สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาเครื่องทำข้าวพอง(ข้าวสาลี)

The development of puff Wheat Machine

นายพงษ์ศิริ เรืองเกตุ

นายเฉลิมรัฐ เจริญสุข

zfw
W464 ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....72258.....
วัน,เดือน,ปี...12 ส.ค. 2550

b.....11765811.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาเครื่องทำข้าวพอง(ข้าวสาลี)

The development of puff Wheat Machine

ผู้จัดทำ

นายพงษ์สิริ เรืองเกตุ

นายเฉลิมรัฐ เจริญสุข

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ธีรพงศ์ ผลโพธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเครื่องทำข้าวพอง(ข้าวสาลี)

นายพงษ์สิริ เรืองเกตุ 45015659
นายเฉลิมรัฐ เจริญสุข 47015477
อ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจาร์ที่ปรึกษา
อ.วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการพัฒนาและทดสอบเครื่องทำข้าวพอง ซึ่งประกอบด้วย 1) หม้อแรงดัน 2) ชุดให้ความร้อนโดยใช้เตาแก๊ส infarate 3) ต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1.10 KW 4) ขนาดตัวเครื่องกว้าง 45 cm ยาว 105 cm สูง 120 cm 5) ขนาดตัวถัง ถังมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.42 cm สูง 52 cm น้ำหนักโดยรวม 150 Kg

การทดสอบใช้ความดันของอากาศภายในถังที่แตกต่างกันเริ่มจาก (110 และ 120 psi) และความเร็วรอบการหมุนถังที่ความเร็วต่างกันเริ่มตั้งแต่ (33,36 และ 39 รอบต่อนาที) พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดที่เครื่องทำงานได้ดีอยู่ที่ความดันประมาณ 110 psi ความเร็ว 36 รอบต่อนาที และอุณหภูมิ 406 องศาเซลเซียส อัตราการสิ้นเปลืองแก๊สประมาณ 0.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สามารถทำข้าวพองได้ 1.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทำให้ได้ข้าวสาลีที่มีสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The development of Puff wheat machine

Pongsiri Ruangket 45015659

Charlarmrad Charlarnsuk 47015477

Teerapong Pholpo Advisor

Weerachai Limpornchaicharoen Advisor

2549

Abstract

The objectives of this project are to development of Puff wheat machine. The machine's is consist of 1) Pressure oven 2) oven of gas infarate 3) Electric motor 1.10 KW 4) Puff wheat machine width 45 cm. , length 105 cm. , height 120 cm. 5) Puff wheat diameter is 25.42 cm. , height is 52 cm. Total weight is 150 Kg.

An experiment was designed to use combination pressure in the container (110 and 120 psi) and rotational speed of container (33,36 and 39 rpm). The best condition of machine for working was at 110 psi with speed 36 rpm .For improve the best Puff wheat ; the results showed that suitable temperature is 406 $^{\circ}$C and capacity of 1.5 Kg/hr and has gas consumption of 0.90 Kg/hr , and the best color kernel is yellow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จได้ด้วยดี ถ้าได้ความช่วยเหลือและร่วมมือบุคคลแรกที่ต้องขอขอบพระคุณคือ อาจารย์ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาดครงงานที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องโครงงานได้เป็นอย่างดี รวมถึงอาจารย์วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ ที่ได้ให้คำปรึกษาในด้านงาน CAD/CAM และการวิเคราะห์งานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ขอขอบคุณนายช่างประจำโรงงานประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์เป็นอย่างดีมากๆ รวมไปถึงพี่ๆภาควิชาโยธาที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดสอบวัสดุ

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องที่มีส่วนร่วมให้งานนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีและที่ขาดไม่ได้ที่จะไม่เอ่ยถึงขอขอบพระคุณมารดาอันเป็นที่รักของลูกที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนเงินทุน ยังมีผู้ที่ช่วยเหลืออีกมากที่ผู้จัดทำไม่ได้เอ่ยนาม ต้องขอโทษมา ณ ที่นี้ด้วย ขอขอบคุณทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามมาในที่นี้ด้วยอีกครั้ง ขอขอบพระคุณครับ

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก-ค)
สารบัญตาราง	(ง)
สารบัญภาพ	(จ-ฉ)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 แมกนีเซียม (Magnesium)	3
2.2.1 การเรียกชื่อและการกำกับภาวะประสงค์สำหรับแมกนีเซียมผสม	5
2.2.2 โลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมกับแมงกานีส	6
2.2.3 โลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมกับอะลูมิเนียม	7
2.2.4 กลุ่มโลหะแมกนีเซียมที่เหมาะสำหรับใช้งานในที่อุณหภูมิสูง	7
2.2 การทดสอบความแข็งตามวิธี รอกเวล (Rockwell)	8
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.3.1 ถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์ข้าวสาลี	9
2.3.2 ประโยชน์	9
2.3.3 คุณสมบัติ	10
2.3.4 ลักษณะทั่วไป	11
2.3.5 การผลิตข้าวพองกรอบ	13
2.4 การอบ	13
2.4.1 ผลกระทบต่ออาหาร	15
2.4.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส	15
2.4.3 สี กลิ่น และรส	15
2.4.4 คุณค่าทางโภชนาการ	15
2.5 การแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง (High Pressure Food Processing)	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5.1 ผลของความดันต่อจุลินทรีย์	17
2.5.2 ผลกระทบต่ออาหาร	17
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	17
3.1 จัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	18
3.2 ทดสอบความแข็งของชิ้นงาน	18
3.3 ทำแบบจำลองในคอมพิวเตอร์และทำการวิเคราะห์ชิ้นงานเบื้องต้น	20
3.3.1 วิเคราะห์ชิ้นงานโดยใช้ COSMOSXpess	20
3.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ชิ้นงาน	21
3.4 การแสดงผลการวิเคราะห์	26
บทที่ 4 วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ	41
4.1 การทดสอบสมถรรณของหม้อความดัน	41
4.1.1 วัตถุประสงค์	41
4.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	41
4.1.3 วิธีการทดสอบ	41
4.1.4 สรุปผลการทดสอบ	42
4.2 การทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำข้าวพอง	42
4.2.1 วัตถุประสงค์	42
4.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	42
4.2.3 วีธีการทดลอง	42
4.3 ผลการทดลอง	43
4.4 การทดลองโดยการชิม	44
4.4.1 วัถตุประสงค์	44
4.4.2 วัสดุอุปกรณ์	44
4.4.3 วิธีการทดลอง	44
4.5 ประมวลภาพ	46
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	48
5.1 คุณลักษณะเครื่อง	48
5.2 สภาวะที่เหมาะสม	48
5.3 ข้อเสนอแนะ	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	49
เอกสารอ้างอิง	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติบางอย่างของแมกนีเซียม 4

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของแมกนีเซียมเมื่อเกิดปฏิกริยา 5

ตารางที่ 2.3 ตัวอักษรที่ใช้สัญลักษณ์แทนชื่อธาตุต่าง ๆ 6

ตารางที่ 2.4 ตารางค่าความแข็งของวัสดุตามรอกเวล 8

ตารางที่ 2.5 การถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างการอบ 14

ตารางที่ 2.6 ผลของการใช้ความดันสูงเปรียบเทียบกับการใช้ความร้อนใน
การแปร รูปหรือ ถนอมรักษาอาหาร 16

ตารางที่ 3.1 ค่าที่ได้จากการกดทดสอบ 19

ตารางที่ 3.2 Rockwell hardness scales 19

ตาราวที่ 3.3 โลหะเบาแมกนีเซียมประสมหล่อ 19

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงความหมาย Factor of Safety 26

ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงค่า Factor of Safety 27

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ความดัน 120 psi 43

ตารางที่ 4.2แสดงผลการทดลองที่ความดัน 110 psi 44

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างแบบสอบถาม 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2 .1 ข้าวสาลี	13
รูปที่ 3.1 เครื่องทำข้าวพอง	20
รูปที่ 3.2 การเปิดใช้คำสั่ง COSMOSXpess	21
รูปที่ 3.3 เลือกวัสดุชนิด Malleable Cast Lron	21
รูปที่ 3.4 เลือกจุดยึดให้กับชิ้นงาน	22
รูปที่ 3.5 เลือกชนิดอของ Load ให้กับชิ้นงาน	22
รูปที่ 3.6 กำหนดจุดที่กระทำลงบนชิ้นงาน	23
รูปที่3.7 แสดงการกำหนดแรงที่กระทำภายในหม้อแรงดัน	24
รูปที่ 3.8 เลือก No เพื่อกำหนดขนาด Element	25
รูปที่ 3.9 กำหนดขนาด Element	25
รูปที่ 3.10 เลือก Run เพื่อวิเคราะห์ชิ้นงาน	26
รูปที่ 3.11 แสดงค่า Factor of Safety ที่ความดัน 150 psi	27
รูปที่ 3.12 เลือกประเภทการแสดงผลลัพธ์	28
รูปที่ 3.13 แสดงผล Stress Distribution ที่ความดัน 150 psi	29
รูปที่3.14 แสดงผล Displacement Distribution ที่ความดัน 150 psi	30
รูปที่ 3.15 การเปลี่ยนแปลงของผิววัตถุที่ทดสอบด้วยความดัน 150 psi	31
รูปที่ 3.16 แสดงผล Stress Distribution ที่ความดัน 200 psi	32
รูปที่ 3.17 แสดงผล Displacement Distribution ที่ความดัน 200 psi	33
รูปที่ 3.18 การเปลี่ยนแปลงของผิววัตถุที่ทดสอบด้วยความดัน 200 psi	34
รูปที่ 3.19 แสดงผล Stress Distribution ที่ความดัน 250 psi	35
รูปที่ 3.20 แสดงผล Displacement Distribution ที่ความดัน 250 psi	36
รูปที่ 3.21 การเปลี่ยนแปลงของผิววัตถุที่ทดสอบด้วยความดัน 250 psi	37
รูปที่ 3.22 แสดงผล Stress Distribution ที่ความดัน 300 psi	38
รูปที่ 3.23 แสดงผล Displacement Distribution ที่ความดัน 300 psi	39
รูปที่ 3.24 การเปลี่ยนแปลงของผิววัตถุที่ทดสอบด้วยความดัน 300 psi	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.1 เครื่องทำข้าวพอง	46
รูปที่ 4.2 การทดสอบสมรรถนะหม้อแรงดัน	47
รูปที่ 4.3 เกจวัดแรงดัน	47
รูปที่ 1 เครื่องทดสอบความแข็งแรงวัสดุ	51
รูปที่ 2 ชุดอุปกรณ์ให้ความร้อน	51
รูปที่ 3 มอเตอร์ SEW – EURODRIVE 1400/63 rpm KW 1.10	52
รูปที่ 4 เครื่องวัดอุณหภูมิ	52
รูปที่ 5 ตาราง Rock well hardness Number	53
รูปที่ 6 อุปกรณ์วัดความชื้นข้าว	54
รูปที่ 7 อุปกรณ์วัดรอบ	54
รูปที่ 8 เครื่องชั่งน้ำหนัก	55
รูปที่ 9 แสดงวิธีการเปิดฝาเครื่องอบ	55
รูปที่ 10 การทดสอบความแข็งแรงของหม้อแรงดัน โดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง	56
รูปที่ 11 การทดสอบหม้อแรงดัน ที่ความดัน 250 psi	56
รูปที่ 12 โครงสร้างภายในชุดจับยึด	57
รูปที่ 13 ขาล็อคฝาหม้อแรงดัน	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันข้าวสาลีที่ทำการแปรรูปเป็นข้าวพองยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศอยู่ ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ก็สามารถหาได้ภายในประเทศ ผู้ประกอบการที่ต้องใช้ข้าวพอง(ข้าวสาลี)เป็นวัตถุดิบจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญที่จะลดต้นทุนในการผลิตและลดการนำเข้าของวัตถุดิบ ทางผู้ประกอบการจึงคิดที่จะผลิตเครื่องทำข้าวพองขึ้นใช้เองโดยนำต้นแบบมาจากญี่ปุ่น ซึ่งหลังจากได้ทำการทดสอบเครื่องพบว่าข้าวสาลีที่นำมาทดสอบกับเครื่องให้ผลออกมาไม่ตรงตามความต้องการ เป็นผลสืบเนื่องมาจากความดันที่ใช้ไม่สูงพอที่จะทำให้ข้าวสาลีที่พองไม่ได้ตามต้องการและไม่สามารถควบคุมความร้อนในภาชนะอบข้าวพองได้ ทางผู้ผลิตเครื่องจึงคิดที่จะใช้ความดันให้ตรงตามที่ทางญี่ปุ่นกำหนดไว้ที่ 1.3-1.5 Mpa แต่ไม่แน่นใจว่าเครื่องจะสามารถรับภาระที่เพิ่มสูงขึ้นได้หรือไม่รวมถึงปริมาณความร้อนที่ควบคุมได้ยาก ผู้ผลิตจึงนำเครื่องทำข้าวพองมาให้เพื่อทำการทดสอบและปรับปรุงเครื่องให้ได้ตรงตามที่ต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการทำงานของเครื่องทำข้าวพองในแบบจำลอง

1.2.2 พัฒนาระบบความร้อนและความดันของเครื่องทำข้าวพองให้สามารถควบคุมได้

1.2.3 ทดสอบประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องทำความพอง(ข้าวสาลี)

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาและทดสอบเครื่องให้แน่นใจว่าเครื่องจะสามารถทนความดันที่ 1.3-1.5 Mpa

1.3.2 ปรับปรุงอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้ความร้อนต่อเครื่องให้สามรถควบคุมปริมาณความร้อนได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องทำข้าวพอง ที่มีประสิทธิภาพ

1.4.2 ลดต้นทุนการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แมกนีเซียม (Magnesium)

(1) แมกนีเซียมเป็นโลหะที่สำคัญอีกตัวหนึ่งในกลุ่มโลหะเบา (light metals) และจัดเป็นโลหะที่เบาที่สุด ที่ใช้ในงานวิศวกรรม (ลิเทียมเป็นโลหะที่เบาที่สุดในโลก) แมกนีเซียมมีความหนาแน่นเป็น 2/3 ของอะลูมีเนียมและประมาณ ¼ เท่าของเหล็ก และโละผสมแมกนีเซียมยังมีกำลังวัสดุต่อหน่วยน้ำหนัก (strength – to – weight ratio) สูงมากด้วย นอกจากนี้ แมกนีเซียมยังมีสมบัติการกลึงไสดี

ความเบาของแมกนีเซียมมีประโยชน์ในการทำชิ้นส่วนทางโครงสร้างที่ต้องการน้ำหนักเบา เช่น โครงเครื่องบิน จรวด ชีปนาวุธ สลัก (bolts) หยุดย้ำ (rivets) กระทะล้อรถ ล้อเครื่องบิน ชิ้นส่วนของเครื่องจักที่มีการเคลื่อนที่เร็ว เช่น ชิ้นส่วนบางชิ้นในเครื่องทอผ้า และเครื่องพิมพ์หนังสือ

ประโยชน์ด้านอื่นๆ ได้แก่ ทำแผ่นบล็อกสำหรับงานพิมพ์เป็นธาตุผสมในโลหะอื่น ๆ เช่น อะลูมิเนียม สังกะสี ตะกั่ว และเหล็กหล่อแกรไฟต์กลม เป็นธาตุสำคัญที่ใช้สังสกัดโลหะบางชนิด เช่น ไทเทเนียม และเซอร์โคเนียม ทำหน้าที่เป็นตัวดึงออกซิเจน (deoxidizer) ในกรรมวิธีการหล่อหลอมทองแดงและนิกเกิล เป็นต้น

แมกนีเซียมติดไฟได้ และให้เปลวไฟสว่างจ้า นิยมใช้ทำพลุส่องสว่างในสนามและในการสงคราม

(2) โลหะแมกนีเซียม แมกนีเซียมบริสุทธิ์มีกำลังวัสดุไม่สูง และสมบัติการต้านทานต่อการผุร่อนไม่ดี ส่วนใหญ่ใช้งานด้านเคมี ไม่ค่อยมีที่ใช้ในงานด้านอื่นๆ มากนัก

แมกนีเซียมบริสุทธิ์ทางด้านการค้า (commercially pure magnesium) ประกอบด้วยแมกนีเซียมไม่ต่ำกว่า 99.8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สิ่งแปลกปลอมที่สำคัญคือ อะลูมิเนียม เหล็ก แมงกานีส ซิลิคอน และ ทองแดง

แมกนีเซียมที่ใช้งานในทางวิศวกรรมเกือบทั้งหมดเป็นแมกนีเซียมผสม (magnesium alloya) ธาตุผสมที่สำคัญได้แก่ แมกกานีส อะลูมิเนียม สังกะสี แรเอิร์ธ และเซอร์โคเนียม แมกนีเซียมผสมจึงอาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ตามชนิดของธาตุที่เป็นส่วนผสมสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติบางอย่างของแมกนีเซียม

คุณสมบัติของแมกนีเซียม	**มีค่า**
หมายเลขอะตอม	12
น้ำหนักของอะตอม	24.32
วานเลนซี่	2
โครงสร้างของเหล็ก	c.p.h
มิติของแลคทิสที่	a_o = 3.2023,c_o=5.1998
อัตราส่วน a:c	a:c = 1:1.624
ความหนาแน่นที่ 20°C g/cm^3	1.738
การหดขณะแข็งตัว (% โดยปริมาตร)	4.2
จุดหลอมเหลว °C	650
จุดเดือด °C	1107 ± 10
ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย (cal/g)	88 ± 2
ความร้อนแฝงของการเป็นไอจากสภาพของแข็งที่ 20°C (cal/g)	1460 ± 30
ความร้อนแฝงของการเป็นไอจากสภาพของเหลว (cal/g)	1260 ± 30
ความร้อนจำเพาะที่ 20°C (cal/g/°C)	0.245
การนำความร้อนที่ 20°C (cal/sec.cm^2.°C/cm)	0.367
การขยายตัวด้วยความร้อนที่ 20°C ต่อ °C	25.2 x 10^{-6}
การต้านไฟฟ้าที่ 20°C (ไมโครโอห์ม-cm.)	4.45
การนำไฟฟ้า % IACS	38.6
การสะท้อนแสง (λ = 0.5 μ)	72%
การสะท้อนแสง (λ = 3 μ)	80 %
สี	ขาวเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของแมกนีเซียมเมื่อเกิดปฏิกริยา

ปฏิกิริยาเคมีกับ	รายละเอียด
ออกซิเจน	เกิดเป็นฟิล์มออกไซด์บาง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง ฟิล์มนี้ป้องกันไม่ให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยาต่อไปได้ แหากอุณหภูมิสูงขึ้นจนใกล้จุดหลอมเหลวคุณสมบัตินี้จะหมดไป และหากอุณหภูมิสูงถึง 75 °C ก็จะติดไฟได้เอง (ออกซิเจนไม่ละลายในแมกนีเซียม)
ไนโตรเจน	เกิดไนไตร์ด์ ไนโตรเจนละลานในแมกนีเซียมได้อย่างเร็วที่อุณหภูมิประมาณ 670 °C
กำมะถัน	ป้องกันแมกนีเซียมไม่ให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทีอุณหภูมิปกติ เมื่อรวมกับแมกนีเซียมที่อุณหภูมิ 850 °C ขึ้นไปจะให้ความร้อนมากมาย
ไฮโดรเจน	ละลายกับแมกนีเซียมเหลวได้เล็กน้อย ที่อุณหภูมิสูงไฮโดรเจนรวมกับแมกนีเซียมเป็นไฮโดรด์ที่ไม่เสถียรภาพ
กรดอนินทรีย์	กัดแมกนีเซียมอย่างรุนแรงทั้งในสภาพกรดแก่กรดอ่อน
ด่าง	กัดแมกนีเซียมเล็กน้อย
เกลือ	ทำปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าอย่างเร็วกับแมกนีเซียม
กรดอินทรีย์	ทำปฏิกิริยากันพอสมควร
ฮาโลเจน	รวมกับแมกนีเซียมอย่างรวดเร็ว

2.1.1 การเรียกชื่อและการกำกับภาวะประสงค์สำหรับแมกนีเซียมผสม

มาตรฐาน ASTM B 275 และ B 296 ได้วางหลักเกณฑ์การเรียกชื่อและการกำกับภาวะประสงค์ของแมกนีเซียมไว้ดังนี้

(1) ใช้อักษรภาษาอังกฤษไม่เกิน 2 ตัว ที่เป็นสัญลักษณ์ของธาตุผสม เพื่อแทนชนิดของธาตุผสมหลักที่มีอยู่ในโลหะผสมนั้น การลำดับตัวอักษรให้คำนึงถึงปริมาณของธาตุที่ผสมอยู่เป็นจำนวนมากที่สุด ยกเว้นแมกนีเซียมจะขึ้นต้นก่อน และตามด้วยธาตุที่มีปริมาณรองลงมา ในกรณีที่มีปริมาณธาตุเท่ากับก็ให้เรียงลำดับตัวอักษรตามพยัญชนะอังกฤษ ตงอักษรที่ใช้สัญลักษณ์แทนชื่อธาตุต่าง ๆเป็นตามตารางที่ 10.3 เช่น A-Z หมายถึงแมกนีเซียมที่มีอะลูมิเนียมและสังกะสีผสม

(2) ถัดจากตัวอักษรในข้อ (1) จะเป็นตัวเลข2 หลัก ตัวเลขหลักที่หนึ่งแสดงปริมาณของธาตุผสมตัวแรก ตัวเลขหลักที่สองแสดงปริมาณของธาตุผสมตัวที่สอง ปริมาณของธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้เป็นเลขจำนวนเต็มหากมีเศษให้ปัดเป็นเลขจำนวนเต็มที่ใกล้ที่สุด ในกรณีที่มีทศนิยม 0.5 ให้ปัดเป็นเลขเต็มคู่ที่ใกล้ที่สุด เช่น AZ91 หมายถึงแมกนีเซียมที่ผสมด้วยธาตุอะลูมิเนียมปริมาณระหว่าง 8.6-9.4เปอร์เซ็นต์ และ สังกะสีระหว่าง 0.6-1.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

(3) หลังตัวเลขอาจจะมีอักษรภาษาอังกฤษ 1 ตัว เช่น A,B,C,..... เพื่อแสดงความแตกต่างเล็ก ๆ น้อย ๆ ของโลหะผลมในกลุ่มเดียวกัน ส่วนใหญ่จะเป็นความแตกต่างในเรื่องส่วนผสมที่ผิดแผนกแตกต่างกันเล็ก ๆ น้อย ๆ เช่น AZ91 A และ AZ 91 B เพื่อแสดงให้เห็นว่า AZ 91 B แตกต่างจากAZ91 A โดยที่AZ91 B มีพิกัดการแปลกปนของทองแดงได้สูงกว่าแต่ทั้งนี้ไม่เกิน 0.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นต้น

(4) ส่วนสุดท้ายเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้เขียนต่อท้ายชื่อโลหะแมกนีเซียม เพื่อแสดงภาวะประสงค์ (temper designationt) ของโลหะนั้น ๆ สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงภาวะประสงค์ของแมกนีเซียมเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM B296 และเหมือนกับสัญลักษณ์ที่ใช้กับโลหะอลูมิเนียม ซึ่งดูรายละเอียดได้

ตารางที่ 2.3 ตัวอักษรที่ใช้สัญลักษณ์แทนชื่อธาตุต่าง ๆ

สัญลักษณ์	ธาตุ	สัญลักษณ์	ธาตุ
A	อะลูมิเนียม (Aluminum)	F	เหล็ก (Iron)
B	บิสมัท (Bismuth)	G	แมกนีเซียม(Magnsium)
C	ทองแดง (Copper)	H	ทอเรียม (Thorium)
D	แคดเมียม (Cadmium)	K	เซอร์โคเนียม (Zirconium)
E	แรเอิร์ธ (Rare earths)	L	เบอริลเลียม (Berylium)
M	แมงกานีส (Mangameses)	S	ซิลิคอน (Sillicon)
N	นิกเกิล (Nickel)	T	ดีบุก (Tin)
P	ตะกั่ว (Lead)	Y	พลวง (Antimony)
Q	เงิน (Silver)	Z	สังสะสี (Zinc)
R	โครเมียม (Chromium)		

2.1.2 โลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมกับแมงกานีส

แมงกานีสช่วยเพิ่มกำลังวัสดุให้แมกนีเซียม และที่สำคัญที่สุดแมงกานีสช่วยเพิ่มความทนทานต่อการผุกร่อนของโลหะให้สูงขึ้น

แมงกานีสแปลกปลอมปนอยู่ในโลหะผสมของแมกนีเซียมทั่ว ๆ ไป เพราะเราให้แมงกานีสคลอไรด์ ($MnCl_2$) เป็นฟลักซ์ (Flux) สำหรับคลุมผิวบนของแมกนีเซียมระหว่างการหลอมเหลว เพื่อป้องกันไม่ให้แมกนีเซียมหลอมเหลวทำปฏิกิริยากับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมกนีเซียมชนิดนี้มีราคาถูกกว่าแมกนีเซียมกลุ่มอื่น ๆ นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปทั่วๆ ไป ที่ไม่ต้องการกำลังวัสดุสูงมากนัก ตัวอย่างเช่น โลหะ M A (1.2Mn)

2.1.3 โลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมกับอะลูมิเนียม

แมกนีเซียมกลุ่มนี้มีอะลูมิเนียมเป็นธาตุผสมหลัก มีแมกกานีสและสังกะสีเป็นธาตุผสมรอง ได้แก่ โลหะในกลุ่มAM และAZ ตามลำดับ

ตามปกติโลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมและโลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมกับสังกะสีเป็นโลหะที่สามารถทำกรรมวิธีทางความร้อนเพื่อปรับปรุงกำลังวัสดุให้สูงขึ้นได้โดยการบ่มให้แข็ง (agedhardening) และเมื่อผสมอะลูมิเนียมร่วมกับสังกะสีก็ยิ่งจะให้กำลังวัสดุของโลหะสูงขึ้นอีก โลหะนี้สามารถใช้งานได้ดีภายในอุณหภูมิไม่เกิน 170และจัดเป็นกลุ่มโลหะแมกนีเซียมที่ได้รับการใช้งานมากที่สุดกลุ่มหนึ่ง

โลหะผสมในกลุ่มนี้ที่สำคัญได้แก่ AM100A, AZ31 ,AZ 81A, AZ91 Cและ AZ 92A โลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมกับสังกะสี

แมกนีเซียมนี้มีสังกะสีเป็นธาตุผสมสำคัญ มีเซอร์โคเนียม (Zr) หรือทอเรียม (Th) หรือธาตุในกลุ่มแรเอิร์ธ เป็นธาตุผสมรอง

สังกะสีในแมกนีเซียมช่วยเพิ่มกำลังวัสดุของโลหะให้สูงขึ้น และยังสามารถปรับปรุงให้โลหะมีกลังวัสดุสูงขึ้น โดยการบ่มให้แข็งได้

