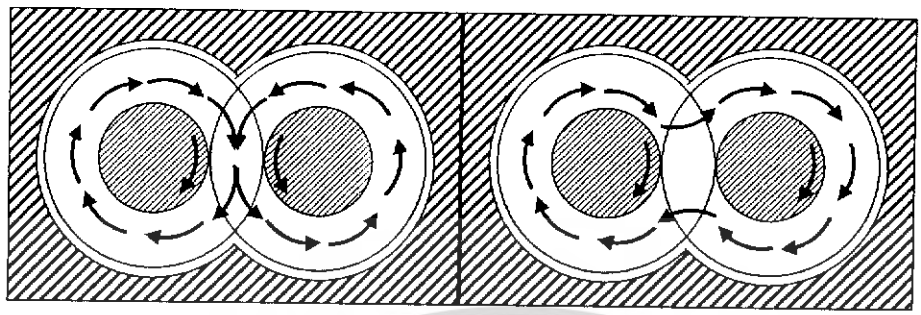
เพื่อให้เครื่องอัดรีดสามารถใช้งานได้กับวัตถุดิบชนิดต่างๆ ดังนั้นในการออกแบบจึงต้องสามารถปรับความเร็วรอบของเกลียวหนอนให้เหมาะสมกับชนิดของวัตถุดิบ เครื่องอัดรีดขนาดใหญ่นิยมใช้ commutator motor และ DC motor ในการปรับความเร็วรอบของเกลียวหนอน สำหรับเครื่องอัดรีดขนาดเล็กนิยมใช้เฟืองทด นอกจากนี้เฟืองทดยังใช้เพื่อเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ไฮดรอลิกเมื่อใช้ระบบไฮดรอลิกในการขับเคลื่อนเครื่องอัดรีด

2.3.1.2 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin-screw extruder)

เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ประกอบด้วยเกลียวหนอน 2 ตัวภายในเรือนตัวหนอนโดยฟันเกลียวของเกลียวหนอนทั้งสองตัวจะขบกัน ดังรูปที่ 2.4 หน้าตัดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่จะมีรูปร่างคล้ายเลข 8 เครื่องอัดรีดชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือเกลียวหนอนคู่แบบหมุนทางเดียวกัน และเกลียวหนอนคู่แบบหมุนสวนทางกัน ดังรูปที่ 2.4



(ก) (ข)

รูปที่ 2.4 ภาพตัดขวางเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนคู่ (ก) หมุนสวนทางกัน (ข) หมุนทางเดียวกัน [7]

2.3.2 ข้อดีของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ คือ

2.3.2.1 ใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ขึ้นกับปริมาณหรืออัตราการป้อนวัตถุดิบ

2.3.2.2 สามารถใช้กับวัตถุดิบที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ หรือวัตถุดิบที่เหนียวหรือเปียกมากได้

2.3.2.3 สามารถใช้กับวัตถุดิบที่เป็นของแข็งผสมที่เป็นผงละเอียดหรือเป็นเม็ด ในกรณีที่เป็นผงละเอียดอาจต้องใส่ตัวยึด (Binder) เพื่อช่วยในการขึ้นรูป

ในโครงงานนี้เลือกใช้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่แบบหมุนสวนทางกัน

2.3.3 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่

2.3.3.1 การป้อนวัตถุดิบ

ในกรณีของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่แบบหมุนสวนทางกัน เมื่อเกลียวหนอนหมุนวัตถุดิบจะไหลมารวมกันในช่องว่างปิดรูปตัวซีที่เกิดจากฟันเกลียวขบกัน และจะถูกพาเคลื่อนที่ไปตามเรือนตัวหนอน ดังรูปที่ 2.4 (ก) สำหรับเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่แบบหมุนทางเดียวกันวัตถุดิบจะเคลื่อนที่เป็นรูปเลข 8 ไปรอบๆ เกลียวทั้งสอง และถูกดันให้เคลื่อนที่ไปตามเรือนตัวหนอน ดังรูปที่ 2.4 (ข)

2.3.3.2 การอัดวัตถุดิบ

ในการอัดรีดถ้าขณะอัดวัตถุดิบมีอากาศแทรกตัวอยู่ภายในวัตถุดิบ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้ำหนักน้อยกว่าน้ำหนักที่กำหนด ดังนั้นในการออกแบบเครื่องอัดรีดจึงจำเป็นต้องออกแบบให้สามารถระบายอากาศออกจากวัตถุดิบได้ เช่น การเพิ่มจำนวนฟันเกลียวหนอนเพื่ออัดไล่อากาศผ่านรูระบายอากาศที่เรือนตัวหนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.3 การผสมให้เป็นเนื้อเดียว

การผสมเป็นเนื้อเดียวเกิดขึ้นได้จากการที่วัตถุดิบถูกเฉือนและอัดในช่องว่างระหว่างเรือนตัวหนอนกับเกลียวหนอนทั้งสอง และจะเข้าผสมกันที่บริเวณช่องปิดรูปตัวซี ดังรูปที่ 2.3 ระหว่างการผสมวัตถุดิบจะเกิดความร้อนจากการเสียดสีขึ้น ซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพหรือเคมีของสารที่อัดรีด จึงจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิในการอัดรีดด้วยการหล่อเย็นโดยอาจใช้ลมจากพัดลมหรือใช้น้ำจากเครื่องทำความเย็นผ่านท่อทองแดงที่พันรอบเรือนตัวหนอน

2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของสารที่ถูกอัดรีด

2.3.4.1 ภาวะการเดินเครื่องอัดรีด เช่น

- อุณหภูมิภายในเครื่องอัดรีด เช่น ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปทำให้เม็ดสบู่ขนาดเล็กขุ่นและมีผงสีขาวเกิดขึ้นหลังจากอัดรีด ทำให้เม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ผลิตได้ไม่ตรงตามมาตรฐานการผลิตที่ต้องการ

- ความดันภายในเครื่องอัดรีดซึ่งไม่เท่ากันแต่ละตำแหน่ง ทำให้เม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ได้มีความหนาแน่นของเนื้อสบู่ไม่เท่ากัน ถ้าความหนาแน่นของเม็ดสบู่ขนาดเล็กแตกต่างกันมากจะมีผลต่อขั้นตอนการอบแห้ง เม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีความหนาแน่นกว่าจะต้องใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานกว่าแต่การอบแห้งจะใช้เวลาที่เท่ากัน ทำให้มีเม็ดสบู่ขนาดเล็กบางส่วนยังไม่แห้งดีซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการผลิตสบู่ที่มีเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

- เส้นผ่านศูนย์กลางของช่องเปิด มีผลต่อขนาดของผลิตภัณฑ์

- อัตราการเฉือน ซึ่งเป็นผลจากการออกแบบเครื่องอัดรีด เช่น การออกแบบเกลียวหนอน ความเร็วรอบและรูปร่างของเกลียวหนอน ซึ่งมีผลต่อการผสมของวัตถุดิบ

2.3.4.2 สมบัติของวัตถุดิบ เช่น ขนาด องค์ประกอบทางเคมี และความชื้น เป็นต้น

2.4 การอบแห้ง [8-12]

2.4.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการอบแห้ง [10]

การอบแห้งเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุเปียก เพื่อไล่ความชื้นออกจากวัสดุเปียกโดยการระเหย ความร้อนที่วัสดุเปียกได้รับนี้จะนำไปเป็นความร้อนแฝงของการระเหยเพื่อไล่ความชื้นออก การศึกษาเรื่องการอบแห้งจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับคำนิยามดังต่อไปนี้

- ความดันไอ (Vapour pressure, P_v) คือ ส่วนของความดันย่อย (Partial pressure) ที่กระทำโดยโมเลกุลของไอน้ำที่อยู่ในอากาศชื้น ถ้าอากาศชื้นนี้อิ่มตัวด้วยไอน้ำเรียกความดันไอนี้ว่าความดันไออิ่มตัว (Saturated vapour pressure, P_{vs}) ค่าความดันไออิ่มตัวนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความชื้นสมดุล (Equilibrium humidity) คือ ปริมาณความชื้นในวัสดุเปียกที่มีปริมาณเท่ากับความชื้นของอากาศภายนอก ทำให้อัตราการแพร่เข้าและออกของความชื้นเข้าไปในวัสดุเปียกมีค่าเท่ากันเมื่อทิ้งไว้ที่ความดันบรรยากาศภายนอก

- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity, H_R) คือ ความชื้นที่มีอยู่ในอากาศโดยคิดจากสัดส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริง ณ อุณหภูมินั้นต่อสัดส่วนของปริมาณไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศเดียวกัน ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ ระหว่าง 0 ถึง 100 %

- ปริมาตรจำเพาะของอากาศชื้น (Specific volume, v) คือ ปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของอากาศแห้ง

- อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry-bulb temperature, T) คือ อุณหภูมิของอากาศชื้นภายในห้องที่ทำการวัดในขณะนั้น โดยนำเทอร์โมมิเตอร์ไปแขวนอย่างอิสระที่ใดที่หนึ่ง

- อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-bulb temperature, T_{wb}) คือ อุณหภูมิอากาศชื้นที่ชี้บอกโดยเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะถูกหุ้มด้วยผ้าชุบน้ำหรือสำลีเปียก และมีลมพัดผ่านกระเปาะเปียกนี้ด้วยความเร็วอย่างน้อย 4.6 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิกระเปาะเปียกนี้อาจเรียกว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียกเชิงไซโครเมตริกสำหรับอุณหภูมิกระเปาะเปียกเชิงเทอร์โมไดนามิกส์ได้จากการทำให้อากาศชื้นเป็นอากาศอิ่มตัว โดยพ่นละอองน้ำในสถานที่ที่จะวัด ต้องมีการหุ้มฉนวนอย่างดี น้ำจะระเหยจนกระทั่งอากาศนั้นอิ่มตัว อุณหภูมิกระเปาะเปียกเชิงไซโครเมตริกและอุณหภูมิกระเปาะเปียกเชิงเทอร์โมไดนามิกส์นี้มีค่าใกล้เคียงกันมาก ในทางปฏิบัตินิยมใช้ค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกเชิงไซโครเมตริกในการคำนวณ

- อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew-point temperature, T_{dp}) คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำในอากาศเริ่มควบแน่นเมื่ออากาศนั้นถูกทำให้เย็นลงที่อัตราส่วนความชื้นและความดันบรรยากาศคงที่

- เอนทาลปีของอากาศชื้น (Enthalpy, H) คือ ค่าปริมาณความร้อนของอากาศชื้นที่สูงกว่าอุณหภูมิอ้างอิงที่กำหนดขึ้นต่อหนึ่งหน่วยมวลอากาศแห้ง ในทางปฏิบัตินิยมใช้อุณหภูมิอ้างอิงของน้ำที่ 32 °ฟ และอากาศแห้ง 0 °ฟ ในระบบอังกฤษ และอุณหภูมิอ้างอิงของทั้งน้ำและอากาศแห้งเท่ากับ 0 °ซ ในระบบเมตริก และระบบสากล ในการคำนวณเกี่ยวกับความแตกต่างของเอนทาลปีของอากาศชื้นนิยมใช้อุณหภูมิอ้างอิงในระบบอังกฤษหรือระบบสากล แต่สามารถกำหนดอุณหภูมิอ้างอิงใดๆ ก็ได้เพื่อความสะดวกในการคำนวณ

- อัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio, W_d) คือ มวลของไอน้ำที่อยู่ในอากาศแห้งหนึ่งหน่วยมวล โดยทั่วไปจะนิยามปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในวัสดุอบแห้งดังนี้

W_d = อัตราส่วนความชื้นต่อมวลวัสดุแห้งซึ่งเป็นมาตรฐานในการคำนวณหาความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W_w = ปริมาณความชื้นโดยมวลของวัสดุเปียกที่จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ดังนั้นจึงนิยมใช้มวลของวัสดุแห้งเป็นมาตรฐานในการคำนวณความชื้น

ความสัมพันธ์ระหว่าง W_d และ W_w คือ

$$W_d = W_w/(1-W_w) \quad (2.5)$$

หรือ

$$W_w = W_d/(1+W_d) \quad (2.6)$$

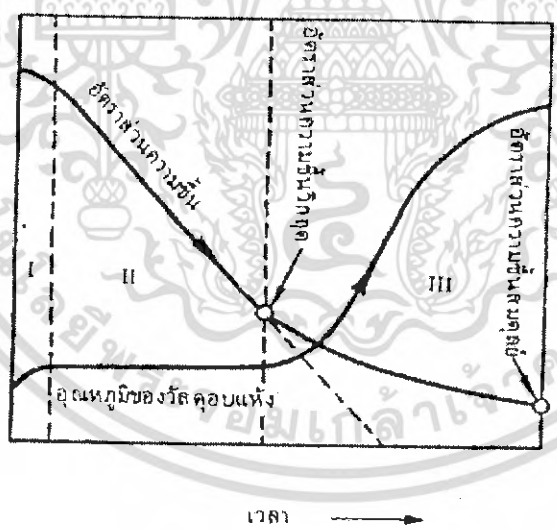
2.4.2 กลไกการอบแห้ง [10]

เงื่อนไขของการอบแห้งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- เงื่อนไขภายนอกวัสดุ เช่นวิธีถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุ วิธีกำจัดความชื้นที่ระเหยออกมาจากวัสดุ ความอิ่มตัวของอากาศร้อน ความดันและอุณหภูมิการอบแห้ง

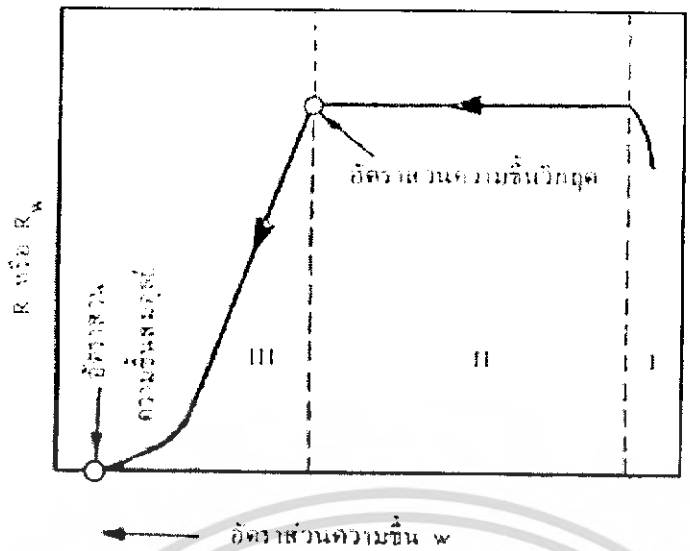
- เงื่อนไขภายในวัสดุ เช่น ความพรุนภายในของของแข็ง การนำความร้อนของวัสดุเปียก อุณหภูมิของวัสดุเปียก อัตราส่วนความชื้น และอัตราส่วนความชื้นสมดุล เป็นต้น

ในการอบแห้งวัสดุเปียกชื้นจะกระทำภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งคงที่ เช่น ความชื้น ความเร็วลม อุณหภูมิ ความดัน ฯลฯ ถ้าทำการทดลองวัดการเปลี่ยนแปลงของมวลและอุณหภูมิของวัสดุอบแห้งต่อเวลาจะได้เส้นกราฟดังรูปที่ 2.5 หรือวัดอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้นได้เส้นกราฟที่เรียกว่า "เส้นลักษณะเฉพาะการอบแห้ง" ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงของมวลและอุณหภูมิของวัสดุกับเวลาในการอบแห้ง [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 เส้นลักษณะเฉพาะการอบแห้ง [10]

จากรูปที่ 2.5 และ 2.6 พบว่าการอบแห้งแบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้

- ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ

ที่ผิวของวัสดุความชื้นจะอยู่ในรูปของเหลว ถ้านำวัสดุเปียกนี้มาอบภายใต้ภาวะการอบแห้งคงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสอากาศร้อน ช่วงเวลาที่วัสดุใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิถึงค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกคือช่วงที่ 1 ดังรูปที่ 2.5 และ 2.6

- ช่วงการอบแห้งที่อัตราเร็วคงที่

เนื่องจากความร้อนที่ถ่ายเทจากอากาศมายังวัสดุเปียก ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลขึ้นพร้อมกัน ในช่วงนี้ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับจะถูกใช้ในการระเหยน้ำหรือของเหลวออกจากวัสดุเปียก ความร้อนที่วัสดุได้รับช่วงนี้ คือ ความร้อนแฝงในการระเหยนั่นเอง อัตราการอบแห้งในช่วงนี้จึงไม่ขึ้นกับเงื่อนไขภายในวัสดุ แต่ขึ้นกับเงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ทำการอบแห้ง

- ช่วงการอบแห้งที่อัตราเร็วลดลง

ในขั้นตอนนี้เมื่อความชื้นในรูปของเหลวที่วัสดุระเหยหมด เนื่องจากการถ่ายเทของเหลวจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของของเหลวหรือน้ำที่ผิวของวัสดุ ทำให้อัตราการอบแห้งในวัสดุลดลง และเรียกจุดเปลี่ยนอัตราส่วนความชื้นที่อัตราการอบแห้งคงที่ในช่วงที่อัตราการอบแห้งลดลงว่า “อัตราส่วนความชื้นวิกฤติ” วัสดุจึงแห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้นจนสมดุลกับอากาศขาเข้า เรียกอัตราส่วนความชื้นที่จุดนี้ว่า “อัตราส่วนความชื้นสมดุล”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ประเภทของเครื่องอบแห้ง [10-12]

