

การพัฒนาเครื่องผลิตข้าวหน้าปลาทู
DEVELOPMENT OF PROTOTYPE OF E-SAN MACKEREL PASTE ON RICE MAKING
MACHINE

พิสุทธิ ศิริรักษ์
อากาศกร ทองมีเพชร
ศุภดิษฐ์ กังวลกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การพัฒนาเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลา

DEVELOPMENT OF PROTOTYPE OF E-SAN MACKEREL PASTE ON RICE MAKING
MACHINE

พิสุทธิ ศิริรักษ์
อาภากร ทองมีเพชร
ศุภดิษฐ์ กังวลกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

DEVELOPMENT OF PROTOTYPE OF E-SAN MACKEREL PASTE ON RICE MAKING
MACHINE

Pisoot Keereeruk
Apakorn Thongmeepech
Supadit Kangwonkit

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 2017

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์
การพัฒนาเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ
Development of Prototype of E-san Mackerel Paste on Rice
Making Machine

นักศึกษาผู้จัดทำ นายพิสุทธิ ศิริรักษ์ รหัสนักศึกษา 57010910
นางสาวอาภากร ทองมีเพชร รหัสนักศึกษา 57011564
นายศุภดิษฐ์ กังวลกิจ รหัสนักศึกษา 57011568

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร. ปานมนัส ศิริสมบุญ	

Thesis Title	Development of Prototype of E-san Mackerel Paste on Rice Making Machine		
Authors	Pisoot	Keereeruk	57010910
	Apakorn	Thongmeepech	57011564
	Supadit	Kangwonkit	57011568
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon		
Year	2017		

Abstract

Objective of this study was to develop the prototype of E-SAN mackerel paste on rice making machine that could be used and applied in industry. Prototype of E-SAN Mackerel paste on rice making machine had 3 parts which were mackerel paste sprinkling part, compressed part, and cutting part. In previous work of the machine had many problems, for example, cooked rice dropped part had low efficiency, the cutting part could not to completely cut to separate rice pieces, the three layers of cooked rice and paste was not stuck together after compressed, and the process of machine was not incessant.

In development, the components and process of the machine were changed for solving the problems by creating new PLC command and changed the pneumatic cylinder. New processes of E-SAN Mackerel paste on rice making machine had 3 steps. First step is compression of cooked rice in the tray by compressing part, after that put pasted mackerel paste on cooked rice layer, then compress two layers by compressing part and finally cutting the compressed rice and paste layer by cutting part. The performance of machine was evaluated by weigh, shape of pieces of mackerel paste on rice and duration of process. After that the efficiency of productivity was evaluated by number of good pieces and bad pieces

The result showed that average of the efficiency of productivity was 94.44%. Percent of error and defects per million were 5.56%. and 55,556 ,so defects per million in six sigma level was 2σ .

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และคำปรึกษาจากบุคคลหลายท่าน ตลอดทั้งให้ความรู้ในการทำโครงการแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนเครื่องมือ สถานที่และงบประมาณในการศึกษา ออกแบบ สร้างและทดสอบต้นแบบเครื่องในปริญญาโทฉบับนี้

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ปานมนัส ศิริสมบุญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้ความสนับสนุน แนะนำแนวทาง ให้ความกรุณาตรวจผลงานและแก้ไขข้อบกพร่องในเอกสารให้มีความสมบูรณ์ รวมถึงให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆอย่างเต็มที่ ขอขอบพระคุณ ดร.จิราพร ศรีภิญโญวิชย์ จงยิ่งเจริญ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรที่ถ่ายทอดวิชา ความรู้ต่างๆแก่คณะผู้จัดทำ ขอขอบคุณ คุณเจตนาพรรัตน์ สมผิว ตำแหน่งวิศวกรโครงการ บริษัท อีเทอร์นอลไรส์ ออโตเมชั่น จำกัด ที่ให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยแก้ปัญหาในการออกแบบวงจรควบคุมไฟฟ้าและโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่อง และขอขอบคุณ คุณรณชัย ภูถินโคก ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเต็มที่

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดาที่เลี้ยงดู อบรมสั่งสอนและให้การศึกษาย่างเต็มที่ ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ และยังให้กำลังใจ คำปรึกษาในทุกๆด้าน รวมถึงเป็นแรงผลักดันให้คณะผู้จัดทำในการทำสิ่งต่างๆให้ประสบความสำเร็จ

นายพิสุทธิ ศิริรักษ์
นางสาวอาภากร ทองมีเพชร
นายศุภชาติดี กังวลกิจ

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 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้าว	4
2.2 ปั่นปลาทุแบบแห้ง	4
2.3 ระบบนิวเมติกส์	5
2.4 Programmable Logic Controller	8
2.5 อินเวอร์เตอร์	9
2.6 สิทธิบัตรและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
3.1 วัสดุดิบ	11
3.2 อุปกรณ์	11
3.3 การออกแบบเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	12
3.3.1 เครื่องโรย	12
3.3.2 เครื่องอัด	13
3.3.3 เครื่องตัด	14
3.4 การออกแบบระบบควบคุมสำหรับเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	15
3.4.1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน	15
3.4.2 การทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	15
3.5 การหาขนาดและความสามารถในการทำงานกระบอกลูกสูบ	18
3.5.1 การหาขนาดกระบอกลูกสูบ	18
3.5.2 การหาแรงของกระบอกลูกสูบ	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
3.6 การเขียนคำสั่ง PLC ของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	19
3.6.1 Ladder diagram ของคำสั่งการทำงานเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	19
3.6.2 Instruction list ของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	22
3.7 วิธีการเตรียมข้าวสวยและป่นปลาทุ	23
3.7.1 วิธีการหุงข้าวและการเตรียมข้าวในการทดลอง	23
3.7.2 วิธีการเตรียมป่นปลาทุ	23
บทที่ 4 ผลการทดลอง	24
4.1 การดำเนินการปรับปรุงส่วนต่างๆของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	24
4.1.1 สายพาน	24
4.1.2 ที่ติดตั้งเซนเซอร์	24
4.1.3 เครื่องตัดชิ้นข้าว	24
4.1.4 ชุดคำสั่งพีแอลซี	24
4.2 วิธีการทดลองและผลการทดลอง	24
4.2.1 ทดสอบการทำงานของเครื่องโรยปลาทุ	24
4.2.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องตัดชิ้น	25
4.2.3 ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และระบบนิวเมติกส์	25
4.2.4 ทดสอบประสิทธิภาพในการผลิต	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและบทวิจารณ์	32
5.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	32
5.1.1 ทดสอบการทำงานของเครื่องโรยปลาทุ	32
5.1.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องตัดชิ้น	32
5.1.3 ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และระบบนิวเมติกส์	32
5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	32
5.3 ข้อเสนอแนะ	33
ภาคผนวก ก ผลของน้ำหนักชิ้นข้าวหน้าป่นปลาทุ	52
ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพ	35
ภาคผนวก ค รูปวัตถุดิบและอุปกรณ์ต่างๆ	36
เอกสารอ้างอิง	46

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1.1	2
ตารางที่ 2.1	4
ตารางที่ 4.1	24
ตารางที่ 4.2	25
ตารางที่ 4.3	25
ตารางที่ 4.4	26
ตารางที่ 4.5	28
ตารางที่ 4.6	28
ตารางที่ 4.7	29

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของกระบอกสูบลมชนิดทำงานทางเดียว	7
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของกระบอกสูบลมชนิดทำงานทางเดียว	7
รูปที่ 3.1 โครงของเครื่องโรย	12
รูปที่ 3.2 ชุดโรย	12
รูปที่ 3.3 รูปจริงของชุดโรย	12
รูปที่ 3.4 โครงของเครื่องอัด	13
รูปที่ 3.5 แผ่นกด	13
รูปที่ 3.6 รูปจริงของชุดอัด	13
รูปที่ 3.7 โครงของเครื่องตัด	14
รูปที่ 3.8 ชุดตัด	14
รูปที่ 3.9 รูปจริงของชุดตัด	14
รูปที่ 3.10 แผนผังลำดับการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	16
รูปที่ 3.11 แผนผังวงจรของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ	17
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงน้ำหนักของขึ้นข้าวหน้าป่นปลาทุแบบ box plot ในแต่ละการทดลอง	30
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงน้ำหนักของขึ้นข้าวหน้าป่นปลาทุแบบ box plot	30
รูปที่ 4.3 แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าพิสัยของน้ำหนักขึ้นข้าวหน้าป่นปลาทุที่จุดต่างๆบนภาคข้าว	31
รูปที่ 4.4 แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักขึ้นข้าวหน้าป่นปลาทุที่จุดต่างๆบนภาคข้าว	31

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ข้าวนอกจากเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยแล้วนั้นยังเป็นอาหารหลักของคนไทยมาช้านาน ข้าวของไทยที่ได้รับความนิยมมากนั้นคือข้าวที่มีความหอมนุ่มชวนรับประทานเป็นเอกลักษณ์ยังประกอบด้วยสารอาหารต่างๆมากมายอาทิเช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน โยอาหาร เป็นต้น

คนไทยส่วนใหญ่นั้นชื่นชอบอาหารที่มีรสเผ็ดและจัดจ้าน ซึ่งเมนูป่นปลาทุเป็นน้ำพริกของภาคอีสานที่มีรสชาติถูกปากคนไทยจนได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากวัตถุดิบที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง มีวิธีการทำที่ไม่ยุ่งยากและสามารถเก็บไว้ได้นาน อีกทั้งวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทำนั้นคือปลาทุซึ่งอุดมไปด้วยกรดไขมันโอเมก้าสามเป็นกรดไขมันจำเป็นที่มีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างและการทำงานของสมองโดยในเนื้อปลาทุ 100 กรัม นั้น มีปริมาณกรดไขมันโอเมก้าอยู่ประมาณ 2-3 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่ร่างกายต้องการในหนึ่งวัน

เมนูข้าวหน้าป่นปลาทุนั้นถือเป็นเมนูที่น่าสนใจอย่างมากเนื่องจากเนื่องจากมีรสชาติที่ถูกปากคนไทยและมีสารอาหารหลากหลายชนิด ทำให้มีการจัดทำต้นแบบเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุโดยมีการออกแบบสร้าง และทดสอบเมื่อปีการศึกษา 2556 ตามปริญญาานิพนธ์เรื่องต้นแบบเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ (ชุตติมา กว้างนอก, พัชรา พานจันทร์, กริชศักดิ์ เจริญรัมย์.2556) มีส่วนประกอบคือ ชุดหยอดข้าว ชุดอัดข้าว ชุดหยอดป่นปลาทุและชุดตัด ต่อมาปี 2557 ได้มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดข้าวหน้าป่นปลาทุ (ธนากร คำฟู, สุรพงษ์ กาญจนเลิศชัย, ฌภัสสณฑ์ ศักดิ์เสงี่ยม.2557) ซึ่งประกอบไปด้วย ชุดกระทุ้งข้าว ชุดใบมีดตัดและกระบอกสูบล้างระบบนิวเมติกส์และควบคุมด้วยระบบ PLC จากผลการทดลองได้พบว่าได้ขึ้นดี 100% ใช้ระยะเวลาตัด 7 วินาทีต่อครั้ง ต่อมาได้มีการออกแบบและพัฒนาชุดโรย (พิชชาพร สวาสนา, รณชัย ภูถิณโคก, สุมาลี แก้วทอง. 2558) พบว่าชุดโรยมีค่าประสิทธิภาพ 88.61% และมีค่า Sigma level เท่ากับ 2.7 σ ซึ่งแสดงถึงจำนวนชิ้นเสียมากถึง 116,667 ชิ้นต่อ 1,000,000 ชิ้นและเมื่อมีการทดสอบอีกครั้งในการออกแบบและพัฒนาชุดหยอดข้าวในปี 2559 (ชุตติมา พนมโสภณ, ธัชธัญญา พงษ์ศิริ, สุภกานต์ มะลี 2559) พบว่าชุดหยอดข้าวทำงานได้ประสิทธิภาพน้อย สายพานเดินเครื่องตรอง ชุดตัดไม่สามารถตัดข้าวให้ขาดได้ครบทุกชิ้น การอัดขึ้นข้าวแบบเดิมทำให้ข้าวแยกชั้นออกจากกัน และเครื่องยังทำงานไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งชุดโรยที่มีค่าประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ

โครงการวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษา แก้วไข และทดสอบเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ เพื่อใช้ในการผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุสำหรับผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยหลักการทฤษฎีของระบบนิวเมติกส์ ทฤษฎีของ Programmable Logic Controller และทฤษฎีของระบบเซนเซอร์ ตัวเครื่องจะใช้สายพานในการเคลื่อนที่ลาดข้าวไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงาน 1 ครั้ง มีกระบวนการทั้งหมดมี 5 ขั้นตอนคือขั้นแรกเป็นข้าวซึ่งป้อนลงบนลาดด้วยมือ ขั้นที่สองโรยอัดด้วยชุดอัดข้าว ขั้นที่สามโรยป่นปลาทุด้วยชุดโรย จากนั้นอัดด้วยชุดอัดข้าว และขั้นสุดท้ายตัดด้วยเครื่องตัดซึ่งจะได้ปริมาณข้าวหน้าป่นปลาทุขนาด 18 x 24 x 4 ลูกบาศก์เซนติเมตรจำนวน 36 ชิ้นต่อ 1 รอบการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์

แก้ไขเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุให้สามารถทำงานได้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ใช้ข้าวหอมมะลิเป็นวัตถุดิบในการทำข้าวหน้าป่นปลาทุ โดยใช้ขนาดถาดบรรจุ 22x27x7 cm³
2. ปรับปรุงโครงสร้างและชุดคำสั่งของสายพาน ชุดโรย ชุดอัดข้าวและชุดตัดข้าวให้สามารถทำงานได้อย่างสม่ำเสมอ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุอัตราในการผลิตเพิ่มขึ้น
2. ผลผลิตที่ได้จากเครื่องหน้าป่นปลาทุ มีรูปร่างสมบูรณ์
3. เครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุเป็นเครื่องต้นแบบในโรงงานอุตสาหกรรม

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.5.1 ตรวจสอบต้นแบบเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ
- 1.5.2 ศึกษาอัตราส่วนของน้ำและข้าวการหุงข้าวให้ได้ข้าวสวยเหมาะต่อการผลิต
- 1.5.3 ศึกษาวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบนิวเมติกส์ควบคุมด้วยลม และระบบควบคุมด้วย PLC
- 1.5.4 เขียนแบบส่วนต่างๆของเครื่องด้วยโปรแกรมสร้างแบบ
- 1.5.5 ทดลองเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุด้วยโปรแกรมคำสั่งใหม่
- 1.5.6 วิเคราะห์ ปรับแก้เครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ หากมีปัญหาเกิดขึ้น
- 1.5.7 เขียนโปรแกรม PLC ในการควบคุมเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ
- 1.5.8 ติดตั้งระบบนิวเมติกส์ควบคุมด้วยลมและระบบควบคุมด้วย PLC ใหม่
- 1.5.9 ทดสอบและปรับปรุงระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของชุดโรย ชุดอัด และชุดตัด
- 1.5.10 ทดสอบการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุตัวเปล่า
- 1.5.11 ทดสอบการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุขณะมีภาระ
- 1.5.12 สรุปและรายงานผลการทดลอง
- 1.5.13 เขียนปริญญานิพนธ์