เซอร์โคเนียมในโลหะผสม ช่วยทำให้โลหะมีเกรน (grain) ละเอียด ซึ่งมีผลทำให้โลหะมีความเหนียวมากขึ้น ดังนั้น โลหะ ZK 51A และZK 61A จึงจัดเป็นโลหะผสมที่มีกำลังวัสดุสูงและมีความเหนียวมากด้วย

การหล่อโลหะผสมระหว่างแมกนีเซียมกับสังกะสีมักจะเกิดรูพรุนในลักษณะตามขึ้นในเนื้อโลหะและมักจะร้าวขณะร้อน (hot crack) จึงทำให้กำลังวัสดุของชิ้นงานหล่อไม่ดีเท่าที่ควร การผสมธาตุทอเรียมหรือธาตุในกลุ่มแรเอิรธจำนวนเล็กน้อย จะช่วยแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้ดี โลหะที่ผสมด้วยแรเอร์ธเพื่อกรณีนี้จะมีราคาถูกกว่าพวกที่ผสมด้วยทอเรียม แต่กำลังของโลหะจะลดลงบ้างเมื่อเปรียบเทียบกับพวกที่ผสมด้วยทอเรียมตัวอย่างโลหะในกลุ่มนี้ เช่น ZK 51A ,ZK61 A, ZH 62Aและ ZE41เป็นต้น

2.1.4 กลุ่มโลหะแมกนีเซียมที่เหมาะสำหรับใช้งานในที่อุณหภูมิสูง

กลุ่มนี้ได้แก่แมกนีเซียมที่ผสมกับธาตุในกลุ่มแรเอิรธ และที่ผสมกับธาตุทอเรียม โดยโลหะทั้งสองพวกนี้สามารถใช้งานในอุณหภูมิสูงถึง 260 °C และ 370 °C ตามลำดับ เพราะธาตุแรเอิร์ธและทอเรียมช่วยคงความแข็งแรงให้กับแมกนีเซียมในอุณหภูมิสูงได้ดี ทั้งยังช่วยเพิ่มครีพสเตรังให้กับแมกนีเซียมด้วย ธาตุผสมที่เสริมเข้าที่สำคัญได้แก่ เซอร์โคเนียม สังกะสี และแมงกานีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง ตัวนี้ต่างช่วยส่งเสริมให้แมกนีเซียมแข็งแรงขึ้น และทนต่อครีพได้ดีขึ้นตัวโลหะที่ใช้กัน คือ EK30 A, EK41 A, EZ33 A, HK31 , HZ32 A, HM31A ฯลฯ

2.2 การทดสอบความแข็งตามวิธี รอกเวล (Rockwell)

ในการทดสอบตามวิธีรอกเวล HRCจะใช้เพรชรูปรวยมีมุม หรือ ตามรอเวลา HRB จะใช้ลูกบอลเหล็กกล้า เส้นผ่านศูนย์กลาง ตามวิธี HRC จะใช้ทดสอบกับชิ้นทดสอบที่เป็นเหล็กกล้าชุบแข็ง และตามวิธี HRB จะใช้ทดสอบกับเหล็กกล้าไม่ชุบแข็ง ผิวทดสอบจะต้องเรียบ (ถึง) เป็นมัน ปราศจากวัสดุอื่นรวมทั้งสารหล่อลื่น

ในเครื่องทดสอบความแข็งสมัยใหมสามารถอ่านค่าความแข็งรอกเวลที่นาพิกาได้ทันที แต่ในกรณีนี้จะเอาค่าความแข็งกรอกเวลาจากระยะความลุก ของหัวเพชรตามสูตรคำนวณ ความลึกรอกจิก e อนญาตให้สูงสุดได้ไม่เกิน 1/10 ของชิ้นงานที่ทดสอบ ด้วยเหตุนี้ผิวชิ้นงานชุบแข็งบางที่ชุบด้วยแก๊สไนโตรเจน จึงไม่สามารถทำการทดสอบได้

ตัวอย่างการอ่านสัญลักษณ์ย่อ

45 ความแข็งตามรอกเวล 45 ตามวิธีรอกเวล

80 ความแข็งตามรอกเวล 45 ตาทวิธีรอกเวล

การทดสอบความแข็งรอกเวล โดยใช้บอลเหล็ก (HRB) จะกระทำคล้ายวิธีใช้เพชรรูปกรวย เพียงแต่เปลี่ยนรูปเพชรกรวยมาเป็นลูกบอลเหล็กชุบแข็ง ใช้แรงกดนำ 10kp แรงกดที่เพิ่มเติม 90 kp ความหนาของชิ้นทดสอบจะเท่ากับ12 เท่าของรอยกดลึกเป็นอย่างต่ำ

ตาราง 2.4 ตารางค่าความแข็งของวัสดุตามรอกเวล

วัสดุ	ความแข็งตามรอกเวล
เหล็กกล้าชุบแข็งด้วยเปลวไฟ	54
เหล็กกล้าเพิ่มคาร์บอน	62
เหล็กกล้าไนโตร	68

ในการทดสอบโลหะไม่ใช่เหล็กหรือพลาสติก ฉนวนและปะเก็น จะใช้บอกเหล็กกล้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/8 1/4 หรือ 1/2 โดยขึ้นอยู่กับความแข็งของวัสดุและชนิด แรงที่ใช้ทดสอบมี 588 980หรือ1471 เช่น การทดสอบความแข็งพลาสติกโดยวิธีทดสอบ HRL ใช้บอลเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ¼ แรงกดทดสอบ 588 สำหรับวัสดุฉนวนและวัสดุปะเก็น ใช้ทดสอบแบบ HRR ใช้ลูกบอลเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 แรงกดทดสอบ 588 ส่วนการทดสอบความแข็งตามวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอกเวล HRA ใช้ทดสอบความแข็งของวัสดุที่แข็งมาก เช่น วูลเฟรมคาร์ไบด์ และอื่น ๆ (ระหว่าง60 ถึง 88 HRA)

วิธีรอกเวล HRB ใช้ทดสอบวัสดุที่แข็งปานกลาง เหล็กกล้าไม่ชุบแข็ง ทองเหลือง บรอนซ์ (ระหว่าง35 ถึง 100 HRB)

วิธีรอกเวล HRC ใช้ทดสอบเหล็กกล้าชุบแข็ง (ระหว่าง 20 ถึง 70 HRC)

วิธีรอกเวล HRF ใช้ทดสอบเหล็กแผ่นที่ผ่านการรีดเย็น ทองแดง และทองเหลืองที่ผ่านการอบมาแล้ว (ระหว่าง60 ถึง 115 HRF)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์ข้าวสาลี

มีการพัฒนาข้าวสาลีมาเป็นพืชปลูกในช่วง 7500 และ 6,500 ปี ก่อนคริสต์ศักราช ในแถบ The Crescent region ในตะวันออกกลาง ในยุคก่อนประวัติศาสตร์มีการปลูกข้าวสาลีในกรีซโบราณ ,เปอร์เซีย ,อียิปต์และทั่วไปในยุโรป จัดเป็นพืชที่สำคัญในภูมิภาคเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อมีการบันทึกประวัติศาสตร์ครั้งแรกในช่วงสหัสวรรษที่3 ก่อนคริสต์กาลมีการเผยแพร่กระจายพันธุ์ไปสู่จีน ในปี ค.ศ. 1529 ชาวสเปนนำข้าวสาลีไปสู่โลกใหม่ มีการปลูกครั้งแรกใน ฟิลิปินส์ใน ค.ศ. 1664 ในบรรดาธัญพืชทั้งหมดข้าวสาลีจัดเป็นพืชที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆได้มากที่สุด มีการปลูกในระดับความสูงของพื้นที่ระดับน้ำทะเลไปจนถึงในระดับความสูงมากกว่า 4,500 เมตร และจากเส้นศูนย์สูตรไปจนถึงแถบขั้วโลก พื้นที่ปลูกข้าวสาลีประมาณ 90% เป็นชนิดที่นำไปใช้ประโยชน์ในการทำขนมปังและอีก 10% เป็น durum wheat ข้าวสาลีเป็นพืชที่มีการปลูกในภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ในวงจำกัด

2.3.2 ประโยชน์

ข้าวสาลีจัดเป็นแหล่งพลังงานของมนุษย์โดยรวมเกือบ 20% สามารถนำไปแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ในหลายรูปแบบทั้งที่เป็นขนมปัง, จะปาตี, ขนมอบ, ก๋วยเตี๋ยว, ฯลฯ รวมทั้งมีการนำไปใช้ประโยชน์เป็นส่วนประกอบของวัตถุดิบในการหมักเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์

ผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีมีการเปลี่ยนแปลงจากสถานะภาพที่เป็นอาหารฟุ่มเฟือยไปเป็นอาหารหลัก ในหลายประเทศในเอเชียมีการผสมแป้งชนิดอื่นกับแป้งข้าวสาลี (5-30%) เช่น แป้งข้าวจ้าว แป้งข้าวโพด

ผลพลอยได้จากการบดแป้งโดยเฉพาะส่วนใหญ่ นำไปเป็นอาหารปศุสัตว์ สัตว์ปีก และกุ้ง เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง(25%) และวิตามิน (B-complex และ E) มีการจำหน่ายจมูกข้าวสาลีเป็นอาหารเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ประโยชน์ข้าวสาลีในด้านอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นการใช้ในการผลิตกาว แอลกอฮอล์ น้ำมันและกลูเทน ตอซังใช้เป็นอาหารปศุสัตว์และใช้เป็นวัสดุปูนอน มุงหลังคาจักสาน ใช้ผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ กล่องกระดาษ ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ เชื้อเพลิงและใช้เพาะเห็ด

2.3.3 คุณสมบัติ

องค์ประกอบของเมล็ดข้าวสาลีประกอบด้วย ส่วนที่หุ้มเมล็ด 7-8 % เอนโดสเปิร์ม 90% และเอ็มบริโอ 2-3% องค์ประกอบหลักของ เอ็มบริโอได้แก่ นำมันและโปรตีนและแป้งเล็กน้อย เอนโดสเปิร์มเป็นแป้ง ล้อมรอบด้วยชั้นแอลิวโลนซึ่งมีโปรตีนสูง เมื่อนำเมล็ดไปบดส่วนหุ้มเมล็ดและเอ็มบริดอถูกแยกออกจากส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์ม เอนโดสเปิร์มบดละเอียดเป็นแป้งข้าวสาลีในขณะที่ส่วนอื่นๆเป็นรำ

เอนโดสเปิร์มมีความแตกต่างทั้งในด้านความแข็งและความใส had bread wheat มีกลูเทนสูง มีลักษณะค่อนข้างใสและsolf wheat ที่มีโปรตีนต่ำ มีลักษณะค่อนข้างขุ่น hard wheat เหมาะสำหรับทำขนมปัง Gluten strength ค่อนข้างต่ำ ควรมีระดับโปรตีนต่ำสุด 12 % และเมล็ดต้องมี เบตาร์แคโรทีน สูง ซึ่งเป็นสารที่ให้สีเหลืองที่ต้องการ ข้าวสาลีมีคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานในระดับสูง โดย ค่าพลังงานของข้าวสาลี 1,000-1,500 kJ/ 100 ก.

(1) องค์ประกอบทั้งเมล็ดหนัก 100 กรัม ได้แก่

น้ำ 11-14 ก.
โปรตีน 8-16 ก.
ไขมัน 1.7-4.0 ก.
คาร์โบไฮเดรต 69-72 ก.
เส้นใย 2-3 ก.
ขี้เถ้า 1.5-1.87 ก.

(2) องค์ประกอบในแป้งข้าวสาลีหนัก 100 กรัม ได้แก่

น้ำ 12.0-12.40 ก.
โปรตีน 10-12 ก.
ไขมัน 1-1.20 ก.
คาร์โบไฮเดรต 74-76 ก.
เส้นใย 0.3-0.4 ก.
ขี้เถ้า 0.3-0.5 ก.

ข้าวสาลีมีกรดอะมิโนไลซีนและธรีโอนินต่ำและรวมทั้งไอโซลิวซีนและวาลีนเป็นแหล่งวิตามินและเกลือแร่ที่สำคัญ น้ำหนัก 1,000 กรัม เมล็ดหนัก 30-50 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ลักษณะทั่วไป

เป็นพืชล้มลุกปีเดียว มักจะเป็นกอ ลำต้นรูปหลอด ส่วนข้อต้น และลำปล้องกลวง ใบออกเป็น 2 แถว ตามแนวตั้งตรงข้อ ติ่งกาบกลม ลิ้นใบเป็นเส้นใบตรงและขนาน ใบแบน ใบบนสุดเรียกว่าใบธง ดอกออกเป็นช่อเชิงลด สลับระนาบเดียว แกนกลางช่อหักงอไปมา แยกออกตรงข้อ (พันธุ์ป่า) หรือทนทาน (พันธุ์ปลูก) ช่อดอกย่อยเป็นช่อเดี่ยวในแต่ละช่อของแกนกลางช่อ มีหรือไม่มีรยางค์แข็ง แบนข้างมี 3-9 ดอก ดอกย่อยสมบูรณ์เพศดอกบนสุดหรือรองลงมา ตามปกติฝ่อ ในบางครั้งมีดอกย่อยสมบูรณ์เพศเพียง 1 ดอก แยกในส่วนเหนือกาบช่อย่อยและระหว่างดอกย่อย กาบช่อย่อยบางคล้ายกระดาษ มีนาดไม่เท่ากัน มีเส้นใบ 5-11 เส้น มีลักษณะเป็นสัน-2 สัน มีขนาดไม่เท่ากัน ปลายเรียวแหลมไปจนถึงมีลักษณะเป็นรยางค์แข็ง กาบล่างกลมในส่วนหลังหรือมีลักษณะเป็นสัน อย่างน้อยในส่วนใกล้กับส่วนปลาย มีรยางค์แข็งหรือเป็นรูปมน กาบบนมี 2 สัน มีขนครุยสั้นบนสันกลีบเกล็ด 2 อัน มีขนครุยสั้น เกสรเพศผู้ 3 อัน เกสรเพศเมียมีรังไข่ 1 อัน ส่วนปลายเป็นรยางค์ขนาดเล็กมีขนปกคลุม ยอดเกสรเพศเมียมี 2 อัน มีขนยาวนุ่มปกคลุม ผลเป็นเมล็ดธัญพืชรูปรี ส่วนใหญ่ของผลเป็นเอนโดสเปิร์ม เอ็มบริโอประกอบด้วยใบเลี้ยงธัญพืชมีลักษณะคล้ายจานฐานดอก เนื้อเยื่อหุ้มยอดแรกเกิดห่อหุ้มยอดอ่อน มีใบอ่อน 3 ใบ และปลายยอดและส่วนเนื้อเยื่อหุ้มรากแรกเกิดซึ่งเปลี่ยนเป็นรากปฐมภูมิ

-T.aestidum ต้นสูง 40 –150 ซม. รากแรกเกิด 2-6 ราก และรากทุติยภูมิหลายราก มักจะแตกกอมาก (มีถึง 40 หน่อในแต่ละต้นขึ้นอยู่กับพันธุ์และสิ่งแวดล้อม แต่ตามปกติมี 2-5 หน่อ) ผิวลำต้นเกลี้ยง มีข้อและลำปล้อง 4-7 อัน บางครั้งมีจำนวนมากกว่า ลำปล้องมีขนาดเพิ่มขึ้นจากด้านล่างขึ้นไปด้านบนใบขนาด 15 –40 ซม. * 1-3 ซม. ผิวเกลี้ยงหรือมีขนปกคลุมมีรูปร่างขนาดและความแน่นของช่อต่างกัน รยางค์แข็งถ้ามีอาจยาวถึง 16 ซม. เมล็ดด้านบนเป็นร่องตรงกลาง มีสีน้ำตาลแดง ขาวหรือสีปานกลาง

-T. turgidum ช่อดอกแบบช่อเชิงลด มีขนและเคราและแบนด้านหน้าแคบและกว้างกว่ามากในด้านที่เมล็ดเรียงตัวเป็น 2 แถว ช่อดอกย่อยตามปกติมีลักษณะแบน เรียงตัวติดกันแน่น ซ้อนเหลื่อมกันในแถวด้านข้าง กาบช่อย่อยมี 1 สัน เกิดจากส่วนที่เป็นเส้นใบมีลักษณะเป็นปีกแหลม ในส่วนใกล้แกนเส้นใบในด้านไกลแกนอื่นเห็นได้ชัดแต่ตามปกติไม่เป็นรอยย่น กาบล่างตามปกติมีรยางค์แข็งยาว

การเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวข้าวสาลีในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตามปกติใช้เคียวเกี่ยว มีการใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยวน้อยมาก การเก็บเกี่ยวในช่วงที่เมล็ดแก่ตามสภาพทางสรีระวิทยาต้องนำไปตากให้เมล็ดแห้งก่อนนำไปนวด โดยการกองรวมกันหรือแผ่ออกและตากแดดให้แห้ง การนวดเมล็ดข้าวสาลีทำได้ยากกว่าในข้าว อาจะทำโดยการตีด้วยไม้นวดข้าว ย่ำด้วยคนสัตว์หรือแทรคเตอร์ขนาดเล็ก หรือโดยการฟาดช่อรวงกับกำแพง ถังน้ำมันหรือเกวียน เพื่อให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดหล่นลงไปในภาชนะบรรจุหรือตกลงบนเสื่อ มีการสูญเสียเมล็ดมากพอประมาณในการนวดเมล็ดโดยใช้วิธีดังกล่าวข้างต้น รวมทั้งมีการใช้เครื่องนวดเมล็ดข้าวที่ใช้แรงงานคนหรือเครื่องยนต์

ผลผลิต ผลผลิตข้าวสาลีที่ปลูกเป็นการค้าในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีปริมาณตั้งแต่ 32-48 กก./ไร่ ไปจนถึง 400 กก./ไร่ มีผลผลิตโดยเฉลี่ยประมาณ 160 กก./ไร่ บนที่สูง (ระดับความสูงของพื้นที่สูงกว่า 1,200 ม. ในอินโดนีเซีย) และในบริเวณที่อยู่ในเส้นรุ้งทางตอนเหนือ (ตอนเหนือของไทยและเวียดนาม) อาจจะมีผลผลิตจากแปลงทดลอง 480-640 กก./ไร่ ผลผลิตเมล็ดมีแนวโน้มลดต่ำลงในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง ความชื้นสูง มีปัญหาโรคมาก และมีการใส่ปุ๋ยน้อย ผลผลิตข้าวสาลีในประเทศที่กำลังพัฒนาทั่วโลกโดยเฉลี่ย 400 กก./ไร่ มีรายงานผลผลิตสูงสุดข้าวสาลีที่ปลูกในฤดูใบไม้ผลิ 2.08 ตัน/ไร่

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว หลังการนวดเมล็ดทำการแยกส่วนที่เป็นฟาง เมล็ดอ่อน ทราย ก้อนหินและเศษวัสดุแปลกปลอมอื่น ๆ ออกากเมล็ด ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงได้โดยทั่วไปวิธีการฝัดเมล็ดโดยใช้แรงงาน ซึ่งเป็นวิธีใช้แรงงานและเวลามาก ได้ผลไม่ค่อยดีเท่าที่ควร เครื่องมือทำความสะอาดและอบแห้งเมล็ดที่ใช้แรงงานคนหรือเครื่องยนต์ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น มีการตากแดดเมล็ดบนหลังคาและบนถนน ประมาณความชื้นในเมล็ด 13-14% จัดว่าเหมาะสมในการเก็บรักษา และในสภาพอุณหภูมิและความชื้นสูงอาจจะทำให้เมล็ดเสียหายได้ ในบางประเทศในเอเชียมีไซโลขนาดใหญ่และอุปกรณ์ที่ทันสมัยสำหรับเก็บเมล็ด ในระดับฟาร์มมีการปรับใช้วิธีการเก็บเมล็ดที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยโดยการเก็บเมล็ดในกระป๋อง ถังที่เป็นโลหะ โอ่งดินเผา หรือถังพลาสติก มีการเก็บเมล็ดในปริมาณมากที่ยุ้งที่ทำด้วยไม้ไผ่หรือดินเหนียว การนำเมล็ดมาผึ่งให้แห้งเป็นครั้งคราวมีส่วนในการรักษาความมีชีวิตของเมล็ดถ้าไม่ได้เก็บเมล็ดในภาชนะที่กันอากาศได้ การดากแดดเมล็ดเป็นวิธีการควบคุมแมลงที่ใช้แพร่หลายมากที่สุด โดยแมลงส่วนใหญ่จะออกไปเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 40-44 องศา มีการควบคุมโดยใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดแมลงน้อยมากเนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่าย และเนื่องจากเมล็ดที่จะใช้เป็นเมล็ดพันธุ์และเพื่อการบริโภคมีการเก็บรวมกัน มีการควบคุมหนูโดยการป้องกันไม่ให้เข้ามาอาศัยในสถานที่เก็บเมล็ด

แหล่งพันธุกรรม แผนงานส่งเสริมการปลูกข้าวสาลีในประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงได้โดยทั่วไปได้รับการสนับสนุนเชื้อพันธุ์ข้าวสาลีส่วนใหญ่จาก the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT เม็กซิโก) และจาก the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA ซีเรีย) โดยในศูนย์วิจัยดังกล่าวนี้มีแผนงานปรับปรุงพันธุ์ขนาดใหญ่และมีการเก็บรวบรวมเชื้อพันธุ์ข้าวสาลีไว้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้มีการเก็บรวบรวมเชื้อพันธุ์เป็นจำนวนมากในอินเดีย สหรัฐอเมริกาและรัสเซีย แผนงานปรับปรุงพันธุ์ในแต่ละประเทศมีการเก็บรักษาเชื้อพันธุ์หลักที่นำมาใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การผลิตข้าวพองกรอบ

วัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นเมล็ดข้าวสาลี่ ข้าวเจ้า ข้าวโอต หรือข้าวบาร์เลย์ เตรียมได้โดยการทำความสะอาดเมล็ดปรับสภาพความชื้นโดยวิธีการคลุกเคล้ากับน้ำในถังที่หมุนวนช่วยในการขัดผิวของเมล็ดได้ด้วย จนมีความชื้นประมาณ 30 - 35 % นำมายังหม้อต้ม แล้วเติมน้ำตาล เกลือ และไขมัน ทำการต้มด้วยความดัน 20 lb/in^2 หลังจากนั้นจึงนำมาทำให้แห้งจนมีความชื้นอยู่ที่ประมาณ 14 – 16% มีลักษณะเป็นเม็ดๆ บรรจุลงในหม้อหรือลำกล้องเป็นท่อทรงกระบอกมี 2 ชั้น ชั้นนอกเป็นส่วนให้ความร้อนจากไอน้ำเดือดที่ฉีดผ่านเข้ามาโดยรอบชั้นนอกหรือจะใช้ความร้อนจากเตาแก๊สโดยตรงทำให้ภายในมีความดันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึง 200 lb/in^2 จึงปล่อยความดันทันทีทันใดที่หัวของลำกล้องคล้ายปืนมีผลทำให้สกรูเม็ดข้าวที่สุกผ่านหัวอัดออกมาในลักษณะที่สุกและพองต่อจากนั้นทำให้แห้งจนมีความชื้นเพียง 3% ด้วยการปิ้งหรืออย่าง ผลิตภัณฑ์พองกรอบที่ปิ้งและทำให้เย็นแล้วนั้น อาจนำมาเคลือบด้วยน้ำเชื่อมจนผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลเคลือบอยู่ 2% - 5% แล้วจึงทำให้เย็นอีก

รูปที่ 2.1 ข้าวสาลี

2.4 การอบ

ในการอบอาหารนั้นอาหารจะได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีจากผนังเครื่องอบ การพาความร้อนจากอากาศที่หมุนเวียนและการนำความร้อนผ่านถาดที่มีอาหารวางอยู่ ความร้อนส่วนใหญ่จะถ่ายเทไปยังอาหารโดยการนำความร้อน แม้ว่าในขนมเค้กจะเกิดการพาความร้อนในช่วงแรกของการให้ความร้อน อาหารจะดูดซับรังสีอินฟราเรดและเปลี่ยนเป็นความร้อนโดยการกระทำของโมเลกุลในอาหาร ส่วนการถ่ายเทความร้อนของอากาศ ก๊าซอื่นๆ และไอน้ำในเครื่องอบเกิดขึ้นโดยการพาความร้อน และเปลี่ยนเป็นการนำความร้อนที่ผิวหน้าของอาหารและที่ผนังเครื่องอบ ฟิมล์บางๆของอากาศเป็นตัวต้านทานการถ่ายเทความร้อนสู่อาหารและการเคลื่อนที่ของไอน้ำจากอาหาร ความเร็วของอากาศและคุณสมบัติผิวหน้าของอาหารจะเป็นตัวกำหนดความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาของชั้นฟิล์มนี้ กระแสการพาความร้อนส่งเสริมให้เกิดการกระจายความร้อนอย่างสม่ำเสมอในตู้อบ มีการติดตั้งพัดลมในตู้อบอุตสาหกรรมเพื่อเสริมกระแสการพาความร้อนตามธรรมชาติ ลดความหนาของฟิล์มฉนวนและเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

การนำความร้อนผ่านจานอบซึ่งสัมผัสกับแหล่งให้ความร้อนจากตู้อบ (over hearth) หรือบนสายพานจะเพิ่มความแตกต่างของอุณหภูมิที่ด้านล่างของอาหารและทำให้เกิดอัตราการอบแตกต่างกันอาหารมีค่าการนำความร้อนต่ำ จึงทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนมีค่าต่ำและมีผลมากต่อเวลาในการอบ ขนาดของชิ้นอาหารเป็นตัวกำหนดระยะทางที่ความร้อนต้องเคลื่อนที่จากผิวอาหารเข้าสู่ใจกลางอาหารเพื่อให้เกิดการอบอย่างพอเพียง

ความชื้นที่ผิวหน้าจะระเหยแลถูกจำกัดไปโดยความร้อนเมื่ออาหารวางอยู่ในตู้อบ อากาศในตู้อบที่มีความชื้นต่ำจะทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอและทำให้ความชื้นเคลื่อนที่จากใจกลางอาหารมาที่ผิวของอาหาร คุณสมบัติของอาหารและอัตราการให้ความร้อนจะเป็นตัวกำหนดปริมาณความชื้นที่เสียไป เมื่ออัตราการสูญเสียความร้อนสูงกว่าอัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในจะทำให้แนวของการระเหยเคลื่อนที่เข้าไปในอาคารทำให้ผิวอาหารแห้งและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นถึงอุณหภูมิของลมร้อน (110-240 ^{0}C) จึงเกิดเปลือกแข็งด้านนอกขึ้น อุณหภูมิภายในอาหารจะไม่เกิน 100^{0}C เนื่องจากการอบเกิดขึ้นที่ความดันบรรยากาศและความชื้นจะเคลื่อนที่ออกจากอาหารอย่างอิสระการเปลี่ยนแปลงนี้เหมือนกับการอบแห้งด้วยลมร้อน แต่การให้ความร้อนอย่างรวดเร็วและอุณหภูมิที่สูงกว่าทำให้องค์ประกอบของอาหารที่ผิวหน้าเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างสลับซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงนี้ช่วยเพิ่มคุณภาพของการบริโภคและรักษาความชื้นภายในก้อนอาหารให้คงอยู่

