

เครื่องผสมอาหาร

PILOT SCALE SEASONING FOOD MIXING MACHINE



2544  
45994  
2544

เลขที่.....  
เลขทะเบียน **45994**  
วัน, เดือน, ปี **27 ก.พ. 2546**

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง *(27/2/46) 5/1/1*

ปีการศึกษา 2544

เครื่องผสมอาหาร



อาจารย์ที่ปรึกษา

*[Handwritten signature]*

รศ. ดร.พงษ์เจต พรหมวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เครื่องผสมอาหาร

นาย นิรภัฏ ห้วยเรไร 42015351

นาย ปกวิติ ปัทมาสารวรุท 42015354

นาย สุรชาติ ศักคานุภาพ 42015376

รศ.ดร. พงษ์เจต พรหมวงค์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2544

### บทคัดย่อ

ในโครงการนี้มุ่งศึกษาถึง ผลของมุมใบพายกับความเร็วยรอบที่ใช้ในการผสมอาหารที่ดีที่สุดสำหรับอาหารที่มีความหนืดต่ำถึงปานกลาง หรือในช่วงประมาณไม่เกิน 80 Pa.s เช่น ซอสพริก ซอสมะเขือเทศ น้ำจิ้มไก่ หรือซอสชนิดอื่นๆ โดยใช้ใบพัดชนิดใบพายในการทดสอบการผสม ซึ่งสามารถปรับมุมได้ ทดสอบโดยการใช้น้ำแป้งสุกที่ความหนืดประมาณ 22 Pa.s ผสมสีแดง แล้วเก็บตัวอย่างในการทดสอบแต่ละครั้ง ที่ตำแหน่ง ก้นถึง กลางถึง และบนถึง และนำไปวัดค่าความเป็นสีแดง โดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) ซึ่งจะแสดงผลเป็นตัวเลข จากผลการทดลอง สามารถสรุปผลได้ว่า เมื่อความเร็วรอบมากขึ้น จะเกิดการหมุนวน (Vortex) ซึ่งจะทำให้เวลาที่ใช้เพิ่มขึ้นมาก และถ้าความเร็วรอบน้อย การผสมก็จะใช้เวลา นานขึ้นเช่นกัน และมุมใบพายที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ 90 องศาตั้งฉากกับถังผสม จากการทดสอบวัดค่าเปอร์เซ็นต์สีแดงจากตำแหน่งต่างๆ จะค่อนข้างแตกต่างกันมาก ฉะนั้นในช่วงความหนืดปานกลางนั้นการผสมที่ดีที่สุดคือที่มุมใบพาย 90 องศาความเร็วรอบในช่วงประมาณ 72-79 rpm

# PILOT SCALE SEASONING FOOD MIXING MACHINE

Mr. Patiwat Patamasrawut

Mr. Nirapat Huyrari

Mr. Surachat Sakdanupap

Assoc.Prof. Dr. Pongjet Promvonge

Year 2001

## Abstract

The project presents the effects of paddle angle and speed of an agitator on optimum mixing of liquid seasoning foods having various viscosities (not exceeding 80 Pa.s) such as chili sauces, tomato ketchup etc. A paddle agitator is designed and tested in the mixing in which angles of paddle can be adjusted. The material used in testing is the wet starches at about 22 Pa.s viscosity with red dyes. Measurements are made at the bottom, middle and top of the agitator by a colorimeter to check the color of the material in mixing. Experiment shows that using high speed of the agitator leads to a vortex flow and needs more time in mixing. For lower speed, it also takes time. For the paddle angle different from 90° normal to mixing tank, the percentages of red color measured at different positions are varied substantially. The optimum mixing is found at a 90° paddle angle for a range of speed between 72 and 79 rpm.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต่อผู้ใช้ แหล่งข้อมูลเบื้องต้น และแนวความคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องผสมอาหารจาก รศ.ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ โดยทางผู้วิจัยรู้สึกทราบดีถึงความอนุเคราะห์จากท่าน และกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร ที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในส่วนของการทดลอง และช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งช่วยคำนิยาม ตักเตือนถึงข้อผิดพลาด จนนำไปสู่ความสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จนปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้

สุดท้ายขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ได้ให้การสนับสนุนในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้



ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง  
คณะผู้จัดทำ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดเบื้องต้น	2
2.1 ลักษณะของของผสมและวัตถุประสงค์ของการผสม	2
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการผสม	3
2.3 การวัดการผสม	4
2.4 การวัดสี	5
2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการผสม	6
2.6 ปริมาณความร้อนและอุณหภูมิของอาหาร	7
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบ	10
3.1 การออกแบบ	10
3.2 การคำนวณ	11
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	20
4.1 การทดลอง	20
4.1.1 การทดลองหาค่าความหนืดของน้ำแป้งสุก	21
4.1.2 การทดลองหาค่าลึงของมอเตอร์	21
4.1.3 วิธีการทดลองหาค่าลึงของมอเตอร์	21
4.1.4 ผลการทดลองหาค่าลึงมอเตอร์	22
4.1.5 การทดลองหาความเร็วรอบและมุมของใบพาย	22
4.1.6 วิธีการทดลองหาความเร็วรอบและมุมของใบพาย	22
4.2 ผลการทดลอง	23
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม	30

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	ข้อดีและข้อเสียของเครื่องผสมของเหลวที่ใช้ใบพัดชนิดต่างๆ สำหรับความหนืดปานกลาง	6
ตารางที่ 3.1	อัตราส่วนมาตรฐานของถังผสม	10
ตารางที่ 3.2	คุณลักษณะของเทอร์โมไดนามิกส์ของน้ำ บางสถานะในหน่วย SI	16
ตารางที่ 3.3	ตารางแสดงเวลาผลการคำนวณน้ำ 10 kg ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส	17
ตารางที่ 4.1	แสดงอัตราส่วนการผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังกับน้ำ	21
ตารางที่ 4.2	แสดงผลการทดลองวัดค่าเปอร์เซ็นต์สีแดง ที่ตำแหน่งต่างๆ กับความเร็วรอบและมุมใบพายที่ 90 องศา	24
ตารางที่ 4.3	แสดงผลการทดลองวัดค่าเปอร์เซ็นต์สีแดง ที่ตำแหน่งต่างๆ กับความเร็วรอบและมุมใบพายที่ 120 องศา	25
ตารางที่ 4.4	แสดงผลการทดลองวัดค่าเปอร์เซ็นต์สีแดงที่ตำแหน่งต่างๆ กับความเร็วรอบและมุมใบพายที่ 150 องศา	26



## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะใบพัดชนิดต่างๆ	7
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะมาตรฐานของถังผสม	10
รูปที่ 3.2 แสดงทิศทางการหมุนในการคำนวณกำลังของมอเตอร์	11
รูปที่ 3.3 แผนภาพ SFD และ BMD ของแขนใบพัดค้ำขา	12
รูปที่ 3.4 แผนภาพ SFD และ BMD ของแขนใบพัดค้ำขา	12
รูปที่ 3.5 แสดงรูปลิ่มสี่เหลี่ยมผืนผ้า	14
รูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมการทดสอบหาความหนืด	20
รูปที่ 4.2 แสดงการหาค่า แฟกเตอร์อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดแก้วกับลูกแก้ว	21
รูปที่ 4.3 การแสดงวิธีการทดสอบการหว่านแรงที่เอาชนะแรงต้านการหมุน	21
รูปที่ 4.4 การแสดงใบพัดที่ใช้ในการทดลองสามารถปรับมุมได้	23
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ของสีแดง กับความเร็วรอบและมุมใบพัด 90 องศา ที่ตำแหน่งต่างๆ	24
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ ของสีแดง กับความเร็วรอบและมุมใบพัด 120 องศา ที่ตำแหน่งต่างๆ	25
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ของสีแดง กับความเร็วรอบและมุมใบพัดที่ 150 องศา ที่ตำแหน่งต่างๆ	26
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการผสมที่มุมใบพัด 90 องศา ที่ตำแหน่งต่างๆกับความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุด	27

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 คำนำ

ในการสร้างเครื่องผสมอาหาร ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว สมการต่างที่เกี่ยวข้องได้จากการทดลอง ผสมผสานกับการวิเคราะห์คำนวณเบื้องต้นจากแบบของการทดลอง ซึ่งย่อขนาดสัดส่วนจากเครื่องจริง โดยนำวิธีการของการวิเคราะห์มิติ กลุ่มของตัวแปร ไรมิติ แล้วทำการขยายขนาดสเกลต่อไป ซึ่งปัจจัยหลักที่สำคัญได้แก่ คุณสมบัติของอาหารเหลวที่แตกต่างกัน กับชนิดของใบพัดที่ต่างกัน ความร้อน ความเร็ว รอบในการผสม ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดที่ใช้ แผ่นกั้น (Baffle) ขนาดและลักษณะของ ภาชนะที่ใช้ผสมของอาหาร ซึ่งในโครงการนี้จะใช้ใบพัด (Agitator) ชนิดใบพายเป็นตัวทดสอบการผสม ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีความสำคัญ ซึ่งจะมีผลทำให้คุณสมบัติของอาหารเปลี่ยนแปลง ส่วนประกอบและ ลักษณะการทำงานจะได้กล่าวต่อไป

#### 1.2 วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและสร้างเครื่องผสมอาหารสำหรับอาหารที่มีความหนืดต่ำถึงปานกลาง ที่มีปริมาณ การผลิตครั้งละ 20 ลิตร
2. ศึกษาหามุมของใบพายและความเร็วรอบในการผสมที่เหมาะสมกับช่วงความหนืดปานกลาง
3. เป็นเครื่องทดสอบสูตรอาหารขนาดปานกลางก่อนที่จะทำการผลิตในปริมาณมาก

#### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้เวลาในการผสมน้อยลง
2. ผลผลิตเพิ่มขึ้น
3. เพิ่มปริมาณการผลิตของอุตสาหกรรมในครอบครัว และลดจำนวนแรงงานคน
4. ลดปริมาณการใช้พลังงาน
5. ลดต้นทุนการผลิต
6. ความรู้ ประสบการณ์และขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการประกอบ อาชีพต่อไป

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและแนวคิดเบื้องต้น

การผสมเป็นการปฏิบัติการชนิดหนึ่งเพื่อทำการผสมให้ได้ของผสมที่มีการกระจายตัวขององค์ประกอบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปอย่างสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน โดยการกระจายตัวขององค์ประกอบหนึ่งเข้าไปยังองค์ประกอบอื่น การผสมไม่มีผลต่อการถนอมรักษาอาหาร เป็นเพียงกระบวนการช่วยแปรรูป (Processing aids) หรือปรับปรุงคุณภาพของการบริโภค (eating quality) ในอาหาร กระบวนการนี้ใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะในการผสมองค์ประกอบต่างๆให้มีคุณสมบัติทางฟังก์ชันนอลต่างกันหรือมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแตกต่างกัน ในเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์และเครื่องลดขนาดบางชนิดก็พบว่ามีส่วนที่ทำหน้าที่ของการผสมด้วย

#### 2.1 ลักษณะของของผสมและวัตถุประสงค์ของการผสม

ในทางทฤษฎีแล้ว กระบวนการผสมจะเริ่มจากองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบบริสุทธิ์อยู่และองค์ประกอบเหล่านี้จะแยกกันอยู่ในภาชนะต่างๆ เมื่อการผสมเกิดขึ้นและดำเนินต่อไป ตัวอย่างของผสมจะมีองค์ประกอบในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกับสัดส่วนขององค์ประกอบทั้งหมดในภาชนะ การผสมที่สมบูรณ์จะนิยามว่าเป็นสถานะที่ทุกอย่างที่สุ่มมาจากภาชนะที่ทำการผสมจะมีองค์ประกอบต่างๆ ในสัดส่วนที่เหมือนกันกับของผสมทั้งหมด

การผสมของสารสามารถแบ่งออกได้ 5 ประเภท ดังนี้

1. การผสมของของแข็งกับของแข็ง เช่น อาหารเด็กอ่อน อาหารสัตว์
2. การผสมของของแข็งกับของเหลว เช่น นมกินรูป น้ำเชื่อม
3. การผสมของของเหลวกับของเหลว เช่น มายองเนส
4. การผสมของแก๊สกับของเหลว เช่น น้ำโซดา
5. การผสมของแก๊สและของของแข็ง

วัตถุประสงค์ของการผสมในอุตสาหกรรมอาหารคือ

1. เพื่อให้องค์ประกอบต่างๆ ทำปฏิกิริยาเคมีได้อย่างสม่ำเสมอ เมื่อรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าของผสมนั้นสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีต่อกัน เช่น การย่อยแป้งด้วยเอนไซม์
2. เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารที่นำมาผสม เช่น การผสมน้ำตาลกับเกลือเพื่อให้เกิดรสชาติที่มีความหวานที่มีความหวานนำและความเค็มเป็นรอง ทำให้รสชาติที่ได้มีความกลมกล่อม
3. เพื่อช่วยคลุกเคล้าให้ของผสมเป็นเนื้อเดียวกันและคุณลักษณะขององค์ประกอบตามที่ต้องการ
4. เพื่อผสมอนุภาคของของแข็งต่างๆ ให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ หรือสะดวกในการใช้ เช่น การทำส่วนผสมของแป้งสำเร็จรูปในการทำแพนเค้ก เป็นต้น
5. เพื่อผสมของเหลวต่างๆ ที่ไม่สามารถละลายเข้าด้วยกันได้ ให้เกิดอิมัลชันขึ้น เช่น การโฮโมจีไนเซชันนม

6. เพื่อกระจายแก๊สเข้าไปในของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เพื่อเร่งการถ่ายเทความร้อนระหว่างของเหลวกับคอลล์หรือแจ็กเก็ต ที่หุ้มอยู่

## 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการผสม(factors on the mixing)

เนื่องจากประเภทของการผสมแตกต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อการผสมจึงแตกต่างกัน ดังนั้น จึงแยกปัจจัยตามประเภทของการผสมออกได้ดังนี้

### 2.2.1 การผสมของแข็งกับของแข็ง (solid-solid mixing)

การผสมของของแข็งกับของแข็ง จะเป็นการผสมของแข็งที่อยู่ในรูปอนุภาคคือ มีขนาดเล็กกว่า 30 เมส ถึง 100 เมส และอนุภาคที่อยู่ในรูปผงคือ มีอนุภาคเล็กกว่า 100 เมส การผสมของแข็งกับของแข็ง ต้องพิจารณาปัจจัยดังต่อไปนี้

(1). ขนาดอนุภาคของของแข็ง ของแข็งที่จะมาผสมกัน ควรบดให้มีขนาดเล็ก และร้อนผ่านตะแกรงให้มีช่วงของอนุภาคใกล้เคียงกัน การผสมจะกระทำได้ง่ายและผสมกันเป็นเนื้อเดียวกัน ทั้งนี้เพราะของแข็งที่มีอนุภาคใหญ่มักจะแยกตัว เนื่องจากแรงล้นสะเทือนจะทำให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ไหลลงสู่ด้านล่าง

(2). ความหนาแน่นของสาร องค์ประกอบที่จะผสมกันหากมีความหนาแน่นเท่ากันหรือใกล้เคียงกันจะผสมกันได้ง่ายกว่าองค์ประกอบที่มีความหนาแน่นต่างกัน เพราะองค์ประกอบที่มีความหนาแน่นสูงจะมีน้ำหนักมากกว่าองค์ประกอบที่มีความหนาแน่นต่ำ

(3). ความหนาแน่นสัมพัทธ์ เป็นอัตราส่วนความหนาแน่นของของผสม ระหว่างองค์ประกอบที่มีความหนาแน่นต่ำกับองค์ประกอบที่มีความหนาแน่นสูง ของผสมใดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เกินกว่า 90% จะผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่าย