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี/เดือน									
	พ.ศ.2560					พ.ศ.2561				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ตรวจสอบการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ(เดิม)	X	X								
2.ออกแบบแผงวงจร PLC ใหม่		X	X							

3.ปรับปรุงสายพานเดินเครื่อง ผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ		X	X							
4.ปรับปรุงชุดคำสั่งการทำงาน และระบบนิเวติกส์ของเครื่อง ผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ		X	X	X						
5.ตรวจสอบการทำงานของเครื่อง ผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ		X	X	X	X					
6.แก้ไขปัญหาหลังจากการตรวจ สอบ(หากพบ)		X	X	X	X	X				
7.จัดทำรูปเล่มและพรีเซนเทชั่น							X	X		

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

สามารถจำแนกประเภทตามคุณสมบัติเมล็ดข้าวสุกได้ 2 ประเภท (ชาญ มงคล, 2536) คือข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ความแตกต่างของทั้งสองคือสีของเมล็ดข้าว วิธีการหุงสุกและเนื้อสัมผัส ข้าวเจ้านั้นยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดโดยแบ่งตามปริมาณของอะไมโลสคือข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มเหนียว และข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งร่วน โดยจากการทดลองการเก็บรักษาและการใช้ความร้อนขึ้นต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวและแป้งข้าว (นราพร ดาลัย, 2553) โดยที่ค่าเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดชนิดและคุณสมบัติของข้าวที่จะนำมาใช้ในการผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ

ตารางที่ 2.1 ตารางค่าคุณสมบัติต่างๆของข้าวหอมมะลิ

คุณสมบัติต่างๆ	ข้าวหอมมะลิ
ปริมาณอะไมโลส	5-20 %
ค่าความแข็ง	16000 g
ค่าความเหนียว	40 g
เวลาที่ใช้ในการหุงสุก	8-12 นาที
อัตราการขยายตัวหลังหุงสุก	1-2 เท่า
ราคา (บาท/กก)	40

2.2 ป่นปลาทุแบบแห้ง

ป่นปลาทุแบบแห้งเป็นอาหารซึ่งดัดแปลงมาจากป่นปลาทุ ซึ่งเป็นอาหารที่นิยมของภาคอีสานสามารถทำได้ง่ายเนื่องจากวัตถุดิบที่มีอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด เนื้อปลาทุนั้นอุดมไปด้วยโอเมก้า 3 ที่มีประโยชน์ต่อการทำงานของสมองและระบบประสาทและด้วยรสชาติที่จัดจ้าน จึงได้มีการเผยแพร่วัตถุดิบและวิธีการทำขึ้น โดย(ชุตินา กว้างนอก, พัชรา พานจันทร์ และกริชศักดิ์ เจริญรัมย์, 2556) มีวัตถุดิบและวิธีการดังนี้

2.2.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำป่นปลาทุ มีดังนี้

- 1) ผักชี 50 กรัม
- 2) ต้นหอม 100 กรัม
- 3) กระเทียม 128 กรัม
- 4) พริก 30 กรัม
- 5) ข่า 100 กรัม
- 6) น้ำมันงา 30 กรัม
- 7) หอมแดง 130 กรัม

- 8) น้ำปลา 3 ซ้อนโต๊ะ
- 9) เนื้อปลาทุ 400 กรัม

2.2.2 ขั้นตอนการทำป่นปลาทุแบบแห้ง

- 1) นำปลาทุไปอบหรือปิ้งเพื่อให้เนื้อปลาทุแห้ง และแกะเนื้อออก
- 2) นำพริก หอมแดง กระเทียม ต้นหอม ผักชี และข่า ไปคั่วในกระทะจนมีกลิ่นหอม แล้วนำไปโขลกรวมกันอย่างหยาบ
- 3) นำปลาทุไปปั่นให้ละเอียด แล้วนำมาโขลกรวมกันกับวัตถุดิบที่ตำไว้
- 4) ใส่น้ำมะนาวและน้ำปลาลงไป แล้วตำให้เข้ากัน
- 5) นำป่นปลาทุที่ได้จากการตำไปปั่นในเครื่องปั่นอีกรอบ จะได้ป่นปลาทุที่มีลักษณะเปียก
- 6) นำป่นปลาทุที่ได้จากการปั่นไปคั่วจนป่นปลาทุแห้ง

2.3 ระบบนิวเมติกส์ (E-learning pneumatic, 2556)

ระบบนิวเมติกส์ หมายถึง ระบบที่ใช้อากาศเป็นตัวทำงานในการส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรต่างๆ ให้ทำงานหรือเกิดการเคลื่อนที่ เช่น กระบอกลูกสูบหรือมอเตอร์ลม

การทำงานของระบบนิวเมติกส์จะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ๆ ได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่นอกวงจรและส่วนที่อยู่ในวงจร อุปกรณ์ในส่วนที่อยู่นอกวงจรได้แก่ เครื่องอัดลม ถังเก็บลม เครื่องระบายความร้อน เครื่องกรองในท่อหลัก เครื่องทำลมแห้ง เป็นต้น และอุปกรณ์ที่อยู่ในวงจรได้แก่ เครื่องกรองลมอัด วาล์วควบคุมความดัน อุปกรณ์เติมน้ำมันหล่อลื่นอุปกรณ์ทั้ง 3 ตัวนี้รวมกันเรียกว่า ชุดบริการลมอัด (service unit) ตัวเก็บเสียง วาล์วควบคุมทิศทางไหลของลม วาล์วควบคุมความเร็วหรือวาล์วควบคุมอัตราการไหล และกระบอกลูกสูบลม เป็นต้น (E-learning pneumatic, 2556)

2.3.1 ข้อดี-ข้อเสียของลมอัด (E-learning pneumatic, 2556)

ข้อดีของลมอัด

- 1) ลมอัดมีปริมาณไม่จำกัดในทั่วทุกบริเวณ เพราะมีอยู่ทั่วไป
- 2) ลมอัดสามารถส่งผ่านไปตามท่อที่มีระยะทางไกลได้ง่ายและไม่ต้องส่งกลับมา สามารถปล่อยทิ้งในบรรยากาศได้หลังจากใช้งานแล้ว
- 3) สามารถกักเก็บลมอัดไว้ในถังเก็บได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ตามต้องการ
- 4) ลมอัดไม่เกิดการระเบิดหรือติดไฟได้ง่ายเมื่อมีการรั่วซึม ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องมีอุปกรณ์พิเศษเพื่อใช้ในการป้องกันการระเบิด
- 5) ลมอัดมีความเสถียรต่อการเบี่ยงเบนของอุณหภูมิ มีความแน่นอนในการทำงานสูง แม้จะอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงก็ตาม
- 6) เครื่องมือและอุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์มีโครงสร้างแบบง่าย ทำให้มีราคาถูก ทนทาน และซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย
- 7) ลมอัดมีความเร็วสูง ดังนั้นอัตราการความเร็วในการทำงานก็จะสูงด้วย
- 8) สามารถควบคุมความเร็ว ความดัน และแรงของลมอัดในระบบนิวเมติกส์ได้ตามต้องการ

ข้อเสียของลมอัด

- 1) ลมอัดมีความชื้นและฝุ่นละออง จึงต้องมีอุปกรณ์กรองความชื้นและฝุ่นละอองก่อนนำไปใช้งาน
- 2) ลมอัดมีเสียงดังขณะระบายทิ้ง จึงต้องมีอุปกรณ์เก็บเสียง
- 3) ความดันของลมอัดเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ไม่สม่ำเสมอ
- 4) ลมอัดทำงานได้ที่ความดันจำกัด ประมาณ 7 bar หรือได้แรงในช่วง 20,000 - 30,000 นิวตัน

5) ลมอัดเป็นตัวกลางที่ราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเปลี่ยนแปลงพลังงานอื่นๆ

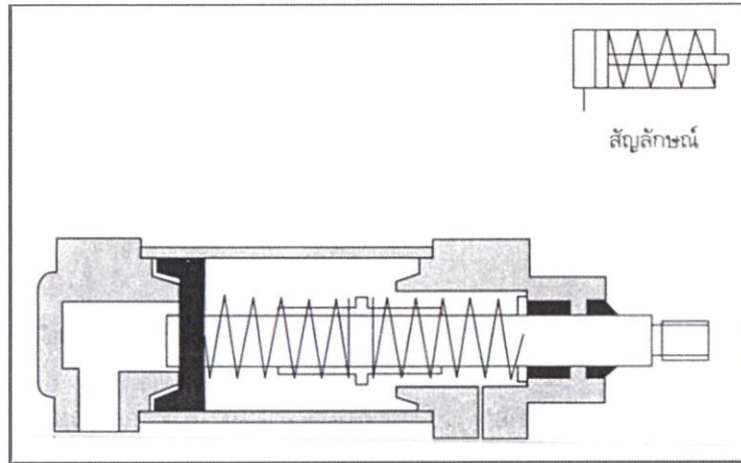
2.3.2 ส่วนประกอบของระบบนิวแมติกส์ (E-learning pneumatic, 2556)

- 1) มอเตอร์หรือเครื่องยนต์
- 2) เครื่องอัดอากาศ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแรงดัน (ลมอัด) ที่มีความดันสูง
- 3) เครื่องระบายความร้อนลมอัด ทำหน้าที่ระบายความร้อนลมอัดก่อนนำไปใช้งานเนื่องจากอากาศ ที่ถูกอัดให้มีความดันสูงจะทำให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้นตามไปด้วย
- 4) เครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด ทำหน้าที่กรองลมอัดก่อนนำไปใช้งานเนื่องจากอากาศมีความชื้นและฝุ่นละออง
- 5) ถังเก็บลมอัด ทำหน้าที่เก็บกักลมที่ทำการอัดและจ่ายลมออกด้วยความดันสม่ำเสมอ
- 6) เครื่องทำอากาศแห้ง ทำหน้าที่กำจัดความชื้นออกจากลมอัดป้องกันการเกิดหยดน้ำกลั่นตัวในระบบซึ่งจะทำความเสียหายให้อุปกรณ์อื่นได้
- 7) อุปกรณ์กรองลม ทำหน้าที่คล้ายเครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด
- 8) ชุดควบคุมและปรับคุณภาพลมอัด ติดตั้งใกล้กับอุปกรณ์ทำงานหรือเครื่องจักรเพื่อรองความชื้น ปรับความดันของลมอัด และผสมน้ำมันหล่อลื่นก่อนใช้งาน ประกอบด้วย
 1. อุปกรณ์กรองลม ทำหน้าที่กรองลมให้สะอาดและดักความชื้น
 2. อุปกรณ์ควบคุมความดันลมอัด ทำหน้าที่รักษาความดันใช้งานให้อยู่คงที่ ถึงแม้ความดันต้นทางจะเปลี่ยนแปลง
 3. อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น ทำหน้าที่ผสมน้ำมันหล่อลื่นให้กับลมอัดเพื่อป้องกันการเสียดสีของอุปกรณ์ทำงานที่มีการเคลื่อนที่ในระบบ
- 9) อุปกรณ์ควบคุมทิศทางลมอัด ได้แก่ วาล์วชนิดต่างๆ ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนทิศทางการทำงานของระบบ ประกอบด้วย
 1. วาล์วควบคุมทิศทาง ทำหน้าที่ควบคุมลูกสูบเคลื่อนที่เข้าหรือเคลื่อนที่ออก
 2. วาล์วปรับความเร็ว ทำหน้าที่ควบคุมลมอัดให้มีปริมาณมากน้อยตามต้องการทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าหรือเร็ว ได้แก่ วาล์วปรับอัตราการไหลและวาล์วคายโอเสีย
- 10) อุปกรณ์ทำงาน ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแรงดัน(ลมอัด)เป็นพลังงานกล ได้แก่ กระบอกสูบและมอเตอร์ลม
 - กระบอกสูบลม

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานของลมอัดให้เป็นพลังงานกลให้มีการทำในแนวเส้นตรง โดยมีส่วนประกอบคือ ลูกสูบ ก้านสูบ ฝาครอบหัวท้าย บูชก้านสูบและสปริงก้านสูบ กระบอกสูบที่นิยมใช้กันมากแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ กระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว และกระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง

 1. กระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว

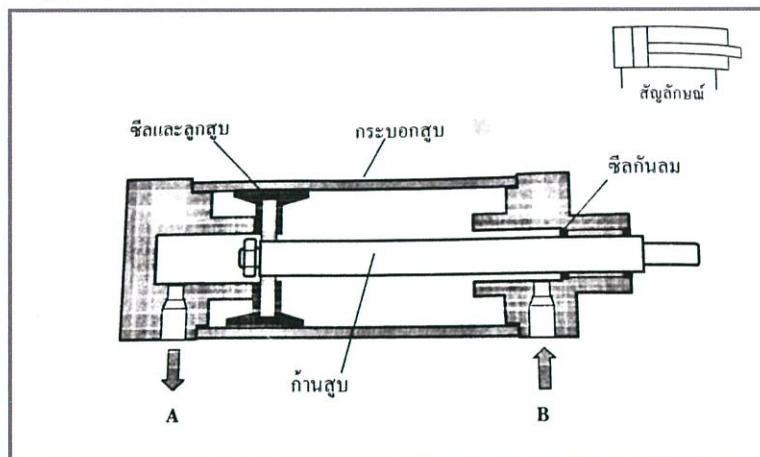
เป็นอุปกรณ์ทำงานที่ให้แรงในแนวตรงและทำงานในทิศทางเดียว ขณะที่ก้านสูบวิ่งออกจะดันให้สปริงภายในกระบอกสูบยุบตัว เมื่อตัดสัญญาณลมที่ป้อนเข้ากระบอกสูบให้วิ่งออก สปริงที่ยุบตัวจะคลายตัวออกมาพร้อมกับดันให้ลูกสูบถอยกลับมายู่ในตำแหน่งเดิม โดยกระบอกชนิดนี้จะมีรูต่อลมเพียงรูเดียวอยู่ทางด้านลูกสูบ ส่วนอีกรูหนึ่งที่อยู่ทางด้านก้านสูบเป็นรูระบายลมเท่านั้น (E-learning pneumatic, 2556)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของกระบอกสูบลมชนิดทำงานทางเดียว

2. กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง

เป็นอุปกรณ์ทำงานที่ให้แรงในแนวตรงทั้งจังหวะเข้าและจังหวะออก กระบอกสูบชนิดนี้จะไม่สปริงอยู่ภายในกระบอกสูบ ดังนั้นการให้ลูกสูบวิ่งออกจึงต้องเอาลมอัดใส่เข้าไปทางด้านลูกสูบและการให้ลูกสูบเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิมก็ต้องอัดลมใส่เข้าไปทางด้านสูบ โดยโครงสร้างของกระบอกสูบทำงานสองทางส่วนใหญ่จะเหมือนกับกระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว ส่วนประกอบของระบบนิวแมติกส์ส่วนประกอบของระบบนิวแมติกส์ (E-learning pneumatic, 2556)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของกระบอกสูบลมชนิดทำงานทางเดียว

- มอเตอร์ลม

เป็นอุปกรณ์ที่มีแกนกลางหมุนด้วยลมอัดนิยมใช้ในงานที่มีการกระแทกสูง เช่น ส่วนเจาะปูนซีเมนต์หรือในบริเวณที่ไม่ต้องการให้เกิดประกายไฟจากมอเตอร์ไฟฟ้า โดยข้อแตกต่างระหว่างมอเตอร์ลมและกระบอกสูบคือ กระบอกสูบไม่สามารถหมุนเกิน 360 องศา แต่มอเตอร์ลมสามารถหมุนได้รอบเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้า