ตารางที่ 2.5 การถ่ายเทมวลและความร้อนระหว่างการอบ

โซนอาหาร	ชนิดการถ่ายเทมวล	ชนิดการถ่ายเทความร้อน
ฟิล์มบาง	การแพร่ของไอน้ำ	การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสี
เปลือกแข็ง	การแพร่ของไอน้ำ	การนำความร้อน การเคลื่อนที่ของไอน้ำ(การพาความร้อน)
โซนของการระเหย	การแพร่ของไอน้ำ การแพร่ที่ผิว การไหลเนื่องจากแรงแคปิลารี่	การนำความร้อน การเคลื่อนที่ของไอน้ำ และน้ำ
ภายในอาหาร	การเคลื่อนที่เนื่องจากแรงแคปิลารี่	การนำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการใช้พลังงานระหว่างการอบอยู่ระหว่าง 450-650 กิโลจูนต่อกิโลกรัมอาหาร ความร้อนส่วนใหญ่ถูกใช้ไปในการให้ความร้อนแก่อาหารเพื่อระเหยน้ำและทำให้เกิดเปลือกแข็งรวมทั้งเพื่อให้ความร้อนแก่ไอน้ำซึ่งเคลื่อนย้ายผ่านเปลือกและทำให้เปลือกแข็งแห้งและร้อนจัด

2.4.1 ผลกระทบต่ออาหาร

วัตถุประสงค์ของการอบนอกจากจะเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสของอาหารและเพื่อเพิ่มกลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแล้ว การอบยังเป็นการทำลายเอนไซม์และเชื้อจุลินทรีย์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื่องจากสามารถลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ของอาหารได้ในระดับหนึ่ง

2.4.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะของอาหาร (ความชื้น องค์ประกอบของไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตโครงสร้าง เช่น เซลลูโลส แป้ง และเพคติน) อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน ลักษณะเฉพาะของอาหารอบได้แก่ การเกิดเปลือกแข็งซึ่งจะช่วยรักษาความชื้นภายในอหารไว้ (เช่น ขนมปัง มันฝรั่ง) อาหารอื่นๆ เช่น บิสกิต จะถูกอบจนมีความชื้นต่ำและเกิดลักษณะเหมือนเกิดเปลือกแห้งทั่วไปในอาหาร

2.4.3 สี กลิ่น และรส

กลิ่นที่ได้จากการอบเป็นลักษณะเฉพาะของประสาทสัมผัสที่สำคัญของอาหารอบ การได้รับความร้อนสูงของผิวอาหารทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและกรดอะมิโน

สีน้ำตาลทองที่เกิดขึ้นในอาหารอบเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด การเกิดคาราเมลของน้ำตาลและเด็กทริซ์ซึ่งอยู่ในอาหารหรือเกิดจากไฮโดรไลซิสแป้งเฟอราล (furfural) และไฮดรอซีเมทิลเฟอร์เฟอราล (hydroxymethyl furfural) การเกิดคาร์บอไนเซชัน ของน้ำตาล ไขมันและโปรตีน

2.4.4 คุณค่าทางโภชนาการ

อาหารอบหลายชนิด เช่น ขนมปัง เป็นอาหารหลักที่สำคัญรวมถึงเป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน และเกลือแร่ที่สำคัญในหลายประเทศ ไลซีนเป็นกรดอะมิโนที่มีน้อยในแป้งสาลีและถูกทำลายได้ง่ายในระหว่างการอบ

การเปลี่ยนแปลงด้านคุณค่าทางโภชนาการเกิดขึ้นมากที่สุดที่ผิวของอาหาร อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดผลกระทบต่อการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การแปรรูปอาหารโดยใช้ความดันสูง (High Pressure Food Processing)

ได้มีการศึกษาวิจัยเรื่องการถนอมอาหารโดยการใช้ความดันสูงมากกว่า 100 ปีแล้ว แต่การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพิ่งมีมาไม่นานนี้ และเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่กำลังเป็นที่สนใจในปัจจุบัน เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวมีข้อดีกว่ากระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนหลายประการ อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มขึ้นเพื่อให้สามารถนำวิธีการดังกล่าวไปใช้ได้อย่างปลอดภัย

การใช้ความดันสูงจะช่วยทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์รวมทั้งทำให้โปรตีนและโพลิแซคคาไรด์ในอาหารเสียสภาพ หลักการของการใช้ความดันสูงกับอาหารคือ การบีบอัดน้ำที่อยู่ล้อมรอบอาหาร การลดปริมาตรของน้ำที่ความดันสูงขึ้นถือว่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกันก๊าซ น้ำจะมีปริมาตรลดลงประมาณ 4% ที่ 100 เมกะปาสคาล 7% ที่ 200 เมกะปาสคาล 11.4 % ที่ 400 เมกะปาสคาล ที่ 22 ^{0}C และน้ำจะเปลี่ยนเป็นของแข็งที่ความดันสูงกว่า 1,000 เมกะปาสคาล ณ อุณหภูมิห้อง การเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปของวัตถุชีวภาพที่ความดันสูงกว่า 100 เมกะปาสคาลเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ย้อนกลับ ดังนั้นการประยุกต์ใช้ความดันที่ 100-1,000 เมกะปาสคาล กับอาหารจึงมีประโยชน์มาก โดยอาจใช้ความดันไม่เกิน200เมกะปาสคาลสำหรับผลที่ย้อนกลับได้

ตารางที่ 2.6 ผลของการใช้ความดันสูงเปรียบเทียบกับการใช้ความร้อนในการแปรรูปหรือถนอมรักษาอาหาร

ปรกฏการณ์	การใช้ความร้อน	การใช้ความดันสูง
โปรตีนเกิดการเสียสภาพ	+	+
การดกตะกอนของโปรตีน	+	+
แป้งเกิดเจลาตินไนเซชัน	+	+
การเปลี่ยนแปลงทางเคมี	+	-
เอมไซม์สูญเสียกิจกรรม	+	+
การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์	+	+
การฆ่าแมลงและพยาธิ	+	+
การเร่งการงอกของเมล็ด	+	+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5.1 ผลของความดันต่อจุลินทรีย์

เทคนิคการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือการใช้ความร้อนอย่างไรก็ตามการใช้ความดันสูงก็มีผลในการฆ่าเชื้อเช่นเดียวกัน โดยระดับการฆ่าเชื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ระดับของความดัน เวลาที่ให้ความดัน ชนิดของจุลินทรีย์ อุณหภูมิที่ใช้ และชิดของอาหาร

2.5.2 ผลกระทบต่ออาหาร

การใช้ความดันสูงเป็นการทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ รวมทั้งทำให้โปรตีนและโพลิแซคคาไรด์เสียสภาพ ข้อดีของเทคนิคดังกล่าวคือ อาหารยังคงกลิ่นรสและคุณค่าทางโภชนาการได้ใกล้เคียงธรรมชาติจึงมีศักยภาพสูงในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสใกล้เคียงวัตถุดิบ สามารถเก็บรักษาได้นาน

72258

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1 จัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

(1) เครื่องทดสอบความแข็งของวัสดุแบบรอกเวล
(2) เตาแก๊ส Infarate
(3) ถังแก๊ส
(4) เครื่องชั่ง
(5) เครื่องยนต์เล็ก ขนาด 5.5 แรงม้า
(6) ปั๊มแรงดันสูง
(7) มาตรวัดแรงดัน
(8) Thermocouples (K)
(9) เครื่องวัดอุณหภูมิ
(10) เครื่องวัดความชื้นเมล็ดข้าว
(11) เครื่องวัดรอบ
(12) ถังน้ำ 200 ลิตร
(13) สายยาง
(14) สายแรงดันสูง
(15) Inverter
(16) ข้าวสาลี
(17) ถุงบรรจุข้าว
(18) หมวกนิรภัย
(19) อุปกรณ์ป้องกันเสียง
(20) ถุงมือ
(21) กล้องถ่ายรูป
(22) คอมพิวเตอร์

3.2 ทดสอบความแข็งของชิ้นงาน

การนำชิ้นงานมาทดสอบหาความแข็งแรงของวัสดุเพื่อต้องการรู้ส่วนประกอบของวัสดุและความแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 นำชิ้นงานมาทดสอบโดยชิ้นงานที่ใช้ทดสอบเป็นฝาปิดเครื่องทำข้าวพองซึ่งเป็นวัสดุชนิดเดียวกัน

3.2.2 จัดเตรียมเครื่องทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งวัสดุแบบรอกเวล (Rocwell)
และหัวกดที่ใช้ในการทดสอบความแข็งเป็นหัวกดชนิดบอลขนาด 1/8" แรงกด 60 Kgf แบ่งการกดออกเป็น 3 ครั้ง

ตารางที่ 3.1 ค่าที่ได้จากการกดทดสอบ

ครั้งที่ 1	53.5 HRH
ครั้งที่ 2	58.4 HRH
ครั้งที่ 3	45.8 HRH

3.2.3 นำผลที่ได้จากการทดสอบมาเทียบตาราง Rockwell hardness scales

ตารางที่ 3.2 Rockwell hardness scales

Scale No.	Scale	Indentor	Application
8	H	1/8"	Zinc,Aluminium,Magnesium alloys

3.2.4 จากตารางที่ 3.2 เมื่อเปิดตารางงานโลหะพบชิ้นงานเป็นโลหะเบาประสมซึ่งมีแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบหลัก

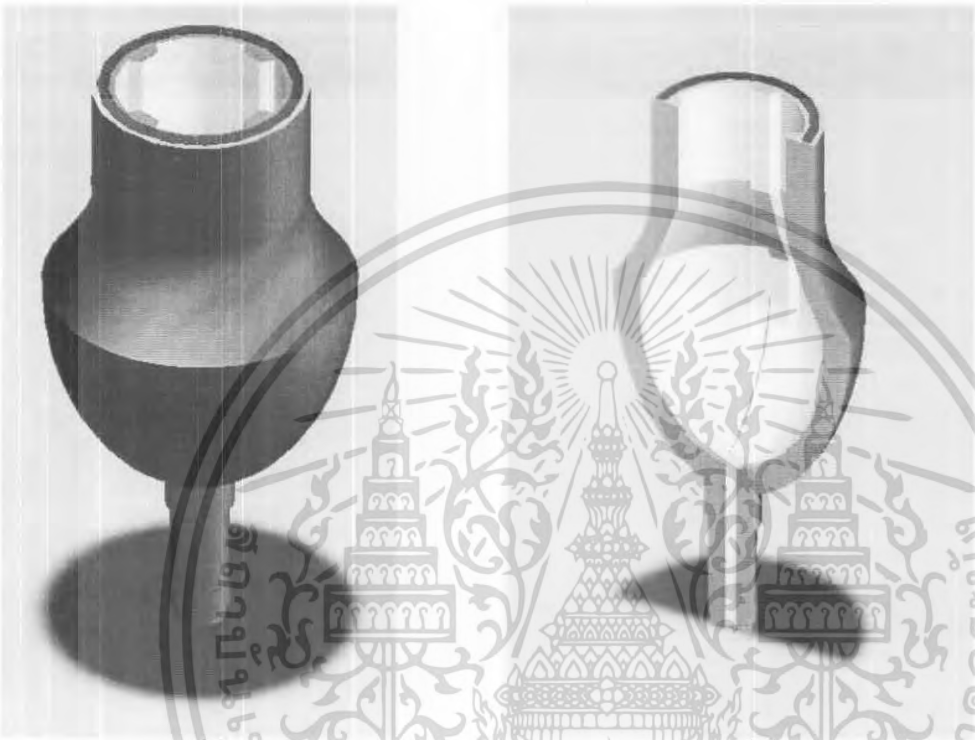
ตารางที่ 3.3 โลหะเบาแมกนีเซียมประสมหล่อ

ชื่อย่อ	หมายเลขวัสดุ	ส่วนประสม in %	ความหนาแน่น Kg/cm^3	ความเค้นแรงดึง N/mm^2	แรงดึงที่จุดยืล N/mm^2	อัตราการยืดตัว in %	คุณสมบัติการใช้งาน
G-MgAl 8 Zn 1	3.5812.01	7.5-9.0Al,0.3-1.0Zn,0.15-0.3Mn,Rest Mg	1.8	160-220	90-110	2-6	ทนต่อแรงกระแทกได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 เมื่อได้คุณสมบัติของวัสดุครบขั้นตอนต่อไปเป็นการทำแบบจำลองในคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบความสามารถของชิ้นงาน

3.3 ทำแบบจำลองในคอมพิวเตอร์และทำการวิเคราะห์ชิ้นงานเบื้องต้น



(a) (b)

รูปที่ 3.1 เครื่องทำข้าวพอง

3.3.1 วิเคราะห์ชิ้นงานโดยใช้ COSMOSXpess

คำสั่ง COSMOSXpess เป็นคำสั่งส่วนย่อยของ COSMOSWorks ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความเค้นพื้นฐานที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานเมื่อมีแรงมากระทำ (Static Load) โดยตัวคำสั่ง COSMOSXpess เป็น Option เพิ่มที่ติดมากับโปรแกรม Solid Works ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ชิ้นงานจะถูกแสดงได้หลายรูปแบบ เช่น แสดงค่าความเค้นที่กระจายบนชิ้นงาน, การเปลี่ยนรูปร่างของชิ้นงานไปในลักษณะใดและบริเวณใดเกิดการเสียหายมากที่สุด, ค่าความเค้นปลอดภัย, รายงานในรูปแบบ HTML และสามารถแสดงเป็นภาพเครื่อนไหวเป็นนามสกุล *.avi

ส่วน COSMOSWorks เป็นโปรแกรมวิเคราะห์ทางวิศวกรรม ที่อาศัยการคำนวณเชิงตัวเลข เทคนิคการคำนวณนี้เรียกว่า “Finite Element Analysis” หรือเรียกย่อๆว่า “FEA”โดยโปรแกรมCOSMOSWorks เป็นโปรแกรมที่ได้รับการยอมรับมานานจากกลุ่มวิศวกรผู้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย SRAC มีจุดประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

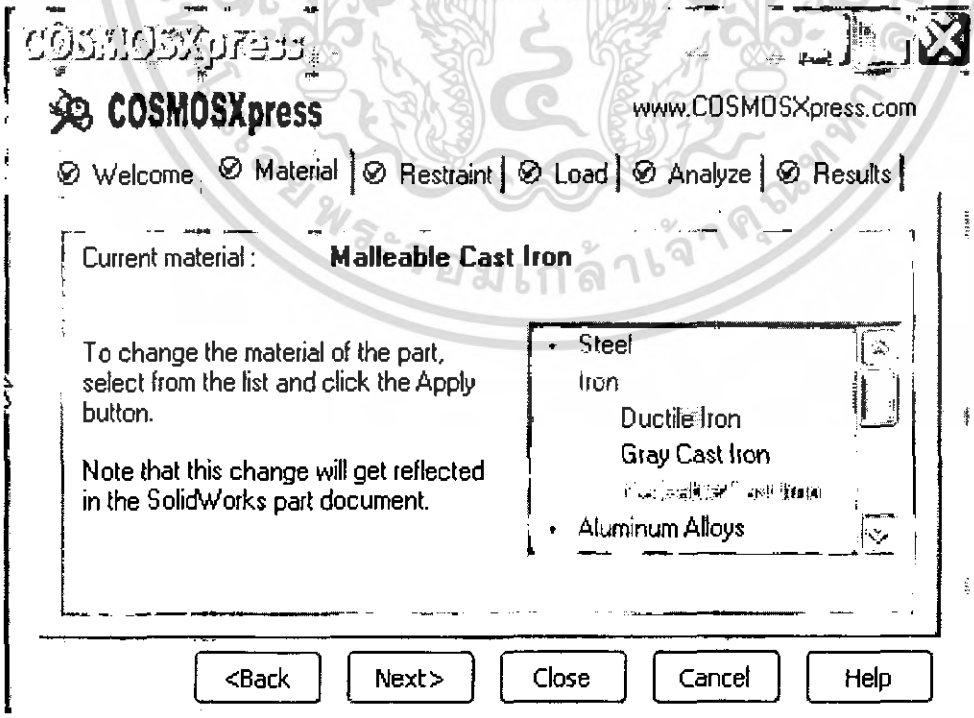
3.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ชิ้นงาน

การทำการวิเคราะห์แรงที่กระทำกับชิ้นงานได้วิเคราะแรงไว้ 4 ระดับ คือ 150 psi, 200 psi, 250 psi , 300 psi ตามลำดับ

(1) ทำการเปิดคำสั่ง COSMOSXpess

รูปที่ 3.2 การเปิดใช้คำสั่ง COSMOSXpess

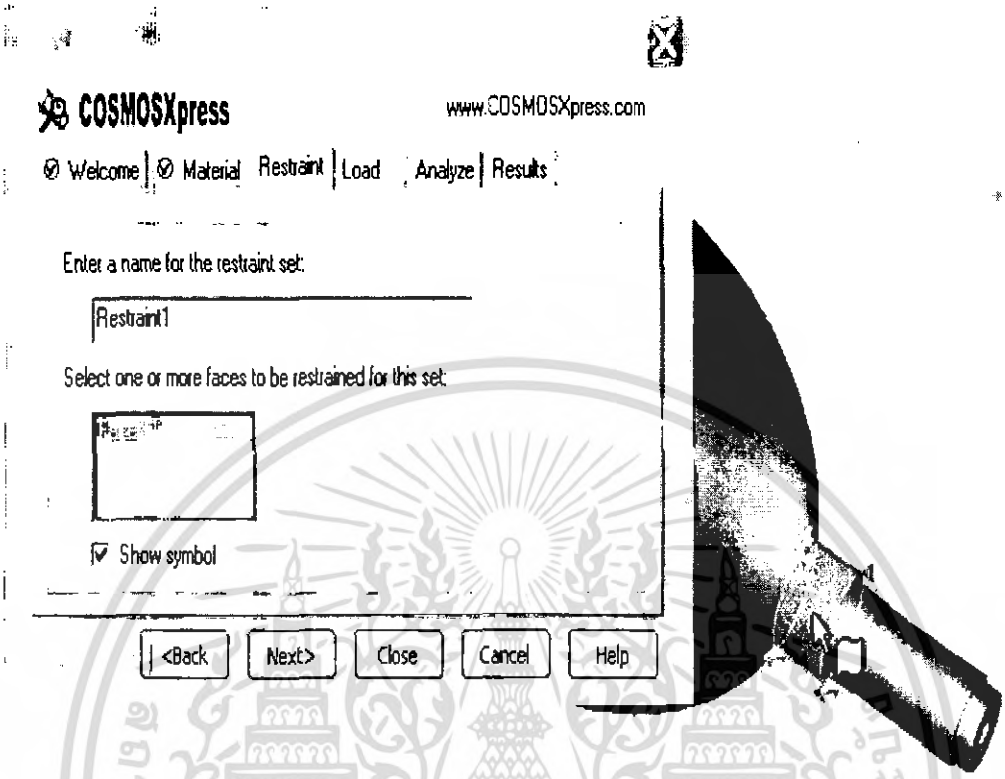
(2) เมื่อโปรแกรมทำงานให้เลือก Next จากนั้นทำการเลือกวัสดุ



รูปที่ 3.3 เลือกวัสดุชนิด Malleable Cast Lron

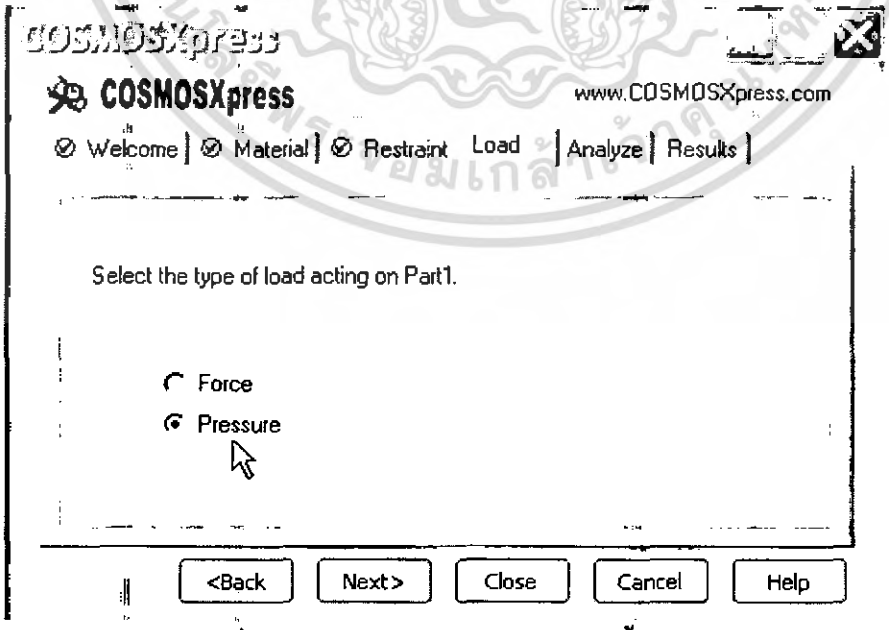
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) กำหนดตำแหน่งจุดยึด



รูปที่ 3.4 เลือกจุดยึดให้กับชิ้นงาน

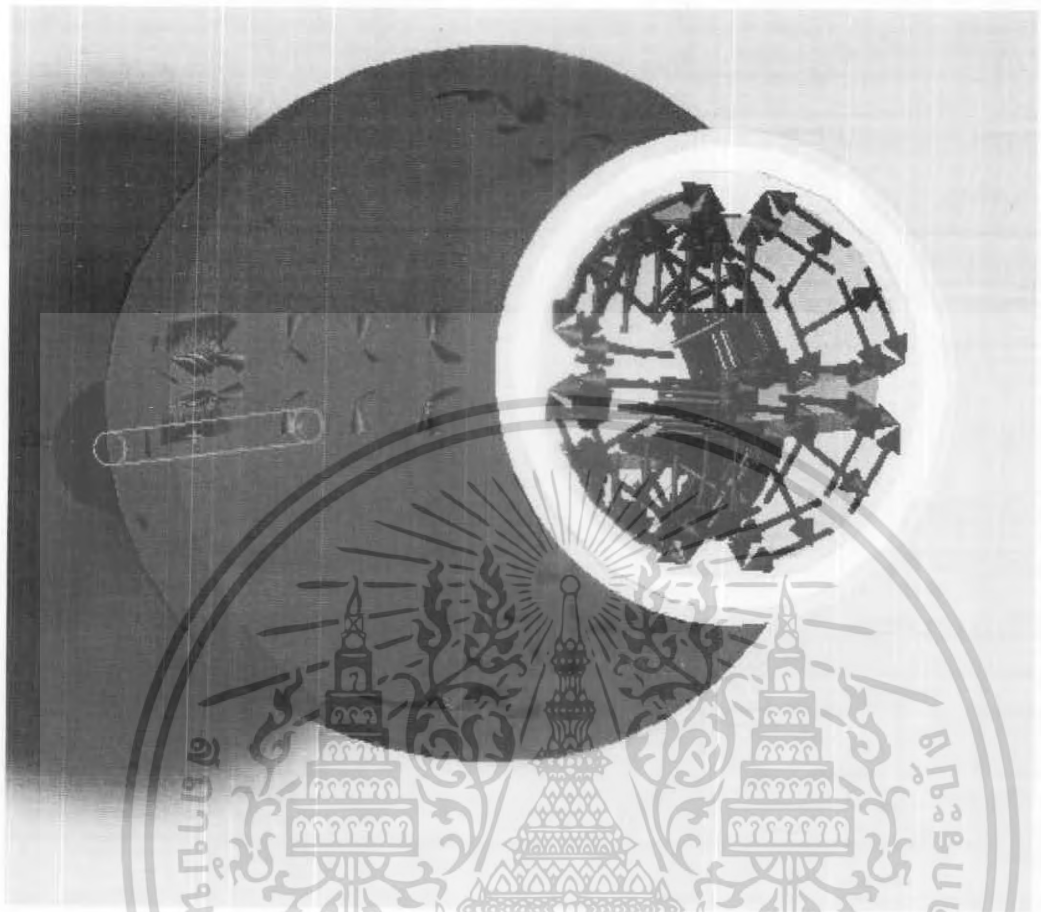
(4) ในส่วนของ Load ให้เลือก Pressure



รูปที่ 3.5 เลือกชนิดของ Load ให้กับชิ้นงาน

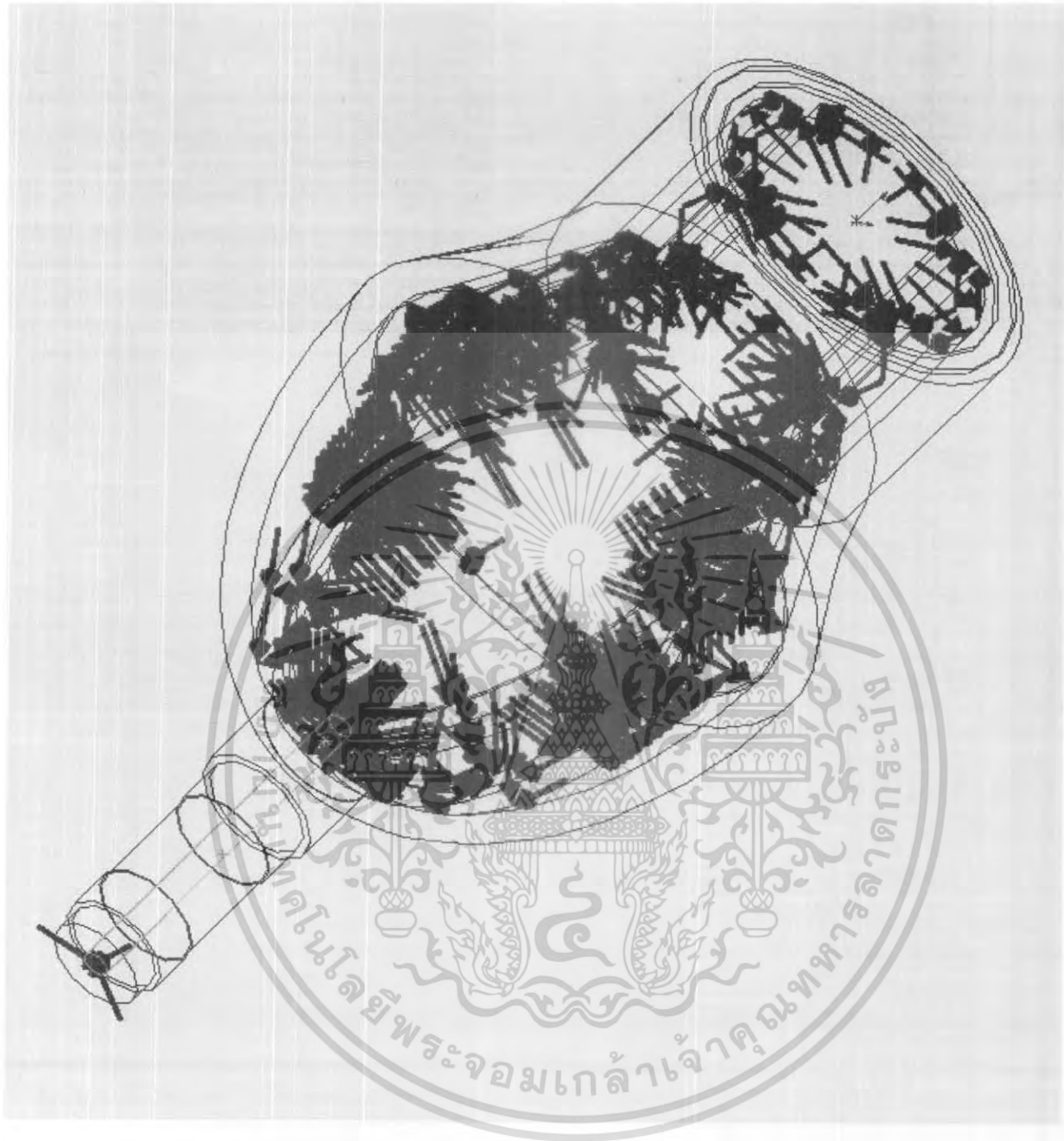
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) กำหนดจุดที่กระทำลงบนชิ้นงานและกำหนดขนาดของแรงที่กระทำ