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

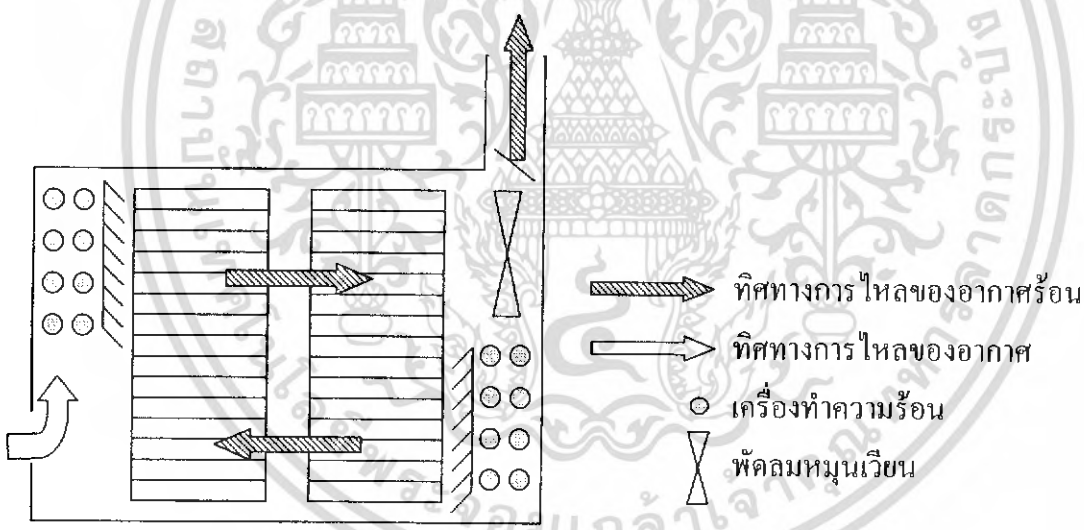
- เครื่องอบแห้งที่ระบบการทำงานแบบต่อเนื่อง (Continuous dryer)
- เครื่องอบแห้งที่ระบบการทำงานแบบกะ (Batch dryer)

เมื่อแบ่งเครื่องตามลักษณะของเครื่องอบแห้งสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.4.3.1 เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer)

หลักการทำงาน

เครื่องทำความร้อนที่ติดตั้งอยู่ที่ทางเข้าของอากาศจะทำให้อากาศร้อนขึ้นก่อน จากนั้นอากาศร้อนจะไหลผ่านวัสดุเปียกที่อยู่บนถาดในเครื่องอบแห้ง เพื่อระเหยของเหลวออกจากวัสดุเปียก หลังจากนั้นอากาศร้อนที่ใช้แล้วประมาณ 10 % จะถูกปล่อยออกจากเครื่องในขณะที่ส่วนที่เหลือจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่โดยผสมกับอากาศใหม่ที่ทางเข้า การอบแห้งในลักษณะนี้ทำให้วัสดุที่อยู่ที่ทางเข้าของอากาศร้อนแห้งเร็วกว่าที่ทางออกของอากาศร้อนซึ่งอากาศร้อนจะไหลขนานหรือตั้งฉากกับถาดบรรจุวัสดุเปียกก็ได้ เครื่องอบแห้งแบบถาดจะไม่สามารถอบแห้งวัสดุเปียกที่กองรวมกันในปริมาณมากๆ ได้ รูปที่ 2.7 แสดงเครื่องอบแห้งแบบถาด



รูปที่ 2.7 เครื่องอบแห้งแบบถาด

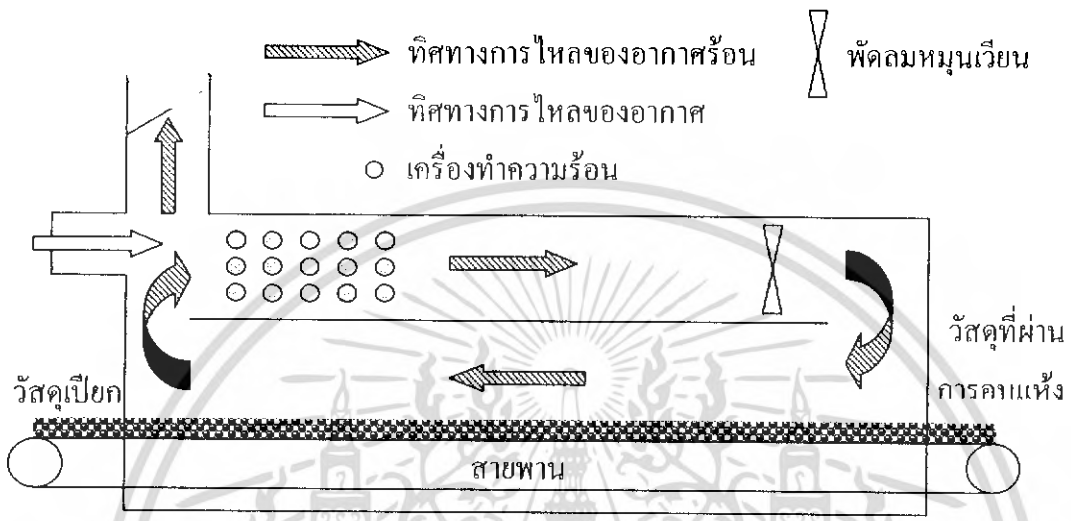
2.4.3.2 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel dryer)

หลักการทำงาน

วัสดุเปียกจะอยู่บนสายพาน และสายพานจะถูกเลื่อนเข้าไปในอุโมงค์ที่มีอากาศร้อนไหลสวนทางกับการเคลื่อนที่ของสายพาน หรือไหลทางเดียวกับวัสดุก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าต้องการอัตราการอบแห้งที่เร็วเพียงใด และวัสดุเปียกสามารถทนต่ออุณหภูมิได้สูงเท่าใด เครื่องอบแห้งชนิดนี้ใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัด เส้นหมี่ รองเท้า และการฟอกหนัง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
72075

ผู้ควบคุมหรือผู้ออกแบบเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ต้องคำนวณหรือพิจารณาตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้รอบคอบ เพราะถ้าพิจารณาไม่ดีจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่ต้องการ ตัวแปรสำคัญ เช่น เวลาที่สายพานเคลื่อนที่ในอุโมงค์ ปริมาณวัสดุเปียกที่อยู่บนสายพาน ปริมาณความชื้นในวัสดุเปียก ความชื้นของอากาศในวันที่ทำการอบแห้ง ความเร็วของอากาศร้อน รูปที่ 2.8 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์



รูปที่ 2.8 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์

2.4.3.3 เครื่องอบแห้งแบบหมุน (Rotary dryer)

หลักการทำงาน

ลักษณะของเครื่องเป็นทรงกระบอกหมุนได้ ทำให้วัสดุเปียกที่อยู่ภายในมีการพลิกตัวอย่างสม่ำเสมอ ทุกส่วนของวัสดุเปียกได้สัมผัสกับอากาศร้อนอย่างทั่วถึง ทรงกระบอกนี้จะวางอยู่ในแนวนอนสูงข้างหนึ่งต่ำข้างหนึ่ง หมุนด้วยแรงขับของมอเตอร์ วัสดุเปียกถูกป้อนเข้าทรงกระบอกด้านสูงก่อนแล้วจะกลิ้งตามการหมุนของทรงกระบอก วัสดุที่แห้งแล้วจะออกทางด้านต่ำ อากาศชื้นจะออกทางด้านสูง ภายในเครื่องอบแห้งยังติดตั้งครีบหรือก้างปลาไว้ภายใน เพื่อให้วัสดุเคลื่อนที่ขึ้นลงและกลับตัวเองได้ดีขึ้น

เครื่องอบแห้งแบบนี้สามารถใช้กับวัสดุที่มีความชื้นสูงถึง 70 % และลดปริมาณความชื้นลงเหลือต่ำกว่า 10 % อุตสาหกรรมที่นิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบหมุน เช่น อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมถลุงแร่ อุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.4 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer)

หลักการทำงาน

เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเหมาะสำหรับวัสดุที่เป็นแผ่นหรือถูกทำให้เป็นแผ่นพร้อมกับการอบแห้ง โดยใช้ไอน้ำไหลผ่านแกนของลูกกลิ้งขนาดใหญ่เป็นแหล่งให้ความร้อน ซึ่งความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผนังของลูกกลิ้งก่อนที่จะถ่ายเทให้กับฟิล์มของของเหลวที่ติดกับผนังลูกกลิ้งด้านนอก ลูกกลิ้งนี้จะหมุนช้าๆ พอครบรอบวัสดุเปียกจะแห้งพอดี ด้านล่างของลูกกลิ้งมีแผ่นโลหะลักษณะคล้ายกับใบมีดวางทาบติดอยู่กับลูกกลิ้ง เพื่อใช้ขูดของแข็งที่เป็นแผ่นให้ลอกออกจากผนังลูกกลิ้ง

เครื่องอบแห้งแบบนี้ใช้งานได้ทั้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว และแบบลูกกลิ้งคู่ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของวัสดุที่จะใช้ดังนี้

- เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมยา
- เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ และอุตสาหกรรมยาง

เพื่อให้สามารถใช้งานของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องคำนึงถึงตัวแปรต่างๆ เช่น ชนิดของผนังลูกกลิ้ง ความเร็วของลูกกลิ้ง ปริมาณความร้อนจากไอน้ำ

2.4.3.5 เครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดฝอย (Spray dryer)

หลักการทำงาน

ป้อนวัสดุเปียกเข้าไปในเครื่องอบแห้งผ่านหัวฉีดที่หมุนด้วยความเร็วรอบสูงประมาณ 10,000 รอบต่อนาที ทำให้ของเหลวแห้งเป็นผงในเวลาไม่นาน วัตถุประสงค์ของการทำงานผ่านหัวฉีด คือ ต้องการให้วัสดุเปียกกลายเป็นละอองเล็กๆ ลอยอยู่ในเครื่องอบแห้งที่มีอากาศร้อนไหลสวนทางขึ้นมา ความร้อนของอากาศจะทำให้ของเหลวระเหยออกได้อย่างรวดเร็ว เมื่อละอองของวัสดุเปียกลอยมาถึงส่วนล่างของเครื่องอบแห้ง จะกลายเป็นผงเล็กๆ แล้วถูกดูดออกจากเครื่องด้วยพัดลมดูด อุตสาหกรรมที่นิยมใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยส่วนมากจะเป็นอุตสาหกรรมอาหาร เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป นมผง เป็นต้น

2.4.3.6 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized-bed dryer)

หลักการทำงาน

มีลักษณะเป็นท่อหรือถังภายในบรรจุด้วยอนุภาคของวัสดุเปียก ที่พื้นของถังจะมีแผ่นรองรับที่เจาะรูพรุนไว้ เพื่อให้สามารถเป่าอากาศร้อนผ่านวัสดุเปียกจากด้านล่าง ถ้าความเร็วถึงระดับหนึ่งวัสดุจะเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวของวัสดุเปียกมีลักษณะเหมือนกำลังแขวนลอยใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศร้อนที่ไหลผ่าน ซึ่งการเคลื่อนไหวของเม็ดของของแข็งมีลักษณะคล้ายของเหลว การที่ชิ้นวัสดุเปียกเปลี่ยนสภาพจากหยุดนิ่งมาเป็นแขวนลอยเรียกว่า การทำให้เกิดของไหล (Fluidization) ส่วนมากผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด จะเป็นเม็ดหรือผงละเอียด เช่น อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมน้ำตาลทราย เป็นต้น

2.4.3.7 เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum dryer)

หลักการทำงาน

เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศใช้อบแห้งภายใต้ภาวะความดันต่ำกว่าบรรยากาศ โดยให้ความร้อนในการอบแห้งทางอ้อม เหมาะสำหรับการอบแห้งวัสดุเปียกประเภทสเลอรี่ (Slurry) หรือวัสดุที่มีลักษณะคล้ายแป้งเปียก ตัวอย่างเครื่องอบแห้งแบบนี้ เช่น เครื่องอบแห้งแบบ vacuum shelf dryer และ agitator pan dryer หรือ agitated vacuum dryer

vacuum shelf dryer เป็นเครื่องอบแห้งแบบให้ความร้อนทางอ้อม ประกอบด้วยส่วนที่เป็น vacuum tight chamber, heated chamber, supporting shelf และ condenser เครื่องอบแห้งแบบนี้ใช้ในการอบแห้งวัสดุที่ใช้ในทางเภสัชกรรม วัสดุที่ถูกออกซิไดส์ง่าย และวัสดุที่ต้องการนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่เนื่องจากตัวทำละลายมีราคาแพง

agitator pan dryer หรือ agitated vacuum dryer เป็นเครื่องอบแห้งแบบไม่ต่อเนื่อง ใช้อบแห้งวัสดุประเภทสเลอรี่ การใช้เครื่องอบแห้งแบบนี้จะสามารถนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ได้

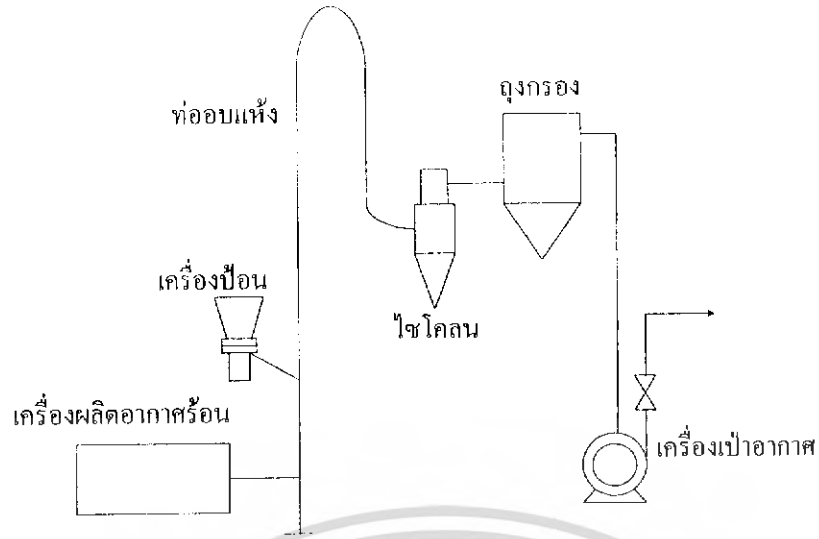
2.4.3.8 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (Pneumatic conveying dryer)

ประเภทของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม แบ่งตามวิธีป้อนวัสดุเปียกเข้าเครื่องอบแห้งได้ดังนี้

- ชนิดป้อนวัสดุเข้าโดยตรง (Direct feed type)

เครื่องอบแห้งชนิดนี้จะไม่ใช้เครื่องกระจายวัสดุ (Disperser) วัสดุเปียกจะถูกป้อนโดยตรงผ่านเข้าในท่ออบแห้ง อากาศร้อนไหลสวนทางขึ้นมาด้วยความเร็ว 20-40 เมตรต่อวินาที อากาศร้อนจะปะทะกับวัสดุเปียกทำให้วัสดุเปียกเกิดการกระจายตัวออกจากกัน เครื่องอบแห้งชนิดนี้จึงเหมาะกับวัสดุที่มีลักษณะเป็นผงซึ่งง่ายต่อการกระจาย รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมชนิดป้อนวัสดุเข้าโดยตรง

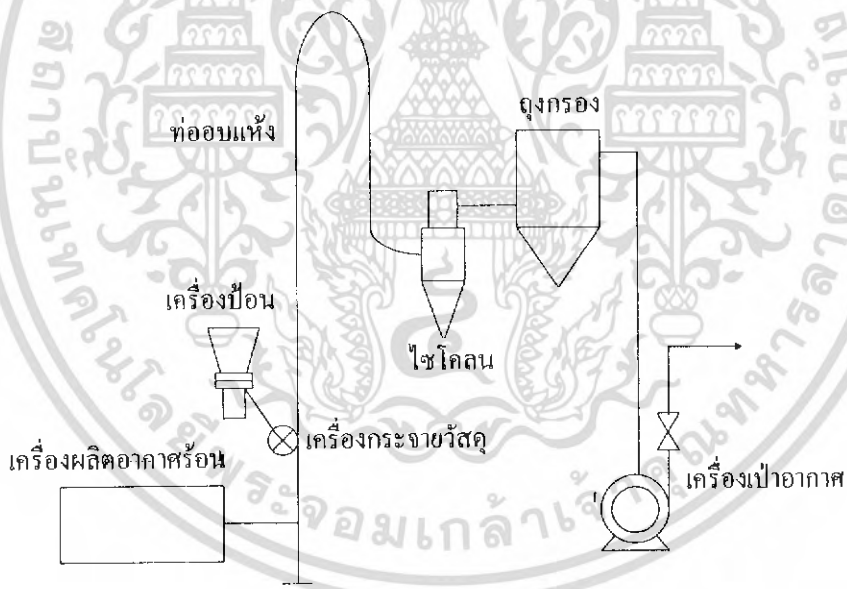
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมชนิดป้อนวัสดุเข้าโดยตรง [10]

- ชนิดมีเครื่องกระจายวัสดุ (Disperser-attached type) ดังรูปที่ 2.10

เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุจะถูกป้อนผ่านเครื่องกระจายวัสดุที่ทำหน้าที่กระจายวัสดุผงที่รวมตัวเป็นก้อนให้แตกออกจากกันก่อนที่จะเข้าท่ออบแห้ง

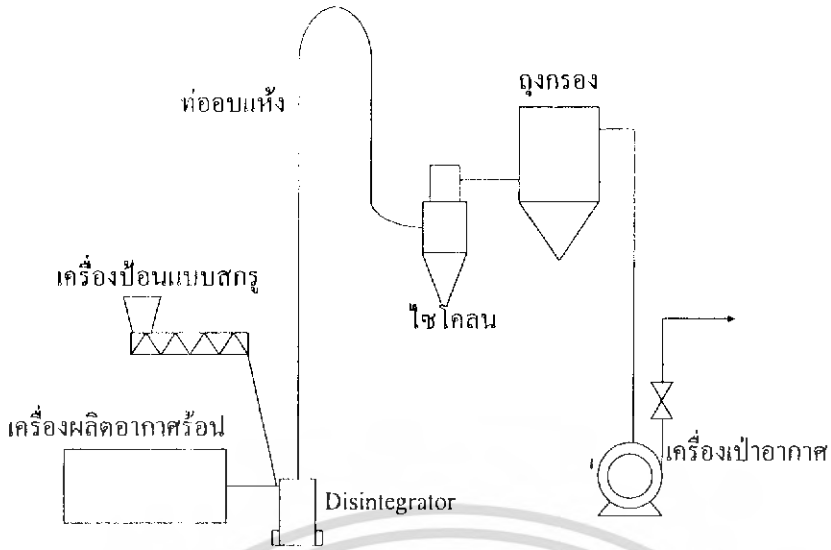


รูปที่ 2.10 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมชนิดมีเครื่องกระจายวัสดุ [10]

- ชนิดมีเครื่อง disintegrator (Disintegrator-attached type)