(4). ลักษณะของขนาดและรูปร่าง องค์ประกอบต่างๆ ที่นำมาผสมกัน ควรมีลักษณะและรูปร่างเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน โดยทั่วไป สารที่นำมาผสมจะเป็นอนุภาคทรงกลมและมีขนาดเล็ก ถ้าองค์ประกอบใดมีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันจะผสมให้กลมกลืนกัน ได้ลำบาก โดยเฉพาะรูปร่างกลมจะเคลื่อนที่ได้ง่าย และจะพยายามแยกตัวตกมาด้านล่าง ดังนั้นลักษณะรูปร่างจึงเกี่ยวข้องกับการไหลของสาร

(5). แรงยึดเหนี่ยวของสาร สารแต่ละชนิดจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคแตกต่างกัน สารใดมีแรงยึดเหนี่ยวสูงจะผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ได้ยาก จำเป็นต้องทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคที่เกาะกัน ให้แยกออกจากกันก่อน โดยใช้แรงปั่นหรือกวนหรือคน ถ้าไม่แยกอนุภาคที่มาเกาะติดกันเสียก่อน การผสมจะดำเนินไปได้ยากและไม่อาจผสมให้สม่ำเสมอได้ โดยเฉพาะสารที่ดูดความชื้นได้ง่าย จะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูง แรงยึดเหนี่ยวของสารอาจเกิดจากความแตกต่างของประจุก่อให้เกิดแรงเหนี่ยวนำ เป็นผลทำให้อนุภาครวมตัวกันได้

(6). อัตราส่วนที่ผสม ถ้าสารแต่ละชนิดมีสัดส่วนของปริมาณที่จะนำมาผสมใกล้เคียงกัน จะผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่าย โดยการควบคุมปริมาณของสารแต่ละชนิดให้นำมาผสมพร้อมๆกันและจำนวนเท่าๆกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อปริมาณของสารชนิดหนึ่งมากกว่าหรือน้อยกว่าของสารอีกชนิดหนึ่งในอัตราส่วนที่ต่างกันมาก เช่น การผสมวิตามินในอาหาร ปริมาณวิตามินที่ผสมจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับวัตถุดิบอื่นๆ การที่จะผสมให้ได้อย่างสม่ำเสมอได้จะต้องใช้เครื่องมือที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นวิธีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2 การผสมของแข็งกับของเหลว (Solid-liquid mixing)

ปัจจัยที่มีผลต่อการผสมของแข็งกับของแข็งกับของเหลว คือ

(1). ความสามารถในการละลายน้ำ เมื่อของแข็งละลายตัวได้ดีในของเหลว การผสมสามารถกระทำได้ง่ายเมื่ออนุภาคของของแข็งมีขนาดเล็ก โดยการผสมจะทำให้รวดเร็วมีประสิทธิภาพขึ้น เมื่อมีการกวน การคนหรือการปั่น ของแข็งบางชนิดจะละลายตัวได้ เมื่อของเหลวมีอุณหภูมิสูงขึ้น เช่น การผสมแป้งกับน้ำ การผสมเจลลาตินกับน้ำ

(2). ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของสารที่ผสม เมื่อของแข็งไม่ละลายในของเหลวหรือของแข็งละลายได้เพียงบางส่วน ของแข็งจะตกตะกอนนอนก้นที่ด้านล่าง เนื่องจากของแข็งมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าของเหลว ถ้าของแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้น จะทำให้เกิดการแยกชั้นได้เร็วขึ้น ดังนั้น ของแข็งควรมีขนาดของอนุภาคเล็ก เพื่อให้การกระจายตัวของแข็งในของเหลวสม่ำเสมอ การกวน การคน และการปั่น จะช่วยให้ของแข็งกระจายตัวในของเหลวดีขึ้นและช่วยแก้ปัญหาการตกตะกอนของของแข็งและการแยกชั้น

(3). ความหนืดของของเหลว การเพิ่มความหนืดของของเหลวให้สูงขึ้น เป็นวิธีทำให้ของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลวผสมกันได้ดี โดยเติมสารบางชนิดที่เพิ่มความหนืดของของเหลว เช่น การเพิ่มความหนืดของน้ำซึ่งเป็นของเหลว โดยการเติมเพกทิน เจลาติน วุ้น หรือสารกึ่งตัวอื่นๆ นอกจากนี้การเติมสารที่มีประจุไฟฟ้าตรงข้ามกับอนุภาคของแข็งจะทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยว ช่วยไม่ให้ของแข็งแยกตัวจากของเหลว

### 2.2.3 การผสมของเหลวกับของเหลว (Liquid-liquid mixing)

ของเหลวแต่ละชนิดที่นำมาผสมกันมักมีคุณสมบัติการไหลแตกต่างกัน ของเหลวอาจเป็นของไหลชนิดนิวตันเนียน(Newtonian fluid คือ คุณสมบัติของของเหลวนี้เมื่อนำค่า stress และ shear rate มาสร้างกราฟจะให้ความชันของกราฟเป็นค่าคงที่ซึ่งเท่ากับค่าความหนืดของของเหลวตัวเอง) หรืออาจเป็นของไหลที่มีคุณสมบัติเป็นนอนนิวตันเนียน

ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการผสมของเหลวกับของเหลว คือ

(1). ความสามารถในการละลายของของเหลวที่ผสมกัน สามารถละลายเข้ากันได้หรือรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ เช่น การผสมอัลกอฮอล์กับน้ำ การผสมน้ำมันรำกับน้ำมันถั่วลิสง การผสมของเหลวประเภทนี้จะทำได้ง่ายเพียงใช้เครื่องประเภทกวน คนหรือปั่นเข้าช่วยในการผสม

(2). ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของของเหลวที่ผสม ซึ่งอาจไม่รวมตัวกัน เนื่องจากมีความหนาแน่นแตกต่างกัน โดยของเหลวที่มีความหนาแน่นต่ำจะอยู่ด้านบน เช่น การผสมน้ำมันกับน้ำนม ส่วนที่เป็นครีมซึ่งมีความหนาแน่นต่ำว่าจะลอยขึ้นด้านบน การผสมของเหลวประเภทนี้กระทำได้ยาก จำเป็นต้องใช้สารอิมัลซิไฟอิงช่วยโดยใช้เครื่องโฮโมจีไนเซอร์

### 2.3 การวัดการผสม(Measurement of mixing)

ในงานทางด้านอุตสาหกรรมอาหารที่เกี่ยวข้องกับการผสม ระดับของความสม่ำเสมอของผสมเป็นสิ่งสำคัญที่สุด เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะการผสมและผลของการผสมที่ได้ จึงจำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้องคำนวณหาคุณภาพของการผสม ซึ่งวิธีการประมาณระดับละเค็ดของตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาหลังการผสมผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การประมาณดังกล่าวจำเป็นต้องวิเคราะห์จากมวลซึ่งทำการสุ่มโดยมวลมีค่าคงที่ที่กำหนดไว้ค่าหนึ่ง และระดับของความไม่สม่ำเสมอแสดงได้โดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) หรืออาจใช้ค่าความเข้มข้นหรือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ถ้าของผสมที่มี 2 องค์ประกอบถูกสุ่มขึ้นมาในตอนเริ่มต้นของการผสม (ในสภาวะที่ยังไม่มีการผสมเกิดขึ้น) ตัวอย่างส่วนใหญ่ที่สุ่มขึ้นมาจะประกอบด้วยองค์ประกอบตัวหนึ่งเท่านั้น เมื่อการผสมดำเนินต่อไป องค์ประกอบของแต่ละตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมา จะเริ่มมีความสม่ำเสมอและเข้าใกล้องค์ประกอบเฉลี่ยของของผสมมากขึ้น ซึ่งวิธีหนึ่งในการหาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบคือ การตรวจสอบวัดค่าเปอร์เซ็นต์ของสีอาหาร หรืออาจใช้วิธีการคำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละสัดส่วนในตัวอย่างหลายๆ ครั้ง

เมื่อทำการผสมของผสมอย่างดีแล้ว ตัวอย่างของสารจะถูกสุ่มในปริมาณเล็กน้อยเพื่อทำการวัดระดับการผสมที่เกิดขึ้น โดยองค์ประกอบต่างๆ ของตัวอย่างจะเคลื่อนจากสภาวะเริ่มต้น ไปยังสภาวะที่การผสมเกิดขึ้น และการวัดระดับการผสมจะแสดงถึงสิ่งเปลี่ยนแปลงเหล่านี้

ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ขนาดของตัวอย่างที่เลือกควรเป็นเท่าไร เมื่อพิจารณากรณีที่เป็นด้านปลายสุดคือ ถ้าตัวอย่างมีขนาดใหญ่ เช่น ถ้าเป็นส่วนผสมทั้งหมดแล้ว องค์ประกอบของตัวอย่างที่ได้จะเป็นองค์ประกอบเฉลี่ยและ ไม่จำเป็นต้องมีการผสมอีกต่อไป ในทางตรงข้าม ถ้าเราสุ่มตัวอย่างเล็กขนาดโมเลกุลแล้ว ทุกๆ ตัวอย่างที่สุ่ม จะเป็นเพียงองค์ประกอบหนึ่งหรือเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบในลักษณะที่เป็นสภาวะบริสุทธิ์ และจะไม่มีการผสมที่ทำให้เกิดความแตกต่าง ดังนั้นขนาดของตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาที่อยู่ระหว่างขนาดของตัวอย่างทั้งสองดังกล่าวนี้จึงเป็นขนาดของตัวอย่างที่เป็นไปได้ทั้งหมด แต่จุดที่สำคัญที่สุดคือ ผลการวิเคราะห์ที่ได้ขึ้นกับขนาดของตัวอย่างที่ทำการสุ่ม

#### 2.4 การวัดค่าสี (Color Measurement)

ตาของมนุษย์เป็นเครื่องมือวัดสีที่มีความไวสูงสุด สามารถแยกสีได้มากที่สุด แต่ไม่สามารถจดจำและอธิบายค่าที่เห็นเข้าใจตรงกันได้ จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องวัดสี เป็นเครื่องมือที่ได้วัดค่าสีออกมาในเชิงปริมาณ เพื่อให้เข้าใจตรงกันได้ถูกต้อง

ระบบการวัดค่าสีนั้น นิยมบอกค่าสี โดยค่า Tristimulus มี 3 ระบบคือ C.I.E x y z Hunter lab L, a, b และ C.I.E. LAB L\* a\* b\*

การวัดค่าสีโดยใช้ระบบ C.I.E. LAB L\* a\* b\*

ระบบการวัดค่าสีวิธีนี้เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งมีความหมายดังนี้

L\* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 – 100 ค่า L เท่ากับ 0 เป็นสีที่มืดที่สุด ค่า L เท่ากับ 100 เป็นสีที่สว่างที่สุด

a\* หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือความเป็นสีเขียว โดยที่ ค่า a เป็นบวก แสดงความเป็นสีแดง ค่า a เป็นลบ แสดงความเป็นสีเขียว

b\* หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน โดยที่ ค่า b เป็นบวก แสดงความเป็นสี

เหลือ ค่า b เป็นลบ แสดงความเป็นสิ้นน้ำเงิน

## 2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการผสม (mixing equipment)

ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้มีการออกแบบและผลิตเครื่องผสมออกมาเป็นจำนวนมาก การเลือกชนิดและขนาดของเครื่องผสมที่ถูกต้องขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของอาหารที่จะมาผสมและความเร็วของการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้ระดับของการผสมที่ต้องการ โดยใช้พลังงานน้อยที่สุด เครื่องผสมจะแบ่งออกตามลักษณะการทำงานสำหรับอาหารต่อไปนี้

1. ของเหลวที่มีความหนืดต่ำ
2. ของเหลวหรือเพสต์ที่มีความหนืดสูง
3. อาหารผงที่แห้งหรือของแข็งที่เป็นชิ้น

### 2.5.1 เครื่องผสมสำหรับของเหลวที่มีความหนืดต่ำหรือปานกลาง

เครื่องผสมหลายตัวที่มีการออกแบบเพื่อผสมของเหลวในภาชนะที่มีแผ่นกั้น(Baffle) หรือ ไม่มีแผ่นกั้นก็ได้ ข้อดีและข้อเสียของแต่ละประเภทตามลักษณะการใช้งานสรุปดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องผสมของเหลวที่ใช้ใบพัดชนิดต่างๆ สำหรับความหนืดปานกลาง

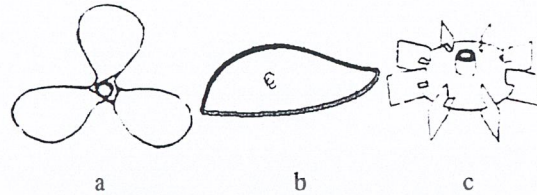
ชนิดของใบพัดที่ใช้ในการผสม	ข้อดี	ข้อเสีย
ใบพาย	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ป้องกันการไหม้ของอาหารได้</li> <li>2. ราคาถูกกว่าชนิดอื่น</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้ได้ด้วยความเร็วต่ำ</li> <li>2. ใช้เวลานานกว่า</li> </ol>
ใบพัดเรือ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ไล่ไหลทั่วทั้งถังผสม</li> <li>2. ใช้เวลาการผสมน้อย</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ราคาแพงกว่าชนิดใบพาย</li> <li>2. ป้องกันการไหม้ของอาหารไม่ได้ เมื่ออาหารนั้นต้องใช้ความร้อน</li> <li>3. ใช้ที่ความหนืดปานกลาง</li> </ol>
ใบพัดกังหัน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การผสมดีมาก ไล่ไหลทั่วทั้งถังผสม</li> <li>2. ใช้เวลาในการผสมน้อยที่สุด</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ราคาแพงกว่าชนิดอื่น</li> <li>2. ป้องกันการไหม้ของอาหาร ไม่ได้ เมื่ออาหารนั้นต้องใช้ความร้อน</li> <li>3. ใช้ที่ความหนืดช่วงกว้าง</li> </ol>

ที่มา: ผศ.ดร. รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, “หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม”, 2541.