รูปที่ 3.6 กำหนดจุดที่กระทำลงบนชิ้นงาน

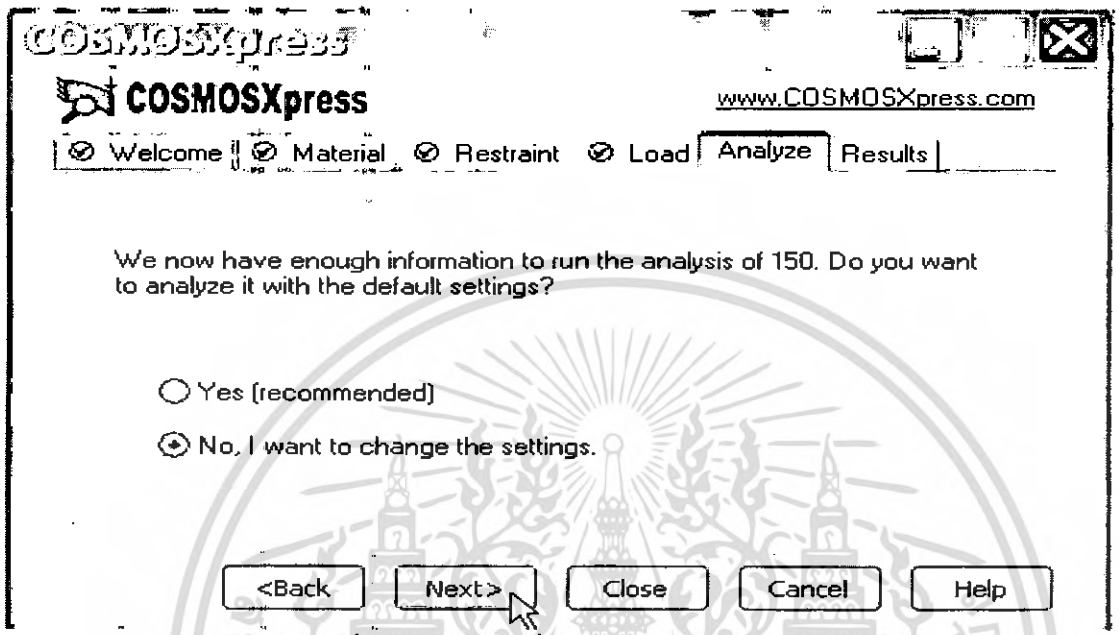
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



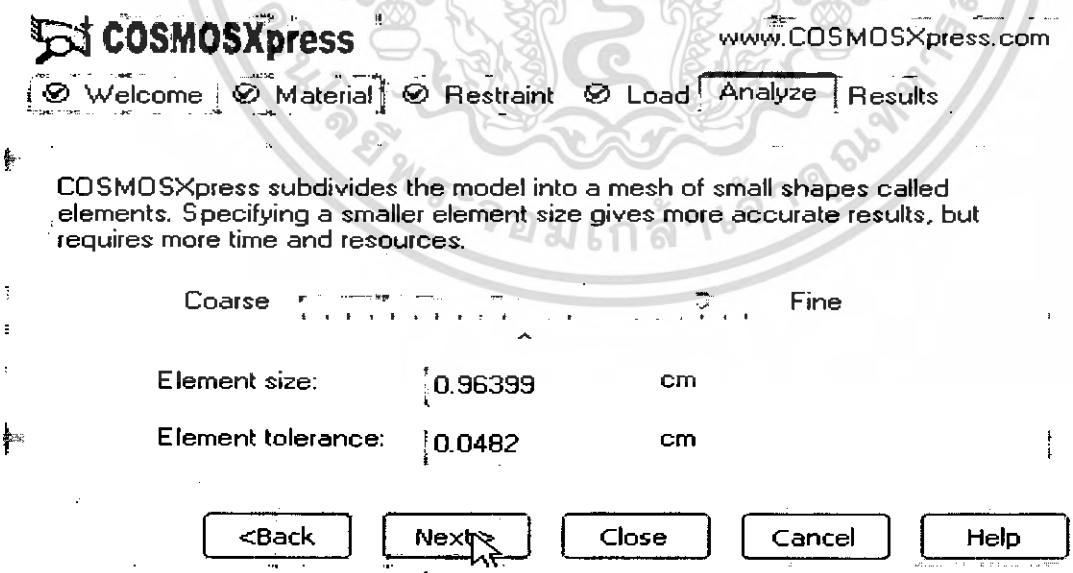
รูปที่ 3.7 แสดงการกำหนดแรงที่กระทำภายในหม้อแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) ทำการ Run โปรแกรม

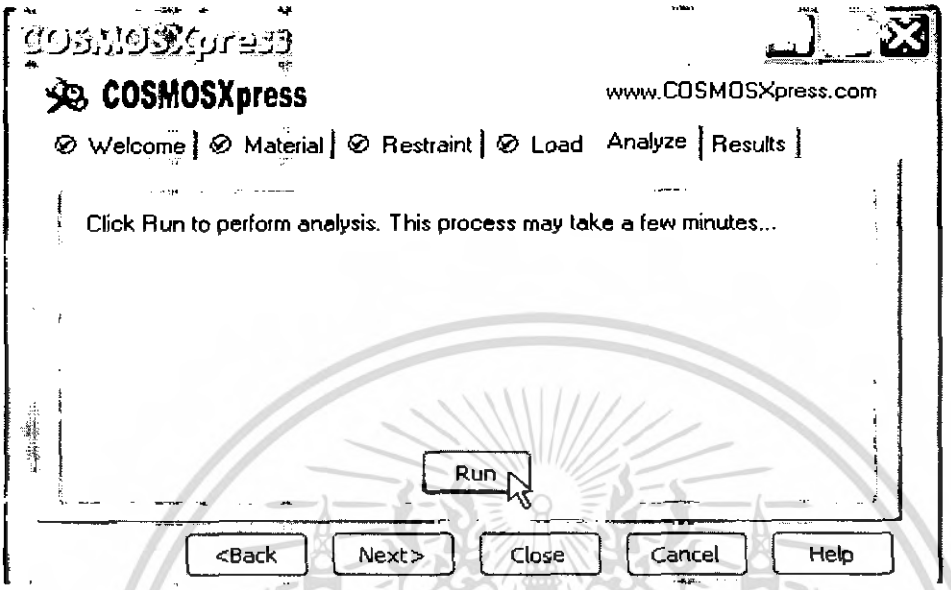


รูปที่ 3.8 เลือก No เพื่อกำหนดขนาด Element



รูปที่ 3.9 กำหนดขนาด Element

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 เลือก Run เพื่อวิเคราะห์ชิ้นงาน

3.4 การแสดงผลการวิเคราะห์

(1) เมื่อโปรแกรมทำการวิเคราะห์ชิ้นงานเสร็จขั้นตอนต่อไปจะเป็นการแสดงผล ซึ่งจะมีพื้นฐานการคำนวณอยู่บนขีดจำกัดความยืดหยุ่น หรือความเค้นที่จุดครากตัวของวัสดุ โดยจะแสดงค่า Factor of Safety

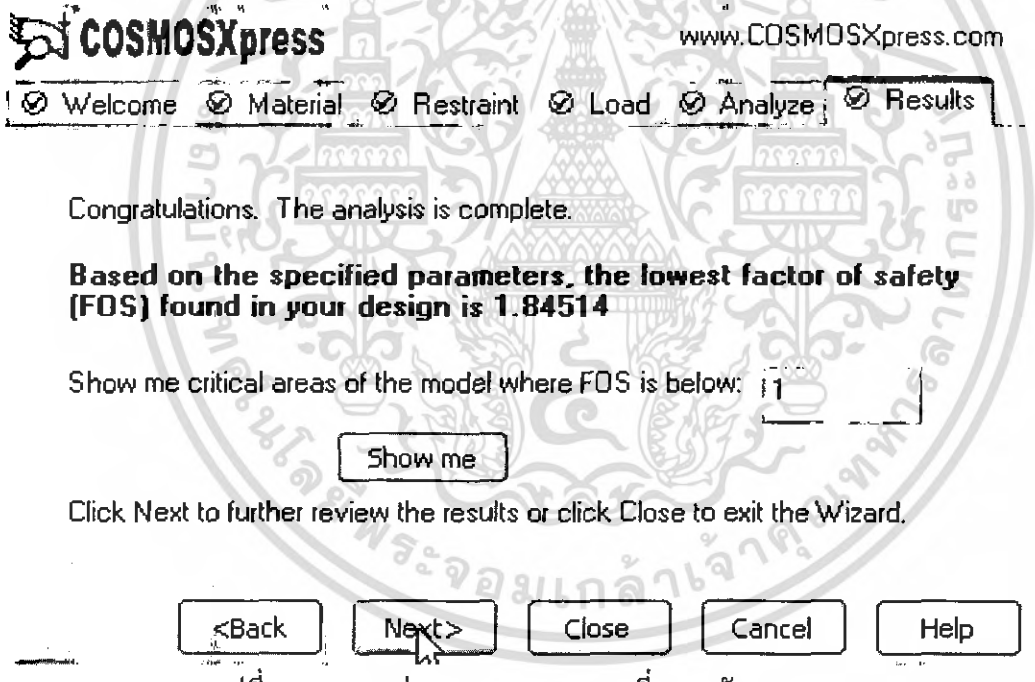
ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงความหมาย Factor of Safety

ค่าตัวเลข	ความหมาย
< 1.0	ชิ้นงานที่ออกแบบไม่สามารถรองรับโหลดที่เกิดขึ้นได้
= 1.0	ชิ้นงานที่ออกแบบอยู่ในขีดจำกัดความยืดหยุ่น
> 1.0	ชิ้นงานที่ออกแบบสามารถรับแรงได้อย่างปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

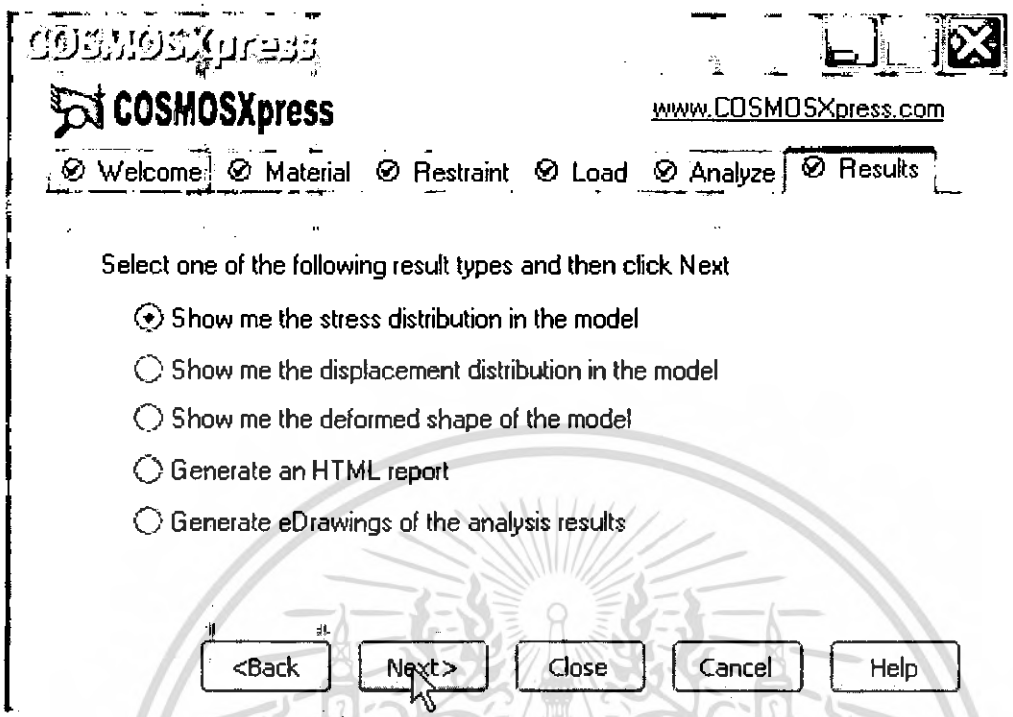
ตารางที่ 3.5 ตารางแสดงค่า Factor of Safety

ขนาดของแรง (psi)	Factor of Safety (FOS)
150	1.84514
200	1.38386
250	1.02668
300	1.04442



รูปที่ 3.11 แสดงค่า Factor of Safety ที่ความดัน 150 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 เลือกประเภทการแสดงผลลัพธ์

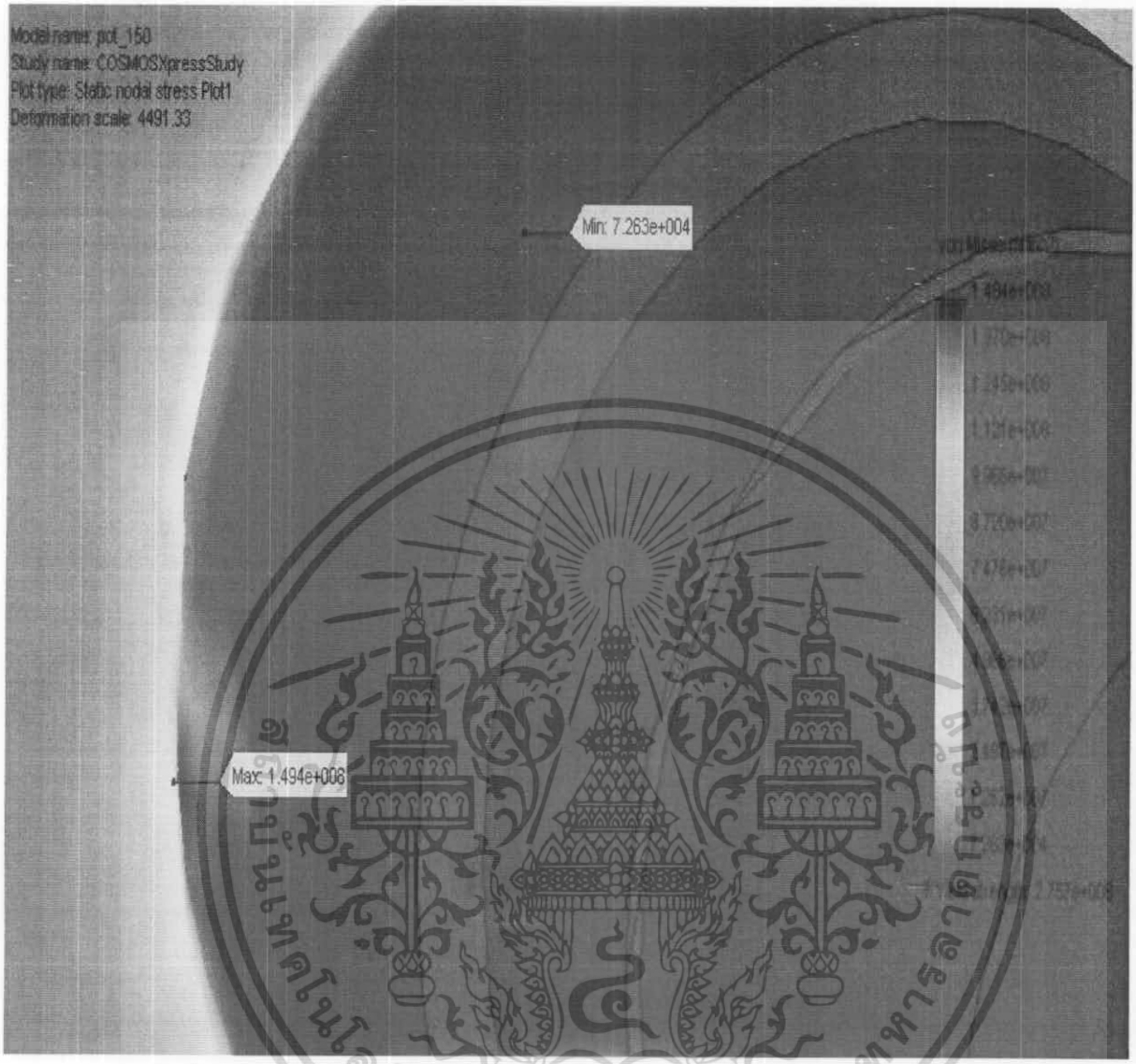
(2) ในโหมด Results ให้แสดงผลแบบ Stress Distribution และ Displacemcnt Distribution บริเวณที่เป็น

สีแดง จะแสดงถึงค่า Stress ที่เกิดขึ้นมากที่สุด

สีน้ำเงิน จะแสดงถึงค่า Stress ที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด

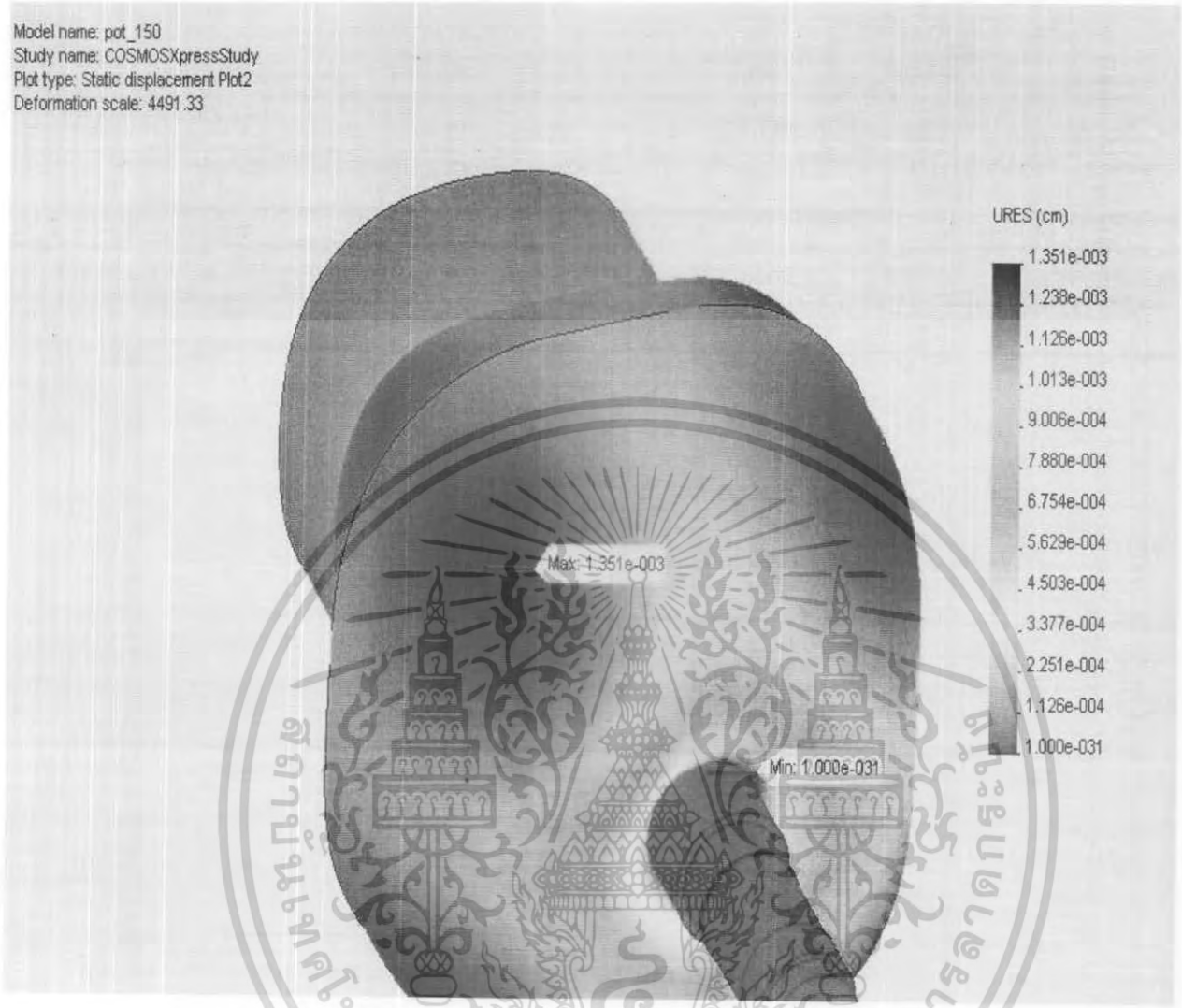
ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์จะเตรียมไว้เพื่อหาค่าระยะการเคลื่อนตัว(Displacement) ,ความเครียด(strains)และความเค้น(stresses) ซึ่งคำตอบจะใช้วิเคราะห์หาระยะความเค้นสูงสุด และนำมาพิจารณาโดยให้เป็นไปตามมาตราฐานการออกแบบ ค่าความปลอดภัยที่ใช้จะประกอบด้วย Von Mises Stress และ ความเค้นหลักมาเปรียบเทียบกับค่าความเค้นที่วัสดุจะยอมให้เกิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



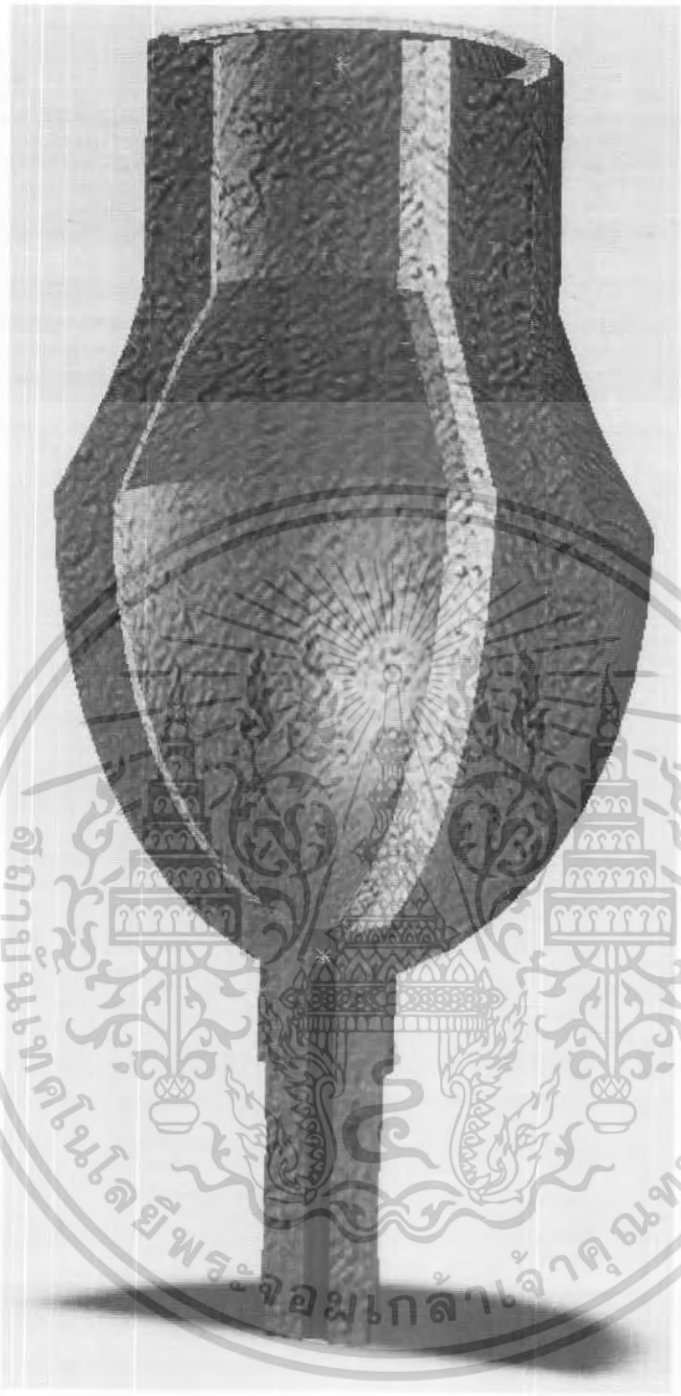
รูปที่ 3.13 แสดงผล Stress Distribution ที่ความดัน 150 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



