สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การออกแบบและพัฒนาเครื่องหมักเนื้อแบบสุญญากาศ

# DESINGN AND DEVELOPMENT VACUUM MARINATOR FOR MEAT

โดย

นาย โชคชัย อุดมทรัพยากุล

นาย อรรถพล รามโกมุท

นาย อัศวิน แก้วสุทิน

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 62560

วัน,เดือน,ปี 19 ส.ค. 2549

.b 11624185

.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องหมักเนื้อแบบสุญญากาศ


ผู้จัดทำ

นาย โชคชัย อุดมทรัพยากุล

นาย อรรถพล รามโกมุท

นาย อัศวิน แก้วสุทิน

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ สาทิป รัตนภาสกร)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การออกแบบและพัฒนากระบวนการชุดเครื่องหมักเนื้อแบบสุญญากาศ

นาย โชคชัย อุดมทรัพยากุล
นาย อรรถพล รามโกมุท
นาย อัศวิน แก้วสุทิน

รองศาสตราจารย์ สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2548

**บทคัดย่อ**

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการออกแบบและทดสอบเครื่องต้นแบบการหมักเนื้อสัตว์แบบสุญญากาศ ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องหมักมี 4 ส่วนดังนี้ 1)โครงสร้างที่ทำจากเหล็กกล่องขนาด 1"×1" นิ้ว เป็นโครงสร้างหลัก 2) ถังหมักใช้วัสดุสแตนเลสทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 เซนติเมตร ยาว 28 เซนติเมตร 3) ปั๊มสุญญากาศเป็นตัวกำเนิดสุญญากาศภายในถังซึ่งมีขนาด อัตราการดูดอากาศ(Pumping Rate) 3 ลูกบาศก์ต่อชั่วโมง 4) มอเตอร์ ซึ่งใช้ขับหมุนตัวถังมีขนาด 1 แรงม้า ในการการทดสอบการทำงานของเครื่อง หมักโดยทำการปรับ เวลา 3 ระดับคือ 10,20,30 นาที ความดันสุญญากาศที่ 3 ระดับ คือ 15,30,45 cmHg ใช้ความเร็วรอบหมุนถัง 22 rpm จากการทดลองพบว่า เวลาที่ใช้ในการหมักมีผลต่อความนุ่มเนื้อ ส่วนค่าสุญญากาศที่เพิ่มขึ้นมีผลกับค่าการซึมแพร่ของของเหลวที่ผ่านเข้าไปในเนื้อเป็นส่วนใหญ่ สภาวะที่ดีที่สุดในการหมัก คือ ที่เวลา 30 นาที และ ค่าความดันสุญญากาศ 45 cmHg โดยให้ค่าความนุ่ม ความเหนียวและความแน่นเนื้อ เป็น 34.559 N 297.164 N.mm และ 1.889 N.mm ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DESINGN AND DEVELOPMENT ON VACUUM MARINATOR FOR MEAT

Mr.Chokchai Udomsapayakun

Mr.Attapol Ramkomut

Mr.Assawin Kaewsutin

Assoc.Prof.Satip Rattanaspaskorn Advisor

2005

**Abstract**

The objective on this project was to design and development marinator for meat. The machine consisted of 4 main parts : 1) frame 2) meat container (size 26 cm. diameter. × 28 cm. long), 3) vacuum pump (pumping rate 3 $cm^3$/hr) and 4)1hp motor to ratate container. The performance of marinator was evaluated at 3 times of marination (10,20and30minutes)and 3 vacuum pressure(15,30and45 cmHg) at 22 rpm of container rotation. The best combination of experiment was 30 minute of marination and 45 cmHg vacuum pressure. At this condition, the tenderness, toughness and firmness were 34.559 N, 297.164 N.mm and 1.889 N.mm respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้จะสำเร็จไม่ได้เลยหากขาดผู้อนุเคราะห์ จากหลาย ๆท่าน ดังนี้

รศ. สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำ,คำปรึกษาด่างๆ รวมทั้งความห่วงใย คำเตือน คำสอน ทั้งในเวลาราชการและนอกราชการ ตลอดจนเป็นกำลังใจ ทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน สำหรับคำแนะนำ ติชม ต่าง ๆ

เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สจล. ทุกท่าน ( พี่แมน พี่นำ และแป้ง ) ที่คอยให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก และให้ยืมอุปกรณ์

นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอาหารหลักสูตรต่อเนื่องชั้นปีที่ 3 และภาคปกติชั้นปีที่ 4 ทุกคน

คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้โอกาสในการศึกษาเล่าเรียน ความห่วงใย กำลังใจและกำลังทรัพย์ เพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจกันและกันมาโดยตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบัญ | ก |
| สารบัญรูปภาพ | ค |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 การตรวจเอกสาร | |
| 2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการหมัก | 2 |
| 2.2 ความชื้น | 7 |
| 2.3 ความหนาแน่น | 10 |
| 2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร | 11 |
| 2.5 ลักษณะของถังหมุน | 15 |
| 2.6 การให้สุญญากาศ | 17 |
| 2.7 ปั๊มสุญญากาศ | 17 |
| 2.8 กลไกลการทำงานของเครื่องหมักแบบถังหมุน | 18 |
| บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ | |
| 3.1 การหาความหนาของผนังหม้อสุญญากาศ | 19 |
| 3.2 การออกแบบเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ | 20 |
| 3.3 หลักการทำงานของเครื่อง | 23 |
| บทที่ 4 วิธีการทดลอง และผลการทดลอง | |
| 4.1 การทดลองหาเปอร์เซ็นต์ ปริมาณเกลือ | 35 |
| 4.2 การทดลองหาคุณลักษณะเนื้อสัมผัส ระยะการดูดซึมแพร่ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการหมัก | 36 |
| บทที่ 5 ผลการทดลอง | |
| 5.1 การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์เกลือที่สภาวะต่างๆที่ทำการทดสอบ | 38 |
| 5.2 การวิเคราะห์ค่าจาก ระยะการซึมแพร่ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการหมักเนื้อสัมผัสคุณภาพเนื้อหมัก | 39 |
| บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง | |
| 6.1 ผลการทดลอง | 49 |
| 6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง | 49 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ ( ต่อ )

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 51

ภาคผนวก ข 54

ภาคผนวก ค 57

กิตติกรรมประกาศ 60

เอกสารอ้างอิง 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ


| รูปภาพ | หน้า |
|---|---|
| รูปที่2.1 ลักษณะของการหมักแบบแช่ | 4 |
| รูปที่2.2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักโดยทั่วไป | 4 |
| รูปที่2.3 ลักษณะของเครื่องหมักแบบสุญญากาศที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในเชิงพานิชย์ | 5 |
| รูปที่2.4 เครื่องเทศสำเร็จรูปที่ใช้ในเครื่องหมักแบบสุญญากาศ | 6 |
| รูปที่2.5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องหมักแสุญญากาศ | 7 |
| รูปที่ 2.6 หัวกดแบบ Warner – Bratzler shear | 14 |
| รูปที่ 2.7 แท่งเจาะเนื้อ | 15 |
| รูปที่ 2.8 หัวตัดแบบ Warner – Bratzler shear | 15 |
| รูปที่3.1 เครื่องหมักเนื้อสุญญากาศที่ทำการออกแบบ | 21 |
| รูปที่3.2 ด้านหน้าของเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ | 24 |
| รูปที่3.3 ด้านหน้าของเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ | 24 |
| รูปที่3.4 ด้านบนของเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ | 25 |
| รูปที่3.5 หม้อสุญญากาศ | 25 |
| รูปที่3.6 ฝาหม้อสุญญากาศ | 26 |
| รูปที่3.7 หม้อสุญญากาศภายใน | 26 |
| รูปที่3.8 โครงสร้างหลัก | 27 |
| รูปที่3.9 ภาพชุดหมุนถัง | 27 |
| รูปที่3.10 โครงสร้างหลัก | 28 |
| รูปที่3.11 ชุดหมุนถัง | 28 |
| รูปที่3.12 หม้อสุญญากาศ | 29 |
| รูปที่3.13 หม้อสุญญากาศภายใน | 29 |
| รูปที่3.14 ฝาหม้อสุญญากาศ | 30 |
| รูปที่3.15เกจวัดสุญญากาศและวาล์วเปิดปิด | 30 |
| รูปที่3.16 ท่อลมและวาล์วกันกลับ | 31 |
| รูปที่3.17 คลิ๊ปล็อคหม้อสุญญากาศ | 31 |
| รูปที่3.18 แผ่นเหล็กรองชุดส่งกำลังและชุดสร้างสุญญากาศ | 32 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)


| รูปภาพ | หน้า |
|---|---|
| รูปที่3.19 ชุดส่งกำลังและชุดสร้างสุญญากาศ | 32 |
| รูปที่3.20 เครื่องหมักเนื้อสุญญากาศด้านหน้า | 33 |
| รูปที่3.21 เครื่องหมักเนื้อสุญญากาศด้านข้าง | 33 |
| รูปที่3.22 เครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ | 34 |
| รูปที่ 5.1 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์เกลือ ที่หาได้จากการทดลองโดยเครื่องหมัก และหมักปกติ | 37 |
| รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการซึมแพร่จากผิวในการทดลองที่ได้จากสภาวะต่างๆ | 39 |
| รูปที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจาการหมัก | 40 |
| รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความนุ่มที่ค่าสุญญากาศทีและเวลาต่างๆ | 40 |
| รูปที่ 5.5 กราฟแสดงค่าความนุ่มที่ความดันบรรยากาศและค่าสุญญากาศต่างๆ | 41 |
| รูปที่ 5.6 ตารางแสดงค่าสุญญากาศที่มีผลต่อความเหนียวของเนื้อหมู | 42 |
| รูปที่ 5.7 ตารางแสดงความแน่นเนื้อที่ได้จากการทดลอง | 42 |
| รูปที่ 5.8 เนื้อหมูก่อนการหมัก | 43 |
| รูปที่ 5.9 เนื้อหมูหลังการหมัก | 44 |
| รูปที่ 5.10 เนื้อหมูที่หมักแบบปกติ | 44 |
| รูปที่ 5.11 เนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศ | 45 |
| รูปที่ 5.12 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่เวลา 10 นาที | 45 |
| รูปที่ 5.13 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่เวลา 20 นาที | 46 |
| รูปที่ 5.14 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่เวลา 30 นาที | 46 |
| รูปที่ 5.15 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่อบแล้วที่เวลา 10 นาที | 47 |
| รูปที่ 5.16 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่อบแล้วที่เวลา 20 นาที | 47 |
| รูปที่ 5.17 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่อบแล้วที่เวลา 30 นาที | 48 |
| รูปที่ ข.1 กราฟแสดงแรงกดที่กระทำต่อเนื้อหมู ที่ความดัน 4 ระดับ ที่เวลา 10 นาที | 54 |
| รูปที่ ข.2 กราฟแสดงแรงกดที่กระทำต่อเนื้อหมู ที่ความดัน 4 ระดับ ที่เวลา 20 นาที | 54 |
| รูปที่ ข.3 กราฟแสดงแรงกดที่กระทำต่อเนื้อหมู ที่ความดัน 4 ระดับ ที่เวลา 30 นาที | 55 |
| รูปที่ ข.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเหนียวกับความแน่นเนื้อ | 55 |
| รูปที่ ข.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความนุ่มกัน ความดันสุญญากาศ | 56 |
| รูปที่ ค.1 เนื้อหมูที่หั่นดูระยะการซึมแพร่ | 57 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)


| รูปภาพ | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ ค.2 เนื้อหมูที่หั่นดูระยะการซึมแพร่(หมักปกติ) | 57 |
| รูปที่ ค.3 เนื้อหมูที่หั่นดูระยะการซึมแพร่(หมักด้วยเครื่อง) | 58 |
| รูปที่ ค.4 วัดระยะการซึมแพร่ของเนื้อหมู | 58 |
| รูปที่ ค.5 วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมู | 59 |
| รูปที่ ค.6 หมักเนื้อหมูด้วยน้ำเกลือ | 59 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตาราง | หน้า |
|---|---|
| ตารางที่3.1 รายการชิ้นส่วนประกอบ | 22 |
| ตารางที่ ก.1 แสดงผล เปอร์เซ็นต์ปริมาณเกลือจากการหมักด้วยเครื่องสุญญากาศ | 51 |
| ตารางที่ ก.2 แสดงผล เปอร์เซ็นต์ปริมาณเกลือ | 51 |
| ตารางที่ ก.3 แสดงค่าคุณลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องหมัก ที่สภาวะต่างๆ | 52 |
| ตารางที่ ก.4 แสดงการวัดคุณสมบัติของเนื้อสัมผัสโดยวิธีปกติ ที่สภาวะต่าง ๆ | 52 |
| ตารางที่ ก.5 แสดงค่าระยะการซึมแพร่ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการหมักด้วยเครื่อง ที่สภาวะต่างๆ | 53 |
| ตารางที่ ก.6 แสดงค่าระยะการซึมแพร่ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการหมักโดยวิธปกติ ที่สภาวะต่าง ๆ | 53 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทยสามารถทำรายได้ทั้งในและนอกประเทศ มีตลาดที่เปิดกว้างความต้องการบริโภคที่สูงและหลากหลาย ในอนาคตคาดว่าปริมาณการผลิตและการส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยสร้างรายได้เป็นอย่างมากให้แก่ประเทศ ฉะนั้นอุตสาหกรรมอาหารจึงต้องการความรวดเร็วในการผลิตอาหารเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการบริโภคจึงจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยี ที่ทันสมัยและรวดเร็วเข้ามาช่วยในการผลิต เพื่อให้ทันต่อความต้องการในการบริโภค การหมักเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการผลิตอาหารฟาสฟูส โดยส่วนใหญ่มี เนื้อ, หมู, ไก่ และปลา เป็นส่วนประกอบหลักในส่วนหนึ่งของการหมัก ฉะนั้น จึงจำเป็นต้องมีเครื่องหมักที่สามารถลดระยะเวลาในการหมัก คงรสชาติอันเป็นที่ต้องการเดิมของผู้บริโภคเครื่องเหล่านี้จำเป็นต้องนำเข้าเครื่องหมักจากต่างประเทศเพื่อให้ทันต่อการบริโภค ซึ่งมีราคาแพง และยังไม่มีการผลิตภายในประเทศ

เครื่องหมักจึงมีความจำเป็นต่อผู้ผลิตอาหารโดยทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะในร้านอาหารที่มีการ ย่าง, ทอดและปิ้ง สามารถให้ความรวดเร็วในการผลิดอาหารให้ทันต่อการบริโภค ลดระยะเวลาในการหมักจาก 4-10 ชั่วโมง สามารถลดลงเหลือ 5-10 นาที เพิ่มประสิทธิภาพในการซึมแพร่ของเครื่องเทศที่ใช้ในการหมัก เป็นการส่งผลดีให้เกิดรสชาติที่พึงพอใจให้แก่ผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตามในการใช้ค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องหมักยังถือว่ามีราคาที่สูง มากสำหรับผู้ผลิตโดยทั่วไป นอกจากนี้แล้วค่าอุปกรณ์ อะไหล่ ที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศก็อยู่ในเกณฑ์ที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการผลิตทั้งหมด ดั้งนั้น คณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีแนวคิดที่จะทำการออกแบบ เครื่องหมักมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวให้แก่ผู้ผลิต

## วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของโครงงานมีดังนี้

1. เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องหมักแบบสุญญากาศเป็นต้นแบบ

2. เพื่อศึกษาปัจจัยของความดัน 3 ระดับ คือ 15,30,45 cmHg และเวลาในการหมัก 3 ระดับ คือ 10,20,30 นาทีที่มีผลต่อการซึมแพร่ภายในเนื้อของวัตถุดิบและคุณภาพเนื้อหมัก ได้แก่ ความนุ่มของเนื้อและลักษณะผิวสัมผัสต่าง ๆโดยใช้หมักเนื้อหมูเป็นตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่2

# ตรวจเอกสาร

## 2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการหมัก[1]

### 2.1.1 การหมักโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์

การหมักเป็นกระบวนการแปรรูปโดยการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปรับสภาวะของอาหารให้เหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการ แต่ไม่เหมาะสมกับการเจริญและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ชนิดที่เป็นอันตรายและชนิดที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสหรือลักษณะที่ต้องการ ตัวอย่างการหมักผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มีดังนี้

**ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และสัตว์น้ำ** เช่น ไส้กรอกอีสาน แหนม ปลาร้า น้ำปลา น้ำบูดู เชื้อแบคทีเรียจะทำหน้าที่เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นกรดแลคติก ซึ่งจะทำให้อาหารมีรสเปรี้ยวและความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ไม่เหมาะกับการเจริญและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ทั้งที่เป็นอันตรายและทำให้อาหารเน่าเสีย ความเข้มข้นของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นประมาณ 0.8 – 1.2 % ในการหมักอาจมีการเติมดินประสิวหรือสารประกอบไนไตรท์และไนเตรทเพื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียคลอสตริเดียม และมีการเติมเครื่องเทศเพื่อเพิ่มกลิ่นรส กระบวนการหมักเพื่อให้เกิดกรดแลคติกมักทำให้อาหารอยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศหรือมีน้อย เช่น การห่อหมูด้วยใบตองหรือพลาสติกให้แน่นในการทำแหนม การปิดฝาภาชนะบรรจุ เช่น ไห โอ่ง ถังซิเมนต์ในระหว่างการทำน้ำปลา เป็นต้น เพื่อให้แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกเจริญได้ดี

**ผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้** เช่น ผักและผลไม้ดอง ได้จากการหมักในน้ำเกลือความเข้มข้นประมาณ 2.5 – 6 % เพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับผลิตผลทางการเกษตรสร้างกรดแลคติก จนได้ความเข้มข้นของกรดแลคติกภายหลังกระบวนการหมักประมาณ 1 % เช่น จากการหมักผักและผลไม้

**กลุ่มผลิตภัณฑ์นม** เช่น โยเกิร์ต เนยแข็ง เชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลคติกจะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก ทำให้อาหารมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น

**ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม** เช่น ไวน์ สาเก กระแช่ สาโท บรั่นดี และวิสกี้ หรืออาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว เช่น ข้าวหมาก ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทธิลแอลกอฮอล ซึ่งเป็นพิษกับจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ยังหลงเหลืออยู่ในอาหาร ทำให้ไม่สามารถเพิ่มจำนวนหรือทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ผลิตภัณฑ์ชารปรุงรส** เช่น การผลิตน้ำส้มสายชู ทำโดยการนำเอทธิลแอลกอฮอลมาหมักต่อโดยแบคทีเรียที่สามารถเปลี่ยนแอลกอฮอลเป็นกรดน้ำส้มหรือกรดอะซิติก (acetic acid) หรือผลิตกรดมะนาวหรือกรดซิตริก โดยใช้เชื้อราแอสเพอจิลัส ไนเจอร์ (*Aspergillus niger*) หมักแป้งมันสำปะหลัง

