สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุเมล็ดพืช

(Design and Development on a Grain Packaging Machine)

T061902

โดย

นายจตุพล หมั่นวาจา รหัส 44015554

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์

อาจารย์ปรีชานันท์ ศรีแก้ว

อาจารย์สัญลักษณ์ กิ่งทอง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61902
วัน,เดือน,ปี 24 ก.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ประจำปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ประจำปีการศึกษา 2546

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุเมล็ดพืช

ผู้จัดทำ

นายจตุพล หมั่นวาจา

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ปรีชานันท์ ศรีแก้ว)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สัญลักษณ์ กิ่งทอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบรรจุเมล็ดพืช

โดย นายจตุพล หมั่นวาจา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์

อาจารย์ปรีชานันท์ ศรีแก้ว

อาจารย์สัญลักษณ์ กิ่งทอง

บทคัดย่อ

เครื่องบรรจุเมล็ดพืช ประกอบด้วยถังบรรจุเมล็ดพืช ระบบลำเลียง ส่วนชั่งน้ำหนัก ส่วนปิดผนึกปากถุง และดูดอากาศ ในส่วนที่ทำการออกแบบและพัฒนานั้น ได้ทำการพัฒนา ส่วนชั่งน้ำหนัก ส่วนปิดผนึก และดูดอากาศ เพื่อให้ได้น้ำหนักตามต้องการ การปิดผนึกปากถุง การดูดอากาศมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และได้น้ำหนักตามต้องการ โดยในส่วนชั่งน้ำหนักได้ใช้กระบอกสูบเพิ่มมาอีกหนึ่งตัว ซึ่งจะทำหน้าที่ลดพื้นที่หน้าตัดบริเวณทางออกของวัสดุ ได้ทำการพัฒนาน้ำหนักของลูกตุ้มให้สามารถชั่งน้ำหนักได้ถูกต้อง สามารถปรับตำแหน่งของน้ำหนักเพื่อปรับความละเอียดของน้ำหนักได้ ซึ่งสามารถชั่งได้คือ 1,2,3,4 และ 5 กิโลกรัม

การออกแบบและพัฒนาในส่วนดูดอากาศ ในการดูดอากาศออกจากถุง ได้ติดตั้งทามเมอร์เพื่อตั้งระยะเวลาในการดูดอากาศและใช้หน่วงเวลาในการให้ความร้อนแก่ถุงบรรจุ เพื่อทำให้รอยปิดผนึกมีความเรียบร้อยโดยไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูง ในส่วนของการปิดผนึก รอยปิดผนึกจะต้องมีความหนา และรอยปิดผนึกจะต้องมีความยาวตลอดความกว้างของปากถุง เพื่อป้องกันการหลุด การฉีกขาด ซึ่งจะทำให้อากาศเข้าไปภายในถุง ได้ทำการพัฒนาโดยใช้ลวดความร้อนที่มีขนาดใหญ่กว่าเดิมโดยใช้ขนาด 5 มิลลิเมตร ได้ใช้อุปกรณ์หรี่ไฟ (Dimmer) แทนการใช้เทอร์โมสตัสเพื่อให้สามารถปรับอุณหภูมิของลวดความร้อนได้ และมีอุณหภูมิคงที่ และในส่วนของสายพานลำเลียงนั้นได้ใช้ลิมิตสวิตซ์ควบคุมการหยุดเพื่อฯวามสะดวกแก่ผู้ปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND DEVELOPMENT ON A GRAIN PACKAGING MACHINE

By Mr. Jatupol Munwaja
Advisor Assoc. Prof. Jiraporn Benjaphragairat
Mr. Preechanun Srikaew
Mr. Sanyarak Kingthong

ABSTRACT

The grain packaging machine was recently developed at the department being composed of five major components ; namely , a feeding hopper , a conveyor system , a weighing unit , a bag- lip sealing unit , and an air removal unit. This thesis has been done with a specific aim to improve the overall efficiency of such a machine. Four components were redesigned and a new machine was constructed and tested.

Pertaining to the weighing unit , another pneumatic cylinder was attached in order to reduce the outlet opening for grain and the fine – adjustment screw was newly introduced to achieve a better accuracy of weighing. The grain can be packed at any specific value of weighing sequence of 1,2,3,4 and 5 kg.

For both the air removal and the bag- lip sealing unit , an electric timer was utilized to produce a proper time interval control which enabled the vacuum pump and the electric heater to operate as long as desired. In addition , a dimmer was installed instead of a previous thermostat for temperature constant. With a bigger heater coil of 5 mm width , the mark seal could be done nicely by using relatively low temperature.

Lastly , a limit switch was employed to control the movement of a belt conveyor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก-ข
สารบัญ	ค-ง
สารบัญตาราง	จ-ฉ
สารบัญรูป	ช-ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการทำวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ชนิดของเครื่องบรรจุเมล็ดพืชที่มีอยู่ในปัจจุบัน	4
2.2 กระบวนการบรรจุเมล็ดพืช	9
2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืช	10
2.4 มุมกองพื้นวัสดุ	10
2.5 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสื่อมคุณภาพ (Deteriorate)ของเมล็ดพืชในการเก็บรักษา	11
2.6 ผลของภาชนะต่างๆที่ใช้บรรจุเมล็ดพืช	12
2.7 การควบคุมการทำงานแบบต่อเนื่อง	12
2.8 ลวดนำความร้อน	16
2.9 การควบคุมความร้อนของลวดความร้อน	19
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาระบบการทำงานของเครื่องบรรจุเมล็ดพืช	
3.1 ปัญหาที่พบและการแก้ไขในส่วนชั่งน้ำหนัก	23
3.2 ปัญหาที่พบและการแก้ไขในส่วนปิดผนึกและดูดอากาศ	27
3.3 การดำเนินการพัฒนา	34
3.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง
4.1 การทดลองเพื่อหาความสามารถในการทำงานของเครื่องบรรจุเมล็ดพืชในส่วนการชั่งน้ำหนัก 37
4.2 การทดลองเพื่อหาความสามารถในการทำงานของเครื่องบรรจุเมล็ดพืชในส่วนปิดผนึกปากถุงและดูดอากาศ 45
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ 53
ภาคผนวก ก 55
ภาคผนวก ข 60
ภาคผนวก ค 66
ภาคผนวก ง 78
กิตติกรรมประกาศ 80
บรรณานุกรม 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ค่ามุมกองพื้นและสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของวัสดุปริมาณมวลที่สำคัญ	10
2. ความหนาแน่นรวมในรูปของน้ำหนักจำเพาะรวมของวัสดุปริมาณมวล	11
3. เปรียบเทียบผลการทดลองการบรรจุข้าวสาร ขนาดถุง 10x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม	37
4. เปรียบเทียบผลการทดลองการบรรจุเม็ดพลาสติก ขนาดถุง 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม	39
5. เปรียบเทียบผลการทดลองการบรรจุข้าวเปลือก ขนาดถุง 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม	41
6. ความสามารถในการบรรจุวัสดุต่างๆที่น้ำหนักแตกต่างกัน	43
7. ค่าต่างๆที่ได้จากการคำนวณในส่วนชั่งน้ำหนัก	43
8. ผลการทดลองหาระยะเวลาในการดูดอากาศข้าวเปลือก และเม็ดพลาสติกในถุง ขนาด 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม จนอากาศภายในถุงหมด จับเวลาต่อ 1 ถุง	51
9. ผลการทดลองหาระยะเวลาในการดูดอากาศข้าวสาร(ยังไม่ปิดผนึก)ในถุงขนาด 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม จนอากาศภายในถุงหมด จับเวลาต่อ 1 ถุง	51

ภาคผนวกตาราง

1ก. ผลการทดลองหาระยะเวลาในการดูดอากาศ(ยังไม่ปิดผนึก)ข้าวเปลือก และเม็ดพลาสติกในถุงขนาด 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม (5 กิโลกรัม บรรจุในถุงไม่พอ) จนอากาศภายในถุงหมด จับเวลาต่อ 1 ถุง	55
2ก. ผลการทดลองหาระยะเวลาในการดูดอากาศข้าวสาร(ยังไม่ปิดผนึก) ในถุง ขนาด 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม จนอากาศภายในถุงหมด จับเวลาต่อ 1 ถุง	56
3ก. ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปิดผนึกถุงที่ขนาด และความหนาต่างๆ	57
4ก. ผลการทดลองการปิดผนึกปากถุง และดูดอากาศ บรรจุข้าวสารในถุงขนาด 17.5 x 11 นิ้ว หนา 0.2 มิลลิเมตร บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม (จับเวลาต่อ 1 ถุง)	58
5ก. ผลการทดลองการปิดผนึกปากถุง และดูดอากาศ บรรจุเม็ดพลาสติก และข้าวเปลือก ในถุงขนาด17.5 x 11 นิ้ว หนา 0.2 มิลลิเมตร บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม (จับเวลาต่อ 1 ถุง)	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ภาคผนวกตาราง หน้า
1ง. รายการวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ 78
2ง. ประเมิณราคาวัสดุที่ใช้ในการสร้าง 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.	เครื่องปิดผนึกแบบแนวตั้ง	5
2.	เครื่องปิดผนึกแบบสายพานแนวนอน แบบเติมอากาศได้	5
3.	เครื่องปิดผนึกพร้อมดูดอากาศ	6
4.	เครื่องบรรจุแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับเมล็ดพืชและวัสดุอื่น เช่น น้ำตาล แป้ง เป็นต้น	6
5.	เครื่องปิดผนึกแบบตั้งโต๊ะ	7
6.	เครื่องปิดผนึกแบบใช้เท้าควบคุม	7
7.	เครื่องปิดผนึกแบบมือกด	8
8.	แผนผังการบรรจุเมล็ดพืช	9
9.	ผลของภาชนะชนิดต่างๆที่ใช้บรรจุเมล็ดพืชซึ่งมีอิทธิพลต่อความงอก	12
10.	แสดงสัญลักษณ์และการทำงาน ของรีเลย์ตั้งเวลาแบบหน่วงเวลาตอนมีสัญญาณ	13
11.	แสดงสัญลักษณ์และการทำงานของรีเลย์ตั้งเวลาแบบหน่วงเวลาตอนตัดสัญญาณ	14
12.	รีเลย์ และทามเมอร์	15
13.	แสดงการทำงานของคอนแทกเตอร์ และรีเลย์	15
14.	ลวดนิโครม (Nichrom) นำความร้อนขนาด 3 มิลลิเมตร	17
15.	ลวดนิโครม (Nichrom) นำความร้อนขนาด 5 มิลลิเมตร	18
16.	ฉนวนกันความร้อนขนาด 10 มิลลิเมตร	18
17.	ลวดนิโครม (Nichrom) นำความร้อนขนาด 5 มิลลิเมตรที่ปิดด้วยฉนวน	19
18.	อุปกรณ์หรี่ไฟ (Dimmer)	21
19.	เทอร์โมสตัส	21
20.	เครื่องบรรจุเมล็ดพืช	22
21.	เครื่องบรรจุเมล็ดพืชในส่วนชั่งน้ำหนัก	23
22.	แสดงการติดตั้งกระบอกสูบเพื่อควบคุมส่วนชั่งน้ำหนัก	24
23.	การติดตั้งลิมิตสวิตซ์ควบคุมการทำงาน	24
24.	อธิบายการติดตั้งลิมิตสวิตซ์ควบคุมการทำงาน	25
25.	ลักษณะของคานปรับละเอียด	26
26.	ฐานรองรับเมล็ดพืช	27
27.	เครื่องปิดผนึกและดูดอากาศ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
28.	ลิมิตสวิตซ์ควบคุมการทำงานของสายพาน	28
29.	การติดตั้งลิมิตสวิตซ์ควบคุมการทำงานของสายพาน	29
30.	ลวดนิโครม (Nichrom) นำความร้อนขนาด 5 มิลลิเมตร	30
31.	ลวดนิโครม (Nichrom) นำความร้อนขนาด 5 มิลลิเมตรที่ปิดด้วยฉนวน	30
32.	ชุดปิดผนึกและดูดอากาศ	31
33.	อุปกรณ์หรี่ไฟเพื่อควบคุมความร้อนของลวดนำความร้อน	32
34.	ชุดนิวเมติกควบคุมการทำงานของชุดปิดผนึก	32
35.	ลิมิตสวิตซ์ควบคุการทำงานของกระบอกสูบ	33
36.	ชุดขับสายพาน	33
37.	คอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในการดูดอากาศ	34
38.	การทดลองการบรรจุ	44
39.	เครื่องบรรจุเมล็ดพืชในส่วนชั่งน้ำหนัก	44
40.	เครื่องปิดผนึกและดูดอากาศ	46
41.	การบรรจุและดูดอากาศข้าวสาร	47
42.	การบรรจุและดูดอากาศข้าวเปลือก	47
43.	การดูดอากาศ	48
44.	ลักษณะของรอยปิดผนึก	48
45.	ลักษณะของถุงบรรจุเมื่อทำการปิดผนึกแล้ว	49

ภาคผนวกรูป

1ข. วงจรกำลังควบคุมชุดนิวเมติกส์ส่วนชั่งน้ำหนัก	60
2ข. วงจรไฟฟ้าควบคุมชุดนิวเมติกส์ส่วนชั่งน้ำหนัก	61
3ข. วงจรควบคุมส่วนชั่งน้ำหนัก	62
4ข. วงจรกำลังควบคุมชุดนิวเมติกส่วนปิดผนึกปากถุง	63
5ข วงจรไฟฟ้าควบคุมชุดนิวเมติกในส่วนปิดผนึกปากถุง	64
6ข. วงจรควบคุมการทำงานในส่วนปิดผนึก	65
1ค. แบบแสดงถังบรรจุเมล็ดพืช	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกรูป(ต่อ) หน้า

2ค. แบบแสดงโครงสร้างรองรับถังบรรจุ 67
3ค แบบแสดงเกลียวลำเลียง 68
4ค แบบแสดงฝารางเกลียวลำเลียง 69
5ค แบบแสดงรางเกลียวลำเลียง 70
6ค แบบแสดงชุดชั่งน้ำหนักแบบลูกตุ้มถ่วง 71
7ค แบบแสดงส่วนโครงรองรับส่วนชั่งน้ำหนัก 72
8ค แบบแสดงโครงสายพานลำเลียง 73
9ค แบบแสดงลูกกลิ้งสายพานลำเลียง 74
10ค แบบแสดงชุดลูกกลิ้งป้องกันการตกท้องช้าง 75
11ค แบบแสดงชุดหนีบปากถุง 76
12ค แบบแสดงขาชุดปิดผนึก 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เมล็ดพันธุ์พืชที่เก็บรักษาต้องมีการป้องกันโรค แมลง การเพิ่มขึ้นของความชื้นในอากาศ สภาพอุณหภูมิต่ำ และความชื้นสัมพันธ์ต่ำ เพื่อสามารถทำการเก็บรักษาเมล็ดพืชได้เป็นระยะเวลายาวนานยิ่งขึ้นทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าของผลผลิต โดยไม่สูญเสียคุณภาพ ประเทศในเขตอบอุ่นการเก็บรักษาเมล็ดพืชไม่มีปัญหามากเท่าประเทศในเขตร้อนชื้น ทั้งนี้เนื่องจากสภาพของอากาศที่มีอุณหภูมิสูง (21-35 องศาเซลเซียส) และความชื้นของอากาศสูงตลอดปีสภาพดังกล่าวเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการเกิดโรค ในการเก็บรักษาเมล็ดพืช หรือเมล็ดพันธุ์พืช ในภาชนะที่สามารถป้องกันอากาศได้นั้น การเก็บรักษาไว้ในถุงพลาสติกที่มีการปิดผนึกและปราศจากอากาศ ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งในการเก็บรักษาเมล็ดพืชได้เป็นอย่างดี เพราะในการปิดผนึกปากถุงพลาสติกที่เก็บเมล็ดพืชนั้น จะสามารถป้องกันความชื้น และสัตว์ที่สามารถทำลายเมล็ดพืช หรือเมล็ดพันธุ์พืชได้ ยกตัวอย่างเช่นข้าว สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 2 ปี ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้น 14 % ซึ่งมีค่าเทียบเท่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ 65 % (ที่มา อารมณ์ ศรีพิจิตต์,2524)

เมล็ดพันธุ์พืชมีความจำเป็นที่จะต้องเก็บรักษาจนกว่าจะถึงฤดูกาลเพาะปลูกครั้งต่อไป เมล็ดบางชุดอาจต้องเก็บรักษาไว้นานถึง 2 ฤดูกาลเพื่อเป็นเมล็ดสำรองไว้ในกรณีฉุกเฉิน จะต้องหลีกเลี่ยงการเสื่อมสภาพของเมล็ดอันเกิดจากโรค แมลง หรือการงอกของเมล็ด หลักการเก็บรักษาได้แก่การเก็บในที่สะอาด เย็นและแห้ง เมล็ดพืชมีความจำเป็นที่จะต้องลดปริมาณความชื้นให้มีปริมาณความชื้นสูงสุดไม่เกิน 13 % ซึ่งจัดว่ามีความสมดุลกับปริมาณความชื้นที่ 65 % การลดปริมาณความชื้นในเมล็ดให้ลดลงเหลือ 10-12 % จะให้ผลที่ดี โดยมีค่าเทียบเท่ากับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 45-60 % การเก็บเมล็ดในภาชนะที่ป้องกันอากาศได้จัดว่ามีความเหมาะสมมากที่สุดในปัจจุบัน (ที่มา อารมณ์ ศรีพิจิตต์,2524)

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสื่อมสภาพ (Deteriorate) ของเมล็ดในระหว่างเก็บรักษา

1. ชนิดของเมล็ด
2. ผลของการเก็บเกี่ยว
3. ปัจจัยทางกายภาพ
4. ปัจจัยทางเคมี
5. ปัจจัยทางชีววิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อราได้แก่ (ที่มา อารมณ์ ศรีพิจิตต์,2524)

1. ความชื้นของเมล็ดมากกว่า 13 %
2. อุณหภูมิของเมล็ดมากกว่า 24 องศาเซลเซียส
3. เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความร้าวหรือหักสูง
4. มีสิ่งปะปนมากับเมล็ด เช่น เศษดิน หิน เปลือก ใบ หรือลำต้น
5. มีแมลงปะปน

ถุงพลาสติกที่ใช้บรรจุในปัจจุบันนี้ ส่วนใหญ่มี 2 ประเภท คือ โพลิเอทิลีน หรือที่เรียกง่ายๆ ว่า ถุงเย็น และ โพลิโพรพิลิน หรือถุงร้อน ถุงทั้งสองชนิดนี้ จะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันสำคัญในเรื่องการบรรจุอาหารก็คือ มีความสามารถในการทนความร้อนที่แตกต่างกัน

ถุงพลาสติกที่นำมาใช้จะเป็นพลาสติก PE(Polyethylene) PE นับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูก เนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่นๆ ถุงที่ทำจากโพลิเอทิลีนจะมีสีขุ่นแต่จะมีสีขุ่นไม่มาก โพลิเอทิลีนมีหลายชนิด แบ่งตามความหนาแน่นของตัวพลาสติก เป็น 3 ประเภทคือ แบบหนาแน่นสูง กลาง และต่ำ ซึ่งยิ่งหนาแน่นสูงก็จะยิ่งขุ่นมาก และทนความร้อนได้มาก

PE ที่ใช้จะเป็นประเภทความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene หรือ LDPE) ความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร LDPE หรือชื่อสามัญเรียกว่าถุงเย็น โครงสร้างของLDPE สามารถป้องกันความชื้นได้ดี ทนต่อกรดและด่างทั่วไป และสามารถใช้ความร้อนเชื่อมติดปิดผนึกได้ดี จากการศึกษาพบว่า ด้วงงวงข้าวสารและด้วงงวงข้าวโพดไม่สามารถเจาะถุงพลาสติกที่มีความหนา 0.06-0.08 และ 0.14 มิลลิเมตรจากภายนอกเข้าสู่ภายในถุงได้ (ที่มา อารมณ์ ศรีพิจิตต์,2524)

วิธีการเก็บรักษาเมล็ดพืชแบบเก็บไว้ในถุงพลาสติกพร้อมทำการปิดผนึกปากถุงนั้นในปัจจุบัน ส่วนมากจะมีราคาสูงเหมาะสมกับการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และโรงงานขนาดกลาง ซึ่งมีกำลังการผลิตในปริมาณมากๆ ซึ่งราคาของเครื่องจะมีราคาสูงขึ้นตามขนาด และ ความเหมาะสมของกำลังการผลิต

ดังนั้นจึงมีความคิดทำการออกแบบพัฒนา และสร้างเครื่องบรรจุเมล็ดพืชให้มีความเหมาะสมกับโรงงานขนาดเล็ก และเกษตรกรรายย่อย ให้สามารถใช้ในครัวเรือนได้ในราคาที่ถูกกว่าราคาที่มีวางขายอยู่ในตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องบรรจุเมล็ดพืช ให้มีความสามารถใน การบรรจุ การดูดอากาศ การปิดผนึก

1.2.2 สามารถกำหนดน้ำหนักให้ได้ตามความต้องการและมีความเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือกลุ่มเกษตรกรรายย่อย

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เครื่องบรรจุเมล็ดพืชจะมีความสามารถในการบรรจุ การปิดผนึก การดูดอากาศ และชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ได้ตามต้องการ และมีความเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น
- เครื่องบรรจุเมล็ดพืชจะช่วยประหยัดแรงงาน ลดเวลาในการบรรจุ และปิดผนึก
- เพิ่มมูลค่าของผลผลิตเพราะสามารถเก็บรักษาผลผลิตได้นานยิ่งขึ้น และสามารถเก็บไว้ใช้ในฤดูกาลเพาะปลูกครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ชนิดของเครื่องบรรจุเมล็ดพืชที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ในปัจจุบันการบรรจุเมล็ดพืช วิธีการในการบรรจุรวมทั้งการปิดผนึกมีวิธีที่แตกต่างกันออกไปซึ่งแตกต่างกันตามลักษณะของเครื่องมือที่ผู้ผลิตได้สร้างมา สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. เครื่องบรรจุแบบกึ่งอัตโนมัติ
2. เครื่องบรรจุพร้อมปิดผนึกแบบอัตโนมัติ
3. เครื่องบรรจุพร้อมปิดผนึก
4. เครื่องปิดผนึกแบบใช้มือกด
5. เครื่องปิดผนึกแบบกึ่งอัตโนมัติ
6. เครื่องปิดผนึกพร้อมดูดอากาศ