เครื่องอบแห้งชนิดนี้ใช้เครื่อง disintegrator เพื่อทำให้วัสดุที่ค่อนข้างนิ่มแตกกระจายและผสมวัสดุให้เข้ากับอากาศร้อนได้ดีขึ้น สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงมากและสามารถลดความชื้นได้ 50-80 % ของความชื้นทั้งหมด รูปที่ 2.11 แสดงเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมชนิดมี disintegrator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลมชนิดมี disintegrator [10]

2.4.4 วิธีการเลือกเครื่องอบแห้ง [10]

2.4.4.1 พิจารณารูปทรงของวัสดุอบแห้ง

เครื่องอบแห้งใช้อบแห้งวัสดุหลากหลายชนิดตั้งแต่ เครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก ฉนวนไฟฟ้าแรงดันสูง แบบหล่อไม้ขนาดใหญ่ ตลอดจนวัสดุเป็นแผ่น เส้น เม็ด สเลอรี่ หรือของเหลว จึงต้องมีเครื่องอบแห้งหลายๆ ประเภทสำหรับอบแห้งวัสดุแต่ละชนิดอย่างมีประสิทธิภาพ

การเลือกประเภทเครื่องอบแห้งขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุที่นำมาอบแห้งซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

ก. สารละลายและสเลอรี่
ข. วัสดุที่เช่แข็ง เช่น ยา อาหารผง เป็นต้น
ค. วัสดุคล้ายแป้งเปียก
ง. วัสดุที่เป็นผงและเม็ด
จ. วัสดุที่เป็นก้อน
ฉ. วัสดุที่เป็นสะเก็ด
ช. วัสดุที่เป็นเส้นใยสั้น
ซ. วัสดุที่มีขนาดคงที่
ฌ. วัสดุที่เป็นแผ่นยาว
ญ. สีและของเหลวที่ใช้ทา

วัสดุตั้งแต่ลำดับ ก-ง จะมีสภาพเป็นเม็ด ผง หลังการอบแห้ง ส่วนลำดับที่ จ เป็นต้นไปจะไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ในภาคผนวก ก แสดงการเลือกเครื่องอบแห้ง จำแนกเครื่องอบแห้งตามความเหมาะสมกับรูปแบบของวัสดุเปียก ควรเลือกประเภทเครื่องที่เหมาะสมจากรายชื่อที่ปรากฏใน A ซึ่งเป็นกรณีทั่วไป ส่วนรายชื่อใน B จะเลือกใช้ในกรณีพิเศษเท่านั้น

2.4.4.2 การพิจารณาสมบัติอบแห้งของวัสดุที่ต้องการอบแห้ง

สมบัติการอบแห้งของวัสดุแต่ละประเภทจะแตกต่างกันถึงแม้รูปทรงจะเหมือนกัน สมบัติของวัสดุที่ทำให้การอบแห้งของวัสดุแตกต่างกัน เช่น สมบัติชอบน้ำ (Hydrophilicity) หรือไม่ชอบน้ำ (Hydrophobicity) ของวัสดุ รวมทั้งโครงสร้างของรูพรุนในวัสดุ และถึงแม้ว่าจะเป็นวัสดุประเภทเดียวกันอาจมีสมบัติการอบแห้งแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ถ้ารูปทรงไม่เหมือนกัน

2.3.4.3 การพิจารณาทางวิศวกรรมเครื่องกลของวัสดุอบแห้ง

เนื่องจากรูปทรงของวัสดุมีหลายชนิดจึงจำเป็นต้องพิจารณาทางวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวกับการป้อน การขนส่ง และการถ่ายวัสดุแต่ละชนิดควบคู่กันไป กระบวนการอบแห้งจะมีประสิทธิภาพหรือไม่ขึ้นอยู่กับการทำงานของหน่วยปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องและเทคโนโลยีของหน่วยปฏิบัติการเหล่านี้ กระบวนการอบแห้งจึงเป็น "เทคโนโลยีรวม (Overall technology)" ยกตัวอย่าง เช่น เครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดพ่นฝอย อาศัยหลักการทำงานซึ่งเชื่อมโยงกันระหว่างกระบวนการอบแห้ง กระบวนการทางวิศวกรรมเคมี และวิศวกรรมแขนงอื่น เช่น การเคลื่อนย้ายสเลอรี่ เทคโนโลยีการพ่นฝอย การแพร่กระจายของอากาศร้อนในเครื่องอบแห้ง เตาเผาไหม้ที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตอากาศร้อนที่อุณหภูมิสูง เทคโนโลยีการป้องกันเสียงรบกวนและอื่นๆ ล้วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องอบแห้งประเภทนี้ทั้งสิ้น

2.4.4.4 การพิจารณาเลือกที่ตั้งของเครื่องอบแห้ง

ในการเลือกที่ตั้งของเครื่องอบแห้ง ควรพิจารณาถึงเงื่อนไขทางเศรษฐกิจและเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อมประกอบกัน เงื่อนไขทางเศรษฐกิจส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับแหล่งพลังงานความร้อน และการนำความร้อนทิ้ง (Exhaust heat) กลับมาใช้ประโยชน์ ส่วนเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อมมักจะเกี่ยวข้องกับปัญหาสภาพแวดล้อมที่เกิดจากแก๊สพิษ กลิ่นเหม็น ฝุ่นละอองที่ออกมาจากอากาศร้อนที่ถูกทิ้ง และเสียงรบกวนต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาเงื่อนไขทั้งสองนี้อย่างถี่ถ้วนก่อนการเลือกประเภทเครื่องอบแห้ง

2.4.4.5 การพิจารณามาตรการประหยัดพลังงาน

การอบแห้งต้องใช้พลังงานความร้อนเพื่อระเหยความชื้นออกจากวัสดุอบแห้ง ดังนั้นการศึกษาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบแห้งและวิธีใช้ความร้อนที่สูญเสียไปให้เป็นประโยชน์เพื่อลดค่าใช่จ่ายในการปฏิบัติงานจึงสำคัญมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ในงานวิจัยนี้เนื่องจากไม่สามารถทดลองหาภาวะการอบแห้งเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่เหมาะสมที่ทำให้สามารถเพิ่มกำลังการผลิตโดยความใสและความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กอยู่ในมาตรฐานในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตจริงได้โดยตรง จึงต้องทดสอบหาภาวะการอบแห้งที่เครื่องอบแห้งแบบถาดในห้องปฏิบัติก่อน

2.5 เครื่องวัดค่าการเจาะทะลุ (Penetrometer) [13]

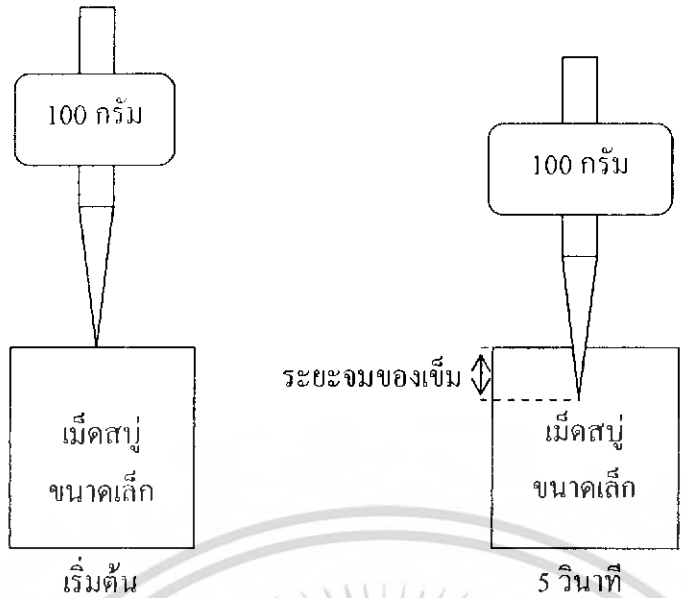
เป็นอุปกรณ์ทดสอบความแข็ง (Hardness) ของวัสดุ โดยการเจาะตัวอย่างวัสดุในแนวดิ่งด้วยเข็มเจาะน้ำหนักมาตรฐาน 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 25 °ซ เวลา 5 วินาที ระยะที่เข็มเจาะสามารถเจาะลงไปในวัสดุได้ เรียกว่า "ระยะจม" ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความแข็งที่ได้

รูปที่ 2.12 เครื่องวัดค่าการเจาะทะลุ [13]

ขั้นตอนการทดสอบความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กด้วยเครื่องวัดค่าการเจาะทะลุ

1. ใส่น้ำหนัก 100 กรัม เหนือเข็มเข็มเจาะ
2. ปรับเข็มบนมาตรวัดให้เท่ากับ 0
3. นำเม็ดสบู่ขนาดเล็กไปไว้บนเครื่องวัดค่าการเจาะทะลุ
4. เลื่อนปลายเข็มเจาะให้สัมผัสกับผิวหน้าเม็ดสบู่ขนาดเล็ก
5. ปล่อยเข็มเจาะเป็นเวลา 5 วินาที
6. วัดระยะจมของเข็มเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

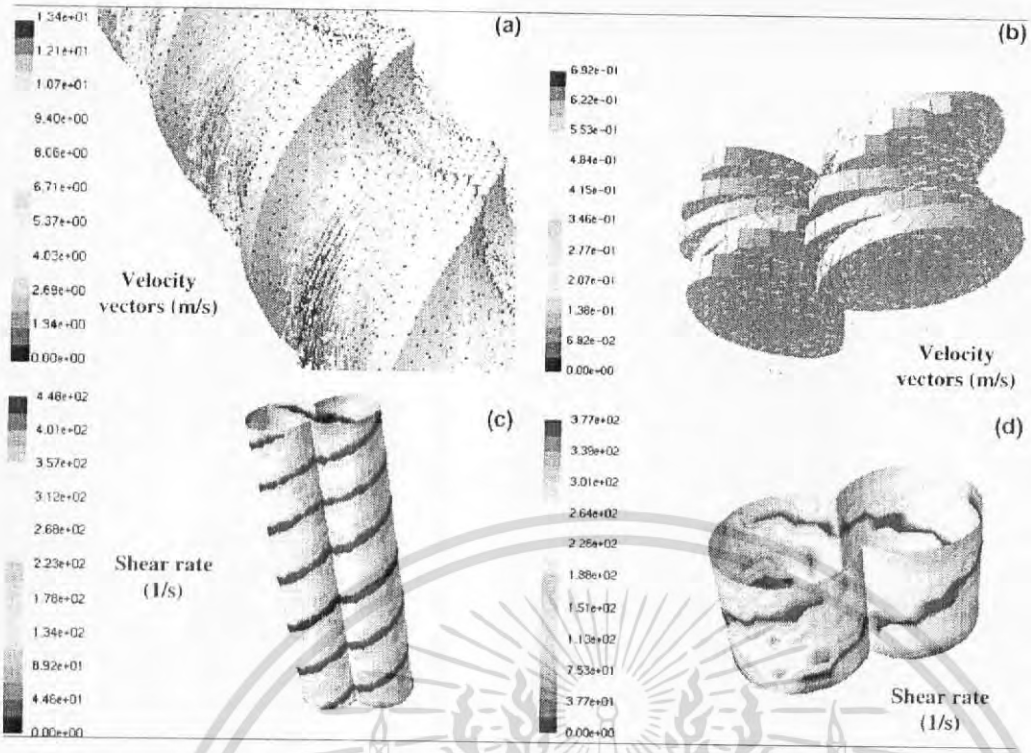


รูปที่ 2.13 การทดสอบความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กด้วยเครื่องวัดค่าการเจาะทะลุ [13]

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Antonio Ficarella และคณะ [15] ทดลองออกแบบภาพจำลองการไหลของวัตถุดิบเพื่อหาพฤติกรรมการไหลของวัตถุดิบที่ถูกอัดรีดภายในเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนสองตัว จากแบบจำลองพบว่าอัตราการไหลของวัตถุดิบที่ทางออกของเครื่องอัดรีดในแต่ละตำแหน่งจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับค่าความดันที่กระทำต่อวัตถุดิบในแต่ละตำแหน่ง ณ เวลานั้น โดยค่าความดันจะขึ้นกับตำแหน่งของเกลียวรอบตัวหนอน เมื่อเกลียวหมุนถึงจุดสูงสุดที่ทางออกจะทำให้ค่าความดัน ณ ตำแหน่งนั้นสูงที่สุด และวัสดุจะมีความเร็วในการไหลมากที่สุดด้วย ซึ่งตำแหน่งที่มีความดันสูงสุดที่ทางออกจะแปรตามกับการหมุนของเกลียวตัวหนอน การกระจายความเร็วและอัตราการเฉือน ของวัตถุดิบในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ แสดงดังรูปที่ 2.14 จากแบบจำลองดังกล่าวทำให้ทราบว่าการตัดวัสดุโดยใช้ใบปาดที่หน้าเครื่องอัดรีดโดยตรงจะไม่สามารถควบคุมขนาดความยาวของวัตถุดิบได้

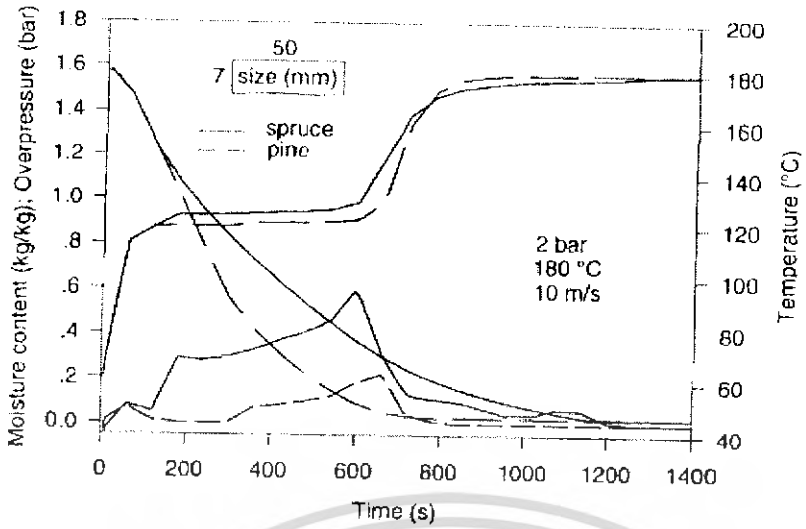
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



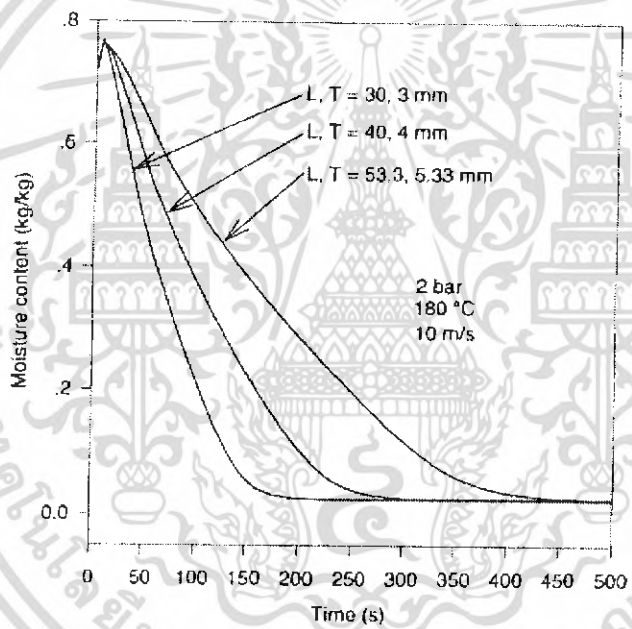
รูปที่ 2.14 การกระจายความเร็วและอัตราการเฉือนของวัตถุดิบในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ [15]

Christian Fyhr และ Anders Ramusan [16] สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการอบแห้งแผ่นไม้โดยใช้ไอน้ำร้อนยิ่งยวด การทดลองนี้จะให้ความสำคัญกับกลไกการแพร่ของความชื้นที่เกิดขึ้นภายในตัววัสดุที่ถูกอบแห้ง พบว่าในการอบแห้งวัสดุ 2 ชนิดซึ่งมีความสามารถในการแพร่ของน้ำไม่เท่ากันจะส่งผลต่ออัตราการอบแห้งของวัสดุดังรูปที่ 2.15 แสดงว่าถ้าอัตราการแพร่ของความชื้นในตัววัสดุดีจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยลง เนื่องจากน้ำจะสามารถแพร่ออกจากภายในวัสดุมาที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุและระเหยออกไปจากวัสดุได้ง่ายกว่าวัสดุที่มีอัตราการแพร่ของน้ำน้อยกว่า นอกจากนี้ขนาดของวัสดุยังมีผลต่ออัตราการอบแห้งของวัสดุดังรูปที่ 2.16 พบว่าวัสดุที่มีขนาดใหญ่จะมีอัตราการอบแห้งที่ช้ากว่าวัสดุที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากพื้นที่ผิวต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของวัสดุขนาดเล็กจะมีมากกว่าวัสดุขนาดใหญ่ นอกจากนี้ระยะทางในการแพร่ของน้ำจากภายในวัสดุไปยังผิววัสดุน้อยกว่าทำให้ระยะเวลาในการแพร่ของน้ำน้อยกว่า ดังนั้นหากไม่สามารถควบคุมขนาดของวัสดุที่เข้าสู่เครื่องอบแห้งได้ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความชื้นไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้มีผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งบางส่วนไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 พฤติกรรมการอบแห้งของชิ้นไม้ที่มีความสามารถในการแพร่ของน้ำต่างกัน [16]

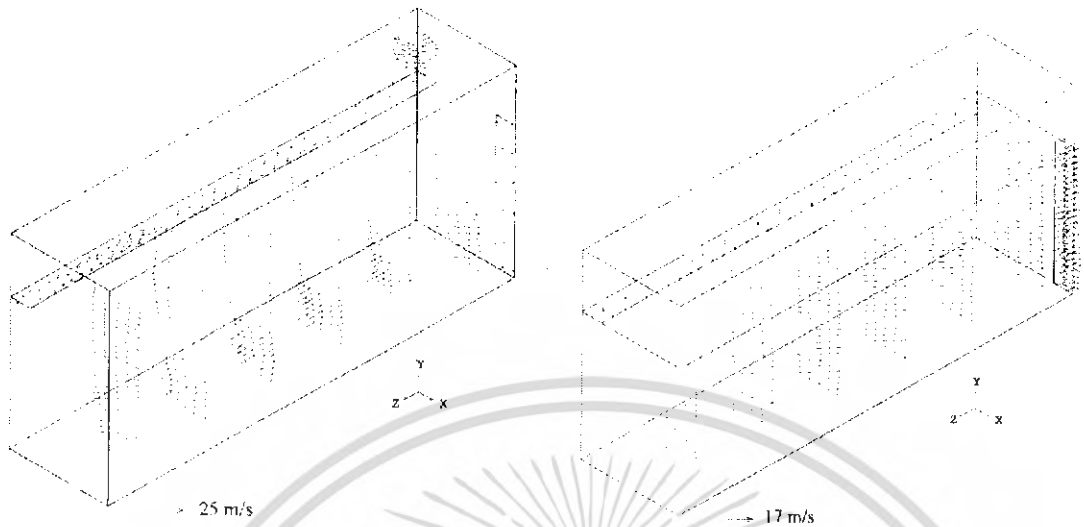


รูปที่ 2.16 เส้นโค้งการอบแห้งของแผ่นไม้ที่มีขนาดแตกต่างกัน [16]