**กลุ่มผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง** เช่น เต้าเจี้ยวหรือซีอิ๊ว ได้จากการหมักถั่วเหลืองโดยเชื้อราแอสเพอจิลัส ออไรเซ (*Aspergillus oryzae*) ซึ่งจะทำหน้าที่สร้างเอนไซม์ย่อยโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนให้สั้นลง จากนั้นทำการหมักต่อโดยยีสต์และแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก ทำให้เกิดกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

การแปรรูปโดยกระบวนการหมักสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมมักพบว่ามีจุลินทรีย์ที่ติดมากับผลผลิตทางการเกษตรปนเปื้อนและทำให้มีจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการมาก การหมักต้องใช้เวลานาน และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่คงที่ ดังนั้นถ้าต้องการให้ประสิทธิภาพของกระบวนการหมักสูงขึ้นควรใช้กล้าเชื้อ (starter) ที่มีความบริสุทธิ์สูง เช่น กล้าเชื้อสำหรับการหมักเต้าเจี้ยวและซีอิ๊ว กล้าเชื้อสำหรับทำแหนม กล้าเชื้อสำหรับทำไวน์ เป็นต้น ซึ่งขณะนี้มีหน่วยงานราชการและมหาวิทยาลัยหลายแห่งสามารถผลิตกล้าเชื้อเหล่านี้ได้ ผลพลอยได้ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ คือ สารอาหารบางชนิดที่ผลิตโดยเชื้อจุลินทรีย์ เช่น วิตามินชนิดต่าง ๆ รวมถึงสารที่ใช้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นพิษต่อร่างกาย ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการดองหรือปรุงรสด้วยการน้ำส้มสายชู เพราะการดองด้วยน้ำส้มและเครื่องปรุงรสเป็นการปรับความเป็นกรด – ด่างของอาหาร ให้มีรสชาติเป็นไปตามต้องการและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ การเติมกรดน้ำส้มจากภายนอกมีข้อได้เปรียบกว่าการหมักจากการใช้ระยะเวลาในการผลิตที่สั้นลง และควบคุมการผลิตได้ง่ายกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์

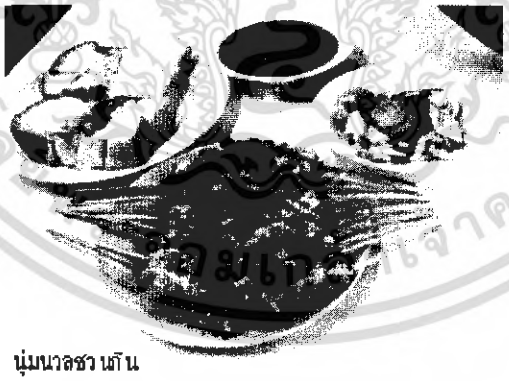
ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการหมักจนมีความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.6 ทำให้สามารถฆ่าเชื้อได้โดยการใช้ความร้อนไม่เกิน 100°ซ เพื่อหยุดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่จะดำเนินกิจกรรม และทำให้อาหารมีรสเปรี้ยวมากเกินไป อาหารที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนภายหลังการหมัก เช่น แหนม ไส้กรอกอีสาน เมื่อเปรี้ยวได้ที่แล้วถ้ายังไม่บริโภคควรเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8°ซ เพื่อชะลอการเจริญ การเพิ่มจำนวน และการผลิตกรดของจุลินทรีย์ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับอาหารที่มีความเป็นกรดควรเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทนต่อการกัดกร่อน และหากผลิตภัณฑ์ต้องผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ไม่ว่าจะเป็นระดับพาสเจอไรซ์หรือสเตอริไลซ์ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ควรทนความร้อนสูงได้ เช่น ขวดแก้ว กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.2 ลักษณะของการหมักแบบการแช่[2]**

การหมักโดยทั่วไปใช้สำหรับเนื้อและผักชนิดต่างๆเป็นการนำวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นชิ้น ๆ มาคลุกเคล้าผสมกับเครื่องเทศและแช่ทิ้งไว้เพื่อให้เครื่องเทศซึมแพร่เข้าไปในวัตถุดิบโดยใช้เวลาหมักโดยประมาณ 4-10 ชั่วโมงหรือใช้เวลาที่นานกว่านั้นเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของวัตถุดิบตามต้องการ

รูปที่2.1 ลักษณะของการหมักแบบแช่



รูปที่2.2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

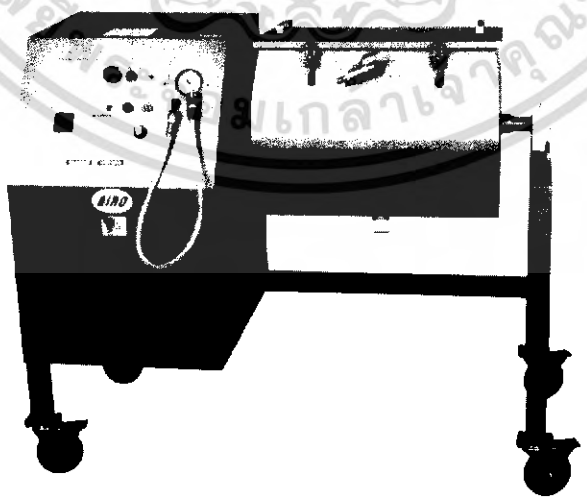
### 2.1.3 ประโยชน์ของเครื่องหมักที่ใชในอุตสาหกรรมอาหารในชิงพานิชย์

ในร้านอาหารปัจจุบันการหมักเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการผลิตอาหาร พบว่าในปัจจุบันร้านอาหารต่างๆได้การขยายตัวที่รวดเร็วและมีการแข่งขันที่มากขึ้นในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องการความรวดเร็วในการผลิตเพิ่มขึ้น เครื่องหมักจึงเป็นสิ่งที่สำคัญในการผลิตอาหารและยังให้ประโยชน์ในลักษณะอื่นๆได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- สามารถเพิ่มความรวดเร็วในการผลิตอาหารในเชิงพานิชย์เพื่อให้ทันต่อความต้องการของผู้บริโภคและยังสามารถเพิ่มความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภคในการใช้บริการครั้งต่อไป การบริการในร้านอาหารต่างๆที่มีความรวดเร็วที่ทันต่อการตอบสนองในการรับประทานอาหารจะทำให้เกิดความพึงพอใจให้แก่ผู้บริโภคในการใช้บริการในครั้งต่อไป

- เกิดการคลุกเคล้าที่ทั่วถึงเนื่องจากเครื่องหมักแบบสุญญากาศจะมีการหมุนที่จะสามารถทำให้เกิดการผสมอยู่ตลอดเวลา จึงสามารถผสมเครื่องเทศกับวัตถุดิบได้ทั่วถึงตลอดพื้นที่ผิวของวัตถุดิบส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีกว่าการหมักธรรมดาทั่วไป

- เพิ่มประสิทธิภาพการซึมแพร่ของเครื่องเทศมากกว่าปกติ ที่เกิดในขณะการผสมที่เกิดภายใต้ความดันสูญญากาศ(vacuum)ทำให้เกิดการซึมแพร่ของเครื่องเทศลงไปภายใต้ชิ้นวัดถุดิบอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



รูปที่2.3 เครื่องหมักแบบสุญญากาศที่ใชในอุตสาหกรรมอาหารในชิงพานิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.4 เนื้อที่ใช้ในการหมักควรมีคุณสมบัติดังนี้**

1) วัตถุดิบที่ใช้ เช่น เนื้อหมู เนื้อวัว

2) วัตถุดิบที่ใช้ที่สะอาดไม่มีฝุ่นละอองหรือตะกอนสิ่งเจือปน

3)ปราศจากสารเคมีปะปน

4) มีลักษณะแดงสดไม่มีสีม่วงคล้ำหรือมีกลิ่นเหม็น

5) มีลักษณะที่เป็นชิ้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กพอประมาณหรือตามแต่กำหนด

**2.1.5 เครื่องเทศที่ใช้ในเครื่องหมักแบบสุญญากาศ(Marinades For Vacuum Tumblers)[3]**

เครื่องเทศที่ใช้ในเครื่องหมักแบบถังหมุนส่วนมากในอุตสาหกรรมอาหารเชิงพานิชย์ต่าง ๆ มักจะเป็นแบบสำเร็จรูปเพื่อความรวดเร็วและง่ายต่อการเก็บรักษา ในต่างประเทศได้มีการผลิตเครื่องเทศลักษณะสำเร็จรูปหลากหลายชนิด เพื่อใช้กับเนื้อแต่ละชนิดและมีหลายรสชาติโดยมีลักษณะเป็นผงละเอียดเพื่อสามารถละลายได้ดีกับน้ำที่ใช้ผสมและสามารถซึมผ่านเข้าไปในชิ้นวัตถุดิบอย่างรวดเร็ว เพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องหมักแบบสุญญากาศและมีส่วนช่วยลดระยะเวลาในการหมักได้อีกด้วย

รูปที่2.4 เครื่องเทศสำเร็จรูปที่ใช้ในเครื่องหมักแบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.6ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องหมักแบบสุญญากาศในอุตสาหกรรมอาหาร[4]**

ผลิตภัณฑ์ส่วนมากที่ผลิตจะมีการผลิตที่ปีนอุตสาหกรรมหรือที่มีการผลิตครั้งละมาก ๆ ส่วนมากมักจะเป็นการผลิตในร้านอาหารฟาสฟูดต่าง ๆ เช่น แม็กโดนัล เคเอฟซี เอ็มเคสุกี้ เป็นต้น

รูปที่2.5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องหมักแสุญญากาศ

## 2.2 ความชื้น(MOISTURE CONTENT)[5]

ความชื้นในเนื้อสัตว์มี 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นน้ำที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อสัตว์ และส่วนที่สองคือน้ำที่อยู่รอบหรือระหว่างเซลล์ น้ำทั้งสองส่วนมีผลต่อความชื้นในอาหารโดยเฉพาะน้ำที่อยู่รอบเซลล์ เนื่องจากน้ำส่วนนี้มีผลต่อความปลอดภัยในการเก็บรักษาเนื้อสัตว์

### 2.2.1การกำหนดค่าความชื้น

การกำหนดค่าความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้ 2 วิธี คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก และความชื้นมาตรฐานแห้ง

1) ความชื้นมาตรฐานเปียก(wet basis,w.b.) คืออัตราส่วนของน้ำหนักน้ำที่อยู่ในเนื้อสัตว์กับน้ำหนักทั้งหมดของเนื้อสัตว์โดยทั่วไปค่าความชื้นนี้มักแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ และนิยมใช้ในการค้าสำหรับการบอกค่าความชื้นในเนื้อสัตว์

สมการสำหรับความชื้นมาตรฐานเปียก คือ

$$M_W = \frac{W_W}{W_W + W_d}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2)ความชื้นมาตรฐานแห้ง(dry basis,d.b.)คืออัตราส่วนของน้ำหนักน้ำที่อยู่ในเนื้อสัตว์กับน้ำหนักแห้งของเนื้อสัตว์ ค่าน้ำหนักแห้งของเนื้อสัตว์จะมีค่าคงที่เสมอ

สมการสำหรับความชื้นมาตรฐานเปียก คือ

$$M_d = \frac{W_E}{W_d}$$

ในการเปลี่ยนค่าความชื้นจากมาตรฐานเปียกเป็นมาตรฐานแห้ง สามารถกระทำได้โดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$1- M_W = 1 - \frac{W_W}{W_W + W_D}$$

หรือ

$$M_D = \frac{M_W}{1 - M_W}$$

ส่วนการเปลี่ยนค่าความชื้นจากมาตรฐานแห้งเป็นมาตรฐานเปียก สามารถกระทำได้โดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$1 + M_D = 1 + \frac{W_W}{W_D}$$

หรือ

$$M_W = \frac{M_D}{1 + M_D}$$

ค่าความชื้นอาจบอกเป็นค่า %w.b หรือสามารถกระทำได้โดย นำ $M_W$ หรือ $M_D$ คูณด้วย 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2.2 การหาค่าความชื้น**

การหาค่าความชื้นของเนื้อสัตว์ แบ่งได้เป็น 2 วิธี คือวิธีทางตรงและวิธีทางอ้อม วิธีทางตรงเป็นวิธีหาความชื้น โดยนำตัวอย่างเนื้อจำนวนหนึ่งมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำไประเหยน้ำออกจนได้เนื้อสัตว์แห้ง ชั้งน้ำหนักเนื้อสัตว์แห้งที่ได้แล้วนำไปหาค่าความชื้น
วิธีที่ใช้กันทั่วไปมีดังนี้

**-การหาค่าความชื้นของ Association of official agricultural chemists(AOAS)**

โดยการนำวัสดุไปอบในตู้อบจนน้ำระเหยหมด ซึ่งระดับของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้จะขึ้นกับประเภทของวัสดุ

**- การวัดหาค่าความชื้นโดยตรงโดยวิธีการอินฟาเรด(infla-red lamp method)**

เป็นวิธีระเหยน้ำโดยใช้แสงไฟฟ้าจากหลอดอินฟาเรดส่องไปยังเนื้อวัสดุที่จะหาความชื้น ระยะเวลาที่หาความชื้นค่อนข้างสั้น และไม่จำเป็นต้องบดเนื้อให้มีขนาดเล็กลง ส่วนประกอบของเครื่องประกอบด้วย เครื่องชั่งแบบแขวนซึ่งมีถาด 2 ข้าง โดยข้างหนึ่งใช้สำหรับใส่ตุ้มน้ำหนัก อีกด้านหนึ่งเป็นถาดใส่ตัวอย่างด้านบนมีหลอดอินฟาเรดสำหรับสองลงมาบนถาด ระดับความร้อนที่ได้จากหลอดอิฟาเรดสามารถปรับได้จาดระยะสูงต่ำของหลอดอินฟาเรด

- การวัดหาค่าความชื้นโดยตรงโดยวิธีการ Brown-Dovel Method

ทำได้โดยนำตัวอย่างวัสดุที่จะหาความชื้นมาใส่ในภาชนะบรรจุน้ำมันแล้วให้ความร้อนแก่น้ำมันจนกระทั่งน้ำในวัสดุระเหยออกมา แต่อุณหภูมิจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิของน้ำมัน ไอน้ำที่ได้จะถูกรวบรวมและควบแน่นเป็นหยดน้ำปริมาณที่ได้จะเป็นค่าความชื้นของวัสดุ โดยทั่วไปใช้ปริมาณตัวอย่างมวล 100 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่(flask)ที่บรรจุน้ำมัน เช่น ทูโลอีน 100mm อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการให้ความร้อนประมาณ 1 ชั่วโมง

สำหรับวิธีการหาตัวอย่างความชื้นโดยวิธีทางอ้อมมีดังนี้

- วิธีต้านทานไฟฟ้า(Resistance Method)

วิธีนี้อาศัยหลักการที่ค่าความต้านทานหรือการนำไฟฟ้าของวัสดุเปลี่ยนไปตามความชื้นภายในวัสดุ จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถนำมาสร้างอุปกรณ์วัดความชื้น โดยให้วัสดุที่จะวัดความชื้นอยู่ระหว่างแผ่นอิเลคโตร (Electro) 2 แผ่น กดแผ่นอิเลคโตรให้แน่นและวัดค่าการนำไฟฟ้าที่ได้ นำมาเปรียบเทียบหรือปรับค่าสเกลที่วัดค่าเป็นความชื้น อย่างไรก็ตามค่าการนำไฟฟ้ามีการแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิด้วย ดังนั้นในการวัดค่าจำเป็นต้องมีการปรับแก้อุณหภูมิขณะวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิธีการวัดค่าประจุไฟฟ้า (Capacitance Method)

หลักการคือคุณสมบัติไดอิเลคตริก (Dielectric) ของวัสดุขึ้นอยู่กับความชื้นภายใน โดยวัสดุที่มีความชื้นสูงจะมีค่าไดอิเลคตริกสูง ส่วนวัสดุที่มีค่าความชื้นต่ำก็จะมีค่าดังกล่าวต่ำ สำหรับน้ำที่ 20°C มีค่าไดอิเลคตริกคงที่ 80 การวัดด้วยวิธีนี้ทำได้โดยใส่วัสดุที่ต้องการหาความชื้นลงในช่องของวัด ซึ่งที่ด้านข้างของช่องจะติดแผ่นสำหรับปล่อยกระแสไฟฟ้าความถี่สูงให้ผ่านวัสดุประจุไฟฟ้าที่วัดได้จะนำมาเทียบกับความชื้นของวัสดุ ค่าที่วัดได้จะมีช่วงกว้างมากกว่าเครื่องวัดแบบความต้านทานไฟฟ้า คือ สามารถวัดได้ในช่วงความชื้น 8% - 40% นอกจากนี้เครื่องวัดชนิดนี้ยังมีข้อดีในแง่การวัดที่ใช้ตัวอย่างจำนวนมากพอสมควรใส่ลงในช่อง ซึ่งจะช่วยลดความผิดพลาดจากการวัดในกรณีที่ความชื้นภายในวัสดุไม่สม่ำเสมอ

- วิธีวัดทางเคมี (Chemical Method)

สารเคมีบางชนิดเมื่อนำมาคลุกรวมกับเนื้อสัตว์จะสามารถดูดความชื้นจากเนื้อสัตว์และทำปฏิกิริยากับความชื้นเกิดเป็นก๊าซได้ ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจะถูกรวบรวม และวัดความดันเพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าเป็นปริมาณความชื้นในวัสดุ ตัวอย่างสารเคมีที่นำมาใช้ ได้แก่ แคลเซียมคาร์ไบด์ โดยก๊าซที่ได้คือ ก๊าซอะเซททีลีน (Acetylene) ระยะเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาประมาณ 15-20 นาที และใช้ตัวอย่างวัสดุประมาณ 30 กรัม

## 2.3 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวล (m) ต่อปริมาตรของวัสดุ (V) มักใช้สัญลักษณ์ แทน คือ

$$\rho = \frac{m}{V}$$

หน่วยของความหนาแน่นในระบบ SI เป็น $kg/m^3$ ความหนาแน่น แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ความหนาแน่นเนื้อ (Solid Density) และความหนาแน่นรวม (Bulk Density)

