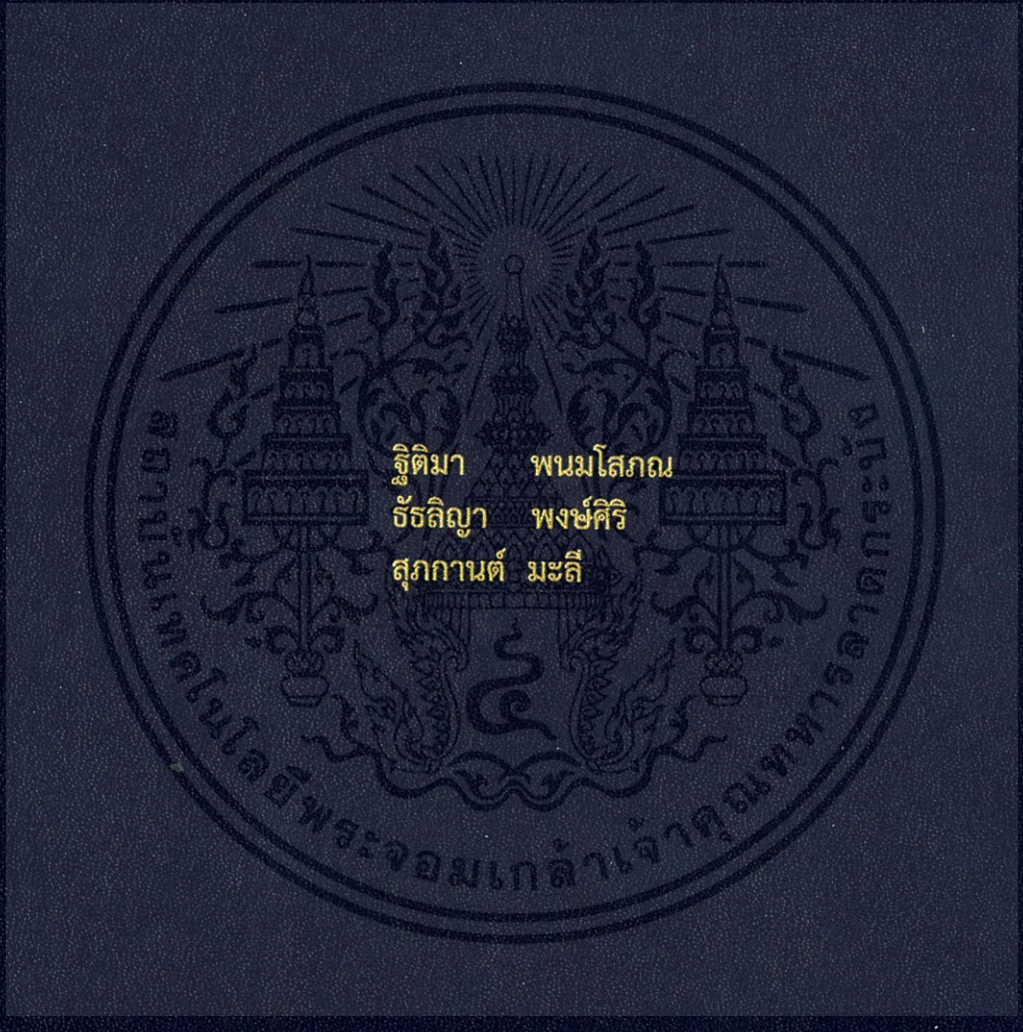
การพัฒนาชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั้นปลาทู

DEVELOPMENT OF COOKED RICE DROPPER FOR PROTOTYPE OF E-SAN MACKEREL PASTE IN RICE MAKING MACHINE



ฐิติมา พนมโสภณ
ธัธลิญา พงษ์ศิริ
สุภกานต์ มะลี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การพัฒนาชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั้นปลาทู

Development of Cooked Rice Dropper for Prototype of E-san Mackerel Paste in Rice Making Machine

ฐิติมา พนมโสภณ
ธัธลิญา พงษ์ศิริ
สุภกานต์ มะลี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVALOPMENT OF COOKED RICE DROPPER FOR PROTOTYPE OF E-SAN MACKEREL PASTE IN RICE MAKING MACHINE

Thitima Phanomsophon
Tutliya Pongsiri
Supakan Malee

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู
Development of Cooked Rice Dropper for Prototype of E-san Mackerel Paste in Rice Making Machine

นักศึกษาผู้จัดทำ

นางสาวฐิติมา พนมโสภณ		รหัสนักศึกษา 56010340
นางสาวธัธลิญา พงษ์ศิริ		รหัสนักศึกษา 56010601
นางสาวสุภกานต์ มะลี		รหัสนักศึกษา 56011355

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาชุดหยอดข้าวสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวฐิติมา พนมโสภณ 56010340

นางสาวธัธลิญา พงษ์ศิริ 56010601

นางสาวสุภกานต์ มะลี 56011355

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ออกแบบ แก้ไขและทดสอบชุดหยอดข้าวซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูให้เป็นอาหารพร้อมรับประทานและสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ ชุดหยอดข้าวประกอบด้วยถังใส่ข้าว กระบอกนิวเมติกส์ และช่องสำหรับกักเก็บข้าว การทำงานของเครื่องจะใช้ระบบนิวเมติกส์และควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลโลจิกคอนโทรล ซึ่งในการทำงาน 1 ครั้ง เครื่องจะหยอดข้าวลงบนถาดขนาด 22x27x7 เซนติเมตร ให้สม่ำเสมอทั่งทั้งถาด โดยมีการทดสอบการทำงานของชุดหยอดข้าวดังต่อไปนี้ 1) ทดสอบการทำงานแบบเดินเครื่องตัวเปล่าและแบบมีภาระ 2) ทดสอบความสามารถและความสม่ำเสมอในการหยอดข้าวของชุดหยอดข้าว 3) ทดสอบประสิทธิภาพการหยอดข้าวและความผิดพลาดโดยการนับจำนวนชิ้นดีและชิ้นเสียที่ได้ในการผลิต 1 รอบ จากผลการทดสอบพบว่า ข้าวสวยที่หยอดโดยชุดหยอดข้าวสวยมีประสิทธิภาพเท่ากับ 73.61% ซึ่งยังไม่เพียงพอสำหรับการทำข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูด้วยเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู เนื่องจากข้าวสวยยังไม่สามารถหยอดได้ทั่วทั้งถาด โดยหยอดได้เพียงประมาณ 80% ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งได้เฉพาะส่วนกลางของถาด คิดเป็นจำนวนชิ้นดีได้ประมาน 26.5 ชิ้นจากทั้งหมด 36 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of Cooked Rice Dropper for Prototype of E-san Mackerel Paste in Rice Making Machine		
Authors	Thitima	Phanomsophon	56010340
	Tutliya	Pongsiri	56010601
	Supakan	Malee	56011355
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon		
Year	2016		

Abstract

This project was to develop, design, repair and test cooked rice dropper which was a part of E-San mackerel paste in rice making machine. The E-San mackerel paste in rice was a ready to eat food. The machine developed was expected to be used in the food industry. It was consisted of bucket for rice, pneumatic cylinders and rice storage compartment. It was operated using pneumatic system and controlled by programmable logic controller (PLC). In 1 round of a working process, a belt conveyor was used to move a tray size 22x27x7 cm to the various specific positions of the process. When the tray passed the photo sensor which was on the position of the rice dropper, the machine dropped rice on the tray. The experiment was conducted for evaluating the rice dropper performance including 1) the operation tests when no load and with load, 2) the test of the dropping thickness regularity of rice dropper and 3) the test for efficiency and error of the dropper by counting the good and bad pieces. The results showed that efficiency of the cooked rice which was dropped by cooked rice dropper is 73.61% that is no enough efficiency for making E-San mackerel paste in rice by E-san mackerel paste in rice making machine because the cooked rice was not spread across the tray. It was about 80% of the total area that was only the middle of the tray. The number of fully pieces was about 26.5 pieces of 36 pieces.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั้นปลาทู สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และคำปรึกษาจากบุคคลหลายท่าน ตลอดทั้งให้ความรู้ในการทำโครงงานแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนเครื่องมือ สถานที่และงบประมาณในการศึกษา ออกแบบ สร้างและทดสอบต้นแบบเครื่องในปริญญานิพนธ์นี้

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้ความสนับสนุน แนะแนวทาง ให้ความกรุณาตรวจผลงานและแก้ไขข้อบกพร่องในเอกสารให้มีความสมบูรณ์ รวมถึงให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆอย่างเต็มที่ ขอขอบพระคุณ ดร.จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรที่ถ่ายทอดวิชา ความรู้ต่างๆแก่คณะผู้จัดทำ ขอขอบคุณ คุณเจตนพรัตน์ สมผิว ตำแหน่งวิศวกรโครงการ บริษัท อีเทอร์นอลไรส์ ออโตเมชั่น จำกัด ที่ให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยแก้ปัญหาในการออกแบบวงจรควบคุมไฟฟ้าและโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่อง และขอขอบคุณ คุณรณชัย ภูถินโคก ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเต็มที่

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่เลี้ยงดู อบรมสั่งสอนและให้การศึกษาอย่างเต็มที่ ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ และยังให้กำลังใจ คำปรึกษาในทุกๆด้าน รวมถึงเป็นแรงผลักดันให้คณะผู้จัดทำในการทำสิ่งต่างๆให้ประสบความสำเร็จ

นางสาวฐิติมา พนมโสภณ
นางสาวธัธลิญา พงษ์ศิริ
นางสาวสุภกานต์ มะลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 3
2.1ข้าวหอมมะลิ 3
2.2 ปั่นปลาทู 3
2.3 ระบบนิวเมติกส์ 4
2.4 เซนเซอร์ (Sensor) 5
2.5 สเตนเลส 6
2.6 Programmable Logic Controller 6
2.7 สายพานลำเลียง 7
2.8 อินเวอร์เตอร์ 8
2.9 สุขลักษณะของเครื่องผลิตอาหารโดย EHEDG 8
2.10 เนื้อสัมผัส (Texture) 11
2.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (two-way ANOVA) 12
2.12 ซิกส์ซิกม่า (six sigma) 14
2.13 สิทธิบัตรและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 17
3.1 แนวทางการออกแบบ 17
3.2 การออกแบบชุดหยอดสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

3.2.1 โครงของชุดหยอดข้าวสวย 18
3.2.2 ถังใส่ข้าว 19
3.2.3 แผ่นเปิดปิดช่องเก็บข้าว 20
3.2.4 กระบอกลมนิวเมติกส์ 22
3.3 การเขียนคำสั่งลง PLC (Programmable Logic Controller) 23
3.3.1 Ladder Diagram ของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูทั้งเครื่อง 24
3.3.2 Instruction List ของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู 31
3.4 การออกแบบระบบนิวเมติกส์ชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู 32
3.5 การออกแบบระบบควบคุมชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู 33
3.5.1 การทำงานของชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู 35
3.5.2 การทำงานของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู 36
3.6 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย 37
บทที่ 4 อุปกรณ์ วิธีการทดลอง และผลการทดลอง 38
4.1 วัตถุดิบ 38
4.2 อุปกรณ์ 38
4.3 ขั้นตอนการดำเนินการและวิธีการทดลอง 39
4.3.1 การทำงานของชุดหยอดข้าวสวย 39
4.3.2 วิธีการทดลอง 39
4.4 ผลการทดลอง 45
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและบทวิจารณ์ 50
5.1 สรุปผลการทดลองและบทวิจารณ์ 50
5.2 ข้อเสนอแนะ 51
ภาคผนวก ก ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบชุดหยอดข้าวสวย 52
ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพ 53
ภาคผนวก ค รูปวัตถุดิบและอุปกรณ์ต่างๆ 54
เอกสารอ้างอิง 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลดิบ 12
ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง 13
ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์และระบบนิวเมติกส์ 39
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย 41
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหาน้ำหนักของข้าวที่ถูกหยอดแต่ละครั้ง 43
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องหยอดข้าวสวย 43
ตารางที่ 4.5 ผลทดสอบประสิทธิภาพในหยอดข้าวสวยหนึ่งชั้น 45
ตารางที่ 4.6 แสดงผลการเปรียบเทียบพหุคุณ LSD ของค่าเฉลี่ยความแข็งของข้าวสวย โดยปัจจัยอุณหภูมิแต่ละสัดส่วนข้าวต่อน้ำ 46
ตารางที่ 4.7 แสดงผลการเปรียบเทียบพหุคุณ LSD ของค่าเฉลี่ยความแข็งของข้าวสวย โดยปัจจัยสัดส่วนข้าวต่อน้ำแต่ละอุณหภูมิ 46
ตารางที่ 4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบพหุคุณ LSD ของค่าเฉลี่ยความเหนียวของข้าวสวย โดยปัจจัยอุณหภูมิแต่ละสัดส่วนข้าวต่อน้ำ 47
ตารางที่ 4.9 แสดงผลการเปรียบเทียบพหุคุณ LSD ของค่าเฉลี่ยความเหนียวของข้าวสวย โดยปัจจัยสัดส่วนข้าวต่อน้ำแต่ละอุณหภูมิ 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2.1 การเชื่อมชิ้นงาน 10
รูปที่ 2.2 รอยต่อระหว่างชิ้นงาน 11
รูปที่ 2.3 การสรุปผลการทดสอบสมมติฐานในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง 14
รูปที่ 2.4 การแจกแจงปกติ 15
รูปที่ 3.1 ชุดหยอดข้าวสวย 17
รูปที่ 3.2 แบบโครงของชุดหยอดข้าวสวย 18
รูปที่ 3.3 ชุดหยอดข้าวสวยแบบใหม่ 18
รูปที่ 3.4 แบบถังใส่ข้าวสวย 19
รูปที่ 3.5 ถังใส่ข้าวสวย 19
รูปที่ 3.6 แบบแผ่นเปิดข้าวแบบที่ 1 20
รูปที่ 3.7 แบบแผ่นเปิดข้าวแบบที่ 1 21
รูปที่ 3.8 แบบแผ่นเปิดข้าวแบบที่ 2 21
รูปที่ 3.9 แบบแผ่นเปิดข้าวแบบที่ 2 21
รูปที่ 3.10 กระบอกลมแบบทำงานสองทาง 22
รูปที่ 3.11 ตำแหน่งติดตั้งกระบอกลมนิวเมติกส์ 22
รูปที่ 3.12 ผังการทำงานของระบบนิวเมติกส์ของชุดหยอดข้าวสวย 32
รูปที่ 3.13 วงจรระบบนิวเมติกส์ของชุดหยอดข้าวสวย 32
รูปที่ 3.14 ผังการทำงานของชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู 35
รูปที่ 3.15 ผังการทำงานของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู 36
รูปที่ 3.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและเวลาในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย 37
รูปที่ 4.1 ตำแหน่งชิ้นข้าว 48
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยของชิ้นข้าวแต่ละชิ้น 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน และยังอุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานต่อร่างกาย นอกจากนี้ข้าวหอมมะลิยังถือเป็นข้าวที่เป็นเอกลักษณ์ของประเทศไทยที่มีความหอม นุ่ม น่ารับประทาน จึงถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย

ส่วนป่นปลาทูเป็นน้ำพริกของภาคอีสานที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้สามารถหาได้ง่ายและอุดมไปด้วยสมุนไพรที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังสามารถทำได้ง่ายและยังสามารถเก็บไว้รับประทานได้นาน คณะผู้จัดทำจึงนำป่นปลาทูออกมาเผยแพร่เพื่อให้ทุกคนรู้จักในรูปแบบของอาหารพร้อมรับประทาน

ต้นแบบเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ป่นปลาทู (ชุติมา พัชรา และกริชศักดิ์, 2556) ได้มีการออกแบบสร้าง และทดสอบเมื่อปีการศึกษา 2556 ตามปริญญานิพนธ์เรื่องต้นแบบเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ป่นปลาทู โดยนางสาวชุติมา กว้างนอก นางสาวพัชรา พานจันทร์ และนายกริชศักดิ์ เจริญรัมย์ โดยมีส่วนประกอบคือ ชุดหยอด ชุดอัดข้าว ชุดหยอดป่นปลาทูและชุดตัด โดยตัวเครื่องใช้สายพานในการทำให้ข้าวเคลื่อนที่ไปยังจุดต่างๆ ผลการทดสอบปรากฏว่าชุดหยอดข้าวสวยทำงานได้ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ข้าวหล่นลงถาดอย่างไม่สม่ำเสมอ และมีความหนาเกินความต้องการ ทำให้ชุดตัดไม่สามารถทำงานได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ คณะผู้จัดทำโครงงานจึงเสนอโครงงานนี้เพื่อแก้ไขชุดหยอดข้าวสวย โดยพัฒนาออกแบบ และสร้างเป็นชุดหยอดข้าวสวยให้สามารถหยอดข้าวได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งถาด และมีความหนาที่เหมาะสม และแก้ไขให้เครื่องผลิตข้าวยัดไส้ป่นปลาทูสามารถทำงานได้ครบทุกกระบวนการ

โครงงานวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษา ออกแบบ สร้างและทดสอบชุดหยอดข้าวสวย เพื่อใช้ในการผลิตข้าวยัดไส้ป่นปลาทูสำหรับผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยหลักการทฤษฎีของระบบนิวเมติกส์ ทฤษฎีของ Programmable Logic Controller (PLC) และทฤษฎีของระบบเซนเซอร์ ตัวเครื่องจะใช้สายพานในการเคลื่อนที่ถาดข้าวไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงาน 1 ครั้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องนี้คือชั้นของข้าว ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทั้งหมดมี 3 ชั้น คือชั้นแรกเป็นข้าวซึ่งป้อนด้วยชุดหยอดข้าวสวย และอัดด้วยชุดอัดข้าว ชั้นที่สองเป็นไส้ป่นปลาทูซึ่งโรยด้วยชุดโรยไส้ป่นปลาทู และชั้นที่สามเป็นข้าวด้านบนซึ่งป้อนด้วยชุดหยอดข้าวสวยและอัดด้วยชุดอัดข้าว จากนั้นจึงนำไปตัดแบ่งเป็นจำนวน 36 ชิ้นด้วยชุดตัด ทำเป็นอาหารพร้อมรับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาชุดหยอดข้าวสวยให้สามารถหยอดข้าวได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งถาดและมีความหนาตามต้องการ

2. เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูให้สามารถทำงานได้ครบทุกกระบวนการผลิต

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ใช้ข้าวสารหอมมะลิใหม่เป็นวัตถุดิบในการทำข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู โดยใช้ขนาดถาดบรรจุข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู 22x27x7 เซนติเมตร

2. ปรับปรุงเฉพาะชุดหยอดข้าวสวย ให้สามารถหยอดข้าวได้อย่างสม่ำเสมอและมีความหนา 1 เซนติเมตรทั้งถาด

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ชุดหยอดข้าวสวยสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. เครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูสามารถทำงานได้ครบกระบวนการ
3. เครื่องต้นแบบสามารถถูกเผยแพร่ให้กับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมได้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ตรวจสอบต้นแบบเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู อุปกรณ์ต่างๆ และทดสอบชุดหยอดข้าวสวยด้วยระบบควบคุม PLC

1.5.2 ศึกษาและปรับปรุงการหุงข้าวให้ได้ข้าวสวยเหมาะต่อการหยอด

1.5.3 ศึกษาวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบนิวเมติกส์ควบคุมด้วยลม และระบบควบคุมด้วย PLC

1.5.4 ออกแบบ ปรับปรุงและเขียนแบบชุดหยอดข้าวสวยด้วยโปรแกรมสร้างแบบ

1.5.5 สร้างชุดหยอดข้าวสวย

1.5.6 วิเคราะห์ ปรับแก้ชุดหยอดข้าวสวย หากมีปัญหาเกิดขึ้น

1.5.7 เขียนโปรแกรม PLC ในการควบคุมเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

1.5.8 ติดตั้งชุดหยอดข้าวสวย ระบบนิวเมติกส์ควบคุมด้วยลม และระบบควบคุมด้วย PLC

1.5.9 ทดสอบและปรับปรุงระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของชุดหยอดข้าวสวย

1.5.10 ทดสอบการทำงานของเครื่องหยอดข้าวสวยตัวเปล่าและการเคลื่อนที่ของถาดข้าว

1.5.11 ทดสอบการทำงานของเครื่องหยอดข้าวสวยขณะมีภาระและการเคลื่อนที่ของถาดข้าว

1.5.12 สรุปและรายงานผลการทดลอง

1.5.13 เขียนปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวหอมมะลิ

ข้าวหอมมะลิเป็นสายพันธุ์ข้าวที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศไทย เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกที่ไหนในโลกก็ไม่ได้คุณภาพดีเท่ากับปลูกในประเทศไทย และเป็นพันธุ์ข้าวที่ทำให้ข้าวไทยเป็นสินค้าส่งออกสู่ตลาดโลก ข้าวหอมมะลิต้องปลูกในแหล่งอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ และผ่านกรรมวิธีการผลิตด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัย เพื่อรักษาคุณค่าและความสดใหม่ไว้ได้นาน ข้าวหอมมะลิใหม่ต้นฤดูเป็นข้าวที่มีความเหนียวนุ่ม มีกลิ่นหอม และรสชาติอร่อยเป็นพิเศษ มีลักษณะเนื้อสัมผัส เหนียวนุ่ม มียาง รสชาติอร่อย (Hongthong Rice, 2558)

ข้าวหอมมะลิใหม่ต้นฤดูนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและสามารถปลูกได้ที่ประเทศไทยเท่านั้น จึงเลือกมาเป็นวัตถุดิบในการทำข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู เพื่อเป็นการเผยแพร่ให้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายและสะดวกต่อการบริโภค

2.2 ปั่นปลาทูแบบแห้ง

ปั่นปลาทูแบบแห้งเป็นอาหารของภาคอีสาน ที่ทุกครัวเรือนสามารถทำได้เนื่องจากวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและยังอุดมไปด้วยประโยชน์มากมาย เนื้อปลาทู (สมุนไพร, 2556) 100 กรัมให้พลังงาน 140 แคลอรี่ โปรตีน 20 กรัม แคลเซียม 170 มิลิกรัม ฟอสฟอรัส 60 มิลลิกรัม เหล็ก 11.9 มิลลิกรัม วิตามินบี1 0.03 มิลลิกรัม วิตามินบี2 0.62 มิลลิกรัม วิตามินบี3 9.2 มิลลิกรัม วิตามินซี 9.2 มิลลิกรัม และโอเมก้า3 2 กรัมนอกจากนี้ยังมีสมุนไพรไทยอย่างเช่น กระเทียม (FRYNN, 2558) ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและน้ำตาลในเลือด ข่า (FRYNN, 2558) มีสาร 1-acetoxychavicol acetate (ACA) ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง หอมแดง (FRYNN, 2558) ช่วยบำรุงโลหิตและหัวใจ พริก (FRYNN, 2558) มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอวัยและช่วยกระตุ้นให้เจริญอาหารยิ่งขึ้น และต้นหอม (ประโยชน์ดอทคอม, 2558) ที่ช่วยขับเหงื่อ บำรุงหัวใจ ลดไข้ แก้หวัดคัดจมูก นอกจากนี้ปั่นปลาทูแบบแห้งยังสามารถเก็บไว้รับประทานได้นาน