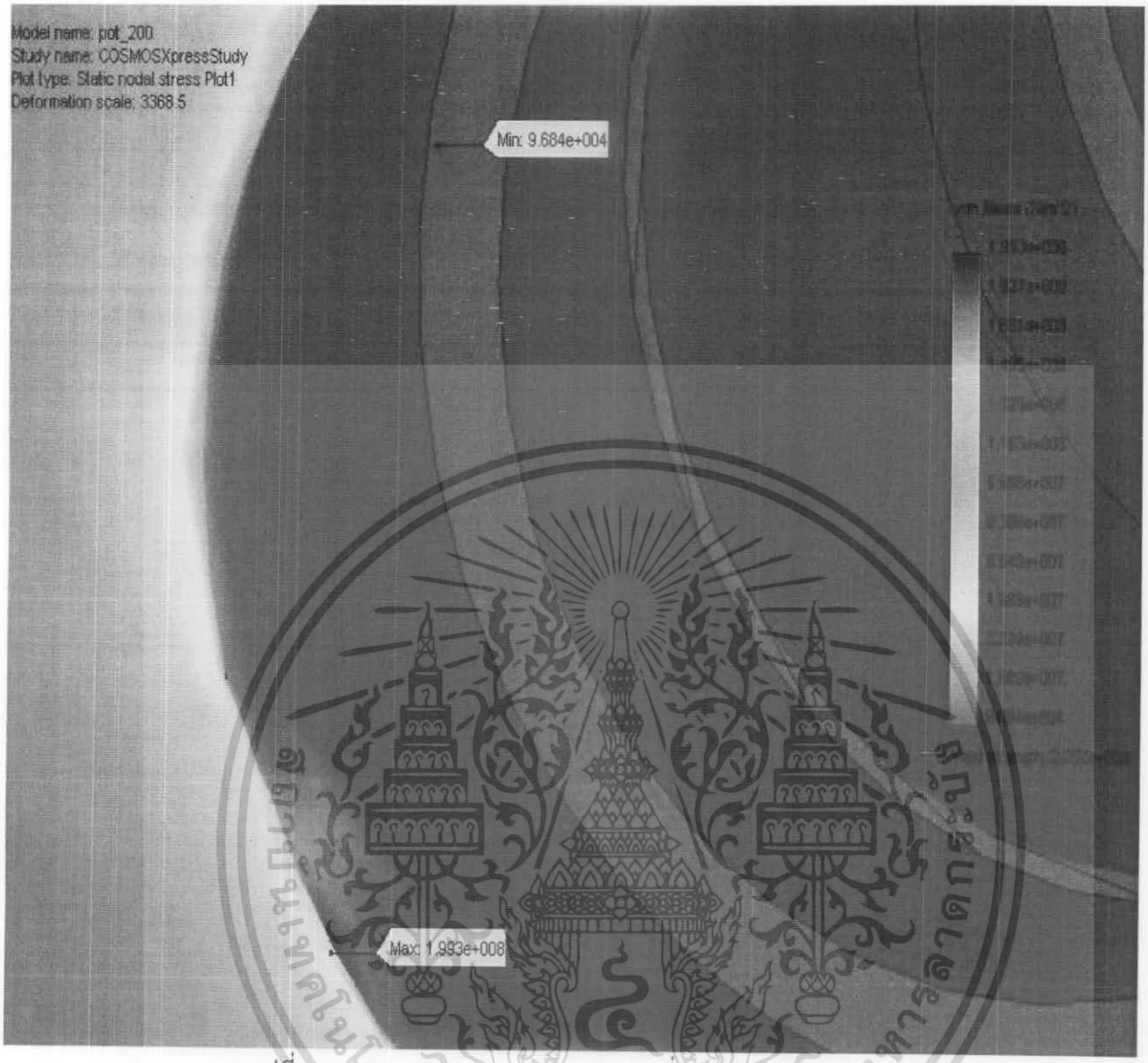
รูปที่ 3.14 แสดงผล Displacement Distribution ที่ความดัน 150 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



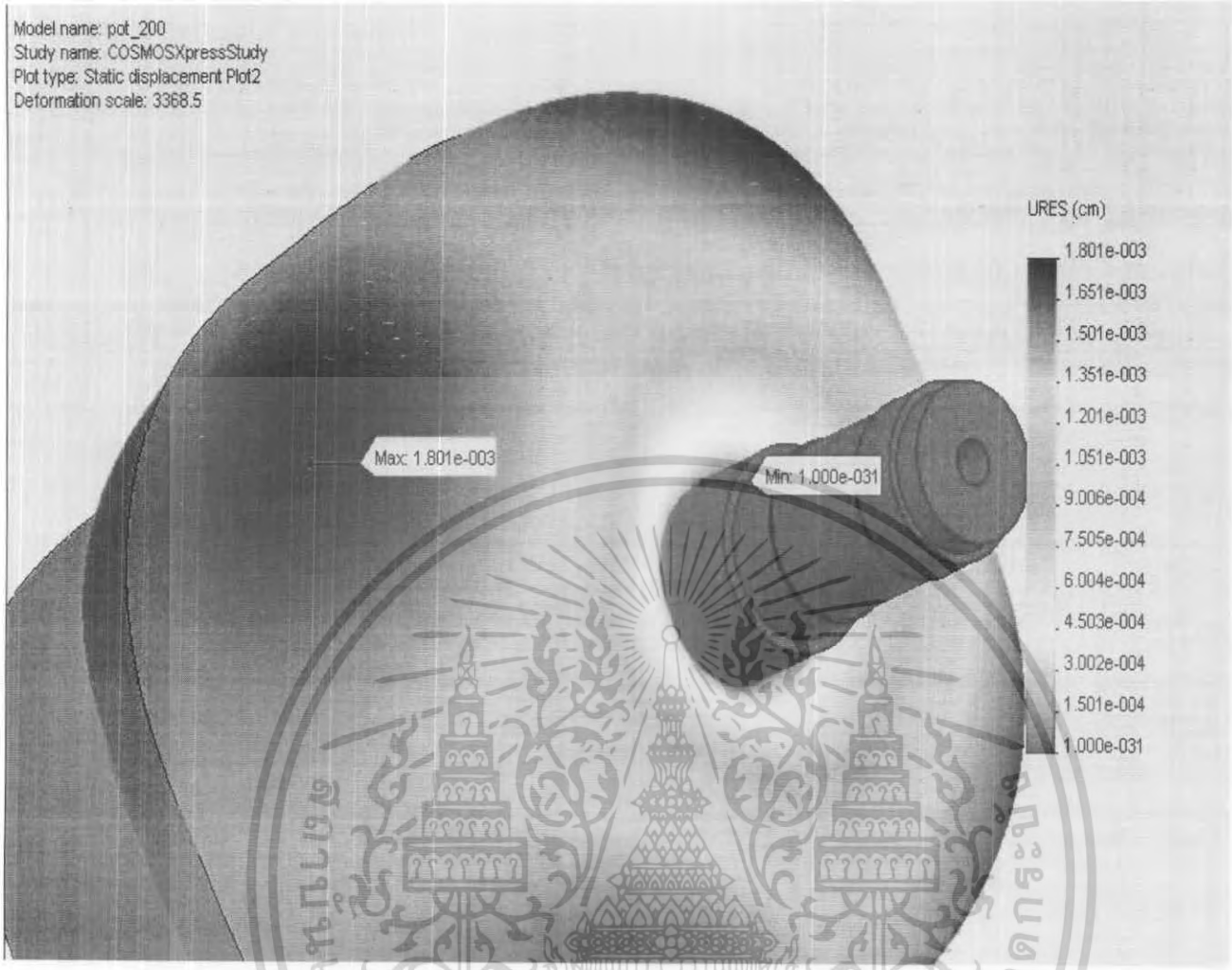
รูปที่ 3.15 การเปลี่ยนแปลงของผิววัตถุที่ทดสอบด้วยความดัน 150 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



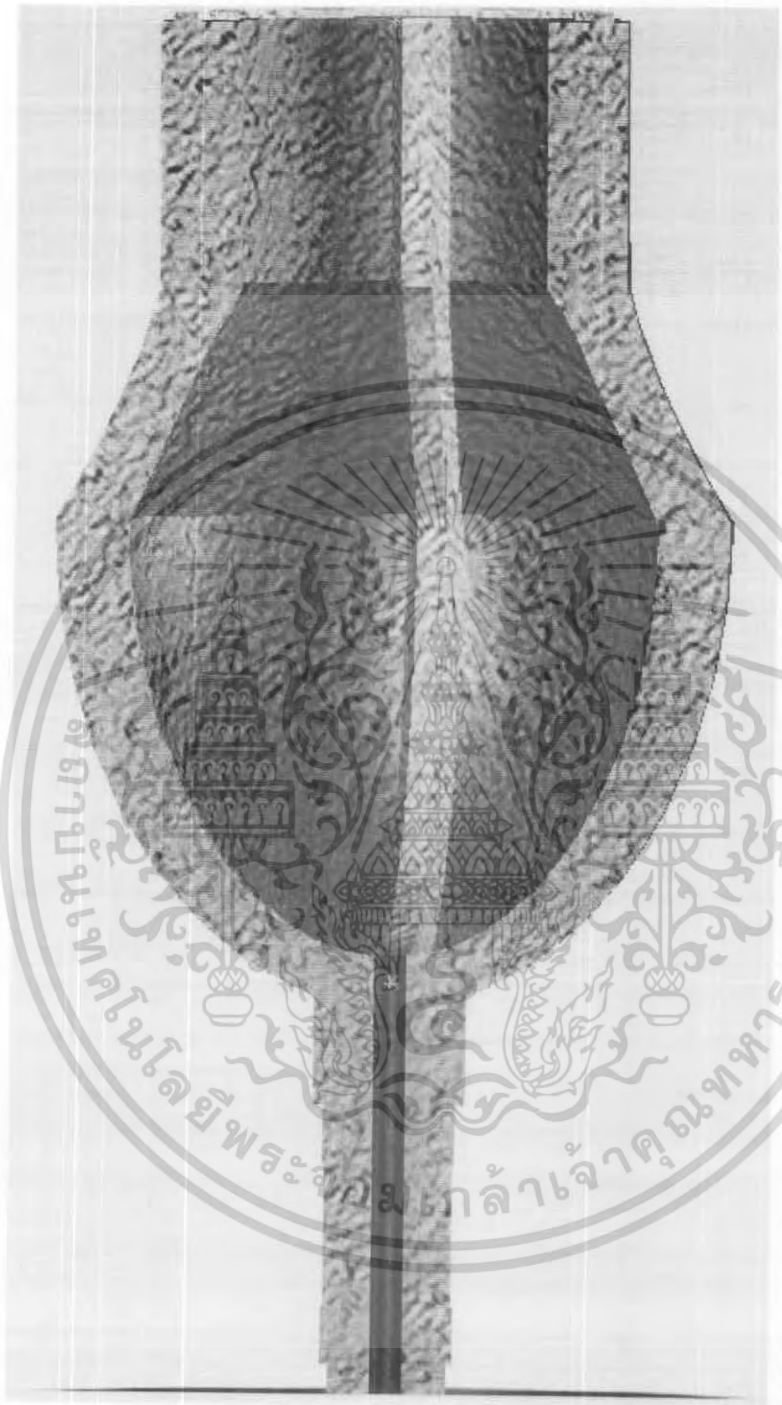
รูปที่ 3.16 แสดงผล Stress Distribution ที่ความดัน 200 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



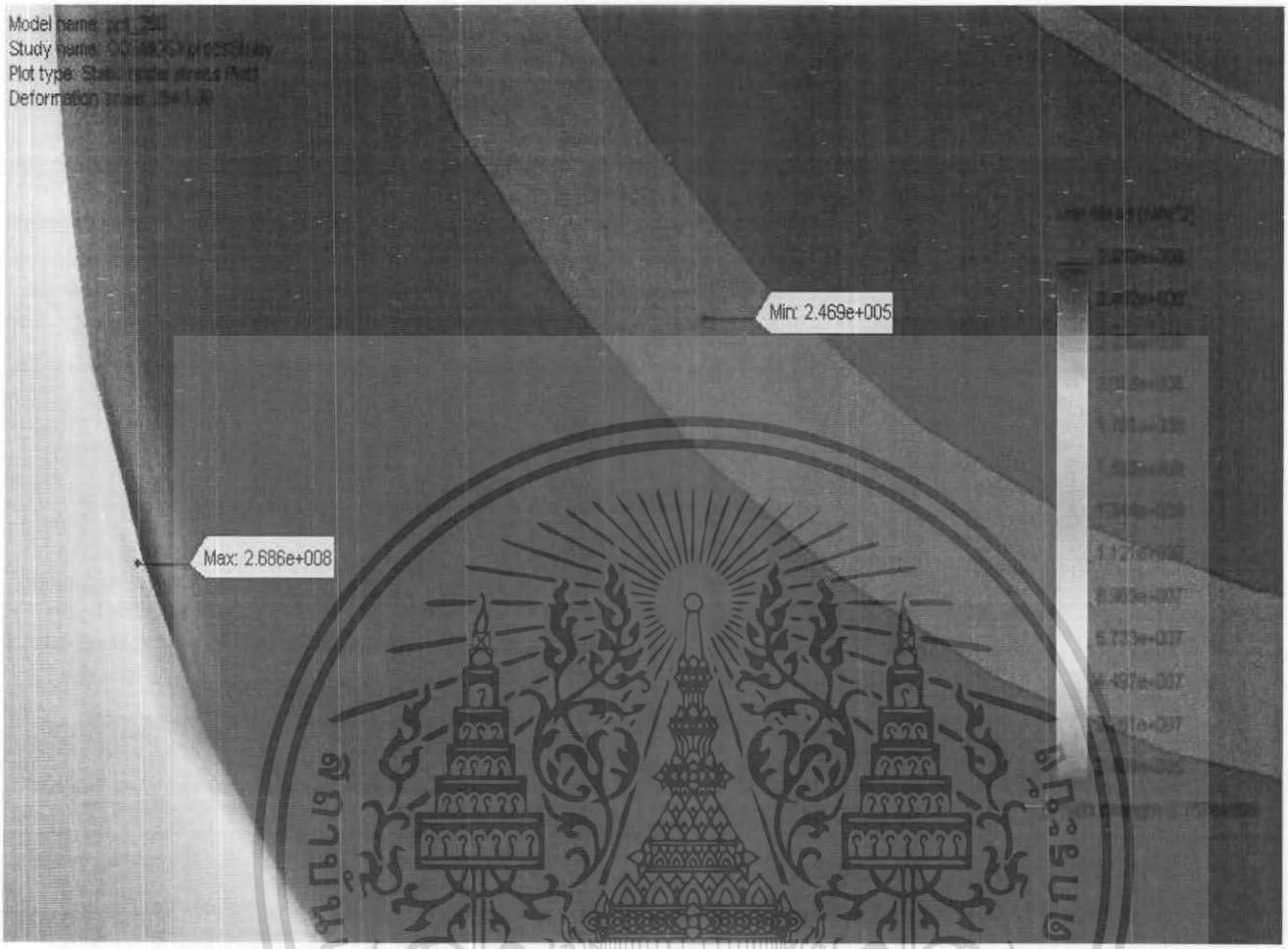
รูปที่ 3.17 แสดงผล Displacement Distribution ที่ความดัน 200 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



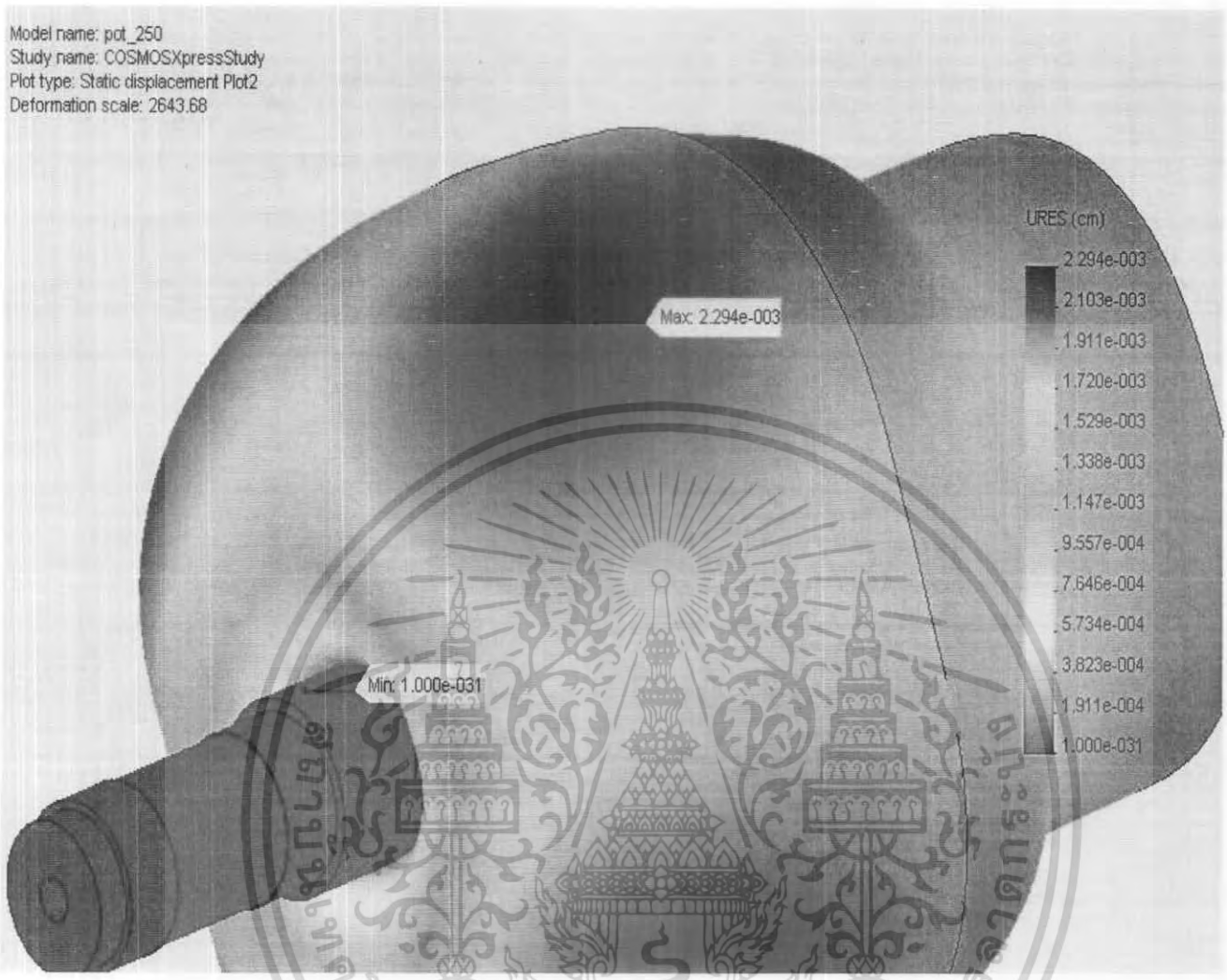
รูปที่ 3.18 การเปลี่ยนแปลงของผิววัตถุที่ทดสอบด้วยความดัน 200 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



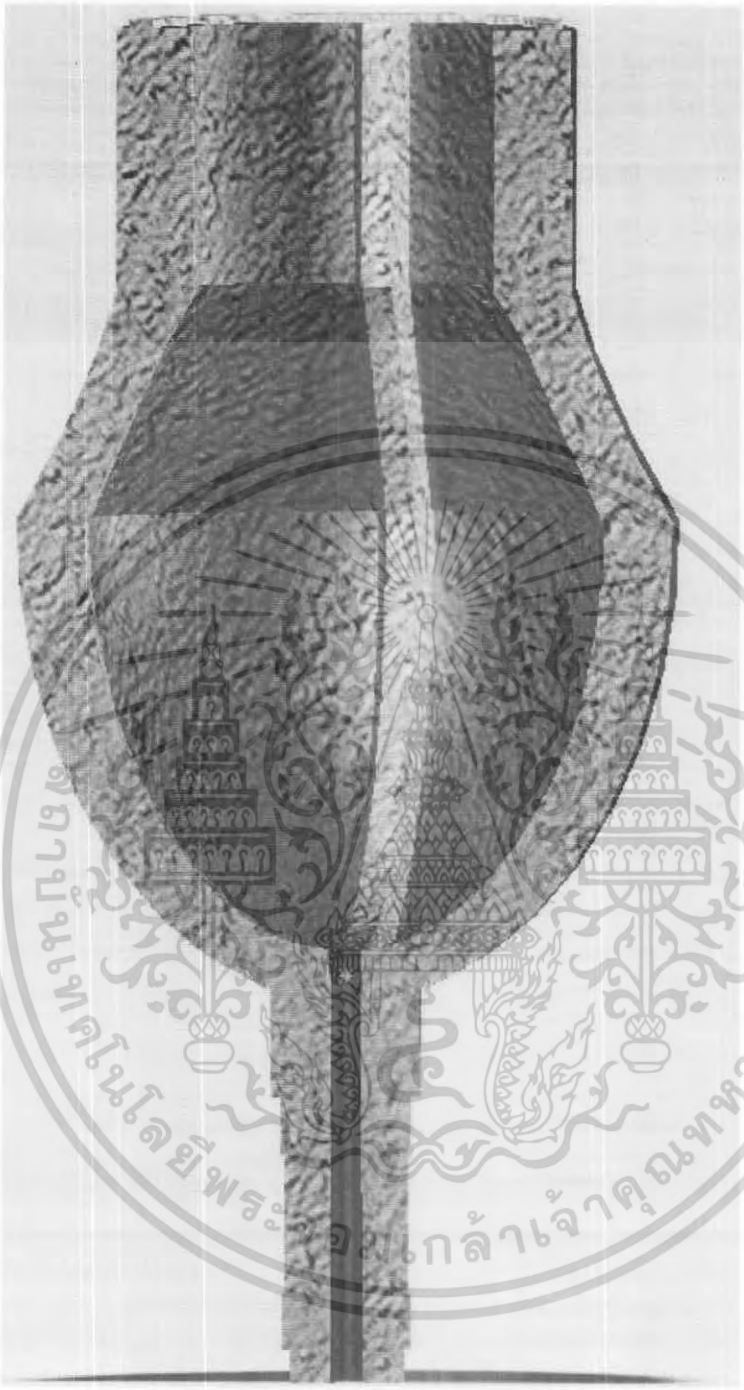
รูปที่ 3.19 แสดงผล Stress Distribution ที่ความดัน 250 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



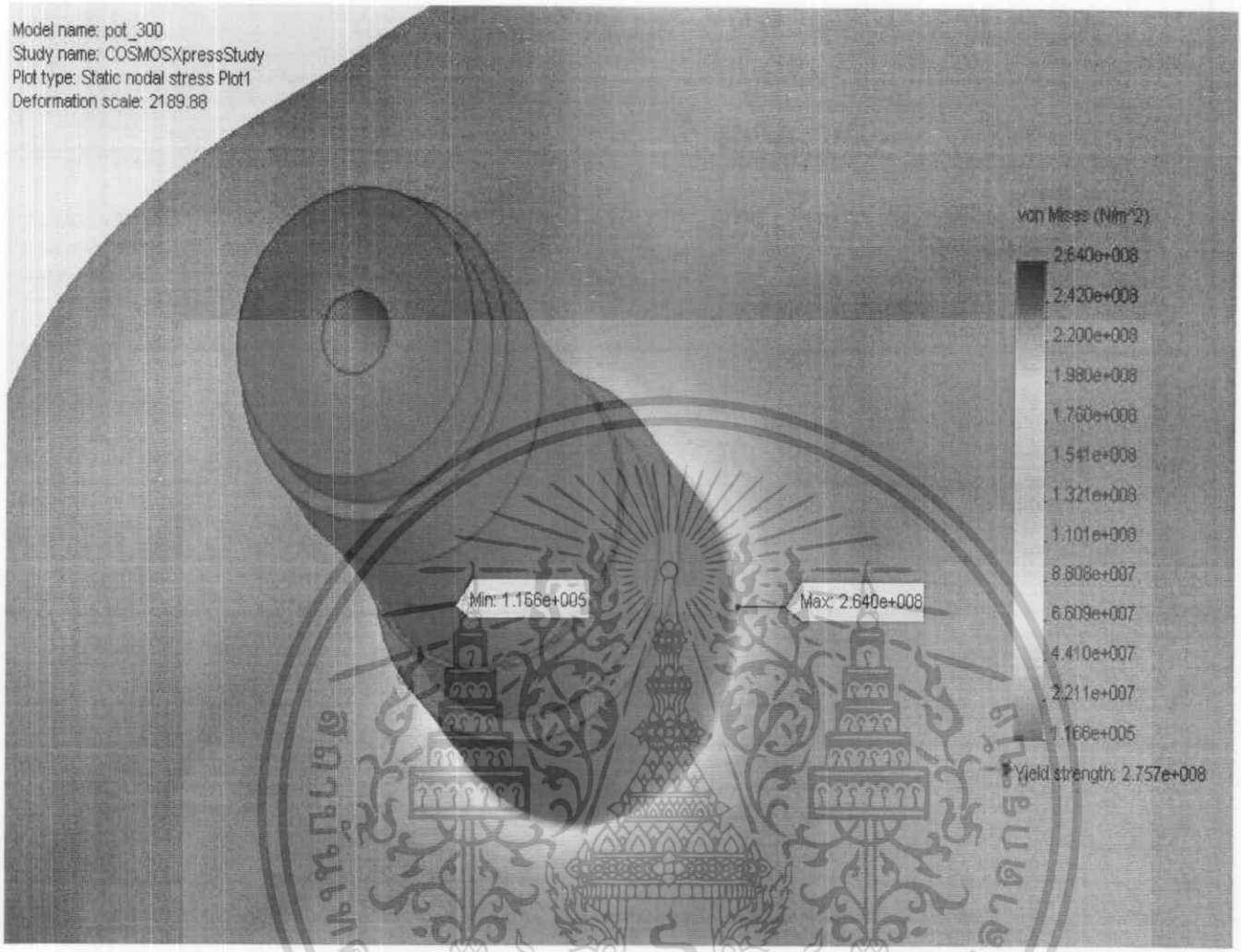
รูปที่ 3.20 แสดงผล Displacement Distribution ที่ความดัน 250 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



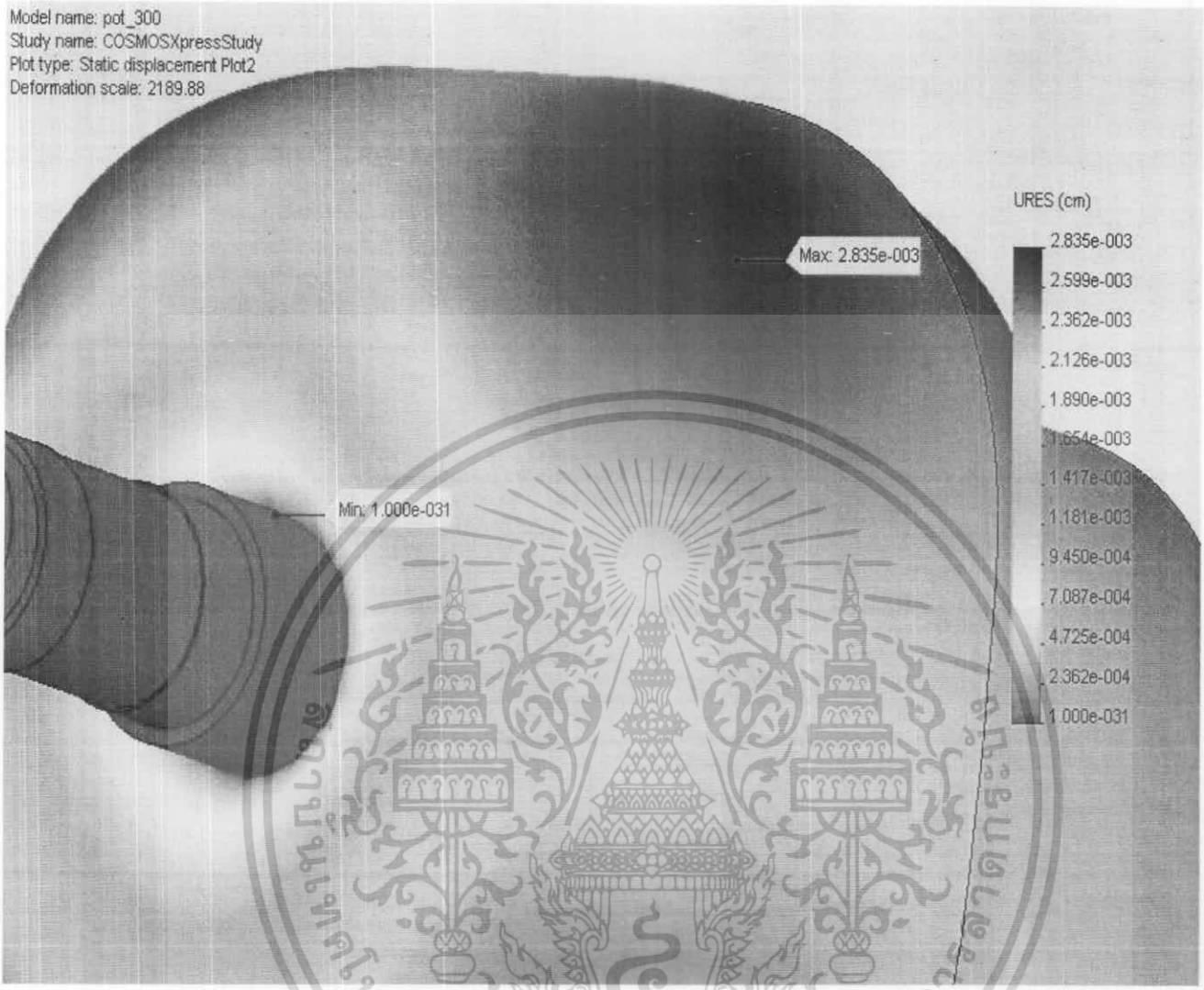
รูปที่ 3.21 การเปลี่ยนแปลงของผิววัตถุที่ทดสอบด้วยความดัน 250 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