Dionissios P. Margaris และ Adrian-Gabriel Ghiaus [16] ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบถาดโดยปรับปรุงการไหลของอากาศ แต่เนื่องจากเครื่องอบแห้งที่ใช้ศึกษามีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน จึงจำเป็นต้องทำแบบจำลองการไหลของอากาศโดยใช้ computational fluid dynamics (CFD) codes จากแบบจำลองการไหลของอากาศในเครื่องอบแห้งก่อนการปรับปรุง การไหลของอากาศไม่สม่ำเสมอและมีการไหลวนของอากาศในบางบริเวณทำให้เกิดช่องว่างขึ้นที่บริเวณดังกล่าว ซึ่งในช่องว่างนี้อากาศจะไม่มีการเคลื่อนที่ ทำให้ประสิทธิภาพของการอบแห้งในบริเวณดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าบริเวณที่อากาศมีการเคลื่อนที่ดี ดังรูปที่ 2.17 (ก) และภายหลังเมื่อมีการปรับปรุงการปรับช่องการไหลของอากาศระหว่างชั้นของถาดจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไหลของอากาศสม่ำเสมอดังรูปที่ 2.17 (ข) การไหลของอากาศที่ดีขึ้นนี้จะส่งผลให้คุณภาพของวัสดุที่ผ่านการอบแห้งดีขึ้นและลดพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งลง



(ก) (ข)

รูปที่ 2.17 การกระจายความเร็วการไหลของอากาศภายในเครื่องอบแห้ง
(ก) ก่อนการปรับปรุง (ข) ภายหลังการปรับปรุง [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
กระบวนการผลิตสบู่

กระบวนการผลิตสบู่ของบริษัท

การผลิตสบู่ก้อนประกอบด้วยกระบวนการผลิตสบู่ (Soap making process) และกระบวนการบรรจุสบู่ (Soap packing process) ดังรูปที่ 3.1

3.1 กระบวนการผลิตสบู่ ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ

3.1.1 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ แสดงดังรูปที่ 3.2 ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการนี้ คือ เม็ดสบู่ (Soap chips) เพื่อนำไปป้อนให้แก่กระบวนการบรรจุสบู่ต่อไป กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

- การผลิตเกล็ดสบู่ (Neat soap making)
- การผลิตเม็ดสบู่ (Soap chip making)

รูปที่ 3.3 แสดงกระบวนการลดความชื้นของเกล็ดสบู่

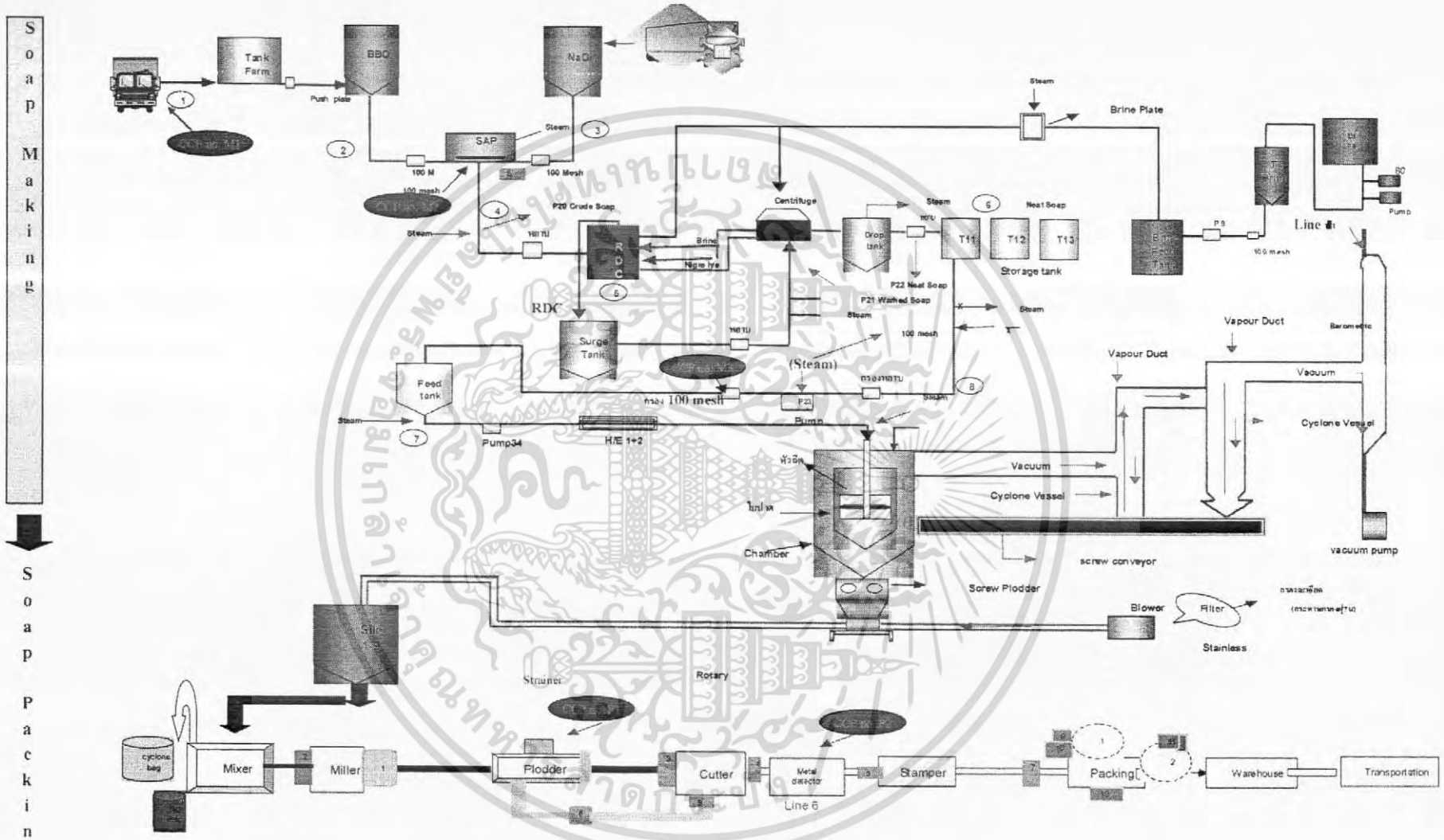
3.1.2 กระบวนการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์ (Refined glycerine process) แสดงดังรูปที่ 3.4 กลีเซอรีนบริสุทธิ์ที่ได้จากกระบวนการนี้จะส่งออกขาย

3.1.1 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่

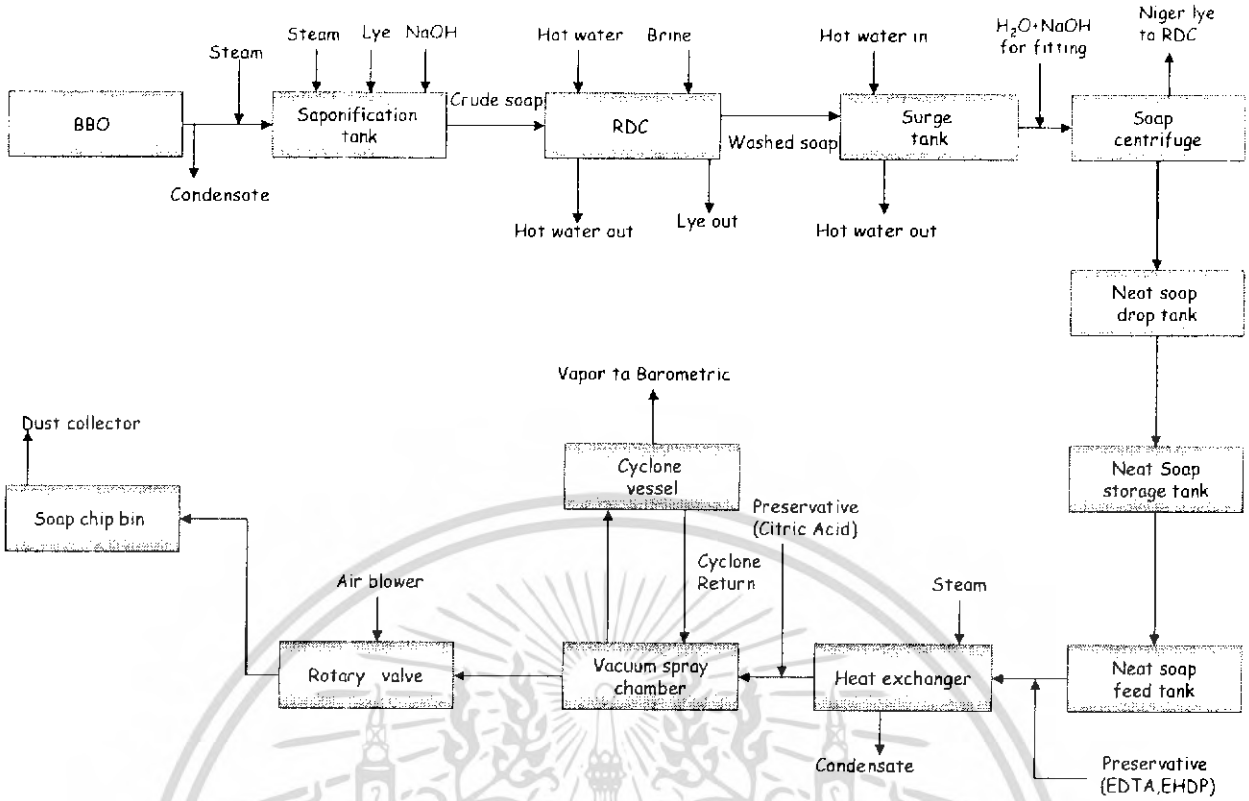
จากรูปที่ 3.2 น้ำมันพืชถูกส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ (Shell and tube heat exchanger) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ และผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เกิดปฏิกิริยาสะปอนิฟิเคชั่นในถังผสม (Saponification tank) ที่ใช้ไอน้ำให้ความร้อนจนได้สบู่เหลว (Crude soap)

สบู่เหลวจะถูกส่งเข้าด้านล่างของ Rotating Disk Contractor (RDC) เพื่อสกัดกลีเซอรีนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (By-product) จากกระบวนการผลิตสบู่ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ไหลสวนทางจากด้านบนของหอ RDC สบู่ที่ผ่านการล้าง (Washed soap) จะลอยขึ้นและออกทางด้านบนของหอ RDC เข้าถังพักสบู่ (Surge tank) ที่หอ RDC นี้ใช้น้ำเพื่อควบคุมสภาวะในการแยกชั้นของสบู่ที่ผ่านการล้างกับน้ำลีย์ (Lye water) จึงมีของเหลวผลควบแน่น (Condensate) น้ำลีย์ คือ ส่วนที่ออกจากด้านล่างของหอ RDC มีองค์ประกอบ คือ กลีเซอรีน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ น้ำลีย์จะถูกนำไปรวมไว้ในถังเก็บน้ำลีย์ (Lye tank) เพื่อส่งไปกระบวนการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนภาพกระบวนการผลิตสบู่ [14]

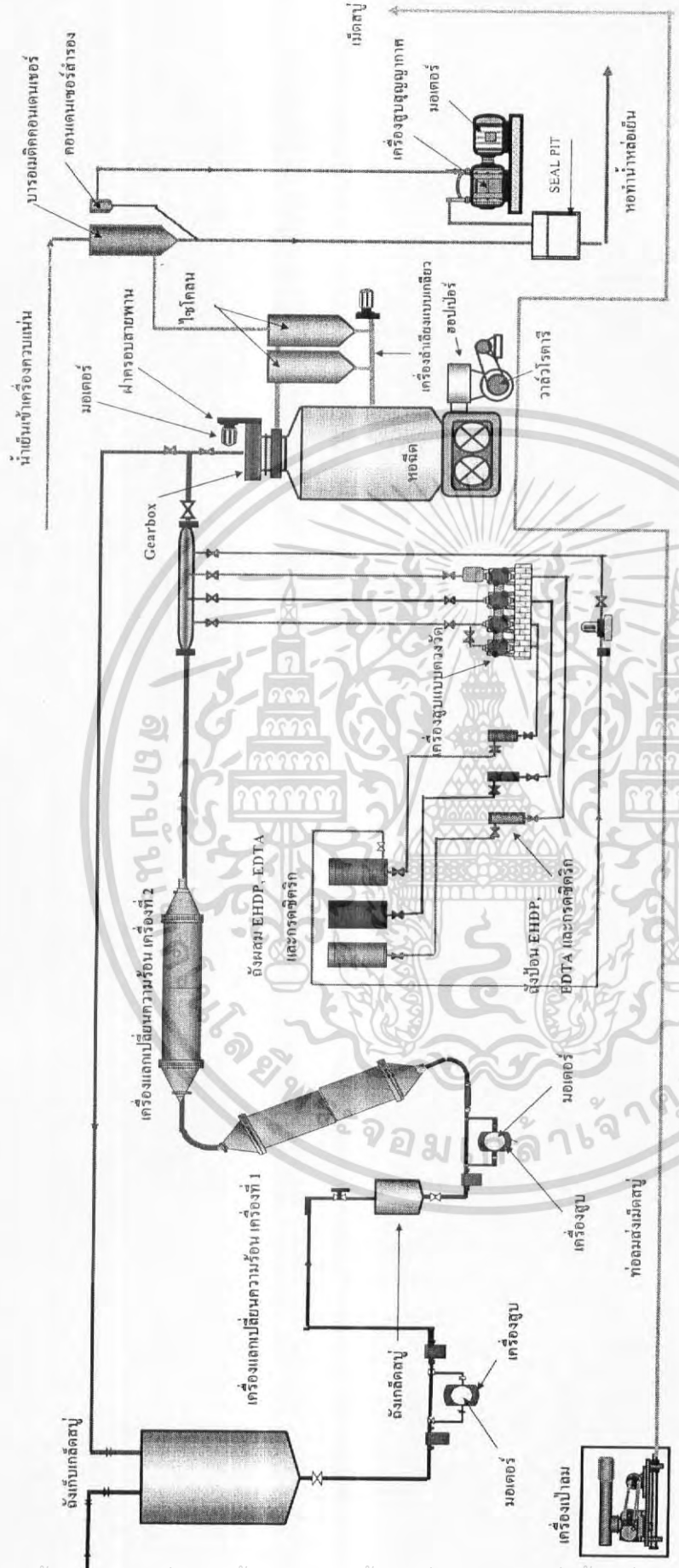


รูปที่ 3.2 แผนภาพกระบวนการการผลิตเม็ดสบู่ [14]

สบู่ที่ผ่านการล้างแล้วจากถังพักสบู่จะถูกส่งเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) เพื่อแยกเนื้อสบู่ออกจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ หลังจากผ่านเครื่องหมุนเหวี่ยงสบู่จะข้นขึ้นเป็น paste เรียกว่า เกล็ดสบู่ (Neat soap) และจะถูกส่งไปถังเก็บเกล็ดสบู่ (Neat soap tank) ที่มีของเหลวผลควบแน่นเป็นตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อป้องกันเกล็ดสบู่แข็งตัว

จากรูปที่ 3.3 เกล็ดสบู่จากถังเก็บเกล็ดสบู่จะถูกส่งเข้า feed tank และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 2 เครื่อง และจะเติม ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) และ ethane-1-hydroxy-1, 1-diphosphonate หรือ terpinal (EHDP) เพื่อจับโลหะที่อาจมีปนเปื้อน และเติมสารละลายกรดซิตริกเพื่อควบคุมความเป็นกรด-เบส หลังจากนั้นเกล็ดสบู่จะถูกส่งเข้าหอฉีด (spray chamber) ด้วยหัวฉีด (Nozzle) ที่มีภาวะการทำงานเป็นสุญญากาศโดยใช้เครื่องสูบสุญญากาศ (Vacuum pump) ดูดความชื้นออกจากเกล็ดสบู่ เกล็ดสบู่ที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นนี้จะถูกส่งเข้าเครื่องอัดรีดเพื่อทำให้เป็นเส้นสบู่ (Soap noodle) และถูกตัดเป็นเม็ดสบู่ (Soap chips) ด้วยใบปาด และส่งต่อไปกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนและกระบวนการบรรจุสบู่ต่อไป