### 2.3.1 ความหนาแน่นเนื้อ

คำนวณได้จากเนื้อวัสดุล้วน ๆ เป็นค่าชี้ให้เห็นถึงความหนาแน่นของเนื้อวัสดุเอง อาจเรียกว่าความหนาแน่นจริง (True Density) นอกจากจะมีความหนาแน่นเนื้อ แล้วยังมีความหนาแน่นรวมปริมาตรรูพรุนของวัสดุด้วย เรียกว่า ความหนาแน่นปรากฏ (Apparent Density) ความหนาแน่นปรากฏคำนวณจาก น้ำหนักของวัสดุหารด้วยปริมาตรของรวมกับช่องว่างระหว่างของแข็งนั้น ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นไปตามปริมาตร เช่น เมล็ดถั่ว เมื่อแช่น้ำระยะหนึ่งจะมีค่าความหนาแน่นปรากฏเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำเข้าไปแทนที่ในช่องว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่วัสดุเป็นผงละเอียด เช่น นมผง แป้งความหนาแน่นของวัสดุประเภทนี้เรียกว่า ความหนาแน่นอนุภาค (Particle Density) ความหนาแน่นเหล่านี้มีผลต่อการแยกทำความสะอาดหรือกระบวนการอื่น ๆ เช่น กรณีความหนาแน่นจริงของเมล็ด และเนื้อในเมล็ดไม่ต่างกันมากทำให้อยากต่อการทำความสะอาดด้วยวิธีที่ใช้การแยกด้วยความแตกต่างของความหนาแน่น เช่น การเป่าแยกด้วยลม

### 2.3.2 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density)

ความหนาแน่นรวมของวัสดุคืออัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรของวัสดุปริมาณมวล โดยที่ปริมาตรดังกล่าวจะหมายรวมถึงปริมาตรของช่องว่างระหว่างเนื้อสัตว์หรืออนุภาคของวัสดุ และเครื่องมือที่ใช้หาความหนาแน่นของวัสดุโดยตรง ได้แก่ hectoliter ความหนาแน่นรวมอาจคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ความหนาแน่นรวม} = \frac{\text{มวลรวมของวัสดุ}}{\text{ปริมาตรของภาชนะบรรจุ}}$$

## 2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร[6]

เนื้อสัมผัสของอาหาร(food texture) มีความสำคัญในการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งส่วนใหญ่ได้รับความรู้สึกทางปากหรือจากการกิน เริ่มจากการกัดอาหาร(bite) ครั้งแรกความรู้สึกเมื่อเคี้ยวอาหาร (chewing) และความรู้สึกเมื่อบดอาหารในปาก(mastication) การรับความรู้สึกในเนื้อสัมผัสอาหารนี้เป็นการรับความรู้สึกทางกายภาพและทางสรีระวิทยาร่วมกันในด้านสรีระวิทยานี้มีประสาทสัมผัสอื่นๆ ของร่างกายเข้ามามีส่วนในการรับความรู้สึกของเนื้อสัมผัสของอาหารด้วย คือ การเห็น การสัมผัสและการได้ยิน ทำให้มีการร่วมรับความรู้สึกที่ซับซ้อนขึ้นจากประสาทสัมผัสเหล่านี้ การบดอาหารในปากมีหน้าที่เกี่ยวกับสรีระวิทยาอยู่ 3 อย่างด้วยกัน คือ การทำให้อาหารแตกตัวและหล่อลื่นอาหารเพื่อให้สะดวกต่อการกลืนลงไปมีหน้าที่ในการผสมอาหารกับเอมไซม์ที่มีอยู่ในน้ำลายและมีหน้าที่ในการขยายพื้นผิว เพื่อทำให้พื้นผิวของอาหารให้ได้ทำปฏิกริยาอย่างรวดเร็วกับน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร ลักษณะของอาหารที่แสดงคุณภาพของเนื้อสัมผัสทางปาก ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.การเคี้ยว(chewiness)** คือ การตอบสนองต่อการบดแยกอาหารของฟันซึ่งอาหารเหนียวต้องเคี้ยวนาน

**2.ความรู้สึกเมื่อมีธารเยื่อใยในอาหารหรือกากอาหาร(fibrousness)** หมายถึงส่วนที่ไม่สามารถเคี้ยวบดได้และคงเหลืออยู่จากการบดของฟัน

**3.ความรู้สึกเป็นกรวดทราย(grittiness)** คือ การที่มีชิ้นส่วนของแข็งขนาดเล็กอยู่ในปาก เช่น เมื่อเคี้ยวข้าวจะมีความรู้สึกอย่างนั้นอยู่ในปาก

**4.ความรู้สึกเป็นแป้ง(mealiness)** คือการที่เนื้อสัมผัสของเนื้ออาหารยังไม่ได้ที่พอจะสามารถบริโภคได้ เช่น ข้าวสุกที่หุงสุก ๆ ดิบ ๆ ยังไม่ได้ที่เมล็ดข้าวยังแข็งเป็นบางส่วน

**5. ความเหนอะ(stickiness)** คือลักษณะเนื้ออาหารที่ติดอยู่ เช่น ผลไม้ กวน หรือ ทอฟฟี่ เมื่อเคี้ยวจะรู้สึกติดฟัน

**6.ความเลี่ยน(oiliness)** คือลักษณะของเนื้ออาหาร ที่มีน้ำมันมาก ทำให้เกิดเลี่ยนในปากเมื่อเคี้ยวอาหารนั้น

ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร เป็นปัจจัยคุณภาพที่สำคัญทั้งในด้านการยอมรับคุณภาพของผู้บริโภคหรือผู้ใช้ด้านการผลิตเพื่อให้ได้คุณภาพทางด้านคุณภาพตามข้อกำหนดทางเทคนิค

**2.4.1 การวัดค่าผิวสัมผัสเนื้อ**

การวัดค่าผิวสัมผัสเนื้อทางด้านอุตสาหกรรมเกษตร คือ การวัดค่าความรู้สึกสัมผัส (Kinesthetic) โดยพยายามออกแบบเครื่องมือเพื่อใช้วัดคุณสมบัติทางกายภาพที่แสดงถึง ค่าความรู้สึกสัมผัสของมนุษย์ทั้งความรู้สึกที่เกิดจากมือ ความรู้สึกสัมผัสที่เกิดจากปาก ส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือวัดแรงต้านที่เกิดจากการสัมผัส หน่วยวัดที่มีจึงเป็นค่า Kg . force ซึ่งการวัดค่าแรงต้านการสัมผัสมีการวัดค่าแรงต่อไปนี้

**1. แรงบด(compression force)** คือ การวัดแรงที่เกิดจากการกด หรือ บีบ เพื่อทำให้ปริมาณตัวอย่างลดลง แต่ไม่ถึงทำลายรูปทรงตัวอย่างให้แตกออกหรือเสียหาย

**2. แรงเฉือนแยก(shear force)** คือการวัดค่าแรงที่ทำให้เกิดการแยกตัวด้วยการแยกออกจากกัน ซึ่งส่วนหนึ่งของตัวอย่างจะแยกออกจากตัวอย่างเดิม

**3 .แรงตัด(cutting force)** คือ การวัดค่าแรงที่ทำให้ตัวอย่างขาดออกจากกัน โดยแต่ละส่วนที่แยกออกไปจากกันนั้นจะคงรูปเพียงแต่จะขาดออกจากกันเท่านั้น

**4. แรงฉีก(tensile strength)** คือ การวัดค่าแรงที่ทำให้ตัวอย่างขาดออกจากกัน ด้วยการออกแรงไปในทิศทางตรงกันข้ามทำให้เกิดการแบ่งแยกออกจากกัน โดยมีรอยแยกไม่เป็นระเบียบ สิ่งที่ต้านแรงยกคือความเหนียว(toughness) เช่นความเหนียวของเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5. แรงบด-ยก (shear-pressure)**คือการวัดค่าแรงร่วมของแรงสองอย่าง คือ แรงแยกบด (compression)และแรงแยก(shear)ตัวซึ่งเกิดขึ้นกับสองตัวอย่างในเวลาเดียวกัน เช่น แรงซึ่งเกิดจากการเคี้ยวอาหารของมนุษย์

### 2.4.2 วิธีการวัดค่าเนื้อสัมผัส

มีวิธีการวัดค่าเนื้อสัมผัสอยู่ 3 วิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันมากก็คือ วิธีทางกายภาพ ซึ่งเป็นวิธีการวัดค่าแรงต้านทางแรงสัมผัส ซึ่งได้รับการออกแบบและประดิษฐ์ เครื่องมือวัดขึ้นหลายชนิดด้วยกัน ทั้งชนิดหยาบและละเอียด แต่เครื่องมือวัดค่าละเอียดมีราคาที่แพงมาก และส่วนใหญ่ใช้กับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดเท่านั้น วิธีการวัดค่าเนื้อสัมผัสมีดังนี้

**1.วัดค่าเนื้อสัมผัสทางวิธีทางกายภาพ** เป็นวิธีวัดค่าแรงสัมผัสทั้งแรงเดียวและแรงร่วม เช่น การวัดค่าแรงบด แรงแยกตัว แรงฉีกและแรงบด-แยกโดยใช้เครื่องมือวัดค่าแรงต่างๆ

**2.วัดค่าเนื้อสัมผัสทางฟิสิกซ์-เคมี(Physic-chemical methods)** เป็นวิธีการหาค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้วิธีทางกายภาพ และทางเคมีร่วมกันซึ่งเป็นวิธีที่ใช้เครื่องมือที่มีราคาไม่แพงมาก เช่นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าเนื้อสัมผัสทางกายภาพแต่เป็นวิธีที่ใช้เวลามาก รวมทั้งไม่สามารถจะนำไปวัดค่านอกสถานที่ได้สะดวก

**3.การวัดค่าเนื้อสัมผัสโดยวิธีการร่วม(correlated methods)**วิธีนี้ไม่ใช้วิธีวัดค่าเนื้อสัมผัสโดยตรง แต่ใช้คุณสมบัติหรือคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือที่ชี้ถึงคุณสมบัติ หรือผลผลิตที่ชี้ถึงค่าเนื้อสัมผัส คือมีความสัมพันธ์กับค่าเนื้อสัมผัส ซึ่งใช้ได้เพาะผลิตภัณฑ์บางชนิดเท่านั้น ไม่สามารถเอาไปใช้ได้ทั่วไป ผู้ใช้วิธีวัดค่าเนื้อสัมผัสวิธีนี้ จะต้องศึกษาข้อมูลต่างๆ อย่างละเอียดก่อนใช้วิธีนี้ร่วมวัดค่าตัวอย่าง เช่น กล้วยจะเปลี่ยนสีเมื่อสุกโดยจะเปลี่ยนสีจากพื้นสีเขียวเป็นสีเหลือง แต่มีกล้วยบางพันธ์ เช่น กล้วยหอม จะไม่เปลี่ยนสี แม้ว่ากล้วยจะสุกแล้วก็ยังคงสีเขียวอยู่

### 2.4.6 การวัดค่าความนุ่มของเนื้อโดยใช้หัววัดแบบ Warner – Bratzler

ในการวัดอุปกรณ์วัดผิวสัมผัสในการทดลองในการวัดค่านี้จะใช้หัวกดที่ใช้ในการวัดค่าของเนื้อซึ่งเป็นแบบ Warner – Bratzler ซึ่งใช้วัดค่าค่าในการกดเนื้อโดยเฉพาะเป็นหัวทดลองแบบตัด ซึ่งต้องใช้ขั้นตอนการทดลองหาค่าดังนี้

**1.** นำเนื้อที่ผ่านการอบแล้วไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส ไว้ค้างคืนก่อนนำมาเจาะทดสอบ

**2.** เครื่องมือที่จะนำมาเจาะสามารถทำได้โดยเครื่องเจาะแบบใช้มือจับ หรือ เครื่องมือเจาะแบบอัตโนมัติ เครื่องจะต้องอยู่ในสภาพที่ดีและมีความคม เส้นผ่านศูนย์กลางของที่เจาะต้องมีขนาด 1.27 เซนติเมตร และมีขนาดคงที่ตลอด ไม่เช่นนั้นอาจทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของค่าแรงเฉือนที่ทำการวัดได้ การเจาะจะต้องเจาะตามแนวเส้นเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.** ตัวอย่างเนื้อที่เจาะออกมาต้องไม่น้อยกว่า 6 ชิ้นและไม่มากกว่า 8 ชิ้น ตัวอย่างที่เจาะได้จะนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาเฉือนหาค่าความนุ่มของเนื้อ

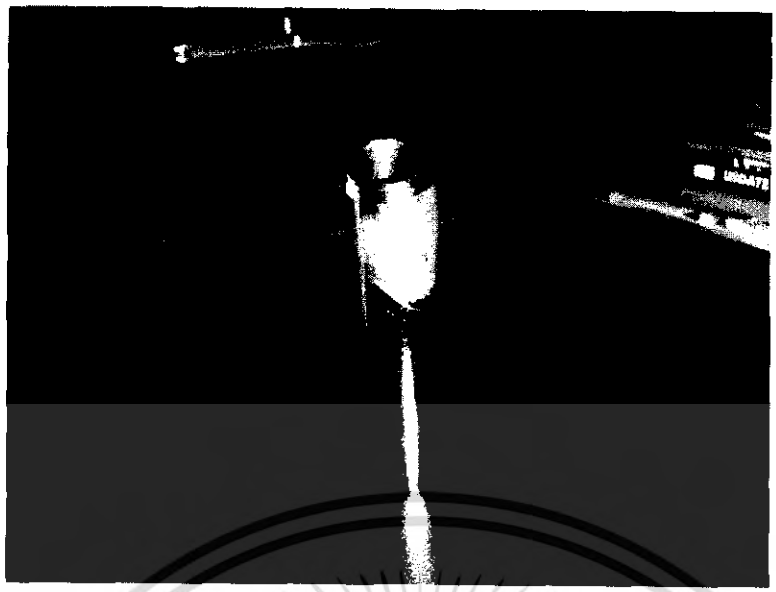
**4.** เฉือนโดยให้ชิ้นเนื้ออยู่ตรงกลางของใบมีดเฉือน ค่าที่ได้จากการทดสอบต้องเป็นค่าเฉลี่ย

**5.** การเฉือนต้องทำโดยการใช้หัวกด Warner – Bratzler shear หรือเครื่องมืออื่นที่ติดตั้งใบมีดแบบ Warner – Bratzler ความเร็วที่จะใช้ในการเฉือนคือ 200 มิลลิเมตร/นาที เฉือนตั้งฉากกับแนวเส้นของเนื้อ

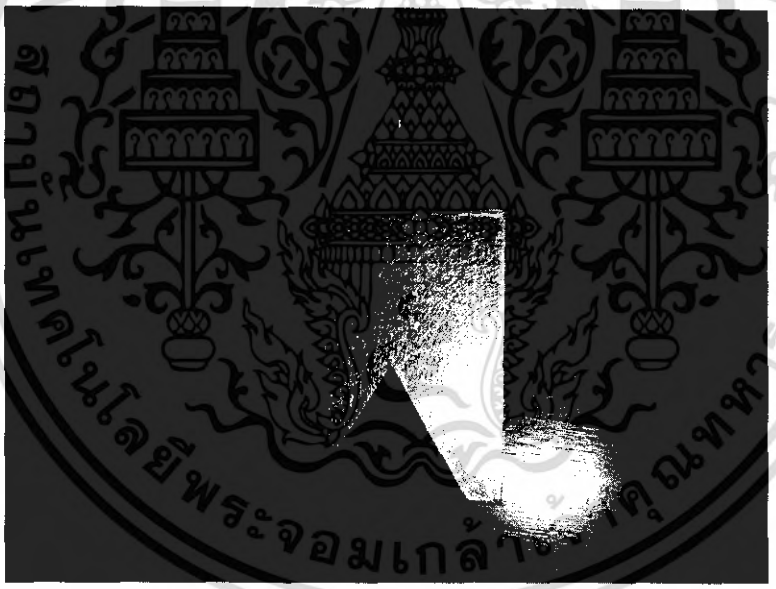
**6.** ในการเฉือนแบบ Warner – Bratzler ต้องใช้ขั้นตอนตามที่กล่าว ถ้านอกเหนือจากนี้จะไม่ถือว่าเป็นการเฉือนแบบ Warner – Bratzler

รูปที่ 2.6 หัวกดแบบ Warner – Bratzler shear machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แท่งเจาะเนื้อ



รูปที่ 2.8 หัวตัดแบบ Warner – Bratzler shear machine

**2.5 ลักษณะของถังหมุน(vacuum tumbler)**

ลักษณะของถังหมุนมีผลต่อการคลุกเคล้าวัตถุดิบและการให้สูญญากาศ(vacuum) เริ่มจากจำนวนครีบ(baffle) ภายในถัง ความหนาของถัง ความยาวและหน้าตัดของก้นถัง ต้องมีการพิจารณาว่าเพียงพอที่จะสามารถรองรับการเกิดการสูญญากาศได้หรือไม่เนื่องจากส่วนที่กล่าวมามีผลต่อการหมักโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.1 การกำหนดจำนวนครีบ(baffle)[7]**

การกำหนดจำนวนครีบภายในถังหมุนมีผลต่อการคลุกเคล้าของวัตถุดิบทำให้สามารถเกิดการเปลี่ยนทิศทางในการคลุกเคล้าได้อย่างดีเกิการผสมของวัตถุดิบและเครื่องเทศ โดยการติดตั้งครีบในแนวดิ่งตั้งฉากกับผนังของถังหมุน

โดยอางอิงจากสมการความกว้างของครีบ ดังนี้

$$J/D_t = 1/12$$

$J$ = ความยาวของครีบนับจากผนัง

$D_t$ = เส้นผ่านศูนย์กลางของก้นถัง

**2.5.2 พื้นที่หน้าตัดและความยาวของถังที่สามารถรองรับการเกิดสุญญากาศภายในถัง[8]**

พื้นที่หน้าตัดและความยาวของถังมีผลต่อการออกแบบความหนาของถังเพื่อสามารถรองรับการเกิดสูญญากาศหรือการให้ความดัน เพราะเมื่อผนังของถังมีความหนาไม่เพียงพอต่อการรองรับการเกิดสูญญากาศอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อถังหมุนทำให้ไม่สามารถดำเนินการใช้งานต่อไปได้

สามารถอ้างอิงหาส่วนต่าง ๆ โดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

สำหรับภาชนะทรงกระบอก

$$t = \frac{PR}{\eta\sigma}$$

โดย t ความหนาของถัง (m)

P ความดันภายในถัง (Pa)

R รัศมีเฉลี่ยของถัง (m)

$\sigma$ ค่าความเค้น ($N/mm^2$)

$\eta$ ค่าประสิทธิภาพของตะเข็บหรือรอยต่อ

โดยทั่วไปแล้วการออกแบบภาชนะความดันจะต้องทำตามเกณฑ์ภาชนะความดัน เช่น ของสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกาเป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้ความปลอดภัยและภาชนะความดันที่ได้มาตรฐานเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.3 ลักษณะการหมุนของถัง

