สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องจักรสำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ

FEASIBILITY STUDY ON USING MACHINE IN MIXING PROCESS OF RIPE TAMARIND WITH WATER

T119503

พิริญา สงวนงาม
รักชนก สุขชื่นศรี
รัตนาภรณ์ ชุมแก้ว
วรรณวิสา ศรีเมือง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119503
วัน,เดือน,ปี - 8 ส.ค. 2554

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEASIBILITY STUDY ON USING MACHINE IN MIXING PROCESS OF RIPE TAMARIND WITH WATER

PIRIYA SANGAUNNGAM

RAKCHANOK SUKCHUNSRI

RATTANAPORN CHUMKHAEW

WANWISA SRIMUANG

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF FOOD ENGINEERING

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องจักรสำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ

Feasibility Study on Using Machine in Process of Mixing Ripe Tamarind with Water

ผู้จัดทำ

1. นางสาวพิริญา	สงวนงาม	รหัสนักศึกษา 50011108
2. นางสาวรักชนก	สุขชื่นศรี	รหัสนักศึกษา 50011275
3. นางสาวรัตนาภรณ์	ชุมแก้ว	รหัสนักศึกษา 50011297
4. นางสาววรรณวิสา	ศรีเมือง	รหัสนักศึกษา 50011375

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องจักรสำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ		
นักศึกษา	นางสาวพิริญา	สงวนงาม	รหัสนักศึกษา 50011108
	นางสาวรักชนก	สุขชื่นศรี	รหัสนักศึกษา 50011275
	นางสาวรัตนาภรณ์	ชุมแก้ว	รหัสนักศึกษา 50011297
	นางสาววรรณวิสา	ศรีเมือง	รหัสนักศึกษา 50011375
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร		
พ.ศ.	2553		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร		
	ดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง		

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องจักรสำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ โดยมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ 1)มอเตอร์ต้นกำลังขนาด 1 แรงม้า 2)ส่วนชุดตีผสม และ 3)ส่วนชุดโม่ โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผสมมะขามเปียก คือ 1) อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ 2 อัตราส่วน ได้แก่ 1:2 และ 1:2.5 และ 2) ความเร็วรอบของมอเตอร์ 3 ระดับ ได้แก่ 750 1000 และ 1250 รอบต่อนาที โดยใช้ตัวชี้วัดผลคือปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณของแข็ง จากการทดลองเครื่องผสมมะขามเปียกพบว่าอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำและความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน 1:2 และ 1000 รอบต่อนาที ตามลำดับ ที่สภาวะนี้น้ำมะขามเปียกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเท่ากับ 8.37 brix และปริมาณของแข็งมีค่าเท่ากับ 485.62 กรัม/ลิตร ซึ่งเมื่อนำน้ำมะขามเปียกเข้าเครื่องรอบที่ 2 ทำให้เปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้น 0.033% และเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น 7.63% และหลังจากนำน้ำมะขามเปียกเข้าเครื่องรอบที่ 3 ทำให้เปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นอีก 0.02% และเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น 9.06%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Feasibility Study on Using Machine in Process of Mixing Ripe Tamarind with Water		
Students	Miss Piriya	Sangaunngam	Student ID. 50011108
	Miss Rakchanok	Sukchunsri	Student ID. 50011275
	Miss Rattanaporn	Chumkhaew	Student ID. 50011297
	Miss Wanwisa	Srimuang	Student ID. 50011375
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Food Engineering		
Year	2010		
Advisor	Assoc.Prof.Satip Rattanapaskorn		
	Dr.Kiattisak Roonprasang		

Abstract

This research aim to do feasibility study on using machine in process of mixing ripe tamarind with water. The machine consisted of three main parts: 1) 1 hp electric motor 2) mixing set 3) mill set. The effect of 2 variables 1) 2-level ratio of ripe tamarind with water (1:2 and 1:2.5) 2) 3-level speeds of motor (750, 1000 and 1250 rpm). The total soluble solid and total solid were investigated. The result found that ratio of ripe tamarind with water 1:2 and speed of motor were and 1000 rpm were the best combination. At these, total soluble solid was 8.37 brix and total solid was 485.62 g/L. The ripe tamarind juice was put to the machine in the second round that make percent of total soluble solid increase 0.33% and total solid increase 7.63%, and the ripe tamarind juice was put to the machine in the third round that make percent of total soluble solid increase 0.02% and total solid increase 9.06%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาจากรองศาตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำในการปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ในการทำงานที่ดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณดร.เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง ที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการออกแบบและการทดลองเครื่องผสมมะขามเปียก

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน ที่ถ่ายทอดความรู้และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณอำอาจ คูตะคุ(พี่แมน) คุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์(พี่นุ้ย) และเจ้าหน้าที่ธุรการสาขาวิชาวิศวกรรมอาหารที่ช่วยแนะนำการใช้งานเครื่องมือ การยืมเครื่องมือ รวมถึงการขอใช้ห้องทำงานวิจัย

ขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมอาหารทุกคนที่ให้ข้อมูล คำแนะนำ กำลังใจ สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ และอยู่เป็นเพื่อนกันตลอดเวลาในระหว่างการทดลอง

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและทุกคนในครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้

นางสาวพิริญา สงวนงาม
นางสาวรักชนก สุขชื่นศรี
นางสาวรัตนาภรณ์ ชุมแก้ว
นางสาววรรณวิสา ศรีเมือง
10 มีนาคม 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการดำเนินงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมะขาม	3
2.2 กรรมวิธีการละลายมะขามเปียก	9
2.3 กรรมวิธีการแปรรูปของโรงงาน	10
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องทดลอง	
3.1 แนวทางการออกแบบ	11
3.2 ทฤษฎีการคำนวณ	11
3.3 การคำนวณ	12
3.4 ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก	14
3.4 หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก	16
บทที่ 4 การออกแบบการทดลอง	
4.1 การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของมะขามเปียก	22
4.2 การทดสอบการละลายมะขามเปียกด้วยเครื่องละลายมะขามเปียก	24
4.3 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะขามเปียกที่ได้จากเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ	26
4.4 การทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 ผลจากการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของมะขามเปียก 29

5.2 ผลจากการตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะขามเปียก 30

5.3 ผลจากการทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ 33

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง 36

6.2 ข้อเสนอแนะ 36

เอกสารอ้างอิง 38

ภาคผนวก ก ตารางคุณสมบัติทางกล 39

ภาคผนวก ข ตารางคุณสมบัติพื้นฐานของมะขามเปียก 42

ภาคผนวก ค ตารางผลการทดลอง 50

ภาคผนวก ง ตาราง ANOVA 53

ภาคผนวก ฉ ภาพ DRAWING 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางอาหารของมะขามเปียก	6
5.1	การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยของผลของความเร็วรอบของมอเตอร์ ในแต่ละปริมาณอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ	30
5.2	การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณของแข็งเฉลี่ยของผลของความเร็วรอบของมอเตอร์ ในแต่ละปริมาณอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ	32
5.3	ผลการทดลองหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าเครื่องซ้ำรอบที่ 2 และรอบที่ 3	34
5.4	ผลการทดลองหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าเครื่องซ้ำรอบที่ 2 และรอบที่ 3	34
ก.1	ค่าความปลอดภัย	39
ก.2	คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม (Mechanical properties of plain carbon and alloy steels) (ชิ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 cm)	40
ก.3	ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969	41
ข.1	ตารางบันทึกผลการทดลองแสดงค่าความชื้นของมะขามเปียก	42
ข.2	ตารางบันทึกผลการทดลองแสดงค่าความหนาแน่นของมะขามเปียก	43
ข.3	ตารางบันทึกผลการทดลองแสดงค่าความเป็นกรด – ด่างของมะขามเปียก	44
ข.4	ตารางบันทึกผลการทดลองแสดงขนาดของเม็ดมะขามเปียก	45
ข.5	ตารางบันทึกผลการทดลองแสดงค่าปริมาณผลผลิตที่ได้	49
ค.1	ตารางการสุ่มหยิบตัวอย่างมะขามเปียก	50
ค.2	การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะขามเปียกที่ได้จากเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ	51
ข.3	การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะขามเปียกที่ได้จากเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ เมื่อเข้าเครื่องซ้ำรอบที่ 2 และรอบที่ 3	52
ง.1	ตารางวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	53
ง.2	ตารางวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณของแข็ง	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ต้นมะขามที่เจริญเติบโตเต็มที่	4
2.2	ดอกมะขาม	4
2.3	ฝักแก่ของมะขาม	5
2.4	กระบวนการแปรรูปน้ำมะขามเปียก	9
2.5	กระบวนการแปรรูปน้ำมะขามเปียก ด้วยเครื่องแยกกากสำหรับผลิตน้ำมะขามเปียก	10
2.6	เครื่องแยกกากสำหรับผลิตน้ำมะขามเปียก	10
3.1	ส่วนประกอบหลักของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก	15
3.2	เครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก	16
3.3	ด้านข้างของเครื่องเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก	17
3.4	ด้านหน้าของเครื่องเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก	17
3.5	ด้านบนของเครื่องเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก	18
3.6	ช่องป้อนวัตถุดิบ	18
3.7	ตัวถังส่วนบน	18
3.8	ท่อต่อระหว่างตัวถังส่วนบนและส่วนล่าง	19
3.9	แสดงตัวถังส่วนล่าง	19
3.10	ช่องออกของผลิตภัณฑ์	19
3.11	ฝาปิดข้างตัวถัง	20
3.12	แผ่นหมุนส่วนบน ด้านขวา	20
3.13	แผ่นหมุนส่วนบน ด้านซ้าย	20
3.14	แผ่นโม่	21
3.15	โครงของเครื่องละลายมะขามเปียก	21
4.1	การทดลองวัดค่าความเป็นกรด- ด่าง	23
4.2	การวัดขนาดของเม็ดมะขามเปียก (ก) ความหนา (ข) ความยาว (ค) ความยาว	23
4.3	ขั้นตอนการทดลอง	25
4.4	การทดลองวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	26
4.5	การทดลองวัดปริมาณของแข็ง ขั้นตอนที่นำตัวอย่างมาระเหยที่อ่างไอน้ำ	27
4.6	การทดลองวัดปริมาณของแข็ง ขั้นตอนที่นำตัวอย่างมาอบที่ตู้อบ	27
4.7	ขั้นตอนการทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.1	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของน้ำมะขามเปียกจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ และความเร็วรอบของมอเตอร์	31
5.2	ปริมาณของแข็งของน้ำมะขามเปียกจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ และความเร็วรอบของมอเตอร์	32
5.3	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าเครื่องซ้ำรอบที่ 2 และรอบที่ 3	34
5.4	ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าเครื่องซ้ำรอบที่ 2 และรอบที่ 3	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

มะขามเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งในประเทศไทย มะขามเปรี้ยวและมะขามหวานเป็นที่ต้องการของตลาดอย่างมาก ทั้งตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะมะขามเปรี้ยวความต้องการของตลาดมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ซึ่งสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรรายงานว่า มะขามเปรี้ยวที่ส่งออกในรูปมะขามเปียกในปี 2553 ปริมาณการส่งออก 2,011 ตัน มูลค่า 42 ล้านบาท (นิรนาม 1, 2553) มะขามสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ในแง่สมุนไพรรักษาโรคเบื้องต้นมีประโยชน์ในด้านการรักษา เช่น ในเนื้อมะขามมีสารแอนทราควิโนน (Anthraquinone) ช่วยให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ และมีกรดอินทรีย์ (Organic acid) หลายชนิด เช่น กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid) และกรดซิตริก (Citric acid) ทำให้มีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อน ๆ เพิ่มกากใยอาหารและช่วยหล่อลื่นให้ขับถ่ายสะดวก (มนตรี, 2553)

ในปัจจุบันมะขามเปียกมีความนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมอาหารหรืออุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ล้วนนำมะขามมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หรือนำมาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ได้อย่างหลากหลาย เช่น ฝักอ่อนทำน้ำพริก ฝักดิบเข้าสู่กระบวนการดองหรือแช่อิ่ม ฝักแก่ทำมะขามเปียก ในภาคอุตสาหกรรมโรงงานน้ำพริกใช้มะขามเปียกทำเครื่องปรุงน้ำพริกสำเร็จรูป น้ำมะขามเปียกที่ทำจากมะขามเปียกโดยแยกกาก เปลือกหุ้มเมล็ด และเมล็ดออกด้วยเครื่องแยกเนื้อมะขามเปียกได้น้ำมะขามเปียกไปเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตน้ำพริก ในการผลิตได้พบปัญหา คือ เครื่องแยกน้ำมะขามเปียกจะเกิดการอุดตันของก้อนมะขามเปียกที่คนงานแบ่งเป็นก้อนใส่ไปในเครื่องพร้อมกับน้ำ แต่ก้อนมะขามเปียกที่ถูกกวาดเป็นก้อนไปติดบริเวณท้ายใบกวาดเรื่อย ๆ จนเกิดการติดขัดการทำงานของเครื่อง ทำให้เครื่องจักรต้องหยุดทำงาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องผสมมะขามให้ละลายก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิต ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องจักรสำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ เพื่อใช้เป็นตัวช่วยในการตีผสมมะขามเปียกให้นิ่มขึ้นและละลายผสมกับน้ำก่อนการแปรรูป หรือเป็นการช่วยลดขนาดของมะขามเปียกก่อนเข้าสู่เครื่องจักรในการผลิต เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการแช่มะขามเปียกอีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องจักรที่ใช้ในการแปรรูปอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

จุดประสงค์ทั่วไปเพื่อศึกษาและสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกที่มีประสิทธิภาพและสามารถลดระยะเวลาในการแช่มะขามเปียกก่อนเข้าเครื่องทำน้ำมะขามเปียก โดยมีจุดประสงค์หลังดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของมะขามเปียก ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) ปริมาณผลผลิตที่ได้ (Yield) และขนาดของเม็ดมะขามเปียก

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

1.2.3 เพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ 2 อัตราส่วน คือ 1:2 และ1:2.5

1.2.4 เพื่อศึกษาความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ 3 ระดับ คือ 750 1000 และ 1250 รอบต่อนาที

1.2.5 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบ โดยศึกษาความสามารถในการผสมมะขามเปียก

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของมะขามเปียก

1.3.2 ศึกษาและออกแบบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

1.3.3 เครื่องในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบการทำงานเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.4.1 นำความรู้จากการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของมะขามเปียกไปใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

1.4.2 ได้ศึกษาปัญหาต่าง ๆ จากกระบวนการผลิต และฝึกการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นจากการสร้างสมมติฐานของการทำงานเพื่อใช้ในการตัดสินใจ แก้ปัญหาและวางแผนการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมะขาม

มะขามเป็นพืชพื้นเมืองในแถบทุ่งหญ้าแล้งของทวีปแอฟริกา และกระจายไปแถบละตินอเมริกา หมู่เกาะแคริบเบียนและทวีปเอเชีย ปัจจุบันได้มีการปลูกมะขามทั่วทุกประเทศในเขตร้อน และเป็นพืชเศรษฐกิจพื้นบ้านที่สำคัญของประเทศอินเดีย และประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยมีการปลูกมะขามทั้งมะขามเปรี้ยวและมะขามหวาน แหล่งที่มีเพาะปลูกมาก ได้แก่ เพชรบูรณ์ เลย ลำปาง เชียงใหม่ นครราชสีมา และอุบลราชธานี (ชูศักดิ์, 2550) มะขามเปรี้ยว ซึ่งความต้องการของตลาดมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปีทั้งตลาดภายในและตลาดต่างประเทศ ตลาดส่งออกของไทยส่วนใหญ่อยู่ในตะวันออกกลาง สำหรับประเทศในแถบยุโรปไม่ค่อยรู้จักมากนัก เนื้อมะขามอุดมไปด้วยวิตามินซึ่งมีความสำคัญต่อร่างกาย มีสรรพคุณป้องกันโรคลักปิดลักเปิด เป็นยาระบาย ช่วยย่อยอาหาร ขับลม เป็นยาสมาน และต่อต้านพิษ นอกจากนี้เนื้อมะขามเปียกยังช่วยลดอุณหภูมิของร่างกายได้ สามารถใช้ลดความร้อนและลดไข้ ซึ่งทำให้ประชาชนในบริเวณตะวันออกกลางนิยมดื่มเพื่อช่วยลดความร้อนของร่างกายและแก้กระหายน้ำ มะขามเป็นพืชที่มีประโยชน์มากมาย อาจจะกล่าวได้ว่าแทบทุกส่วนของมะขามสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ไม่ว่าจะเป็น เนื้อ เปลือกฝัก เมล็ด เปลือกเมล็ด ใบ ลำต้น ราก เป็นต้น

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะขาม (ชูศักดิ์, 2550)

มะขาม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Tamarindus indica L.* เป็นไม้ยืนต้นตระกูลถั่วทั่ว ๆ ไป มีขนาดใหญ่ เป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตช้า มีอัตราการเจริญเติบโตประมาณ 0.5-0.8 เมตรต่อปี เป็นพืชที่มีขนาดทรงเป็นพุ่มใหญ่ มีความสูงประมาณ 20 เมตร ถ้าปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์อาจมีความสูงถึง 24 เมตร และมีเส้นรอบวงลำต้นเท่ากับ 7.5 เมตร

2.1.1.1 ใบ

มะขามเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ใบเป็นแบบประกอบ มีใบย่อยเรียงตัวแบบสลับยาว 7-15 เซนติเมตร ใบย่อยจะเรียงตัวเป็นคู่ ๆ ประมาณ 10-20 คู่ โดยข้างล่างใบย่อยแต่ละใบจะมีสีเขียวอ่อน เมื่อใบแก่จะสลัดใบทิ้งแล้วแตกใบอ่อนขึ้นมาแทนในช่วงเดือนมีนาคมถึงปลายเดือนเมษายน

2.1.1.2 ลำต้นและกิ่ง

มีความเหนียวแข็งแรง เปลือกของลำต้นมีสีน้ำตาลเข้มหรือมีสีดำ มีรอยแตกของเปลือกอยู่ทั่วลำต้น ปลายกิ่งมักลู่ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 ต้นมะขามที่เจริญเติบโตเต็มที่

2.1.1.2 ใบ

มะขามเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ใบเป็นแบบประกอบ มีใบย่อยเรียงตัวแบบสลับยาว 7-15 เซนติเมตร ใบย่อยจะเรียงตัวเป็นคู่ ๆ ประมาณ 10-20 คู่ โดยข้างล่างใบย่อยแต่ละใบจะมีสีเขียวอ่อน เมื่อใบแก่จะสลัดใบทิ้งแล้วแตกใบอ่อนขึ้นมาแทนในช่วงเดือนมีนาคมถึงปลายเดือนเมษายน