1. เครื่องผสมชนิดใช้ใบพัดเรือ ( Propeller agitator) เป็นใบพัดความเร็วสูง ไล่ตามแนวแกนเหมาะสำหรับของเหลวที่มีความหนืดต่ำ สำหรับใบพัดเรือขนาดเล็กจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของมอเตอร์ (1,150 rpm ถึง 1,750 rpm) ถ้าเป็นใบพัดเรือขนาดใหญ่จะหมุนที่ 400 – 800 rpm

เอกรยะทางที่ใบพัดหมุนรอบ แล้วนำของเหลวเคลื่อนที่ไปตามความยาวจะขึ้นอยู่กับมุมของความเร็วของการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบพัดเรือ อัตราส่วนของระยะทางนี้ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดเรือเรียกว่า pitch ของใบพัด ดังรูปที่ 2 a และลักษณะการไหลชนิดนี้เรียกว่า axial flow เนื่องจากของไหลลงที่แกนเพลลาหรือเพลลาของ ใบพัดเรือและไหลขึ้นด้านข้างของถังผสม



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะใบพัดชนิดต่างๆ  
ใบพัดเรือ (a) ใบพาย (b) ใบพัดเทอร์ไบน์ (c)

2. เครื่องกวนชนิดใบพาย (Paddle agitator) ใบพัดมีลักษณะคล้ายใบพายที่แขนหมุนรอบเพลลาใน แกนตั้งมักนิยมใช้ใบพายแบบ 2 หรือ 4 ใบ ดังรูปที่ 2 b ซึ่งหมุนด้วยความเร็วต่ำถึงปานกลาง ประมาณ 20 – 200 รอบต่อนาที ณ ศูนย์กลางของถังผสม ซึ่งจะดันของเหลวในแนวรัศมี โดยไม่มีการเคลื่อนในแนวตั้ง ยกเว้นใบพัดแบบ pitch ความยาวทั้งหมดของใบพัดชนิดนี้เป็น 50 – 80 % ของเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง ผสม และความกว้างของใบพายเป็น  $1/6$  ถึง  $1/10$  ของความยาว การกวนที่ความเร็วต่ำมักใช้ในถังผสมที่ ไม่มีแผ่นกั้น แต่ที่ความเร็วสูงขึ้นจะต้องใช้แผ่นกั้นเนื่องจากของเหลวจะหมุนรอบซึ่งมีด้านการผสม เกิดขึ้นเล็กน้อย ถ้าไม่มีแผ่นกั้น ใบพัดชนิดนี้จะมีสมบัติที่สามารถป้องกันคาร์ไหม้ของอาหารที่จะติดกัน ถังได้ และสามารถใช้กับอาหารที่มีความหนืดทุกช่วงที่ต้องการ ใช้ในการผสมอาหารที่มีความร้อนเข้ามา เกี่ยวข้อง ในโครงการนี้ได้เลือกใช้ใบพัดชนิดนี้ในการผสมอาหาร ซึ่งเหมาะสมต่อการผสมได้หลาย รูปแบบ

### 3. เครื่องกวนชนิดใช้ใบพัดเทอร์ไบน์ (Turbine agitator)

ดังแสดงในภาพ 2 c ประกอบด้วยใบพัดคล้ายกับใบพายหลายใบแต่ใบพัดจะสั้นกว่าและหมุนด้วยความเร็วสูง มีขนาดประมาณ 30 – 50 % ของเส้นผ่านศูนย์กลางของถังผสม ใบพัดกักกันสามารถใช้กับของเหลวที่มีความหนืดในช่วงกว้าง

## 2.6 ปริมาณความร้อนและอุณหภูมิของอาหาร

การเคลื่อนไหวของโมเลกุลในสสารทำให้เกิดพลังงานรูปหนึ่ง พลังงานนี้คือ ความร้อน การเคลื่อนไหวยิ่งรุนแรงปริมาณความร้อนยิ่งมาก การเคลื่อนไหวยิ่งเบาบางลงปริมาณความร้อนก็จะลดลง ในกรณีที่สสารไม่ว่าจะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือ ไอ ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ สิ่งที่ทำให้รู้ว่าปริมาณความร้อนมากหรือน้อยก็คือ อุณหภูมิ

### 2.6.1 หลักการแบ่งวิธีการที่ความร้อนเข้าสู่อาหาร

#### 2.6.1.1 การใช้อากาศเป็นสื่อ

Broiling คือเป็นการเอาอาหารวางไว้เหนือหรือใต้ความร้อนโดยตรง ใช้ในเตาอบ ส่วนล่างที่มีท่อ นำเปลวไฟมาใช้ ผิวหน้าอาหารจะไหม้เกรียมได้

Roasting คือเป็นการย่างบนเตากลางแจ้ง ปัจจุบันหมายถึงการเอาเนื้อชิ้นใหญ่ๆ มาอบในเตา

Baking คือเป็นการอบอาหารต่างๆ เช่น ขนมเค้ก ขนมปัง อุณหภูมิ 200 ° F ถึง 500 ° F ถือว่าเป็นการให้ความร้อนแห้ง

#### 2.6.1.2 การใช้น้ำเป็นสื่อ

Boiling เป็นการต้มอาหารให้เดือด เช่น ต้มไข่ แกงจืด

Par - Boiling คือเป็นการต้มอาหารในน้ำเดือดแต่ไม่ทำให้อาหารสุก จุดมุ่งหมายอาจเพื่อเก็บไว้ใช้ต่อไป เพื่อทำอาหารชนิดอื่นๆต่อไป หรือเพื่อต้องการต้มให้สิ่งที่ไม่ต้องการในอาหารละลายออกมาเพื่อทิ้ง

Simmering เป็นการต้มอาหารในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดเล็กน้อย เช่น การเคี้ยวเนื้อ

#### 2.6.1.3 การใช้ไอน้ำเป็นสื่อ

Steaming เป็นการหุง การทำอาหารโดยใช้ไอน้ำ

Waterless cooking เป็นการทำอาหารให้สุก โดยใช้ไอน้ำที่เกิดจากน้ำในอาหารเอง

Pressure-cooking เป็นการใช้น้ำที่มีอยู่ในภาชนะหุงต้มที่มีความดันกำหนดเอาไว้เป็นการใช้หม้ออัดความดัน บางชนิดจะบอกอุณหภูมิความร้อน บางชนิดควบคุมอุณหภูมิโดยเปรียบเทียบจากความดัน ที่บังคับไว้

#### 2.6.1.4 การใช้น้ำมันเป็นสื่อ

Deep fat frying เป็นการทอดในน้ำมัน ที่น้ำมันท่วมอาหาร เช่น การทำกล้วยแขก โคนัท เป็นต้น

Saute เป็นการทาน้ำมันในกระทะเพียงเล็กน้อย เพื่อป้องกันมิให้อาหารติดกระทะ เช่น การทอดไข่ การทำบ๊วยบิน

Pan-frying การใช้น้ำมันมากกว่า Saute แต่ไม่ท่วมอาหาร

#### 2.6.1.5 การใช้สื่อให้ความร้อนหลายชนิด

Braising เป็นการทอดอาหารในน้ำมัน เติมน้ำเล็กน้อยแล้วปิดฝาไว้ เช่น เนื้อนำไปทอด

Fricassee เป็นการทอดอาหารชิ้นเล็กๆ

Pot-roasting เป็นการทอดอาหารชิ้นใหญ่

### 2.6.2 ลักษณะการถ่ายเทความร้อน ( Mode of Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนแบบการนำ ( Conductive Heat Transfer) เป็นการถ่ายเทพลังงานระดับโมเลกุล ซึ่งไม่มีการเคลื่อนที่ทางกายภาพของวัตถุ (Physical Movement) โดยทั่วไปการนำความร้อนจะเกิดขึ้นในวัตถุ จะมีการถ่ายเทความร้อนจากด้านที่มีอุณหภูมิสูงไปยังด้านที่มีอุณหภูมิต่ำ อัตราความร้อนที่ถ่ายเทต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยในทิศทางหนึ่ง จะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จากสมการ

$$Q = -KA \frac{dT}{dx}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$Q_x = \text{อัตราการนำความร้อนผ่านพื้นที่ } A \text{ ทิศทาง } X \text{ (} w / m^2 \text{)}$$

$$K = \text{สภาพการนำความร้อนของวัสดุ (} W / m.K \text{)}$$

$$\frac{dT}{dx} = \text{ความแตกต่างของอุณหภูมิในทิศทาง}$$

$$A = \text{พื้นที่ในทิศทาง } X$$

การถ่ายเทความร้อนแบบการพา (Convective Heat Transfer) เมื่อของไหลไหลผ่านผิววัตถุของแข็ง หรือของไหลภายในท่อที่มีอุณหภูมิแตกต่าง การแลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดขึ้นระหว่างของไหลและวัตถุของแข็งหรือท่อในลักษณะการพาความร้อน จากสมการการถ่ายเทความร้อนแบบการพามี 2 ชนิด คือ การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) และการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) จากสมการ

$$Q = hA (T_p - T_f)$$

เมื่อ

$$Q = \text{ฟลักความร้อน (} w \text{)}$$

$$h = \text{สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (} w / m^2.C \text{)}$$

$$A = \text{พื้นที่ผิว}$$

$$T_p = \text{อุณหภูมิของผิว (} K \text{)}$$

$$T_f = \text{อุณหภูมิของของไหล (} K \text{)}$$

การแผ่รังสีความร้อน (Radiative Heat Transfer) จะเกิดจากระหว่างสองพื้นผิว โดยการแผ่และดูดซับในเวลาต่อมาของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ตัวกลางในการแผ่ความร้อนเหมือนในแบบการนำความร้อนและการพาความร้อน ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนแบบนี้จะเกิดขึ้นในสุญญากาศได้ พลังงานที่แผ่ออกมาจากผิว จะเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิสัมบูรณ์และลักษณะธรรมชาติของผิว จากสมการ

$$Q = \sigma \epsilon T_s^4$$

$$Q = \text{ฟลักความร้อน}$$

$$\sigma = \text{ค่าคงที่ของสตีเฟน โบลซ์แมน เท่ากับ } 5.67 \times 10^{-8} \text{ } w / m^2.K$$

$$T_s = \text{ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ของผิว}$$

$$\epsilon = \text{สัมประสิทธิ์การแผ่รังสี}$$

### บทที่ 3

#### การคำนวณและออกแบบ

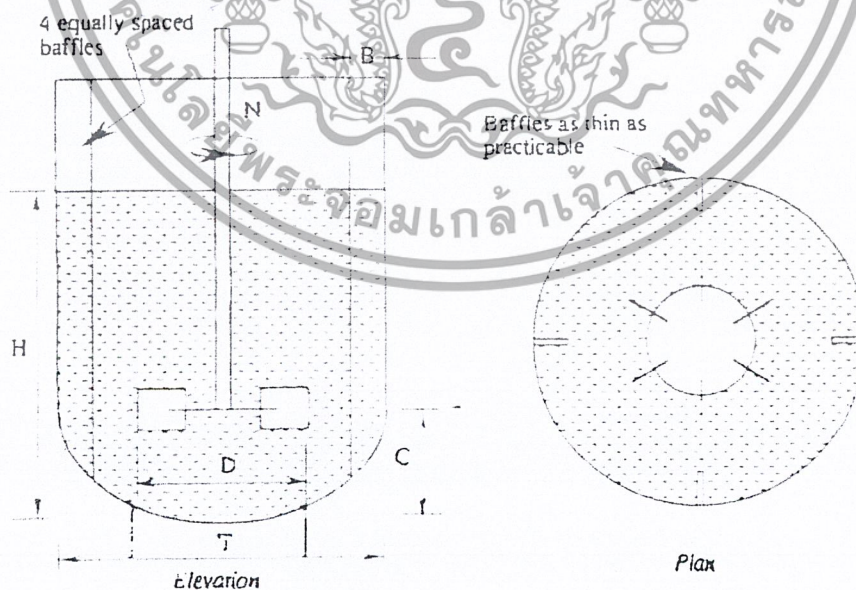
##### 3.1 การออกแบบ

##### 3.1.1 การออกแบบถังผสม

ในการออกแบบถังผสมจะออกแบบตามมาตรฐานซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งจะอยู่ในรูปอัตราส่วน

ตารางที่ 3.1 ตารางอัตราส่วนมาตรฐานของถังผสม

Geometric ratio	Typical range of values	Standard geometry
H/T	1-3	1
D/T	1/4 - 2/3	1/3
C/T	1/4 - 1/2	1/3
C/D	1	1
B/T	1/12 - 1/10	1/10

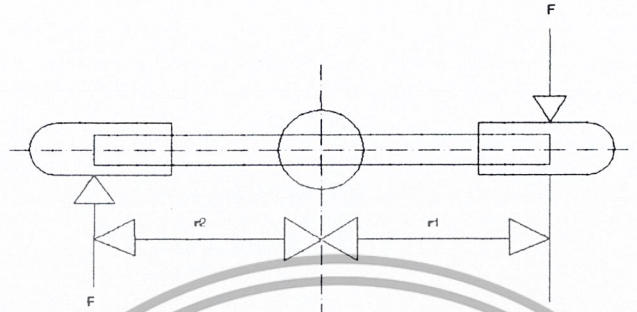


รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะมาตรฐานของถังผสม

ข้อมูลจาก P.J Frger, D.L.Pyle and Rielly, "Chemical Engineering for the Food Industry Published in 1997  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การคำนวณ

#### 3.2.1 การคำนวณหาค่ากำลังของมอเตอร์



รูปที่ 3.2 แสดงทิศทางการหมุน

จากรูป แรงสูงสุดที่กระทำกับใบพาย  $F = 2 \times 1 \times 9.81$

$$= 19.62 \text{ N}$$

ดังนั้น ทอร์กสูงสุดที่กระทำกับใบพาย  $T = Fr_1 + Fr_2$

$$= 19.62 \times 7 + 19.62 \times 10$$

$$= 333.54 \text{ N.cm}$$

$$= 3.33 \text{ N.m}$$

กำหนด Safety factor (S) = 2.5

$$T_{\max} = S.T$$

$$= 2.5 \times 3.33$$

$$= 8.34 \text{ N.m}$$

จากการทดลองหาความเร็วรอบที่เหมาะสมกับอาหารที่มีความหนืด 22 Pa.s ได้ความเร็วรอบ 80 rpm

$$\text{กำลังงานของมอเตอร์ } P = \frac{2\pi NT}{60}$$

$$= \frac{2\pi \times 80 \times 8.34}{60}$$

$$= 69.86 \text{ W}$$

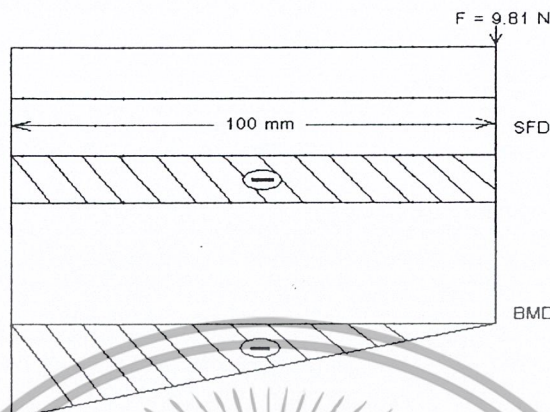
กำหนด กำลังงานที่สูญเสียไปกับ Worm gear 100 %

กำลังงานที่สูญเสียไปกับส่วนอื่นๆ 50 %

$$\therefore \text{กำลังงานทั้งหมด } 69.86 + 69.86 + 34.93 = 174.65 \text{ W หรือ } 0.23 \text{ hp}$$

การเลือกมอเตอร์ จะเลือกใช้มอเตอร์ที่มีขนาด 0.3 hp ซึ่งสูงกว่าที่ต้องการ สามารถใช้ได้

แขนทางด้านขวา 100 mm



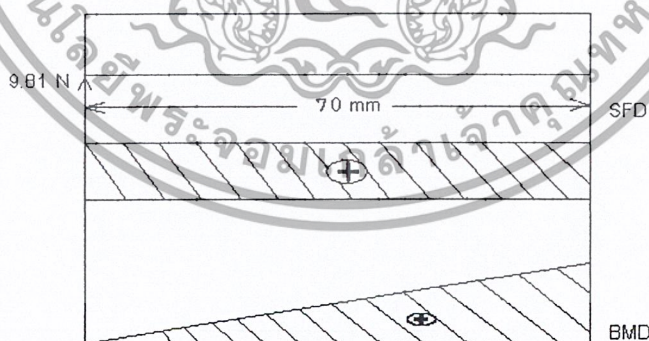
รูปที่ 3.3 แผนภาพ SFD และ BMD

ความเค้น

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{FL}{AE} \\ &= \frac{9.81 \times 100}{\frac{\pi}{4}(12^2 \times 190 \times 10^3)} \\ &= 4.56 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

แขนทางด้านขวาสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

การคำนวณแขนทางด้านขวา



รูปที่ 3.4 แผนภาพ SFD และ BMD

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{FL}{AE} \\ &= \frac{9.81 \times 70}{\frac{\pi}{4}(12^2 \times 190 \times 10^3)} \\ &= 3.2 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

แขนทางด้านซ้ายสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

### 3.2.2 การคำนวณชุดเพลาส่งกำลัง

การออกแบบเพลาดตาม ใ้ค้ของ ASME

มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรกล = ต่อความยาวเพลา 1 เมตร ในทางปฏิบัติ

$$\text{จาก } \theta = \frac{TL}{AE}$$

เมื่อ  $\theta$  = มุมบิดวัดเป็นเรเดียนเปลี่ยนมุมบิดจากเรเดียนเป็นองศาจะต้องคูณด้วย 57.3