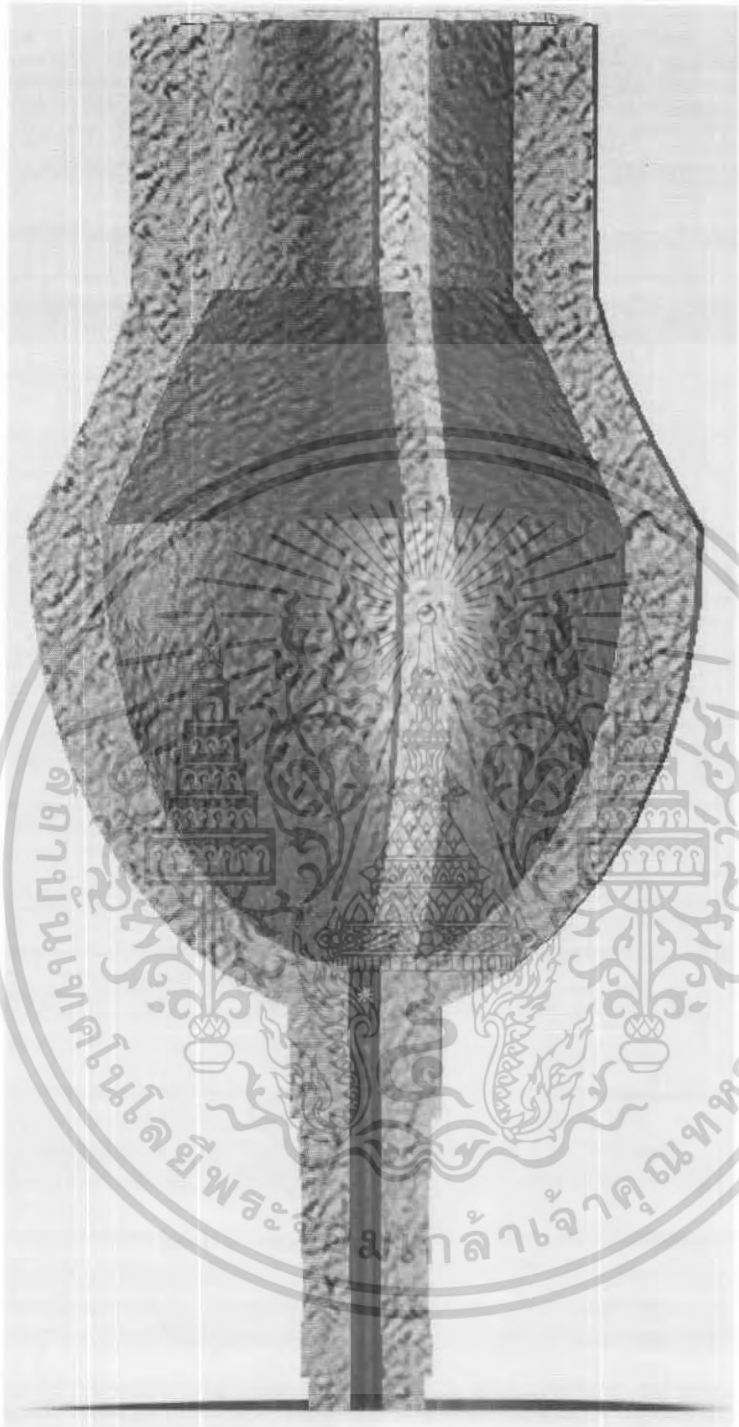
รูปที่ 3.22 แสดงผล Stress Distribution ที่ความดัน 300 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แสดงผล Displacement Distribution ที่ความดัน 300 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 การเปลี่ยนแปลงของผิววัตถุที่ทดสอบด้วยความดัน 300 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบสมถรรณของหม้อความดัน

4.1.1 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อทดสอบว่าโครงสร้างของหม้อความดันสามารถทนแรงดันตามที่ต้องใช้งานจริงได้

(2) เพื่อตรวจหารอยรั่วโดยรอบ

(3) เป็นการเตรียมความพร้อมก่อนการทดลองกับข้าวสาลี

(4) เพื่อเป็นการทดสอบอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

4.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

(1) ปั๊มน้ำแรงดันสูง 1 เครื่อง

(2) เครื่องยนต์ต้นกำลัง 1 เครื่อง

(3) ชุดอุปกรณ์อ่านค่าแรงดัน

(4) สายแรงดัน 1 เส้น

(5) ชุดหม้อแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ

4.1.3 วิธีการทดสอบ

(1) ทำการติดตั้งชุดสร้างแรงดัน ซึ่งประกอบด้วย

1.1 ปั๊มน้ำแรงดันสูง

1.2 เครื่องยนต์ต้นกำลัง โดยนำมาวางบนแท่นที่เตรียมไว้จากนั้นทำการยึดอุปกรณ์ทั้งสอง ซึ่งใช้สายพานเป็นตัวส่งถ่ายกำลัง

(2) ประกอบสายแรงดันเข้ากับปั๊มน้ำจากนั้นจึงน้ำสายอีกด้านประกอบเข้ากับหม้อแรงดัน ซึ่งบริเวณจุดต่อได้ทำการติดตั้งมาตรวัดแรงดันไว้หนึ่งชุด

(3) เริ่มเดินเครื่องต้นกำลังและปรับแรงดันของปั๊มน้ำให้ได้แรงดันประมาณ 280-300 psi

(4) เริ่มปล่อยน้ำเข้าหม้อแรงดัน จากนั้นสังเกตที่มาตรวัดแรงดันให้เข็มชี้ไปที่ประมาณ 280-300 psi แล้วปล่อยให้แรงดันคงที่ประมาณ 20 นาที ถ้าหม้อแรงดันไม่มีน้ำรั่วซึมหรือแตกร้าว จึงทำการหยุดเครื่องและปล่อยแรงดันให้ลดลงจากนั้นเปิดฝาหม้อเพื่อนำน้ำออกและทำความสะอาด เตรียมที่จะทดสอบในขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบความดันกับหม้อแรงดันทำให้มั่นใจได้ว่าที่สภาวะใช้งานจริง ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 185-250 psi หม้อแรงดันจะสามารถรับแรงดันได้และเมื่อนำผลการทดสอบจากโปรแกรมวิเคราะห์ทางวิศวกรรมมาเป็นตัวสนับสนุนกับการทดสอบกับอุปกรณ์ยิ่งทำให้มั่นใจได้ว่าอุปกรณ์สามารถรับภาระของแรงที่ใช้งานจริงได้อย่างปลอดภัย

4.2 การทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำข้าวพอง

4.2.1 วัตถุประสงค์

ทำให้ข้าวสาลีกลายเป็นข้าวพองได้โดยและข้าวพองที่ได้ต้องสามารถคงสภาพอยู่ได้

4.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

(1) ชุดอุปกรณ์ให้ความร้อน

(2) ชุดมอเตอร์ขนาด 1.10 KW

(3) ชุดอุปกรณ์อ่านค่าแรงดัน

(4) ชุดเฟืองทด R 43

(5) ชุดหม้อแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ

(6) ภาชนะสำหรับแช่ข้าวสาลี

(7) เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า

(8) ข้าวสาลี

(9) เครื่องปรับอัตราความเร็วรอบมอเตอร์(INVERTER)

(10) เทอร์โมคัปเปิลชนิด K

(11) อุปกรณ์อ่านค่าอุณหภูมิ

(12) หัวเตาชนิด INFARATE

(13) หมวกนิรภัย

4.2.3 วิธีการทดลอง

(1) อุ่นหม้อแรงดัน โดยใช้ระดับความร้อนสูงสุดพร้อมกับเดินเครื่องให้หม้อหมุนโดยใช้ความเร็ว 33 รอบ/นาที เป็นเวลา 60 นาที

(2) แช่ข้าวสาลีในน้ำที่อุณหภูมิปกติโดย เวลาที่ใช้อยู่ที่ 60 นาที

(3) นำข้าวที่แช่โดยใช้เวลา 60 นาทีขึ้นมาพักให้สะเด็ดน้ำและวัดความชื้นก่อนนำเข้าหม้อแรงดัน

(4) เมื่ออุ่นหม้อแรงดันครบ 60 นาที จากนั้นนำข้าวสาลีที่เตรียมไว้เข้าหม้อแรงดันโดยใช้ข้าวสาลี 300 กรัม จากนั้นปิดฝาหม้อแล้วเดินเครื่องให้ความเร็วรอบของหม้อแรงดันอยู่ที่ 33 รอบ/นาที พร้อมกับจับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) เมื่อแรงดันอยู่ที่ 120 psi ให้หยุดเดินเครื่องแล้วเปิดฝาหม้อพร้อมกับหยุดเวลา ระวังอย่าอยู่ด้านหน้าเนื่องจากแรงดันภายในตัวหม้อจะดันฝามากระแทกกับคานรองรับ และจะเกิดเสียงดังอย่างมาก

(6) นำข้าวออกจากหม้อแรงดัน ควรใส่เครื่องป้องกันเพราะหม้อจะร้อนมาก

(7) นำข้าวสาลีมาตรวจหาความชื้น จากตรวจการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

(8) บันทึกข้อมูลที่ได้

(9) ทำการทดลองซ้ำ ตั้งแต่ข้อ 1-8 โดยเปลี่ยนแปลงแรงดัน และความเร็วรอบในการหมุนของหม้อแรงดัน

4.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำข้าวพอง(ข้าวสาลี) พบว่าที่แรงดัน110-120 psi สามารถทำให้ข้าวสาลีพองได้ดีที่สุด จึงใช้แรงดันที่ 110-120 psi เป็นเกณฑ์ และทำการเปลี่ยนจำนวนรอบการหมุนหม้อแรงดัน ที่ความเร็วรอบ 33,36,39 รอบต่อนาที ให้อุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 180 °C

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ความดัน 120 psi

ครั้งที่	จำนวนรอบการหมุน (rpm)	เวลาที่ใช้อบ (นาที)	นน.ข้าว (กรัม)	ความชื้นก่อนอบ (%)	ความชื้นหลังอบ (%)	อุณหภูมิ (°C)
1	33	34	300	33.4	8.3	198
2		28.45	300	34.5	8.0	213
3		17.34	300	34	8.3	225
1	36	25.52	300	33.5	8.1	243
2		20.24	300	34	8.2	256
3		19.40	300	34	8.3	273
1	39	30	300	33.50	8.0	288
2		28.45	300	33.8	8.4	300
3		28	300	33.7	8.2	318

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองที่ความดัน 110 psi

ครั้งที่	จำนวนรอบการหมุน (rpm)	เวลาที่ใช้อบ (นาที)	นน.ข้าว (กรัม)	ความชื้นก่อนการอบ (%)	ความชื้นหลังการอบ (%)	อุณหภูมิ (°C)
1	33	15.6	300	33.4	12.0	333
2		14.9	300	33.0	11.9	347
3		14.5	300	33.2	11.9	360
1	36	11.95	300	33.4	20.0	377
2		11.7	300	33.3	20.3	391
3		11.4	300	33.2	20.3	406
1	39	27.3	300	33.9	14.3	422
2		26.72	300	33.8	14.4	436
3		26.57	300	34.0	13.7	452

4.4 การทดลองโดยการชิม

4.4.1 วัถตุประสงค์

(1) เพื่อหารสชาติที่ยอมรับได้

(2) หาความเหมาะสมที่จะใช้เป็นเกณฑ์วัดคุณภาพ

4.4.2 วัสดุอุปกรณ์

(1) ตัวอย่างข้าวพอง

(2) ภาชนะสำหรับใส่อาหารชนิดใช้ครั้งเดียว

(3) แบบสอบถาม

4.4.3 วิธีการทดลอง

ให้ผู้ทดสอบทำการชิมข้าวพองทั้ง 18 ตัวอย่างหลังจากผู้ทดสอบได้ทำการชิมแล้ว จึงให้ทำการบันทึกผลลงในแบบสอบถามที่เตรียมให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างแบบสอบถาม

ชุดทดสอบที่ 1

คำชี้แจง ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

หมาย

เหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 คุณลักษณะเครื่อง

- น้ำหนัก 150 กิโลกรัม
- ปริมาตรของหม้อแรงดัน 4952.56 cm^3
- ความหนาแน่น 0.50 กิโลกรัม/ลบ.ซม

ข้อดี

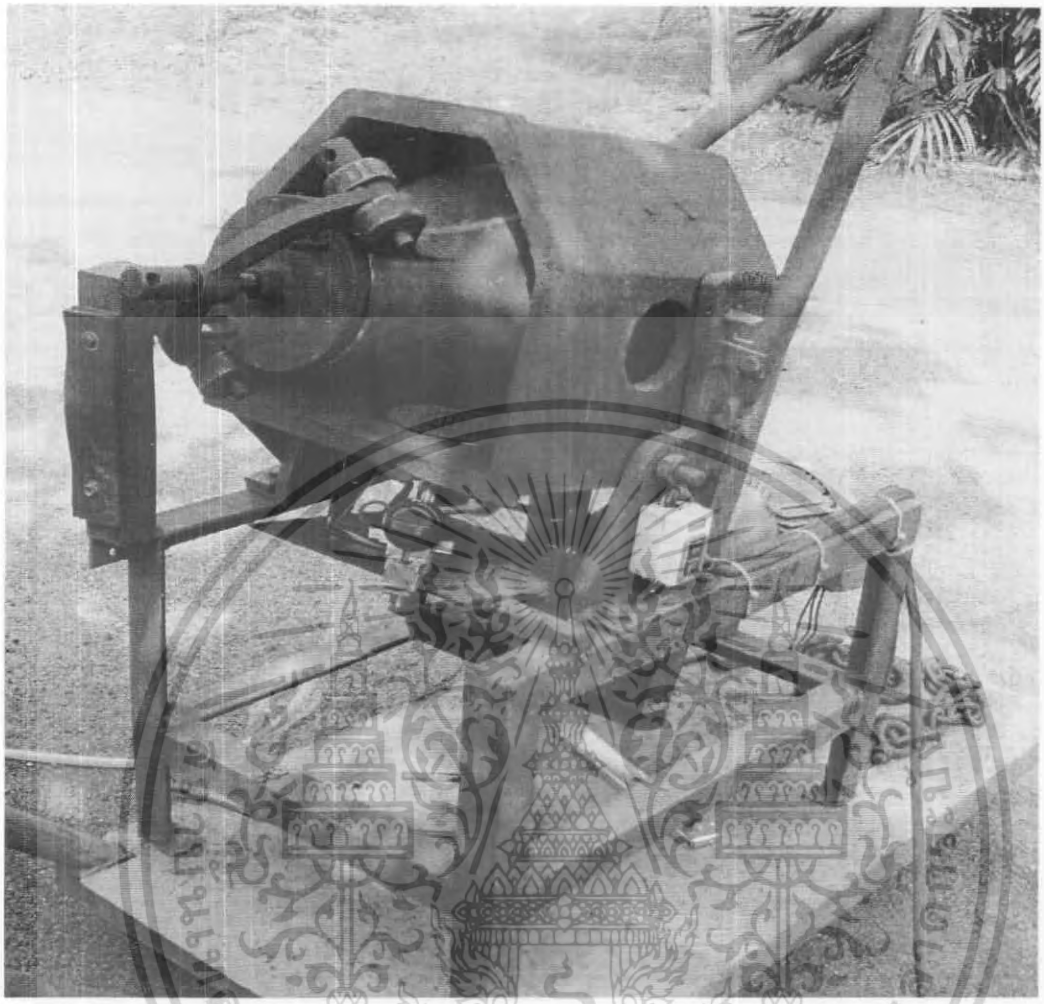
- ลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ
- ลดต้นทุนการผลิต
- มีกลิ่นหอมน่ารับประทาน

ข้อเสีย

- มีเสียงดังขณะทำงาน
- ควบคุมความร้อนได้ยาก
- ระยะเวลาในการบรรจุข้าวสาลีใช้เวลานานทำให้ข้าวบางส่วนไหม้

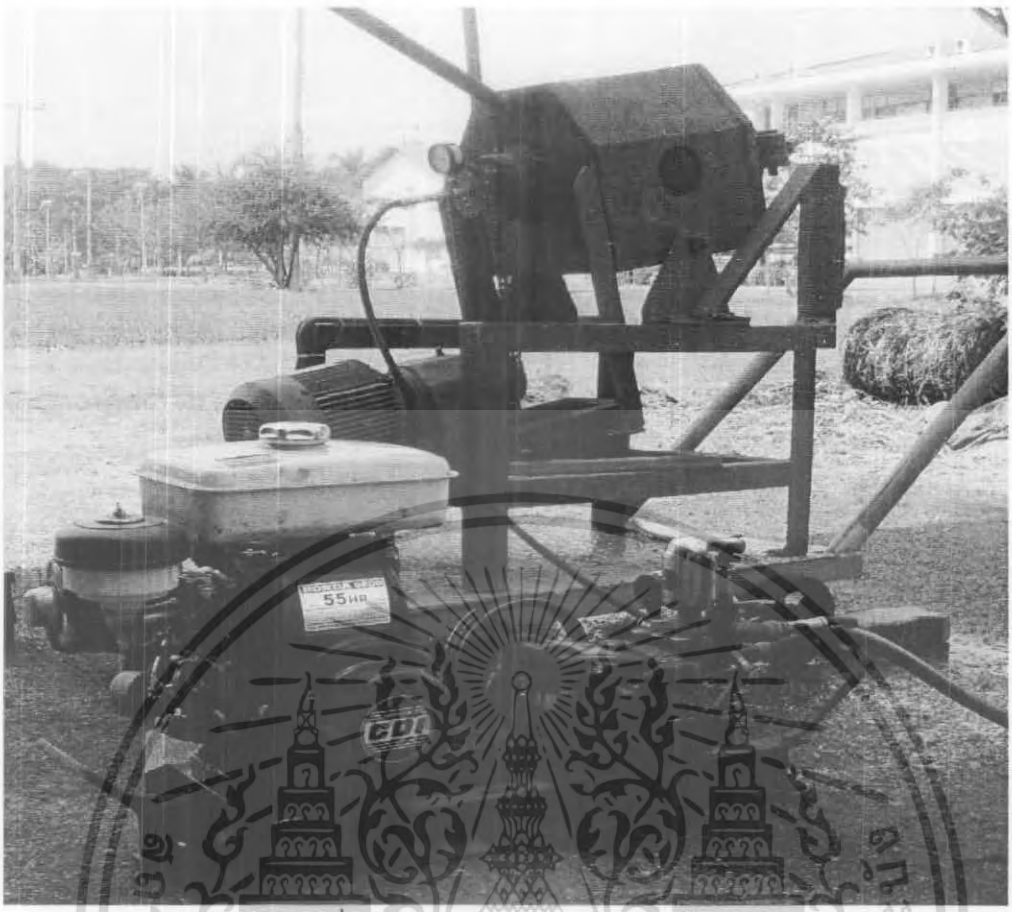
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ประมวลภาพ



รูปที่ 4.1 เครื่องทำข้าวพอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การทดสอบสมรรถนะหม้อแรงดัน

รูปที่ 4.3 การทดสอบอัดน้ำที่แรงดัน 250 psi เข้าหม้อแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เครื่องอบข้าวสาลีใช้หลักการสร้างแรงดันโดยใช้ความชื้นที่อยู่ในเมล็ด เมื่อข้าวสาลีได้รับความร้อนทำให้น้ำที่อยู่ภายในเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะกลายเป็นไอแต่เนื่องจากหม้อถูกปิดฝาอย่างมิดชิดจึงทำให้ไอน้ำที่อยู่ภายในหม้ออบออกมาไม่ได้ ทำให้เกิดแรงดันขึ้นภายในหม้ออบ ทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการทำข้าวพอง ช่วงสภาวะที่เหมาะสมในการทำข้าวพองอยู่ที่ 110 psi ความเร็วรอบที่ 36 รอบต่อนาที ปริมาณข้าวที่ใช้ 300 กรัม ความชื้นข้าวก่อนการอบ 33.8 % เวลาที่ใช้ 11.41 นาที อัตราการสิ้นเปลืองแก๊สมีค่าเท่ากับ0.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่ 406 องศาซลเซียส จะทำให้ได้ข้าวสาลีที่มีลักษณะพองกรอบและมีรสชาติที่ดี

รูปที่1. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่ความดัน 110 psi ความเร็วรอบ 36 รอบต่อนาที

5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) ในการทำงานควรมีความระมัดระวังเพราะหม้อแรงดันมีอุณหภูมิสูง

(2) ในการเปิดฝาหม้อในควรยืนอยู่ด้านหน้าของเครื่องซึ่งอาจจะมีข้าวสาลีบางส่วนที่กระเด็นโดนได้

(3) ควรใส่ถุงมือและที่ปิดหูในขณะที่ทำงาน

(4) ควรตั้งเครื่องในที่ที่มีลมสงบเพราะแรงลมจะทำให้เครื่องทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

(5) วัสดุในการทำหม้อควรเป็นอลูมิเนียมผสม

(6) ควรปรับปรุงชุดฝาปิดหม้อแรงดันให้มีความแข็งแรงและสะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] เกียรศักดิ์ สกุลพันธุ์ , SolidWorks:Engineering Drawing Workshop,กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ท้อป,2548.338 หน้า.

[2] วิไล รังสาดทอง เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร,พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2547.500 หน้า

[3] บรรเลง ศรนิล,ผู้แปล,ตารางงานโลหะ แปลจาก Tabellenbuch Metall,สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,2524.235 หน้า.

[4] มานพ ตันตระบัณฑิตย์ , งานทดสอบวัสดุอุตสาหกรรม,กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ หจก.เอช-เอน การพิมพ์

[5] นิธียา รัตนาปนนท์ หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพฯ:โอเดียนสโตร์,2544.160 หน้า

[6] สาโรช ฐิติเกียรติพงศ์. วัสดุในงานวิศวกรรม,กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดยูเคชั่น,2541.312 หน้า.

[7] ศิริลักษณ์ สินธวาลัย .2522. ทฤษฎีอาหาร สำหรับ คหกรรมศาสตร์และนักค้าคว้าทดลองด้านอาหาร เล่ม 3 หลักการทดลองอาหาร พิมพ์ที่ สงวนกิจการพิมพ์ จำกัด 7/102 ซอยพรรณี วิภาวดี รังสิต กทม.