2.1.1.3 ดอก

มีลักษณะเป็นดอกเดี่ยวหลาย ๆ ดอกอยู่บนก้านเดียวกันยาว 5-10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของดอกประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร มีใบประดับย่อยจำนวน 2 กลีบ สีค่อนข้างแดง รูปร่างคล้ายเรือยาวประมาณ 8 มิลลิเมตรปิดที่ตาดอก และจะร่วงเมื่อดอกบาน กลีบเลี้ยงของดอกมีจำนวน 4 กลีบ มีลักษณะเป็นรูปไข่สีครีมกลีบจะม้วนพับ และกลีบดอกมีจำนวน 3 กลีบ อยู่ที่ส่วนบนของดอกยาว 1-1.5 เซนติเมตร ชนิดของดอกเป็นดอกแบบสมบูรณ์เพศ

รูปที่ 2.2 ดอกมะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 ผล

เป็นแบบผลเดี่ยวแต่มีหลายเมล็ด โดยปกติฝักมะขามมีทั้งฝักกลม ค่อนข้างกลม และแบน ฝักมักจะโค้ง มีความยาวของฝักขนาดประมาณ 7.5-20 เซนติเมตร กว้าง 1.25-2.50 เซนติเมตร ฝักมีสีเขียวอมเทาและจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อฝักแก่ ส่วนเปลือกก็จะแยกออกจากเนื้อ

รูปที่ 2.3 ฝักแก่ของมะขาม

2.1.1.5 ระบบราก

มะขามมีระบบรากเป็นระบบรากแก้ว ซึ่งรากจะหยั่งลงลึก ทำให้สามารถหาอาหารได้ดีและทนต่อสภาพแห้งแล้งหรือน้ำท่วมได้มากกว่าไม้ผลชนิดอื่น ๆ

2.1.2 การใช้ประโยชน์จากมะขาม

2.1.2.1 ลำต้น

ลำต้นมะขามจะเป็นไม้เนื้อแข็ง นิยมนำมาทำเขียง ครก สาก ไม้หมวกเสาเข็ม สมัยโบราณใช้สำหรับทำด้ามไถนา นอกจากนี้แก่นไม้มะขามซึ่งแข็งแรงใช้ทำโครงไม้ ส่วนเนื้อไม้มะขามใช้เผาถ่านได้ถ่านที่มีคุณภาพดี

2.1.2.2 เปลือกลำต้น

เปลือกลำต้นมะขามมีรสฝาด น้ำต้มเปลือกมะขามนำมาใช้เป็นยาชะล้างแผลให้สมานได้ดีเช่นเดียวกับด่างทับทิม

2.1.2.3 ใบ

ใบอ่อนส่วนใหญ่ใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิด ใบแก่นำมาตากแห้งใช้ปรุงเป็นยาขับเสมหะ แก้หวัด แก้ไอ

2.1.2.4 ดอกมะขาม

สามารถนำมาประกอบอาหาร เช่น แกงส้ม ต้มโคล้ง เป็นต้น เป็นสมุนไพรที่สามารถลดความดันโลหิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.5 ฝักและเนื้อ

ฝักอ่อนมีวิตามินซีสูง ใช้รับประทานฝักสดหรือปรุงเป็นอาหาร ฝักที่เริ่มเข้าไคลนำมาทำมะขามแช่อิ่ม ดอง ส่วนฝักที่แก่จัดเมื่อแกะเอาเปลือกหุ้มออกจะเรียกว่ามะขามเปียก มีประโยชน์ในการนำไปปรุงอาหารแล้ว ยังใช้ทำน้ำมะขาม มะขามกวน มะขามแก้ว ทางประเทศอินเดียใช้ทำจัตนี เป็นการใช้มะขามในการดองปลาเพื่อดับกลิ่นคาวและใส่ในแกงกะหรี่ ทางประเทศอังกฤษและประเทศในยุโรปใช้ทำซอส ส่วนในอเมริกาใช้ทำเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ นอกจากนี้เนื้อมะขามยังใช้ทำความสะอาดภาชนะทองเหลืองและทองแดงได้อีกด้วย

2.1.2.6 เมล็ด

เมล็ดดั่วแล้วนำมาบดให้เป็นผงผสมกับผงกาแฟหรือใช้แทนผงกาแฟ หรือนำไปต้มเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกแล้วใช้รับประทานเป็นอาหารได้ นอกจากนั้นแป้งที่สกัดได้จากเมล็ดมะขามยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรม สิ่งทอ กระดาษ และอุตสาหกรรมพืชบรรจุกระป๋อง

2.1.3 คุณค่าทางอาหารของมะขาม แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางอาหารของมะขามเปียก (สุวิชญา, 2543)

คุณค่าทางอาหาร ของมะขาม		
ความชื้น	31.40	%
พลังงาน	239.00	แคลลอรี่
โปรตีน	2.80	กรัม
ไขมัน	0.60	กรัม
คาร์โบไฮเดรต		
รวม	62.50	กรัม
กากอาหาร	5.10	กรัม
เถ้า	2.70	กรัม
แคลเซียม	74.00	มิลลิกรัม
ฟอสโฟรัส	113.00	มิลลิกรัม
เหล็ก	2.80	มิลลิกรัม
โซเดียม	51.00	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	781.00	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	30.00	Intl. Units
ไทอามีน	0.34	มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไรโบฟราวิน	0.14	มิลลิกรัม
ไนอาซิน	1.20	มิลลิกรัม
กรดแอสโครบิก	2.00	มิลลิกรัม

2.1.4 พันธุ์ของมะขามเปียก (ชูศักดิ์, 2550)

มะขามเปรี้ยวศรีสะเกษ (ศก.019)

ศูนย์วิจัยพืชสวน ศรีสะเกษ จึงได้ทำการรวบรวมต้นแม่พันธุ์มะขามเปรี้ยว ที่มีลักษณะการให้ผลผลิตสูงและคุณภาพดี จากแหล่งปลูกต่าง ๆ ที่สำคัญของประเทศ โดยในปี พ.ศ.2537 ได้นำยอดพันธุ์ของต้นแม่พันธุ์เหล่านั้นมาเสียบกับต้นตอในแปลงรวบรวมพันธุ์มะขามเปรี้ยว ซึ่งปลูกไว้เมื่อปี พ.ศ.2526 จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เพื่อใช้ในการคัดเลือกให้ได้ต้นแม่พันธุ์มะขามเปรี้ยวพันธุ์ดีโดยกำหนดหลักเกณฑ์ที่สำคัญในการเลือกพันธุ์มะขามเปรี้ยวไว้ดังนี้ กล่าวคือ ลักษณะทรงพุ่มเป็นทรงกระบอกหรือทรงกลม มีการเจริญเติบโตดีให้ผลผลิตสูงสม่ำเสมอ ฝักมีขนาดใหญ่และตรงยาวไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร เปลือกหนาฝักไม่แตกง่าย มีเนื้อมากไม่น้อยกว่า 45% ขึ้นไป มีเมล็ด 33.9% เปลือกกับรก 11.1% เนื้อสีอำพัน เปอร์เซ็นต์กรดทาร์ทาริค (ความเปรี้ยว) สูงมากกว่า 12% ปรากฏว่าจากการบันทึกข้อมูลประมาณ 8 ปี (ถึง พ.ศ.2536) สามารถคัดเลือกต้นแม่พันธุ์มะขามเปรี้ยวพันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตสูง และคุณภาพดีตรงตามหลักเกณฑ์ การคัดเลือกพันธุ์เป็นที่น่าพอใจจึงตั้งชื่อว่า "มะขามเปรี้ยวศรีสะเกษ" (ศก.019)

ลักษณะประจำพันธุ์

ต้น : เป็นพุ่ม รูปทรงกลม

ใบ : มีสีเขียว มีจำนวนใบย่อยประมาณ 12 - 16 คู่

ดอก : มีสีเหลืองริ้วแดง เริ่มออกดอกรุ่นแรกประมาณกลางเดือนเมษายนถึงต้นเดือนพฤษภาคม ระยะจากการออกดอกถึงดอกบานใช้เวลาประมาณ 17 วัน จากดอกบนถึงดอกติดฝักใช้เวลาประมาณ 10 วัน หลังจากนั้นอีกประมาณ 238-258 วัน ฝักก็จะแก่ สามารถเก็บเกี่ยวได้

ฝัก : ลักษณะฝักตรง ฝักใหญ่ มีขนาดกว้างประมาณ 1.95-2.60 เซนติเมตร ยาวประมาณ 10.8-18 เซนติเมตร และหนาประมาณ 1.35-1.67 เซนติเมตร มีเปอร์เซ็นต์เนื้อประมาณ 44-50 %

ลักษณะเด่น

1. ให้ผลผลิตสูง ประมาณ 9.13 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี (ค่าเฉลี่ยของผลผลิต 6 ปี เมื่ออายุ 3 -8 ปี) เมื่อ เปรียบเทียบกับมะขามเปรี้ยวพันธุ์ทั่ว ๆ ไป มะขามเปรี้ยวศรีสะเกษจะให้ผลผลิตสูงกว่า 41.18 %
2. อัตราส่วนของเนื้อต่อเปลือก เมล็ดและรก ประมาณ 1:1.12
3. ฝักมีลักษณะตรง ทำให้สะดวกในการเก็บเกี่ยวและแกะเอาเปลือกและเมล็ดออก
4. มีเปอร์เซ็นต์กรดทาร์ทาริคสูงประมาณ 14-19%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การปลูก และการเก็บเกี่ยว

2.1.5.1 การปลูก ควรมีการไถพรวนกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกเสียก่อน ต่อจากนั้นกำหนดหลุมปลูกในแปลงโดยใช้ระยะปลูก 8×8 เมตร (ระยะห่างระหว่างแถว 8 เมตร ระยะห่างระหว่างต้น 8 เมตร) ซึ่งจะปลูกได้ 25 ต้นต่อไร่ ควรมีการเตรียมหลุมปลูกขนาดกว้าง × ยาว × ลึก เท่ากับ 60×60×60 เซนติเมตร ดินที่ขุดจากหลุมปลูกให้แยกเป็นสองกอง คือดินชั้นบนและดินชั้นล่าง ตากดินที่ขุดขึ้นมาทิ้งไว้ประมาณ 2-3 สัปดาห์ แล้วผสมดินทั้งสองกองด้วยปุ๋ยคอกประมาณ 1-2 ปุ้งกี๋ต่อหลุม จากนั้นจึงกลบดินลงไปในหลุมตามเดิม โดยเอาดินชั้นบนลงไว้ก้นหลุมก่อนแล้วจึงกลบทับด้วยดินชั้นล่าง

การปลูกมะขามเปรี้ยวพันธุ์ดีอาจใช้วิธีปลูกมะขามต้นตอลงในแปลงก่อน เมื่อต้นตออายุได้ประมาณ 1-1$^{1}/_{2}$ ปี หรือขนาดลำต้นเท่าแท่งดินสอ จึงทำการเสียบกิ่งโดยใช้ยอดมะขามเปรี้ยวพันธุ์ดีมาเสียบวิธีการเสียบข้าง หรืออีกวิธีการหนึ่งคือการทาบกิ่ง โดยการเตรียมต้นตอมะขามไว้ในแปลงเพาะกล้า เมื่อต้นตอมีอายุประมาณ 8 เดือน ก็ขุดนำต้นตอมาหุ้มด้วยขุยมะพร้าวบรรจุถุงพลาสติก แล้วนำไปทาบกับมะขามเปรี้ยวพันธุ์ที่ต้องการ หลังจากทาบแล้ว 45 วัน สังเกตรากต้นตอจะเดิน จึงตัดมาปักชำในถุงพลาสติกบรรจุดิน จนเจริญเติบโตแล้วนำลงปลูกในแปลง

สำหรับฤดูปลูกควรจะปลูกต้นฤดูฝน เพราะเมื่อปลูกเสร็จแล้วต้นมะขามเปรี้ยวที่ยังเล็กอยู่จะได้รับน้ำฝน สามารถตั้งตัวได้ดีก่อนจะเข้าถึงฤดูแล้ง ต้นมะขามเปรี้ยวที่ปลูกใหม่ควรจะยึดกับหลักเพื่อให้ต้นมะขามเปรี้ยวขึ้นตรงไม่โค่นล้มเนื่องจากลมแรง หากปลูกด้วยกิ่งทาบหลังปลูกแล้วจำเป็นต้องแกะเอาเชือกฟาง หรือผ้าพลาสติกตรงรอยต่อออกเพราะถ้าไม่ได้ต้นมะขามเปรี้ยวแคระแกร็นหรืออาจจะตายได้ (ชูศักดิ์, 2550)

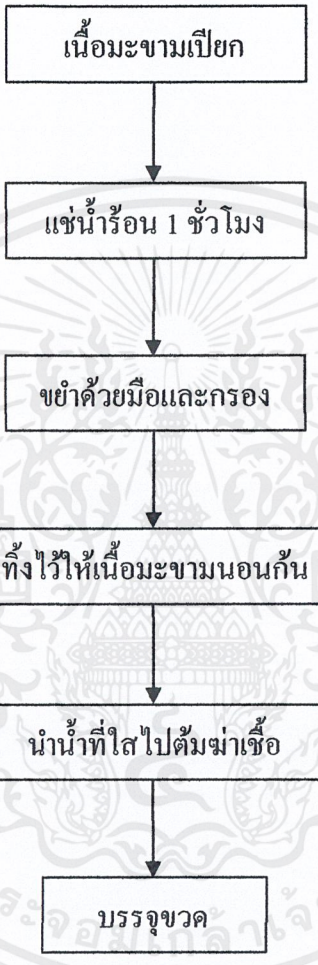
2.1.5.2 การเก็บเกี่ยว มะขามเปรี้ยวจะแก่ และสามารถเก็บเกี่ยวได้ใช้ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ของปีถัดไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งปลูกและสภาพดินฟ้าอากาศด้วย การเก็บเกี่ยวควรใช้กรรไกรตัดแต่งกิ่งตัดที่ขั้วให้หลุดออกจากกิ่ง ถ้ามะขามต้นโตให้ใช้บันไดขึ้นเก็บเกี่ยวฝักที่อยู่สูงหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วนำฝักมะขามเปรี้ยวมาแกะเอาเปลือกและเมล็ดออก จากนั้นนำเนื้อมะขามที่แกะได้เรียกว่า มะขามเปียก บรรจุลงในภาชนะต่าง ๆ เช่น ถุงพลาสติก หรือ เข่ง เพื่อจำหน่ายต่อไป

สำหรับวิธีการเก็บรักษามะขามเปียกไว้นาน ๆ เพื่อจะนำมาจำหน่ายในช่วงที่มีราคาสูงโดยที่เนื้อมะขามไม่เปลี่ยนเป็นสีคล้ำทำได้โดยการนำมะขามเปียกที่บรรจุในภาชนะไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิต่ำ คือ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถชะลอการเกิดสีดำของเนื้อมะขามได้ประมาณ 10 เดือน (ชูศักดิ์, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กรรมวิธีการทำน้ำมะขามเปียก

มะขามเปียกเป็นที่นิยมใช้กันมาก ไม่ว่าจะเป็นการนำไปใช้ในครัวเรือน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของอาหารหรือใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง การทำน้ำมะขามเปียกต้องนำน้ำมะขามเปียกไปแช่น้ำก่อนเป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งกรรมวิธีในการทำน้ำมะขามเปียกในปัจจุบันมีวิธีการทำดังรูปที่ 2.4 (ชูศักดิ์, 2550)

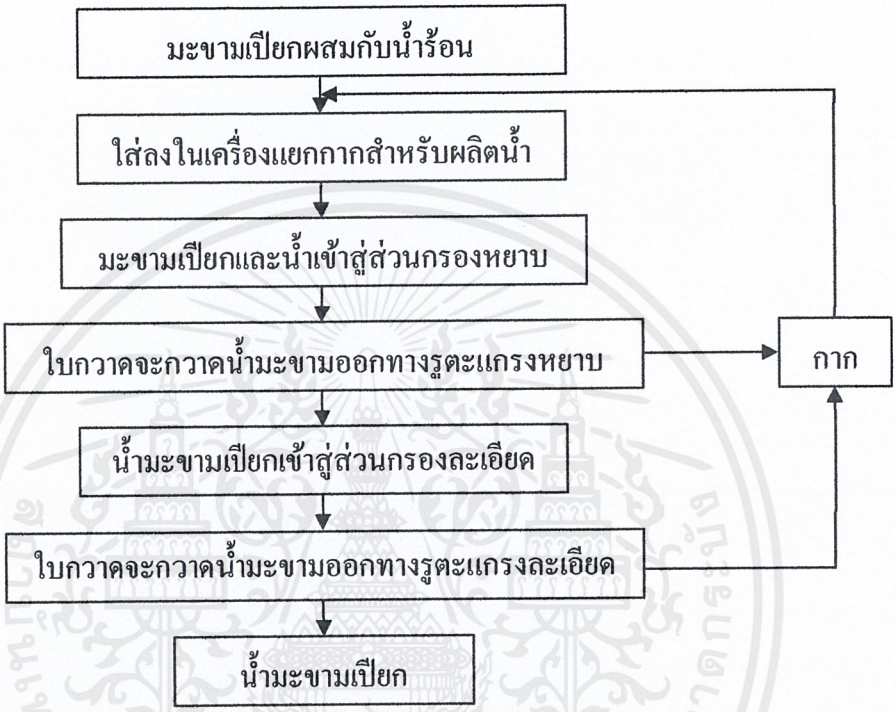


รูปที่ 2.4 กระบวนการแปรรูปน้ำมะขามเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กรรมวิธีการแปรรูปของโรงงาน

ปัจจุบันโรงงานมีการผลิตน้ำมะขามเปียก เพื่อเป็นส่วนประกอบหลักของการผลิตน้ำพริกขั้นต้น โดยใช้เครื่องแยกกากสำหรับผลิตน้ำมะขามเปียก จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) โดยที่กำลังการผลิตขนาด 500 ลิตรต่อชั่วโมง ตัวเครื่องประกอบจากภายในประเทศทั้งหมด ใช้มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า กำลังไฟฟ้า 380 โวลต์ (นิรนาม 2, 2546)



รูปที่ 2.5 กระบวนการแปรรูปน้ำมะขามเปียกด้วยเครื่องแยกกากสำหรับผลิตน้ำมะขามเปียก

รูปที่ 2.6 เครื่องแยกกากสำหรับผลิตน้ำมะขามเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างเครื่องทดลอง