11) อุปกรณ์เก็บเสียงหรือตัวเก็บเสียง ทำหน้าที่กรองเสียงลมหรือเก็บเสียงลมอัดที่ออกจากรูระบายลมทิ้งไม่มีเสียงดัง

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

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control: PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) และเครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้นลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบด้วย

1) ตัวประมวลผล (CPU)

ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์ ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต (Plant Division 2 Directorate of Armament, 2557)

2) หน่วยความจำ (Memory Unit)

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสถานะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ RAM และ ROM (Plant Division 2 Directorate of Armament, 2557)

- RAM

ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่ขนาดเล็กต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมากเพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยครั้ง (Plant Division 2 Directorate of Armament, 2557)

- ROM

ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM โดยไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน (Plant Division 2 Directorate of Armament, 2557)

3) หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit)

3.1 หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป (Plant Division 2 Directorate of Armament, 2557)

3.2 หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น (Plant Division 2 Directorate of Armament, 2557)

4) แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Plant Division 2 Directorate of Armament, 2557)

5) อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

- PROGRAMMING CONSOLE เป็นอุปกรณ์ป้อนโปรแกรมแบบมือถือเป็นตัวอ่านและเขียน Instruction list ให้กับ PLC (Plant Division 2 Directorate of Armament, 2557)

- EPROM WRITER เป็นหน่วยความจำที่สามารถลบ แก้ไข หรือเขียนซ้ำได้และสามารถกระทำได้หลายครั้ง ข้อมูลจะถูกบันทึกโดยการให้สัญญาณที่มีแรงดันสูงเข้าไปใน EPROM ในการลบข้อมูลใน EPROM นั้นจะต้องทำการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตผ่านกระจกแสงเข้าไป เมื่อฉายแสงไปสักครู่ข้อมูลภายในก็จะถูกลบทิ้ง (Plant Division 2 Directorate of Armament, 2557)

2.5 อินเวอร์เตอร์ (SHyaun supply, 2554)

หลักการการทำงานของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) จะแปลงไฟกระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น และผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์ โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับมีรูปคลื่นไซน์ แต่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปไซน์ นอกจากนั้นยังมีชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของ 3-phase Induction motor (SHyaun supply, 2554)

โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (SHyaun supply, 2554)

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

จากหลักการการทำงานของอินเวอร์เตอร์ เราจึงเลือกมาใช้ในการขับเคลื่อนสายพานของเครื่องผลิตข้าวยัดไส้ป่นปลาหู

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ต้นแบบเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ

จากการสืบค้นปฏิญานปี 2556 พบข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ (ชุดีมา กว่างนอก,พัชรา พานจันทร์,กริชศักดิ์ เจริญรัมย์.2556) โดยมีชุดการทำงานดังนี้ 1) ชุดหยุดข้าวสวย 2) ชุดอัดข้าว 3) ชุดหยุดป่นปลาทุ 4) ชุดตัด 5) ถาดใส่ผลิตภัณฑ์ และทดสอบความสามารถของเครื่องได้อัตราการผลิต 576 ชิ้นต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการผลิตเท่ากับ 75% ประสิทธิภาพของการหยุดป่นปลาทุเท่ากับ 83.33%

2. การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดชิ้นข้าวหน้าป่นปลาทุ

จากการสืบค้นปฏิญานปี 2557 ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดข้าวหน้าป่นปลาทุ (ธนากร คำฟู, สุรพงษ์ กาญจนเลิศชัย และณภัสนันท์ ศักดิ์เสงี่ยม. 2557) ซึ่งประกอบไปด้วย ชุดกระทุ้งข้าว ชุดใบมีดตัดและกระบอกสูบซึ่งควบคุมด้วยระบบ PLC ในการตัดข้าวหน้าป่นปลาทุให้มีขนาด กว้าง 190 ม.ม. ยาว 254 ม.ม. หนา 40 ม.ม.ได้จำนวน 36 ชิ้นต่อการตัด 1 ครั้ง และใช้ระยะเวลาการตัด 7 วินาทีต่อ 1 ครั้ง เพื่อให้ได้ชิ้นดี 100%

3. การพัฒนาชุดโรยป่นปลาทุสำหรับเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ

จากการสืบค้นปฏิญานปี 2558 พบข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาและออกแบบชุดโรยป่นปลาทุ (ชพิชชาพร สวาสนา, รณชัย ภูถินโคก, สุมาลี แก้วทอง. 2558) และทำการทดสอบได้ประสิทธิภาพในการโรยเท่ากับ 88.61% ความสม่ำเสมอในการโรยหาได้จากค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาป่นปลาทุที่โรยบนถาด ซึ่งได้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39 มิลลิเมตร จากการนับจำนวนชิ้นเสีย เมื่อนำ Defects per million (DPM) ไปเปรียบเทียบกับตาราง Sigma Level พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.7 σ แสดงได้ว่าการผลิตจำนวน 1,000,000 ชิ้น จะมีชิ้นที่เสียอยู่ 116,667 ชิ้น

4. การพัฒนาชุดหยุดข้าวสำหรับเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ

จากการสืบค้นปฏิญานปี 2559 พบข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาและออกแบบชุดหยุดข้าวสำหรับเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ (ชุดีมา พนมโสภณ,ธรรณิญา พงษ์ศิริ, สุภกานต์ มะลี,2559) ได้ทำการออกแบบ แก๊วและทดสอบชุดหยุดข้าว ซึ่งชุดการทำงานประกอบด้วยถังใส่ข้าว กระบอกนิวเมติกส์ และช่องสำหรับกักเก็บข้าว โดยการทดสอบการทำงานของชุดหยุดข้าวได้ผลดังต่อไปนี้ ในการทำงาน 1 รอบ ชุดหยุดข้าวสวยทำงานได้เพียง 73.61%และสามารถหยุดปริมาณข้าวได้เพียง 80% ของพื้นที่ถาด ทำให้ได้ชิ้นดี 26.5 ชิ้นจากจำนวนทั้งหมด 36 ชิ้น

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 วัตถุดิบสำหรับทำป่นปลา

1. ผักชี 50 กรัม
2. ต้นหอม 100 กรัม
3. กระเทียม 100 กรัม
4. พริก 100 กรัม
5. ข่า 50 กรัม
6. น้ำมันงา 50 กรัม
7. หอมแดง 100 กรัม
8. น้ำปลา 5 ซ้อนโต๊ะ
9. เนื้อปลา 500 กรัม

3.1.2 วัตถุดิบสำหรับข้าวสวย

1. ข้าวสวยหอมมะลิใหม่ต้นฤดู (หงส์ทอง,Thailand)
2. น้ำ 890 กรัม

3.2 อุปกรณ์

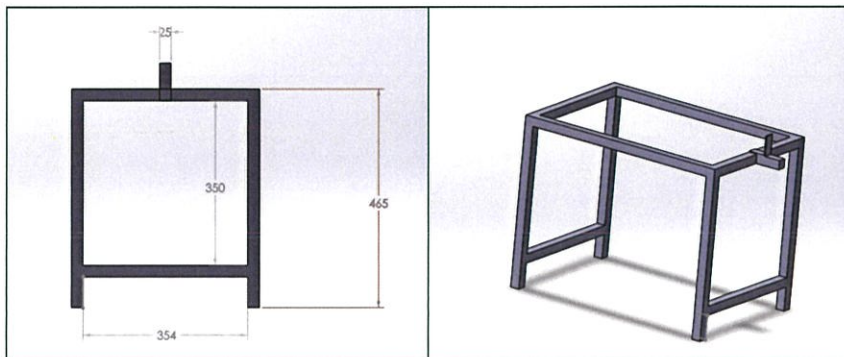
1. หม้อหุงข้าว (Toshiba,RC-10MM,Thailand)
2. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล (Ohaus,ACR120,China)
3. เตาอบ (Electrolux,EOT4805K,Thailand)
4. เครื่องปั่นอาหารไฟฟ้า (Philips,HR2115,Thailand)
5. ตู้แช่แข็ง (Panasonic,SF-PC997,Thailand)
6. สายพาน (ขนาดหน้ากว้าง 380 mm)
7. ถังลมขนาด 16 บาร์ (Puma,PP-2,Thailand)
8. ถังพักลมขนาด 8 บาร์
9. แผงติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม
10. อินเวอร์เตอร์ (Schneider Electric,iC60N,Thailand)
11. เซนเซอร์
12. โซลินอยด์วาล์ว
13. PLC (Omron,CPM2A,)
14. กระบอกสูบลม (Airtac,MI-40x100-S-CM-P,Taiwan)
15. สายลม Polyurethane

3.3 การออกแบบเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลา

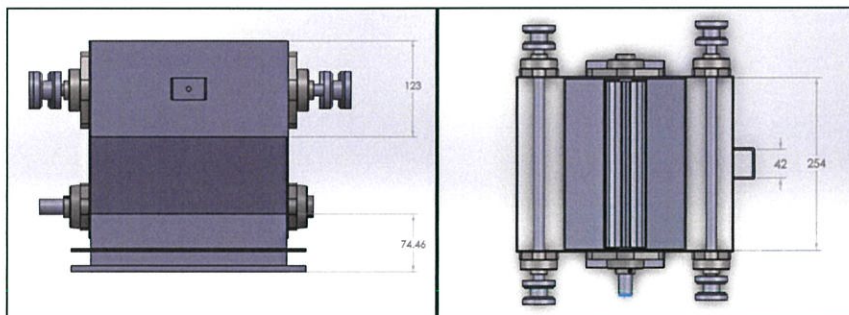
เครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาประกอบไปด้วย 3 ส่วนการทำงานด้วยกัน คือ เครื่องโรย เครื่องอัด และเครื่องตัด ซึ่งแต่ละส่วนมีการออกแบบดังนี้

3.3.1 เครื่องโรย

ประกอบไปด้วยถังใส่ป่นปลาту แกนโรยป่นปลาту เพลาล้อสำหรับเคลื่อนที่ชุดโรยที่อยู่บนรางของโครงเครื่องโรย โดยถังใส่ป่นปลาตุปากถึงด้านบนมีขนาด 170 mm ความยาวภายใน 250 mm ความสูง 123 mm มีปริมาตรเท่ากับ 9059.25 cm³ ซึ่งทำจากสแตนเลสเบอร์ 304 แกนโรยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 mm ยาว 257 mm มีช่องโรยทั้งหมด 16 ช่องทำจากเทฟลอน



รูปที่ 3.1 โครงของเครื่องโรย



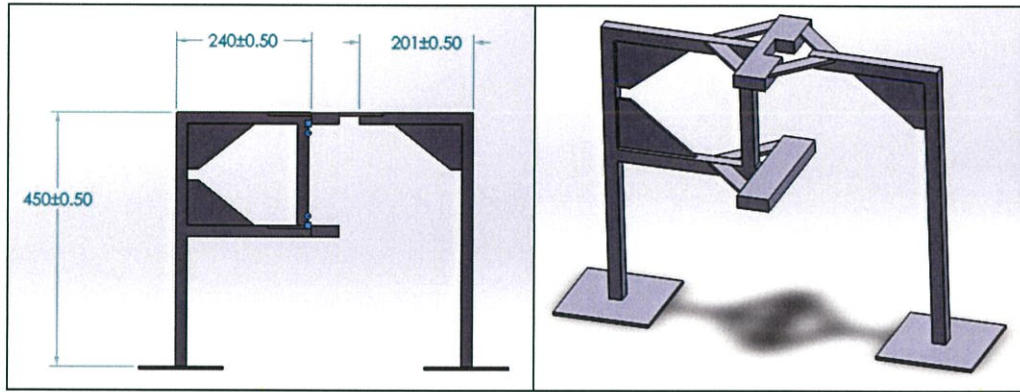
รูปที่ 3.2 ชุดโรย



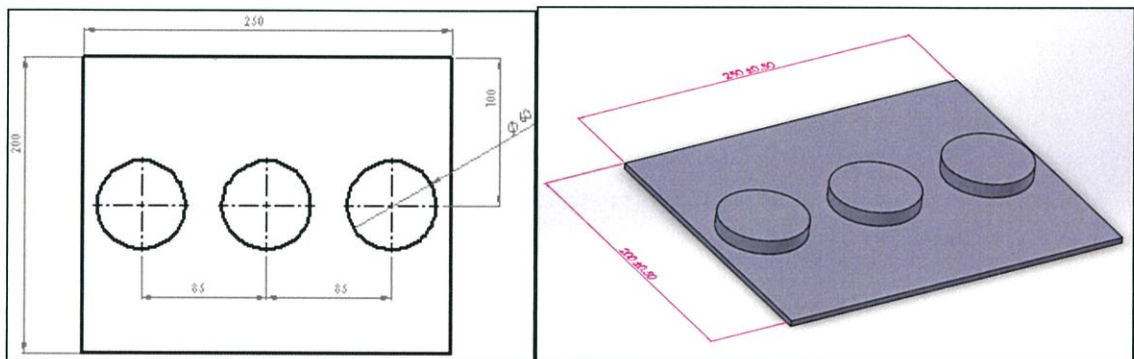
รูปที่ 3.3 รูปจริงของชุดโรย

3.3.2 เครื่องอัด

ประกอบไปด้วยแผ่นอัดขนาด $245 \times 185 \times 4$ mm ทำจากสแตนเลสเบอร์ 304 และโครงของชุดอัดที่ทำจากเหล็กกล่องขนาด 18×18 โดยมีขนาดตามที่แสดงในภาพที่ 3.3