[8] ศุภชัย ตระกลูทรัพย์ทวี SolidWorks/COSMOSWorks ขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2549. 296 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

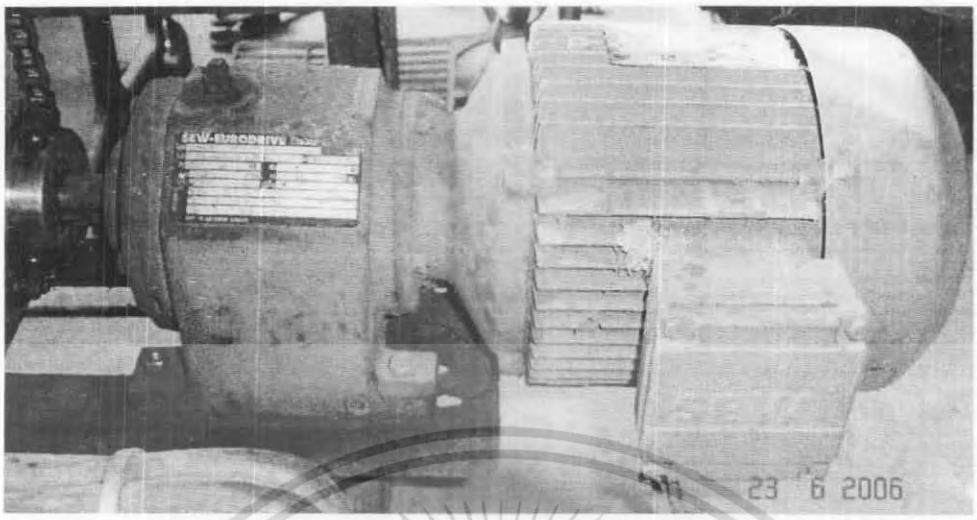
ภาคผนวกที่ 1

ประมวลภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและขั้นตอนการทดลอง

รูปที่ 1 เครื่องทดสอบความแข็งแรงวัสดุ

รูปที่ 2 ชุดอุปกรณ์ให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 มอเตอร์ SEW– EURODRIVE 1400/63 rpm KW 1.10

รูปที่ 4 เครื่องวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Brinell Hardness	Rockwell Hardness Number						Rockwell Superficial Hardness Number						Tensile Strength
	A Scale	B Scale	C Scale	D Scale	E Scale	F Scale	15-N Scale	30-N Scale	45-N Scale	15-T Scale	30-T Scale	45-T Scale	
10-mm Std. Ball 3000-kgf load	Diamond Penetrator 60-kgf load	1.588-mm 1/16" Ball 100-kgf load	Diamond Penetrator 150-kgf load	Diamond Penetrator 100-kgf load	3.175-mm 1/8" Ball 100-kgf load	1.588-mm 1/16" Ball 60-kgf load	Superficial Diamond Penetrator 15-kgf load	Superficial Diamond Penetrator 30-kgf load	Superficial Diamond Penetrator 45-kgf load	1.588-mm 1/16" Ball 15-kgf load	1.588-mm 1/16" Ball 30-kgf load	1.588-mm 1/16" Ball 45-kgf load	KSI
750	85.0	—	66.0	76.0	—	—	93.0	83.0	73.0	—	—	—	—
710	84.0	—	64.0	74.0	—	—	92.0	81.0	71.0	—	—	—	—
682	83.0	—	62.0	73.0	—	—	91.0	79.0	69.0	—	—	—	—
653	81.0	—	60.0	71.0	—	—	90.0	78.0	67.0	—	—	—	314
578	80.0	—	58.0	69.0	—	—	89.0	76.0	64.0	—	—	—	299
555	79.0	—	56.0	68.0	—	—	88.0	74.0	62.0	—	—	—	284
534	78.0	—	54.0	66.0	—	—	87.0	72.0	60.0	—	—	—	270
495	77.0	—	52.0	65.0	—	—	86.0	70.0	57.0	—	—	—	256
475	75.5	—	50.0	63.0	—	—	85.5	68.0	54.5	—	—	—	244
450	74.5	—	48.0	61.5	—	—	84.5	66.5	52.5	—	—	—	228
425	73.5	—	46.0	60.0	—	—	83.5	64.5	50.0	—	—	—	212
405	72.5	—	44.0	58.5	—	—	82.5	63.0	47.5	—	—	—	201
382	71.5	—	42.0	57.0	—	—	81.5	61.0	45.5	—	—	—	189
363	70.5	—	40.0	55.5	—	—	80.5	59.5	43.0	—	—	—	178
346	69.5	—	38.0	54.0	—	—	79.5	58.0	41.0	—	—	—	167
329	68.5	—	36.0	52.5	—	—	78.5	56.0	38.5	—	—	—	160
313	67.5	—	34.0	50.5	—	—	77.5	54.5	36.0	—	—	—	153
298	66.5	106	32.0	49.5	—	116.5	76.5	52.5	34.0	94.5	85.5	77.0	144
275	64.5	104	28.5	46.5	—	115.5	75.0	49.5	30.0	94.0	84.5	75.0	130
258	63.0	102	25.5	44.5	—	114.5	73.5	47.0	26.5	93.0	83.0	73.0	121
241	61.5	100	22.5	42.0	—	113.0	72.0	44.5	23.0	92.5	81.5	71.0	114
228	60.5	98	20.0	40.0	—	112.0	70.5	42.0	20.0	92.0	80.5	69.0	107
215	59.0	96	17.0	38.0	—	111.0	69.0	39.5	17.0	91.0	79.0	67.0	101
204	57.5	94	14.5	36.0	—	110.0	68.0	37.5	14.0	90.5	77.5	65.0	98
194	56.5	92	12.0	34.0	—	108.5	66.5	35.5	11.0	89.5	76.0	63.0	93
184	55.0	90	9.0	32.0	108.5	107.5	65.0	32.5	7.5	89.0	75.0	61.0	89
176	53.5	88	6.5	30.0	107.0	106.5	64.0	30.5	5.0	88.0	73.5	59.5	85
168	52.5	86	4.0	28.0	106.0	105.0	62.5	28.5	2.0	87.5	72.0	57.5	87
161	51.5	84	2.0	26.5	104.5	104.0	61.5	26.5	-.5	87.0	70.5	55.5	78
155	50.0	82	—	24.5	103.0	103.0	—	—	—	86.0	69.5	53.5	75
149	49.0	80	—	22.5	102.0	101.5	—	—	—	85.5	68.0	51.5	72
144	47.5	78	—	21.0	100.5	100.5	—	—	—	84.5	66.5	49.5	69
139	46.5	76	—	19.0	99.5	99.5	—	—	—	84.0	65.5	47.5	67
134	45.5	74	—	17.5	98.0	98.5	—	—	—	83.0	64.0	45.5	65
129	44.0	72	—	16.0	97.0	97.0	—	—	—	82.5	62.5	43.5	63
125	43.0	70	—	14.5	95.5	96.0	—	—	—	82.0	61.0	41.5	61
121	42.0	68	—	13.0	94.5	95.0	—	—	—	81.0	60.0	39.5	59
118	41.0	66	—	11.5	93.0	93.5	—	—	—	80.5	58.5	37.5	57
114	40.0	64	—	10.0	91.5	92.5	—	—	—	79.5	57.0	35.5	55
111	39.0	62	—	8.0	90.5	91.5	—	—	—	79.0	56.0	33.5	53
108	—	60	—	—	89.0	90.0	—	—	—	78.5	54.5	31.5	51
106	—	58	—	—	88.0	89.0	—	—	—	77.5	53.0	29.5	—
103	—	56	—	—	86.5	88.0	—	—	—	77.0	51.5	27.5	—
100	—	54	—	—	85.5	87.0	—	—	—	76.0	50.5	25.5	—
98	—	52	—	—	84.0	85.5	—	—	—	75.5	49.0	23.5	—
95	—	50	—	—	83.0	84.5	—	—	—	74.5	47.5	21.5	—
93	—	48	—	—	81.5	83.5	—	—	—	74.0	46.5	19.5	—
91	—	46	—	—	80.5	82.0	—	—	—	73.5	45.0	17.0	—

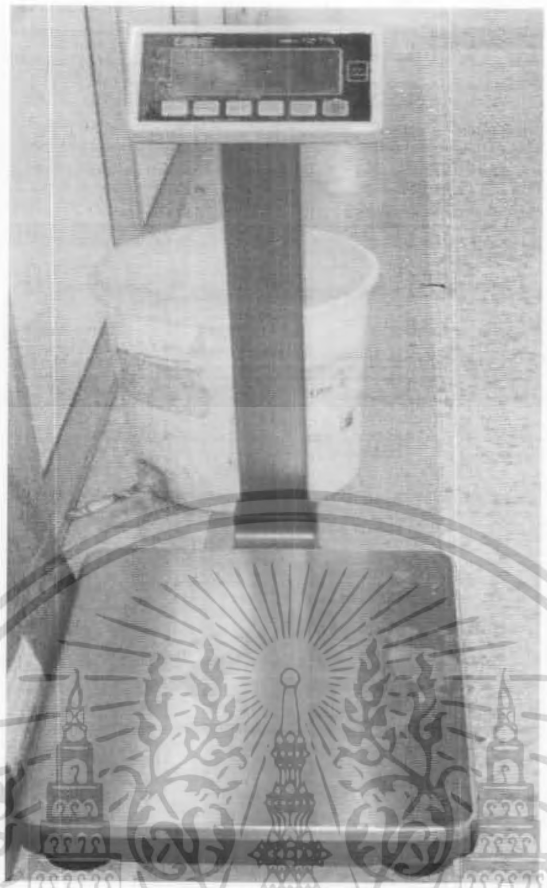
รูปที่ 5 ตาราง Rock well hardness Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6 อุปกรณ์วัดความชื้นข้าว

รูปที่ 7 อุปกรณ์วัดรอบ

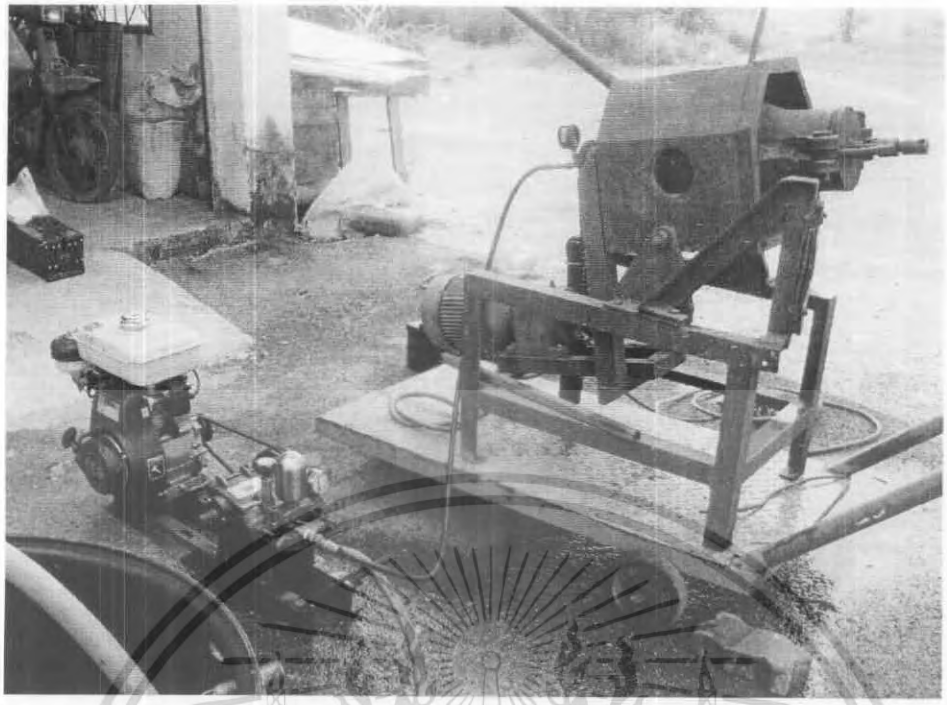
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



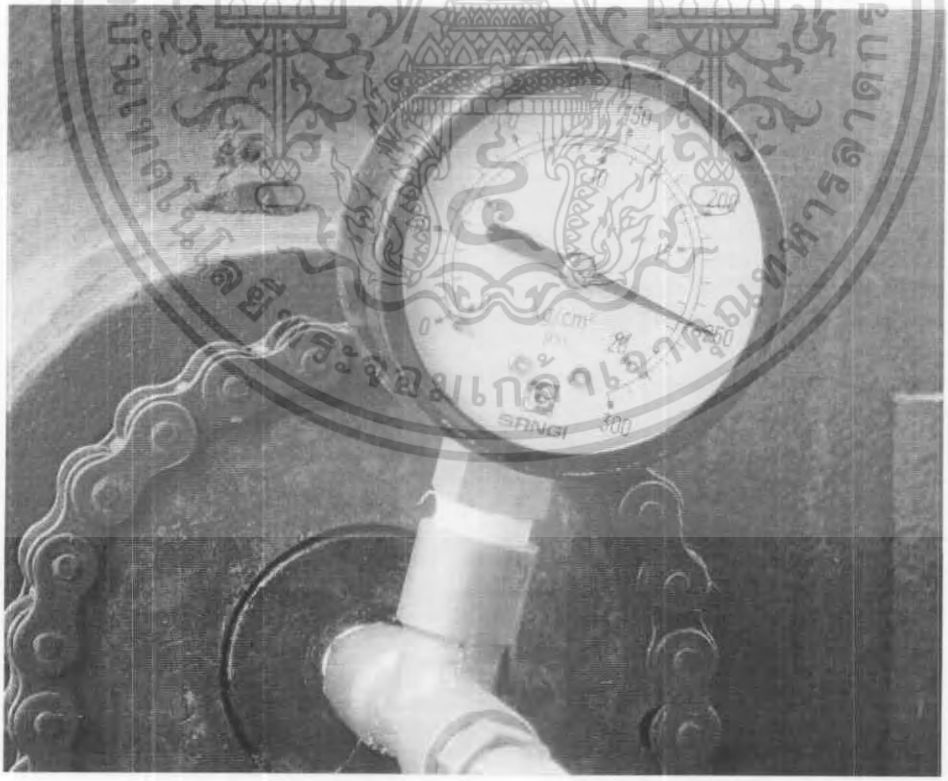
รูปที่ 8 เครื่องชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 9 แสดงวิธีการเปิดฝาเครื่องอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

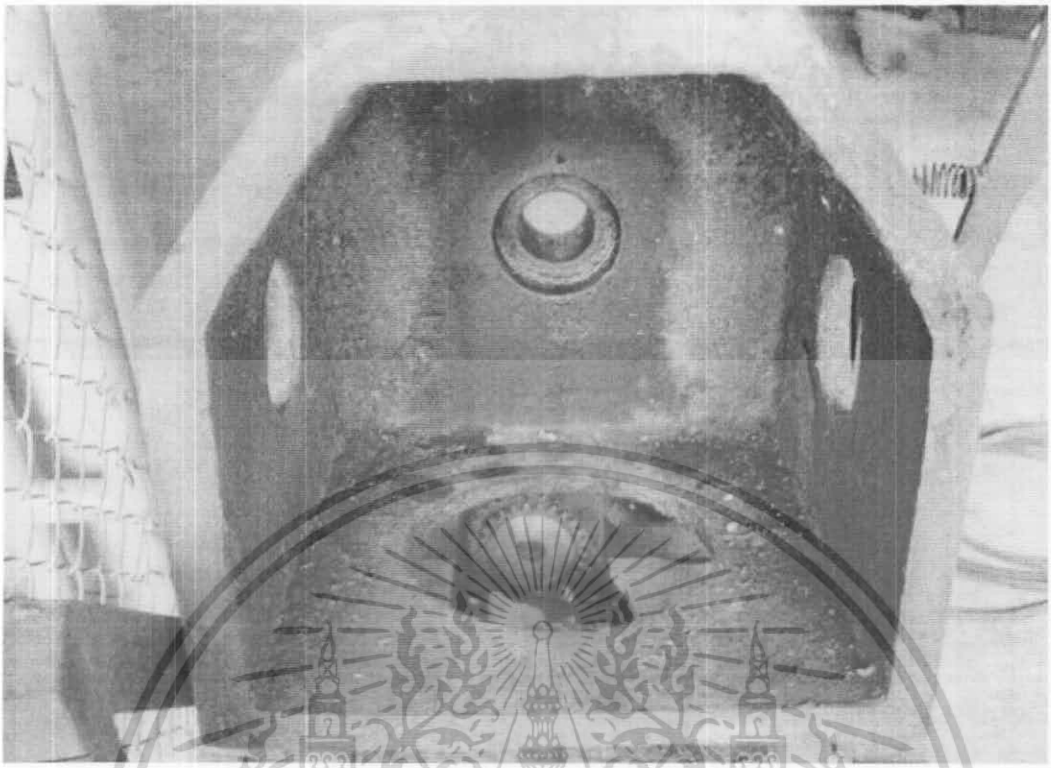


รูปที่ 10 การทดสอบความแข็งแรงของหม้อแรงดัน โดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง

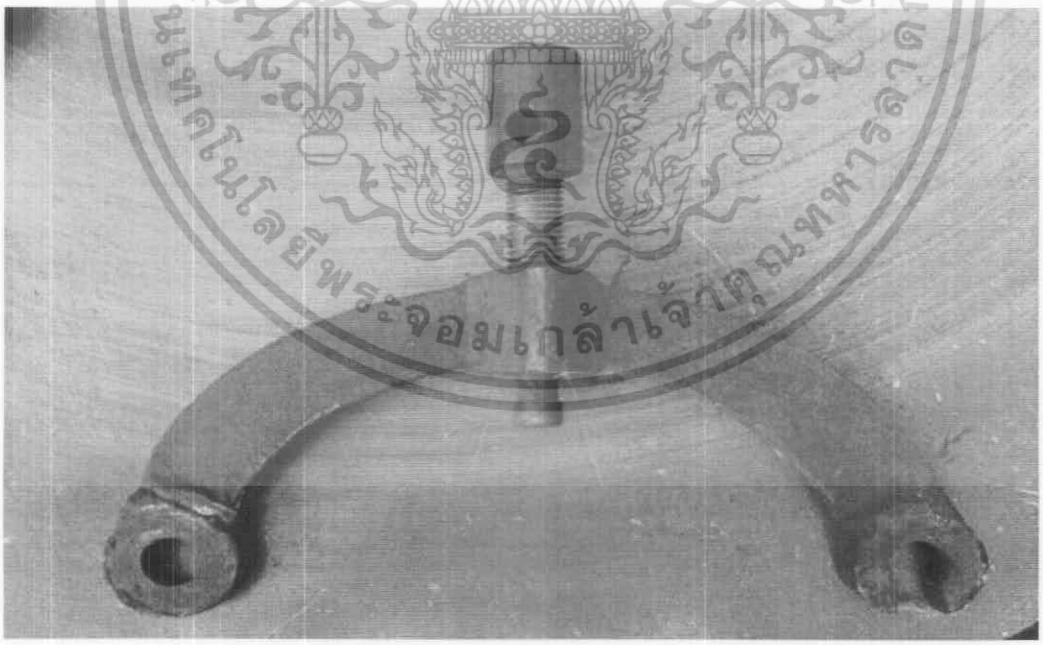


รูปที่ 11 การทดสอบหม้อแรงดัน ที่ความดัน 250 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 โครงสร้างภายในชุดจับยึด



รูปที่ 13 ขาล็อคฝาหม้อแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 2

ความเค้นหลัก

(Principal Stess)

ความเค้นหลัก

ความเค้นเกิดจากแรงกระทำในทิศทางมาตรฐาน 3 แนวแกน การเขียนตัวแปรแทนความเค้นในระบบ 3 มิติ จะคล้ายกับระบบ 2 มิติ ในการหาค่าความเค้นสูงสุดในแต่ละระนาบเราเรียกว่า ความเค้นหลัก ซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับระนาบที่มีค่าความเค้นเฉือนเท่ากับศูนย์สามารถเขียนแทนด้วยตัวแปร $\sigma_1,\sigma_2,\sigma_3$

ชิ้นงานที่รับแรงภายนอก เมื่อวิเคราะห์แรงกระทำภายในต่อเอลิเมนต์แล้วจะมีความเค้นทั้งหมด 6 ตัวแปร ที่เขียนแทนทิศทางครบทั้งหมด ดังสมการ (1.1)

$$\sigma^3-(\sigma_x+\sigma_y+\sigma_z)\sigma^2+(\sigma_x\sigma_y+\sigma_x\sigma_z+\sigma_y\sigma_z-\tau_{xy}^2-\tau_{yx}^2-\tau_{zx}^2)$$
$$\sigma-(\sigma_x\sigma_y\sigma_z+2\tau_{xy}\tau_{yz}\tau_{zx}-\sigma_x\tau_{yz}^2-\sigma_y\tau_{zx}^2-\sigma_z\tau_{xy}^2)=0 \qquad (1.1)$$

เมื่อนำไปเขียนกราฟวงกลมโทหร์ จะสามารถหาค่าความเค้นหลักได้ $\sigma_1\rangle\sigma_2\rangle\sigma_3$ และความเค้นเฉือนสูงสุด $\tau_{1/2},\tau_{2/3},\tau_{1/3}$ โดยจะเกิดขึ้นตามความสัมพันธ์ของระนาบสองระนาบ เราสามารถหาความเค้นเฉือนสูงสุดจากความสัมพันธ์ของความเค้นเฉือนจากสมการ (1.2)

$$\tau_{1/2}=\frac{\sigma_1-\sigma_2}{2};\frac{\sigma_2-\sigma_3}{2};\tau_{1/3}=\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2} \qquad (1.2)$$

ค่าความเค้นเฉือนสูงสุดสมบรูณ์ $(\tau_{\max})_{abs}=\tau_{1/3}$ เมื่อความเค้นหลักเกิดขึ้นตามเงื่อนไข $\sigma_1\rangle\sigma_2\rangle\sigma_3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

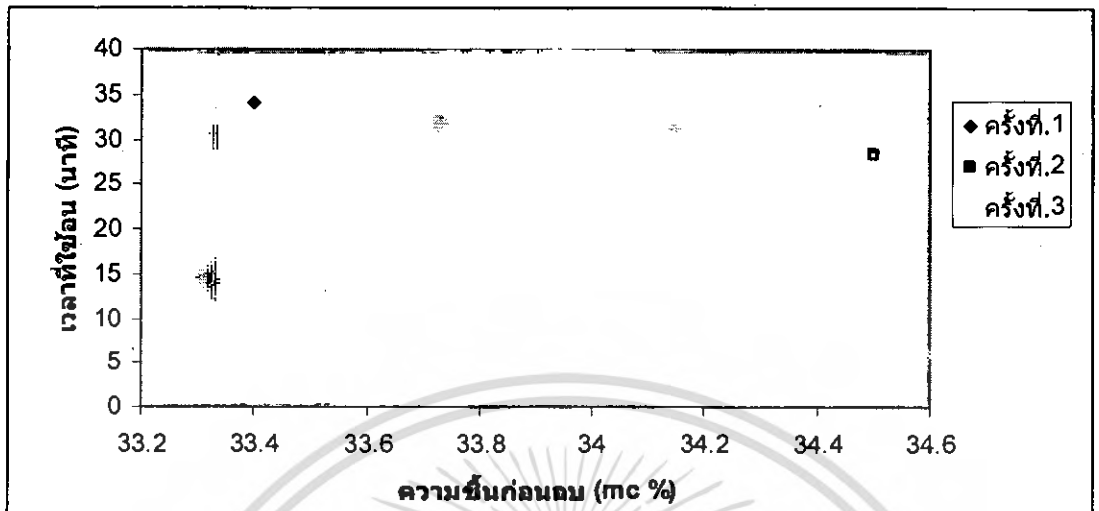
ภาคผนวกที่ 3

ตารางบันทึกผลการทดลองการทำข้าวพอง(ข้าวสาลี)

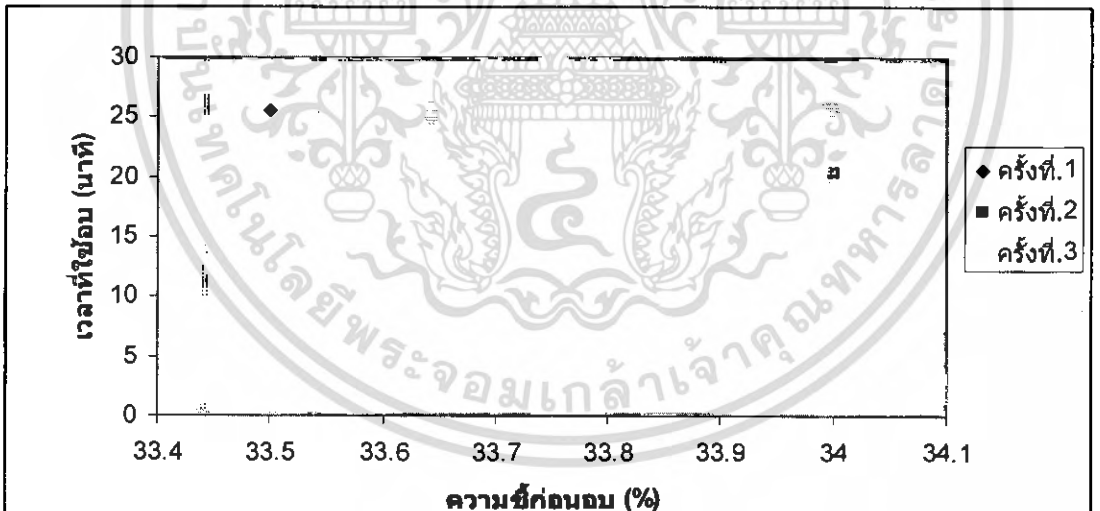
ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการแช่ข้าว (นาที)	นน.ข้าวที่ใช้ในการอบ (กรัม)	ความชื้นข้าวก่อนการอบ %	จำนวนรอบการหมุนหม้อ (rpm)	เวลาที่ใช้อบ (นาที)	แรงดัน (psi)	ความชื้นหลังอบ %
1	60	500	33.8	17	8	50	30
2	60	500	33.8	17	24	100	8.6
3	30	500	34	17	70	150	8.0
4	180	300	34.2	27	40	120	8.0
5	55	500	34.2	33	18	150	10.0
6	30	300	34.2	33	19	150	8.4
7	55	300	33.7	33	13.7	120	8
8	30	300	30.9	40	31.29	120	1.7
9	120	300	33.3	36	18 .00	120	16.5
10	180	300	33	33	20.15	120	8.5
11	30	350	32.7	33	24.03	120	15.1
12	30	350	32.7	33	24.33	120	14.0
13	1	350	15.8	33	30.00	120	1.4
14	30	350	33.0	33	25.11	120	8.0
15	1,440	200	33.9	33	25.28	120	8.9
16	1,440	300	33.9	33	15	120	17.3
17	1,440	250	33.7	33	16	120	9.3
18	1,440	400	33.8	33	15	120	29.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 4

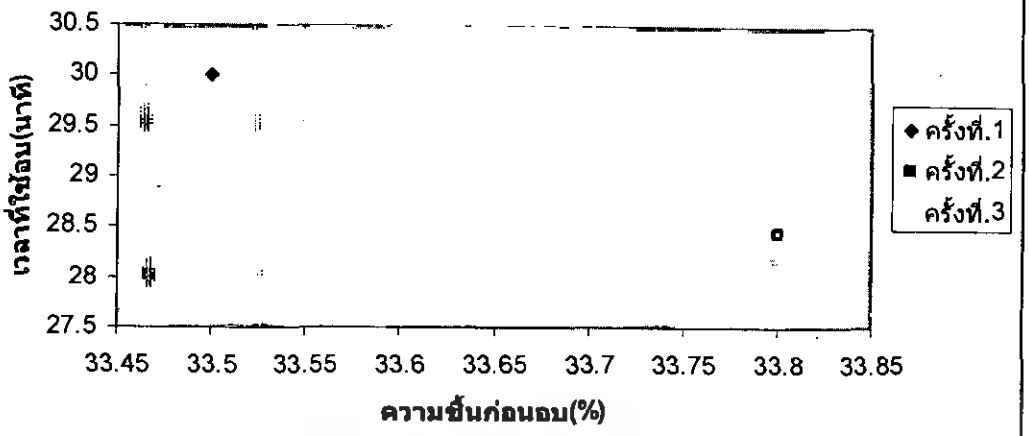


รูปที่1. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความชื้นในข้าวสาลีที่ความดัน 120 psi ความเร็วรอบ 33รอบต่อนาที

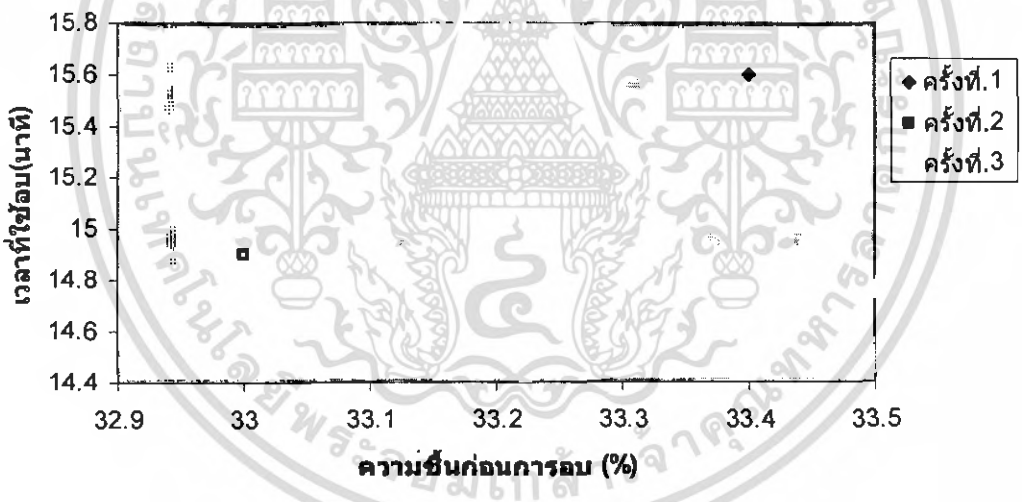


รูปที่ 2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความชื้นในข้าวสาลีที่ความดัน 120 psi ความเร็วรอบ 36รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