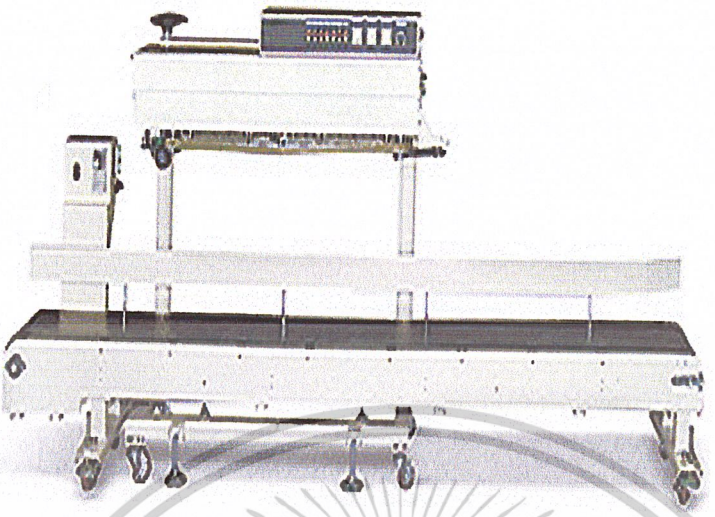
เครื่องบรรจุเมล็ดพืชนั้นสามารถแบ่งตามวิธีการกำหนดขนาดบรรจุได้ดังนี้

1. การกำหนดขนาดน้ำหนักโดยใช้ Load Cell ด้วยวิธีการใช้ (Strain gage) วัดค่าความเครียด เพื่อใช้ตรวจแรงหรือน้ำหนัก
2. การกำหนดขนาดน้ำหนักโดยใช้คุณสมบัติเชิงปริมาตร

เครื่องปิดผนึกถุงบรรจุผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งตามวิธีการการปิดผนึกได้ดังนี้

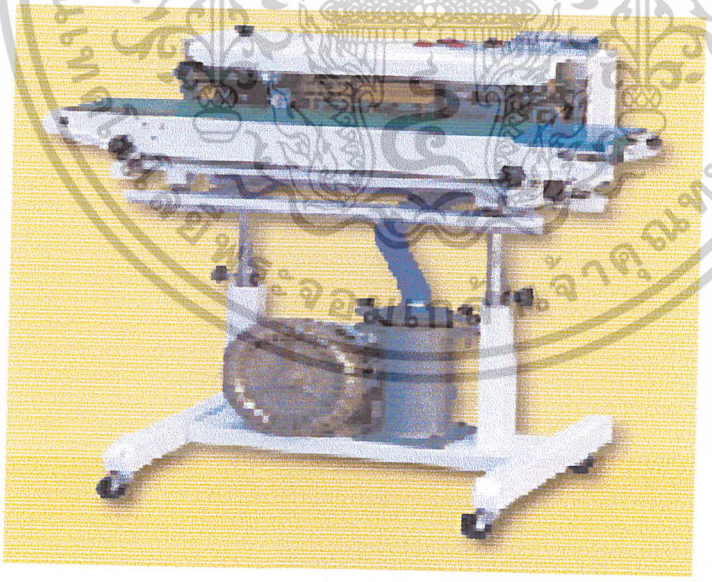
1. เครื่องปิดผนึกแบบตั้งโต๊ะ (ดูรูปที่ 5,6 และ 7 ประกอบ)
2. เครื่องปิดผนึกแบบไหลตามสายพาน (ดูรูปที่ 1,2,3 และ 4 ประกอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่มา ; (www.worakulchai.com)

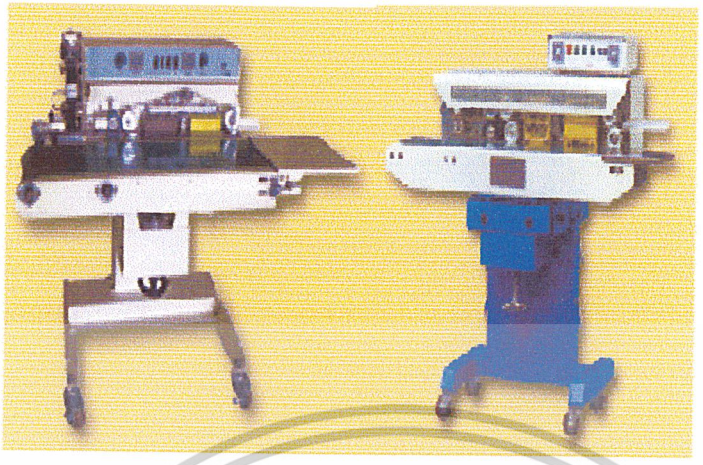
รูปที่ 1 เครื่องปิดผนึกแบบแนวตั้ง



ที่มา ; (www.worakulchai.com)

รูปที่ 2 เครื่องปิดผนึกแบบสายพานแนวนอน แบบเติมอากาศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



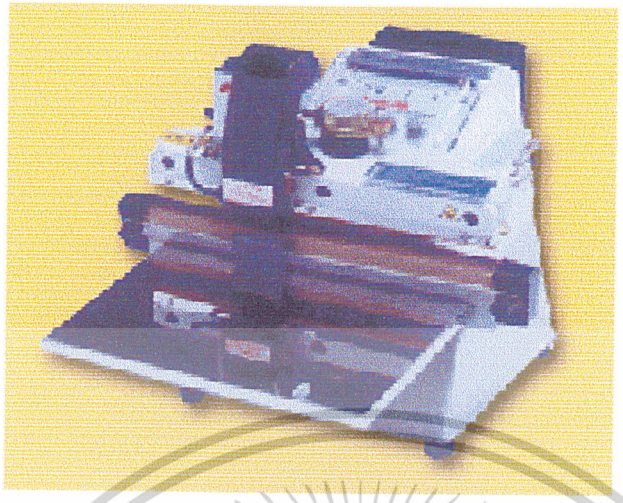
ที่มา ; (www.worakulchai.com)

รูปที่ 3 เครื่องปิดผนึกพร้อมดูดอากาศ

ที่มา ; (www.worakulchai.com)

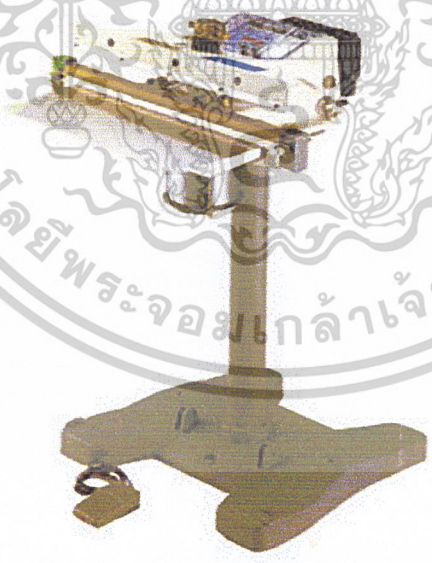
รูปที่ 4 เครื่องบรรจุแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับเมล็ดพืช และวัสดุอื่นๆ เช่น น้ำตาล แป้ง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่มา ; (www.worakulchai.com)

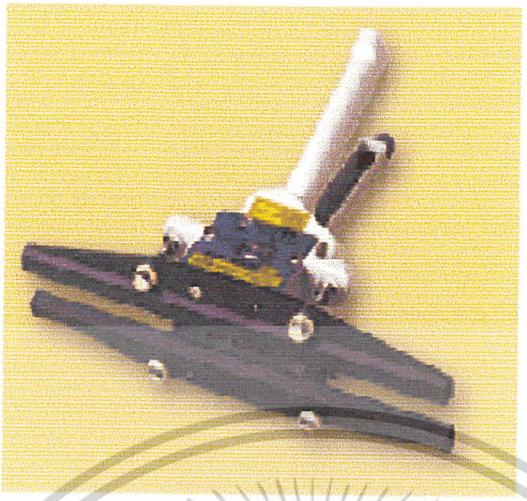
รูปที่ 5 เครื่องปิดผนึกแบบตั้งโต๊ะ

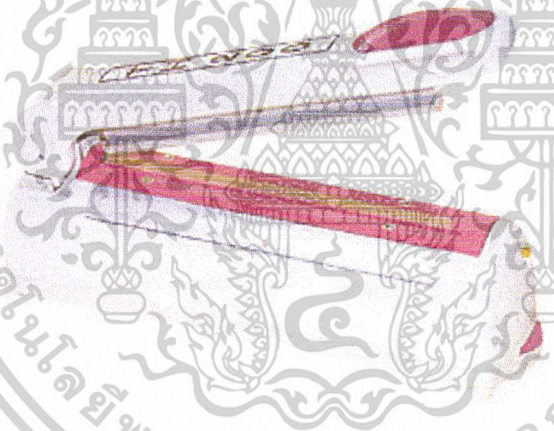


ที่มา ; (www.worakulchai.com)

รูปที่ 6 เครื่องปิดผนึกแบบใช้เท้าควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ที่มา ; (www.worakulchai.com)

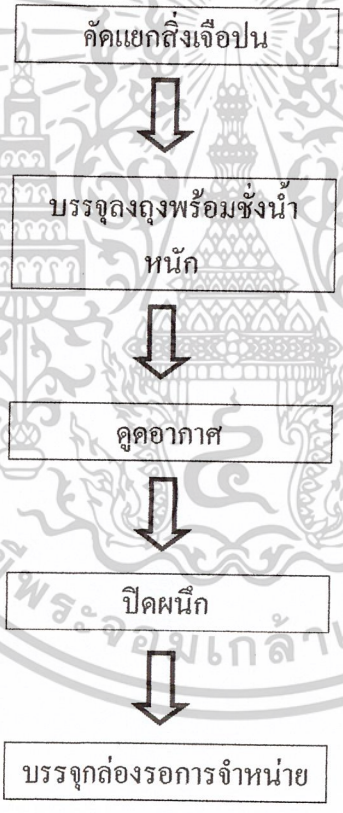
รูปที่ 7 เครื่องปิดผนึกแบบมือกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กระบวนการบรรจุเมล็ดพืช

ในกระบวนการบรรจุเมล็ดพืชนั้น จะเริ่มต้นจากการคัดแยกสิ่งเจือปน โดยอาจใช้การแยกสิ่งเจือปนด้วยตระแกรงเขย่า การแยกนี้จะแยกสิ่งเจือปนที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากกว่าเมล็ดพืช

เมล็ดพืชจะจะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องแยกโลหะ โดยใช้แม่เหล็ก จากนั้นใช้ลมเป่าแยกสิ่งที่มีน้ำหนักแตกต่างจากเมล็ดพืชออก เมล็ดพืชจะถูกลำเลียงเข้าสู่ถังบรรจุ บรรจุลงถุงทำการชั่งน้ำหนัก ต่อจากนั้นจะทำการปิดผนึกปากถุงพร้อมดูดอากาศ และจะถูกลำเลียงไปเก็บรักษาเพื่อรอการจำหน่าย



รูปที่ 8 แผนผังการบรรจุเมล็ดพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพืช

ความเสียดทานของชีววัสดุ(Friction of Biolological Material) มีส่วนสำคัญ และเกี่ยวกับเครื่องจักรกลทางวิศวกรรมเกษตร ความเสียดทานที่เกิดขึ้นอาจอยู่ในลักษณะของแรงที่กระทำต่อวัตถุที่เคลื่อนที่ หรืออยู่ในลักษณะของแรงที่กระทำต่อภาชนะที่บรรจุวัสดุนั้น

แต่สำหรับในวัสดุเกษตรที่เป็นเมล็ดที่กองรวมกัน เช่น เมล็ดพืชและผลิตภัณฑ์คือ มุมของความเสียดทานภายในและมุมกองพื้น

2.4 มุมกองพื้นวัสดุ

มุมกองพื้นวัสดุหมายถึง มุมที่กองวัสดุทำกับพื้นราบ สำหรับมุมกองพื้นมีความสำคัญ โดยจะนำมาหาการไหลของวัสดุผ่านช่องเปิด มุมกองพื้นของจะมีค่าดังตารางที่ 1 โดยวัสดุจะมีความชื้นประมาณ 7-14 %

ตารางที่ 1 ค่ามุมกองพื้นและสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของวัสดุปริมาณมวลที่สำคัญ

วัสดุปริมาณมวล (ความชื้น % wb)	มุมกองพื้น (องศา)	สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานขณะนิ่ง		
	ขณะนิ่ง	กับเหล็ก	กับไม้	กับพลาสติก
ข้าวสาลี(11.2-15.7)	25-41	0.200-0.514	0.30-0.45	0.269-0.448
ข้าวโอ๊ต(10.6-17.3)	-	0.197-0.443	-	0.204-0.502
ข้าวเปลือก	31.41	0.223-0.315	0.40-0.45	-
ข้าวโพด(7.15-13.9)	22-43.5	0.210-0.255	0.145-0.400	0.219-0.381
ข้าวบาร์เรย์(10.7-16.4)	25-35	0.197-0.214	0.300-0.500	0.232-0.354
ถั่วเหลือง(7.12-12.2)	23-35	0.191-0.230	-	0.246-0.430
ข้าวฟ่าง	20-33	0.160-0.400	0.120-0.400	-

ที่มา ; (ปานมนัส ,2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสื่อมคุณภาพ (Deteriorate) ของเมล็ดพืชในการเก็บรักษา

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสื่อมคุณภาพ ของเมล็ดพืชมีดังนี้

1. ชนิดของเมล็ด
2. ผลของการเก็บเกี่ยว
3. ปัจจัยทางกายภาพ
4. ปัจจัยทางเคมี
5. ปัจจัยทางสรีระวิทยา
6. ปัจจัยทางชีววิทยา

สภาพของการเก็บเมล็ดที่ปลอดภัย (Safe Storage Conditions)

1. คุณสมบัติของสารเคมีในเมล็ด ปริมาณสารเคมีภายในเมล็ดมีผลต่อการดูดซึมความชื้นเมล็ดที่มีปริมาณแป้งสูง เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง สามารถที่จะดูดซึมความชื้นจากอากาศได้มาก เมล็ดที่มีปริมาณน้ำมันสูงจะดูดซึมความชื้นจากอากาศได้น้อย ส่วนเมล็ดที่มีปริมาณโปรตีนสูง การดูดซึมความชื้นจะอยู่ระหว่างเมล็ดทั้ง 2 ชนิด(ตารางที่ 4) ซึ่งการทราบถึงชนิดและปริมาณของสารเคมีภายในเมล็ด ย่อมเป็นสิ่งที่ช่วยในการพิจารณาสำหรับวิธีการเก็บรักษาให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดตามคุณสมบัติทางเคมีที่ จุดสมดุลย์กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจาก 30%-70%

ชนิดพืช	ชนิดของสารเคมีที่มีมากที่สุด	ความชื้นสัมพัทธ์				
		30	40	50	60	70
ข้าวโพด	แป้ง	9	11	12	13	14
ข้าวฟ่าง		9	10	11	12	14
ฝ้าย	น้ำมัน	6	7	8	9	10
ถั่วลิสง		4	5	6	7	9
ถั่วเหลือง	โปรตีน	7	7	8	10	12
Beet		7	8	10	11	13

ที่มา ; (Thomson,1979)

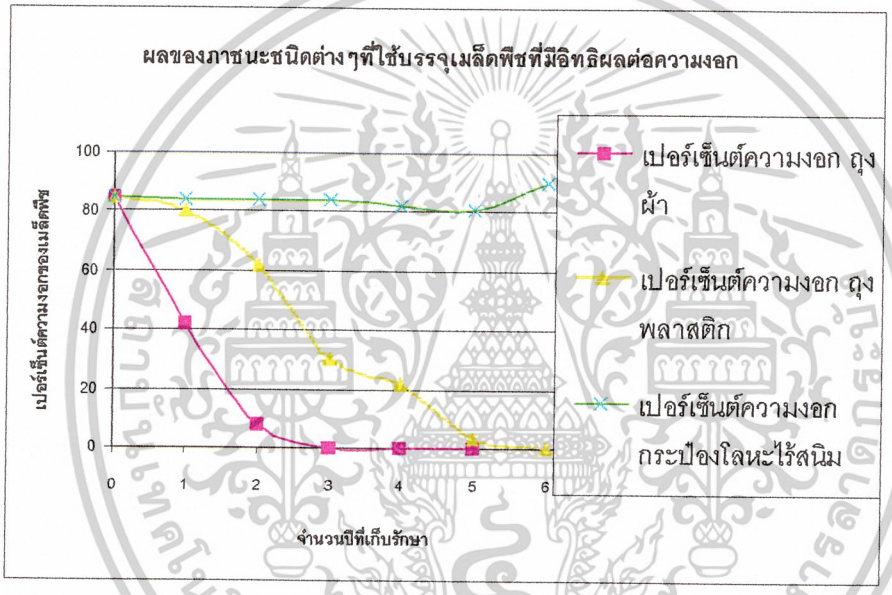
2. สภาพของอากาศที่จำเป็นสำหรับการเก็บรักษาเมล็ดให้มีชีวิตยาวนาน คือสภาพอากาศที่แห้งและเย็น เพราะสภาพอากาศดังกล่าวไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา และยังลดอัตราการหายใจของเมล็ดให้เป็นไปอย่างช้าๆ ความชื้นของเมล็ดก่อนที่จะนำมาเก็บรักษาก็จำเป็นและสำคัญมาก พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดเมล็ดถั่วเหลืองที่มีความชื้นของเมล็ด 9.4 %ภายใต้อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลทำให้เมล็ดถั่วเหลืองมีอายุยาวนานถึง 10 ปี แต่ถ้าเก็บรักษาที่ความชื้น 13.9% ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าถั่วเหลืองมีอยู่ได้เพียง 5 ปี

2.6 ผลของภาชนะต่างๆที่ใช้บรรจุเมล็ดพืช

ภาชนะที่ใช้บรรจุเมล็ดพืชจะต้องเป็นภาชนะที่เรียกว่า Airtight container คือภาชนะที่ป้องกันมิให้อากาศ ความชื้นภายนอกภาชนะซึมผ่านเข้าไปได้ ภาชนะดังกล่าวอาจทำด้วย โลหะ ไร้สนิม พลาสติก (Polyethylene)



ที่มา ; (Copeland,1975)

รูปที่ 9 ผลของภาชนะชนิดต่างๆที่ใช้บรรจุเมล็ดพืชซึ่งมีอิทธิพลต่อความงอก

2.7 การควบคุมการทำงานแบบต่อเนื่อง

การทำงานของเครื่องจักรหรือระบบกระบวนการต่างๆ ที่ใช้การควบคุมด้วยระบบนิวเมติกส์ ไฟฟ้า จำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมการทำงานแบบต่อเนื่อง โดยเฉพาะเครื่องจักรที่ทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ การควบคุมการทำงานแบบต่อเนื่องนี้จะประกอบด้วยกระบอกสูบตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป การทำงานของกระบอกสูบต่างๆ ในวงจรการควบคุมจะสัมพันธ์และต่อเนื่องกัน จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการทำงาน เพื่อให้วงจรควบคุมสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ อุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่

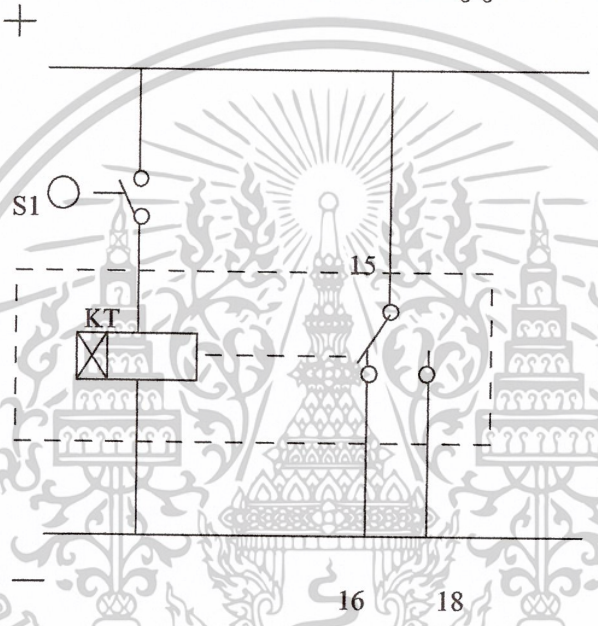
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay)

รีเลย์ตั้งเวลาเป็นสวิตซ์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการหน่วงเวลาด้วยระบบอิเลคทรอนิคส์หรือระบบมอเตอร์ไฟฟ้า รีเลย์ตั้งเวลานี้มีอยู่หลายแบบแต่แบบที่นิยมใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ แบบหน่วงเวลาตอนมีสัญญาณ (On Delay) และแบบหน่วงตอนตัดสัญญาณ (Off Delay)

1.1 รีเลย์ตั้งเวลาแบบหน่วงเวลาตอนมีสัญญาณ

รีเลย์ตั้งเวลาแบบนี้จะเริ่มนับเวลาของการหน่วงเวลาเมื่อมีสัญญาณไฟมาเลี้ยงขดลวดรีเลย์



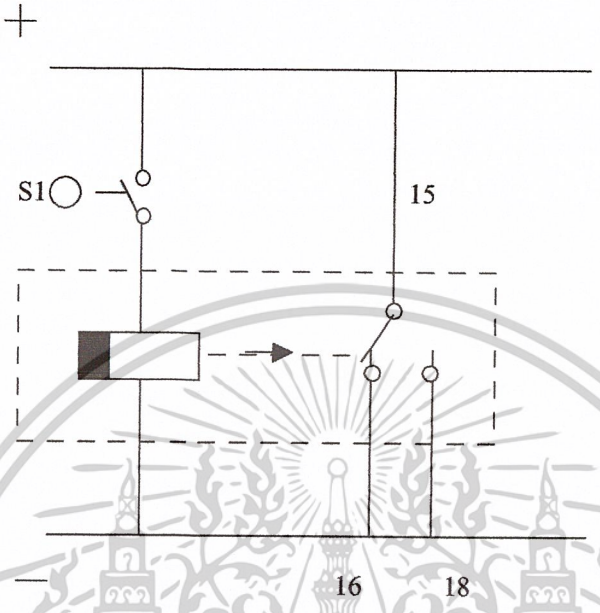
รูปที่ 10 แสดงสัญลักษณ์และการทำงานของรีเลย์ตั้งเวลาแบบหน่วงเวลาตอนมีสัญญาณ

หลักการทำงาน ; ในสภาวะปกติเมื่อยังไม่ได้กดสวิตซ์ S1 หน้าสัมผัส 15 จะต่อกับ 16 และเมื่อกดสวิตซ์ S1 กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าขดลวดรีเลย์ KT จะทำให้รีเลย์ตั้งเวลาเริ่มทำงานและจะนับเวลาจนถึงเวลาที่ตั้งไว้ ชุดหน้าสัมผัสจะสภาวะการทำงานทันทีคือ จากเดิมที่หน้าสัมผัส 15 ต่ออยู่กับ 16 ก็จะเปลี่ยนการต่อให้หน้าสัมผัส 15 ต่อกับ 18 แทน และเมื่อตัดสัญญาณไม่ให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดรีเลย์ตั้งเวลา ก็จะทำให้ชุดหน้าสัมผัสกลับสู่สภาพเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 รีเลย์ตั้งเวลาแบบหน่วงเวลาตอนตัดสัญญาณ

รีเลย์ตั้งเวลาแบบนี้จะเริ่มนับเวลาของการหน่วงเวลาเมื่อสัญญาณไฟฟ้าเลี้ยงขดลวดของรีเลย์ถูกตัดออก