รูปที่ 3.4 โครงของเครื่องอัด



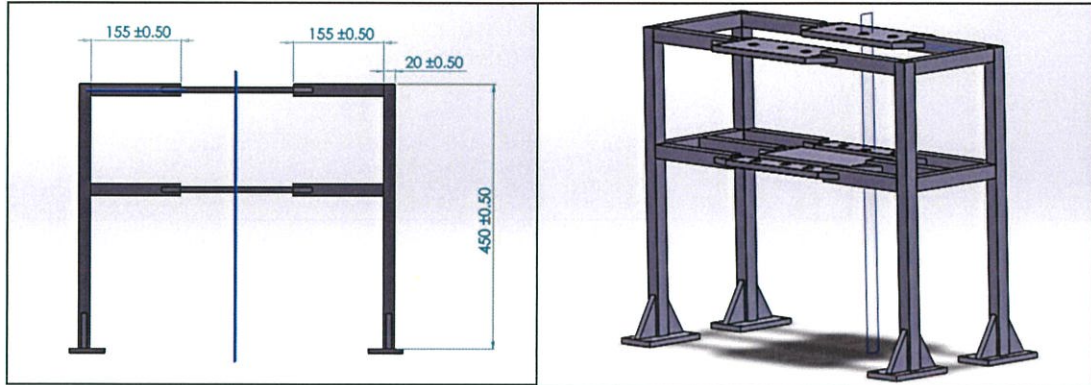
รูปที่ 3.5 แผ่นกด



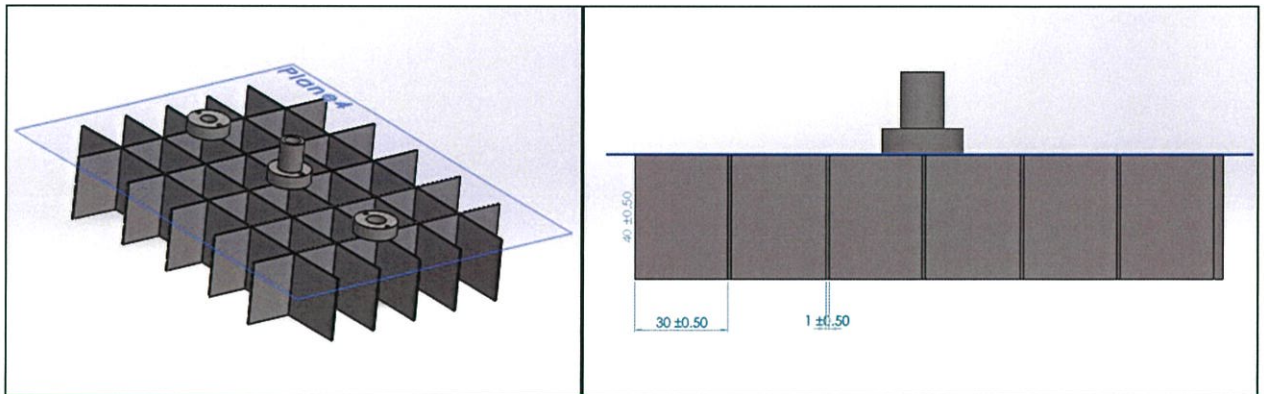
รูปที่ 3.6 รูปจริงของชุดอัด

3.3.3 เครื่องตัด

ประกอบไปด้วยชุดตัดขนาด $146 \times 254 \times 40$ mm แบ่งออกเป็นช่องจำนวน 36 ช่อง ส่วนของชุดตัดนี้ทำจากสแตนเลสเบอร์ 304 โครงของเครื่องตัดมีขนาด $277 \times 514 \times 364$ mm ทำจากเหล็กกล่องขนาด 25×25 mm และชุดกระทุ้งข้าวโดยชุดกระทุ้งข้าวจะประกอบด้วยแผ่นติดตัวกระทุ้งขนาด $180 \times 260 \times 9$ mm ตัวกระทุ้งที่ทำจากซูเปอร์อินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 mm สูง 50 mm จำนวน 36 ชิ้น



รูปที่ 3.7 โครงของเครื่องตัด



รูปที่ 3.8 ชุดตัด



รูปที่ 3.9 รูปจริงของชุดตัด

3.4 การออกแบบระบบควบคุมสำหรับเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ

โดยการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุนั้นได้มีการออกแบบให้เป็นระบบแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้มีความสามารถในการทำงานที่ดีขึ้น โดยใช้อุปกรณ์และลำดับการทำงานดังนี้

3.4.1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน

การควบคุมการทำงานของเครื่องจำเป็นต้องมีการออกแบบให้ถูกต้อง และมีความสามารถในการทำงานที่ดี โดยการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุมีการใช้อุปกรณ์ดังนี้

1. Switch ควบคุมการทำงาน
2. PLC (Programmable Logic Control)

ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติด้วยการสั่งแบบลอจิก โดยเลือกใช้ PLC ยี่ห้อ OMRON รุ่น CPM2A-30CDR-D 18 dc input 12 relay output

3. Power Supply

ทำหน้าที่เป็นหม้อแปลง แปลงไฟตรงสูงให้เป็นไฟตรงต่ำซึ่งแปลงจากไฟฟ้า 220 โวลต์เป็นไฟฟ้า 24 โวลต์เพื่อนำไฟไปจ่ายยังอุปกรณ์ต่างๆ

4. Inverter

ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแรงดันและความถี่ได้ซึ่งใช้ในการปรับความถี่ในการหมุนสายพาน

5. Breaker

ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของทั้งระบบ

6. Motor 24 volt

ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของปลาทุที่เครื่องโรย

7. สายพานลำเลียง

ทำหน้าที่ลำเลียงถาดผลิตภัณฑ์

8. Sensor switch

ทำหน้าที่หยุดมอเตอร์สายพาน เมื่อถาดผลิตภัณฑ์มาสัมผัสสวิตช์จะทำให้หยุดการจ่ายกระแสให้กับมอเตอร์สายพานทำให้ถาดผลิตภัณฑ์หยุดตรงตามที่เรากำหนด

9. Solenoid Valve

อุปกรณ์สวิตช์ที่อาศัยหลักการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้าทำงานร่วมกับกลไกโดยใช้การป้อนตัวกำหนดเงื่อนไขในการทำงานควบคุมให้ลิ้นกลไกปิดหรือเปิดได้โดยควบคุมการซุกเข้า-ซุกออกของกระบอกสูบลม

3.4.2 การทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ

ลำดับการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุนั้นแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนด้วยกัน โดยมีลำดับการทำงานดังนี้

1. ไร้อข้าวหุงสุกอุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส จำนวน 725 กรัมลงบนถาด จากนั้นกดปุ่ม

START

2. เมื่อกดปุ่ม START ถาดข้าวจะเลื่อนไปข้างหน้าตามสายพานผ่าน sensor 1 แต่ sensor1 จะยังไม่ทำงาน จนกระทั่งพบ sensor 2 สายพานจะหยุดเคลื่อนที่แล้วทำการอัดข้าว ใช้เวลาทั้งสิ้น 5 วินาที หลังจากอัดข้าวเสร็จสายพานจะเคลื่อนที่ถอยกลับมายัง sensor 1

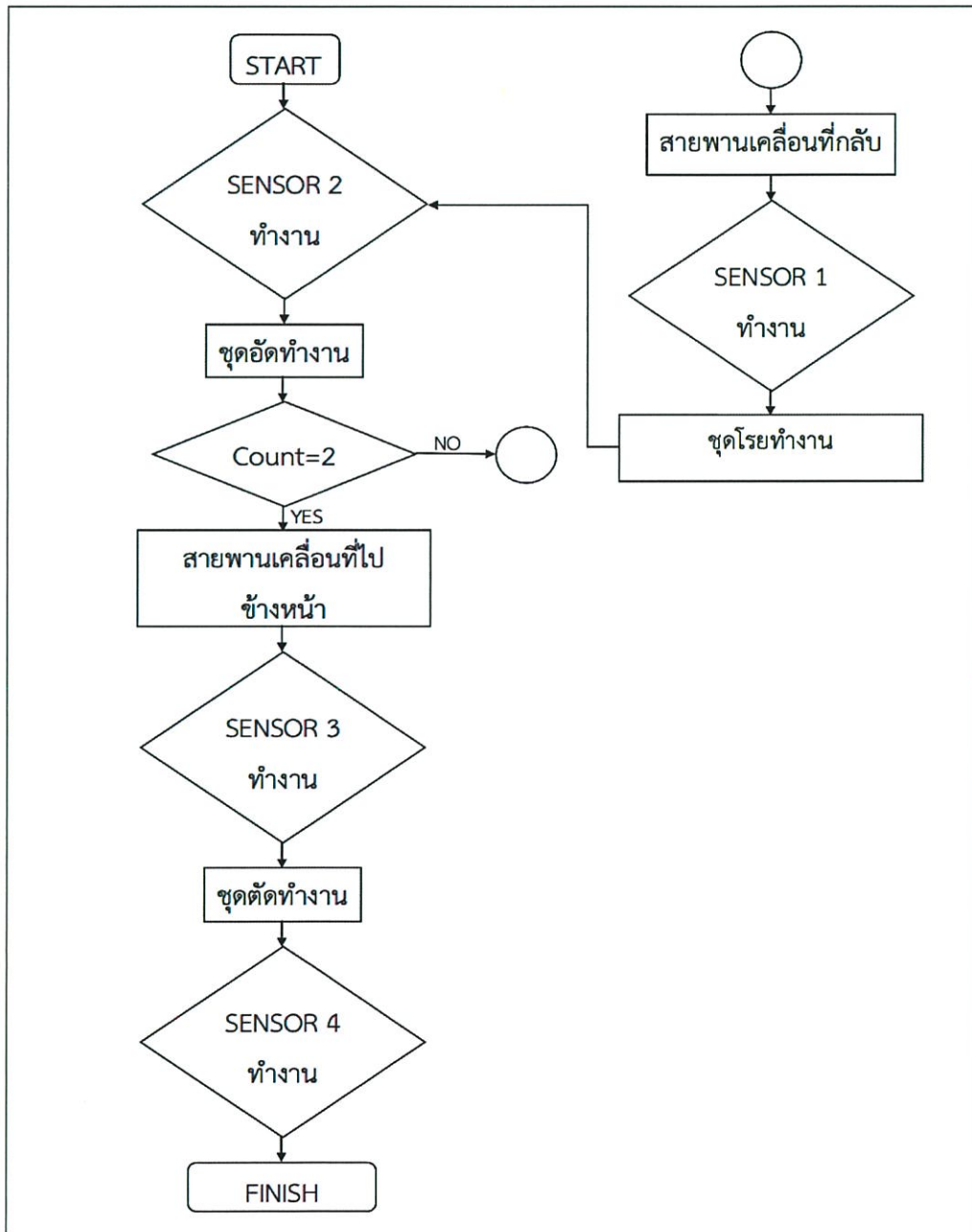
3. เมื่อสายพานถอยกลับมาถึง sensor 1 สายพานจะหยุดเพื่อโรยใส่ป่นปลาทุลงบนข้าว ใช้เวลาทั้งสิ้น 16 วินาที จากนั้นสายพานจะเลื่อนไปข้างหน้าจนพบ sensor 2

4. เมื่อ sensor 2 ทำงาน เครื่องอัดจะทำการอัดข้าวกับป่นปลาทุเป็นครั้งที่ 2 ใช้เวลาทั้งสิ้น 5 วินาที จากนั้นสายพานจะเลื่อนไปข้างหน้าจนพบ sensor 3

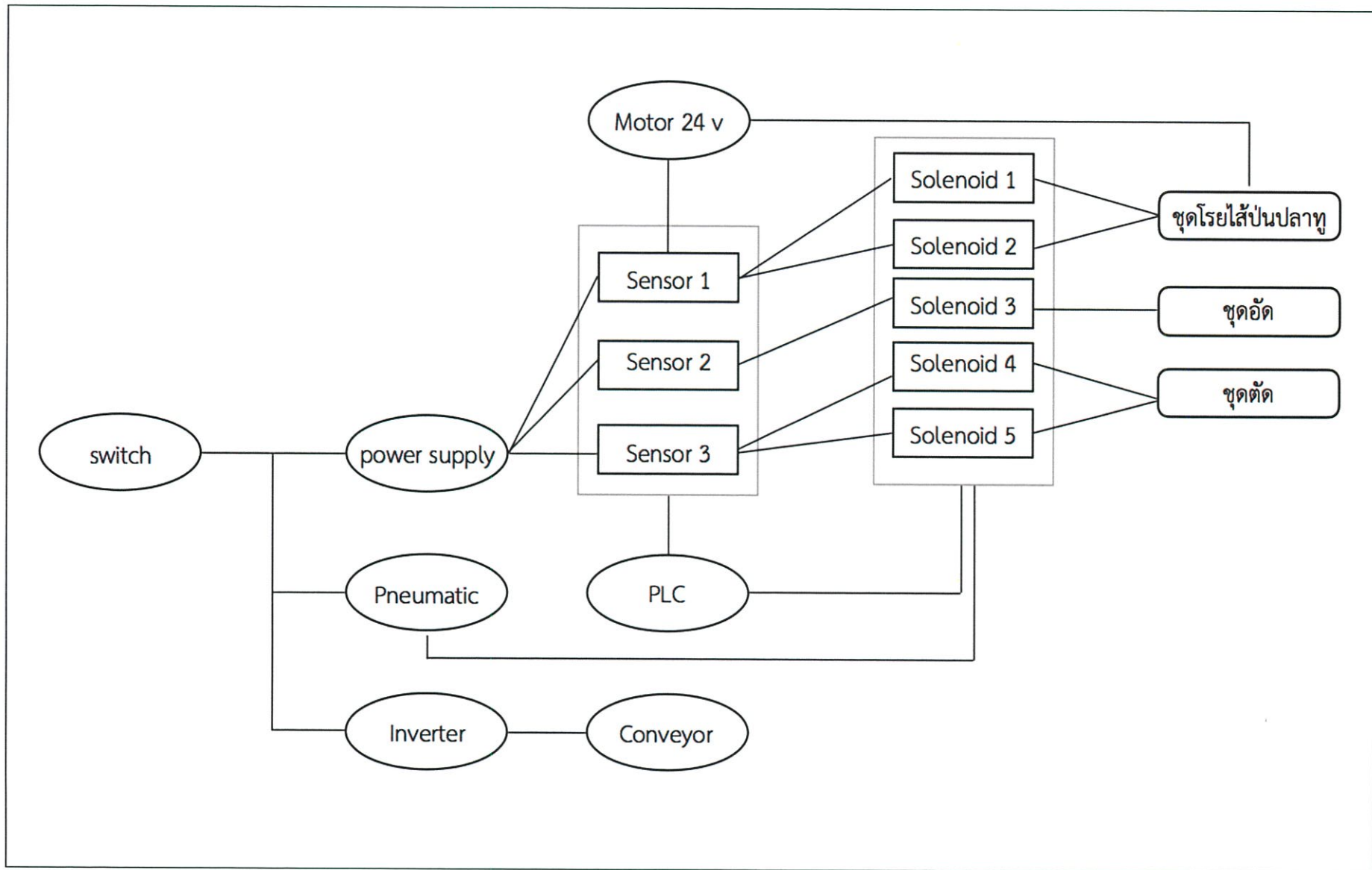
5. เมื่อสายพานเคลื่อนที่มาถึง sensor 3 สายพานจะหยุดเพื่อทำการตัดข้าวหน้าป่นปลาทุ ใช้เวลาทั้งสิ้น 9 วินาที หลังจากตัดเสร็จสายพานจะเคลื่อนที่ไปยัง sensor 4 และหยุดการทำงาน ทั้งกระบวนการใช้เวลาประมาณ 80-90 วินาที

3.4.3 แผนผังการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ

ในการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบด้วยกัน โดยมีลำดับการทำงานและวงจรของเครื่องดังนี้



รูปที่ 3.10 แผนผังลำดับการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ



รูปที่ 3.11 แผนผังวงจรของเครื่องผลิตข้าวหน้าปั่นปลาทุ

3.5 การหาขนาดและความสามารถในการทำงานกระบอกสูบลม

3.5.1 การหาขนาดกระบอกสูบลม

ขนาดของกระบอกสูบลมถูกกำหนดด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ เกลียวปลายก้านสูบและช่วงชักยาวสุด

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ เกลียวปลายก้านสูบ และช่วงชักยาวสุด

เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ (มม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ (มม.)	เกลียวปลายก้านสูบ	ช่วงชักยาวสุด (มม.)
40	16	M14 × 1.5	500
50	20	M18 × 1.5	600
63	20	M18 × 1.5	600
80	25	M22 × 1.5	750
100	32	M26 × 1.5	750
125	36	M30 × 1.5	1000
140	36	M30 × 1.5	1000
160	40	M36 × 1.5	1200
180	45	M40 × 1.5	1200

3.5.2 การหาแรงของกระบอกสูบ

แรงของกระบอกสูบสามารถคำนวณได้จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ และความดันลมอัด โดยมีสูตรดังนี้

$$F_1 = \frac{\pi}{4} D^2 \times P \times \mu_1$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \times P \times \mu_2$$