3.1 แนวทางการออกแบบ

แนวคิดที่ใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก โดยส่วนบนอาศัยการตีผสมของแผ่นหมุนที่มีแท่งทรงกระบอกตันติดตั้งอยู่ ซึ่งแผ่นด้านซ้ายและขวาหมุนสวนทางกัน ทำให้ตีเนื้อมะขามเปียกให้เละและมีขนาดเล็กลง หลังจากนั้นน้ำมะขามเปียกไหลลงสู่ส่วนล่าง อาศัยการเสียดสีระหว่างแผ่นเซาะร่อง 2 แผ่น ซึ่งหมุนสวนทางอีกเช่นกัน ทำให้เกิดแรงเฉือนที่เนื้อของมะขามเปียก ทำให้เนื้อมะขามเปียกละลายและผสมกับน้ำ

3.2 ทฤษฎีการคำนวณ

โมเมนต์บิด (Torque) คือ โมเมนต์ที่มีแนวโน้มที่จะบิดชิ้นส่วนตามแนวแกนยาว เมื่อเพลาถูกกระทำด้วยโมเมนต์บิดจากภายนอก ทำให้โมเมนต์บิดภายใน T เกิดขึ้นภายในเพลา จะเกิดความสัมพันธ์ของโมเมนต์บิดภายในกับการกระจายความเค้นเฉือนบนหน้าตัดของเพลา

สำหรับเพลากลมตัน ความเค้นเฉือนจะมีค่าเป็นศูนย์ที่จุดศูนย์กลางของเพลา และมีค่าสูงสุดที่พื้นผิว โดยมีการกระจายความเค้นที่เป็นสัดส่วนกับรัศมี ซึ่งแสดงดังสมการ (3.1)

$$\tau_{max} = \frac{Tr}{J} \tag{3.1}$$

โดยที่ τ_{max} คือ ความเค้นเฉือนสูงสุด (N/mm^2)

T คือ แรงบิด (N.m)

r คือ รัศมีของเพลา (mm)

J คือ โมเมนต์ความเฉลี่ยเชิงขั้วของพื้นที่ (Polar Area Moment of Inertia)

สมการนี้เรียกว่า “สมการการบิด” สำหรับหาความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นจากโมเมนต์บิด ใช้ในการออกแบบเพลาหน้าตัดรูปวงกลม วัสดุเนื้อเดียวกันและมีพฤติกรรมในลักษณะยืดหยุ่นเชิงเส้น ซึ่งมักจะจำเป็นในการใช้หาโมเมนต์บิด T ในการส่งถ่ายกำลัง และความเร็วในการหมุนของเพลา

สำหรับเพลาตันซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม แสดงดังสมการ (3.2)

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \tag{3.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าสมการ (3.2) ลงในสมการ (3.1) จะได้ดังสมการ (3.3)

$$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi d^3} \tag{3.3}$$

ในการใช้สมการ (3.3) จะต้องหาค่าโมเมนต์ก่อน สำหรับการเครื่องจักรกลที่ส่งกำลังมาตามเพลา จะคำนวณหาค่าโมเมนต์บิดได้จากสมการ (3.4) และสมการ (3.5)

$$W_p = T\omega = 2\pi nT \tag{3.4}$$

โดยที่ W_p คือ กำลังงาน (W)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

n คือ ความเร็วรอบ (rev/s)

$$T = Fr \tag{3.5}$$

โดยที่ F คือ ค่าของแรงกระทำ (N)

r คือ รัศมีของรอบการหมุนเนื่องจากแรงกระทำ (mm)

3.3 การคำนวณ

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้น ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ จึงได้คำนวณความเค้นเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้นกับเพลา ซึ่งมีผลมากที่สุดที่ทำให้เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนของเครื่องต้นแบบ

วัสดุที่ใช้ทำเพลา คือ เหล็กกล้า AISI CD 1030 มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ให้กำลังสูงสุดได้ประมาณ 745 W และความเร็วรอบสูงสุด 1440 รอบต่อนาที

จากตารางที่ ก.2

ได้ $\sigma_y = 76$ ksi

$= 76 \times 6.895 = 524$ N/mm^2

ให้แรงที่กระทำต่อเพลามีขนาดสม่ำเสมอ ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะของแรงที่อยู่นิ่ง จากตารางที่ ก.1 เลือก N = 2

ความต้านทานแรงเฉือนคราก $\tau_y = 0.6\sigma_y$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเค้นเฉือนออกแบบ $\tau_d = \frac{\tau_y}{N}$

$= \frac{0.6 \times 524}{2} = 157.20 \text{ N/mm}^2$

จากสมการ (3.4) $W_p = 2\pi nT$

$745 = \frac{2 \times \pi \times 1440 \times T}{60}$

$T = 4.94 \text{ N.m}$

จากสมการ (3.3) $\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$

$157.20 = \frac{16 \times 4.94 \times 1000}{\pi \times d^3}$

$d = 5.49 \text{ mm}$

จากสมการ (3.5) $T = Fr$

$4.94 = \frac{F \times 5.49}{1000}$

$F = 0.90 \text{ N}$

จากเครื่องต้นแบบ เลือกใช้เพลาขนาด 20 mm. จากตารางที่ ก.3 ซึ่งเป็นขนาดที่มีการผลิตอยู่แล้ว และเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับเครื่องต้นแบบ

ขนาดของเพลาใช้ 20 mm และติดแบริ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 mm

จากสมการ (3.5) จะได้ $T_1 = T_2$

$F_1 r_1 = F_2 r_2$

จาก $F_1 = 0.90 \text{ N}$

แทนค่า $0.90 \times 5.49 = F_2 \times 25.4$

$F_2 = 0.19 \text{ N}$

แรงที่กระทำกับแบริ่งขนาด 25.4 เซนติเมตร เท่ากับ 0.19 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

3.4.1 โครงเครื่อง ทำหน้าที่เป็นฐานหลักสำหรับติดตั้งอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แก่ เป็นที่ติดตั้งของตัวเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก และเป็นแท่นสำหรับวางมอเตอร์กำลัง ทำจากเหล็กฉากขนาด 3 X 3 เซนติเมตร ขนาดกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 38 เซนติเมตร และสูง 44.54 เซนติเมตร แสดงในรูปที่ 3.15

3.4.2 มอเตอร์ต้นกำลัง เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 0.75 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) 1440 รอบต่อนาที เป็นตัวส่งกำลังให้กับเพลาซึ่งต่อกับชุดผสมมะขามเปียก ที่ใช้สำหรับผสมน้ำมะขามเปียก โดยใช้สายพานและโซ่ในการส่งกำลัง และต่อเข้ากับอุปกรณ์ช่วยในการควบคุมความเร็วรอบ เพื่อสะดวกในการแปรค่าความเร็วของมอเตอร์ต้นกำลังสำหรับการทดลอง

3.4.3 ชุดผสมน้ำมะขามเปียก ประกอบด้วย 5 ส่วน แสดงในรูปที่ 3.1 - รูปที่ 3.14 ดังนี้

- ช่องป้อนวัตถุดิบ สำหรับป้อนเนื้อมะขามเปียกและน้ำลงไปยังตัวถัง ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 304

- ตัวถังส่วนบน ประกอบด้วยท่อทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.24 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ด้านในทรงกระบอกมีแผ่นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14.24 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร โดยมีแท่งทรงกระบอกตันขนาด 0.95 เซนติเมตรติดอยู่ แผ่นด้านซ้ายมีแท่งทรงกระบอกจำนวน 12 แท่ง และแผ่นด้านขวาจำนวน 6 แท่ง โดยที่ด้านซ้ายและด้านขวาหมุนสวนทางกันในความเร็วที่เท่ากัน ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 304

- ท่อต่อระหว่างตัวถังส่วนบนและส่วนล่าง เป็นทางผ่านสำหรับน้ำมะขามเปียกที่ผ่านการตีผสมจากตัวถังส่วนบนลงสู่ตัวถังส่วนล่าง ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 304

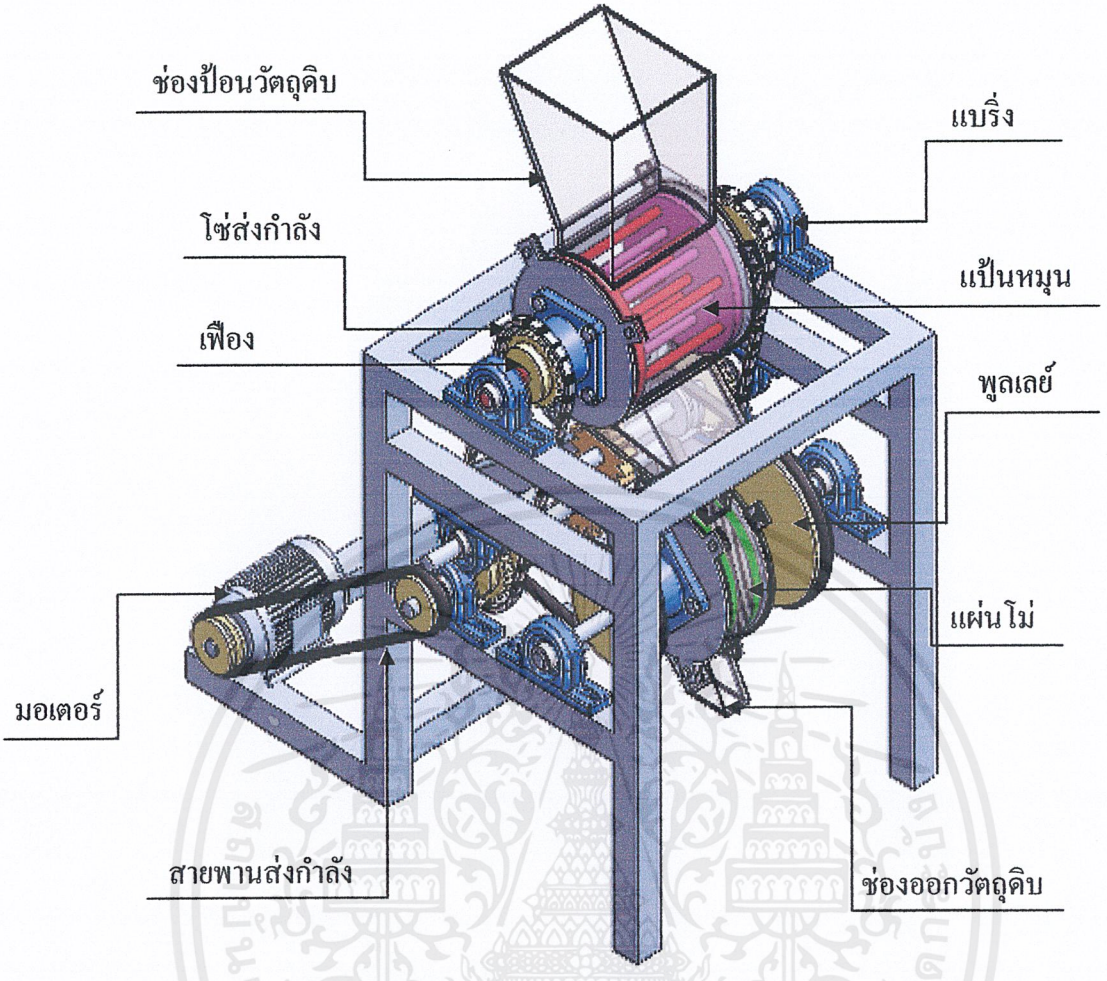
- ตัวถังส่วนล่าง ประกอบด้วยท่อทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.24 เซนติเมตรยาว 5 เซนติเมตร ด้านในทรงกระบอกมีแผ่นโม่วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14.24 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร เซาะร่องลึก 0.2 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่นประกอบเข้าหากัน ระยะห่างระหว่างแผ่น 2 เซนติเมตร หมุนสวนทางกันในความเร็วที่ต่างกัน ด้วยอัตราส่วน 1:1.5 ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 304

- ทางออกของผลิตภัณฑ์ สำหรับน้ำมะขามเปียกที่ผ่านการผสมแล้วไหลลงสู่ภาชนะรองรับ ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม 304

3.4.4 หน้าที่ในการขับเคลื่อน มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ เฟือง พู่เลย์ โซ่ และสายพาน

3.4.5 การหล่อลื่นใช้บอลแบริ่ง เนื่องจากสามารถรับแรงในแนวแกนและแนวรัศมีได้ดี ประกอบกับบำรุงรักษาง่ายและราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

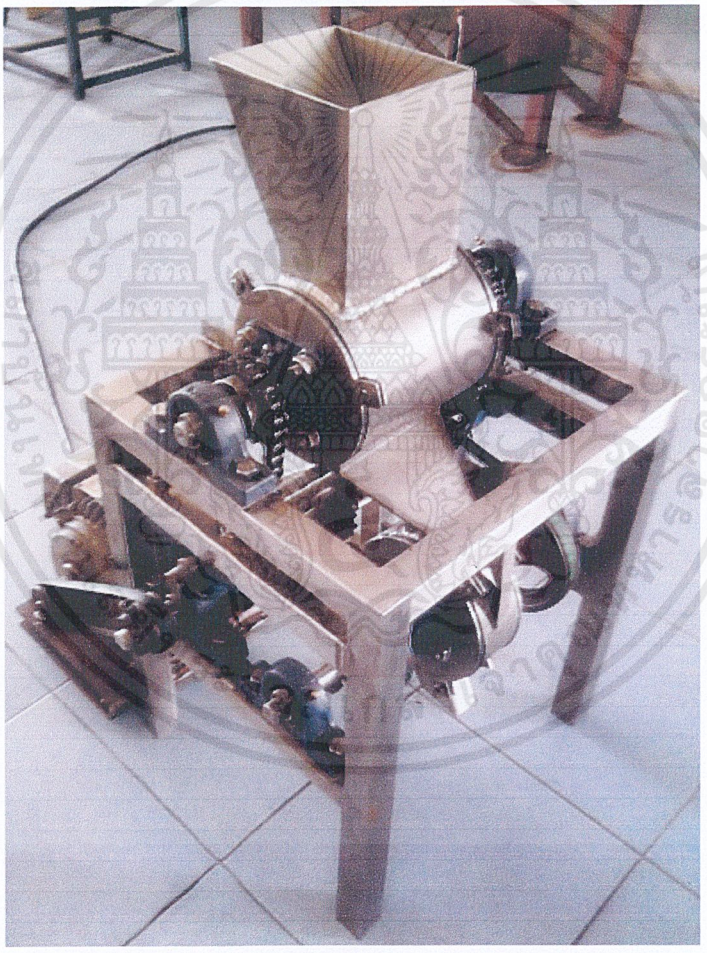


รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

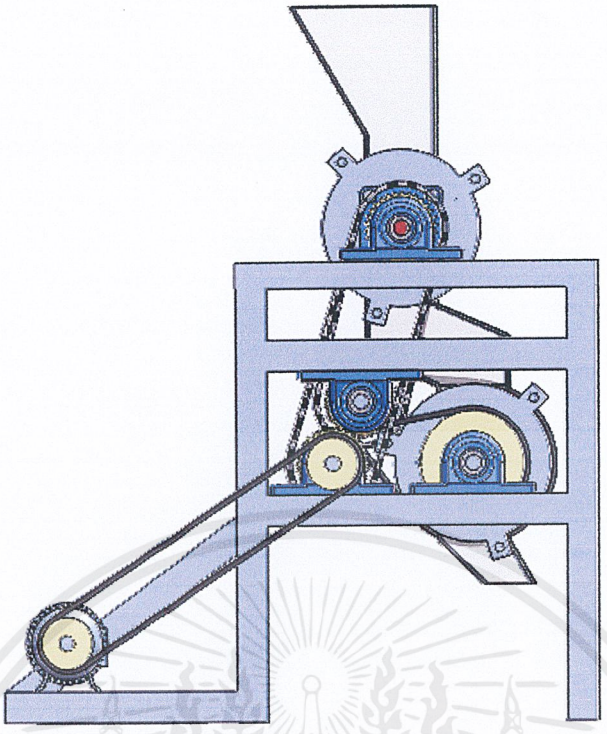
เปิดสวิตซ์ให้มอเตอร์ทำงาน ป้อนน้ำและมะขามเปียกลงบริเวณช่องป้อนวัตถุดิบ จากนั้นน้ำและมะขามเปียกไหลลงสู่ชุดผสมมะขามเปียก โดยส่วนตีผสมมะขามเปียกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนเป็นแผ่นวงกลมที่แท่งทรงกระบอกตันติดอยู่ ถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ใช้โซ่ในการส่งกำลัง โดยที่ด้านซ้ายและด้านขวาหมุนสวนทางกันในความเร็วที่เท่ากัน มะขามเปียกถูกตีผสมให้แหลกด้วยแท่งสแตนเลสที่ติดอยู่ จากนั้นน้ำมะขามเปียกไหลไปสู่ส่วนล่าง ซึ่งมีแผ่นโม่เซาะร่อง 2 แผ่นติดตั้งอยู่ ถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ใช้สายพานในการส่งกำลัง โดยที่ด้านซ้ายและด้านขวาหมุนสวนทางกันในความเร็วที่ต่างกัน ด้วยอัตราส่วน 1:1.5 น้ำมะขามที่ถูกผสมแล้วจะผ่านแผ่นโม่ไหลลงมาที่ช่องออกของผลิตภัณฑ์ลงสู่ภาชนะรองรับ



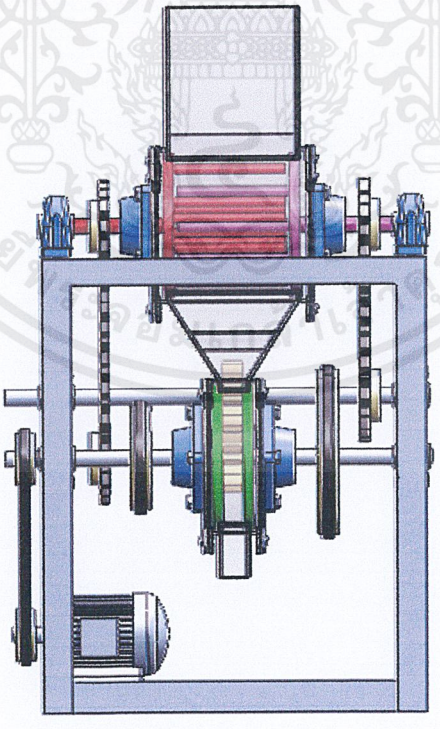
รูปที่ 3.2 เครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