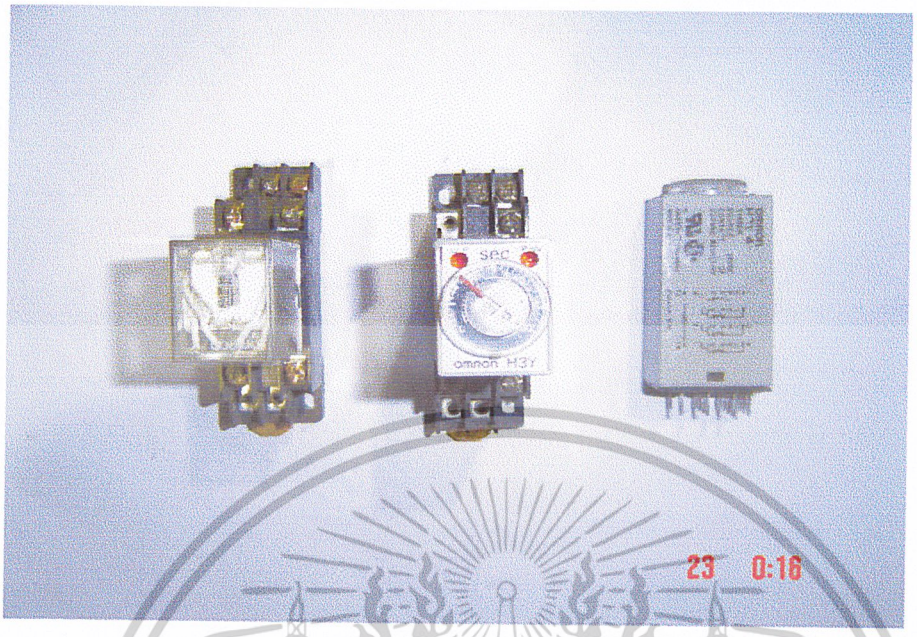
รูปที่ 11 แสดงสัญลักษณ์และการทำงานของรีเลย์ตั้งเวลาแบบหน่วงเวลาตอนตัดสัญญาณ

หลักการทำงาน : ในสภาวะปกติเมื่อยังไม่ได้กดสวิตซ์ S1 หน้าสัมผัส 15 จะต่อกับ 16 และเมื่อกดสวิตซ์ S1 กระไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่ขดลวดรีเลย์ตั้งเวลาจะทำให้หน้าสัมผัสเปลี่ยนตำแหน่งการต่อทันที คือหน้าสัมผัส 15 จะต่อกับหน้าสัมผัส 18 แทน และเมื่อตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลเข้าขดลวดรีเลย์ตั้งเวลา รีเลย์จะเริ่มนับเวลาจนถึงเวลาที่ตั้งเอาไว้ ชุดหน้าสัมผัสจะคืนกลับสู่สภาพเดิม

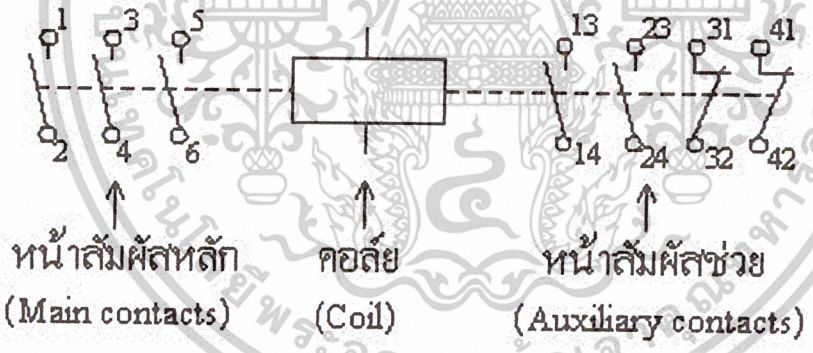
2. รีเลย์ (Relay)

ในวงจรควบคุมที่ยุ่งยากในระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า จะไม่สามารถใช้สวิตซ์เพียงอย่างเดียวในการควบคุมการทำงาน จำเป็นต้องนำรีเลย์เข้ามาช่วย เพราะภายในตัวของรีเลย์จะมีหน้าสัมผัสจำนวนหลายชุดอยู่ภายใน จึงสามารถใช้ควบคุมในงานที่ยุ่งยากได้ รีเลย์เป็นสวิตซ์ที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าช่วยให้เกิดการตัดต่อวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 รีเลย์ และทามเมอร์



รูปที่ 13 แสดงการทำงานของคอนแทกเตอร์ และรีเลย์

รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor)ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา(ตั้งแต่ 5Amp ขึ้นไป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ (ไม่เกิน 5Amp) ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

หน้าที่ของคอนแทกเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทกเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอล์ยของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอล์ยอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบการใช้คอนแทกเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล(Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า

2.8 ลวดนำความร้อน

ทุกวันนี้เราต่างคุ้นเคยกับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับความร้อน เช่น หม้อหุงข้าวไฟฟ้า กระติกต้มน้ำ กระทะ ไฟฟ้า เป็นอย่างดีแล้ว ส่วนประกอบสำคัญอย่างยิ่งของเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ก็คือวัสดุกำเนิดความร้อน (Heating element) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นความร้อนนั่นเอง ซึ่งหากปราศจากชิ้นส่วนชิ้นนี้ เครื่องใช้ไฟฟ้าดังกล่าวก็ไม่สามารถทำงานได้ นอกจากเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนดังกล่าวแล้ว ก็ยังมีอุปกรณ์เครื่องใช้ในอุตสาหกรรมอีกหลายชนิดที่มีวัสดุให้กำเนิดความร้อนเป็นส่วนประกอบ เช่น เตาหลอมโลหะ เตาเผาเซรามิก เป็นต้น

วัสดุกำเนิดความร้อนทำงานได้โดยหลักการทางฟิสิกส์แล้ว เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวัสดุใดก็ตาม จะมีการสูญเสียพลังงานไป เนื่องจากความต้านทานของวัสดุนั้นเสมอ พลังงานที่สูญเสียไปนี้อาจเปลี่ยนไปอยู่ในรูปต่างๆ เช่น พลังงานกล พลังงานแสง พลังงานความร้อน หรือหลายๆ รูปพร้อมกัน วัสดุยิ่งมีความต้านทานสูงเพียงใด พลังงานที่สูญเสียไปก็จะมากขึ้นตามไปด้วย สำหรับวัสดุกำเนิดความร้อนนอกจากต้องมีความต้านทานสูง (แต่ต้องไม่ถึงกับเป็นฉนวนไฟฟ้า มิฉะนั้นกระแสไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลผ่านและทำให้เกิดความร้อนขึ้นได้) แล้ว สมบัติสำคัญอีกหนึ่งคือต้องทนต่อความร้อนสูงที่เกิดขึ้นโดยไม่เกิดการหลอมหรืออ่อนตัวเสียรูป ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายต่อการใช้งานได้

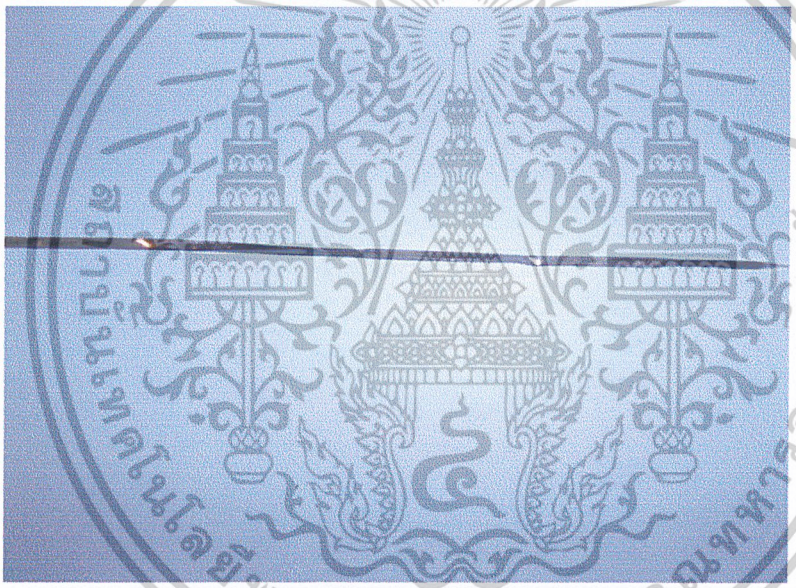
วัสดุกำเนิดความร้อนที่ใช้กันทั่วไปสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้แก่ ลวดนิโครม (Nichrom) ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างนิกเกิล เหล็กและโครเมียม ซึ่งมีราคาถูก และสามารถใช้งานถึงอุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส แต่สำหรับในเตาที่ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น เตาหลอมโลหะและเตาเผาผลิตภัณฑ์เซรามิก จำเป็นต้องใช้วัสดุชนิดอื่น ที่ให้ความร้อนสูง และทนอุณหภูมิสูงกว่าลวดนิโครม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อาทิ วัสดุให้กำเนิดความร้อนชนิดเหล็ก-โครเมียม-อลูมินัม (Fe-Cr-Al) วัสดุจำพวกเซรามิก เช่น ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) โมลิบดินัมไดซิลิไซด์ ($MoSi_2$) และเซอร์โคเนีย (ZrO_2) เป็นต้น การเลือกใช้วัสดุให้กำเนิดความร้อนนั้น นอกจากขึ้นอยู่กับราคาและอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว ยังต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานอีกด้วย วัสดุให้กำเนิดความร้อนบางชนิด เช่น ซิลิกอนคาร์ไบด์ เมื่อใช้ในสภาพบรรยากาศปกติแล้วจะเกิดการออกซิไดซ์เป็นซิลิกอนออกไซด์ซึ่งจะทำให้ความต้านทานเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องใช้ร่วมอุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้าชนิดพิเศษ ที่สามารถปรับอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ หรือวัสดุให้กำเนิดความร้อนชนิดเหล็ก-โครเมียม-อลูมินัม เมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงจะมีความแข็งแรงต่ำ เปราะแตกง่าย เป็นต้น

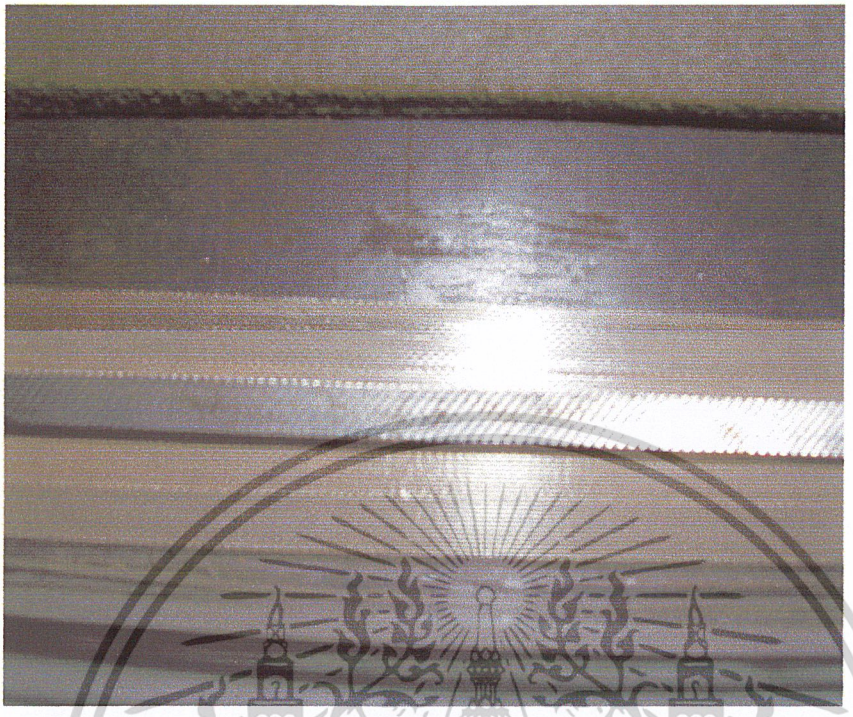
ในการเลือกชนิดของลวดนำความร้อนนั้น จะเลือกใช้ลวดนำความร้อนที่มีวางขายในท้องตลาด ในที่นี้เลือกลวดนิโครมในการนำความร้อน เพราะหาซื้อได้ง่าย มีราคาถูก และสามารถใช้อุณหภูมิสูงได้



รูปที่ 14 ลวดนิโครม (Nichrom) นำความร้อนขนาด 3 มิลลิเมตร

61902

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15 ลวดนิโครม (Nichrom) นำความร้อนขนาด 5 มิลลิเมตร

รูปที่ 16 ฉนวนกันความร้อนขนาด 10 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 17 ลวดนิโครม (Nichrom) นำความร้อนขนาด 5 มิลลิเมตรที่ปิดด้วยฉนวน

2.9 การควบคุมความร้อนของลวดความร้อน

การควบคุมความร้อนของลวดความร้อนนั้นต้องควบคุมอุณหภูมิของลวดความร้อนให้เหมาะสม กล่าวคือ ต้องสามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ และอุณหภูมิของลวดความร้อนต้องคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในขณะที่เครื่องทำงานอยู่ ในการใช้เทอร์โมสตัสในการควบคุมอุณหภูมินั้น อุณหภูมิจะไม่คงที่เพราะเทอร์โมสตัสจะมีช่วงของอุณหภูมิที่กว้าง กล่าวคือจะควบคุมอุณหภูมิไม่สูงเกินที่ตั้งไว้ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดที่ตั้งไว้แล้วนั้น เทอร์โมสตัสจะตัดกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด ต่อจากนั้นอุณหภูมิของลวดความร้อนจะลดลงมาก ซึ่งขณะที่อุณหภูมิลดลงจะทำให้การให้ความร้อนแก่ถุงพลาสติกไม่เพียงพอทำให้รอยปิดผนึกไม่ติดกัน แล้วต่อจากนั้นก็จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งจึงทำให้อุณหภูมิของขดลวดไม่คงที่

อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิของลวดความร้อนให้คงที่ ได้แก่ อุปกรณ์หรี่ไฟ (Dimmer) ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของลวดความร้อนมีอุณหภูมิคงที่ เพราะอุปกรณ์หรี่ไฟจะมีช่วงอุณหภูมิที่ไม่กว้างจึงทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในขณะที่เครื่องทำงานอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์หรี่ไฟ (Dimmer)

การทำงานของอุปกรณ์หรี่ไฟฟ้านั้น จะทำหน้าที่ควบคุมการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าไปยังโหลด การหรี่ไฟฟ้า ก็คือ การลดระดับของพลังงานไฟฟ้าลง ซึ่งวิธีการที่มีใช้กันทั่วไปนั้น ทำกัน 2 วิธี คือ การปรับระดับแรงดันไฟฟ้า (Voltage) กับ การควบคุมการเปิดปิดที่เฟสของแรงดันไฟฟ้า (Phase Control)

1. การปรับระดับแรงดันไฟฟ้า (Control Voltage)

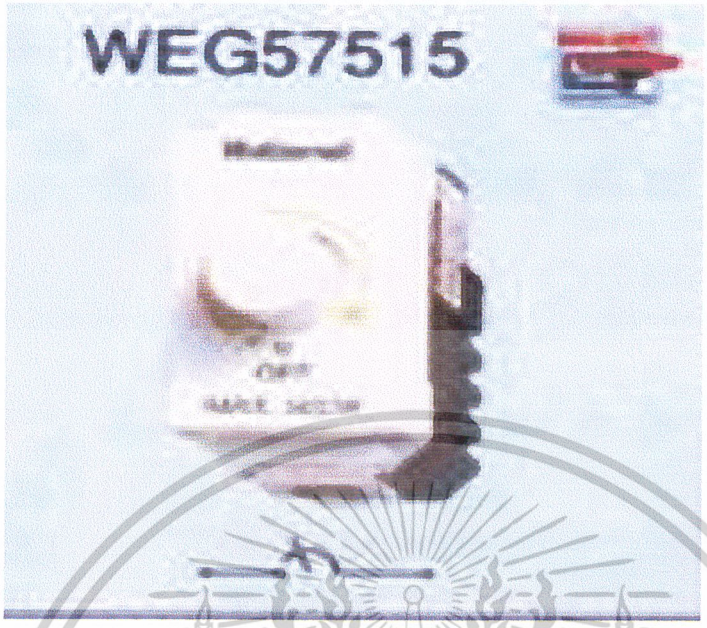
หลักการก็คือ ทำอย่างไรที่จะทำให้ขนาดของแรงดันไฟฟ้าลดลง โดยที่รูปร่างของสัญญาณยังคงเดิม วิธีการที่ใช้กันมากในอดีตก็คือ การใช้ Auto Transformer ทำหน้าที่ปรับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำได้ทั้งการปรับให้ลดลงและการปรับให้สูงขึ้น ข้อดีของวิธีนี้ก็คือ ความสามารถในการปรับแรงดันได้ตามที่ต้องการ ข้อเสียก็คือ การควบคุมยุ่งยาก การบำรุงรักษา ขนาดที่ใหญ่โต ดังนั้นจึงไม่เป็นที่นิยมใช้กัน เทคโนโลยีใหม่ ที่นำมาใช้กันก็คือ การสร้างสัญญาณไฟฟ้าแบบ AC หรือ AC Regeneration โดยใช้อุปกรณ์จำพวก Solid State (Transistor, IGBT, Triac, SCR ...) มาทำการสร้างสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับใหม่ ให้สามารถปรับระดับของแรงดันให้มีรูปร่างเป็น Sinewave วิธีนี้พบมากในเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่เรียกกันว่า UPS สำหรับในวงการ Dimmer อาจจะมีใช้ไม่มากนัก เพราะมีราคาแพง และมีทางเลือกอื่นที่ทำได้เช่นกัน

2. การควบคุมการเปิดปิดที่เฟสของแรงดันไฟฟ้า (Phase Voltage Controls)

เนื่องจากไฟฟ้ากระแสสลับ มีรูปร่างของแรงดันไฟฟ้าเป็นรูป Sinewave ที่มีทั้งระดับสัญญาณเป็นทั้งบวกและลบ สลับกันไปทุกๆ 10 ms (1000 ms = 1s) ดังนั้น ถ้าเราสามารถควบคุมปริมาณให้น้อยกว่านี้ได้ และเป็นการควบคุมอย่างสม่ำเสมอแล้ว จะทำให้เราสามารถควบคุมพลังงานไฟฟ้าที่ส่งผ่านไปสู่หลอดไฟฟ้าได้เช่นกัน

การควบคุมด้วยวิธีนี้ เป็นที่นิยมกันมากที่สุด เพราะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำกว่า และให้คุณภาพอันเป็นที่ยอมรับกันได้ทั่วไป อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันทั่วไปก็คือ Triac และ SCR เป็นอุปกรณ์จำพวก Solid State ที่ใช้สร้างสัญญาณไฟฟ้า AC หรือ AC Regeneration เทคโนโลยีในการควบคุมจังหวะการเปิด-ปิดในระดับ Voltage Phase Controls ที่ต้องการความแม่นยำในช่วงเวลา 10 ms นั้น จะพบได้ 2 แบบ คือ Analog Control กับ Digital Control หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า Analog Dimmer กับ Digital Dimmer ซึ่งทั้งสองวิธีนี้จะมีความสามารถในการปรับแสงสว่างได้เช่นกัน แต่จะแตกต่างกันในแง่มุมของวิธีการใช้งาน โดยทั่วไปแล้ว Digital Dimmer จะมีขีดความสามารถในการควบคุมที่ดีกว่า รวมไปถึงกลไกอัตโนมัติอื่นๆ ที่ทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



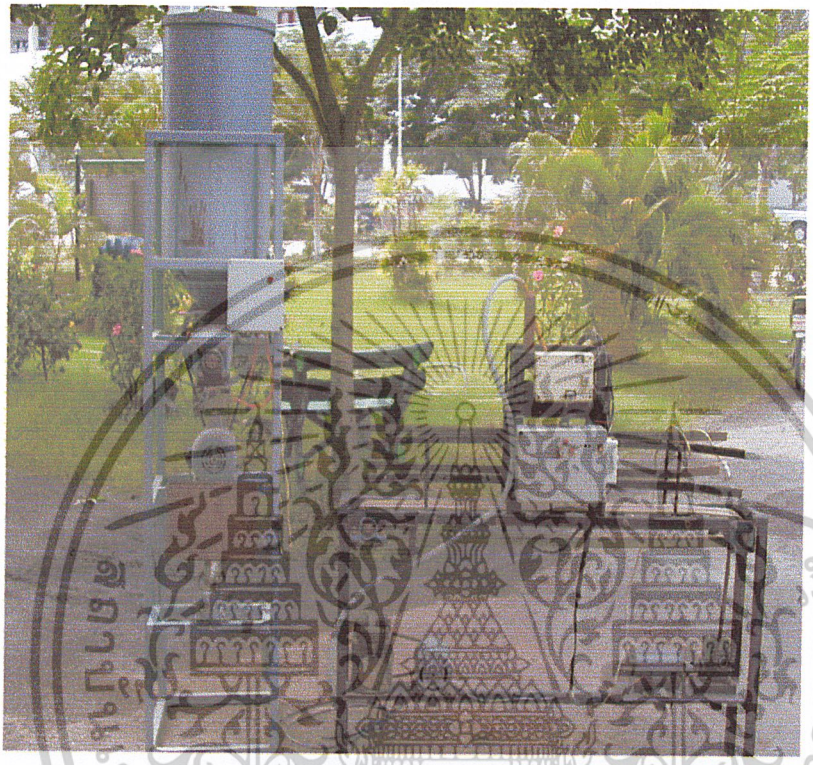
รูปที่ 18 อุปกรณ์หรี่ไฟ (Dimmer)

รูปที่ 19 เทอร์โมสตัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การพัฒนาและการสร้างระบบการทำงาน