โดยที่ F_1 = แรงของกระบอกสูบในจังหวะดัน (kgf)

F_2 = แรงของกระบอกสูบในจังหวะดึง (kgf)

P = ความดันลมอัด (kgf/cm²)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (cm)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ (cm)

μ_1 = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจังหวะดัน

μ_2 = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจังหวะดึง

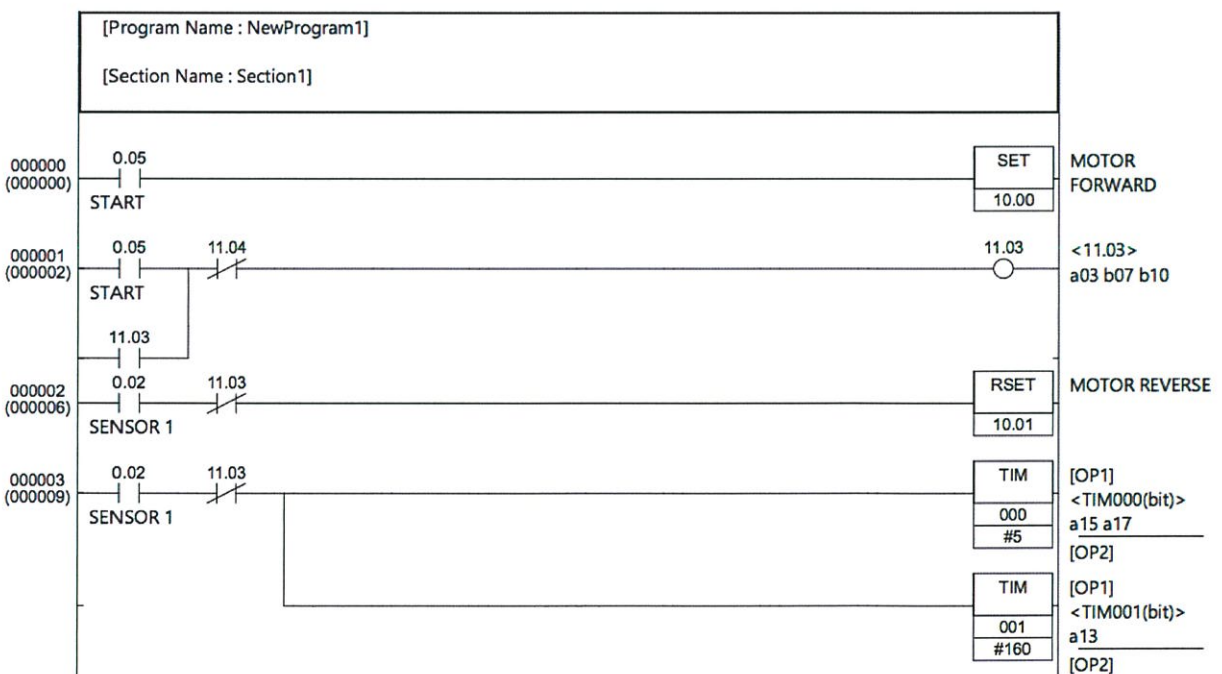
สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจะแปรผันตรงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบปกติจะอยู่ที่ 0.5-0.7

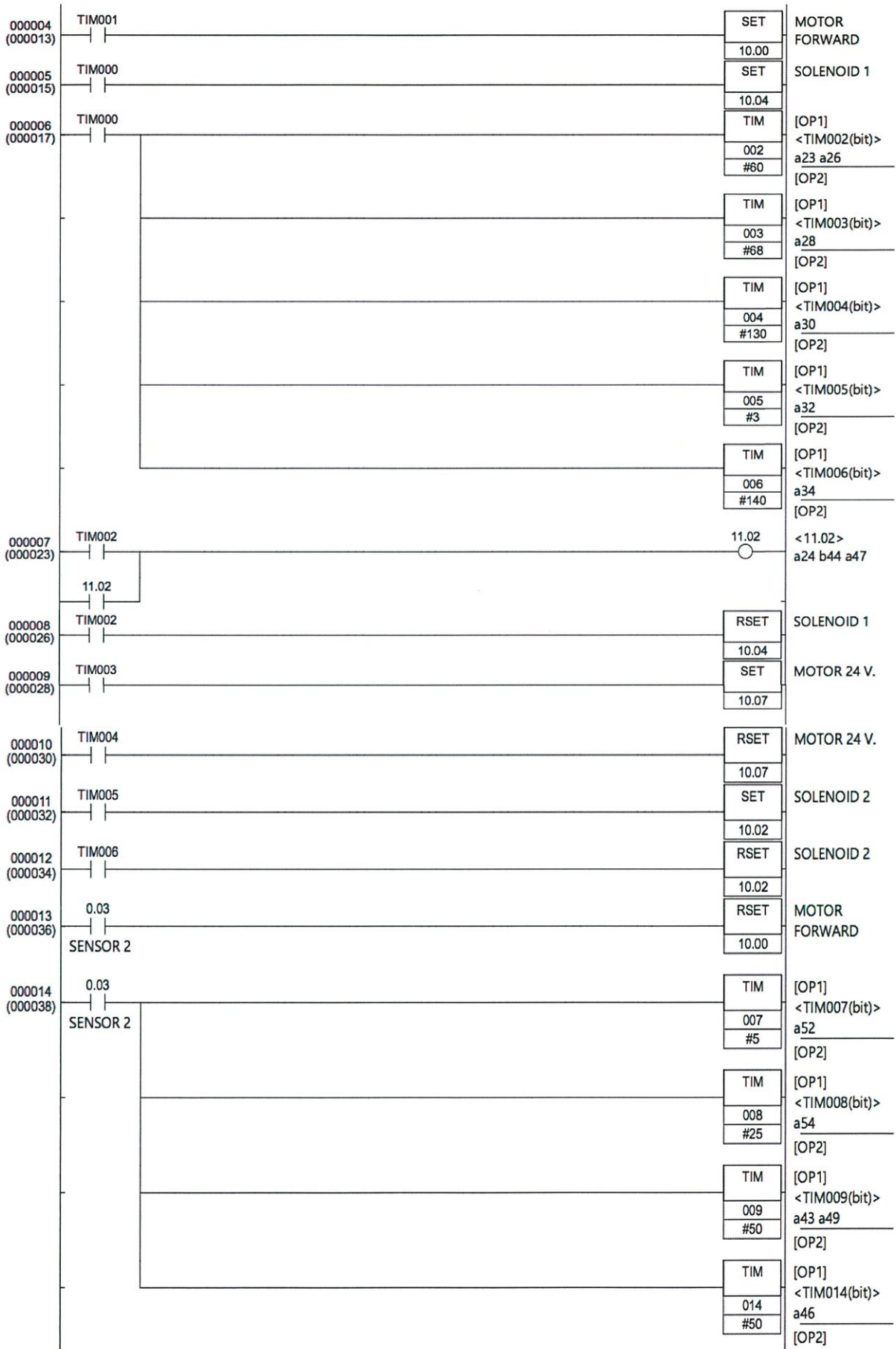
3.6 การเขียนคำสั่ง PLC ของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ

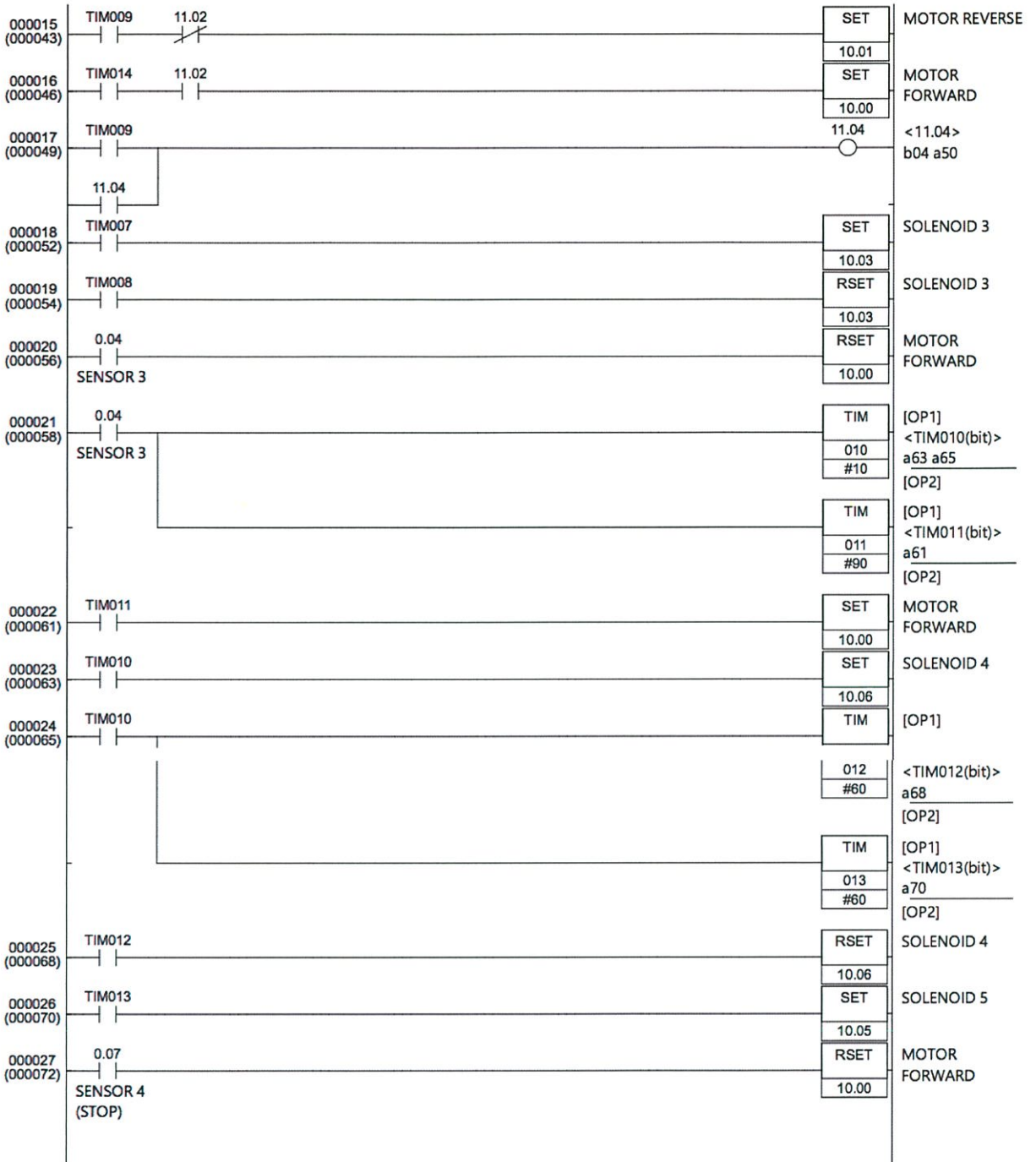
การสั่งงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุนั้นใช้ระบบ PLC (Programmable Logic Controller) โดยในการออกแบบนี้ใช้รุ่น CPM2A-30CDR-D, OMRON ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 85-264 โวลต์ 50/60 เฮิร์ตซ์ ภาคอินพุต 18 ช่อง ภาคเอาท์พุต 12 ช่อง ในการเขียนคำสั่งนั้นใช้โปรแกรม CX-programmer เขียนโดยภาษา Ladder โดยแบ่งการทำงานของวงจรออกเป็น 2 ช่วง ช่วงที่ 1 ทำการเติมข้าวลงถาดด้วยมือ เมื่อเสร็จทำการกดปุ่มSTART สายพานจะเคลื่อนไปข้างหน้า ถาดข้าวจะเลื่อนไปยังชุดโรยปลา และจะหยุดเมื่อถาดข้าวโดนsensor2ตรวจจับ โดยsensor2จะสั่งSol.2ให้ทำงานคือเปิดถาด โรยออกต่อด้วยmotor 24 v ทำงานเพื่อหมุนให้ปลาโรยลงบนถาดข้าว และSol.1จะทำการขับเคลื่อนชุดโรยให้ ทำการโรยได้ทั่วถาดในลำดับถัดมา ทั้งหมดเป็นเวลา 8 วินาที และเมื่อครบ 12 วินาที สายพานจะทำการหมุน กลับไปเพื่อเลื่อนถาดข้าวไปยังตำแหน่งเริ่มต้น เมื่อถาดข้าวเลื่อนกลับมาและsensor1ตรวจจับได้ สายพานจะทำการหยุด

ช่วงที่ 2 ทำการเติมข้าวชั้นบน เมื่อเสร็จทำการกดปุ่มSTART(2) สายพานจะเคลื่อนไปข้างหน้าเพื่อให้ถาดข้าวเลื่อนไปยังชุดอัด (โดยเมื่อถาดผ่านsensor2และทำการตรวจจับ วงจรของsensor2 จะไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากปุ่มSTART(2)ทำการสั่งให้ coil 11.03 ไปตัดวงจรหลังsensor2) และเมื่อถาดข้าวเลื่อนไปยังชุดอัด sensor3 จะทำการตรวจจับ สายพานจะหยุด และSol.3จะทำการอัดลงบนถาดข้าว และเมื่อครบ 5 วินาที สายพานจะเคลื่อนไปข้างหน้าถาดข้าวจะเลื่อนไปยังชุดตัด และเมื่อsensor4ตรวจจับ สายพานจะหยุด ถัดมาSol.4และSol.5 (กระบอกลมของส่วนใบมีด) ทำการเลื่อนลงพร้อมกันเพื่อตัดชิ้นข้าวให้แยกออกจากกัน ในลำดับถัดไปSol.5เลื่อนขึ้น และ Sol.4เลื่อนขึ้นตาม ทั้งหมดเป็นเวลา 7 วินาที และเมื่อครบ 10 วินาที สายพานทำการเคลื่อนไปข้างหน้า เมื่อsensor5(stop)ตรวจจับถาดข้าว ทำให้สายพานหยุด โดยมีชุดคำสั่งดังนี้

3.6.1 Ladder diagram ของคำสั่งการทำงานเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ







3.6.2 Instruction list ของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ

Address	Symbol Comment [IO-bit]
000.02	sensor 1
000.03	sensor 2
000.04	sensor 3
000.05	start
000.07	sensor 4 (stop)
010.00	motor forward
010.01	motor reverse
010.02	Solenoid 2
010.03	Solenoid 3
010.04	Solenoid 1
010.05	Solenoid 5
010.06	Solenoid 4
010.07	motor 24 v
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

3.7 วิธีการเตรียมข้าวสวยและป่นปลาทุ

3.7.1 วิธีการหุงข้าวและการเตรียมข้าวในการทดลอง

1. นำข้าวสาร (หอมมะลิใหม่ต้นฤดู) ไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลปริมาณ 600 กรัม หลังจากนั้นทำการชวข้าวประมาณ 2-3 นาที แล้วเทน้ำออก

2. หลังจากเทน้ำออกอาจจะมีน้ำเหลืออยู่ ให้เติมน้ำจนน้ำหนักรวมของน้ำและข้าวเท่ากับ 1490 กรัม แล้วนำไปหุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

3. เมื่อหุงข้าวเสร็จจ้่าน้ำหนักข้าวจะลดลงจากน้ำหนักเดิม ทำการแบ่งข้าวเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน (หุงข้าว 1 หม้อสามารถทดลองได้ 2 ครั้ง)