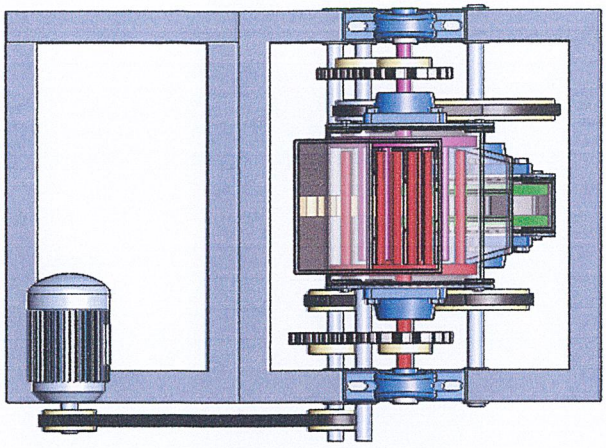


รูปที่ 3.3 ด้านข้างของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

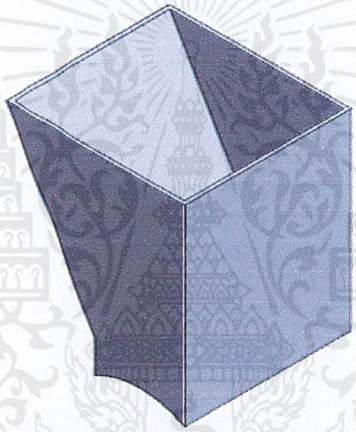


รูปที่ 3.4 ด้านหน้าของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

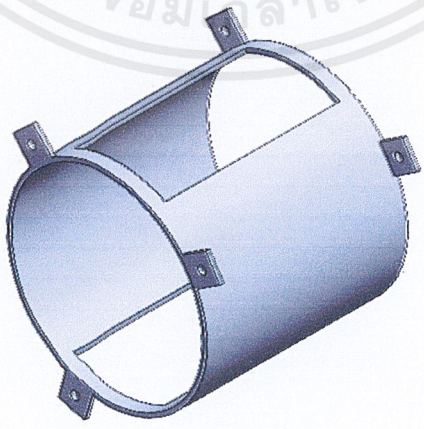
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
119503



รูปที่ 3.5 ด้านบนของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

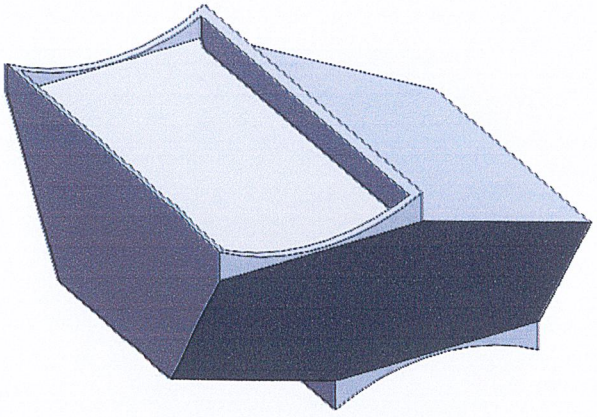


รูปที่ 3.6 ช่องป้อนวัตถุดิบ



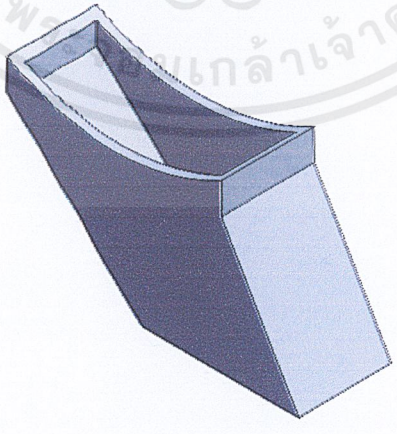
รูปที่ 3.7 ตัวถังส่วนบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



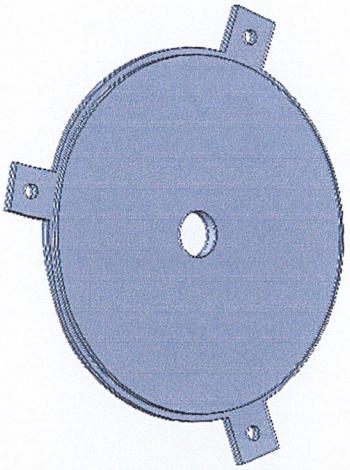
รูปที่ 3.8 ท่อต่อระหว่างตัวถังส่วนบนและส่วนล่าง

รูปที่ 3.9 ตัวถังส่วนล่าง

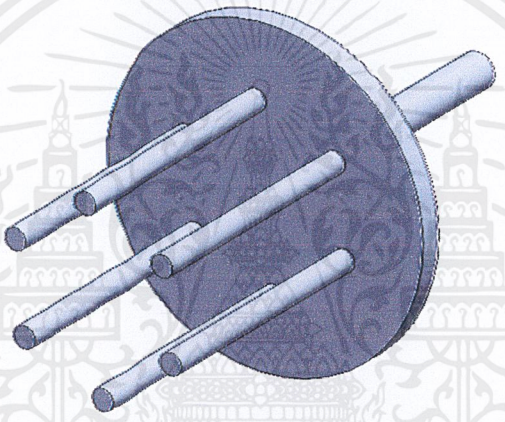


รูปที่ 3.10 ช่องออกของผลิตภัณฑ์

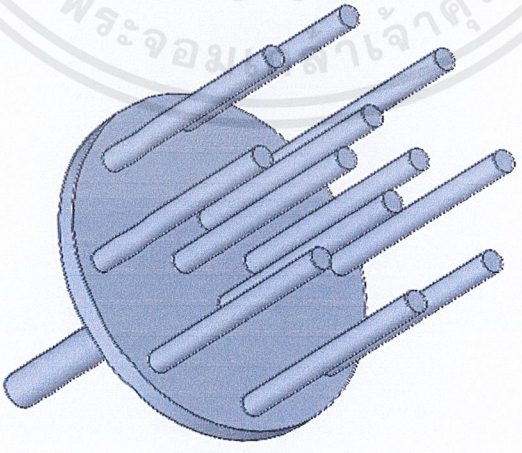
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ฝาปิดข้างตัวถัง

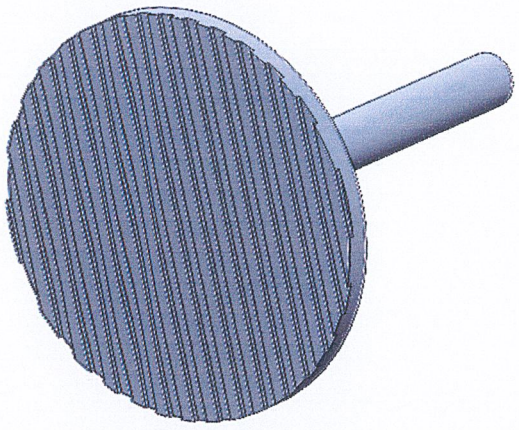


รูปที่ 3.12 แผ่นหมุนส่วนบน ด้านขวา

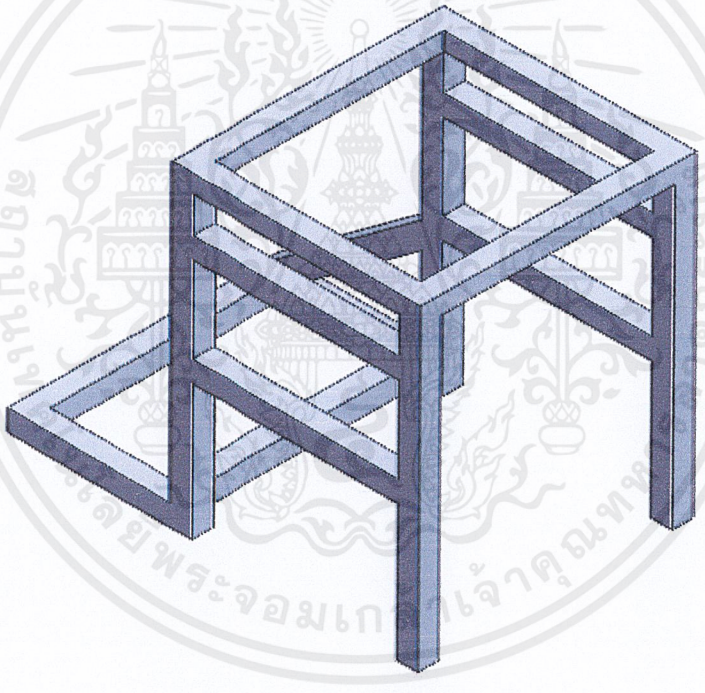


รูปที่ 3.13 แผ่นหมุนส่วนบน ด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แผ่นโม่



รูปที่ 3.15 โครงของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบการทดลอง

4.1 การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของมะขามเปียก

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบคุณสมบัติพื้นฐานของมะขามเปียกได้ข้อมูลประกอบการออกแบบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก จึงทำการศึกษาความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง ความหนาแน่นรวม ขนาดของเม็ด และผลผลิตที่ได้จากมะขามเปียก

4.1.1 ความชื้น

เพื่อหาความชื้นเริ่มต้นของมะขามเปียก ทำการทดลองโดย เตรียมตัวอย่างมะขามเปียก บด 3-5 กรัม ลงในถ้วยอลูมิเนียม จำนวน 5 ตัวอย่าง นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น 20 นาที บันทึกน้ำหนัก จากนั้นนำเข้าไปอบต่ออีก 3 ชั่วโมง นำออกมาปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น 20 นาที บันทึกน้ำหนัก แล้วนำเข้าไปอบต่ออีก 3 ชั่วโมง นำออกมาปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น 20 นาที จากนั้นนำน้ำหนักมาคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสมการ (4.1)

$$\%\ \text{ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100 \qquad (4.1)$$

4.1.2 การหาความหนาแน่นรวม (Bulk density)

เพื่อศึกษานำค่าความหนาแน่นรวมที่ได้ เป็นการเก็บข้อมูลพื้นฐาน ทดลองทำโดย แบ่งมะขามเปียกเป็นก้อน ๆ จำนวน 5 ก้อน ชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่า นำมะขามเปียกที่ได้มาห่อฟิล์มใสห่ออาหาร เติมน้ำปริมาตร 500 มิลลิลิตร ใส่กระบอกตวงขนาด 1000 มิลลิลิตร ค่อย ๆ หย่อนมะขามเปียกลงในกระบอกตวง ระดับของน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยมะขามเปียกสูงขึ้น อ่านระดับน้ำบันทึกผล แล้วคำนวณค่าความหนาแน่นรวมดังสมการ (4.2)

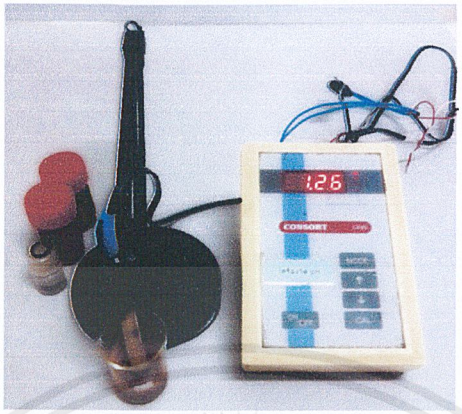
$$\text{ความหนาแน่นรวม} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตรน้ำที่เพิ่มขึ้น}} \qquad (4.2)$$

4.1.3 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การวัดค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของน้ำมะขามเปียก เพื่อเก็บข้อมูล ทำการทดลองโดยชั่งมะขามเปียก 50 กรัม จำนวน 9 ก้อน นำมาผสมกับน้ำปริมาตร 100 กรัม แล้วใช้มือขยำให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

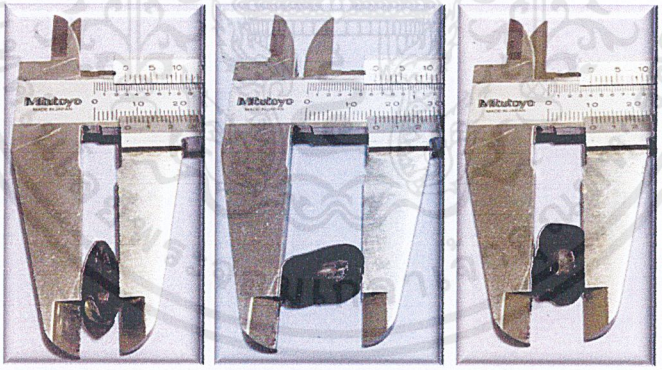
กรองแยกกากออก เพื่อให้ได้น้ำมะขามเปียก จากนั้นนำน้ำมะขามเปียกที่ได้มาวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH Meter ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.1 แล้วบันทึกค่า



รูปที่ 4.1 การทดลองวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง

4.1.4 ขนาดของเม็ดมะขาม

นำเม็ดมะขามจำนวน 100 เม็ด มาทำการวัดความหนา ความยาว และความกว้าง ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิตอล ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.2 แล้วบันทึกผล



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.2 การวัดขนาดของเม็ดมะขามเปียก (ก) ความหนา (ข) ความยาว (ค) ความกว้าง

4.1.5 การหาค่าปริมาณผลผลิตที่ได้ (Yield)

หาค่าปริมาณผลผลิตที่ได้ เพื่อศึกษาปริมาณของเนื้อที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ที่แท้จริง ทำการทดลองโดย แบ่งมะขามออกเป็น 5 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 250 กรัม ใส่ลงในกะละมัง แล้วเติมน้ำใส่กะละมังละ 2 ลิตร บันทึกน้ำหนักรวมที่ได้ กวนให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำมากรองผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะแกรง จากนั้นนำน้ำมะขามเปียกและกากที่ได้มาชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณการหาค่าปริมาณผลผลิตที่ได้ดังสมการ (4.3)

$$\text{ค่าปริมาณผลผลิตที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมะขามเปียก}}{\text{น้ำหนักรวมทั้งหมด}} \times 100\% \qquad (4.3)$$

4.2 การทดสอบการผสมน้ำมะขามเปียกด้วยเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ

การทดสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลการผสมน้ำมะขามเปียก โดยใช้เครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียก มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การกำหนดปัจจัย จากการศึกษาเบื้องต้นได้กำหนดค่าตัวแปรที่ต้องการศึกษาดังนี้

1. อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ 2 อัตราส่วน คือ 1:2 และ 1:2.5
2. ความเร็วรอบหมุนของมอเตอร์ 3 ระดับ คือ 750 1000 และ 1250 รอบต่อนาที

4.2.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. มะขามเปียก
2. น้ำอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส
3. เครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ
4. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องปรับความถี่กระแสไฟฟ้า (Inverter) เพื่อปรับความเร็วรอบมอเตอร์
7. เครื่องวัดความเร็วรอบ
8. ภาชนะสำหรับใส่น้ำมะขามเปียก

4.2.3 วิธีการทดลอง

เพื่อทดลองเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ ที่สภาวะต่าง ๆ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ 1) อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ 2 อัตราส่วน ได้แก่ 1:2 และ 1:2.5 2) ที่ความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ 3 ระดับ คือ 750 1000 และ 1250 รอบต่อนาที ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

1. จัดการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiments) และแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomizer Design) เพื่อให้มะขามเปียกทุกถุงในแต่ละชุดการทดลองมีโอกาสทดลองในแต่ละวิธีการทดลองที่เท่าเทียมกัน

2. เตรียมตัวอย่างมะขามเปียกก้อนละ 500 กรัม จำนวน 18 ถุง แล้วติดหมายเลขไว้ สุ่มถุงตัวอย่างมะขามเปียกขึ้นมา ผสมกับน้ำปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

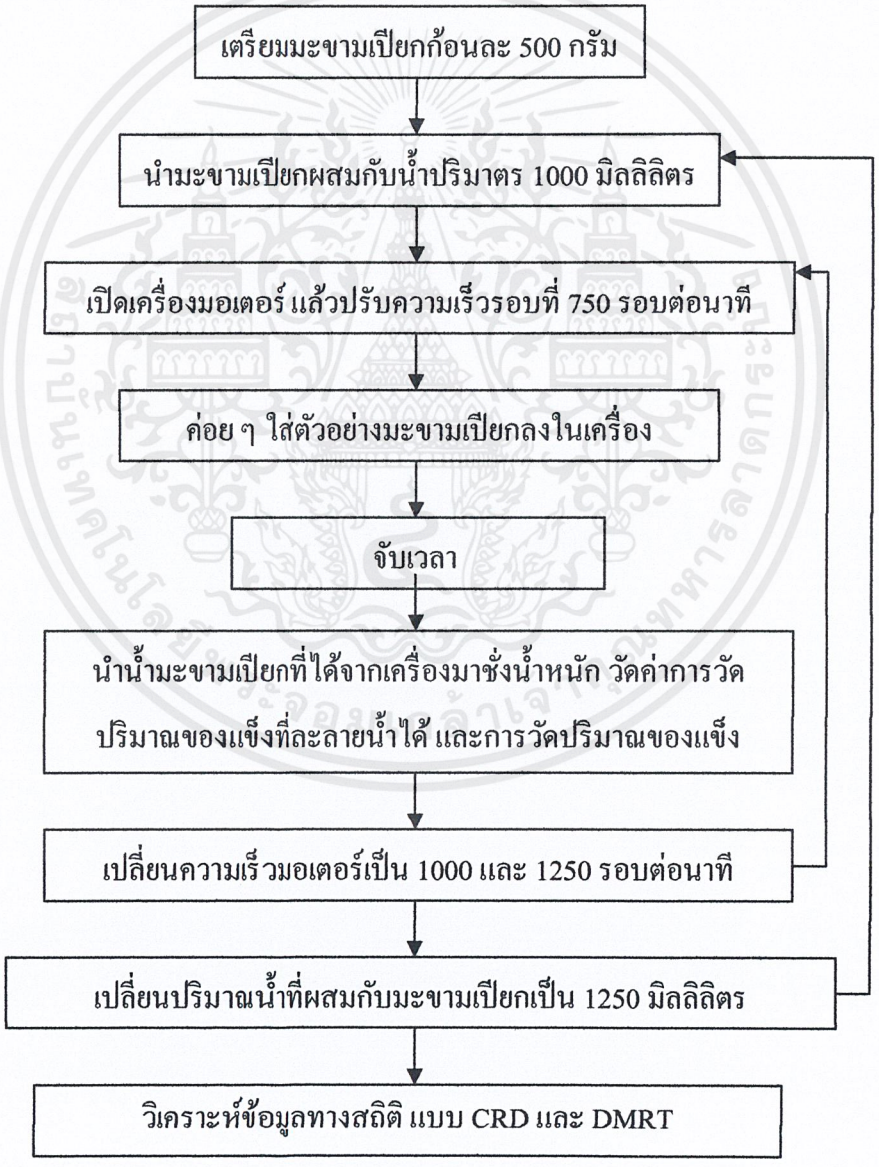
3. กำหนดอัตราการป้อนของน้ำและมะขามเปียกในอัตราคงที่ค่าหนึ่ง