L = แรงบิดที่ใช้ในการบิดของเพลา

G = โมดูลัสของแรงเฉือน

J = Polar moment of inertia

กำหนด เพลา Stainless steel

Modulus of elasticity (E) 190 GPa

Modulus of rigidity (G) 73.1 GPa

$$\begin{aligned} \text{เพลากลวง } J &= \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) \\ &= \frac{\pi}{32} (30^4 - 24^4) \\ &= 4.694953 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

เมื่อ

$$\theta = 0.3 \times \frac{\pi}{180}$$

$$= 5.24 \times 10^{-3} \text{ เรเดียน}$$

$$G = 73.1 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

$$L = 0.80 \text{ เมตร}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{\theta \times G \times J}{L} \\ &= \frac{(5.24 \times 10^{-3}) (73.1 \times 10^3) (46949.53)}{800} \end{aligned}$$

$$= 22479.67 \text{ N.mm}$$

$$= 22.48 \text{ N.m}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \frac{16T}{\pi D^3} \\ &= \frac{16 \times 22479.67}{\pi \times (30^3 - 24^3)} \\ &= 8.69 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

กำลังสูงสุดที่เพลาส่งได้อย่างปลอดภัย

$$P = \frac{2\pi NT}{60}$$

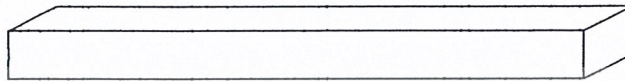
เมื่อ N = ความเร็วรอบของเพลา

กำหนด ความเร็วรอบของเพลา 80 rpm

$$P = \frac{2 \times \pi \times 80 \times 22.48}{60}$$

$$= 188.33 \text{ w}$$

### 3.2.3 การคำนวณลิ้มล้อสายพาน



รูปที่ 3.5 แสดงรูปลิ้มล้อสายพาน

ลิ้มของล้อสายพานด้านมอเตอร์

วัสดุ AISI 1020

$$\sigma_y = 43 \text{ ksi}$$

$$= 43 \times 6.895$$

$$= 296.5 \text{ N/mm}^2$$

สำหรับการใช้งานมีการกระตุกเล็กน้อย ใช้  $N_y = 2.5$  คำนึงความเค้นอัดใช้งาน

$$\sigma_{cd} = 296.5 / 2.5 = 118.6 \text{ N/mm}^2$$

ความยาวประมิม

$$l_c = \frac{4T}{dh\sigma_{cd}}$$

$$= \frac{4 \times 33.25 \times 1000}{14 \times 5 \times 118.6}$$

$$= 16.02 \text{ mm}$$

∴ เลือกใช้ลิ้มที่มีความยาว 16 mm

เพลาขนาดกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร เลือกใช้ลิ้ม ISO/R 744-A5 x 5 x 16

ตรวจสอบความเค้นเฉือนบนลิ้ม จาก  $\tau = \frac{2T}{bld}$

$$= \frac{2 \times 33.25 \times 1000}{5 \times 16 \times 14}$$

$$= 59.37 \text{ N/mm}^2$$

ค่าความเค้นเฉือนใช้งาน

$$\tau_d = 0.6 \sigma_{cd}$$

$$= 0.6 \times 118.6$$

$$= 71.16 \text{ N/mm}^2$$

ตรวจสอบค่าความเค้นอัดบนลิ้ม

$$\sigma_c = \frac{4T}{hld}$$

$$= \frac{4 \times 33.25 \times 1000}{5 \times 16 \times 14}$$

$$= 118.75 \text{ N/mm}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับอาจารย์ผู้สอนเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 การคำนวณสายพานและล้อสายพาน

$$\text{กำหนด ล้อสายพานใหญ่ } (D_p) = 80 \text{ mm}$$

$$\text{ล้อสายพานเล็ก } (d_p) = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน } C_{\max} &= 2(d_p + D_p) \\ &= 2(50 + 80) \\ &= 260 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{\min} &= 0.7(d_p + D_p) \\ &= 0.7(50 + 80) \\ &= 91 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความยาวพิตช์ } L_p &\cong 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \\ &\cong 2(500) + 1.57(80 + 50) + \frac{(80 - 50)^2}{4(500)} \\ &\cong 1047.55 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{เลือกใช้สายพาน } L_p = 1144 \text{ mm}$$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง

$$\begin{aligned} C &\cong p + \sqrt{p^2 - q} \\ P &\cong 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \\ &= 0.25(1144) - 0.393(80 + 50) \\ &= 234.91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &\cong 0.125(D_p - d_p)^2 \\ &= 0.125(80 - 50)^2 \\ &= 112.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &\cong 234.91 + \sqrt{(234.91)^2 - 112.5} \\ &= 470 \text{ mm} \end{aligned}$$

ส่วนโค้งสัมผัส

$$\begin{aligned} \frac{D_p - d_p}{C} &= \frac{80 - 50}{470} \\ &= 0.06 \end{aligned}$$

ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส  $N_a = 1$  ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน  $N_l = 1.08$

สำหรับล้อสายพานขนาด 50 mm อัตราทด  $m_w = 1.6$  และ  $n = 1450$

$$P_R = 0.41 \text{ kw ต่อเส้น}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนสายพาน } Z &= \frac{W_p N_s}{P_a N_a N_l} \\ &= \frac{0.249 \times 1}{0.41 \times 1 \times 1.08} \\ &= 1 \text{ เส้น} \end{aligned}$$

$$\text{ความเร็วสายพาน } V = \pi d_p n$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้  $\pi \left( \frac{50}{1000} \right) \left( \frac{1450}{60} \right) = 3.79 \text{ m/s}$  เท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง } F &= \frac{W_p}{V} \\ &= \frac{249}{3.79} = 65.70 \text{ N} \end{aligned}$$

### 3.2.5 การคำนวณขนาดฮีตเตอร์

สูตรการหาปริมาณความร้อนที่ต้องใช้

$$Q = m_2 u_2 - m_1 u_1 + m_c h_c - m_i h_i$$

เมื่อ  $q$  = ปริมาณความร้อน (kJ)

$m_{1,2}$  = มวลของสภาวะนั้น (kg)

$m_c$  = มวลที่ออกจากระบบ (kg)

$m$  = มวลที่เข้าสู่ระบบ (kg)

$u_{1,2}$  = พลังงานภายใน (kJ/kg)

$h$  = เอนทาลปี (kJ/kg)

สูตรการหาเวลาที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนนั้นๆ

$$\text{จาก } Q = q/t$$

$$\text{ดังนั้น } t = \frac{q \times 1000}{Q \times 60}$$

เมื่อ  $Q$  = ปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับระบบ

$T$  = เวลาที่ต้องใช้ (min)

ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะทางเทอร์โมไดนามิกส์ของน้ำ บางสภาวะในหน่วย SI

P(kPa)	T(C)	v (m <sup>3</sup> /kg)	u (kJ/kg)	h(kJ/kg)	s(kJ/kgK)	Quality	State
101.35	30	0.001004	125.78	125.79	0.4369	-	Com. L.
4.25	30	0.001004	125.78	125.79	0.4369	0.0	Sat. L.
101.35	100	0.001044	418.94	419.04	1.3069	0.0	Sat. L.
101.35	100	1.672900	2560.50	2676.10	7.3549	1.0	Sat. v.

Com. = Compressed Liquid      L. = Liquid  
Sat. = Saturated vapor state      v = Vapor

ในการหาขนาดฮีตเตอร์ จะเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ ในการต้มน้ำให้เดือดและเลือกใช้ที่มีขายตามท้องตลาด และสามารถใช้งานได้ดีที่สุด เปรียบเทียบโดยใช้น้ำปริมาณ 10 ลิตร ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 30 องศา ต้มน้ำให้เดือดโดยใช้ขนาดฮีตเตอร์ต่างๆ กัน โดยใช้คุณสมบัติ จากตารางที่ 2

- น้ำที่ 30 องศาเซลเซียส กลายเป็นน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส

$$q = m_2 u_2 - m_1 u_1 = 10 (418.94) - 10 (125.78) = 2931.6 \text{ kJ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 10 kg ที่ 100 องศาเซลเซียส กลายเป็นไอ จนกระทั่งเหลือน้ำ 8 kg ำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$q = m_3 u_3 - m_2 u_2 + m_c h_c = 8(418.94) + 2(2676.1) = 4514.3 \text{ kJ}$$

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงเวลาผลการคำนวณน้ำ 10 kg ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนกระทั่งถึง 100 องศาเซลเซียสจนกระทั่งเหลือน้ำใจสภาวะต่างๆ

เวลา(นาที)	q(kJ)	1,000 W	2,000 W	2,500 W	3,000 W
น้ำ 30 c->100 c	2931.6	48.9	24.4	19.5	16.3
น้ำระเหย 1 kg	2257.2	37.6	18.8	15.0	12.5
น้ำระเหย 2 kg	4514.3	75.2	37.6	30.1	25.1
น้ำระเหย 3 kg	6771.5	112.9	56.4	45.1	37.6
น้ำระเหย 4 kg	9028.6	150.5	75.2	60.2	50.2
น้ำระเหย 5 kg	11285.8	188.1	94.0	75.2	62.7
น้ำระเหย 6 kg	13543.0	225.7	112.9	90.3	75.2

จากการคำนวณข้างต้น จะเห็นได้ว่าถ้าขนาดฮีตเตอร์มี วัตต์ (Watt) ยิ่งสูง เวลาที่ใช้ต้มน้ำให้เดือดก็ยิ่งน้อยลง ดังนั้น จึงควรเลือกใช้ ฮีตเตอร์ที่มีวัตต์สูงๆ โดยวัดจากการใช้เวลาน้อยที่สุดในการต้ม และต้องหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ราคาไม่แพงเกินไป ดังนั้นเราจึงเลือกใช้ ฮีตเตอร์ขนาด 2,000 วัตต์ ซึ่งราคาไม่แพงมาก และวัตต์สูง ทั้งนี้ต้องสัมพันธ์กับความยาวของฮีตเตอร์ ซึ่งหาซื้อได้ง่าย

### 3.2.6 การคำนวณหาขนาดความยาวฮีตเตอร์

การคำนวณหาความยาว ที่เหมาะสมที่สัมพันธ์กับกำลังวัตต์ โดยใช้ฮีตเตอร์ขนาด 2,000 วัตต์

จากสมการ  $Q = hA(T_p - T_f)$   
 $A = 2\pi rL$

ดังนั้นจะได้สมการ  $Q = h((2\pi rL)(T_p - T_f)$

เมื่อ  $Q =$  อัตราการถ่ายเทความร้อนแบบการพา (J / s, W)

$h =$  สปส.การพาความร้อน ตามธรรมชาติ ( $h = 40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ )

$A =$  พื้นที่ผิวที่ถ่ายเทความร้อน ( $\text{m}^2$ )

$R =$  รัศมีฮีตเตอร์ ( $r = 6 \text{ mm}$ )

$T_p =$  อุณหภูมิสูงสุดของผิวฮีตเตอร์ ( $600^\circ \text{C}$ )

$T_f =$  อุณหภูมิของบรรยากาศ ( $30^\circ \text{C}$ )

แทนค่าต่างๆลงในสมการ จะได้

$$2,000 = 40 (2 \times 3.14 \times 6 \times 10^{-3} \times L)(873-303)$$

$$2,000 = 1.508 \times L \times 570$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 2,000 / 859 รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 2.33 \text{ เมตร}$$

จากการคำนวณจะได้ความยาวที่เหมาะสมของฮีตเตอร์เท่ากับ 2.33 เมตร แต่ในท้องตลาดความยาวที่มีขายทั่วไป ขนาดที่ใกล้เคียงที่สุดเท่ากับ 2 เมตร 2,000 วัตต์

### 3.2.7 การขดฮีตเตอร์

ถึงผสมอาหาร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 350 มิลลิเมตร การขดฮีตเตอร์เป็นรูปก้นหอย ความยาวฮีตเตอร์ 2 เมตร การหาระยะห่างฮีตเตอร์แต่ละชั้น โดยให้จำนวนช่องตั้งแต่ศูนย์กลางจนถึงรัศมี 150 มิลลิเมตร เท่ากับ 3 ช่อง

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ระยะห่าง} &= (\text{รัศมี}) / (\text{จำนวนช่อง}) \\ &= 150 / 3 \\ &= 50 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

∴ จะใช้ระยะห่างระหว่างช่องประมาณ 50 มิลลิเมตร ความยาวแนวตรง เข้าสู่ศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ความยาวปลาย ขึ้นมานอกป็นทนความร้อนทั้งสองข้าง ข้างละ 35 มิลลิเมตร รวม 70 มิลลิเมตร

จากสูตร  $\text{ความยาวเส้นรอบวง} = \pi d$

ในการคำนวณเส้นรอบวงแต่ละวงนั้นจะใช้อัตราส่วน  $\frac{1}{4}$  ของความยาวเส้นรอบวงใหญ่ รวมกับ  $\frac{1}{4}$  ของความยาวของเส้นรอบวงเล็ก ระยะห่างวงใหญ่กับวงถัดมา

ให้

เส้นผ่านศูนย์กลางวงในสุด	= 100 มิลลิเมตร	ได้ความยาว	285.6 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางวงที่ 2	= 200 มิลลิเมตร	ได้ความยาว	589.1 มิลลิเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางวงที่ 3	= 300 มิลลิเมตร	ได้ความยาว	903.2 มิลลิเมตร

ดังนั้น ความยาวรวมของฮีตเตอร์ 1997.9 มิลลิเมตร = 1.99 เมตร

จะเห็นว่าความยาวที่ได้ใกล้ 2 เมตร ดังนั้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้แต่ละวงสามารถใช้ได้ จะทำให้ฮีตเตอร์พันเป็นรูปก้นหอยอยู่ได้ถึงพอดี

### 3.2.8 การคำนวณหาขนาดเบรกเกอร์

สูตร การหารกระแสไฟฟ้า

$$P = IE$$

เมื่อ  $P =$  กำลังไฟฟ้า (W)

$I =$  กระแสไฟฟ้า (A)

$E =$  แรงดันไฟฟ้า (V)

ในการออกแบบเบรกเกอร์ของเครื่องผสมอาหาร จะแยกเบรกเกอร์ออกเป็น 2 ชุด เพื่อป้องกันเทอร์โมสแตต (Thermostat) ชำรุดในขณะที่มอเตอร์เริ่มหมุน เบรกเกอร์ของฮีตเตอร์ 2,000 วัตต์

$$= 9.09 \text{ แอมป์แปร์ (A)}$$

เลือกใช้เบรกเกอร์ที่มีขนาดสูงกว่า และมีขายตามท้องตลาด เลือกขนาด 10 แอมป์แปร์  
เบรกเกอร์ของมอเตอร์ 249 วัตต์

$$I = 249 / 220$$

$$= 1.13 \text{ แอมป์แปร์ (A)}$$

ในการใช้งานจริงนั้น มอเตอร์จะใช้กระแสไฟฟ้าในขณะที่เริ่มหมุนตอนแรกนั้น จะกินกระแสไฟ  
มากกว่าปกติมาก เพราะฉะนั้นเลือกขนาด 10 แอมป์แปร์



## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 การทดลอง

##### 4.1.1 การทดลองหาความหนืดของน้ำเป็งสุก

ในการทดลองนี้ จะเป็นการหาค่าความหนืดของอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะรังกับน้ำ เพื่อให้ทราบถึงอัตราส่วนที่ความหนืดปานกลางมีค่าเท่าไร จากนั้นนำไปใช้ในการทดลองหาแรงบิดที่ใช้ในการผสม และนำค่าอัตราส่วนระหว่างแป้งกับน้ำที่ได้หาค่าความหนืดปานกลางนี้ (ประมาณ 22 Pa.s) ไปใช้ในการทดสอบศึกษาหาผลระหว่างค่ามุมกับความเร็วยวรอบที่ใช้ในการผสมที่ดีที่สุด