4. หลังจากนั้นแบ่งข้าวเสร็จก็นำข้าวมาโรยในถาดด้วยมือให้ทั่วถาดแล้วนำข้าวไปอัดด้วยเครื่องอัด

5. นำข้าวที่อัดแล้วมาใส่ถาดแล้วคลุมด้วยฟิล์มยืดถนอมอาหาร

6. นำข้าวไปแช่ตู้เย็นจนมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งถาดประมาณ 10 องศาเซลเซียสแล้วจึงนำไปทำการทดลอง

3.7.2 วิธีการเตรียมป่นปลาทุ

1. นำปลาทุมาแกะเอาเฉพาะส่วนเนื้อปลา แล้วนำไปอบ

2. เตรียมพริก หอมแดง กระเทียม ต้นหอม ผักชี และข่าไปอบจนมีกลิ่นหอมแล้วนำไปโขลกกับรวม ผักชีและต้นหอมแบบหยาบ

3. นำปลาทุกับวัตถุดิบที่โขลกไว้ผสมกันแล้วเติมน้ำปลาและมะนาว

4. นำส่วนผสมทั้งหมดมาปั่นรวมกันแบบละเอียด จะได้ป่นปลาทุที่มีลักษณะเปียก

5. นำไปปั่นปลาทุที่มีลักษณะเปียกไปอบจนแห้ง

6. ป่นปลาทุแห้งที่นำไปอบมีขนาดไม่สม่ำเสมอ เราต้องนำไปปั่นอีกครั้งให้มีขนาดเล็กลง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การดำเนินการปรับปรุงส่วนต่างๆของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลา

4.1.1 สายพาน

จัดทำตัวบังคับสายพานให้เดินไม่ตกร่องโดยทำจากแผ่นอะคริลิคตัดจำนวน 4 ชิ้นขนาด 4×8 cm² และติดแผ่นอะคริลิคขนาด 2×8 cm² ที่เหลื่อมจนมีลักษณะโค้งมนไว้ด้านบน แล้วนำไปติดที่ด้านปลายสุดของสายพาน

4.1.2 ที่ติดตั้งเซนเซอร์

จัดทำที่ติดตั้งเซนเซอร์โดยตัดแผ่นอะคริลิคขนาด 3×14 cm² แล้วนำเซนเซอร์มาติด เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่มั่นคงของเซนเซอร์ ซึ่งจะทำให้การทำงานของเครื่องแม่นยำ

4.1.3 เครื่องตัดชิ้นข้าว

เปลี่ยนขนาดกระบอกสุบลมที่ตำแหน่งใบตัดจากเดิมใช้กระบอกสุบลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25 mm ระยะชัก 80 mm เป็นกระบอกสุบลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 40 mm ระยะชัก 100 mm

4.1.4 ชุดคำสั่งพีแอลซี

ได้ทำการออกแบบลำดับการทำงานของเครื่องใหม่เพื่อให้ความสามารถในการผลิตของเครื่องเพิ่มขึ้นโดยลำดับการทำงานและชุดคำสั่งใหม่จะแสดงอยู่ในหัวข้อ 3.4 และ 3.6

4.2 วิธีการทดลองและผลการทดลอง

4.2.1 ทดสอบการทำงานของเครื่องโรยป่นปลา

ทดสอบการทำงานของเครื่องโรยป่นปลา โดยชั่งน้ำหนักของป่นปลาที่ถูกโรยทุ้ทั้งหมด 5 ครั้ง เพื่อทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องโรยปลาว่ามีความแม่นยำหรือไม่ซึ่งวัดจากค่าเฉลี่ยและค่า S.D. ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบของน้ำหนักป่นปลาที่ได้จากการโรยของเครื่องโรย

ครั้งที่(ซ้ำ)	น้ำหนักของป่นปลา (g)
1	66.89
2	67.01
3	65.24
4	66.02
5	67.15
เฉลี่ย	66.46
S.D.	0.81

4.2.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องตัดชิ้นข้าว

ทดสอบการทำงานของเครื่องตัดชิ้นข้าวโดยความลึกของรอยตัดบนชิ้นข้าวที่ถูกตัดด้วยเครื่องตัดทั้งหมด 5 ครั้ง เพื่อทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดชิ้นข้าวว่ามีความแม่นยำหรือไม่ ซึ่งวัดจากค่าเฉลี่ยและค่า S.D.

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบของความลึกของใบมีดที่ตัดลงไปบนชิ้นข้าว

ครั้งที่(ซ้ำ)	ความลึกของรอยตัด (mm)
1	17.5
2	17.0
3	16.9
4	17.2
5	17.4
เฉลี่ย	17.2
S.D.	0.26

4.2.3 ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และระบบนิวเมติกส์

ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และระบบนิวเมติกส์ของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ โดยสังเกตการทำงานของอุปกรณ์ขณะเดินเครื่องเปล่าไม่มีภาระทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นตรวจสอบว่าการทำงานของอุปกรณ์ผ่านหรือไม่ผ่านโดยพิจารณาจากตำแหน่งของถาดข้าวที่เคลื่อนที่ไปแต่ละจุดและความต่อเนื่องในการทำงาน

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และระบบนิวเมติกส์

ชนิดของเครื่อง	ครั้งที่(ซ้ำ)	การทำงานของเครื่อง		รายละเอียดการทำงาน
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	
เครื่องโรย	1	✓		เซนเซอร์ทำงานเมื่อสายพานนำถาดมาถึงตำแหน่งเซนเซอร์1 ครอบคลุมของเครื่องโรยทำงานตามขั้นตอนและโรยป่นปลาทุได้น้ำหนักใกล้เคียงกันทุกครั้ง
	2	✓		
	3	✓		
เครื่องอัด	1	✓		เซนเซอร์ทำงานเมื่อสายพานนำถาดมาถึงตำแหน่งเซนเซอร์2 ครอบคลุมของเครื่องอัดทำงานตามขั้นตอนและแผ่นอัดอัดข้าวได้ตรงตำแหน่งถาด
	2	✓		
	3	✓		

เครื่องตัด	1	✓		เซ็นเซอร์ทำงานเมื่อสายพานนำถาดมาถึงตำแหน่ง เซ็นเซอร์3 กระจกกลมของเครื่องตัดทำงานตามขั้น ตอนและสามารถตัดชิ้นข้าวให้ขาดออกจากกัน
	2	✓		
	3	✓		
ความต่อเนื่องใน การทำงานของทั้ง สามเครื่อง	1	✓		เครื่องสามารถทำงานได้ต่อเนื่องทั้งกระบวนการ และถาดข้าวสามารถเคลื่อนที่โดยไม่สะดุด
	2	✓		
	3	✓		

4.2.4 ทดสอบประสิทธิภาพในการผลิต

วัดจากจำนวนชิ้นดีของผลิตภัณฑ์หลังจากการตัด โดยน้ำหนักชิ้นข้าวแต่ละชิ้นซึ่งจะมีน้ำหนัก 20.03 g/ชิ้น รูปร่างของชิ้นข้าวมีรูปร่างสมบูรณ์ไม่ฉีกขาด และระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานใน 1 รอบ ตารางที่ 4.4 น้ำหนักของชิ้นข้าวแต่ละตำแหน่งของถาดในการทำงานของเครื่อง (1 รอบ)

ตำแหน่ง ของชิ้นข้าว	น้ำหนักของข้าวแต่ละชิ้น (g)					$\bar{x} \pm S.D$
	ครั้งที่ (ซ้ำ)					
	1	2	3	4	5	
1	24.55	20.64	26.60	24.06	18.94	22.96±3.10
2	25.14	22.94	27.27	24.25	22.40	24.40±1.93
3	26.75	25.50	30.33	22.43	22.43	25.49±3.31
4	28.64	20.99	26.83	22.99	26.47	25.18±3.11
5	25.91	25.11	20.38	23.83	28.15	24.68±2.87
6	23.70	22.05	24.65	21.29	25.86	23.51±1.87
7	20.30	17.10	15.66	17.08	14.03	16.83±2.31
8	18.53	19.40	21.49	18.08	17.87	19.07±1.47
9	20.88	22.28	21.54	20.40	19.49	20.92±1.07
10	21.61	21.72	20.62	17.61	21.41	20.59±1.72
11	19.53	21.63	19.53	17.01	20.68	20.68±1.73
12	18.43	17.54	18.02	15.24	17.87	17.42±1.26
13	17.82	20.29	16.48	18.46	16.42	17.89±1.60

14	17.32	21.40	21.91	19.91	17.35	19.58±2.18
15	21.99	22.32	21.19	19.39	17.11	20.40±2.16
16	20.90	21.15	21.21	18.54	20.77	20.51±1.12
17	20.61	18.93	20.67	15.56	21.13	19.38±2.29
18	18.05	17.10	19.73	16.20	19.80	18.18±1.59
19	15.77	18.86	14.59	18.06	15.80	16.62±1.78
20	21.07	20.69	21.51	20.57	17.65	20.30±1.53
21	21.71	21.70	18.58	20.39	18.19	20.11±1.67
22	21.21	20.47	22.00	19.04	20.02	20.55±1.13
23	19.83	18.32	18.02	16.82	19.58	18.51±1.23
24	17.74	16.42	14.87	19.40	18.37	17.36±1.76
25	16.80	18.20	18.14	17.44	13.37	16.79±2.00
26	23.17	19.46	20.68	17.71	15.48	19.30±2.92
27	17.82	18.55	19.21	22.40	17.93	19.18±1.88
28	23.01	21.04	21.51	21.10	19,16	21.67±0.92
29	16.42	17.02	18.57	17.08	20.05	17.83±1.47
30	16.98	16.53	15.37	14.66	17.27	16.16±1.11
31	16.29	19.92	21.55	22.20	16.49	19.29±2.78
32	18.68	20.78	21.78	21.72	17.53	20.10±1.91
33	22.54	20.15	22.78	25.81	19.87	22.23±2.40
34	21.46	22.39	18.41	21.28	19.35	20.58±1.64
35	19.70	23.04	13.37	20.18	20.19	19.30±3.57
36	18.76	19.75	19.87	17.61	17.45	18.69±1.14
รวม	702.16	690.59	704.68	672.01	640.13	$\bar{x} = 20.03$
เฉลี่ย	20.55	20.32	20.41	19.61	19.22	
S.D	3.14	2.23	3.67	2.77	3.17	

จากนั้นนำข้อมูลจากตารางที่ 4.2 , 4.3 และ 4.4 มาคำนวณหาประสิทธิภาพการผลิต(%) , ความผิดพลาดในการผลิต(%) , ข้อบกพร่องต่อล้านหน่วย(DPM) และอัตราการผลิตโดยมีสูตรดังนี้

- ประสิทธิภาพการผลิต

$$\text{ประสิทธิภาพการผลิต(\%)} = (\text{จำนวนชิ้นดี/จำนวนทั้งหมด}) \times 100$$

- ความผิดพลาดในการผลิต

$$\text{ความผิดพลาดในการผลิต(\%)} = (\text{จำนวนชิ้นเสีย/จำนวนทั้งหมด}) \times 100$$

- ข้อบกพร่องต่อล้านหน่วย(DPM)

$$\text{ข้อบกพร่องต่อล้านหน่วย(DPM)} = (\text{จำนวนชิ้นเสีย/จำนวนทั้งหมด}) \times 1,000,000$$

- อัตราการผลิต

$$\text{อัตราการผลิต (ชิ้น/ชั่วโมง)} = (\text{จำนวนชิ้นดี/ระยะเวลาในการผลิต 1 รอบ}) \times 3600$$

ตารางที่ 4.5 จำนวนชิ้นที่มีรูปร่างดีและเสียในการทำงานของเครื่อง (1 รอบ)

ครั้งที่ (ซ้ำ)	จำนวนชิ้นที่มีรูปร่างดี	จำนวนชิ้นที่มีรูปร่างเสีย
1	32	4
2	33	3
3	35	1
4	36	0
5	34	2
เฉลี่ย	34.00	2.00
S.D.	1.58	1.58

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบระยะเวลาในการทำงานของเครื่อง (1 รอบ)

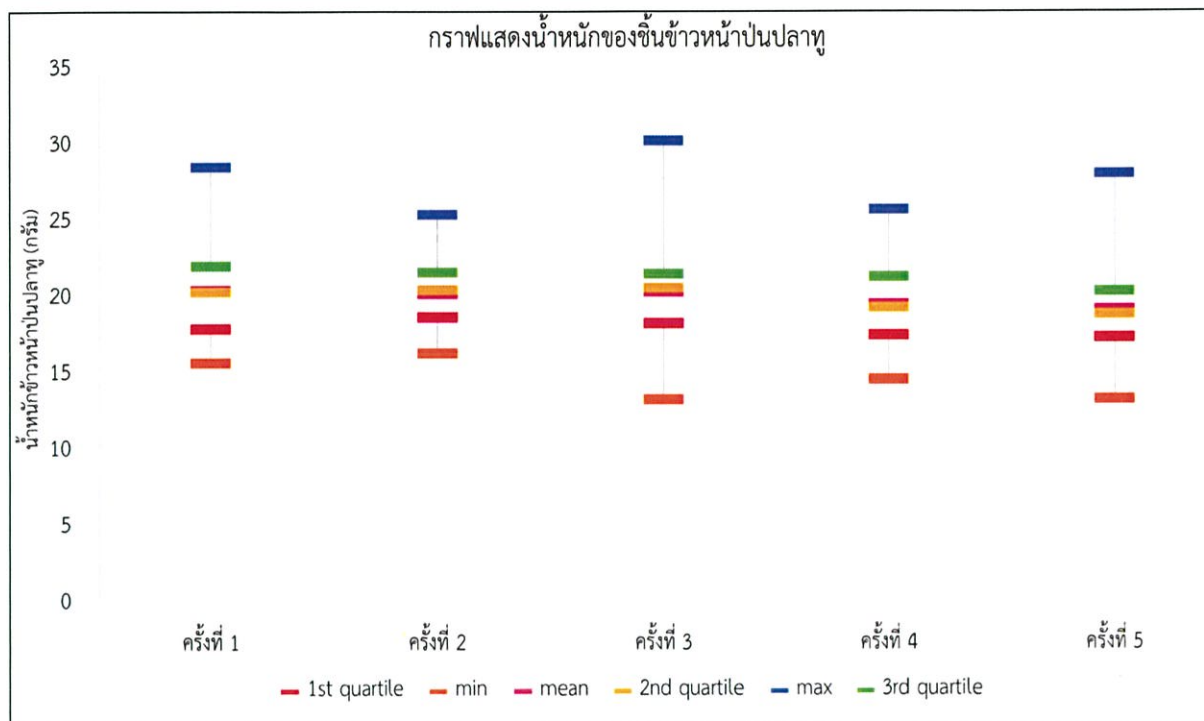
ครั้งที่(ซ้ำ)	ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง
1	67.98
2	68.75
3	68.01
4	67.65
5	69.01
เฉลี่ย	68.28
S.D.	0.57