การหมุนของถังสามารถแบ่งได้เป็นสองแบบคือ หมุนไปยังทิศทางเดียว และหมุนไปกลับสลับสองทิศทาง ในลักษณะปกติแล้วการหมุนเพียงทิศทางเดียวก็เพียงพอต่อการคลุกเคล้าวัตถุดิบแล้ว

### 2.5.4 ความเร็วรอบ

ของถังที่ใช้ในการหมุนถังนี้มีผลต่อการคลุกเคล้าระหว่างเนื้อกับเครื่องเทศ ทำให้เกิดการคลุกเคล้าที่ดีโดยในการทดลองนี้กำหนดให้ความเร็วรอบที่ 22 รอบต่อนาทีหมุนอย่างต่อเนื่องตลอดกระบวนการขณะที่กำลังให้สุญญากาศ

## 2.6 การให้สูญญากาศ(vacuum)

การให้สูญญากาศมีแนวคิดในการทดลองคือ เริ่มจากการทำให้เกิดสูญญากาศภายในถังที่ระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ภายในชิ้นวัตถุดิบได้ถูกดึงออกมาที่บริเวณผิววัตถุดิบ จากนั้นจึงทำการหยุดการให้สูญญากาศเพื่อให้เครื่องเทศที่ผสมอยู่ภายในถังซึมกลับเข้าไปแทนที่ปริมาณน้ำที่อยู่ภายในวัตถุดิบเดิมในขั้นตอนแรกที่ถูกดึงออกมา แต่จะมีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งที่ถูกดึงออกมาซึมกลับเข้าไปภายในที่เดิม เนื่องจากระบบไม่สามารถนำปริมาณน้ำที่ถูกดึงออกมาภายในตอนแรกที่ชิ้นวัตถุดิบออกจากระบบได้ จึงทำให้ปริมาณน้ำที่ถูกดึงออกมาต้องถูกผสมอยู่กับเครื่องเทศที่ใส่เข้าไปภายในเครื่องด้วย ฉนั้นการให้สูญญากาศจึงต้องมีการให้โดยที่ เปิด-ปิด สลับกันไปในระยะเวลาที่กำหนด ในระหว่างนั้นก็มีการหมุนของถังทำให้เกิดการคลุกเคล้าเพื่อให้การซึมกลับของปริมาณของเหลวที่เกิดขึ้นนั้นมีทั่วบริเวณพื้นผิวของวัตถุดิบ

## 2.7 ปั๊มสูญญากาศ(vacuum pump)

ปั๊มสุญญากาศมีหน้าที่ในการกำเนิดสุญญากาศและสร้างความดันสุญญากาศ ( vacuum ) ภายในถัง จากเครื่องต้นแบบจึงได้ทำการศึกษา และเลือกขนาดปั๊มสุญญากาศให้มีความสามารถในการกำเนิดสุญญากาศใกล้เคียงกับเครื่องหมักเนื้อที่ผลิตจากต่างประเทศโดยมีค่าสุญญากาศประมาณ 45 cmHg

62560
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 กลไกลการทำงานของเครื่องหมักแบบถังหมุน

### หลักการทำงานของเครื่อง

กระบวนการหมักโดยใช้หลักการการเกิดสูญญากาศเพื่อดึงน้ำในวัตถุดิบออกมา เพื่อให้เครื่องเทศที่ผสมอยู่ภายในถังเข้าไปแทนที่ปริมาณน้ำที่ถูกดึงออกมาจากวัตถุดิบ ให้มีการผสมที่ทั่วถึง ระหว่างพื้นที่ของวัตถุดิบและเครื่องเทศจึงมีการติดตั้งครีบ(baffle)และทำให้ถังเกิดการเคลื่อนที่โดยการหมุนสามารถทำให้พื้นที่ของวัตถุดิบสามารถสัมผัสกับเครื่องเทศได้โดยตลอดพื้นผิวและคงค่าสุญญากาศไว้ที่ค่า ๆ หนึ่งในการทดลอง โดยตลอดทั้งกระบวนการจะเกิดการหมุนของถังตลอดเวลาในทิศทางเดียวเพื่อให้เกิดการคลุกเคล้าที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## การออกแบบและการคำนวณ

### 3.1การหาความหนาของผนังหม้อสุญญากาศ

หม้อสแตนเลสขนาด 130 ม.ม. หนา 1 ม.ม ได้ถูกเลือกใช้โดยในการคำนวณเช็คค่าความหนาของหม้อภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ใช้งาน ความหนาของผนังหม้อสุญญากาศในการคำนวณ ค่าที่ได้ควรมีค่าน้อยกว่าค่าความหนาจริงเพื่อป้องกัน ความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

จากสูตร **[8]** $\sigma_{tL} = \frac{Pr_i}{2t}$

$\sigma_{tL}$ = ความเค้นในแนวเส้นรอบวง Circumferential tensile stress ในผนังของภาชนะ

P = ความเค้นภายใน

$r_i$ = รัศมีภายในของภาชนะความดัน

t = ความหนาของภาชนะความดัน

และจากสมการ $\sigma_{tL} = \sigma_y / N$

$\sigma_y$ = ค่า Yield Strength ของ Stainless Steel ที่ใช้ทำถัง มีค่าเท่ากับ 205 $N/mm^2$

N = ค่าความปลอดภัย กำหนดค่าความปลอดภัยเท่ากับ 3

$$\sigma_{tL} = 205/3$$

$$= 68.333 N/mm^2$$

ความหนาของถัง (t)

ความดันสูงสุดที่ใช้ คือ 450 mmHg แปลงหน่วยเป็น $N/mm^2$ จะเท่ากับ 0.06 $N/mm^2$

รัศมีของหม้อ 130 มิลลิเมตร

$$t = \frac{Pr}{2(\sigma_{tL})}$$

$$t = \frac{(0.06)(130)}{2(68.33)}$$

$$t = 0.057\, mm$$

หม้อที่ใช้มีความหนา 1 มิลลิเมตร จึงสามารถทนความดันสูงสุดที่ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2การออกแบบเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ**

ในการออกแบบเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศนี้อาศัยข้อมูลจากที่กล่าวมาข้างต้น มาใช้ในการออกแบบ โดยเครื่องที่ทำการออกแบบมีรูปร่างดังรูปที่ 3.1 และมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ (ดูรูปที่ 3.2-3.22)

1. โครงสร้างหลัก
2. ชุดหมุนถัง
3. ชุดส่งกำลัง
4. ชุดสร้างสุญญากาศ
5. ชุดหม้อสุญญากาศ

โครงสร้างหลัก

ใช้เหล็กกล่อง ขนาด 1×1 นิ้ว และ ขนาด 2×1 นิ้ว เชื่อมเป็นโครง

ใช้เหล็กกล่อง ขนาด 2×1 นิ้ว เชื่อมเป็นเสายึดถังหมักความดัน

ใช้เหล็กแผ่นขนาด 5×3 เซนติเมตร เป็นแผ่นรองชุดสร้างสุญญากาศและชุดส่งกำลัง

ใช้เหล็กแผ่นขนาด 5×6.5 เซนติเมตร เชื่อมติดเป็นขายึดติดกับล้อ

ชุดหมุนถัง

ใช้เพลาตันมาตัดให้ได้ขนาดความยาว 60 และ 65 เซนติเมตร มากลึงให้ได้เพลาขนาด 1.9 เซนติเมตร ใช้เรซิ่นหล่อแล้วกลึงให้ได้ขนาดเป็นล้อหมุนถัง นำลูกปืนตุ๊กตา เพลา และล้อหมุนถัง มาประกอบเข้าด้วยกัน

ชุดส่งกำลัง

มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า 1 เครื่อง

พูลเลย์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร 2 อัน

สายพาน 1 เส้น

ชุดสร้างสุญญากาศ

ใช้ปั๊มสุญญากาศ ดูดอากาศออก 3 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

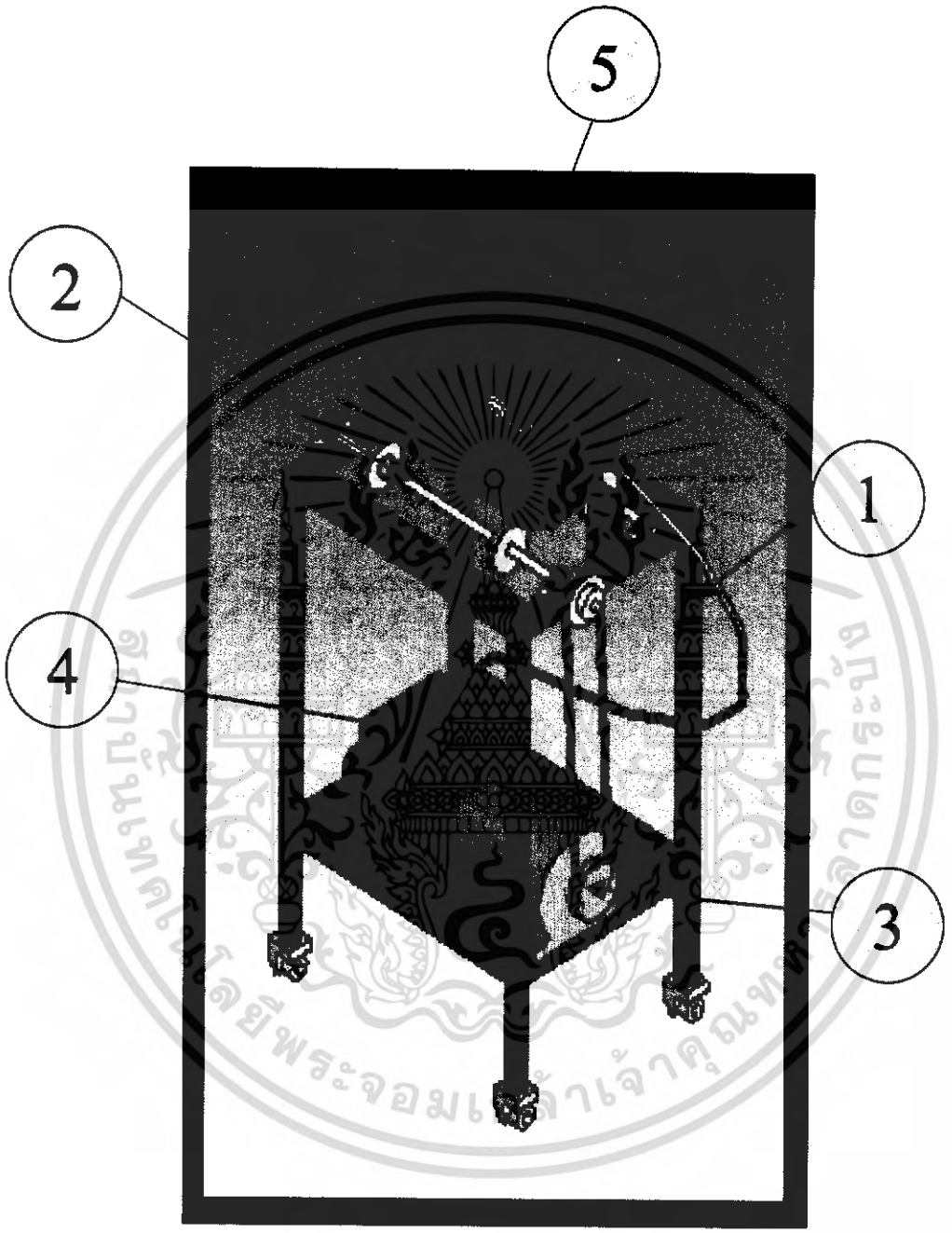
สายลมที่ใช้ในระบบไฮโดรลิกต่อจากปั๊มไปยังชุดหม้อสุญญากาศ

ชุดหม้อสุญญากาศ

ใช้หม้อสแตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 26 เซนติเมตร สูง 29 เซนติเมตร มีความหนา 1 มิลลิเมตร ด้านในติด ครีบ 3 ใบ และด้านนอกติดคลิปล็อค 3 ตัว

ฝาหม้อของถังมาเจาะรู 2 รู นำ เกจวัดสุญญากาศ วาล์วกันกลับ และวาล์วเปิดปิดติดตั้งฝาหม้อของหม้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่3.1 เครื่องหมักเนื้อสุญญากาศที่ทำการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3.1 รายการชิ้นส่วนประกอบ

| ส่วนประกอบ | จำนวนชิ้น | ขนาด | รายละเอียดปลีกย่อย |
|---|---|---|---|
| โครงสร้างหลัก | 1 | เหล็กกล่อง ขนาด 1×1 นิ้ว | ยาว 79.5 เซนติเมตร 4 ชิ้น |
| | | | ยาว 38.5 เซนติเมตร 2 ชิ้น |
| | | | ยาว 30 เซนติเมตร 2 ชิ้น |
| | | | ยาว 48 เซนติเมตร 2 ชิ้น |
| | | เหล็กกล่อง ขนาด 2×1 นิ้ว | ยาว 48 เซนติเมตร 2 ชิ้น |
| | | | ยาว 12 เซนติเมตร 1 ชิ้น |
| | | เหล็กแผ่นขนาด 52×38 เซนติเมตร | หนา 1 มิลลิเมตร 2 ชิ้น |
| | | เหล็กแผ่นขนาด 5×3 เซนติเมตร | หนา 1 มิลลิเมตร 1 ชิ้น |
| | | เหล็กแผ่นขนาด 5×6.5 เซนติเมตร | หนา 5 มิลลิเมตร 4 ชิ้น |
| เพลา | 2 | เส้นผ่านศูนย์กลาง19 มิลลิเมตร | ยาว 52.5 เซนติเมตร 1 ชิ้น |
| | | | ยาว 63 เซนติเมตร 1 ชิ้น |
| ล้อหมุนถัง | 4 | เส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร | |
| ลูกปืนตุ๊กตา | 4 | ขนาดรู 1 นิ้ว | |
| ครีบ | 3 | ขนาด 2.5×25 เซนติเมตร | หนา 1 มิลลิเมตร |
| พูลเลย์ | 2 | เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร | |
| สายพาน | 1 | A | แบบลิ่ม |
| มอเตอร์ | 1 | | 1 HP |
| ปั๊มสุญญากาศ | 1 | 3 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง | |
| หม้อสแตนเลส | 1 | เส้นผ่านศูนย์กลาง 26 เซนติเมตร | ยาว29เซนติเมตร |
| คลิปล็อค | 3 | | |
| วาล์วกันกลับ | 1 | | |
| เกจสุญญากาศ | 1 | | |

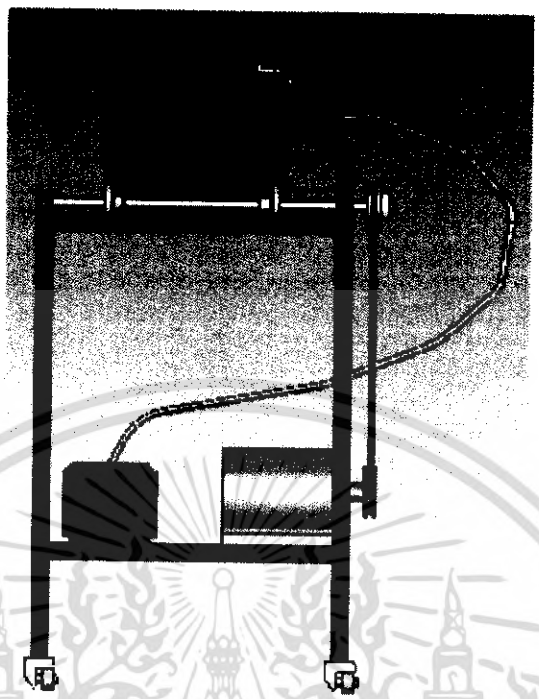
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ส่วนประกอบ | จำนวนชิ้น | ขนาด | รายละเอียดปลีกย่อย |
|---|---|---|---|
| วาล์วเปิดปิด | 1 | | |
| สายลม | 1 | | |
| ท่อลม | 1 | | |
| โอริง | 1 | เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร | |
| ข้อต่อ 3 ทาง | 1 | | |

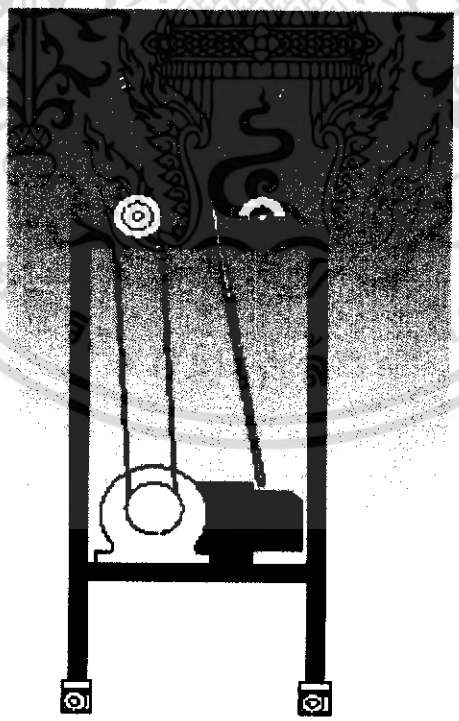
**3.3 หลักการทำงานของเครื่อง**

กระบวนการหมักโดยใช้หลักการการเกิดสุญญากาศ เพื่อดึงน้ำในวัตถุดิบออกมา แล้วให้เครื่องเทศที่ผสมอยู่ภายในถังเข้าไปแทนที่ปริมาณน้ำที่ถูกดึงออกมาจากวัตถุดิบแทน โดยอาศัยหลักการที่น้ำในอาหารและน้ำเครื่องเทศมีความเข้มข้นที่ต่างกัน และเกิดการรักษาความสมดุลโดยเนื้อวัตถุดิบจะดูดน้ำเครื่องเทศเข้า ส่วนสุญญากาศจะเป็นตัวเร่งให้เกิดการดูดซึมได้เร็วขึ้นและเพื่อให้มีการผสมคลุกเคล้าที่ทั่วถึงระหว่างพื้นที่ผิวของวัตถุดิบและเครื่องเทศจึงมีการติดตั้งครีบ(baffle)และทำให้ถังเกิดการเคลื่อนที่โดยการหมุนสามารถทำให้พื้นที่ของวัตถุดิบสามารถสัมผัสกับเครื่องเทศได้โดยตลอดพื้นผิวตลอดจนทำให้เนื้อนุ่มขึ้น โดยทั้งกระบวนการจะเกิดการหมุนของถังตลอดเวลาในทิศทางเดียวเพื่อให้เกิดการคลุกเคล้าที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