4. เมื่อเริ่มปล่อยน้ำที่ผสมมะขามเปียกลงในเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ ทำการจับเวลาจนน้ำมะขามเปียกไหลลงสู่ภาชนะรองรับจนหมด

5. นำน้ำมะขามเปียกที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid) และวัดปริมาณของแข็ง (Total Solid)

6. ทำการทดลองตามข้อ 2-5 โดยเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ และความเร็วรอบหมุนของมอเตอร์ และทำการทดลองซ้ำในแต่ละการทดลองจำนวน 3 ครั้ง

7. ทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ และความเร็วรอบหมุนของมอเตอร์ที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลอง โดยจัดการทดลองแบบ CRD และ DMRT



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะขามเปียกที่ได้จากเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ

4.3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. น้ำมะขามเปียกที่ได้จากการทดลอง
2. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
3. ถ้วยกระเบื้อง (evaporating dish)
4. อ่างไอน้ำ (water bath)
5. ตู้อบแห้ง (oven)
6. โถดูดความชื้น (dessicator)
7. กระบอกตวง
8. Refractrometer

4.3.2 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid)

คือ การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ การทดลองมีดังนี้

1. เตรียมน้ำมะขามเปียกที่ผ่านการผสมด้วยเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ
2. ใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Refractrometer) แล้วบันทึกผล

รูปที่ 4.4 การทดลองวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

4.3.3 การวัดปริมาณของแข็ง (Total Solid)

1. ชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง บันทึกผลเป็นค่า A แล้วตวงตัวอย่างน้ำมะขามเปียกที่ผ่านการตีผสมด้วยเครื่องปริมาตร 30 มิลลิลิตร ใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง
2. นำไประเหยบนอ่างไอน้ำนานประมาณ 2 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำถ้วยตัวอย่างที่ระเหยน้ำแห้งแล้วไปใส่ในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 103-105°C เพื่อไล่ความชื้นนานประมาณ 1 ชั่วโมง โดยแสดงดังรูปที่ 4.6 แล้วนำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น

4. เมื่อเย็นแล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผลเป็นค่า B

5. คำนวณหาค่าปริมาณของแข็ง (Total Solid) จากสมการ (4.4)

$$Total\ Solid\ (g/L) = \frac{(B-A)\times 10^3}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง (L)}} \quad (4.4)$$

โดย A = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง (mg)

B = น้ำหนักของตัวอย่างและถ้วยกระเบื้อง (mg)

รูปที่ 4.5 การทดลองวัดปริมาณของแข็ง ขั้นตอนที่นำตัวอย่างมาระเหยที่อ่างไอน้ำ

รูปที่ 4.6 การทดลองวัดปริมาณของแข็ง ขั้นตอนที่นำตัวอย่างมาอบที่ตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

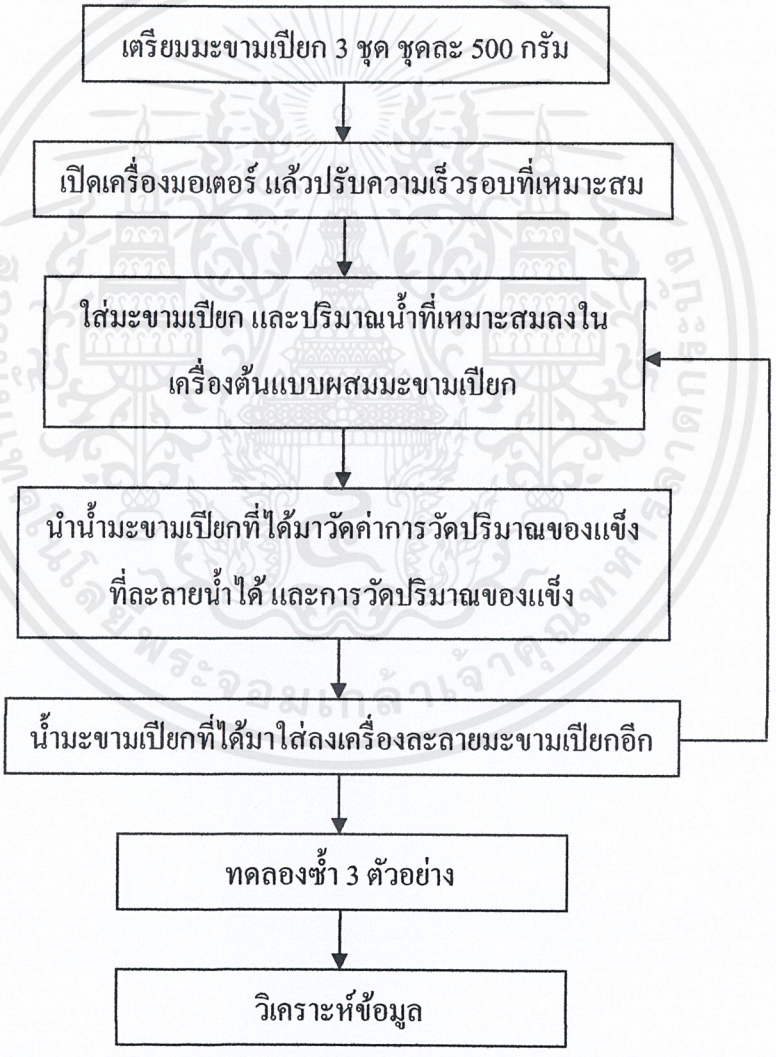
4.4 การทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ

1. จากการทดลองที่ 4.2 และ 4.3 พิจารณาอัตราส่วนระหว่างน้ำกับมะขามเปียก และความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ที่เหมาะสม

2. ที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดใช้ทดลองหาความสามารถของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ โดยป้อนมะขามเปียก 500 กรัม และน้ำลงในเครื่องครั้งที่ 1

3. เมื่อได้น้ำมะขามเปียก นำมาตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และวัดปริมาณของแข็ง แล้วนำมาใส่ลงเครื่องอีกรอบ เป็นรอบที่ 2 และรอบที่ 3 แล้วตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และวัดปริมาณของแข็ง

4. ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง



รูปที่ 4.7 ขั้นตอนการทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้ดำเนินตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 แบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้ การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของมะขามเปียก การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะขามเปียกที่ได้จากเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม และการทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำที่สภาวะที่เหมาะสม

5.1 ผลจากการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของมะขามเปียก

การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของมะขามเปียก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชื้นของมะขามเปียก ความเป็นกรด-ด่าง ความหนาแน่นรวม ขนาดของเม็ดมะขาม และปริมาณผลผลิตที่ได้ โดยตารางแสดงผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ข

5.1.1 ผลการหาความชื้นของมะขามเปียก

การทดสอบหาค่าความชื้นเบื้องต้นของมะขามเปียกทั้งหมด 5 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยที่ได้ คือ 29.40 %

5.1.2 ผลการหาค่าความหนาแน่นรวม

การทดสอบหาค่าความความหนาแน่นรวม (Bulk density) ของมะขามเปียก ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยที่ได้ คือ 1.214 kg/m^3

5.1.3 ผลการหาค่าความเป็นกรด - ด่าง

การทดสอบหาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของมะขามเปียก ทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างที่ได้ คือ 1.26

5.1.4 ผลการหาขนาดของเม็ดมะขาม

ขนาดของเม็ดมะขามเปียกในการทดลอง มีความกว้างเฉลี่ย 0.96 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 1.38 เซนติเมตร ความหนาเฉลี่ย 0.71 เซนติเมตร ขนาดที่ใหญ่ที่สุดของเม็ด 1.91 เซนติเมตร และขนาดที่เล็กที่สุดของเม็ด 0.55 เซนติเมตร

5.1.4 ผลการหาปริมาณผลผลิตที่ได้

การทดสอบหาปริมาณผลผลิตที่ได้ (Yield) ของมะขามเปียก ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยที่ได้ คือ 61.75%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลจากการตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะขามเปียก

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลการผสมมะขามเปียกด้วยเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ ที่สภาวะต่าง ๆ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ 1) อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ 2 อัตราส่วน ได้แก่ 1:2 และ 1:2.5 2) ที่ความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ 3 ระดับ คือ 750 1000 และ 1250 รอบต่อนาที

จากการทดลองโดยการจัดแฟคทอเรียลสมบูรณ์จึงได้ผลการทดลองซึ่งแสดงผลการทดลองไว้ในภาคผนวก ค และแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในภาคผนวก ง โดยแสดงผลการทดลองไว้เป็น 2 ลักษณะ

1. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid)
2. ปริมาณของแข็ง (Total Solid)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของตัวแปรตาม คือ อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ และความเร็วรอบของมอเตอร์ พบว่าอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ และความเร็วรอบของมอเตอร์มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณของแข็ง เมื่อใช้การเปลี่ยนแปลงทั้งอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ และความเร็วรอบของมอเตอร์ จะมีอย่างน้อย 1 กรรมวิธีที่ให้ค่าผลการทดลองแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ ดังนั้นสามารถนำผลการทดลองที่ได้ทั้งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณของแข็ง ซึ่งอาศัยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

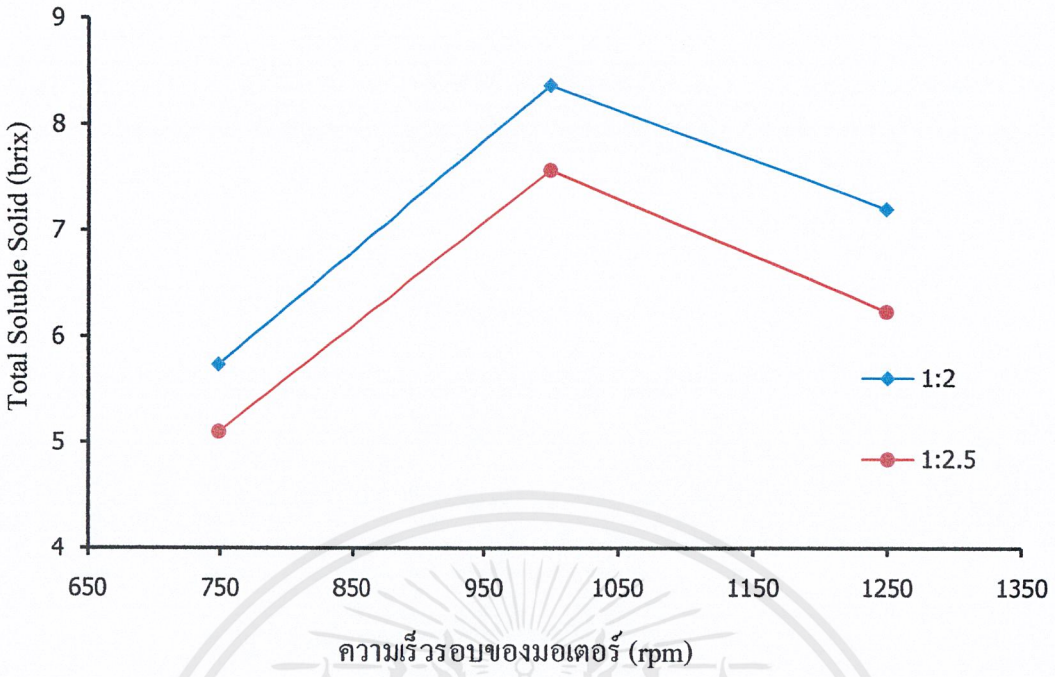
5.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยของผลของความเร็วรอบของมอเตอร์ ในแต่ละอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ

ความเร็วรอบของมอเตอร์(รอบ/นาที)	อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ	
	1:2	1:2.5
750	5.73±0.06c	5.10±0.00c
1000	8.37±0.06a	7.57±0.06a
1250	7.20±0.00b	6.23±0.06b

* หมายเหตุ จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ในแต่ละสัญลักษณ์ตัวห้อยเดียวกันไม่มีความแตกต่างในเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของน้ำมะขามเปียกจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ และความเร็วรอบของมอเตอร์

- เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์และอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำเท่ากับ 1:2 ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 5.73 brix (จากตารางคืออักษรห้อย c) ซึ่งเป็นความเร็วรอบของมอเตอร์ 750 รอบต่อนาที ซึ่งให้ผลแตกต่างกับความเร็วรอบของมอเตอร์ 1250 รอบต่อนาที ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7.20 brix (จากตารางคืออักษรห้อย b) และให้ผลได้น้อยกว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ 1000 รอบต่อนาที ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 8.37 brix (จากตารางคืออักษรห้อย a)

- ที่อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำเท่ากับ 1:2.5 ได้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 5.10 brix (จากตารางคืออักษรห้อย c) ซึ่งเป็นความเร็วรอบของมอเตอร์ 750 รอบต่อนาที ซึ่งให้ผลแตกต่างกับความเร็วรอบของมอเตอร์ 1250 รอบต่อนาที ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 6.23 brix (จากตารางคืออักษรห้อย b) และให้ผลได้น้อยกว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ 1000 รอบต่อนาที ให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7.57 brix (จากตารางคืออักษรห้อย a)

- จากการพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่าอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำเท่ากับ 1:2 และความเร็วรอบของมอเตอร์ 1000 รอบต่อนาที เป็นสภาวะที่เหมาะสม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 8.37 brix

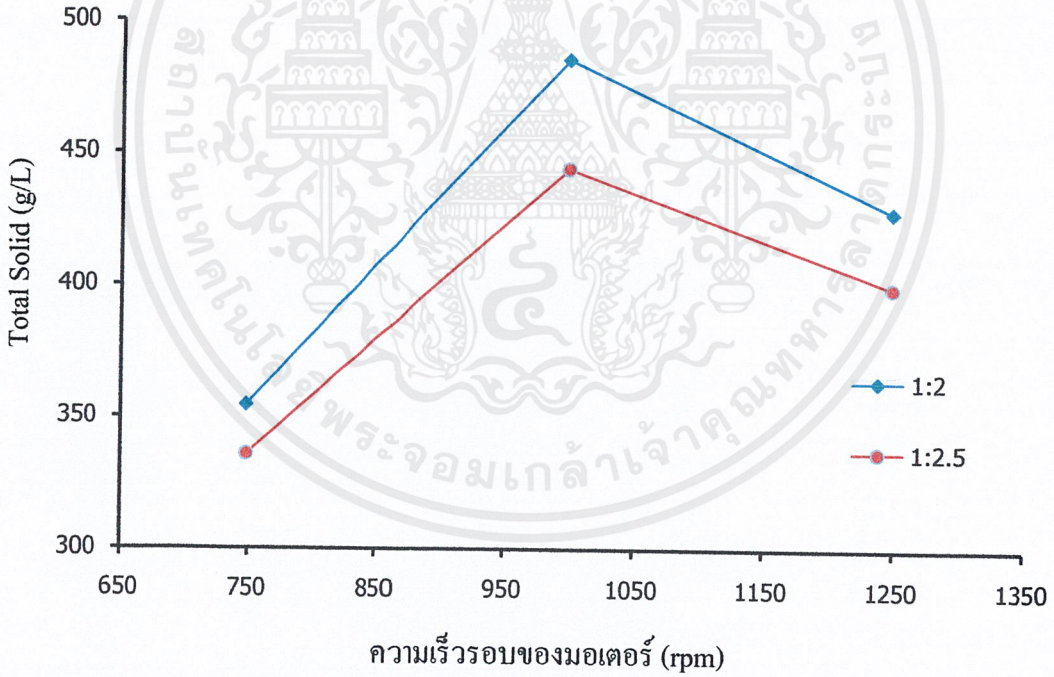
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็ง

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณของแข็งเฉลี่ยของผลของความเร็วรอบของมอเตอร์ ในแต่ละอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ

ความเร็วรอบของมอเตอร์(รอบ/นาที)	อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ	
	1:2	1:2.5
750	354.52±1.93c	335.89±1.57c
1000	485.62±3.91a	444.28±1.58a
1250	428.06±1.50b	399.31±1.42b

* หมายเหตุ จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ในแต่ละสัญลักษณ์ตัวห้อยเดียวกันไม่มีความแตกต่างในเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5%



รูปที่ 5.2 ปริมาณของแข็งของน้ำมะขามเปียกจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ และความเร็วรอบของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อพิจารณาปริมาณของแข็งพบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์และอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำมีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำเท่ากับ 1:2 ได้ค่าปริมาณของแข็ง 354.52 กรัม/ลิตร (จากตารางคืออักษรห้อย c) ซึ่งเป็นความเร็วรอบของมอเตอร์ 750 รอบต่อนาที ซึ่งให้ผลแตกต่างกับความเร็วรอบของมอเตอร์ 1250 รอบต่อนาที ให้ปริมาณของแข็ง 428.06 กรัม/ลิตร (จากตารางคืออักษรห้อย b) และให้ผลได้น้อยกว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ 1000 รอบต่อนาที ซึ่งให้ปริมาณของแข็ง 485.62 กรัม/ลิตร (จากตารางคืออักษรห้อย a)

- ที่อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำเท่ากับ 1:2.5 ได้ค่าปริมาณของแข็ง 335.89 กรัม/ลิตร (จากตารางคืออักษรห้อย c) ซึ่งเป็นความเร็วรอบของมอเตอร์ 750 รอบต่อนาที ซึ่งให้ผลแตกต่างกับความเร็วรอบของมอเตอร์ 1250 รอบต่อนาที ให้ปริมาณของแข็ง 399.31 กรัม/ลิตร (จากตารางคืออักษรห้อย b) และให้ผลได้น้อยกว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ 1000 รอบต่อนาที ซึ่งให้ปริมาณของแข็ง 444.28 กรัม/ลิตร (จากตารางคืออักษรห้อย a)

- จากการพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่าอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำเท่ากับ 1:2 และความเร็วรอบของมอเตอร์ 1000 รอบต่อนาที เป็นสภาวะที่เหมาะสม ปริมาณของแข็ง 485.62 กรัม/ลิตร