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาทุ

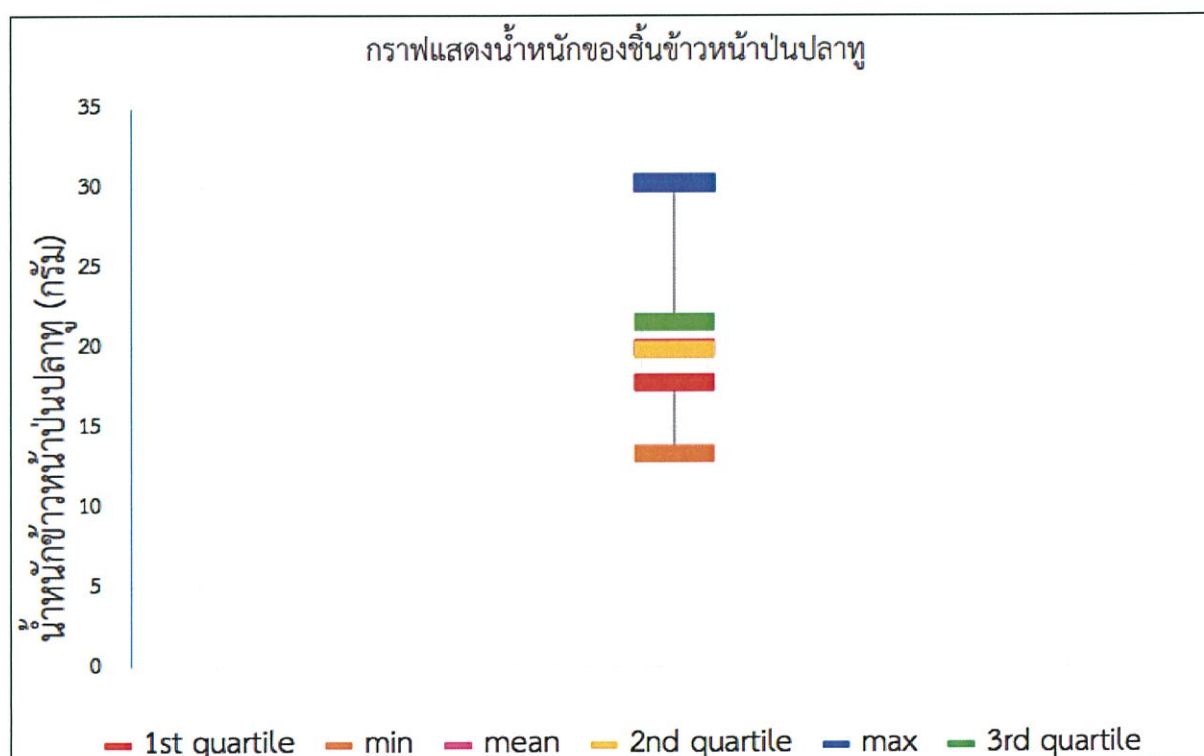
ครั้งที่ซ้ำ	ประสิทธิภาพการผลิต(%)	ความผิดพลาดในการผลิต(%)	DPM	อัตราการผลิต (ชิ้น/ชั่วโมง)
1	88.89	11.11	111,111	1694.62
2	91.67	8.33	83,333	1728.00
3	97.22	2.78	27,778	1852.67
4	100	0.00	0	1915.74
5	94.44	5.56	55,556	1773.66
เฉลี่ย	94.44	5.56	55,556	1792.94

จากรูปที่ 4.1 แสดงผลการทดลองในกราฟ Box Plot ในแกน X คือครั้งที่ทำการทดลอง และในแกน Y คือค่าน้ำหนักชิ้นข้าวหน้าป่นปลาทุหน่วยเป็นกรัม โดยแสดงผลการทดลองโดยเส้นสีต่างๆ ได้แก่ สีฟ้าคือค่าน้ำหนักสูงสุด สีเขียวคือค่าที่ตำแหน่ง 3rd Quartile สีชมพูคือค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก สีเหลืองคือค่าที่ตำแหน่ง 2nd Quartile หรือค่า Median สีแดงคือค่าที่ตำแหน่ง 1st Quartile และสีส้มคือค่าน้ำหนักต่ำสุด ซึ่งจากการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักชิ้นข้าวหน้าป่นปลาทุประมาณ 20 กรัม

จากรูปที่ 4.2 แสดงผลการทดลองในกราฟ box plot โดยเฉลี่ยจากการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง ในแกน X คือครั้งที่ทำการทดลอง และในแกน Y คือค่าน้ำหนักชิ้นข้าวหน้าป่นปลาทุหน่วยเป็นกรัม โดยได้ค่าต่างๆดังนี้ ค่าน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 30.33 กรัม ค่าที่ตำแหน่ง 3rd Quartile เท่ากับ 21.62 กรัม ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเท่ากับ 20.03 กรัม ค่าที่ตำแหน่ง 2nd Quartile หรือค่า Median เท่ากับ 19.91 กรัม ค่าที่ตำแหน่ง 1st Quartile เท่ากับ 17.85 กรัม และค่าน้ำหนักต่ำสุดเท่ากับ 13.37 กรัม จากกราฟเห็นว่าเส้นสีชมพูและเส้นสีเหลืองซ้อนทับกันเนื่องจากค่าเฉลี่ยของน้ำหนักและค่าที่ตำแหน่ง 2nd Quartile หรือค่า Median มีค่าใกล้เคียงกันมาก จึงสรุปได้ว่าการกระจายตัวของน้ำหนักข้าวหน้าป่นปลาทุมีการกระจายตัวแบบปกติ

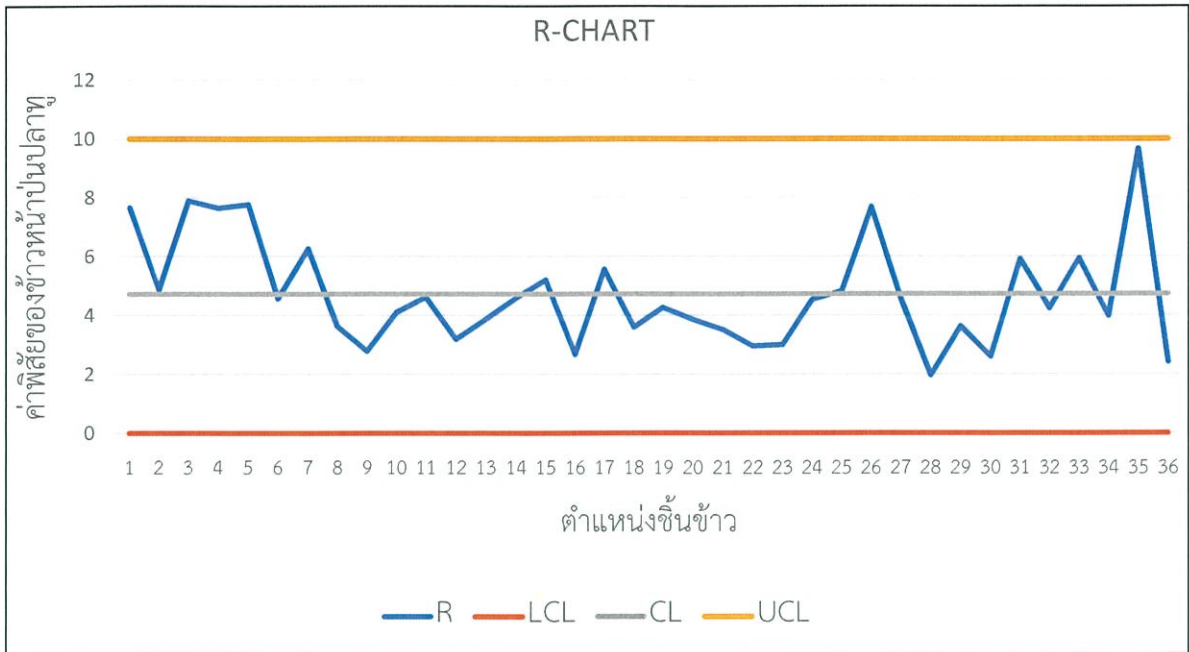


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงน้ำหนักของชิ้นข้าวหน้าป่นปลาทุแบบ box plot ในแต่ละการทดลอง



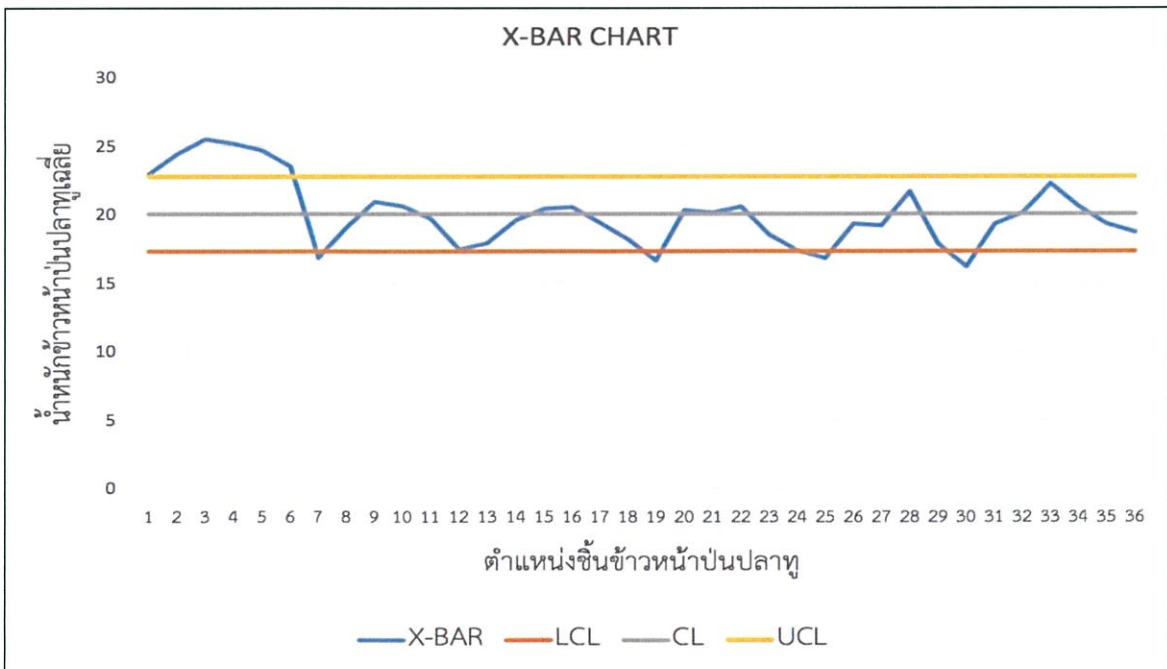
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงน้ำหนักของชิ้นข้าวหน้าป่นปลาทุแบบ box plot

การแสดงผลการทดลองในกราฟ R chart ในแกน X คือตำแหน่งชิ้นข้าวหน้าป่นปลาทุในถาดซึ่งมีทั้งหมด 36 ชิ้น และในแกน Y คือค่าพิสัยของน้ำหนักชิ้นข้าวหน้าป่นปลาทุ ซึ่งจากผลการทดลองมีบางตำแหน่งที่มีค่าพิสัยสูง สาเหตุอาจเกิดจากความไม่สม่ำเสมอในการกระจายของปริมาณข้าว แต่โดยรวมทั้ง 36 ตำแหน่งยังอยู่ในขีดจำกัดการควบคุม



รูปที่ 4.3 แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าพิสัยของน้ำหน้าขึ้นข้าวหน้าป่นปลาที่จุดต่างๆบนภาคข้าว

การแสดงผลการทดลองในกราฟ X-bar chart ในแกน X คือตำแหน่งขึ้นข้าวหน้าป่นปลาในภาคซึ่งมีทั้งหมด 36 ชิ้น และในแกน Y คือน้ำหนักข้าวหน้าป่นปลาโดยเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ครั้งในตำแหน่งนั้นๆ ซึ่งจากผลการทดลองมีตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 6 มีค่าน้ำหนักโดยเฉลี่ยเกินขีดจำกัดการควบคุมบน(UCL) สาเหตุเกิดจากความยาวของภาคข้าวยาวกว่าแนวตัดของใบมีด ทำให้ข้าวบริเวณขอบภาคทั้ง 6 ตำแหน่งนั้นมีขนาดและน้ำหนักที่มากกว่าตำแหน่งอื่นๆ ส่วนบางตำแหน่งที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำกว่าขีดจำกัดการควบคุมล่าง(LCL) สาเหตุอาจเกิดจากความไม่สม่ำเสมอในการกระจายของปริมาณข้าวซึ่งเป็นตำแหน่งขอบภาคด้านข้าง ถึงแม้ว่าตำแหน่งส่วนใหญ่อยู่ในขีดจำกัดการควบคุมแต่ยังมีจำนวนขึ้นข้าวหน้าป่นปลาหลายชิ้นที่มีค่าน้ำหนักโดยเฉลี่ยอยู่นอกขีดจำกัดการควบคุม จึงสรุปได้ว่าผลการทดลองที่ได้ไม่อยู่ในการควบคุม



รูปที่ 4.4 แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าเฉลี่ยของน้ำหน้าขึ้นข้าวหน้าป่นปลาที่จุดต่างๆบนภาคข้าว

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและบทวิจารณ์

5.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลา

5.1.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องโรยป่นปลา

จากการทดลองการทำงานของเครื่องโรยโดยชั่งน้ำหนักของป่นปลาที่ถูกโรยด้วยเครื่องโรยป่นปลาทั้งหมด 5 ครั้ง พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ดีและมีความแม่นยำ โดยมีน้ำหนักป่นปลาเฉลี่ย 66.46 g. และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักป่นปลาเท่ากับ 0.81

5.1.2 การทดสอบการทำงานของเครื่องตัดชิ้นข้าวหน้าป่นปลา

จากการทดสอบการทำงานของเครื่องตัดชิ้นข้าวโดยความลึกของรอยตัดบนชิ้นข้าวทั้งหมด 5 ครั้ง พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ดีและมีความแม่นยำ โดยมีความลึกของรอยตัดบนชิ้นข้าวเฉลี่ย 17.2 mm และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความลึกรอยตัดเท่ากับ 0.26 mm

5.1.3 การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และระบบนิวเมติกส์

จากการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์และระบบนิวเมติกส์ โดยสังเกตการทำงานของอุปกรณ์ขณะเดินเครื่องเปล่าไม่มีภาระทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ มีการเคลื่อนที่ของภาดที่คล่องตัว ภาดหยุดตรงตามตำแหน่งต่างๆได้อย่างถูกต้อง และยังมีความต่อเนื่องในการทำงานตลอดกระบวนการ

5.2 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลา

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาซึ่งวัดจากจำนวนชิ้นดีของผลิตภัณฑ์หลังจากการตัด โดยชิ้นข้าวแต่ละชิ้นมีน้ำหนักข้าวเฉลี่ย 20.3 กรัม รูปร่างของชิ้นข้าวมีรูปร่างสมบูรณ์ไม่ฉีกขาด และเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลามีระยะเวลาการทำงานเฉลี่ย 68.28 วินาที มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาการทำงานเท่ากับ 0.57 พบว่าเครื่องผลิตข้าวหน้าป่นปลาที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ย 94.44% มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 5.56% โดยคำนวณจากชิ้นเสีย และมีค่า Defects per million เท่ากับ 55,556 ชิ้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตาราง Six sigma level พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.97σ