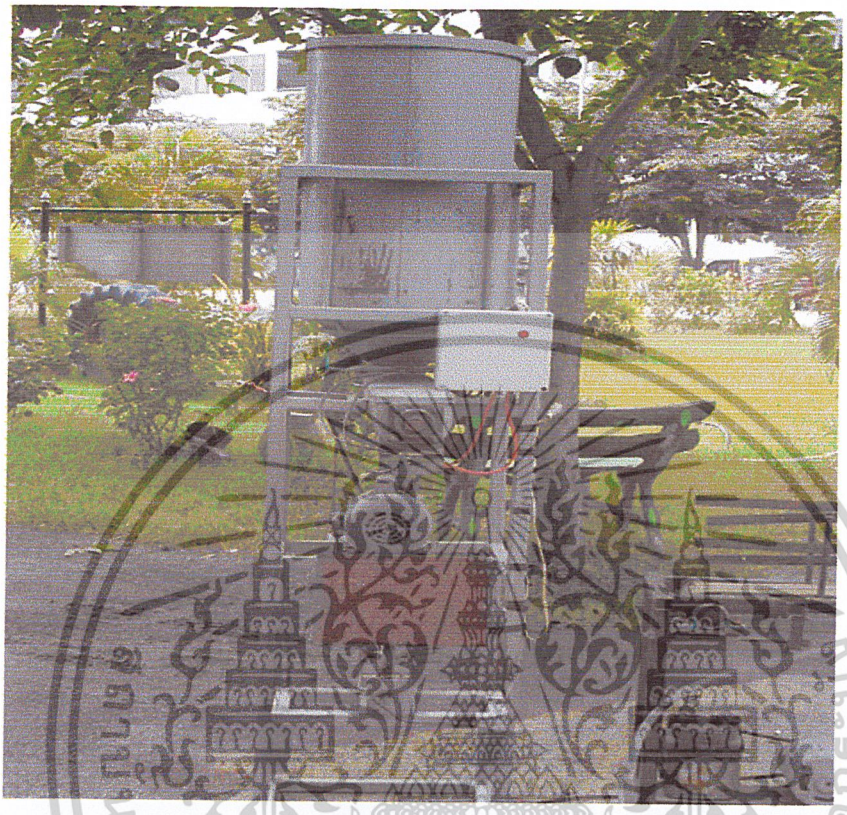


รูปที่ 20 เครื่องบรรจุเมล็ดพืช

เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ผ่านมา จากการทดลองนั้นยังมีปัญหาทั้งในส่วนชั่งน้ำหนัก และในส่วนปิดผนึก ปัญหาที่พบและได้ทำการแก้ไขมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ปัญหาที่พบและการแก้ไขในส่วนชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 21 เครื่องบรรจุเมล็ดพืชในส่วนชั่งน้ำหนัก

1. น้ำหนักที่ชั่งนั้นยังมีความคลาดเคลื่อนเพราะในระหว่างที่เมล็ดพืชตกลงมาจากทางออกของเมล็ดพืชสู่ฐานรองรับ จะมีแรงกระแทกที่บริเวณฐานรองรับ

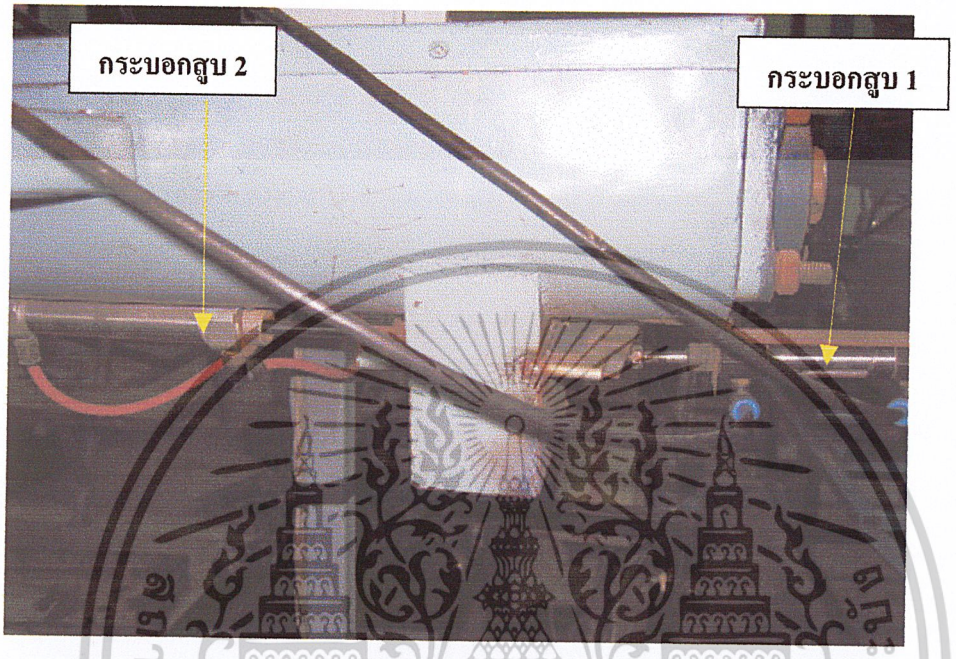
การแก้ไข

ใช้ระบบนิวเมตริกในการควบคุมการไหลของเมล็ดพืชโดยจะใช้กระบอกสูบ 2 กระบอก ในการควบคุมการปิด-เปิด ที่ทางออกของวัสดุเพื่อชะลอการไหลของวัสดุ โดยติดตั้งไว้ที่บริเวณปากทางออกของวัสดุที่ปลายเกลียวลำเลียง และควบคุมการทำงานของลูกสูบด้วยลิมิตสวิตซ์

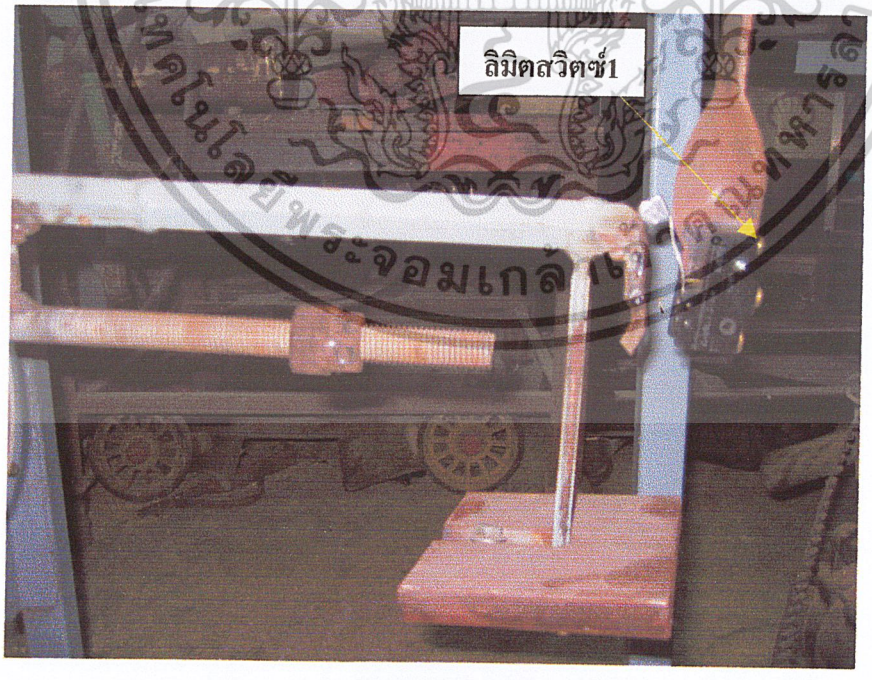
ในการทำงานจะเป็น 2 จังหวะ คือ จังหวะที่ 1 เมื่อเมล็ดพืชตกลงมาสู่ฐานรองรับ เมื่อน้ำหนักใกล้ที่จะถึงน้ำหนักที่ต้องการ คานเริ่มเปลี่ยนตำแหน่งลิมิตสวิตซ์ที่ติดตั้งไว้ที่ปลายของคานชั่งน้ำหนักจะสั่งให้ กระบอกสูบตัวที่ 1 จะเลื่อนออกทำหน้าที่ลดพื้นที่หน้าตัดบริเวณปากทางออกของวัสดุที่ปลายเกลียวลำเลียง เพื่อชะลอการไหลของเมล็ดพืช และในจังหวะที่ 2 เมื่อคานเคลื่อนที่มายังจุดสุดท้าย (น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนักตามที่ต้องการ) ลิมิตสวิตซ์อีกตัวจะสั่งให้กระบอกสูบที่ 2 เลื่อนออกจะทำหน้าที่เป็นตัวปิดช่องทางการไหลของวัสดุ (ดูรูปที่ 22,23 และ 24 ประกอบ)

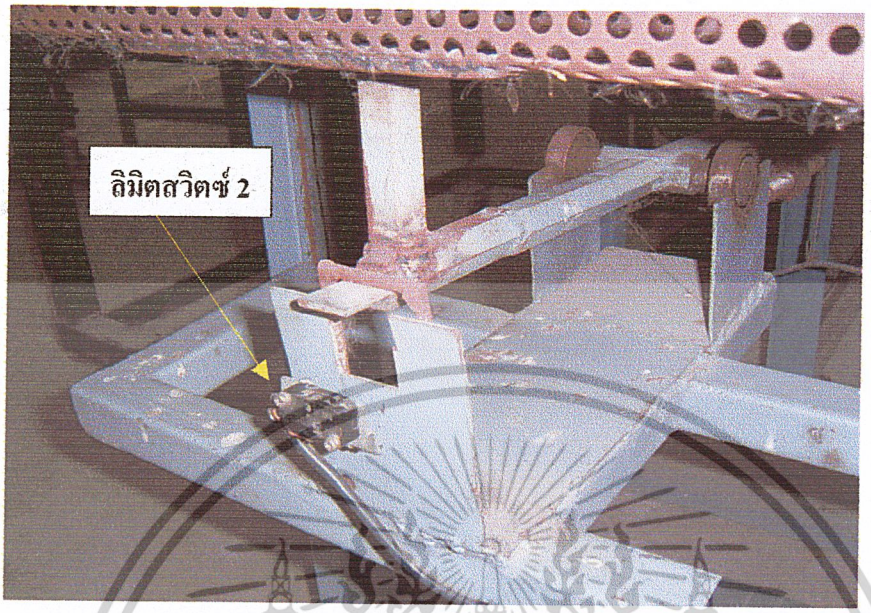


รูปที่ 22 แสดงการติดตั้งกระบอกสูบเพื่อควบคุมส่วนชั่งน้ำหนัก

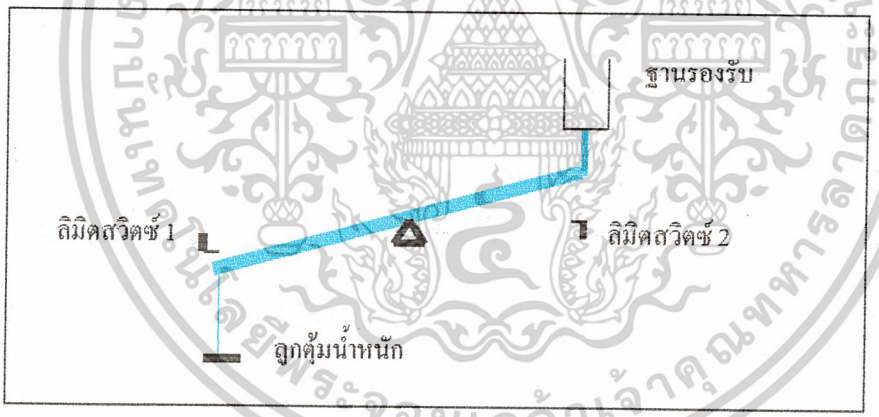


รูปที่ 23 การติดตั้งลิมิตสวิตซ์ควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23 การติดตั้งลิมิตสวิตซ์ควบคุมการทำงาน



รูปที่ 24 อธิบายการติดตั้งลิมิตสวิตซ์ควบคุมการทำงาน

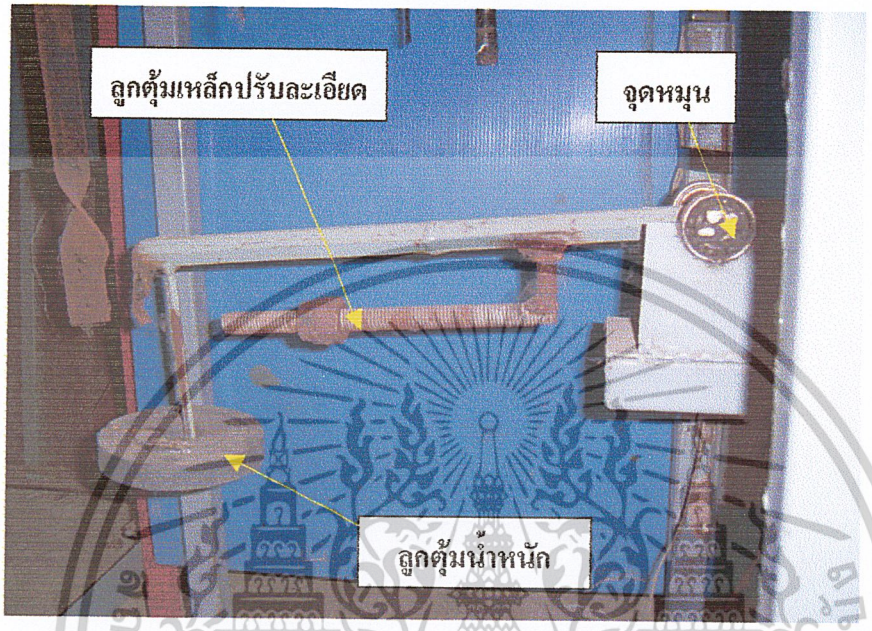
2. น้ำหนักของลูกตุ้มที่ใช้ในการชั่งยังไม่ได้น้ำหนักตามต้องการและการปรับค่าน้ำหนักไม่สามารถปรับค่าได้

การแก้ไข

โดยการหาน้ำหนักของลูกตุ้มน้ำหนักที่มีน้ำหนักที่ถูกต้อง โดยต้องสามารถชั่งน้ำหนักของวัสดุได้ 1,2,3,4และ 5 กิโลกรัม และใช้คานที่มีลูกตุ้มน้ำหนักซึ่งสามารถปรับค่าความละเอียดของน้ำหนักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการปรับเลื่อน โดยใช้สกรูหมุนเลื่อนปรับ ซึ่งสามารถปรับค่าความละเอียดได้ประมาณ 50 กรัม ซึ่งจะทำให้ได้น้ำหนักที่ถูกต้องตามต้องการ



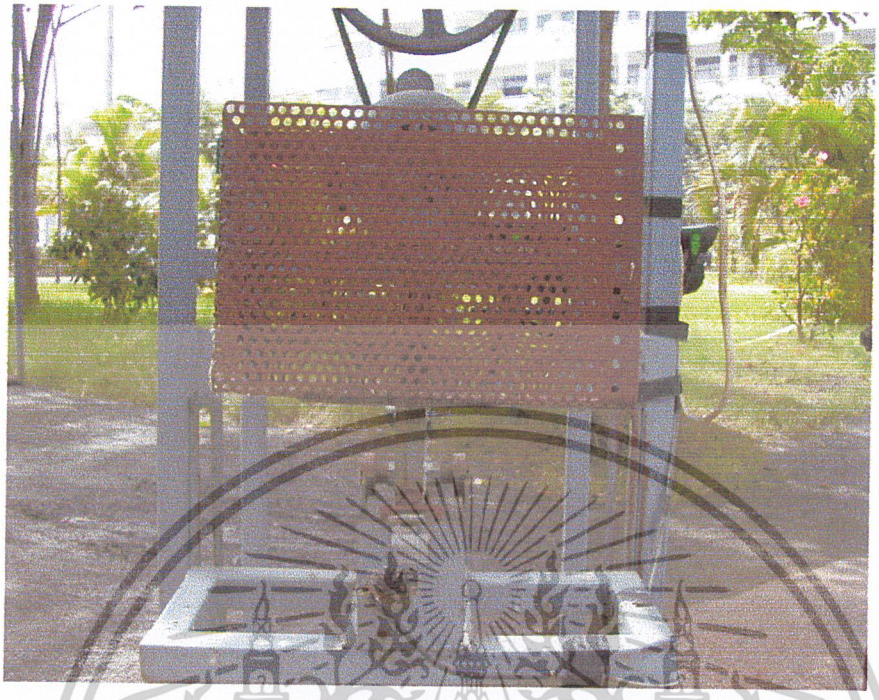
รูปที่ 25 ลักษณะของคานปรับละเอียด

3. บริเวณฐานวางถุงบรรจุนั้นต้องสามารถวางถุงในตำแหน่งเดียวตลอด เพราะจะทำให้ค่าน้ำหนักเกิดการคลาดเคลื่อน

การแก้ไข

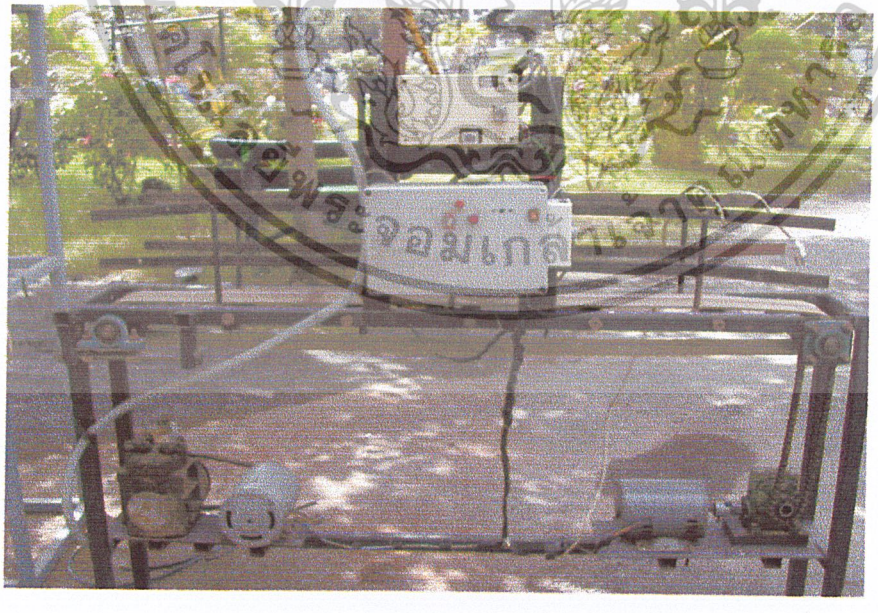
บริเวณฐานรองรับถุงบรรจุเมล็ดพืช ออกแบบให้มีขนาดความกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เพื่อเหมาะสมกับขนาดของถุงบรรจุ และใช้ตะแกรงเหล็กกั้น ไม่ให้ถุงเสียรูปทรง ไม่ทำให้เมล็ดพืชกองอยู่ก้นถุง และทำให้ตำแหน่งวางถุงมีความสมดุลเพื่อป้องกันน้ำหนักคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 26 ฐานรองรับเมล็ดพืช

3.2 ปัญหาที่พบและการแก้ไขในส่วนปิดผนึกและดูดอากาศ



รูปที่ 27 เครื่องปิดผนึกและดูดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

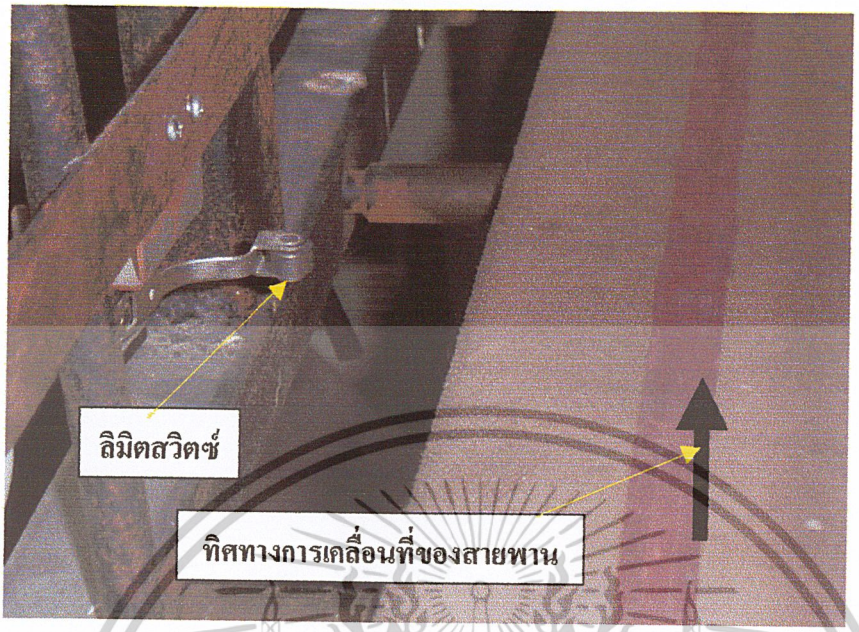
1. สายพานลำเลียงถุงบรรจุที่จะนำมาปิดผนึก ทำงานโดยต้องกดสวิตซ์ควบคุมการหยุดการทำงาน ซึ่งทำให้เป็นภาระของผู้ปฏิบัติงาน

การแก้ไข

ใช้ลิมิตสวิตซ์และรีเลย์ในการควบคุมการทำงานของสายพานลำเลียงให้ทำงานต่อเนื่องโดยถุงบรรจุจะถูกลำเลียงมาเพื่อทำการปิดผนึก เมื่อถุงบรรจุถึงตำแหน่งที่จะทำการปิดผนึกจะสัมผัสกับลิมิตสวิตซ์ ลิมิตสวิตซ์จะทำหน้าที่หยุดการทำงานของสายพาน เมื่อทำการปิดผนึกและดูดอากาศเสร็จ จะกดสวิตซ์อีกครั้งทำให้สายพานทำงานต่ออีกครั้ง เป็นการลดภาระของผู้ปฏิบัติงาน

รูปที่ 28 ลิมิตสวิตซ์ควบคุมการทำงานของสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 29 การติดตั้งลิมิตสวิตซ์ควบคุมการทำงานของสายพาน

2. ทามเมอร์ที่ใช้ตั้งเวลาในการดูดอากาศไม่สามารถตั้งเวลาได้นานพอที่จะดูดอากาศออกจนหมด รอยปิดผนึกยังไม่เรียบร้อย ยังมีช่องว่างซึ่งจะทำให้อากาศเข้าได้ เกิดจากการให้ความร้อนสูงแก่ถุงบรรจุโดยใช้เวลาในการให้ความร้อนที่น้อย

การแก้ไข

โดยการใช้ทามเมอร์ 2 ตัว โดยตัวที่ 1 ใช้ในการหน่วงเวลาในการดูดอากาศ และทามเมอร์ตัวที่ 2 ใช้หน่วงเวลาในการให้ความร้อนแก่ถุง ทามเมอร์ที่ใช้จะสามารถหน่วงเวลาได้ตั้งแต่ 0.5 – 30 วินาที

3. ขนาดของความกว้างของรอยปิดผนึกน้อย จึงทำให้รอยปิดผนึกเกิดการฉีกขาดได้ง่าย และความยาวของรอยปิดผนึกนั้นไม่ยาวพอกับความกว้างของถุงบรรจุจึงทำให้อากาศเข้าสู่ภายในได้

การแก้ไข

ในส่วนของลวดนำความร้อนนั้น ลวดนำความร้อนเครื่องเดิมมีขนาด 3 มิลลิเมตร ยาว 27 เซนติเมตร ลวดนำความร้อนที่มีวางขายในท้องตลาดโดยจะมีขนาดตั้งแต่ 1.5,2,3,5 และ 10 มิลลิเมตร โดยเลือกลวดนิโครม (Nichrom) ในการนำความร้อน เพราะหาซื้อได้ง่าย มีราคาถูก และสามารถใช้อุณหภูมิสูงได้ ขนาด 5 มิลลิเมตร ยาว 32 เซนติเมตร เพื่อความเหมาะสมกับขนาดความกว้างของปากถุงบรรจุ และปิดด้วยฉนวนกันความร้อนขนาด 10 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 30 ลวดนิโครม (Nichrom) นำความร้อนขนาด 5 มิลลิเมตร