จะเห็นได้ว่าปั่นปลาทูแบบแห้งมีประโยชน์มากมาย จึงอยากเผยแพร่ปั่นปลาทูให้เป็นที่รู้จักแก่คนรุ่นใหม่ และเป็นที่นิยมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ส่วนประกอบ

ส่วนประกอบในการทำป่นปลาทู มีดังนี้

1. ผักชี 50 กรัม
2. ต้นหอม 100 กรัม
3. กระเทียม 128 กรัม
4. พริก 30 กรัม
5. ข่า 100 กรัม
6. น้ำมะนาว 30 กรัม
7. หอมแดง 130 กรัม
8. น้ำปลา 3 ช้อนโต๊ะ
9. เนื้อปลาทู 400 กรัม

2.1.2 วิธีการทำป่นปลาทู

1. นำปลาทูไปอบหรือปิ้งเพื่อให้เนื้อปลาทูแห้ง และแกะเนื้อออก
2. นำพริก หอมแดง กระเทียม ต้นหอม ผักชี และข่า ไปคั่วจนมีกลิ่นหอม แล้วนำไปโขลกรวมกันอย่างหยาบ
3. นำปลาทูไปปั่นให้ละเอียด แล้วนำมาโขลกรวมกันกับวัตถุดิบที่ตำไว้
4. ใส่น้ำมะนาวและน้ำปลาลงไป แล้วตำให้เข้ากัน
5. นำป่นปลาทูที่ได้จากการตำไปปั่นในเครื่องปั่นอีกรอบ จะได้ป่นปลาทูที่มีลักษณะเปียก
6. นำป่นปลาทูที่ได้จากการปั่นไปคั่วจนป่นปลาทูแห้ง

จะได้ป่นปลาทูที่มีลักษณะแห้ง สามารถนำไปรับประทานคู่กับข้าวสวย และเครื่องเคียงเช่น แตงกวา ถั่วพูได้

2.3 ระบบนิวเมติกส์ (มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2555)

ระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic) เป็นเทคโนโลยีด้านการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล ซึ่งใช้ลมเป็นตัวกลางช่วยในการเปลี่ยนแปลง โดยอาศัยอุปกรณ์ดังนี้ 1.เครื่องอัดลม 2.ถังลมอัด 3.ระบบส่งจ่ายลมอัด 4.กระบอกลมนิวเมติกส์ 5.วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด 6.ชุดกรองลมอัด 7.เกจวัดความดันลมอัด ข้อดีของระบบนิวเมติกส์ คือ

1. ทนต่อการระเบิด ลมอัดไม่มีอันตรายจากการระเบิดหรือติดไฟ และอุปกรณ์ราคาไม่แพง
2. รวดเร็ว ลูกสูบมีความเร็วในการทำงาน 1 ถึง 2 เมตรต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การส่งถ่ายกำลังง่าย สามารถเดินท่อลมอัดในระยะทางไกลได้ และลมอัดที่ใช้แล้วไม่ต้องนำกลับ สามารถปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศได้เลย (เป็นระบบเปิด)
4. การเตรียมและเก็บรักษาได้ง่าย สามารถอัดเก็บไว้ในถังลม เพื่อนำไปใช้งานได้ต่อเนื่อง
5. ความปลอดภัยอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบลมอัดจะไม่เกิดการเสียหายจากงานที่เกินกำลัง
6. ควบคุมอัตราเร็วได้ง่าย โดยใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลของลมอัด
7. ควบคุมความดันได้ง่าย โดยใช้วาล์วควบคุมความดัน
8. สะอาด ลมอัดมีความสะอาดทำให้อุปกรณ์ เครื่องใช้สะอาด
9. โครงสร้างง่ายต่อการใช้งานและดูแล
10. ด้วยเหตุนี้จึงเลือกระบบนิวเมติกส์ในการควบคุมเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

2.4 เซนเซอร์ (Sensor) (senso, 2552)

เซนเซอร์ (sensor) คือ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆเช่น อุณหภูมิ เสียง แสง แรงทางกล (force) จากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณออกหรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้จากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ โดยทั่วไปเทคโนโลยีของเซนเซอร์ได้ถูกนำไปใช้เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญในลักษณะงาน 2 ประเภท

1. ใช้ตรวจวัดปริมาณทางฟิสิกส์ เพื่อนำไปแสดงผลการตรวจวัดหรือจัดเก็บบันทึกเป็นข้อมูลในระบบการวัด เช่น เซนเซอร์วัดความเร็วในรถยนต์ และมิเตอร์วัดความเร็ว เป็นต้น
2. ใช้ตรวจสอบสภาพกระบวนการในระบบการควบคุม ในส่วนของระบบควบคุมทั่วไปสัญญาณเอาท์พุต หรือข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์จะถูกป้อนไปเป็นสัญญาณอินพุต ให้กับอุปกรณ์ควบคุมกระบวนการของระบบ เพื่อให้การทำงานของระบบเป็นไปตามที่เราต้องการ เช่น สัญญาณเอาท์พุตหรือข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ตรวจสอบความเร็วล้อรถในระบบเบรกป้องกันล้อล็อกจะถูกส่งไปควบคุมแรงดันปั๊มไฮดรอลิกของเบรกทำการบังคับและห้ามล้อไม่ให้เกิดการลื่นไถลในขณะที่ผู้ขับทำการเบรก

สำหรับการทำเครื่องทำข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูจะใช้เซนเซอร์แบบพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor) หรือ พร็อกซิมิตี้สวิตช์ (Proximity Switch) ซึ่งก็คือเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และ สัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง ซึ่งโดยปกติแล้วจะนำมาใช้แทนลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) เนื่องด้วยสาเหตุของอายุการใช้งานและความเร็วในการตรวจจับวัตถุเป้าหมาย ทำได้ดีกว่าอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ซึ่งอาศัยหน้าสัมผัสทางกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สเตนเลส (กองทัพเรือ, 2554)

สเตนเลส (Stainless Steel) หรือตามศัพท์บัญญัติเรียกว่า เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ (น้อยกว่า 2%) ของน้ำหนัก มีส่วนผสมของโครเมียมอย่างน้อย 10.5% สเตนเลสมีคุณสมบัติที่ยากต่อการขึ้นสนิมเมื่อเทียบกับโลหะหรือวัสดุชนิดอื่นๆ ค่าบำรุงรักษาต่ำ ง่ายต่อการเชื่อมและการขึ้นรูป ระยะเวลาการใช้งานคุมค่ากับราคา และสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ทั้งหมด จึงทำให้สเตนเลสเป็นโลหะที่ทรงคุณค่าและมีประโยชน์ใช้สอยที่ไร้ขีดจำกัด สเตนเลสแบ่งเป็น 5 กลุ่มหลัก ได้แก่

1) กลุ่มเฟอร์ริติก (Ferritic SS)
2) กลุ่มมาร์เทนซิติก (Martensitic SS)
3) กลุ่มออสเตนิติก (Austenitic SS)
4) กลุ่มดูเพล็กซ์ (Duplex)
5) กลุ่มพรีซิพิเตชั่นฮาร์เดนนิ่ง (Precipitation Hardening Steel)

เครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูผลิตโดยสเตนเลสกลุ่มออสเตนิติก ชนิด 304 หรือ 316 เพราะมีจุลโครงสร้างแบบออสเตนไนต์ แม่เหล็กดูดไม่ติด นอกจากส่วนผสมของโครเมียม (Cr) 16-18% แล้วยังมีนิเกิล (Ni) ผสมอยู่ 8-13% ที่ช่วยเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนอีกด้วย และเป็นที่นิยมใช้ในอุตสหกรรมอาหาร

2.6 Programmable Logic Controller (Plant Division 2 Directorate of Armament, 2557)

Programmable Logic Controller (PLC) เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถจะโปรแกรมได้ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการที่อยากได้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย

โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC

1. ตัวประมวลผล (CPU) ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาท์พุต
2. หน่วยความจำ (Memory Unit) ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และRAM

3. หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit) หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น
4. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุต/เอาท์พุต
5. อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices) เช่น PROGRAMMING CONSOLE PRINTER เป็นต้น

โปรแกรม Programmable Logic Controller เป็นโปรแกรมที่สามารถเข้าใจง่ายและทำงานได้โดยอัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานซึ่งหากเกิดการผิดพลาดก็จะสามารถแก้ผ่านคอมพิวเตอร์ได้เลย

2.7 สายพานลำเลียง (Heiphar Engineering, 2550)

สายพานลำเลียง ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายวัสดุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยมีตัวขับและพูลเลย์ในการทำให้สายพานเคลื่อน หลังจากวัสดุหรือชิ้นงานผ่านกระบวนการตามขั้นตอนมา เมื่อมาถึงการขนย้ายหรือลำเลียงก็จะใช้ระบบสายพานลำเลียงในการเคลื่อนย้ายวัสดุหรือชิ้นงาน ดังนั้นระบบสายพานลำเลียงจึงเหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภทที่ใช้ระบบสายพานลำเลียงในกระบวนการผลิต การกำหนดสัญลักษณ์ของสายพานลำเลียงขึ้นกับความแข็งแรงของสายพาน ซึ่งแสดงในหน่วยกิโลนิวตันต่อเมตร ของความกว้างของสายพาน เช่น

- PP550/3 คือ Polyamide Warp (เส้นด้ายตามแนวยาว) และ Polyamide Weft (เส้นด้ายตามแนวขวาง) มี 3 ชั้น และมีความแข็งแรงรวม 550 กิโลนิวตันต่อเมตร
- EP800/4 คือ Polyester Warp และ Polyamide Weft มี 4 ชั้น และมีความแข็งแรงรวม 800 กิโลนิวตันต่อเมตร

การเลือกขนาดของสายพานลำเลียงให้มีความเหมาะสม คือ สายพานนั้นจะต้องมีความกว้างมากเพียงพอต่อการขนถ่ายในปริมาณที่ต้องการได้ โดยวัสดุจะต้องไม่อยู่ชิดขอบของสายพานมากเกินไป การเลือกขนาดความกว้างของสายพานลำเลียงที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

- ชนิดของวัสดุที่ลำเลียงและสมบัติของวัสดุ
- ขนาดของวัสดุ (lump size)
- ความเร็วของสายพาน (belt speed) (เมตรต่อนาที, เมตรต่อวินาที)
- อัตราการขนถ่ายลำเลียง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำเครื่องทำข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูนี้ เลือกใช้สายพานลำเลียงแบบ PVC เนื่องจากเหมาะสำหรับการใช้ลำเลียงชิ้นงานหรือวัสดุที่มีน้ำหนักเบา สามารถทนความร้อนได้และราคาถูก ลักษณะการทำงานของระบบสายพานลำเลียงแบบ PVC จะลำเลียงจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง เหมาะสำหรับงานลำเลียงในอุตสาหกรรมอาหาร สินค้าที่บรรจุหีบห่อที่มีน้ำหนักเบาและต้องการความสะอาด

2.8 อินเวอร์เตอร์ (SHyaun supply, 2554)

หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) จะแปลงไฟกระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น และผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์ โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับมีรูปคลื่นซายน์ แต่เอาท์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปซายน์ นอกจากนั้นยังมีชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของ 3-phase Induction motor

โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟสลับจากแหล่งจ่ายไฟ AC power supply (50 เฮิร์ต) ให้เป็นไฟตรง (DC Voltage)
2. ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ซึ่งทำหน้าทีแปลงไฟตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้
3. ชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์

จากหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ เราจึงเลือกมาใช้ในการขับเคลื่อนสายพานของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

2.9 สุขลักษณะของเครื่องผลิตอาหารโดย European Hygienic Engineering & Design Group (EHEDG) (EHEGD, 2558)

สุขลักษณะที่ดีเป็นสิ่งมี่ทุกคนปรารถนา เพราะสุขลักษณะเป็นตัวกำหนดสุขภาพของมนุษย์ แต่ทุกสิ่งก็สามารถเป็นโทษหรือทำให้เกิดการเจ็บปวดได้ถ้าไม่มีสุขลักษณะที่ดีพอ ผลิตภัณฑ์จึงส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นในฐานะผู้ผลิต ผู้ผลิตจะต้องคำนึงถึงสุขลักษณะในการผลิตผลิตภัณฑ์ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมีดังต้องไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สถานที่ในการผลิต

สถานที่ในการผลิตต้องไม่อยู่ในบริเวณที่มีฝุ่นหรือดิน แต่อยู่บริเวณที่มีแสงสว่างเพียงพอและสีของผนังหรือพื้นต้องสว่าง เพื่อตรวจสอบสิ่งสกปรกหรือสิ่งที่ปนเปื้อนได้อย่างชัดเจนและทำความสะอาดได้ง่าย และต้องมีหลังคาคุม เพื่อป้องกันพวกนก และต้องกำจัดรังนกหากมี

2. การขนส่งวัตถุดิบ

ในการขนส่งวัตถุดิบภาชนะที่ใช้บรรจุวัตถุดิบจะต้องไม่มีสิ่งปนเปื้อน และไลน์การผลิตต้องไม่มีสิ่งปนเปื้อนระหว่างการทำงาน

3. การสั่นสะเทือน

กระบอกสูบจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนซึ่งก่อให้เกิดเสียงดัง และเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน ผู้ผลิตต้องควบคุมเสียงที่เกิดขึ้นให้อยู่ระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

ในปี 1990 แม้ผู้ผลิตจะปฏิบัติตามคำแนะนำเหล่านี้แล้วแต่ผลิตภัณฑ์ก็ยังคงเกิดการเน่าเสีย ทำให้เกิดองค์กร EHEGD ในปี 1989 เพื่อตรวจสอบมาตรฐานของการผลิตเครื่องจักรในอุสาหกรรมอาหาร โดยมาตรฐานในการสร้างเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู มีดังต่อไปนี้

1. หลักการออกแบบ

ควรจะตั้งบนบริเวณที่ง่ายต่อการทำความสะอาดและปราศจากเชื้อโรค ที่ไม่สามารถปล่อยให้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กผ่านเข้ามาได้ สะดวกต่อการติดตั้งและเชื่อถือได้

2. วัสดุที่ใช้ในการสร้าง

หน้าสัมผัสที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ต้องเรียบ ไม่มีสัน ไม่มีรอยแตก ทำความสะอาดง่าย ปลอดเชื้อ ทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี ไม่ปล่อยหรือสร้างสารที่เป็นอันตราย ไม่ดูดซึมสารที่ก่อให้เกิดสารตกค้าง และทนต่อการแตกหัก

3. ชนิดของวัสดุในการสร้างเครื่องผลิตอาหาร

วัสดุที่สามารถนำมาผลิตเครื่องผลิตอาหารได้แก่

1) สเตนเลส (stainless steel) (Siam intertech technology Co.,Ltd., 2558) เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม ในอุตสาหกรรมอาหารนิยมใช้ชนิด 304 สามารถใช้งานได้ทั่วไป ไม่เป็นสนิม ทนต่อการกัดกร่อนสูง สามารถขึ้นรูปเย็น และเชื่อมได้ดี และชนิด 316 สามารถใช้กับงานทนกรด ทนเคมี หรือที่ทำปฏิกิริยากับกรดน้อย

2) วัสดุโพลิเมอร์ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2550) ในอุตสาหกรรมอาหารนิยมใช้ไนลอน เป็นส่วนประกอบของเครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูปอาหาร สำหรับงานรับแรงมากๆ ทนต่อการกัดกร่อนและการเสียดสี เช่น ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟือง ล้อ ลูกกลิ้งสำหรับอุปกรณ์ลำเลียง และนิยมใช้พอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน เป็นผงใช้เคลือบด้ามเครื่องมือช่าง เคลือบภายในหม้อและกระทะทำให้ไม่ต้องใช้น้ำมัน หุ้มสายไฟฟ้า แหวนลูกสูบของเครื่องยนต์ ลูกปืนที่ใช้ในเครื่องจักรกลที่ไม่ต้องการสารหล่อลื่น ภาชนะและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทางเคมี

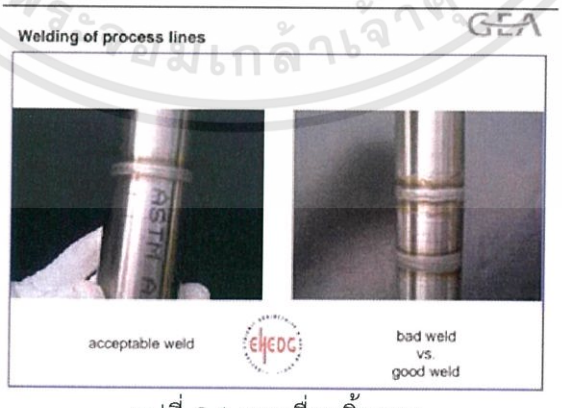
3) กาว (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2554) เป็นกรรมวิธีที่ทำให้วัสดุที่เป็นของแข็งติดกันด้วยวัสดุเชื่อมติด ส่วนใหญ่จะใช้เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ของอาหาร หรือขนมขบเคี้ยวในการซีลปิดไม่ให้อากาศเข้าไปภายในบรรจุภัณฑ์

4) วัสดุหล่อลื่น (omegathai, 2557) เป็นจาระบีโอเมก้า เช่น จาระบีโอเมก้า 58 สำหรับเครื่องจักรอุตสาหกรรมอาหารซึ่งบริสุทธิ์จนคุณสามารถกินได้ จาระบีโอเมก้า78 สำหรับหล่อลื่นในการบรรจุผลิตเครื่องดื่ม เครื่องทอดฟันเฟือง จาระบีโอเมก้า638 ไม่แห้งแข็งตัว น้ำมันหล่อลื่น อเนกประสงค์ ป้องกันสนิม และจาระบีโอเมก้า99 FG สารประกอบซ่อมบำรุง ทาฟันเฟือง รางสไลด์ และน็อตเกลียว

5) วัสดุฉนวนกันความร้อน(L'AQUATECH Co.,LTD, 2553) แบบแผ่นอลูมิเนียมหุ้มบับเบิ้ล (Polynum) สามารถใช้ห่อหรือสัมผัสกับอาหาร และยารักษาโรคได้ โดยไม่ก่อให้เกิดพิษ หรืออันตรายต่อผู้บริโภค จึงให้สามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์ป้องกันความร้อนบนหลังคากับโรงงานผลิตอาหารได้อย่างไม่มีอันตราย

4. การเชื่อม

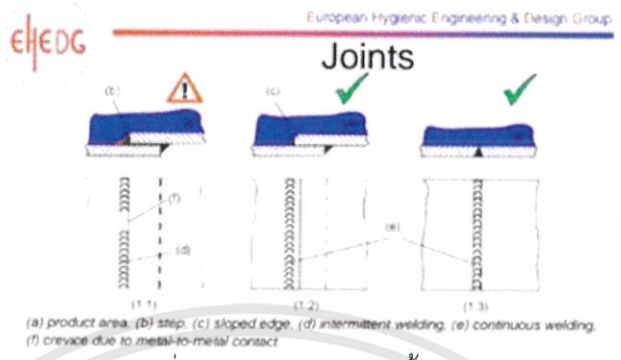
การเชื่อมที่ดีต้องไม่มีรอยแตกหรือรูเล็กๆ ซึ่งเป็นแหล่งสะสมของแบคทีเรีย



รูปที่ 2.1 การเชื่อมชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. รอยต่อ



รูปที่ 2.2 รอยต่อระหว่างชิ้นงาน

a. แผ่นที่ซ้อนทับกันที่มีรอยเชื่อมไม่ต่อเนื่องทำให้เกิดรอยแตกบริเวณโลหะสัมผัสกันระหว่างตะเข็บรอยเชื่อม (รูปที่ 2.2)
b. การพัฒนาการออกแบบแผ่นที่ซ้อนทับกันต้องเชื่อมแบบต่อเนื่องและsloped edges (จุด c ในรูปที่ 2) ง่ายต่อการทำความสะอาด (รูปที่ 2.2)
c. การออกแบบที่ถูกต้อง จะเป็นลักษณะแผ่นเรียบอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 2.2)

2.10 เนื้อสัมผัส (Texture) (พิมพ์เพ็ญ, 2556)

เนื้อสัมผัส (Texture) หมายถึง ลักษณะที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ด้วยการสัมผัส ผู้บริโภครับรู้เนื้อสัมผัสของอาหารได้ด้วยการสัมผัสด้วยมือ โดยการจับ แตะ บีบ บี้ ระหว่างการปอกเปลือก การสัมผัสด้วยฟัน เพดานปาก ลิ้น และอาจรับรู้ด้วยการฟังเสียงจากการดีด การเคี้ยว
สมบัติด้านเนื้อสัมผัสของอาหารมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของอาหารโดยตรง และเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค อาหารหลายชนิดที่ผู้บริโภคใช้เนื้อสัมผัสเป็นเกณฑ์หลักเพื่อพิจารณาตัดสินการยอมรับ และมีผลอย่างยิ่งกับระดับความชอบ

สมบัติทางเนื้อสัมผัส (Texture Properties) ของอาหาร ได้แก่ ความแข็ง (Hardness) ความเกาะติด (sticky) และ ความเหนียว (toughness)

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analysis) (ปานมนัส, 2557) หมายถึง การวัดเนื้อสัมผัสและแปลงค่าที่วัดได้เป็นค่าสมบัติทางเนื้อสัมผัส (Texture Properties) ด้านต่างๆ
การทดสอบเนื้อสัมผัส อาจใช้การทดสอบเชิงวัตถุวิสัย (Objective Method) โดยใช้เครื่องมือวัด และการประเมินด้วยประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) ซึ่งใช้ผู้ชิมเป็นผู้ประเมิน