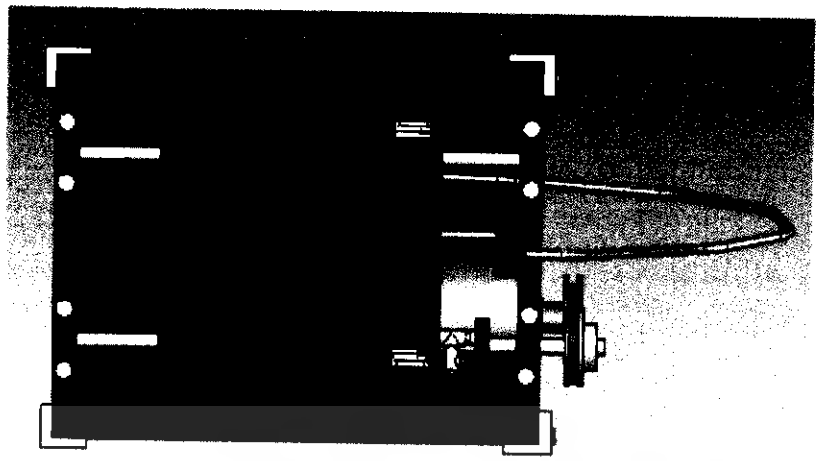


รูปที่3.2 ภาพด้านหน้าของเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ

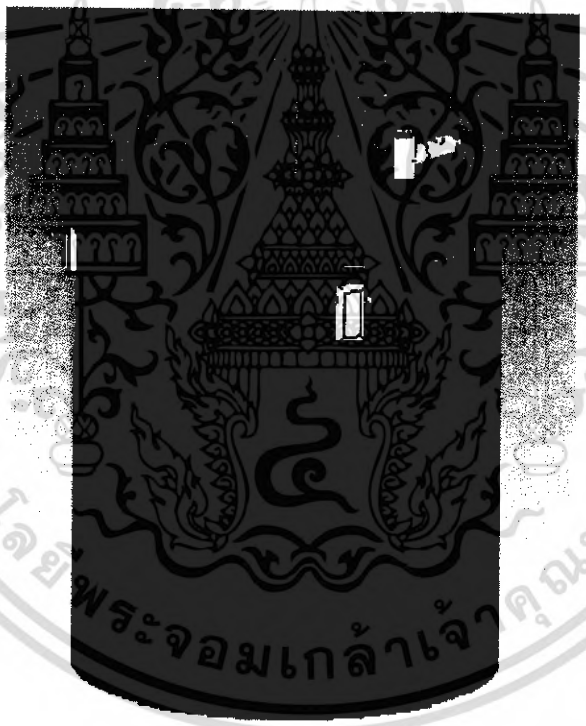


รูปที่3.3 ภาพด้านหน้าของเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

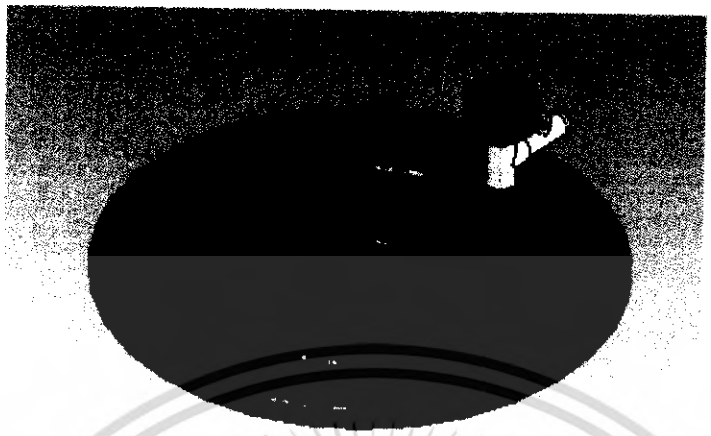


รูปที่3.4 ภาพด้านบนของเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ



รูปที่3.5 ภาพหม้อสุญญากาศ

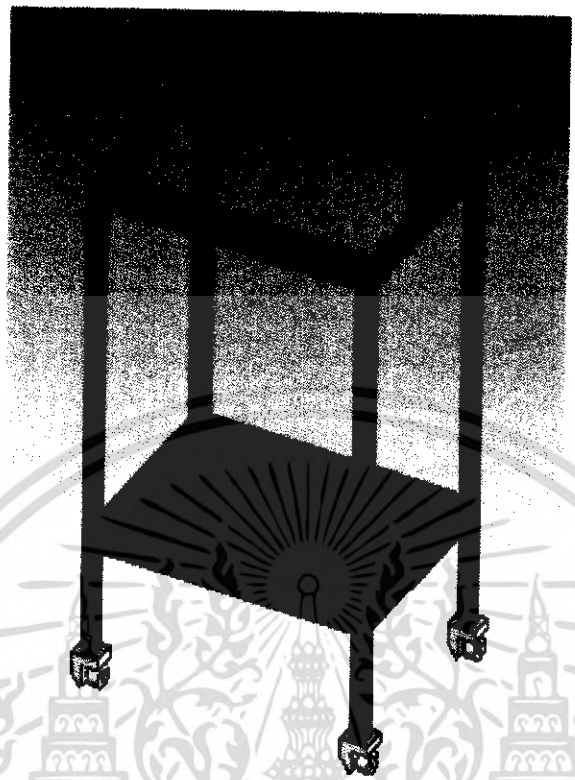
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



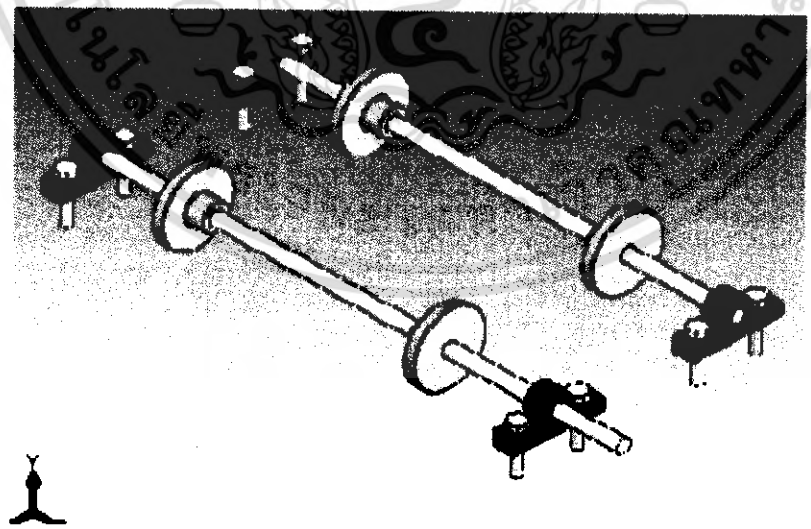
รูปที่3.6 ภาพฝาหม้อสุญญากาศ

รูปที่3.7 ภาพหม้อสุญญากาศภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

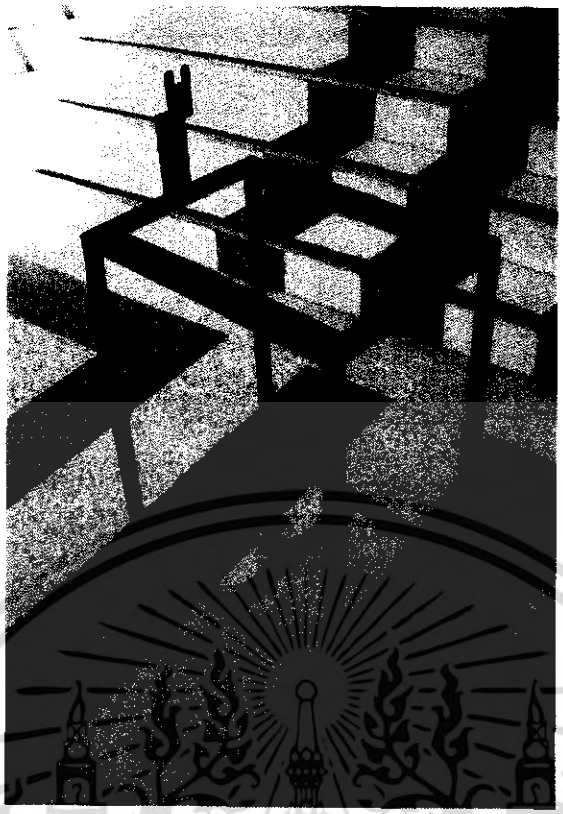


รูปที่3.8 ภาพโครงสร้างหลัก

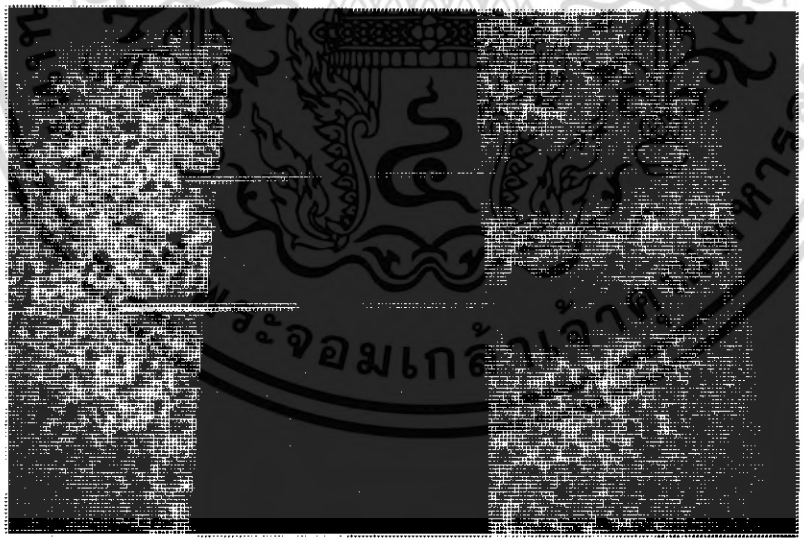


รูปที่3.9 ภาพชุดหมุนถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

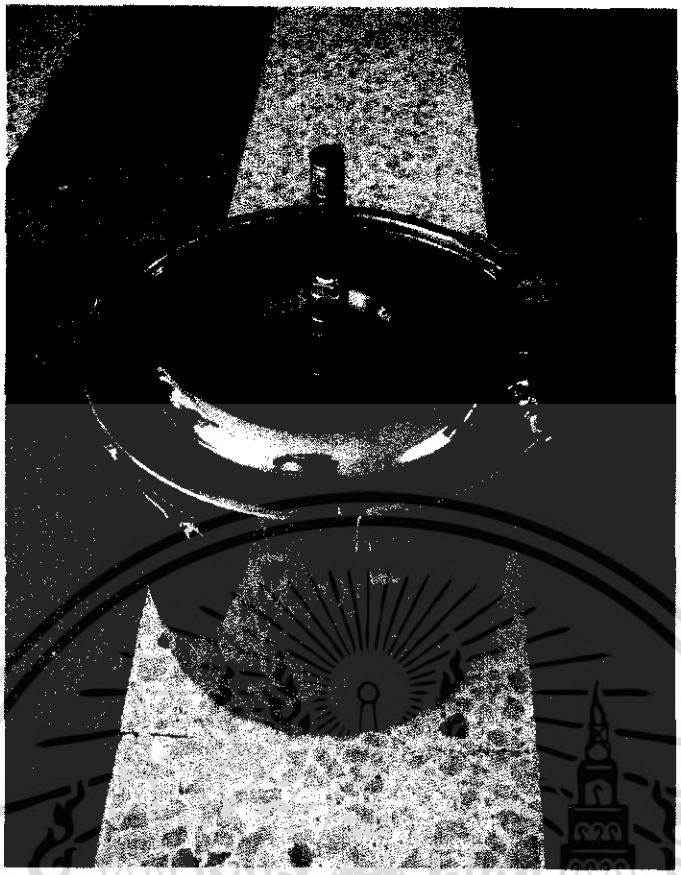


รูปที่3.10 ภาพจริงของโครงสร้างหลัก



รูปที่3.11 ภาพจริงของชุดหมุนถัง

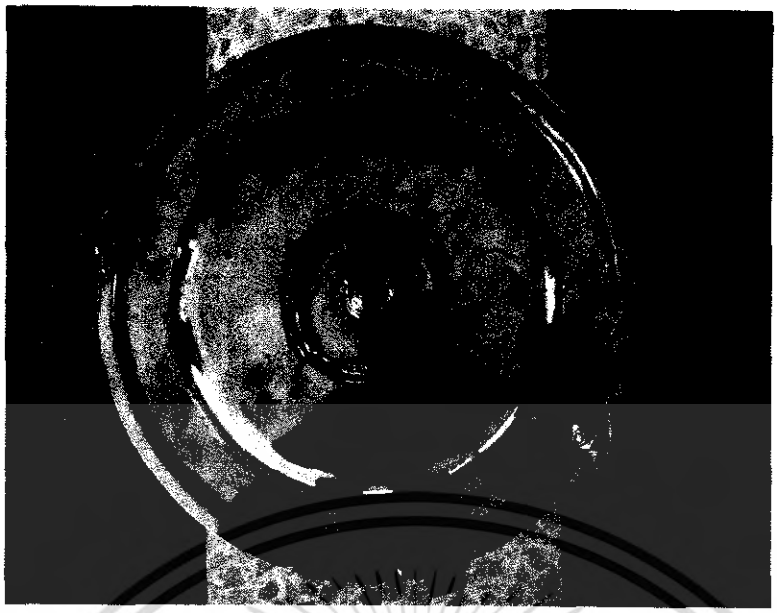
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.12 ภาพจริงของหม้อสุญญากาศ

รูปที่3.13 ภาพจริงของหม้อสุญญากาศภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.14 ภาพจริงของฝาหม้อสุญญากาศ

รูปที่3.15 ภาพจริงของเกจวัดสุญญากาศและวาวล์เปิดปิด

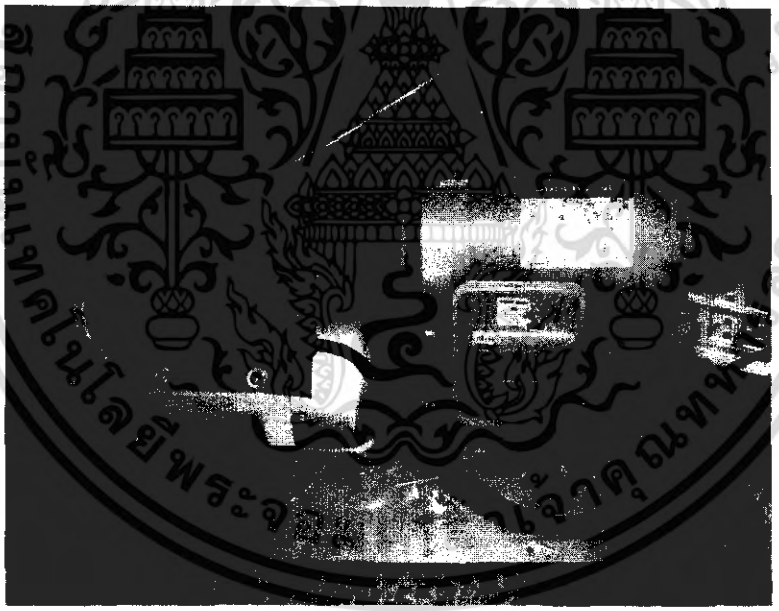
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.16 ภาพจริงของท่อลมและวาวล์กันกลับ

รูปที่3.17 ภาพจริงของคลิ๊ปล็อคหม้อสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

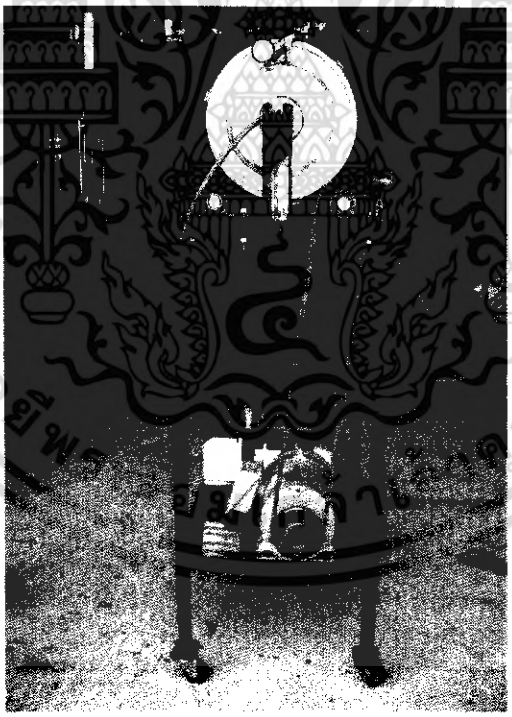
รูปที่3.18 ภาพจริงของแผ่นเหล็กรองชุดส่งกำลังและชุดสร้างสุญญากาศ



รูปที่3.19 ภาพจริงของชุดส่งกำลังและชุดสร้างสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.20 ภาพจริงของเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศด้านหน้า



รูปที่3.21 ภาพจริงของเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.22 ภาพจริงโดยรวมของเครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

## วิธีการทดลอง

เครื่องหมักเนื้อสุญญากาศที่ออกแบบและสร้างขึ้นได้มีวัตถุประสงค์ของโครงงานมีดังนี้ คือ

1 เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องหมักแบบสุญญากาศเป็นต้นแบบ

2 เพื่อศึกษาปัจจัยของความดัน 3 ระดับ คือ 15,30,45 cmHg และเวลา 3 ระดับ คือ 10,20,30 นาทีที่มีผลต่อการซึมแพร่ภายในเนื้อของวัตถุดิบและคุณภาพเนื้อหมัก ได้แก่ ความนุ่มของเนื้อและลักษณะผิวสัมผัสต่าง ๆ โดยใช้เนื้อหมูเป็นตัวอย่างในการหมัก

### 4.1 การทดลองหาเปอร์เซ็นต์ปริมาณเกลือ

4.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1 น้ำเกลือ

2 บิกเกอร์

3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

4 นาฬิกาจับเวลา

5 เครื่องบดเนื้อ

6 เครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ

วิธีการทดลอง

1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

1.1 เตรียมตัวอย่างเนื้อหมูคัดเลือกเฉพาะเนื้อที่เป็นส่วนเดียวกันตลอดการทดลอง โดยหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมและแบ่งแต่ละชิ้นให้มีขนาดเท่า ๆ กัน แบ่งออกเป็น 12ชิ้น โดยชิ้นที่ 1ถึง9 จะนำไปทดลองเพื่อหาค่าปริมาณเกลือ ด้วยการหมักโดยเครื่องหมักสุญญากาศ ส่วนชิ้นที่10ถึง12จะนำไปหาค่าต่าง ๆ เหมือนกับชิ้นที่1ถึง9 แตกต่างกันที่ชิ้นที่10ถึง12ใช้การหมักด้วยวิธีปกติ

2 การหมักด้วยเครื่องสุญญากาศ

2.1 นำเนื้อหมูที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างแล้ว

2.2 ปรับค่าความดันที่ 15,30,45 cm Hg

2.3 ปรับความเร็วรอบถังหมักเท่ากับ 22 rpm

2.4 ทดลองหมักเนื้อหมูด้วยเครื่องหมักสุญญากาศ พร้อมทั้งจับเวลา โดยการจับเวลาแบ่งเป็น 10,20,30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 นำเนื้อที่ผ่านการหมักแล้วนำมาบดละเอียดแล้วมาวัดปริมาณเกลือโดยใช้ refractometer