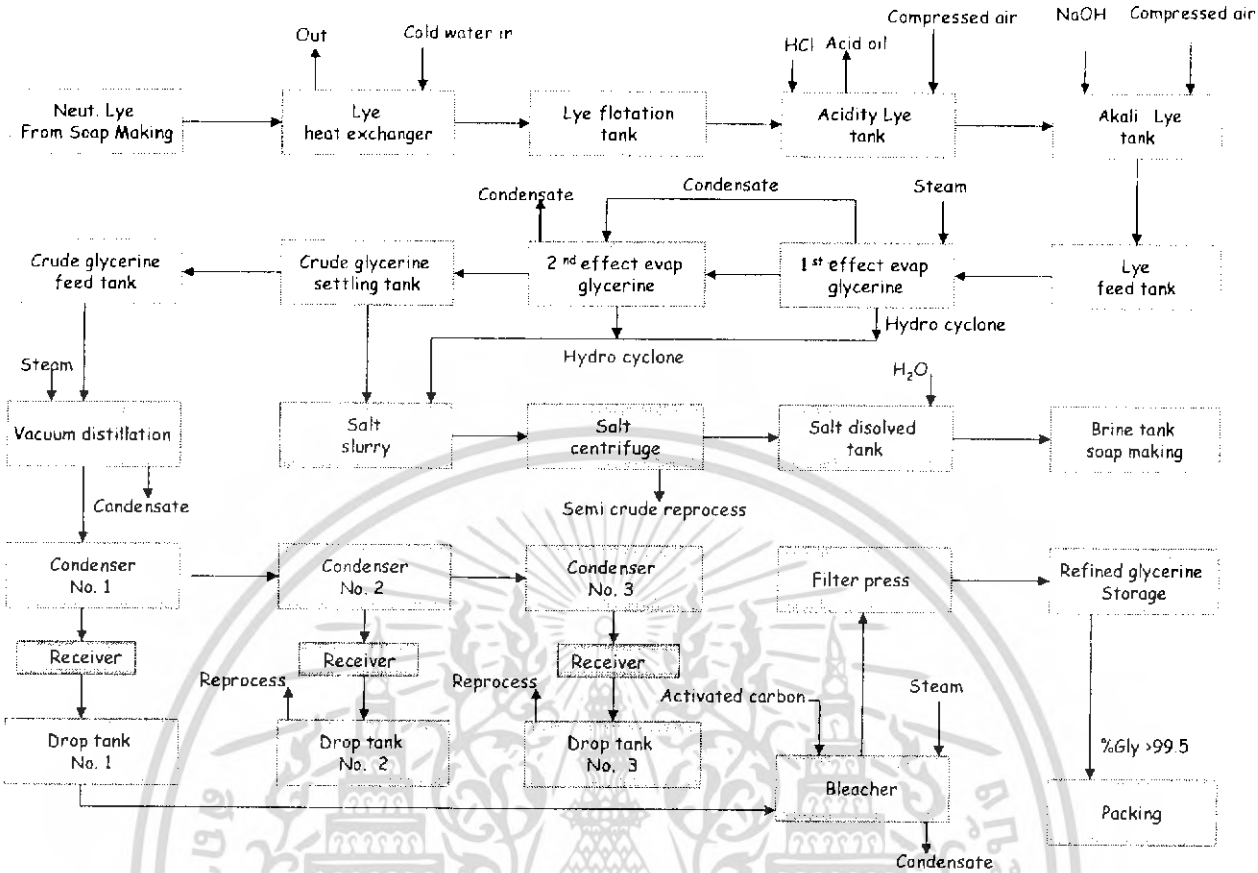
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนภาพกระบวนการลดความชื้นของเกล็ดสบู่ [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 กระบวนการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์



รูปที่ 3.4 แผนภาพการทำกลีเซอรีนบริสุทธิ์ [14]

จากรูปที่ 3.4 น้ำลีย์ที่ถังเก็บจะถูกส่งไปถังตกตะกอน (Lye settling tank) จากนั้นจะเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิ และจะเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเพื่อแยกกรดไขมันออก เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-เบส จากนั้นจะถูกส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ และส่งเข้าเครื่องระเหยแบบ 2-effect evaporator เพื่อระเหยน้ำออกที่ความดันบรรยากาศได้กลีเซอรีนดิบ (Crude glycerine) ส่วนสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ออกจากด้านล่างของเครื่องระเหยจะถูกส่งเข้าไฮโดรไซโคลนเพื่อแยกโซเดียมคลอไรด์ออก และทำเป็นสารละลายส่งกลับเข้าด้านบนของหอ RDC เพื่อใช้สกัดกลีเซอรีนและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

กลีเซอรีนดิบจะถูกป้อนเข้าหอกลั่นกลีเซอรีนและเพิ่มอุณหภูมิจนถึงจุดเดือดภายใต้ความดันสุญญากาศ กลีเซอรีนจะกลายเป็นไอลอยขึ้นด้านบนและเข้าเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 1 กลีเซอรีนส่วนที่ไม่ควบแน่นจะถูกส่งต่อเข้าเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 2 และ 3 ตามลำดับ กลีเซอรีนที่ได้จากเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 2 และ 3 จะถูกส่งกลับเข้าหอกลั่นอีกครั้งเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ ส่วนกลีเซอรีนที่ได้จากเครื่องควบแน่นเครื่องที่ 1 จะถูกส่งเข้าถังฟอกสี (Bleacher) ที่มีคาร์บอนกัมมันต์ เพื่อกำจัดสีและกลิ่น จากนั้นจะถูกส่งเข้าเครื่องกรอง (Filter press) เพื่อกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

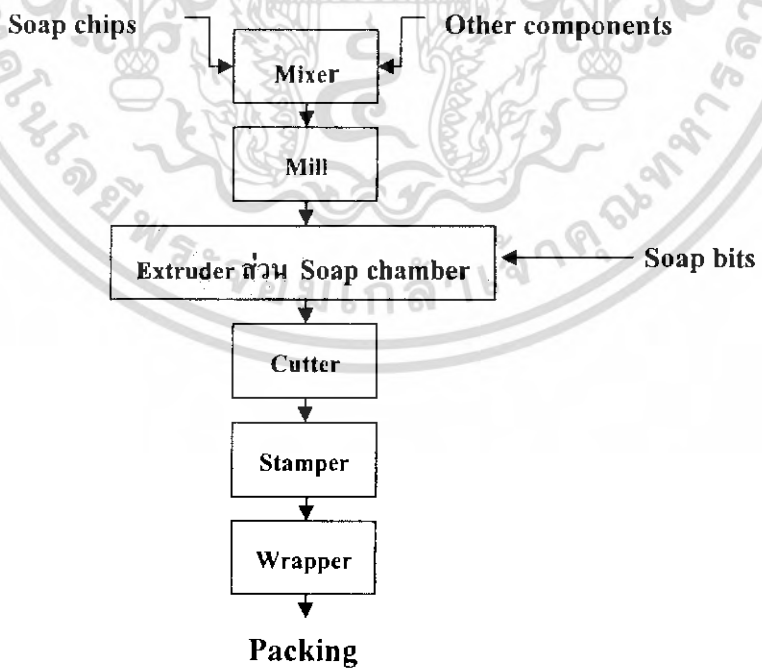
สิ่งปนเปื้อน และได้กลีเซอรีนที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อส่งขาย แต่เนื่องจากกลีเซอรีนบริสุทธิ์มีราคาถูกจึงได้มีการเพิ่มมูลค่าโดยการนำมาผสมในเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

3.2 กระบวนการบรรจุสบู่ แสดงในรูปที่ 3.1

soap noodle ที่ถูกตัดเป็นเม็ดสบู่แล้วจะถูกส่งเข้าผสมกับเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่กระบวนการขึ้นรูปสบู่ถ้าเป็นสบู่ก้อนชนิดที่มีการผสมเม็ดสบู่ขนาดเล็ก และทำเป็นสบู่ก้อนส่งเข้ากระบวนการบรรจุ

3.2.1 กระบวนการขึ้นรูปสบู่ ขั้นตอนแสดงในรูปที่ 3.5

เม็ดสบู่และส่วนผสมต่างๆ เช่น สี น้ำหอม จะถูกผสมในถังผสมตามเวลาและสัดส่วนที่กำหนดไว้สำหรับสบู่ก้อนแต่ละชนิด จากนั้นจะส่งเข้าเครื่องบด (Mill) เพื่อผสมให้เป็นเนื้อเดียวและส่งเข้าเครื่องอัดรีดที่ใช้น้ำหล่อเย็นป้องกันสบู่ติด สภาวะที่เครื่องอัดรีดทำสุญญากาศเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศในเนื้อสบู่ เครื่องอัดรีดประกอบด้วยส่วน pre-plodder, soap chamber และ final plodder เนื้อสบู่ที่เข้า pre-plodder จะถูกอัดผ่านตะแกรงและกรองสิ่งปนเปื้อนที่อาจมีออกแล้วจะถูกตัดโดยใบปาดและส่งเข้า soap chamber ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีการเติมเม็ดสบู่ขนาดเล็กถ้าเป็นผลิตภัณฑ์สบู่ก้อนชนิดที่มีการผสมเม็ดสบู่ขนาดเล็ก (ในโครงงานนี้จะศึกษาสัดส่วนของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่เติมด้วย) และส่งเข้า final-plodder เพื่ออัดเป็นแท่งสบู่ผ่าน eyes plate ที่ตำแหน่งนี้จะมีเครื่องทำความร้อนเพื่อให้ผิวสบู่ที่ได้เรียบ จากนั้นแท่งสบู่จะถูกตัดเป็นก้อน และเข้าเครื่องตีตราสบู่ (Stamper) เศษสบู่ที่เหลือจากเครื่องตีตราจะถูกส่งกลับเข้า pre-plodder สบู่ก้อนที่ได้จะเข้าเครื่องบรรจุแบบห่อหรือแบบกล่องจากนั้นจะถูกบรรจุลงหีบและส่งขาย

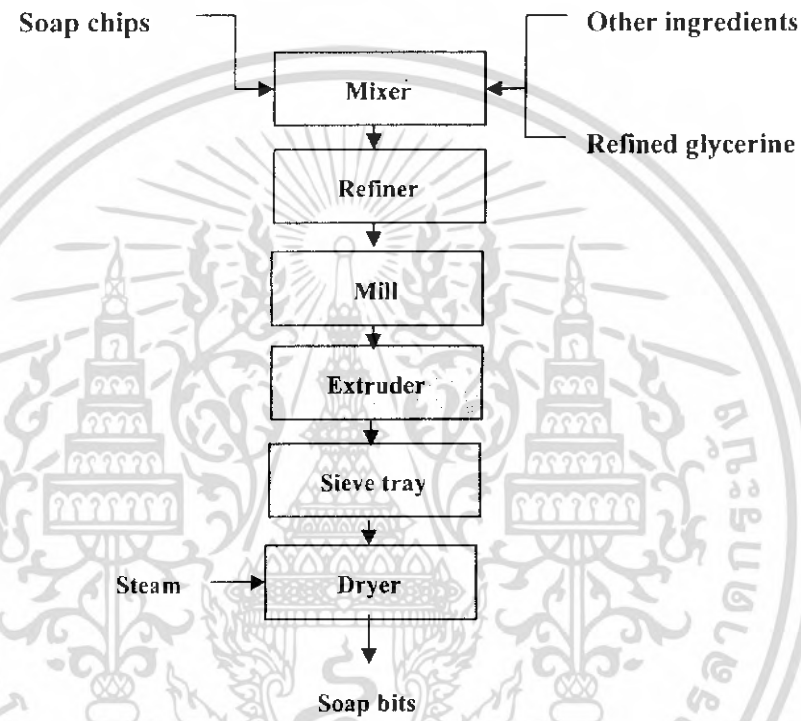


รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการขึ้นรูปสบู่ที่มีการผสมเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กแสดงดังรูปที่ 3.6 เริ่มจากการเตรียมส่วนผสมในเครื่องผสม ซึ่งประกอบด้วย เนื้อสบู่ กลีเซอรีน น้ำ และสารเคมีอื่นๆ จากนั้นส่วนผสมจะถูกอัดให้แน่นด้วย refiner แล้วส่งเข้าเครื่องบดเพื่อบดให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วส่งเข้าเครื่องอัดรีดและตัดด้วยใบปาด จากนั้นจะถูกร่อนด้วยตะแกรงและจะถูกส่งเข้าเครื่องอบแห้งและทิ้งไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อให้โมเลกุลของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเรียงตัวให้ได้ความใสที่ต้องการก่อนจะนำไปผสมกับเนื้อสบู่ธรรมดาในการผลิตสบู่ก้อนที่ผสมเม็ดสบู่ขนาดเล็ก



รูปที่ 3.6 กระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

หมายเหตุ ส่วนที่ศึกษา คือ เครื่องผสม เครื่องอัดรีด และเครื่องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การดำเนินงานและผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การหาปัจจัยและกระบวนการที่มีผลต่อขนาด ความแข็ง และความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

เม็ดสบู่ขนาดเล็กเป็นของผสมของเนื้อสบู่ กลีเซอรีน สารเติมแต่ง และน้ำ ประกอบด้วย 2 วัฏภาค คือ ของเหลวและของแข็ง ความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็กขึ้นกับความแตกต่างของค่าดัชนีการหักเหของแสงระหว่าง 2 วัฏภาค ซึ่งค่าดัชนีการหักเหของแสงในแต่ละวัฏภาคขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำหรือความชื้น เม็ดสบู่ขนาดเล็กจะใสเมื่อปริมาณน้ำในทั้งสองวัฏภาคมีค่าใกล้เคียงกัน โดยปกติในวัฏภาคของเหลวจะมีปริมาณน้ำมากกว่าในวัฏภาคของแข็ง ในกระบวนการผลิตเนื้อเม็ดสบู่ขนาดเล็กจึงต้องพยายามทำให้ปริมาณน้ำหรือความชื้นในทั้งสองวัฏภาคใกล้เคียงกันเพื่อความสวยงามเมื่อผสมเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีความใสในสบู่ก้อน นอกจากนี้ปริมาณน้ำยังมีผลต่อความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก กระบวนการที่สามารถควบคุมปริมาณน้ำในเนื้อของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก ซึ่งมีผลต่อความใสและความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก คือ

1. กระบวนการผสม

ในกระบวนการผสมจะมีการเติมน้ำลงไปในวัตถุดิบ ดังนั้นวัฏภาคของแข็งจะถูกละลายมาอยู่ในวัฏภาคของเหลว ทำให้ค่าดัชนีการหักเหของแสงในวัฏภาคของเหลวมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าดัชนีการหักเหของแสงในวัฏภาคของแข็งมีค่าลดลง จึงทำให้ค่าดัชนีการหักเหของแสงของทั้งสองวัฏภาคมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นถ้าเติมน้ำในปริมาณที่เหมาะสมเนื้อของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ได้จะใส

2. กระบวนการอบแห้ง

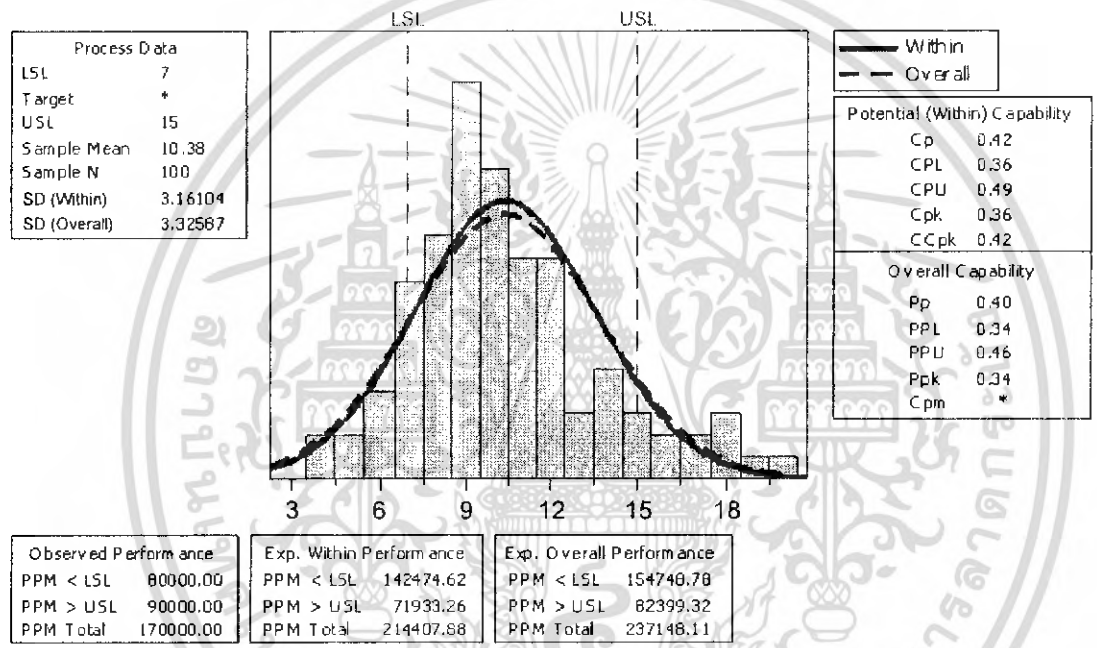
กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่ลดปริมาณน้ำหรือความชื้นในวัฏภาคทั้งสองลง แต่เนื่องจากวัฏภาคของเหลวจะมีปริมาณน้ำมากกว่าในวัฏภาคของแข็ง น้ำจึงระเหยออกมาได้เร็วและง่ายกว่า ปริมาณน้ำในวัฏภาคของเหลวจึงลดลงมากกว่าของแข็ง ทำให้ค่าดัชนีการหักเหของแสงในวัฏภาคของเหลวมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าดัชนีหักเหของแสงในวัฏภาคของเหลวจึงมีค่าใกล้เคียงกับในของแข็ง ทำให้เม็ดสบู่ขนาดเล็กใส

ปริมาณน้ำหรือความชื้นมีผลต่อค่าความแข็งของเนื้อเม็ดสบู่ขนาดเล็กเนื่องจากน้ำจะทำให้เนื้อเม็ดสบู่ขนาดเล็กอ่อนตัวลง ซึ่งถ้ามีปริมาณน้ำในเนื้อเม็ดสบู่ขนาดเล็กมาก จะทำให้ค่าความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กลดลง ถ้าค่าความแข็งน้อยเกินไปผลเมื่อนำเม็ดสบู่ขนาดเล็กไปผสมลงในสบู่ก้อนเม็ดสบู่ขนาดเล็กจะยืดออกและไม่สวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลในกระบวนการอบแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิ และเวลา และการกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก ซึ่งเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ผลิตได้มีการกระจายขนาดอยู่ในช่วง 4-20 มม. แต่ค่ามาตรฐานคือ 7-15 มม. ดังแสดงในรูปที่ 4.1 คาดว่าการที่การกระจายขนาดกว้างเพราะการตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ทำอยู่จะตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กในช่วงท้ายของเครื่องอัดรีดซึ่งมีความดันบนหน้าตัดในแต่ละจุดไม่เท่ากัน

นอกจากนี้วิธีการตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กดังกล่าวทำให้ต้องจำกัดกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงไม่สามารถผลิตได้พอที่จะใช้ในการผลิตสบู่ก้อน แต่เมื่อเพิ่มกำลังการผลิตสูงกว่านี้จะต้องใช้ความดันสูงขึ้นเพื่อดันเนื้อสบู่ ทำให้เม็ดสบู่ที่ถูกตัดมีความยาวมากเกินไปและไม่สวยงามเมื่อนำไปผสมในสบู่ก้อน