การทดสอบเนื้อสัมผัสทางวัตถุวิสัย เป็นการวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือวัด โดยใช้เซ็นเซอร์ซึ่งมีความแม่นยำ และสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมของการวัดได้ดี
วิธีการทดสอบเนื้อสัมผัสทางวัตถุวิสัยที่ใช้ในการวิจัย คือ การทดสอบแรงกด (Compression Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางวัตถุวิสัย วัดค่าแสดงได้ดังนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะเวลาการเปลี่ยนรูป (Deformation) แสดงเป็นรูปกราฟ เรียกว่า force-deformation curve
- ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา แสดงเป็นรูปกราฟ เรียกว่า force-time curve
- ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (Stress) กับความเครียด (Strain) แสดงเป็นรูปกราฟ เรียกว่า Stress-Strain Curve
- Texture Profile Analysis (TPA)
- Creep test

จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส จึงนำมาประยุกต์วิเคราะห์หาเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่ใส่ในหยอดเพื่อหาข้าวสวยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

2.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (two-way ANOVA) (จิราพร, 2559)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางเป็นการศึกษาอิทธิพลของอิสระหรือตัวแปรต้น 2 ตัว ต่อตัวแปรตาม 1 ตัว จากตาราง 2.1 แสดงตัวอย่างของข้อมูลดิบ และจากตาราง 2.2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง หรือสามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางได้จากโปรแกรม SPSS โดยมีแนวทางสำหรับการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางดังรูปที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลดิบ

ปัจจัย B	ปัจจัย A				ค่ารวม	จำนวนรวม
	1	2	...	A		
1	$A_1B_{1\,1}$ $A_1B_{1\,2}$ ... $A_1B_{1\,n}$	$A_2B_{1\,1}$ $A_2B_{1\,2}$ ... $A_2B_{1\,n}$	... ...	$A_aB_{1\,1}$ $A_aB_{1\,2}$ ... $A_aB_{1\,n}$	B_1	
	T_{11}	T_{21}	...	T_{a1}		
2	$A_1B_{2\,1}$ $A_1B_{2\,2}$ ... $A_1B_{2\,n}$	$A_2B_{2\,1}$ $A_2B_{2\,2}$ ... $A_2B_{2\,n}$	... ...	$A_aB_{2\,1}$ $A_aB_{2\,2}$ ... $A_aB_{2\,n}$	B_2	
	T_{12}	T_{22}		T_{a2}		

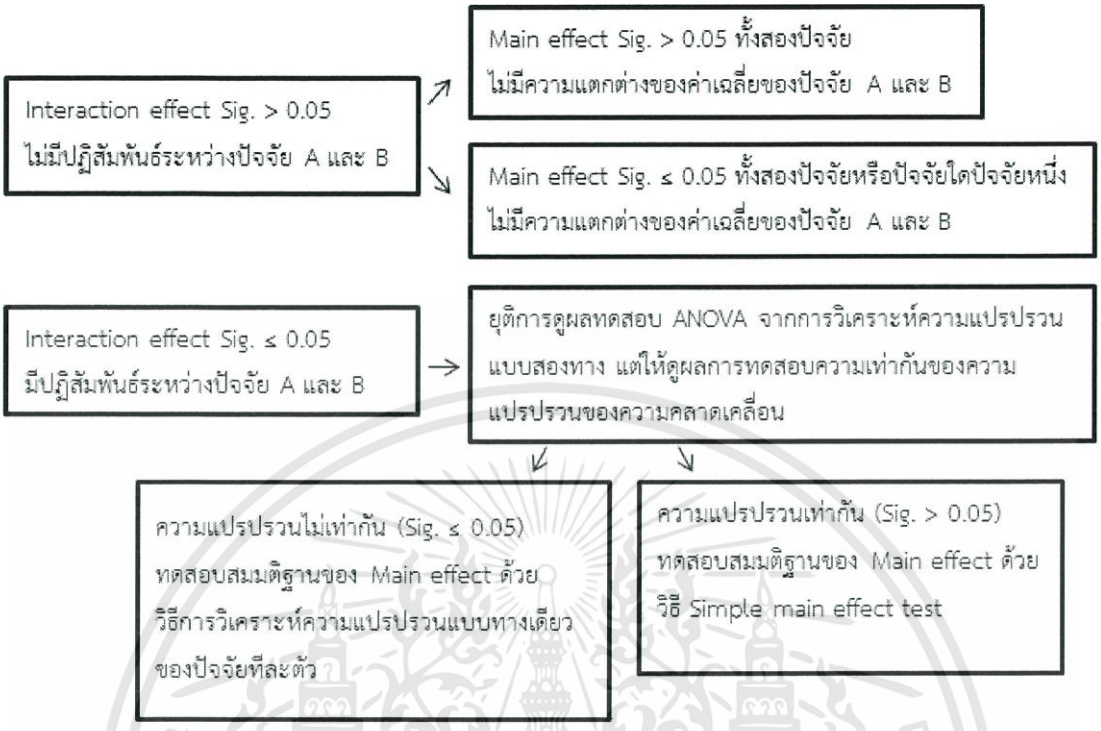
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

...	...	...	...	...	...	
B	$A_1B_{b\ 1}$ $A_1B_{b\ 2}$ ... $A_1B_{b\ n}$	$A_2B_{b\ 1}$ $A_2B_{b\ 2}$ ... $A_2B_{b\ n}$	... ...	$A_aB_{b\ 1}$ $A_aB_{b\ 2}$ ... $A_aB_{b\ n}$	B_b	
	T_{1b}	T_{2b}	...	T_{ab}		
ค่ารวม	A_1	A_2	...	A_a	T	
จำนวนรวม						N

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง

แหล่งความแปรปรวน	Degree of freedom (df)	Sum of squares (SS)	Mean squares (MS)	F
A	a-1	$SSA=(A_1^2+A_2^2+..+A_a^2)/bn-T^2/N$	MSA=SSA /(a-1)	MSA/MSW
B	b-1	$SSB=(B_1^2+B_2^2+..+B_b^2)/an-T^2/N$	MSB=SSB /(a-1)	MSB/MSW
AB	(a-1)(b-1)	$SSAB=(T_{11}^2+T_{12}^2+..+T_{ab}^2)/n-T^2/N-SSA-SSB$	MSAB= SSAB/ (a-1)(b-1)	MSAB/MSW
ภายในเซลล์ (W)	a.b(n-1)	$SSW=SST_0-SSA-SSB-SSAB$	MSW= SSW/ a.b(n-1)	
รวม (T)	N-1	$SSA=(A_1B_{1\ 1}^2+A_1B_{1\ 2}^2+..+A_aB_{b\ n}^2)-T^2/N$		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

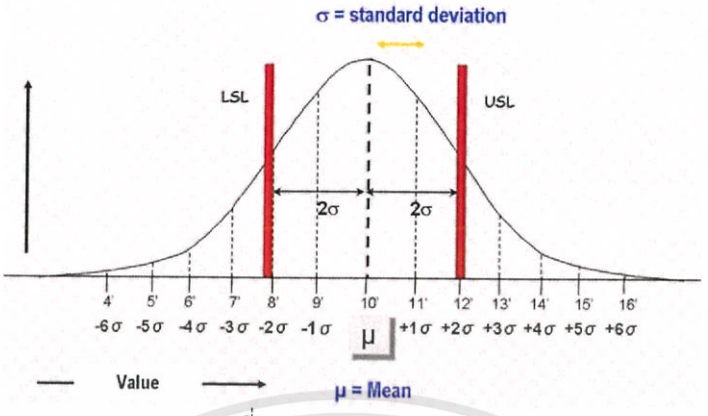


รูปที่ 2.3 การสรุปผลการทดสอบสมมติฐานในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง

2.12 ซิกส์ซิกม่า (six sigma) (วิธาน,2558)

ซิกส์ซิกม่า (six sigma) คือระดับคุณภาพของกระบวนการผลิตที่จะยอมให้มีของเสียในระบบการผลิตได้เพียง 3.4 ชิ้น ต่อการผลิตสินค้าทั้งหมด 1 ล้านชิ้น และนอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาคุณภาพของระบบการผลิตได้อีกด้วย โดยซิกส์ซิกมา (six sigma) นั้นมาจากการประยุกต์ความรู้ทางด้านสถิติมาใช้ โดยสมมติให้ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบเป็นการแจกแจงปกติ (normal distribution) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการกระจายเป็นรูประฆังคว่ำ โดยค่าเฉลี่ยที่จุดกึ่งกลางของการกระจายตัว นั้นคือค่าที่ต้องการ ส่วนค่าซิกม่า (sigma) คือ หนึ่งช่วงของความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่วัดจากจุดกึ่งกลางดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การแจกแจงปกติ

DPMO หมายถึง จำนวนของเสียต่อการปฏิบัติการล้านครั้ง (Defects per million Opportunities)

$$\text{ข้อบกพร่องต่อล้านหน่วย (DPM)} = \frac{\text{จำนวนชิ้นที่เสีย}}{\text{จำนวนชิ้นที่ผลิต}} \times 1{,}000{,}000$$

เมื่อคำนวณออกมาแล้วจะได้ค่าผลิตภาพของกระบวนการผลิตออกมาหรือเรียกว่าค่า DPMO จากนั้นจะต้องนำไปเปรียบเทียบกับตาราง Six sigma ว่าจะได้จำนวน sigma เท่าไร และเราควรมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพิ่มเติมอย่างไรเพื่อให้จำนวนของเสียลดลง

2.13 สิทธิบัตรและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสืบค้นข้อมูลจากระบบสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตรออนไลน์ของกรมทรัพย์สินทางปัญญา (กรมทรัพย์สินทางปัญญา,2553) โดยใช้คำดังต่อไปนี้

1. เบอร์เกอร์ข้าว

พบ “เครื่องขึ้นรูปเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวนาย (ปิยะวัฒน์ ฐิตะสัทธาวรกุล, 2553)” ผู้ออกแบบคือ นายปิยะวัฒน์ ฐิตะสัทธาวรกุล เครื่องขึ้นรูปเบอร์เกอร์ข้าวเหนียวประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้หลักการทำงานเชิงกล ด้วยการออกแบบหัวกดให้เป็นแบบคู่ เพื่อกดทั้งด้านในและด้านนอกในตำแหน่งเดียวกัน อีกทั้งยังเพิ่มชุดกดที่สองเพื่อใช้ข้าวเหนียวมีการอัดตัวกันที่แน่นขึ้น และอาศัยแรงโน้มถ่วงในการออกแบบช่องส่งสินค้าในการเจาะรูชุดฐานรองแม่พิมพ์ให้ทะลุถึงกันที่สองชิ้นสินที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วจะตกลงสู่สายพานลำเลียงที่อยู่ด้านใต้แม่พิมพ์แบบอัตโนมัติ พนักงานสามารถหยิบสินค้าภายนอกเครื่องได้อย่างปลอดภัย ทั้งหมดนี้เกิดจากการเรียนรู้พัฒนาต่อเนื่องอย่างไม่รู้จบ

2. เครื่องหยอด

พบ “เครื่องหยอดน้ำตาล (นายธีรชัย ไข่ทองแก้ว, 2549)” ผู้ออกแบบคือ นายธีรชัย ไข่ทองแก้ว เครื่องหยอดน้ำตาลที่ถังบรรจุน้ำตาลมีรูสำหรับหยอดน้ำตาลลงถาดรับจำนวนหลายๆรูพร้อมๆกัน และมีปริมาณเท่าๆกันทุกครั้งที่หยอด และมีชุดให้ความร้อนเพื่อให้น้ำตาลไม่หนืด สามารถหยอดลงถาดได้ตลอดเวลา วัตถุประสงค์เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการหยอดน้ำตาลและลดความเมื่อยล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของผู้ผลิต เพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำตาลแว่นให้มากขึ้น และลดเวลาการทำงานลง มีความสวยงาม ขนาดน้ำตาลแว่นเท่ากันเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่ผู้ผลิต

พบ “เครื่องหยอดเมล็ดข้าว (นายอัสนี รัตนวิจารณ์, 2556)” ผู้ออกแบบคือ นายอัสนี รัตนวิจารณ์ เครื่องหยอดเมล็ดข้าว ประกอบด้วย โครงสร้างรองรับ, ชุดล้อและเพลา, ชุดยกร่อง, ชุดหยอดเมล็ดข้าว และชุดลากจูง เพื่อให้ได้เครื่องหยอดเมล็ดข้าวที่สามารถยกร่องแปลงเพาะปลูกและหยอดเมล็ดข้าวลงบนแปลงเพาะปลูกได้ในเครื่องเดียวกัน โดยเมล็ดข้าวหล่นจากเครื่องหยอดเมล็ดข้าวเป็นกลุ่มและเรียงเป็นแถวลดขั้นตอนที่ยุ่งยากในการทำนาดำ และแก้ปัญหาข้าวเกิดชิดกันในการทำนาหว่านซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้ในระยะยาว เหมาะสำหรับใช้ในงานเกษตรกรรมและนำไปสู่เชิงพาณิชย์ได้

พบ “เครื่องหยอดเมล็ดจากถาด (นายไทยศิริ เวทไว, 2556)” ผู้ออกแบบคือ นายไทยศิริ เวทไว เครื่องหยอดเมล็ดจากถาดตามการประดิษฐ์นี้ มีลักษณะเป็นรถสามล้อ ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าล้อหลังสองข้างใช้เป็นล้อขับเคลื่อน ส่วนล้อหน้าใช้สำหรับควบคุมการเลี้ยวโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเช่นเดียวกัน ด้านบนสุดของตัวเครื่องจะติดตั้งชุดหยอดเมล็ด ซึ่งประกอบด้วยถาดบรรจุเมล็ดทรงสี่เหลี่ยมที่ถูกแบ่งเป็นช่องเล็กๆขนาดความจุ 2,450 ช่อง สำหรับใส่เมล็ดลงแต่ละช่องตามจำนวนที่ต้องการหยอด เมื่อทำการปล่อยเมล็ดจากถาด โดยการเลื่อนแผ่นที่ปิดกั้นอยู่ด้านล่างถาดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เมล็ดจะหล่นจากถาดโดยแรงโน้มถ่วงผ่านถังแยกเมล็ดลงไปตามท่อส่งเมล็ดสู่พื้นดินเป็นแถวเป็นแนวตามระยะห่างที่จัดเรียงไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 แนวทางการออกแบบ

แนวทางการออกแบบสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูต้องการให้สามารถหยอดข้าวลงบนถาดใส่ข้าวขนาด 22x27x7 cm ให้มีความหนาอยู่ในช่วง 1-1.5 cm

(1) ต้องการให้ชุดหยอดข้าวสวยสำหรับใช้ในงานวิจัยแบบบนโต๊ะทดลอง

(2) ถังใส่ข้าวที่ออกแบบใส่ข้าวได้ไม่เกิน 2 กิโลกรัม

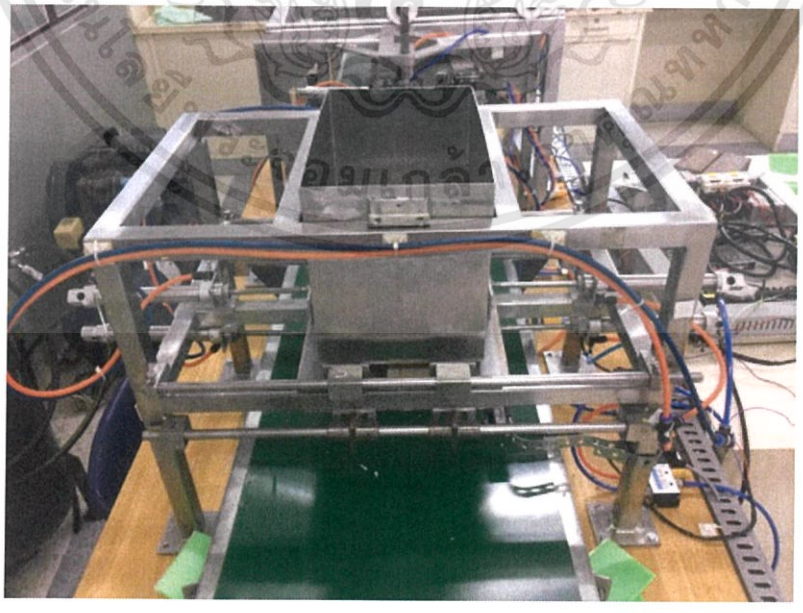
(3) ถังใส่ข้าวรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าภายในแบ่งเป็น 6 ช่องเท่าๆกัน

(4) ถังใส่ข้าวทำจากสเตนเลสเบอร์ 304 หรือ 316

(5) ช่องกักเก็บข้าวสามารถหยอดข้าวลงในถาดให้ข้าวมีปริมาตร 594 cm^3 ต่อครั้งคาดว่าจะได้ความหนาของข้าวสวยเท่ากับ 1-1.5 cm

3.2 การออกแบบสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

การออกแบบจะประกอบไปด้วย ถังใส่ข้าว และช่องสำหรับกักเก็บข้าวที่สามารถเคลื่อนที่โดยกระบอกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm ระยะชัก 150 mm ทั้งหมด 4 ตัว

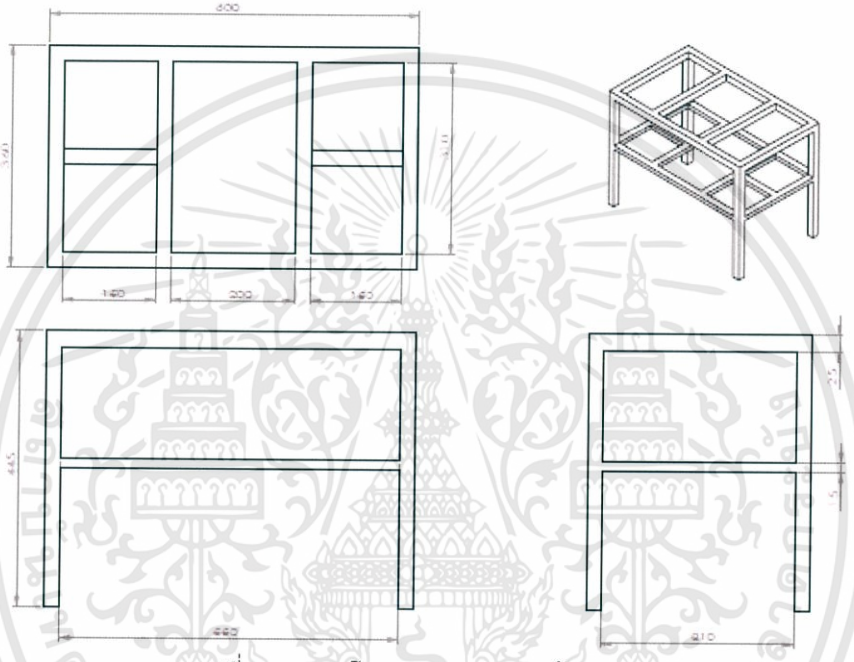


รูปที่ 3.1 ชุดหยอดข้าวสวยแบบเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 โครงของชุดหยอดข้าวสวย

โครงของชุดหยอดข้าวสวยมีหน้าที่รองรับน้ำหนักของถังใส่ข้าวที่จะใช้ในระบบได้ ดังนั้นจึงออกแบบโครงของให้มีความสมดุล เป็นโครงที่มี 4 เสา โดยไม่เอนเอียงหรือส่ายไปมาขณะที่ทำงาน ซึ่งมีขนาดเล็กสำหรับใช้งานในงานวิจัย ไม่สามารถหาซื้อได้ทั่วไป จึงต้องสั่งทำเป็นพิเศษ โครงนี้ทำจากเหล็กกล่องขนาด 25 x 25 cm และ 15 x 15 cm ในบางช่วง รูปแบบโครงของ แสดงดังรูปที่ 3.2



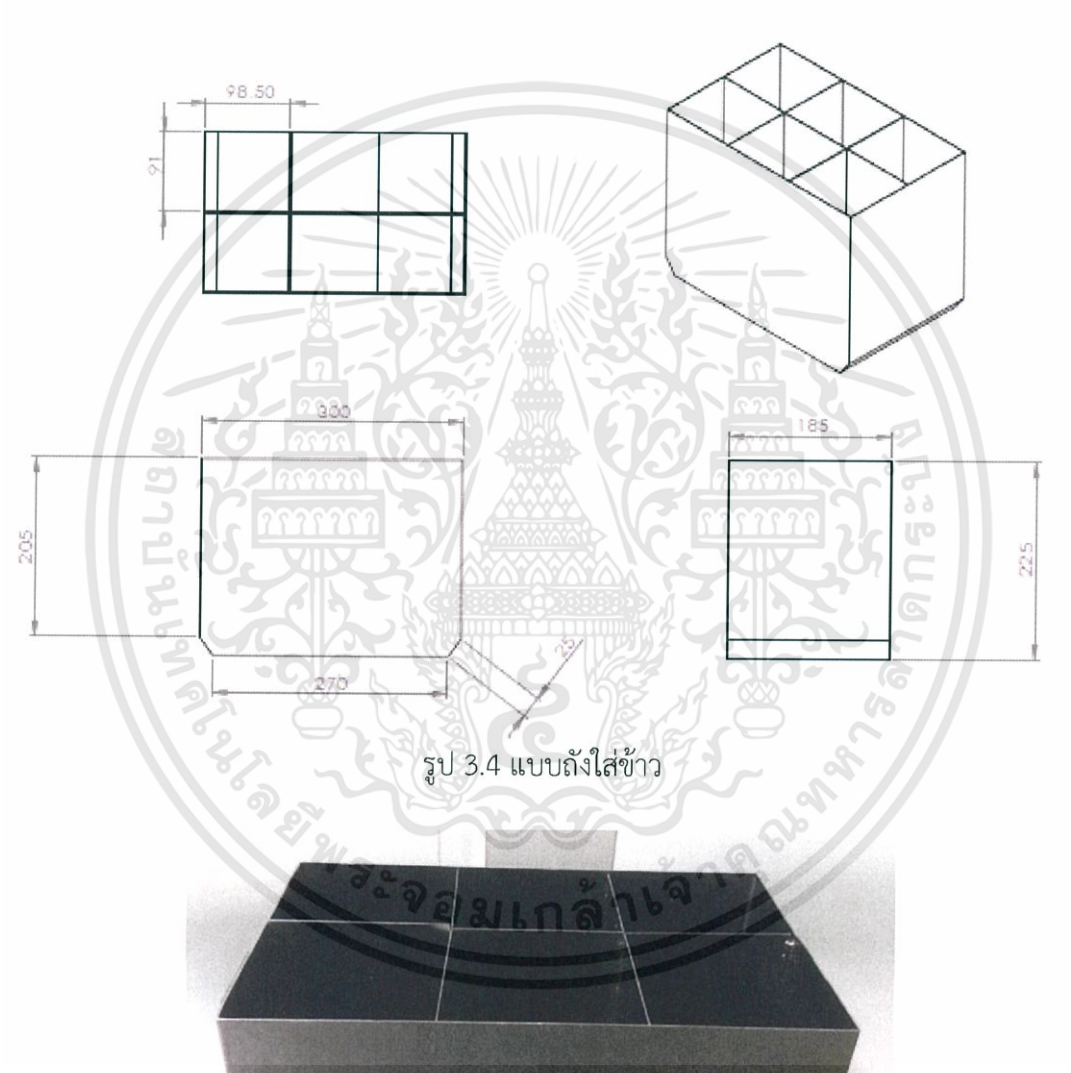
รูปที่ 3.2 แบบโครงของชุดหยอดข้าวสวย

รูปที่ 3.3 ชุดหยอดข้าวสวยแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ถังใส่ข้าว