5.3 ผลจากการทดสอบเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ

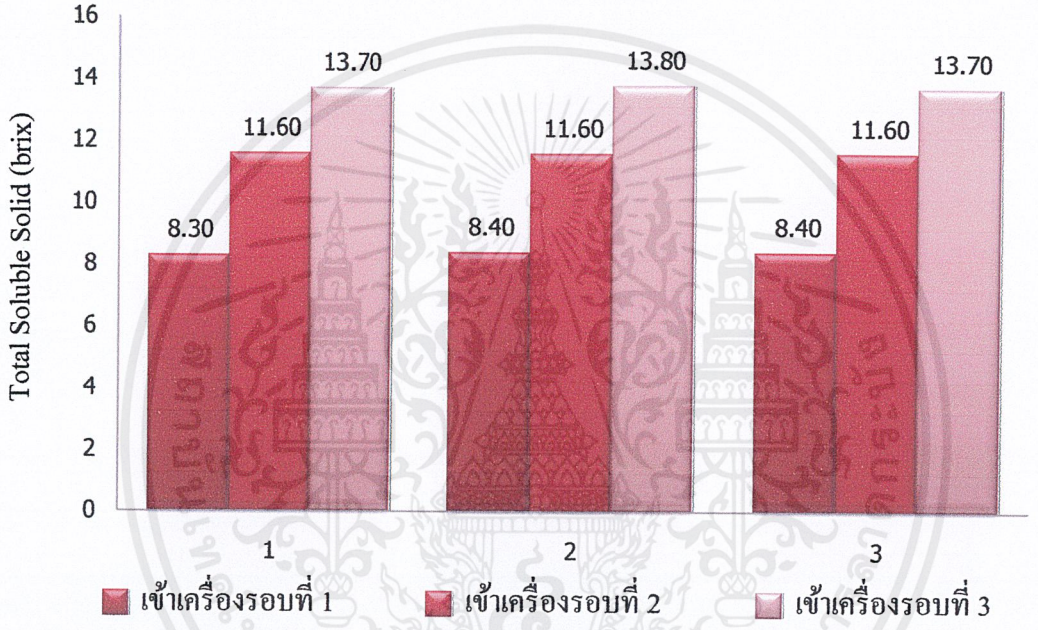
จากผลการวิเคราะห์ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณของแข็ง จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT พบว่าอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำเท่ากับ 1:2 และความเร็วรอบของมอเตอร์ 1000 รอบต่อนาที เป็นสภาวะที่เหมาะสม จึงได้นำสภาวะที่เหมาะสมนี้มาทดสอบกับเครื่อง โดยการนำน้ำมะขามเปียกมาผ่านเข้าเครื่องซ้ำอีก 2 ครั้ง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น

จากการทดลองเมื่อน้ำมะขามเปียกเข้าเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำรอบที่ 2 ทำให้เปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น 0.03% และเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น 7.63% ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.3 และเมื่อนำน้ำมะขามเปียกเข้าเครื่องรอบที่ 3 ทำให้เปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นอีก 0.02% และเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น 9.06% ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าเครื่องซ้ำรอบที่ 2 และรอบที่ 3

%ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าเครื่องซ้ำ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
รอบที่ 1 เข้ารอบที่ 2	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%
รอบที่ 2 เข้ารอบที่ 3	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%

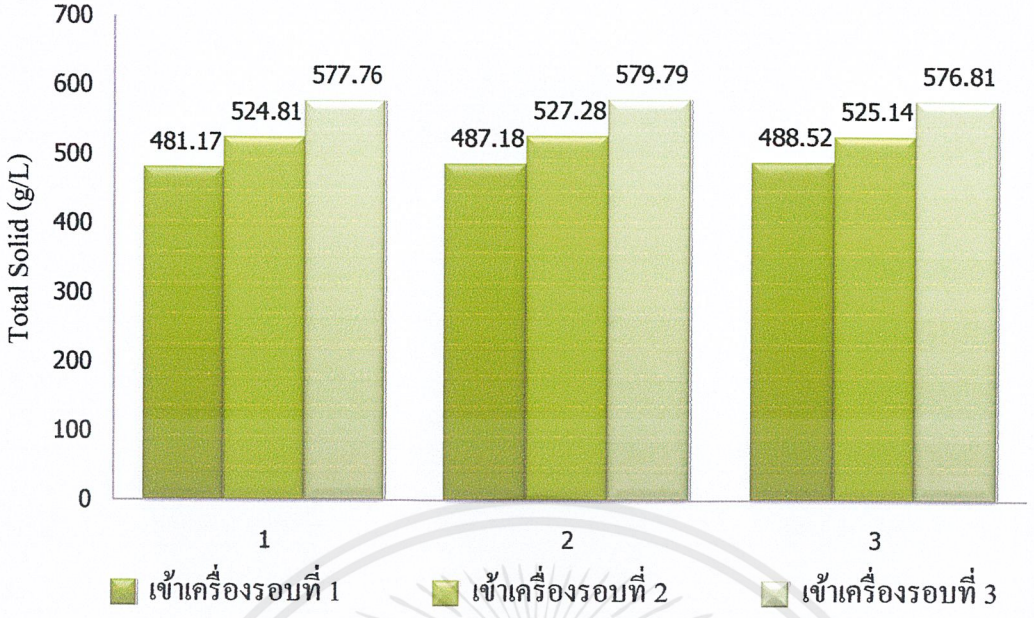


รูปที่ 5.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าเครื่องซ้ำรอบที่ 2 และรอบที่ 3

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าเครื่องซ้ำรอบที่ 2 และรอบที่ 3

%ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าเครื่องซ้ำ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
รอบที่ 1 เข้ารอบที่ 2	8.31%	7.60%	6.97%	7.63%
รอบที่ 2 เข้ารอบที่ 3	9.16%	9.06%	8.96%	9.06%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นเมื่อเข้าเครื่องซ้ำรอบที่ 2 และรอบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา การออกแบบและประเมินผลเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ สามารถสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะสำหรับศึกษาต่อได้ดังนี้

6.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ 2 อัตราส่วน คือ 1:2 และ 1:2.5 โดยที่ความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ 3 ระดับ คือ 750 1000 และ 1250 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผสมน้ำมะขามเปียก คือ อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำเท่ากับ 1:2 และที่ความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ 1000 รอบต่อนาที โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Total Soluble Solid) มีค่าเท่ากับ 8.37 brix และปริมาณของแข็ง (Total Solid) มีค่าเท่ากับ 485.62 กรัม/ลิตร ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่สูงเกินไป ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid) และปริมาณของแข็ง (Total Solid) ลดลง เนื่องจากมะขามเปียกเข้าไปติดที่ตัวถังด้านบน ทำให้น้ำไหลลงสู่ด้านล่าง โดยที่ยังไม่ได้มีการตีผสมกับมะขามเปียก

การทดลองโดยการนำน้ำมะขามเปียกเข้าเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำเพื่อให้มะขามเปียกได้ผสมกับน้ำได้เข้มข้นขึ้น ซึ่งเมื่อเข้าเครื่องรอบที่ 2 ทำให้เปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid) เพิ่มขึ้น 0.03% และเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็ง (Total Solid) เพิ่มขึ้น 7.63% และหลังจากนำน้ำมะขามเปียกเข้าเครื่องรอบที่ 3 ทำให้เปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid) เพิ่มขึ้นอีก 0.02% และเปอร์เซ็นต์ปริมาณของแข็ง (Total Solid) เพิ่มขึ้น 9.06%

จากการทดสอบการทำงานของเครื่อง พบว่าเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำสามารถผสมน้ำมะขามได้ แต่ระยะเวลาของน้ำมะขามเปียกที่อยู่ในเครื่องสั้นเกินไป ทำให้น้ำมะขามเปียกที่ได้ยังละลายไม่ดีพอ ซึ่งสามารถผลการทดลองที่ได้ไปเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องต้นแบบต่อไป

6.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้ที่สนใจจะทำการพัฒนาเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ จากการศึกษาและทดลองดังกล่าวข้างต้น พบว่าควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.1 ออกแบบให้มะขามเปียกสามารถอยู่ในเครื่องมีระยะเวลานานขึ้นเพื่อเพิ่มระยะเวลาในการผสมกันของมะขามเปียกกับน้ำ

6.2.2 จากการทดลองนี้ได้ศึกษาอัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ และความเร็วรอบหมุนของมอเตอร์ แต่ไม่ได้ศึกษาอัตราการป้อนของเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ ซึ่งถ้ามีการศึกษาเพิ่มเติมอาจทำให้ประสิทธิภาพการผสมมะขามเปียกให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ สัจจพงษ์. 2550. **มะขาม พืชสร้างอนาคต.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน.

ธนพงษ์ ร่วมสุข, ธารทอง อัศวพิริยานนท์ และสราญจิต อุ่นจิตต. 2548. **การศึกษาและออกแบบเครื่องคัดแยกเนื้อสำรอง.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นิรนาม 1. 2553. **สถิติการส่งออก.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [Online]. Available: http://www.oae.go.th/oaereport/xport_import/export.php.

นิรนาม 2. 2546. **เครื่องแยกกากสำหรับผลิตน้ำมะขาม.** สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.). [Online]. Available: http://www.tistr-foodprocess.net/project_machine/Tamarind_Extractor_th.html.

ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. 2545. **การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็ง.** กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม. เอกสารอัดสำเนา.

มนตรี แสนสุข. 2553. **ร้อยแปดพันเก้า มะขามต้านโรค.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แพลนบี.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2522. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สุวิชญา เลิศวิสุทธิ์, แสงเดือน โพธิ์สิงห์ และอรรคเดช บุญภิละ. 2543. **การออกแบบและการศึกษาเครื่องโม่บดเพื่อทำน้ำมะขามเปียก.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Shigley J.E., C.R. Mischke and R.G. Budynas. 2547. การออกแบบเครื่องจักรกล. แปลจาก **Mechanical Engineering Design.** โดย น.อ.ภาณุฤทธิ์ ยุกตะทัต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

Manohar B., P. Ramakrishna and K. Udayasankar. 1990. **Some physical properties of tamarind (*Tamarindus indica* L.) juice concentrates.** Journal of Food Engineering: Pages 241-258.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางคุณสมบัติทางกล

ตารางที่ ก.1 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	Ny	Nu	Nu
แรงอยู่นิ่ง	1.5-2	3-4	5-6
แรงซ้ำทิศทางเดียวหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7-8
แรงซ้ำสองทิศทางหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10-12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5-7	10-15	15-20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม (Mechanical properties of plain carbon and alloy steels) (ชิ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 cm)

AISI Type	Condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongat. in 2 in.,%	Reduction in Area,%	Hardness, BHN	Machin-ability (Based on 1112=100)
1010	HR	64	42	28	67	107	45
	CD	78	68	16	63	129	55
	CDA	64	48	28	65	131	55
1020	HR	65	43	36	59	143	50
	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
1030	HR&turned	72	44	31	63	140	-
	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	-
	N	76	51	32	61	149	-
1040	HR	91	58	27	50	201	63
	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	-
	N	85	50	28	55	170	60
1045	HR	98	59	24	45	212	56
	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	60
	N	99	61	25	49	207	-
1050	HR	105	67	15	-	-	-
	CD	114	104	9	-	-	54
	A	92	43	24	40	187	-
	N	109	62	20	39	217	-
1095	HR	142	83	18	38	295	-
	A	95	38	13	21	192	-
	N	147	73	10	14	293	-
1118	HR	75	50	35	55	140	-
	CD	85	75	25	55	170	80
	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
2330	HR	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
	N	100	68	26	56	207	-
3140	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
	N	129	87	20	58	262	-
4130	HRA	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50
4140	HRA	90	63	27	58	187	57
	CDA	102	90	18	50	223	66
	N	148	95	18	47	302	-
4340	HRA	101	69	21	45	207	45
	CDA	110	99	16	42	223	50
	N	185	126	11	41	363	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R 775-1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น mm.				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางคุณสมบัติพื้นฐานของมะขามเปียก

ตารางที่ ข.1 ตารางบันทึกผลการทดลองแสดงค่าความชื้นของมะขามเปียก

ตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วย (g)	น้ำหนักมะขามก่อนอบ (g)	น้ำหนักถ้วย + น้ำหนักมะขาม (g)	ความชื้น (%)
1	12.8722	3.9509	15.7368	27.50
2	13.1824	3.1722	15.4563	28.32
3	13.1882	3.9465	16.0601	27.23
4	13.0908	3.9680	15.9627	35.74
5	13.2420	4.2480	16.3174	28.14
เฉลี่ย				29.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ตารางบันทึกผลการทดลองแสดงค่าความหนาแน่นของมะขามเปียก

ตัวอย่าง	น้ำหนักมะขาม (g)	ปริมาตรแทนที่น้ำ (cm^3)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
1	66.68	50	1.3336
2	65.43	53	1.2345
3	68.62	62	1.1068
4	66.56	56	1.1886
5	55.44	46	1.2052
เฉลี่ย			1.2137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ตารางบันทึกผลการทดลองแสดงค่าความเป็นกรด – ด่างของมะขามเปียก

ตัวอย่าง	น้ำหนักมะขาม (g)	น้ำหนักน้ำ (g)	ค่า pH ที่วัดได้
1	50.97	101.62	1.27
2	51.47	100.23	1.24
3	51.19	100.58	1.25
4	50.23	100.78	1.24
5	51.84	100.64	1.26
6	50.54	100.07	1.28
7	51.35	101.23	1.26
8	50.67	101.13	1.26
9	50.48	101.23	1.25
10	51.32	100.56	1.29
เฉลี่ย			1.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ตารางบันทึกผลการทดลองแสดงขนาดของเม็ดมะขามเปียก

ตัวอย่างเม็ด	ความยาว	ความกว้าง	ความหนา
1	1.700	1.860	0.700
2	1.540	1.200	0.725
3	1.300	1.090	1.100
4	1.850	0.960	0.660
5	1.300	1.000	0.790
6	1.660	1.050	0.730
7	1.450	1.120	0.700
8	1.450	0.800	0.770
9	1.350	0.970	0.660
10	1.675	1.000	0.780
11	1.350	1.000	0.660
12	1.550	1.140	0.750
13	1.330	0.850	0.810
14	1.910	0.975	0.760
15	1.400	1.000	0.590
16	1.540	0.910	0.755
17	1.340	0.850	0.750
18	1.560	1.200	0.660
19	1.330	1.050	0.750
20	1.400	1.100	0.660
21	1.355	0.985	0.610
22	1.465	1.030	0.655
23	1.300	0.890	0.800
24	1.305	0.975	0.725

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25	1.400	1.160	0.575
26	1.280	1.170	0.620
27	1.510	0.940	0.805
28	1.200	0.770	0.620
29	1.245	0.930	0.610
30	1.280	0.870	0.985
31	1.660	0.920	0.765
32	1.130	0.710	0.660
33	1.440	0.940	0.750
34	1.325	0.630	0.700
35	1.410	0.900	0.670
36	1.410	1.010	0.650
37	1.325	0.800	0.810
38	1.480	1.050	0.670
39	1.460	1.160	0.680
40	1.605	0.975	0.765
41	1.410	0.950	0.750
42	1.465	0.820	0.740
43	1.205	1.050	0.725
44	1.200	1.010	0.570
45	1.390	1.035	0.620
46	1.455	0.980	0.720
47	1.375	0.955	0.760
48	1.420	0.865	0.760
49	1.150	0.880	0.710
50	1.140	0.760	0.665

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51	1.400	0.810	0.740
52	1.380	0.830	0.700
53	1.600	1.350	0.665
54	1.160	0.960	0.710
55	1.405	0.940	0.710
56	1.150	0.750	0.720
57	1.320	1.000	0.770
58	1.450	0.820	0.750
59	1.310	0.805	0.740
60	1.415	0.880	0.710
61	1.250	0.830	0.765
62	1.410	1.120	0.735
63	1.465	1.060	0.630
64	1.520	0.895	0.750
65	1.370	0.840	0.710
66	1.440	1.350	0.685
67	1.505	1.170	0.700
68	1.240	1.110	0.710
69	1.215	0.805	0.595
70	1.310	0.980	0.810
71	1.375	0.895	0.610
72	1.410	1.065	0.710
73	1.415	0.790	0.755
74	1.510	0.890	0.720
75	1.325	1.050	0.720
76.	1.410	0.745	0.710

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

77	1.170	1.060	0.750
78	1.320	0.885	0.710
79	1.210	0.900	0.630
80	1.215	1.060	0.600
81	1.150	0.965	0.700
82	1.330	0.850	0.725
83	1.105	0.870	0.100
84	1.545	0.805	0.820
85	1.355	0.870	0.710
86	1.410	0.775	0.700
87	1.360	0.935	0.710
88	1.160	1.020	0.550
89	1.230	0.750	0.710
90	1.365	1.185	0.680
91	1.450	0.945	0.720
92	1.470	1.070	0.710
93	1.340	0.710	0.865
94	1.415	0.880	0.750
95	1.370	0.875	0.710
96	1.355	1.045	0.670
97	1.515	1.170	0.615
98	1.255	1.045	0.730
99	1.415	0.855	0.700
100	1.320	0.910	0.600
ค่าเฉลี่ย	1.384	0.964	0.706

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ตารางบันทึกผลการทดลองแสดงค่าปริมาณผลผลิตที่ได้

ตัวอย่าง	น้ำหนักมะขาม (g)	น้ำหนักกาก (g)	เนื้อมะขามที่ได้(g)	ค่า Yield
1	500.62	201.87	298.75	59.68 %
2	500.03	185.22	314.81	62.96 %
3	500.12	184.53	315.59	63.10 %
4	500.02	186.34	313.68	62.73 %
5	500.07	198.57	301.50	60.29 %
เฉลี่ย				61.75 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ ค.1 ตารางการสุ่มหยิบตัวอย่างมะขามเปียก

อัตราส่วนระหว่างมะขามเปียกกับน้ำ	ครั้งที่	หมายเลขสุ่มตัวอย่างในการทดลอง		
		750	1000	1250
1:2	1	10	5	12
	2	16	11	1
	3	13	7	18
1:2.5	1	2	14	15
	2	9	4	3
	3	6	17	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะขามเปียกที่ได้จากเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ

อัตราส่วน	ความเร็วรอบ	ครั้งที่	Brix	น้ำมะขาม (ml)	น้ำหนักหลังอบ (g)	ค่า Total Solid (g/L)	ค่าเฉลี่ย Total Solid
1:2	750	1	5.7	30.05	10.65	354.41	354.52
		2	5.7	30.03	10.59	352.65	
		3	5.8	30.07	10.72	356.50	
	1000	1	8.3	30.01	14.44	481.17	485.62
		2	8.4	30.03	14.63	487.18	
		3	8.40	30.05	14.68	488.52	
	1250	1	7.20	30.10	12.93	429.57	428.06
		2	7.20	30.03	12.81	426.57	
		3	7.20	30.02	12.85	428.05	
1:2.5	750	1	5.10	30.00	10.04	334.67	335.89
		2	5.10	30.03	10.14	337.66	
		3	5.10	30.03	10.07	335.33	
	1000	1	7.50	30.01	13.28	442.52	444.28
		2	7.60	30.05	13.39	445.59	
		3	7.60	30.04	13.36	444.74	
	1250	1	6.20	30.02	11.94	397.73	399.31
		2	6.20	30.02	12.00	399.73	
		3	6.30	30.04	12.03	400.47	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะขามเปียกที่ได้จากเครื่องต้นแบบเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผสมมะขามเปียกกับน้ำ เมื่อเข้าเครื่องซ้ำรอบที่ 2 และรอบที่ 3