ขั้นตอนการทดลอง จะใช้วิธี ใช้หลอดแก้วใสยาวประมาณ 150 cm กว้าง 15 cm จากนั้นนำน้ำเป็งสุก ที่อัตราส่วนระหว่างแป้งกับน้ำตามที่กำหนด ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมการทดสอบหาความหนืด

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\mu = \frac{g D^2}{18 v \zeta} (\rho_s - \rho)$$

โดยที่

$\mu$  = ความหนืด

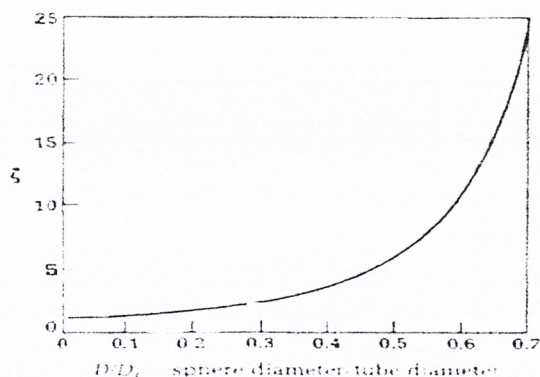
$D$  = เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกแก้ว

$v$  = ความเร็ว

$\rho_s$  = ความหนาแน่นของลูกแก้ว

$\rho$  = ความหนาแน่นของของเหลว

$\zeta$  = สัมประสิทธิ์อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางลูกแก้วกับหลอดแก้ว

รูปที่ 4.2 รูปแสดงการหาค่า  $\zeta$ 

#### 4.1.1 ผลการทดลองหาค่าความหนืดโดยใช้วิธีจับเวลาการตกของลูกแก้วในหลอดแก้วทดสอบ

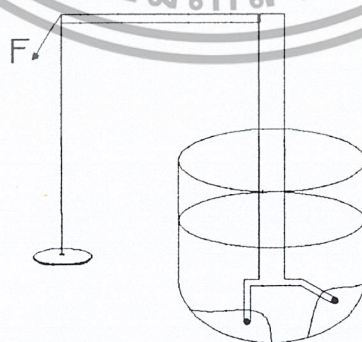
ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราส่วนการผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังกับน้ำ

น้ำหนักแป้งต่อน้ำ 1 ลิตร	ความหนืด (Pa.s)
50 กรัม	7.31
70 กรัม	22.03
100 กรัม	120.14

#### 4.1.2 การทดลองกำลังของมอเตอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาขนาดของแรง ที่เอาชนะการต้านทานการหมุนของชุดใบพายที่ใช้ในการผสมมีดังนี้

1. ถังผสมของเหลวที่ใช้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 350 มิลลิเมตร สูง 450 มิลลิเมตร
2. ชุดใบพาย
3. ถังน้ำหนักขนาด 0.5 กิโลกรัม



รูปที่ 4.3 ภาพแสดงวิธีการทดสอบการหาแรงที่ใช้เอาชนะแรงต้านการหมุน

#### 4.1.3 วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ 2 ใช้แป้งมันสำปะหลังตามค่าความหนืด (อัตราส่วนระหว่างแป้งและน้ำ 70 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร) ได้ค่าความข

- หนักเท่ากับ 22.03 Pa.s) ที่ได้ทดสอบไว้ ปริมาณ 20 ลิตร
- 3 ใส่ก้อนน้ำหนักลงไป โดยทดสอบครั้งละ 0.5 กิโลกรัม
- 4 บันทึกผลการทดลอง

#### 4.1.4 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองหาน้ำหนักที่เอาชนะของเหลวที่มีความหนืด 22.03 Pa.s จำนวน 20 ลิตร พบว่า จะต้องใช้น้ำหนักจำนวน 2 กิโลกรัม ในการทำให้ใบพายเริ่มเคลื่อนที่

#### 4.1.5 การทดลองหาความเร็วรอบและมุมใบพาย

การทดลองหาความเร็วรอบและมุมของใบพายที่ดีที่สุดต่อการผสมอาหาร ที่ช่วงความหนืดปานกลางนั้น จะสร้างชุดทดลองขึ้นมา 1 ชุดก่อนทำการสร้างจริง ซึ่งจะมีคุณสมบัติปรับเปลี่ยนมุมของใบพายได้ เพื่อใช้ในการทดสอบหลายครั้งเพื่อหา

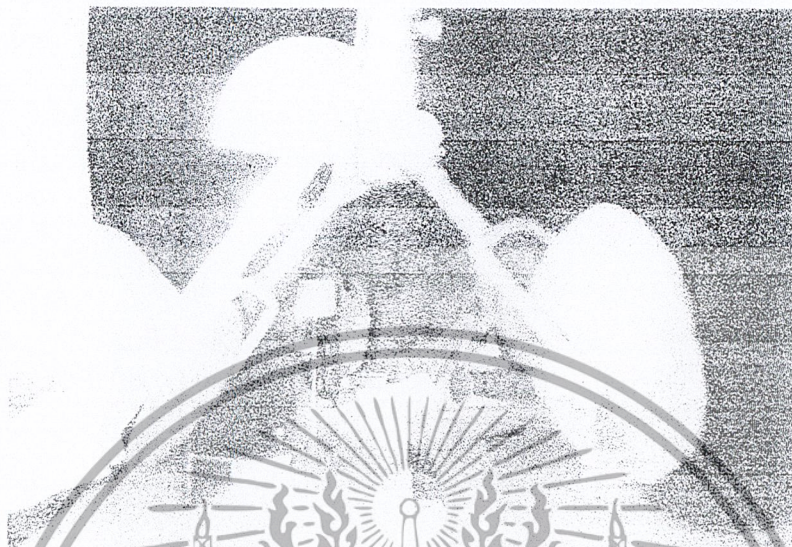
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ มีดังนี้

1. ชุดโครงสร้างของเครื่องผสม
2. ชุดใบพายปรับมุมได้
3. มอเตอร์ขนาด 1/2 แรงม้า พร้อมชุดปรับความเร็วรอบ(Inverter)
4. แบตเตอรี่สำรอง
5. สีส้อมฟ้า
6. เครื่องวัดความเร็วรอบ
7. นาฬิกาจับเวลา
8. ภาชนะบรรจุตัวอย่างการผสม และหลอดเก็บตัวอย่างการผสม
9. เครื่องวัดสี(Colorimeter)
10. เตาแก๊ส

#### 4.1.6 วิธีการทดลอง

1. ประกอบชุดใบพาย มอเตอร์และชุดปรับความเร็วรอบ เข้ากับโครงสร้างเครื่องผสม
2. ใส่น้ำแป้งสุกความหนืด ประมาณ 22 Pa.s ที่เตรียมไว้ใน การทดสอบใส่ในถังผสมจำนวน 20 ลิตร
3. ปรับมุมใบพายที่ 90 องศา และควบคุมความเร็วรอบที่ 50 rpm
4. ผสมสีข้อมฟ้าสีแดง(หรือสีอื่นตามต้องการ) ปริมาณ 20 กรัม กับน้ำปริมาณ 20 มิลลิลิตร ละลายเข้าด้วยกัน แล้วเติมลงในถังผสม
5. เปิดเครื่องพร้อมจับเวลาการผสมที่ 1 นาที และหยุด
6. สุ่มเก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งก้นถึง กลางถึง และด้านบนถึงผสมในแต่ละการทดสอบ
7. ทดสอบครั้งใหม่ที่ความเร็วรอบ 75 rpm และ 100 rpm ตามลำดับและเก็บตัวอย่าง
8. ปรับมุมใบพายใหม่ที่ 120 องศาและ 150 องศา ทำการทดสอบวิธีเดียวกับข้างต้น ที่แต่ละความเร็วรอบต่างๆ และเก็บตัวอย่างการผสมในแต่ละครั้ง

9. นำตัวอย่างที่ได้จากการทดลอง ไปตรวจสอบโดยใช้เครื่องวัดสี(Colorimeter)
10. บันทึกผลการทดลอง



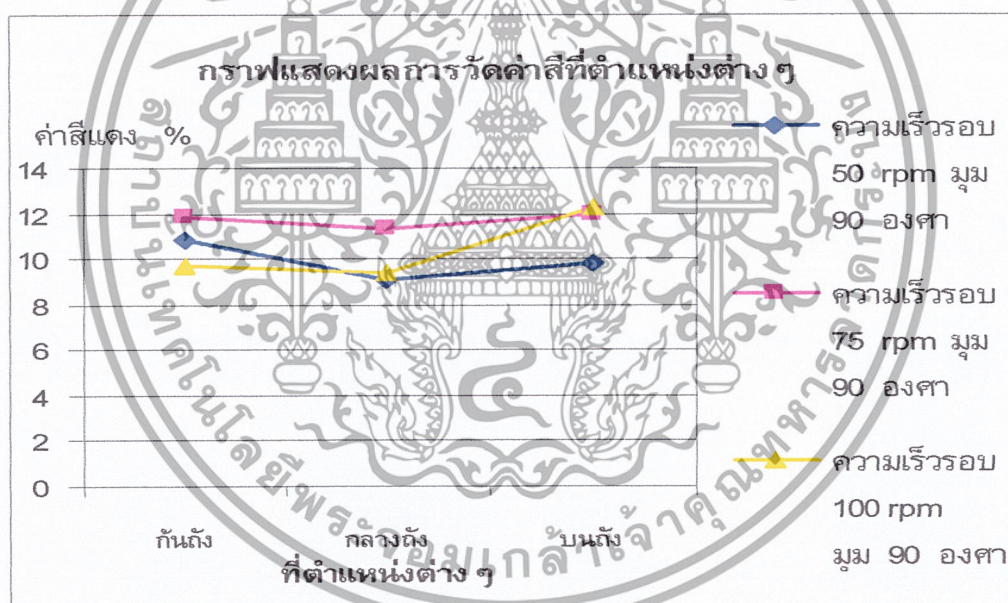
รูปที่ 4.4 ภาพแสดงใบพายที่ใช้ในการทดลองสามารถปรับมุมได้

#### 4.2 ผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการทดลองการผสมที่มุมใบพาย 90 องศา จากน้ำแป้งสุกปริมาณ 20 ลิตรผสมกับปริมาณ 20 กรัมของสีข้อมฟ้าสีแดงกับน้ำ 10 ลิตร โดยการวัดค่าเปอร์เซ็นต์สีแดงหลังจากการผสมดังกล่าวที่ตำแหน่งกึ่งกลางถึง และบนตั้ง ใช้เวลาในการผสม 1 นาที ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และกราฟในรูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์สีแดง กับความเร็วรอบที่มุมใบพาย 90 องศา ที่ความเร็วรอบ 50 rpm แสดงด้วยเส้นกราฟสีน้ำเงิน ที่ความเร็วรอบ 75 rpm แสดงด้วยเส้นกราฟสีชมพู และที่ความเร็วรอบ 100 rpm แสดงด้วยเส้นกราฟสีเหลือง จากกราฟจะเห็นได้ชัดว่ากราฟเส้นสีชมพูหรือที่ความเร็วรอบ 75 rpm ลักษณะค่อนข้างเกือบจะเป็นเส้นตรง แสดงถึงการกระจายตัวที่ดีของสีแดงที่ใช้ผสมลงในน้ำแป้ง ส่วนที่ความเร็วรอบ 50 rpm และ 100 rpm ค่าเปอร์เซ็นต์ของสีแดงจะแตกต่างกันค่อนข้างมาก จึงไม่เหมาะสมในการเลือกใช้ที่ความเร็วรอบนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองวัดค่าเปอร์เซ็นต์สีแดงที่ตำแหน่งต่างๆ กับความเร็วรอบ และมุมใบพายที่ 90 องศา

ค่าเปอร์เซ็นต์สีแดงที่ตำแหน่งต่างๆ ที่มุมใบพาย 90 องศา			
ความเร็วรอบ	กันถึง(%)	กลางถึง(%)	บนถึง(%)
50 rpm	10.83	9.11	9.79
75 rpm	11.90	11.32	11.98
100 rpm	9.71	9.45	12.31



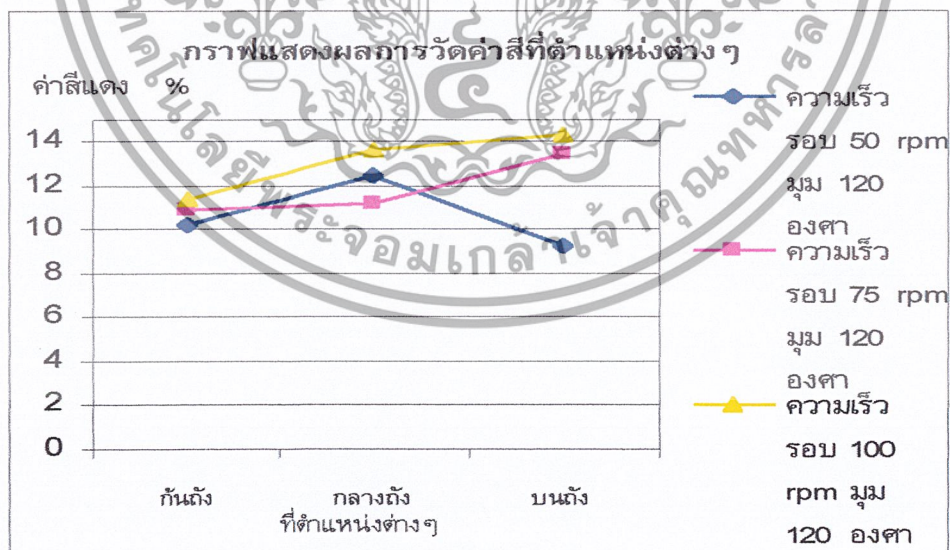
รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์สีแดง กับความเร็วรอบและมุมใบพาย 90 องศา ที่ตำแหน่งต่างๆ

จากตารางที่ 4.3 และกราฟของรูปที่ 4.6 เป็นการทดสอบการผสมที่มุมใบพาย 120 องศา กับกันถึง ผสม ที่ความเร็วรอบ 50, 75 และ 100 rpm (เส้นสีน้ำเงิน สีชมพู สีเหลือง ตามลำดับ) โดยใช้น้ำแป้งสุก 20 ลิตร ผสมสีย้อมผ้าสีแดงตามที่กำหนด ระยะเวลา 1 นาที ค่าเปอร์เซ็นต์สีที่วัดได้จากตำแหน่งต่างๆ จากความเร็วรอบ 50, 75 และ 100 rpm จะค่อนข้างที่แตกต่างกันมาก ค่าเปอร์เซ็นต์ของสีแดงที่วัดได้แต่ละจุด จะกระจาย โดยที่ความเร็วรอบ 100 rpm นั้นมีแนวโน้มที่จะผสมกันได้ดีที่สุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับมุมใบพายที่ 90 องศา ที่ทดสอบมาแล้วนั้น มุมใบพายที่ 120 องศา นั้นยังไม่มี ความเหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปประโยชน์ใดๆ จากมุมใบพายที่ 90 องศา นั้น มีค่าความแตกต่างของสีแต่ละจุดเพียงเล็กน้อย และจากกราฟ จะเห็นว่าที่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วรอบที่ 50 rpm นั้นค่าเปอร์เซ็นต์ของสีแดงนั้นที่ตำแหน่ง บนถึง กลางถึง และบนถึงผสม จะแตกต่างกันมาก ซึ่งสาเหตุเกิดจากสีแดงที่ใช้ทดสอบการผสมนั้นมีความหนืดมากกว่าน้ำแป้งสุก สีแดงที่ใช้ผสมจึงตกลงไปที่ก้นถึงผสม จึงเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบต่ำเกินไป จะไม่สามารถที่จะคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากันได้ดี