3. การหมักวิธีปกติ

3.1 นำเนื้อหมูที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างแล้ว

3.2 เนื้อหมูที่ ผ่านการเตรียมตัวอย่างแล้วไปหมักพร้อมทั้งจับเวลาโดยการจับเวลาแบ่งเป็น 10,20,30 นาที

3.3 นำเนื้อที่ผ่านการหมักแล้วนำมาบดละเอียดแล้วมาวัดปริมาณเกลือโดยใช้ refractometer

4. นำข้อมูลปริมาณเกลือ ที่เวลา 10,20,30 นาที จากการหมักด้วยการใช้เครื่องหมักสุญญากาศที่ความดัน 15 ,30,45 cm Hg และการหมักด้วยวิธีปกติ ที่ 1 atm มาเปรียบเทียบกัน

**4.2 การทดลองหาคุณลักษณะเนื้อสัมผัส ระยะการดูดซึมแพร่ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการหมัก**

4.2.1วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1 เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA XT Plus ที่ติดตั้งใบมีด Warner Bratzler

2 เวอร์เนียร์

3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

4 ตู้อบลมร้อน

5 นาฬิกาจับเวลา

6 น้ำผงหมูแดงโลโบ

7 บิกเกอร์

8 เครื่องหมักเนื้อสุญญากาศ

วิธีการทดลอง

1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

1.1 เตรียมตัวอย่างเนื้อหมูคัดเลือกเฉพาะเนื้อที่เป็นส่วนเดียวกันตลอดการทดลอง โดยหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมและแบ่งแต่ละชิ้นให้มีขนาดเท่าๆกัน แบ่งออกเป็น 12ชิ้น นำน้ำผงหมูแดงมาเป็นน้ำหมัก

2 การหมักด้วยเครื่องสุญญากาศ

2.1 นำเนื้อหมูที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างแล้ว มาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นและบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทดลองหมักเนื้อหมูด้วยเครื่องหมักสุญญากาศ พร้อมทั้งจับเวลา โดยการจับเวลาแบ่งเป็น 10,20,30 นาที ใช้ความดันที่ 15,30,45 cm Hg ที่ 22 rpm ตลอดการทดลอง

2.3 นำเนื้อหมูที่ผ่านการหมักใส่ตะแกรงปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 5 นาทีแล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักหลังการหมัก

2.4 นำเนื้อหมู เข้าตู้อบที่ 170-185 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 45 นาที

2.5 นำเนื้อหมูใส่ถุงเข้าตู้แช่ที่3-5 องศาเซลเซียส แช่ประมาณ 1 คืน

2.6 นำเนื้อหมูที่แช่แล้วมาเจาะด้วยที่เจาะเนื้อให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 cm

2.7 นำมาทดสอบความนุ่มของเนื้อหมู โดยใช้เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA XT Plus ที่ติดตั้งใบมีด Warner Bratzler

2.8 คำนวณหาค่าความนุ่มหรือแรงเฉือนสูงสุด (Maximum shearforce N ) ค่าความแน่นเนื้อหรือค่าความชันของกราฟวัดที่จุดเริ่มต้น 0 จนถึงแรงเฉือนสูงสุด ( Firmness, N/mm ) และความเหนียวหรือพื้นที่ใต้กราฟจากจุดเริ่มต้นถึงจุดแรงเฉือนสูงสุด หรือพลังงานที่ถูกดูดวับไว้ ( Toughness หรือ Energyabsorption,N mm ) โดยใช้โปรแกรม Texture Exponent 32

2.9 นำเนื้อส่วนที่เหลือหลังจากการเจาะแล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นๆแล้วจึงใช้เวอร์เนียร์วัดระยะการซึมแพร่ของน้ำหมูแดง 4 ด้าน

2.10 นำน้ำหนักเริ่มต้นและหลังการทดลองมาคำนวณหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังจากการหมัก

3. การหมักวิธีปกติ

3.1 เนื้อหมูที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างแล้วมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้น และบันทึกผลการทดลอง

3.2 เนื้อหมูที่ ผ่านการเตรียมตัวอย่างแล้วไปหมักพร้อมทั้งจับเวลาโดยการจับเวลาแบ่งเป็น 10,20,30 นาที

3.3 นำเนื้อหมูที่ผ่านการหมักใส่ตะแกรงปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 5 นาทีแล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักหลังการหมัก

3.4 นำเนื้อหมูวัดค่าคุณลักษณะเนื้อสัมผัส ระยะการดูดซึมแพร่ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการหมัก โดยใช้วิธีการหาค่าแบบเดียวกันกับการหมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

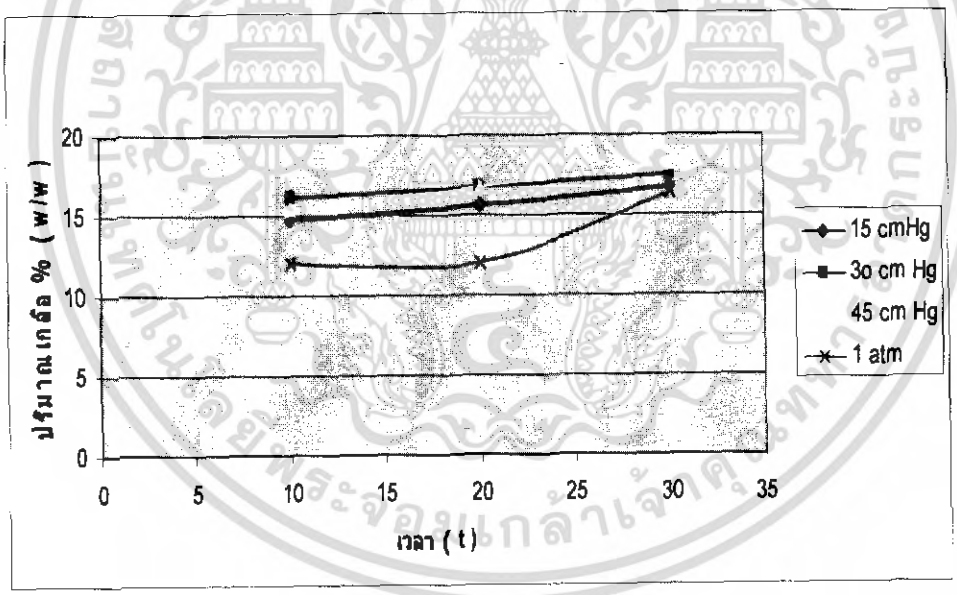
## ผลการทดลอง และวิจารณ์ผล

จากการทดลองการหมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศ ที่ 15,30,45 cm Hg และเวลา 10,20,30 นาที เปรียบเทียบกับการหมักปกติ ที่ 1 atm และเวลา 10,20,30, นาที แบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 วิธี คือ

1. การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์เกลือที่สภาวะต่าง ๆ ที่ทำการทดสอบ
2. การวิเคราะห์ค่าจากเนื้อสัมผัสคุณภาพเนื้อหมัก ระยะการซึมแพร่ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการหมัก

### 5.1 การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์เกลือที่สภาวะต่าง ๆ ที่ทำการทดสอบ

จากการทดสอบที่สภาวะต่าง ๆ ภายในถังที่หมุนด้วยความเร็ว 22 rpm ในการปรับค่าที่ทำการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์เกลือที่เวลาเดียวกันและสภาวะสุญญากาศที่ต่าง ๆ กัน แสดงดังรูปที่ 5.1 พบว่าการหมักเนื้อหมูด้วยเครื่องหมักสุญญากาศที่ความดันต่าง ๆ มีเปอร์เซ็นต์เกลือมากกว่าเมื่อเทียบกับการหมักปกติ ที่เวลาเดียวกัน




รูปที่5.1 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์เกลือ ที่หาได้จากการทดลองโดยเครื่องหมัก และหมักวิธีปกติ

เมื่อพิจารณาการหมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศที่ความดัน 15,30,45 cm Hgที่เวลา 10,20,30 นาทีให้ค่าเปอร์เซ็นต์เกลือ(14.703,15.652,16.778),(16.082,16.770,17.466),(15.395,16.756,18.162) ตามลำดับ ผลที่ได้ไม่แตกต่างกันแต่เวลามีผลให้เปอร์เซ็นต์เกลือซึมแพร่มากขึ้น

เมื่อพิจารณาการหมักปกติที่ความดัน1atm ที่เวลา 10,20,30 นาที ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เกลือ 11.936,11.936,16.428 ตามลำดับเมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์เกลือมาเปรียบเทียบกับการหมักด้วยเครื่องหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

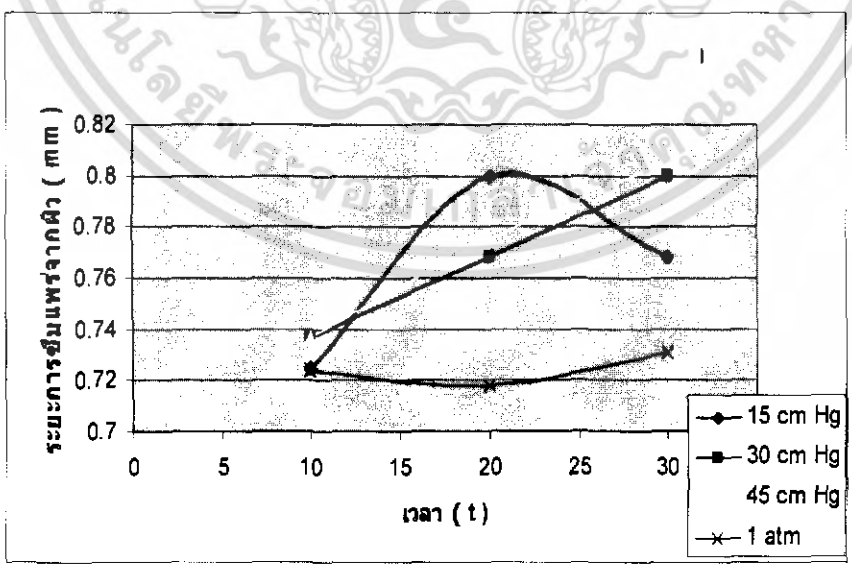
สุญญากาศที่ความดันค่าต่าง ๆ พบว่าการหมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศให้ผลในการซึมแพร่ของปริมาณเกลือได้มากกว่าการหมักปกติ และจากรูปที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะหมักเนื้อหมูด้วยเครื่องหมักสุญญากาศหรือหมักด้วยวิธีปกติเวลามีผลต่อปริมาณเปอร์เซ็นต์เกลือโดยที่เวลายิ่งมากขึ้นเปอร์เซ็นต์เกลือก็จะมากขึ้นตามลำดับ

**5.2 การวิเคราะห์ค่าจาก ระยะการซึมแพร่ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการหมัก เนื้อสัมผัสคุณภาพเนื้อหมัก**

**1 ระยะการซึมแพร่**

ในการทดสอบนั้นใช้ผงหมูแดงตราโรโบใช้ในการหมักแทนน้ำเกลือโดยใช้สภาวะที่ทำการทดลองที่เหมือนขั้นตอนแรกและนำมาทดสอบ ระยะการซึมแพร่ จากการทดสอบการซึมแพร่ของน้ำหมูแดงที่ผ่านเข้าไปภายในเนื้อหมูที่บรรยากาศปกตินั้นและเวลาต่าง ๆ กันมีค่าที่ใกล้เคียงกันและจากการหมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศที่ความดัน 3 ระดับ คือ 15,30,45 cm Hg ผลที่ได้จากรูปที่ 5.2 พบว่าการหมักด้วยเครื่องนี้มีค่าการซึมผ่านที่ดีกว่าการหมักที่บรรยากาศมาก แต่มีค่าที่แปรปรวนในบางช่วง ซึ่งอาจจะเกิดจากการผิดพลาดต่าง ๆ ในกระบวนการหมัก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการหมักปกติแล้วจะมีประสิทธิภาพในการหมักที่มากกว่า

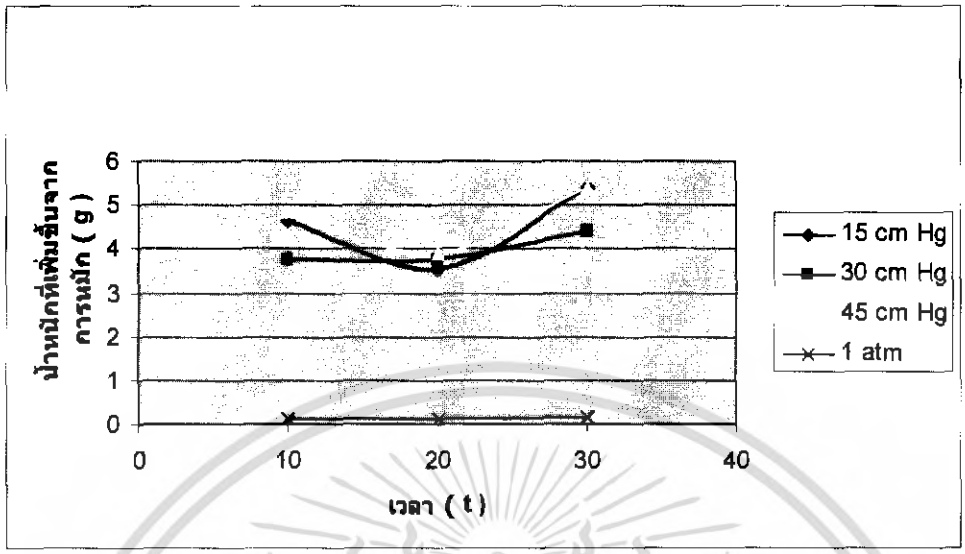
จากการทดสอบการซึมแพร่ของน้ำหมูแดงที่ผ่านเข้าไปภายในเนื้อหมูที่บรรยากาศปกตินั้นช่วงเวลาที่ 10-20นาทีมีค่าซึมผ่านที่ใกล้เคียงกันมาก จึงไม่มีผลต่อการหมักเท่าที่ควร จากรูปที่ 5.2 พบว่าควรใช้เวลาในการหมักปกติที่ความดันบรรยากาศมากกว่า 30 นาทีจึงทำให้สามารถมีผลการหมักที่ดีขึ้น




รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการซึมแพร่จากผิวในการทดลองที่ได้จากสภาวะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการหมัก**

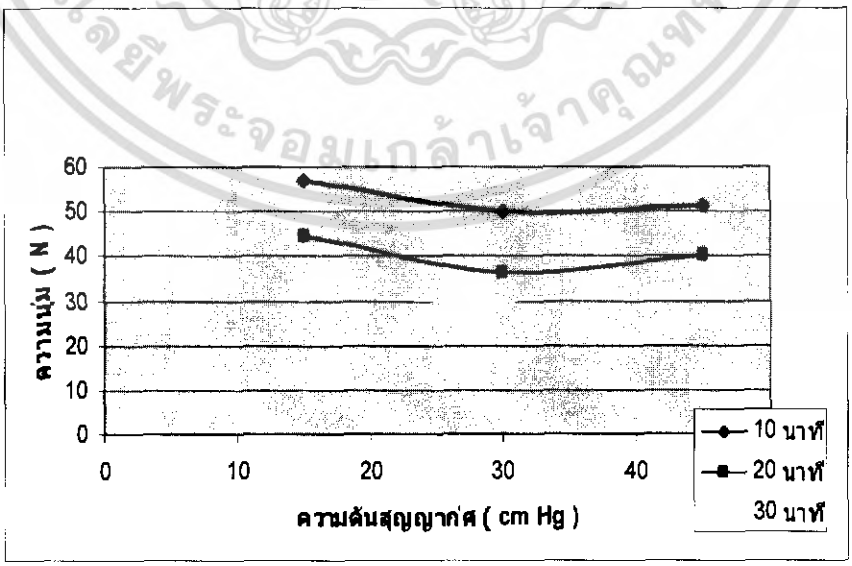



รูปที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการหมัก

จากรูปที่ 5.3 แสดงการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักในการหมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศ 15,30,45 cmHgและเวลา10,20,30นาที(4.66,3.56,5.39)กรัม,(3.73,3.76,4.395)กรัม,(4.85,3.87,5.415)กรัมตามลำดับ ผลที่ได้นั้นไม่แตกต่างกันมากนัก ค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันแสดงถึงอัตราการซึมแพร่ของน้ำหมักในการหมักด้วยเครื่องนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน สำหรับค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นพบว่าบางจุดเกิดการแปรปรวนมีน้ำหนักที่ลดลงผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดเนื่องจาก การฉีกขาดของเนื้อที่เสียดสีกับแผ่นครีบภายในถังและเกิดจากการหลุดของผิวไขมันของเนื้อที่ติดมาตั้งแต่เริ่มต้น

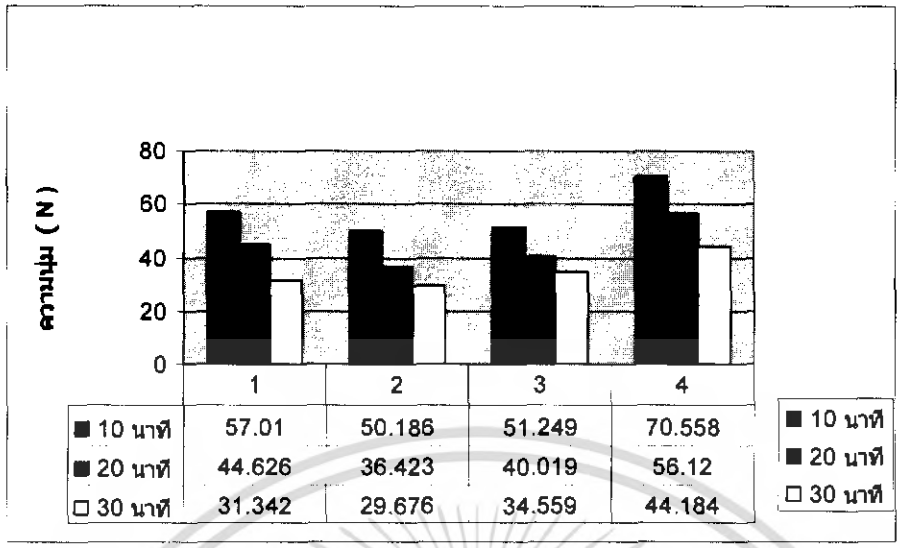
**3 เนื้อสัมผัสคุณภาพเนื้อหมัก**

**3.1 ความนุ่ม ( Maximum shearforce )**




รูปที่5.4 กราฟแสดงความนุ่มที่ค่าสุญญากาศทีและเวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