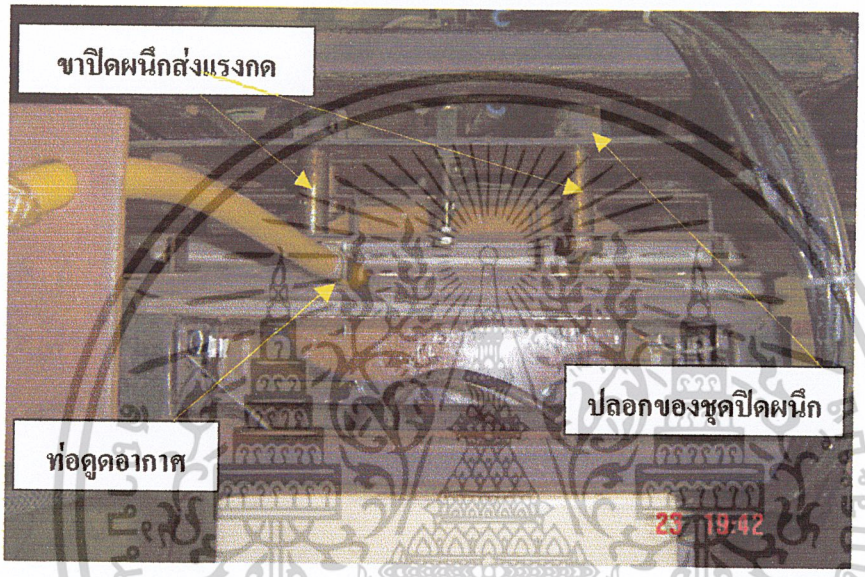
รูปที่ 31 ลวดนิโครม (Nichrom) นำความร้อนขนาด 5 มิลลิเมตรที่ปิดด้วยฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความยาวของรอยปิดผนึกยังมีความยาวไม่พอกับความกว้างของปากถุงซึ่งเกิดจากขาของชุดปิดผนึกส่งแรงไม่เท่ากันทั้ง 2 ข้าง

การแก้ไข

โดยการออกแบบขาของชุดปิดผนึกให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่พอดีกับปลอกของชุดปิดผนึก เพื่อส่งแรงกดได้เท่ากันทั้ง 2 ข้าง



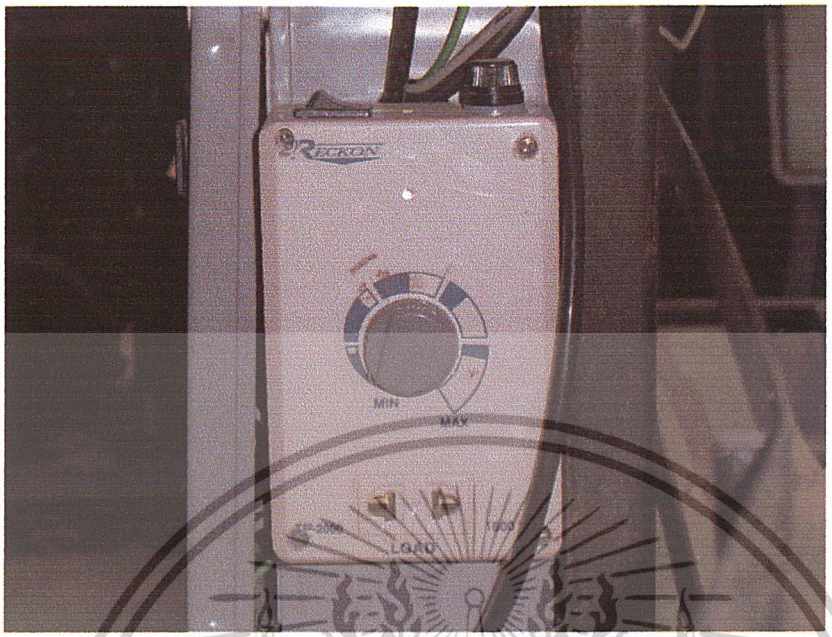
รูปที่ 32 ชุดปิดผนึกและดูดอากาศ

5. ในการควบคุมอุณหภูมิของลวดความร้อนนั้นต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ อุณหภูมิของลวดความร้อนที่ใช้เทอร์โมสตัสในการควบคุมนั้นจะไม่คงที่ เพราะเทอร์โมสตัสจะมีช่วงของอุณหภูมิที่กว้าง ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการบรรจุไม่ดีเท่าที่ควร

การแก้ไข

ทำการออกแบบวงจรที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่ลวดนำความร้อน โดยใช้อุปกรณ์หรี่ไฟ (Dimmer) ในการควบคุมอุณหภูมิของลวดนำความร้อนซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของลวดความร้อนมีอุณหภูมิคงที่ เพราะอุปกรณ์หรี่ไฟจะมีช่วงอุณหภูมิที่ไม่กว้างจึงทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในขณะที่เครื่องทำงานอยู่

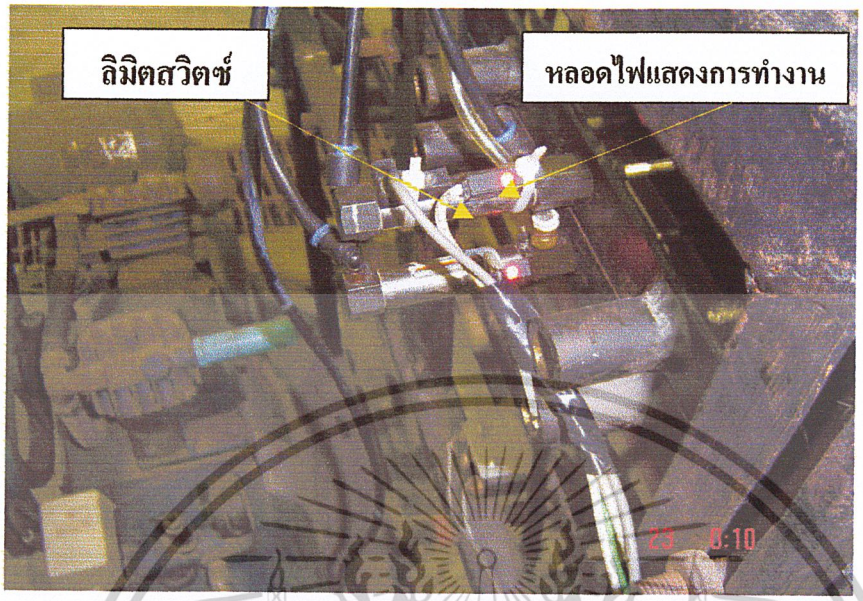
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



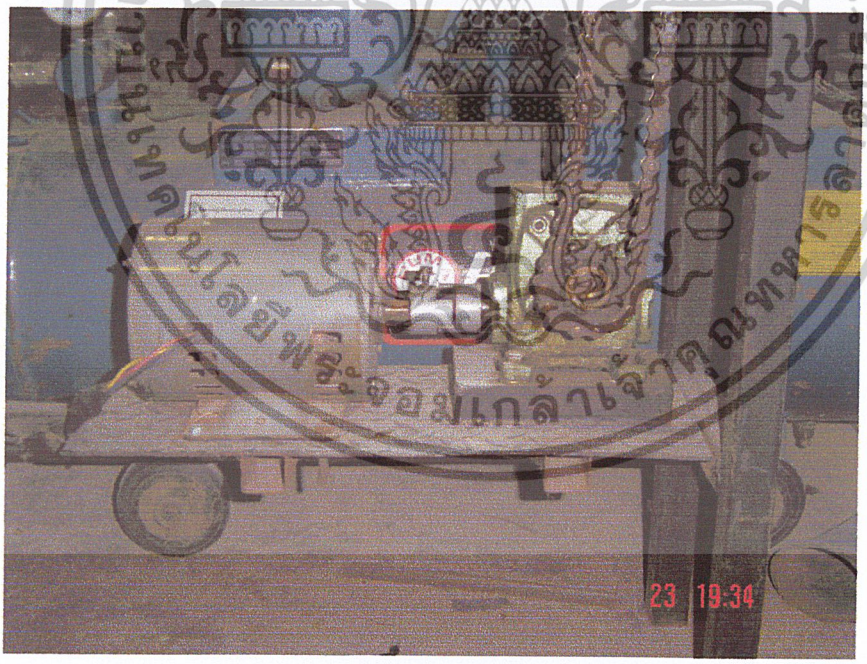
รูปที่ 33 อุปกรณ์หรี่ไฟเพื่อควบคุมความร้อนของลวดนำความร้อน

รูปที่ 34 ชุดนิวเมติกควบคุมการทำงานของชุดปิดผนึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

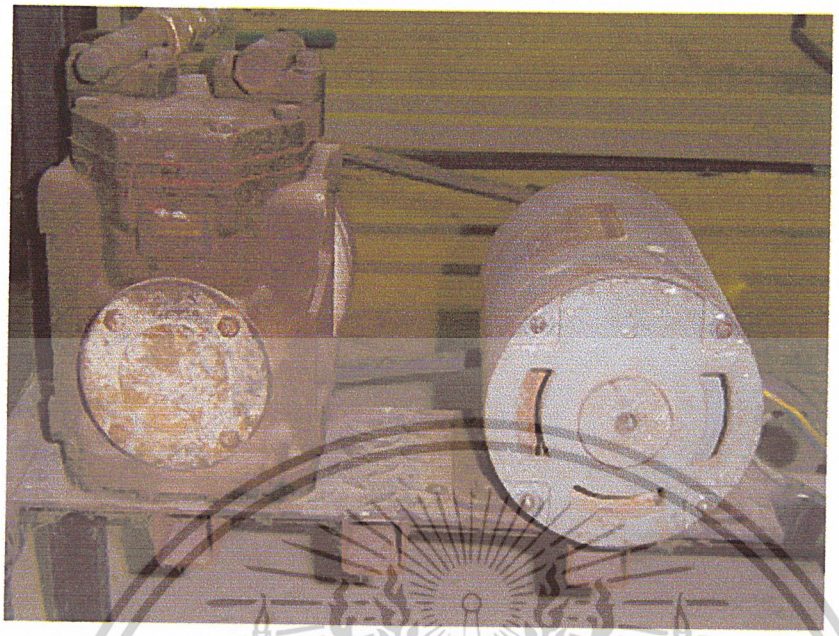


รูปที่ 35 ลิมิตสวิตซ์ควบคุมการทำงานของกระบอกสูบ



รูปที่ 36 ชุดขับสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 37 คอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในการดูดอากาศ

3.3 การดำเนินการพัฒนา

ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุเมล็ดพืชพร้อมปิดผนึกและดูดอากาศจากที่ได้ออกแบบไว้แล้วโดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ทำการทดลองเครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องเดิม
2. จัดซื้ออุปกรณ์และวัสดุที่ต้องใช้ในส่วนต่าง ๆ (ดังแสดงในภาคผนวก ง)
3. ดำเนินพัฒนาเครื่องในแต่ละส่วนตามที่ได้ออกแบบไว้
4. ทำการทดลอง
5. ตรวจสอบการทำงานของระบบต่าง ๆ และปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

ในการทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุเมล็ดพืช มีปัญหาในการดำเนินการดังนี้

1. ชุดควบคุมการทำงาน

ปัญหา

ในส่วนของชุดควบคุมการทำงาน อุปกรณ์บางชนิด เช่น วาล์วควบคุม รีเลย์ และทามเมอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำการประกอบเป็นชุดควบคุมซึ่งสามารถทำการต่อวงจรได้ยาก

แนวทางแก้ไข

ควรศึกษาสัญลักษณ์ด้านข้างของอุปกรณ์ หรือจากภาคผนวก ก. ก่อนลงมือต่อวงจร เพราะอาจทำให้อุปกรณ์เกิดการเสียหายได้

2. ชุดปิดผนึกและดูดอากาศ

ปัญหา

การควบคุมอุณหภูมิของฮีทเตอร์ยังไม่สามารถควบคุมให้มีอุณหภูมิคงที่ตลอดการทำงานได้ซึ่งจะทำให้รอยปิดผนึกไม่เรียบร้อย และหม้อแปลงที่ไฟฟ้าใช้ยังไม่สามารถรับโหลดของฮีทเตอร์ได้เท่าที่ควร

แนวทางแก้ไข

ควรนำเอาอุปกรณ์ควบคุมกระแสไฟฟ้ามาใช้แทนเทอร์โมสตัส เช่น อุปกรณ์หรี่กระแสไฟฟ้า เพราะจะทำให้สามารถควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จะเข้าสู่ฮีทเตอร์ให้คงที่ได้

ในส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าควรใช้ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าให้มีขนาดที่สามารถรับโหลดของลวดความร้อนได้ เพื่อความปลอดภัยและป้องกันการเสียหายของหม้อแปลงไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองและผลการทดลอง

4.1.1 การทดลองเพื่อหาความสามารถในการทำงานของส่วนชั่งน้ำหนักที่ทำการออกแบบและพัฒนา

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อหาความสามารถในการชั่งน้ำหนักวัสดุของเครื่องบรรจุที่พัฒนาแล้ว ที่น้ำหนัก 3 และ 5 กิโลกรัม
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องบรรจุเครื่องเดิมกับเครื่องที่ทำการพัฒนาแล้ว

อุปกรณ์การทดลอง

1. ข้าวเปลือก 30 กิโลกรัม
2. เม็ดพลาสติก 60 กิโลกรัม
3. ข้าวสาร 15 กิโลกรัม
4. ถุงพลาสติก ขนาด 10 x 6.5 นิ้ว
5. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
6. ตาชั่ง 1 เครื่อง

วิธีการทดลอง

1. บรรจุข้าวสารลงในถังบรรจุ
2. ทำการบรรจุข้าวสารขนาดถุงละ 5 กิโลกรัม จดบันทึกเวลาและน้ำหนักในการบรรจุ
3. ทำทั้งหมด 50 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกผลการทดลอง
4. บรรจุเม็ดพลาสติก ลงในถังบรรจุวัสดุ
5. ทำการบรรจุเม็ดพลาสติกขนาดถุงละ 3 กิโลกรัม จดบันทึกเวลาและน้ำหนักในการบรรจุ
6. ทำทั้งหมด 50 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกผลการทดลอง
7. ทำเช่นเดียวกับข้อ 4-6 แต่เปลี่ยนวัสดุเป็นข้าวเปลือก บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการทดลองการบรรจุข้าวสาร ขนาด 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม

ครั้งที่	เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ยังไม่ทำการพัฒนา		เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ได้ทำการพัฒนา	
	น้ำหนัก(กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)
1	4.80	18	4.95	18
2	4.90	19	5.00	17
3	4.80	22	4.95	20
4	5.00	17	5.00	19
5	5.05	19	5.00	19
6	4.90	23	5.05	20
7	4.90	19	5.00	18
8	4.85	19	4.90	20
9	4.80	22	5.05	22
10	4.80	21	5.00	20
11	5.05	20	5.10	21
12	5.00	16	4.90	19
13	5.10	23	4.90	18
14	5.15	21	5.00	19
15	4.95	19	5.00	20
16	4.90	20	4.90	19
17	5.00	24	5.05	19
18	4.95	16	4.95	18
19	5.00	17	5.00	21
20	5.05	17	4.95	20
21	4.90	18	5.00	16
22	4.80	20	5.00	18
23	4.95	23	5.10	19
24	4.80	20	4.95	20
25	4.95	19	5.00	18
26	5.05	17	5.05	18
27	4.80	16	5.00	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 (ต่อ) ตารางเปรียบเทียบผลการทดลองการบรรจุข้าวสาร ขนาดถุง 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม

ครั้งที่	เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ยังไม่ทำการพัฒนา		เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ได้ทำการพัฒนา	
	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)
28	5.10	17	4.90	20
29	4.80	19	4.95	20
30	4.90	20	5.00	18
31	5.00	20	5.10	18
32	5.05	19	5.00	20
33	4.80	17	5.10	18
34	4.90	17	5.00	17
35	4.90	18	5.05	17
36	4.80	19	4.90	17
37	5.05	20	5.00	19
38	4.95	21	5.10	21
39	5.00	20	4.95	19
40	4.90	19	5.00	19
41	4.80	22	4.95	20
42	4.90	23	5.10	20
43	5.05	20	5.00	21
44	4.90	19	5.00	20
45	4.95	20	5.00	19
46	4.80	21	5.10	20
47	4.90	23	5.00	21
48	4.80	17	4.95	19
49	4.80	19	5.00	22
50	4.95	19	5.05	17
เฉลี่ย	4.924	19.48	4.98	19.1
น้ำหนักคลาดเคลื่อน(%)	1.52	-	0.4	-

สามารถบรรจุได้เร็วขึ้น 0.38 วินาที หรือ 1.95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบผลการทดลองการบรรจุเม็ดพลาสติก ขนาดถุง 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม

ครั้งที่	เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ยังไม่ทำการพัฒนา		เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ได้ทำการพัฒนา	
	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)
1	3.20	12	2.90	12
2	3.10	13	3.00	11
3	3.20	13	3.05	12
4	3.10	14	2.90	14
5	3.20	15	3.10	14
6	3.15	16	3.00	14
7	3.00	12	3.00	12
8	2.90	13	3.05	12
9	3.10	12	2.95	12
10	3.20	15	3.00	14
11	3.00	13	3.00	13
12	2.90	12	2.90	13
13	3.05	14	2.95	12
14	2.95	13	3.05	12
15	3.20	13	3.00	13
16	3.05	11	3.10	12
17	3.10	12	3.15	12
18	2.95	13	2.95	14
19	3.20	12	3.00	11
20	3.10	14	3.00	12
21	3.00	14	2.95	13
22	3.10	13	3.00	13
23	3.15	13	3.00	12
24	3.20	14	3.00	15
25	3.10	12	2.95	13
26	3.20	14	3.00	12
27	3.00	12	3.05	12
28	3.10	13	3.15	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 (ต่อ) ตารางเปรียบเทียบผลการทดลองการบรรจุเม็ดพลาสติก ขนาดถุง 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม

ครั้งที่	เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ยังไม่ทำการพัฒนา		เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ได้ทำการพัฒนา	
	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)
29	2.95	15	3.00	11
30	2.90	13	2.95	12
31	3.10	12	3.00	13
32	3.00	13	3.05	12
33	3.20	15	2.95	13
34	3.00	12	3.00	12
35	3.05	14	2.95	13
36	3.00	14	3.00	14
37	3.10	13	3.05	13
38	3.20	13	3.00	12
39	3.20	12	2.95	11
40	2.95	11	3.00	12
41	3.00	12	3.00	11
42	3.05	13	2.95	12
43	3.05	12	3.10	11
44	3.20	12	3.05	13
45	3.20	12	3.00	12
46	3.00	13	3.00	11
47	3.00	12	2.95	13
48	3.10	13	3.00	12
49	3.10	13	3.00	11
50	3.20	13	3.05	12
เฉลี่ย	3.081	12.98	3.00	12.4
น้ำหนักคลาดเคลื่อน(%)	2.7	-	0	-

สามารถบรรจุได้เร็วขึ้น 0.58 วินาที หรือ 4.46 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบผลการทดลองการบรรจุข้าวเปลือก ขนาดถุง 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม

ครั้งที่	เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ยังไม่ทำการพัฒนา		เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ได้ทำการพัฒนา	
	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)
1	3.10	12	3.00	11
2	3.00	11	3.05	10
3	3.15	12	2.95	11
4	3.00	10	3.00	10
5	3.10	13	3.00	12
6	3.15	11	3.05	12
7	2.95	12	3.05	11
8	3.00	13	3.10	11
9	3.10	14	2.95	12
10	3.15	12	2.95	12
11	3.00	12	3.00	12
12	2.95	13	3.00	11
13	2.90	13	3.05	11
14	3.00	12	3.05	11
15	3.00	11	3.05	10
16	3.10	14	2.95	12
17	3.10	14	2.95	11
18	2.95	12	3.00	10
19	2.95	12	3.00	11
20	3.10	13	3.00	12
21	3.00	13	3.05	13
22	3.00	12	2.95	12
23	2.90	10	3.00	11
24	3.00	13	3.00	11
25	3.00	12	2.90	10
26	3.10	13	3.05	11
27	3.20	13	3.00	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 (ต่อ) ตารางเปรียบเทียบผลการทดลองการบรรจุข้าวเปลือก ขนาดถุง 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม

ครั้งที่	เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ยังไม่ทำการพัฒนา		เครื่องบรรจุเมล็ดพืชเครื่องที่ได้ทำการพัฒนา	
	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลา (วินาที)
28	3.10	12	3.00	10
29	3.00	12	3.00	12
30	2.90	13	3.05	14
31	2.95	12	3.00	12
32	2.90	10	3.05	11
33	3.00	13	2.95	11
34	3.00	13	3.00	10
35	3.10	12	3.00	13
36	3.20	13	3.05	13
37	3.00	14	3.00	12
38	3.15	12	2.95	12
39	3.10	11	2.95	11
40	3.00	13	3.00	12
41	3.10	11	3.00	13
42	2.90	13	2.95	13
43	2.90	13	3.00	12
44	2.95	14	2.95	12
45	2.95	12	3.00	13
46	3.00	15	3.00	11
47	3.00	13	2.95	12
48	3.05	12	3.05	12
49	3.00	13	3.00	14
50	3.00	13	3.00	10
เฉลี่ย	3.024	12.48	3.00	11.54
น้ำหนักคลาดเคลื่อน(%)	0.8	-	0	-

สามารถบรรจุได้เร็วขึ้น 0.94 วินาที หรือ 7.53 %

ตารางที่ 6 ความสามารถในการบรรจุวัสดุต่างๆที่น้ำหนักแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ความสามารถในการบรรจุวัสดุต่างๆที่น้ำหนักแตกต่างกัน