ถังใส่ข้าวมีขนาดไม่เกิน 5 kg ถังใส่ข้าวที่ออกแบบมีขนาด กว้าง 185 mm ยาว 300 mm และสูง 225 mm และภายในถังแบ่งเป็น 6 ช่องขนาดเท่าๆกันโดยมีขนาดกว้างประมาน 91 mm ยาวประมาน 100 mm และสูง 225 mm สำหรับแต่ละช่อง และทำจากสเตนเลสเบอร์ 304 แสดงดังรูป 3.4



รูป 3.4 แบบถังใส่ข้าว

รูป 3.5 ถังใส่ข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหาปริมาตรของถังใส่ข้าวได้จากสมการที่ 3.1

$$V = D \times L \times H \qquad (3.1)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของถัง (mm^3)

D = ความกว้างของถัง (mm^3)

L = ความยาวของถัง (mm^3)

H = ความสูงของถัง (mm^3)

แทนค่าในสูตรเพื่อหาปริมาตรของถังใส่ข้าว

ปริมาตรของถังใส่ข้าว (V) = 185 x 300 x 225

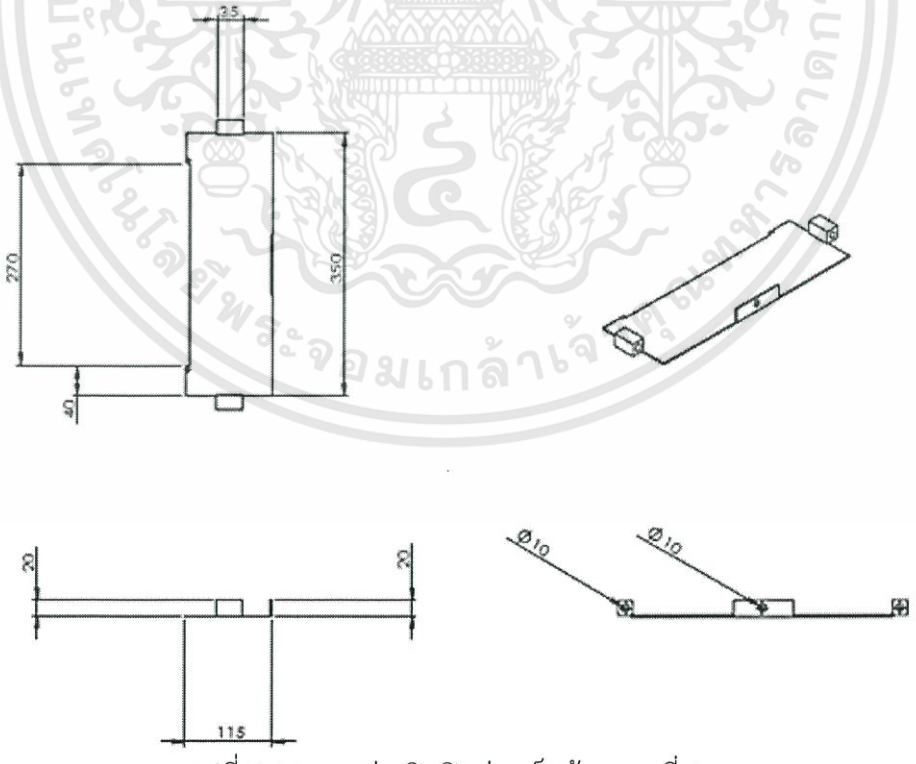
= 12487500 mm^3

หรือ = 12487.5 cm^3

3.2.3 แผ่นเปิดปิดช่องเก็บข้าว

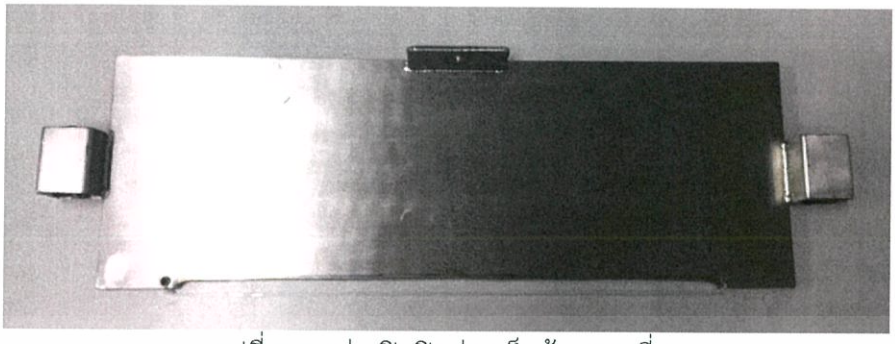
<u>แบบที่ 1</u>

แผ่นเปิดปิดช่องเก็บข้าวด้านบนมีขนาด 270 x 350 mm หนา 2 mm โดยเจียขอบหนึ่งด้านขนาด 5 mm ดังรูปที่ 3.6 ทำจากสเตนเลสเบอร์ 304 และเจาะรูบริเวณด้านข้างเพื่อรอยเอ็น



รูปที่ 3.6 แบบแผ่นเปิดปิดช่องเก็บข้าวแบบที่ 1

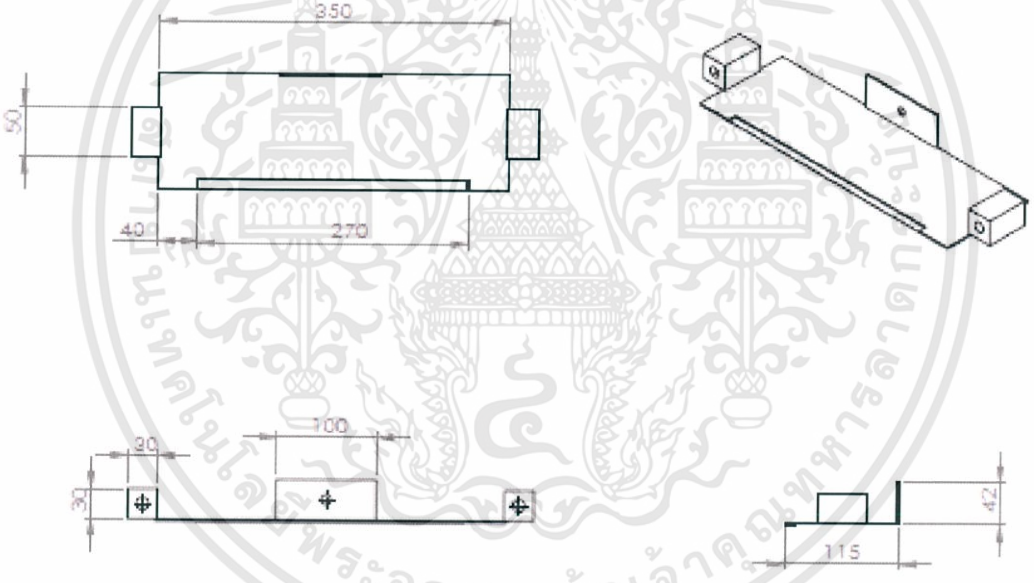
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แผ่นเปิดปิดช่องเก็บข้าวแบบที่ 1

<u>แบบที่ 2</u>

แผ่นเปิดปิดช่องเก็บข้าวด้านบนมีขนาด 270 x 350 mm หนา 2 mm โดยเจียขอบหนึ่งด้านขนาด 10 mm ทำจากสเตนเลสเบอร์ 304 ดังรูปที่ 3.8 และเชื่อมแผ่นสเตนเลสหนา 0.7 mm ขนาด 9 mm x 270 mm ในช่อง ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แบบแผ่นเปิดปิดช่องเก็บข้าวแบบที่ 2

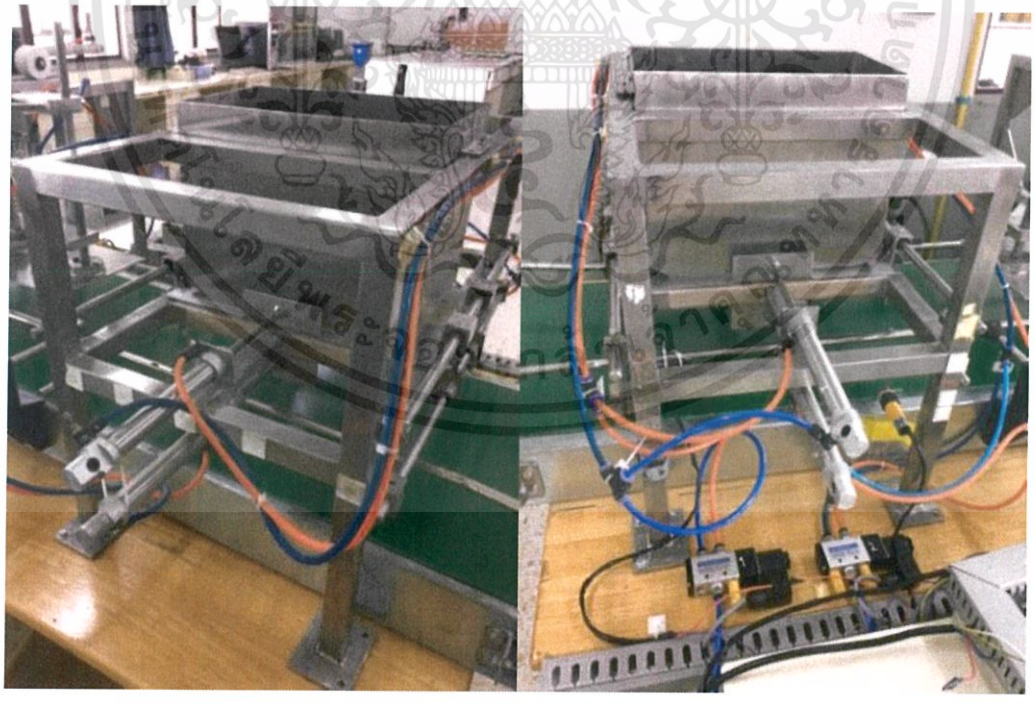
รูปที่ 3.9 แผ่นเปิดปิดช่องเก็บข้าวแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 กระบอกลมนิวเมติกส์

ชุดหยอดข้าวสวยประกอบด้วยกระบอกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm ระยะชัก 150 mm ทั้งหมด 4 ตัว ยึดติดอยู่กับโครง 2 ข้างและแผ่นของช่วงกักเก็บข้าวข้างละ 2 ตัว ทำงานกับถังลมขนาดบรรจุ 16 บาร์และ Regulator ทำหน้าที่ควบคุมความดันลมอัดให้คงที่ก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งควบคุมให้ทั้งระบบใช้ลมอัด 8 บาร์ รูป 3 มิติของกระบอกลมนิวเมติกส์และตำแหน่งติดตั้ง แสดงดังรูปที่ 3.7 และ 3.8 ตามลำดับ

รูปที่ 3.10 กระบอกลมแบบทำงานสองทาง



รูปที่ 3.11 ตำแหน่งติดตั้งกระบอกลมนิวเมติกส์

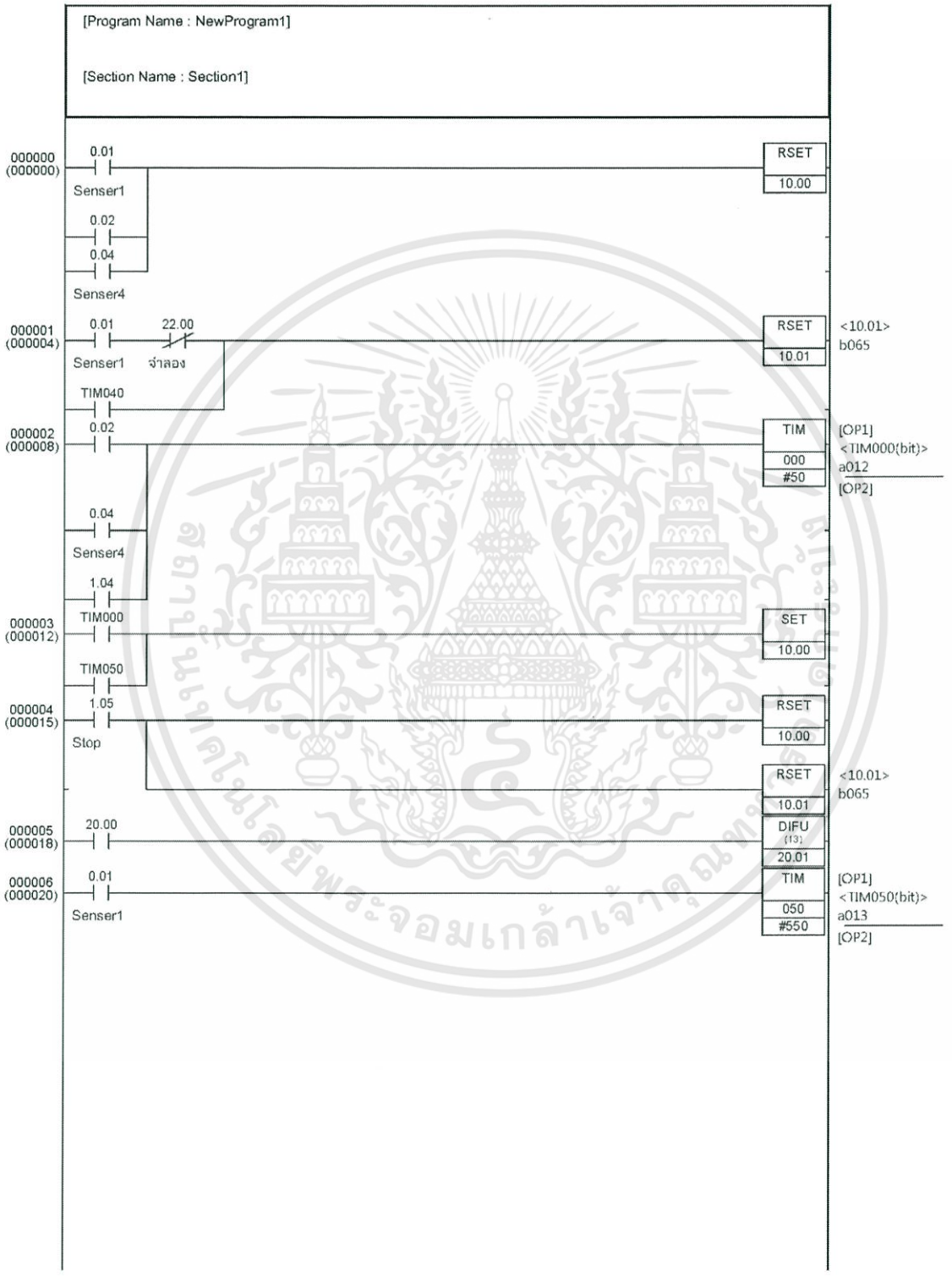
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเขียนคำสั่งลง PLC (Programmable Logic Controller)

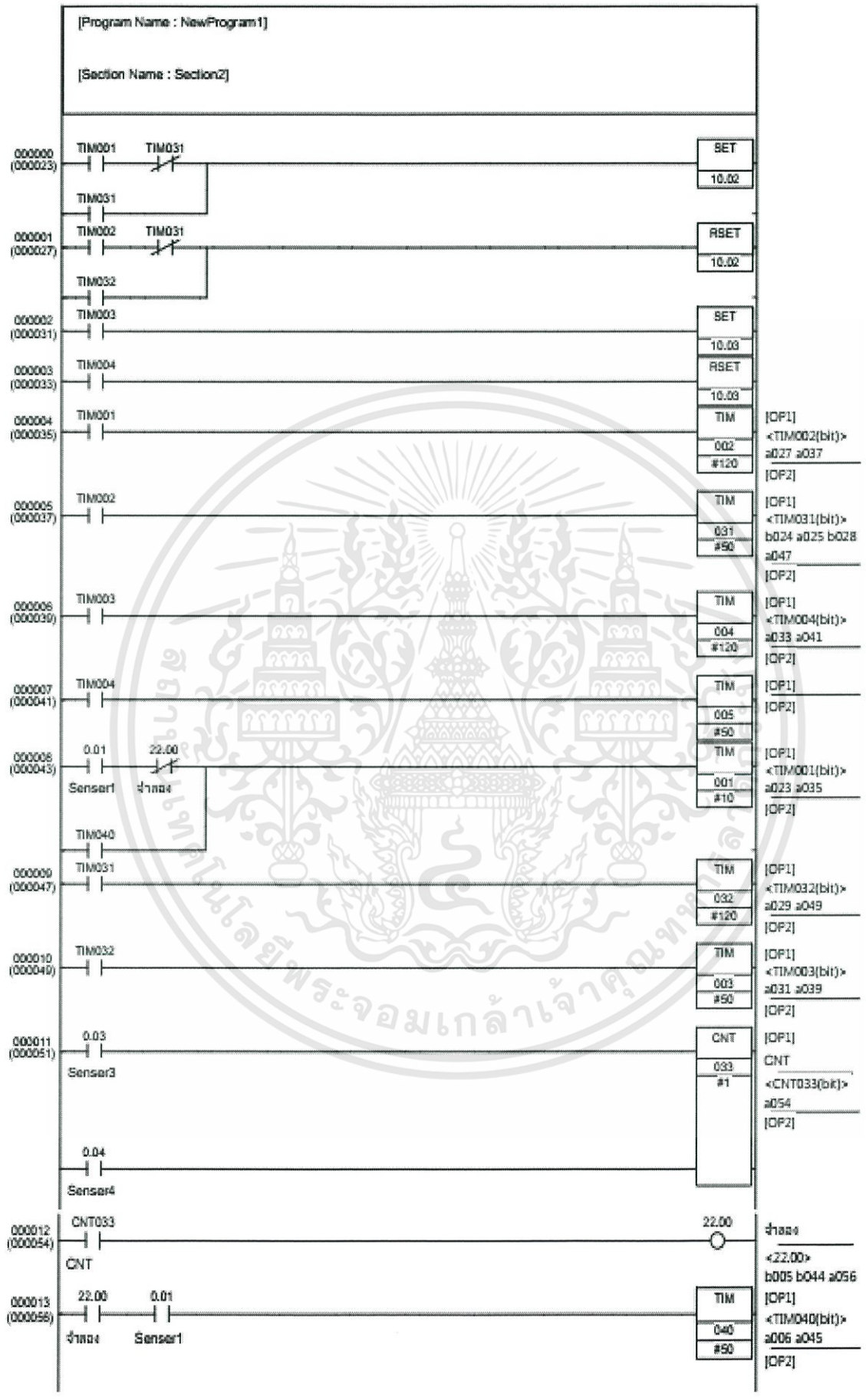
การที่จะทำให้ชุด และอุปกรณ์ต่างๆ ทำงานได้โดยอัตโนมัติ ต้องมีการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้คำสั่ง สั่งให้ชุดและอุปกรณ์ต่างๆ ทำงาน โดย PLC โปรแกรมที่ใช้เขียนคือ โปรแกรม CX-Programmer ระบบ Programable Logic Controller (PLC) (CPM2A-30CDR-D, OMRON) ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 85-264 โวลต์ 50/60 เฮิรตซ์ ภาคอินพุต 18 ช่อง ภาคเอาท์พุต 12 ช่อง ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูซึ่ง ในการเขียนเป็นคำสั่งที่สั่งให้ชุดแรกทำงานจนกระทั่งถึงชุดสุดท้าย โดยไม่ต้องใช้แรงงานคนในขณะที่เครื่องทำงาน การทำงานโดยย่อของพีแอลซี คือ สั่งให้แผ่นช่องกักเก็บข้าวด้านบนเปิดออก เมื่อถึงเวลาที่กำหนดแผ่นที่เปิดอยู่ก็จะปิดลงและแผ่นช่องกักเก็บข้าวด้านล่างก็จะเปิดออก ข้าวจะหล่นลงถาดใส่ผลิตภัณฑ์ที่วางอยู่บนสายพาน สานพานเลื่อนไปยังชุดอัด โปรแกรมจะสั่งให้กระบอกลมเลื่อนลงและอัดข้าว เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ กระบอกลมจะชักกลับ สายพานเลื่อนไปยังชุดโรยไส้ปั่นปลาทู โปรแกรมจะสั่งให้กระบอกลมเลื่อนซึ่งจะทำให้แกนโรยหมุนและไส้ปั่นปลาทูจะหล่นลงบนถาดข้าว เมื่อทำงานเสร็จ สายพานจะเลื่อนกลับไปยังชุดโรยข้าวเพื่อโรยข้าวอีกครั้ง การทำงานเหมือนกับครั้งแรกที่ได้อธิบายไปแล้ว เมื่อทำงานเสร็จ สายพานจะเลื่อนไปต่อที่ชุดอัด โปรแกรมจะสั่งให้กระบอกลมเลื่อนลง ทำการอัดข้าวอีกครั้ง เมื่อถึงเวลาที่กำหนดกระบอกลมจะเลื่อนขึ้น สายพานจะเลื่อนไปที่ชุดตัด โปรแกรมจะสั่งให้กระบอกลมเลื่อนลง ใบมีดตัดจะตัดผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในถาดใส่ผลิตภัณฑ์ออกเป็น 36 ชิ้น เมื่อถึงเวลาที่กำหนด กระบอกลมจะเลื่อนขึ้น ในขณะที่เลื่อนขึ้นกระบอกลมอีกตัวจะทำงานเลื่อนลงให้ก้านกระทุ้ง กระทุ้งข้าวแต่ละช่องให้หล่นลงมา จากนั้นสายพานเลื่อนออกจากชุดตัด สิ้นสุดกระบวนการทำงานของคำสั่ง PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