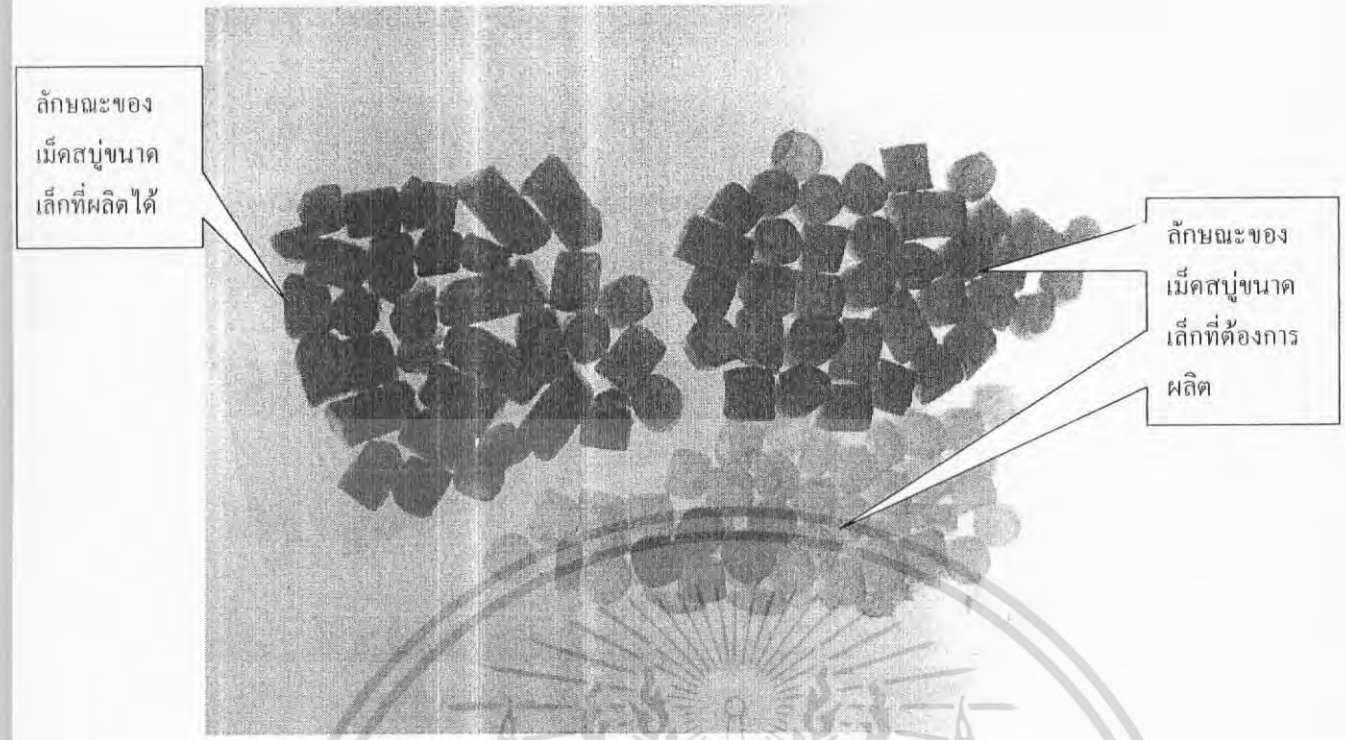


รูปที่ 4.1 การกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กก่อนปรับปรุงวิธีการตัด

พบว่าการตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กในช่วงท้ายของเครื่องอัดรีดจะมีเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีความยาวไม่ได้มาตรฐานจำนวน 24% ของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ผลิตได้ทั้งหมด

รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบความใสและขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ผลิตได้กับเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่นำเข้า พบว่าเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ผลิตได้มีความใสน้อยกว่าและมีการกระจายขนาดกว้างกว่า ซึ่งมีปัญหาเมื่อนำไปใช้ผสมในการผลิตสบู่ก้อนเพราะจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่สวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



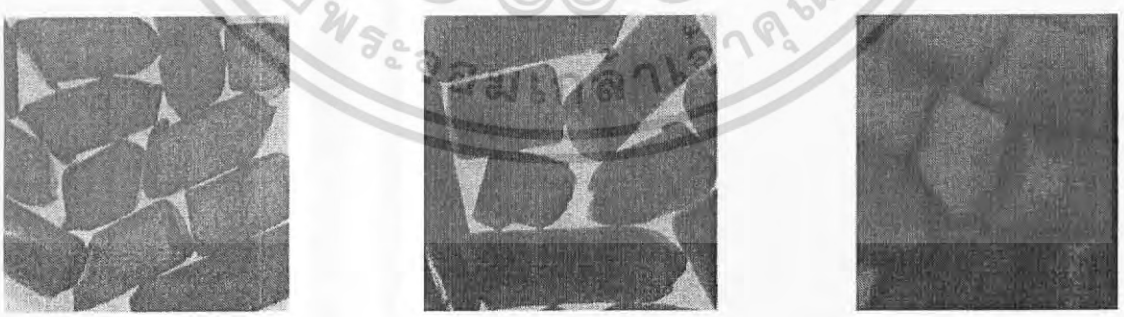
รูปที่ 4.2 ความใสและขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กจากกระบวนการผลิตของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา กับเม็ดสบู่ขนาดเล็กนำเข้าที่คุณภาพได้มาตรฐาน

4.2 มาตรฐานสำหรับเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

4.2.1 ความใส

มาตรฐานความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็กมี 3 ลักษณะ ดังรูปที่ 4.3 คือ

- ความใสมาตรฐาน (Standard)
- ความใสที่ยอมรับได้ (Accept)
- ความใสที่ไม่ได้มาตรฐาน (Defect)



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.3 มาตรฐานความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก (ก) ความใสมาตรฐาน (ข) ความใสที่ยอมรับได้ (ค) ความใสที่ไม่ได้มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มาตรฐานความใสผ่านการยอมรับได้จากการสุ่มตรวจเม็ดสบู่ขนาดเล็ก 100 ตัวอย่าง จากถุงบรรจุขนาด 400 กก. ต้องมีจำนวนเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ความใสที่ไม่ได้มาตรฐานต่ำกว่า 10 ตัวอย่าง

4.2.2 ความแข็ง

เม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ความแข็งผ่านการยอมรับต้องมีความแข็งเฉลี่ยก่อนผสมในสบู่ก้อนเป็นระยะจม 3.6-4.5 มม. เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดค่าการเจาะทะลุ (Penetrometer) โดยการสุ่มตรวจเม็ดสบู่ขนาดเล็ก 10 ตัวอย่างจากถุงบรรจุขนาด 400 กก.

4.2.3 ขนาด

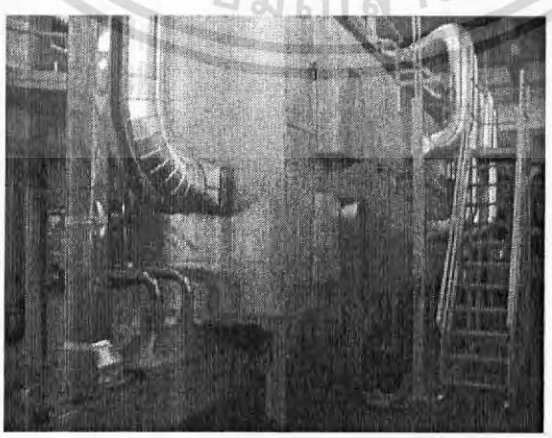
เม็ดสบู่ขนาดเล็กต้องมีความยาวอยู่ในช่วง 7-15 มม.

4.3 การควบคุมปริมาณความชื้นในกระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

การควบคุมปริมาณความชื้นในกระบวนการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กทำได้ 2 วิธี คือ

1. ควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ระหว่างการผสมวัตถุดิบที่เครื่องผสม แต่เนื่องจากปริมาณความชื้นรวมของเนื้อเม็ดสบู่ขนาดเล็กเปลี่ยนแปลงอย่างมากตามปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ ได้แก่ เนื้อสบู่และปริมาณน้ำที่เติมระหว่างการผสมเนื้อเม็ดสบู่ขนาดเล็ก ซึ่งพนักงานที่ทำหน้าที่ผสมจะเป็นผู้กำหนดปริมาณน้ำตามสัดส่วนกำหนดเบื้องต้นจากประสบการณ์ โดยประมาณดูจากความใสของเนื้อเม็ดสบู่ขนาดเล็ก ทำให้ปริมาณความชื้นในเม็ดสบู่ขนาดเล็กหลังการผสมเนื้อเม็ดสบู่ขนาดเล็กจากแต่ละกะในเครื่องผสมมีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างมาก ดังนั้นจึงไม่ควบคุมปริมาณความชื้นในการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กด้วยวิธีนี้

2. ควบคุมปริมาณความชื้นในกระบวนการอบแห้งที่เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 4.4 แต่เนื่องจากไม่สามารถทดลองหาภาวะการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิและเวลาการอบแห้ง เพื่อควบคุมปริมาณความชื้นในเม็ดสบู่ขนาดเล็กด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์เพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง จึงทดลองหาตัวแปรการอบแห้งที่เครื่องอบแห้งแบบถาดก่อน



รูปที่ 4.4 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์สำหรับอบแห้งเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

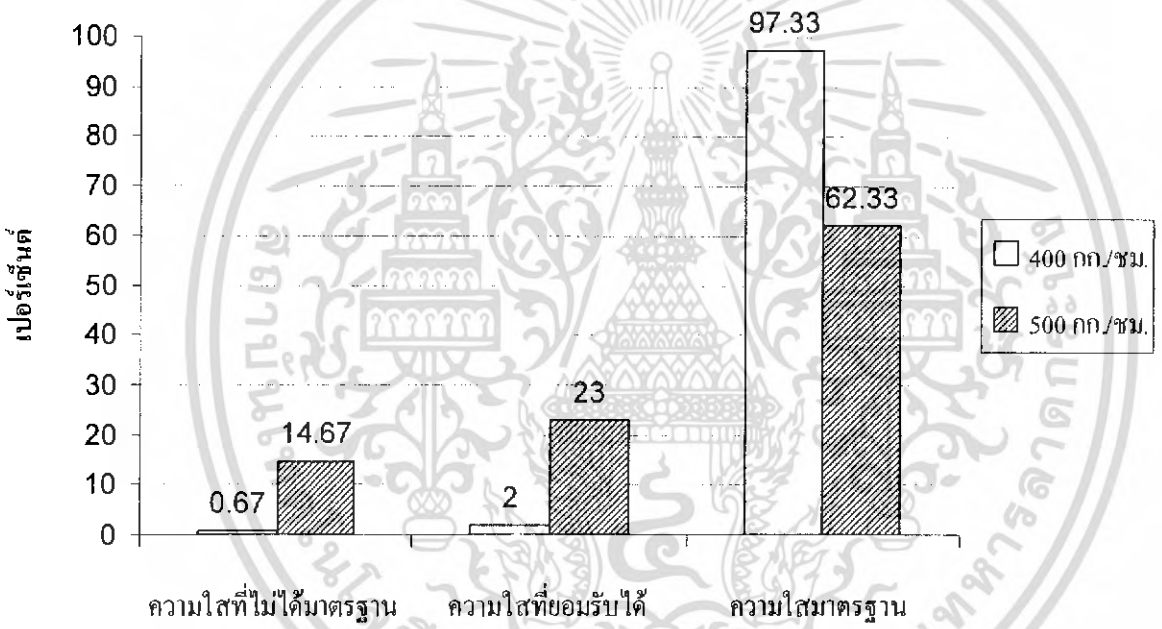
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ปัญหาที่พบเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

4.4.1 ปริมาณของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีความใสไม่ได้มาตรฐานมีค่าเพิ่มขึ้น

เมื่อใช้ภาวะการอบแห้งที่ใช้อยู่ในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ คือ อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ที่กำลังการผลิต 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีค่าความใสไม่ได้มาตรฐาน มีจำนวน 0.67 % จากตัวอย่าง 1 กิโลกรัม และมีค่าความแข็งเฉลี่ยซึ่งแสดงด้วยระยะจมที่วัดด้วยเครื่องวัดการเจาะทะลุเมื่อเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 5.3 มม. ดังตารางที่ ข.1 ภาคผนวก ข

เมื่อเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าค่าความแข็งเฉลี่ยของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากัน แต่ปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีค่าความใสไม่ได้มาตรฐานมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 14.67 % ดังรูปที่ 4.5 (รายละเอียดแสดงดังตาราง ค.1 ภาคผนวก ค)



รูปที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์ของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ความใสต่างๆ ที่กำลังการผลิต 400 และ 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

4.4.2 เม็ดสบู่ขนาดเล็กมีความยาวเกินค่ามาตรฐาน และการกระจายขนาดกว้างขึ้น

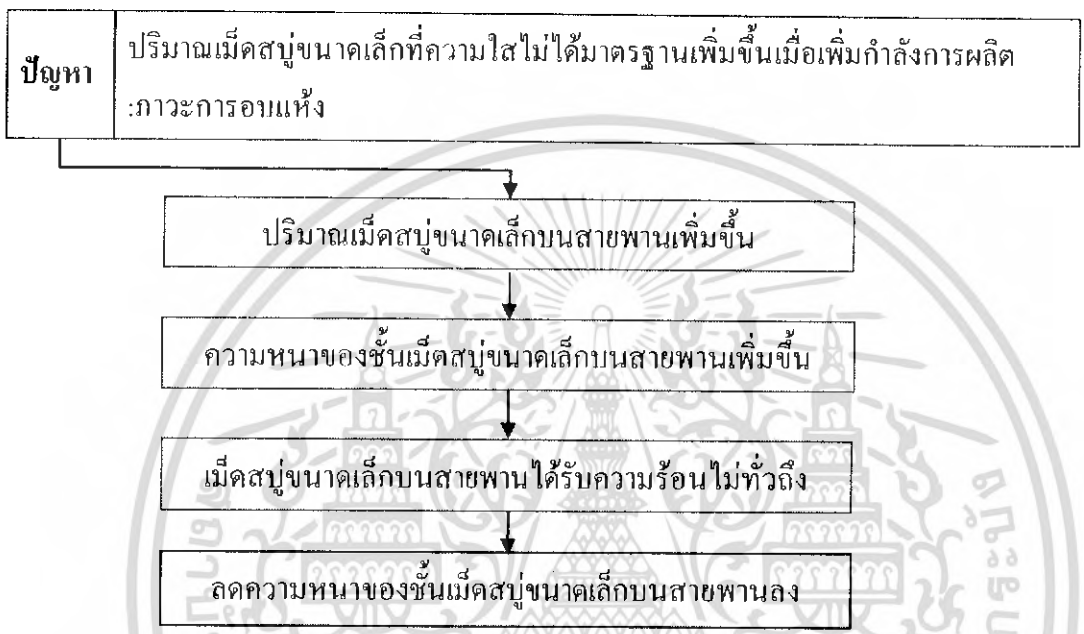
เมื่อเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กจาก 400 เป็น 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่าเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ได้จากการตัดด้วยเครื่องตัดแบบใบปาดในดอนท้ายของเครื่องอัดรีดที่ไม่ติดตั้งกรวยรวมความดัน ที่มีขนาดยาวเกินค่าความยาวมาตรฐาน คือ 7-15 มม. มีจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การแก้ไขปัญหาเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กให้เพียงพอสำหรับการผลิตสบู่ก้อน

4.5.1 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภาพทำไม –ทำไม (Why-Why analysis) เพื่อหาสาเหตุและวิธีลดปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีค่าความใสไม่ได้มาตรฐานเมื่อเพิ่มกำลังการผลิต

รูปที่ 4.6 แสดงการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภาพทำไม –ทำไม เพื่อหาสาเหตุที่ปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีค่าความใสไม่ได้มาตรฐานเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มกำลังการผลิตและวิธีการแก้ปัญหา

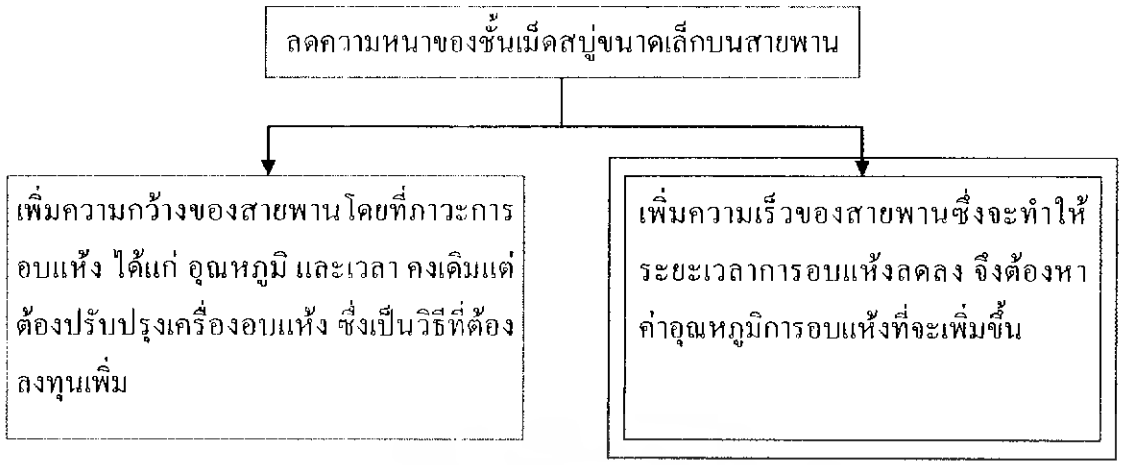


รูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภาพทำไม –ทำไม

เมื่อเพิ่มกำลังการผลิตพบว่าความหนาของชั้นเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่อยู่บนสายพานจะเพิ่มขึ้น ทำให้เม็ดสบู่ขนาดเล็กได้รับความร้อนไม่ทั่วถึง ดังนั้นปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีค่าความใสไม่ได้มาตรฐานจึงเพิ่มขึ้น การลดปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีค่าความใสไม่ได้มาตรฐานจะต้องลดความหนาของชั้นเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่อยู่บนสายพานลง

รูปที่ 4.7 ทางเลือกสำหรับการเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อความหนาของชั้นเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่อยู่บนสายพานลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ทางเลือกสำหรับการการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อความหนาของชั้นเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่อยู่บนสายพานลดลง