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองวัดค่าเปอร์เซ็นต์สีแดงที่ตำแหน่งต่างๆกับความเร็วรอบ และมุมใบพายที่ 120 องศา

ค่าเปอร์เซ็นต์สีแดงที่ตำแหน่งต่างๆ ที่มุมใบพาย 120 องศา			
ความเร็วรอบ	ก้นถึง(%)	กลางถึง(%)	บนถึง(%)
50 rpm	10.21	12.51	9.26
75 rpm	10.89	11.21	13.4
100 rpm	11.43	13.61	14.27

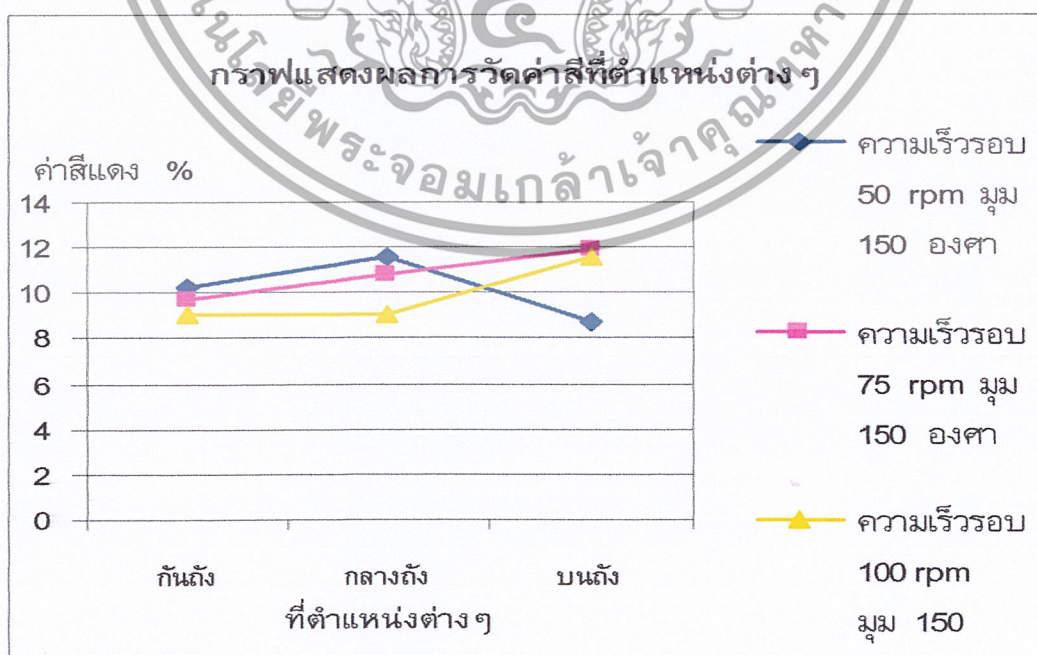


รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ของสีแดงกับความเร็วรอบและมุมใบพาย 120 องศา ที่ตำแหน่งต่างๆ

ตารางที่ 4.4 และจากรูปที่ 4.7 เป็นที่ได้จากการทดสอบการผสมที่มุมใบพาย 150 องศา กับกันถึงผสม โดยใช้ปริมาณแป้งสุก สีส้มส้มและระยะเวลาเดียวกันในการทดสอบ ผลการทดสอบนี้พบว่าที่ความเร็วรอบ 75 rpm เส้นสีชมพูนั้น ก็ยังมีค่าความแตกต่างของสีน้อยที่สุด เช่นเดียวกัน ส่วนที่ความเร็วรอบ 50 rpm นั้น จะเป็นการผสมที่ไม่ดีมากที่สุด เนื่องจากกราฟที่ได้ มีค่าสีที่แตกต่างกันชัดเจน และที่ตำแหน่งบนถึงผสมที่ความเร็วรอบ 50 rpm ค่าเปอร์เซ็นต์ของสีแดงจะแตกต่างกันมาก สาเหตุเช่นเดียวกับที่มุมใบพาย 120 องศา

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองวัดค่าเปอร์เซ็นต์สีแดงที่ตำแหน่งต่างๆ กับความเร็วรอบ และมุมใบพายที่ 150 องศา

ค่าเปอร์เซ็นต์สีแดงที่ตำแหน่งต่างๆ ที่มุมใบพาย 150 องศา			
ความเร็วรอบ	กันถึง(%)	กลางถึง(%)	บนถึง(%)
50 rpm	10.30	11.55	8.7
75 rpm	9.73	10.85	11.90
100 rpm	8.99	9.07	11.53



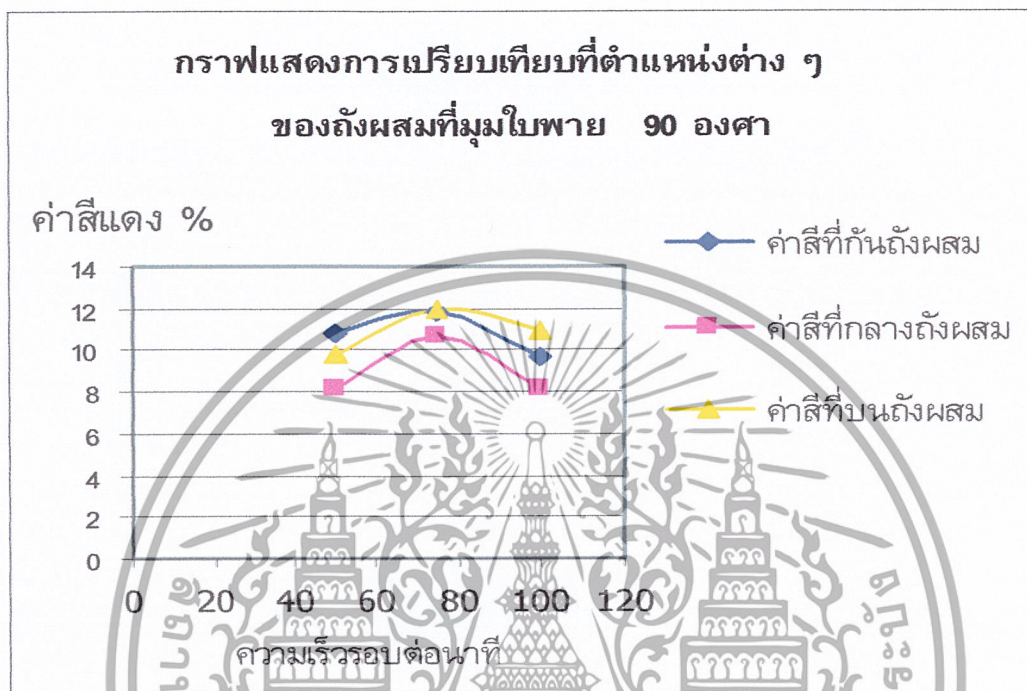
รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์สีแดงกับความเร็วรอบและมุมใบพาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

150 องศา ที่ตำแหน่งต่างๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟในรูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบการวัดค่าเปอร์เซ็นต์สีแดง กับที่ตำแหน่งต่างๆของถังผสม ช่วงความเร็วที่เหมาะสมที่สุดนั้นจะอยู่ในช่วงประมาณ 72 – 79 rpm เนื่องจากค่าเปอร์เซ็นต์ของสีแดงนั้นต่างกันน้อยที่สุด



รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบการผสมที่มุมใบพาย 90 องศา ที่ตำแหน่งต่างๆกับความเร็วรอบ

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการผสมระหว่างแป้งสาลี 20 ลิตร อัตราส่วนระหว่างน้ำกับแป้ง 100 : 7 กรัม ได้ความหนืดประมาณ 22 Pa.s ทดสอบกับสีย้อมผ้าสีแดง 20 กรัมละลายน้ำ 10 มิลลิลิตร เพื่อศึกษาหาอุณหภูมิและความเร็วรอบที่ดีที่สุด เพื่อให้เหมาะสมกับช่วงความหนืดของซอสพริก โดยพบว่ามุมที่เหมาะสมที่สุดคือมุม 90 องศาสังเกตการเปรียบเทียบจากกราฟความแตกต่างระหว่างเส้นสีน้ำเงิน (ที่ตำแหน่งก้นถัง) สีชมพู (ที่ตำแหน่งกลางถัง) สีเหลือง (ที่บนถัง) ถ้ามีความแตกต่างระยะห่างในแนวตั้งน้อยนั้นจะหมายถึง สีที่ใช้ในการทดสอบมีลักษณะกระจายตัวที่ดีทั่วถึงผสม เปรียบเสมือนการทดสอบการผสมจริง จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบการวัดค่าเปอร์เซ็นต์สีแดง กับที่ตำแหน่งต่างๆของถังผสม ช่วงความเร็วที่เหมาะสมที่สุดนั้นจะอยู่ในช่วงประมาณ 72 – 79 rpm เนื่องจากค่าเปอร์เซ็นต์ของสีแดงนั้นต่างกันน้อยที่สุด ดังแสดงการเปรียบเทียบความเร็วรอบกับค่าเปอร์เซ็นต์ของสี แดง ดังแสดงในรูปที่ 4.8

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

##### 5.2.1 ในการออกแบบและสร้างเครื่อง

1. การเลือกวัสดุที่สัมผัสกับอาหาร จะต้องเลือกใช้วัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร
2. การเลือกแหล่งให้พลังงานความร้อน จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับปริมาณการผลิต และมีความปลอดภัยในการใช้งาน
3. การออกแบบอุปกรณ์ทุกส่วนจะต้องคำนึงถึงการถอดประกอบล้างทำความสะอาดได้ง่าย

##### 5.2.2 ในการทดลอง

1. การทดลองหาความหนืดของน้ำแป้ง จะต้องเตรียมแป้งด้วยตาชั่งที่แสดงผลเป็นตัวเลข ซึ่งให้ความละเอียดสูง
2. เมื่อทำการทดลองแต่ละผลการทดลองเสร็จแล้ว จะต้องนำอุปกรณ์มาล้างทำความสะอาด อย่าให้มีสีที่ใช้ผสมหลงเหลืออยู่ ซึ่งจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน
3. ตัวอย่างการทดสอบน้ำแป้งสาลีที่ผสมสี จะต้องนำไปตรวจสอบกับเครื่องวัดสีภายใน 24 ชั่วโมง

### 5.2.3 ในการประกอบเครื่อง

1. ไบพาสที่ปานกันถึง จะต้องเรียบสนิทกับถัง ดังนั้นการประกอบจะต้องวางไบพาสให้ได้ศูนย์กลางกับถัง
2. การขจัดฮีตเตอร์ จะต้องทำการขจัดให้โค้งเรียบติดกันถึงพอดี เพื่อให้ได้รับความร้อนสม่ำเสมอ
3. ในการประกอบคานรองรับมอเตอร์และเกียร์ทวด จะต้องมึระยะเพื่อปรับความยาวของสายพานด้วย



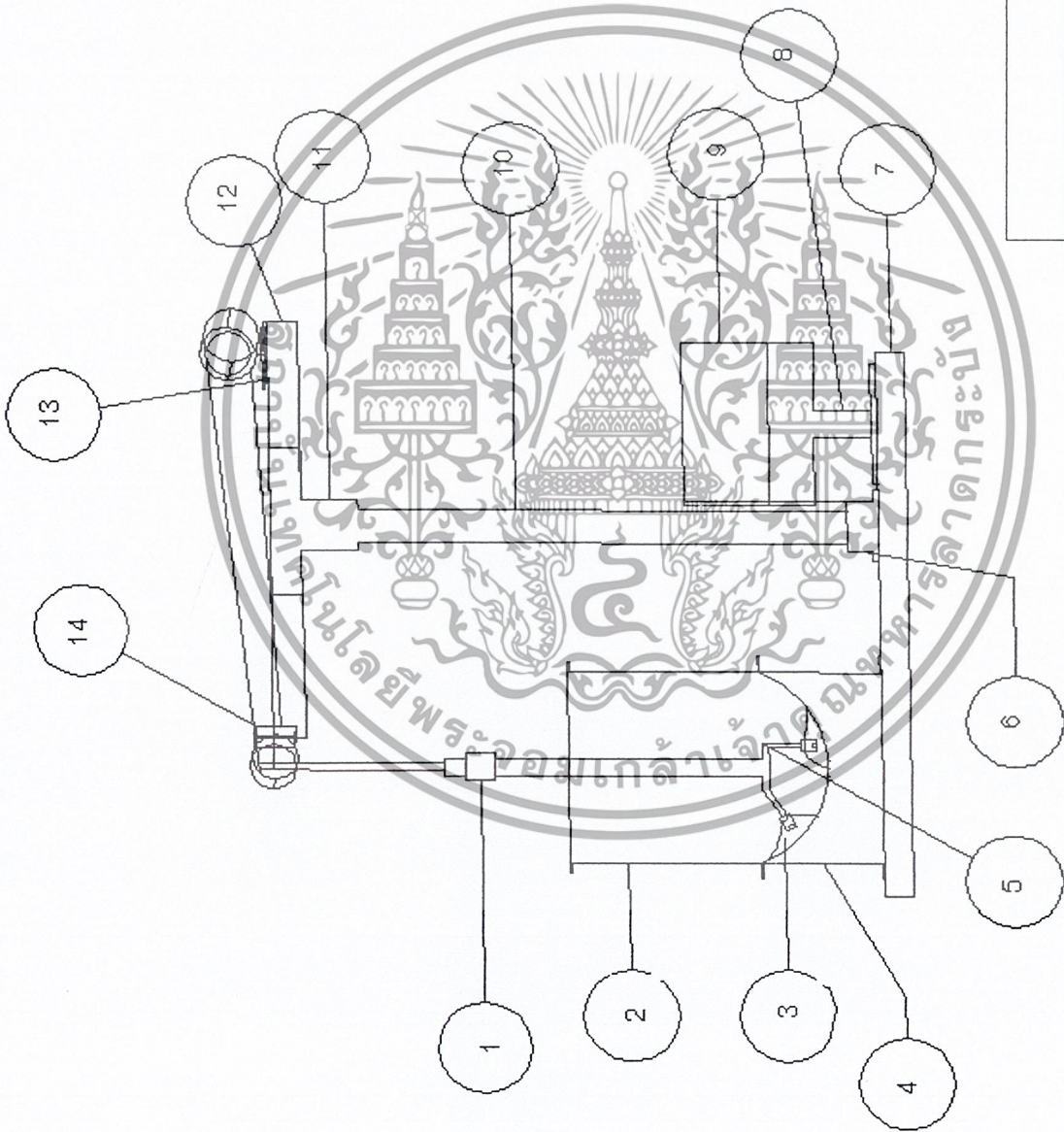
### บรรณานุกรม

- (1). P.J Frger, D.L.Pyle and C.D Rielly, "Chemical Engineering for the Food Industry Published in 1997
- (2). ศ.ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, "การออกแบบเครื่องจักรกล" หน่วยเอสไอ, พ.ศ. 2521
- (3). พงษ์เจต พรหมวงศ์ "การถ่ายเทความร้อน" ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- (4). ผศ.ดร. รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, "หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม" ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.
- (5). วิไล รังสาดทอง, "เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร" ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543
- (6). ผศ. ปานมนัส ศรีสมบูรณ์, "สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีวิัตถุ" ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ASSEMBLY