อัตราส่วน	ความเร็วรอบ	ครั้งที่	เข้าเครื่องซ้ำรอบที่	Brix	น้ำมะขาม (ml)	น้ำหนักหลังอบ (g)	ค่า Total Solid (g/L)
1:2	1000	1	1	8.30	30.01	14.44	481.17
			2	11.60	30.03	15.76	524.81
			3	13.70	30.03	17.35	577.76
		2	1	8.40	30.03	14.63	487.18
			2	11.60	30.06	15.85	527.28
			3	13.80	30.08	17.44	579.79
		3	1	8.40	30.05	14.68	488.52
			2	11.60	30.03	15.77	525.14
			3	13.70	30.01	17.31	576.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตาราง ANOVA

ตารางที่ ง.1 ตารางวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Total Soluble Solid

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	22.473(a)	5	4.495	2022.600	.000
Intercept	808.020	1	808.020	363609.000	.000
Ratio	2.880	1	2.880	1296.000	.000
Speed	19.510	2	9.755	4389.750	.000
Ratio * Speed	.083	2	.042	18.750	.000
Error	.027	12	.002		
Total	830.520	18			
Corrected Total	22.500	17			

a R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

Total Soluble Solid

Duncan

Speed	N	Subset		
	1	2	3	1
750	6	5.4167		
1250	6		6.7167	
1000	6			7.9667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .002.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.
b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ตารางวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณของแข็ง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TotalSolid

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	47641.027(a)	5	9528.205	2021.748	.000
Intercept	2995585.009	1	2995585.009	635619.949	.000
Ratio	3936.211	1	3936.211	835.207	.000
Speed	43316.601	2	21658.301	4595.579	.000
Ratio * Speed	388.216	2	194.108	41.187	.000
Error	56.554	12	4.713		
Total	3043282.591	18			
Corrected Total	47697.582	17			

a R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

Total Solid

Duncan

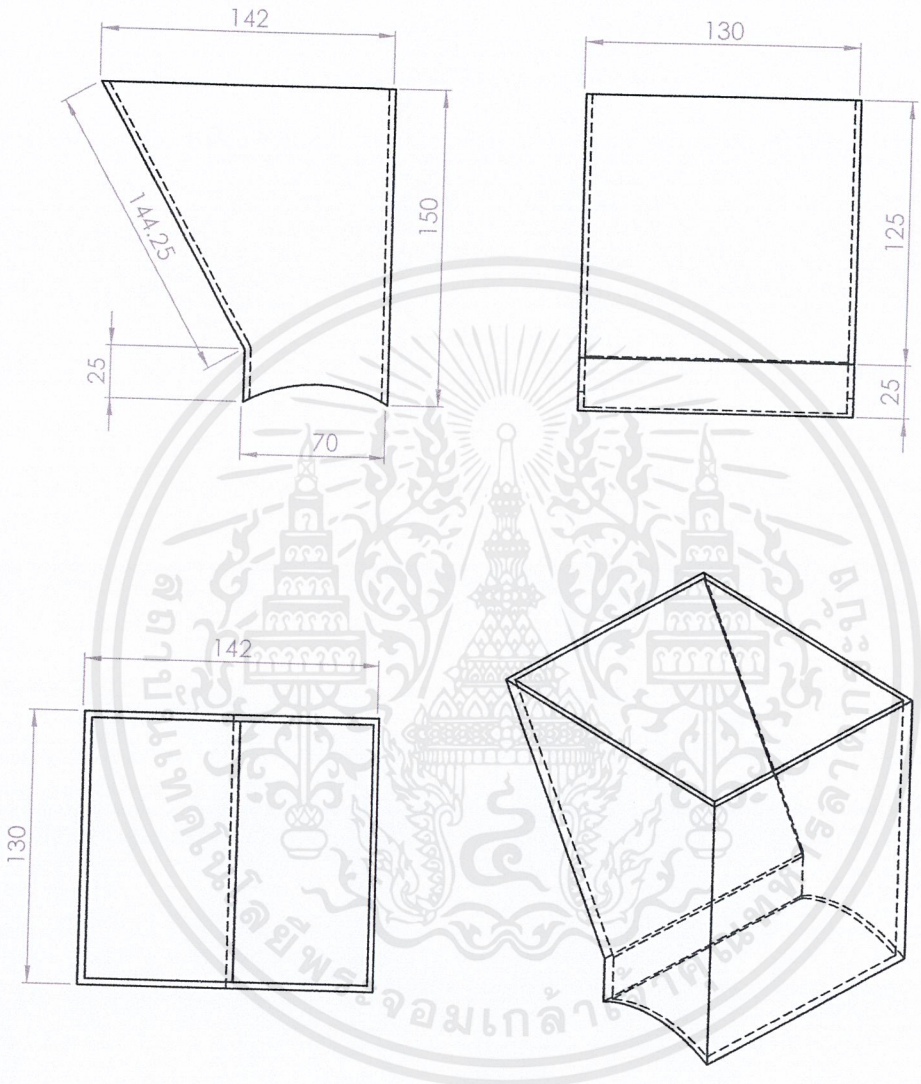
Speed	N	Subset		
	1	2	3	1
750	6	345.2033		
1250	6		413.6867	
1000	6			464.9533
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4.713.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.
b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

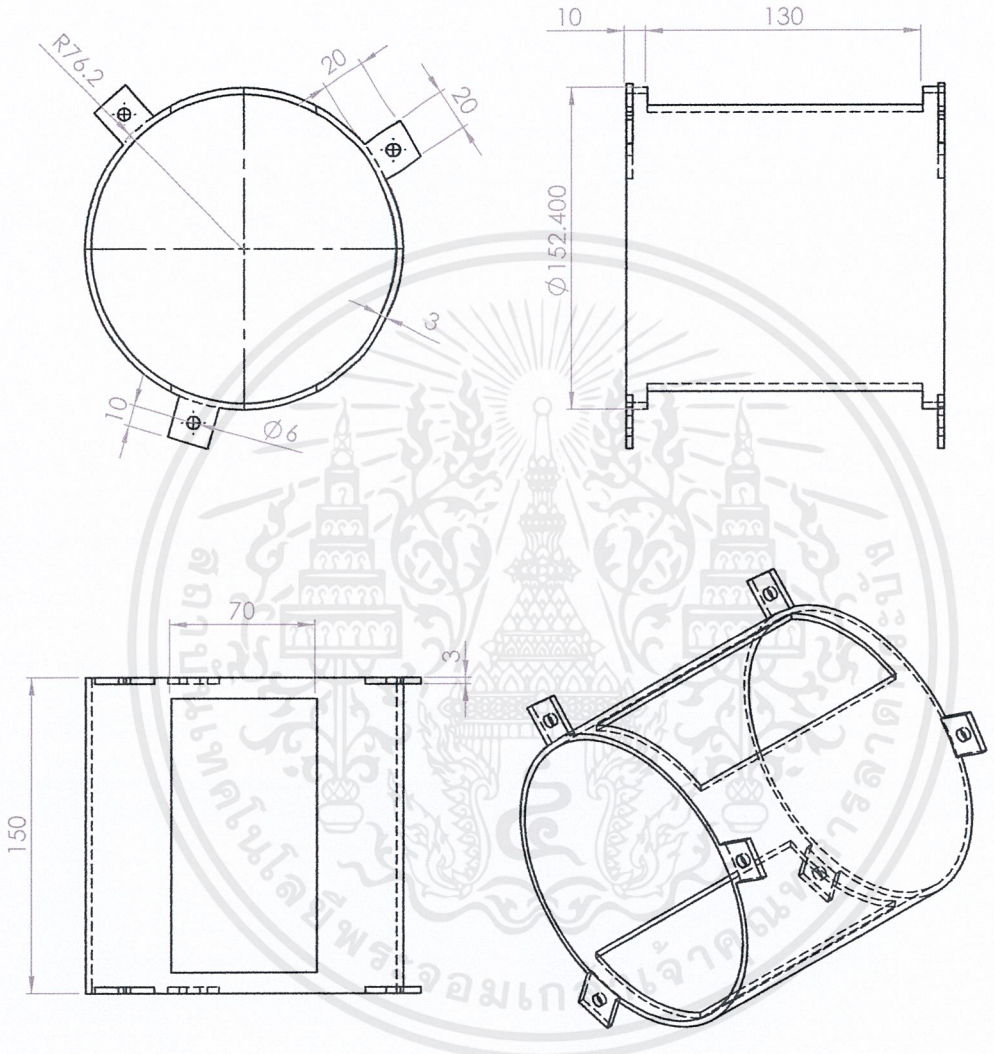
ภาคผนวก ฉ

ภาพ DRAWING



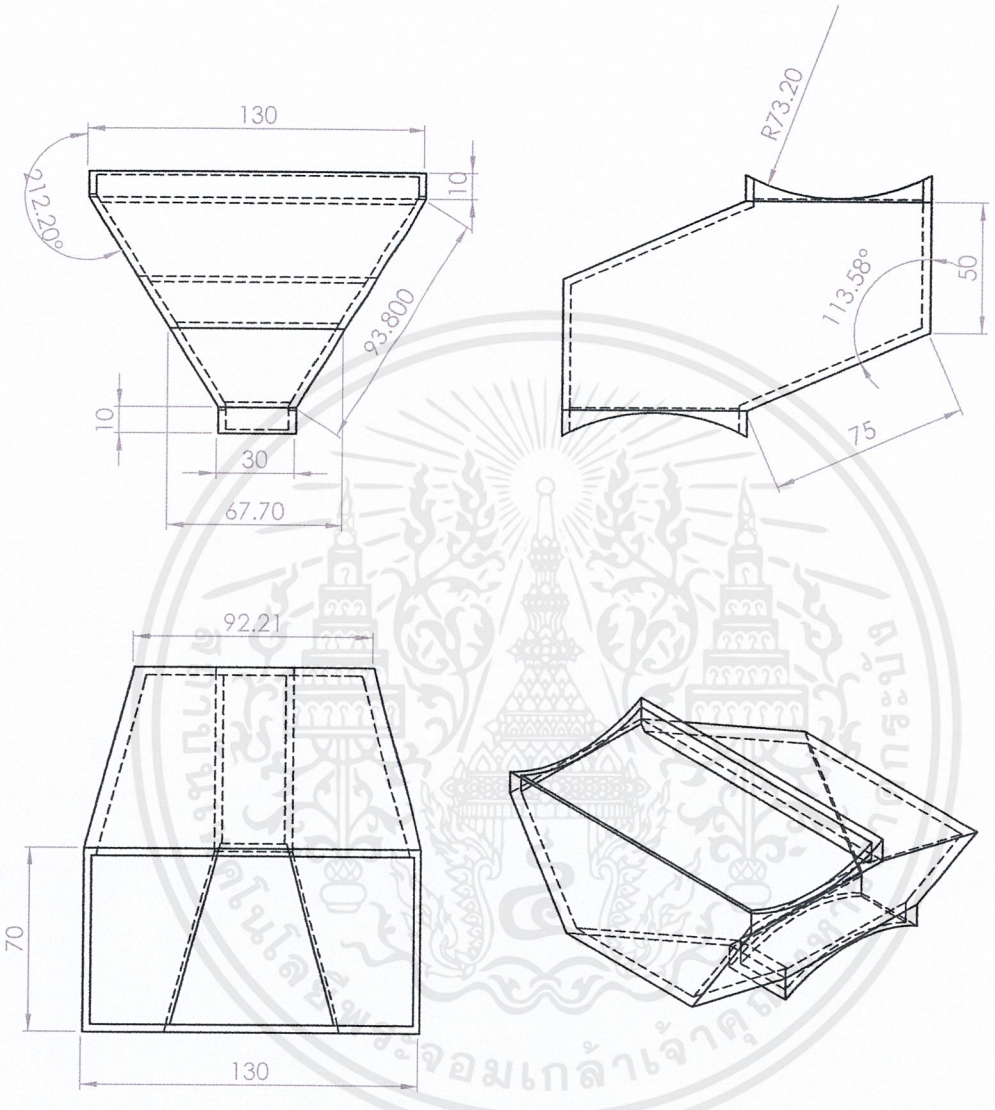
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	FOOD ENGINEERING	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN				ช่องป้อนวัตถุดิบ	
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
MATERIAL: Stainless 304				DWG NO. TAM01	A4
WEIGHT:				SCALE:1:2.5	SHEET 1 OF 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



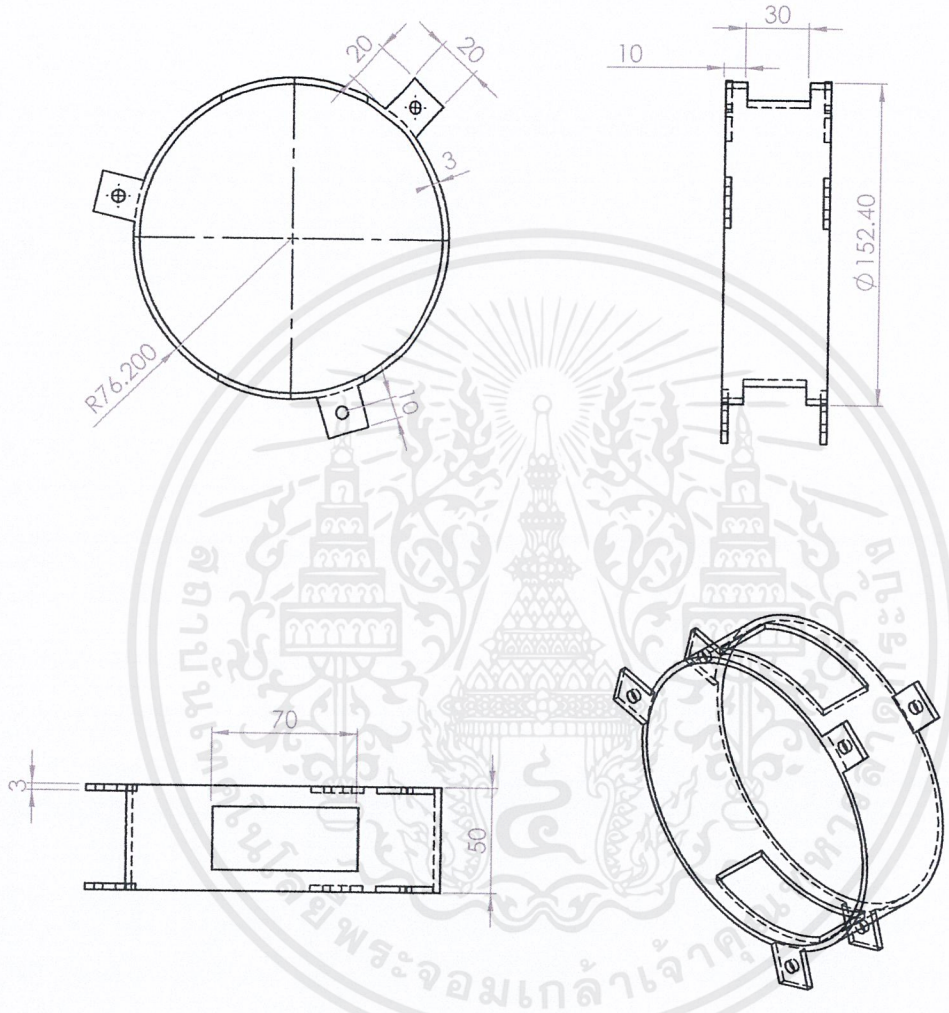
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		FOOD ENGINEERING
	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN				TITLE:	ตัวถังส่วนบน
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL: Stainless 304	DWG NO. TAM02 A4
				WEIGHT:	SCALE:1:2.5 SHEET 2 OF 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



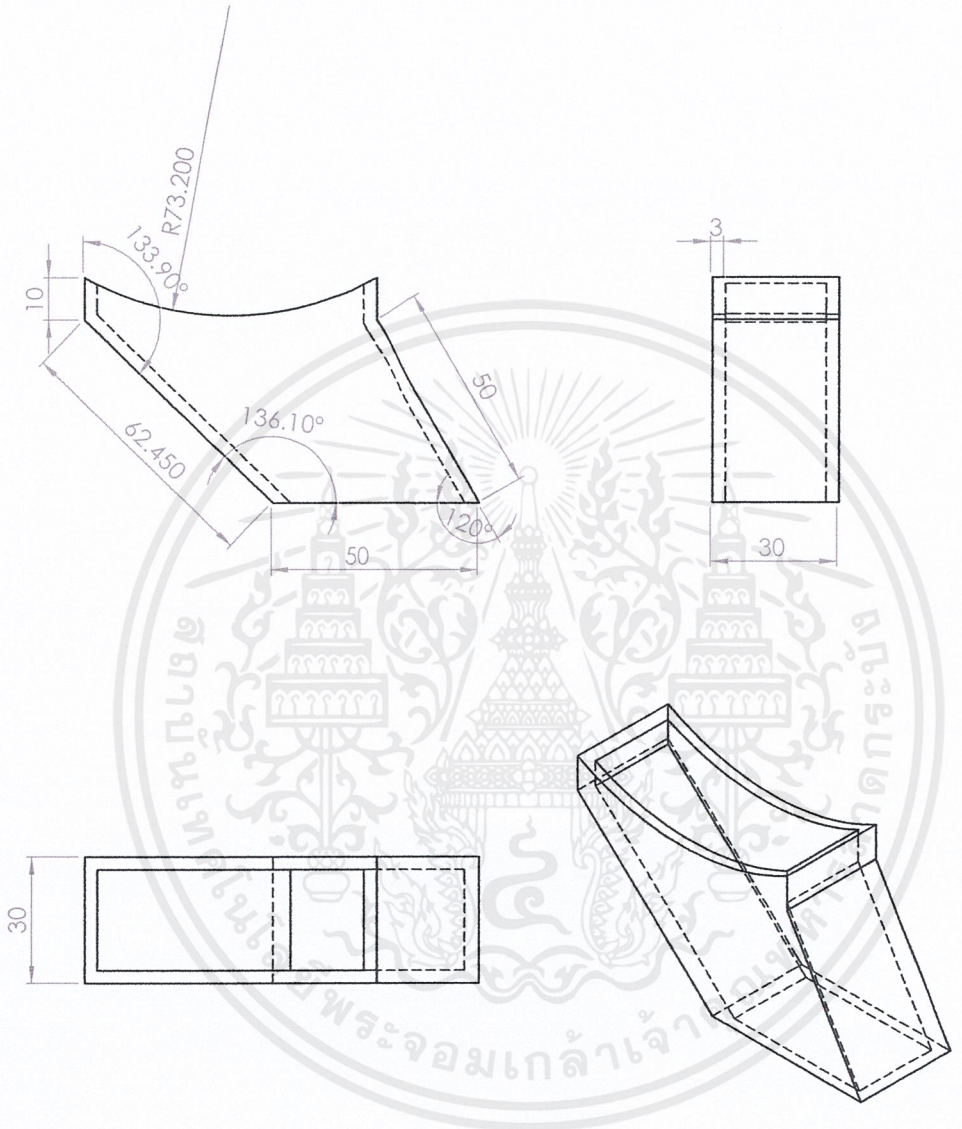
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	FOOD ENGINEERING
NAME / SIGNATURE / DATE			TITLE: ท่อระหว่างส่วนบนและล่าง
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A	MATERIAL: Stainless 304		DWG NO. TAM03 — A4
	WEIGHT:		SCALE:1:2 — SHEET 3 OF 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