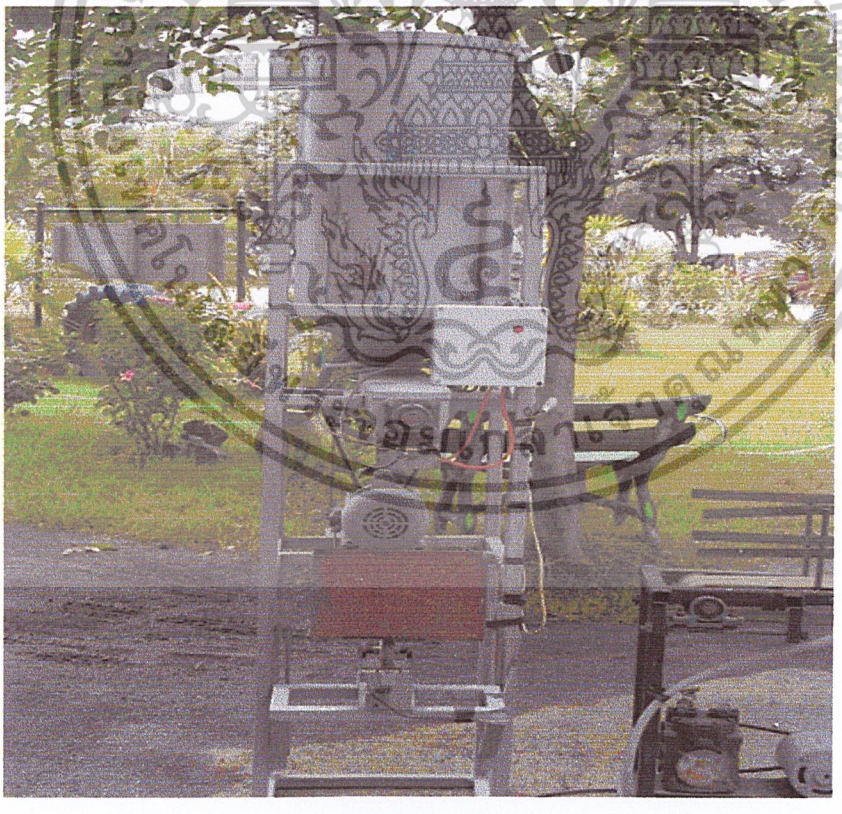
ชนิดของวัสดุ	เครื่องบรรจุเมล็ดพืช				เครื่องบรรจุเมล็ดพืชที่พัฒนา			
	น้ำหนักเฉลี่ย (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)	ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย (ถุง/ชั่วโมง)	น้ำหนักที่คลาดเคลื่อน(%)	น้ำหนักเฉลี่ย (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)	ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย (ถุง/ชั่วโมง)	น้ำหนักที่คลาดเคลื่อน(%)
ข้าวสาร (บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม)	4.92	19.48	184.8	1.52	4.98	19.1	189	0.4
ข้าวเปลือก (บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม)	3.024	12.48	277	0.8	3.003	11.54	290	0
เม็ดพลาสติก (บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม)	3.081	12.98	288	2.7	3.00	12.4	312	0

ตารางที่ 7 ค่าต่างๆที่ได้จากการคำนวณในส่วนชั่งน้ำหนักของเครื่องที่ทำการพัฒนา

ค่าที่ได้จากการคำนวณ	การบรรจุข้าวสาร (5 กิโลกรัม)	การบรรจุเม็ดพลาสติก (3 กิโลกรัม)	การบรรจุข้าวสาร (3 กิโลกรัม)
เวลาเฉลี่ย (วินาที)	19.1	12.4	11.54
น้ำหนักเฉลี่ย(กิโลกรัม)	4.98	3.00	3.00
ค่าต่ำสุด	4.90	2.90	2.90
ค่ามากสุด	5.10	3.15	3.10
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.183	0.261	0.2
%ค่าความคลาดเคลื่อน	7.4	4.83	1.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 38 การทดลองการบรรจุ



รูปที่ 39 เครื่องบรรจุเมล็ดพืชในส่วนชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ในการบรรจุนั้น ข้าวสารจะใช้เวลาในการบรรจุมากกว่าเม็ดพลาสติกและข้าวเปลือก ดังนั้น ความสามารถในการบรรจุเมล็ดพืชนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัววัสดุที่นำมาบรรจุ กล่าวคือถ้าวัสดุมีน้ำหนักจำเพาะมากก็จะสามารถบรรจุได้เร็วกว่าวัสดุที่มีน้ำหนักจำเพาะน้อย

ความสามารถในการบรรจุเมล็ดพืชในส่วนของการชั่งน้ำหนักที่ทำการพัฒนาแล้วจะมีความสามารถดีกว่าเครื่องเดิม กล่าวคือ จะใช้เวลาในการบรรจุข้าวสาร เม็ดพลาสติก และข้าวเปลือกน้อยกว่าเครื่องเดิม 1.95% 4.46% และ 7.53% ตามลำดับ

ส่วนน้ำหนักในการบรรจุจะได้น้ำหนักที่ค่อนข้างแน่นอนกว่า โดยที่ข้าวสาร เม็ดพลาสติก และข้าวเปลือกจะน้ำหนักที่ดีขึ้น 1.12%,2.7%และ0.8% ตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักในการบรรจุข้าวสาร เม็ดพลาสติก และข้าวเปลือกเท่ากับ 7.4%,0.261% และ 1.33% ตามลำดับ

4.2 การทดลองเพื่อหาความสามารถในการทำงานของส่วนปิดผนึกปากถุง และดูดอากาศ

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อหาความสามารถในการปิดผนึกปากถุงเมื่อถุงมีความหนาต่างกัน
2. เพื่อหาความสามารถในการปิดผนึกและดูดอากาศ
3. เพื่อหาระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปิดผนึก

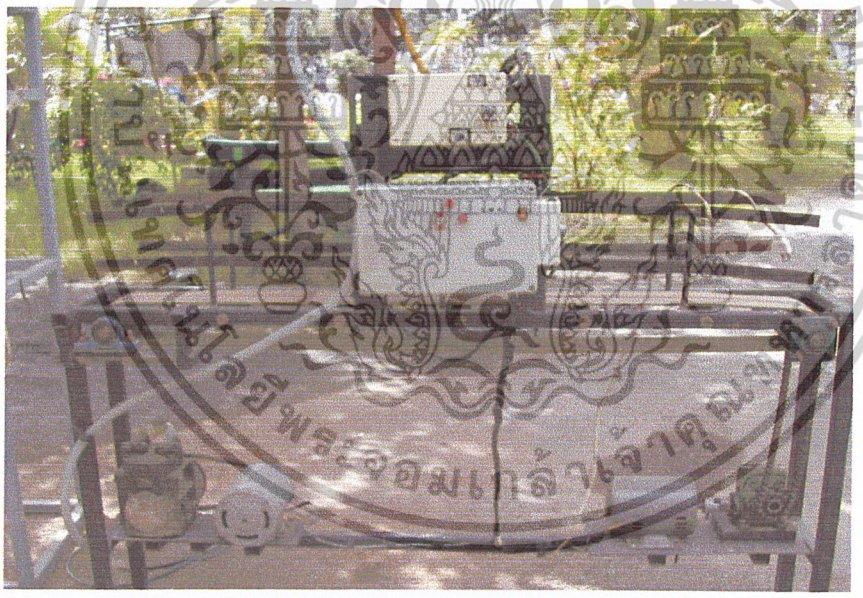
อุปกรณ์การทดลอง

1. ข้าวสาร	15 กิโลกรัม
2. ข้าวเปลือก	30 กิโลกรัม
3. เม็ดพลาสติก	60 กิโลกรัม
4. ถุงพลาสติก	ขนาด 10 x 6.5 นิ้ว หนา 0.15 มิลลิเมตร
	ขนาด 17.5 x 11 นิ้ว หนา 0.2 มิลลิเมตร
5. นาฬิกาจับเวลา	1 เรือน
6. เทอร์โมคัปเปิล	1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

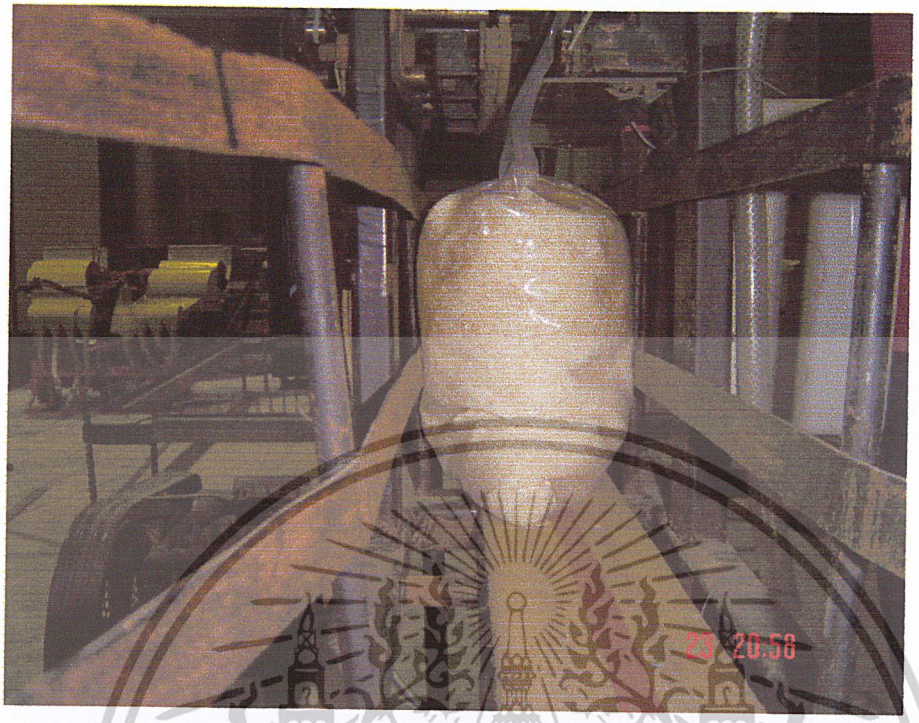
วิธีการทดลอง

1. นำข้าวเปลือกมาบรรจุถุงขนาด 10 x 6.5 บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม แล้วทำการดูดอากาศ จับเวลาในการดูดอากาศจนอากาศภายในถุงหมด จับเวลาต่อ 1 ถุง ทำทั้งหมด 20 ครั้ง
2. ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 1 แต่เปลี่ยนวัสดุบรรจุเป็นเม็ดพลาสติก
3. นำถุงพลาสติกขนาด 10 x 6.5 นิ้ว หนา 0.15 มิลลิเมตร มาทำการปิดผนึก โดยปรับอุณหภูมิของลวดทำความร้อนเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปิดผนึก จดบันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้
4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1-3 แต่เปลี่ยนถุงพลาสติกเป็นขนาด 17.5 x 11 นิ้ว หนา 0.2 มิลลิเมตร มาทำการปิดผนึก จดบันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้
5. นำข้าวสารที่บรรจุในถุง ขนาด 10 x 6.5 นิ้ว หนา 0.15 มิลลิเมตร บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม มาทำการปิดผนึกและดูดอากาศ บันทึกเวลาในการปิดผนึก และดูดอากาศ
6. ทำเช่นเดียวกันกับข้อ 5 แต่เปลี่ยนเป็นเม็ดพลาสติก และข้าวเปลือกที่บรรจุถุง ขนาด 17.5 x 11 นิ้ว หนา 0.2 มิลลิเมตร บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัมบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 40 เครื่องปิดผนึกและดูดอากาศ

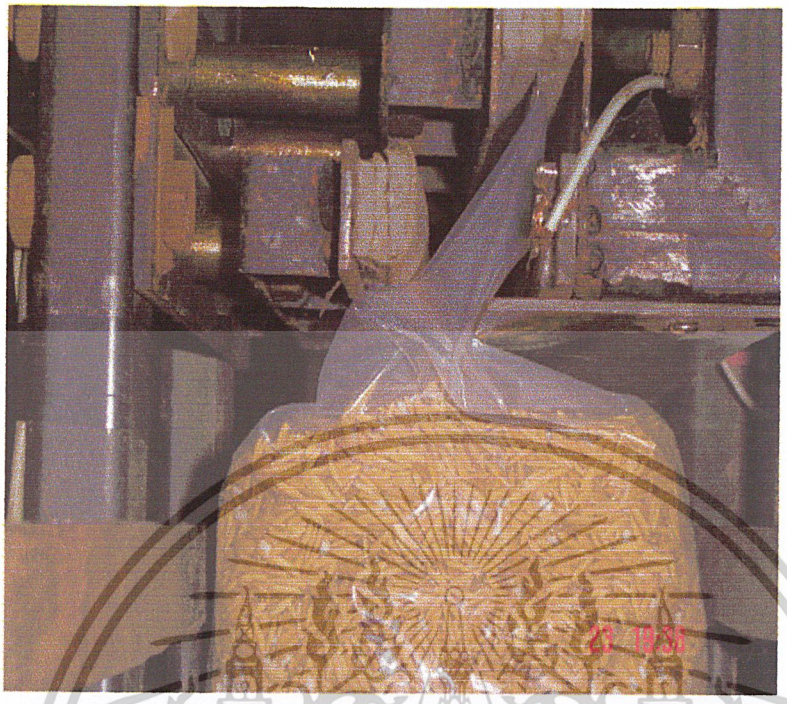
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 41 การบรรจุและดูดอากาศข้าวสาร

รูปที่ 42 การบรรจุและดูดอากาศข้าวเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 43 การดูดอากาศ

รูปที่ 44 ลักษณะของรอยปิดผนึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 44 ลักษณะของรอยปิดผนึก

รูปที่ 45 ลักษณะของถุงบรรจุเมื่อทำการปิดผนึกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 45 ลักษณะของถุงบรรจุเมื่อทำการปิดผนึกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า

1. อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปิดผนึกปากถุงที่มีขนาดและความหนาแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปิดผนึกถุงที่ขนาด และความหนาแตกต่างกัน

ถุงพลาสติก	การบรรจุเมล็ดพืช	
	อุณหภูมิที่เหมาะสม (C°)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
ขนาด 10 x 6.5 นิ้ว หนา 0.15 มิลลิเมตร	90-100	2
ขนาด 17.5 x 11 นิ้ว หนา 0.2 มิลลิเมตร	100-120	3

2. การปิดผนึกปากถุงและดูดอากาศ สำหรับถุงที่บรรจุวัสดุชนิดต่างๆ และน้ำหนักวัสดุที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การปิดผนึกปากถุงและดูดอากาศ สำหรับถุงที่บรรจุวัสดุชนิดต่างๆ และน้ำหนักวัสดุที่แตกต่างกัน

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ดูดอากาศ	ปิดผนึกและดูดอากาศ
		เวลาเฉลี่ย(วินาที)	เวลาเฉลี่ย(วินาที)
ข้าวสาร	5	14.5	32.2
ข้าวเปลือก	3	22.6	25.1
เม็ดพลาสติก	3	24.7	30.2

จากการทดลองพบว่า ในการปิดผนึกปากถุงนั้น เวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปิดผนึกปากถุงจะขึ้นอยู่กับความหนาของถุง โดยถุงที่มีความหนามากจะต้องใช้อุณหภูมิในการปิดผนึกสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถุงที่มีความหนาน้อยกว่า ในส่วนของรอยปิดผนึกนั้นถ้าใช้อุณหภูมิที่ต่ำก็จะทำให้รอยในการปิดผนึกมีความเรียบร้อยกว่าใช้อุณหภูมิสูง

การดูดอากาศออกจากถุงจะทำได้เร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำมาบรรจุ ถ้าวัสดุมีความหนาแน่นมากกว่า ก็จะสามารถดูดอากาศได้เร็วกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

5.1 การบรรจุวัสดุนั้น ความสามารถในการทำงานของเครื่องบรรจุจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการคือ

1. คุณสมบัติต่างๆของวัสดุที่จะนำมาบรรจุ เช่น น้ำหนักจำเพาะ รูปร่าง ความหนาแน่นของวัสดุ เป็นต้น
2. ความเที่ยงตรงและแม่นยำของเครื่องจะขึ้นอยู่กับระบบที่นำมาควบคุมการทำงาน

5.2 การชั่งน้ำหนักด้วยคานนั้นในส่วนของคานชั่งน้ำหนัก ลูกตุ้มควรจะเคลื่อนที่ได้ เหมือนกับลักษณะของคานปรับละเอียด และควรมีการระบุตำแหน่งของลูกตุ้มว่าควรอยู่ตำแหน่งไหนในการชั่งแต่ละครั้ง

5.3 ในการใช้งานเครื่องบรรจุในส่วนของเครื่องชั่งน้ำหนัก ควรจะเปิดช่องทางออกของวัสดุจากถังบรรจุให้น้อยเพื่อไม่ให้วัสดุไหลออกมาที่ปากทางออกของวัสดุมากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดแรงกระแทกที่เกิดจากการตกของวัสดุกระทำต่อคานชั่งน้ำหนัก

5.4 การนำถุงบรรจุมาทำการปิดผนึกและดูดอากาศนั้น ควรใช้ความระมัดระวังอย่าให้ถุงบรรจุสัมผัสกับชุดปิดผนึกเพราะจะทำให้ถุงถูกความร้อนซึ่งจะทำให้ถุงละลาย ทำให้ถุงเกิดการขาดหรือรั่วทำให้ประสิทธิภาพในการดูดอากาศไม่ดีเท่าที่ควร

5.5 เมื่อทำการปิดผนึกและดูดอากาศ ถ้าวัสดุภายในถุงมีปริมาณน้อยจะทำให้มีปริมาณช่องว่างของอากาศมาก ทำให้ไม่สามารถดูดอากาศได้หมด ควรเลื่อนชุดปิดผนึกลงมาเพื่อลดปริมาณช่องว่างของอากาศ และจะช่วยลดระยะเวลาในการดูดอากาศ

5.6 ในส่วนชุดนิวเมติก ไม่ได้มีการติดตั้งชุดปรับคุณภาพลม ซึ่งจะส่งผลต่ออุปกรณ์ต่างๆได้คือ

1. เนื่องจากลมอัดมีความชื้น เมื่อลมถูกทำให้เย็นลงหลังจากอัดตัวเข้าไปในถังเก็บจะทำให้เกิดการอัดตัวเป็นหยดน้ำเมื่อความชื้นปนมากับลมอัดเข้าไปในระบบการทำงาน และใช้เป็นเวลานาน จะส่งผลให้อุปกรณ์ต่างๆ จะทำงานได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ เช่น อาจจะเกิดสนิมหรือมีฝุ่นผงเข้าไปอุดตันตามวาล์วต่างๆ
2. ในการทำงานของเครื่องนั้นได้ใช้ปั๊มลมโดยตรง ไม่ได้มีการปรับแรงดันลม ซึ่งถ้าแรงลมมากเกินไปอาจทำให้เกิดการรั่วของซีลยางต่างๆได้ ควรแก้ไขโดยติดตั้งชุดปรับคุณภาพลม และชุดควบคุมแรงดัน เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.7 การควบคุมสายพานลำเลียงโดยใช้ลิมิตสวิตซ์หยุดสายพานในช่วงที่ถุงบรรจุเคลื่อนที่มาถึงในตำแหน่งที่จะทำการปิดผนึกนั้น ยังต้องใช้สวิตซ์ควบคุมให้สายพานทำงานต่อนั้น อาจจะมีการนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุมาติดตั้งแทนลิมิตสวิตซ์ ซึ่งจะเป็นการลดภาระของผู้ปฏิบัติงาน ทำให้ระบบทำงานอย่างต่อเนื่อง ลดระยะเวลาในการทำงาน และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ

5.8 การดูดอากาศนั้นยังต้องใช้มือในการใส่สายดูดอากาศ อาจนำระบบนิวเมติกส์มาใช้ควบคุมสายดูดอากาศเข้าออก เพื่อความสะดวกของผู้ปฏิบัติงาน

5.9 ในการปรับอุณหภูมิของฮีตเตอร์นั้นไม่ควรปรับอุณหภูมิสูงมาก เพราะจะทำให้ถุงละลาย ขาด และยังส่งผลให้ฉนวนที่ใช้มีอายุการทำงานสั้น ซึ่งทำให้ไม่สามารถป้องกันอากาศได้ จึงควรใช้อุณหภูมิที่พอเหมาะ และใช้การหน่วงเวลาในการให้ความร้อนกับถุง

5.10 กล่องควบคุมระบบการทำงานของชุดปิดผนึกและดูดอากาศมีขนาดเล็ก เมื่อต้องการแก้ไขระบบอาจทำการแก้ไขได้ยากควรจะใช้กล่องควบคุมที่มีขนาดใหญ่ เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1ก ผลการทดลองหาระยะเวลาในการดูดอากาศ(ยังไม่ปิดผนึก)ข้าวเปลือก และเม็ดพลาสติกในถุงขนาด 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม (5 กิโลกรัม บรรจุในถุงไม่พอ) จนอากาศภายในถุงหมด จับเวลาต่อ 1 ถุง

ครั้งที่	เวลา (วินาที)	
	เม็ดพลาสติก	ข้าวเปลือก
1	25	20
2	26	21
3	24	24
4	26	20
5	24	19
6	23	20
7	24	21
8	24	23
9	25	22
10	25	22
11	24	19
12	26	20
13	25	21
14	24	21
15	24	20
16	26	19
17	26	22
18	24	19
19	25	19
20	24	20
เฉลี่ย	24.7	22.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2ก ผลการทดลองหาระยะเวลาในการดูดอากาศข้าวสาร(ยังไม่ปิดผนึก) ในถุงขนาด 10 x 6.5 นิ้ว บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม จนอากาศภายในถุงหมด จับเวลาต่อ 1 ถุง

ครั้งที่	เวลา (วินาที)
1	15
2	17
3	16
4	13
5	14
6	12
7	12
8	14
9	13
10	15
11	15
12	16
13	16
14	17
15	15
16	14
17	13
18	14
19	14
20	15
เฉลี่ย	14.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3ก ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการปิดผนึกถุงที่ขนาด และความหนาต่างๆ

ถุงพลาสติก	เครื่องบรรจุเมล็ดพืช	
	อุณหภูมิที่เหมาะสม (C°)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
ขนาด 10 x 6.5 นิ้ว หนา 0.15 มิลลิเมตร	90-100	2
17.5 x 11 นิ้ว หนา 0.2 มิลลิเมตร	100-120	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4ก ผลการทดลองการปิดผนึกปากถุง และดูดอากาศ บรรจุข้าวสารในถุงขนาด 17.5 x 11 นิ้ว หนา 0.2 มิลลิเมตร บรรจุถุงละ 5 กิโลกรัม (จับเวลาต่อ 1 ถุง)

ครั้งที่	เวลา (วินาที)
1	32
2	35
3	31
4	34
5	36
6	32
7	29
8	30
9	31
10	34
11	32
12	33
13	35
14	34
15	32
16	34
17	31
18	29
19	30
20	31
เฉลี่ย	32.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