จากการคำนวณ R-chart พบว่าพิสัยของกลุ่มตัวอย่างมีลักษณะกระจายอยู่รอบๆเส้นแกน CL โดยมีลักษณะเป็น cycle แต่ไม่มีค่าพิสัยของกลุ่มตัวอย่างออกนอกขีดจำกัดของการควบคุม และจาก \bar{x} -chart พบว่าค่าน้ำหนักเฉลี่ยของชิ้นข้าวที่ตำแหน่ง 1-6 นั้นอยู่นอกขีดจำกัดของการควบคุมเนื่องจากเป็นชิ้นที่อยู่ด้านขอบภาดเมื่อตัดชิ้นข้าวทำให้ชิ้นข้าวที่ตำแหน่งนั้นมีขนาดใหญ่กว่าตำแหน่งอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าตำแหน่งชิ้นข้าวที่ 19, 25 และ 30 ก็อยู่เหนือจุดควบคุม เป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อนในการใส่ข้าวลงบนภาดด้วยมือ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ปัญหาหลักที่พบคือมีข้าวบริเวณขอบถาด 6 ตำแหน่งที่มีขนาดและน้ำหนักของขึ้นข้าวสูงกว่าตำแหน่งอื่นๆ เนื่องจากความยาวของถาดข้าวยาวกว่าแนวตัดของใบมีดทำให้ขึ้นข้าวทั้ง 6 ตำแหน่งนั้นมีขนาดใหญ่กว่าตำแหน่งอื่นๆ แนวทางในการแก้ไขมี 2 วิธี ได้แก่วิธีแรกคือการออกแบบขนาดของถาดให้มีขนาดเท่ากับความกว้างและยาวของชุดใบมีด เมื่อทำการตัดจะลงพอดีกับถาดข้าว แต่ถ้าใช้วิธีนี้ เช่นเซอร์ต้องมีความแม่นยำ ถ้าหากถาดข้าวหยุดไม่ตรงตำแหน่งที่ต้องการอาจทำให้ถาดข้าวหรือใบมีดเกิดความเสียหายได้ และวิธีที่สองคือการเชื่อมแผ่นสแตนเลสบางที่มีความหนาเท่าใบมีดเข้าที่ชุดใบมีดฝั่งที่มีปัญหาเพื่อให้ตัดขึ้นข้าวบริเวณ 6 ตำแหน่งนั้นออกมามีขนาดเท่ากับตำแหน่งอื่น เมื่อเสร็จกระบวนการต้องตัดข้าวส่วนเกินออก แต่วิธีนี้มีความปลอดภัยมากกว่า หากเซ็นเซอร์มีการคลาดเคลื่อนทำให้ถาดข้าวหยุดช้า ถาดข้าวยังมีขนาดยาวกว่าแนวตัดใบมีด โอกาสที่จะเกิดความเสียหายจะน้อยกว่าวิธีแรก

5.3.2. ในขั้นตอนการโรยปนปลาหูก ปนปลาหูต้องมีผิวสัมผัสที่ละเอียดและแห้ง หากปนปลาหูกมีการจับตัวเป็นก้อนเล็กๆอาจทำให้ปริมาณปนปลาหูของขึ้นข้าวไม่สม่ำเสมอ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลของน้ำหนักขึ้นข้าวหน้าป่นปลาทุ

ตารางที่ ก1 ตารางแสดงผลของน้ำหนักขึ้นข้าวหน้าป่นปลาทุที่ได้จากการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง

	1	2	3	4	5	x bar	sd
1	24.5500	20.6400	26.6000	24.0600	18.9400	22.9580	3.1036
2	25.1400	22.9400	27.2700	24.2500	22.4000	24.4000	1.9325
3	26.7500	25.5000	30.3300	22.4300	22.4300	25.4880	3.3068
4	28.6400	20.9900	26.8300	22.9900	26.4700	25.1840	3.1109
5	25.9100	25.1100	20.3800	23.8300	28.1500	24.6760	2.8702
6	23.7000	22.0500	24.6500	21.2900	25.8600	23.5100	1.8654
7	20.3000	17.1000	15.6600	17.0800	14.0300	16.8340	2.3122
8	18.5300	19.4000	21.4900	18.0800	17.8700	19.0740	1.4728
9	20.8800	22.2800	21.5400	20.4000	19.4900	20.9180	1.0666
10	21.6100	21.7200	20.6200	17.6100	21.4100	20.5940	1.7227
11	19.5300	21.6300	19.5300	17.0100	20.6800	19.6760	1.7303
12	18.4300	17.5400	18.0200	15.2400	17.8700	17.4200	1.2599
13	17.8200	20.2900	16.4800	18.4600	16.4200	17.8940	1.5999
14	17.3200	21.4000	21.9100	19.9100	17.3500	19.5780	2.1755
15	21.9900	22.3200	21.1900	19.3900	17.1100	20.4000	2.1612
16	20.9000	21.1500	21.2100	18.5400	20.7700	20.5140	1.1180
17	20.6100	18.9300	20.6700	15.5600	21.1300	19.3800	2.2932
18	18.0500	17.1000	19.7300	16.2000	19.8000	18.1760	1.5914
19	15.7700	18.8600	14.5900	18.0600	15.8000	16.6160	1.7753
20	21.0700	20.6900	21.5100	20.5700	17.6500	20.2980	1.5252
21	21.7100	21.7000	18.5800	20.3900	18.1900	20.1140	1.6729
22	21.2100	20.4700	22.0000	19.0400	20.0200	20.5480	1.1298
23	19.8300	18.3200	18.0200	16.8200	19.5800	18.5140	1.2267
24	17.7400	16.4200	14.8700	19.4000	18.3700	17.3600	1.7614
25	16.8000	18.2000	18.1400	17.4400	13.3700	16.7900	1.9956
26	23.1700	19.4600	20.6800	17.7100	15.4800	19.3000	2.9167
27	17.8200	18.5500	19.2100	22.4000	17.9300	19.1820	1.8827
28	23.0100	21.0400	21.5100	21.1000	19,16	21.6650	0.9207
29	16.4200	17.0200	18.5700	17.0800	20.0500	17.8280	1.4733
30	16.9800	16.5300	15.3700	14.6600	17.2700	16.1620	1.1085
31	16.2900	19.9200	21.5500	22.2000	16.4900	19.2900	2.7755
32	18.6800	20.7800	21.7800	21.7200	17.5300	20.0980	1.9059
33	22.5400	20.1500	22.7800	25.8100	19.8700	22.2300	2.4037
34	21.4600	22.3900	18.4100	21.2800	19.3500	20.5780	1.6403
35	19.7000	23.0400	13.3700	20.1800	20.1900	19.2960	3.5665
36	18.7600	19.7500	19.8700	17.6100	17.4500	18.6880	1.1429
AVG	20.5450	20.3161	20.4144	19.6056	19.2220		
S.D	3.1385	2.2345	3.6671	2.7735	3.1741	20.0251	

ภาคผนวก ข

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

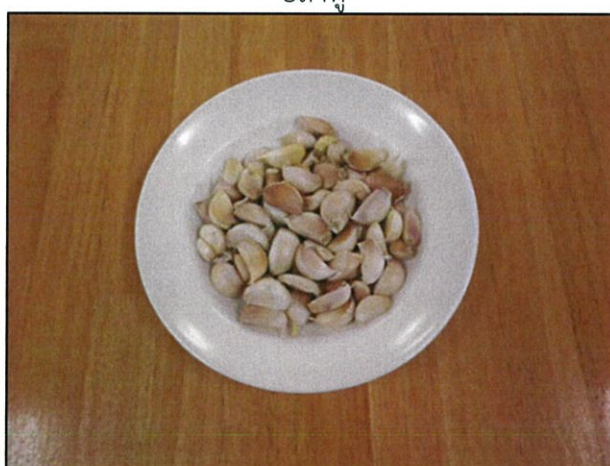
ภาคผนวก ค

รูปวัตถุดิบและอุปกรณ์ต่างๆ

- วัตถุดิบ



ปลาทู



กระเทียม



หอมแดง



พริก



ข่า



ต้นหอม



ผักชี



มะนาว



น้ำปลา



ข้าวสารหอมมะลิ



น้ำเปล่า

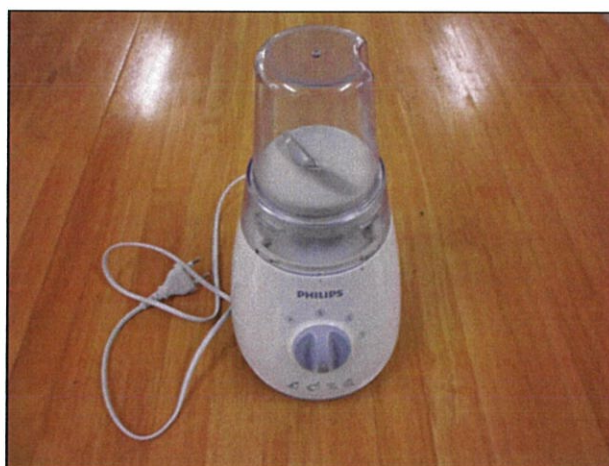
- อุปกรณ์



อุปกรณ์ต่างๆ



ตู้อบ



เครื่องปั่น



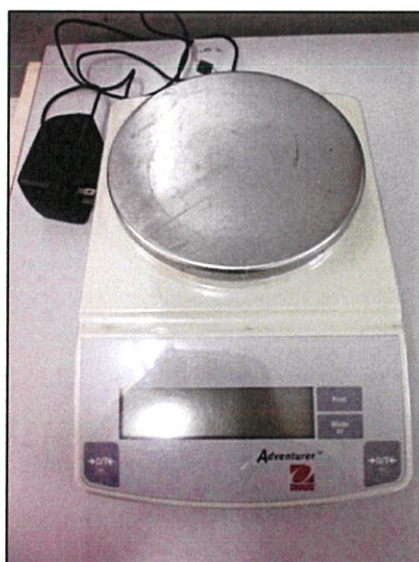
หม้อหุงข้าวและทัพพี



เขียง



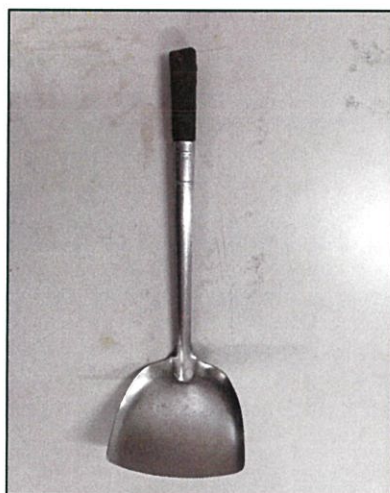
ช้อนและส้อม



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



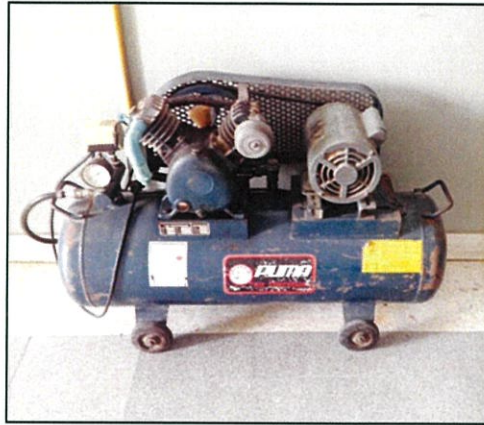
กระทะ



ตักหลิว



สายพาน



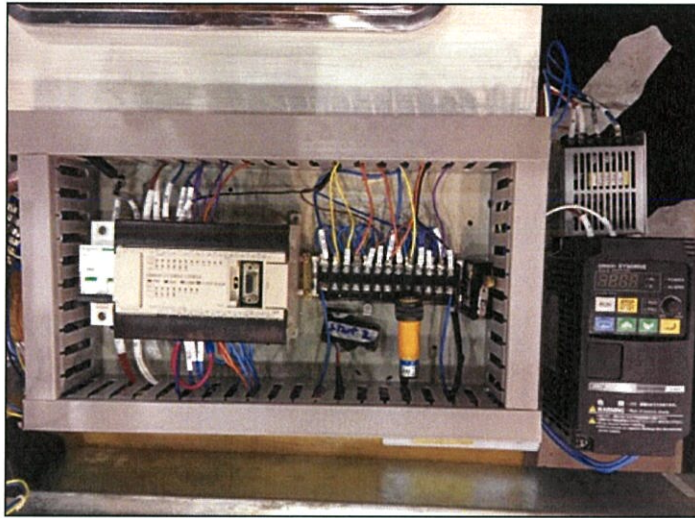
ถังลม ขนาด 16 บาร์



ถังเก็บลมขนาด 8 บาร์



อุปกรณ์ปรับแรงดันลม



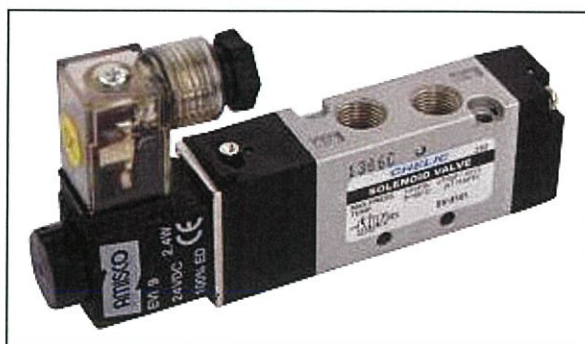
แผงควบคุมและอินเวอร์เตอร์



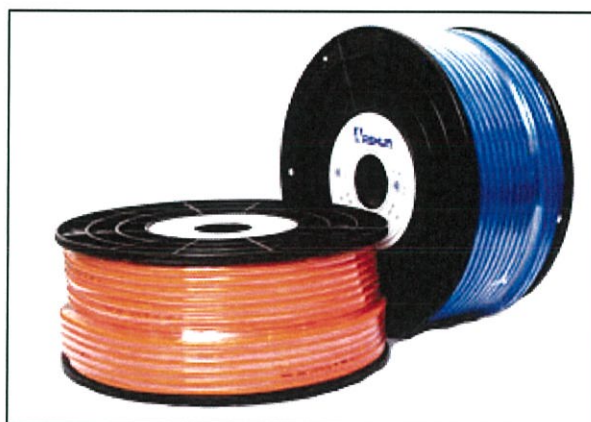
เซ็นเซอร์



ลิมิตสวิตช์



โซลินอยด์วาล์ว



สายลม Polyurethane

เอกสารอ้างอิง

E-learning Pneumatic.2556.ระบบนิวเมติกส์, 5 กันยายน 2560. http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Bicycle_Air_Engine/lesson1_2.html

E-learning PLC.2556.ความหมายของPLC,5 กันยายน 2560.http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc/unit_2.htm

ชาญ มงคล.2536. **ข้าว**. ตำราเอกสารวิชาการฉบับที่ 63. ภาพพัฒนาตาราและเอกสารวิชาการหน่วยการศึกษานิตเทศ. กรมวิชาการฝึกหัดครู,กรุงเทพมหานคร. 43 หน้า.

ชุติมา กว้างนอก, พัชรา พานจันทร์ และกริชศักดิ์ เจริญรัมย์. 2556. **ต้นแบบเครื่องผลิตข้าวอัดใส่ป่นปลาทุ**. วิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

ธนากร คำฟู, สุรพงษ์ กาญจนเลิศชัย และณภัสนันท์ ศักดิ์เสงี่ยม. 2557. **การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดชิ้นข้าวอัดใส่ป่นปลาทุ**. วิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

พิชชาพร สวาสนา, รณชัย ภูถินโคก, สุมาลี แก้วทอง. 2558. **การพัฒนาชุดโรยใส่ป่นปลาทุสำหรับเครื่องผลิตข้าวอัดใส่ป่นปลาทุ**. วิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

นราพร ดาลัย.2553.**การเก็บรักษาและการใช้ความร้อนขึ้นต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวและแป้งข้าว**.วิทยานิพนธ์ในระดับมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.นครราชสีมา.