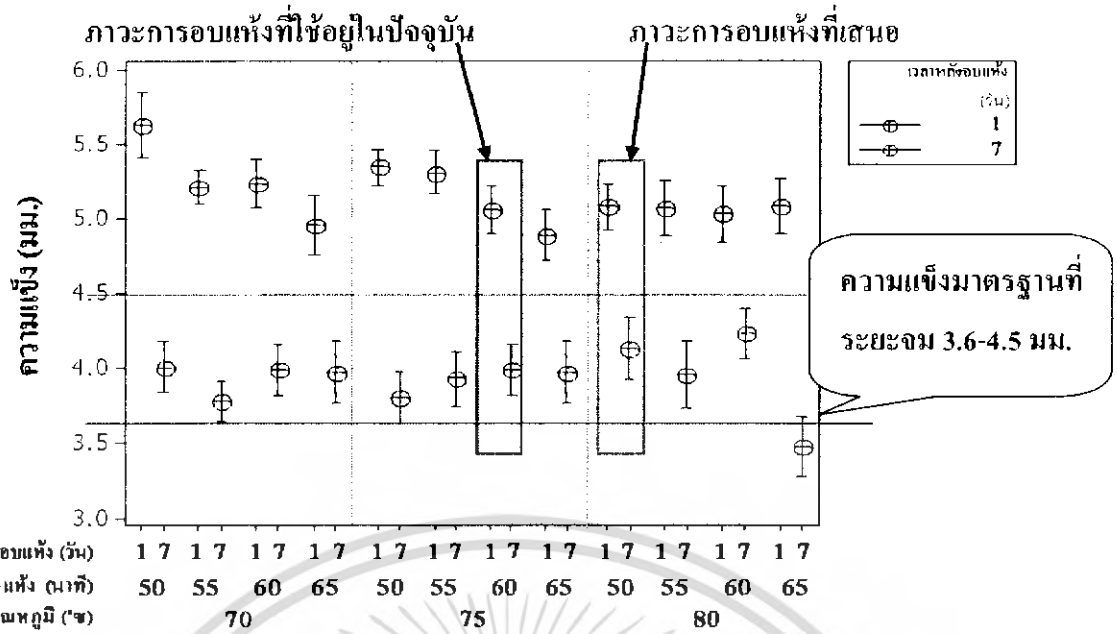
จากรูปที่ 4.7 การลดปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีค่าความใสไม่ได้มาตรฐานเมื่อต้องการเพิ่มกำลังการผลิต โดยที่ความหนาของชั้นเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่อยู่บนสายพานลดลง วิธีที่จะใช้คือการเพิ่มความเร็วของสายพานของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง จึงต้องหาค่าอุณหภูมิในการอบแห้งที่ต้องเพิ่มขึ้นที่ทำให้ปริมาณความชื้นในเม็ดสบู่ขนาดเล็กอยู่ในค่าที่กำหนด เพื่อให้ความแข็งและความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็กได้ตามมาตรฐาน

4.5.2 การหาภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

การหาอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กโดยที่ความแข็งและความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็กยังได้ตามมาตรฐาน จะใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดในห้องปฏิบัติการแทนเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตจริง ในการหาภาวะการอบแห้งในครั้งแรกจะทำที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กัน โดยใช้อุณหภูมิที่ 70, 75 และ 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาอบแห้งที่ 50, 55, 60 และ 65 นาทีตามลำดับ ในการทดลองด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดจะพบว่าเม็ดสบู่ขนาดเล็กมีค่าความใสได้มาตรฐานในทุกภาวะการอบแห้ง เนื่องจากเครื่องอบแห้งแบบถาดมีการกระจายความร้อนได้ดี จึงสามารถควบคุมความชื้นได้ดี ความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็กจึงใกล้เคียงกันทุกเม็ด ไม่มีเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ได้รับความร้อนมากเกินไปจนบุ่น ดังนั้นต้องใช้ค่าความแข็งในทดสอบหาภาวะการอบแห้งที่เหมาะสม

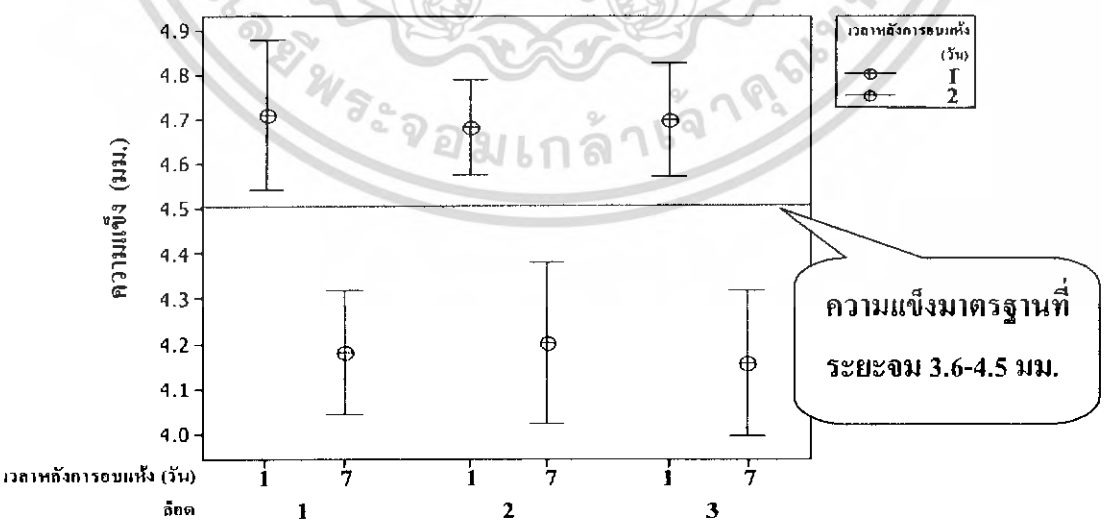
ค่าความแข็งที่ได้จากผลการในตารางที่ ข.2 ภาคผนวก ข ทดลองแสดงในรูปที่ 4.8 ค่าความแข็งมาตรฐานเมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน ที่ต้องการเท่ากับระยะจม 3.6-4.5 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด

จากผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดเพิ่มขึ้น ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กจะเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 4.8 ผู้วิจัยได้เลือกภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 50 นาที เนื่องจากมีค่าความแข็งอยู่ในมาตรฐาน ที่ภาวะการอบแห้งนี้มีกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก 540 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งคาดว่าจะนำค่ามาปรับใช้ได้กับเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่ใช้ผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กในระดับอุตสาหกรรม (กำลังการผลิตที่ต้องการคือ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ได้ยืนยันภาวะการอบแห้งดังกล่าวโดยทดลองซ้ำกับเม็ดสบู่ขนาดเล็ก 3 ล็อต ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.9 (รายละเอียดดังตาราง ข.3 ภาคผนวก ข)



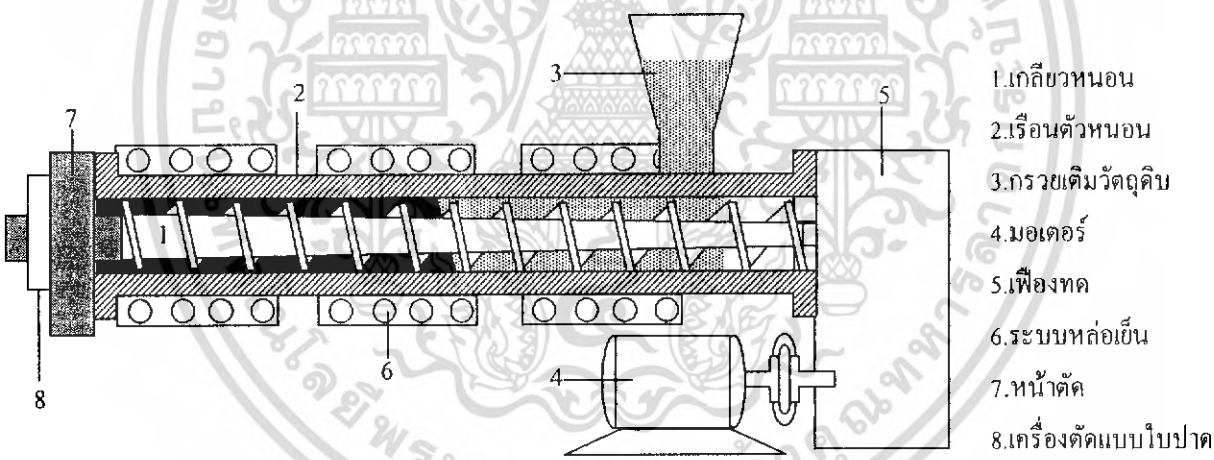
รูปที่ 4.9 ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กล็อตต่างๆ เมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 50 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 ค่าความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อเวลาผ่านไป 7 วันมีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในมาตรฐาน แสดงว่าสามารถอบแห้งเม็ดสบู่ขนาดเล็กได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเวลา 50 นาที และจากการคำนวณเบื้องต้นถ้าอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ในกระบวนการผลิตจริงที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเวลา 50 นาที จะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 540 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

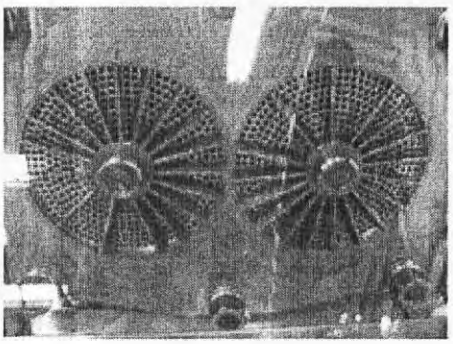
4.5.3 การปรับปรุงการตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กเพื่อลดการกระจายขนาดและเพิ่มกำลังการผลิต

การตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กใช้วิธีการอัดรีดเนื้อของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเข้าเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่แบบหมุนสวนทางกัน และผ่านรูพรุนบนหน้าตัดของเครื่องตัดแบบใบปาดที่ติดอยู่ในส่วนท้ายของเครื่องอัดรีด ดังรูปที่ 4.10 ปรับปรุงเครื่องอัดรีดที่เดิมไม่ติดตั้งกรวยรวมความดันดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 เพราะพบปัญหาว่าค่าความดันบนหน้าตัดแต่ละตำแหน่งของเครื่องตัดที่อยู่ในส่วนท้ายของเครื่องอัดรีดนี้ไม่เท่ากัน ดังนั้นความยาวของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ถูกตัดจึงต่างกันมาก ดังรูปที่ 4.13 และการกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กมีช่วงกว้าง คือ 4-20 มม. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.3 ดังรูปที่ 4.1 เม็ดสบู่ขนาดเล็กที่มีความยาวไม่ได้มาตรฐานมีจำนวนมากคือ 24% ของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ผลิตได้ทั้งหมด ที่กำลังการผลิต 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

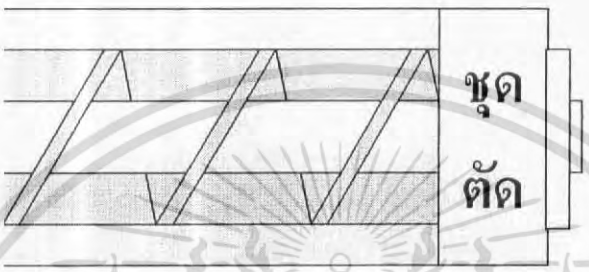


รูปที่ 4.10 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่แบบหมุนสวนทางกันและเครื่องตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กแบบใบปาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 เครื่องตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กแบบใบปาดที่ไม่ติดตั้งกรวยรวมความดัน



รูปที่ 4.12 ภาพตัดขวางของเครื่องตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กแบบใบปาดที่ไม่ติดตั้งกรวยรวมความดัน

รูปที่ 4.13 เม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ถูกตัดด้วยเครื่องตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กแบบใบปาดที่ไม่ติดตั้งกรวยรวมความดัน

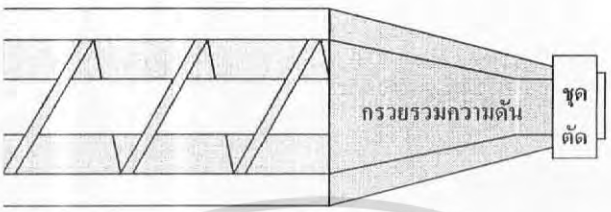
ในการปรับปรุงการตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กเพื่อลดการกระจายขนาดและเพิ่มกำลังการผลิตมีขั้นตอนดังนี้

4.5.3.1 การทดสอบการตัดเนื้อสบู่ธรรมดาที่ใช้กรวยรวมความดัน

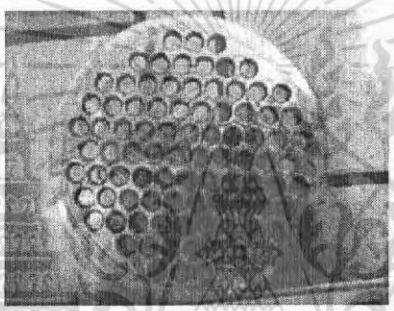
เพื่อแก้ไขข้อจำกัดที่ความดันบนหน้าตัดแต่ละตำแหน่งของเครื่องตัดที่อยู่ส่วนท้ายของเครื่องอัดรีดมีค่าไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนแปลงวิธีการตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กโดยติดตั้งกรวยรวมความดันแบบที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนที่ส่วนท้ายของเครื่องอัดรีดดังรูปที่ 4.14 และติดตั้ง eye plate (รูปที่ 4.15) ต่อจากกรวยรวมความดัน และทดลองตัดเนื้อสบู่ก้อนแทนเนื้อเม็ดสบู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

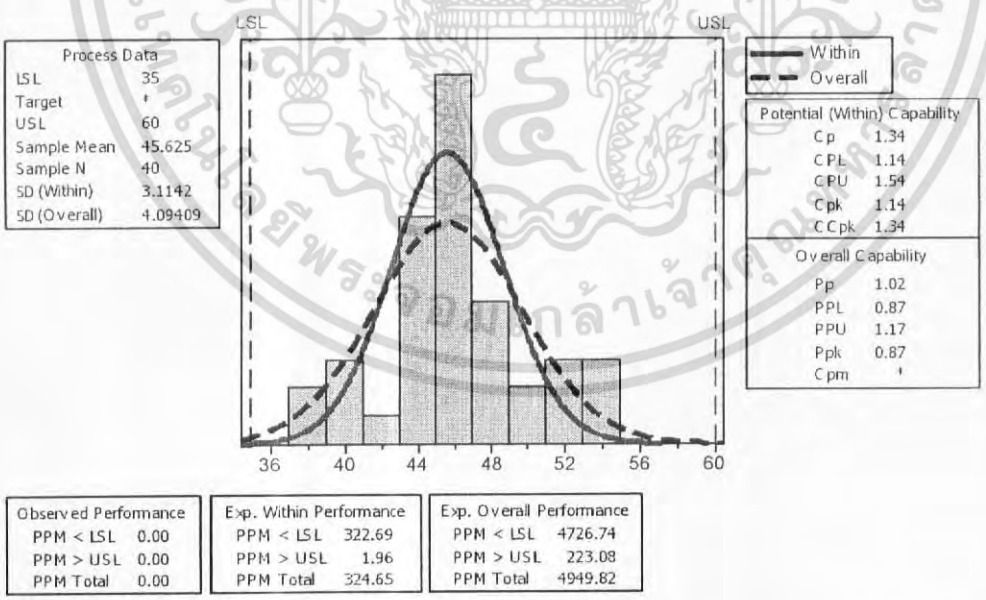
ขนาดเล็กก่อน เพราะราคาของเนื้อสบู่ก้อนถูกกว่าราคาของเนื้อเม็ดสบู่ขนาดเล็ก โดยใช้พนักงานตัดทุก 1 วินาที ความยาวที่ได้อยู่ในช่วง 38-54 มม. แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงที่แคบ คือ 44-48 มม. (รูปที่ 4.16) ที่กำลังการผลิตประมาณ 840 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงคาดว่าถ้าใช้การตัดในลักษณะเช่นเดียวกันนี้กับเม็ดสบู่ขนาดเล็กจะได้การกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กแคบที่กำลังการผลิตสูง รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะของเนื้อสบู่ที่ออกจาก eye plate



รูปที่ 4.14 การติดตั้งกรวยรวมความดันที่ส่วนท้ายของเครื่องอัดรีด

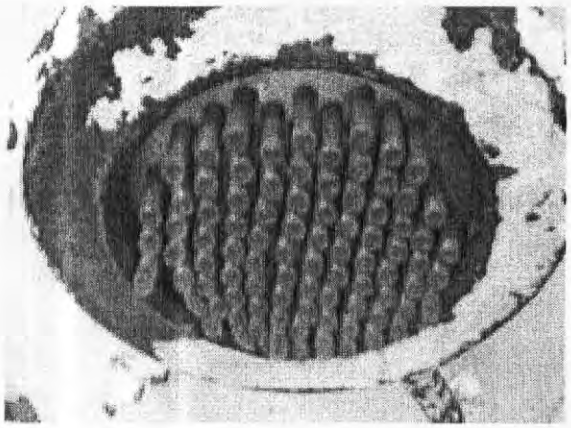


รูปที่4.15 Eye plate ที่ใช้ครอบกรวยรวมความดัน



รูปที่ 4.16 การกระจายขนาดของเม็ดสบู่ก้อนที่ติดตั้งกรวยรวมความดันและ eye plate ในส่วนท้ายของเครื่องอัดรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



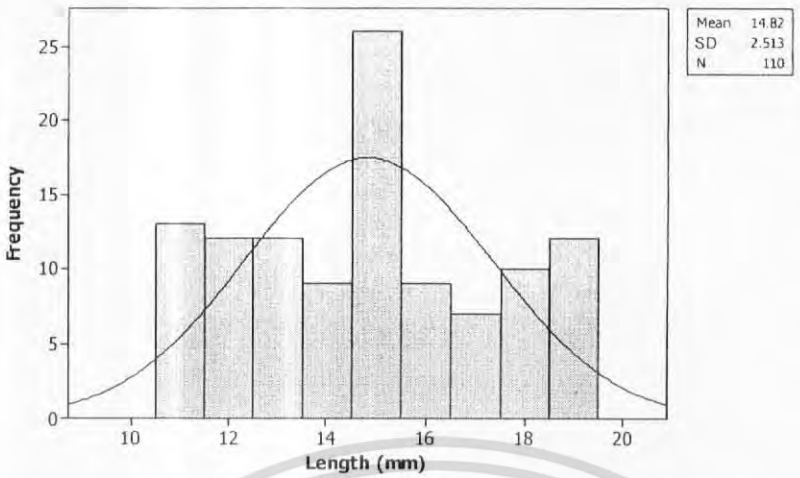
รูปที่ 4.17 ลักษณะเนื้อสบู่ที่ออกจาก eye plate