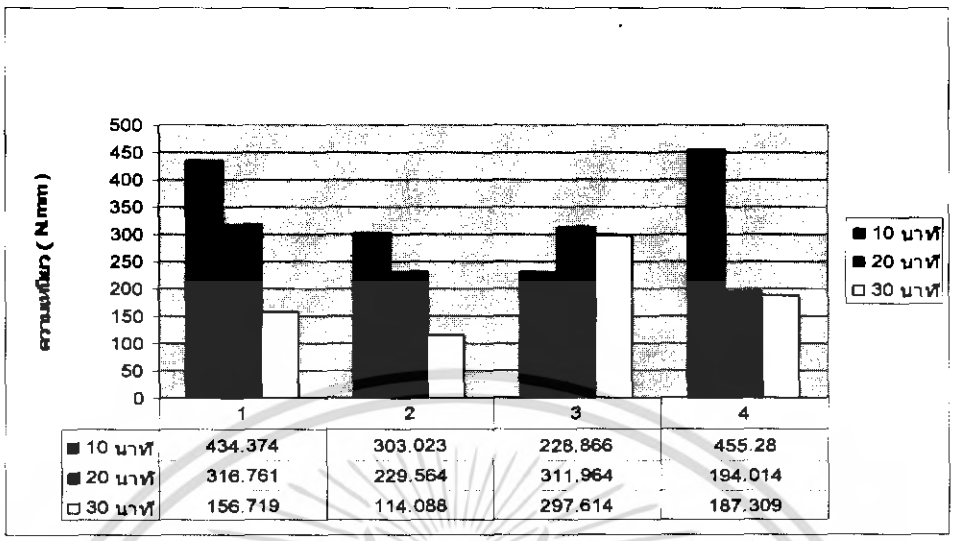

รูปที่5.5 กราฟแสดงค่าความนุ่มที่ความดันบรรยากาศและค่าสุญญากาศต่างๆ

จากรูปที่ 5.5 แสดงผลของความนุ่มหรือแรงเฉือนสูงสุด ( Maximum shearforce ) จากกราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความนุ่มเนื้อ กับ ค่าความดันสุญญากาศโดยใช้การทดสอบเครื่องหมักสุญญากาศพบว่าค่าความนุ่มเนื้อนั้นค่าความดันสุญญากาศที่15,30,45 cm Hg ส่งผลต่อความนุ่มเนื้อนั้นไม่มากเท่ากับระยะเวลาในการหมัก

จากรูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความนุ่มกับค่าความดันสุญญากาศโดยใช้เครื่องหมักสุญญากาศเปรียบเทียบ กับ การหมักวิธีปกติ พบว่าการหมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศ ที่เวลา 10 นาทีความดันสุญญากาศ 15,30,45 cm Hg ค่าที่ได้50.01,50.186,51.249, N เมื่อเปรียบเทียบกับ การหมักด้วยวิธีปกติ ที่ 10 นาที ที่ความดัน 1 atm ค่าที่ได้ 70.558 N จึงสรุปได้ว่า การหมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศสามารถทำให้เนื้อนุ่มได้มากกว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบที่เวลาเท่ากันและเมื่อใช้เวลาในการหมักมากขึ้น ทำให้เนื้อนุ่มมากขึ้น สังเกตุได้จากค่าความนุ่มที่เวลา 30 นาที ที่ความดัน 15,30,45 cm Hg ค่าที่ได้ 31.342,29.676,34.559 N จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้น้อยลงจากที่เวลา 10 นาที และมีค่าน้อยกว่าการหมักวิธีปกติ ที่เวลา 30 นาที ที่ความดัน 1atm ค่าที่ได้ 44.184 ยิ่งใช้เวลามากขึ้น ( ค่าแรงที่ใช้ในการตัดเฉือนมาก แสดงว่าเนื้อมีความนุ่มน้อย ค่าแรงที่ใช้ในการตัดเฉือนน้อย แสดงว่าเนื้อมีความนุ่มมาก )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2 ความเหนียว ( Toughness หรือ Energy absorption )**

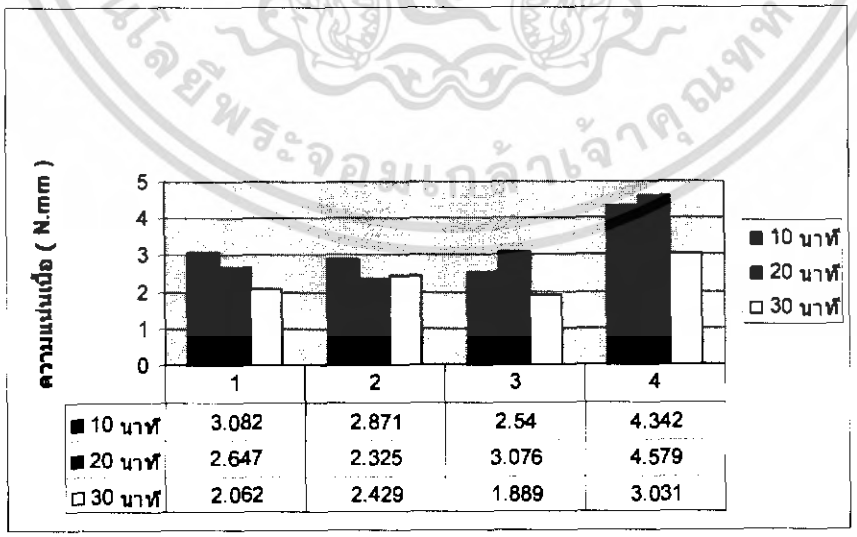



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 10 นาที | 434.374 | 303.023 | 228.866 | 455.28 |
| 20 นาที | 316.761 | 229.564 | 311.964 | 194.014 |
| 30 นาที | 156.719 | 114.088 | 297.614 | 187.309 |

รูปที่5.6 ตารางแสดงค่าสุญญากาศที่มีผลต่อความเหนียวของเนื้อหมู

จากรูปที่ 5.6 จากกราฟพบว่าเมื่อค่าความดันสุญญากาศมีค่า 15cmHg แต่เวลาต่างกันที่10,20,30นาที ทำให้ค่าความเหนียวที่เวลามากยิ่งเหนียวน้อยลงคือ 434.374,316.761, 156.719 N mm แต่เมื่อที่ค่าสุญญากาศเพิ่มขึ้นกลับทำให้ค่าความเหนียวใกล้เคียงกันมากขึ้น ผลที่ได้เกิดการแปรปรวนเป็นผลจากกราฟที่จาก (ภาคผนวก ข) เนื่องจากความเหนียวคือพื้นที่ใต้กราฟจากจุดเริ่มต้นถึงจุดที่แรงเฉือนสูงสุด เพราะฉะนั้นถึงแม้ว่ากราฟที่ได้จาก(ภาคผนวกข)จะมีค่าแรงเฉือนที่น้อยแต่อาจมีค่าพื้นที่ใต้กราฟที่มากทำให้ได้ค่าที่แปรปรวนได้

**3.3 ความแน่นเนื้อ ( Firmness )**

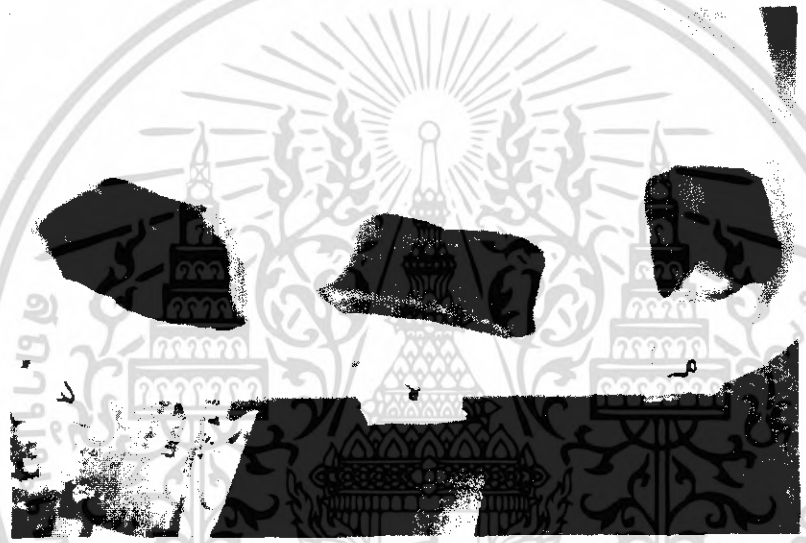



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 10 นาที | 3.082 | 2.871 | 2.54 | 4.342 |
| 20 นาที | 2.647 | 2.325 | 3.076 | 4.579 |
| 30 นาที | 2.062 | 2.429 | 1.889 | 3.031 |

รูปที่5.7 ตารางแสดงความแน่นเนื้อที่ได้จากการทดลอง

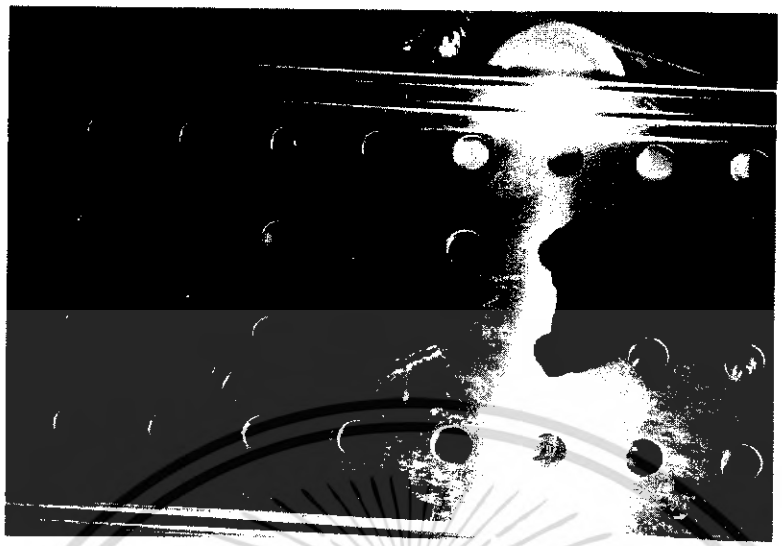
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป5.7 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นเนื้อกับค่าความดันสุญญากาศ โดยใช้เครื่องหมักสุญญากาศที่เวลา10 นาที ที่ความดันสุญญากาศ 15,30,45cmHgผลที่ได้3.082,2.871, 2.54 N.mm เมื่อเปรียบเทียบกับ การหมักด้วยวิธีปกติ ที่ 10 นาที ที่ความดัน 1 atm ค่าที่ได้ 4.342 N.mm จึงสรุปได้ว่า การหมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศสามารถทำให้มีความแน่นเนื้อน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการหมักวิธีปกติที่เวลา10 นาทีเหมือนกัน จากกราฟค่าความแน่นเนื้อที่เวลา 30 นาที มีค่าใกล้เคียงกัน ที่เวลาเดียวกัน และค่าความแน่นเนื้อมีค่าลดลงคือ 2.062,2.429,1.889 N.mm จากที่เวลา 10 นาที และมีค่าน้อยกว่าการหมักวิธีปกติ ที่เวลา 30 นาที ที่ความดัน 1atm คือ 3.031 N.mm เมื่อเวลามากขึ้นค่าความแน่นเนื้อยิ่งน้อยลง ค่าความแน่นเนื้อน้อยแสดงว่าเนื้อมีลักษณะ อ่อนนุ่มมากขึ้น



รูปที่ 5.8 เนื้อหมูก่อนการหมัก

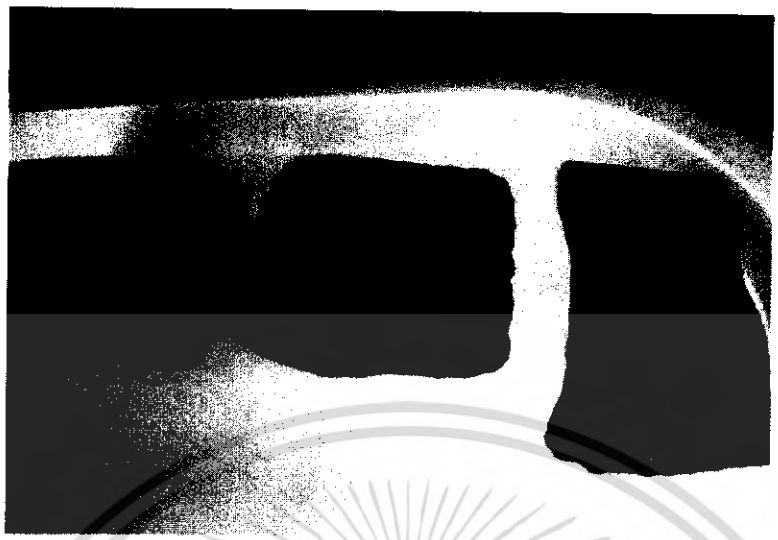
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 เนื้อหมูหลังการหมัก

รูปที่ 5.10 เนื้อหมูที่หมักแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 เนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องหมักสุญญากาศ

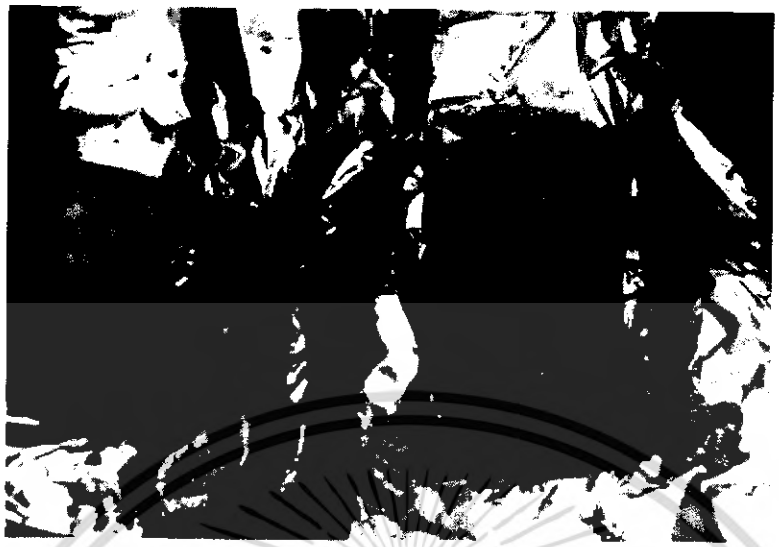
รูปที่ 5.12 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่เวลา 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.13 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่เวลา 20 นาที

รูปที่ 5.14 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่เวลา 30 นาที

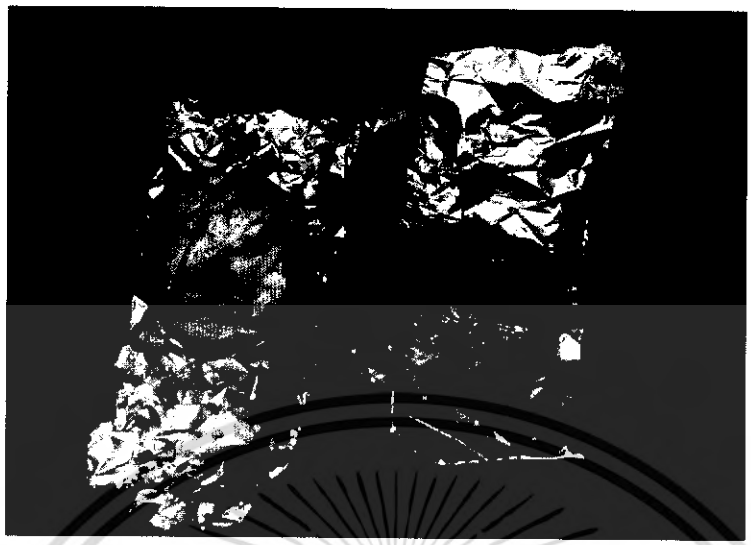
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่อบแล้วที่เวลา 10 นาที

รูปที่ 5.16 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่อบแล้วที่เวลา 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.17 เปรียบเทียบเนื้อหมูที่หมักด้วยเครื่องกับแบบปกติที่อบแล้วที่เวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6

## สรุปผลการทดลอง

### 6.1 สรุปผลการทดลอง

เครื่องหมักสุญญากาศได้รับการออกแบบและสร้างโดยที่ใช้โครงสร้างเป็นเหล็กกล่องขนาด 1×1 นิ้วและขนาด1×2นิ้วตัวถังที่ใช้ในการหมักซึ่งต้องสัมผัสกับเนื้อที่ใช้หมักใช้วัสดุเป็นสแตนเลส ขับเคลื่อนถังให้หมุนโดยมอเตอร์ขนาด1แรงม้า และใช้ปั๊มสุญญากาศที่มีอัตราการดูดอากาศ 3 ลูกบากศ์เมตรต่อชั่วโมง โดยในการทดลองได้ใช้วัตถุดิบในการทดลองเป็นเนื้อหมู เป็นตัวอย่างในการทดลอง การสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นมานี้สามารถนำไปใช้กับเนื้อชนิดอื่น ๆ ได้ด้วยเช่นกัน โดยในการทดลองกำหนดสภาวะของตัวแปร

การทดลองสภาวะในการหมักเนื้อหมูที่ความเร็วรอบหมุนถังหมักคงที่ ที่22รอบต่อนาที โดยศึกษาผลการทดลองที่ค่าความดันสุญญากาศ 3 ระดับ 15,30,45 cmHg และ เวลาในการหมัก 10,20,30 นาที และใช้สารที่ทำการหมักคือ น้ำเกลือ และ น้ำหมูแดงทำจากผงหมูแดงตราโรโบ ทำการทดสอบเนื้อสัมผัส หาค่าความนุ่ม ความเหนียวและความแน่นเนื้อ โดยใช้หัวกดแบบ Warner – Bratzler shear ทำการทดสอบเนื้อ ได้ดังนี้

ปัจจัยที่มีผลในการทดลองมากที่สุด ที่สามารถทำให้เนื้อมีความนุ่มขึ้นคือ เวลาที่ใช้ในการหมัก ส่วนค่าสุญญากาศจะมีผลน้อยมากสำหรับความนุ่มของเนื้อ ค่าสุญญากาศที่เพิ่มขึ้นจะมีผลกับค่าการซึมแพร่ของของเหลวที่ผ่านเข้าไปในเนื้อเป็นส่วนใหญ่ โดยเมื่อเปรียบเทียบดูระหว่างค่าสุญญากาศ45cmHg ที่เวลา 30นาที ให้ค่าความนุ่ม ความเหนียวและความแน่นเนื้อเป็น 34.55N 297.166N.mmและ1.889N.mm ตามลำดับ