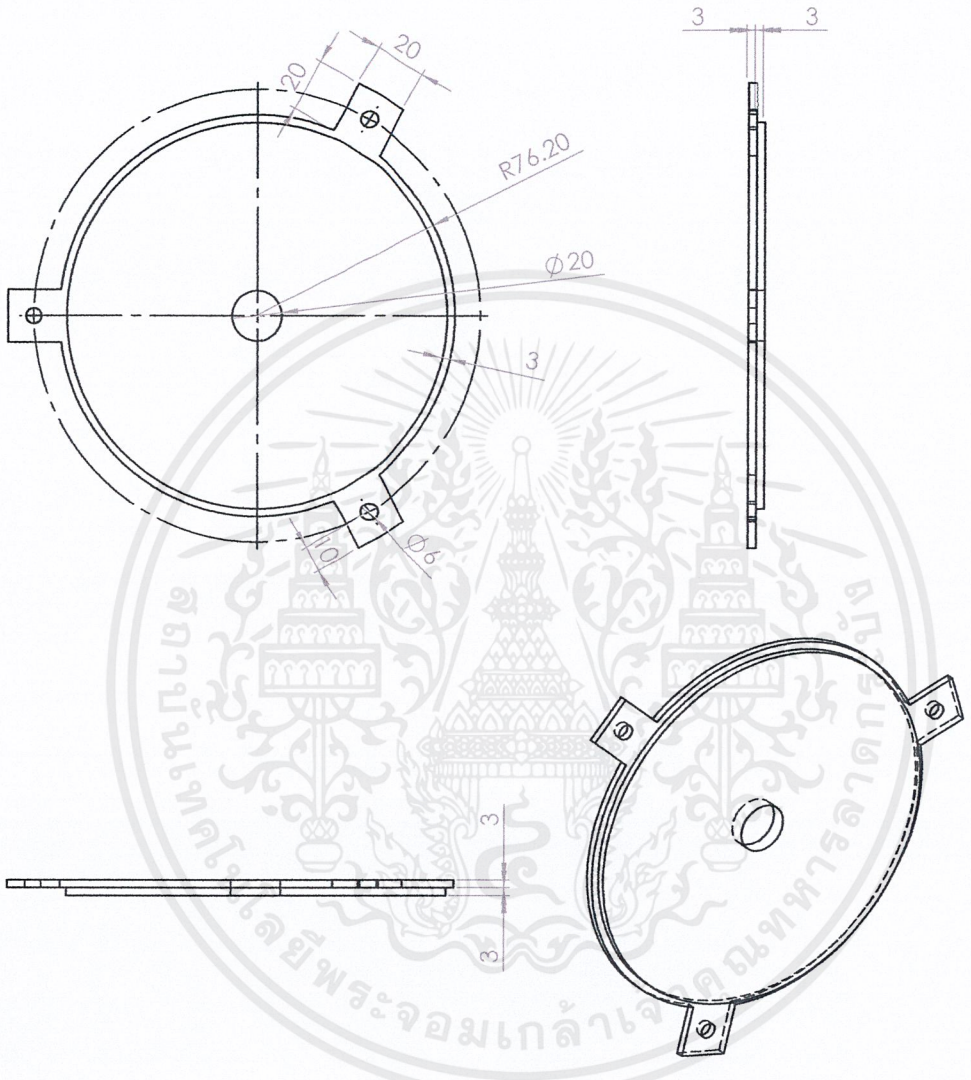
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	FOOD ENGINEERING
NAME / SIGNATURE / DATE			TITLE: ตัวถังส่วนล่าง
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A	MATERIAL: Stainless 304	DWG NO. TAM04	A4
	WEIGHT:	SCALE:1:2.5	SHEET 4 OF 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



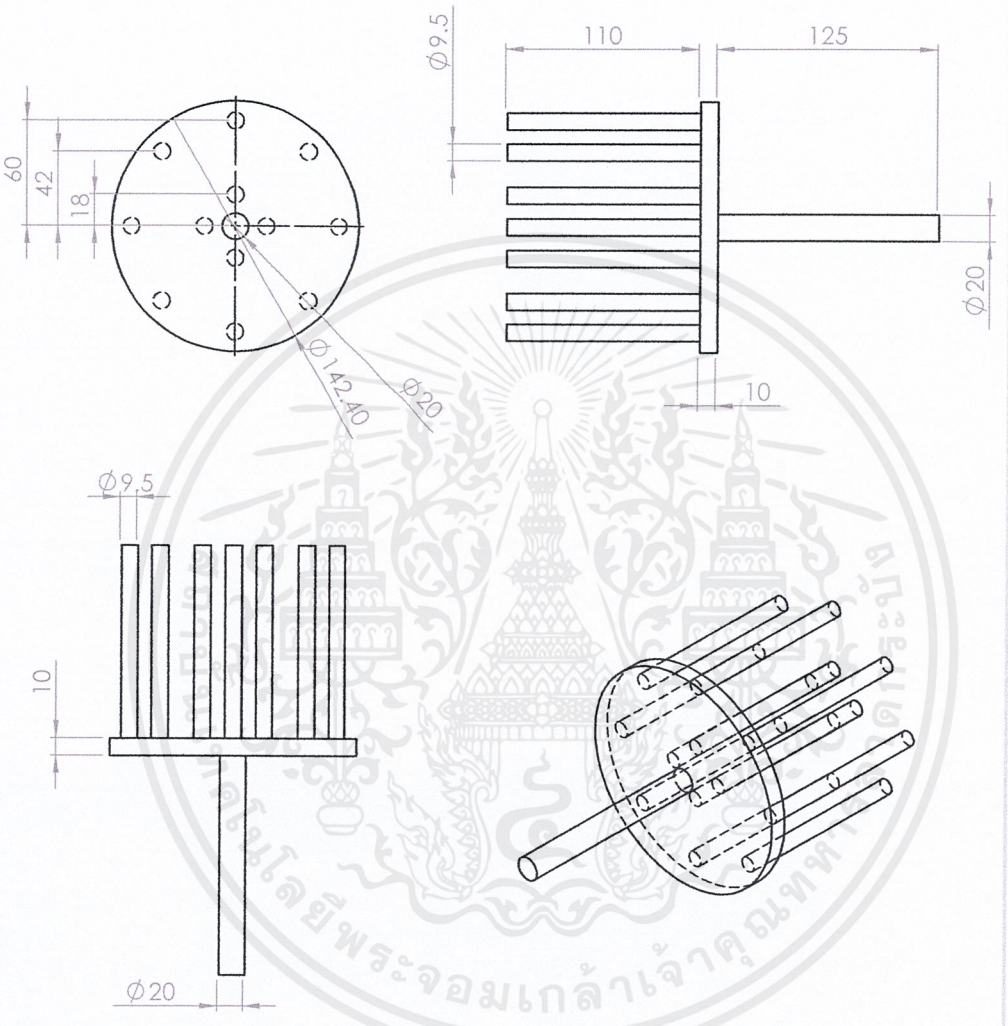
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		
	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN				FOOD ENGINEERING	
CHK'D				TITLE: ช่องออกผลิตภัณฑ์	
APPV'D					
MFG					
Q.A				DWG NO. TAM05	A4
				MATERIAL: Stainless 304	
				WEIGHT:	SCALE:1:1.25 SHEET 5 OF 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	FOOD ENGINEERING
NAME / SIGNATURE / DATE			
DRAWN			TITLE: ฝาปิดตัวถัง
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A	MATERIAL: Stainless 304		DWG NO. TAM06 — A4
	WEIGHT:		SCALE:1:2 — SHEET 6 OF 10

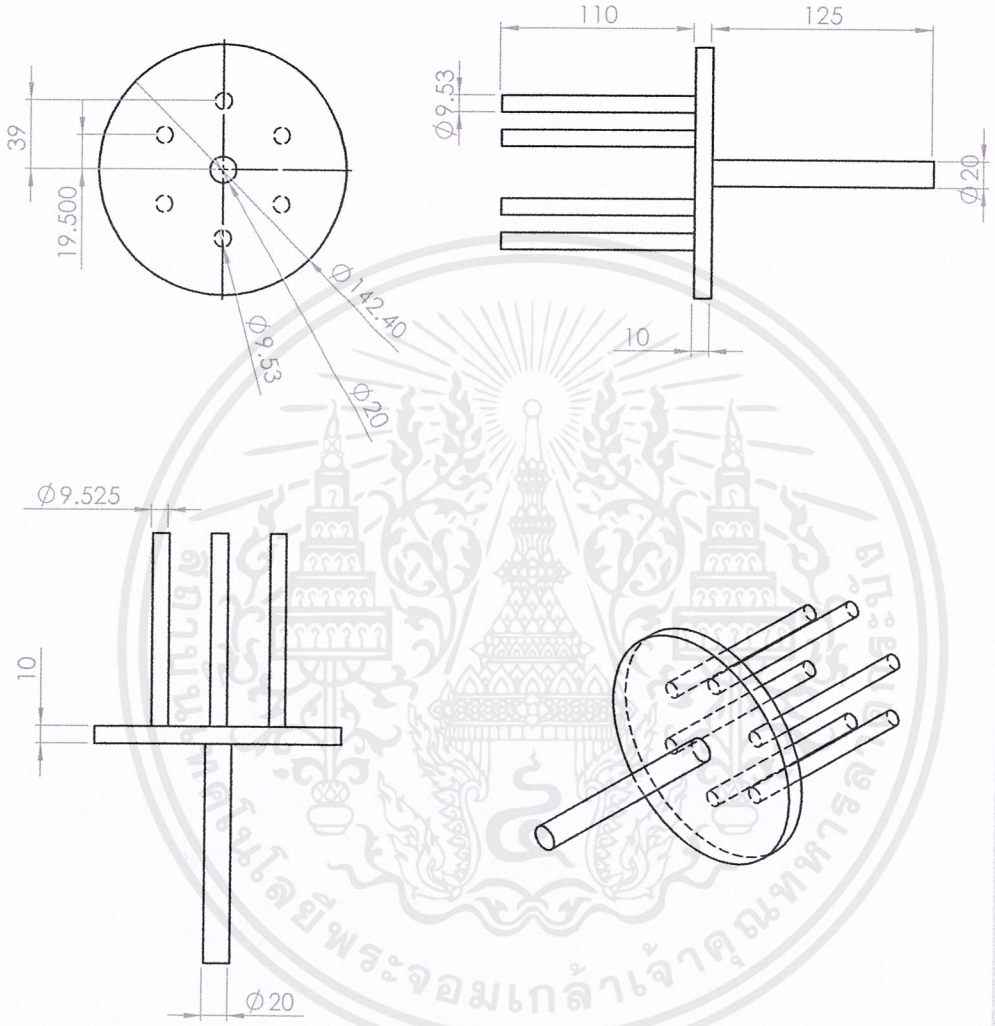
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		FOOD ENGINEERING
	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN				TITLE:	แป้นหมุนด้านซ้าย
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				DWG NO.	A4
				TAM07	
			WEIGHT:	SCALE:1:3	SHEET 7 OF 10

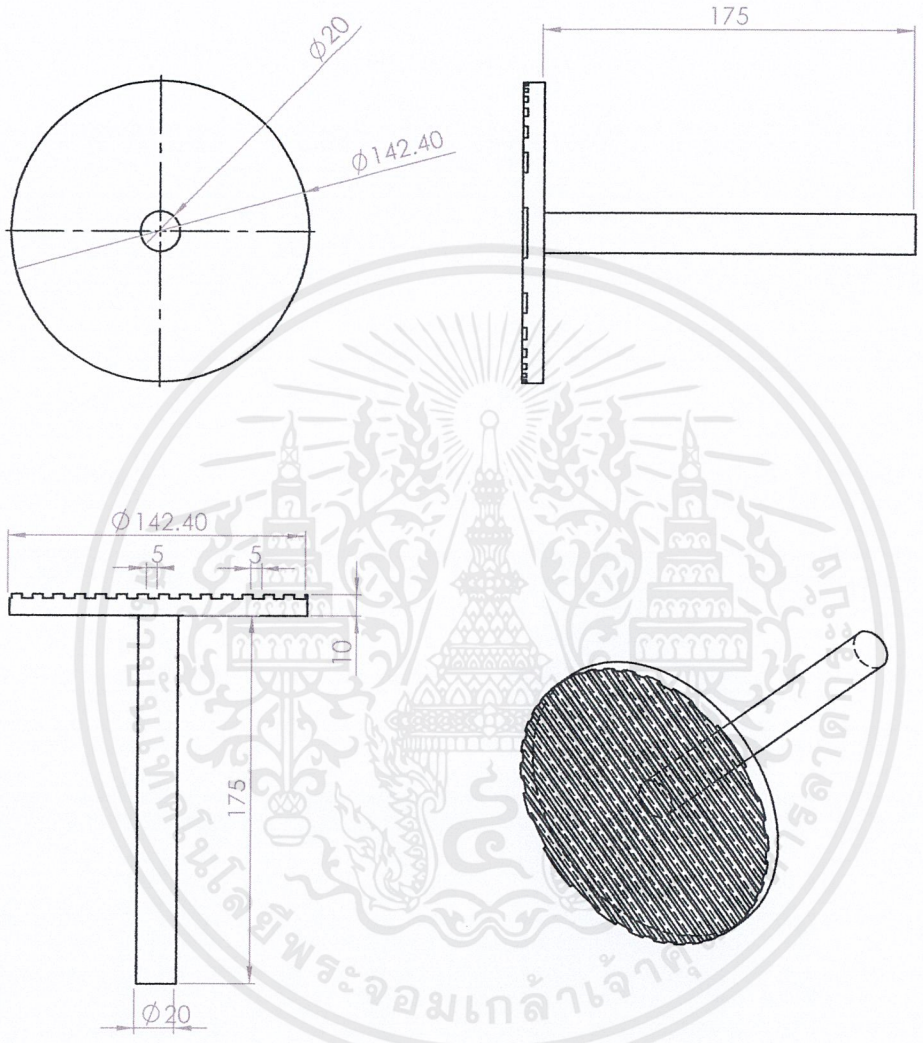
MATERIAL: Stainless 304

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



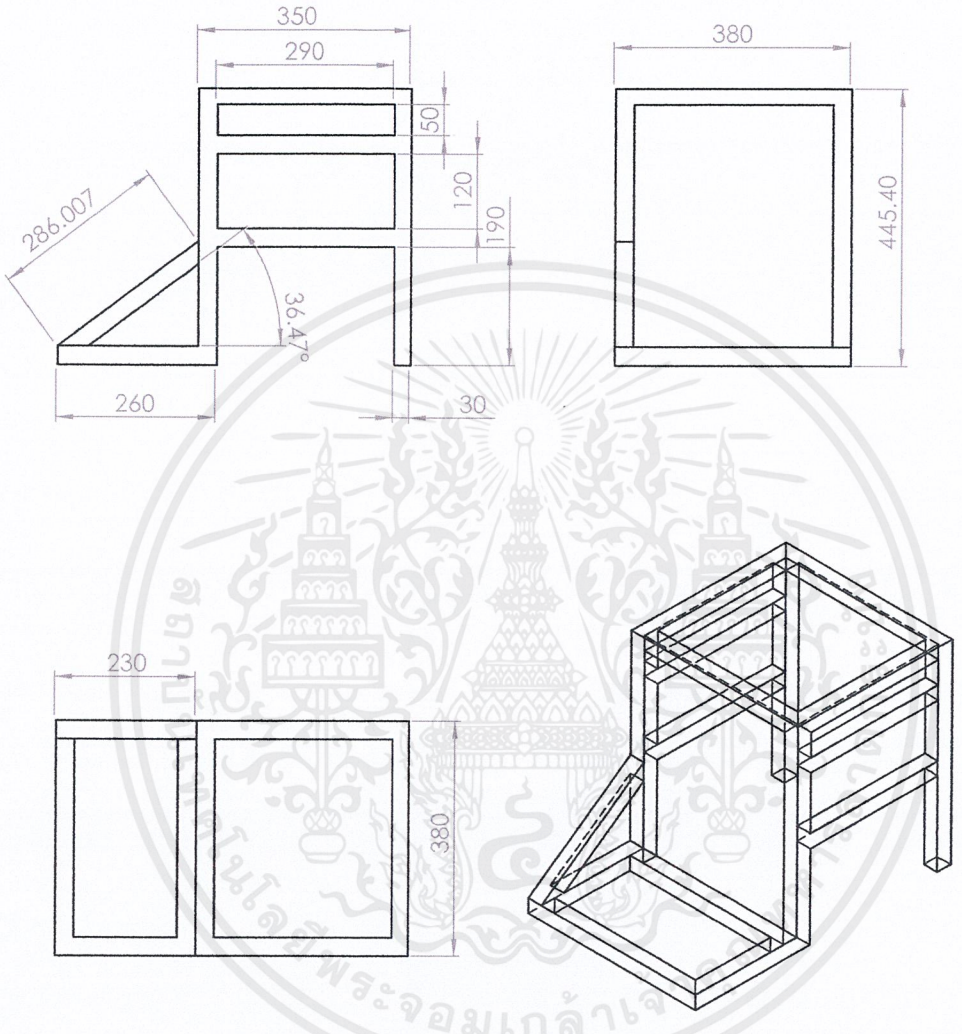
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	FOOD ENINEERING
NAME / SIGNATURE / DATE			TITLE: แป้นหมุนด้านขวา
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A	MATERIAL: Stainless 304	DWG NO. TAM08	A4
	WEIGHT:	SCALE:1:3	SHEET 8 OF 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		FOOD ENGINEERING	
	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN				TITLE:	แผ่นโม่	
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	A4
				Stainless 304	TAM09	
				WEIGHT:	SCALE:1:2.5	SHEET 9 OF 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		FOOD ENGINEERING	
	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN				TITLE:	โครงเครื่อง	
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	A4
				Plain Carbon Steel	TAM10	
				WEIGHT:	SCALE:1:8.5	SHEET 10 OF 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้