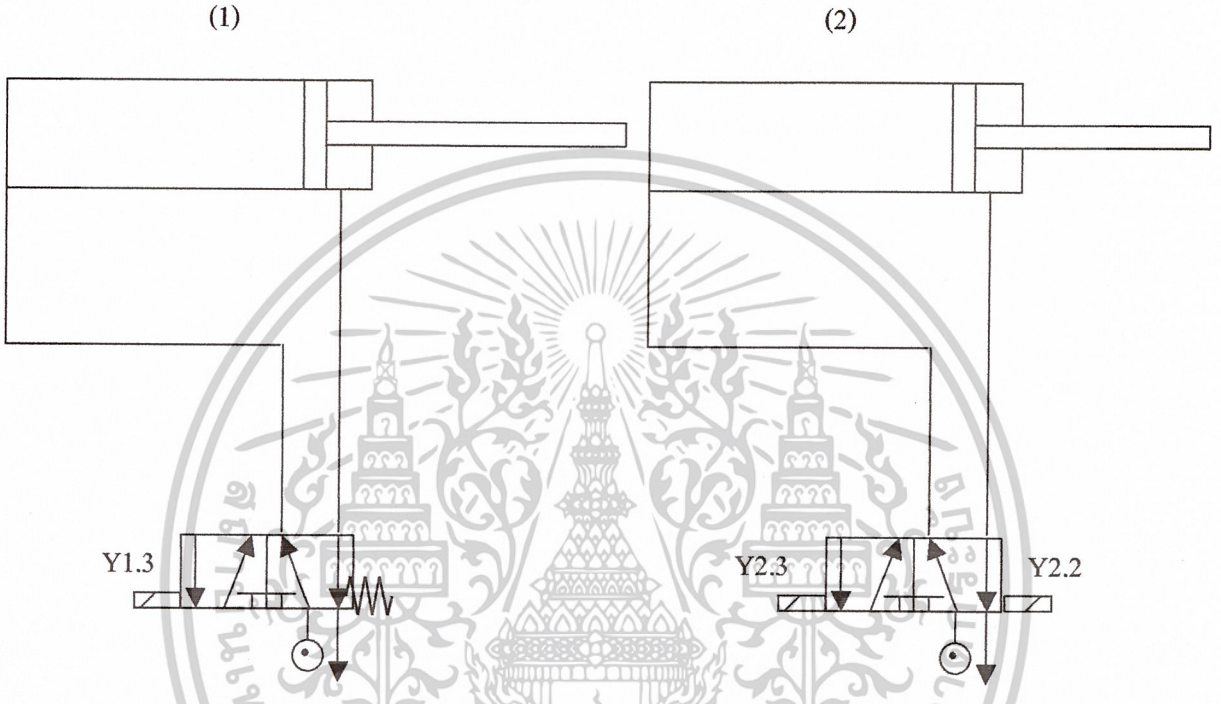
ตารางที่ 5ก ผลการทดลองการปิดผนึกปากถุง และดูดอากาศ บรรจุเม็ดพลาสติก และข้าวเปลือกใน ถุงขนาด17.5 x 11 นิ้ว หนา 0.2 มิลลิเมตร บรรจุถุงละ 3 กิโลกรัม (จับเวลาต่อ 1 ถุง)

ครั้งที่	เวลา (วินาที)	
	เม็ดพลาสติก	ข้าวเปลือก
1	31	25
2	29	23
3	29	26
4	32	27
5	33	25
6	28	29
7	29	26
8	31	24
9	33	23
10	31	26
11	30	26
12	29	25
13	31	24
14	30	26
15	29	25
16	30	26
17	28	24
18	31	25
19	30	23
20	30	24
เฉลี่ย	30.2	25.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

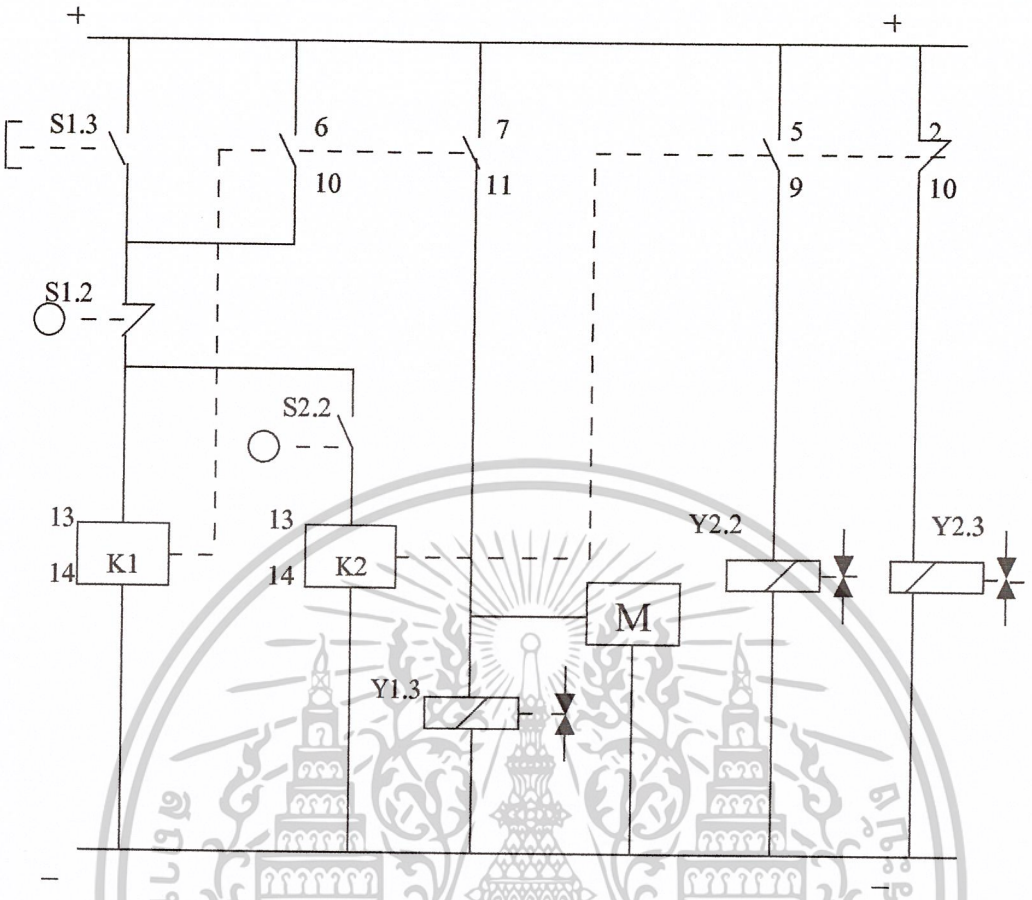
ภาคผนวก ข

1ข วงจรนิวเมตริกควบคุมส่วนชั่งน้ำหนัก



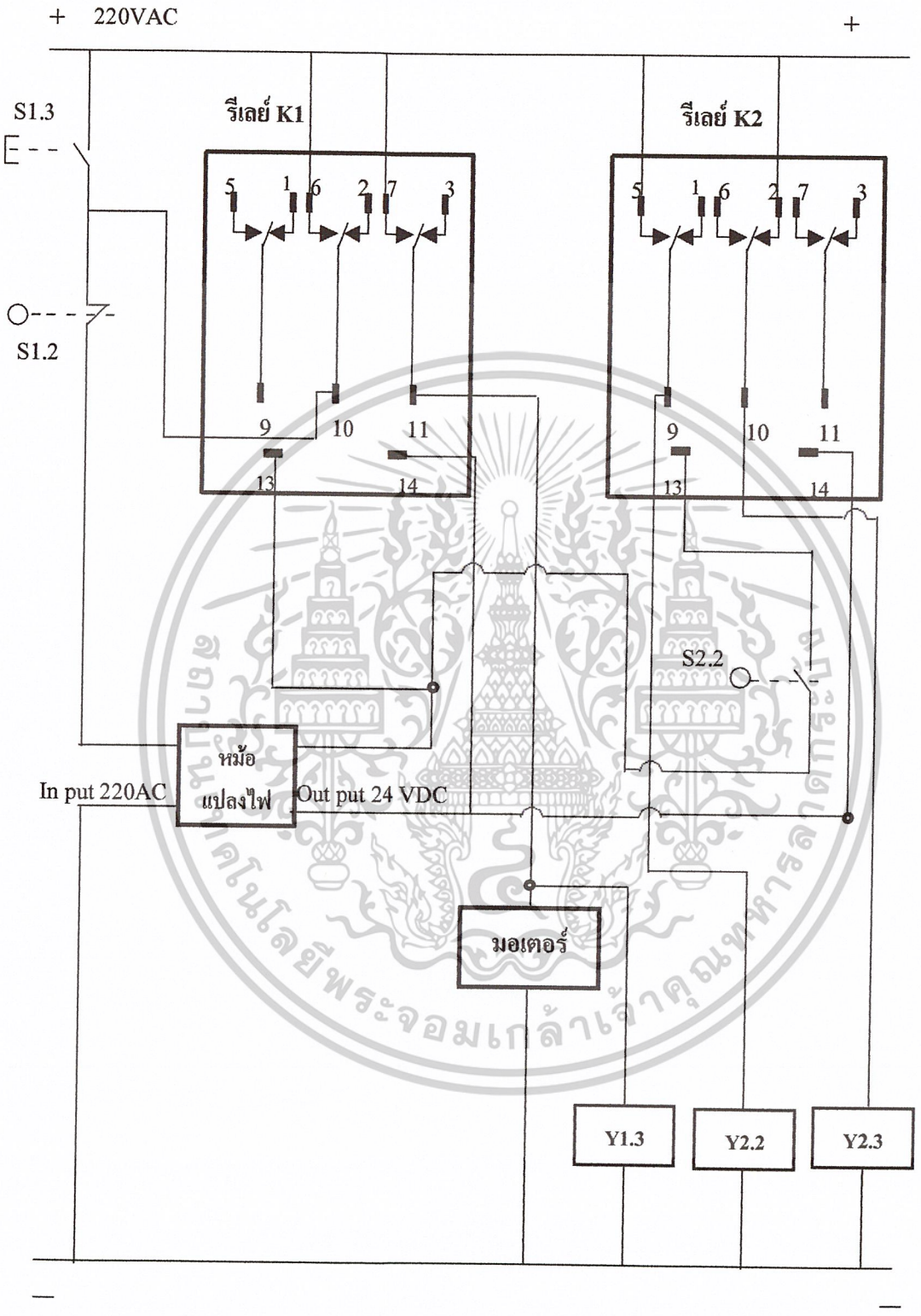
รูปที่ 1ข วงจรกำลังควบคุมชุดนิวเมติกส์ส่วนชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2ข วงจรไฟฟ้าควบคุมชุดนิวเมติกส์ส่วนชั่งน้ำหนัก

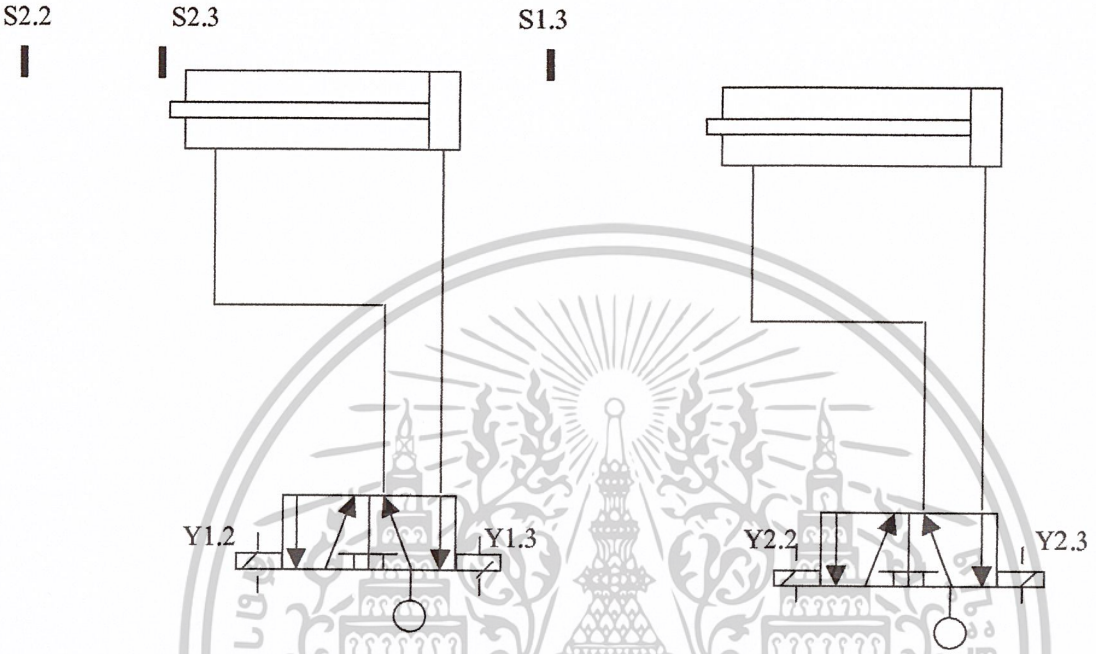
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3ข วงจรควบคุมส่วนชั่งน้ำหนัก

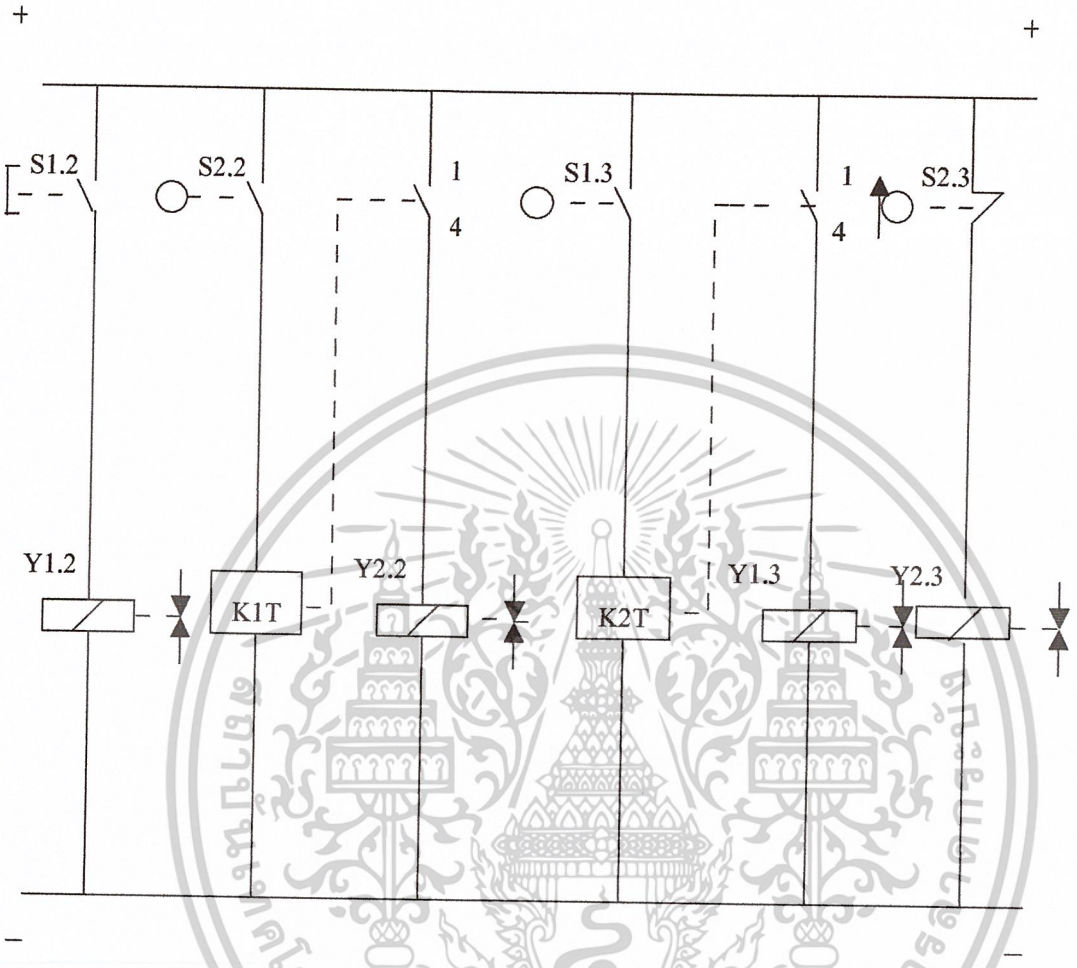
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2ข วงจรนิวเมติกส์ควบคุมชุดนิวเมติกส์ส่วนปิดผนึกปากถุง และดูดอากาศ



รูปที่ 4ข วงจรกำลังควบคุมชุดนิวเมติกส์ส่วนปิดผนึกปากถุง

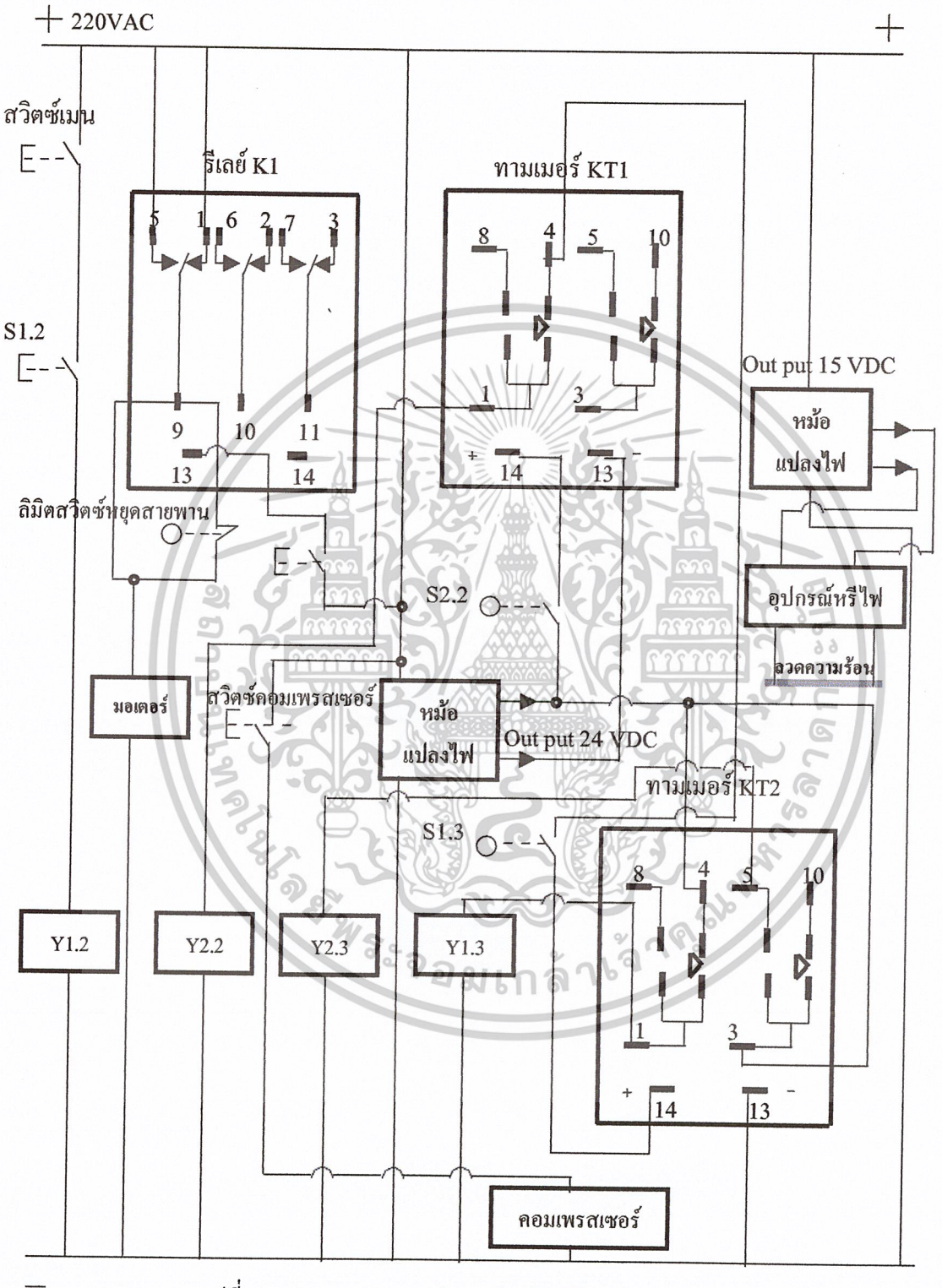
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5ข วงจรไฟฟ้าควบคุมชุดนิวเมติกส์ส่วนปิดผนึกปากถุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

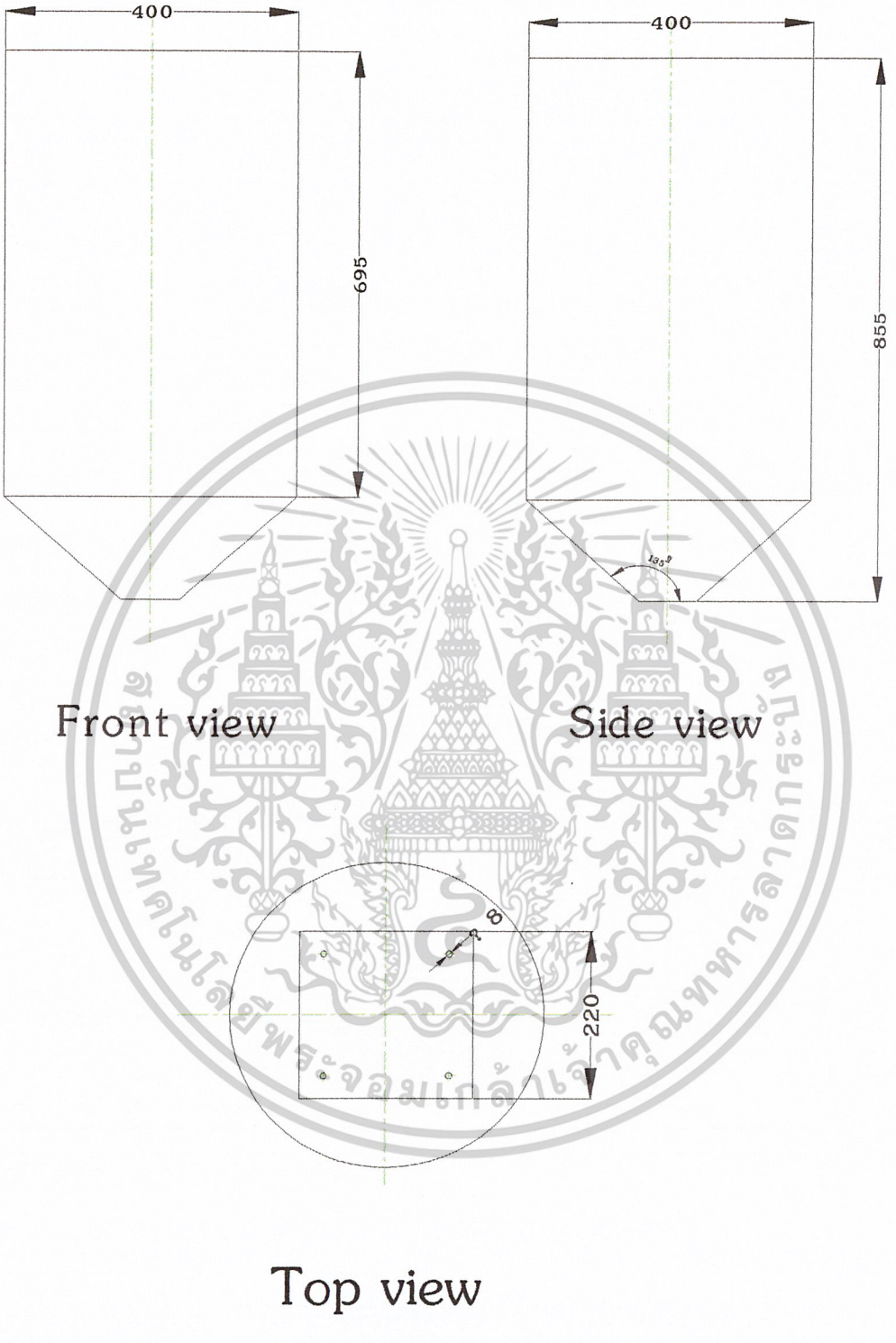
3ข วงจรควบคุมการทำงานในส่วนปิดผนึกปากถุง