Pilot scale Seasoning Food mixing Machine

September 2001

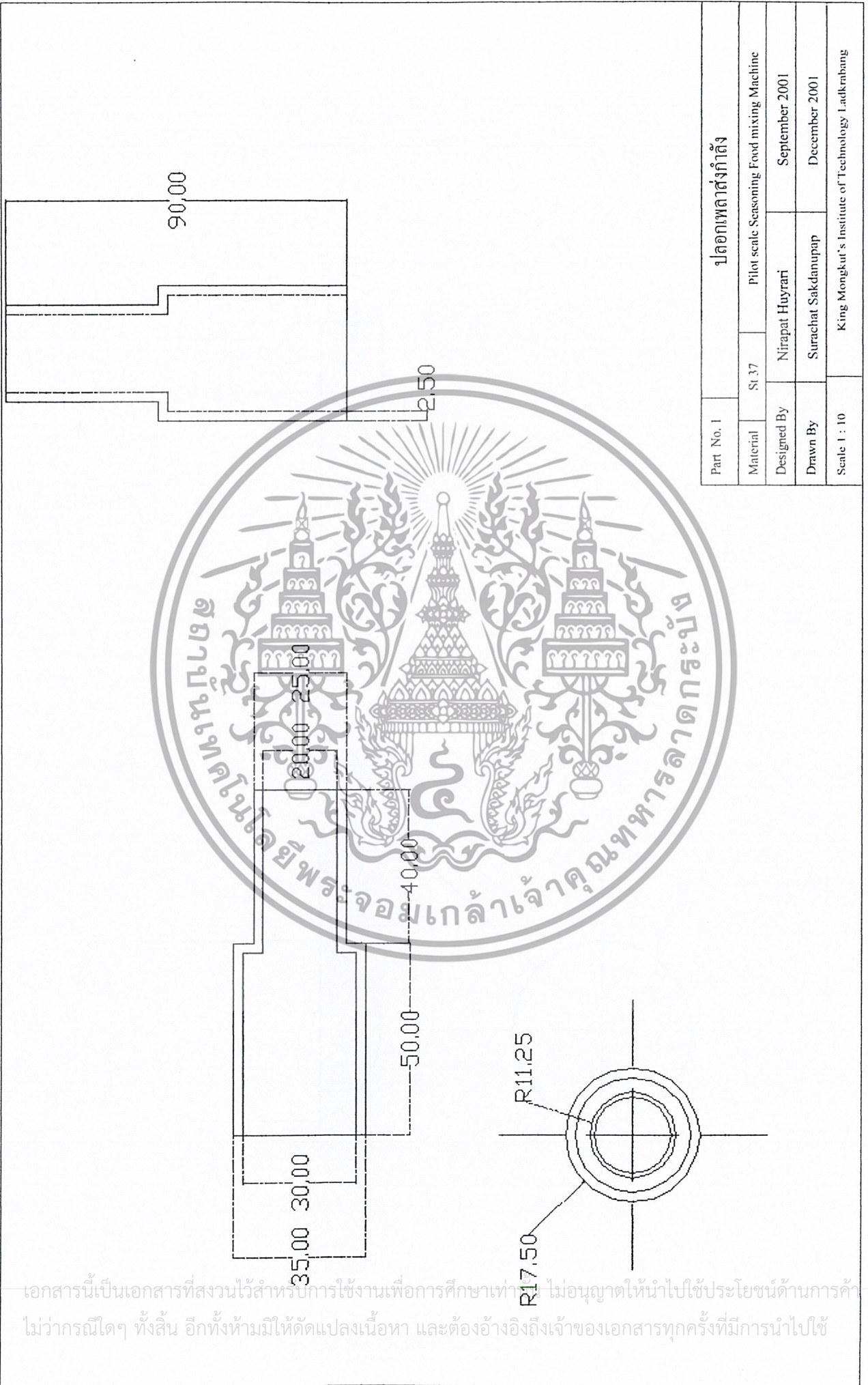
Surachat Sakdanupap

March 2001

Patiwat Patamasrawut

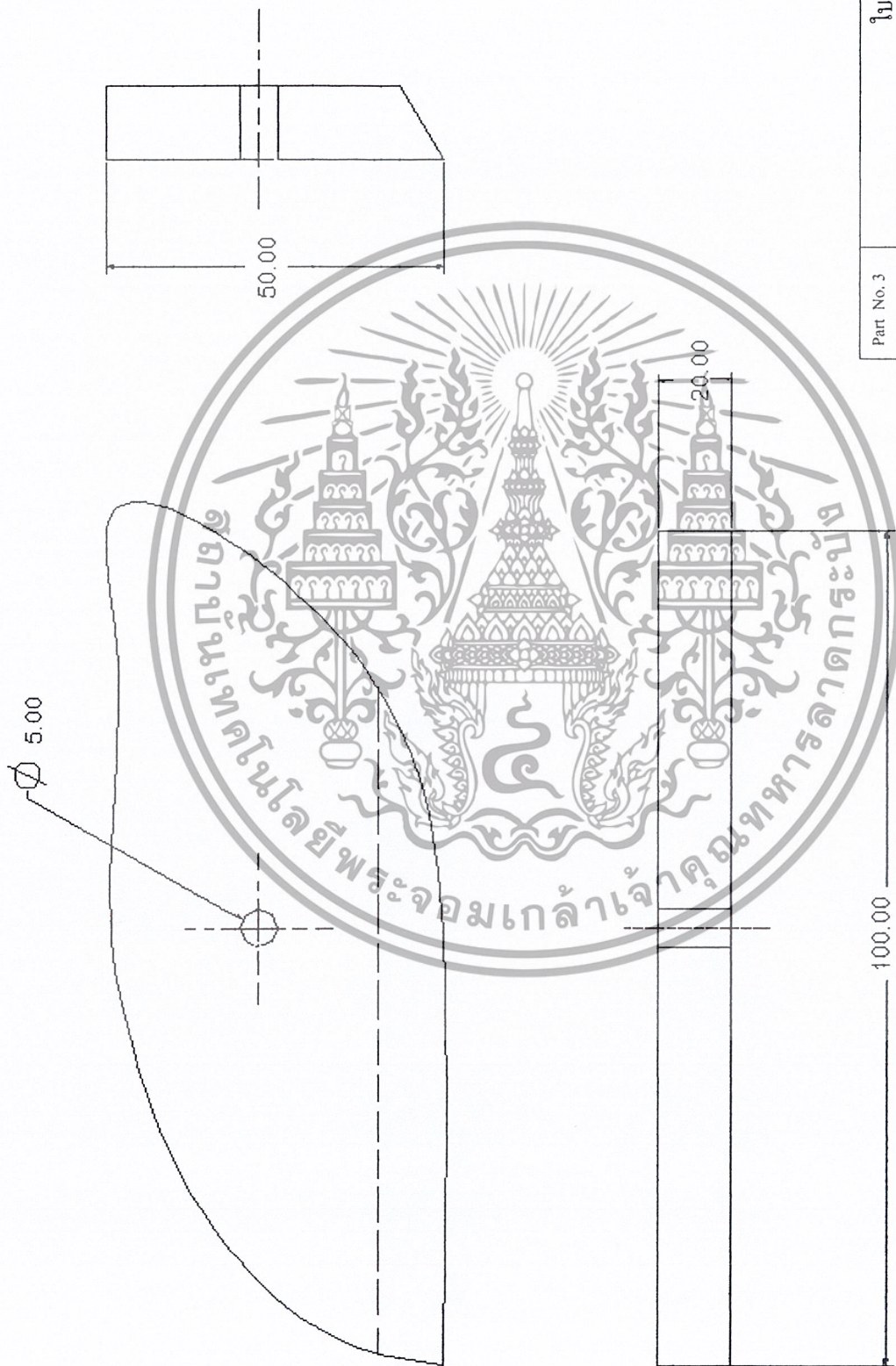
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



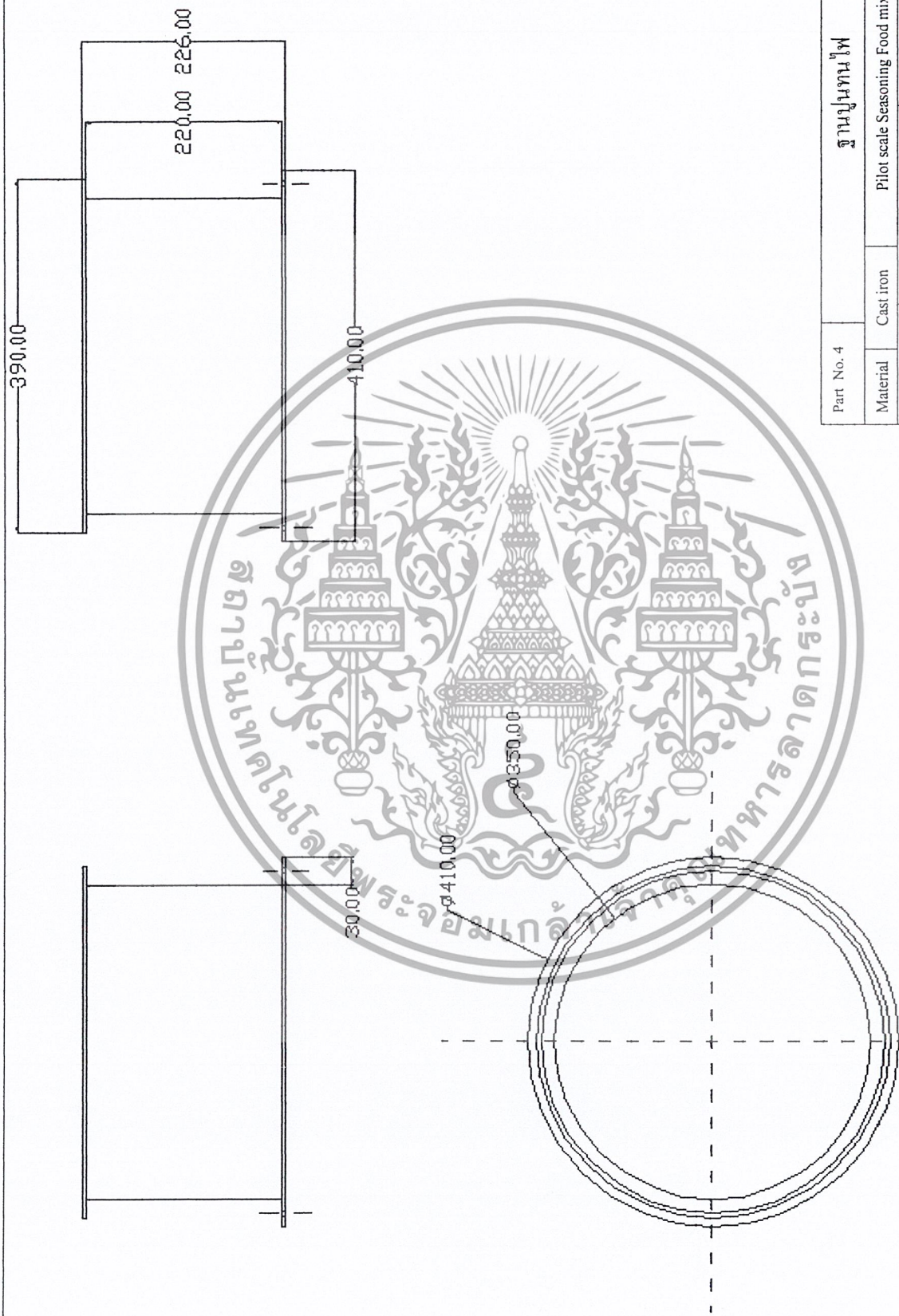
Part No. 1		ปิดกั้นพลาสติก	
Material	St. 37	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine	
Designed By	Nirapat Huyran	September 2001	
Drawn By	Surachat Sakdanupap	December 2001	
Scale 1 : 10	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



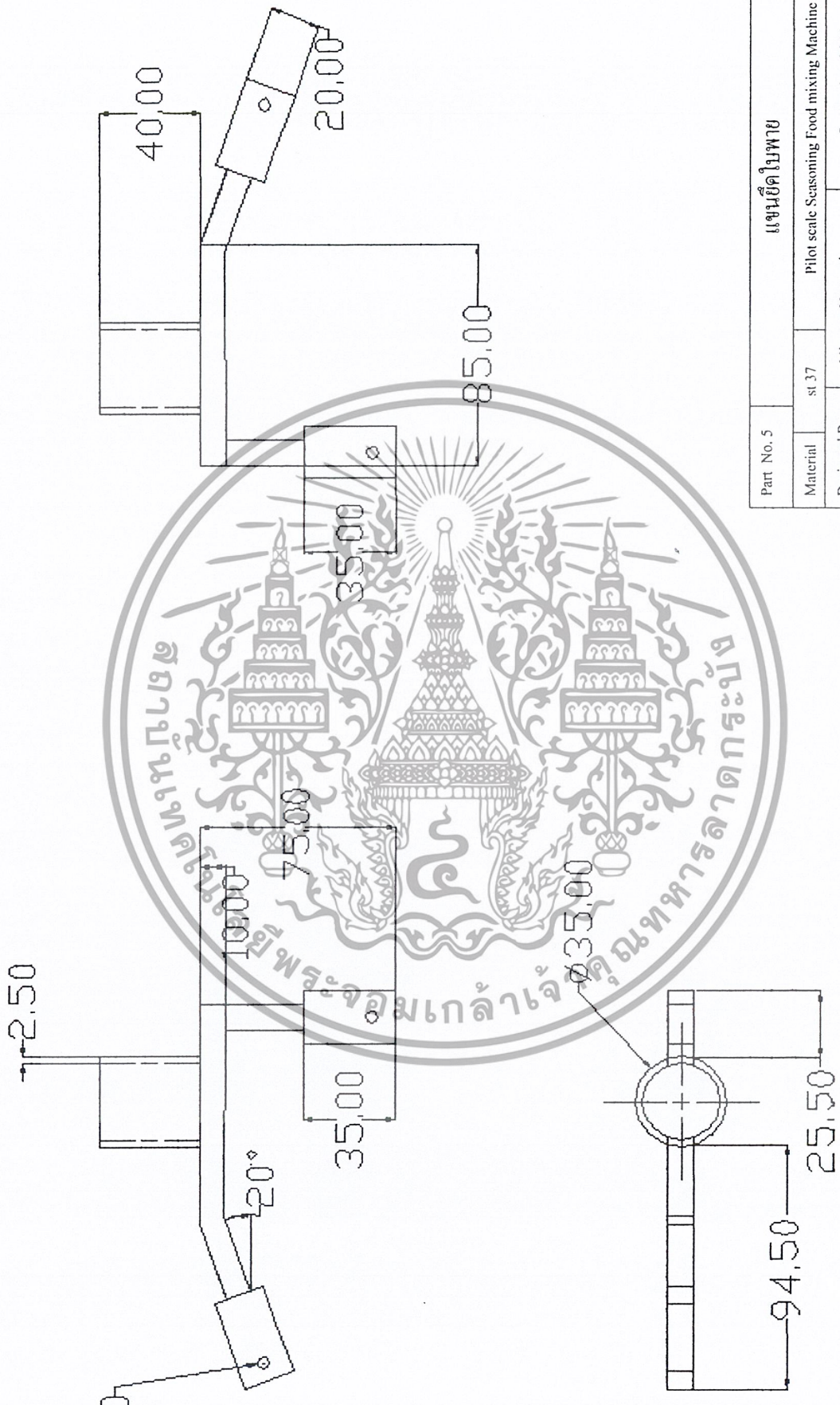
Part No. 3		ไม้พยู	
Material	Wood	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine	
Designed By	Nirapat Huyrari	September 2001	
Drawn By	Surachat Sakdanupap	December 2001	
Scale	1 : 10	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