4.5.3.2 การทดสอบการตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กด้วยเครื่องตัดแบบลูกสูบที่ติดตั้งต่อจากกรวยรวมความดัน

จากผลการกระจายขนาดของเม็ดสบู่ก้อนในการทดสอบ 4.5.3.1 สามารถสรุปได้ว่าเนื้อสบู่จะถูกดันออกจาก eye plate ด้วยความเร็วที่ใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงทดลองตัดเม็ดสบู่ขนาดเล็กด้วยเครื่องตัดแบบลูกสูบ เพราะเครื่องตัดแบบลูกสูบที่มีอยู่มีขนาดที่สามารถติดตั้งได้พอดีกับกรวยรวมความดัน ดังรูปที่ 4.18 ผลการกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.19

รูปที่ 4.18 เครื่องตัดแบบลูกสูบที่ติดตั้งต่อจากกรวยรวมความดันและ eye plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

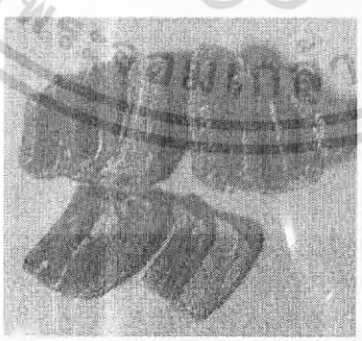


รูปที่ 4.19 การกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องตัดแบบลูกสูบที่ติดตั้งต่อจากกรวยรวมความดัน

จากรูปที่ 4.19 การกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กอยู่ในช่วง 11-19 มม. ซึ่งเมื่อเทียบกับผลจากการตัดด้วยเครื่องตัดแบบใบปาดที่ไม่ติดตั้งกรวยรวมความดันที่เครื่องอัดรีด (รูปที่ 4.1) พบว่าการกระจายขนาดแคบลง และถ้าต้องการเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ความยาวมาตรฐานในช่วง 7-15 มม. มากขึ้น จะต้องเพิ่มความเร็วรอบในการตัดของเครื่องตัดแบบลูกสูบ

4.5.3.3 ปัญหาที่พบเมื่อใช้เครื่องตัดแบบลูกสูบที่ติดตั้งต่อจากกรวยรวมความดัน

รูปที่ 4.20 แสดงเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ถูกตัดด้วยเครื่องตัดแบบลูกสูบที่ติดตั้งต่อจากกรวยรวมความดัน พบว่าเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ได้จะติดกันเป็นก้อนเนื่องจากเนื้อเม็ดสบู่ขนาดเล็กเหนียวและมีความหนืดสูงจึงติดค้างอยู่บนใบตัดและจะถูกอัดให้ติดกับเม็ดสบู่ขนาดเล็กออกจากรูเปิดของ eye plate รูถัดไป



รูปที่ 4.20 เม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ถูกตัดด้วยเครื่องตัดแบบลูกสูบที่ติดตั้งต่อจากกรวยรวมความดัน

ปัญหาเม็ดสบู่ติดกันจะแก้ไขโดยเปลี่ยนเครื่องตัดแบบลูกสูบเป็นเครื่องตัดแบบใบปาดและเพิ่มพื้นที่หน้าตัด eye plate รายละเอียดอยู่ในหัวข้อ 5.4 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

5.1 การหาภาวะในการอบแห้งเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่เหมาะสมที่ทำให้สามารถเพิ่มกำลังการผลิตโดยความใสและความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กอยู่ในมาตรฐาน

จากการทดลองด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดพบว่าอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเวลา 50 นาที เม็ดสบู่ขนาดเล็กมีค่าความแข็งเมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน อยู่ในมาตรฐาน คาดว่าเมื่อผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์จะได้ค่าความแข็งและความใสตามมาตรฐานที่กำลังการผลิต 540 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

5.2 การลดการกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กและการเพิ่มกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

สามารถลดการกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กลงได้โดยติดตั้งกรวยรวมความดันที่ส่วนท้ายของเครื่องอัดรีด

5.3 ข้อจำกัดในการทำวิจัย

5.3.1 ผู้วิจัยไม่สามารถเก็บข้อมูลการอบแห้งเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเวลา 50 นาที ในเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่ใช้ในการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กจริงได้ เนื่องจากเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ถูกจำกัดความเร็วให้เดินได้เร็วสุดที่ 60 นาทีต่อรอบการผลิต (400 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) และหากต้องการเปลี่ยนความเร็วในการเดินเครื่องให้เร็วขึ้นจำเป็นต้องเปลี่ยนอะไหล่ในเครื่อง ซึ่งต้องรองบประมาณและการสั่งซื้อ ทำให้ไม่สามารถทำได้การเก็บข้อมูลจริงได้ในช่วงเวลาที่ทำงานวิจัย

5.3.2 ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมตัวแปรทั้งหมดที่มีผลต่อกระบวนการผลิตให้คงที่ได้เนื่องจากตัวแปรมีเป็นจำนวนมากและบางตัวแปรไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ความชื้น และส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็ก อุณหภูมิในการผสมวัตถุดิบ อุณหภูมิในกระบวนการอัดรีด เป็นต้น

5.4 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

5.4.1 จากการทดลองด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดพบว่าภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเวลา 50 นาที มีความใสและความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กอ็อตต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน ใกล้เคียงกันและอยู่ในมาตรฐาน ทำให้คาดว่าความใสและความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กจะอยู่ในมาตรฐานเมื่อผลิตด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ และคำนวณกำลังการผลิตเม็ดสบู่ขนาดเล็กได้เท่ากับ 540 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงได้เสนอภาวะการอบแห้งใหม่นี้ให้ทางบริษัทพิจารณาใช้ในการผลิตจริงต่อไป

5.4.2 การลดการกระจายขนาดของเม็ดสบู่ขนาดเล็กลงได้ใช้กรวยรวมความดันติดตั้งที่ส่วนท้ายของเครื่องอัดรีดแบบที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปสบู่ก้อนแต่เนื่องจากยังพบปัญหาเม็ดสบู่ขนาดเล็กติดกัน จึงเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขที่คาดว่าสามารถลดปัญหาเม็ดสบู่ขนาดเล็กติดกัน ได้แก่

- การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของ eye plate จาก 8 นิ้ว เป็น 12 นิ้วเพื่อให้สามารถขยายระยะห่างระหว่างรูเปิดของ eye plate เม็ดสบู่ขนาดเล็กจึงจะไม่ติดกัน
- ซื้อเครื่องตัดแบบใบปาดที่มีขนาดเหมาะสมกับ eye plate ชิ้นใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Barbara Elvers, Stephen Hawkins and Michael Ravenscroft. **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry: Volume A12**, "Glycerol", 5th Ed., VCH, Germany, 1994.

[2] Kirk Othmer. Encyclopedia of Chemical Technology: Volume 12, "Glycerol", 4th Ed., john Wiley & Sons, Singapore, 1997.

[3] สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กลีเซอรีนบริสุทธิ์ : มอก.337. กรุงเทพฯ, 2538.

[4] Edward L. Paul, Victor A. Atiemo-Obeng and Suzanne M. Kresta. **Handbook of Industrial Mixing.** John Wiley & Sons, Inc. 2004

[5] รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. **วิศวกรรมอาหาร:หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2541

[6] บรรเลง ศรนิล. **เทคโนโลยีพลาสติก.** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2529

[7] Sidney Levy and James F. Carley. **Plastics Extrusion Technology Handbook** 2nd Ed. Industrial Press, Inc. 1989

[8] Christie John Geankoplis. **Transport Processes and Separation Process Principles (Include Unit Operation)** 4th Ed. Prentice-Hall Professional Technical Reference, 2002

[9] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). **คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี** พิมพ์ครั้งที่ 2. 2536

[10] เรียวโซ โทเอ. **อุปกรณ์การอบแห้งในอุตสาหกรรม.** แปลโดย วิวัฒน์ ตัณฑะพาณิชกุล. สำนักพิมพ์กรุงเทพฯ. กรุงเทพฯ. 2529

[11] Nonhebel, G. and Moss, A.A.H.. **Drying of Solids in the Chemical Industry** 1st Ed. Butterworth & Co., Ltd. 1971

[12] Perry, R.H. and Green, D.W.. **Perry's Chemical Engineer's Handbook** 6th Ed. McGraw-Hill Book Company. 1985

[13] [Onlinc].Available
: http://www.eng.ubu.ac.th/~nyakobo/1305%20372%20-%20Penetration.pdf

[14] บริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด. **เอกสารการผลิตสบู่**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[15] Antonio Ficarella, Marco Milanese and Domenico Laforgia. **Numerical study of the extrusion process in cereals productiou: Part I. Fluid-dynamic analysis of the extrusion system.** Journal of Food Engineering., Volume 73, Issue 2, March 2006. pp. 103-111.

[16] Christian Fyhr, Anders Rasmuson. **Some aspects of the modelling of wood chips drying in superheated steam.** International Journal of Heat and Mass Transfer., Volume 40, Issue 12, August 1997. pp. 2825-2842

[17] Dionissios P. Margaris, Adrian-Gabriel Ghiaus. **Dried product quality improvement by air flow manipulation in tray dryers.** Journal of Food Engineering., Volume 75, Issue 4, August 2006. pp. 542-550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก การเลือกเครื่องอบแห้ง

ตารางที่ ก.1 การเลือกเครื่องอบแห้ง [10]

สภาวะของวัสดุเปียก	ตัวอย่างของวัสดุ	แบบของการปฏิบัติการ	ประเภทของเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม	
			A (กรณีทั่วไป)	B (กรณีเฉพาะ)
ก. สารละลายและสเลอรี่	สารละลายเกลือ สารสกัดจากพืช ผงซักฟอก สารละลายเรซิน น้ำนม	แบบต่อเนื่องปริมาณมาก	แบบพ่นฝอย	
		แบบต่อเนื่องปริมาณน้อย	แบบลูกกลิ้ง	
ข.วัสดุแข่แข็ง	ยา อาหาร	แบบครั้งปริมาณน้อย	แบบ Freeze dry	
		แบบกึ่งต่อเนื่องปริมาณมาก		
ค. วัสดุคล้ายแป้งเปียก	สีย้อม ซิลิกาเจล แป้ง ดินเหนียว สีผง ผงถ่าน	แบบต่อเนื่องปริมาณมาก	แบบพาหะลม แบบแบนด์ไหลผ่านหรืออุโมงค์	แบบอุโมงค์ไหลขนาน แบบพ่นฝอย
		แบบต่อเนื่องปริมาณน้อย	แบบทรงกระบอกนำความร้อนและแบบรางกวนนำความร้อน แบบลูกกลิ้ง (แบบลูกกลิ้งสุญญากาศ)	
		แบบไม่ต่อเนื่องปริมาณน้อย	แบบทรงกระบอกนำความร้อนและแบบรางกวนนำความร้อน (รวมสุญญากาศ) แบบกล่องไหลผ่าน (Through flow chamber type)	แบบกล่องไหลขนาน (Parallel flow box type) แบบกล่องสุญยกาศ

ตารางที่ ก.1 การเลือกเครื่องอบแห้ง (ต่อ) [10]

สภาวะของวัสดุเปียก	ตัวอย่างของวัสดุ	แบบของการปฏิบัติการ	ประเภทของเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม	
			A (กรณีทั่วไป)	B (กรณีเฉพาะ)
ง. วัสดุที่เป็นผงและเม็ด	ยิปซัม ข้าว ข้าวโพด ทราย ปุ๋ยเคมี คาร์บอนกัมมันต์	แบบต่อเนื่องปริมาณมาก	แบบพาหะลม แบบรางกวนใช้อากาศร้อน (Air-heated agitated through) แบบหมุน แบบหมุนและมีท่อไอน้ำ แบบฟลูอิไดซ์เบด แบบไหลผ่านชนอดหมุน (Through flow rotary) และแบบไหลผ่านชนิดตั้ง (Through-flow vertical type)	แบบแบนด์ไหลผ่าน แบบจานหลายชั้น (Multi disk) แบบกังหัน
		แบบต่อเนื่องปริมาณน้อย	แบบทรงกระบอกนำความร้อนและแบบรางกวนนำความร้อน แบบฟลูอิไดซ์เบด	

ตารางที่ ก.1 การเลือกเครื่องอบแห้ง (ต่อ) [10]

สภาวะของวัสดุเปียก	ตัวอย่างของวัสดุ	แบบของการปฏิบัติการ	ประเภทของเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม	
			A (กรณีทั่วไป)	B (กรณีเฉพาะ)
ง. วัสดุที่เป็นผงและเม็ด (ต่อ)		แบบไม่ต่อเนื่องปริมาณน้อย	แบบฟลูอิไดซ์เบด แบบทรงกระบอกนำความร้อนและแบบรางนำความร้อน (รวมสุญญากาศ)	แบบกล่องไหลผ่าน แบบแบนด์ไหลผ่าน
จ. วัสดุที่เป็นก้อน	ถ่านบดย่อย ตะกอน แร่	แบบต่อเนื่องปริมาณมาก	แบบหมุน แบบไหลผ่านชนิดหมุนและแบบไหลผ่านชนิดตั้ง แบบหมุนและมีท่อไอน้ำ	แบบอุโมงค์ไหลขนาน แบบแบนด์ไหลผ่าน
		แบบครั้งปริมาณน้อย		แบบกล่องไหลขนาน แบบกล่องไหลผ่าน
ฉ. วัสดุที่เป็นสะเก็ด	ใบยาสูบ ถั่วเหลืองอัดแบน แผ่นมันฝรั่งทอด	แบบต่อเนื่องปริมาณมาก	แบบแบนด์ไหลผ่าน แบบหมุนและมีท่อไอน้ำ แบบแบนด์ไหลผ่าน	แบบอุโมงค์ไหลขนาน
		แบบครั้งปริมาณน้อย	แบบกล่องไหลผ่าน	
ช. วัสดุเส้นใยสั้น	เส้นแป้ง เซลลูโลสชนิดแอซเทรดและไนเทรด	แบบต่อเนื่องปริมาณมาก	แบบแบนด์ไหลผ่าน	
		แบบต่อเนื่องปริมาณน้อย	แบบกล่องไหลผ่าน	

ตารางที่ ก.1 การเลือกเครื่องอบแห้ง (ต่อ) [10]

สภาวะของวัสดุเปียก	ตัวอย่างของวัสดุ	แบบของการปฏิบัติการ	ประเภทของเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม	
			A (กรณีทั่วไป)	B (กรณีเฉพาะ)
ซ. วัสดุที่มีขนาดคงที่	ใบยาสูบ เครื่องใช้เซรามิก เส้นไหม หนังฟอก ไม้อัด เสาไม้ กระดาษชนิดหนาและบาง	แบบต่อเนื่องปริมาณมาก	แบบอุโมงค์ไหลขนาน	แบบอุโมงค์ไหลผ่าน
		แบบครั้งปริมาณมากหรือน้อย	แบบกล่องไหลขนาน	แบบ dielectric
		แบบครั้งปริมาณน้อย		แบบกล่องไหลผ่าน
ฌ. วัสดุที่เป็นแผ่นยาว	ผ้าทอ กระดาษ กระดาษพิมพ์	แบบต่อเนื่องปริมาณมาก	แบบฉีดพ่น แบบไหลขนาน แบบทรงกระบอกหลายลูก	
		แบบต่อเนื่องปริมาณน้อย	แบบทรงกระบอกลูกเดียวหรือหลายลูก	แบบรังสีอินฟราเรด
ญ. สีและของเหลวที่ใช้ทา		แบบต่อเนื่องและแบบครั้ง	แบบรังสีอินฟราเรด แบบฉีดพ่น	แบบไหลขนาน

ภาคผนวก ข ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

ตารางที่ ข.1 ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่เวลาหลังการอบแห้ง 1 วัน ที่กำลังการผลิต 400 และ 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

กำลังการผลิต (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก (มม.)		
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
400	5.4	5.2	5.30
500	5.5	5.1	5.30

ตารางที่ ข.2 ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด

ภาวะการอบแห้ง		เวลาหลังอบแห้ง (วัน)	ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก (มม.)		
อุณหภูมิ (°ซ)	เวลา (นาที)		ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
70	50	1	7.0	4.8	5.62
		7	5.0	3.9	4.79
	55	1	6.0	4.7	5.20
		7	5.6	3.9	4.49
	60	1	6.1	4.5	5.23
		7	5.2	3.9	4.58
	65	1	5.9	3.1	4.95
		7	4.5	3.2	3.85
75	50	1	6.2	4.8	5.34
		7	5.3	3.6	4.41
	55	1	6.0	4.4	5.30
		7	5.1	3.8	4.34
	60	1	5.8	3.7	5.05
		7	5.6	3.9	4.75
	65	1	5.9	4.3	4.88
		7	4.6	3.4	3.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (ต่อ)

ภาวะการอบแห้ง		เวลาหลังอบแห้ง	ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก (มม.)		
อุณหภูมิ (°ซ)	เวลา (นาที)	(วัน)	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
80	50	1	5.9	4.1	5.07
		7	4.6	3.7	4.09
	55	1	6.2	4.1	5.07
		7	4.6	3.3	3.90
	60	1	5.9	4.0	5.02
		7	5.5	3.4	4.58
	65	1	5.9	4.1	5.07
		7	4.7	3.4	4.03

ตารางที่ ข.3 ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดที่ภาวะการอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส 50 นาที

ล็อต	เวลาหลังอบแห้ง (วัน)	ความแข็งของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก (มม.)		
		ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
1	1	6.0	4.1	4.70
	7	5.0	3.6	4.20
2	1	5.4	4.1	4.70
	7	4.0	3.4	4.20
3	1	5.3	4.1	4.70
	7	5.2	3.4	4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค ความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็ก

ตารางที่ ค.1 ความใสของเม็ดสบู่ขนาดเล็กเมื่อใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่กำลังการผลิต 400 และ 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

กำลังการผลิต (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ปริมาณเม็ดสบู่ขนาดเล็กที่ความใส		
	ไม่ได้มาตรฐาน	ยอมรับได้	มาตรฐาน
400	2	6	292
500	44	69	187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้