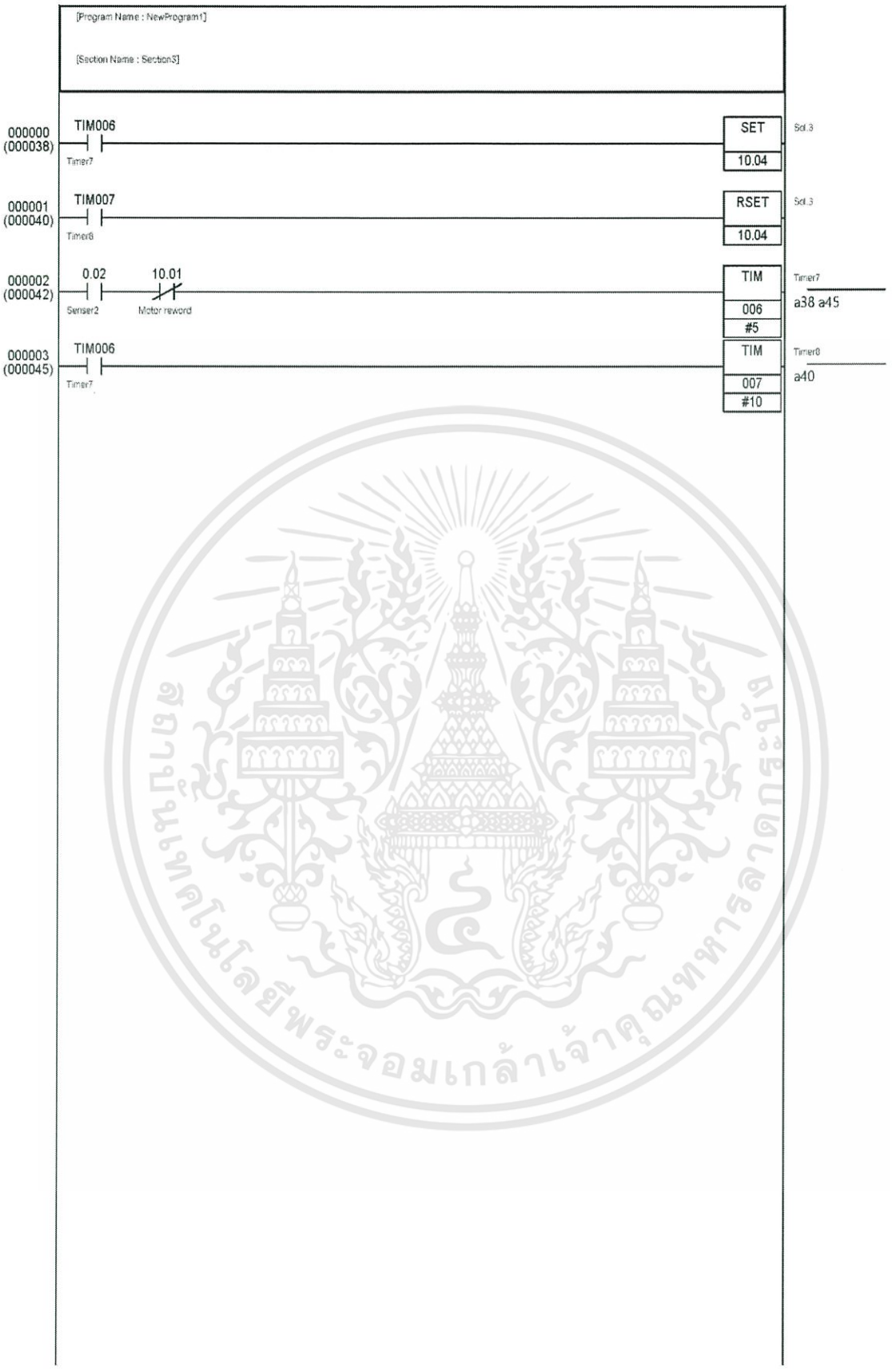
3.3.1 Ladder Diagram ของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูทั้งเครื่อง



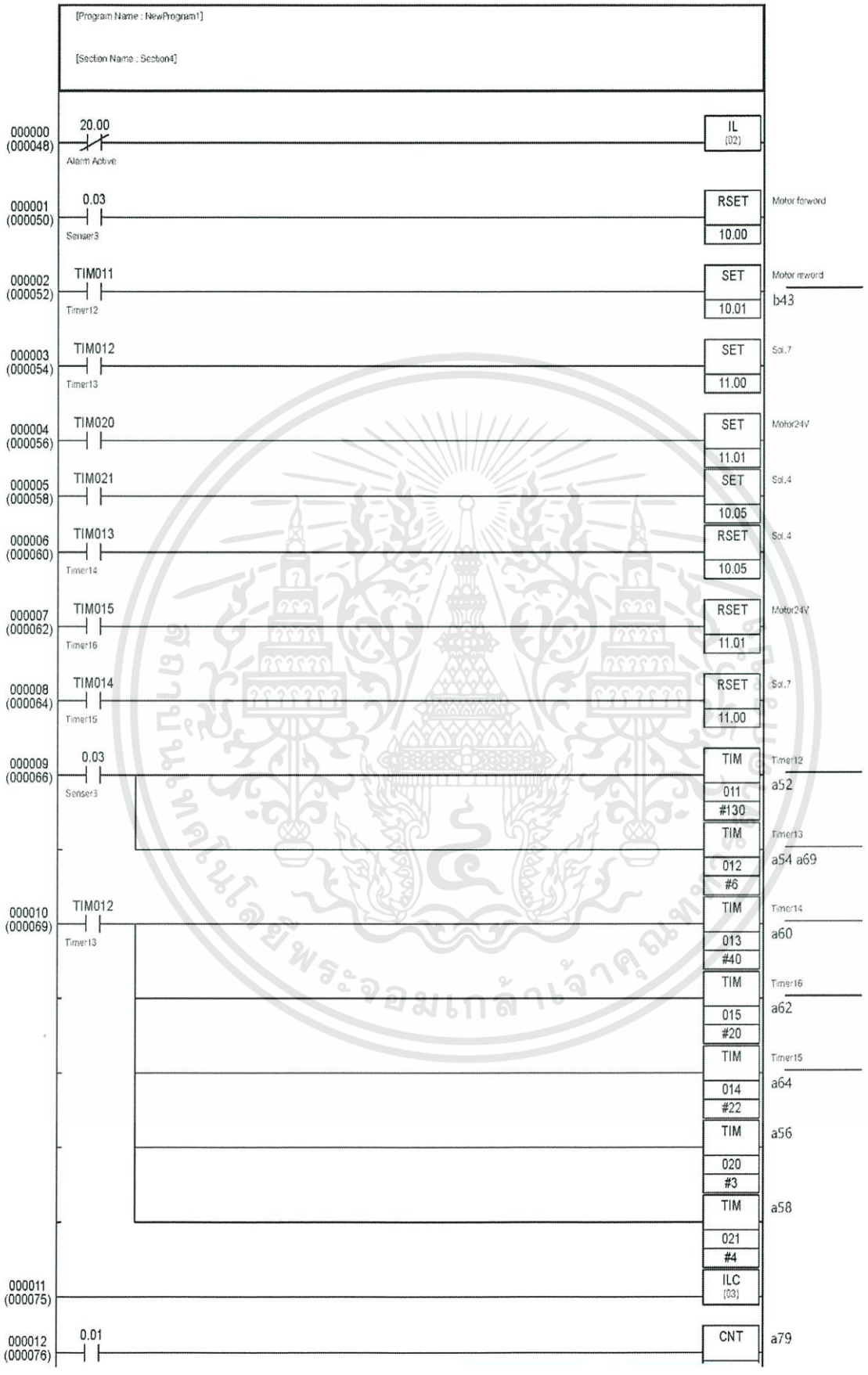
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



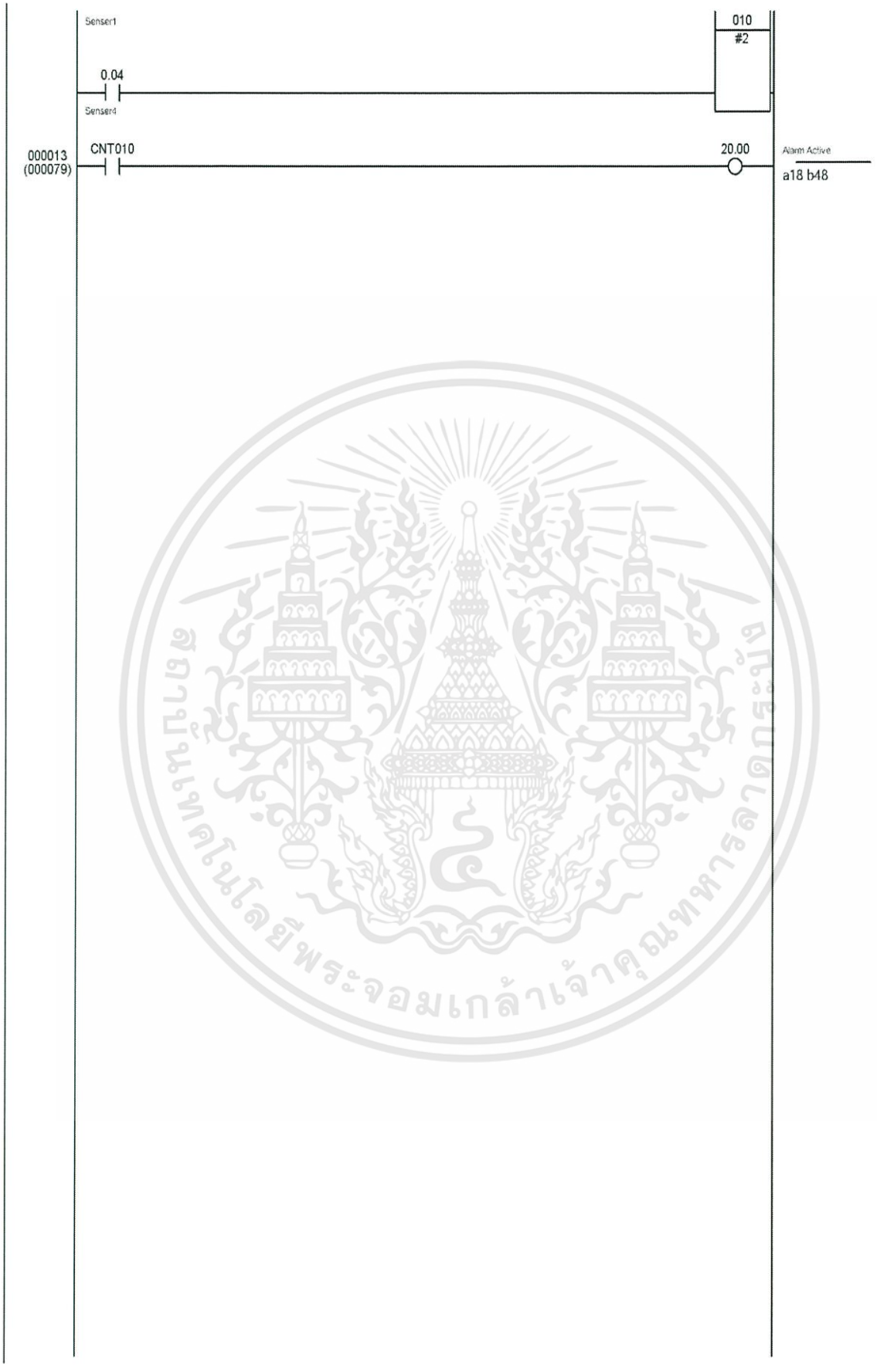
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



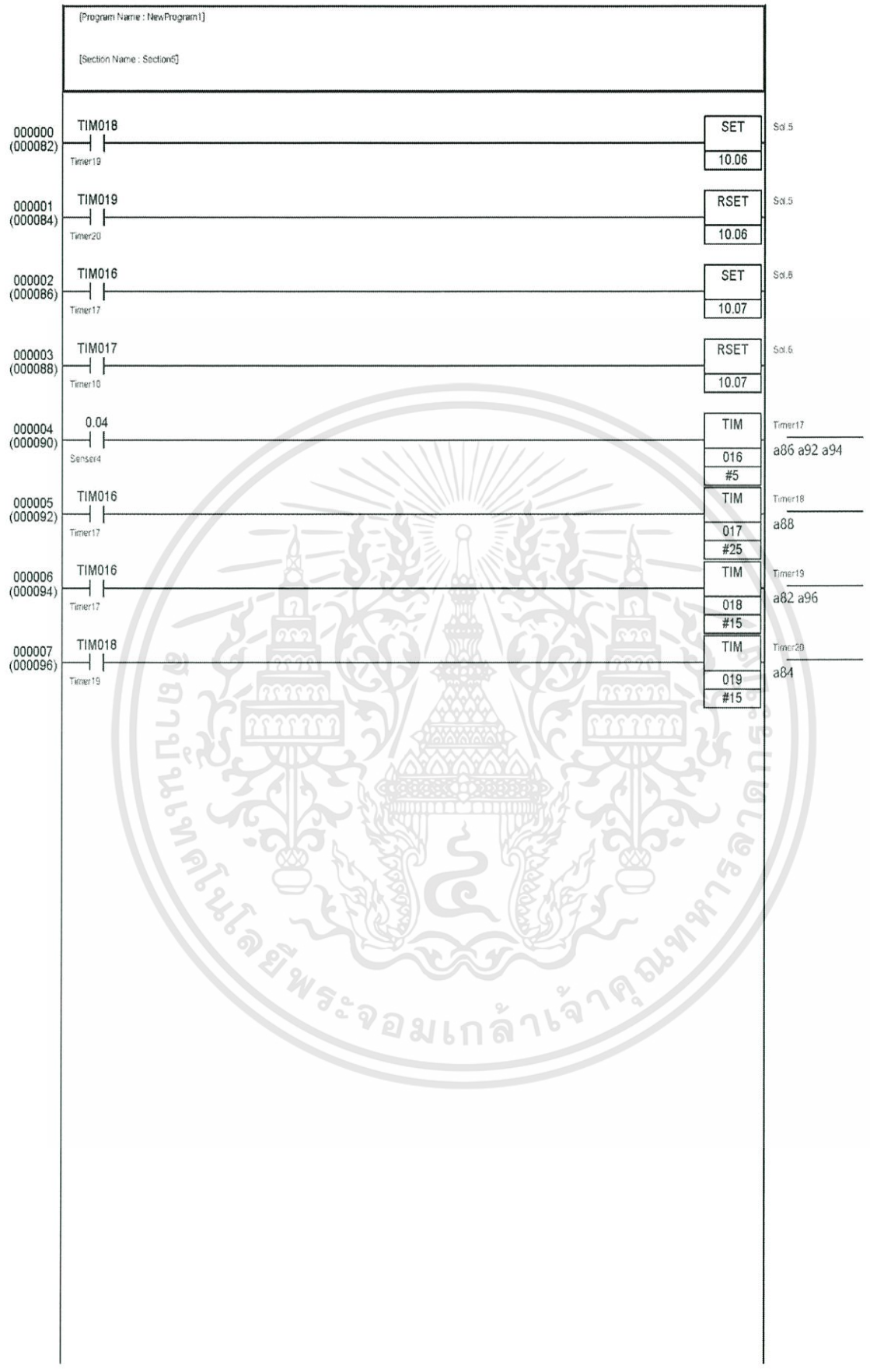
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



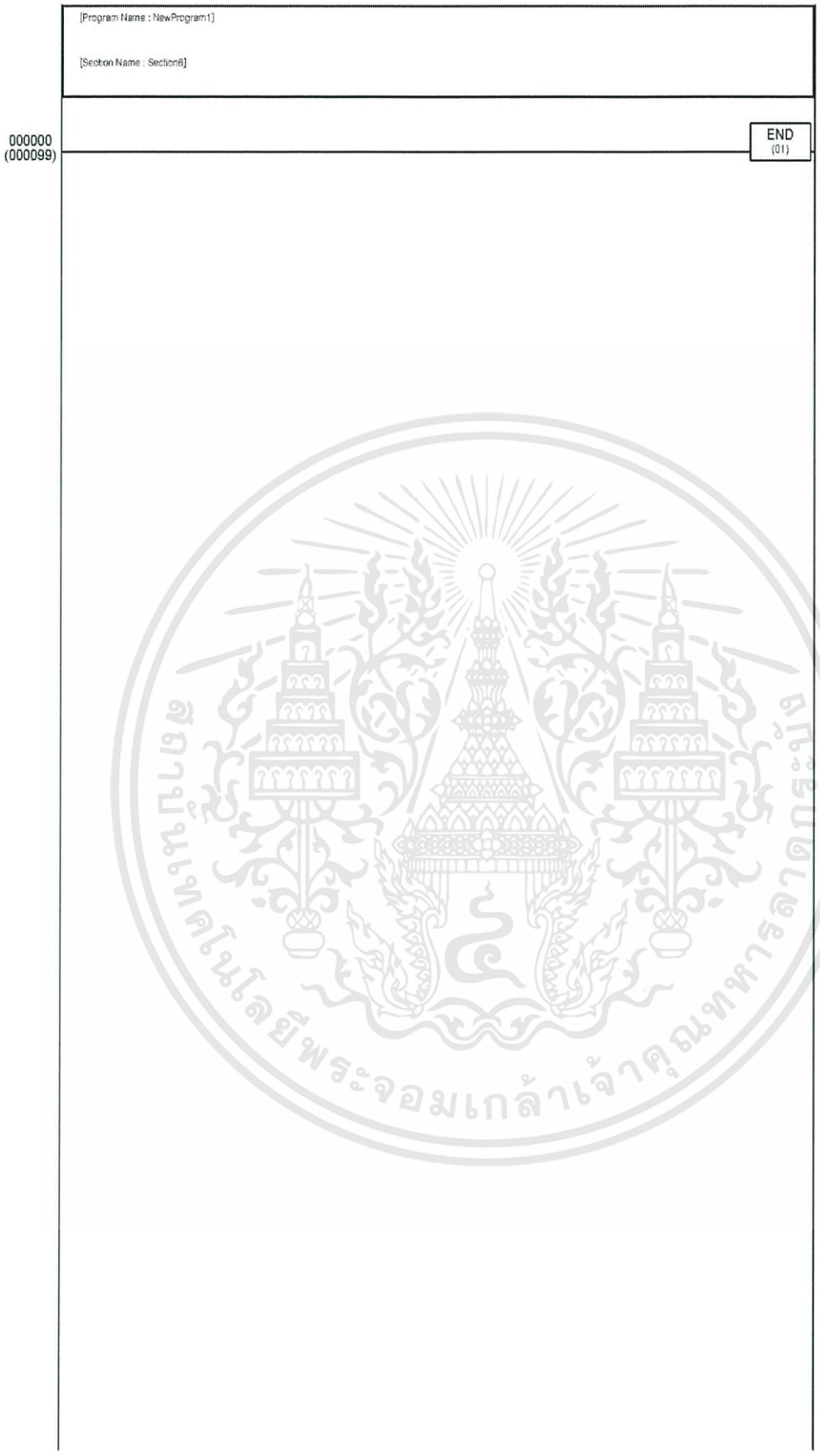
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 Instruction List ของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

Address	Symbol Comment [IO-bit]
000.01	Senser1
000.02	Senser2
000.03	Senser3
000.04	Senser4
001.04	SWITCH1
001.05	SWITCH2
010.00	Motor forword
010.01	Motor reword
010.02	Sol.1
010.03	Sol.2
010.04	Sol.3
010.05	Sol.4
010.06	Sol.5
010.07	Sol.6
011.00	Sol.7
011.01	Motor24V
011.02	Motor24V
020.00	Alarm Active
021.00	Run Function Cal
021.01	Drive Cylinder U
021.02	Drive Open Gate
021.03	Bit Check Positi
021.04	Drive Close Gate
022.00	Bit Run Feed Pal
022.01	Bit Run Feed Pal
022.02	DIFU Selecter Fe
022.03	DIFD Selecter Fe
023.00	Run Function Pal
023.01	cylinder up
023.02	Gate open
023.03	cylinder down
023.04	Gate close
023.05	Bit Run Feed Pal

Address	Symbol Comment [IO-bit]
023.06	Bit Run Feed Pal
023.07	DIFU Selecter Fe
023.08	DIFD Selecter Fe
023.09	EN feed palate
024.00	Bit Run Feed Rig
024.01	Bit UP cylinder
024.02	Bit open gate
024.03	Bit down cylinde
024.04	Bit close gate
024.05	feed palet RIGHT
024.06	feed palet LEFT
024.09	Bit Enable feed
024.10	Bit Run Feed Lef
024.11	Bit staet no pal
253.13	Always ON Flag
253.14	Always OFF Flag
253.15	First Cycle Flag
254.00	1 minute clock pulse bit
254.01	0.02 second clock pulse bit
254.02	Negative (N) Flag
254.07	Step Flag
255.00	0.1 second clock pulse bit
255.01	0.2 second clock pulse bit
255.02	1.0 second clock pulse bit
255.03	Instruction Execution Error (ER) Flag
255.04	Carry (CY) Flag
255.05	Greater Than (GT) Flag
255.06	Equals (EQ) Flag
255.07	Less Than (LT) Flag

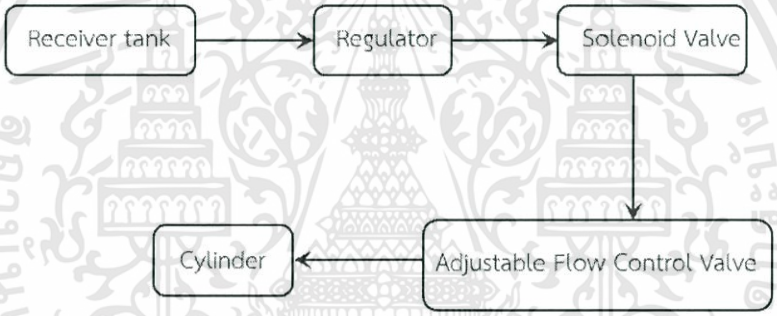
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบระบบนิวเมติกส์ชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั้นปลาทู