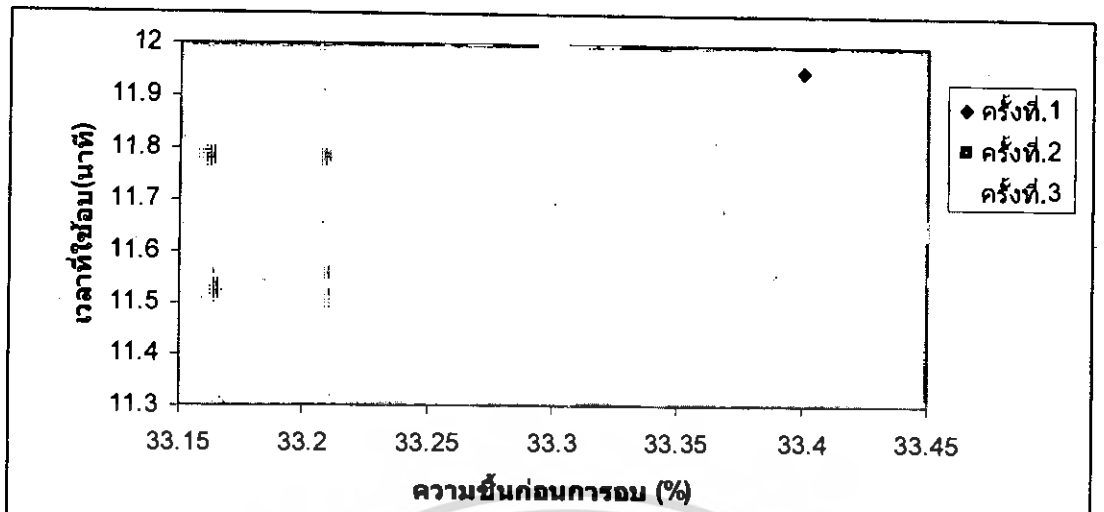


รูปที่ 3.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความชื้นในข้าวสาลีที่ความดัน 120 psi ความเร็วรอบ 39 รอบต่อนาที

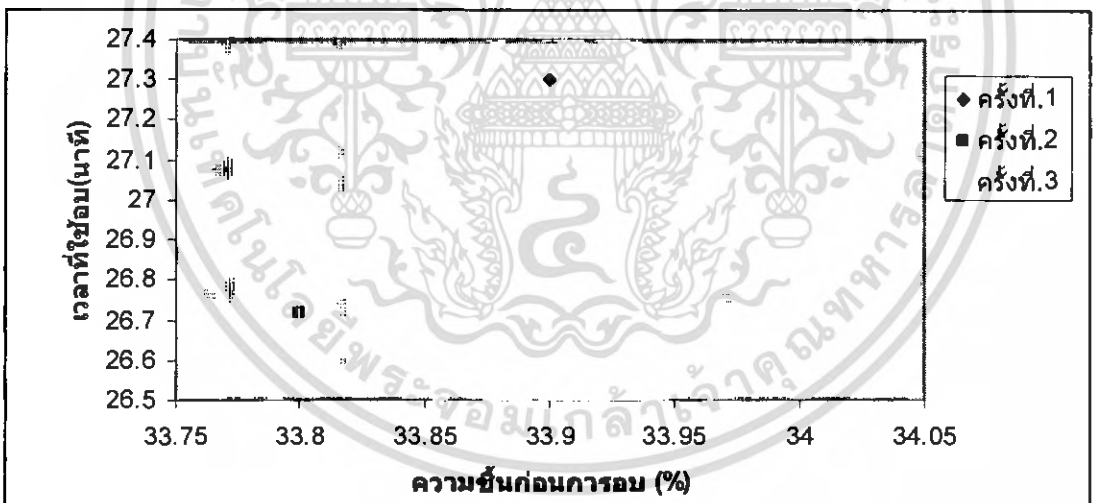


รูปที่ 4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความชื้นในข้าวสาลีที่ความดัน 110 psi ความเร็วรอบ 33 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

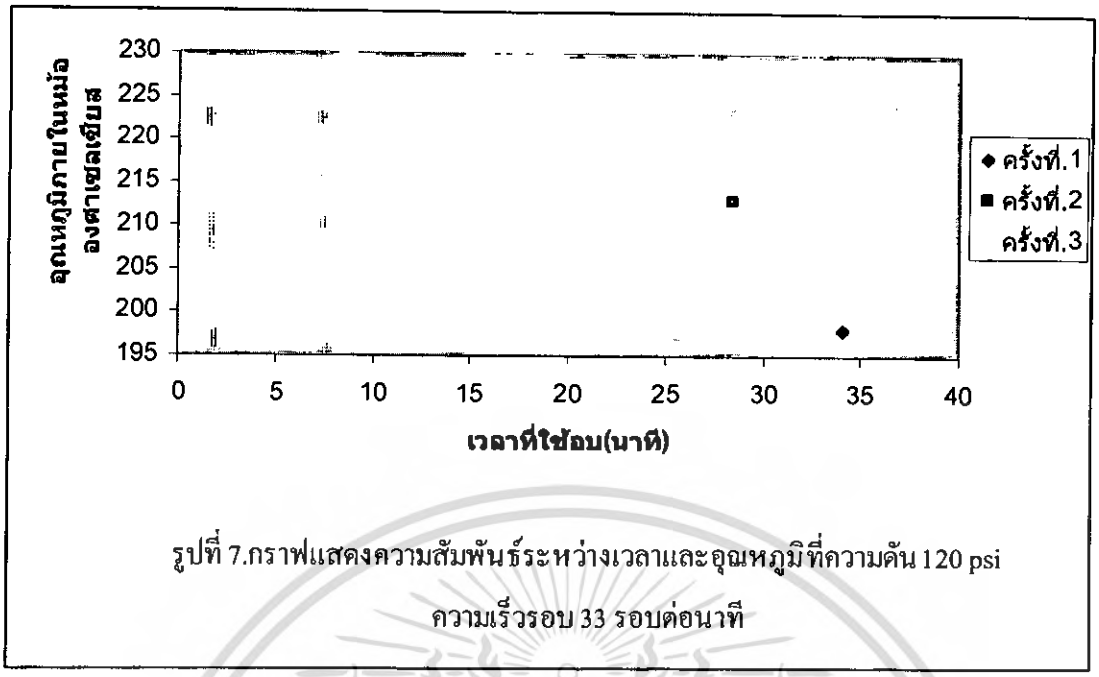


รูปที่ 5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความชื้นในข้าวสาลีที่ความดัน 110 psi ความเร็วรอบ 36 รอบต่อนาที



รูปที่6. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความชื้นในข้าวสาลีที่ความดัน 110 psi ความเร็วรอบ 39 รอบต่อนาที

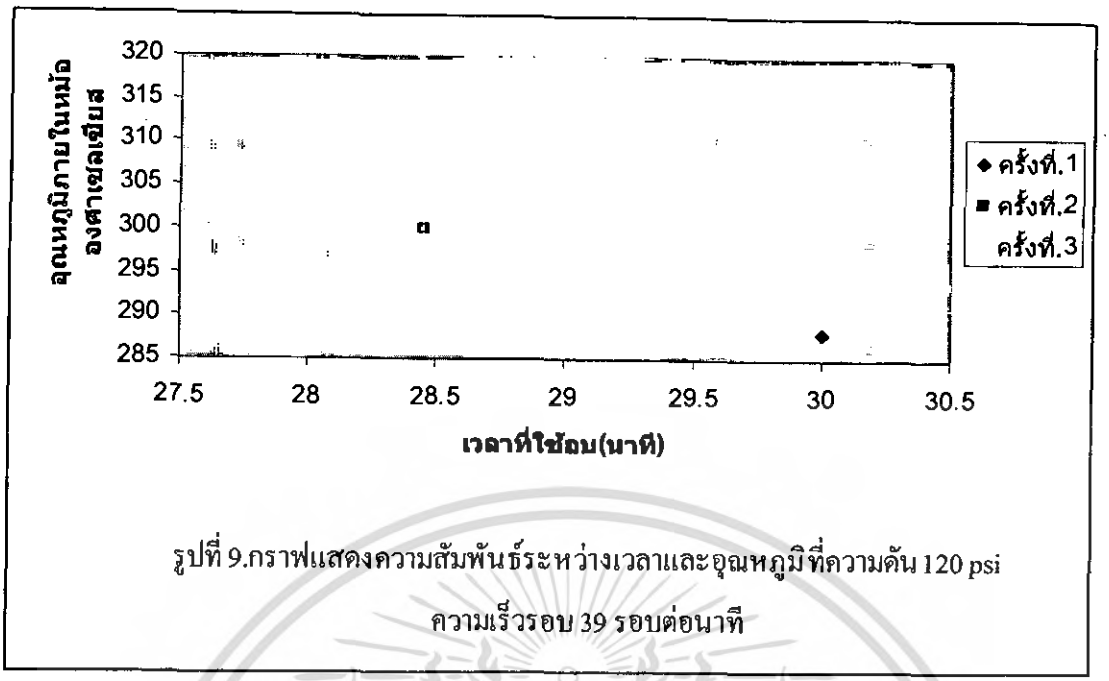
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



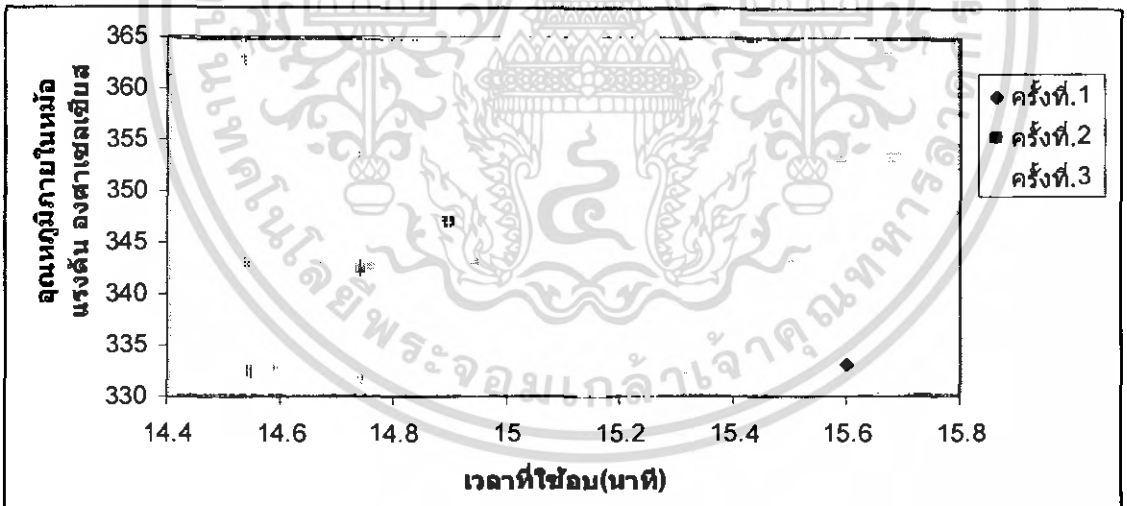
รูปที่ 7.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่ความดัน 120 psi ความเร็วรอบ 33 รอบต่อนาที

รูปที่ 8.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่ความดัน 120 psi ความเร็วรอบ 36 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

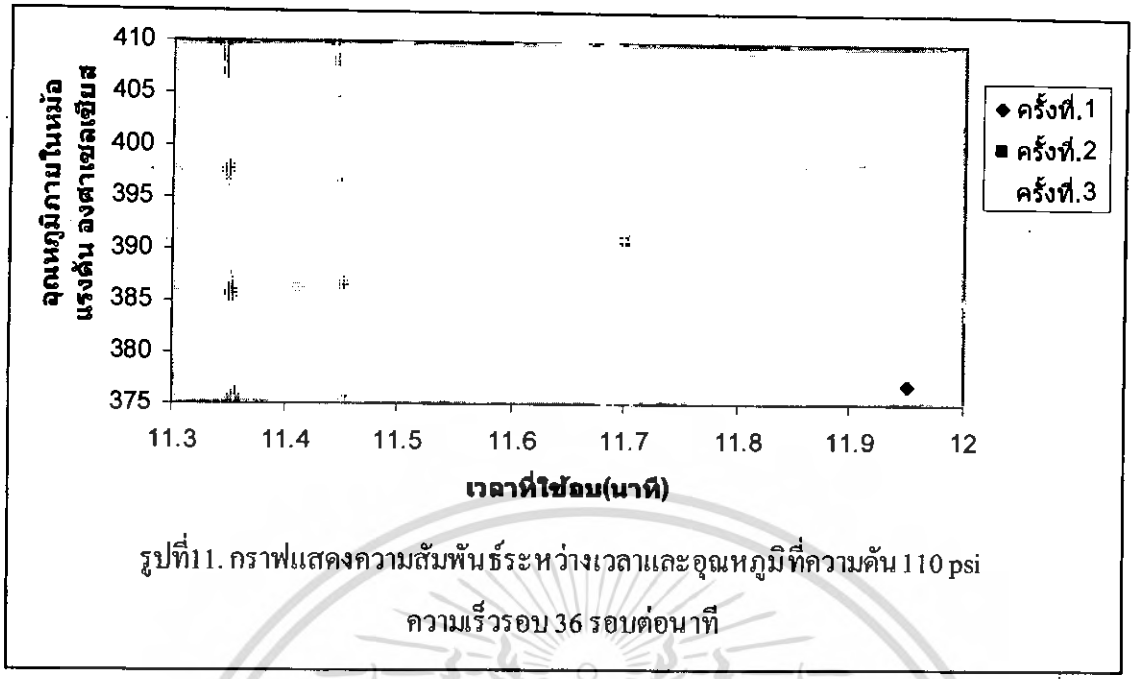


รูปที่ 9.กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่ความดัน 120 psi ความเร็วรอบ 39 รอบต่อนาที



รูปที่10. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่ความดัน 110 psi ความเร็วรอบ 33 รอบต่อนาที

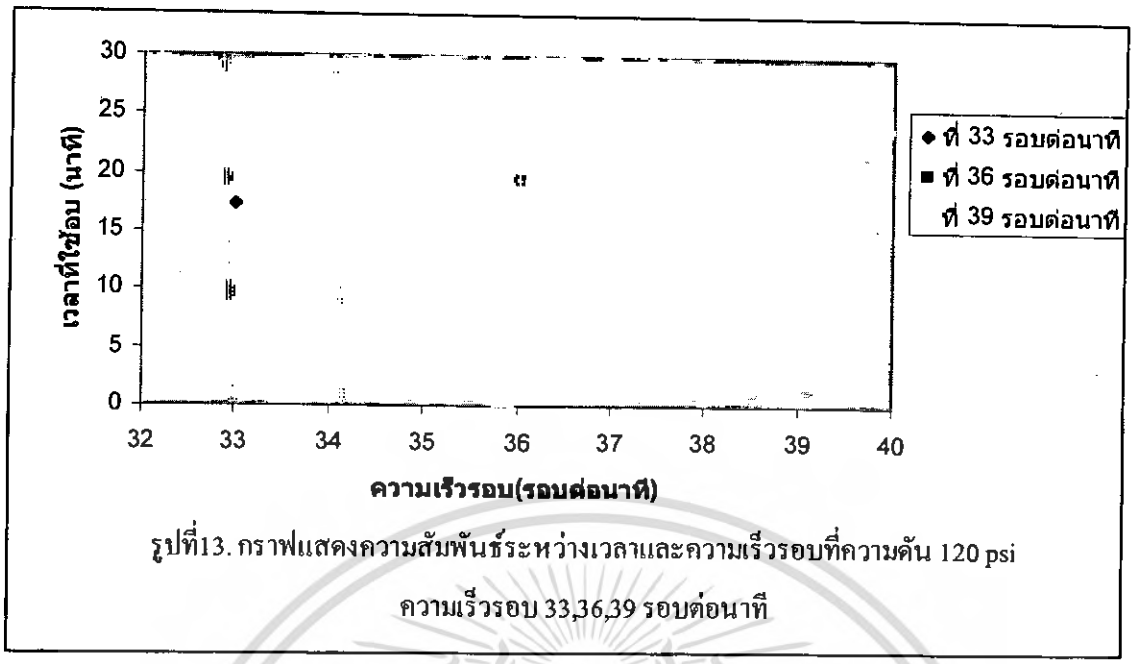
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



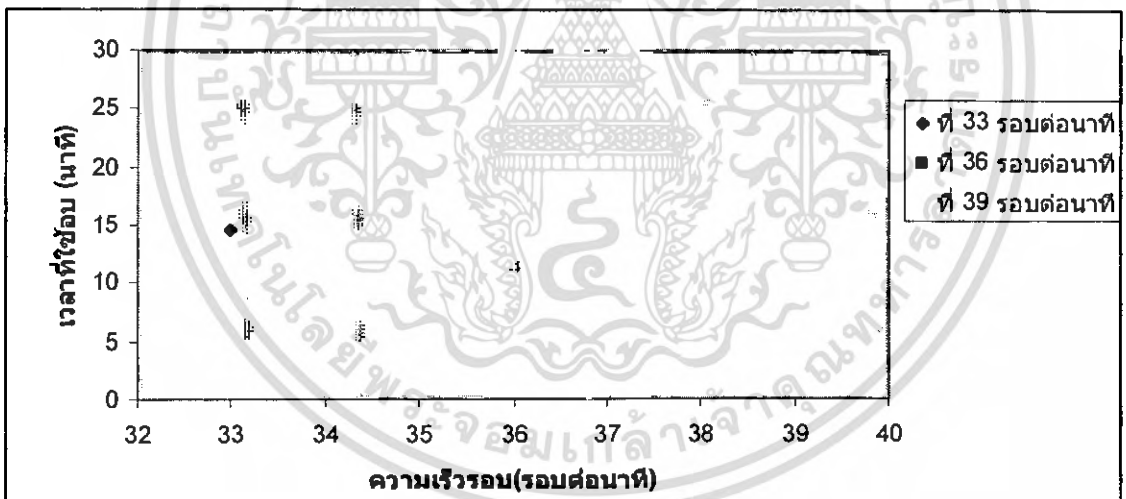
รูปที่11. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่ความดัน 110 psi ความเร็วรอบ 36 รอบต่อนาที

รูปที่12. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่ความดัน 110 psi ความเร็วรอบ 39 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่13. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเร็วรอบที่ความดัน 120 psi ความเร็วรอบ 33,36,39 รอบต่อนาที



รูปที่14. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเร็วรอบที่ความดัน 110 psi ความเร็วรอบ 33,36,39 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 5

ชุดทดสอบที่ 1

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายจรัญ วันแย้ม

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1				x			x	
2				x			x	
3			x			x		
4			x			x		
5		x			x			
6		x						x
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ ข้าวมีรสชาติขมและดำเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 1

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายสุรกิจ ศรีมงคล

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1				x			x	
2				x			x	
3		x				x		
4			x				x	
5			x				x	
6		x				x		
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ ข้าวมีสีดำไม่น่ารับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 1

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายปิยพงษ์ บำเทิง

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1				x			x	
2				x			x	
3		x						x
4			x			x		
5			x			x		
6			x			x		
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 1

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายนิติ กระจาดแก้ว

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1				x			x	
2				x			x	
3		x			x			
4			x			x		
5		x				x		
6	x				x			
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 1

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายพอพงษ์ ศรีชู

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1				x			x	
2				x			x	
3		x			x			
4			x		x			
5			x			x		
6		x			x			
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ ข้าวมีรสชาติที่ขม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 1

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายอนุกูล นะธิศรี

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1				x			x	
2				x			x	
3		x						x
4			x			x		
5			x				x	
6		x			x			
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 1

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายวัชรินทร์ รัตนานุกูล

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1				x			x	
2				x			x	
3		x			x			
4			x			x		
5			x				x	
6		x				x		
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 1

<u>คำชี้แจง</u> **ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม**

ชื่อผู้ทดสอบ นายสมชาย ทวีกิรติสืบกุล

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1				x			x	
2				x			x	
3			x		x			
4				x			x	
5			x			x		
6			x		x			
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 1

คำชี้แจง ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายชาลี เมืองขุนรอง

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1				x			x	
2				x			x	
3			x			x		
4				x			x	
5			x			x		
6		x			x			
7				x			x	
8				x			x	
9				x			xx	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 1

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายจตุวิทย์ เกียรติไพบูลย์

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 120 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1		X				X		
2		X				X		
3		X			X			
4			X				X	
5		X				X		
6			X		X			
7			X				X	
8		X					X	
9			X		X			

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 2

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายธนากร จรเสมอ

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 110 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1		X			X			
2		X			X			
3			X		X			
4			X			X		
5			X					X
6			X					X
7		X					X	
8		X					X	
9		X				X		

หมายเหตุ สีของข้าวดูน่ารับประทาน(กรอบ,อร่อย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 2

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายเมธา โพธิ์เงิน

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 110 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1			x			x		
2			x			x		
3		x				x		
4		x			x			
5	x							x
6	x							x
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 2

คำชี้แจง ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายอธิษฐ์ เดชสง

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 110 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1			x			x		
2		x			x			
3		x			x			
4		x						x
5	x							x
6	x							x
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ รสชาติไม่ขม มีกลิ่นหอมและกรอบน่ารับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 2

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายวัชรินทร์ รัตนานุกูล

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 110 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1			x			x		
2		x			x			
3		x						x
4		x						x
5	x							x
6	x							x
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 2

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายราชิต อินต๊ะวงค์

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 110 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1		x			x			
2		x			x			
3		x			x			
4	x							x
5	x							x
6	x							x
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 2

คำชี้แจง ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายคมสัน แสงธรรมชัย

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 110 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1		x						x
2		x						x
3		x						x
4		x						x
5	x							x
6	x							x
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ ข้าวมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 2

คำชี้แจง ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายสถาพร สุขผล

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 110 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1		x			x			
2	x							x
3	x							x
4	x							x
5	x							x
6	x							x
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ ข้าวพองกรอบและมีกลิ่นหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 2

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายสานนท์ ขุพาพิน

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 110 psi

ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1	x				x			
2	x				x			
3	x				x			
4	x							x
5	x							x
6	x							x
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 2

<u>คำชี้แจง</u> ให้ผู้ทดสอบทดลองชิมข้าวพองตามลำดับ 1-9 แล้วใส่เครื่องหมาย X ในตารางตามความเหมาะสม

ชื่อผู้ทดสอบ นายปฐมนนท์ เชิดชูชาติ

ความดันที่ใช้อบข้าวสาลี 110 psi

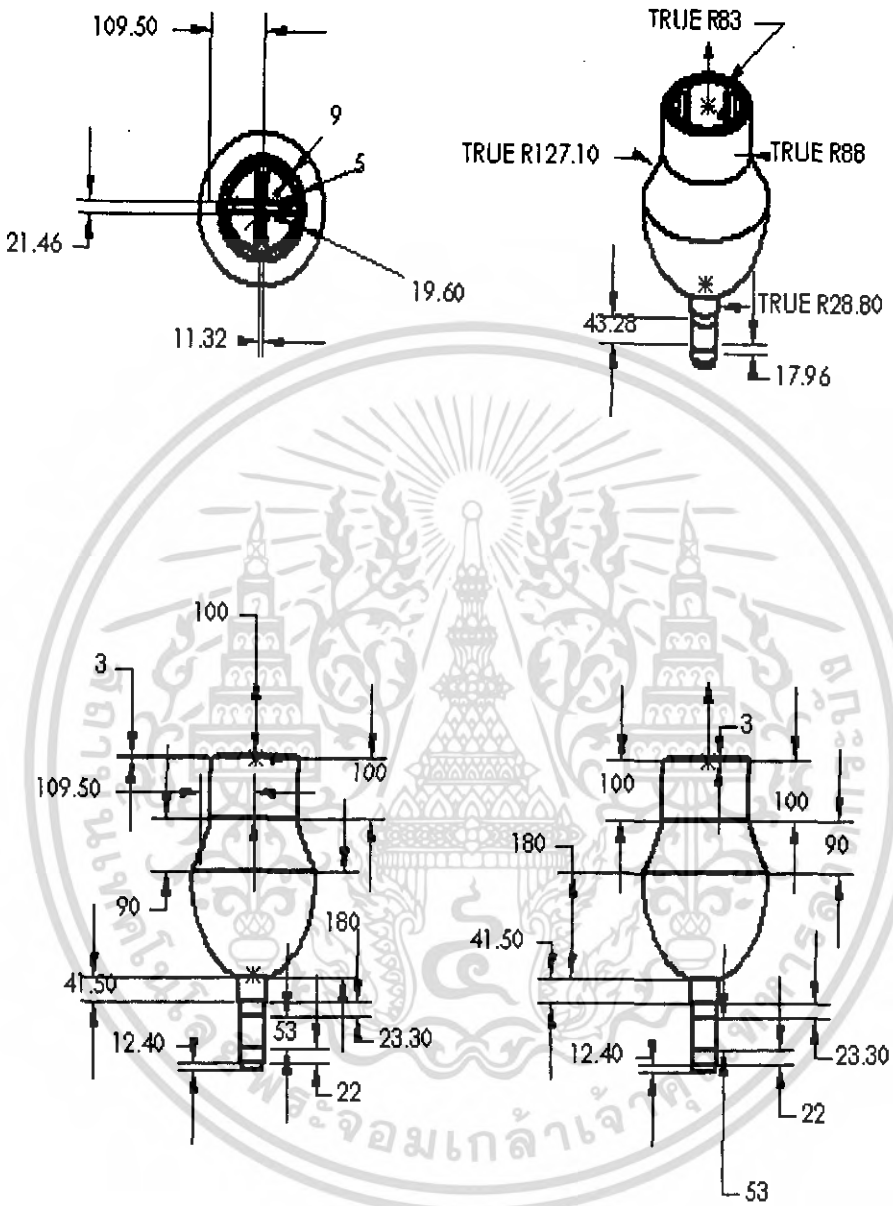
ชุดที่	ลักษณะสีข้าวพอง				รสชาติ			
	เหลืองอ่อน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม	ดำ	ขมน้อย	ขมปานกลาง	ขมมาก	ไม่ขม
1		x			x			
2		x						x
3		x						x
4	x							x
5	x							x
6	x							x
7				x			x	
8				x			x	
9				x			x	

หมายเหตุ _____

_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 6
เครื่องทำข้าวพอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้