รูปที่ 6ข วงจรควบคุมการทำงานในส่วนปิดผนึกปากถุง

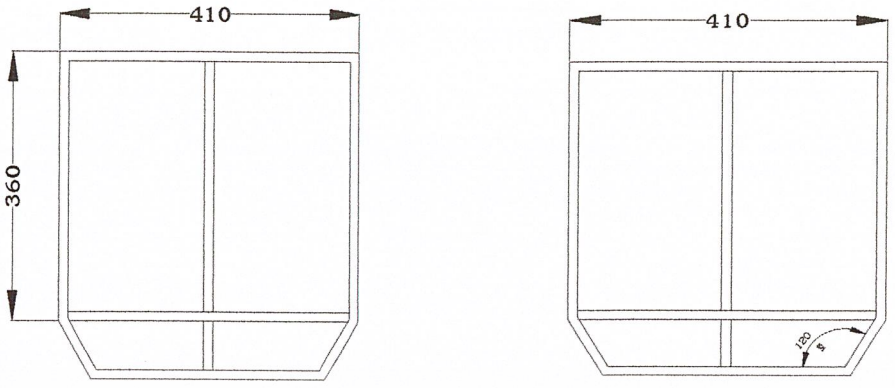
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค



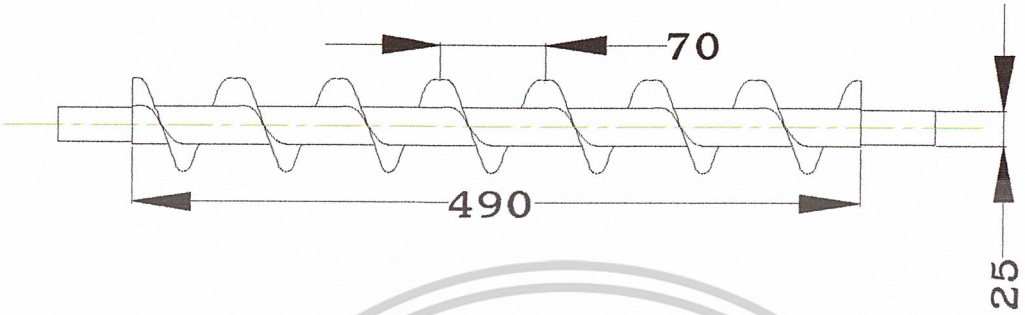
รูปที่ 1ค แบบแสดงถังบรรจุเมล็ดพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



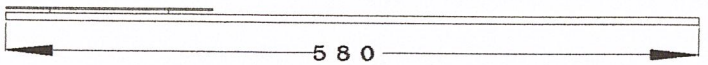
รูปที่ 2ค แบบแสดงโครงสร้างรองรับถังบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

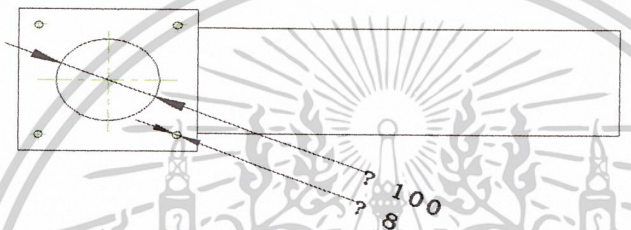


รูปที่ 3ค แบบแสดงเกลียวลำเลียง

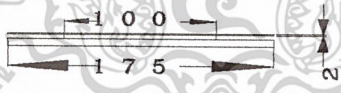
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Front view



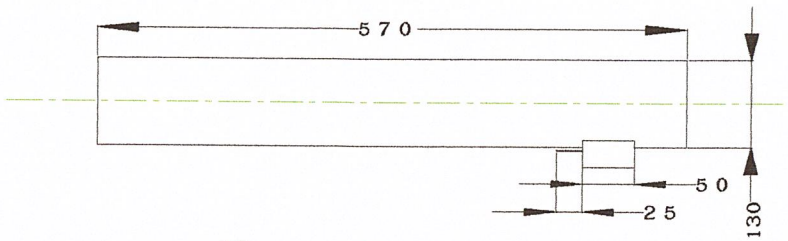
Top view



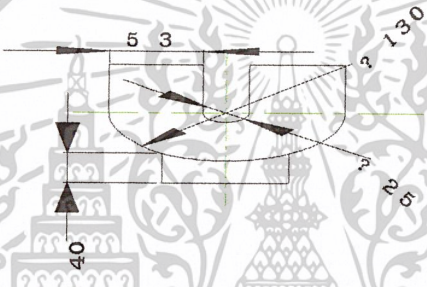
Side view

รูปที่ 4ค แบบแสดงฝารางเกลียวลำเลียง

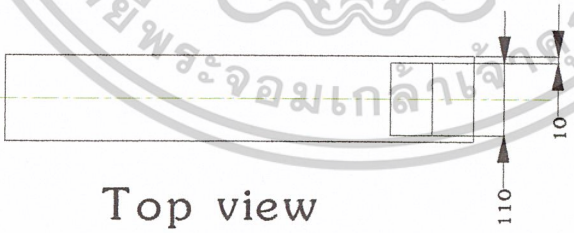
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Front view



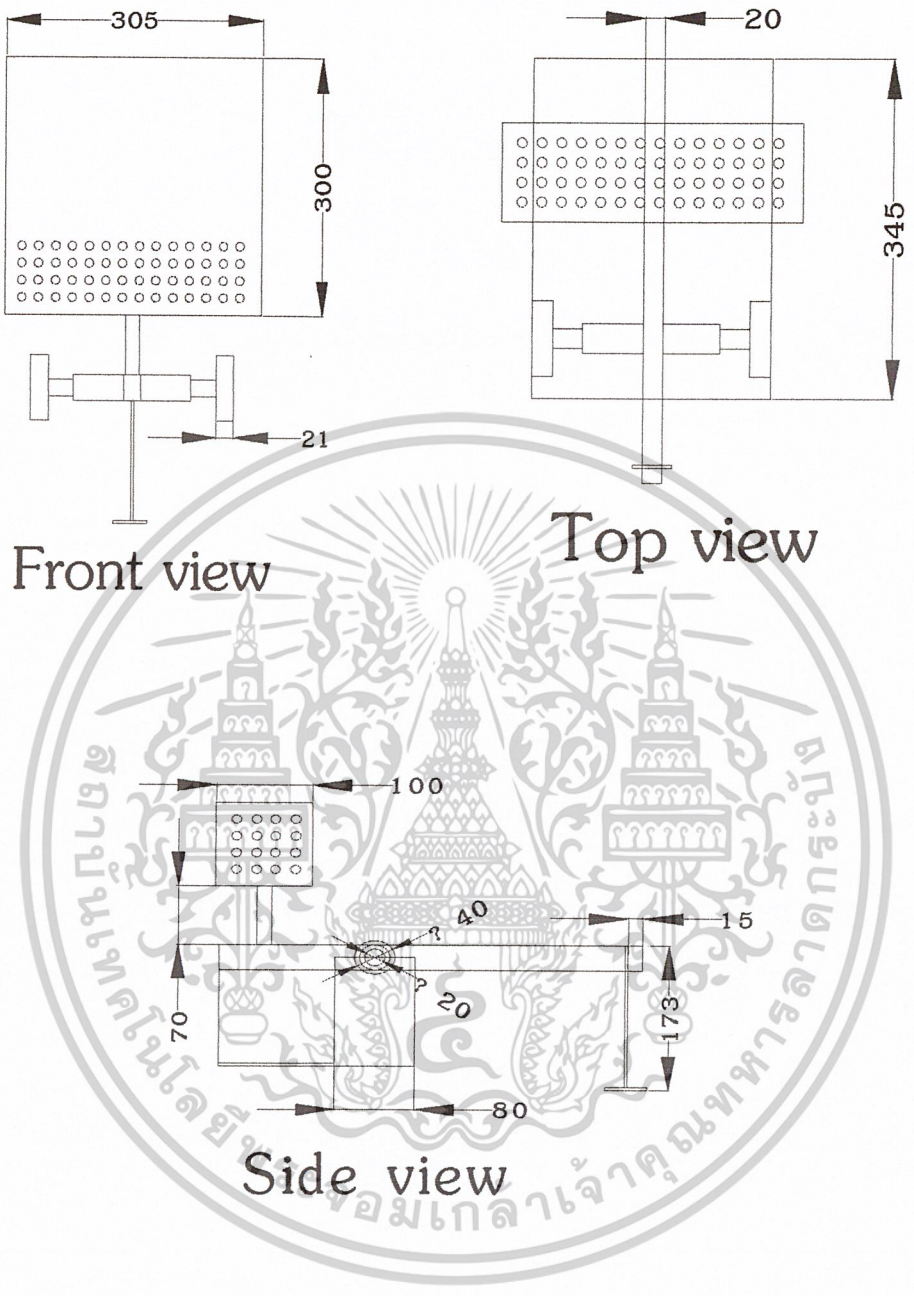
Side view



Top view

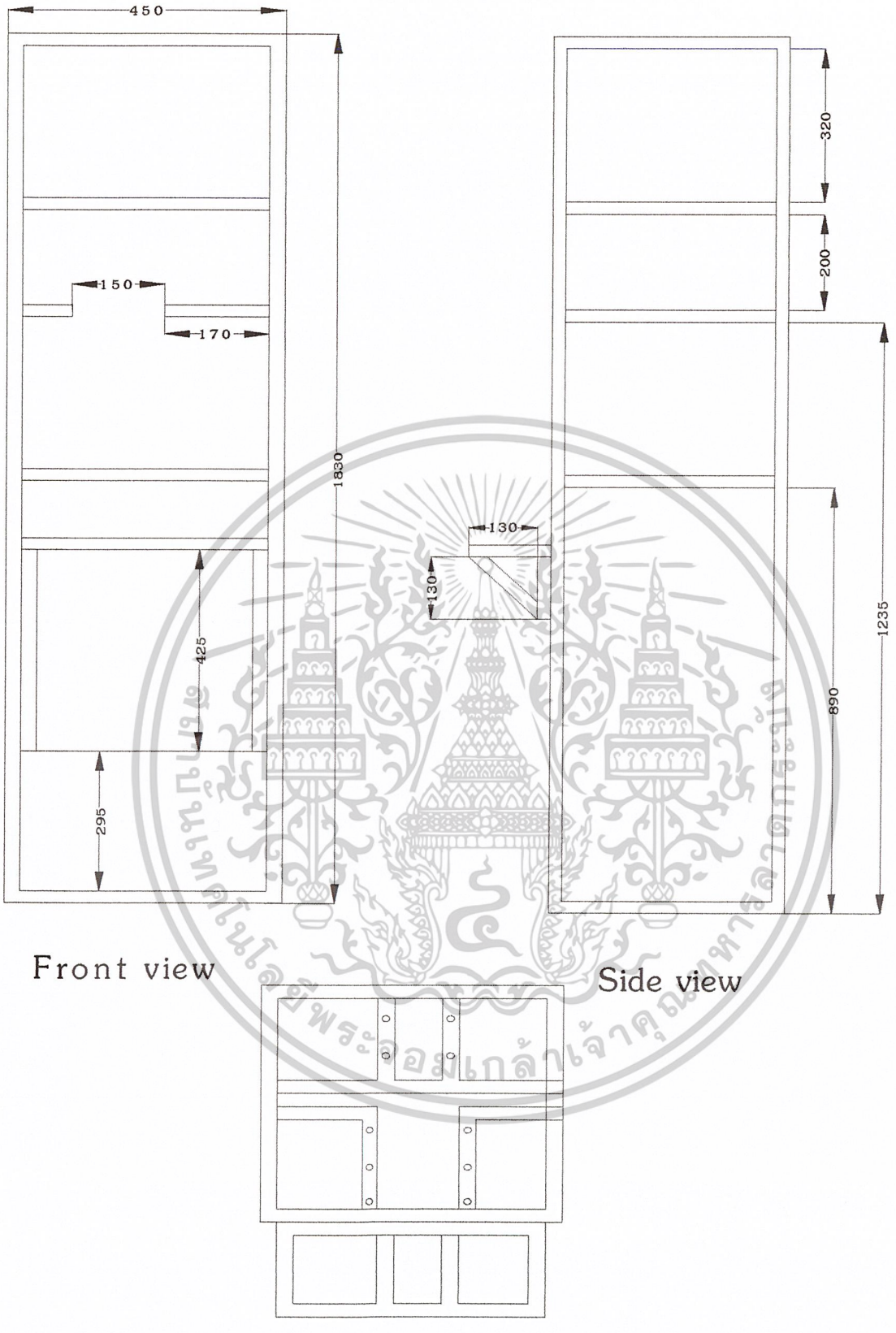
รูปที่ 5ค แบบแสดงรางเกลียวลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



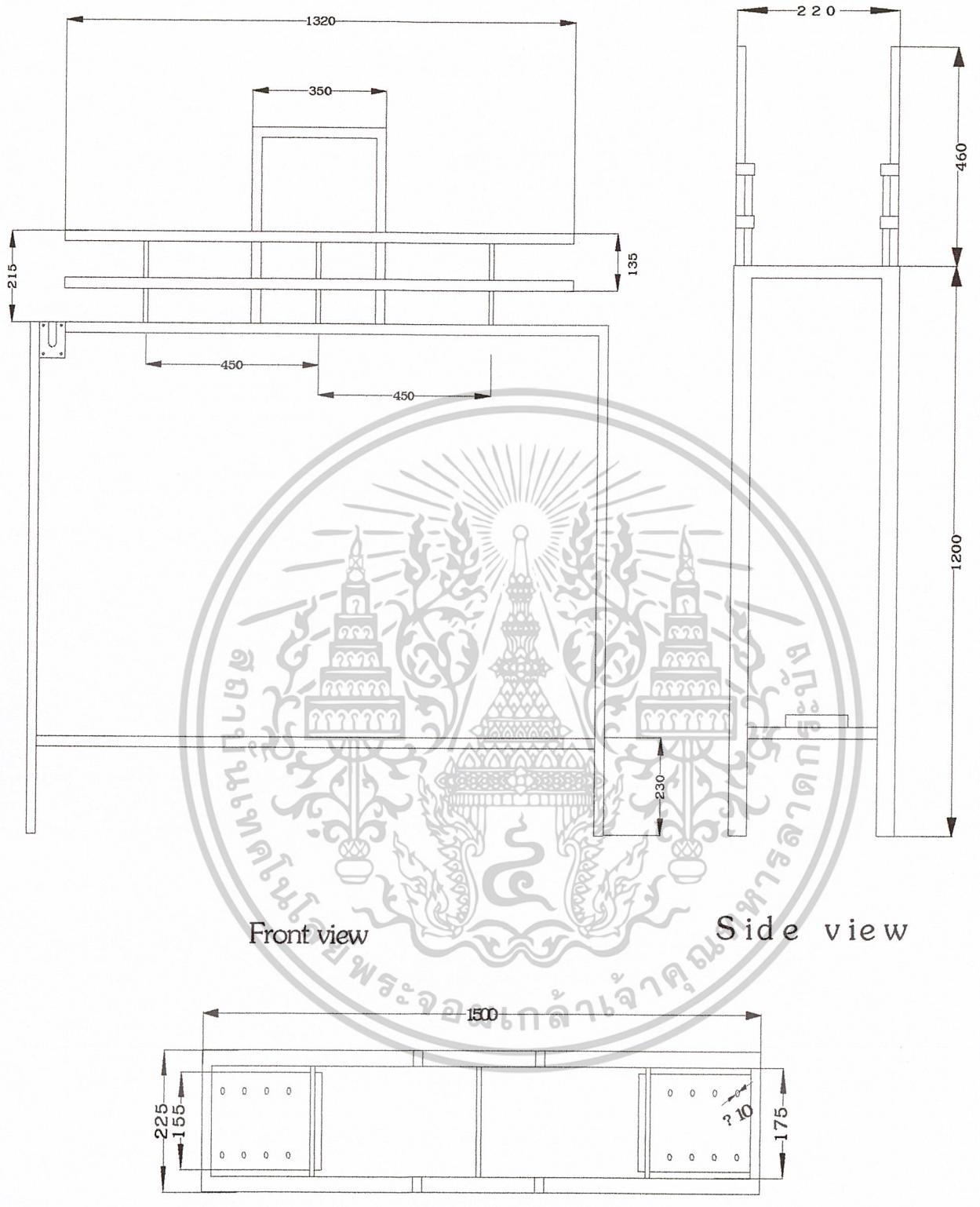
รูปที่ 6ค แบบแสดงชุดชั่งน้ำหนักแบบลูกตุ้มถ่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



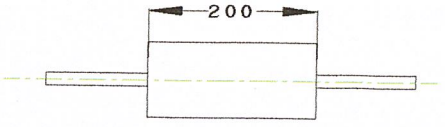
รูปที่ 7ค แบบแสดงส่วนโครงรองรับส่วนชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

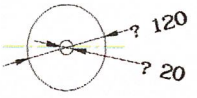


รูปที่ 8ค แบบแสดงโครงสายพานลำเลียง

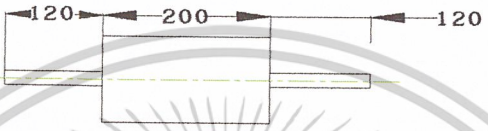
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Front view



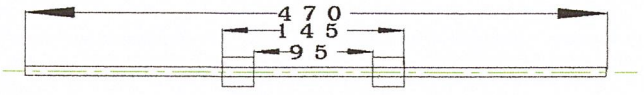
Side view



Top view

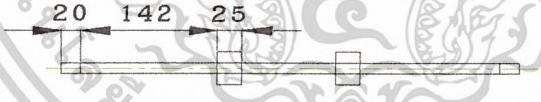
รูปที่ 9ค แบบแสดงลูกกลิ้งสายพานลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Front view

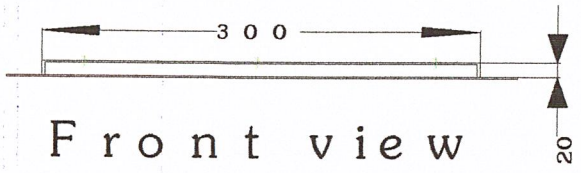
Side view

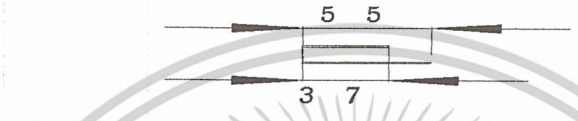


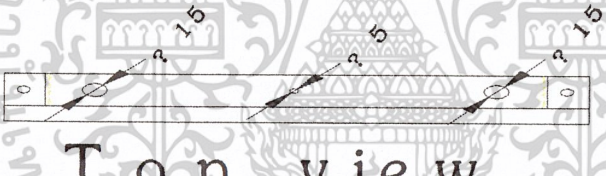
Top view

รูปที่ 10ค แบบแสดงชุดลูกกลิ้งป้องกันการตกท้องช้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

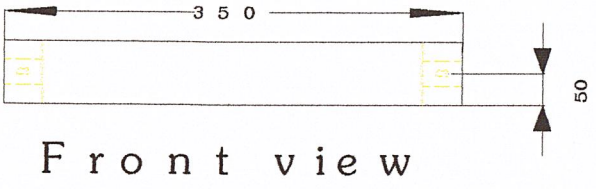




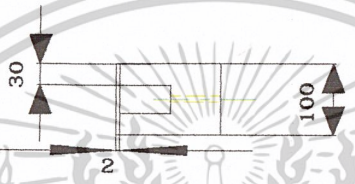


รูปที่ 11ค แบบแสดงชุดหนีบปากถุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Front view



Side view

Top view

รูปที่ 12ค แบบแสดงขาชุดปิดผนึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางที่ 1 ง รายการวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ

รายการ	วัสดุที่ใช้
1. ชุดควบคุมการทำงานส่วนชั่งน้ำหนัก	- วาล์วควบคุม 5/2 ACV 1 ตัวใช้ไฟ 220 โวลต์ - กระบอกสูบขนาด 2 เซนติเมตร - ลิมิตสวิตซ์ 1 ตัว
2. ชุดควบคุมการทำงานส่วนปิดผนึกปากถุง	- รีเลย์ ขนาด 24 โวลต์ 2 ตัว - ทามเมอร์ตั้งเวลา ขนาด 24 โวลต์ 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ง ประเมินราคาวัสดุที่ใช้ในการสร้าง

วัสดุ	ขนาด	จำนวน	ราคา(บาท)
1. ลูกสูบ*	1.0 เซนติเมตร	1	150
2. วาล์ว*	5/2 AC 220V	1	400
3. ฮีตเตอร์	5 มิลลิเมตร	1 เมตร	250
4. ทามเมอร์*	24 โวลท์	2	200
5. รีเลย์*	24 โวลท์	1	120
6. ซอคเกตซ์*	-	2	50
7. ลีดสวิตซ์*	-	3	120
8. ข้อต่อลม	Ø 6.35 มิลลิเมตร	3	60
9. เทอร์โมสตัท	50-250 C°	1	750
10. ฉนวน	8 มิลลิเมตร	1	200
11. โซ่	-	50 เซนติเมตร	120
12. ลิมิตสวิตซ์		2	300
13. หม้อแปลงไฟฟ้า	16 โวลท์	1	150
14. สวิตซ์ควบคุม	-	3	30
15. สายลม	Ø 5 มิลลิเมตร	3 เมตร	80
16. กล่องควบคุม	20*33 เซนติเมตร	1	150
17. อุปกรณ์หรี่ไฟ	1600 วัตต์	1	180
18. อื่นๆ			300
	รวม		**3,610**

หมายเหตุ ; * อุปกรณ์มือสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายท่านด้วยกัน ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

รศ.จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์

อาจารย์ปรีชานันท์ ศรีแก้ว

อาจารย์สัญลักษณ์ กิ่งทอง

เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน

รวมทั้ง คุณพ่อ-คุณแม่ พี่ รุ่นพี่ และเพื่อนๆ ที่ให้การสนับสนุน และที่ได้ให้กำลังใจเสมอมาจนงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความขอบคุณอย่างยิ่ง

นาย จตุพล หมั่นวาจา

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ปุ่น คงเจริญเกียรติ ,สมพร คงเจริญเกียรติ “บรรจุภัณฑ์อาหาร”
2. อารมณ์ ศรีพิจิตต์,”วิทยาการเมล็ดพันธุ์เบื้องต้น”,ภาคเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ,2524
3. วิริยะ สิริสิงห และคณะ, 110 ธาตุ คุณสมบัติและการค้นพบ, สนพ.อักษรวัฒนา, พิมพ์ครั้งที่ 3 · G. Bickley Rammey, Firing Ceramic, World Scientific, 1994.
4. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ และคณะ,”สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ”,ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ,2538
5. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์,”วิศวกรรมการขนถ่ายวัสดุ” ,ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ,2540
6. พรจิต ประทุมสุวรรณ,”การควบคุมนิวแมติกส์,2540
7. บัณฑิต บัวบูชา และAdvanced Engineering Group,”ทฤษฎีและการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า” ,2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้