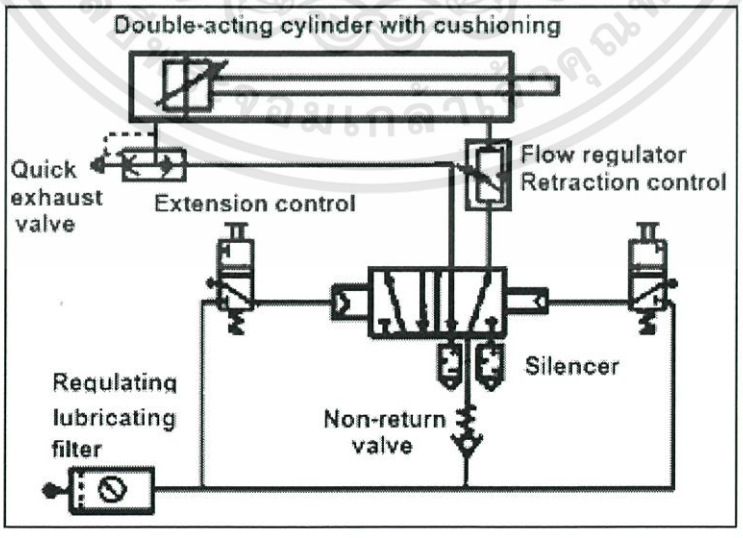
หลักการทำงานของระบบนิวเมติกส์

ลมอัดจะเป็นตัวกลางในการทำให้กลไกต่างๆของเครื่องทำงาน โดยให้กระบอกลมชักเข้าชักออก ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

- ถังลม (Receiver tank)
- เร็กกูเลเตอร์ (Regulator)
- โซลินอยด์ วาล์ว (Solenoid Valve)
- ตัวปรับความเร็วลม (Adjustable Flow Control Valve)
- กระบอกลม (Cylinder)



รูปที่ 3.12 ผังการทำงานของระบบนิวเมติกส์ของชุดหยอดข้าวสวย



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างวงจรระบบนิวเมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถอธิบายหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชิ้นดังนี้

Receiver tank (ถังลม) ทำหน้าที่เก็บลมจากชุดอัดอากาศไว้ ตามปริมาณที่บรรจุได้ในถังซึ่งใช้ถังขนาดบรรจุ 16 บาร์

Regulator ทำหน้าที่ควบคุมความดันลมอัดให้คงที่ทางด้านออก เนื่องจากความดันลมอัดด้านเข้า จะมีความดันสูงหรือเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้ต้องใช้ชุดควบคุมความดันรักษาความดันให้คงที่ก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งควบคุมให้ทั้งระบบใช้ลมอัด 8 บาร์

Solenoid Valve ทำหน้าที่ควบคุมให้ลิ้นกลไกปิดหรือเปิดได้ ในการทำงานครั้งนี้เลือกใช้วาล์วควบคุม 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง เลื่อนวาล์วโดยโซลินอยด์และลมดันช่วย วาล์วเลื่อนกลับโดยสปริง ปกติ ลมจากรู 1 ต่อไปยังรู 2 ลมจากรู 4 ต่อไปยังรู 5 ส่วนรู 3 อุดตัน เมื่อป้อนไฟฟ้าให้กับโซลินอยด์วาล์ว วาล์วไพลอตจะเปิดให้ลมไปดันลูกสูบให้เลื่อนไปทางขวามือ ลมจากรู 1จะต่อไปยังรู 4 ส่วนลมจากรู2จะไหลไปยังรู3 ส่วนรู5อุดตัน เมื่อตัดไฟฟ้าออกจากโซลินอยด์ สปริงจะดันลูกสูบกลับตำแหน่งปกติ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำให้ลูกสูบชักเข้าชักออกเองอัตโนมัติ

Adjustable Flow Control Valve ทำหน้าที่ ปรับความเร็วลมก่อนเข้ากระบอกลมตามความต้องการ

Cylinder ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล

3.5 การออกแบบระบบควบคุมสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

การควบคุมการทำงานของเครื่องถือเป็นสิ่งที่สำคัญในการทำงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นเครื่องมือควบคุมการเดินเครื่องในแต่ละส่วนการทำงาน ให้มีประสิทธิภาพ แม่นยำ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามที่คาดหวัง ซึ่งอุปกรณ์ในการควบคุมชุดหยอดข้าวสวย มีดังนี้

- Switch เปิด-ปิด
- PLC (Programmable Logic Control) ของ OMRON
- Power supply 24 V
- Transformer 24 VAC
- Invertor รุ่น AF 500
- Magnetic
- Conveyor
- Sensor Switch
- Solenoid Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถอธิบายหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละชิ้นดังนี้

(1) Switch ทำหน้าที่เปิด – ปิด การทำงานของ โดยมีการใช้ สวิทช์ 2 แบบ คือ แบบเบรกเกอร์สวิทช์และสวิทช์โยก โดยเบรกเกอร์สวิทช์ใช้ควบคุมการเปิด – ปิด ของทั้งระบบ ส่วนสวิตช์โยกใช้เปิด – ปิด การทำงานของชุดโรยไส้ปั่นปลาทู

(2) PLC (Programmable Logic Control) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ ด้วยการสั่งแบบลอจิก โดยตัว PLC ได้เลือกใช้ของ OMRON CPM2A-30CDR-D 18 dc input 12 relay output

(3) Power supply ทำหน้าที่ เป็นหม้อแปลง แปลงไฟตรงสูงให้เป็นไฟตรงต่ำ ซึ่งแปลงจากไฟฟ้า 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้า 24 โวลต์ เพื่อนำไฟไปจ่ายยังอุปกรณ์ต่างๆ

(4) Transformer ทำหน้าที่เป็นหม้อแปลง แปลงไฟตรงสูงให้เป็นไฟตรงต่ำ ซึ่งแปลงจากไฟฟ้า 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้า 24 โวลต์ เพื่อนำไฟไปจ่ายยังอุปกรณ์ต่างๆ

(5) Invertor รุ่น AF 50 ทำหน้าที่ แปลงไฟตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้ทำให้สามารถปรับความถี่ของสายพานที่ใช้ได้

(6) Magnetic เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยอำนาจแม่เหล็กในการเปิด - ปิดหน้าสัมผัสในการควบคุมวงจรมอเตอร์หรือเรียกว่าสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) ในที่นี้ทำหน้าที่คล้ายสวิทช์เปิด – ปิดสายพานให้เดินไปด้านหน้าหรือเดินถอยหลัง

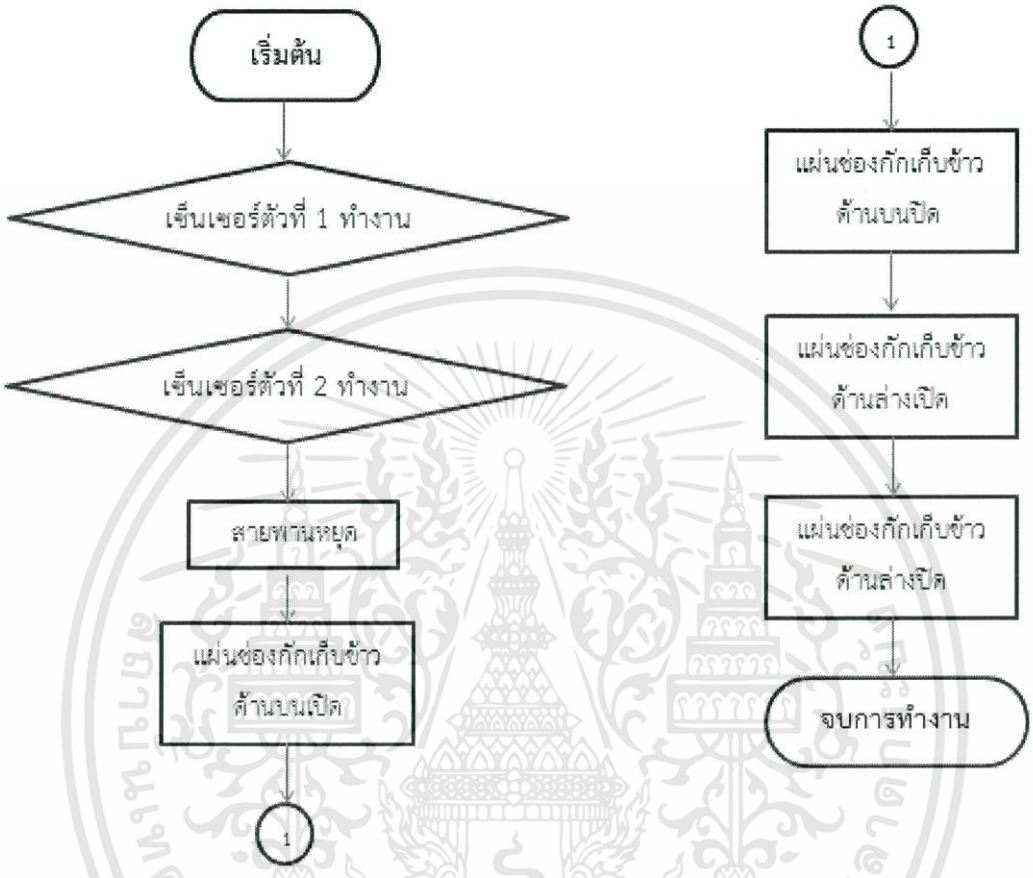
(7) Conveyor ทำหน้าที่ลำเลียงถาดผลิตภัณฑ์

(8) Sensor switch ทำหน้าที่หยุดมอเตอร์สายพาน เมื่อถาดผลิตภัณฑ์มาสัมผัสกับลิมิตสวิทช์ จะทำให้หยุดการจ่ายกระแสให้กับมอเตอร์สายพานทำให้ถาดผลิตภัณฑ์หยุดตรงตามที่เรากำหนด

(9) Solenoid Valve คืออุปกรณ์สวิตช์ที่อาศัย หลักการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้าทำงานร่วมกับกลไกโดยใช้การป้อนไฟเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการทำงานควบคุมให้ลิ้นกลไกปิดหรือเปิดได้ โดยที่นี้ใช้ควบคุมการชักเข้า – ชักออก ของกระบอกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

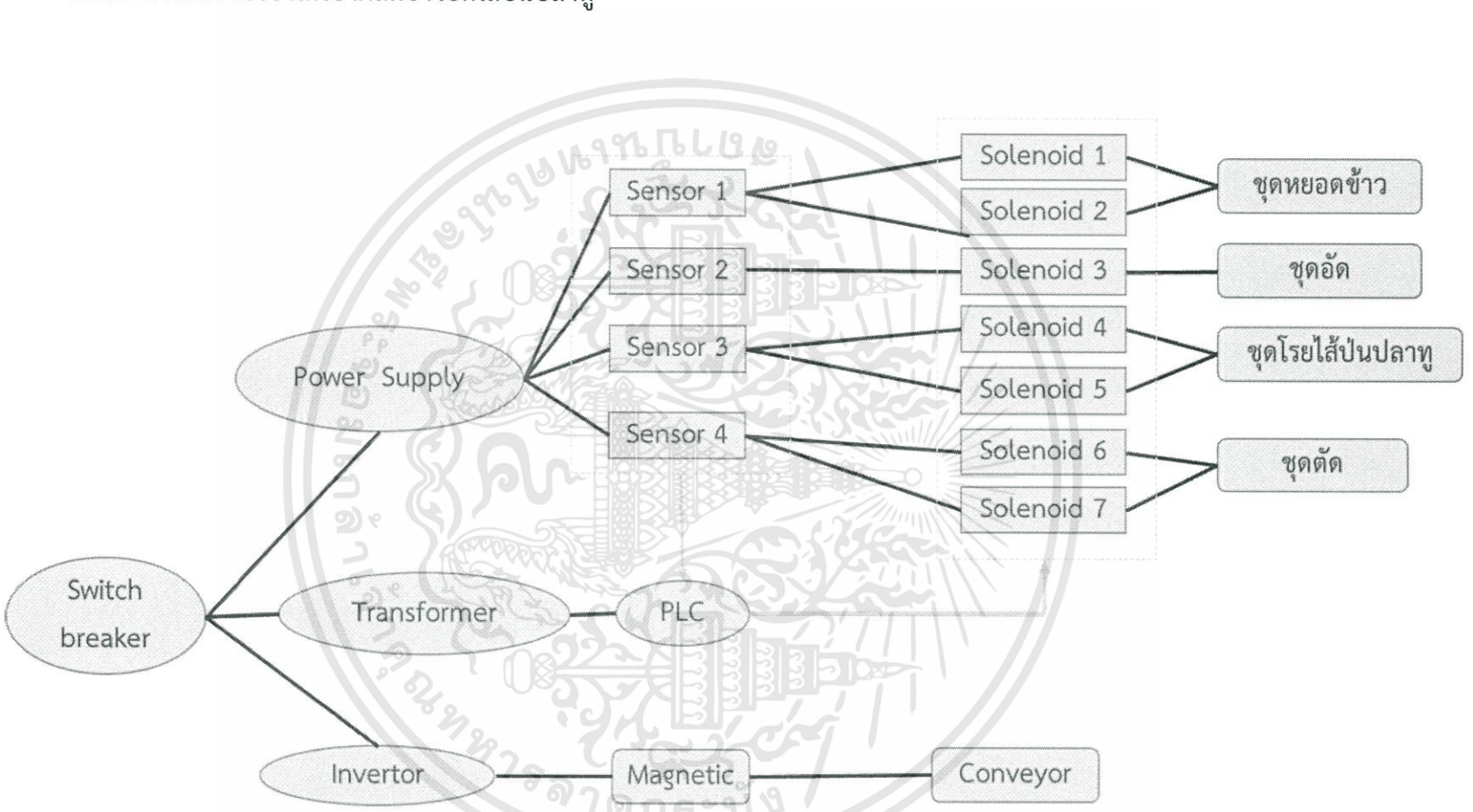
3.5.1 การทำงานของชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู



รูปที่ 3.14 ผังการทำงานของชุดหยอดข้าวสวยสำหรับเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การทำงานของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู



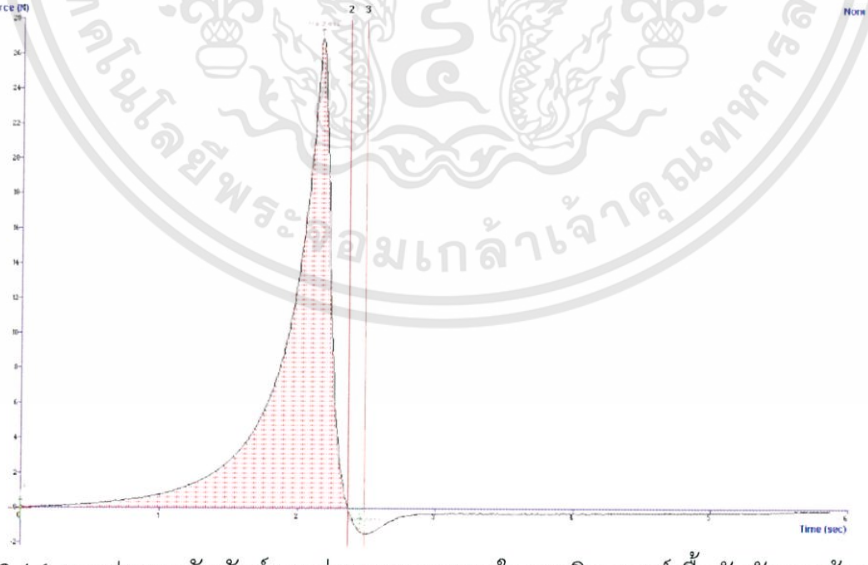
รูปที่ 3.15 ผังการทำงานของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

3.6 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย

ในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย วิเคราะห์ขึ้นเพื่อหาข้าวสวยที่มีเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อการหยอดสำหรับเครื่องหยอดข้าว ข้าวสวยที่เหมาะสมควรเป็นข้าวสวยที่มีความแข็งเพราะข้าวสวยจะเป็นเรียงเม็ด ไม่แฉะหรือเละเกินไป และมีความเหนียวเพราะจะทำให้ข้าวเกาะติดเป็นแผ่นและเป็นคำ ที่สำคัญต้องไม่เกาะติดวัสดุ เพราะหากข้าวสวยเกาะติดวัสดุภายในเครื่องหยอดข้าว จะทำให้ไม่สามารถหยอดข้าวได้และทำให้ข้าวสวยไม่เป็นแผ่นตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย

ข้าวสวยที่ใช้ในการวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับสองปัจจัย คืออุณหภูมิและสัดส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง โดยปัจจัยของอุณหภูมิจะทดสอบข้าวสวยที่อุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส, 25 องศาเซลเซียส และ 90 องศาเซลเซียส เหตุผลในการเลือกอุณหภูมิต่างๆ คือ ที่อุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส มาจากการทดสอบในชุดตัดของปริญญานิพนธ์เรื่องการออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดชิ้นข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู (ณภัสนันท์ ธนากร และสุรพงษ์, 2557) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มาจากอุณหภูมิห้องในการทำงานของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู และที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มาจากอุณหภูมิข้าวหุงสุกใหม่ ปัจจัยของสัดส่วนน้ำต่อข้าวในการหุงจะทดสอบข้าวสวยที่สัดส่วนน้ำต่อข้าว 1.14 : 1, 1.43 : 1 และ 1.47 : 1 เหตุผลในสัดส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง คือ ที่สัดส่วนน้ำต่อข้าว 1.14 : 1 มาจากคำแนะนำของผู้ผลิตข้าวสาร ที่สัดส่วนน้ำต่อข้าว 1.43 : 1 มาจากการทดลอง และที่สัดส่วนน้ำต่อข้าว 1.47 : 1 มาจากการทดสอบในชุดตัดของปริญญานิพนธ์เรื่องการออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดชิ้นข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู

โดยการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวยจะวิเคราะห์โดยเครื่อง Texture Analyser (TA.HD plus, ประเทศอังกฤษ) และใช้หัวกด KMITL (ประเทศไทย) โดยใช้ตัวอย่างข้าวสวยน้ำหนัก 5 กรัม ความเร็วการกดตัวอย่าง 5 mm/s กดลึก 70%ความเครียด



รูปที่ 3.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและเวลาในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย

วิเคราะห์ความแข็ง (N) ได้จากค่าแรงสูงสุดในกราฟ F-T ค่าความเหนียว (N·s) ได้จากพื้นที่ใต้กราฟระหว่างจุดเริ่มต้นถึงจุดที่แรงสูงสุด ค่าการเกาะติด (Ns) ได้จากพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่แรงติดลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

อุปกรณ์ วิธีการทดลอง และผลการทดลอง

4.1 วัตถุดิบ

4.1.1 วัตถุดิบสำหรับทำปั่นปลาทู

1. ผักชี 50 กรัม
2. ต้นหอม 100 กรัม
3. กระเทียม 128 กรัม
4. พริก 30 กรัม
5. ข่า 100 กรัม
6. น้ำมะนาว 30 กรัม
7. หอมแดง 130 กรัม
8. น้ำปลา 3 ช้อนโต๊ะ
9. เนื้อปลาทู 400 กรัม

4.1.2 วัตถุดิบสำหรับหุงข้าวสวย

1. ข้าวหอมมะลิ 700 กรัม
2. น้ำเปล่า 800 กรัม

4.2 อุปกรณ์

1. หม้อหุงข้าว (TOSHIBA, RC-10MM, ประเทศไทย)
2. บีกเกอร์ ขนาด 500 ml.
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Adventure, Ohaus ความละเอียด 0.01 g)
4. เครื่องปั่นอาหารไฟฟ้า (Mara, MR 1268, ประเทศไต้หวัน)
5. สายพาน
6. ถังลม ขนาด 16 บาร์
7. ถังเก็บลมขนาด 8 บาร์
8. อุปกรณ์ปรับแรงดันลม
9. แผงควบคุม
10. อินเวอร์เตอร์
11. เซ็นเซอร์
12. โซลินอยด์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. กระบอกลม
14. สายลม Polyurethane
15. Texture Analyser (TA.HD plus, ประเทศอังกฤษ)
16. หัวกด KMITL (ประเทศไทย)

4.3 ขั้นตอนการดำเนินงานและการทดลอง

4.3.1 การทำงานของชุดหยอดข้าวสวย

(1) เมื่อนำถาดข้าวมาถึงเซนเซอร์ตัวที่ 1 สานพานจะเดิน

(2) สายพานนำถาดข้าวมาถึงเซนเซอร์ตัวที่ 2 สายพานจะหยุดเดิน

(3) อุปกรณ์ PLC ในแผงควบคุมจะสั่งการให้โซลินอยด์วาล์วของ เมื่อโซลินอยด์วาล์วทำงานแล้วลมก็จะถูกส่งไปยังกระบอกลมทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่

(4) กระบอกลมตัวที่ 1 และ 2 ที่อยู่ตำแหน่งแผ่นช่องเก็บกักข้าวด้านบนทำงานทำให้ก้านสูบชักกลับมาด้านหลัง

(5) เมื่อหยอดข้าวแล้วกระบอกลมตัวที่ 1 และ 2 จะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเพื่อปิดแผ่นช่องเก็บข้าวด้านบน

(6) กระบอกลมตัวที่ 3 และ 4 ที่อยู่ตำแหน่งแผ่นช่องเก็บกักข้าวด้านล่างทำงานทำให้ก้านสูบชักกลับมาด้านหลัง

(7) เมื่อหยอดข้าวลงมาบนถาดบรรจุข้าวแล้ว กระบอกลมตัวที่ 3 และ 4 จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเพื่อปิดแผ่นช่องกักเก็บข้าวด้านล่างเป็นอันจบกระบวนการของชุดหยอดข้าวสวย

4.3.2 วิธีการทดลองและผลการทดลอง

(1) ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และระบบนิวเมติกส์

โดยสังเกตการณ์ทำงานของอุปกรณ์ขณะเดินเครื่องตัวเปล่าไม่มีภาระทั้งหมด 5 ครั้ง และประเมินการทำงานของเซนเซอร์และระบบนิวเมติกส์ของชุดนั้นๆว่าผ่านหรือไม่

ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์และระบบนิวเมติกส์

ชื่อชุด	ครั้งที่(ซ้ำ)	การทำงาน		เหตุผล
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	
(หยอดครั้งที่ 1)	1	/		เซ็นเซอร์ทำงานเมื่อสายพานนำถาดมาถึงตำแหน่งของเซ็นเซอร์ของ และกระบอกลมทำงานตามขั้นตอน
	2	/		
	3	/		
	4	/		
	5	/		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อชุด	ครั้งที่(ซ้ำ)	การทำงาน		เหตุผล
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	
ชุดอัดข้าว (อัดครั้งที่ 1)	1	/		เซ็นเซอร์ทำงานเมื่อสายพานนำถาดมาถึงตำแหน่งของเซ็นเซอร์ของชุดอัดข้าว และกระบอกลมทำงานตามขั้นตอน
	2	/		
	3	/		
	4	/		
	5	/		
ชุดโรยปั่นปลาทู	1	/		เซ็นเซอร์ทำงานเมื่อสายพานนำถาดมาถึงตำแหน่งของเซ็นเซอร์ของชุดโรยปั่นปลาทู และกระบอกลมทำงานตามขั้นตอน
	2	/		
	3	/		
	4	/		
	5	/		
(หยอดครั้งที่ 2)	1	/		เซ็นเซอร์ทำงานเมื่อสายพานนำถาดมาถึงตำแหน่งของเซ็นเซอร์ของ และกระบอกลมทำงานตามขั้นตอน
	2	/		
	3	/		
	4	/		
	5	/		
ชุดอัดข้าว (อัดครั้งที่ 1)	1	/		เซ็นเซอร์ทำงานเมื่อสายพานนำถาดมาถึงตำแหน่งของเซ็นเซอร์ของชุดอัดข้าว และกระบอกลมทำงานตามขั้นตอน
	2	/		
	3	/		
	4	/		
	5	/		
ชุดตัด	1	/		เซ็นเซอร์ทำงานเมื่อสายพานนำถาดมาถึงตำแหน่งของเซ็นเซอร์ของชุดตัด และกระบอกลมทำงานตามขั้นตอน
	2	/		
	3	/		
	4	/		
	5	/		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) วิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย

โดยหุงข้าวหอมมะลิใหม่ต้นฤดูที่สัดส่วนน้ำต่อข้าว 1.14:1, 1.43:1 และ 1.47:1 ด้วยหม้อหุงข้าว (TOSHIBA, RC-10MM, ประเทศไทย) และนำข้าวสวยบริเวณกลางหม้อที่หุงตามสัดส่วนน้ำต่อข้าวแต่ละสัดส่วนมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 5 g จำนวน 9 ตัวอย่าง จากนั้นนำข้าวสวย 3 ตัวอย่างไปแช่ตู้เย็นให้ได้อุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส นำข้าวสวย 3 ตัวอย่างวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้ได้ 25 องศาเซลเซียส และทดสอบข้าว 3 ตัวอย่างทันที ด้วยเครื่อง Texture Analyser (TA.HD plus, ประเทศอังกฤษ) และใช้หัวกด KMITL (ประเทศไทย) โดยใช้ตัวอย่างข้าวสวยน้ำหนัก 5 กรัม ความเร็วการกดตัวอย่าง 5 mm/s กดลึก 70%ความเครียด จากนั่นทดสอบตัวอย่างที่เหลือตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้และวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	สัดส่วน น้ำ : ข้าว	ซ้ำ	ความแข็ง (N)	ความเหนียว (N.sec)	การเกาะติดวัสดุ (N.sec)
19	1.14 : 1	1	64.786	15.627	-0.028
		2	64.659	15.249	-0.058
		3	71.777	17.594	-0.093
		ค่าเฉลี่ย	67.074	16.157	-0.060
		S.D.	3.326	1.028	0.027
	1.43 : 1	1	39.013	8.391	-0.074
		2	43.224	9.918	-0.024
		3	51.178	10.946	-0.055
		ค่าเฉลี่ย	44.472	9.752	-0.051
		S.D.	5.044	1.050	0.021
	1.47 : 1	1	48.543	14.469	-0.129
		2	48.106	15.769	-0.209
		3	41.971	10.241	-0.116
		ค่าเฉลี่ย	46.207	13.493	-0.151
		S.D.	3.000	2.360	0.041
	1.14 : 1	1	90.013	24.729	-0.223
		2	84.118	22.723	-0.561
		3	79.941	19.395	-0.500
		ค่าเฉลี่ย	84.691	22.282	-0.428
		S.D.	4.132	2.200	0.147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25	1.43 : 1	1	58.633	13.380	-0.480
		2	65.676	17.500	-0.556
		3	61.485	15.798	-0.448
		ค่าเฉลี่ย	61.931	15.559	-0.495
		S.D.	2.893	1.690	0.045
	1.47 : 1	1	50.021	13.095	-3.563
		2	45.941	8.818	-0.411
		3	52.119	12.301	-0.171
		ค่าเฉลี่ย	49.360	11.405	-1.382
		S.D.	2.565	1.858	1.546
90	1.14 : 1	1	126.345	31.759	-0.820
		2	141.778	35.145	-0.626
		3	110.393	29.498	-0.327
		ค่าเฉลี่ย	126.172	32.134	-0.591
		S.D.	12.813	2.321	0.203
	1.43 : 1	1	59.194	13.203	-0.158
		2	72.851	15.298	-3.250
		3	65.482	14.097	-0.228
		ค่าเฉลี่ย	65.842	14.199	-1.212
		S.D.	5.581	0.858	1.441
	1.47 : 1	1	89.944	20.208	-4.149
		2	85.208	21.623	-0.614
		3	95.459	27.051	-5.529
		ค่าเฉลี่ย	90.204	22.961	-3.431
		S.D.	4.189	2.949	2.070

(3) ทดสอบน้ำหนักของข้าวที่ถูกหยอดแต่ละครั้ง

โดยการชั่งน้ำหนักทั้งหมด 5 ซ้ำ เพื่อทดสอบว่าน้ำหนักแต่ละครั้งใกล้เคียงกันหรือไม่ โดยหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ได้จาก

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)} = \sqrt{\frac{\sum(\text{น้ำหนัก-ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก})^2}{\text{จำนวนประชากร}}} \qquad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหาน้ำหนักของข้าวที่ถูกหยอดแต่ละครั้ง

ครั้งที่ (ซ้ำ)	หยอดข้าวอย่างเดียว	
	เวลาในการทำงาน 1 รอบ (วินาที)	ปริมาณ (กรัม)
1	55.03	517.15
2	58.23	520.81
3	57.16	535.63
4	56.59	528.45
5	57.35	551.75
เฉลี่ย	57.07	**530.76**
S.D.	0.83	13.73

(4) ทดสอบหาประสิทธิภาพทางการผลิต

โดยข้าวสวยที่ได้มาตรฐานจะมีน้ำหนักประมาณ 17.5 g/ชิ้น เพื่อทดสอบว่าชิ้นข้าวแต่ละชิ้นได้มาตรฐานหรือไม่ โดยหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องหยอดข้าวสวย

ตำแหน่งชิ้น	น้ำหนักของข้าว (g) ครั้งที่ (ซ้ำ)					$\bar{x}$
	1	2	3	4	5	
1	0	0	16.95	0	9.95	5.38
2	16.25	17.85	15.54	17.15	18.56	17.07
3	17.26	18.45	17.45	20.18	19.85	18.64
4	19.86	19.56	18.45	20.64	20.15	19.73
5	18.92	16.24	16.53	19.56	19.25	18.10
6	17.26	15.55	15.75	17.45	16.35	16.47
7	0	0	14.65	0	11.3	5.19
8	15.63	16.35	15.61	17.33	15.36	16.06
9	17.52	17.89	18.63	18.65	16.32	17.80
10	20.36	19.35	16.26	19.36	18.36	18.74
11	18.52	17.95	15.79	20.03	19.36	18.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	14.65	16.56	13.32	16.12	16.41	15.41
13	0	0	12.31	10.32	12.03	6.93
14	15.78	18.01	13.98	16.09	14.65	15.70
15	17.95	19.63	15.75	18.62	16.48	17.69
16	20.36	21.05	19.12	19.23	19.71	19.89
17	18.36	19.36	18.36	17.62	15.15	17.77
18	16.45	17.54	15.62	12.35	13.45	15.08
19	0	0	9.86	8.61	7.96	5.29
20	16.35	17.25	14.68	15.24	15.12	15.73
21	17.95	18.75	16.84	16.57	16.75	17.37
22	19.78	20.36	18.63	18.38	18.68	19.17
23	20.36	18.15	17.16	15.65	16.1	17.48
24	16.56	15.33	16.48	14.12	14.65	15.43
25	5.36	0	7.03	8.36	9.56	6.06
26	13.52	16.45	15.23	16.25	14.65	15.22
27	14.68	17.98	16.25	17.23	16.25	16.48
28	17.36	20.15	17.48	18.75	19.12	18.57
29	15.09	17.69	16.35	16.23	17.32	16.54
30	14.98	14.52	13.43	15.42	13.45	14.36
31	6.62	0	5.63	0	8.23	4.10
32	14.23	17.39	14.33	16.23	16.73	15.78
33	16.25	18.24	16.24	17.36	17.58	17.13
34	18.69	20.36	17.63	18.12	19.98	18.96
35	16.35	16.85	12.31	15.23	16.93	15.53
36	7.89	0	0	0	0	1.58
เฉลี่ย	517.15	520.81	535.63	528.45	551.75	$\bar{\bar{X}}$
SD	6.19	7.35	3.91	7.89	4.21	**14.74**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) ทดสอบประสิทธิภาพในการหยอดข้าวสวย

ข้อบกพร่องต่อล้านหน่วย (DPM) ซึ่งหาได้จาก

$$\text{ข้อบกพร่องต่อล้านหน่วย (DPM)} = \frac{\text{จำนวนชิ้นที่เสีย}}{\text{จำนวนชิ้นที่ผลิต}} \times 1{,}000{,}000 \quad (10)$$

ตารางที่ 4.5 ผลทดสอบประสิทธิภาพในหยอดข้าวสวยหนึ่งชั้น

ครั้งที่ (ซ้ำ)	จำนวนของชิ้นดี จาก 36 ชิ้น	ประสิทธิภาพ การผลิต(%)	จำนวนของชิ้น เสียจาก 36 ชิ้น	ความผิดพลาด การผลิต(%)	DPM
1	25	69.44	11	30.56	305,556
2	28	77.78	8	22.22	222,222
3	27	75.00	9	25.00	250,000
4	26	72.22	10	27.78	277,778
5	25	69.44	11	30.56	305,556
6	28	77.78	5	22.22	222,222
7	27	75.00	6	25.00	250,000
8	26	72.22	10	27.78	277,778
9	26	72.22	10	27.78	277,778
10	27	75.00	9	25.00	250,000
เฉลี่ย	26.5	73.61	9.5	26.39	263,889
SD	1.0	3.00	1.0	3.00	30,003

4.4 ผลการทดลอง

4.4.1 การทำงานแบบเดินเครื่องตัวเปล่า

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์และระบบนิวเมติกส์ พบว่าชุดหยอดข้าวสวย ชุดอัด ชุดโรยป่นปลาทู และชุดตัด เซ็นเซอร์และระบบนิวเมติกส์สามารถทำงานได้ดีครบทุกกระบวนการ

4.4.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย

จากตาราง 4.2 นำค่าเฉลี่ยของข้าวสวยมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติแบบ Two-way ANOVA ได้ผลการเปรียบเทียบพหุคุณ LSD ดังต่อไปนี้

4.4.2.1 วิเคราะห์ความแข็งของข้าวสวย

<u>ปัจจัยอุณหภูมิแต่ละสัดส่วนข้าวต่อน้ำ</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการเปรียบเทียบพหุคุณ LSD ของค่าเฉลี่ยความแข็งของข้าวสวย โดยปัจจัยอุณหภูมิแต่ละสัดส่วนข้าวต่อน้ำ

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	อัตราส่วนข้าว : น้ำ		
	1 : 1.14	1 : 1.43	1 : 1.47
19	67.074c	44.472b	46.207b
25	84.691b	61.931a	49.360b
90	126.172a	65.842a	90.204a

หมายเหตุ ในคอลัมน์เดียวกัน ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α=0.05)

ปัจจัยสัดส่วนข้าวต่อน้ำแต่ละอุณหภูมิ

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการเปรียบเทียบพหุคุณ LSD ของค่าเฉลี่ยความแข็งของข้าวสวย โดยปัจจัยสัดส่วนข้าวต่อน้ำแต่ละอุณหภูมิ

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	อัตราส่วนข้าว : น้ำ		
	1 : 1.14	1 : 1.43	1 : 1.47
19	67.074a	44.472b	46.207b
25	84.691a	61.931b	49.360c
90	126.172a	65.842b	90.204c

หมายเหตุ ในแถวเดียวกัน ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α=0.05)

จากตาราง 4.6 และ 4.7 พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยอุณหภูมิและสัดส่วนน้ำต่อข้าว ในส่วนของอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิสูงสุด (90 องศาเซลเซียส) ให้ค่าความแข็งมากที่สุดในทุกสัดส่วนน้ำต่อข้าว และในส่วนของสัดส่วนน้ำต่อข้าวพบว่าที่สัดส่วนน้ำต่อข้าวต่ำที่สุด (1.14 : 1) ให้ค่าความแข็งมากที่สุดในทุกอุณหภูมิ ดังนั้นข้าวสวยที่แข็งที่สุดคือ ข้าวที่หุงด้วยสัดส่วนน้ำต่อข้าวเป็น 1.14 : 1 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.2 วิเคราะห์ความเหนียวของข้าวสวย

ปัจจัยอุณหภูมิแต่ละสัดส่วนข้าวต่อน้ำ

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการเปรียบเทียบพหุคุณ LSD ของค่าเฉลี่ยความเหนียวของข้าวสวย โดยปัจจัยอุณหภูมิแต่ละสัดส่วนข้าวต่อน้ำ

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	อัตราส่วนข้าว : น้ำ		
	1 : 1.14	1 : 1.43	1 : 1.47
19	16.157c	9.752b	13.493b
25	22.282b	15.559a	11.405b
90	32.134a	14.199a	22.961a

หมายเหตุ ในคอลัมน์เดียวกัน ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α=0.05)

ปัจจัยสัดส่วนข้าวต่อน้ำแต่ละอุณหภูมิ

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการเปรียบเทียบพหุคุณ LSD ของค่าเฉลี่ยความเหนียวของข้าวสวย โดยปัจจัยสัดส่วนข้าวต่อน้ำแต่ละอุณหภูมิ

อุณหภูมิ (เซลเซียส)	อัตราส่วนข้าว : น้ำ		
	1 : 1.14	1 : 1.43	1 : 1.47
19	16.157a	9.752b	13.493ab
25	22.282a	15.559b	11.405c
90	32.134a	14.199b	22.961c

หมายเหตุ ในแถวเดียวกัน ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α=0.05)

จากตาราง 4.8 และ 4.9 พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยอุณหภูมิและสัดส่วนน้ำต่อข้าว ในส่วนของอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิสูงสุด (90 องศาเซลเซียส) ให้ค่าความเหนียวมากที่สุดในทุกสัดส่วนน้ำต่อข้าว และในส่วนของสัดส่วนน้ำต่อข้าวพบว่าที่สัดส่วนน้ำต่อข้าวต่ำที่สุด (1.14 : 1) ให้ค่าความเหนียวมากที่สุดในทุกอุณหภูมิ ดังนั้นข้าวสวยที่เหนียวที่สุดคือ ข้าวที่หุงด้วยสัดส่วนน้ำต่อข้าวเป็น 1.14 : 1 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4.2.3 วิเคราะห์การเกาะติดวัสดุ

ปัจจัยอุณหภูมิ

อิทธิพลของอุณหภูมิ -1.74456a -0.76811ab -0.08733b

ปัจจัยสัดส่วนข้าวต่อน้ำ

อิทธิพลของสัดส่วนข้าวต่อน้ำไม่มีผลต่อการเกาะติดวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลสรุปความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบอักษร พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยอุณหภูมิและสัดส่วนน้ำต่อข้าว ในส่วนของอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิสูงสุด (90 องศาเซลเซียส) มีการเกาะติดวัสดุน้อยที่สุด และในส่วนของสัดส่วนน้ำต่อข้าวพบว่าที่ทุกสัดส่วนน้ำต่อข้าวมีการเกาะติดวัสดุไม่แตกต่างกัน ดังนั้นข้าวสวยที่เกาะติดวัสดุน้อยที่สุดคือ ข้าวสวยที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4.3 การทดสอบเครื่องหยอดข้าวสวย

4.4.3.1 การทดสอบน้ำหนักของข้าวที่ถูกหยอดแต่ละครั้ง

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบความสามารถและความสม่ำเสมอในการหยอดข้าวของชุดหยอดข้าวสวย พบว่าในการหยอดแต่ละครั้งมีน้ำหนักของข้าวสวยที่หยอดลงถาดใกล้เคียงกัน เมื่อหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 13.73 g ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

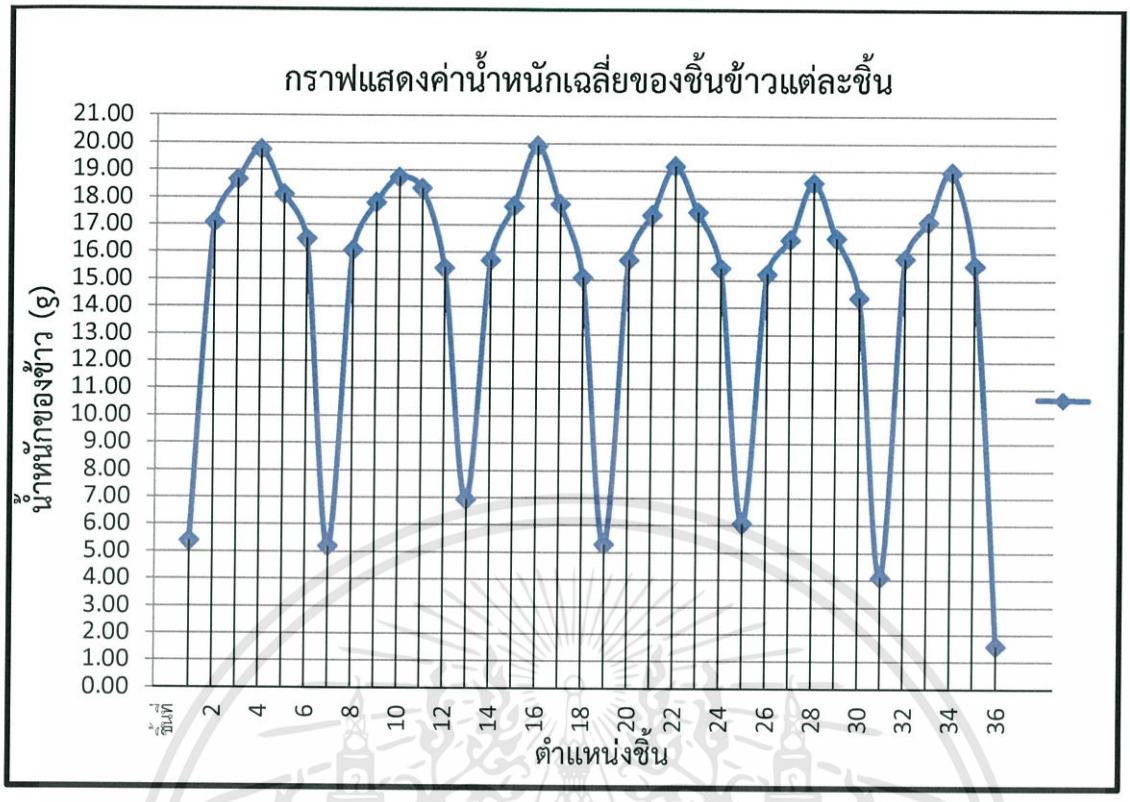
4.4.3.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพทางการผลิต

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำข้าวสวยมาหยอดและชั่งน้ำหนักชิ้นข้าวทั้ง 36 ชิ้น พบว่าน้ำหนักของข้าวสวยบริเวณกึ่งกลางมีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่บริเวณขอบถาดยังไม่ได้มาตรฐานตามที่ต้อง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 5.91 g

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36

รูปที่ 4.1 ตำแหน่งชิ้นข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยของชิ้นข้าวแต่ละชิ้น

จากรูปที่ 4.2 พบว่าชิ้นข้าวบริเวณกลางถาดมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ คือแต่ละชิ้นจะมีน้ำหนักใกล้เคียง 17.5 g/ชิ้น แต่บริเวณขอบถาดจะมีน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และค่าน้ำหนักเฉลี่ยของชิ้นข้าวทั้งหมดคือ 14.74±5.91 g/ชิ้น

4.4.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการหยอดข้าวสวย

จากตาราง 4.5 แสดงผลทดสอบประสิทธิภาพในหยอดข้าวสวยหนึ่งชั้น พบว่าข้าวสวยที่หยอดด้วยชุดหยอดข้าวสวยมีจำนวนชิ้นดีเฉลี่ย 26.5 ชิ้นจากจำนวนทั้งหมด 36 ชิ้น คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตของชุดหยอดข้าวสวยเป็น 73.61% และจำนวนชิ้นเสียเฉลี่ย 9.5 ชิ้นจากจำนวนทั้งหมด 36 ชิ้น คิดเป็นข้อผิดพลาดของการผลิตของชุดหยอดข้าวสวยเป็น 26.39% และค่า Defects per million (DPM) มีค่าเท่ากับ 263,889 เมื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับตาราง Sigma Level พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.8σ ซึ่งอยู่ในระดับความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการการผลิตที่ยอมรับไม่ได้ เพราะระดับความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการการผลิตที่ยอมรับได้จะอยู่ระหว่าง 2σ ถึง 3σ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและบทวิจารณ์

5.1 สรุปผลการทดลองและบทวิจารณ์

5.1.1 การทำงานแบบเดินเครื่องตัวเปล่า

จากการทดลองการทำงานแบบเดินเครื่องตัวเปล่า โดยไม่มีภาระ พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ดี มีความคล่องตัว เซ็นเซอร์และระบบนิวเมติกส์สามารถทำงานได้ดี ครบทุกกระบวนการ

5.1.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย

จากผลสรุปการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวสวย พบว่าข้าวสวยที่เหมาะสมสำหรับชุดหยอดข้าวสวย คือ ข้าวที่หุงด้วยสัดส่วนน้ำต่อข้าวเป็น 1.14 : 1 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นข้าวสวยที่มีความแข็ง ทำให้ข้าวสวยจะเป็นเรียงเม็ด ไม่แฉะหรือเละเกินไป และมีความเหนียว ทำให้ข้าวเกาะติดเป็นแผ่นและเป็นคำ ที่สำคัญไม่เกาะติดวัสดุ จึงลดปัญหาข้าวสวยเกาะติดตามอุปกรณ์ต่างๆ

5.1.3 การทดสอบเครื่องหยอดข้าวสวย

5.1.3.1 การทดสอบน้ำหนักของข้าวที่ถูกหยอดแต่ละครั้ง

จากผลการทดสอบการหยอดข้าวของชุดหยอดข้าวสวย พบว่าการหยอดข้าวด้วยชุดหยอดข้าวสวยมีประสิทธิภาพในการผลิตเป็น 73.61% ซึ่งยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอสำหรับการทำข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูโดยเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู เนื่องจากข้าวที่ถูกหยอดยังไม่สามารถหยอดทั่วทั้งถาดได้ ข้าวสวยจะอยู่บริเวณกลางถาดเท่านั่น เกิดจากการปิดของแผ่นเปิดปิดช่องเก็บข้าวด้านบนดันข้าวสวยให้เลื่อนมายังตำแหน่งตรงกลาง ทำให้ข้าวสวยที่ถูกหยอดอยู่เพียงบริเวณตรงกลาง