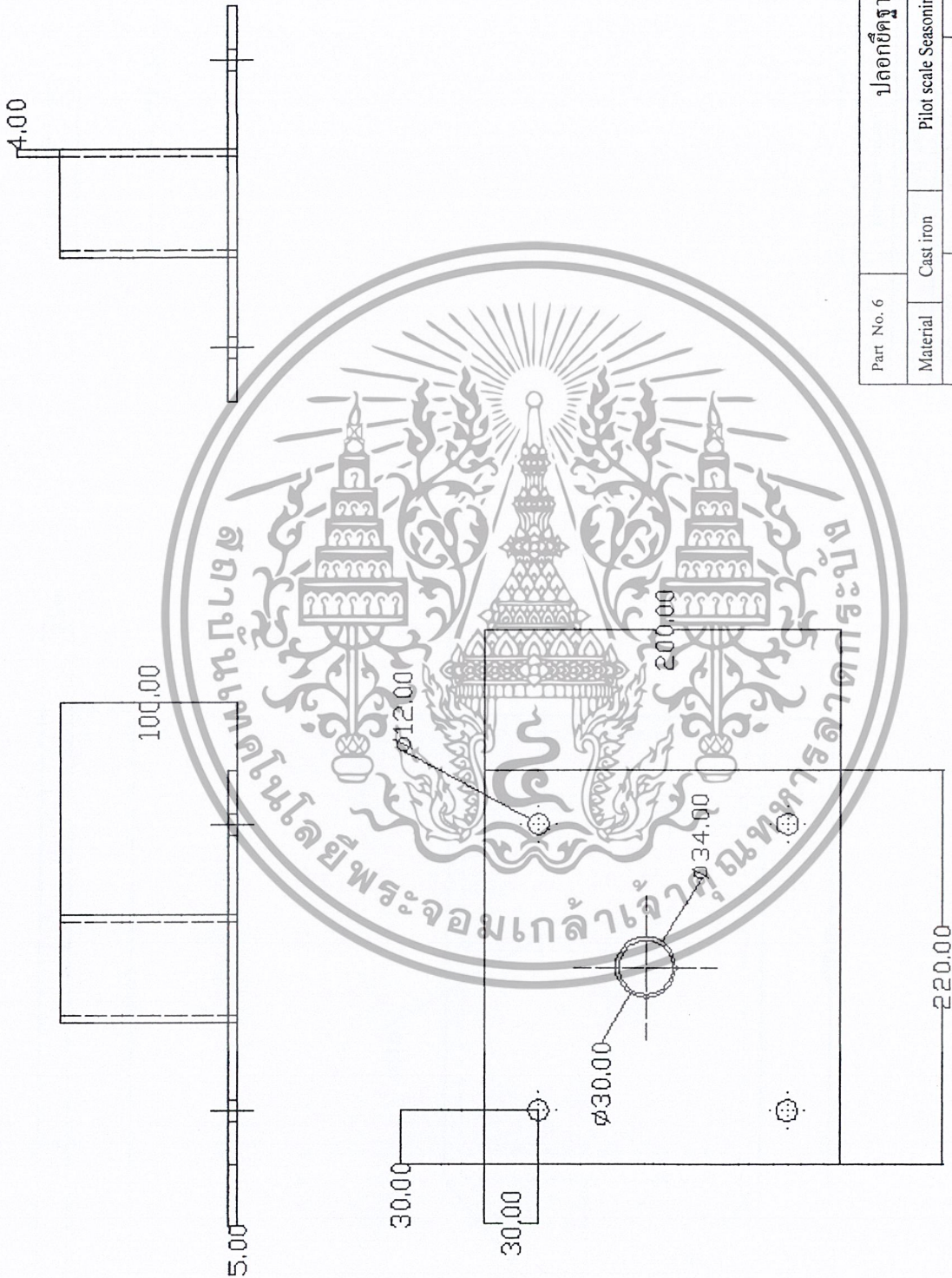
Part No. 4		ฐานหมุนไฟ	
Material	Cast iron	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine	
Designed By	Nirapat Huyrari	September 2001	
Drawn By	Surachat Sakdanupap	December 2001	
Scale 1 : 10	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Part No. 5		แผนชั้ดใบพาย	
Material	st 37	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine	
Designed By	Nirapat Huyrari	September 2001	
Drawn By	Surachat Sakdanupap	January 2002	
Scale 1 : 10	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		

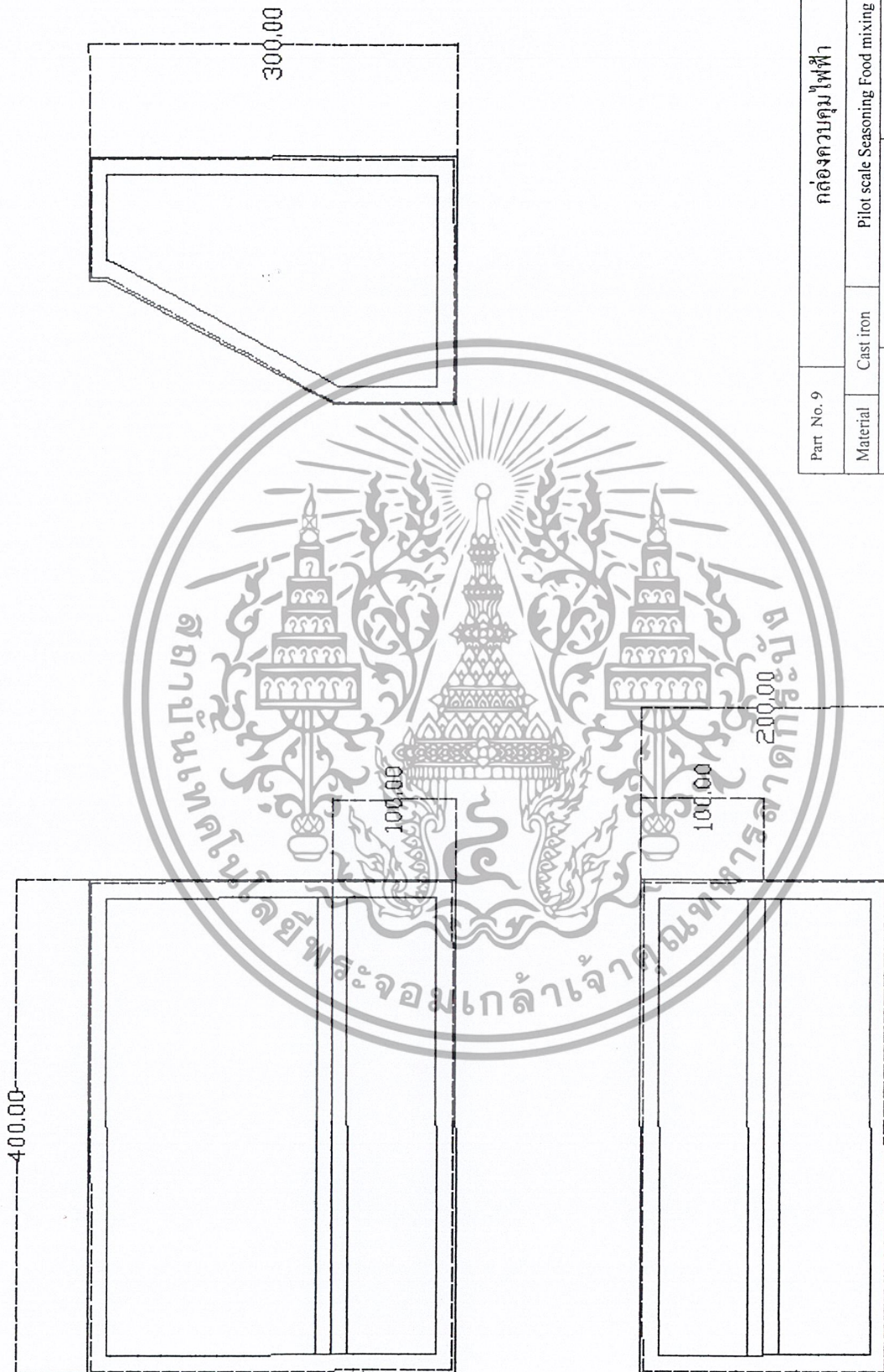
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Part No. 6		ปลดกษิตฐานล่าง	
Material	Cast iron	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine	
Designed By	Nirapat Huyrari	September 2001	
Drawn By	Surachat Sakdanupap	December 2001	
Scale 1 : 10	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





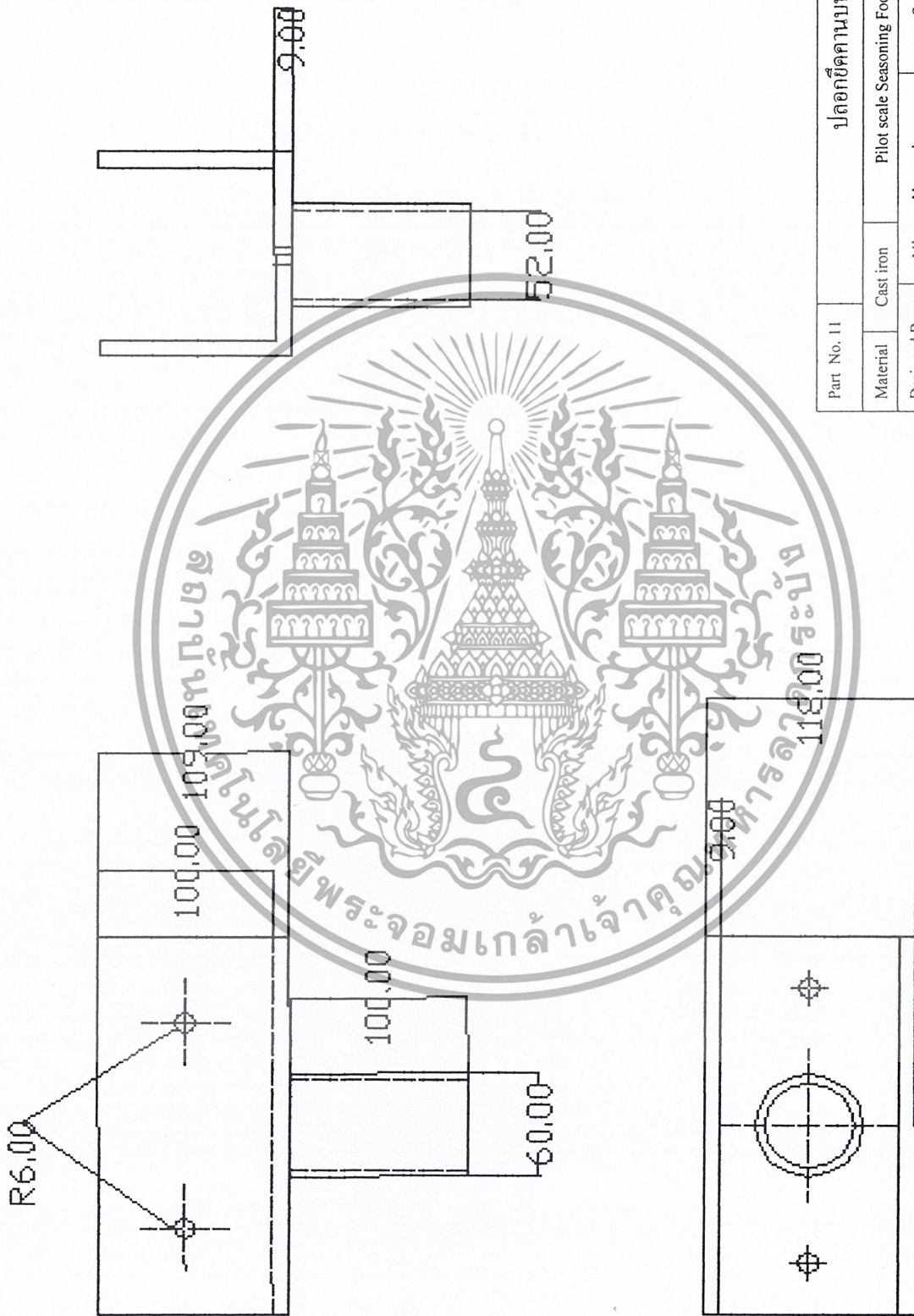
Part No. 9		คตองควบคุมไฟฟ้า	
Material	Cast iron	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine	
Designed By	Nirapat Huyrari	September 2001	
Drawn By	Surachat Sakdanupap	December 2001	
Scale 1 : 10		King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



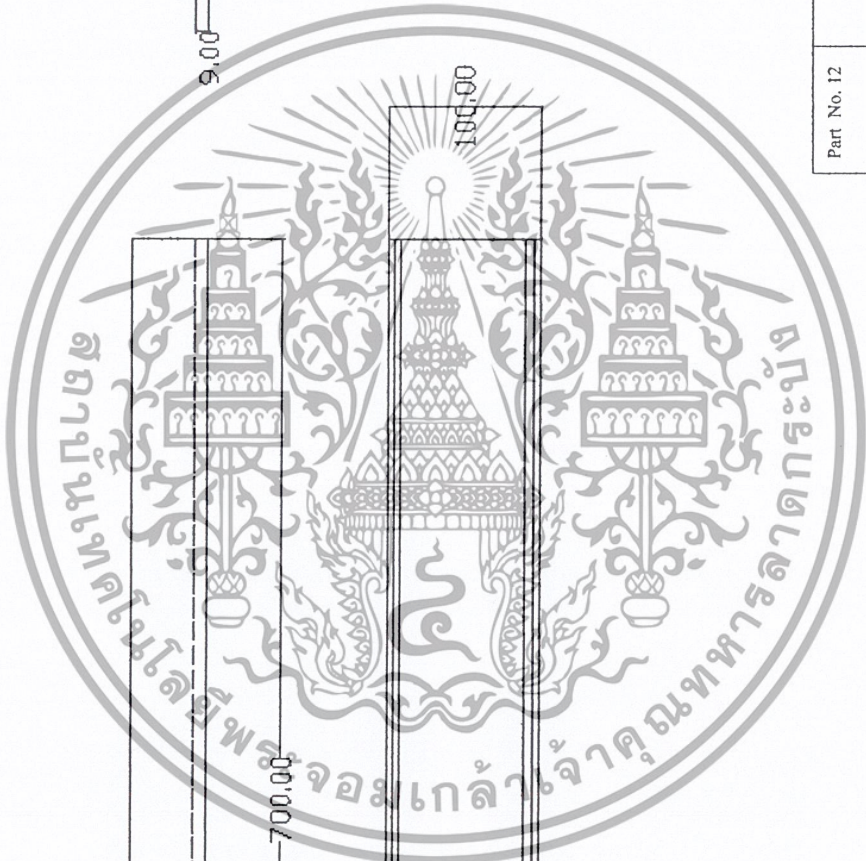
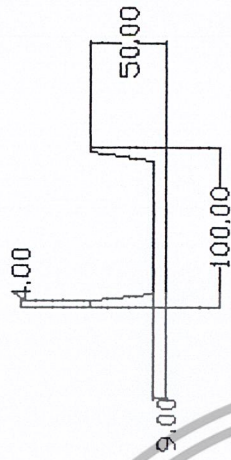
Part No. 10		เตารองรีบคานบน	
Material	Cast iron	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine	
Designed By	Nirapat Huyrari	September 2001	
Drawn By	Surachat Sakdanupap	January 2002	
Scale 1 : 10	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Part No. 11	ปลดก๊อตุคคานบม		
Material	Cast iron	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine	
Designed By	Nirapat Huyrari	September 2001	
Drawn By	Surachat Sakdamupap	December 2001	
Scale 1 : 10	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Part No. 12		คานปั่น	
Material	Cast iron	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine	
Designed By	Nirapat Huyrari	September 2001	
Drawn By	Surachat Sakdanuapap	January 2002	
Scale 1 : 10	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน้าแปลนขีตมเตอร์

Part No. 13	Material	Cast iron	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine
	Designed By	Nirapat Huyrari	September 2001
	Drawn By	Surachai Sakdampap	January 2002
	Scale 1 : 10	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Part No. 14		หน้าแปลนซีดเกียร์	
Material	Cast iron	Pilot scale Seasoning Food mixing Machine	
Designed By	Nirapat Huyrari	September 2001	
Drawn By	Surachat Sakdanupap	January 2002	
Scale 1 : 10	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้