### 6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง

1. ควรศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของเนื้อที่สภาวะต่าง ๆ ถึงการเพิ่มค่าสุญญากาศที่เพิ่มขึ้นและเวลาที่มากขึ้นสามารถทำให้เห็นถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนขึ้น
2. ศึกษาการหมักของเนื้อชนิดอื่นเพิ่มเติมเพราะส่วนโครงสร้างของเนื้อแต่ละชนิดนั้นมีโครงสร้างที่ต่างกันจึงมีค่าการเปลี่ยนแปลงที่ต่างกันด้วย
3. การออกแบบครีบภายในถังควรออกแบบให้สามารถถอดเข้าออกได้ เพื่อสะดวกต่อการทำความสะอาดและเปลี่ยนลักษณะครีบเป็นแบบต่าง ๆ
4. ควรศึกษาผลกระทบของขนาดของเนื้อที่ใช้ในการหมัก โดยแบ่งที่ขนาดต่าง ๆ ในการทดลอง ทำให้เห็นผลที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] นิรนาม1 , 2549,การหมักโดยทั่วไป[online],Available:http://www.swu.ac.th[2006,April 12]

[2] นิรนาม2 , 2549 ,ลักษณะการหมัก[online],Available:http://www.manager.co.th/travel/view new.aspx?[2006,April 19]

[3] นิรนาม4 ,2005,เครื่องเทศที่ใช้กับเครื่องหมัก [online],Available:http://www.dougcare.com/[2006,April 13]

[4] นิรนาม3,2549,ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมัก[online],Available:http://www. pxp.nokkrob.org/ Magazine2003/27-interview.html [2006,April 12]

[5] สาธิป รัตนภาสกร,2548,เอกสารประกอบการสอนการอบแห้งและรักษาเมล็ดพืช,ภาควิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[6] ปานมนัส ศิริสมบูรณ์,พิมเพ็ญ พรเฉลิมวงศ์ และ สาธิป รัตนภาสกร,2548,สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ,ภาควิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[7] มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์,2546,เอกสารประกอบวิชาเรียนหน่วยปฏิบัติการวิศวกรรมอาหาร,ภาควิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[8] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญณัฐงาน,2533,การออกแบบเครื่องจักรกล 1 ,บริษัท ซีเอ็ดเคชั่น มหาชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

**ตารางที่ ก.1** แสดงผล % ปริมาณเกลือจากการหมักด้วยเครื่องสุญญากาศ

| ความดัน (P) | เวลา (T) | ปริมาณเกลือ (% w/w ) | |
|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่2 |
| 15 | 10 | 15.395 | 14.011 |
| | 20 | 15.909 | 15.395 |
| | 30 | 15.395 | 18.162 |
| 30 | 10 | 16.770 | 15.395 |
| | 20 | 16.770 | 16.770 |
| | 30 | 16.770 | 18.162 |
| 45 | 10 | 15.395 | 15.395 |
| | 20 | 18.162 | 15.395 |
| | 30 | 18.162 | 18.162 |

**ตารางที่ ก.2** แสดงผล % ปริมาณเกลือ

| ความดัน (P) | เวลา (T) | ปริมาณเกลือ (% w/w ) | |
|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่2 |
| 1 atm | 10 | 12.628 | 11.245 |
| | 20 | 12.628 | 11.245 |
| | 30 | 16.087 | 16.770 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก.3** แสดงค่าคุณลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องหมัก ที่สภาวะต่างๆ

| เวลา (t) | ความดัน (p) | ความนุ่ม (N) | ความเหนียว (N.mm) | ความแน่นเนื้อ (N.mm) |
|---|---|---|---|---|
| 10 | 15 | 57.01 | 434.374 | 3.082 |
| | 30 | 50.186 | 303.023 | 2.871 |
| | 45 | 51.249 | 228.866 | 2.540 |
| 20 | 15 | 44.626 | 316.761 | 2.647 |
| | 30 | 36.423 | 229.564 | 2.325 |
| | 45 | 40.019 | 311.963 | 3.076 |
| 30 | 15 | 31.342 | 156.719 | 2.062 |
| | 30 | 29.676 | 114.088 | 2.429 |
| | 45 | 34.559 | 297.614 | 1.889 |

**ตารางที่ ก.4** แสดงการวัดคุณสมบัติของเนื้อสัมผัสโดยวิธีปกติ ที่สภาวะต่าง ๆ

| ความดัน ( p) | เวลา ( t) | ความนุ่ม ( N ) | ความเหนียว ( N.mm ) | ความแน่นเนื้อ ( N.mm ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 atm | 10 | 70.558 | 455.280 | 4.342 |
| | 20 | 56.120 | 194.014 | 4.579 |
| | 30 | 44.181 | 187.309 | 3.031 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ก.5** แสดงค่าระยะการซึมแพร่ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการหมักด้วยเครื่อง ที่สภาวะต่างๆ

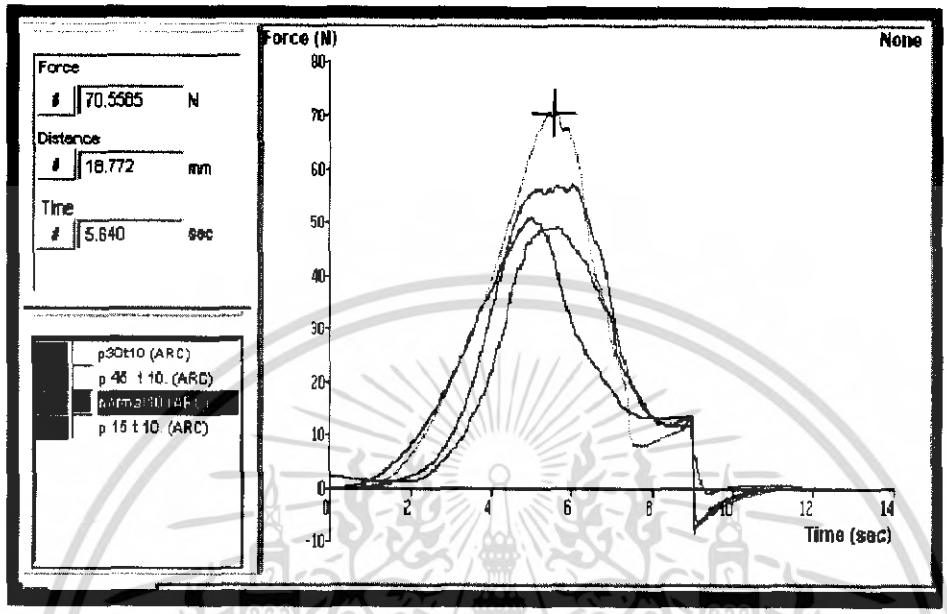
| ความดัน (P) | เวลา (T) | น้ำหนักที่เพิ่มจากการหมัก (g) | | ระยะซึมแพร่จากผิว(mm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่2 |
| 15 | 10 | 4.74 | 4.58 | 0.725 | 0.725 |
| | 20 | 3.18 | 3.94 | 0.775 | 0.825 |
| | 30 | 5.45 | 5.33 | 0.787 | 0.75 |
| 30 | 10 | 3.01 | 4.46 | 0.712 | 0.762 |
| | 20 | 2.64 | 4.88 | 0.762 | 0.775 |
| | 30 | 4.05 | 4.74 | 0.825 | 0.775 |
| 45 | 10 | 4.74 | 4.96 | 0.725 | 0.75 |
| | 20 | 3.18 | 4.56 | 0.775 | 0.775 |
| | 30 | 5.45 | 5.38 | 0.787 | 0.825 |

**ตารางที่ ก.6** แสดงค่าระยะการซึมแพร่ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการหมักโดยวิธีปกติ ที่สภาวะต่าง ๆ

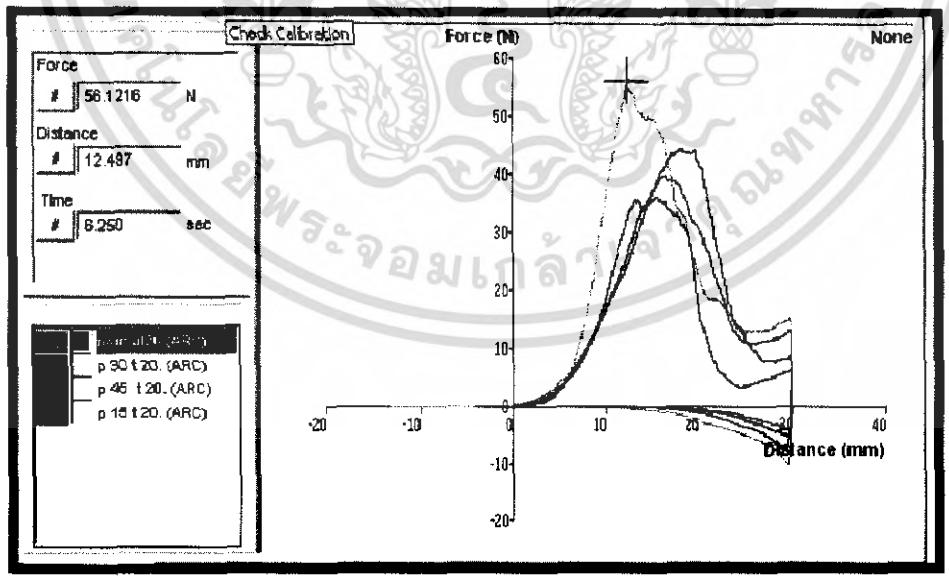
| ความดัน (P) | เวลา (T) | น้ำหนักที่เพิ่มจากการหมัก(g) | | ระยะซึมแพร่จากผิว(mm) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่2 | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่2 |
| 1 atm | 10 | 0.11 | 0.13 | 0.737 | 0.712 |
| | 20 | 0.13 | 0.15 | 0.725 | 0.712 |
| | 30 | 0.22 | 0.15 | 0.750 | 0.712 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ข**

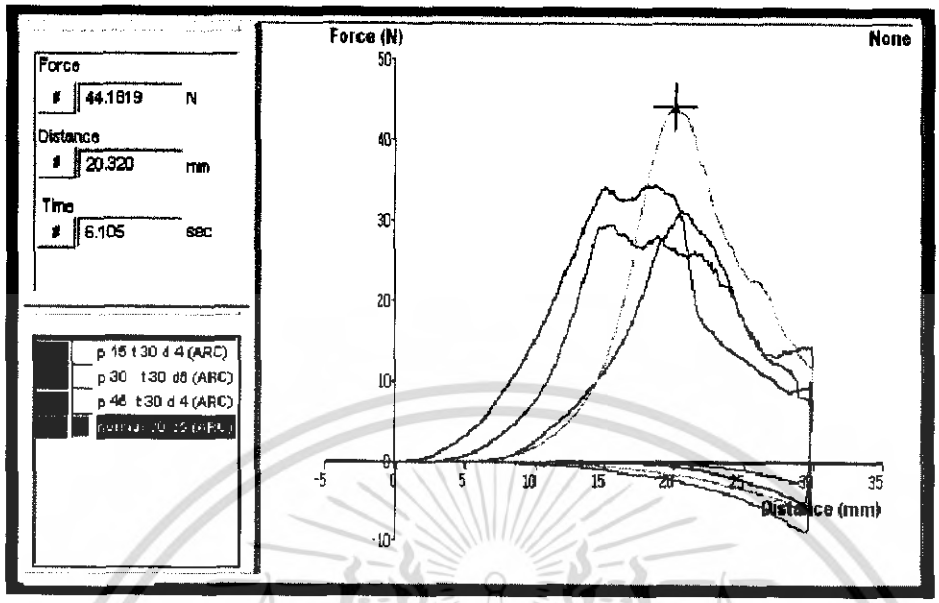



รูปที่ ข.1 กราฟแสดงแรงกดที่กระทำต่อเนื้อหมู ที่ความดัน 4 ระดับ ที่เวลา 10 นาที

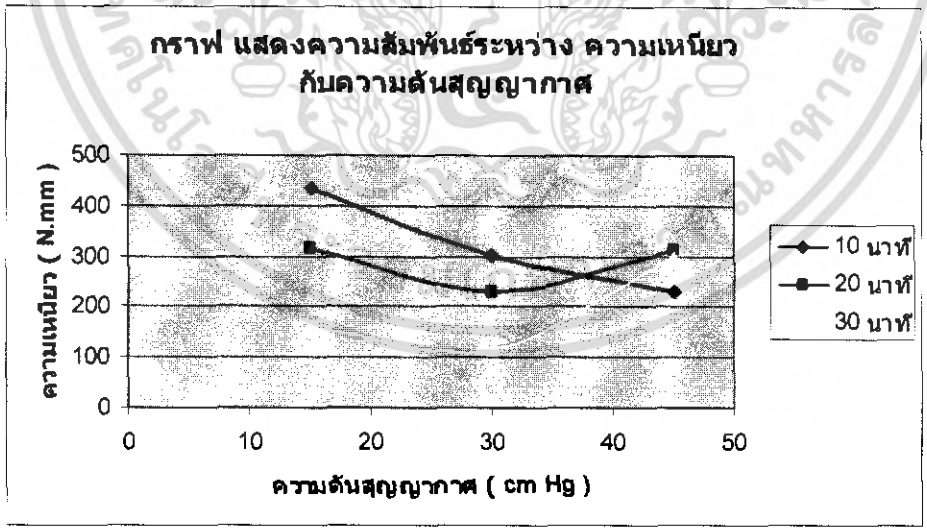



รูปที่ ข.2 กราฟแสดงแรงกดที่กระทำต่อเนื้อหมู ที่ความดัน 4 ระดับ ที่เวลา 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

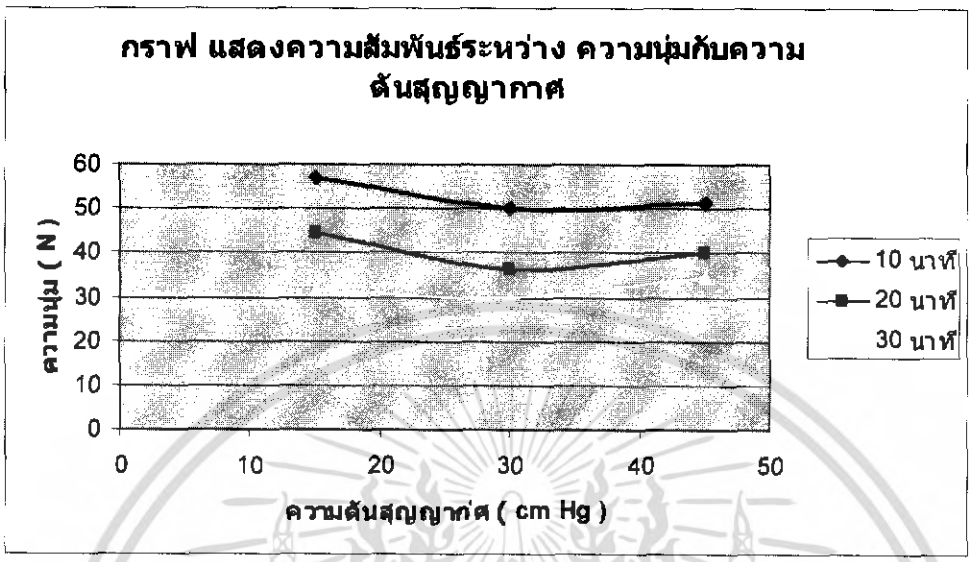



รูปที่ ข.3 กราฟแสดงแรงกดที่กระทำต่อเนื้อหมู ที่ความดัน 4 ระดับ ที่เวลา 30 นาที




รูปที่ ข.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเหนียวกับความแน่นเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

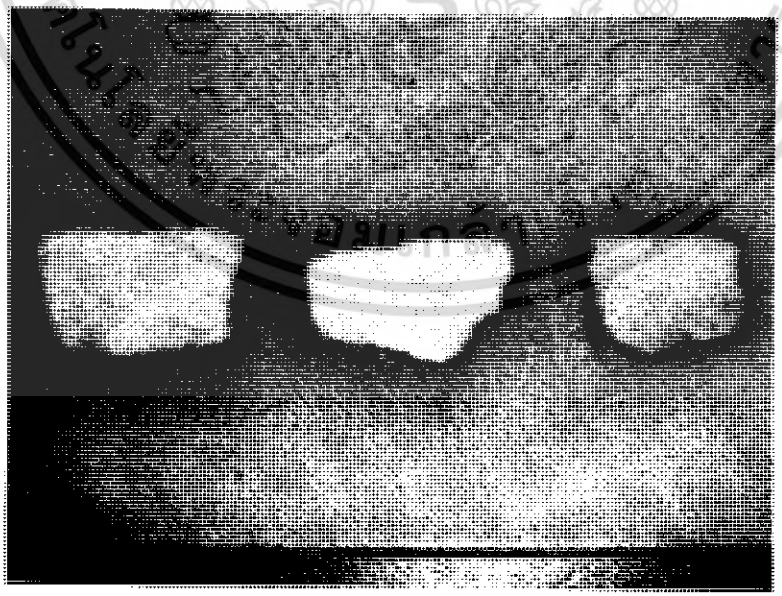



รูปที่ ข.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความนุ่มกัน ความดันสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

รูปที่ ค.1 เนื้อหมูที่หั่นดูระยะการซึมแพร่



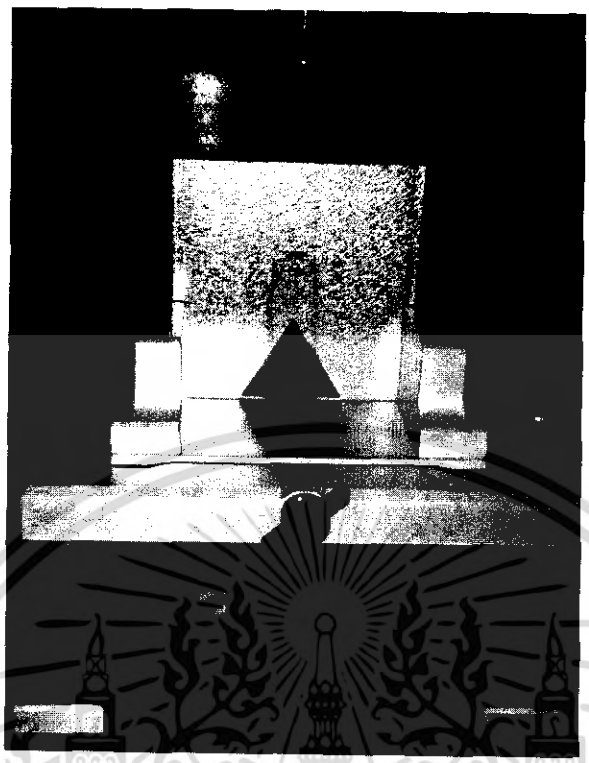
รูปที่ ค.2 เนื้อหมูที่หั่นดูระยะการซึมแพร่(หมักปกติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.3 เนื้อหมูที่หั่นดูระยะการซึมแพร่(หมักด้วยเครื่อง)

รูปที่ ค.4 วัดระยะการซึมแพร่ของเนื้อหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.5 วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อหมู

รูปที่ ค.6 หมักเนื้อหมูด้วยน้ำเกลือวิธีปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้