5.1.3.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพทางการผลิต

จากการทดลองการหยอดข้าวของชุดหยอดข้าวสวย พบว่าข้าวบริเวณกลางถาดมีน้ำหนักใกล้เคียงมาตรฐานที่ต้องการ แต่บริเวณขอบถาดยังไม่สามารถควบคุมให้ได้ตามมาตรฐานที่ต้องการได้ และมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยของชิ้นข้าวทั้งหมดคือ 14.74±5.91 g/ชิ้น

5.1.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพในการหยอดข้าวสวย

จากการทดลองหยอดข้าวของชุดหยอดข้าวสวย พบว่าประสิทธิภาพการผลิตของชุดหยอดข้าวสวยเป็น 73.61% แต่ข้อผิดพลาดของการผลิตของชุดหยอดข้าวสวยเป็น 26.39% ซึ่งอยู่ในระดับความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการการผลิตที่ยอมรับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบต้นแบบเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทูนั้น ยังมีข้อบกพร่องซึ่งจะต้องปรับปรุง ดังนี้

5.2.1 ชุดตัดข้าวยังไม่สามารถตัดข้าวให้เป็นชิ้นได้ เนื่องจากการเปลี่ยนอุณหภูมิและสัดส่วนน้ำต่อข้าวในการหุง

5.2.2 ชิ้นข้าวสวยแยกชั้นกันอย่างชัดเจน เนื่องจากไส้ปั่นปลาทูแทรกของระหว่างข้าวทั้งสองชั้น จึงทำให้ชั้นข้าวไม่ติดเป็นชิ้นเดียวกัน

5.2.3 อาจปรับปรุงเครื่องหยอดข้าวสวยให้มีมุมเอียง เพื่อให้ข้าวสวยที่ถูกหยอดไหลมาบริเวณขอบถาด หรืออาจเปลี่ยนวิธีการหยอดข้าวให้เป็นแบบลูกกลิ้ง เพื่อให้ข้าวสวยทั่วเสมอทั้งถาด

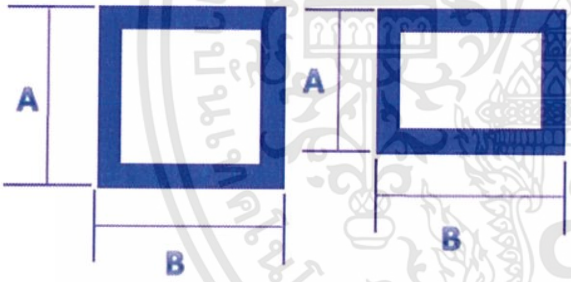
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบชุดหยอดข้าวสวย

ตารางที่ ก1 ขนาดสเตนเลสกล่อง (บริษัทอุดมกิจฟิตติ้งวาล์วจำกัด, 2556)

Outside Diameter (mm) A x B	wall thickness (mm) weight kg / m				Outside Diameter (mm) A x B	wall thickness (mm) weight kg / m			
	1.0 mm.	1.2 mm.	1.5 mm.	2.0 mm.		1.0 mm.	1.2 mm.	1.5 mm.	2.0 mm.
12.7 x 12.7	0.37	0.43	0.53	0.69	12 x 25	0.55	0.66	0.81	1.06
15.9 x 15.9	0.47	0.55	0.68	0.89	13 x 26	0.59	0.69	0.85	1.12
19.0 x 19.0	0.57	0.67	0.83	1.09	14 x 31	0.68	0.80	0.99	1.31
25.4 x 25.4	0.76	0.91	1.12	1.48	20 x 40	0.91	1.08	1.34	1.77
31.8 x 31.8	0.96	1.15	1.42	1.88	25 x 38	0.95	1.14	1.41	1.86
38.1 x 38.1	1.16	1.38	1.71	2.26	25 x 40	0.99	1.17	1.46	1.93
50.8 x 50.8	1.56	1.86	2.31	3.06	26 x 40	1.00	1.19	1.48	1.96
					18 x 50	1.04	1.24	1.54	2.03
					25 x 50	1.14	1.36	1.69	2.23
					26 x 80	1.63	1.95	2.43	3.22
					40 x 80	1.85	2.21	2.75	3.65
					50 x 100	2.32	2.77	3.45	4.59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ข้อมูลที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพ

ตารางที่ ข1 Sigma Level

PPM / SIGMA / Cpk Conversion Table

RECALL: PPM may or may not = DPMO. Only if each part has one defect type will they be the same value. If one PART has >1 defect opportunity then these values can be drastically different.

*Converting to Cpk from a sigma level is an estimation since Cpk uses the USL or LSL, whichever is closest to the process mean. The opposite side that is not accounted for may have a tail that is unaccounted for.

SIGMA LIMITS (long-term)	% POPULATION WITHIN LIMITS	PPM DEFECTIVE OUTSIDE LIMITS	Cpk*
+/- .6745 Sigma	50.00%	500,000	
+/- 1.00 Sigma	**68.27%**	**317,300**	**0.33**
+/- 2.00 Sigma	**95.45%**	**45,500**	**0.67**
+/- 2.36 Sigma	98.00%	20,000	0.79
+/- 3.00 Sigma	**99.73%**	**2,700**	**1.00**
+/- 3.12 Sigma	99.82%	1,800	1.04
+/- 3.19 Sigma	99.86%	1,400	1.06
+/- 3.23 Sigma	99.88%	1,200	1.08
+/- 3.29 Sigma	99.90%	1,000	1.10
+/- 3.35 Sigma	99.92%	800	1.12
+/- 3.54 Sigma	99.96%	400	1.18
+/- 3.71 Sigma	99.98%	200	1.24
+/- 3.89 Sigma	99.99%	100	1.30
+/- 4.00 Sigma	**99.9937%**	**63**	**1.33**
+/- 4.26 Sigma	99.9980%	20	1.42
+/- 4.42 Sigma	99.9990%	10	1.47
+/- 4.50 Sigma	**99.99966%**	**3.4**	**1.50**
+/- 4.75 Sigma	99.9998%	2	1.58
+/- 4.89 Sigma	99.9999%	1	1.63
+/- 5.00 Sigma	**99.99994%**	**0.6**	**1.67**
+/- 5.20 Sigma	99.99998%	0.2	1.73
+/- 5.32 Sigma	99.99999%	0.1	1.77
+/- 5.61 Sigma	99.999998%	0.02	1.87
+/- 5.73 Sigma	99.999999%	0.01	1.91
+/- 6.00 Sigma	**99.9999998%**	**0.002**	**2.00**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

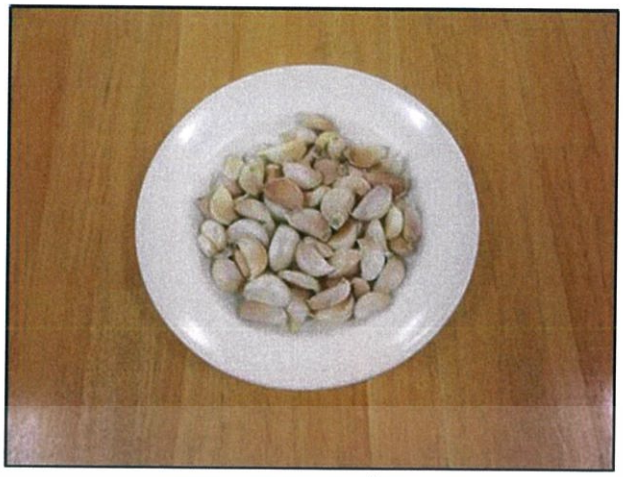
รูปวัตถุดิบและอุปกรณ์ต่างๆ

วัตถุดิบ

1. ปลาทู

2. ผักชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



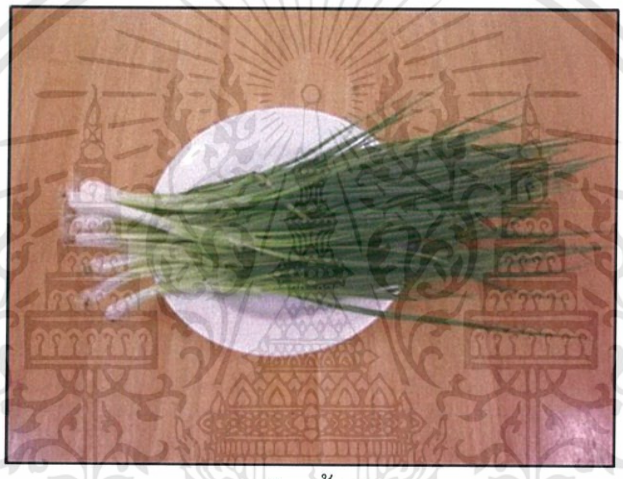
3. กระเทียม

4. หอมแดง

5. พริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข่า



7. ต้นหอม

8. ผักชี

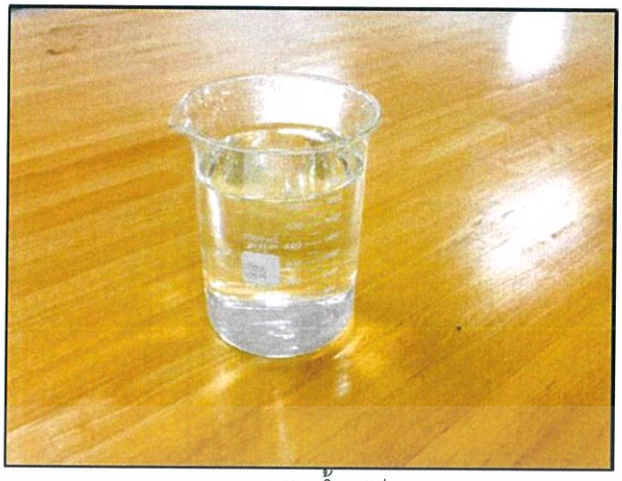
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. มะนาว

10. น้ำปลา

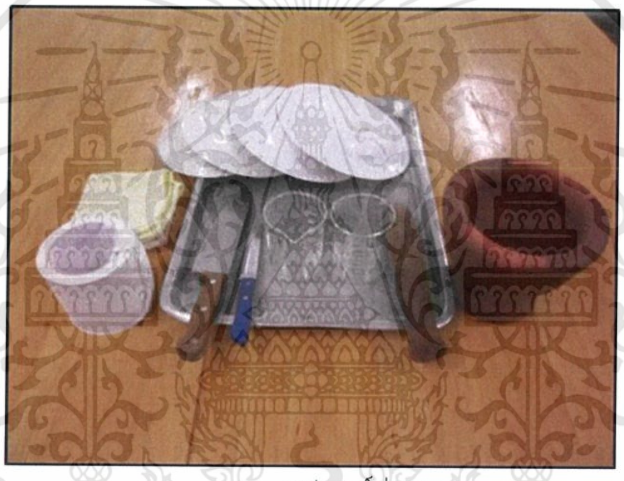
11. ข้าวสารหอมมะลิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



12. น้ำเปล่า

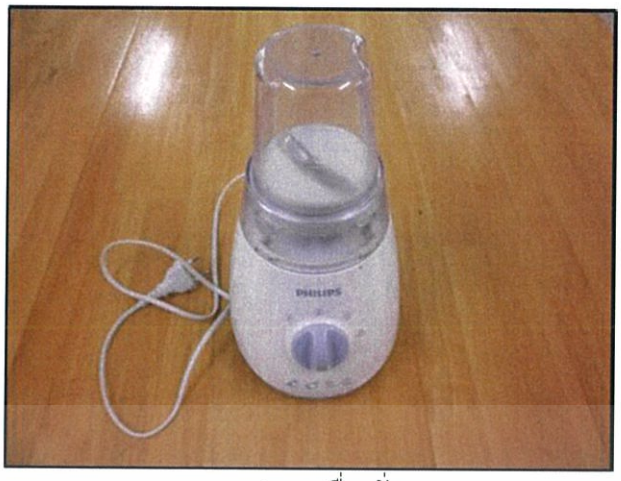
อุปกรณ์



1. อุปกรณ์ต่างๆ

2. ตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3. เครื่องปั่น

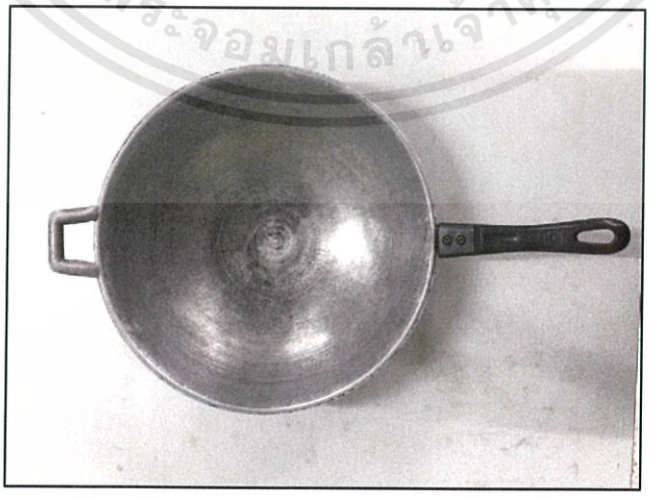
4. หม้อหุงข้าวและทัพพี

5. เขียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

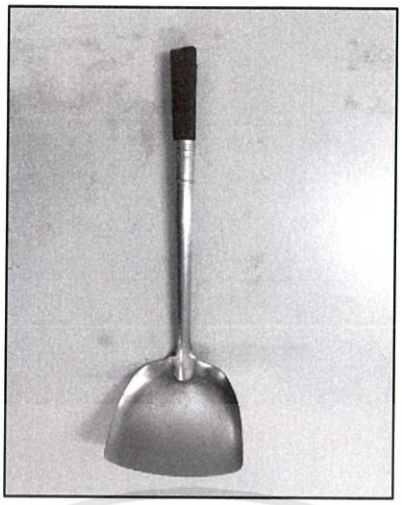
6. ช้อนและส้อม

7. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Ohaus model Adventure น้ำหนักสูงสุด 3100 g ความละเอียด 0.01g)



8. กระทะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

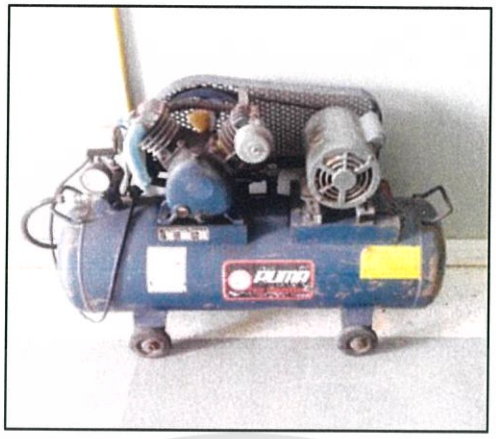


9. ตะหลิว

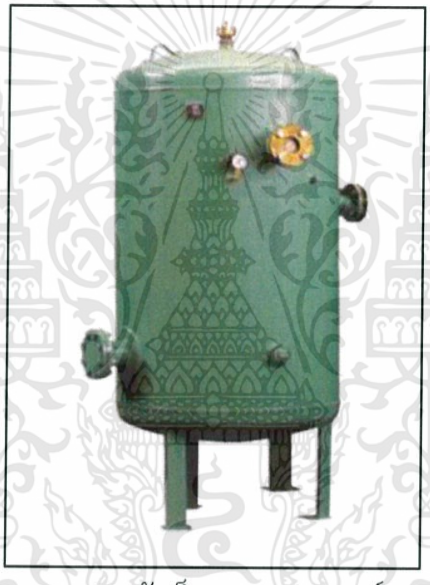
10. เตาแก๊ส

11. สายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



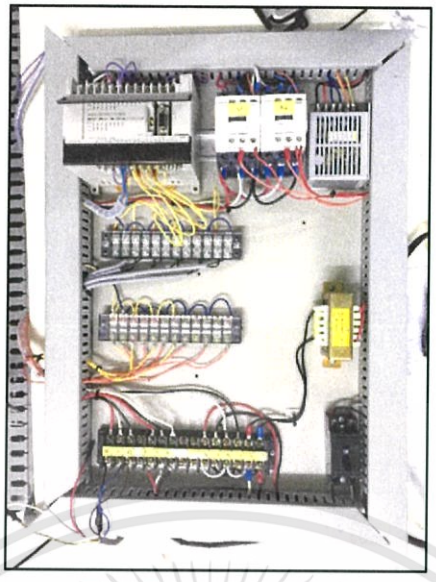
12. ถังลม ขนาด 16 บาร์



13. ถังเก็บลมขนาด 8 บาร์

14. อุปกรณ์ปรับแรงดันลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



15. แผงควบคุม

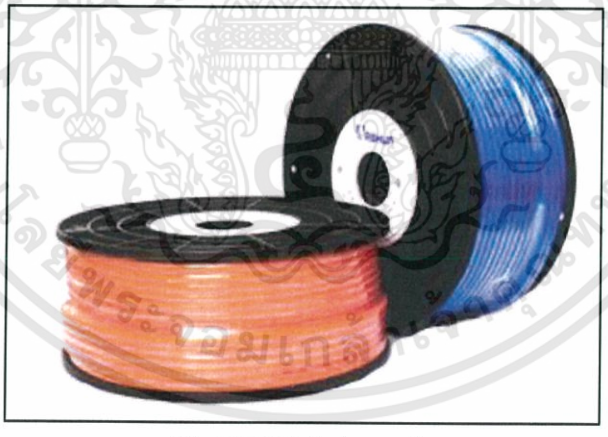
16. อินเวอร์เตอร์

17. เซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. ลิมิตสวิตช์

19. โซลินอยด์วาล์ว



20. สายลม Polyurethane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

EHEGD. (2558). Guidelines. 29 สิงหาคม 2559. http://www.ehedg.org

FRYNN. (2558). กระเทียม. 25 สิงหาคม 2559. http://frynn.com

FRYNN. (2558). ข่า. 25 สิงหาคม 2559. http://frynn.com

FRYNN. (2558). หอมแดง. 25 สิงหาคม 2559. http://frynn.com

FRYNN. (2558). พริก. 25 สิงหาคม 2559. http://frynn.com

Heiphar Engineering. (2550). ระบบสายพานลำเลียง. 25 สิงหาคม 2559. http://heiphar.blogspot.com

Hongthong Rice. (2558). ข้าวหอมมะลิ 100%. 25 สิงหาคม 2559. http://www.hongthongrice.com

L'AQUATECH Co.,LTD. (2553). ฉนวนกันความร้อน. 30 สิงหาคม 2559. http://www.laquatech.com

Mikell P. Groover. 2010. Principals of Modern Manufacturing 4/e SI Version. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.

Minitab Knowledge. (2556). Six sigma. 9 มกราคม 2560. http://www.minitabknowledge.com

omegathai. (2557). จาระบี โอเมก้า. 30 สิงหาคม 2559. http://www.omegathai.com

Plant Division 2 Directorate of Armament. (2557). ความรู้เบื้องต้นของ PLC. 25 สิงหาคม 2559. http://www.rtafshooting.com

samunpri. (2556). คุณประโยชน์ของปลาทู. 25 สิงหาคม 2559. http://www.samunpri.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

senso. (2552). sensor of fluid. 25 สิงหาคม 2559. http://sensor-of-fluid.exteen.com

SHyaun supply. (2554). อินเวอร์เตอร์คืออะไร, 25 สิงหาคม 2559. http://www.inverter.co.th

Siam intertech technology Co.,Ltd. (2558). สแตนเลสแต่ละเกรด. 30 สิงหาคม 2559. http://www.siamintertech.co.th

กรมทรัพย์สินทางปัญญา. (2553). ระบบสืบค้นสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร. 25 สิงหาคม 2559. http://patentsearch.ipthailand.go.th

กองทัพเรือ. (2554). ความรูเกี่ยวกับสเตนเลส. 25 สิงหาคม 2559. http://www.navy.mi.th

จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ. (2559). *การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง.* 23 กุมภาพันธ์ 2560. เอกสารการเรียนรู้วิชา STATISTICS FOR RESEARCH

ชุติมา กว้างนอก, พัชรา พานจันทร์, กริชศักดิ์ เจริญรัมย์. 2556. *ต้นแบบเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ปั่นปลาทู.* ปริญญานิพนธ์ในระดับปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

นายไทยศิริ เวทไว. (2556). เครื่องหยอดเมล็ดจากถาด. 25 สิงหาคม 2559. http://patentsearch.ipthailand.go.th

นายธีรชัย ไข่ทองแก้ว. (2549). เครื่องหยอดน้ำตาล. 25 สิงหาคม 2559. http://patentsearch.ipthailand.go.th/DIP2013

บริษัท นิภรรักษ์ เซอร์วิส จำกัด. (2555). กระบอกสูบ. 25 สิงหาคม2559. http://nipornrakservice.co.th

บริษัทอุดมกิจฟิตติ้งวาล์วจำกัด. (2556). สเตนเลสสี่เหลี่ยมเงา. [Online]. Available : http://www.udomkit.com

นายปิยะวัฒน์ ฐิตะสัทธาวรกุล. (2553). เครื่องขึ้นรูปเบอร์เกอร์ข้าวเหนียว. 25 สิงหาคม 2559. http://patentsearch.ipthailand.go.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายอัสนี รัตนวิจารณ์. (2556). เครื่องหยอดเมล็ดข้าว. 25 สิงหาคม 2559.
http://patentsearch.ipthailand.go.th

ประโยชน์ดอทคอม. (2558). ต้นหอม. 25 สิงหาคม 2559. http://prayod.com

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. (2557). การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส. 11 กุมภาพันธ์ 2560.
http://www.foodnetworksolution.com

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2556). เนื้อสัมผัส. 11 กุมภาพันธ์ 2560.
http://www.foodnetworksolution.com

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2554). กาว. 30 สิงหาคม 2559. http://kb.psu.ac.th

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. (2555). นิวเมติกส์. 25 สิงหาคม 2559. http://utcc2.utcc.ac.th

วิธาน. (2558). ซิกส์ซิกม่า. 11 กุมภาพันธ์ 2560. http://www.minitabknowledge.com

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2550). พลาสติกในชีวิตประจำวัน. 30 สิงหาคม 2559.
http://kanchanapisek.or.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้